

Lehrbuch der allgemeinen mechanischen Technologie der Metalle

Von

Prof. Dipl.-Ing. Hermann Meyer

Fünfte Auflage

Mit 390 Abbildungen im Text
und auf 4 Tafeln

~~IV. 2340
7688~~

~~Höhere technische Staatslehranstalt
für Maschinenwesen zu Stettin
Bücherei
7688~~



Leipzig

Dr. Max Jänecké, Verlagsbuchhandlung

1929

6201:621.7: 67



2395

Alle Rechte,
besonders das der Übersetzung,
vorbehalten.

Altenburg, Thür.
Pierersche Hofbuchdruckerei
Stephan Geibel & Co.

Vorwort.

Die Gliederung der fünften Auflage ist im allgemeinen dieselbe geblieben wie in den früheren Auflagen. Bei der Stoffbehandlung wurde mehr als früher auf die für die Verarbeitung wichtigen Eigenschaften der Werkstoffe eingegangen unter Berücksichtigung der Festsetzungen des Normenausschusses der Deutschen Industrie. Um Umfang und Preis des Buches nicht über das durch seine Verwendung als Lehrbuch technischer Fachschulen gegebene Maß hinaus zu steigern, mußte dies allerdings in knapper Form geschehen.

Neu hinzugekommen sind die Abschnitte „Schutz des Eisens gegen Rost“ und „Die Prüfung der Metalle“. Hierbei wurde auch die Metallographie berücksichtigt, deren Bedeutung für die mechanische Technologie auch bei andern Abschnitten zum Ausdruck gebracht ist. Die neu eingefügten Schliffbilder wurden auch wieder in freundlicher Weise von Herrn Dipl.-Ing. Künkele zur Verfügung gestellt.

Duisburg, im März 1929.

Meyer.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	III
Einleitung	1
Die für den Maschinenbau wichtigen Metalle	2
Das Eisen	2
Geschichtliches	2
Einteilung und Eigenschaften des Eisens	5
Eisen und Kohlenstoff. Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	6
Andere Beimengungen des Eisens	13
Schutz des Eisens gegen Rost	15
Die Erzeugung des Roheisens	17
Die Rohstoffe	17
Eisenerze	17
Vorbereitung der Eisenerze	18
Brennstoffe	20
Die Vorbereitung des Windes	24
Der Hochofen	25
Der Hochofenprozeß	29
Erzeugnisse des Hochofens	32
Roheisenmischer	33
Der Stahl	34
Die Erzeugung des Schweißstahls, das Puddeln	34
Die Erzeugung des Flußstahls	37
Der Bessemer- und Thomasprozeß (Windfrischen)	37
Der Siemens-Martinprozeß (Herdfrischen)	41
Gießvorrichtung für Flußstahl	45
Tiegelstahlerzeugung	48
Elektrostahlerzeugung	50
Betrieb der Elektroöfen	54
Das Zementieren	55
Die übrigen technisch wichtigen Metalle	55
Kupfer	55
Blei	57
Zinn	58
Zink	58
Aluminium	59
Metallegierungen	60
Aluminiumlegierungen	60
Kupfer-Zinnlegierungen (Bronzen)	61

	Seite
Kupfer-Zinklegierungen (Messing)	62
Zinn-Bleilegierungen	63
Lagermetalle	64
Elektron	64
Monel-Metall	65
Die Prüfung der Metalle	65
Festigkeitsproben	66
Technologische Proben	72
Metallographische Proben	72
Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Schmelzbarkeit (Gießerei).	74
Eisengießerei	74
Das Gußeisen	74
Schmelzöfen	83
Kuppelöfen	84
Betrieb der Kuppelöfen	86
Kuppelöfen mit Vorherd	89
Flammöfen	93
Formstoffe	96
Aufbereitung der Formstoffe	99
Die Modelle	108
Formerwerkzeuge	112
Herdformerei	113
Kastenformerei	114
Die Herstellung der Kerne	118
Schablonenformerei	121
Maschinenformerei	122
Einteilung der Formmaschinen	124
Handstampfmaschinen	124
Preßmaschinen	126
Preßmaschinen für kastenlosen Guß	131
Doppelpressung, Etagenguß	133
Rüttelformmaschinen	133
Schleudermaschinen	135
Kernformmaschinen	135
Zahnradformmaschinen	138
Lehmformerei	142
Das Trocknen der Formen	144
Das Gießen	147
Das Putzen der Gußstücke	149
Hartguß	153
Temperguß oder schmiedbarer Guß	153
Schleuderguß	155
Raumbedarf für Eisengießereien	156

	Seite
Fließarbeit in der Gießerei	156
Stahlgießerei	160
Schmelzöfen	160
Kleinkonverter oder Kleinbirnen	162
Der Tiegelofen	164
Elektrostahlöfen	165
Formstoffe für Stahlguß	165
Nichteisenmetallguß	166
Tiegelöfen	166
Kesselöfen	170
Flammöfen	170
Elektroöfen	171
Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Bildsamkeit	178
Das Schmieden	178
Offene Schmiedefeuer	180
Geschlossene Schmiedeöfen	182
Glüh- und Schweißöfen	185
Schmiedewerkzeuge	187
Von Hand ausgeführte Schmiedearbeiten	189
Schmiedemaschinen	192
Hämmer	192
Fallhämmer	194
Riemenfallhämmer	194
Stangenreib- oder Brettfallhämmer	199
Schmiedepressen	212
Das Schmieden großer Werkstücke	219
Gesensschmieden	222
Warmpressen von Nichteisenmetallen und Legierungen	232
Das Stanzen, Pressen, Prägen und Ziehen	234
Das Drücken	243
Das Walzen	244
Allgemeines	244
Die Walzen	245
Gesamtanordnung der Zwei- und Dreiwalzwerke	247
Walzarbeiten	251
Besondere Arten von Walzwerken	253
Universalwalzwerke	253
Schnellwalzwerke	254
Radreifenwalzwerke	255
Scheibenräderwalzwerke	256
Das Kaltwalzen	256
Das Drahtziehen	257
Die Herstellung der Röhre	260

	Seite
Geschweißte Rohre	261
Stumpfgeschweißte Rohre	261
Überlapptgeschweißte Rohre	262
Spiralgeschweißte Rohre	263
Nahtlose Rohre	264
Mannesmannsches Verfahren	264
Ehrhardtsches Verfahren	266
Die Herstellung der Bleirohre	267
Das Schweißen	268
Feuerschweißen	270
Wassergasschweißen	270
Autogenes oder Gasschmelzschweißen	273
Das autogene Schneiden	285
Das Thermitgeschweißen	287
Das elektrische Schweißen	289
Das Löten	298
Das Härten	302
Das Oberflächenhärten	311
Das Vergüten	312
Alphabetisches Sachregister	314

Einleitung.

Unter Technologie versteht man die wissenschaftliche Behandlung aller Arbeitsverfahren, Maschinen und Werkzeuge, die zur Umwandlung von Rohstoffen in Gebrauchsgegenstände dienen.

Man teilt die Technologie in zwei Hauptgruppen ein: in die mechanische Technologie, die die Änderung der äußeren Gestalt, und in die chemische Technologie, die die Änderung des inneren Wesens der Rohstoffe behandelt.

(In das Gebiet der chemischen Technologie gehören z. B. die Fabrication von Säuren und Gasen, die Brauerei, Brennerei usw.)

Die mechanische Technologie kann man je nach der Art der zu bearbeitenden Stoffe wieder einteilen in mechanische Technologie der Metalle, des Holzes, der Faserstoffe, der Körnerstoffe usw.

Die mechanische Technologie der Metalle endlich teilt man zweckmäßig in folgende drei Gruppen:

I. die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Schmelzbarkeit (Gießerei);

II. die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Bildsamkeit (Schmieden, Walzen, Pressen, Ziehen);

III. die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Teilbarkeit (Bearbeitung auf den Werkzeugmaschinen).

Bei manchen Arbeitsverfahren greifen jedoch mechanische und chemische Vorgänge so ineinander, daß sich nicht immer eine scharfe Grenze zwischen mechanischer und chemischer Technologie ziehen läßt.

Die unter I. und II. angegebene Umformung nennt man spanlose Formung, die unter III. angegebene spanbildende Formung.

Im vorliegenden Buche soll die Technologie der Metalle so behandelt werden, daß zunächst die Erzeugung der für den Maschinenbau wichtigen Metalle und dann ihre spanlose Formung sowie das Schweißen, Löten und Härten besprochen wird, die spanbildende Formung dagegen nicht.

Die für den Maschinenbau wichtigen Metalle.

Das Eisen.

Geschichtliches.

Das Eisen, das wichtigste Metall, war schon in den ältesten Zeiten den Menschen bekannt, wie Eisensfunde in den von den alten Ägyptern gebauten Pyramiden beweisen. Sein Verwendungsgebiet war allerdings lange Zeit ein sehr beschränktes. Es diente fast ausschließlich zur Herstellung von Werkzeugen, Geräten und Waffen. Eisenkonstruktionen im Hoch- und Brückenbau und eiserne Maschinen gab es noch nicht. Es herrschten Stein und Holz als einzige Baustoffe. Eisenbahnen und eiserne Schiffe waren noch unbekannt. Für die geringen Eisenmengen, deren der Mensch bedurfte, genügten daher die primitiven Eisenerzeugungsarten, die sich Jahrtausende lang bis in unsere Zeit erhalten haben. Das älteste, heute nur noch ganz vereinzelt bei auf niedriger Kulturstufe stehenden Völkern angewandte Eisenerzeugungsverfahren war die sog. Rennarbeit. Bei dieser wurden eisenhaltige Mineralien, Eisenerze, in Gruben oder kleinen gemauerten Herden, sog. Rennfeuern, durch Holzkohle bis zu etwa 700° erhitzt, wodurch sich aus ihnen ein teigiger, unreiner, mit Schlacke durchsetzter Eisenklumpen, ein sog. Wolf, absonderte, der dann durch Schmieden zu Gebrauchsgegenständen verarbeitet wurde. Die zum Verbrennen der Holzkohle nötige Luft wurde den ältesten Rennfeuern durch natürlichen Zug zugeführt. Die Feuer waren zu dem Zwecke an Bergabhängen angelegt. Später ging man zur künstlichen Luftzuführung über durch einfache Gebläse oder Blasebälge, die zunächst von Menschen, später bei größeren Öfen durch Maschinenkraft (Wasserräder) angetrieben wurden. Hierdurch wurde es möglich, die Öfen zu vergrößern, und man ging allmählich, bei uns etwa zu Beginn des 15. Jahrhunderts, zu gemauerten Schachtofen bis 6 m Höhe, den Stücköfen, über. In diesen gelang es, durch lebhaftes Verbrennen der Holzkohle die Temperatur so hoch zu steigern, daß das Eisen nicht mehr im teigigen, sondern auch im flüssigen Zustande erzeugt wurde. So erhielt man das Roheisen. Dies war wegen seiner Sprödigkeit zum Verarbeiten durch Schmieden unbrauchbar, aber es ließ sich durch Gießen in bequemer Weise in Gebrauchsgegenstände umwandeln, und hiervon machte man bald weitgehenden Gebrauch. Es entwickelte sich das Eisengießereiwesen. Die Stücköfen wurden nun weiter ver-

vollkommenet, und es bildete sich aus ihnen der Hochofen. Die Holzkohle, die bis dahin ausschließlich als Brennstoff verwandt war, wurde nun aber immer seltener und teurer. Steinkohle war zur Roheisenerzeugung aber nicht geeignet, besonders wegen ihres Gehaltes an Schwefel, der in das Eisen übergeht und es unbrauchbar macht. Man mußte sich daher nach einem anderen Brennstoffe umsehen und fand diesen in dem durch Erhitzen der Steinkohle unter Luftabschluß erzeugten Koks. Der erste Koks-Hochofen ist in Deutschland 1796 auf der königlichen Hütte in Gleiwitz in Betrieb genommen. Inzwischen hatte man auch gelernt, das Roheisen in Schmiedeeisen umzuwandeln, und zwar durch das Frischen, ein wiederholtes Umschmelzen des Roheisens mit Holzkohle unter Luftzuführung. Durch den Sauerstoff der eingeblasenen Luft werden Nebenbestandteile des Roheisens, namentlich der Kohlenstoff, teilweise oder ganz verbrannt, und das Eisen nimmt dadurch die Eigenschaften des schmiedbaren Eisens an. Das Frischen geschah in den Rennfeuern ähnlichen Öfen, den Frischfeuern. Nach der Erfindung des Frischens hörte die direkte Erzeugung des Schmiedeeisens aus den Erzen fast ganz auf, und die heute allgemein gebräuchliche indirekte begann. Das heißt aus den Eisenerzen wird zunächst in Hochöfen Roheisen erzeugt und dieses dann durch Frischen in Schmiedeeisen umgewandelt.

Als Brennstoff für das Frischen kam bei den alten Frischfeuern auch nur Holzkohle in Betracht. Ein großer Fortschritt war es, als im Jahre 1784 der Engländer Cort das Flammofenfrischen oder Puddeln erfand, bei dem als Brennstoff Steinkohle verwendet werden kann, da die Kohle nicht direkt mit dem Eisen in Berührung kommt. Durch das Puddeln wurde es möglich, die Schmiedeeisenerzeugung bedeutend wirtschaftlicher zu gestalten. In Deutschland wurde das Puddelverfahren in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeführt. Gleichzeitig mit dem Puddeln wurde auch die Dampfmaschine erfunden und vervollkommenet und die Hüttenwerke dadurch von den Wasserkraften befreit. Überhaupt nahm der Maschinenbau jetzt einen solchen Aufschwung, daß die alten primitiven maschinellen Einrichtungen und Verfahren beim weiteren Verarbeiten des erzeugten Eisens durch moderne, wirtschaftlich arbeitende verdrängt wurden und sich eine blühende Eisenindustrie entwickeln konnte.

Durch Puddeln wird das schmiedbare Eisen in einem teigigen Zustande erzeugt als sog. Schweiß Eisen. Der erste, dem es gelang, flüssiges schmiedbares Eisen zu erzeugen, war der Engländer Huntsman, der 1730 im Schmelztiegel flüssigen Stahl, Gußstahl oder Tiegelstahl, erzeugte. Dies Verfahren wurde dann in der Mitte des 19. Jahrhunderts durch Krupp weiter ausgebildet.

In Tiegeln lassen sich nur verhältnismäßig geringe Mengen flüssigen Schmiedeeisens erzeugen; deshalb war es ein gewaltiger Fortschritt, als

im Jahre 1855 der Engländer Bessemer ein neues Frischverfahren erfand, durch das in der kurzen Zeit von etwa 20 Minuten die große Menge von durchschnittlich 15—20 t flüssiges Schmiedeeisen auf einmal erzeugt werden konnte. Beim Bessemerprozeß wird Roheisen in Schmiedeeisen umgewandelt dadurch, daß in einem birnenförmigen Ofen durch flüssiges Roheisen von unten Wind hindurchgeblasen wird (Windfrischen). Hierbei entsteht im Innern des Ofens, wie später noch auseinandergesetzt werden wird, eine so hohe Temperatur, daß die Schmelztemperatur des Schmiedeeisens erreicht wird und das Eisen im flüssigen Zustande bleibt. Man nennt das Erzeugnis deshalb Flußeisen. Die Vorteile des Bessemerprozesses gegenüber dem Puddeln waren so erheblich, daß es sich sehr bald allgemein einfuhrte und eine gewaltige Umwälzung auf dem Gebiete der Eisenerzeugung hervorrief. Leider war es nicht möglich, durch das Bessemerverfahren das Roheisen vom Phosphor zu befreien. Man war deshalb gezwungen, phosphorfreies Roheisen zu benutzen. Da die deutschen Eisenerze aber zum größten Teile phosphorhaltig sind, so war das deutsche Roheisen für den Bessemerprozeß nicht geeignet, und es mußte das in Deutschland zu frischende Roheisen zum größten Teile vom Auslande gekauft werden. Es war deshalb für die deutsche Eisenindustrie von größter Wichtigkeit, daß es im Jahre 1878 den Engländern Thomas und Gilchrist gelang, das Bessemerverfahren so umzugestalten, daß auch der Phosphor aus dem Roheisen entfernt werden konnte. Deutschland wurde dadurch wieder unabhängig vom Auslande und konnte sein eigenes phosphorhaltiges Roheisen verwenden.

Außer dem Bessemerverfahren ist heute noch ein anderes Frischverfahren zur Erzeugung von Flußeisen in Gebrauch; der nach den Erfindern benannte Siemens-Martin-Prozeß oder das Herdfrischverfahren. Bei diesem wird Roheisen mit Schmiedeeisenabfällen, Schrott, oder mit Eisenerzen in einem Herdofen zusammengeschmolzen. Die zum Schmelzen des Schmiedeeisens erforderliche hohe Temperatur wird beim Siemens-Martin-Prozeß in dem von den Gebrüdern Siemens erfundenen Flammofen mit Gasfeuerung erzeugt. Die Gebrüder Martin waren die ersten, die den Siemensschen Ofen für die Eisenerzeugung nutzbar machten.

Durch den Bessemer-, den Thomas- oder den Siemens-Martin-Prozeß werden heute die gewaltigen Flußeisenmengen, die unsere Industrie verbraucht, erzeugt. Der Puddelprozeß, das einzige Verfahren, durch das Schweißeisen erzeugt wird, hat neben den erstgenannten Prozessen nur noch untergeordnete Bedeutung, da das Schweißeisen immer mehr durch das Flußeisen verdrängt wird. Das Tiegelschmelzverfahren dient in der Hauptsache nur noch zur Erzeugung besonders hochwertiger Stahl-

sorten. An seine Stelle tritt aber in der letzten Zeit immer mehr das Umschmelzen des Stahles in Elektrostahlöfen, wodurch die besten und reinsten Stahlsorten erzeugt werden können.

Einteilung und Eigenschaften des Eisens.

Das technisch verwertete Eisen ist kein chemisch reines Metall, sondern eine Legierung, d. h. dem Eisen sind eine Reihe anderer chemischer Grundstoffe oder Elemente beigemischt. Diese Beimengungen geben dem Eisen erst solche Eigenschaften, daß es technisch brauchbar wird. Nahezu chemisch reines Eisen läßt sich zwar durch Zerlegen von Eisenverbindungen mittels des elektrischen Stromes auf nassem Wege erzeugen als sog. Elektrolyteisen, dies ist aber sehr weich und in der Herstellung so teuer, daß es seiner guten magnetischen Eigenschaften wegen nur in der Elektrotechnik eine beschränkte Verwendung findet.

Die Hauptbeimengungen des Eisens sind Mangan, Silizium, Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff. Der Kohlenstoff spielt hierbei die wichtigste Rolle. Er hat den größten Einfluß auf die Eigenschaften des Eisens. Je nach der Größe des Kohlenstoffgehaltes unterscheidet man zwei Hauptgruppen des Eisens:

A. Roheisen mit mehr als 2,6% Kohlenstoff; dies ist spröde und nicht schmiedbar, es schmilzt bei 1100—1250°, ohne vorher merklich zu erweichen.

B. Schmiedbares Eisen mit weniger als 1,7% Kohlenstoff; dies ist schmiedbar und schmilzt bei 1400—1600°, indem es vom festen Zustande allmählich über einen teigigen in den flüssigen übergeht. Spezifisches Gewicht 7,8. Alles auf flüssigem oder teigigem Wege erzeugte, ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen nennt man jetzt nach den Festlegungen des Normenausschusses der deutschen Industrie Stahl.

Eisen mit 1,7—2,6% Kohlenstoff wird in der Technik nicht verwandt.

Beim Roheisen unterscheidet man weiter:

Weißes Roheisen, der Kohlenstoff ist im Eisen als Eisenkarbid, Fe_3C , gelöst. Die Bruchfläche ist weiß, das Eisen hart und spröde. Flüssig enthält es viel Gas gelöst, das beim Erstarren Blasenbildung verursacht. Weißes Eisen ist daher schlecht zur Herstellung von Gußwaren geeignet, es wird zur Umwandlung in Stahl benutzt. Schmelztemperatur 1100—1200°. Spezifisches Gewicht 7,6.

Graues Roheisen, der Kohlenstoff hat sich bei langsamer Abkühlung als Graphit in Form von feinen kristallinen Blättchen ausgeschieden, die der frischen Bruchfläche ein graues bis schwarzes Aussehen geben. Das graue Roheisen ist weicher als das weiße, es läßt sich verhältnismäßig leicht durch Schneidwerkzeuge bearbeiten und dient

zur Herstellung von Gußwaren. Schmelzpunkt 1200—1250°. Spezifisches Gewicht 7—7,4.

Mit Hämatit bezeichnet man ein aus Roteisenerz gewonnenes phosphorarmes hochwertiges graues Roheisen, mit Luxemburger Roheisen phosphorreiches billigeres Roheisen.

Nach dem Verwendungszwecke unterscheidet man Puddel-, Bessemer-, Thomas-, Martin- und Gießereiroheisen.

Beim Stahl unterscheidet man:

Schweißstahl, der im teigigen Zustande erzeugt, schlackenhaltig und von sehnigem Bruch ist;

Flußstahl, der im flüssigem Zustande erzeugt, schlackenfrei und von körnigem Bruch ist.

Nach der Herstellungsart unterscheidet man beim Flußstahl Bessemer-, Thomas-, Siemens-Martin-, Tiegel- und Elektrostahl.

Eisen und Kohlenstoff. Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm.

Die Eigenschaften des Eisens werden in erster Linie durch den Kohlenstoffgehalt bedingt. Der Kohlenstoff ist im geschmolzenen Eisen in Form von Fe_3C , Eisenkarbid oder Zementit gelöst. Neben dem Zementit erscheint in der Legierung dann noch chemisch reines Eisen oder Ferrit. Im Ferrit und Zementit sind die anderen Grundstoffe aufgelöst. Der Schwefel scheidet sich allerdings als besondere Eisenschwefelverbindung aus.

Bei langsamer Abkühlung und Erstarrung des Roheisens scheidet sich der Zementit aus und kann dabei in seine Bestandteile Eisen und Kohlenstoff zerfallen. Der freie Kohlenstoff kann sich dann in kristallinischer Form als Graphit ausscheiden. Die schwarzen Graphitkristalle geben der frischen Bruchfläche des Eisens eine graue Farbe, und man erhält das weiche graue Roheisen. Tritt kein Zerfall des Zementits ein, so erhält man weißes Roheisen. Die Graphitausscheidung wird durch Silizium begünstigt, durch Mangan gehindert.

Wird weißes Eisen längere Zeit auf Glühtemperatur erhitzt, so zerfällt auch in ihm das Eisenkarbid und der Kohlenstoff scheidet sich in amorpher Form als Temperkohle aus. Bei plötzlicher Abkühlung (Abschrecken) findet der Zementit keine Zeit zum Ausscheiden, bleibt im erstarrten Eisen gelöst und macht dieses hart. Hiervon macht man beim Hartguß Gebrauch.

Im schmiedbaren Eisen oder Stahl ist der Kohlenstoff nie als Graphit ausgeschieden, sondern er kommt immer als Härtungs- oder Karbidkohle oder auch als Temperkohle vor. Der Kohlenstoff beeinflußt die Schmelztemperatur, die Zähigkeit und Festigkeit, die Schmied- und Schweiß-

barkeit, die Härte und das Gefüge des schmiedbaren Eisens. Je größer der Kohlenstoffgehalt ist, um so geringer sind die Schmelztemperatur, die Zähigkeit, Schmied- und Schweißbarkeit des Schmiedeeisens, um so größer aber seine Härte und Festigkeit. Die weichsten Schmiedeeisenarten mit 0,07—0,15% Kohlenstoff haben eine Festigkeit von 31—41 kg/mm² bei 28—34% Dehnung; die mittelharten mit 0,15—0,35% Kohlenstoff eine Festigkeit von 41—49 kg/mm² bei 20—30% Dehnung. Steigt der Kohlenstoffgehalt bis zu 1,5%, so erhöht sich die Festigkeit auf 50—100 kg/mm² unter gleichzeitiger Abnahme der Dehnung. Schmiedeeisen mit über 50 kg/mm² Festigkeit nannte man früher Stahl. Das Gefüge des Schmiedeeisens wird mit steigendem Kohlenstoffgehalt feinkörniger. Die kohlenstoffreicheren Schmiedeeisenarten lassen sich härten, d. h. durch plötzliches Abkühlen eines glühenden Eisenstückes wird der Kohlenstoff in Härtungskohle übergeführt und das Eisen glashart. Diese Glashärte kann man dann durch langsames Erwärmen wieder mildern, indem sich die Härtungskohle wieder in Karbidkohle verwandelt. Dies nennt man Anlassen. Den durch das Anlassen erzeugten Härtegrad erkennt man an den sog. Anlaßfarben. Das Härten wird in einem späteren Abschnitte ausführlicher behandelt.

Man hat die Eisen-Kohlenstoff-Legierungen eingehend untersucht und das Ergebnis dieser Forschungen in anschaulicher Weise in einem Diagramm, dem sog. Eisen-Kohlenstoff-Diagramm, festgelegt, das im folgenden besprochen werden soll. Zum Verständnis desselben muß zunächst auf die Verhältnisse beim kohlenstofffreien reinen Eisen eingegangen werden.

Das chemisch reine Eisen, auch Ferrit genannt, tritt wie manche anderen Metalle in mehreren allotropen Modifikationen auf, d. h. derselbe Stoff, Eisen, kann in verschiedenen Zuständen erscheinen, deren Eigenschaften erheblich voneinander abweichen. Man nennt die allotropen Modifikationen des Eisens α -, β -, γ - und δ -Eisen. Das β -Eisen nennt man neuerdings unmagnetisches α -Eisen. Von diesen allotropen Modifikationen kann man sich am besten ein Bild machen, wenn man vom geschmolzenen Eisen ausgehend die Vorgänge beim Erstarren und weiteren Abkühlen des Eisens verfolgt und in Gestalt einer Kurve aufträgt, wie dies in Abb. 1, einem sog. Zeit-Temperatur-Diagramm, ge-

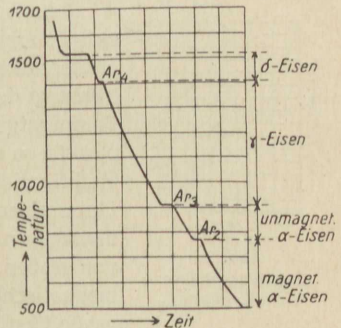


Abb. 1.

Abkühlungskurve des reinen Eisens.

schehen ist. Es sind hier als Abszissen gleiche Zeitabschnitte und als Ordinaten die Temperaturen in den betreffenden Zeitpunkten aufgetragen. Es ergibt sich dann durch Verbinden der Punkte die Abkühlungskurve des reinen Eisens. Die Kurve verläuft nicht gleichmäßig, sondern zeigt an einzelnen Stellen Sprünge. Man nennt diese Stellen Haltepunkte. Der oberste Haltepunkt liegt bei 1528° . Es ist der Erstarrungspunkt, bei dem das Eisen aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeht. Trotz äußerer Wärmeentziehung bleibt die Temperatur des Eisens so lange auf derselben Höhe, bis alles Eisen erstarrt ist. Der Wärmeverlust wird ersetzt durch die bei der Kristallisation im Innern frei werdende Wärme. Beim weiteren Abkühlen des erstarrten Eisens zeigen sich dann noch weitere Haltepunkte, die man allgemein mit Ar_4 , Ar_3 und Ar_2 bezeichnet. Bei diesen bilden sich molekulare Umlagerungen im erstarrten Eisen und es erfolgt ein Übergang von einer allotropen Modifikation in eine andere. Bei 1528° , dem Erstarrungspunkt, hat sich festes δ -Eisen gebildet. Bei 1401° (Ar_4) geht dieses in γ -Eisen über. Dies verwandelt sich bei 898° (Ar_3) in unmagnetisches α -Eisen und dies bei 769° (Ar_2) in magnetisches α -Eisen. Ein Haltepunkt Ar_1 zeigt sich noch bei kohlenstoffhaltigem Eisen.

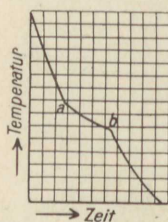


Abb. 2.
Abkühlungskurve
einer Legierung.

Beim Erhitzen und Schmelzen des Eisens ergeben sich in umgekehrter Reihenfolge ungefähr dieselben Haltepunkte. Unterbricht man die allmähliche Abkühlung des Eisens plötzlich durch Abschrecken bei Temperaturen dicht über dem betreffenden Haltepunkte, so erhält man das Eisen in den verschiedenen Modifikationen und kann sich von den erheblichen Unterschieden ihrer physikalischen Eigenschaften überzeugen. Das γ -Eisen ist unmagnetisch, mittelhart von großer Festigkeit und geringer Zähigkeit. Das unmagnetische α -Eisen ist härter als γ -Eisen, hat eine große Festigkeit und geringe Zähigkeit. Das magne-

tische α -Eisen ist weich, von geringer Festigkeit, aber großer Zähigkeit.

Bei Legierungen ergibt sich in der Abkühlungskurve, wie noch gezeigt werden wird, nur bei der sogenannten eutektischen Legierung beim Erstarren bzw. Schmelzen ein fester Haltepunkt, sonst aber ein Erstarrungs- bzw. Schmelzintervall, wie es die Abkühlungskurve einer Legierung in Abb. 2 bei a — b erkennen läßt. Die Erstarrung vollzieht sich nicht bei einer bestimmten Temperatur, sondern sie beginnt bei der Temperatur a mit dem Ausscheiden einzelner fester Kristalle, der sogenannten Mischkristalle, aus der geschmolzenen Masse, und ist erst bei der Temperatur b beendet. Die ganze Schmelze ist dann fest geworden. In der Abkühlungskurve macht sich deshalb die Erstarrung

nicht wie bei Abb. 1 als wagerechte Linie kenntlich, sondern als schwächer abfallendes Kurvenstück $a-b$ (Abb. 2). Man hat nun für eine Anzahl Eisen-Kohlenstoff-Legierungen mit verschieden großem Kohlenstoffgehalt durch Versuche Erstarrungs- und Haltepunkte bzw. Beginn und Ende des Ausscheidens von Mischkristallen bestimmt und die gefundenen Werte in einem Schaubilde festgelegt. Man trägt als Abszisse den Prozentgehalt an Kohlenstoff, die Konzentration bzw. den Gehalt an Eisen-

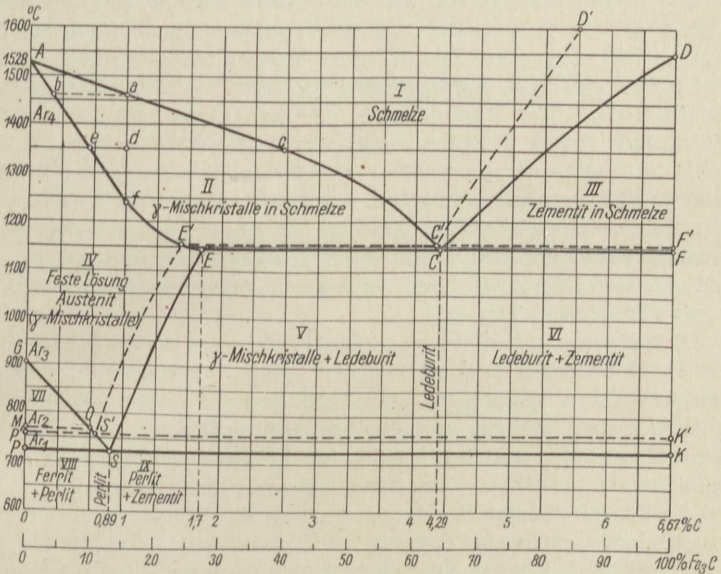


Abb. 3.
Eisen - Kohlenstoff - Diagramm.

karbid Fe_3C , und als Ordinate die Temperatur auf. Verbindet man dann die gefundenen Punkte durch Linienzüge, so erhält man das sogenannte Eisen-Kohlenstoff-Diagramm, auch Konzentrations-Temperatur-Diagramm oder kurz $c-t$ -Diagramm genannt (Abb. 3). Die wichtigen Punkte sind durch Buchstaben bezeichnet, die vom Werkstoffausschuß des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute einheitlich festgelegt sind¹⁾. (Siehe hierzu auch die Gefügebilder Abb. 4—9.)

¹⁾ Eine sehr gute ausführlichere Darstellung enthält der Bericht Nr. 42 des Werkstoffausschusses: „Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm und die wichtigsten Gefügeb Bestandteile der Kohlenstoffstähle von Dr. Karl Daeves.“ Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

Man erkennt aus dem Schaubilde zunächst auch wieder für reines Eisen mit 0% Kohlenstoff den Erstarrungspunkt bei 1528° und die übrigen Haltepunkte. Auf der Linie ACD liegen für die verschiedenen Eisen-Kohlenstofflegierungen die Temperaturen, bei denen bei der Abkühlung die Ausscheidung von γ -Mischkristallen beginnt. Oberhalb der Linie ACD sind alle Legierungen flüssig. Im Zustandsfelde I haben wir also Schmelze. Die Linie ACD , die untere Grenze dieses Feldes heißt deshalb Liquiduslinie¹⁾. Unterhalb ACD beginnt nun bei allen Legierungen das Ausscheiden von Mischkristallen, das bei den auf der Linie $AECF$ liegenden Temperaturen beendet ist. Unterhalb $AECF$ sind alle Legierungen fest geworden. Die Linie $AECF$ heißt deshalb Soliduslinie²⁾. Die Zustandsfelder II und III zwischen den beiden Linienzügen stellen die Erstarrungs- bzw. Schmelzintervalle dar. Wir haben hier ein Gemenge von Mischkristallen in der sogenannten Mutterlauge. Die Erstarrung von Eisen bis zu 0,36% C vollzieht sich in Wirklichkeit nicht so einfach wie im Schaubild dargestellt, jedoch haben diese Vorgänge keine besondere praktische Bedeutung. Die Kurvenzweige AC und AE sind deshalb in ihren Anfängen der besseren Anschaulichkeit wegen vereinfacht dargestellt.

Die Vorgänge in den Erstarrungsintervallen seien an einer Legierung mit 1% Kohlenstoff besprochen. Die Liquiduslinie zeigt uns, daß die Mischkristallausscheidung bei etwa 1450° beginnt (Punkt a). Die sich ausscheidenden Kristalle enthalten so viel Kohlenstoff, wie sich bei dieser Temperatur gerade noch im festen Zustande halten läßt. Der Schnittpunkt der dieser Temperatur entsprechenden Wagerechten mit der Soliduslinie (Punkt b) zeigt, daß dies etwa 0,3% C sind. Die sich ausscheidenden Kristalle enthalten also weniger Kohlenstoff als die ursprüngliche Schmelze. Die noch flüssig bleibende Schmelze wird dadurch konzentrierter und der Anfangspunkt des Kristallausscheidens sinkt deshalb auf der Liquiduslinie weiter nach dem Punkte C hin. Hat sich die Schmelze z. B. auf 2,6% C angereichert (Punkt c), so scheiden sich erst bei etwa 1350° Mischkristalle mit etwa 0,6% C (entsprechend Punkt e auf der Soliduslinie) aus. Die früher ausgeschiedenen Mischkristalle haben aber nicht ihren geringeren Kohlenstoffgehalt beibehalten, sondern sie haben allmählich aus der konzentrierten Schmelze soviel Kohlenstoff durch Diffusion aufgenommen, daß bei der Temperatur von 1350° nur Mischkristalle mit 0,6% C vorhanden sind. Das Mengenverhältnis von ausgeschiedenen Mischkristallen zu Schmelze ist in diesem

Falle gleich dem Verhältnis der Linien $\frac{dc}{de}$, also so, als ob die Linie ce

1) liquidus = flüssig.

2) solidus = fest.

einen um d drehbaren Hebel darstellte und es hingen als Lasten am Endpunkte c die Schmelze und am Endpunkte e die Mischkristalle. Man nennt diese Beziehungen deshalb das Hebelgesetz. Die Menge der ausgeschiedenen Mischkristalle wächst mit zunehmender Abkühlung, und die der Schmelze nimmt immer mehr ab, Schließlich bei der Temperatur von etwa 1245° (Punkt f) ist auch der letzte Rest der Schmelze erstarrt. Es sind dann nur feste Mischkristalle mit 1% C vorhanden.

Die nur aus Mischkristallen bestehende erstarrte Masse, die sogenannte feste Lösung, nennt man Austenit. Diese haben wir im Zustandsfelde IV.

Beim Schmelzen der Legierung erfolgen die Vorgänge in umgekehrter Reihenfolge.

Wie das Schaubild zeigt, sinkt die Liquiduslinie mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt der Legierungen immer mehr, bis sie im Punkte C die Soliduslinie erreicht für eine Legierung mit 4,29% C. Das bedeutet, die Schmelze einer solchen Legierung erstarrt ohne vorheriges Ausscheiden von Mischkristallen bei 1145° . Wir haben also kein Erstarrungsintervall, sondern einen festen Haltepunkt. Man nennt eine solche Legierung eine eutektische Legierung oder ein Eutektikum. Legierungen mit weniger als 4,29% C nennt man untereutektische, solche mit mehr als 4,29% C übereutektische. Das erstarrte Eutektikum bezeichnet man mit Ledeburit (Abb. 5). Dies besteht aus Mischkristallen mit 1,7% C und Zementit.

Aus dem Schaubilde ist zu ershene, daß die Soliduslinie vom Punkte E ab, entsprechend einer Legierung mit 1,7% C und einer Temperatur von 1145° wagerecht verläuft, d. h. die sich ausscheidenden Mischkristalle können höchstens bis zu 1,7% C aufnehmen, dann sind sie gesättigt. Eine Legierung mit 1,7% C wird also gerade noch zu einer einheitlichen Masse aus Mischkristallen mit 1,7% C erstarren (Austenit). Die Schmelze hatte sich bis zum Erstarren, wie nach dem Hebelgesetz aus dem Schaubilde hervorgeht, mit 4,29% C gesättigt, war also zur eutektischen Lösung geworden. Übersteigt nun der Kohlenstoffgehalt der Schmelze das Maß von 1,7%, so erhalten wir beim Erstarren Mischkristalle mit 1,7% C (Austenit) in erstarrtem Eutektikum, also in Ledeburit. Das Zustandsfeld V enthält demnach Austenit + Ledeburit (Abb. 6).

Übersteigt der Kohlenstoffgehalt der Legierung das Maß von 4,29%, so steigt die Liquiduslinie wieder an, während die Soliduslinie wagerecht bleibt. Es scheidet sich dann im Erstarrungsintervall III aus der Schmelze Eisenkarbid, Zementit genannt, aus, und nach dem Erstarren der Legierung haben wir unterhalb der Soliduslinie im Zustandsfelde VI Ledeburit + Zementit (Abb. 7).

Die kohlenstoffärmeren, als sogenannte feste Lösung erstarrten Eisen-Kohlenstoff-Legierungen erfahren beim weiteren Abkühlen noch Veränderungen, die ähnlich verlaufen wie die bisher besprochenen. Die Linienzüge *GOS* und *PS* bzw. *ES* und *SK* haben eine ähnliche Bedeutung wie die Liquidus- und Soliduslinie. Im Zustandsfelde *IV* haben wir Austenit. Bei weiterer Abkühlung beginnt bei den durch die Linie *GOS* bezeichneten Temperaturen ein Ausscheiden von Mischkristallen reinen Eisens, Ferrit, das bei 720° auf der Linie *PK* ein Ende findet. Mit wachsendem Kohlenstoffgehalte wird das Ferritausscheiden geringer, bis es für eine Legierung mit 0,89% C im Punkte *S* aufhört. Bei höherem Kohlenstoffgehalt scheiden sich bei den durch die Linie *SE* festgelegten Temperaturen Zementitkristalle aus. Der Punkt *S* hat also eine ähnliche Bedeutung wie der Punkt *C*. Man nennt ihn deshalb den eutektoiden Punkt. Die Temperatur von 720° nennt man die eutektoidische Temperatur. Bei ihr verwandelt sich der Austenit in ein Perlit genanntes Eutektoid, ein Gemenge von Ferrit und Zementit. Perlit hat seinen Namen von dem perlmutterartigen Glanz seiner Schlißfläche (Abb. 8), auf der es in lamellenartig nebeneinander liegenden Streifen von hellem Ferrit und dunklerem Zementit erscheint.

Unterhalb der Linie *PK* haben wir also statt des Austenits nur noch Perlit, und zwar bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,89% (Punkt *S*) nur Perlit, bei Legierungen mit weniger als 0,89% C, sogenannten untereutektoiden Legierungen, im Zustandsfelde *VIII* Ferrit + Perlit (Abb. 9). Bei sogenannten übereutektoiden Legierungen mit mehr als 0,9% C im Zustandsfelde *IX* Perlit + Zementit.

Dem Knicke *O* in der Linie *GOS* entspricht der Haltepunkt Ar_2 (Umwandlung des magnetischen α -Eisens in unmagnetisches), dem Punkte *P* der Haltepunkt Ar_1 .

Das bisher Ausgeführte bezog sich auf eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung, in der der Kohlenstoff als Zementit enthalten ist, das Eisen-Zementitsystem. Unter gewissen Voraussetzungen zerfällt nun bei langsamer Abkühlung der Zementit in seine Bestandteile Eisen und Kohlenstoff. Der Kohlenstoff erscheint dann als Graphitkristalle und wir haben das Eisen-Graphitsystem. Für dies gelten die im Schaubild gestrichelt gezeichneten Linien, d. h. unterhalb C^1D^1 scheidet sich Kohlenstoff als Graphitkristall aus. Unterhalb der Linie E^1F^1 haben wir ein Eutektikum aus Mischkristallen mit etwa 1,4% C und Graphit. Bei der festen Lösung scheidet sich unterhalb E^1S^1 aus den Mischkristallen ebenfalls Graphit aus, während unterhalb S^1P^1 die feste Lösung in ein Eutektoid aus Ferrit und Graphit zerfällt.

Beim Eisen-Zementitsystem erhalten wir weißes Roheisen, beim Eisen-Graphitsystem graues Roheisen.

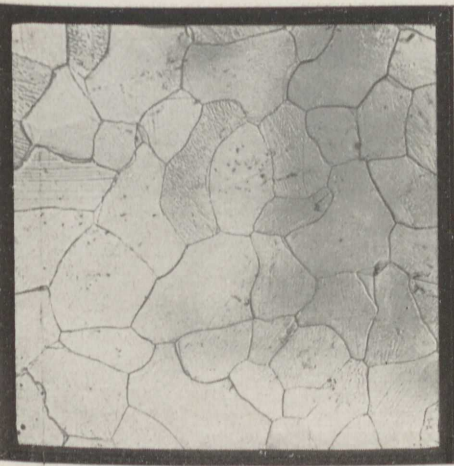


Abb. 4.
Elektrolyteisen.
Gefüge: Ferrit.

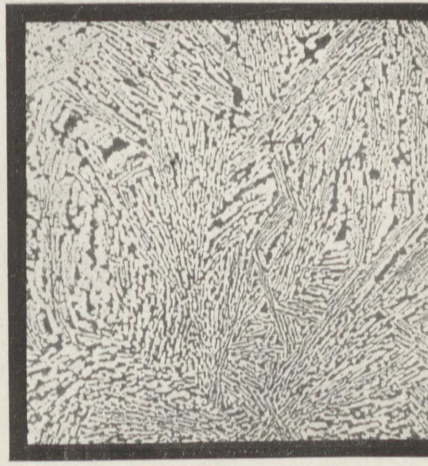


Abb. 5.
Weißes Roheisen mit 4,2% C.
Gefüge Ledeburit.

Vergrößerung 100fach.

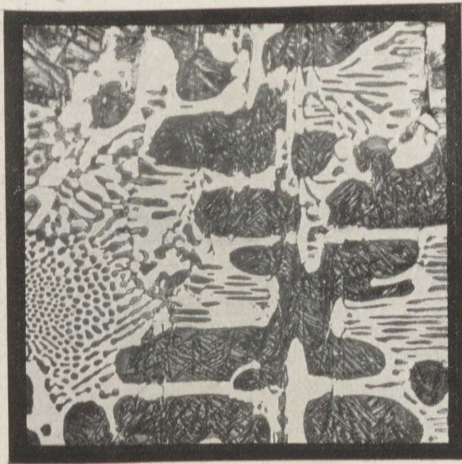


Abb. 6.
Weißes Roheisen mit 3,5% C.
Gefüge: Große schwarze Flächen = primäre Mischkristalle, weiße Flächen mit schwarzen rundlichen oder länglichen Einschlüssen = Ledeburit.

Vergrößerung 50fach.

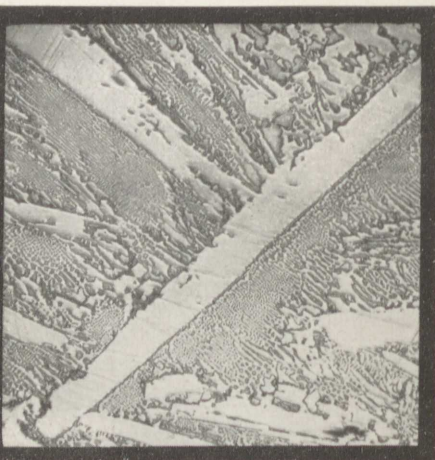


Abb. 7.

Spiegeleisen mit 5,2% C.

Gefüge: Helle Kristalle = Zementit, dunkle Grundmasse = Ledeburit.

Vergrößerung 500fach.

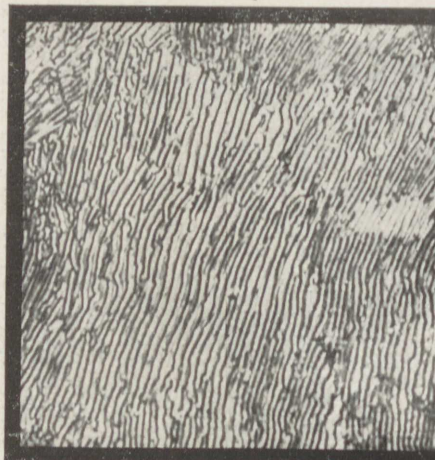


Abb. 8.

Stahl mit 0,9% C.

Gefüge: lamellarer Perlit.

Vergrößerung 100fach.

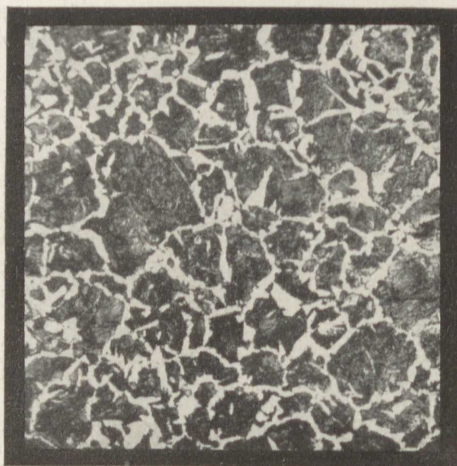


Abb. 9.

Stahl mit 0,5% C.

Gefüge: Helles Netz = Ferrit, dunkle Felder = Perlit.



Die hier genannten Gefügebildungen Austenit, Ledeburit, Perlit, Zementit, Ferrit und andere kann man am besten kenntlich machen durch metallographische Untersuchungen. Man hält das bei einer bestimmten Temperatur entstandene Gefüge fest durch plötzliches Abkühlen oder Abschrecken. An Stelle des Austenits entsteht allerdings beim Abschrecken ein nadeliges Gefüge, das mit Martensit bezeichnet wird und magnetisches α -Eisen darstellt. Poliert man dann eine Schlißfläche an dem Versuchsstück und ätzt diese mit Säure, so verlieren die einzelnen Gefügebestandteile ihren Glanz um so mehr, je weniger widerstandsfähig sie gegen Säure sind. Sie werfen dann auffallendes Licht verschieden gut zurück. Betrachtet man nun die Schlißfläche bei auffallendem Lichte unter dem Mikroskop, so erscheinen auf ihr helle und dunklere Stellen, Kristalle, Stäbchen und Punkte, und man kann daraus das Gefüge erkennen. Die Abb. 4—9 zeigen einige solche Gefügebilder, auf die schon bei der Besprechung des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms hingewiesen wurde. Abb. 4 zeigt das Gefüge Ferrit beim reinen Elektrolytisen, Abb. 5 das Eutektikum Ledeburit bei weißem Roheisen mit 4,2% C. In Abb. 6 erkennt man das Gefüge einer untereutektischen Legierung, weißes Roheisen mit 3,5% C; Mischkristalle (Austenit) im Ledeburit. In Abb. 7 das Gefüge einer übereutektischen Legierung, Spiegeleisen mit 5,2% C, Zementit im Ledeburit. Abb. 8 zeigt das Eutektoid Perlit, ein Gemenge von Ferrit und Zementit, Abb. 9 das Gefüge einer untereutektoiden Legierung, Stahl mit 0,5% C, Ferrit im Perlit.

Andere Beimengungen des Eisens.

Silizium verbindet sich leicht mit dem Eisen. Im Roheisen, das 0,2—3,5% Silizium enthält, begünstigt es die Graphitausscheidung. Siliziumreiches Roheisen mit 8—10% Silizium heißt Ferrosilizium. Im Stahl erhöht Silizium die Härte und Festigkeit, vermindert aber die Schmied- und Schweißbarkeit. Gut schweißbarer Flußstahl darf deshalb nicht über 0,01% enthalten. Es erhöht die Elastizität. Federstahl enthält deshalb 0,2—2,2% Silizium. Die elektrischen Eigenschaften des Stahls werden durch Silizium günstig beeinflusst. Transformatorbleche enthalten 3,8—4,2%, Dynamobleche 0,5—4,2% Silizium. In neuerer Zeit verwendet man in Brücken-, Eisenhoch- und Schiffbau einen mit Siliziumstahl bezeichneten Baustahl mit 0,8—1,2% Silizium, 0,08 bis 0,18% Kohlenstoff und 0,5—1,0% Mangan, der Zugfestigkeiten bis zu 60 kg/mm² und Dehnungen bis zu 32% erreicht.

Mangan ist im Roheisen bis zu 6% enthalten. Manganreiche Eisensorten sind Manganstahl mit 6—12% Mangan, Spiegeleisen mit 6—22%, Ferromangan mit 35—85%. Im Roheisen wirkt Mangan der Graphit-

ausscheidung entgegen und verursacht weißes Roheisen. Im Stahl wirkt Mangan ähnlich wie Silizium, es vergrößert die Härte und Festigkeit, vermindert aber die Zähigkeit. Die Schmied- und Schweißbarkeit werden durch einen Mangangehalt unter 1% erhöht, durch einen höheren aber vermindert. Der ungünstige Einfluß des Siliziums auf die Schweißbarkeit wird durch Mangan vermindert.

Beim Stahl unterscheidet man nach dem Mangangehalt perlitische Stähle mit 0,8—2,0%, Mangan bei 0,25—1,0% Kohlenstoff und austenitische Stähle mit 10—14% Mangan bei 0,9—1,3% Kohlenstoff. Die perlitischen Stähle haben Zugfestigkeiten bis 100 kg/mm² und Dehnungen bis 17%. Sie werden hauptsächlich als Baustähle verwandt. Die austenitischen Stähle werden sowohl als Stahlguß als auch im geschmiedeten Zustande verwandt. Sie haben gegossen etwa 50 kg/mm², geschmiedet bis über 100 kg/mm² Festigkeit und bis 80% Dehnung. Wegen der großen Härte und Zähigkeit der austenitischen Manganstähle lassen sie sich schwer mit Schneidwerkzeugen bearbeiten. Sie werden deshalb meist geschliffen. Ihre große Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung durch Reibung macht sie besonders für Maschinenteile mit großer Reibung geeignet. Außerdem verwendet man sie für Werkzeuge, Gesenke, Federn, Radreifen und Wellen.

Phosphor kommt im Roheisen bis 2% vor; meist beträgt der Phosphorgehalt jedoch erheblich unter 1%. Phosphor macht das Roheisen dünnflüssig, vermindert aber seine Festigkeit. Im Stahl beträgt der Phosphorgehalt meist unter 0,1%. Er macht den Stahl kaltbrüchig und spröde. Bis zu 0,5% Phosphor erhöht zwar die Festigkeit, vermindert aber erheblich die Dehnung und die Schlagfestigkeit.

Schwefel. Roheisen enthält 0,01—0,15% Schwefel. Dieser macht das Eisen dickflüssig und erschwert die Graphitausscheidung. Stahl enthält meist unter 0,1% Schwefel. Seine Festigkeit wird durch Schwefel verringert. Durch einen Schwefelgehalt über 0,2% wird Stahl rotbrüchig, d. h. im rotwarmen Zustande Brüchig.

Außer diesen vielfach schon in den zur Eisenerzeugung benutzten Rohstoffen enthaltenen und in das Eisen übergegangenen Beimengungen enthält das Eisen noch andere Stoffe, die ihm absichtlich zugesetzt sind, um ihm ganz bestimmte Eigenschaften zu geben. Die wichtigsten dieser Beimengungen sind:

Nickel erhöht die Härte und Festigkeit des Stahles in ungehärtetem Zustande ganz erheblich, verringert die Wärmeleitfähigkeit und den Ausdehnungskoeffizienten und erhöht die Widerstandsfähigkeit gegen Rost. Die Nickelbaustähle enthalten 1,5—5% Nickel und werden verwandt zu stark beanspruchten Maschinenteilen, wie Schiffsmaschinenwellen, Turbinenschaufeln, Kraftwagenteilen, ferner zu Gewehr- und

Geschützläufen und Panzerplatten. Stähle mit hohem Nickelgehalt, z. B. Invarstahl mit 35—37% Nickel, zeichnen sich aus durch einen geringen Ausdehnungskoeffizienten und werden zu physikalischen Apparaten, besonders Meßapparaten, benutzt, bei denen man Wärmeausdehnung möglichst vermeiden will.

Platin mit 46% Nickel hat denselben Ausdehnungskoeffizienten wie Platin und Glas und wird an Stelle von Platindraht bei Glühlampen in Glas eingeschmolzen.

Chrom ist im Baustahl in Mengen von 2—5% enthalten. Es erhöht die Festigkeit des Stahls besonders gegen Stoß. Chromhaltiger Stahl wird deshalb zu Maschinenteilen verwandt, die Stöße auszuhalten haben (Pochstempel). Chrom-Nickelstähle werden zu Panzerplatten und Geschossen verwandt. Chrom wird auch mit Molybdän und Vanadium zusammen dem Stahl zugesetzt, um seine Festigkeitseigenschaften zu erhöhen. Chrom verleiht dem Stahl eine große Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung durch Reibung und wird deshalb zu Kugellagern verwandt. Eine wichtige Eigenschaft ist die Rostbeständigkeit des Chromstahles mit über 12% Chrom. Rostfreier Stahl wird zu Werkzeugen und Maschinenteilen verwandt, die mit Wasser oder Säuren in Berührung kommen. Chrom begünstigt die magnetischen Eigenschaften des Stahles. Im Werkzeugstahl erhöht es die Härte und Schneidfähigkeit.

Molybdän wird mit Chrom zusammen dem Stahl zugesetzt. Solche Stähle dienen als Ersatz für die teuren Chrom-Nickelstähle für Maschinenteile von hoher Festigkeit.

Wolfram wird allein oder mit Chrom, Molybdän, Vanadium oder Kobalt den sogenannten Schnellschnittstählen zugesetzt, die sich durch große Schneidfähigkeit und hohe Schnittgeschwindigkeiten auszeichnen.

Wolfram, Chrom, Molybdän und Kobalt begünstigen die Fähigkeit des Stahls, Magnetismus aufzunehmen und festzuhalten. Stähle mit diesen Beimengungen werden daher für Dauermagneten verwandt.

Aluminium. Mit Alit bezeichnet man eine Legierung von 85% Eisen und 15% Aluminium, die sich durch große Widerstandsfähigkeit gegen Luftsauerstoff bei hohen Temperaturen auszeichnet und deshalb zur Herstellung von Schmelz- und Tempertiegeln benutzt wird.

Schutz des Eisens gegen Rost.

Der größte Feind des Eisens ist der Rost, eine Verbindung des Eisens mit Wasserstoff und Sauerstoff, die durch Einwirkung von feuchter Luft, Wasser und Säuren auf das Eisen entsteht. Um das Eisen vor dem Rosten zu bewahren, muß man seine Oberfläche vor direkter Berührung mit rostbildenden Stoffen schützen durch fest haftende dichte Überzüge, oder dem mit dem Eisen in Berührung kommenden Wasser Rostschutz-

zusätze geben. Vor dem Aufbringen der schützenden Überzüge muß die Eisenoberfläche sorgfältig von Rost und Zunder mittels Stahlbürsten oder durch Sandstrahlgebläse gereinigt und nötigenfalls entfettet werden. Die gebräuchlichsten Rostschutzüberzüge sind:

Öl- und Fettüberzüge eignen sich zum vorübergehenden Rostschutz blanker Eisenteile. Die benutzten Fette und Öle müssen säurefrei sein. Am besten eignen sich Mineralfette und -öle.

Teer- und Asphaltüberzüge werden heiß aufgetragen oder die erwärmten Eisenteile werden in flüssigen Teer oder Asphalt getaucht. Man verwendet dies Verfahren namentlich bei in die Erde gelegten Rohrleitungen.

Ölfarben- und Lackanstriche. Das Eisen erhält zunächst einen Grundanstrich mit Leinölfirnis, der mit Graphit, Ocker, Eisenmennige oder Bleimennige angerieben ist. Darauf erfolgt ein Deckfarbenanstrich von Leinölfirnis mit Bleiweiß, Graphit oder Zinkstaub. In neuerer Zeit benutzt man zum Auftragen der Farben Druckluftpistolen, die die Farben durch Druckluft fein zerstaubt gegen die anzustreichenden Flächen spritzen. Als Lackanstrich verwendet man meist dünnflüssigen Zaponlack.

Metallüberzüge aus Zinn, Zink, Blei, Nickel, Aluminium, Kupfer, Messing. Die mit Metall zu überziehende Eisenoberfläche muß metallisch rein und fettfrei sein. Das Aufbringen der Metallüberzüge geschieht durch Eintauchen des Eisens in das geschmolzene Metall (Feuerverzinkung und -verzinnung), auf galvanischem Wege, durch ein Spritzverfahren, durch Sherardisieren, Alitieren oder durch Plattieren. Das Spritzverfahren wird besonders für Zink-, seltener für Blei- und Aluminiumüberzüge angewandt. Man benutzt dazu ein pistolenartiges Werkzeug, in dem ein Metalldraht geschmolzen und durch Druckluft staubartig auf die Eisenfläche gespritzt wird. Beim Sherardisieren werden die Eisenteile in einem Gemisch von Quarzsand und Zinkstaub in geschlossenen eisernen Trommeln 2—4 Stunden bis 400° erhitzt und langsam gedreht. Beim Alitieren werden Flußstahlteile längere Zeit in Aluminiumpulver geglüht. Beim Plattieren schweißt man dünne Kupfer- oder Nickelplatten durch Walzen auf Eisenbleche.

Emaillüberzüge, namentlich für Blechgeschirre und gußeiserne Gegenstände. Die Eisenoberfläche wird gereinigt und gebeizt und dann wird eine breiige Grundmasse aus Feldspat, Quarz, Borax und Ton im Brennofen darauf eingebrannt. Nach dem Erkalten wird dann in derselben Weise eine Glasurschicht aus Silikaten und Zinnoxid aufgebracht.

Zementüberzüge. Ein mit Wasser angerührter Zement wird in 4—5 dünnen Schichten auf die metallisch reine Eisenfläche aufgetragen.

Die vorher aufgetragene Schicht muß immer erst erhärtet sein, bevor die nächste aufgetragen wird. Der Zement nimmt sogar schon vorhandene dünne Rostschichten in sich auf.

Künstliche Oxydation (Brünierung). Durch Beizen der Eisenoberfläche mit Säuren wird eine schützende Oxydschicht gebildet.

Galvanischer Rostschutz. Enthalten eiserne Gefäße säure- oder salzhaltiges Wasser, so entstehen durch galvanische Einwirkungen leicht Anfressungen (Korrosionen) des Eisens. Dies kann man verhindern, indem man dauernd einen schwachen elektrischen Strom in die zu schützenden Teile schickt, die mit dem negativen Pole verbunden werden, während der positive Pol mit einer sich allmählich auflösenden Eisenanode verbunden ist.

Als Rostschutzzusätze zu dem mit Eisen in Berührung kommenden Wasser kommen für Dampfkessel in Frage Natriumsulfit, Cyan, Petrol, Zinkara und Karbozink.

Die Erzeugung des Roheisens.

Die Rohstoffe.

Eisenerze.

In rein metallischem Zustande findet sich das Eisen in der Natur äußerst selten, nämlich nur mit Nickel vermischt in Meteorsteinen, die von anderen Weltkörpern auf die Erde gefallen sind. Seine chemische Verwandtschaft zu anderen Stoffen ist so groß, daß es in den technisch verwertbaren eisenhaltigen Mineralien, den Eisenerzen, immer mit Sauerstoff (Eisenoxyde), Schwefel (Eisensulfide), Kohlensäure (Eisenkarbonate) oder Phosphor (Eisenphosphate) verbunden vorkommt. Die Eisenerze sind immer mit mineralischen Bestandteilen, den Gangarten, Kieselsäure, Tonerde, Kalk u. a., gemischt, die bei der Verhüttung in die Schlacke übergehen. Die wichtigsten Eisenerze sind:

1. Magneteisenstein, Eisenoxydoxydul, Fe_3O_4 , mit etwa 45 bis 70% Eisen, von grauer bis schwarzer Farbe. Seine Hauptfundorte sind Mittel- und Nordschweden, Nordafrika, Nordamerika und der Ural. In Schweden wird aus ihm das wegen seiner Reinheit berühmte schwedische Holzkohlenroheisen erzeugt. Magneteisenerze werden in großen Mengen nach Deutschland eingeführt.

2. Roteisenstein, Eisenoxyd, Fe_2O_3 , mit etwa 65% Eisen, von roter bis braunroter Farbe. Die größten Roteisensteinlager sind in Nordamerika am oberen See. Ferner kommt Roteisenstein in großen Mengen vor in Spanien und Nordafrika und wird von dort nach Deutschland



eingeführt. In Deutschland sind seine Hauptfundorte an der Sieg, Lahn und Dill. Besondere Arten des Roteisensteins sind Eisenglanz und roter Glaskopf.

3. Brauneisenstein, Eisenoxydhydrat, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, mit 30 bis 45% Eisen, von gelbbrauner Farbe. Der gewöhnliche Brauneisenstein findet sich in Deutschland nur an der Lahn und Dill, ferner in Spanien und Nordafrika. In der Form von Minette mit 28—39% Eisen findet sich Brauneisenstein in den weitausgedehnten lothringisch-luxemburgischen Erzlagern. Die Minette ist stark phosphorhaltig und wird daher zur Darstellung von phosphorreicher Thomaseisen verwandt. Ihre Gangarten enthalten meist so viel Kalk, daß besondere Kalkzuschläge im Hochofen nicht nötig sind. Solche Erze nennt man selbstgehende Erze. In Gr.-Ilsede bei Peine findet sich Brauneisenstein als Bohnerz in Form von rundlichen Knollen, ebenfalls stark phosphorhaltig und mit kalkigen Gangarten vermischt. Eine andere Art des Brauneisensteins ist das Rasenerz, das sich nur noch in geringen Mengen in Norddeutschland unmittelbar unter der Erdoberfläche findet.

4. Spateisenstein, Eisenkarbonat, FeCO_3 , mit bis zu 48% Eisen, von gelblicher Farbe und kristallinischem Gefüge. Er findet sich in Deutschland im Siegerlande. Die größten Spateisensteinlager sind in Steiermark und Kärnten. Eine Abart des Spateisensteins ist der Toneisenstein oder Sphärosiderit. Dieser findet sich namentlich in England. Ist er mit Kohle gemischt, so heißt er Kohleneisenstein.

Außer den Eisenerzen werden noch andere eisenhaltige Rohstoffe zur Roheisenerzeugung benutzt. So zum Beispiel das sogenannte Purpurerz. Dies ist ein Eisenoxyd mit etwa 60% Eisen, das zurückbleibt, wenn Schwefelkies (FeS_2) zur Schwefelsäurefabrikation geröstet, d. h. unter Luftzuführung erhitzt wird. Der Schwefel wird durch das Rösten ausgetrieben und zur Schwefelsäureerzeugung verwandt, und das Purpurerz bleibt zurück.

Andere verhüttbare Rohstoffe bilden die eisen- und phosphorhaltigen Puddel- und Schweißschlacken, die oft noch über 50% Eisen enthalten, sowie Hammerschlag und Walzensinter.

Zum Erzeugen manganhaltiger Eisensorten, wie Spiegeleisen und Ferromangan, werden außer manganhaltigen Eisenerzen auch Manganerze verwandt. Diese finden sich im Siegerlande, Schweden und Spanien nur in geringen Mengen. Äußerst reiche Lager besitzen aber Rußland im Kaukasus, ferner Indien und Brasilien.

Vorbereitung der Eisenerze.

Die Erze sind vielfach nicht ohne weiteres in dem Zustande, in dem sie gewonnen werden, im Hochofen zu verhütten, sondern müssen erst

dazu vorbereitet werden. Zu dickstückige Erze werden durch Steinbrecher zerkleinert. Zu feinkörnige „mulmige“ Erze werden zu größeren Stücken vereinigt, da sie im feinkörnigen Zustande den Hochofen leicht verstopfen würden. Man unterscheidet dabei das Brikettierverfahren und das Agglomerierverfahren. Beim ersteren werden die staubigen Erze in Brikettierpressen unter hohem Druck, bisweilen unter Zusatz von Bindemitteln, zu Erzbriketts zusammengepreßt. Beim Agglomerieren setzt man den Erzstaub einer heißen Flamme aus, unter deren Einwirkung er zusammensintert und beim Erkalten in regellos gestaltete Klumpen zerfällt. Um den Eisengehalt der in den Hochofen gelangenden Erze anzureichern, befreit man sie von einem Teile der Gangarten. Dies kann durch nasse oder durch magnetische Aufbereitung geschehen. In beiden Fällen werden die eisenfreien und darum leichteren Bestandteile durch einen fließenden Wasserstrom von den schwereren eisenhaltigen getrennt. Bei der magnetischen Aufbereitung führt man die zerkleinerten Erze an einem starken Elektromagneten vorbei, der die eisenhaltigen Teile anzieht und sie so von den eisenfreien sondert.

Eine sehr wichtige Vorbereitungsarbeit ist das Rösten. Dies wird mit dem Spateisenstein in schachtförmigen Röstöfen vorgenommen. Die Erze werden in diesen abwechselnd mit Brennstoffen aufgeschichtet und unter Luftzutritt erhitzt. Hierbei werden die Erze aufgelockert, und es entweicht aus dem Eisenkarbonat (FeCO_3) die Kohlensäure (CO_2) und Eisenoxydul (FeO) bleibt zurück. Dies verwandelt sich dann durch Sauerstoffaufnahme in Eisenoxydoxydul (Fe_3O_4). Durch das Heraustreiben der Kohlensäure wird das Gewicht des Eisens bis zu 30% vermindert und dadurch die Transportkosten entsprechend verringert. Das Rösten geschieht deshalb immer schon auf den Erzgruben. Kohleneisensteine enthalten schon den nötigen Brennstoff und können deshalb ohne Zufügung eines solchen geröstet werden.

Nur selten wird der Hochofen mit nur einem einzigen Erze beschickt. In den meisten Fällen werden mehrere Erzsorsten miteinander vermischt, damit das zu erzeugende Roheisen die verlangte chemische Zusammensetzung erhält. Außerdem müssen den Erzen häufig Zuschläge beigemischt werden, um das Überführen der Gangarten in die Schlacke zu ermöglichen. Der verbreitetste Zuschlag ist Kalkstein. Dieser hat die Fähigkeit, besonders die Kieselsäure und den Schwefel zu binden und in eine dünnflüssige Schlacke überzuführen, die sich leicht beseitigen läßt und den Hochofen nicht verstopft. Selbstgehende Erze, die schon in ihren Gangarten den nötigen Kalkgehalt aufweisen, können ohne besondere Zuschläge verhüttet werden. Das Mischen der verschiedenen Erze und Zuschläge nennt man möllern, das Gemisch Möller.

Brennstoffe.

Bei den Brennstoffen unterscheidet man natürliche Brennstoffe, die so, wie sie uns die Natur liefert, verwendet werden können, und künstliche Brennstoffe, die aus den natürlichen künstlich erzeugt werden. Zu der ersten Gruppe gehören Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle, zur zweiten Holzkohle, Koks und künstlich erzeugte brennbare Gase. Der wichtigste natürliche Brennstoff ist die Steinkohle.

Nach dem Verhalten der Steinkohle beim Erhitzen unter Luftabschluß unterscheidet man gewöhnlich folgende drei Arten:

Sand- oder Magerkohle, zerfällt beim Erhitzen zu Pulver;

Sinterkohle, sintert beim Erhitzen zusammen;

Back- oder Fettkohle, schmilzt beim Erhitzen, bläht sich auf und backt zu einer teigigen Masse zusammen.

Besser ist die Einteilung nach dem Kohlenstoffgehalt in:

Gasflammkohlen mit 79—82% Kohlenstoff.

Gaskohlen mit 82—85% Kohlenstoff.

Fettkohlen mit 85—90% Kohlenstoff.

Magerkohlen (Anthrazit) bis 96% Kohlenstoff.

Von den natürlichen Brennstoffen kommt bei der Roheisenerzeugung nur die älteste und kohlenstoffreichste Kohle, der Anthrazit, in Frage, der in Amerika, England und Südrußland bei der Verhüttung der Eisenerze im Hochofen verwandt wird. Das Holz und die gewöhnliche Steinkohle sind in ihrem natürlichen Zustande zur Eisenerzeugung ungeeignet. Die Steinkohle ist meist zu unrein und zu wenig widerstandsfähig gegen das im Hochofen auf ihr lastende Gewicht der Erz- und Brennstoffmassen. Backkohle würde sich aufblähen, schmelzen und den Hochofen verstopfen. Holz und Steinkohle werden daher vor ihrer Verwendung immer erst in einen künstlichen brauchbaren Brennstoff umgewandelt. Das Holz durch Verkohlen in Meilern, die Steinkohle durch Verkoken im Koksofen. Beide Verfahren bezwecken, durch Erhitzen des natürlichen Brennstoffes unter Luftabschluß flüchtige Bestandteile auszutreiben, um einen reineren und kohlenstoffreicheren Brennstoff zu erzeugen. Die Holzkohle findet naturgemäß nur in holzreichen Gegenden zur Erzeugung des durch seine Reinheit ausgezeichneten Holzkohlenroheisens Verwendung. Für die deutsche Roheisenerzeugung kommt ausschließlich der Koks in Betracht.

Zur Koksbereitung eignet sich am besten die Back- oder Fettkohle. Diese wird meist in zerkleinertem Zustande in gemauerten Kammern, den Koksöfen, unter Luftabschluß erhitzt und so in Koks umgewandelt. Die bei der Erhitzung aus der Steinkohle herausgetriebenen flüchtigen Bestandteile bilden brennbare Gase, und diese werden gleich

zum Heizen der Koksöfen benutzt. Bei den älteren Koksöfen verbrannte man diese Gase gleich so, wie sie aus der Kohle ausgetrieben sind. Da sie aber eine Reihe wertvoller Bestandteile enthalten, die zum Verbrennen zu schade sind, so werden bei den neueren Koksöfen mit Gewinnung der Nebenprodukte die Gase erst in besonderen Anlagen von ihren wertvollen Nebenbestandteilen Teer, Ammoniak und Benzol befreit und dann erst wieder zum Koksöfen zurückgeleitet und verbrannt. Man verwendet auch wohl zum Heizen der Koksöfen minderwertige Gase, z. B. Hochofengas.

Als Beispiel eines Koksöfens diene der in Abb. 10 dargestellte Regenerativofen mit Verwertung der Nebenprodukte von Dr. Otto & Co., Dahlhausen. Die Verkokung der Steinkohle erfolgt in den gemauerten Ofenkammern *a* von etwa 10,5 m Länge, 2,5 m Höhe und 0,5 m Breite, die etwa 8 t Kohlen fassen, und von denen gewöhnlich 60—80 zu einer Ofenbatterie vereinigt sind. In diese Kammern wird die zerkleinerte Backkohle durch vier Füllöffnungen *b* eingebracht, und zwar geschieht dies durch einen über die ganze Ofenbatterie zu verfahrenen, elektrisch angetriebenen Füllwagen, der durch vier Trichter eine ganze Ofenkammer auf einmal füllen kann. Die Oberfläche der eingebrachten Kohle wird eingebnet durch eine Planiervorrichtung *c*, die auf der Koks- ausdrückmaschine angebracht ist und von deren Motor angetrieben wird. Die während des Füllens schon entweichenden Gase werden durch eine besondere Rohrleitung aufgefangen und direkt zum Kamin geführt. Nach dem Füllen werden die beiden eisernen Türen *d* geschlossen und alle Fugen dicht mit Lehm verschmiert. Zwischen je zwei Ofenkammern *a* befinden sich die Heizräume *e*, in denen das zum Heizen des Ofens dienende Gas verbrannt wird. Das Gas wird von der Reinigungsanstalt her durch das mitten unter der Kammer liegende Rohr *g* zugeführt, von dem sich 18 Düsenrohre *f* abzweigen, je neun für eine Kammerhälfte. Die beiden Kammerhälften werden abwechselnd geheizt in folgender Weise. Aus den neun bunsenbrennerartig gestalteten Düsen der einen Kammerhälfte strömt das Gas aus und verbrennt. Die hierzu nötige Luft wird durch die Klappen *h* eingesaugt und durchstreicht einen längs der ganzen Ofenbatterie verlaufenden Regenerator *k*₁, eine mit gitterartig übereinandergeschichteten feuerfesten Steinen ausgesetzte Kammer. Die feuerfesten Steine sind hoch erhitzt und geben ihre Wärme an die Verbrennungsluft ab, diese auf etwa 900° vorwärmend. Die Luft tritt dann weiter von *k*₁ aus in den Kanal *m* und von hier durch die zahlreichen Öffnungen *i* in die Heizkammern *e*. Das Heizen der Regeneratoren, das Erhitzen der in ihnen aufgeschichteten feuerfesten Steine geschieht durch die abziehenden heißen Verbrennungsgase. Diese machen nämlich von den Heizkammern *e* aus folgenden Weg. Sie steigen in den

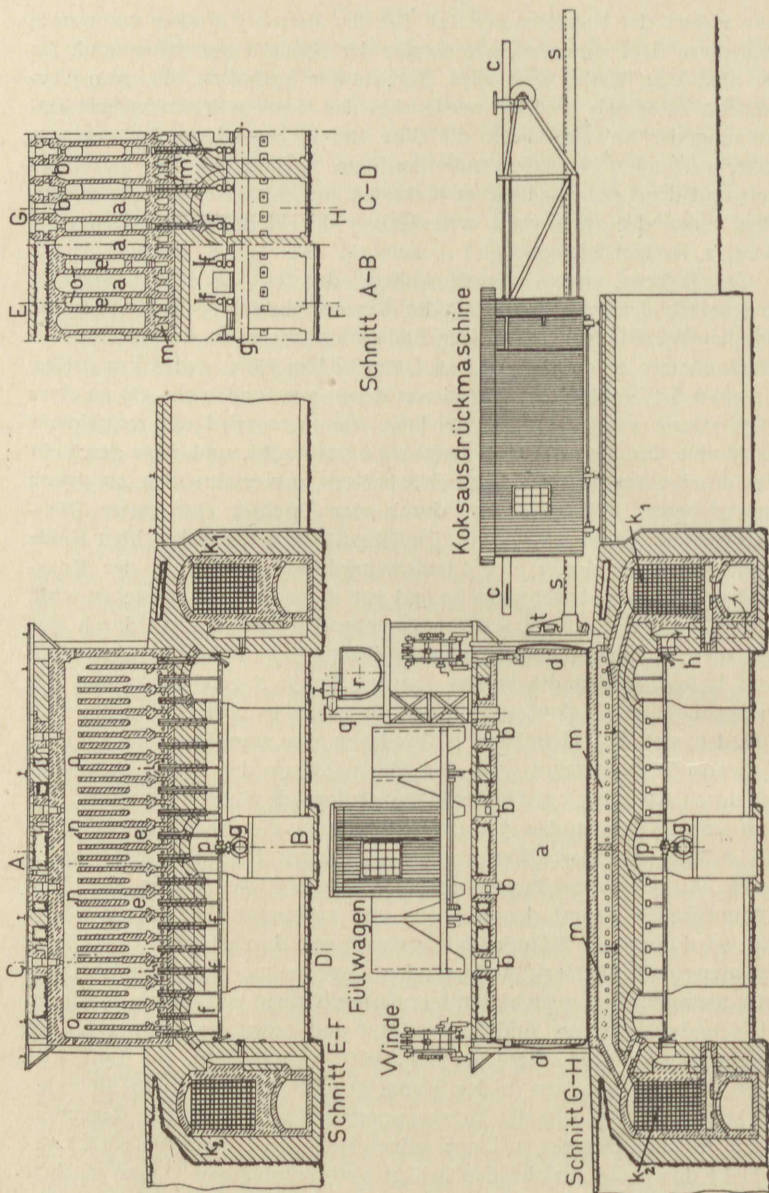


Abb. 10. Koksofen von Dr. Otto & Co.

Heizkammern in die Höhe, verzweigen sich um die Wände n , heizen die Ofenkammerwände und erhitzen dadurch die Steinkohle in den Kammern a und vereinigen sich in dem oberen Kanal o , der sie zu der anderen Ofenkammerhälfte hinführt. Hier sinken sie in den Kammern e nach unten, heizen dabei weiter die Ofenkammerwände, treten aus den Öffnungen i in den Kanal m , der sie nach dem auf der anderen Längsseite der Ofenkammern angebrachten Regenerator k_2 führt. Diesen durchstreichen sie und erhitzen dabei die feuerfesten Steine auf 900° und ziehen noch mit einer Temperatur von 300° zum Kamin. Auf diese Weise wird die in den Abgasen steckende Wärme zur Luftvorwärmung nutzbar gemacht und dadurch eine Gasersparung erreicht. Nach Verlauf von etwa einer halben Stunde ist der Regenerator k_1 abgekühlt, k_2 dagegen stark genug erhitzt, und nun wird umgesteuert, d. h. durch den Dreiweghahn p wird das Gas in die andere Ofenkammerhälfte geleitet, und durch Öffnen bzw. Schließen von Schiebern in der Luft- und Gasleitung wird die Verbrennungsluft jetzt durch den Regenerator k_2 geleitet und dort erhitzt, während die Abgase durch den kalten Regenerator k_1 ziehen und diesen wieder heizen.

Durch das Erhitzen der in den Ofenkammern eingeschlossenen Steinkohle werden aus dieser die gasförmigen Bestandteile ausgetrieben. Diese werden durch einen Gassauger abgesaugt und steigen durch das Rohr q in die Vorlage r . Hier kühlen sie sich ab, und ein Teil des in ihnen enthaltenen Steinkohlenteers scheidet sich schon aus. Die Gase werden dann weiter durch Rohrleitungen einer besonderen Anstalt zugeführt und hier durch weiteres Abkühlen von Teer, durch Waschen mit Wasser von Ammoniak und durch Waschen mit Teeröl von Benzol befreit. Aus dem Ammoniak gewinnt man schwefelsaures Ammoniak, ein Düngemittel. Teer und Benzol werden zur Weiterverarbeitung an chemische Fabriken abgegeben. Aus 1 t Steinkohle werden im Durchschnitt 750 kg Koks, 28 kg Teer, 12 kg schwefelsaures Ammoniak, 8 kg Benzol und 300 cbm Gas erzeugt. Das so von seinen wertvollen Bestandteilen gereinigte Gas wird dann durch die Gasleitung g dem Ofen wieder zugeführt und jetzt erst verbrannt. Hierzu ist aber gewöhnlich nur etwas mehr als die Hälfte des erzeugten Gases nötig, es kann also ein großer Teil des Koks-ofengases noch anderweitig zum Betriebe von Gasmaschinen, als Leucht- und Kochgas nutzbar gemacht werden.

Nach etwa 30 Stunden ist alle Steinkohle einer Ofenkammer verkocht. Nun werden durch fahrbare Winden die beiden Türen d geöffnet, und die ganze glühende Koks-masse, etwa 5—7 t, wird durch eine meist elektrisch angetriebene, vor jede Ofenkammer zu fahrende Koks-ausdrückmaschine aus der Kammer herausgedrückt und mit Wasser abgelöscht. Die Ausdrückvorrichtung besteht aus einer langen Zahnstange s , die

vorn eine kräftige, fast den ganzen Ofenkammerquerschnitt ausfüllende Ausdrückplatte t trägt und durch ein elektrisch angetriebenes Zahnrad durch die ganzen Ofenkammern hindurchgeschoben wird.

Hochofenkoks soll eine Stückgröße von 50—300 cm^3 und eine Druckfestigkeit von mindestens 100 kg/cm^2 haben. Ferner einen Aschegehalt unter 9%, Wassergehalt unter 4%, Schwefelgehalt 1,0—1,25%.

Die Vorbereitung des Windes.

Der Hochofen verbraucht zum Verbrennen des Koks eine große Menge Wind. Man rechnet gewöhnlich für die Erzeugung von 1 t Roh-eisen etwa 3000 cbm Wind, so daß ein Hochofen von 300—400 t Tages-

leistung einen täglichen Luftverbrauch von etwa 1000000 cbm aufweist. Diese ungeheure Luftmenge wird von großen Gebläsemaschinen angesaugt und unter einem Druck von 0,3—0,5 Atm. in den Hochofen gedrückt. Zum Antriebe der Gebläsemaschinen dienen jetzt meist mit Hochofengichtgas oder Koksofengas betriebene Großgasmaschinen.

In neuerer Zeit verwendet man auch von Dampfturbinen oder Elektromotoren angetriebene Turbogebälse.

Während früher der Wind kalt in den Hochofen geblasen wurde, wird er jetzt immer stark vorgewärmt unter Benutzung der Heizkraft der Hochofengichtgase. Man spart dadurch etwa 4% Koks für je 100° Winderhitzung. Die Erwärmung des Windes geschieht nach dem beim Koksofen schon erörterten Regenerativsystem in Winderhitzern, von denen der Cowpersche die größte Verbreitung gefunden hat. Einen Cowperschen Winderhitzer zeigt Abb. 11. Es ist ein Blechzylinder von 20—35 m

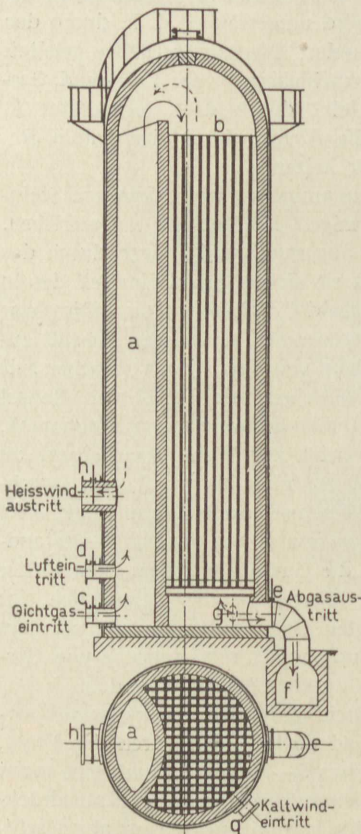


Abb. 11. Cowperscher Winderhitzer.

Höhe und 6—8 m äußerem Durchmesser, der oben durch eine kugelförmige Haube abgedeckt und innen mit feuerfestem Mauerwerk ausgekleidet ist. Das Innere ist, wie der Grundriß zeigt, durch eine Querwand in zwei verschieden große schachtartige Abteilungen zerlegt. Der kleinere ovale oder runde Verbrennungsschacht *a* ist im Innern frei, während der größere Schacht *b* mit feuerfesten Steinen ausgefüllt ist. Diese sind entweder gitterartig übereinandergesetzt oder es sind durchlochte Formsteine so übereinandergemauert, daß etwa 300—400 senkrechte Kanäle entstehen. Die feuerfesten Steine werden durch einen eisernen Rost oder bei neueren Winderhitzern durch Mauergewölbe getragen, so daß unter ihnen noch ein Raum frei bleibt. Der Winderhitzer besitzt nun verschiedene durch Schieber, Ventile oder Klappen verschließbare Öffnungen *c*, *d*, *e*, *g* und *h*, deren Zweck aus der Abbildung zu ersehen ist. Soll der Winderhitzer geheizt werden, so öffnet man die Schieber *c*, *d* und *e*. Bei *c* treten dann die Gichtgase ein, bei *d* die zu ihrer Verbrennung nötige Luft. Die Verbrennung erfolgt im Schachte *a*. In diesem steigen die brennenden Gase senkrecht empor, kehren oben ihre Richtung um, ziehen durch die zahlreichen Kanäle des Schachtes *b* nach unten und schließlich durch den Kanal *f* zum Schornstein. Ist das Innere des Winderhitzers auf etwa 800° erhitzt, so steuert man um, d. h. man schließt die Öffnungen *c*, *d* und *e* und öffnet *g* und *h*. Bei *g* tritt dann die kalte Gebläseluft ein, durchzieht den Raum *b*, nimmt die Wärme der hochofengeheizten Steine auf, zieht durch *a* nach unten und durch *h* in die Heißwindleitung, die zum Hochofen führt. Da das Heizen des Winderhitzers etwa zwei Stunden, das Abkühlen aber nur eine Stunde dauert, so muß jeder Hochofen mindestens drei Winderhitzer besitzen. Es sind jedoch meist vier oder fünf vorhanden, damit man beim Reinigen oder Ausbessern eine Reserve hat.

Der Hochofen.

Der Hochofen ist, wie der Name sagt, ein hoher Ofen, ein Schacht-Ofen von 20—30 m Höhe. Sein Profil wird gewöhnlich durch zwei abgestumpfte Kegel gebildet, die mit ihren größten Grundflächen aufeinandergesetzt sind. An den unteren Kegel schließt sich dann noch ein kurzes zylindrisches Stück. Manchmal ist auch zwischen die beiden Kegel ein zylindrisches Stück eingesetzt. Die Gesamtanordnung eines neueren Hochofens zeigt Abb. 12. Seine Hauptteile sind der Schacht *a*, die Rast *b*, das Gestell *c* und der Bodenstein *d*. Die weiteste Stelle des Hochofens am Zusammenstoß von Schacht und Rast heißt Kohlen-sack, die obere Öffnung des Ofens Gicht. Der Ofen ist aus feuerfesten Steinen aufgemauert, die durch eine große Zahl umgelegter eiserner

Ringe zusammengehalten werden. Die Rast und das Gestell sind bisweilen auch mit einem Eisenblechmantel umgeben. Neuerdings verwendet man vielfach für die besonders gefährdeten Teile des Hochofens, den Bodenstein und das Gestell, Kohlenstoffsteine aus feingemahlenem Koks und Teer. Das Schachtmauerwerk ist gewöhnlich 60—80 cm stark, das Gestell bis 1 m. Das Rast- und Gestellmauerwerk werden wegen der

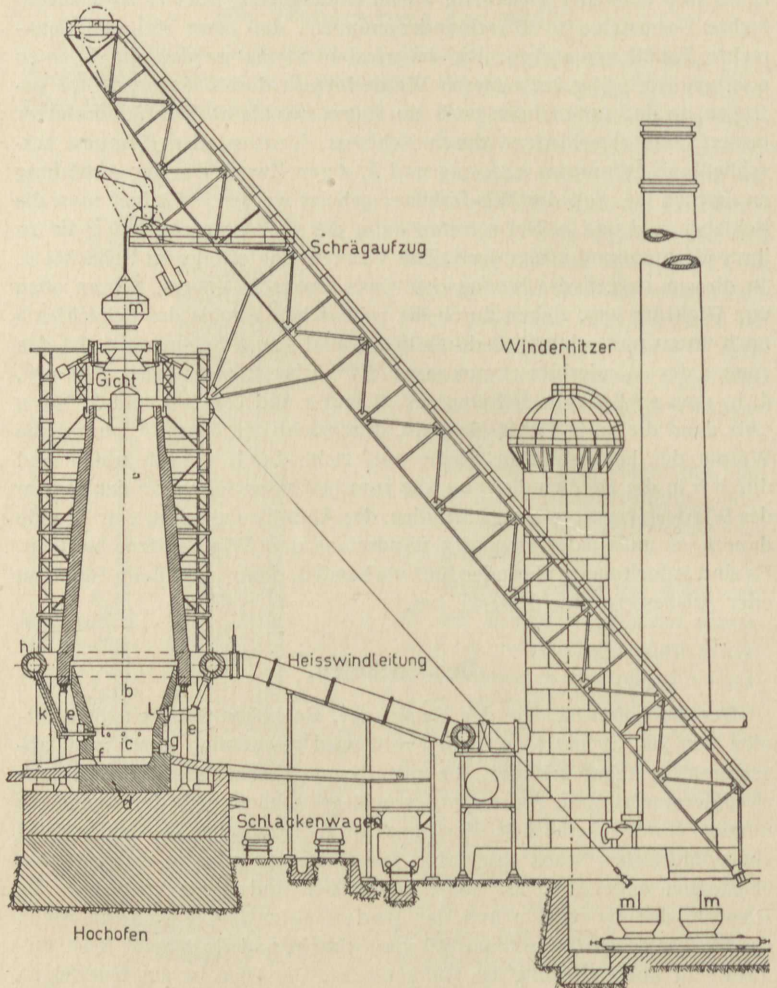


Abb. 12. Hochofen mit Schrägaufzug.

im unteren Teile des Hochofens herrschenden hohen Temperatur durch Wasser ausgiebig gekühlt. Man läßt das Wasser durch eingemauerte Eisenkasten fließen oder es an den Außenwandungen herunterrieseln. Ein Hochofen verbraucht etwa 3 m^3 Kühlwasser in der Minute. Beim Schacht begnügt man sich mit der Luftkühlung. Um die Rast zu entlasten, ist das Schachtmauerwerk für sich aufgemauert und wird durch eiserne Säulen *e* getragen. Das Rastmauerwerk kann sich dann in dem des Schachtes bei Erwärmung frei ausdehnen. Damit

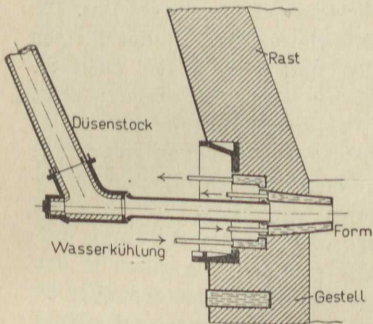


Abb. 13. Windform.

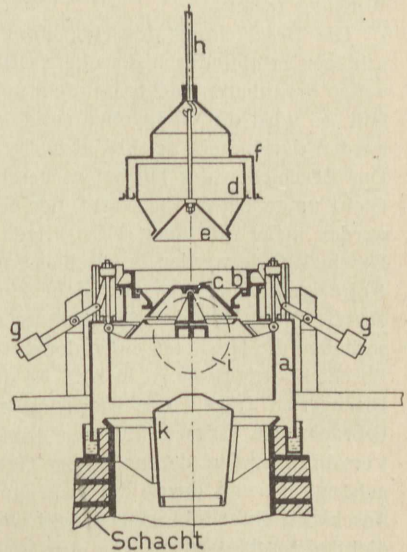


Abb. 14. Gichtverschluß mit selbsttätiger Beschickvorrichtung.

auch das Schachtmauerwerk sich frei ausdehnen kann, wird die Gicht durch einen an dem den Ofen umgebenden Eisengerüst aufgehängten Blechmantel *a* (siehe Abb. 14) gebildet, der mit dem Schacht stopfbüchsenartig verbunden ist und so das Mauerwerk nicht am Ausdehnen hindert. Der Blechmantel trägt oben einen Fülltrichter, dessen Einrichtung weiter unten an der Hand der Abb. 14 ausführlicher beschrieben wird.

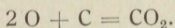
An der tiefsten Stelle des Gestelles befindet sich ein Abstichloch *f*, an das sich eine Rinne schließt zum Ablassen des fertigen Roheisens. Über dem Abstichloch liegt die Schlackenform *g* zum Ablassen der auf dem Roheisen schwimmenden Schlacke. Der vom Winderhitzer kommende heiße Wind gelangt in das rings um den Ofen laufende, mit feuerfesten Steinen ausgekleidete Windverteilungsrohr *h*, von dem aus sechs bis zwölf ebenfalls mit feuerfesten Steinen ausgefütterte

Düsenstöcke k zu den Formen i führen, durch die der Wind in den Ofen gelangt (s. Abb. 13). Die Formen sind doppelwandige Bronze- oder Kupferkasten, die ins Ofeninnere hineinragen und durch fließendes Wasser gekühlt werden. Manchmal hat man oberhalb der eigentlichen Formen sogenannte Notformen l , die aber nur bei Betriebsstörungen in Wirkung treten.

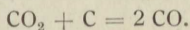
Die Beschickung des Hochofens mit Erzen, Brennstoffen und Zuschlägen erfolgt durch die obere Öffnung, die Gicht. Da man die wertvollen brennbaren Gichtgase nicht mehr wie früher unbenutzt entweichen läßt, so wird die Gicht oben sorgfältig verschlossen, und die Gichtgase werden durch meist seitlich abzweigende große Rohrleitungen abgeführt. Das Beschicken des Hochofens geschah früher von Hand von einer die Gicht umgebenden Plattform, der Gichtbühne, aus. Neuere Hochöfen werden meist mit einer selbsttätigen Beschickvorrichtung versehen. Die Beschickstoffe werden in geschlossenen Kübeln m (Abb. 12) durch einen Schrägaufzug über die Gicht befördert und dann in den Ofen gestürzt. Damit bei der Beschickung möglichst wenig Gas verloren geht, so haben die Hochöfen einen doppelten Gichtverschluß. Eine selbsttätige Beschickvorrichtung ist in Abb. 14 dargestellt. Das den Ofen umgebende Eisengerüst trägt einen Blechring a , an dem oben ein Trichter b angebracht ist. Dieser Trichter wird unten verschlossen durch einen Verschlußkegel c , der an einem Gestänge und Hebelmechanismus aufgehängt ist und durch die Gegengewichte g immer von unten in den Beschicktrichter b hineingedrückt wird, so daß dieser nach dem Ofen zu dicht abgeschlossen ist. Der durchschnittlich 6—7 t Erz oder 5 t Koks enthaltende Beschickkübel d , der unten ebenfalls durch einen Kegel e geschlossen, oben durch eine darüber gestülpte Haube f bedeckt wird, wird am Schrägaufzug emporgezogen, bis er genau senkrecht über der Gicht hängt. Dann wird er so weit herabgesenkt, daß er und die Haube f sich auf den oberen Rand des Trichters b stützen. Der Verschlußtrichter e legt sich dabei auf den Kegel c , und beim Senken der den Kegel e tragenden Aufhängestange h durch das Gewicht des Kübelinhaltes wird der Gegendruck der Gewichte g überwunden, die Kegel c und e senken sich und die ganze Beschickung rutscht in den Ofen rings um das Verteilungsrohr k . Ein innerer Eisenmantel schützt dabei das Schachtmauerwerk vor Beschädigung. Sobald sich der Kübel geleert hat, schließen die Gegengewichte g die Gicht selbsttätig wieder ab. Die Haube f verhindert ein Entweichen der durch das seitliche Rohr i abgeleiteten Gichtgase während der Beschickung.

Der Hochofenprozeß.

In den Hochofen werden von oben abwechselnd das Gemisch von Erzen und Zuschlägen, Möller genannt, und die Brennstoffe gestürzt. Die ganze auf einmal in den Ofen gelangende Menge Möller nennt man eine Gicht. Die Erzgichten betragen bis zu 15 t, die Koksgichten bis zu 7 t. Die Beschickung braucht etwa 12—24 Stunden zum Durchwandern des Hochofens. Von unten wird Wind durch den Hochofen geblasen. Die den Hochofen durchziehenden Stoffe wirken nun so aufeinander ein, daß das in den Erzen enthaltene Eisen als flüssiges Roheisen, die Gangarten und Zuschläge als flüssige Schlacke den Hochofen unten verlassen, während oben ein brennbares Gas, das Gichtgas, abzieht. Diese Vorgänge werden durch die schematische Darstellung in Abb. 15 veranschaulicht. In den Erzen ist das Eisen immer mit Sauerstoff verbunden, es muß deshalb von diesem befreit, die Eisenoxydverbindungen müssen reduziert werden. Dies geschieht entweder durch indirekte Reduktion unter Benutzung des Kohlenoxyds als Reduktionsmittel oder durch direkte Reduktion vermittels des Kohlenstoffes. Das zur Reduktion nötige Kohlenoxyd bildet sich aus dem Sauerstoff der eingeblasenen Luft und dem Kohlenstoff des Brennstoffes. Vor den Formen trifft die Luft auf glühenden Koks, dessen Kohlenstoff vom Luftsauerstoff zunächst vollständig zu Kohlensäure, CO_2 , verbrannt wird nach der Gleichung:



Diese Kohlensäure trifft aber sogleich wieder auf glühenden Koks, und bei der im unteren Hochofen herrschenden Temperatur verwandelt sich die Kohlensäure durch weitere Kohlenstoffaufnahme in Kohlenoxyd, CO , nach der Gleichung:



Dies Kohlenoxyd steigt im Ofen empor und dient zur Reduktion der in den Eisenerzen enthaltenen Eisenoxyde. Die sich hierbei bildende Kohlensäure, CO_2 , verwandelt sich dann gleich wieder durch Kohlenstoffaufnahme in Kohlenoxyd, CO , so daß immer genügend Kohlenoxyd zur Reduktion der Eisenerze vorhanden ist. Der Stickstoff der Luft bleibt auf seinem Wege durch den Hochofen unverändert. Er erwärmt sich nur im unteren Teile des Hochofens stark und gibt dann seine Wärme in den kälteren Zonen des Ofens an die kalte Beschickung wieder ab und wärmt diese vor.

Die Beschickung wird zunächst im oberen Teile des Hochofens durch die abziehenden heißen Gase bis auf 400° vorgewärmt. Das in ihr enthaltene Wasser wird dabei verdampft. Dies geschieht in der das obere Drittel des Schachtes umfassenden Vorwärmzone. Dann kommen

die Erze in die Reduktionszone, die etwa die zwei unteren Drittel des Schachtes und die obere Hälfte der Rast umfaßt. Hier vollzieht sich bei einer Temperatur von 600—800° die Reduktion der Erze, d. h.

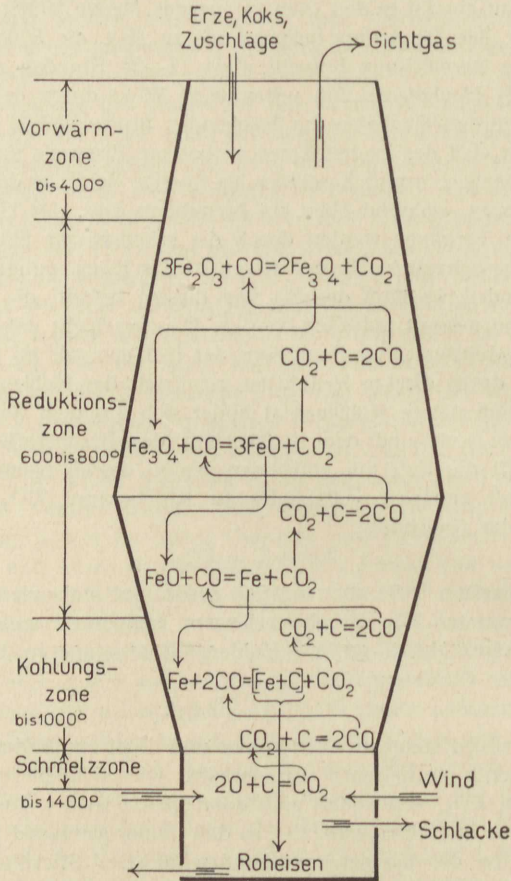
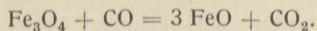


Abb. 15. Vorgänge im Hochofen.

es wird ihnen der Sauerstoff entzogen, und zwar auf folgende Weise. Wie die Abb. 15 veranschaulicht, erfolgt zunächst die Reduktion des Eisenoxydes, Fe_2O_3 , durch Kohlenoxyd zu Eisenoxyduloxyd bei einer Temperatur von etwa 400° nach der Gleichung:



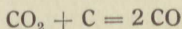
Das sich hierbei bildende Eisenoxyduloxyd, Fe_3O_4 , wird dann bei einer Temperatur von etwa 600° zu Eisenoxydul, FeO , reduziert nach der Gleichung:



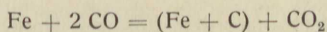
Das Eisenoxydul wird dann schließlich bei Temperaturen zwischen 700 und 1000° durch weitere Reduktion in metallisches Eisen verwandelt nach der Gleichung:



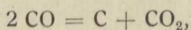
Die bei allen diesen Reduktionen entstehende Kohlensäure wird, wie in der Abb. 15 veranschaulicht, nach der Gleichung:



immer wieder durch Kohlenstoffaufnahme aus dem Koks in Kohlenoxyd verwandelt, bis dies in den oberen kälteren Teilen des Ofens aufhört. Das Kohlenoxyd wirkt dann gleich wieder reduzierend auf die Erze ein. Da bei dem schnellen Vorbeistreichen des Kohlenoxyds an den Erzen aber nicht alles Kohlenoxyd zur Reduktion ausgenutzt werden kann, so enthalten die Gichtgase immer eine gewisse Menge Kohlenoxyd und sind deshalb brennbar. Das durch die Reduktion aus den Eisenerzen frei gewordene metallische Eisen scheidet sich zunächst in schwammiger Form aus. Es nimmt dann in der die untere Hälfte der Rast umschließenden Kohlunzzone Kohlenstoff auf nach der Gleichung:



und wird dadurch schmelzbar. Weiter nimmt es noch Kohlenstoff auf, der entstanden ist durch den Zerfall zweier Atome Kohlenoxyd in ein Atom Kohlenstoff und ein Atom Kohlensäure nach der Gleichung:



ein Vorgang, der sich bei der im Hochofen herrschenden Temperatur unter Einwirkung der Eisenoxyde vollzieht. Der frei werdende Kohlenstoff scheidet sich in äußerst fein verteilter Form auf den Eisenerzen und dem schwammigen Eisen aus und wird von letzterem in der Kohlunzzone aufgesaugt. Durch die Kohlenstoffaufnahme wird die Schmelztemperatur des Eisens so herabgesetzt, daß es in der unmittelbar über den Formen liegenden Schmelzzone schmelzen und sich unten im Gestell ansammeln kann. In der Schmelzzone werden auch die noch nicht reduzierten Eisenoxyde sowie die Zuschläge und Gangarten und gegebenenfalls die Puddel- und Schweißofenschlacke durch Kohlenstoff direkt reduziert.

Vollzieht sich der Hochofenprozeß in der gewünschten Weise, so sagt man, der Hochofen hat Gargang. Treten dagegen irgendwelche

Störungen ein, so nennt man dies Rohgang. Der Rohgang zeigt sich dadurch, daß Eisen in die Schlacke übergeht und diese dunkel färbt. Die Ursachen für den Rohgang liegen meist in einem Sinken der Temperatur im Hochofen unter das zulässige Maß infolge zu großer Erzgichten oder unrichtiger Möllierung. Eine andere gefährliche Betriebsstörung ist das sogenannte Hängen der Gichten. Infolge zu feinkörniger oder zu nasser Erze oder minderwertigen Koks bildet sich in der Rast aus der Beschickung ein Gewölbe, das hängen bleibt, während unter ihm das Material wegrutscht und der Hohlraum sich mit Gas füllt. Durch plötzliches Abstellen des Windes kann das Gewölbe zum Einsturz gebracht werden, doch können hierbei leicht Explosionen eintreten.

Manchmal kommen auch Durchbrüche des flüssigen Eisens durch die Gestellwand oder den Bodenstein vor. Die Durchbruchstellen müssen sofort mit feuerfestem Ton verstopft werden.

Es kann vorkommen, daß ein Hochofen aus äußeren Veranlassungen, Streik, Krieg, Stockung der Erz- und Kokszufuhr u. dgl. längere Zeit außer Betrieb gesetzt werden muß, dann kann man ihn dämpfen, d. h. man füllt ihn mit Koks und verschließt sorgfältig alle Öffnungen. Hierdurch kann man den Hochofen bis zu einem halben Jahre warm halten, ohne daß er „einfriert“.

Erzeugnisse des Hochofens.

Der Hochofen liefert außer dem flüssigen Roheisen noch die Nebenprodukte Schlacke und Gichtgas. Das Roheisen läßt man aus dem Abstichloch entweder durch eine Rinne in einer großen Gießhalle in Sandformen, Masselbetten genannt, fließen und dort in Form von Barren oder Platten, erstarren oder man fängt es in großen eisernen, innen mit feuerfestem Ton ausgefütterten Pfannen auf und fährt es flüssig zum Stahlwerk, wo es in schmiedbares Eisen umgewandelt wird. Da die Gießhallen sehr viel Platz beanspruchen, so benutzt man in neuerer Zeit auch vielfach Gießmaschinen. Bei diesen ist eine Reihe muldenförmiger gußeiserner Formen entweder auf einer über Rollen laufenden endlosen Kette oder am Umfange einer großen Drehscheibe kippbar angeordnet. Die Formen werden ununterbrochen an einer Gießpfanne vorbeigeführt, und von dieser mit flüssigem Roheisen gefüllt. Nachdem sie sich eine gewisse Strecke weiter bewegt haben, ist das Eisen erstarrt. Die Formen werden dann automatisch umgekippt und lassen die fertigen Masseln in Eisenbahnwagen fallen.

Die Schlacke fließt in ununterbrochenem Strome aus der Schlackenform. Ein Hochofen erzeugt gewöhnlich dieselbe Gewichtsmenge Schlacke wie Roheisen. Da die Schlacke aber zwei- bis dreimal so leicht ist wie

Roheisen, so nimmt sie einen entsprechend größeren Raum ein. Diese großen Schlackenmengen sucht man nach Möglichkeit nutzbar zu machen. Man läßt sie in Schlackenwagen fließen, fährt sie zur Schlackenhalde und stürzt sie hier aus. Die erkaltete Schlacke wird dann in Steinbrechern zerkleinert, und man benutzt sie als Beschotterungsmaterial beim Wegebau, zum Unterstopfen von Eisenbahnschwellen, als Bergeversatz zum Ausfüllen der nicht mehr benutzten Gänge in Bergwerken sowie zur Betonbereitung. Läßt man die aus dem Hochofen fließende Schlacke gleich mit einem kalten Wasserstrom zusammentreffen, so wird sie gekörnt oder granuliert. Sie nimmt dann eine feinkörnige, kiesartige Gestalt an und wird Schlackenkies genannt. Der Schlackenkies wird im Wegebau und Hochbau verwandt, ferner wird er, mit Kalk gemischt, zu Schlackensteinen gepreßt, auch wird ein Eisenportlandzement und Hochofenzement aus ihm hergestellt.

Wird die Schlacke durch einen Dampf- oder Windstrahl zerstaubt, so bildet sich Schlackenwolle, die zu Wärme-Isolierzwecken benutzt wird.

Die Gichtgase bestehen der Hauptsache nach aus etwa 20 bis 30% Kohlenoxyd, 6—12% Kohlensäure und 60% Stickstoff. Sie sind brennbar und haben einen Heizwert von 700—1000 Wärmeeinheiten für das Kubikmeter. Ihre Verbrennungswärme wird nutzbar gemacht zum Heizen der Winderhitzer sowie zur Dampferzeugung in Dampfkesseln. Mit dem erzeugten Dampfe werden die auf den Hüttenwerken nötigen Dampfmaschinen betrieben. In neuerer Zeit sind die Dampfmaschinen aber immer mehr von Großgasmaschinen verdrängt, weil in diesen eine weit wirtschaftlichere Ausnutzung der Gase möglich ist. Vor ihrer Verwendung müssen die Gichtgase jedoch in besonderen Gichtgasreinigern vom mitgerissenen Gichtstaube gereinigt werden, da dieser sonst die Feuerungsanlagen sehr bald verstopfen und die Zylinder der Gasmaschinen beschädigen würde. Besonders zum Betriebe von Gasmaschinen muß die Reinigung so sorgfältig vorgenommen werden, daß auf 1 cbm Gas nur noch 0,01—0,03 g Staub kommen.

Roheisenmischer.

Wird das im Hochofen erzeugte Roheisen im flüssigen Zustande dem Stahlwerke übergeben, so schaltet man meist zwischen Hochofen und Stahlwerk große Roheisensammelgefäße von 150—1000 t Inhalt, sogenannte Mischer, ein. Die verschiedenen Abstiche eines oder mehrerer Hochöfen liefern nicht immer ein Roheisen gleicher chemischer Zusammensetzung. Im Mischer können sich jedoch die Verschiedenheiten ausgleichen, so daß das Stahlwerk ein immer gleichmäßig zusammen-

gesetztes Material erhält. Außerdem findet auf dem Transport des Eisens vom Hochofen zum Mischer und im Mischer selbst ein Entschwefeln des Eisens durch die Einwirkung des Mangans statt. Es bildet sich Schwefelmangan, das in die Schlacke übergeht. Vielfach werden die Mischer auch als Vorfrischapparate benutzt, indem durch Zusatz von oxydreichen Eisenerzen und Kalk ein Teil der Beimengungen des Eisens schon im Mischer in eine Schlacke übergeführt wird. Die Mischer sind große eiserne Gefäße, die innen mit feuerfestem Material ausgekleidet

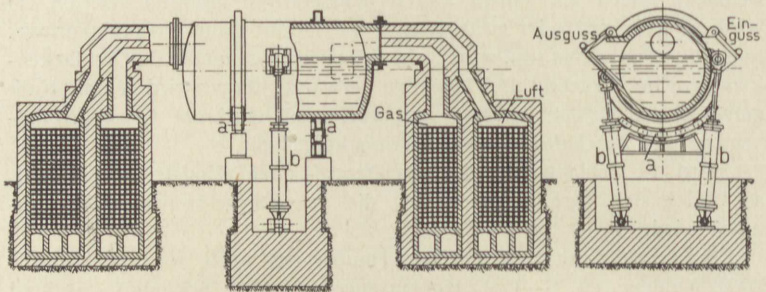


Abb. 16. Rollmischer.

sind. Sie haben meist eine zylindrische Gestalt und ruhen auf Stahlrollenbügeln *a* (Abb. 16), auf denen sie durch zwei schwingende hydraulische Zylinder *b* gekippt werden können. Um das Eisen namentlich bei längeren Betriebspausen vor zu großer Abkühlung zu schützen, sind die Mischer vielfach mit einer Heizung durch Hochofen- oder Generatorgase versehen. Der in Abb. 16 dargestellte Rollmischer hat eine Regenerativheizung. Die Heizgase und die Verbrennungsluft werden in mit gitterartig aufgestellten feuerfesten Steinen ausgefüllten Kammern vorgewärmt unter Ausnutzung der Wärme der abziehenden heißen Verbrennungsgase, wie dies beim Koksofen beschrieben ist.

Der Stahl.

Die Erzeugung des Schweißstahls, das Puddeln.

Von den Verfahren zur Erzeugung des Schweißstahls ist nur noch das Puddeln oder Flammofenfrischen in Gebrauch. Dies vollzieht sich in dem in Abb. 17 dargestellten Puddelofen. Dies ist ein Flammofen; seine Hauptteile sind die Feuerung, der Herd und der Fuchs. Zwischen Feuerung und Herd befindet sich die Feuerbrücke *a*, zwischen Herd und Fuchs die Fuchsbrücke *b*. Die Feuerung ist gewöhnlich eine einfache Planrostfeuerung, die durch die Öffnung *c* bedient wird. Der Herd

ist etwa 2 m lang und 1,6 m breit; er wird unten von Eisenplatten getragen, die auf Längs- und Querträgern ruhen. An den Seiten ist er begrenzt von einem hohlen eisernen Rahmen *d*, durch den Kühlwasser fließt. Diese Eisenteile werden zur Bildung eines muldenförmigen Herdes mit Tonbrei überstrichen und dann mit einer eisenoxydulreichen Schlacke ausgekleidet. Über dem Herd befindet sich in der Seitenwand des Ofens eine Einsatztür *f* mit einer kleinen Öffnung *e*, der Arbeitstür, zum Einführen der Puddelwerkzeuge. Der Fuchs leitet die heißen Verbrennungs-

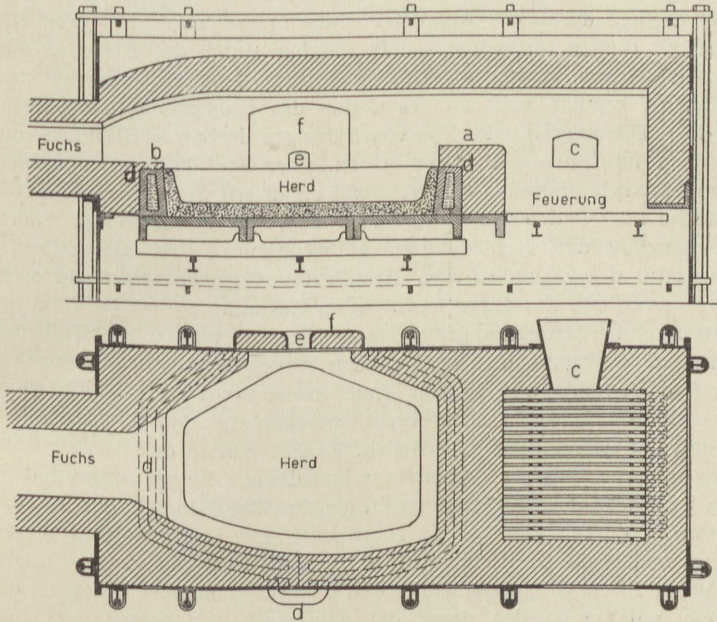


Abb. 17. Puddelofen.

gase ab, die zur besseren Brennstoffausnutzung oft unter einen sich an den Fuchs anschließenden Dampfkessel geführt werden. Das Ofenmauerwerk wird durch eine kräftige Eisenverankerung zusammengehalten.

Das Puddeln verläuft folgendermaßen: Nach dem Anheizen des Ofens werden auf den Herd etwa 300 kg Roheisen gebracht und in etwa einer halben Stunde geschmolzen. Das geschmolzene Roheisen soll nun durch Frischen, d. h. durch vollständiges oder teilweises Oxydieren der chemischen Beimengungen, wie Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel, in schiedbares Eisen umgewandelt werden. Der zum

Frischen nötige Sauerstoff wird teils den über den Herd hinziehenden Verbrennungsgasen entnommen, teils der sich beim Puddeln bildenden oxydreichen Schlacke, deren oxydierende Wirkung durch Zusatz von Garschlacke und Hammerschlag noch erhöht wird. Zunächst verbrennen Silizium und Mangan. Die sich hierdurch bildende Schlacke schwimmt auf dem Eisen, bedeckt dies und würde ein weiteres Oxydieren verhindern. Die Schlackenschicht muß deshalb durchbrochen werden, damit die Verbrennungsgase und die Schlacke mit allen Eisenteilen in Berührung kommen und ihre Beimengungen oxydieren können. Der Puddler führt deshalb durch die Arbeitstür einen langen eisernen Haken ein, zieht mit diesem fortwährend tiefe Furchen durch das Eisenbad und rührt das Ganze kräftig um. Die Oxydation schreitet nun weiter, und schließlich beginnt auch die Oxydation des Kohlenstoffs zu Kohlenoxydgas. Die aufsteigenden Gasblasen bringen das ganze Eisenbad zum kräftigen Aufkochen und verbrennen an seiner Oberfläche mit bläulicher Flamme. Auch Phosphor und Schwefel oxydieren. Ersterer geht in die Schlacke über und letzterer entweicht gasförmig als schweflige Säure. Mit abnehmenden Kohlenstoffgehalt steigt nun aber die Schmelztemperatur des Eisens, es wird deshalb die Ofentemperatur bald nicht mehr ausreichen, das Eisen in flüssigem Zustande zu erhalten. Es beginnt dann die Erstarrung des Eisens, indem sich erst kleine Kriställchen bilden, die zu immer dicker werdenden Klumpen zusammenschweißen. Der Puddler merkt dies an dem immer größer werdenden Widerstande, der sich dem Bewegen des Hakens entgegengesetzt und ihn schließlich zwingt, die Arbeit ganz einzustellen. Es hat sich so das flüssige Roh-eisen in einen teigigen Klumpen schmiedbaren Eisens umgewandelt. Dies ist jedoch noch nicht genügend gleichmäßig entkohlt; der Puddler vertauscht deshalb jetzt seinen Haken mit einer langen spitzen Brechstange und beginnt mit dem Aufbrechen und Umsetzen, d. h. er bricht die ganze Eisenmasse auseinander und teilt sie in mehrere Klumpen, die er hin und her wendet, damit der Sauerstoff noch einmal von allen Seiten herankommen kann, und dann an einem Ende des Herdes aufhäuft. Nun teilt er die ganze Eisenmasse in vier bis sechs kleinere Klumpen, die er auf dem Herde hin und her wälzt, um die kleineren Eisenbrocken noch mit ihnen zusammenzuschweißen und sie in kugelige Luppen zu verwandeln. Zum Schluß wird das Feuer noch einmal tüchtig angefacht, um die in den Luppen eingeschlossene Schlacke gehörig dünnflüssig zu machen, und dann werden die Luppen einzeln mit großen Zangen aus der Einsatztür herausgeholt und gleich unter einen Dampfhammer gebracht. Dieser quetscht die in den Luppen eingeschlossene Schlacke aus ihnen heraus, so wie man Wasser aus einem Schwamm preßt. Außerdem schweißt er die lockeren Luppen fester zu-

sammen und schmiedet aus ihnen rohe Stäbe, die dann von einem Luppenwalzwerke zu Rohschienen ausgewalzt werden. Die Rohschienen werden zerbrochen, nach der Korngröße der Bruchflächen sortiert und mit Draht zu Paketen zusammengebunden, die dann zu Draht, Formeisen, Stabeisen, Niet- und Schraubeneisen ausgewalzt werden.

Es kann sowohl graues wie weißes Eisen gepuddelt werden. Meist benutzt man jedoch weißes, weil bei ihm der Puddelprozeß schneller verläuft. Soll das erzeugte Eisen kohlenstoffreich sein, so muß man die Entkohlung möglichst einschränken, indem man das Aufbrechen und Umsetzen fortläßt und das Luppenmachen möglichst unter der Schlacken-
decke ausführt.

Der Schweißstahl hat eine Festigkeit von 34—38 kg/mm² bei 12—18% Dehnung.

Beim Puddeln oxydiert immer ein Teil des Eisens. Der hierdurch entstehende Eisenverlust, der Abbrand, beträgt etwa 6—18%. Das Eisen geht in die Schlacke über, und die Puddelschlacke wird deshalb wie ein Eisenerz im Hochofen verhüttet.

Der ganze Puddelprozeß dauert etwa 1½—2 Stunden, so daß man in 24 Stunden 12—16 Chargen verarbeiten kann.

Es ist versucht worden, die beschwerliche Handarbeit des Puddlers durch Maschinen leisten zu lassen; doch hat dies zu keinen brauchbaren Erfolgen geführt. Das Puddeln wird nur noch wenig ausgeführt, da das Schweißeisen immer mehr durch das Flußeisen verdrängt wird. Man erzeugt durch Puddeln hauptsächlich Hufstabeisen, Niet-, Ketten- und Preßmuttereisen (zum Warmpressen von Muttern).

Die Erzeugung des Flußstahls.

Der Bessemer- und Thomasprozeß (Windfrischen).

Beim Bessemer- und beim Thomasprozeß wird, wie bereits erwähnt, flüssiges schmiedbares Eisen dadurch erzeugt, daß in besonderen birnenförmigen Öfen durch geschmolzenes Roheisen von unten Luft hindurchgeblasen wird, und zwar ist es möglich, in der kurzen Zeit von etwa 20 Minuten 15—25 t Roheisen in Schmiedeeisen zu verwandeln. Die beiden Prozesse unterscheiden sich hauptsächlich durch das feuerfeste Futter, mit dem die birnenförmigen Öfen ausgekleidet sind. Bessemer benutzte ein sogenanntes saures Futter aus kieselensäurehaltigem Material (Quarzsand und Ton). Bei diesem war es nicht möglich, den Phosphor aus dem Roheisen in die Schlacke überzuführen, deshalb verwandten Thomas und Gilchrist ein basisches Futter aus gebranntem und gemahlenem Dolomit (Kalzium- und Magnesiumkarbonat) und wasserfreiem Steinkohlenteer.

Den bei beiden Prozessen benutzten Ofen, Birne oder Konvertor genannt, zeigt Abb. 18.

Der aus kräftigen Blechen zusammengenietete Ofen hat eine birnenförmige Gestalt und ist innen mit einer 300—400 mm starken Schicht feuerfester Steine ausgemauert. Der auf einer Eisenplatte aufgestampfte und von unten in den Ofen eingesetzte Boden enthält 150—300 Kanäle

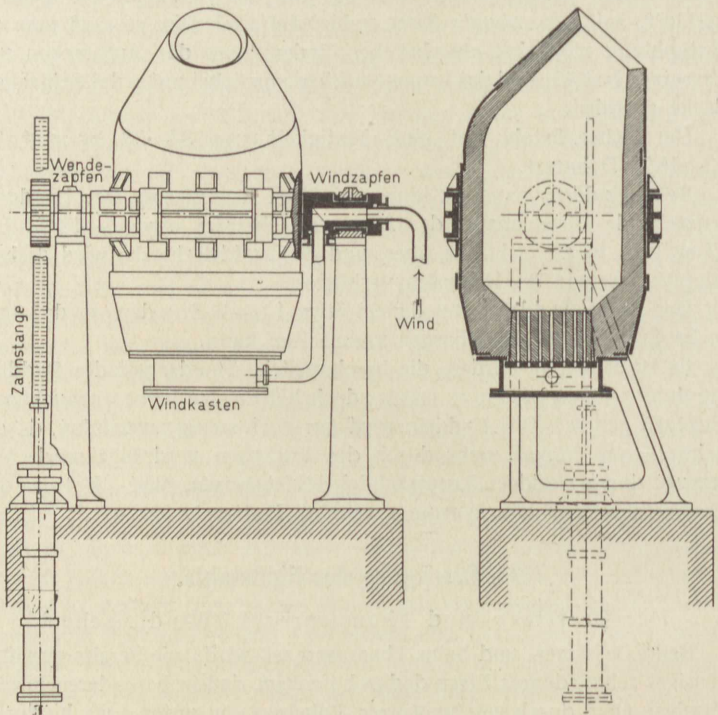


Abb. 18. Konvertor.

von etwa 15 mm Durchmesser, durch die der Wind zugeführt wird. Unter dem Boden sitzt ein eiserner Windkasten. Die Birnenwand hält 300—400 Hitzen aus, der Boden 50—100. Der ganze Ofen ruht mit zwei an einem kräftigen Stahlringe befestigten Zapfen drehbar in Lagern, die von kräftigen Böcken getragen werden. Er kann um $\frac{3}{4}$ eines Kreises gedreht werden. Zu dem Zwecke trägt der eine Zapfen, der Wendezapfen, ein Zahnrad, in das eine durch einen hydraulischen Kolben auf und ab bewegte Zahnstange greift. Der andere Zapfen, der Wind-

zapfen, ist hohl und dient zur Zuführung des Windes, der vom Zapfen aus durch ein Rohr in den Windkasten und von hier durch die zahlreichen Kanäle des Bodens in das Ofeninnere gelangt.

Der Verlauf des Bessemerprozesses (saures Verfahren). Die Birne wird in eine wagerechte Lage gekippt und mit flüssigem Roheisen aus dem Mischer gefüllt. Darauf wird das Gebläse angestellt und die Birne wieder hochgerichtet. Der Wind streicht nun von unten durch das Eisenbad, und es oxydieren zunächst Silizium und Mangan, die in die Schlacke übergehen. Hierbei zeigt sich die eigentümliche Erscheinung, daß trotz des Hindurchblasens von kalter Luft die Temperatur in der Birne nicht sinkt, sondern vielmehr auf die Höhe der Schmelztemperatur vom schmiedbaren Eisen steigt. Dies erklärt sich einfach dadurch, daß durch das Verbrennen der Nebenbestandteile des Eisens Wärme erzeugt und dadurch die Badtemperatur erhöht wird. Ein Siliziumgehalt von 1% genügt schon, um die Temperatur um etwa 200° zu steigern. 1% Mangan steigert die Temperatur um 46°; 1% Kohlenstoff um 6°. Das Bessemer-Roheisen muß deshalb immer einen Siliziumgehalt von 1—2% enthalten. Mit steigender Temperatur beginnt auch die Oxydation des Kohlenstoffes. Dies zeigt sich an der hell leuchtenden Flamme, die aus der Birne herausschlägt, und an einem kräftigen Aufbrodeln des Eisenbades, wodurch Eisen- und Schlackenteilchen herausgeschleudert werden. Bald zeigen aus der Birne entweichende dunkle Dämpfe, daß das Oxydieren des Kohlenstoffes nahezu beendet ist und das Eisen anfängt zu oxydieren. Jetzt muß der Prozeß abgebrochen werden. Dazu wird die Birne wieder in eine wagerechte Lage gekippt und das Gebläse abgestellt. Aus der Farbe der Flamme, besonders unter Zuhilfenahme eines Spektroskops, kann ein geübter Betriebsleiter die Vorgänge im Innern der Birne und besonders den Grad der Entkohlung beurteilen, und der Prozeß könnte unterbrochen werden, sobald der Kohlenstoffgehalt bis auf den verlangten Grad verringert ist. Da der richtige Zeitpunkt aber sehr schwer zu treffen ist, so wendet man dies Verfahren kaum an, sondern entkohlt das Eisen nahezu vollständig und bringt dann das erzeugte Flußeisen auf den verlangten Kohlenstoffgehalt durch nachträgliches Hinzufügen des fehlenden Kohlenstoffes durch sogenannte Rückkohlen. Da ein Teil des Eisens oxydiert ist, Sauerstoff das Eisen aber rotbrüchig macht, so muß der Sauerstoff wieder aus dem Eisen entfernt werden durch sogenanntes Desoxydieren. Rückkohlen und Desoxydieren erfolgen gewöhnlich gleichzeitig durch Zusatz von Ferromangan und Spiegeleisen, nachdem man sich vorher durch Entnahme kleiner Schöpfproben aus der Birne über den Grad der Entkohlung und Oxydation des Eisens Gewißheit verschafft hat. Das Rückkohlen erfolgt bisweilen auch nach dem Darbyschen Verfahren durch Einsatz von

gepulvertem, schwefelfreiem Koks in die das fertige Flußeisen aufnehmende Pfanne. Der ganze Prozeß dauert etwa 20 Minuten. Der Abbrand beträgt 8—12%.

Beim Bessemerprozeß ist es nicht möglich, den Phosphor aus dem Eisen zu entfernen und in die Schlacke überzuführen, denn hierzu ist eine basische Schlacke erforderlich. Eine solche kann sich aber in der Bessemerbirne des kieselensäurehaltigen Futters wegen nie bilden. Sie würde sofort Kieselsäure aus dem Futter aufnehmen, dieses zerstören und sich in eine saure Schlacke verwandeln, die die sich beim Verbrennen des Phosphors bildende Phosphorsäure nicht binden kann. Durch Reduktion der Phosphorsäure würde dann der Phosphor in das Eisen zurückgeführt werden. Es muß deshalb phosphorfrees Roheisen verwandt werden. Die Entphosphorung des Roheisens wurde erst möglich nach Einführung des aus Dolomit und Steinkohlenteer bestehenden basischen Futters durch Thomas und Gilchrist. Bei diesem kann sich durch Kalkzusatz eine basische Schlacke bilden und die Phosphorsäure binden. Da das deutsche Roheisen meist phosphorhaltig ist, so war die Erfindung des Thomasprozesses für die deutsche Eisenindustrie von großem Vorteil.

Der Verlauf des Thomasprozesses (basisches Verfahren). Der in Deutschland fast ausschließlich angewandte Thomasprozeß unterscheidet sich nur wenig von dem Bessemerprozeß. Vor dem Einfüllen des Roheisens wird in die noch aufrecht stehende Birne zur Erleichterung der Schlackenbildung gebrannter Kalk eingesetzt, und zwar etwa 12—18% des Roheiseneinsatzes. Dann wird die Birne wagerecht gekippt und mit Roheisen gefüllt, und zwar wird jetzt ein Roheisen verwandt, dessen Siliziumgehalt nicht über 0,5% steigt, da sonst das basische Futter durch die beim Oxydieren des Siliziums sich bildende Kieselsäure bald zerstört würde. Die zur Erhöhung der Temperatur des Eisens nötige Wärmemenge wird dann hauptsächlich durch das Oxydieren des Phosphors erzeugt. Der Phosphorgehalt des Thomasroheisens muß deshalb mindestens 1,5% betragen. Erst nach dem Oxydieren des Siliziums, Mangans und Kohlenstoffs erfolgt das Oxydieren des Phosphors zu Phosphorsäure, die mit dem Kalkzuschlag als phosphorsaurer Kalk in die Schlacke übergeht. 1% Phosphor steigert beim Verbrennen die Temperatur um 120°. Die Zeit der Phosphoroxydation nennt man das Nachblasen, sie dauert etwa fünf Minuten. Durch Entnahme von Schöpfproben überzeugt man sich auch wieder von der Beschaffenheit des Metalls. Das Rückkohlen und Desoxydieren erfolgt in derselben Weise wie beim Bessemerprozeß durch Zusatz von Ferromangan und Spiegeleisen. Das Rückkohlen allein auch wohl durch gepulverten Koks. Es kann aber erst geschehen, nachdem die Schlacke vorher vollständig

abgegossen ist, denn sonst würde der zugefügte Kohlenstoff die Phosphorsäure wieder reduzieren und der freie Phosphor sofort ins Eisen übergehen. Der Abbrand beträgt beim Thomasverfahren etwa 11—13%.

Während die Schlacke des Bessemerprozesses keinen besonderen Wert hat, bildet die des Thomasprozesses ein sehr wertvolles Nebenprodukt. Sie ist ihres Gehaltes an Phosphorsäure wegen ein vorzügliches Düngemittel und wird in feingemahlenem Zustande an die Landwirtschaft verkauft.

Durch den Thomasprozeß wird ein weiches Eisen von größerer Schmied- und Schweißbarkeit als die des Bessemer Eisens erzeugt, das namentlich zur Herstellung von Blechen, Profileisen, Eisenbahnschienen, Draht usw. benutzt wird.

Der Siemens-Martinprozeß (Herdfrischen).

Beim Siemens-Martinprozeß wird Flußeisen erzeugt durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit den sich bei der Bearbeitung des Flußeisens in großen Mengen ergebenden Eisenabfällen, Schrott genannt, oder mit Eisenerzen und durch gleichzeitiges Frischen des Eisenbades zur Entfernung der schädlichen Beimengungen. Dies Verfahren wurde erst praktisch brauchbar, als die Gebr. Martin hierzu die Siemenssche Regenerativ-Gasfeuerung benutzten.

Das Wesen der Siemensfeuerung ist das, daß ein gasförmiger Brennstoff verwandt wird und sowohl das Gas als auch die zum Verbrennen nötige Luft stark vorgewärmt werden unter Benutzung der Wärme der Abgase. Als Gas wird ein in Generatoren erzeugtes Luft- oder Generatorgas benutzt. Die Generatoren sind gemauerte Schächte, in denen ein fester Brennstoff auf einem Rost in so hoher Schicht aufgehäuft ist, daß die unten eingeblasene Luft nicht ausreicht, den Kohlenstoff vollständig zu Kohlensäure zu verbrennen, sondern nur zu Kohlenoxyd. Es entweicht dann oben aus dem Schacht ein Gas, das hauptsächlich aus Kohlenoxyd und Stickstoff besteht, also brennbar ist. Gewöhnlich wird neben der Luft auch noch eine geringe Dampfmenge unter den Rost geblasen. Die Bauart der Generatoren weist eine große Mannigfaltigkeit auf. In Abb. 19 ist ein neuer Drehrostgenerator von Hilger & Poetter, Düsseldorf, abgebildet. Er besteht aus einem zylindrischen Blechmantel, der auf vier Säulen *a* ruht und innen mit feuerfestem Material ausgekleidet ist. Der innere Durchmesser beträgt 2—3 m, die Schachthöhe etwa 4—4,5 m. Unten taucht der Blechmantel in eine mit Wasser gefüllte, durch Schnecke und Schneckenrad *b* auf Kugeln drehbare Schüssel *c* ein. Die Schüssel trägt den zweiteiligen Rost. Dieser besteht aus dem Unterteil *d* und der darüber liegenden sternförmigen zweiteiligen Haube *e*. Zwischen Unterteil und Haube bleibt ein sternförmiger Schlitz frei, aus dem ein unter den Rost ein-

geblasenes Gemisch von Luft und Dampf in den Generator eintreten kann. Oben ist der Generator durch einen Deckel abgedeckt, der einen Fülltrichter mit doppeltem Verschuß trägt, um beim Einfüllen des

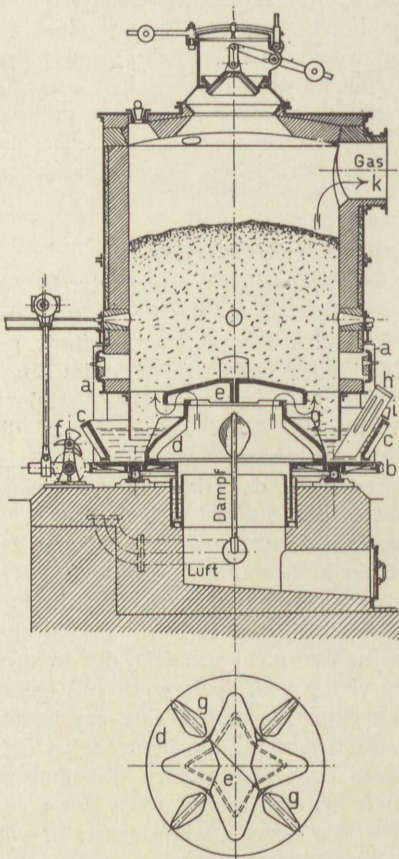


Abb. 19. Drehrostgenerator System Hilger & Poetter.

Brennstoffes Gasverluste zu vermeiden. Der Kohlenstoff des Brennstoffes wird auf dem Wege nach unten durch den Sauerstoff der eingeblasenen Luft zu Kohlenoxyd verbrannt. Die Schlacke und Asche werden unten selbsttätig beseitigt, und zwar auf folgende Weise. Die den Rost tragende Schüssel *c* dreht sich, und zwar erfolgt der Antrieb des Schneckengetriebes durch ein eigenartiges Schaltwerk *f* so, daß nicht eine fortgesetzte Drehung in ein und derselben Richtung erfolgt, sondern nur eine aus Vor- und Rückwärtsdrehung zusammengesetzte Pilgerschrittbewegung. Die sternförmigen Vorsprünge des Rostunterteil hervorragende Wulste *g* erfassen dabei die Schlacke und zwingen so den ganzen Generatorinhalt, die Drehbewegung mitzumachen. Schlacke und Asche rutschen dabei nach unten, die sich bildenden Gase ziehen nach oben. Eine feststehende schräge Platte *h* befördert Schlacke und Asche aus der

Schüssel bei *i* nach außen. Bei *k* zieht das Generatorgas ab.

Der Siemens-Martinofen ist in Abb. 20 dargestellt. Der muldenförmige Schmelzherd *a* ist entweder aus einer sauren oder einer basischen Masse auf eisernen Platten aufgestampft. Die Platten ruhen auf Längs- und Querträgern, damit sie unten durch Luft gekühlt werden können. Auf der einen Längsseite des Ofens befinden sich mehrere Einsatz-

öffnungen *c*, auf der anderen ein Abstichloch mit Abflußrinne *b*. Unter dem Ofen sind die Heizkammern oder Regeneratoren *g* für Gas und *l* für die Verbrennungsluft angeordnet. In ihnen wird die Wärme der abziehenden Verbrennungsgase aufgespeichert durch gitterartig aufgeschichtete feuerfeste Steine, die sie dann wieder an die zum Ofen ziehenden Generatorgase und Luft abgeben. Es müssen zwei Kammerpaare vorhanden sein, damit in der Zeit, in der das eine Kammerpaar die aufgespeicherte Wärme abgibt, das andere geheizt werden kann. Von dem einen Heizkammerpaar ziehen Gas und Luft stark vorgewärmt nach oben und treten durch die Öffnungen *h* und *i* in den Herdraum, nach oben und treten durch die Öffnungen *h* und *i* in den Herdraum,

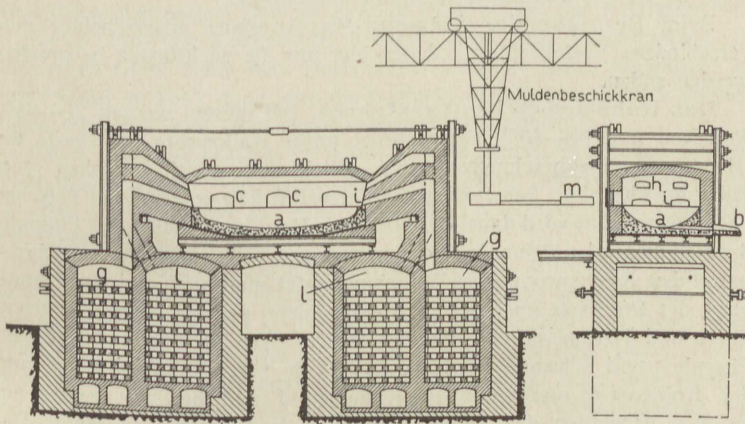


Abb. 20. Siemens-Martinöfen.

und zwar läßt man die schwerere Luft über dem leichteren Gas eintreten, damit ein inniges Mischen beider stattfindet. Über dem Herde bildet sich dann eine lange Flamme von so hoher Temperatur, daß schmiedbares Eisen schmilzt. Die Verbrennungsgase ziehen während dieser Zeit durch das andere Heizkammerpaar, dessen feuerfeste Steine hoch erhitzen, zum Schornstein. Alle Stunden findet durch entsprechendes Öffnen und Schließen von Ventilen oder Schiebern ein Umkehren der Richtungen des Gas- und Luftstromes sowie der abziehenden Verbrennungsgase statt, damit die Heizkammern abwechselnd erhitzt werden oder ihre Wärme abgeben. Die Herdausfütterung kann entweder sauer oder basisch sein. Meist zieht man jedoch eine basische Ausfütterung mit dolomitischem Material vor, um sicher zu sein, daß auch phosphorhaltige Rohstoffe vom Phosphor befreit werden können. Die in Stahlwerken verwendeten Siemens-Martinöfen fassen etwa 50 t.

Statt der feststehenden Öfen verwendet man auch wohl kippbare mit 100—250 t Fassung nach Art des in Abb. 17 abgebildeten Rollenmischers. Das Beschicken der Martinöfen geschah früher von Hand. Jetzt bedient man sich aber dazu allgemein der Beschick- oder Chargiermaschinen. Diese sind entweder an einem Laufkran aufgehängt oder auf einem auf Schienen laufenden Wagen angeordnet. Bei ihnen wird das Beschickmaterial in rechteckige eiserne Mulden *m* gefüllt, diese werden dann an dem freien Ende einer langen kräftigen Stange befestigt, mit dieser durch die Einsatztür in den Ofen geschoben und hier durch Wenden um 180° entladen und dann wieder zurückgezogen. In der Abb. 20 ist ein Muldenbeschickkran angedeutet.

Beim Betriebe des Siemens-Martinofens unterscheidet man verschiedene Verfahren, von denen hier nur die wichtigsten besprochen werden sollen.

Das Roheisen-Schrottverfahren. Bei diesem werden 20—35% Roheisen und 65—80% Eisenschrott unter Kalkzusatz im Herde des Ofens zusammengeschmolzen und gleichzeitig durch Frischen vom Silizium, Phosphor, Schwefel und Kohlenstoff befreit. Der zum Frischen nötige Sauerstoff wird dabei der über dem Herd hinstreichenden Flamme, der sich bildenden Schlacke und zum geringen Teile auch dem am Schrotthaftenden Rost entnommen. Manchmal setzt man auch zur Beschleunigung des Prozesses noch als Oxydationsmittel geringe Mengen Walzensinter und Hammerschlag oder oxydreiche Erze zu. Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel werden dabei in die Schlacke übergeführt, und der Kohlenstoff verbrennt zu Kohlenoxyd und bewirkt wieder ein heftiges Aufwallen des Bades, wodurch alle Eisenteile in innige Berührung mit den oxydierenden Stoffen gebracht werden. Der ganze Prozeß dauert 4—6 Stunden, verläuft also bedeutend langsamer und ruhiger als die Konvertorprozesse, und man kann sich bequem durch Entnahme von Schöpfproben aus dem Ofen über den Fortschritt des Frischens überzeugen. Die Schöpfprobe wird in Stabform gegossen. Durch Biege- und Schmiedeproben sowie durch Untersuchen der frischen Bruchfläche kann man sich über den Grad der Entkohlung und Entphosphorung ein Urteil bilden. Wie bei den Konvertorprozessen erfolgt auch die Rückkohlung und Desoxydation durch Zusatz von Ferromangan und Spiegeleisen. Bisweilen auch durch Ferrosilizium. Man kann so Flußeisen oder Flußstahl von jedem gewünschten Kohlenstoffgehalt erzeugen. Durch Zusatz von Nickel, Chrom, Wolfram usw. kann man auch besondere Stahlsorten herstellen. Hat das Eisen die richtige Zusammensetzung, so läßt man es durch die Abstichrinne in große Gießpfannen fließen.

Das Roheisen-Erzverfahren. Bei diesem Verfahren geschieht

das Frischen außer durch die Flamme durch Rot- und Magneteisenerze. Es werden zunächst die Erze und Kalkzuschläge in den Ofen eingesetzt, dann wird flüssiges Roheisen direkt vom Hochofen oder aus dem Mischer zugefügt. Der Prozeß verläuft dann genau so wie beim Roheisen-Schrottverfahren, nur etwas schneller, weil man die zum Schmelzen des Roheisens nötige Zeit spart.

Das Bertrand-Thiel-Verfahren wird bei phosphorreichen Roheisen angewandt. Man benutzt dabei zwei Martinöfen hintereinander. Im ersten erfolgt das Vorfrischen; es werden hauptsächlich Silizium, Mangan und Phosphor oxydiert. Die wertvolle phosphorhaltige Schlacke wird dann abgossen, und im zweiten Ofen erfolgt das Fertigfrischen.

Beim Hoesch-Verfahren erfolgen Vor- und Fertigfrischen in demselben Ofen. Nach dem Vorfrischen wird der ganze Ofeninhalt in eine Pfanne entleert, dann wird die Schlacke abgossen und das flüssige Eisen wieder in den Ofen eingesetzt zum Fertigfrischen.

Beim Duplexverfahren wird das phosphorreiche Eisen erst in einer sauren Birne vorgefrischt und vom Silizium befreit, dann kommt es zum Fertigfrischen in einen basischen Martinofen, wo auch der Phosphor beseitigt wird.

Das Talbotverfahren verwendet einen kippbaren Ofen. In diesen werden zunächst Eisenerz und Kalkzuschläge gebracht und dann flüssiges Roheisen. Die Schlacke wird durch Kippen des Ofens ausgegossen. Ist das Eisen fertig, so gießt man nicht den ganzen Inhalt des Ofens, sondern nur zwei Drittel davon ab und setzt dem zurückbleibenden Reste eine neue Beschickung zu. Das Talbotverfahren hat in Deutschland noch wenig Verbreitung gefunden.

Gießvorrichtung für Flußstahl.

Der in den Konvertern oder im Siemens-Martinofen erzeugte Flußstahl wird in große, am Kran hängende oder auf Gießwagen angebrachte Pfannen aufgefangen und aus diesen dann in eiserne Formen, Kokillen, zu prismatischen Blöcken gegossen. Die Gießpfannen, von denen Abb. 21 ein Beispiel zeigt, sind große, aus starkem Eisenblech zusammen-genietete Gefäße, die innen mit ein bis zwei Lagen feuerfester Steine ausgemauert sind. Sie fassen bis zu 100 t. Damit sich der Flußstahl beim Gießen möglichst wenig abkühlt und keine Schlacke mit in die Kokille fließt, erfolgt der Abfluß aus einer im Boden der Pfanne angebrachten Ausflußöffnung, die durch einen Stopfen *a* verschlossen werden kann. Der Stopfen besteht aus einer dicken, mit feuerfestem Material umkleideten Eisenstange, die durch einen außen an der Pfanne angebrachten Hebel *b* gehoben und gesenkt werden kann.

Die Kokillen (Abb. 22) sind in Gießgruben aufgestellt; sie bestehen aus dickwandigen gußeisernen Formen, die auf dicken Grundplatten *a* stehen. Zum bequemen Entfernen des erstarrten Blockes sind die Kokillen nach oben hin etwas verjüngt. Zwei eingegossene Ösen *b* ermöglichen ein Aufhängen der Kokillen am Kran. Vor dem Gießen werden die Innenwände der Kokillen sowie die Grundplatte mit Graphit- und Tonwasser ausgestrichen. Um dichteren Guß zu erzeugen gießt man das Flußeisen nicht von oben in die Kokillen, sondern läßt es von unten in ihnen aufsteigen. Es werden dann, wie Abb. 23 zeigt, mehrere Kokillen

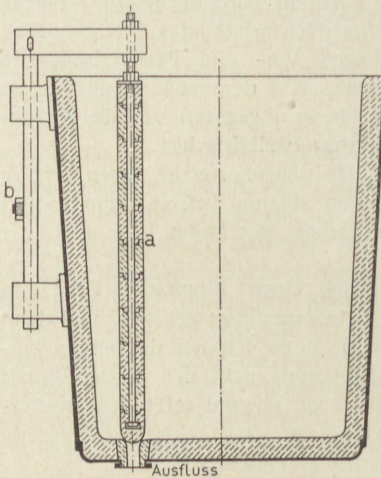


Abb. 21. Gießpfanne.

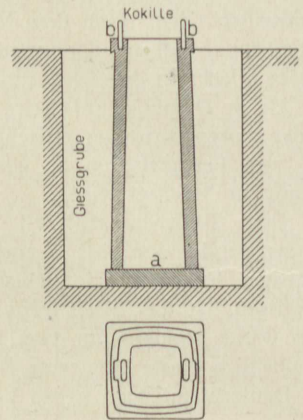


Abb. 22. Kokille.

auf eine gemeinsame Gespannplatte aufgestellt, auf deren Mitte sich ein Eingußtrichter befindet. Von diesem aus führen Kanäle aus feuerfestem Stein zu den einzelnen Kokillen, in denen das Eisen emporsteigt. Hierdurch wird das Entweichen der im Eisen gelösten Gase erleichtert, und man erzeugt blasenfreie Blöcke. In neuerer Zeit setzt man die Kokillen auch auf kleine Eisenbahnwagen und fährt sie nach dem Erstarren des Eisens zu einem Kran, der die Kokillen von den Blöcken abstreift (Stripperkran).

Beim Erstarren in den Kokillen bildet sich infolge des Schwindens im oberen Teile des Blockes ein trichterförmig in das Blockinnere eingreifender Lunker genannter Hohlraum. Da hierdurch der obere Teil des Blockes unbrauchbar wird, so bedeutet dies einen erheblichen Materialverlust. Man hat deshalb versucht, die Lunkerbildung nach

Möglichkeit zu verhindern. Gute Erfolge hat man mit dem Verfahren von Harmet erzielt, indem man den Block in der Kokille von unten nach oben hydraulisch zusammenpreßt.

Sobald die Blöcke erstarrt sind, werden sie durch besondere Abstreifvorrichtungen aus den Kokillen herausgestoßen, jedoch nicht gleich ausgewalzt, sondern zum Ausgleichen der ungleichmäßigen Spannungen in Ausgleichgruben oder in Tieföfen gebracht. Die Ausgleichgruben sind in die Hüttensohle eingelassene, dick mit feuerfesten Steinen ausgemauerte, oben durch einen Deckel verschließbare Gruben, in denen die Blöcke $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Stunden stehen. Die Tieföfen sind Ausgleichgruben, die durch gasförmigen Brennstoff, meist Hochofengichtgas, geheizt werden.

Die aus den Kokillen kommenden Blöcke haben meist noch einen flüssigen Kern, während die äußere Kruste schon erstarrt ist. Sie lassen sich also in diesem Zustande noch nicht auswalzen. In den Ausgleichgruben, die in ununterbrochenem Betriebe arbeiten, geben sie nun einen Teil ihrer Wärme an die sie umgebenden feuerfesten Wände ab. In diesen werden dadurch große Wärmemengen aufgespeichert, die dann wieder an später eingebrachte Blöcke abgegeben werden können. Auf diese Weise wird den schneller als der Kern erkaltenden Außenflächen der Blöcke wieder Wärme zugeführt, und so findet ein Wärmeausgleich und ein gleichmäßiges Durchwärmen der Blöcke statt. In Abb. 24 ist ein auch als Ausgleichgrube benutzbarer Tiefofen von Lürmann, Berlin, dargestellt. Zur Aufnahme der Blöcke dienen 24 in die Hüttensohle eingelassene, durch abhebbare Deckel verschlossene Zellen aus feuerfestem Mauerwerk, in denen jedesmal ein Block Platz hat. Der Ofen wird mit Hochofengas geheizt und hat die bekannte Siemenssche Regenerativfeuerung. Die Kammern *a* für Gas und *b* für Luft befinden sich zu beiden Seiten des Ofens. Gas und Luft mischen sich in den Kanälen *c* und ziehen von dort in die Verteilungskanäle *d*. Je vier Zellen sind mit diesen und untereinander durch die oberen und unteren Kanäle *e* verbunden, so daß die brennenden Gase auf- und absteigend hindurchströmen müssen. Durch an den äußeren Zellen angebrachte Absperr-

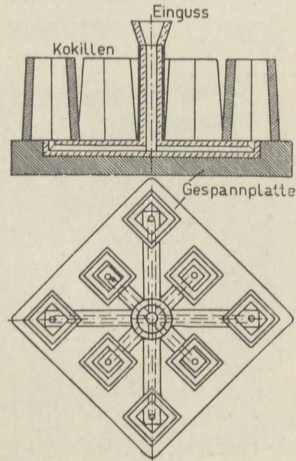


Abb. 23. Kokillen mit gemeinsamem Einguß und Füllung von unten.

schieber kann die Beheizung geregelt werden, auch läßt sich dadurch immer eine Reihe von vier Zellen ganz von der Heizung absperrn und kann dann als ungeheizte Ausgleichgrube benutzt werden. Bei *i* fließt die Schlacke ab. Der Ofen kann kalt eingesetzte Blöcke in 3—4 Stunden walzwarm machen. Andere Tieföfen haben statt der Einzelzellen einen größeren freien Herd. Die Tieföfen haben den Ausgleichgruben gegenüber den Vorteil, daß sie auch kalte Blöcke walzwarm machen können und so das Walzwerk unabhängig von dem ununterbrochen arbeitenden Stahlwerk machen.

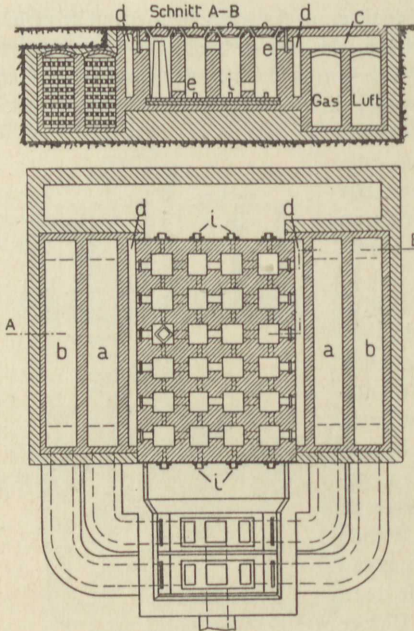


Abb. 24. Tiefofen.

Schmiedeeisen in geschlossenen Gefäßen, Tiegeln, umgeschmolzen wurde. Dies Verfahren wurde durch den Bochumer Verein und durch Krupp weiter vervollkommenet, so daß es gelang, große Blöcke und Gußstücke aus Gußstahl oder Tiegelstahl zu gießen; so goß Krupp einen Block von 50 t aus 2000 Tiegeln. Die Tiegel werden aus Graphit, Ton und gemahlener Tiegelscherben hergestellt. Aus diesen Stoffen werden die Tiegel gepreßt und dann mehrere Wochen lang zunächst an der Luft und dann in geheizten Kammern getrocknet und schließlich in Öfen gebrannt. Die Tiegel fassen etwa 30—50 kg Eisen. Sie werden durch einen in der Mitte mit einem Loch versehenen Deckel geschlossen. Der hohen Temperatur wegen halten sie nur wenige Schmelzungen aus.

Als Schmelzöfen benutzt man meist Öfen mit einer Siemensschen Regenerativfeuerung, wie Abb. 25 zeigt. Die Tiegel stehen in zwei Reihen nebeneinander auf der Herdsohle und können nach Abheben der Deckel *a*

Tiegelstahlerzeugung.

Das älteste Verfahren, schmiedbares Eisen im flüssigen Zustande zu erzeugen, ist das im Jahre 1730 von dem englischen Uhrmacher Huntsman erfundene Tiegelschmelzverfahren, bei dem durch Puddeln erzeugtes

einzel herausgenommen werden. Beim Bruch eines Tiegels kann der Tiegelinhalt durch den Schlitz *b* in den Kanal *c* abfließen. Zu beiden Seiten des Herdes befinden sich je zwei Heizkammern *g* für das Gas und *l* für die Verbrennungsluft. Die Kammern sind mit gitterartig angeordneten feuerfesten Steinen ausgesetzt und wärmen Gas und Luft in der beim Siemens-Martinofen beschriebenen Weise vor unter Ausnutzung der Wärme der Abgase.

Die Tiegel werden mit Puddel- oder Zementstahl gefüllt. Bisweilen werden auch Flußstahlabfälle zugesetzt. Das Material muß sehr rein sein, da es nicht gelingt, im Tiegel den Phosphor und Schwefel aus dem Eisen zu entfernen. Sollen besondere Stahlsorten mit einem Gehalt von

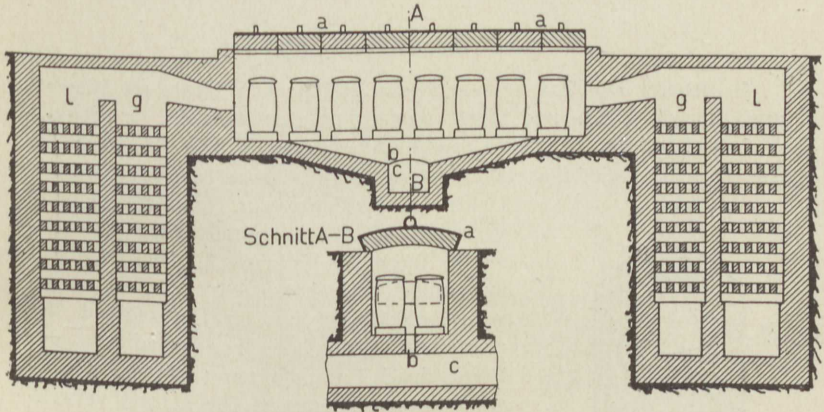


Abb. 25. Tiegelofen mit Regenerativfeuerung.

Chrom, Wolfram, Nickel oder dergleichen erzeugt werden, so müssen diese Beimengungen in genau abgewogenen Mengen dem Tiegelinhalte zugesetzt werden. Dann werden die Deckel aufgelegt, alle Öffnungen sorgfältig mit Ton verstrichen und die Tiegel in den Ofen eingesetzt. Nach 2—3 Stunden ist dann der Tiegelinhalt geschmolzen. Beim Schmelzen wird das Eisen von den eingeschlossenen Gasen und Schlacken befreit. Die sich bildende oxydreiche Schlacke oxydiert auch einen Teil des Kohlenstoffes, der unter Aufkochen des Bades zu Kohlenoxyd verbrennt. Enthält das Tiegelmateriale genügend Kohlenstoff, so wird der oxydierte Kohlenstoff aus den Tiegelwandungen ersetzt. Es findet oft sogar eine Anreicherung des Eisens an Kohlenstoff statt. Um sich von der Beschaffenheit des Materials zu überzeugen, führt man durch das Deckelloch eine Eisenstange in das Eisenbad ein und untersucht die an dieser haftenbleibenden Eisen- und Schlackenteilchen. Ist das Material

Meyer, Technologie. 5. Aufl.

gut, so werden die Tiegel mit Zangen aus dem Ofen geholt, und ihr Inhalt wird in Kokillen oder Formen gegossen. Meist sind die Blöcke oder die Gußstücke so groß, daß der Inhalt mehrerer Tiegel zusammengegossen werden muß. Auf diese Weise kann man Stücke von mehreren Tonnen Gewicht herstellen.

Das Tiegelschmelzverfahren ist erheblich teurer als die Konvertor- und das Siemens-Martinverfahren, jedoch wird ein äußerst reines und gleichmäßig zusammengesetztes Material, der Tiegelgußstahl, erzeugt, der zur Herstellung von wertvollen Werkzeugen, Kanonen- und Flintenläufen und Maschinenteilen von hoher Festigkeit verwendet wird. Der Tiegelstahl wird heute immer mehr durch den Elektrostahl verdrängt.

Elektrostahlerzeugung.

In neuerer Zeit hat man auch den elektrischen Strom als Wärmequelle für die Eisen- und Stahlerzeugung nutzbar gemacht. In eisenerreichen Ländern, in denen durch Ausnutzung großer Wasserkräfte elektrische Energie billig erzeugt werden kann, z. B. in Schweden, werden

elektrische Hochöfen zur Roheisenerzeugung verwandt. Ebenso ist es möglich, auf elektrischem Wege das Roheisen in Flußeisen umzuwandeln. Des hohen Strompreises wegen wird jedoch bei uns in Deutschland der elektrische Strom nur zur Veredelung des Eisens durch Umschmelzen wie bei der Tiegelschmelzherzeugung benutzt. Die hierbei verwendeten elektrischen Öfen haben den Tiegelöfen gegenüber erhebliche Vorteile. Im elektrischen Strome steht eine Wärmequelle von äußerster Reinheit zur Verfügung. Es können keine schädlichen Bestandteile von den Brennstoffen in das Eisen übergehen. Die Temperatur läßt sich bequem regeln und bis zu einer Höhe von 3500° steigern.

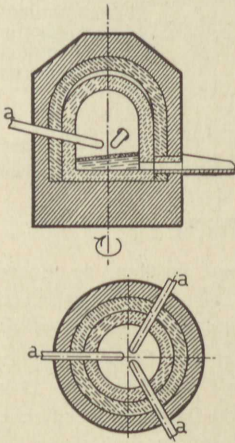


Abb. 26. Stassano-Ofen.

Die zur Elektrostahlerzeugung benutzten Öfen verwenden immer Ein- oder Mehrphasenwechselstrom. Man unterscheidet die beiden Gruppen Lichtbogenöfen und Induktionsöfen. Bei den Lichtbogenöfen unterscheidet man weiter direkte Lichtbogenöfen, bei denen der Lichtbogen direkt durch das Metallbad hindurchgeleitet wird, und indirekte, bei denen das Bad durch die strahlende Wärme des Lichtbogens erhitzt wird. Die größte Verbreitung haben die Licht-

bogenöfen. Als erstes Beispiel diene der in Abb. 26 schematisch dargestellte Stassano-Ofen, ein indirekter Lichtbogenofen. Ein Blechmantel ist mit Magnesitsteinen oder einer basischen Dolomitstampfmasse ausgekleidet. Das Bad wird erhitzt durch einen Lichtbogen, der sich zwischen zwei oder drei durch die Seitenwand eingeführten Kohlenelektroden bildet. Die älteren Öfen sind um eine geneigte Achse drehbar angeordnet, um alle Stahlteile in den Bereich der strahlenden Hitze des Lichtbogens zu bringen. Neuere Öfen baut man kippar; sie fassen 1—5 t.

Verbreiteter als der Stassano-Ofen ist der indirekte Ofen von Rennerfelt (Abb. 27). Er besteht aus einer auf Rollen drehbar ge-

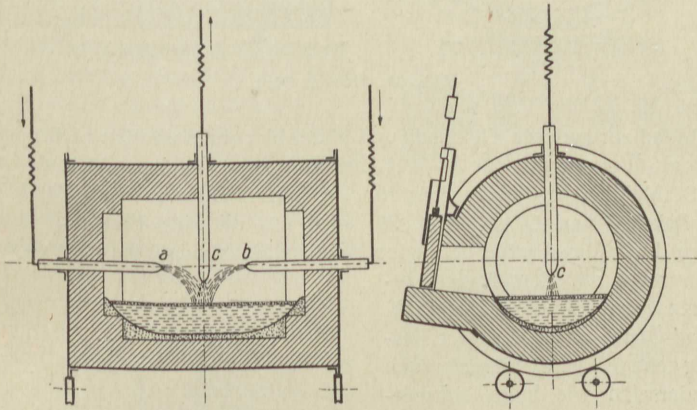


Abb. 27. Rennerfelt-Ofen.

lagerten feuerfest ausgekleideten Blechtrommel. In diese ragen drei Kohlenelektroden (*a*, *b* und *c*) hinein. Zum Betriebe dient zweiphasiger Wechselstrom, den man durch Transformieren von Drehstrom erhält. Je eine Phase ist an die Seitenelektroden *a* und *b* angeschlossen, die Elektrode *c* ist mit dem Knotenpunkte der beiden Phasen verbunden. Dadurch erhält der Lichtbogen die Gestalt eines abwärts gerichteten Pfeiles. Man baut die Öfen in Größen für 100—3000 kg Fassung. Sie können mit kaltem und flüssigem Einsatz betrieben werden. Größere Öfen haben einen Stromverbrauch von etwa 700 kWh.

Abb. 28 stellt den Héroult-Ofen, einen direkten Lichtbogenofen, dar. Ein kipparer Stahlblechkasten ist mit feuerfesten Steinen ausgemauert, der Herd aus dolomitischer Masse aufgestampft. Durch den Deckel führen zwei, bei größeren Öfen drei, hintereinandergeschaltete Kohlenelektroden *a*, deren Höhenlage durch den Zahnstangentrieb *b*

von Hand oder besser selbsttätig einstellbar ist. Beim Übertreten des Stromes von der einen Elektrode zur Schlackenschicht bildet sich ein Lichtbogen, der Strom geht dann in wagerechter Richtung durch das

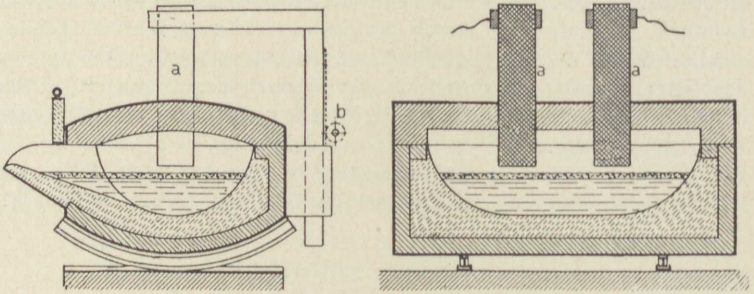


Abb. 28. Héroult-Ofen.

Stahlbad zur anderen Elektrode und bildet hier einen zweiten Lichtbogen. Héroult-Öfen werden für 3—30 t Einsatz gebaut. Kleinere Héroult-Öfen in Stahlgießereien gebrauchen für 1 t kalten Einsatz etwa 950 kWh.

Beim Girod-Ofen (Abb. 29) wird nur die eine Elektrode durch einen durch den Deckel geführten Kohlenstab gebildet, die andere durch mehrere durch den Boden geführte wassergekühlte Eisenstäbe. Girod-Öfen werden bis 15 t Fassung gebaut. Der Stromverbrauch ist derselbe wie beim Héroult-Ofen.

Der erste brauchbare Induktionsofen ist der von Kjellin

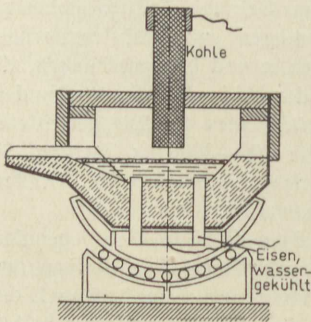


Abb. 29. Girod-Ofen.

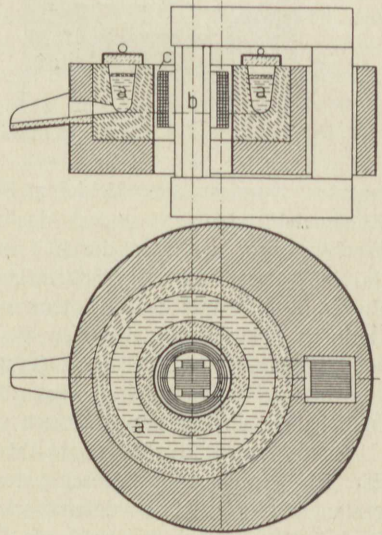


Abb. 30. Induktionsofen von Kjellin.

(Abb. 30); bei diesem befindet sich das Stahlbad in einer kreisförmigen durch einen Deckel abgedeckten Rinne *a*, die den Schenkel *b* eines aus Blechlamellen zusammengesetzten Eisenkern umkreist. Der Schenkel *b* ist mit einer Kupferdrahtspule *c* umwickelt. Schickt man durch diese primäre Wickelung Wechselstrom, so wird der Eisenkern magnetisch und ruft nun in dem den sekundären Stromkreis bildenden Eisenbade durch Induktion Wechselströme hervor, die den Stahl durch Widerstand erhitzen. Kjellin-Öfen werden bis 8,5 t Einsatz gebaut.

Der Kjellin-Ofen vermag in der schmalen Rinne nur wenig Metall aufzunehmen. Diesen Übelstand beseitigt der Ofen von Röchling-Rodenhauser (Abb. 31). Bei ihm vereinigen sich die beiden schmalen ringförmigen Kanäle *a* in der Mitte bei *b* zu einem größeren Herdraume. Die Erhitzung geschieht wie beim Kjellin-Ofen durch Induktion. Es sind aber beide Schenkel des Eisenkerns *c* mit primären Wicklungen *d* versehen und außer diesem noch mit sekundären Wicklungen *e*. Der in den letzteren erregte Strom wird zu den in die Herdausfütterung eingebetteten Polplatten *f* geleitet. Wenn die Herdmasse von den Polplatten *f* durch Erwärmung leitend geworden ist, so wird durch den von den Polplatten der einen Seite zu den gegenüberliegenden gehenden Strom noch eine Erwärmung des im Raume *b* enthaltenen Stahlbades herbeigeführt. Wird statt des

Wechselstromes Drehstrom verwendet, so hat der Ofen einen dreischenkligigen Eisenkern und dementsprechend drei Schmelzrinnen. Die Öfen werden in Größen bis 20 t Einsatz gebaut. Ein kleiner Drehstromofen braucht für 1½ t kalt eingesetzten Schrott etwa 850 kWh. Bei Einsatz von flüssigem Thomasstahl 230—280 kWh.

Die Lichtbogenöfen erfordern geringere Anlagekosten als die Induktionsöfen, erzeugen eine hohe Schlackentemperatur und dünnflüssige Schlacke und können gut mit kaltem Einsatz betrieben werden. Nachteile sind die Kosten des Elektrodenverbrauches und ungleichmäßige Erwärmung des Metallbades.

Die Induktionsöfen ermöglichen infolge der kreisenden Bewegung des Metallbades eine gleichmäßige Erwärmung und gute Durchmischung.

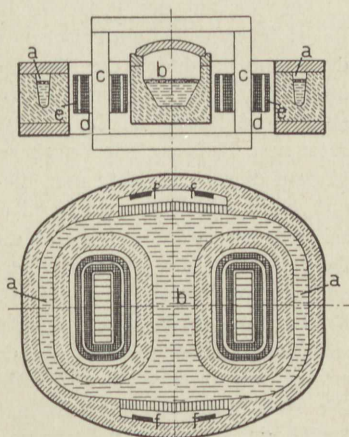


Abb. 31. Induktionsofen von Röchling-Rodenhauser.

Der Elektrodenverbrauch fällt fort, dafür nutzt sich aber das Ofenfutter infolge der kreisenden Badbewegung zwei- bis viermal so schnell ab als bei den Lichtbogenöfen. Für kalten Einsatz sind die Induktionsöfen schlechter geeignet als die Lichtbogenöfen.

Betrieb der Elektroöfen.

Die Öfen können mit festem und mit flüssigem Einsatz arbeiten. Als flüssiger Einsatz dient Stahl aus dem Martinofen oder der Birne. Das Verarbeiten des festen Einsatzes verursacht größere Stromkosten, da der Einsatz erst im Elektroofen geschmolzen werden muß.

Der Verlauf des Prozesses ist bei allen Ofenarten ziemlich gleich. Es erfolgt zunächst ein Frischen, das heißt die schädlichen Beimengungen des Stahls, besonders der Phosphor, werden oxydiert und in die Schlacke übergeführt. Als Oxydationsmittel benutzt man Hammerschlag, Walzensinter und Eisenerze. Zur Überführung des Phosphors in die Schlacke setzt man Kalk zu. Die Entphosphorung dauert etwa eine Stunde. Nach Verlauf dieser Zeit gießt man die phosphorhaltige Schlacke ab und setzt nun Kalk, Flußspat und Sand ein, woraus sich eine Entschwefelungsschlacke bilden soll. Ehe sich die Entschwefelung vollzieht, erfolgt die Desoxydation des oxydierten Eisens durch Zusatz von Ferromangan und Ferrosilizium. Beim Héroult-Ofen desoxydiert man, indem man Kohlenstoff und Kalk auf das Bad bringt. Unter dem Lichtbogen bildet sich hieraus Kalziumkarbid, das desoxydierend wirkt. Die Entschwefelung erfolgt nun durch Kalk und Kohlenstoff oder durch Kalk und Silizium. Die sich bildende weiße Entschwefelungsschlacke läßt man auf dem Stahlbade, bis dieses vollständig entgast ist. Durch Schöpfproben kann man sich dauernd über die Zusammensetzung des Bades vergewissern und dieselbe vor dem Abstich nötigenfalls durch Zusatz von Ferromangan und Ferrosilizium verbessern. Der ganze Prozeß dauert etwa 3—4 Stunden. Der Abbrand beträgt 5—10%. Will man bei Induktionsöfen mit festem Einsatz arbeiten, so läßt man beim Abstich einen Rest des flüssigen Stahles im Ofen und setzt in diesen den festen Schrott ein. Man kann dem Stahl Nickel, Chrom, Wolfram, Vanadium usw. zusetzen und so einen hochwertigen, besonders reinen Stahl von ganz bestimmter Zusammensetzung erzeugen.

Die Öfen mit basischem Futter haben eine längere Schmelzdauer und einen größeren Kraftverbrauch als die mit saurem Futter, können aber minderwertigen Einsatz verarbeiten und das Schmelzgut weitgehend entphosphorn und entgasen. Die sauren Öfen arbeiten schneller und billiger, erfordern aber einen hochwertigeren Schrott als die basischen.

Das Zementieren.

Bei allen bisher besprochenen Verfahren der Eisen- und Stahl-erzeugung wurde das Material im flüssigen Zustande verarbeitet. Beim Zementieren dagegen wird Schweißeisen im festen Zustande durch Anreicherung seines Kohlenstoffgehaltes in Stahl umgewandelt. Man benutzt hierzu gemauerte Zementieröfen, in denen flache Eisenstäbe in gemauerten Kästen in Holzkohlenpulver eingepackt und etwa 10 Tage lang bei einer Temperatur von 1000° geglüht werden. Bei diesem tagelangen Glühen nehmen die Stäbe dann aus dem Kohlenpulver so viel Kohlenstoff auf, daß sie die Eigenschaften des Stahles annehmen. Die Bruchfläche des so erzeugten Zementstahles ist grobkörnig, die Oberfläche infolge der Reduktion der in dem Schweißeisen eingeschlossenen Schlacke blasig. Man nennt das Produkt deshalb auch Blasenstahl. Die eingeschlossene Schlacke sowie die ungleichmäßige Verteilung des aufgenommenen Kohlenstoffes machen den Zementstahl vorläufig noch unbrauchbar. Die Schlacke muß entfernt und der Kohlenstoff gleichmäßig verteilt werden. Dies geschieht durch das Raffinieren oder Gärben, d. h. durch Zusammenschweißen, Ausschmieden und Auswalzen eines Bundes (Garbe) von Zementstahlstäben (Gärb- oder Schweißstahl) oder durch Umschmelzen in Tiegeln (Tiegelstahl). Zementstahl wird jetzt nur noch wenig erzeugt.

Die übrigen technisch wichtigen Metalle.

Außer dem Eisen finden auch noch verschiedene andere Metalle in der Technik Verwendung, von denen nur die wichtigsten nach ihrer Darstellung, ihren Eigenschaften und ihrer Verwendung kurz behandelt werden sollen. Über die Bezeichnungen der verschiedenen Sorten, die Reinheitsgrade und chemischen Zusammensetzungen der Metalle und Legierungen geben die Normblätter des N. d. I. Aufschluß.

Kupfer.

Das Kupfer findet sich in der Natur im gediegenen Zustande nur in geringen Mengen und wird deshalb meist aus den zahlreichen Kupfererzen gewonnen. Diese finden sich in großen Mengen in Nordamerika, ferner in Spanien und Portugal. In Deutschland im Mansfelder Bezirk und im Harz, jedoch nur in geringen Mengen. Auch in Südwestafrika sind reiche Kupferminen erschlossen. Die Kupfererze sind entweder Sauerstoffverbindungen oder Schwefelverbindungen des Kupfers. Das wichtigste sauerstoffhaltige Kupfererz ist das Rotkupfererz, Cu_2O mit 88% Kupfer. Die wichtigsten schwefelhaltigen sind Kupferglanz,

Cu_2S , mit 79% Kupfer, Buntkupfererz, Cu_3FeS_3 , mit etwa 60% Kupfer und Kupferkies, CuFeS_2 , mit 54% Kupfer. Die Erze sind meist so stark mit andern Mineralien gemischt, daß sie selten über 10% Kupfer enthalten. Die schwefelhaltigen Erze sind die verbreitetsten, und aus ihnen wird das meiste Kupfer gewonnen. Die hierzu angewandten hüttenmännischen Verfahren sind teilweise sehr verwickelter Natur und können deshalb hier nur kurz angedeutet werden.

Die geschwefelten Erze werden zunächst mehrere Male geröstet, d. h. unter Luftzutritt erhitzt, und reduzierend geschmolzen. Durch das Rösten entweicht der Schwefel in Form von schwefliger Säure, die zu Schwefelsäure verarbeitet wird. Die in den Kupfererzen enthaltenen metallischen Beimengungen oxydieren und gehen in die Schlacke über. So erhält man schließlich ein noch unreines metallisches Kupfer, das Schwarzkupfer, das zur weiteren Verwendung noch gereinigt oder raffiniert werden muß. Man unterwirft es dazu zunächst einem oxydierenden Schmelzen unter Luftzutritt und erhält das Garkupfer, das dann endlich durch nochmaliges reduzierendes Schmelzen hammergar gemacht wird und in Barren gegossen in den Handel kommt.

Diese älteren Verfahren sind sehr zeitraubend und daher für die Erzeugung der heute gebrauchten Kupfermengen wenig geeignet. Bedeutend schneller erfolgt die Gewinnung des Schwarzkupfers bei der Verwendung eines neueren Verfahrens, des Kupferbessemern, bei dem ähnlich wie beim Bessemerprozeß das unreine Kupfer nach dem ersten Schmelzen im flüssigen Zustande durch hindurchgeblasene Luft von seinen Beimengungen befreit wird.

Das Verhütten der sauerstoffhaltigen Erze ist einfacher, da das Rösten fortfällt und nur ein reduzierendes Schmelzen, ähnlich wie bei den Eisenerzen, erforderlich ist.

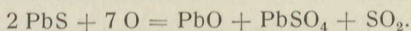
Aus Erzen mit geringem Kupfergehalt gewinnt man das Kupfer auch auf nassem Wege, indem man das Metall in wasserlösliche Salze umwandelt, sofern diese nicht schon in den Erzen enthalten sind, diese auslaugt und aus den Lösungen dann das Metall meist durch Einlegen von Eisenabfällen ausfällt. Auch mit Hilfe des elektrischen Stromes kann auf elektrolytischem Wege ein reines Kupfer gewonnen werden.

Das Kupfer hat eine schöne rötliche Farbe. Seine Festigkeit ist gegossen 9—14 kg/mm², gewalzt 20—28 kg/mm² bei bis 38% Dehnung. Mit zunehmender Temperatur nimmt die Festigkeit stark ab. Für Heißdampfleitungen ist Kupfer deshalb ungeeignet. Sein spezifisches Gewicht ist 8,9. Es schmilzt bei 1084°, ist jedoch zum Gießen unbrauchbar, da es einen viel zu blasigen Guß liefert. Es läßt sich aber gut schmieden, walzen, zu Draht ausziehen und durch Treiben umformen. Es besitzt eine sehr hohe Leitungsfähigkeit für Wärme und den elektrischen Strom.

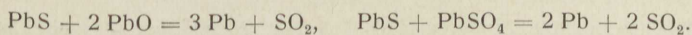
Unter der Einwirkung der feuchten Luft überzieht es sich mit einer Grünspanschicht, die das darunter liegende Metall vor weiterer Oxydation wirksam schützt. Es wird deshalb als Dachdeckungsmaterial sowie zum Beschlagen von Schiffen benutzt. Ferner findet es Verwendung zu Lokomotivfeuerbüchsen, zu Stehbolzen, zu Gefäßen und Rohren und als Dichtungsmaterial für Rohrleitungen. Sein Hauptverwendungsgebiet ist in neuerer Zeit die elektrische Industrie, die große Mengen von Kupferdraht verbraucht. Weiter wird es viel mit anderen Metallen, namentlich mit Zinn und Zink, in Form von Metallegierungen benutzt.

Blei.

Die wichtigsten Erze zur Bleigewinnung sind Bleiglanz, PbS , mit etwa 88% Blei und Weißbleierz, $PbCO_3$, mit 77% Blei. Die Hauptfundstätten in Deutschland sind Harz, Rheinland, Oberschlesien und Erzgebirge. Die Bleierze enthalten meist auch noch andere Metalle, wie Silber, Kupfer, Zink, Nickel u. a. Das Blei wird aus ihnen auf zweierlei Weise gewonnen, durch Niederschlagarbeit oder durch Rösten. Bei der Niederschlagarbeit wird das Bleierz in Schachtöfen mit Eisen oder Eisenerzen zusammen durch Holzkohle oder Koks geschmolzen. Das Rösten der Erze erfolgt in Flammöfen. Es wird dabei ein Teil des Bleiglanzes durch den Sauerstoff der Luft in Bleioxyd, Bleisulfat und Schwefeldioxyd umgewandelt:



Der Sauerstoff des Bleioxyds und des Bleisulfats oxydiert dann den Schwefel in einem anderen Teile des Bleiglanzes:



Das so erhaltene Werkblei ist noch stark verunreinigt und wird durch Umschmelzen oder auf elektrischem Wege gereinigt.

Das Blei hat eine blaugraue Farbe, es ist sehr weich und dehnbar. Es läßt sich zu Blechen auswalzen und zu Rohren pressen. Sein spezifisches Gewicht ist 11,4. Es schmilzt bei 330°. Es ist sehr widerstandsfähig gegen Säuren. Druckfestigkeit 120—150 kg/cm^2 , Zugfestigkeit 2—3 kg/mm^2 , Dehnung 40—50%. An der Luft überzieht es sich mit einer dünnen Oxydschicht, die das darunterliegende Metall wie beim Kupfer vor weiterer Oxydation schützt. In der Technik wird es verwandt zu Dichtungszwecken, zu Rohrleitungen, die sich durch eine große Biegsamkeit auszeichnen, ferner in der chemischen Industrie, besonders bei der Schwefelsäurefabrikation, wegen seiner Säurebeständigkeit. In der Elektrotechnik findet es Verwendung zur Umhüllung elektrischer Kabel, besonders aber in den Akkumulatoren. Seines hohen spezifischen

Gewichtes wegen werden Geschosse aus ihm gemacht. Bleioxyd wird zu Mennige, einer Anstrichfarbe, verarbeitet. Durch Antimonzusatz erhöht man die Härte des Bleis erheblich und erhält so das Hartblei. Auch zu anderen Metallegierungen wird das Blei verwandt.

Zinn.

Das Zinn wird aus dem Zinntein, SnO_2 , mit 78% Zinn gewonnen, der sich in Deutschland im Erzgebirge findet. Andere bedeutende Fundstätten sind in England, Indien und Bolivien. Das Erz wird in Schacht- oder Flammöfen mit Kohle oder Koks reduzierend geschmolzen. Das so erhaltene Rohzinn wird dann gereinigt, indem man es auf einer schwach geneigten Eisenplatte durch glühende Kohlen fließen läßt, die die Verunreinigungen zurückhalten.

Zinn hat eine weiße, silberartige Farbe, sein spezifisches Gewicht ist 7,3. Es schmilzt bei 230° ; es ist sehr dehnbar und läßt sich zu äußerst dünnen Platten auswalzen (Stanniol). Seine Festigkeit ist sehr gering, $3,5\text{--}4\text{ kg/mm}^2$, wird aber durch Bleizusatz erhöht. Aus diesem Grunde und wegen der Billigkeit des Bleis verwendet man zu Gebrauchsgegenständen, namentlich zu Zinngefäßen, immer eine Blei-Zinnlegierung. Wegen der Giftigkeit der Bleiverbindungen dürfen aber Gefäße zur Aufnahme von Nahrungsmitteln nur einen Höchstgehalt von 10% Blei aufweisen. Zinn wird vielfach benutzt zum Verzinnen von Eisenblechen, die dann Weißbleche heißen, und namentlich zur Fabrikation von Konservendbüchsen Verwendung finden. Weiter wird Zinn benutzt zu Metallegierungen, wie Bronze, Weißmetall, Britanniametall, Schnellot u. a.

Zink.

Die wichtigsten Zinkerze sind Galmei, ZnCO_3 , und Zinkblende, ZnS , die sich besonders in Oberschlesien finden. Diese Erze müssen zur weiteren Verarbeitung erst durch Rösten in Zinkoxyd umgewandelt werden. Aus der Zinkblende entweicht dabei Schwefeldioxyd, das zu Schwefelsäure verarbeitet wird. Das Reduzieren des Zinkoxyds geschieht in geschlossenen Tongefäßen oder Muffeln. Als Reduktionsmittel dient zerkleinerte Kohle, mit der das Zinkoxyd gemischt in die in lange Öfen eingemauerten Röhren oder Muffeln eingefüllt und stark erhitzt wird. Da die Reduktionstemperatur aber die Verdampfungstemperatur des Zinks überschreitet, so entweicht das Zink als Zinkdampf. Dieser wird niedergeschlagen, und so erhält man ein flüssiges Zink. Das so gewonnene Roh- oder Werkzink ist aber noch stark verunreinigt, namentlich durch Blei und Eisen. Man läßt es daher mehrere Tage in geschmolzenem Zustande stehen, damit die schwereren Verunreinigungen zu Boden sinken können.

Das Zink hat eine bläulich-weiße Farbe; sein spezifisches Gewicht ist 7,1. Es schmilzt bei 419° und läßt sich gut gießen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es spröde, bei 100 — 150° wird es dehnbar und läßt sich ziehen, walzen und pressen. Bei 200° wird es wieder spröde. Seine Festigkeit ist nur gering. An der Luft oxydiert es. Die Oxydschicht schützt aber das Metall vor weiterer Oxydation. Seine Zugfestigkeit ist gewalzt 24 kg/mm^2 bei 12 — 38% Dehnung.

Zinkblech wird als Dachdeckungsmaterial und zur Herstellung von Dachrinnen und Abfallrohren, Badewannen und Metallsärgen verwandt. Ferner dient es zum Verzinken von Eisen und zu Metallegierungen.

Aluminium.

Das Aluminium kommt in der Natur gediegen nicht vor, ist aber als Aluminiumoxyd, Al_2O_3 , über die ganze Erde verbreitet im Lehm, Ton, Mergel usw. Als Rohstoff für die Aluminiumherstellung nimmt man Bauxit, ein wasserhaltiges Aluminiumoxyd, und Kryolith, eine Aluminium-Natriumfluorverbindung. Beide kommen in Frankreich und Nordamerika vor, in Deutschland jedoch nicht. Während des Krieges gelang es, auch aus deutschen tonerdehaltigen Mineralien Aluminium zu gewinnen. Aus diesen Stoffen gewinnt man es mit Hilfe des elektrischen Stromes unter Ausnutzung von Wasserkraften. Das Aluminium ist bläulich-weiß; sein spezifisches Gewicht ist gegossen 2,6, gewalzt 2,7; es schmilzt bei 650° , läßt sich gießen, schwindet aber sehr stark (1,8%). Es hält sich gut an der Luft. Seine Zugfestigkeit beträgt gegossen 9 — 12 kg/mm^2 bei 18 — 25% Dehnung, gewalzt 18 — 28 kg/mm^2 bei 3 — 5% Dehnung, weichgeglüht 7 — 11 kg/mm^2 bei 30 — 45% Dehnung.

Es überzieht sich an der Oberfläche mit einer dünnen Oxydschicht, die das darunterliegende Metall vor weiterer Oxydation schützt. Es zeichnet sich aus durch hohe Leitfähigkeit für Wärme und den elektrischen Strom. Seine Wärmeleitfähigkeit ist über dreimal so groß wie die des Eisens. Es eignet sich deshalb gut für Maschinenteile, die hohen Erwärmungen ausgesetzt sind, da es die Wärme schnell fortleitet. Wo solche Maschinenteile mit Eisenteilen verbunden sind, ist jedoch zu beachten, daß Aluminium durch die Wärme doppelt so stark ausgedehnt wird wie Eisen. Seine elektrische Leitfähigkeit ist etwa die 0,6fache des Kupfers. Des geringen spezifischen Gewichtes wegen ist aber ein Aluminiumdraht nur halb so schwer wie ein Kupferdraht von gleicher Leitfähigkeit. Es wird deshalb in neuerer Zeit vielfach in der Elektrotechnik an Stelle des Kupfers verwandt.

Aluminium läßt sich schmieden, schweißen, walzen und zu Draht ziehen. Wie Zinn läßt es sich zu papierdünnen Platten auswalzen und wird dann an Stelle des teuren Stanniols benutzt. Auf den Werkzeug-

maschinen läßt es sich bei Verwendung geeigneter Stähle mit kleinem Schneidwinkel gut bearbeiten. Reinaluminium wird in Graphittiegeln geschmolzen. Es muß stark überhitzt werden, da es sonst zum Gießen zu dickflüssig ist. Die Gießfähigkeit des Reinaluminiums wird durch Zusätze von Zink und Kupfer erheblich verbessert. Je schneller die Gußstücke erstarren, um so fester und dichter werden sie. Es empfiehlt sich deshalb Kokillenguß.

Seines geringen Gewichtes wegen findet es eine weitgehende Verwendung im Automobil- und Flugzeugbau, zu optischen Instrumenten und physikalischen Apparaten sowie zu allerlei Gebrauchsgegenständen wie Feldflaschen, Kochgeschirren und militärischen Ausrüstungsstücken. In der Stahlgießerei dient es als Zusatzmittel, um dichte Abgüsse zu erzielen. Aluminium mit Eisenoxyd gemischt bildet das Thermit, das zum Schweißen benutzt wird. Von Bedeutung sind auch die Aluminiumlegierungen, s. daselbst.

Metalllegierungen.

Die meisten der zuletzt besprochenen Metalle lassen sich im reinen Zustande schlecht oder gar nicht gießen und schwer bearbeiten. Ihre Eigenschaften werden aber bedeutend verbessert, wenn man mehrere von ihnen miteinander vermischt oder legiert. Solche Legierungen zeichnen sich den reinen Metallen gegenüber aus durch bessere Gießfähigkeit, größere Härte und Festigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation und gute Bearbeitbarkeit durch Schneidwerkzeuge.

Die wichtigsten Metalllegierungen sind folgende:

Aluminiumlegierungen.

Da sich reines Aluminium schlecht gießen läßt, so sind namentlich im Automobil- und Luftfahrzeugbau eine Reihe von Aluminiumlegierungen in Gebrauch gekommen. Man unterscheidet Gußlegierungen und Walzlegierungen.

Gußlegierungen haben meist einen Zusatz von Zink und Kupfer, bisweilen auch Nickel. Die sogenannte deutsche Legierung enthält 2—5% Kupfer, 8—12% Zink, Rest Aluminium. Spezifisches Gewicht 2,9, Festigkeit 12—20 kg/mm², Dehnung bis 5%, Schmelzpunkt 530°. Die amerikanische Legierung enthält 7—9% Kupfer, Rest Aluminium. Spezifisches Gewicht 2,9, Festigkeit 12—18 kg/mm², Dehnung bis 5%, Schmelzpunkt 600°. Beide Legierungen sollen bei rund 700° vergossen werden. Das Schwindmaß beträgt rund 1,4%.

Silumin ist eine Legierung aus 87% Aluminium und 13% Silizium. Spezifisches Gewicht 2,6, also geringer als das der Aluminium-Kupferlegierungen. Festigkeit 18—23 kg/mm² bei 5—10% Dehnung. Silumin

läßt sich gut gießen, gibt einen dichten Guß und schwindet wie Gußeisen rund 1%. Schmelzpunkt 570°.

Es ist zu beachten, daß die Festigkeitsverhältnisse bei Aluminiumlegierungen um so besser werden, je schneller die Gußstücke in den Formen erkalten. Kokillenguß ist daher vorteilhaft.

Von den Walzlegierungen hat die größte Bedeutung das Duralumin mit 3,5—5,5% Kupfer, 0,25—1,0% Mangan und 0,5% Magnesium, Rest Aluminium. Spezifisches Gewicht 2,8, Festigkeit 38 bis 47 kg/mm², Dehnung bis 20%. Durch Kaltreckung wird die Festigkeit bis auf 62 kg/mm² erhöht, unter Verminderung der Dehnung auf 3—4%. Schmelzpunkt rund 650°, Gießtemperatur rund 800°. Duralumin zeichnet sich aus durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse und Seewasser. Es läßt sich schmieden und walzen. Die Schmiedetemperatur beträgt 470—480°. Durch Erwärmen im Salzbad und Abschrecken läßt es sich härten. Seine Bearbeitung mit Schneidwerkzeugen kann mit größeren Schnittgeschwindigkeiten erfolgen als bei Stahl. Es wird in Form von Blechen, Stangen, Drähten, Rohren, Nieten und Schrauben hergestellt und besonders im Flugzeug-, Luftschiff- und Fahrzeugbau verwandt.

Ähnliche Legierungen sind: Lautal mit 4% Kupfer und 2% Silizium, Aludur mit 2,5—5,5% Kupfer, 0,7—1,0% Silizium, geringen Mengen von Magnesium und Eisen. Scleron mit 12% Zink, 3% Kupfer, geringen Mengen Mangan, Silizium, Eisen und Lithium.

Kupfer-Zinnlegierungen (Bronzen).

Die gebräuchlichen Bronzen enthalten 80—94% Kupfer und 20 bis 16% Zinn. Ihre Zusammensetzungen sind durch das Normblatt DIN. 1705 genormt. Spezifisches Gewicht rund 8,8. Schmelzpunkt je nach der Zusammensetzung 900—1000°. Die Bronzen lassen sich gut gießen. Bei einem Zinngehalt unter 10% lassen sie sich kalt walzen und ziehen, bei höherem Zinngehalt im warmen, dunkel rotglühenden Zustande.

Mit Rotguß oder Maschinenbronze bezeichnet man eine Kupfer-Zinn-Zink-Legierung mit geringem Bleizusatz (genormt nach DIN. 1705 Bl. 1 u. 2). Im Maschinenbau verwendet man Bronzen zu Lagerschalen, Zahnrädern, Armaturen, Pumpenteilen. In der Telegraphie und Telephonie zu Leitungsdrähten.

Phosphorbronze ist eine Bronze, der nach dem Zusammenschmelzen ihrer Bestandteile ein geringer Phosphorzusatz gegeben ist in Form von Phosphorkupfer oder Phosphorzinn, um etwa vorhandenes Kupferoxydul zu reduzieren und in die Schlacke überzuführen. Beim Schmelzen der Phosphorbronze muß noch eine geringe Phosphormenge

vorhanden sein, um die Bildung von Kupferoxydul zu verhindern. Das fertige Gußstück enthält oft gar kein Phosphor mehr. Phosphorbronze zeichnet sich aus durch große Festigkeit und Dichte und ist sehr widerstandsfähig gegen Seewasser. Sie wird für stark beanspruchte Maschinenteile verwendet, besonders für Zahnräder, die großen Druck und hohe Umlaufzahlen auszuhalten haben; auch für Schiffsschrauben, Röhren, Bleche und Telephondrähte.

Mit Sonderbronzen bezeichnet der Normenausschuß Bronzen mit mindestens 78% Kupfer und bis zu drei Zusatzmetallen (Zinn, Blei, Aluminium). Von diesen ist besonders bemerkenswert die Aluminiumbronze mit 5—10% Aluminium, Rest Kupfer. Sie zeichnet sich aus durch große Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Seewasser und läßt sich im kalten und rotwarmen Zustande gut walzen und schmieden. Sie wird verwandt zu chemischen Apparaten, Schiffsschrauben u. dgl. Festigkeit 52 kg/mm² bei 11% Dehnung (bei 10% Aluminium).

Mit Manganbronzen bezeichnet man entweder solche Bronzen, bei denen ein Manganzusatz nur zur Desoxydation des Kupfers und Zinns dient, oder solche, bei denen der Manganzusatz die Festigkeit und Härte erhöhen soll. Die ersten enthalten 82—85% Kupfer, 14—17% Zinn, 0,25—,60% Mangan, die zweiten 65—90% Kupfer, 0—3% Zinn, 2—15% Zink, 5—20% Mangan. Zur zweiten Gruppe gehört die Resistinbronze mit 84,5% Kupfer, 14,2% Mangan und 1,2% Eisen, die zur Herstellung von Drähten für elektrische Widerstände dient.

Kupfer-Zinklegierungen (Messing).

Man unterscheidet Gußmessing und Schmiedemessing. Das Normblatt DIN. 1709 enthält nur zwei Arten Gußmessing mit 63 bzw. 67% Kupfer, bis 3% Blei, Rest Zink. Messing schmilzt bei rund 1000°, läßt sich gut gießen und liefert einen dichten Guß, der sich gut mit Schneidwerkzeugen bearbeiten läßt. Festigkeit 15 kg/mm² bei 13% Dehnung. Gußstücke aus Messing nennt man Gelbguß.

Schmiedemessing mit bis zu 36% Zink lassen sich nur im kalten Zustande, solche mit über 42% Zink nur im rotglühenden Zustande schmieden, walzen und ziehen. Legierungen mit 36—42% Zink sowohl im kalten als auch im warmen Zustande. Durch Kaltbearbeiten wird Messing hart und spröde. Die Spannungen müssen durch Glühen bei 600—700° wieder ausgeglichen werden.

Muntzmetall ist ein Messing mit 60% Kupfer und 40% Zink, das sich besonders gut warm schmieden läßt. Messing mit noch höheren Kupfergehalt (bis 90%) nennt man Tombak.

Messingblech wird durch kaltes Auswalzen gegossener Blöcke erzeugt. Weiter wird Messing zu Stangen, Rohren und Drähten ausgezogen.

Sondermessinge sind Kupfer-Zinklegierungen mit Zusätzen von Nickel, Eisen, Mangan, Aluminium, Zinn, Blei. Durch solche Zusätze werden die Schmiedbarkeit und die Festigkeit (bis 85 kg/mm²) erhöht. Die Zusammensetzungen finden sich im Normblatt DIN. 1709. Auch bei ihnen unterscheidet man wieder Gußmessinge und Schmiedmessinge. Besonders bemerkenswert sind Delta- und Duranametall mit 1—2% Eisen, die sich durch große Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Seewasser auszeichnen. Andere Legierungen sind Selvametall, Spreemetall, Boschmetall. Manche Sondermessinge werden auch als Bronze bezeichnet, z. B. die Kruppsche Stahlbronze mit Festigkeiten bis 62 kg/mm² bei bis 23% Dehnung, Manganbronze, Tobinbronze u. a. Mit Rübelsbronze bezeichnet das Deutsche Metallwerk, Berlin-Oberschöneweide, Legierungen, die den Sonderbronzen bei der Erzeugung zugesetzt werden.

Zu den Kupfer-Zinklegierungen gehören auch die nach DIN. genormten Schlaglote mit 42—54% Kupfer, Rest Zink. Ihre Schmelzpunkte sinken mit steigendem Zinkgehalt und liegen zwischen 820 und 875°.

Zinn-Bleilegierungen.

Zinn-Bleilegierungen werden hauptsächlich als Lote unter dem Namen Lötzinn gebraucht. Die Lote sind nach DIN. 1707 genormt. Sie haben einen niedrigen Schmelzpunkt, dessen Höhe mit steigendem Zinngehalt sinkt, wie folgende Tabelle (nach Ludloff) zeigt.

Zinn %	Blei %	Erstarrungsbeginn Grad Celsius
30	70	255—262
40	60	230—240
50	50	210—220
60	40	190

Durch Zusätze von Wismut, Kadmium oder Quecksilber kann man den Schmelzpunkt noch erheblich herabsetzen. Man erhält dann leicht schmelzbare Legierungen wie z. B. Woods-Metall mit 25% Blei, 12,5% Zinn, 50% Wismut und 12,5% Kadmium. Schmelzpunkt 60°, Roses-Metall mit 25% Blei, 25% Zinn und 50% Wismut. Schmelzpunkt 93,75° u. a. Solche leichtschmelzende Legierungen werden unter anderm verwandt als Schmelzsicherungen bei Dampfkesseln und elektrischen Leitungen sowie zur Befestigung von Diamanten in Bohrwerkzeugen.

Lagermetalle.

Von den Lagermetallen verlangt man große Druckfestigkeit, geringe Reibung und Abnutzung und geringe Erwärmung. Diesen Anforderungen genügen Lagerschalen aus weichem Gußeisen, Rotguß und Messing. Vielfach benutzt man auch gußeiserne Lagerschalen, die mit einer Legierung von Zinn, Antimon, Kupfer und Blei ausgegossen sind. Die Zusammensetzung dieser sogenannten Lagerweißmetalle ist durch DIN. 1703 genormt. Je nachdem der Gehalt an Zinn oder Blei überwiegt, nennt man sie Zinn-Lagermetalle oder Blei-Lagermetalle. Die ersteren haben einen Gehalt von 42—80% Zinn, 10—14% Antimon, 3—10% Kupfer und 0—41% Blei. Die letzteren enthalten 5—20% Zinn, 14—15% Antimon, 1,5—2% Kupfer und 64—78,5% Blei. Die Blei-Lagermetalle sind erheblich billiger als die Zinn-Lagermetalle. Andere Lagermetalle sind das Regelmetall mit 83,3% Zinn, 5,6% Kupfer und 11,1% Antimon und das Einheitsmetall mit 79,2% Blei, 14% Antimon, 5,3% Zinn und 1,5% Kupfer. Bei der Reichsbahn ist ein sogenanntes Bahnmittel eingeführt mit 98,64% Blei, 0,7% Kalzium, 0,62% Natrium, 0,04% Lithium und einem Zusatz von 0,2% Aluminium. Dies Lagermetall hat sich auch im allgemeinen Maschinenbau gut bewährt. Es schmilzt bei 320°, wird mit 470—600° vergossen, hat eine Druckfestigkeit von 17—20 kg/mm² und ein spezifisches Gewicht von 10,56. Während des Weltkrieges wurde als Ersatz für die nicht zu beschaffenden Zinnlagermetalle eine Anzahl Zinklagermetalle benutzt, von denen sich manche über die Kriegszeit hinaus erhalten haben, z. B. das Glyco-Metall mit 85,5% Zink, 5% Zinn, 4,7% Blei, 2,4% Kupfer und 2% Aluminium. Weiter finden als Lagermetalle Verwendung das Thermit-Lagermetall von Goldschmidt mit 72—78,5% Blei, 14 bis 16% Antimon, 5—7% Zinn, 0,8—1,2% Kupfer, 0,7—1,5% Nickel, 0,3—0,8% Arsen und 0,7—1,5% Kadmium. Schmelzpunkt 420°, Druckfestigkeit 8,7 kg/mm², spezifisches Gewicht 9,8. Ferner das Lurgi-Metall mit 96,5% Blei, 2,8% Barium, 0,4% Kalzium, 0,3% Natrium. Schmelzpunkt 320°, Druckfestigkeit 24,5 kg/mm².

Elektron.

Elektron ist eine von der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron hergestellte Magnesiumlegierung. Man unterscheidet Gußlegierungen mit 4 bzw. 6% Aluminium, 3% Zink, 0,2—0,5% Mangan, Rest Magnesium, und Preßlegierungen mit 3—10% Aluminium, 0,2—0,5% Mangan, 1% Zink, Rest Magnesium. Elektron ist ein dem Aluminium ähnliches Leichtmetall (spezifisches Gewicht 1,8), das sich für solche Maschinenteile eignet, die große Festigkeit, aber geringes Gewicht haben sollen. Die Festigkeit der Gußlegierungen ist 17—23 kg/mm² bei 3 bis

10% Dehnung, die der Preßlegierungen 25—42 kg/mm² bei 2 bis 18% Dehnung. Durch Pressen oder Schmieden lassen sich die chemischen Eigenschaften des Elektron bedeutend verbessern. Schmelzpunkt 625°, Gießtemperatur 700—800°, Schwindmaß 1,2—1,6%. Bei der geringen Temperatur von rund 300° läßt es sich warm verformen. Es wird zu Stangen, Rohren, Profilen ausgezogen, zu Blechen gewalzt, in Gesenken gepreßt. Es läßt sich vorzüglich durch Schneidwerkzeuge bearbeiten und findet Verwendung im Flugzeug- und Wagenbau sowie im Maschinen- und Apparatebau. Während es von Alkalien nicht angegriffen wird, besitzt es nur geringe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Salzlösungen.

Monel-Metall

ist eine nach seinem Entdecker benannte Nickel-Kupfer-Naturlegierung, d. h. das in Kanada gefundene Monelerz enthält schon die Bestandteile in derselben Zusammensetzung wie das aus ihm durch Umschmelzen und Raffinieren gewonnene Metall. Das Monel-Metall enthält meist 67% Nickel, 28% Kupfer und 5% Mangan und Eisen nebst geringen Spuren von Silizium und Kohlenstoff. Es hat ein spezifisches Gewicht von 8,9 und schmilzt im elektrischen Ofen bei 1160°. Gießtemperatur rund 1600°, Festigkeit gegossen 58 kg/mm² bei 44% Dehnung, gewalzt 62 kg/mm² bei 33% Dehnung, gezogen 66 kg/mm² bei 24% Dehnung. Es läßt sich gießen, walzen, ziehen, pressen, löten, schweißen und durch Schneidwerkzeuge bearbeiten. Es rostet nicht und besitzt eine große Widerstandsfähigkeit gegen hoch erhitzte Dämpfe und Säuren und wird verwendet für Teile von Heißdampfmaschinen, Dampfturbinen, Verbrennungsmotoren und für Gefäße in chemischen Fabriken.

Die Prüfung der Metalle.

Von den Metallen verlangt man je nach ihrem Verwendungszweck ganz bestimmte Eigenschaften, über deren Vorhandensein man sich durch Vornahme von Prüfungen oder Proben überzeugen muß. Man unterscheidet chemische Proben, Festigkeitsproben und technologische Proben. Bei den chemischen Proben wird durch eine genaue Analyse die chemische Zusammensetzung des Werkstoffes bestimmt. Die Festigkeitsproben sollen Zahlenwerte der Zug-, Druck-, Schub-, Verdrehungs- und Biegefestigkeit, der Dehnbarkeit und der Härte der Werkstoffe festlegen, indem man die zum Zerstören der untersuchten Probestücke erforderlichen Kräfte und die dem Zerstören vorhergehenden Formänderungen mißt. Die technologischen Proben sollen Aufschluß geben über das Maß der Bildsamkeit der Stoffe beim Verarbeiten durch Hämmern, Pressen,

Meyer, Technologie. 5. Aufl.

Ziehen und dgl., ohne die dabei auftretenden Kräfte zahlenmäßig festzulegen. Wichtige Aufschlüsse über die Eigenschaften der Metalle gibt auch die beim Eisen-Kohlenstoff-Diagramm erwähnte Metallographie.

Festigkeitsproben.

Der Zerreißversuch wird meist als Teilprobe ausgeführt, d. h. es wird nicht das ganze Stück zerrissen, wie es z. B. beim Prüfen von Ketten geschieht, sondern aus den zu untersuchenden Teilen werden kleine Probestäbe von rundem oder rechteckigem Querschnitt auf kaltem Wege durch Schneidwerkzeuge herausgeschnitten und untersucht. Die Form und Abmessungen der Probestäbe sind durch DIN 1605 festgelegt. Am gebräuchlichsten ist der lange Normalrundstab nach Abb. 32. Auf dem mittleren zylindrischen Stück von 20 mm Durchmesser ist die sog. Meßlänge $l = 200$ mm durch Körner oder Striche festgelegt, die vielfach noch mit einer Zentimeterteilung versehen wird. Die Form der Stabkpfe

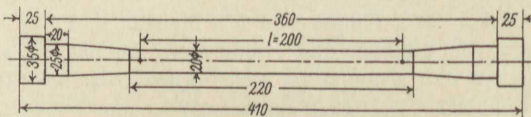


Abb. 32. Langer Normalstab für Zerreißversuche.

richtet sich nach den Einspannvorrichtungen der Zerreißmaschine. Ein solcher Probestab wird in eine Zerreißmaschine gespannt und zerrissen. Der Quotient aus der höchsten Belastung P_B , die der Stab hierbei erfährt, und seinem ursprünglichen Querschnitt F_0 ist dann seine Zerreißfestigkeit

$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0}$. Die Einrichtung und Wirkungsweise einer Zerreißmaschine

sei durch die schematische Darstellung in Abb. 33 erläutert. Der Probestab P wird zwischen die beiden Einspannkpfe A und B eingespannt. A wird durch die Schraube S , deren Mutter die Nabe eines Schneckenrades bildet, nach unten gezogen. B hängt an einem Hebel C , dessen längerer Arm mit der Zugstange D auf den Wagebalken E einer Hebelwaage wirkt. Auf E wird entsprechend der wachsenden Zugbelastung des Probestabes ein Laufgewicht G so verschoben, daß das ganze System im Gleichgewicht ist, und die Schneiden bei F immer in gleicher Höhe bleiben. Auf einer Strichteilung des Wagebalkens kann man dann die Belastung des Probestabes in jedem Augenblicke ablesen. Statt der Hebelwaagen benutzen die Festigkeitsprobiermaschinen auch Medosen. Bei diesen werden die dem Probestabe erteilten Zug- oder Druckbelastungen auf den federnden Deckel einer mit Wasser oder Glycerin gefüllten Dose

übertragen und der dadurch erzeugte Flüssigkeitsdruck wird durch ein Manometer gemessen.

Das Verhalten des Probestabes während des Zerreiversuchs lässt sich in einem Schaubilde darstellen, wenn man als Abszissen die Dehnungen des Stabes und als Ordinaten die Belastungen oder besser die Spannungen aufträgt (Abb. 34). Man sieht daraus, daß zunächst Spannungen und Belastungen proportional sind bis zum Punkte *P*, der Proportionalitätsgrenze. Dann wächst die Dehnung stärker als die Spannung, bis beim Punkte *S*, der Streck- oder Fließgrenze, plötzlich eine bedeutende Verlängerung des Stabes bei einem nur geringen Wachsen der Belastung eintritt. Der Stab streckt oder fließt. Bei *B* erreicht die Belastung ihren Höchstwert, der der Berechnung der Zugfestigkeit

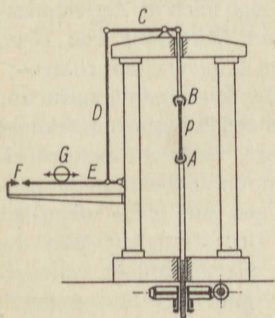


Abb. 33. Schema einer Zerreißmaschine.

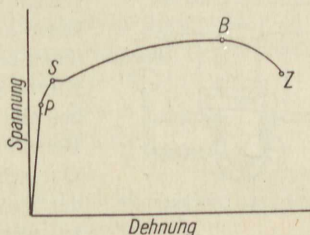


Abb. 34. Zerreidiagramm.

zugrunde gelegt wird. Während des Streckens oder Fließens des Stabes tritt an der Stelle, an der er später zerreißt, eine taillenartige Einschnürung ein, sein Querschnitt verringert sich und infolgedessen auch die Belastung zur weiteren Verlängerung des Stabes. Die Kurve fllt, bis bei *Z* das Zerreißen eintritt. Zwischen *P* und *S* liegt die Elastizitätsgrenze, d. h. die Spannung, unterhalb welcher bei Entlastung des Stabes ein Zurückgehen auf seine ursprüngliche Länge eintritt. Dieser Wert ist für den Konstrukteur wichtiger als die Zerreißfestigkeit, da die Konstruktions-teile nicht über die Elastizitätsgrenze hinaus belastet werden dürfen, damit nicht nach der Entlastung eine bleibende Verlängerung, ein Dehnungsrest, in ihnen zurückbleibt. Die Elastizitätsgrenze lässt sich schwer genau messen, sie fllt meist ungefähr mit der Proportionalitätsgrenze zusammen. Viele Zerreimaschinen sind mit einer Vorrichtung versehen, die die in Abb. 34 dargestellte Kurve selbsttätig aufzeichnet.

Mit Bruchdehnung δ bezeichnet man die vor dem Zerreißen beim Probestabe eingetretene Verlängerung. Man drückt diese meist in Hundert-

teilen der ursprünglichen Meßlänge l aus. Hat der Stab sich auf l_z verlängert, so ist $\delta = \frac{l_z - l}{l} \cdot 100\%$. Mit Einschnürung oder Kontraktion ψ bezeichnet man die Querschnittsverminderung der Bruchstelle. Hat der Stabquerschnitt sich von F auf F_z verringert, so ist $\psi = \frac{F - F_z}{F} \cdot 100\%$.

Die Zerreißversuche werden auch als Warmproben mit erhitzten Probestäben durchgeführt, um die Änderung der Zerreißfestigkeit mit steigender Temperatur zu bestimmen.

Der Druckversuch. Man benutzt als Probestab Würfel oder Zylinder, die in der in Abb. 35 dargestellten Weise auf einer meist hydraulisch angetriebenen Maschine belastet werden. Die Spannungen werden durch ein Manometer gemessen. Es lassen sich auch an Zerreißmaschinen

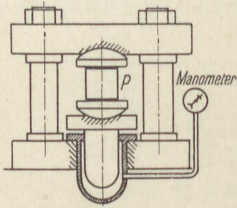


Abb. 35. Druckversuch.

Vorrichtungen zur Vornahme von Druckversuchen anbringen (Universalmaschinen). Man kann auch wieder die Spannungen und die ihnen entsprechenden Zusammendrückungen als Kurve aufzeichnen. Zerbricht der Probekörper bei einer bestimmten Belastung, so gilt diese Belastung, bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt, als Druckfestigkeit. Wird dagegen der Probekörper platt gedrückt, ohne zerstört zu werden, so gilt die Fließgrenze, jetzt

Quetschgrenze genannt, die Belastung bei der eine Ausbauchung des Probekörpers beginnt, als Maß für die Druckfestigkeit.

Der Knickversuch wird mit Stäben ausgeführt, deren Länge erheblich größer ist als ihr Durchmesser, z. B. Säulen, genietete Träger. Die Knickfestigkeit wird dann nach den Eulerschen Knickformeln berechnet.

Der Biegeversuch. Zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit benutzt man eine Einrichtung, bei der ein langer Probestab auf zwei Stützen gelegt und in der Mitte mit einer stetig wachsenden Kraft P belastet wird. Aus Spannung und Durchbiegung kann man auch wieder ein Schaubild zeichnen, das über die Vorgänge bei der Biegung Aufschluß gibt. Zerbricht der Probestab, so ergibt die Belastung, bei der dies geschah, die

Biegezugfestigkeit nach der Biegezuggleichung $\sigma_B = \frac{P \cdot l}{AW}$ wobei P

die Bruchbelastung, l die Stützenentfernung und W das Widerstandsmoment des Stabquerschnitts ist. Biegt der Stab sich schließlich um einen Winkel von 180° zusammen, ohne zu zerbrechen, so dient wie beim Druckversuch die Belastung an der Fließgrenze, jetzt Biegegrenze genannt,

zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit. Der Biegeversuch ist besonders für Gußeisen wichtig. Nach den Vorschriften des Vereins deutscher Eisen- und Stahlwerke benutzt man dazu stehend gegossene Normalprobestäbe von 30 mm Durchmesser und 650 mm Länge, die bei 600 mm Auflagerentfernung der Biegeprobe unterzogen werden.

Härteprüfungen. Zur Bestimmung der Oberflächenhärte der Werkstoffe sind zwei Gruppen von Prüfungsverfahren in Gebrauch. Bei der ersten benutzt man eine statische Belastung, bei der zweiten eine dynamische Kraftwirkung. Von der ersten Gruppe ist am gebräuchlichsten die Kugeldruckprobe von Brinell (Abb. 36). Eine gehärtete Stahlkugel vom Durchmesser D wird unter einem Druck P in die ebene Oberfläche des Probestückes eingedrückt. Als Brinellhärte H gilt dann das Verhältnis $\frac{\text{Kugelbelastung in kg}}{\text{Eindruckoberfläche in mm}^2}$ oder $H = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

Die Belastung P soll 15 Sekunden gleichmäßig gesteigert und dann 30 Sekunden lang auf ihrem Endwert gelassen werden. Die Abmessungen der Kugel und der Druck P sind durch DIN 1605 genormt. Für Gußeisen und Stahl z. B. $D = 10$ mm und $P = 30 \cdot D^2 = 3000$ kg, bei Probestücken über 6 mm Stärke.

Zwischen Brinellhärte H und Zerreißfestigkeit σ_B bestehen bestimmte Beziehungen, die man benutzen kann, um angenähert die Zugfestigkeit eines Werkstoffes zu bestimmen, ohne einen Zerreißversuch vorzunehmen. Man kann setzen: bei Kohlenstoffstahl $\sigma_B \text{ kg/mm}^2 = 0,36 H$; bei Chromnickelstahl $\sigma_B \text{ kg/mm}^2 = 0,34 H$.

Zur zweiten Gruppe gehören die Prüfungen mit den Rückfallhärteprüfern, bei denen ein kleiner Hammer aus einer bestimmten Höhe auf die Oberfläche des zu prüfenden Stückes fällt. Er prallt dann um so mehr zurück, je härter die Oberfläche ist. Die Rückprallhöhe dient als Maß für die Härte. Ein solcher Apparat ist das Shoresche Skleroskop. Bei diesem fällt ein kleiner Hammer mit Diamantkopf in einer Glasröhre senkrecht herab. An einer auf der Röhre angebrachten Teilung kann man die Rückprallhöhe ablesen. Die Sprunghöhe bei einer glasharten Stahlplatte ist dabei = 100 gesetzt.

Bei den Schlaghärteprüfern wird eine auf die zu prüfende Oberfläche gelegte oder von Hand an sie gedrückte Kugel durch einen von einer konstanten Federspannung vorgetriebenen Hammer in das Probestück hineingetrieben. Die Schlaghärteprüfer sind überall bequem zu

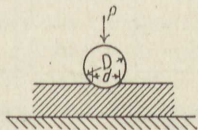


Abb. 36. Brinellsche Kugeldruckprobe.

handhaben, geben aber nicht so genaue Resultate wie die Brinell-Härteprüfer.

Sehr harte Werkstoffe prüft man mit dem Martenschen Ritzverfahren. Eine Diamantspitze wird unter einer bestimmten Belastung über die zu prüfende Oberfläche geführt und ritzt diese. Als Härtemaß dient die Belastung in Gramm, die eine Strichbreite von 0,01 mm erzeugt.

Die Brinellhärte dient bisweilen als Maß für die Bearbeitbarkeit eines Werkstoffes durch Schneidwerkzeuge. Eine solche ist noch möglich bis zu Brinellhärte 380. Zuverlässigere Werte ergeben aber Bohrproben auf

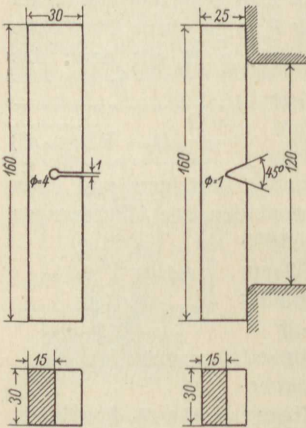


Abb. 37 u. 38.

Probestäbe für den Kerbschlagversuch.

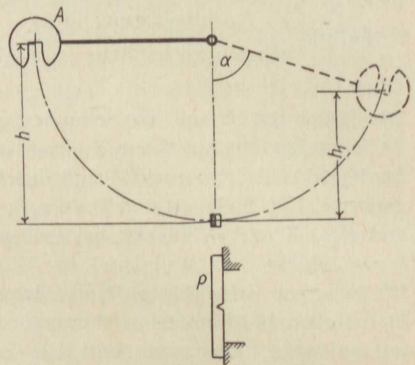


Abb. 39.

Charpyscher Pendelhammer.

der Keßnerschen Härtebohrmaschine. Bei dieser dient als Maß für die Bearbeitbarkeit die bei 100 Umdrehungen des Bohrers erzeugte Lochtiefe.

Der Kerbschlagversuch dient zur Bestimmung der Kerbzähigkeit. Ein Probestab, der in der Mitte mit einer Kerbe nach Abb. 37 oder 38 versehen ist, wird mit seinen Enden auf zwei Stützen gelegt und dann durch einen Schlag zerbrochen. Dabei wird die spezifische Schlagarbeit festgestellt, d. h. die zum Zerbrechen des Probestabes nötige Arbeit in Meterkilogramm bezogen auf 1 cm² des eingekerbten Querschnittes. Als Prüfmaschine dient der Charpysche Pendelhammer, Abb. 39. Dieser wird für 10, 75 und 250 mkg Schlagarbeit gebaut. Ein Pendelhammer A von G kg Gewicht durchfällt die Höhe h Meter, zerschlägt den Probestab P und steigt darauf noch ein Stück h₁ Meter. Die Größe von h₁ wird mit Hilfe des Winkels α nach einer Tabelle

bestimmt. Der Winkel α wird dabei mittels eines vom Pendelhammer mitgenommenen Schleppzeigers gemessen. Die zum Zerschlagen des Probestabes verbrauchte Schlagarbeit ist dann $G(h - h_1)$ mkg, die spezifische

Schlagarbeit oder Kerbzähigkeit $a_K = \frac{\text{verbrauchte Schlagarbeit}}{\text{Bruchquerschnitt}} = \frac{G(h - h_1)}{F}$. Die Größe der so gefundenen Werte ändert sich bei demselben

Material mit der Größe und Form des Querschnittes, der Gestalt der Kerben und der Größe des Schlagwerkes. Es dürfen deshalb nur Werte verglichen werden, bei deren Bestimmungen alle diese Faktoren gleich waren. Durch Kerbschlagversuche kann man die Widerstandsfähigkeit eines Werkstoffes gegen Stöße feststellen. Besonders geeignet sind sie aber zum Erkennen der durch falsche Warmbehandlung bei Formgebungsarbeiten verursachten Sprödigkeit, die sich durch Zerreißversuche nicht feststellen läßt.

Dauerversuche haben den Zweck, die Dauerfestigkeit oder Arbeitsfestigkeit eines Werkstoffes zu bestimmen, d. h. die Widerstandsfähigkeit gegenüber dauernd wiederholt wechselnde Beanspruchungen, wie sie bei vielen Maschinenteilen im Betriebe vorkommen, und diese infolge sog. Ermüdungserscheinungen zu Bruch bringen, ohne daß bei der Berechnung ihrer Abmessungen die Elastizitätsgrenze überschritten wurde. Man benutzt zu den Dauerversuchen Einrichtungen, bei denen ein Probestab durch dauernd ihre Richtung wechselnde Zug-, Druck- oder Biegungsspannungen beansprucht wird, oder man läßt dauernd schwache Schläge auf das Probestück ausüben und mißt dann durch ein Zählwerk, wieviel Spannungswechsel oder Schläge das Stück bis zum Bruch auszuhalten vermag.

Von den Versuchseinrichtungen seien hier genannt die Maschine für Dauerbiegeversuche von Schenck, Darmstadt, bei der ein runder Probestab unter Biegungsbelastung dauernd gedreht wird. Ferner die ebenfalls von Schenck konstruierte Maschine für Zug- und Bruchversuche, bei der ein Probestab von 4 mm Durchmesser und 50 mm Länge in der Minute 30000 mal abwechselnd auf Zug und Bruch beansprucht wird. Weiter die Drehschwingmaschine von Föppl; ein an seinem einen Ende fest eingespannter zylindrischer Stab trägt am andern Ende eine hin- und herpendelnde Schwungscheibe, die ihn dauernd verdreht. Beim Dauer Schlagwerk von Krupp fällt ein 4,14 kg schwerer Bär aus einer Höhe von 30 mm 80—100 mal in der Minute auf einen in der Mitte eingekerbten Probestab, der nach jedem Schläge um 180° gedreht wird.

Technologische Proben.

Bei diesen werden mit kleineren Probestücken dieselben oder ähnliche Arbeiten vorgenommen wie sie mit dem zu prüfenden Werkstoffe ausgeführt werden sollen. Die wichtigsten technologischen Proben sind folgende:

Biegeproben. Ein Probestab von 30—50 mm Breite muß sich von Hand oder auf einer Maschine um einen Dorn von vorgeschriebenem Durchmesser bis zu einem vorgeschriebenen Winkel biegen lassen, ohne daß in der äußersten Faserschicht ein Bruch auftritt. Beim Kaltversuch müssen die beiden umgebogenen Schenkel des Probestückes vollständig aufeinander zu liegen kommen. Man unterscheidet bei den Biegeproben Kaltproben zur Prüfung der Kaltbrüchigkeit, Blauwarmproben zur Prüfung des Verhaltens des Werkstoffes beim Schmieden in Blauhitze und Rotwarmproben zur Prüfung der Rotbrüchigkeit.

Schmiedeproben werden ebenfalls als Kalt- und Warmproben ausgeführt. Bei der Ausbreitprobe wird geprüft, wie weit sich ein Flachstab der Länge und Breite nach ausschmieden läßt bis Kantenrisse eintreten. Bei der Aufdornprobe wird ein Probestück in rotwarmem Zustande mit dem Durchschläger gelocht und dann wird das Loch durch Eintreiben von kegeligen Dornen so lange erweitert, bis Kantenrisse eintreten. Tiefziehproben werden mit Blechen vorgenommen, aus denen durch Ziehen und Pressen im kalten Zustande vertiefte Werkstücke wie Dosen, Näpfe, Kapseln und dgl. hergestellt werden sollen. Eine runde Blechscheibe wird auf eine Matrize gelegt und unter einem auf seinen Rand gedrückten Blechhalterring hindurch durch einen Stempel in die Matrize so tief eingetrieben, bis sich Risse zeigen.

Stauchproben werden besonders mit Nietmaterial vorgenommen. Ein Zylinder von der Länge $l = 2d$ wird in der Längsrichtung zusammengestaucht, bis Mantelrisse eintreten.

Bei der Hin- und Herbiegeprobe wird ein Probestab in eine schraubstockartige Vorrichtung eingespannt und das über die Einspannung senkrecht hinausragende Ende so lange hin- und hergebogen, bis es bricht.

Bei der Verwindungsprobe zählt man die Anzahl der Verwindungen, die ein einseitig eingespannter Draht von 150 mm Länge aushält, bis er bricht.

Bei der Schweißprobe schweißt man zwei Stücke zusammen und unterwirft die Schweißstelle einer Zerreißprobe oder einer Kaltbiegeprobe.

Metallographische Proben.

In neuerer Zeit benutzt man immer mehr die bei der Besprechung des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms erwähnten Gefügebilder zur Werkstoff-

Vergrößerung 100 fach.



Abb. 40.
Stahlguß mit 0,45% C. Gußzustand ; hell = Ferrit,
getönt = Perlit.

Vergrößerung 100 fach.

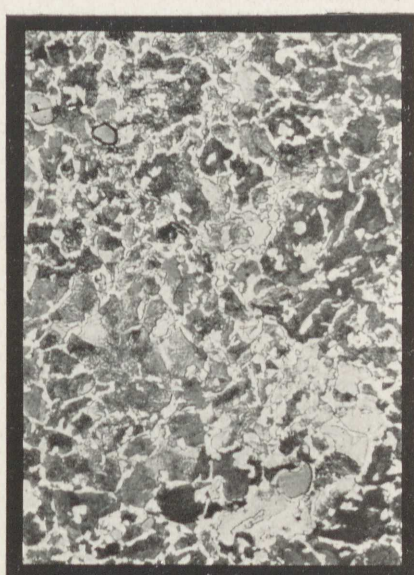


Abb. 41.
Derselbe Stahlguß wie nebenstehend nach Glühung
zwecks Kornverfeinerung.

Vergrößerung 100 fach.

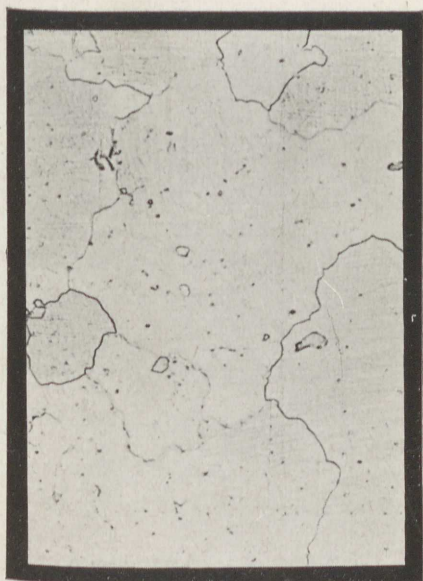


Abb. 42.
Weiches Flußeisen, stark überhitzt, grobes Korn.

Vergrößerung 100 fach.



Abb. 43.
Stahl mit 0,4% C. Typisches Überhitzungsgefüge.
Hell = Ferrit, in Nadelform, dunkel = Perlit.

Vergrößerung 100 fach.



Abb. 44.
Weiches Flußeisen, verbrannt. Es bilden sich
längs der Korngrenzen dunkle oxydische
Einschlüsse.

Vergrößerung 100 fach.

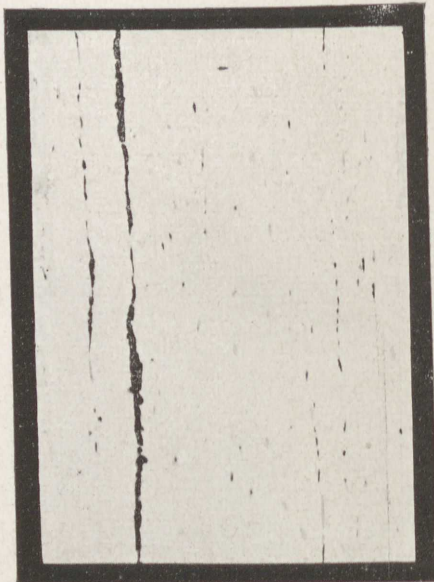


Abb. 46.
Stahl mit unverschweißtem Lunker. Schliff ist
nur poliert. Lunker in der Walzrichtung

Vergrößerung 100 fach.

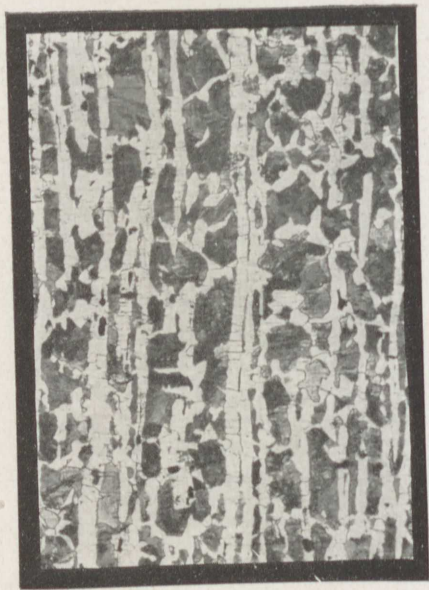


Abb. 45.
Stahl mit 0,3% C. Zeilenstruktur, in den hellen
Ferritteilen durch das Walzen gestreckte
Schlackeneinschlüsse.

Vergrößerung 100 fach.

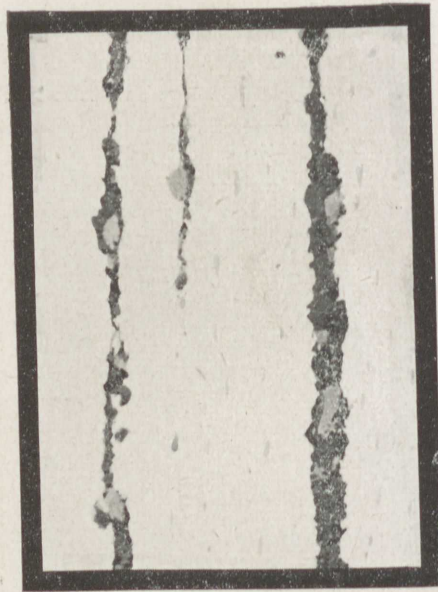


Abb. 47.
Schlackeneinschlüsse in Flacheisen. Schliff nur
poliert. Die Einschlüsse sind in der Walz-

Walzrichtung →

prüfung. Die stark vergrößerten Schlibfbilder lassen manche Materialfehler deutlich erkennen. Besonders gute Aufschlüsse geben sie über die Warmbehandlung des Eisens, über Lunker, Schlackeneinschlüsse und Seigerungen, wie an einigen charakteristischen Beispielen gezeigt werden soll.

Abb. 40 zeigt eine Stahlgußprobe im Gußzustande. Das grobe Korn macht den Stahl in diesem rohen Zustande noch unbrauchbar. Er ist spröde und brüchig. Abb. 41 zeigt dann, wie bei demselben Stahl durch Glühen das Korn bedeutend verfeinert ist. Abb. 42 zeigt, wie ein kohlenstoffarmes weiches Flußeisen durch Überhitzung verdorben ist. Das Korn ist viel zu grob geworden, die Festigkeit und Zähigkeit sind dadurch stark herabgesetzt (vgl. das feinere Korn bei Abb. 4). Durch vorsichtiges Glühen kann man die Fehler wieder beseitigen. Abb. 43 zeigt das Gefüge eines überhitzten Stahls (vgl. dagegen Abb. 41). Abb. 44 zeigt verbranntes Flußeisen. Das Korn ist wie beim Überhitzen vergrößert. An den Korngrenzen zeigen sich schwarze Einschlüsse von Eisenoxydul, die sich durch Glühbehandlung nicht beseitigen lassen und das Eisen spröde und unbrauchbar machen. Abb. 45 läßt unzulässige Schlackeneinschlüsse in gewalztem Stahl erkennen. Das Gefüge zeigt die durch das Strecken in der angegebenen Walzrichtung entstandene sog. Zeilenstruktur. Abb. 46 zeigt durch das Walzen lang ausgestreckte unverschweißte Lunker, während Abb. 47 Schlackeneinschlüsse erkennen läßt. Abb. 48 ist ein Beispiel für Seigerungserscheinungen. Bei einem in zylindrischer Form gegossenem Stahlblock erstarrt das mit der Formwand in Berührung kommende Material zuerst, während der Kern noch flüssig bleibt. Dadurch erfolgt eine Trennung der verschiedenen chemischen Bestandteile. An der Formwand kristallisiert das strengflüssige Eisen, während seine Nebenbestandteile später mit dem inneren Kern erstarren. Der Außenmantel besteht daher aus besserem Material als der durch Phosphor und Schwefel verunreinigte Kern. Dies ist bei der Formgebung von Werkstücken, die aus einem solchen Block erzeugt werden sollen, von Wichtigkeit. Beim Schmieden bleibt z. B. der hochwertige Mantel erhalten, während er beim Drehen aus dem Vollen in Späne verwandelt und beseitigt wird.

Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Schmelzbarkeit (Gießerei).

Mit Gießen bezeichnet man eine Formgebungsarbeit, bei der die Stoffe im flüssigen Zustande in Hohlräume, Formen, gegossen werden, darin erstarren und dadurch die Gestalt der Formen annehmen. Mit Eisengießerei bezeichnet man das Gießen von Werkstücken aus Gußeisen. Stahlgießerei nennt man Gießen von Werkstücken aus Stahl. Unter Metallgießerei versteht man das Gießen von Gegenständen aus Bronze, Rotguß, Weißmetall und andern Metallegierungen.

Eisengießerei.

Das Gußeisen.

Gußeisen wird in der Regel durch Umschmelzen von grauem Gießerei-roheisen erhalten. Nur selten gießt man unmittelbar aus dem Hochofen. Das unmittelbar aus dem Hochofen kommende Roheisen fällt zu ungleichmäßig aus. Es enthält meist so große Gasmengen gelöst, daß der Guß blasig wird. Für Gußerzeugnisse besonderer Art (Spezialguß, Hartguß, schmiedbarer Guß) schmilzt man weiße bzw. melierte Roheisensorten um. Aus wirtschaftlichen Gründen gibt man dem einzuschmelzenden Roheisen eine mehr oder weniger große Menge von Gußeisenschrot bei, für besondere Fälle auch geringe Mengen von Stahlabfällen. Vielfach in Form von brikettierten Spänen. Man verwertet auf diese Weise Ausschußgußstücke, Eingüsse, Trichter, verlorene Köpfe, zerbrochene oder unbrauchbar gewordene Maschinenteile u. dgl.

Nach DIN 1690 ist der Begriff Gußeisen folgendermaßen festgelegt: Gußeisen wird aus Roheisen allein oder mit Brucheisen, Stahlabfällen und anderen Schmelzzusätzen erschmolzen und in Formen gegossen, jedoch keiner Nachbehandlung zwecks Schmiedbarmachung unterworfen. Je nach der Menge des ausgeschiedenen Graphites ist zu unterscheiden:

- a) graues Gußeisen (Grauguß) mit reichlicher Graphitausscheidung,
- b) halbgraues Gußeisen mit geringer Graphitausscheidung,
- c) weißes Gußeisen ohne oder nur mit Spuren von Graphitausscheidung,

d) Schalengußeisen (Hartguß oder Schalenguß) mit weißer Außenzone und grauem Kern.

Die Güteklassen des Gußeisens sind durch DIN 1691 festgelegt. Für die erste Gruppe „Maschinenguß ohne besondere Gütevorschriften“ werden nur gute Bearbeitbarkeit und eine Zugfestigkeit von 12 kg/mm² verlangt. Die nächsten vier Gruppen „Maschinenguß mit besonderen Gütevorschriften“ verlangen Zugfestigkeiten von 14, 18, 22 und 26 kg/mm². Als Biegefestigkeit gelten vorläufig für die letzten vier Gruppen bei einem Biegestabe von 600 mm Länge die Werte 28, 34, 40 und 46 kg/mm². Als Durchbiegung 7, 10, 10 und 10 mm.

Die Zusammensetzung der im Handel vorkommenden Gießereiroheisensorten ist folgendermaßen genormt:

Roheisensorte	Kohlenstoff %	Silizium %	Mangan nicht über %	Phosphor nicht über %	Schwefel nicht über %
Hämatit	3—4	2—3	1,2	0,1	0,04
Gießereiroheisen (deutsch) I	3—4	2,25—3,0	1,0	0,7	0,04
Gießereiroheisen (deutsch) II	3—4	1,8—2,5	1,0	0,9	0,06
Gießereiroheisen (Luxemburger) III.	3—4	1,8—2,5	0,8	1,4—1,8	0,06

Die Beurteilung des Roheisens beim Einkauf erfolgte früher nach dem Bruchaussehen. Heute prüft man durch eine chemische Analyse. Der Gießereitechniker muß daher den Einfluß der Beimengungen des Roheisens auf seine Eigenschaften kennen und ausnutzen. Die wichtigsten Beimengungen sind Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel.

Die hohen Anforderungen, die der heutige Maschinenbau an manche Gußstücke, wie Motorenzylinder, Ventile, Turbinenteile u. a., stellt, verlangen ein besonders hochwertiges Gußeisen mit Eigenschaften, die man früher vom gewöhnlichen Maschinenguß nicht verlangte. Man fordert geringen Kohlenstoffgehalt, ein gleichmäßiges, feinkörniges und dichtes Gefüge, hohe Zug- und Biegezugfestigkeiten, Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen und leichte Bearbeitbarkeit. Diese Eigenschaften hängen nicht allein von der chemischen Zusammensetzung des Gußeisens ab, sondern auch vom Verlaufe des Er-

starrungsprozesses des Eisens; es genügt also die chemische Analyse zur Beurteilung nicht. Es muß neben sie die Untersuchung der Kristallisationsvorgänge beim Erstarren hinzukommen. Diese Untersuchung erfolgt mit Hilfe der Metallographie.

Von den Beimengungen des Roheisens spielt der Kohlenstoff die wichtigste Rolle. Das Gießereirohisen enthält meist 3—4% Kohlenstoff. Im geschmolzenen Eisen ist dieser als Eisenkarbid oder Zementit Fe_3C gelöst. Für die Vorgänge beim Erstarren gilt das früher beim Eisen-Kohlenstoffdiagramm Gesagte (Abb. 3, Seite 9). Sinkt die Temperatur unter die Liquiduslinie AC , so scheiden sich im Felde II γ -Mischkristalle aus, die schließlich mit 1,7% C gesättigt sind. Unterhalb der Linie EC ist das Eisen erstarrt. Die erstarrte Masse besteht aus γ -Mischkristallen und Ledeburit. Es bildet sich weißes Gußeisen (Abb. 6). Dies ist aber nur der Fall, wenn die Erstarrung plötzlich vor sich geht, beim Guß in Kokillen (Hartguß) oder wenn besondere Beimengungen (Mangan) das Bilden von weißem Gußeisen begünstigen. Das weiße Eisen ist hart und spröde und läßt sich durch Schneidwerkzeuge schlecht bearbeiten. Bei langsamer Abkühlung und bei einem Siliziumgehalt bis 2,75% zerfällt der Zementit in Graphit und Ferrit. Der Kohlenstoff scheidet sich als Graphit aus in Form von kristallinen schwarzglänzenden Blättchen, die dem frischen Bruche eine graue Farbe geben. Es bildet sich dann graues Gußeisen (Abb. 49). Die Graphitblättchen unterbrechen den metallischen Zusammenhang des Eisens und machen das Eisen weich und leicht bearbeitbar. Die schwarzen Graphitadern sind von hellem Zementit umgeben. Außerdem bildet sich noch Perlit (dieser erscheint in der Abb. 49 der geringen Vergrößerung wegen nicht lamellenartig) und meist noch Phosphideutektikum. Das letztere entsteht durch Aufnahme des Phosphors von den ledeburitischen Bestandteilen. Solches Eisen nennt man wohl ferritisches Gußeisen. Es ist um so weicher, je größer sein Gehalt an Graphit und Ferrit ist. Durch Verwendung von bestimmten Legierungen, die arm an Kohlenstoff, Silizium und Phosphor sind, und bei langsamen Abkühlen in stark vorgewärmten Formen kann man es erreichen, daß sich kein Ferrit ausscheidet, sondern nur Graphit, Perlit und Phosphideutektikum (Abb. 50). Solches Eisen nennt man perlitisches Gußeisen oder Perlitguß. Perlitguß zeichnet sich aus durch: große Biege- und Zugfestigkeit (Biegefestigkeit bis 55 kg/mm^2 bei 18 mm Durchbiegung, Zugfestigkeit bis 30 kg/mm^2), großen Widerstand gegen Stoß, Schlag und Reibung, geringe Neigung zum Lunkern, dichtes Gefüge, gute Bearbeitbarkeit und Widerstand gegen hohe Temperaturen. Er wird deshalb verwandt für Gußstücke von verwickelter Form, für Maschinenteile, die stark auf Stoß beansprucht werden, starker Reibung und hohen Temperaturen ausgesetzt sind.

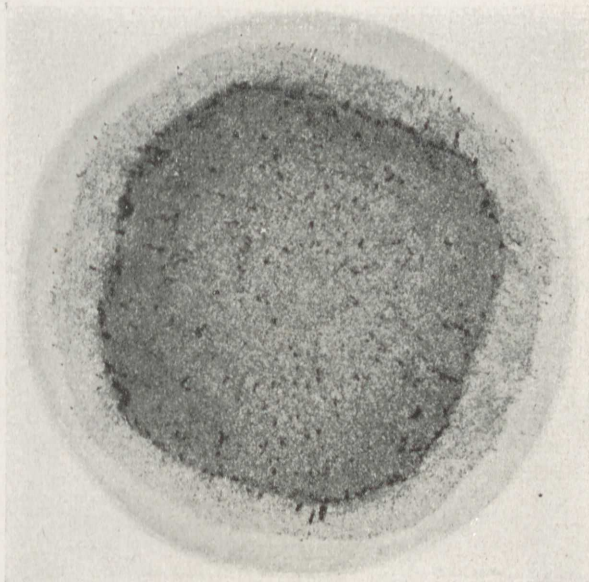


Abb. 48. Baumanns Selbstdruck zeigt die ungleichmäßige Verteilung von Schwefel und Phosphor (Seigerung) an. Am Rande reines, in der Mitte durch Schwefel und Phosphor stark verunreinigtes Eisen.



Abb. 49. Vergrößerung 250fach. Weicher Maschinenfluß mit 3,35% C, 2,10% Si, 0,67% Mn. Schwarze Graphitadern, umgeben von hellem Ferrit. Dunkle Flächen = Perlit, in diesem Phosphiteutektikum.





Die guten Eigenschaften des Perlitgusses werden beeinflußt durch die Korngröße der Graphiteinschlüsse. Je feinkörniger der Graphit ist, um so hochwertiger ist das Eisen. Die neueren Bestrebungen, hochwertigen Guß zu erzeugen, gehen deshalb hauptsächlich darauf hinaus, perlitisches Gefüge mit möglichst fein verteilten Graphiteinlagerungen zu erzielen. Die auf diesem eifrig bearbeitetem Gebiete erreichten Fortschritte sind heute schon so groß, daß viele Maschinenteile, die man früher nur aus Stahlguß glaubte herstellen zu dürfen, jetzt aus hochwertigem Gußeisen gemacht werden.

Silizium fördert bei langsamer Abkühlung das Ausscheiden des Kohlenstoffs als Graphit und damit die Bildung von weichem grauen Gußeisen. Die Wirkung erstreckt sich jedoch nur bis zu einem Siliziumgehalt von 2,75%. Bei höherem Prozentsatz wird das Eisen immer härter, bis es schließlich weißes Eisen wird. Mangan wirkt der Graphitausscheidung entgegen. Es begünstigt also das Bilden von hartem weißen Gußeisen. Es erhöht die Festigkeit des Eisens und vermindert seinen Schwefelgehalt.

Schwefel vermindert die Graphitbildung, macht das Eisen dickflüssig, hart und spröde. Er ist deshalb dem Eisen möglichst fernzuhalten.

Phosphor fördert die Graphitbildung und macht das Eisen dünnflüssig, vermindert aber seine Festigkeit und macht es spröde. Ein mäßiger Phosphorgehalt ist sehr empfehlenswert für dünnwandige Gußstücke, z. B. Töpfe, und für Kunstgußstücke, bei denen es mehr auf die Feinheit der Abgüsse als auf die Festigkeit ankommt.

Die chemische Zusammensetzung der Gußstücke richtet sich nach ihrem Verwendungszwecke. In der folgenden Zusammenstellung sind einige Durchschnittswerte angegeben:

	Kohlenstoff o/o	Silizium o/o	Mangan o/o	Phosphor o/o	Schwefel o/o
Geschirr- und Ofenguß	3,4—3,8	2,2—3	0,4—0,7	1 u. mehr	unter 0,1
Röhrenguß	3,2—3,6	1,5—2,5	0,6—1	1 u. mehr	unter 0,12
Maschinenguß	3—3,6	1—1,4	0,6—6,9	0,7—0,9	unter 0,12
Hartguß	3,5—3,8	0,5—0,9	0,3—0,5	0,2—0,5	0,08—0,10
Säurebeständiger Guß	3,2	1,7	0,8	0,15	0,03—0,04

Hiernach ist das einzuschmelzende Roheisen auszuwählen. Häufig müssen mehrere Roheisensorten gemischt oder gattiert werden. Es ist jedoch hierbei zu berücksichtigen, daß während des Schmelzens die chemische Zusammensetzung der Metalle durch die Einwirkung der Brennstoffe, der zur Verbrennung nötigen Luft, des Ofenmaterials sowie

der Zusätze vielfach geändert wird. Durch das Schmelzen und Gießen wird also neben der Formänderung auch meistens eine Stoffänderung herbeigeführt. Die verlangte Beschaffenheit des Endproduktes und die während des Schmelzens eintretende Stoffänderung bedingen demnach die Zusammensetzung des Ausgangsproduktes. Dieses muß die einzelnen Bestandteile des Endproduktes in solchen Mengen enthalten, daß durch ihre Verminderung bzw. Vermehrung während des Schmelzens die verlangte chemische Zusammensetzung des Endproduktes erreicht wird.

Beim Schmelzen im Kupolofen vermindert sich der Siliziumgehalt durch Verbrennen um 8—10% der ursprünglich vorhandenen Menge, der Mangangehalt um 15—25%, während der Schwefelgehalt durch Aufnahme von Schwefel aus dem Brennstoff um 35—50% seiner ursprünglichen Höhe vermehrt wird. Auch der Kohlenstoffgehalt erfährt eine Erhöhung durch Kohlenstoffaufnahme aus dem Koks.

Um den Silizium-, Mangan- und Phosphorgehalt des Gußeisens auf die verlangte Höhe zu bringen, setzt man ihm im Kupolofen in neuerer Zeit die sogenannte E. K.-Pakete oder Formlinge der Maschinenfabrik Eßlingen zu.

Die Erhöhung des Siliziumgehaltes ist namentlich beim Einschmelzen von Schrott und Spänebriketts nötig, damit die Gußstücke nicht zu hart werden. Die zugesetzten Si-Formlinge bestehen aus zerkleinertem Ferrosilizium mit einem zementartigen Bindemittel. Letzteres löst sich in der Schmelzzone des Ofens auf und geht in die Schlacke über, während das Silizium selbst von dem geschmolzenen Eisen aufgenommen wird.

Manganformlinge mit 0,5 kg Mangan und 0,5 kg Silizium setzt man zu, um einen dichten und festen Guß zu erhalten und den Übergang von Schwefel in das Eisen zu verhindern.

Phosphorformlinge mit 1 oder 0,5 kg Phosphor machen das Eisen dünnflüssig.

Um den Schwefelgehalt des Gußeisens auf ein zulässiges Maß herabzusetzen, gibt man dem geschmolzenen Eisen im Vorherde des Ofens oder in der Gußpfanne entsprechende Zusätze, z. B. die Wagnerschen Entschwefelungspakete aus alkalischen Stoffen oder Fermasitbriketts aus Ferromangan, Ferrosilizium und Graugußspänen.

Die Bestimmungen der für die verlangten Gußeisensorten günstigsten Gattierungen gehören zu den wichtigsten Aufgaben des Gießereitechnikers. Die rein mathematische Lösung dieser Aufgaben auf Grund der Analysen der zur Verfügung stehenden Roheisensorten führt zu schwierigen Gleichungen mit vielen Unbekannten. Ihr Ergebnis ist zudem nicht immer praktisch zu verwerten. Es müssen wirtschaftliche und gießereitechnische Gesichtspunkte berücksichtigt werden, wie die Roheisen- und Schrottpreise, die Größen der in einem Betriebe abfallenden Schrott-

und Spanmengen, die wieder verwertet werden sollen, die von den Gußstücken verlangte Festigkeit und Bearbeitungsfähigkeit usw. Man muß deshalb bei Gattierungsrechnungen auf Grund praktischer Erfahrungen immer einige Annahmen machen und die errechneten Werte auf ihre praktische Brauchbarkeit prüfen. Im folgenden sollen einige Gattierungsbeispiele durchgerechnet werden.

1. Es wird ein Gußeisen verlangt mit etwa 3,5% Kohlenstoff, 1,4% Silizium, 0,6% Mangan und 0,9% Phosphor. Zur Verfügung stehen folgende Rohstoffe:

	C	Si	Mn	P	S
	%	%	%	%	%
Gießereirohisen III . . .	3,6	2,0	0,7	0,85	0,06
Gußbruch	3,8	1,4	0,6	0,9	0,10
Topfbruch	3,6	2,0	0,6	1,6	0,10
Stahlabfälle	0,1	—	0,5	0,08	0,06

Der Abbrand betrage beim Silizium 10%, beim Mangan 15%; die Zunahme an Schwefel 50%. Demnach müßte die Gattierung vor dem Einschmelzen enthalten:

$$\frac{1,4}{0,9} = 1,55\% \text{ Silizium}$$

$$\text{und } \frac{0,6}{0,85} = 0,7\% \text{ Mangan.}$$

Nimmt man nun an, je 100 kg der Gattierung sollten enthalten 5 kg Stahlabfälle, x kg Gießereirohisen III, y kg Gußbruch und z kg Topfbruch, so ergeben sich folgende drei Gleichungen mit drei Unbekannten:

$$1) \quad x + y + z + 5 = 100$$

Unter Berücksichtigung des Siliziumgehaltes:

$$2) \quad x \cdot 2 + y \cdot 1,4 + z \cdot 2 = 100 \cdot 1,55$$

Unter Berücksichtigung des Phosphorgehaltes:

$$3) \quad x \cdot 0,85 + y \cdot 0,9 + z \cdot 1,6 + 5 \cdot 0,08 = 100 \cdot 0,9$$

Weitere Gleichungen sind nicht nötig, denn erfahrungsgemäß ist die Berücksichtigung des Gehalts an Kohlenstoff, Mangan und Schwefel in diesem Falle nicht erforderlich, wie die unten folgende rechnerische Nachprüfung bestätigt.

Die Lösung der Gleichungen ergibt angenähert:

$$x = 27$$

$$y = 60$$

$$z = 8$$

Man muß also je 100 kg Gattierung zusammensetzen aus 5 kg Stahlabfällen, 27 kg Gießereiroheisen III, 60 kg Gußbruch und 8 kg Topfbruch.

Rechnerische Nachprüfung:

	C	Si	Mn	P	S
	kg	kg	kg	kg	kg
27 kg Gießereiroheisen III enthalten	0,97	0,54	0,19	0,23	0,016
60 kg Gußbruch	2,28	0,84	0,36	0,54	0,06
8 kg Topfbruch	0,26	0,10	0,05	0,05	0,008
5 kg Stahlabfälle	0,005	—	0,02	—	—
100 kg Gattierung enthalten	3,515	1,54	0,62	0,80	0,084
Zugang (+) bzw. Abbrand (—)	—	— 0,15	— 0,09	—	+ 0,042
~ 100 kg Gußeisen enthalten dann	3,51	1,39	0,53	0,80	0,126

Das Gußeisen hat also mit genügender Genauigkeit die vorgeschriebene Zusammensetzung. Korrekturen sind noch durch Zusätze der oben erwähnten E.K.-Pakete bzw. Entschwefelungsmittel möglich.

2. Verlangt wird ein Maschinengußeisen mit ungefähr 3,2% Kohlenstoff, 1,75% Silizium, 0,6% Mangan, 0,6% Phosphor und unter 0,1% Schwefel. Zur Verfügung stehen folgende Eisensorten:

	C	Si	Mn	P	S
	%	%	%	%	%
Hämatit	3,8	3,0	1,0	0,08	0,02
Buderus III	3,6	2,0	0,7	0,6	0,03
Luxemburger III	3,5	2,0	0,7	1,6	0,04
Maschinenbruch	3,4	1,35	0,7	0,8	0,11
Eigener Bruch	3,5	2,2	0,7	0,5	0,12
Stahlabfälle	0,1	—	0,4	0,1	0,05

Der Abbrand betrage beim Silizium 10%, beim Mangan 15%; die Zunahme beim Schwefel 50%. Demnach müßte die Gattierung vor dem Einschmelzen enthalten:

$$\frac{1,75}{0,9} = 1,95\% \text{ Silizium}$$

$$\text{und } \frac{0,6}{0,85} = 0,7\% \text{ Mangan.}$$

Nimmt man nun an, je 100 kg Gattierung sollen enthalten: 10% Hämatit, 10% Stahlabfälle und 30% eigenen Bruch, so müßte der Rest aus den andern Eisensorten bestehen, es müßte also sein:

Buderus III + Luxemburger III + Maschinenbruch = 50 kg

	C kg	Si kg	Mn kg	P kg	S kg
10 kg Hämatit enthalten	0,38	0,3	0,1	0,008	0,002
30 kg eigener Bruch „	1,08	0,6	0,21	0,18	0,009
10 kg Stahlabfälle „	0,01	—	0,04	0,01	0,005
50 kg enthalten	1,47	0,9	0,35	0,198	0,016

Der Rest muß also aufbringen $3,2 - 1,47 = 1,73$ kg Kohlenstoff, $1,95 - 0,9 = 1,05$ kg Silizium, $0,7 - 0,35 = 0,35$ kg Mangan und $0,6 - 0,198$ kg Phosphor.

Stellt man nun unter Berücksichtigung des Siliziumgehaltes eine Gleichung auf, so können dabei Buderus III und Luxemburger III, die denselben Si-Gehalt haben, zusammengefaßt werden. Es sei deshalb Buderus + Luxemburger = x , dann ist Maschinenbruch = $50 - x$ und es ergibt sich folgende Gleichung:

$$10 \cdot 3,0 + 30 \cdot 2,2 + 10 \cdot 0,1 + x \cdot 2,0 + (50 - x) 1,85 = 100 \cdot 1,95$$

daraus $x = 30$ kg Buderus + Luxemburger
und $50 - 30 = 20$ kg Maschinenbruch.

Um Buderus und Luxemburger einzeln zu berechnen, stellt man eine Gleichung unter Berücksichtigung des Phosphorgehaltes auf und setzt die Gewichtsmenge Buderus = y , dann wird Luxemburger = $30 - y$ und die Gleichung lautet:

$$10 \cdot 0,03 + 30 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,8 + y \cdot 0,6 + (30 - y) \cdot 1,6 = 100 \cdot 0,6,$$

daraus $y = 20,8 \sim 21$ kg Buderus III.
und $30 - 21 = 9$ kg Luxemburger III.

Rechnerische Nachprüfung:

	C kg	Si kg	Mn kg	P kg	S kg
Hämatit } Eigener Bruch } 50 kg enthalten . .	1,47	0,9	0,35	0,198	0,016
Stahlabfälle } Maschinenbruch 20 kg „ . .	0,68	0,37	0,14	0,16	0,022
Buderus III 21 kg „ . .	0,75	0,42	0,15	0,17	0,006
Luxemburger III 9 kg „ . .	0,31	0,18	0,06	0,144	0,004
100 kg Gattierung .	3,21	1,87	0,70	0,672	0,048
Zugang bzw. Abstand	—	— 0,19	— 0,08	—	+ 0,024
~ 100 kg Gußeisen enthalten . . .	3,21	1,62	0,62	0,67	0,072

Gußeisen schmilzt bei 1150—1250°. Im Augenblicke des Erstarrens dehnt es sich aus, preßt sich an die Formwandungen und liefert deshalb scharfe Abgüsse. Beim Abkühlen zieht es sich dann zusammen; man nennt dieses Schwinden. Das Maß des Schwindens steigt mit dem Gehalt an gebundenem Kohlenstoff, Schwefel und Mangan und fällt mit dem Siliziumgehalt; es beträgt in geradliniger Richtung 0,7—1,35%, im Mittel 1%. Die Abmessungen der Gußformen und der zu ihrer Herstellung benutzten Modelle müssen daher um das Schwindmaß größer sein als die der fertigen Gußstücke. Infolge des Schwindens können in den Gußstücken Spannungen und Risse auftreten, indem die dünneren Teile eher erstarren als die dickeren und diese dann am Schwinden hindern. Auch Schwindungshohlräume und Saugstellen können sich bilden, besonders an den Übergangsstellen von dünneren zu dickeren Querschnitten. Um dies zu verhindern, muß man so gießen, daß die dünnsten Teile mit dem zuletzt einfließenden heißesten Material gefüllt werden. Wo das nicht möglich ist, sorgt man für gleichmäßige Abkühlung durch Einlegen von Kokillen oder Schreckplatten an den gefährdeten Stellen. Schreckplatten sind mit einem dünnen Brei aus gekochtem Leinöl, Teer und feinem Sande bestrichene Platten, die

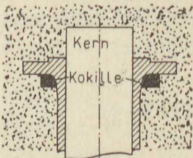


Abb. 51.
Form mit eingelegeten
Kokillen.

die Wärme schneller fortleiten als das Formmaterial. Abb. 51 zeigt eine Form mit eingelegten Kokillen in Form eines geteilten Ringes, und zwar befinden sich diese an den Übergangsstellen des dicken Flansches zu den dünneren Wandungen, weil hier aus den oben angegebenen Gründen sich leicht Saugstellen bilden können. Beim Entwerfen von Maschinenteilen, die gegossen werden sollen, ist auf die mit dem Schwinden verbundenen Erscheinungen gebührend Rücksicht zu nehmen. Große

Unterschiede in den Querschnittsabmessungen sind zu vermeiden oder durch allmähliche Übergänge auszugleichen. Ist dies nicht möglich, so sorgt man für gleichmäßige Abkühlung dadurch, daß man die dickeren Teile eines erstarrenden Gußstückes freilegt, während man die dünneren mit Formsand bedeckt hält. Außer den Schwindungshohlräumen, die an ihren rauhen kristallinischen Wandungen kenntlich sind, bilden sich in den Gußstücken oft Gas-hohlräume mit glatten Wandungen, die mit Luft oder wasserstoff-, stickstoff- und kohlen säurehaltigen Gasen ausgefüllt sind. Diese Gase sind teils noch im flüssigen Eisen zurückgeblieben, teils haben sie sich beim Gießen neu gebildet. Da die Gußstücke möglichst frei von Gasblasen sein sollen, so muß man für eine gute Ent-

lüftung der Formen und für genügend gasdurchlässige Formstoffe sorgen.

Ein besonders in Stahlgießereien angewandtes Mittel zur Vermeidung von Hohlräumen in Gußstücken ist die Anwendung eines sogenannten verlorenen Kopfes. Man versteht darunter Aufsätze auf das eigentliche Gußstück von solchen Abmessungen, daß das Metall in ihnen länger flüssig bleibt als im eigentlichen Gußstücke. Der verlorene Kopf nimmt dann Gase und Verunreinigungen des Metalles auf. Aus ihm kann auch flüssiges Metall in die Schwindungshohlräume nachfließen. Dies erleichtert man durch sogenanntes Pumpen. Man bewegt einen Eisenstab in dem flüssigen verlorenen Kopfe auf und ab. Die verlorenen Köpfe werden später von dem Gußstücke durch Sägen oder autogenes Schneiden abgetrennt. Abb. 52 zeigt ein Gußstück mit verlorenem Kopf, der nach der gestrichelten Linie abgetrennt wird. Bei wiederholtem Erhitzen bis zur Rotglut erfährt das Gußeisen eine Quellung oder Wachsen genannte bleibende Ausdehnung von 3—4%. Dies muß beim Gießen von Roststäben, Rosten, Glühtöpfen, Muffeln und andern wiederholt stark erwärmten Teilen berücksichtigt werden.

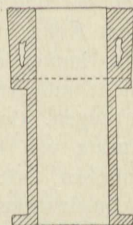


Abb. 52.
Gußstück mit verlorenem Kopf.

Schmelzöfen.

In Eisengießereien werden Kupolöfen oder Kuppelöfen und Flammöfen benutzt. Der Kuppelofen wird neuerdings treffend mit Gießereischachtofen bezeichnet.

Der Kuppelofen ist vorzüglich geeignet für gewöhnlichen kohlenstoffreichen Grauguß, der einen gewissen Schwefelgehalt haben darf. Er ist verhältnismäßig schnell betriebsfähig, einfach zu bedienen und schmilzt in kurzer Zeit große Mengen Roheisen mit geringem Abbrandverlust bei einem Brennstoffaufwande von höchstens 10 kg Koks für 100 kg Gußeisen. Er ist deshalb der in Eisengießereien verbreitetste Schmelzofen.

Der Flammofen ist schwieriger zu bedienen, schmilzt langsamer und mit größerem Abbrandverlust als der Kuppelofen bei einem Brennstoffverbrauch von etwa 30 kg Steinkohle für 100 kg Eisen; doch beträgt der Steinkohlenpreis nur etwa $\frac{2}{3}$ des Kokspreises. Der Flammofen benötigt dagegen nicht der beim Kuppelofen erforderlichen Gebläse und Aufzüge. Er kann ferner große Schrottstücke unter Ersparung der Zerkleinerungskosten einschmelzen und

ermöglicht das Ansammeln einer bedeutend größeren Metallmenge als der Kuppelofen. Besonders günstig ist der Flammofen für die Erzeugung von sogenanntem Qualitäts- oder Spezialguß, bei dem man Gußeisen von einer solchen Zusammensetzung haben will, wie sie der Kuppelofen nicht liefern kann. Beim Kuppelofen steht das zu schmelzende Metall in unmittelbarer Berührung mit dem Brennstoff, dem Koks, und nimmt aus ihm Kohlenstoff und Schwefel auf, hat also immer einen hohen Gehalt dieser Stoffe, es ist im allgemeinen nicht möglich, im Kuppelofen Eisen unter 3% Kohlenstoffgehalt zu erzeugen. Geringerer Kohlenstoffgehalt läßt sich nur erreichen durch Zusatz von kohlenstoffarmem Roheisen, kalt erblasenem Holzkohlenroheisen oder von Schmiedeeisenschrott. Dadurch wird aber die Schmelzbarkeit erschwert und der Betrieb durch hohen Koksverbrauch verteuert. Beim Flammofen ist das Schmelzgut nur so lange den Verbrennungsgasen und der mitgerissenen Flugasche ausgesetzt, bis es sich mit einer schützenden Schlackenschicht bedeckt hat. Es findet deshalb nur eine Oxydation von Nebenbestandteilen des Eisens statt, die man durch richtige Gattierung ausgleichen kann, aber keine Neuaufnahme von Stoffen. Ferner kann man die Zusammensetzung des Eisens durch Entnahme von Schöpfproben aus dem Flammofen kontrollieren und durch Zuschläge regeln. Man verwendet also den Flammofen bei Sondergüssen, deren Zusammensetzung man im Kuppelofen nicht erreichen kann, beim Gießen besonders großer Gußstücke und beim Wiedereinschmelzen großer Schrottstücke.

Kuppelöfen.

Abb. 53 zeigt einen gewöhnlichen Gießereikuppelofen. Der 3—9 m hohe zylindrische Schacht besteht aus einem innen mit feuerfestem Material ausgemauerten, 6—12 mm starken Eisenblechmantel. Er wird von vier Säulen *a* getragen. Der innere Schachtdurchmesser beträgt 300—2000 mm und richtet sich nach der Größe der stündlichen Schmelzmenge. Man rechnet durchschnittlich stündlich 7 t Eisen auf 1 m² lichten Ofenquerschnitt. Die Ausmauerung erfolgt mit besonderen Kuppelofensteinen in einer Stärke von 180—300 mm, je nach der Schachtweite. Das Mauerwerk wird mit einem aus Kaolin- oder Klebsand bereitetem Mörtel verputzt. Zum Schutze gegen Zerstörung durch die eingeworfene Beschickung werden die obersten Reihen oft mit eisernen Klötzen ausgemauert (Abb. 54). Da Blechmantel und Mauerwerk sich bei Erwärmung ungleich ausdehnen, so schaltet man zwischen sie eine Asche- oder Sandschicht von 25 bis 50 mm Stärke ein. In neuerer Zeit ersetzt man die Ofen-

ausmauerung auch durch eine aufgestampfte Masse aus feuerfestem Ton, Schamotte und Sand. Aufgestampfte Futter sind billiger als gemauerte, aber nicht so haltbar. An den Schacht schließt sich ein Abzugsschacht für die Verbrennungsgase. Dieser ist gewöhnlich nur 120 mm stark ausgemauert. Um Funkenauswurf zu vermeiden, setzt man auf den Kuppelofen eine Funkenkammer, deren rechteckiger Querschnitt das 4- bis 5fache des lichten Schachtquerschnittes beträgt und dessen Höhe 2- bis 3mal so groß ist wie der Schachtdurchmesser. In der Funkenkammer müssen die Ver-

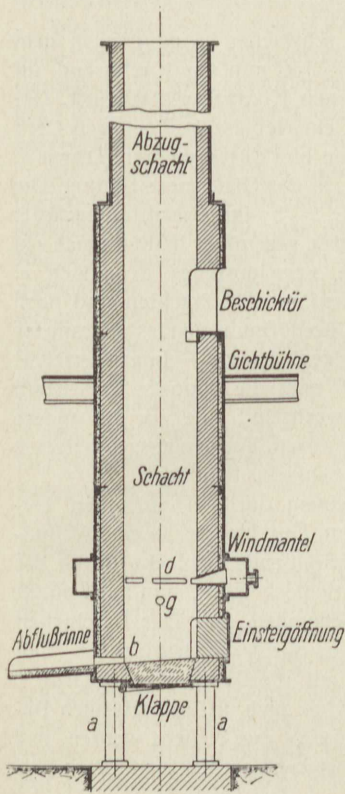


Abb. 53.

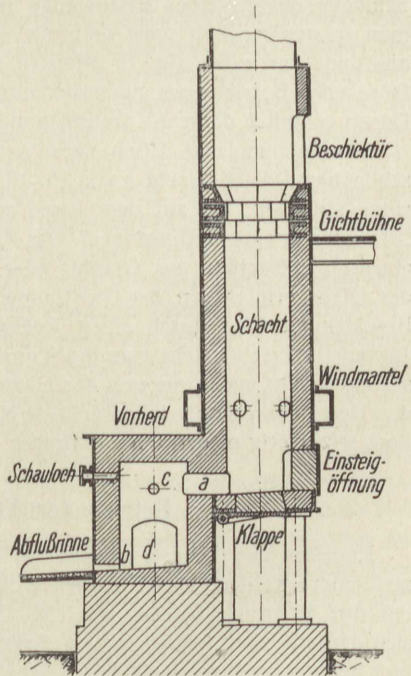


Abb. 54.

Kuppelöfen.

brennungsgase unter einer eingebauten Querwand hindurch zum Abzugsschacht ziehen. Durch diesen Richtungswechsel werden mit-

gerissene glühende Asche- und Schlackenteilchen aus dem Gasstrom ausgeschieden und fallen durch einen Trichter im Boden der Funkenkammer in ein mit Wasser gefülltes Gefäß.

Der Boden des Kuppelofens ist mit schwacher Neigung nach dem Abstichloche *b* hin in einer Höhe von 75—150 mm aus Kaolinsand auf einer sich nach unten öffnenden gußeisernen Klappe aufgestampft. Der zum Schmelzen nötige Wind wird durch ein Gebläse in einen den Ofen umgebenden eisernen Windmantel und von hier durch mehrere Düsen *d*, die sich nach innen fächerartig erweitern, in das Ofeninnere geführt. Die Düsenzahl beträgt je nach der Ofengröße 2—8; ihr Gesamtquerschnitt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{7}$ des Ofenquerschnittes. Jeder Düse gegenüber befindet sich ein durch eine Glas- oder Glimmerscheibe verschlossenes Schauloch *e*. Durch das Schauloch kann man das Ofeninnere beobachten und nach Öffnen der Glas- oder Glimmerscheibe die Düsenöffnung von festgebrannter Schlacke mittels einer Eisenstange reinigen. Dieses Reinigen erreicht man in neuerer Zeit auch dadurch, daß man die doppelte Düsenzahl anordnet und etwa alle 15 Minuten abwechselnd eine um die andere Düse außer Betrieb setzt, am besten automatisch. Vor den ausgeschalteten Düsen schmilzt dann die festgebrannte Schlacke bald fort.

Das geschmolzene Eisen kann aus einem durch Tonpfropfen verschließbaren Abstichloche *b* von 15—30 mm Durchmesser in eine Abflußrinne abfließen, die auf dem Eisen schwimmende Schlacke durch die Öffnung *g* in eine Abflußrinne *h*. Das Abstichloch bildet man auch durch eingesetzte Büchsen aus Graphit oder Schamotte aus. Das Beschicken des Ofens erfolgt von der Gichtbühne aus durch die Beschicktür. Die Beschickung wird durch einen Aufzug auf die Gichtbühne gefördert. In neuerer Zeit versieht man die Kuppelöfen auch mit selbsttätigen Beschickvorrichtungen, die von der Gießereisohle aus bedient werden, mit den Beschickungsmaterialien gefüllte Kübel zur Beschicktür fördern und dort selbsttätig in den Ofen entleeren.

Betrieb der Kuppelöfen.

Roheisen und Schrott müssen vor dem Einbringen in den Ofen erst zerkleinert werden. Das Roheisen wird in Form von Masseln geliefert, das sind Knüppel, die etwa alle 150—200 mm Einkerbungen haben und sich deshalb leicht in Stücke von diesen Längen zerbrechen lassen. Vielfach benutzt man hierzu elektrisch oder hydraulisch angetriebene Masselbrecher. Ihr Kraftbedarf ist 8—10 PS; ihre Leistung 6—10 t in der Stunde. Zum Zerschlagen großer Schrottstücke benutzt man Fallwerke, 10—12 m hohe pyramidenförmige Holzgerüste, in denen ein schwerer Fallbär durch eine Winde hochgezogen und auf das Schrottstück fallen

gelassen wird. Der untere Teil des Fallwerks ist mit einer starken Bretterplanke oder kräftigen Rundhölzern eingefriedigt, um Unglücksfälle durch herumfliegende Eisenstücke zu verhüten.

Vor jeder neuen Schmelzung müssen die Bodenklappe neu aufgestampft und Beschädigungen des Ofens mit Kaolinmörtel ausgeflickt werden. Dann wird der Ofen bis etwa zwei Drittel seiner Höhe mit Füllkoks gefüllt und angeheizt, und zwar sind für je 100 kg stündlich zu schmelzender Eisenmenge 5—10 kg Füllkoks erforderlich.

Der Gießereikoks muß aus großen, festen Stücken bestehen. Am besten eignet sich Ruhrkoks und niederschlesischer, während der ober-schlesische kaum brauchbar ist. Sein Schwefelgehalt soll möglichst gering sein, da der Schwefel zum Teil in das Eisen übergeht. Ebenso soll der Aschegehalt des Kokes möglichst klein sein, da die Asche mitgeschmolzen werden muß, dem Ofen unnötig Wärme entzieht und zu ihrer Überführung in die flüssige Schlacke einen Zusatz von Kalkstein nötig macht. Außerdem enthält der Koks noch 2—12% Feuchtigkeit. Der geeignetste Gießereikoks ist dicht und grobstückig. Er gibt beim Anschlagen einen metallischen Klang. Beim Verladen zeigt er keinen nennenswerten Verlust durch Abrieb. Der Koks muß vollkommen „gar“, d. h. kohlefrei sein. Ungarer Koks ist tiefschwarz und weich. Man unterscheidet zwei Klassen Gießereikoks: 1. mit 8% Asche und 1% Schwefel und 2. mit 9% Asche und 1,25% Schwefel. Der Heizwert beträgt 6800—7000 W.E. Der Füllkoks muß den Ofen bis etwa 500—600 mm über Düsenoberkante anfüllen. Ist er gut durchgebrannt, so beginnt man mit dem Setzen, es werden abwechselnd Eisen- und Koksgichten durch die Beschicktür eingebracht. Die Größe jeder Eisengicht beträgt etwa ein Zehntel der stündlich zu schmelzenden Eisenmenge. Zum Schmelzen von 100 kg Eisen gebraucht man etwa 7—10 kg Koks. Dem Koks setzt man, auch schon beim Anheizen, 25—50% Kalkstein oder neuerdings 12—18% Flußspat zu, damit sich eine dünnflüssige Schlacke bilden kann, die den im Koks enthaltenen Schwefel bindet und ihn hindert, in das Eisen überzugehen. Alle Bestandteile des Einsatzes müssen genau abgewogen und gleichmäßig gemischt werden. Auf der Gichtbühne befindet sich deshalb eine Wage und eine Tafel, auf die die Zusammensetzung der Gichten geschrieben wird. Werden in einem Kuppelofen während derselben Gießperiode Eisen verschiedener Gattierung geschmolzen, so muß der Gießmeister wissen, wann die betreffende Gattierung am Abstichloch erscheint. Hierzu dienen elektrische Gichtzähler oder Satzanzeiger. Bei jedem Einbringen einer neuen Gicht drückt der Arbeiter auf einen Druckknopf. Es erscheint dann sowohl auf der Gichtbühne als auch unten am Kuppelofen hinter einer Glasscheibe die Nummer der betreffenden Gicht. Da der Gießmeister weiß, welche Zeit das Eisen ge-

braucht, um von der Einsatztür bis zum Stichloch zu gelangen, so weiß er, daß z. B. beim Einsatz der Gicht Nr. 5 gerade das Eisen der ersten Gicht geschmolzen vor dem Abstichloche angekommen ist und kann darnach seine Anordnungen treffen.

Zum Schmelzen von 100 kg Eisen werden 80—90 m³ Wind unter einer Pressung von 30—70 cm Wassersäule durch Schleuder- oder Kapselgebläse in den Ofen geblasen. Der Kraftgebrauch der Gebläse beträgt etwa 0,2—0,5 PS für 1 m³ Wind in der Minute. Der Wind trifft vor den Düsen auf glühenden Koks und verbrennt dessen Kohlenstoff zu Kohlensäure, CO₂, diese trifft beim Emporsteigen auf neuen Kohlenstoff und wird zum Teil zu Kohlenoxyd, CO, reduziert nach der Formel $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$. Dieser Vorgang ist eine unvollkommene Verbrennung, denn die Kohlenoxydgase sind noch brennbar. Er bedeutet also einen Brennstoffverlust. Die Heizkraft des Brennstoffes ist nicht restlos ausgenutzt. Man sucht deshalb den Kuppelofenbetrieb so zu gestalten, daß möglichst wenig Kohlensäure zu Kohlenoxyd reduziert wird. Durch richtige Bemessung der Windmengen und -geschwindigkeiten, gleichmäßige Verteilung des Windes und Verwendung guten Brennstoffes läßt sich der Verbrennungsvorgang beeinflussen. Ganz läßt sich die Kohlenoxydbildung nicht vermeiden. Die aus dem Kuppelofen abziehenden Verbrennungsgase enthalten immer noch etwa 3—16% Kohlenoxyd neben 12—19% Kohlensäure, 72—78% Stickstoff und 0,5—3% Sauerstoff. Sie sind deshalb brennbar und bilden an der Gicht eine sog. Gichtflamme, oder sie werden zum Anwärmen des Vorherdes benutzt. Ihr Heizwert ist 200—250 W.E./m³.

Das in den Ofen gebrachte Roheisen wird im oberen Ofenteil durch die abziehenden heißen Gase vorgewärmt und schmilzt schließlich beim Tiefersinken. Die Eisentropfen durchfallen den eingeblasenen Windstrom. Durch den Sauerstoff des Windes wird ein Teil der Beimengungen des Eisens oxydiert. Das geschmolzene Eisen sammelt sich dann unten im Ofen an.

Auf dem Eisen schwimmt die leichtere Schlacke. Ihre Menge beträgt etwa 5—8 kg für je 100 kg Eisen. Sie muß erstmalig eine halbe bis spätestens eine Stunde nach dem Beginn des Schmelzens abgelassen werden. Später so oft, daß sie nicht bis zu den Düsen kommt, durch die sie in den Windmantel treten kann. Da dies durch Unvorsichtigkeit doch einmal vorkommen kann, bringt man im Boden des Windmantels ein durch einen leicht schmelzbaren Pfropfen verschlossenes Loch an. Die Schlacke schmilzt den Pfropfen, fließt ab, und das Versehen wird bemerkt.

Um die Schlacke wirtschaftlich zu verwerten, gießt man aus ihr Schlackensteine, die im Hoch- und Straßenbau verwandt werden. Läßt

man die Schlacke mit einem kalten Wasserstrahl zusammentreffen, so entsteht gekörnte oder granuliert Schlacke, ein feinkörniges, sandartiges Gebilde, das wie Sand oder feiner Kies zu Bauzwecken benutzt wird. Hat sich genügend geschmolzenes Eisen im Ofen angesammelt, so öffnet man das Abstichloch. Den in diesem festgebrannten Tonpfropfen durchstößt man mit einer spitzen Eisenstange. Das Eisen fließt durch die Abflußrinne in die untergestellte Pfanne. Für Öfen, die häufig abgestochen werden, empfiehlt sich die Anbringung einer mechanischen Abstichvorrichtung, wie sie z. B. von der Firma Feldhoff in Barmen gebaut wird. Nach dem Abstich wird das Abstichloch durch einen mittels einer langen Holzstange hineingestoßenen Tonpfropfen wieder geschlossen.

Ist das letzte Eisen geschmolzen, so stellt man das Gebläse ab, läßt Eisen und Schlacke abfließen und öffnet die Bodenklappe. Die Verbrennungsrückstände fallen heraus und werden mit Wasser abgelöscht.

Die chemischen Veränderungen, die das Eisen durch das Schmelzen im Kuppelofen erfährt, sind schon früher besprochen (s. S. 78). Der Abbrand beträgt etwa 3—6%. Mit Rücksicht auf die Eingüsse und Steigtrichter und sonstige Eisenverluste beim Gießen muß man für je 100 kg fertiger Gußware etwa 130—150 kg Eisen in den Kuppelofen einbringen. Das geschmolzene Eisen wird im Kuppelofen bis auf 1500° überhitzt.

Bei unsachgemäßem Betriebe des Kuppelofens kommen lästige Betriebsstörungen vor. Werden ungenügend zerkleinerte sperrige Bruchstücke eingebracht, so kann ein Hängenbleiben des Ofeninhalts eintreten; die Beschickung rutscht nicht nach unten. Muß der Ofen wegen irgendeiner Störung eine Zeitlang außer Betrieb gesetzt und das Gebläse abgestellt werden, so können sich im Windmantel und der Windleitung solche Mengen von Kohlenoxyd ansammeln, daß Explosionen eintreten können. Beim Abstellen des Ofens sollen deshalb die Schaulöcher geöffnet werden. Durch die Düsen tritt dann Luft ein, und das Kohlenoxyd verbrennt ruhig. Beim Wiederaanblasen sind die Schaulöcher noch eine kurze Zeit offen zu lassen, damit das angesammelte Kohlenoxyd hinausgeblasen wird. In neuerer Zeit bringt man an den Windmanteln Sicherheitsventile an, die die Explosionen unschädlich machen.

Kuppelofen mit Vorherd.

In den gewöhnlichen Kuppelöfen können sich unten in dem Raume bis zur Schlackenabflußöffnung für 1000 kg stündlich zu schmelzendes Eisen nur 100—300 kg geschmolzenes Eisen ansammeln und müssen dann aus dem Abstichloch herausgelassen werden. Will man größere Eisenmengen ansammeln, so benutzt man Kuppelöfen mit Vor-

herd; einen solchen zeigt Abb. 54. Vor dem eigentlichen Ofen ist ein zylindrischer Vorherd angebracht, in den durch den Kanal *a* das im Schacht geschmolzene Eisen abfließt. *b* ist das Abstichloch, *c* der Schlackenabfluß, *d* eine Einsteigöffnung. Im Vorherd können bis zu 75% des stündlich geschmolzenen Eisens angesammelt werden. Man kann also größere Gußstücke gießen als aus dem gewöhnlichen Kuppelofen. Ein weiterer Vorteil des Vorherdes ist der, daß das Eisen in ihm den

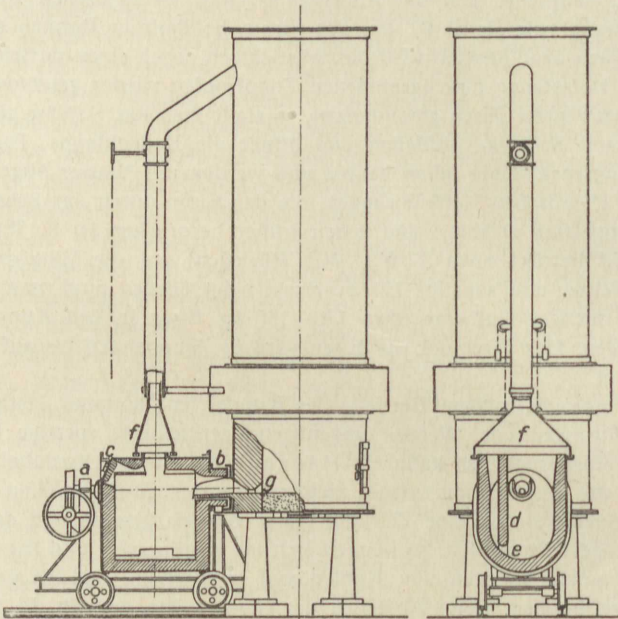


Abb. 55. Kuppelofen mit kippbarem Vorherd von Hammelrath.

chemischen Einflüssen der Brennstoffe entzogen wird. Ferner findet im Vorherd ein gleichmäßiges Mischen des Eisens und ein Entschwefeln statt.

Ein Nachteil ist das Mattwerden des Eisens bei längerem Verweilen im Vorherd. Man heizt deshalb den Vorherd durch Abgase des Kuppelofens oder durch eine besondere Ölfeuerung.

In neuerer Zeit versieht man die Kuppelöfen mit einem kippbaren Vorherde. Man macht den Vorherd auch fahrbar oder tragbar, löst ihn vom Kuppelofen und befördert ihn zu den Formen. Abb. 55 zeigt einen Kuppelofen mit kippbarer Vorherdmulde von Hammelrath. Der Vorherd ist bei *a* und *b* um eine wagerechte Achse drehbar gelagert. Der Zapfen bei *a* trägt ein Getriebe zum Kippen, der bei *b* legt sich dichtend

gegen den Ofen. Durch die Öffnung *c* kann das Stichloch *g* bedient werden. Eine Querwand *d* teilt den Vorherd in zwei ungleiche, durch die Öffnung *e* verbundene Teile. Bei *f* ist ein Abzugrohr.

Der Hammelrathsche Ofen ermöglicht eine gute Entschwefelung des Eisens durch Einbringen von alkalischen Entschwefelungspaketen in den Vorherd. Hierbei darf jedoch keine saure Kuppelofenschlacke zugegen sein, da sich die Alkalien mit dem in dieser enthaltenem Silizium leichter verbinden als mit dem Schwefel. Der Betrieb dieses Ofens kann auf zweierlei Weise erfolgen. Entweder läßt man Eisen und Schlacke zunächst ununterbrochen aus dem Kuppelofen in den Vorherd fließen, schließt das Abstichloch, gießt die Schlacke durch Kippen des Vorherds ab und setzt die Entschwefelungspakete zu. Der Schwefel wird dann in eine Schlacke übergeführt, die beim Gießen durch die Zwischenwand *d* zurückgehalten wird. Oder man läßt das Abstichloch geschlossen, sammelt im Kuppelofen eine der Größe des Vorherdes entsprechende Eisenmenge an, läßt die auf diesem schwimmende Schlacke ab, öffnet das Abstichloch und läßt das schlackenfreie Eisen in den Vorherd, wo es entschwefelt wird. Das erste Verfahren hat den Vorteil, daß der Vorherd gleichmäßig erwärmt wird.

Der Ofen von Dürkopp-Luyken-Rein erreicht die Entschwefelung des Eisens in ähnlicher Weise. Er ist auf einer Seite mit einem Vorherd, auf der anderen mit einem Schlackensammler versehen, die beide durch Kanäle mit dem Kuppelofenschacht verbunden sind. Der Verbindungskanal des Vorherdes mündet an der tiefsten Stelle des Ofenschachtes, während der des Schlackensammlers höher liegt. So wird erreicht, daß das geschmolzene Eisen schlackenfrei in den Vorherd fließen kann, während die Schlacke in den Schlackensammler abläuft. Dem schlackenfreien Eisen werden dann im Vorherd die Walterschen Entschwefelungsmittel zugesetzt, wodurch eine Entschwefelung von 50—60% erreicht wird.

Der Ofen von Dr. Dechesne mit Rüttelvorherd erreicht eine Veredelung des Gußeisens nicht auf chemischem, sondern auf mechanischem Wege. Der Vorherd ist von dem Ofenschacht getrennt aufgestellt und stützt sich auf eine umlaufende Nockenscheibe, die ihn in der Minute 80—100 mal 20—30 mm hebt und wieder frei herabfallen läßt. Diese Rüttelbewegung bewirkt im flüssigen Eisen eine lebhafte Gasausscheidung, eine gute Durchmischung des Eisenbades und eine feine Verteilung des Graphits.

Eine weitere Neuerung ist das Vorwärmen des Gebläsewindes. Unter Ausnutzung der Abhitze des Kuppelofens. Dies geschieht bei dem Schürmann-Ofen, dessen Einrichtung die schematische Skizze Abb. 56 veranschaulicht.

Die Windvorwärmer *c* und *d* befinden sich zu beiden Seiten des Ofens. Sie bestehen aus Blechmänteln, die im Innern mit zahlreichen senkrechten Kanälen aus feuerfestem Stein ausgemauert sind. Der Wind kommt durch die Rohrleitung *a* vom Gebläse. Bei *b* ist eine Wechselklappe. Bei der einen Stellung derselben geht der Wind durch den Vor-

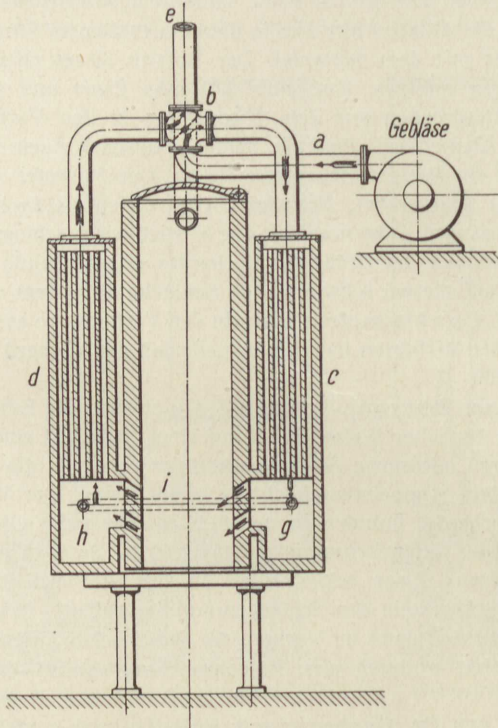


Abb. 56. Schema des Schürmann-Ofens.

wärmer *c*. Er erhitzt sich darin an dem hochoverhitzten Mauerwerk, geht dann durch zwei Düsenreihen in den unteren Teil des Kuppelofens und verbrennt den Koks. Die Verbrennungsgase ziehen auf der anderen Seite durch den Vorwärmer *d*, erhitzen das feuerfeste Mauerwerk und ziehen bei *e* ab. Nach 10 Minuten stellt man die Wechselklappe *b* um; Wind und Gas nehmen nun den umgekehrten Weg; *c* wird vorgewärmt, *d* gibt seine aufgespeicherte Wärme an den kalten Wind ab. Im unteren Teile der Vorwärmer sind sog. Vorlagen *g* und *h*, die durch ein Rohr *i* verbunden sind. Der Schürmann-Ofen ermöglicht eine Brennstoffersparnis,

einmal infolge des Windvorwärmens, dann weil eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes stattfindet. Der vorgewärmte Wind braucht zur Verbrennung des Kokes kürzere Zeit. Die sich bildende Kohlensäure, CO_2 , hat also keine Gelegenheit, sich durch längere Berührung mit dem Koks in Kohlenoxyd, CO , umzuwandeln. Die kleinen Kohlenoxydmengen, die noch den Ofen verlassen, können in den Vorlagen durch die durch das Rohr *i* zugeführte Luft vollständig verbrennen und den Vorwärmer heizen. Versuche haben ergeben, daß Schürmann-Öfen nur einen Verbrauch von 6,5—7,5% Einsatzkoks haben. Infolge des geringeren Koksverbrauches ist der Schwefelgehalt des im Schürmann-Ofen geschmolzenen Eisens ein geringerer. Hierin liegt der Hauptvorteil des Ofens. Nachteile sind höhere Anschaffungs- und Betriebskosten als beim gewöhnlichen Kuppelofen.

Ein anderes Mittel, um den Koksverbrauch und damit die Schwefelaufnahme des Eisens herabzusetzen, ist das Verfahren der Vulkan-Feuerungs-A.-G., Düsseldorf. Hierbei wird durch besondere Düsen Wasser in die Schmelzzone des Kuppelofens eingespritzt. Dieses zerlegt sich beim Auftreffen auf den glühenden Koks. Es bilden sich Kohlenoxyd und Wasserstoff, brennbare Gase. Die durch Verbrennen des Wasserstoffs erzeugte Wärmemenge setzt den Koksaufwand um das entsprechende Maß herab.

Denselben Zweck, Herabsetzung des Koksverbrauches und des Schwefelgehalts, verfolgt die Bertholdsche Ölzusatzfeuerung, bei der 100 kg Eisen mit 5 kg Koks und 1 kg Öl geschmolzen werden. Sie leidet aber unter der Schwierigkeit der Ölbeschaffung und den stark schwankenden Brennstoffpreisen.

Reine Ölfeuerungen werden beim Kuppelofen noch nicht angewandt, wohl aber bei dem weiter unten beschriebenen Wüst-Ofen.

Flammofen

werden in Eisengießereien verwandt zur Herstellung großer Gußstücke, da man in ihnen große Eisenmengen auf einmal einschmelzen kann. Ebenso ermöglichen sie das Wiedereinschmelzen größerer Schrottstücke unter Ersparung der Zerkleinerungskosten und die Erzeugung von Spezialgüssen von einer solchen chemischen Zusammensetzung, wie sie beim Kuppelofen nicht möglich ist. Sie werden gebaut für 5—45 t Einsatz. Von den Kuppelöfen unterscheiden sie sich durch getrennte Feuerungs- und Schmelzräume. Das schmelzende Eisen kommt daher nicht in so innige Berührung mit dem Brennstoffe wie beim Kuppelofen, man kann deshalb kohlenstoffärmeres Eisen erzeugen. Abb. 57 und 58 zeigen die gebräuchlichsten Arten der Flammöfen für Eisengießereien.

Abb. 57 ist die deutsche, Abb. 58 die amerikanische Bauart. Die Öfen sind aus 300—500 mm starkem, kräftig verankertem, feuerfestem Mauerwerk aufgebaut. Die Feuerung *a* ist gewöhnlich eine einfache Rostfeuerung. Die Rostfläche beträgt etwa ein Drittel der Herdfläche. Die Flammen und

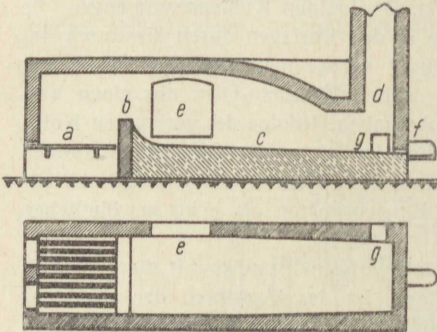


Abb. 57. Deutscher Flammofen.

Verbrennungsgase ziehen über die etwa 0,5—1 m über dem Roste liegende Feuerbrücke *b* zur Esse *d* und schmelzen dabei das durch die geräumige Einsatztür *e* eingebrachte Eisen. An der tiefsten Stelle des Herdes ist das Abstichloch *f* angebracht. *g* ist die Öffnung zum Ablassen der Schlacke. Beim amerikanischen Ofen liegt die Einsatztür an der Stirnseite des Ofens. Das Ofengewölbe ist hier besonders hochgezogen, so daß sehr umfangreiche Schrottstücke eingebracht werden können. Der Herd ist aus einem Gemisch von feuerfestem Ton mit Quarz und Schamotte aufgestampft. Er ist gewöhnlich etwa 4—6 m lang und 1,5—2 m breit. Seine Decke liegt etwa 0,5—1 m über der Feuerbrücke. Man rechnet 0,5—1 m² Herdfläche für 1 t Einsatz.

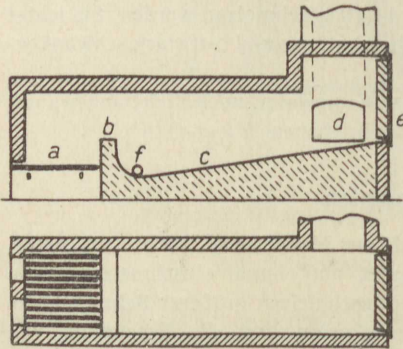


Abb. 58. Amerikanischer Flammofen.

Betrieb des Flammofens. Der Ofen wird gewöhnlich erst nach dem Einbringen von Roh-eisen oder Schrott angeheizt. Als Brennstoff verwendet man langflammige Steinkohle und rechnet etwa 20—35 kg Kohle für 100 kg Eisen. Je nach der Größe des Einsatzes gebraucht das Eisen etwa 8—10 Stunden zum Einschmelzen. Bei den deutschen Öfen wird während der ersten Stunden nur schwach

gefeuert, man rechnet deshalb für 1 t Einsatz etwa 50 Minuten Schmelz-dauer. Bei den amerikanischen nur etwa 20 Minuten, da bei diesen von Anfang an stark gefeuert wird. Die über das schmelzende Eisen hin-streichenden Verbrennungsgase verbrennen einen Teil des Siliziums und

Mangans, auch teilweise das Eisen, aber nicht den Phosphor. Das Eisen nimmt nicht so viel Gas auf wie im Kuppelofen und ist deshalb dichter.

Eine Vereinigung von Flammofen und Kuppelofen bildet der in Abb. 59 schematisch dargestellte Wüst-Ofen der Maschinenfabriß Eßlingen. Er besitzt eine Ölfeuerung. Die Verbrennungsluft wird stark vorgewärmt. An den Flammofen *a* schließt sich der Schachtofen *b*, an diesen der Vorwärmer. Unter dem Schacht befindet sich eine Reinigungs-klappe *f*, in seiner Seitenwand eine Beschicktür *g*. Das Öl fließt dem Brenner aus einem Hochbehälter durch das Rohr *c* zu. Die Abgase durchziehen den Vorwärmer und erhitzen dort nach dem Gegenstromverfahren den bei *d* eintretenden Wind auf 400 bis 600°. Der erhitzte Wind gelangt durch das Rohr *e* zum Brenner. In der einen Längswand des Flammofens befindet sich das Abstichloch, in der gegenüberliegenden der Schlackenabfluß.

Betrieb des Ofens. Der Ofen verwendet Steinkohlenteeröl mit 9200 W.E./kg. Der Flammofenherd faßt etwa 1000 kg. Er wird zunächst eine halbe Stunde lang unter Aufwand von 20 kg Öl vorgewärmt. Dann wird das Roheisen mit 1–2% Kalkzusatz durch die Beschicktür eingebracht. Es rutscht in dem Schachte abwärts und wird unten durch die über den Flamm-

ofenherd hinstreichende Ölflamme weggeschmolzen. Der Ölverbrauch beträgt 11%. Das geschmolzene Eisen sammelt sich im Herde und wird durch die Ölflamme auf 1500–1600° überhitzt. Diese hohe Temperatur begünstigt eine feine Graphitverteilung und die Erzeugung eines hochwertigen Gußeisens von 33,4 kg/mm² Zugfestigkeit und 54,8 mm² Biegefestigkeit.

In neuerer Zeit gewinnt der Elektroofen auch für die Graugießerei zum Erzeugen hochwertigen Gusses immer mehr an Bedeutung. Der elektrische Strom ist eine äußerst reine Wärmequelle, deren Temperatur sich sehr bequem und genau regeln und bis auf 3500° steigern läßt. In der hohen Temperatur ist das Eisen so dünnflüssig, daß sich Gase und Verunreinigungen, besonders Schwefel, vollständig ausscheiden können.

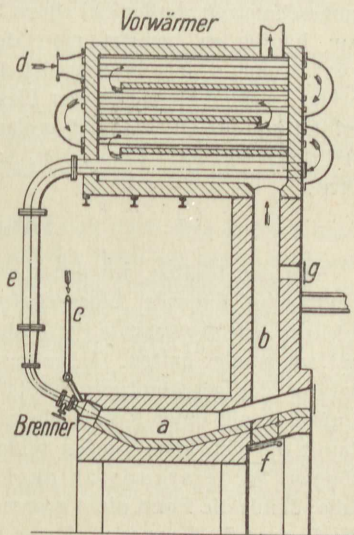


Abb. 59. Wüst-Ofen der Maschinenfabrik Eßlingen.

Der Elektroofen wäre deshalb der idealste Schmelzofen für die Gießerei. Leider sind aber im allgemeinen die Stromkosten so hoch, daß er zu unwirtschaftlich arbeitet. Bei genügend geringen Strompreisen kann der Elektroofen in Graugießereien verwandt werden zur Erzeugung sog. synthetischen Gußeisens. Es wird Flußeisenschrott eingeschmolzen und durch Zusatz von kohlenstoffreichem Eisen oder Holzkohle auf den Kohlenstoffgehalt des Gußeisens gebracht. Der Stromverbrauch beträgt 600 kWh/t. Ferner können im Elektroofen Roheisen oder Gußschrott umgeschmolzen werden bei einem Stromverbrauch von 300—400 kWh/t. Am häufigsten benutzt man den Elektroofen zum sog. Duplexverfahren, d. h. man schmilzt das Roheisen zunächst im Kuppelofen, bringt es dann flüssig in den Elektroofen, wo es 1—1½ Stunden hoch erhitzt und für Qualitätsguß geeignet gemacht wird, unter einem Stromverbrauch von 100—150 kWh/t. Am häufigsten findet man den Héroult-Ofen.

Formstoffe.

Von den Stoffen, aus denen die Gußformen hergestellt werden, verlangt man folgende Eigenschaften: Bildsamkeit; sie müssen sich leicht in jede gewünschte Form überführen lassen, ihre Körnchen müssen gut aneinander haften. Hitzebeständigkeit; sie dürfen bei der Temperatur des geschmolzenen Metalls nicht schmelzen, da sie sonst das Gußstück mit einer Kruste überziehen würden. Gasdurchlässigkeit; damit die sich beim Gießen bildenden Gase aus der Form entweichen können. Widerstandsfähigkeit gegen den Druck des flüssigen Metalls; damit die Form nicht gesprengt wird. Diese Eigenschaften besitzen die Formstoffe Formsand, Masse und Lehm.

Als Formsand verwendet man möglichst feinkörnigen Quarzsand, und zwar Fluß- und Seesand, den man auch scharfen Sand nennt, Grubensand, der in Sandgruben gewonnen wird, und zerkleinerten Sandstein. Der Formsand enthält mehr oder weniger Ton, wasserhaltige kieselsaure Tonerde. Kalkhaltiger Sand ist zur Formsandbereitung ungeeignet, da der Kalk unter dem Einflusse der hohen Temperatur des flüssigen Metalles zu Kohlensäure und gebranntem Kalk zersetzt wird. Die Kohlensäure kann von dem flüssigen Metall aufgenommen werden und Hohlräume in ihm bilden, während der gebrannte Kalk die Gasdurchlässigkeit der Form durch Verstopfen der Sandporen ungünstig beeinflußt und ein Anbrennen des Sandes an das Gußstück begünstigt. Geringe Kalkbeimengungen schaden jedoch nicht. Der Quarz macht den Sand hitzebeständig; der Tongehalt und 5—12% Wasserzusatz verleihen ihm die Bildsamkeit. Unter dem Mikroskop sieht man, daß die einzelnen Quarzkörnchen von einem Tonhäutchen umhüllt sind. Feuchtet man den

Sand an, so quillt der Ton auf und verklebt die einzelnen Sandkörnchen miteinander. Scharfkantige Körner geben dem Sande eine größere Bildsamkeit als kugelförmige. Mit wachsendem Tongehalt vergrößert sich die Bildsamkeit, während die Gasdurchlässigkeit verringert wird. Nach der Größe des Tongehaltes unterscheidet man mageren Sand mit 5—10% Ton und fetten Sand mit über 10% Ton. Guter Formsand soll etwa folgende Zusammensetzung haben: 80—85% Kieselerde (SiO_2), 7—10% Tonerde (Al_2O_3), unter 2% Kalkerde (CaO), unter 0,5% Alkalien (Na_2O , K_2O), unter 6% Eisenoxyd (Fe_2O_3).

Formen aus magerem Sande müssen im feuchten Zustande vergossen werden, da der Sand im trockenen Zustande die Bildsamkeit verliert und die Formen zerfallen. Man nennt solche Formen Formen aus grünem Sande. Formen aus fettem Sande werden vor dem Gießen getrocknet, um gasdurchlässig zu werden. Beim Trocknen bilden sich feine Risse im Sande, die die Gase durchlassen.

Die Korngröße des Formsandes richtet sich nach dem gewünschten Aussehen des Gußstückes. Je feinkörniger der Sand ist, um so sauberer wird der Guß, um so geringer wird aber die Gasdurchlässigkeit des Sandes. Sand für gewöhnlichen Guß siebt man durch ein Sieb Nr. 30 mit 30 Maschen auf 1 engl. Zoll und erhält dadurch Sand von etwa 0,5 mm Korngröße. Für Gußstücke mit besonders glatter Oberfläche siebt man den Sand durch Sieb Nr. 70, das 0,2 mm Korngröße liefert. Je gleichmäßiger das Korn ist, um so gasdurchlässiger wird die Gußform. Bei ungleichmäßigem Korn werden die Zwischenräume zwischen den größeren Körnern durch die kleineren verstopft und dadurch der Sand schlechter gasdurchlässig.

Ein Aneinanderbrennen der Sandkörner oder Fritten verhindert man durch Zusatz von 5—20% gemahlener Steinkohle. Ein Anbrennen des Sandes an den Gußstücken vermeidet man durch Ausstauben der feuchten Formen mit Holzkohle- oder Graphitpulver. Getrocknete Formen überstreicht man zu demselben Zwecke mit Schwärze, einem Brei aus Graphit, Holzkohle und Wasser. Beim Eintritt des flüssigen Eisens in die Form verbrennen die Kohlenteilchen und es bildet sich eine isolierende Gasschicht.

Aus Sparsamkeit umgibt man die Modelle nur mit einer dünnen Schicht frischen feinkörnigen Sandes, sog. Modellsandes, und macht die übrige Form aus gebrauchtem, größerem Füllsand.

Der Sand für Kerne muß besonders fest sein; man setzt ihm deshalb Bindemittel, wie Mehl, Melasse, Öl, Kolophonium, Dextrin, Sulfilauge, zu und trocknet die Kerne so stark, daß sie aus dem fertigen Gußstück leicht herausbröckeln. (Siehe Herstellung der Kerne.)

Die Prüfung des Formsandes erstreckt sich auf die Bestimmung des Sand- und Tongehaltes, der Korngrößenstufung, der Bindefestigkeit, Gasdurchlässigkeit und Hitzebeständigkeit.

Sand und Tongehalt bestimmt man durch das Schlämverfahren. Man kocht eine genau abgewogene Menge Formsand in Wasser, damit sich der Ton von allen Sandkörnchen löst. Dann scheidet man durch Filtrieren Sand und Ton, trocknet den reinen Sand, stellt sein Gewicht fest und kann darnach den Prozentgehalt des untersuchten Formsandes an Ton und Sand errechnen.

Zur Bestimmung der Korngröße reibt man den getrockneten Sand durch vier immer feiner werdende Siebe, wägt die durch jedes Sieb ausgesiebte Menge und berechnet den prozentualen Anteil ihres Gewichtes am Gesamtgewicht.

Beispiel: Ein Bottroper Sand ergab folgende Werte:

87,3% Sand

12,7% Ton.

Korngröße	mehr als	0,3 mm	Durchmesser	4,6%
„	von	0,2 bis	0,3 „	14,8%
„	„	0,09 „	0,2 „	63,6%
„	„	0,05 „	0,09 „	2,0%
„	kleiner als	0,05 „	„	2,3%

Darnach handelt es sich um einen mittelkörnigen, mittelfetten Formsand.

Die Bindefestigkeit bei verschiedenen Wassergehalten bestimmt man mit der Maschine von Doty folgendermaßen. Unter Aufwand einer bekannten, immer gleichbleibenden Energie verdichtet man eine gegebene Menge Sandes mit bestimmtem Wassergehalte. Man mißt die Dicke des Sandstabes, legt ihn auf einen Tisch und schiebt ihn soweit über die scharfe Tischkante hinaus, bis das frei überragende Ende abbricht. Dann bestimmt man das Gewicht des abgebrochenen Endes im trockenen Zustande. Die Bindefestigkeit drückt man in Prozenten aus. Ein Bruchstückgewicht von 500 g ist = 100%. Wiegt das abgebrochene Stück z. B. 200 g, so ist die Bindefestigkeit $200/500 = 40\%$.

Die Prüfung der Gasdurchlässigkeit beruht auf der Messung der Zeit, die eine auf bestimmte Pressung gebrachte konstante Luftmenge bis zu ihrer gänzlichen Entspannung gebraucht, um durch einen gleichmäßig verdichteten Sandzylinder zu entweichen.

Bindefestigkeit und Gasdurchlässigkeit wirken einander entgegen. Es muß deshalb durch Versuche das bestmögliche Verhältnis zwischen beiden Eigenschaften bestimmt werden.

Die Feuerbeständigkeit ermittelt man mit Hilfe der Segerkegel. Dies sind kleine dreiseitige Pyramiden, die aus so verschiedenen, genau bestimmten Gemischen von Quarz, Tonerde, Kalk und Kali hergestellt sind, daß eine verschiedene Feuerbeständigkeit erreicht wird. Durch Numerierung der Kegel ist die Feuerbeständigkeit festgelegt. Jeder Nummer entspricht eine bestimmte Erweichungstemperatur. Hat der betreffende Kegel diese erreicht, so fängt er an zu schmelzen. Seine Spitze legt sich um. Aus dem zu prüfenden Formsande werden nun ebenfalls kleine Pyramiden von 1 cm Grundkante und 2 cm Höhe geformt, getrocknet und mit mehreren Segerkegeln verschiedener Nummern, am besten im elektrischen Ofen, bis zum Beginn des Schmelzens erhitzt. Die Erweichungstemperatur des Sandes ist dann dieselbe wie die des mit ihm gleichzeitig erweichten Segerkegels.

Die wichtigsten Fundstätten für Formsand sind: Im Rheinland Bottrop, Suchteln, Grefrath, Ratingen. In Mitteldeutschland Halberstadt, Ellrich am Harz, Halle a. d. S., Fürstenwalde i. d. Mark. Ferner sind zahlreiche Fundstellen in Sachsen und Schlesien, in der Pfalz, Württemberg (Wasseralfingen), Bayern (Amberg).

Der Formsandverbrauch beträgt für je 100 kg Gußwaren etwa 40 kg. 1 m³ Formsand wiegt je nach Feuchtigkeitsgehalt 1100—1300 kg, ein Wagen von 10000 kg enthält etwa 7,5—9 m³ Sand.

Masse ist ein fetter Sand mit über 15% Ton für größere Formen, deren Herstellung längere Zeit dauert. Der hohe Tongehalt verleiht den Formen nach dem Trocknen eine große Festigkeit, wie sie für die großen Formen nötig ist.

Lehm ist ein unreiner, mit Sand gemischter Ton, der mit Wasser angerührt im breiigen Zustande bei der Lehmformerei und der Herstellung von Kernen benutzt wird. Gasdurchlässig wird er durch Zusätze von Hede, Häcksel oder Pferdedünger. Beim Trocknen der Lehmformen verbrennen die Zusätze und lassen Poren zurück. Durch das Trocknen werden die Lehmformen hart und widerstandsfähig.

Aufbereitung der Formstoffe.

Zum Herstellen der Formen benutzt man immer ein Gemisch von frischem und gebrauchtem Formsand. Beide Sandarten werden vor ihrer Verwendung einer Aufbereitung unterworfen. Der Rohsand wird zunächst in Trockenöfen getrocknet, dann durch Schüttel- oder Trommelsiebe gesiebt, die zu dicken Körner werden in Kollergängen gemahlen. Dann wird der Sand in Meng- und Anfeuchtapparaten mit gemahlener Kohle, Wasser und gebrauchtem Sande vermengt und hierauf das Gemenge in einer Sandmischmaschine innig gemischt und aufgelockert.

00 Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Schmelzbarkeit.

Der alte Sand wird zunächst durch Walzen geschickt, die die dicken Knollen zerquetschen und dann in einem magnetischen Eisen-ausscheider von Eisenteilchen befreit. Hierauf wird er mit dem neuen Sande vermengt. Abb. 60 veranschaulicht die mechanische Sandaufbereitung. Die dabei verwandten Maschinen sollen im folgenden kurz beschrieben werden.

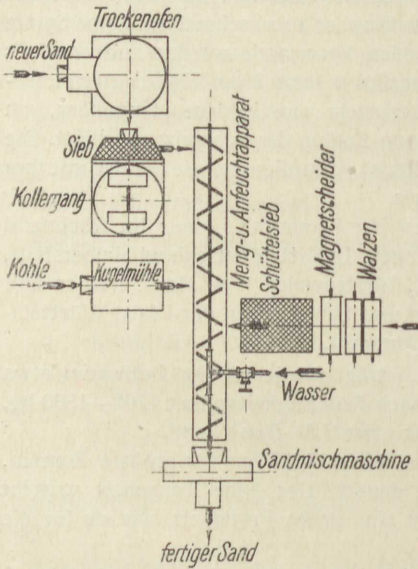


Abb. 60. Schematische Darstellung der Sandaufbereitung.

Abb. 61 zeigt einen stehenden Sandtrockenofen. Unter dem Blechzylinder *a* befindet sich im Sockel *b* eine Planrostfeuerung. Die Verbrennungsgase durchziehen den Zylinder und entweichen bei *d*. Der feuchte Sand wird durch ein Becherwerk gehoben und durchläuft den Zylinder von oben nach unten. Er rutscht dabei über die umlaufenden Teller *c* und die feststehenden Teller *e* in zickzackförmigem Wege nach unten. Die unter den Tellern sitzenden Schaufeln *s* rühren ihn dabei kräftig durch. Der Antrieb der auf der senkrechten Welle *f* sitzenden umlaufenden Teller *c* erfolgt von den Stufenscheibeng durch Kegelräder.

Leistung der Öfen: 1200—4000 kg/std. Raumbedarf etwa 2×2 m Grundfläche. Kraftbedarf ca. 1,2 PS für 100 kg/std.

Außer den stehenden Trockenöfen benutzt man auch liegende. Abb. 62. Bei diesen dreht sich eine Blechtrommel um ihre wagerechte Achse. Der feuchte Sand wird an einem Trommelende eingeführt und durch schraubenförmig angeordnete Schaufeln nach dem andern Ende befördert. Hierbei wird er durch ihm entgegenströmende Verbrennungsgase einer Rostfeuerung getrocknet. Liegende Trockenöfen erfordern größeren Raumbedarf als stehende.

Leistung: 1200—1500 kg/std für jedes Meter Trommellänge.

Zum Sieben des Sandes benutzt man ebene, mechanisch hin und her bewegte Schüttelsiebe (Abb. 63) oder umlaufende Trommel- oder Polygonsiebe (Abb. 64).

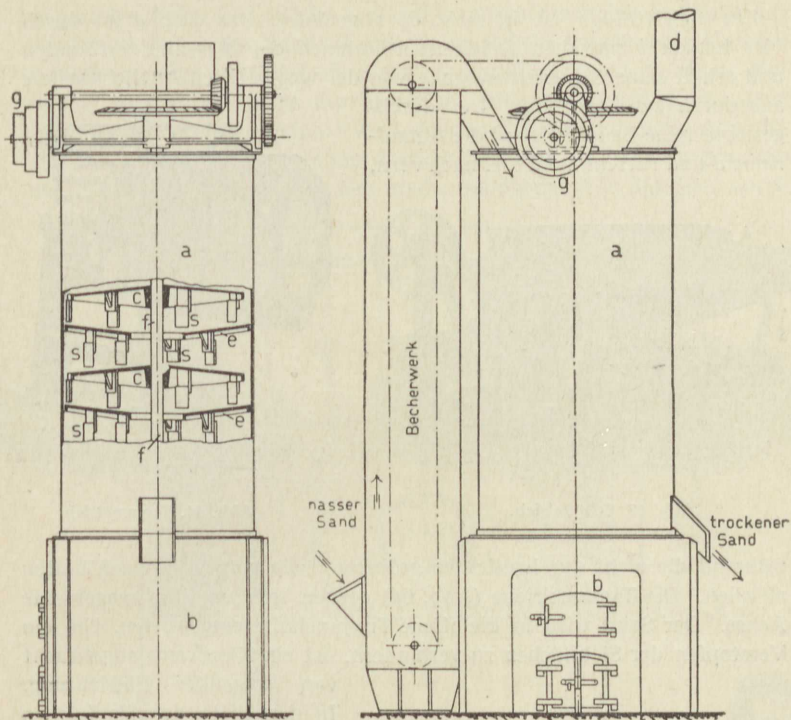


Abb. 61. Stehender Sandtrockenofen.

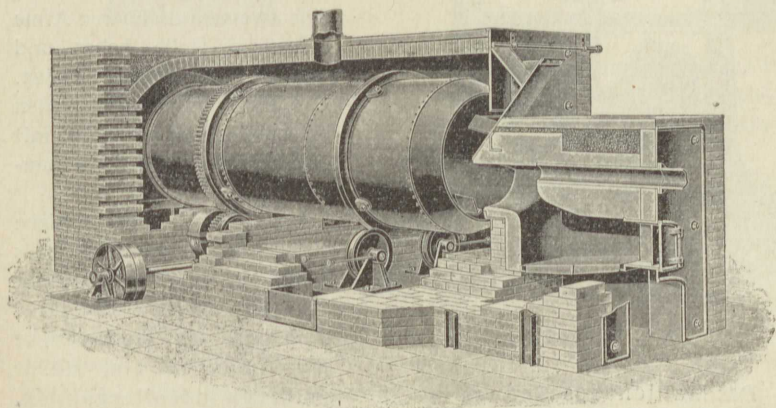


Abb. 62. Umlaufender Sandtrockenofen .

102 Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Schmelzbarkeit.

Ein Schüttelsieb ist in Abb. 63 abgebildet. Das Sieb *a* ist durch vier Lenker *b* mit dem gußeisernen Rahmen der Maschine verbunden und erhält seine Schüttelbewegung von der wagerechten Antriebswelle *c* aus durch zwei Exzenter. Der durchgesiebte feine Sand fällt auf die Ablaufrinne *d* und rutscht auf dieser nach vorn,

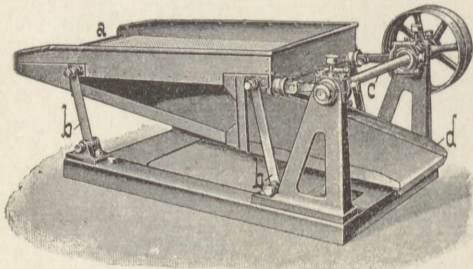


Abb. 63. Schüttelsieb.

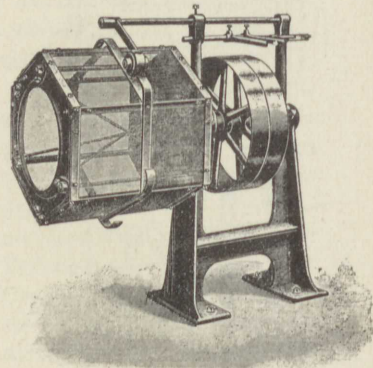


Abb. 64. Trommelsieb.

während die nicht durchgesiebten gröberen Teile vom Siebe nach hinten abfallen. Die Trommelsiebe (Abb. 64) drehen sich um ihre wagerechte Achse. Der Sand wird in die offene Trommelseite eingeworfen. Um ein Verstopfen der Siebflächen zu verhindern, ist ein Klopfwerk angebracht von folgender Einrichtung.

In der Mitte der Siebflächen sind Flacheisen befestigt, die mit ihrem umgebogenen Ende eine an einem drehbaren Arme befestigte Rolle heben und wieder herabfallen lassen. Größere Trommelsiebe werden beiderseitig gelagert und mit einem Staubschutzmantel umgeben.

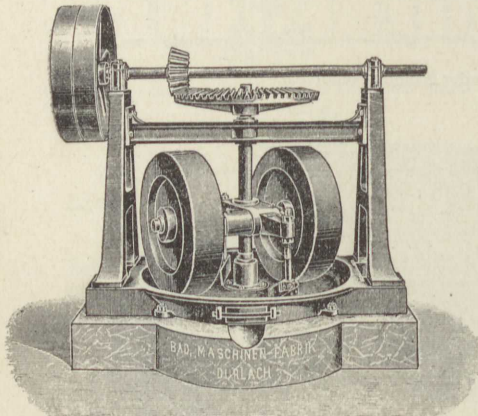


Abb. 65. Kollergang.

Leistungen: Schüttelsiebe bis 8 m³/std. Trommelsiebe bis 25 m³/std. Kraftbedarf für Schüttelsiebe etwa 0,3 PS für 1 m³/std, für Trommelsiebe etwa 0,1 PS für 1 m³/std.

Das Mahlen des Sandes geschieht am besten in Kollergängen, Abb. 65, durch zwei schwere eiserne Walzen oder Läufer, die sich um eine

wagrechte Achse und mit dieser um eine senkrechte drehen und dabei das in eine als Mahlbahn dienende gußeiserne Schale eingebrachte Material zermalmen. Man vereinigt oft Siebwerk und Kollergang zu einer Maschine, so daß der nicht durchgeseibte grobe Sand dem Kollergange immer wieder zugeführt wird. Eine solche Maschine zeigt Abb. 66. Der Kollergang wird von unten durch Kegelräder angetrieben, das Sieb durch ein Stirnrädergetriebe. Der frische Sand gelangt in das Sieb, durch

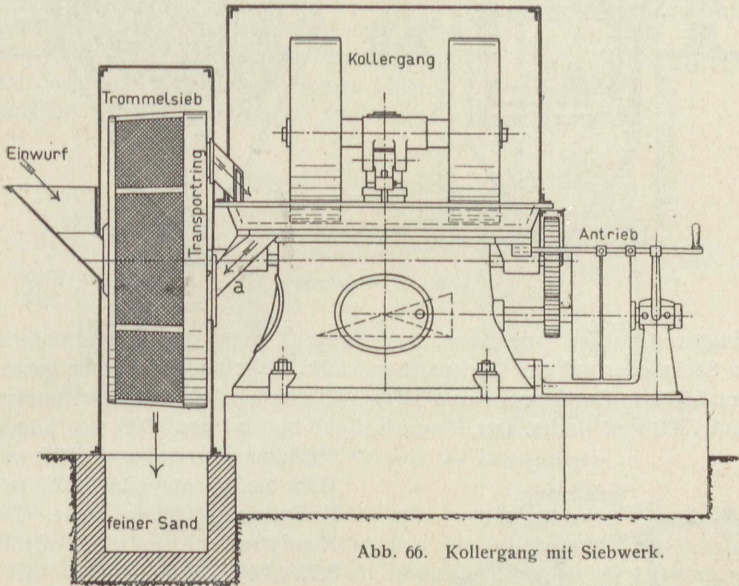


Abb. 66. Kollergang mit Siebwerk.

das der genügend feine Sand sofort hindurchfällt, während der grobe durch die inneren Schaufeln eines mit dem Siebe verbundenen Transportringes dem Kollergange zugeführt, gemahlen und dann durch eine Rinne *a* wieder in das Sieb zurückgeführt wird.

Kollergänge baut man mit Läufern von 550 mm Durchmesser und 150 mm Breite bis 1500 mm Durchmesser und 400 mm Breite. Kraftbedarf etwa 1,5—2 PS für 1 m³/std. Minutliche Umlaufzahl 72—100.

Kohle und Graphit werden in Kugelmühlen gemahlen. Eine solche zeigt Abb. 67. Das bei *a* eingefüllte Material wird beim Umlaufen der Trommel durch eine große Zahl Stahlkugeln zermahlen. Die Trommelwandungen bestehen aus durchlochtem Stahlbarren *b*. Diese lassen das gemahlene Material durch sich hindurch auf Schutzsiebe *c* fallen. Durch diese gelangt es schließlich auf ein feines Trommelsieb *d*. Die feinen

Stückchen fallen durch dieses hindurch, während die groben wieder in die Trommel zurückfallen. Das Ganze ist von einem unten trichter-

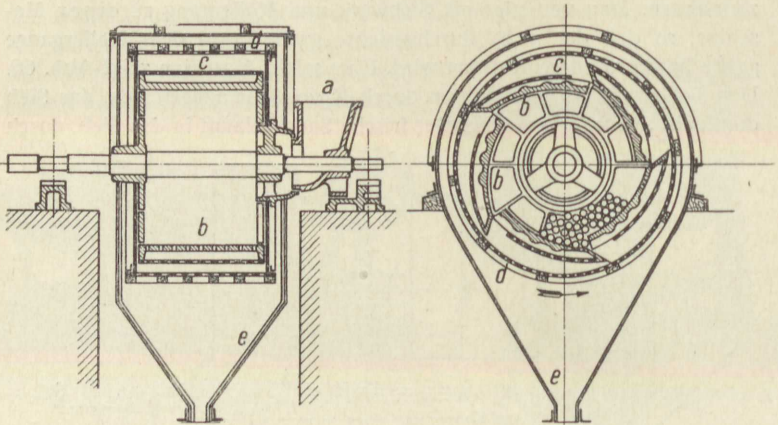


Abb. 67. Kugelmühle.

artigem Gehäuse *e* umgeben, aus dessen Öffnung das fertige Material in Säcke oder auf ein Transportband fällt. Kugelmühlen werden gebaut von 550 mm Durchmesser und 350 mm Breite bis 2400 mm Durchmesser und 1300 mm Breite. Der Raumbedarf beträgt von 1000 mm Länge, 1000 mm Breite und 1300 mm Höhe bis 3500 mm Länge, 4200 mm Breite und 4200 mm Höhe. Der Kraftbedarf je nach Größe 0,25—14 PS.

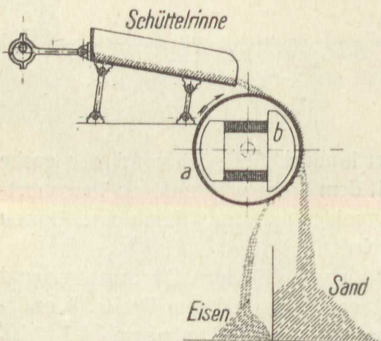


Abb. 68. Magnetischer Eisenabscheider.

Abb. 68 veranschaulicht die Einrichtung eines magnetischen Eisenabscheiders, der den gebrauchten Sand vom Spritzeisen, Formerstifen und anderen Eisenteilen befreien soll. Der alte Sand fällt aus einer Schüttelrinne auf eine umlaufende Walze *a* aus unmagnetischem Metall. Im Innern der Walze befindet sich ein fest-

stehender Magnet *b*. Der Sand rutscht ungehindert über die Walze, während die Eisenteile so lange auf dem Walzenumfang festgehalten werden, bis sie aus dem Bereiche des Magneten gekommen sind. Dann erst fallen sie ab und trennen sich so von dem Sande.

Leistung: 0,2—1 m³/std Metallabfälle. Kraftbedarf: $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{2}$ PS.

Die Maschinen zum Aufbereiten des alten Sandes werden vielfach zu einer einzigen Maschine vereinigt, wie Abb. 69 zeigt. Hier sind ein Walzwerk und ein Magnetscheider mit einem Schüttelsieb vereinigt. Der alte Sand kommt zunächst zwischen die beiden Quetschwalzen *a*. Die eine von diesen ist federnd gelagert, damit sie von durchgehenden Eisenteilen, Steinen u. dgl. zur Seite gedrängt werden kann. Dann fällt der Sand auf den magnetischen Eisenscheider *b*. Dieser trennt Eisen und

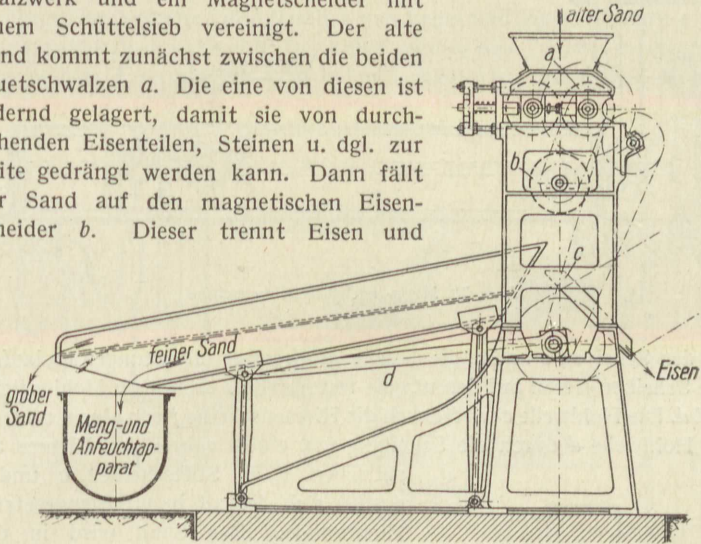


Abb. 69. Schüttelsieb mit Walzwerk und Magnetscheider.

Sand. Das Eisen wird durch die Rinne *c* abgeführt, der Sand fällt auf das Schüttelsieb. Dieses wird von einer Kurbelwelle durch die Schubstange *d* hin und her bewegt. Solche Maschinen werden für Leistungen bis 8 m³/std gebaut. Kraftbedarf etwa 1 PS für 1 m³/std.

Der durchgesiebte Sand fällt gleich in eine Meng- und Anfeuchtmaschine. Diese soll den neuen Sand mit altem Sand und Kohle mischen und den Sand anfeuchten. Ihre Einrichtung zeigt Abb. 70. In einer trogartigen eisernen Rinne von U-förmigem Querschnitt dreht sich eine wagerechte Welle mit zahlreichen schräggestellten Schaufeln *a*. Diese mischen den alten und neuen Sand sowie die Zusatzstoffe tüchtig durcheinander, durchkneten das Gemisch und fördern es weiter, bis es bei *b* herausfällt. Eine Brause *c* führt das zum Anfeuchten nötige Wasser zu.

Leistung: 4—20 m³/std. Kraftbedarf etwa 0,75 PS für 1 m³/std.

In den Sandmischmaschinen durchfällt der Sand den Bereich einer Anzahl schnell umlaufender Schlagstifte, die die dickeren Klumpen zerschlagen, den Sand innig mischen und ihm ein lockeres Gefüge geben, so daß er eine vorzügliche Durchlässigkeit für Gase bekommt. Abb. 71

zeigt eine liegende Sandmischmaschine der Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken, Hannover. Die Schlagstifte sitzen in drei Reihen

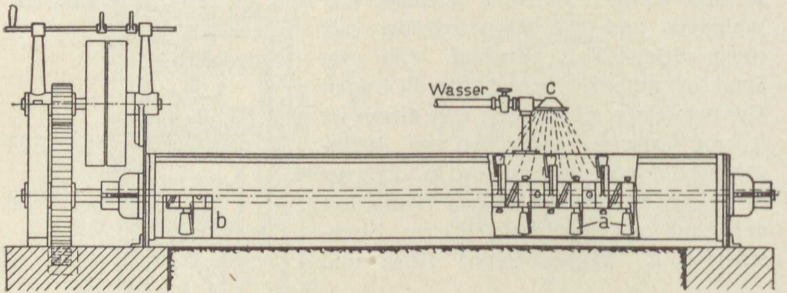


Abb. 70. Meng- und Anfeuchtmaschine.

auf den Scheiben *a* und *b*, die in entgegengesetzten Richtungen umlaufen. Die Scheiben sitzen auf den um die feste Welle *e* drehbaren Hohlwellen *c* und *d*. Die Hohlwelle *c* wird durch die Riemenscheibe *f* von einem offenen, die Hohlwelle *d* durch die Scheibe *g* von einem gekreuzten Riemen angetrieben. Die Stiftscheiben *a* und *b* drehen sich deshalb in entgegengesetzten Richtungen. Der Sand wird in den Trichter *h* geworfen, fällt durch die schnell umlaufenden Stiftreihen und sammelt sich bei *k*. Eine Blechhaube überdeckt die Stiftscheiben.

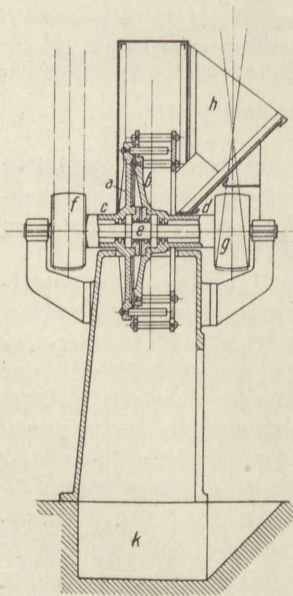


Abb. 71. Liegende Sandmischmaschine.

Leistung: 2–24 m³/std. Kraftbedarf etwa 1 PS für 1 m³/std. Minutliche Umlaufzahl 300 bis 400.

Um an Arbeitskräften zu sparen, hat man die verschiedenen Sandaufbereitungs-
maschinen zu vollständig selbsttätigen Sandaufbereitungsanlagen vereinigt. In diese werden der neue und der alte Sand aufgegeben und nun selbsttätig von einer Maschine zur andern befördert, dort verarbeitet und schließlich in einen Behälter für fertigen Sand befördert. Abb. 72 zeigt die schematische Darstellung einer solchen Anlage der Badischen Maschinenfabrik Durlach. Die beiden

Silos *F* für neuen und *M* für alten Sand sind unten durch einstellbare Schieber abgeschlossen, so daß neuer und alter Sand in genau geregelten Mengen gemischt werden können.

Zum Durcharbeiten und Mischen von Lehm und Masse dienen Lehmknetmaschinen (Abb. 73). Der Lehm wird in den Trichter *a* eingefüllt. Die Walzen *b* zermahlen dem Lehm beigemischte Steinchen. In dem

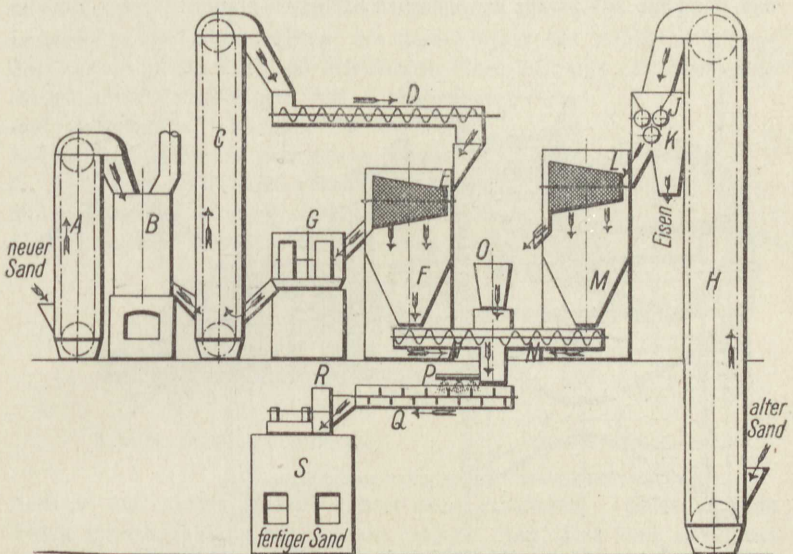


Abb. 72. Selbsttätige Formsandaufbereitung. *A* Becherwerk, *B* Trockenofen, *C* Becherwerk, *D* Transportschnecke, *E* Trommelsieb, *F* Sandsilo, *G* Kollergang, *H* Becherwerk, *I* Walzen, *K* Magnetscheider, *L* Trommelsieb, *M* Sandsilo, *N* Transportschnecke, *O* Kohlenstaubzuteiler, *P* Brause, *Q* Meng- und Anfeuchtapparat, *R* Sandmischmaschine, *S* Sandsilo.

Zylinder *c* dreht sich die wagerechte Welle *d*. Auf dieser sitzt eine große Zahl Naben *e* mit schraubenlinienartig angeordneten Mischmessern (in der Abbildung sind nur zwei gezeichnet). Diese durchkneten das Material und treiben es aus der Öffnung *f*. Der Antrieb der Messerwelle und der einen Walze erfolgt von der Welle *g* aus durch Zahnräder. Die andere, nicht angetriebene Walze ist in ihren Lagern in wagerechter Richtung verstellbar. Die Abstreifleisten *m* reinigen die Walzen von anhaftendem Lehm.

Leistung: 1,5—4 m³/std. Kraftbedarf etwa 2 PS für 1 m³/std.

Die Modelle

werden aus lufttrockenem Holze, meist aus Kiefern-, Fichten-, seltener aus Tannenholz hergestellt. Diese Holzarten neigen ihres Harzgehaltes wegen wenig zu dem durch Aufnahme von Feuchtigkeit veranlaßten Quellen. Tannen- und Fichtenholz sind dichter als Kiefernholz. Sie ziehen und werfen sich aber leichter als dieses. Beim Einkauf ist darauf zu achten, daß das Holz aus gerade gewachsenen Stämmen stammt. Gutes Modell-

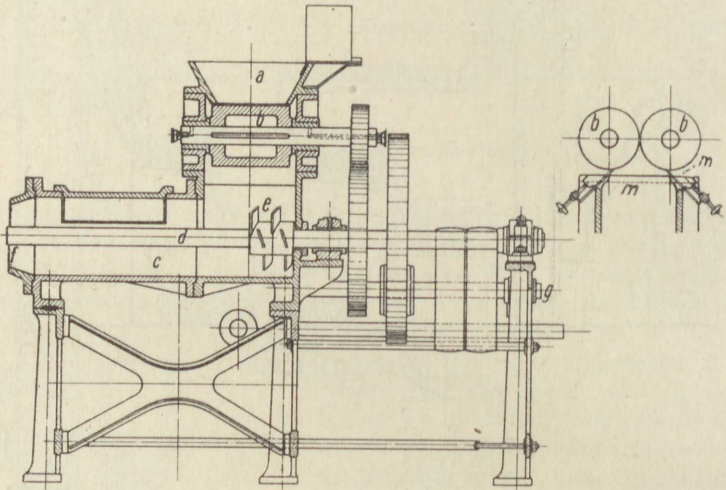


Abb. 73. Lehmknetmaschine.

holz muß einen geringen und gleichmäßigen Abstand der Jahresringe aufweisen und beim Anschlagen mit einem harten Gegenstand einen hellen Klang geben. Für schwieriger herzustellende Modelle nimmt man Erlenholz. Dieses schwindet weniger und ist haltbarer als Nadelhölzer. Für Modelle mit reichen Verzierungen benutzt man Birnbaumholz. Sollen solche reich verzierten Modelle nur einmal abgegossen werden, so macht man sie aus Gips, Ton oder Wachs. Sehr oft benutzte Modelle stellt man aus Metall her. Holzmodelle werden mit Lack angestrichen, damit sie keine Feuchtigkeit aus dem Sande aufnehmen und sich nicht verziehen. Für die verschiedenen Gußarten hat man folgende Anstrichfarben festgelegt: Modelle für Eisenguß rot, für Stahlguß blau, für Metallguß farblos (Schellack). Die Modelle haben dieselbe Gestalt wie das Gußstück, ihre Abmessungen müssen jedoch um das Schwindmaß größer sein; auch müssen sie so gestaltet werden, daß sie sich gut aus dem Sande

ausheben lassen. Man macht sie deshalb vielfach zwei- oder mehrteilig und versieht sie zur Sicherung der richtigen Lage der Einzelteile mit Dübeln und Löchern (Abb. 74). Hohlräume in Gußstücken spart man durch in die Form eingelegte Kerne aus. Man befestigt die Kerne im Sande durch Einstecken oder Einlegen in Löcher, die durch Vorsprünge am Modell, sogenannte Kernmarken, ausgespart sind. Die Kernmarken macht man gewöhnlich durch schwarzen Anstrich kenntlich. Bei Kernen von verwickelter Gestalt malt man die Gestalt der Kerne auf die Trennungsfläche der Modellhälften, um dem Former das richtige Einlegen des Kernes in die Form zu erleichtern. Abb. 74 zeigt das zweiteilige Modell eines Ventilkörpers mit Kernmarken und aufgemaltem Kerne. Da auch lufttrockenes Holz immer noch etwas schwindet, so muß man die dadurch veranlaßten Formänderungen der Modelle möglichst zu verhindern suchen. Größere Modelle setzt man

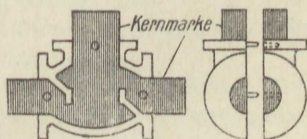


Abb. 74. Modell mit Kernmarken.

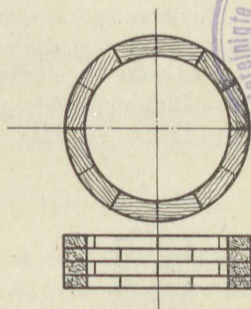


Abb. 75. Radkranzmodell.

deshalb aus vielen kleinen Holzstücken zusammen. Jedes einzelne Stück schwindet dann nur um ein geringes Maß. Das Holz schwindet in der Faserrichtung bedeutend weniger als quer dazu. Man leimt die einzelnen Stücke deshalb so aufeinander, daß ihre Fasern sich kreuzen. Sie suchen sich dann gegenseitig am Schwinden zu hindern. Modelle von Rad- oder Scheibenkränzen werden in der durch Abb. 75 dargestellten Weise durch Aufeinanderleimen von Kreissegmenten mit gegeneinander versetzten Fugen gebildet.

Modelle für besonders umfangreiche Gußstücke, die nur einmal gegossen werden sollen, namentlich für Umdrehungskörper, Zylinder, Rohre u. dgl., stellt man aus Lehm her. Man kann sie dann leicht in der weiter unten bei der Herstellung der Kerne beschriebenen Weise mit Hilfe einer Schablone drehen. Die Lehmmodelle werden getrocknet und geschwärzt oder lackiert. Einzelne Modellteile, wie Flanschen, Stützen usw., setzt man als Holzmodelle an das Lehmmodell.

Modelle aus Metall benutzt man hauptsächlich bei Formmaschinen. Sollen mit einem Modell nur wenige Formen auf der Maschinen geformt werden, so macht man das Modell auch wohl aus Gips.

Bei der Herstellung der Modelle muß alles zum guten Gelingen des Gusses Erforderliche berücksichtigt werden. Von der zweckmäßigen Gestaltung der Modelle hängt in hohem Maße das wirtschaftliche Arbeiten einer Gießerei ab. Die Gestaltung der Modelle liegt in erster Linie in der Hand des Konstrukteurs. Dieser muß sich daher schon beim Entwerfen über alle Vorgänge bei der Herstellung, besonders beim Gießen, klar werden. Da er aber meist zu wenig Gießereifachmann ist, so muß er in dauernder Verbindung mit dem Gießereileiter stehen und mit ihm die Konstruktion schwieriger Gußstücke durchsprechen. Oft läßt sich durch eine kleine Änderung der Konstruktion eines Werkstückes dessen Einförmigkeit erleichtern, was eine Verringerung der Herstellungskosten bedeutet.

Um ein gutes Ausheben der Modelle aus dem Sande zu ermöglichen, muß man allen Modellteilen nach der der Ausheberichtung entgegengesetzten Seite hin eine schwache Verjüngung (Neigung 1 : 20 bis 1 : 30) geben. Dies muß aber nicht dem Modelltischler überlassen, sondern

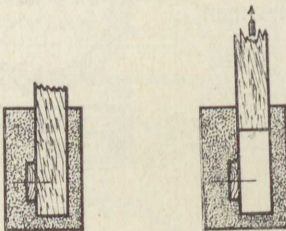


Abb. 76 und 77. Modell mit lose angeheftetem Auge.

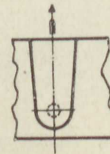


Abb. 78. Ersatz des losen Auges durch eine Platte.

schon vom Konstrukteur berücksichtigt werden. Die Modelle müssen so kräftig gestaltet werden, daß sie sich beim Einstampfen nicht verziehen. Große, kastenartige Modelle müssen deshalb im Innern gut versteift werden. Augen, Rippen, Arbeitsleisten und andere Modellteile findet man oft so angeordnet, daß sie sich mit dem Hauptmodell zusammen nicht ausheben lassen. Man heftet sie deshalb nur so lose an dieses an, daß sie beim Ausheben des Modelles im Sande stecken bleiben und dann nachträglich für sich ausgehoben werden müssen (Abb. 76 und 77). Die losen Teile können sich dann aber beim Einstampfen des Modells leicht verschieben, auch gehen sie oft verloren. Man kann diese Übelstände in den meisten Fällen durch entsprechende Konstruktion vermeiden und die Teile fest mit dem Hauptmodell verbinden.

Wie Abb. 78 zeigt, kann man das lose angeheftete Auge oft durch eine feste, bis zur Teilfuge des Modells durchgehende Platte ersetzen, die sich mit dem Hauptmodell zusammen ausheben läßt.

Abb. 79 zeigt die Grundfläche eines Gußstückes, bei dem die in der Form wagerecht liegenden Bearbeitungsleisten sich nicht mit dem Hauptmodell aus der Form heben lassen, sondern einzeln herausgeholt werden

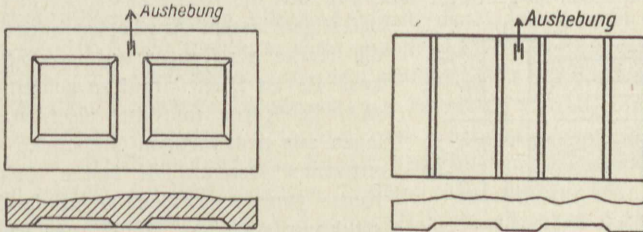


Abb. 79 und 80. Falsche und richtige Anordnung von Bearbeitungsleisten an Modellen.

müssen. Bei Abb. 80 dagegen können die Leisten fest am Modell sitzen und mit diesem zusammen ausgehoben werden, weil sie der Aushebungsrichtung parallel sind.

Abb. 81 und 82 zeigen, daß man oft eine Teilung des Modelles vermeiden kann.

Bei dem ungeteilten Modell, Abb. 82, können auch die Augen *a* fest mit der Grundplatte verbunden sein, während sie beim geteilten Modell, Abb. 81, nur lose angeheftet sein dürfen.

Um die Bildung der früher erwähnten Schwindungshohlräume und Lunker zu vermeiden, ist es wichtig, alle Wandstärken eines Gußstückes möglichst gleich groß zu halten und Materialanhäufungen zu vermeiden. Läßt sich dies nicht durchführen, so müssen zu

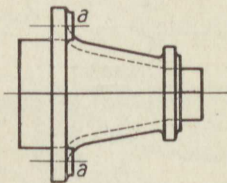


Abb. 81. Geteiltes Modell.

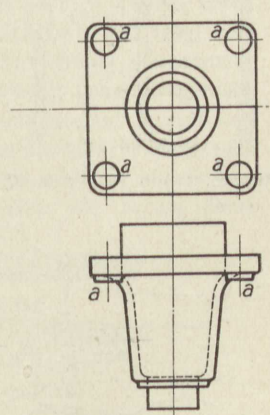


Abb. 82. Dasselbe Modell ungeteilt.

schriffe Übergänge von größeren Querschnitten zu kleineren durch Abrundungen vermieden werden.

Größere, während des Gießens wagerecht liegende Teile führen dazu, daß sich an ihrer Oberfläche Schlackenteilchen und Gasblasen absetzen

112 Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Schmelzbarkeit.

(Abb. 83). Dies kann man leicht vermeiden durch eine Gestaltung des Stückes nach Abb. 84.

Besondere Überlegung erfordert die Anordnung der Kerne. Die Gußstücke müssen so gestaltet sein, daß sich die Kerne in der Form sicher befestigen lassen. Am besten bildet man die Kerne als Träger auf zwei Stützen aus. Es ist auch darauf zu achten, daß sich die Kerne und ihre eisernen Einlagen aus dem fertigen Gußstücke leicht entfernen lassen. Oft lassen sich die Kerne ganz vermeiden, wenn der Konstrukteur statt der Hohlkörper Rippenkörper verwendet.

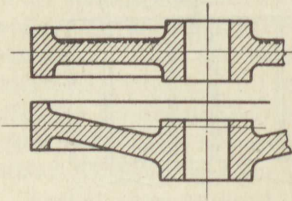


Abb. 83 und 84. Vermeidung wagenrechter Teile.

Formerwerkzeuge.

Die wichtigsten Formerwerkzeuge sind die Stampfer zum Feststampfen der Formstoffe um das Modell. Man verwendet zunächst Spitzstampfer (Abb. 85), um den Formstoff von allen Seiten fest an das Modell zu drücken. Ist dieses vollständig im Formsand eingebettet, so stampft man weiter mit Plattstampfern (Abb. 86). Beides sind

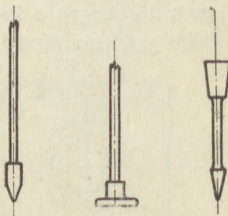


Abb. 85. Abb. 86. Abb. 87.

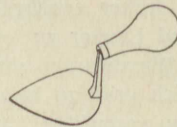


Abb. 88.

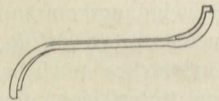


Abb. 92.

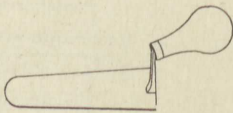


Abb. 89.

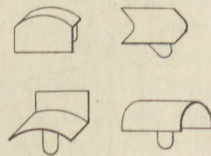


Abb. 93.

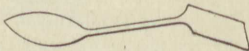


Abb. 90.



Abb. 91.

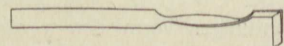


Abb. 94.

Abb. 85—94. Formerwerkzeuge.

eiserne Schuhe mit Holzstielen. Für kleine Formen, die auf dem Tische hergestellt werden, benutzt man hölzerne Stampfer (Abb. 87), eine Vereinigung von Spitz- und Plattstampfern. Statt der von Hand bewegten Stampfer verwendet man immer mehr Druckluftstampfer, die bedeutend wirtschaftlicher arbeiten. Während man mit dem Handstampfer in der Minute 80—100 Stöße ausführen kann, macht ein Druckluftstampfer in derselben Zeit 500—600 Stöße. Außerdem sind die Stöße alle gleichmäßig stark, da die allmähliche Ermüdung des Arbeiters fortfällt. Andere Formerwerkzeuge sind der Luftspieß zum Einstechen feiner Kanäle in die Form, damit die Luft und die sich beim Gießen bildenden Gase abziehen können. Poliereisen oder Truffeln (Abb. 88 und 89), Lanzetten (Abb. 90 und 91), Polier-S (Abb. 92), Polierknöpfe (Abb. 93) und Sandhaken (Abb. 94) zum Glätten und Ausbessern der Form, Blasebalg zum Ausblasen der Form, Staubbeutel zum Ausstauben der Form mit Kohle oder Graphit, Formerstifte, lange dünne Drahtstifte zum Befestigen gefährdeter oder angeflickter Formteile.

Herdformerei

wird angewandt bei einfachen Gußstücken, die mindestens eine ebene Fläche haben und bei denen auf sauberes Aussehen kein großer Wert gelegt wird. Es wird auf der Gießereisohle eine genau wagerechte Fläche aus Formsand, der Herd, hergestellt. Man gräbt zu dem Zwecke einen Teil der Gießereisohle auf, füllt ihn mit lockerem Sande und trägt eine Schicht Modellsand auf, klopft in genügender Entfernung voneinander zwei Holzleisten unter Benutzung einer Wasserwage genau wagerecht in den Sand, legt über diese ein Richtscheit und streicht mit diesem ebenfalls unter Benutzung der Wasserwage die Sandoberfläche wagerecht ab. Wo viel auf dem Herde gegossen wird, ersetzt man die Holzleisten durch genau wagerecht liegende Eisenschienen (Abb. 95). In den Herd

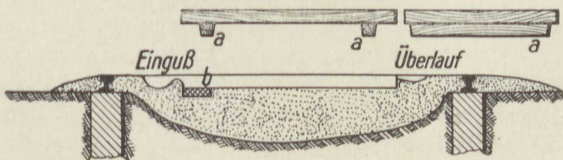


Abb. 95. Herdgußform.

wird das Modell eingedrückt und der Modellsand ringsherum festgestampft. Dann wird das Modell vorsichtig ausgehoben, der dadurch entstehende Hohlraum, die Form, geglättet, nötigenfalls geflickt und mit Kohlenpulver ausgestaubt. In die fertige Form wird dann das flüssige Gußeisen
Meyer, Technologie. 5. Aufl. 8

eingegossen. Abb. 95 zeigt die Form für eine auf dem Herde zu gießende rechteckige Platte. Das Modell ist mit zwei sogenannten Dämmleisten α versehen, damit es sich nicht verzieht. Die durch diese Leisten im Formsande ausgesparten Hohlräume werden nachträglich mit Sand gefüllt. Solche Dämmleisten werden am Modell durch sich kreuzende schwarze Linien kenntlich gemacht. Man macht das Modell etwas stärker als die Platte, damit man die Form nicht bis zum obersten Rande voll zu gießen braucht, sondern nur so weit, bis das Eisen in den die richtige Dicke der Platte begrenzenden Überlauf fließt. Man gießt das Eisen nicht direkt in die Form, um diese nicht zu beschädigen, sondern in einen daneben angebrachten Einguß, der auch die Schlacke zurückhält. Um zu verhindern, daß das aus dem Einguß in die Form fließende Eisen den Sand aufwühlt, empfiehlt es sich, bei b eine getrocknete und geschwärzte Lehmplatte einzulegen.

Kastenformerei.

Gußstücke, die sich nicht im Herde formen lassen, und solche, die überall saubere Oberflächen haben sollen, gießt man in allseitig geschlossenen Formen und formt sie mittels Formkästen ein. Zum Formen ungeteilter oder zweiteiliger Modelle gehören immer zwei Formkästen zusammen. Bei mehrfach geteilten Modellen mehrere. Die Formkästen bestehen gewöhnlich aus Gußeisen, seltener aus Schmiedeeisen oder Holz. Abb. 96 zeigt ein einfaches Formkastenpaar. Damit die zusammengehörenden Kästen, Ober- und Unterkasten, immer in genau dieselbe Lage zueinander gebracht werden können, ist der eine mit Stiften a , der andere mit Ösen b versehen, die genau ineinander passen. Da die Löcher sich mit der Zeit erweitern (ausleiern), so dreht der Former sowohl beim Auseinandernehmen als auch beim Wiederaussetzen des Kastenpaares den Oberkasten immer nach rechts, damit die Stifte sich

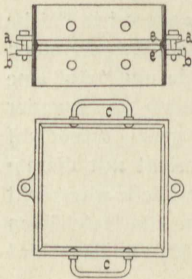


Abb. 96. Formkästen.

immer an derselben Seite der Lochwand führen. Der Oberkasten kommt dann immer in genau dieselbe Lage zum Unterkasten. Die Handgriffe c werden bei großen Kästen durch Zapfen ersetzt, mit denen die Kästen in einem Kran drehbar aufgehängt werden. Die Sandleisten e verhindern das Herausfallen des Formstoffes. Große Kästen teilt man durch eingesetzte Zwischenwände oder Schoren in mehrere kleine.

Abb. 97 bis 99 veranschaulichen das Einfüllen einer Stopfbuchse in Formkästen. Das Modell ist zweiteilig und mit Kernmarken versehen. Man legt die mit Löchern versehene Modellhälfte a auf ein Modellbrett, setzt den Unterkasten darüber, bringt zunächst Modellsand, dann Füll-

sand ein und stampft diesen fest (Abb. 97). Dann wendet man das Modellbrett mit dem darauf stehenden Unterkasten, setzt diesen auf die Gießereisohle und nimmt das Modellbrett fort. Nun glättet man die das Modell umgebende Sandfläche mit dem Poliereisen, streut trockenen Sand darauf, um das Anhaften des Oberkastensandes zu verhindern und legt die Modellhälfte *b* genau auf die schon eingeformte *a*, setzt den Oberkasten auf den Unterkasten und stampft ihn voll Sand, jedoch formt

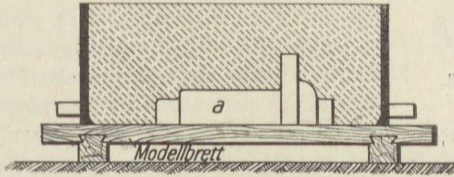


Abb. 97.

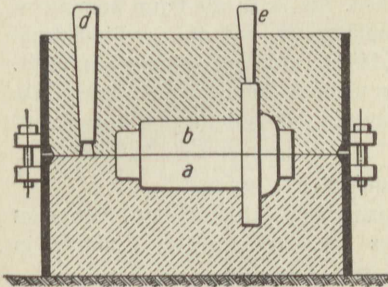


Abb. 98.

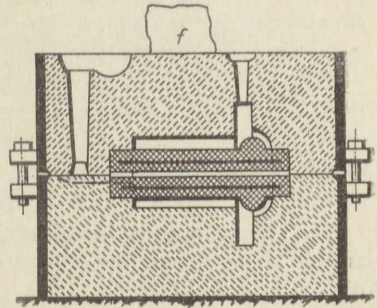


Abb. 99.

Abb. 97–99. Einformen einer Stopfbuchse.

man in den Sand zwei kegelförmige Holzmodelle *d* und *e* ein, die im Sande Löcher für das einzugießende Metall und die beim Gießen aus der Form entweichende Luft aussparen (Abb. 98). Ist der Formstoff nicht genügend porös, so werden mit dem Luftspieß noch Gaskanäle gestochen. Nach dem Aufstampfen des Oberkastens werden die Modelle *d* und *e* herausgezogen, der Oberkasten vorsichtig abgehoben, gewendet und neben den Unterkasten gestellt. Dann werden die die Modellhälften umgebenden Sandränder mit einem Pinsel und Wasser benetzt, damit der hier besonders der Gefahr des Abbröckelns ausgesetzte Sand fest zusammenklebt, und die Modellhälften mittels eines eingeschraubten Handgriffes unter stetigem Klopfen gegen diesen vorsichtig aus dem Sande gezogen. Nun wird die Form ausgebessert, poliert und ausgestaubt,

der Kern wird eingelegt und schließlich die beiden Kästen wieder zusammengesetzt und mit einem Gußstück *f* beschwert, damit sie durch das flüssige Eisen nicht auseinandergetrieben werden (Abb. 99).

Die Eingüsse setzt man, wie Abb. 100 zeigt, gewöhnlich neben die Form und läßt sie bis zur Trennungsebene der beiden Formkästen gehen.

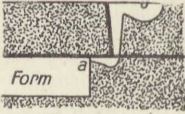


Abb. 100. Einguß.

Ihre tiefste Stelle verbindet man mit der Form durch einen kleinen Kanal, den Anschnitt, *a*. Dieser wird, wie die Abbildung zeigt, unter dem Einguß gewöhnlich etwas vertieft und erweitert. An der Mündung in die Form verjüngt man seinen Querschnitt, damit der Einguß beim Putzen des Gußstückes von diesem leicht abgebrochen werden kann.

Man gießt das Eisen nicht direkt in den Einguß, sondern in einen durch Erweiterung der Eingußöffnung geschaffenen sogenannten Sumpf *b*, über dessen Rand es in den Einguß läuft. Auf diese Weise wird das Einfließen von Schlacke in die Form verhindert. Hat das flüssige Eisen im Einguß eine große Höhe zu durchfallen, bis es in die Form kommt, so legt man in den Anschnitt eine Lehmplatte ein, auf die der Eisenstrahl trifft, damit er keinen Formsand aufwühlt und mit in die Form reißt. Bei Formmaschinen verwendet man vielfach Eingüsse und Anschnitte nach Abb. 101. Durch den zackenförmigen Anschnitt sollen Verunreinigungen zurückgehalten werden.

Abb. 102 zeigt eine neuere Eingußform.

Der Eingußtrichter setzt sich auf einen Schlackenlauf, von dem aus je nach Größe des Gußstückes ein oder mehrere Einläufe in die Form führen. Die Steigtrichter setzt man auf die höchsten Stellen der Form, damit alle Luft entweichen kann.

Sehr umfangreiche Modelle lassen

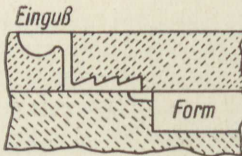


Abb. 101. Einguß bei Formmaschinen.

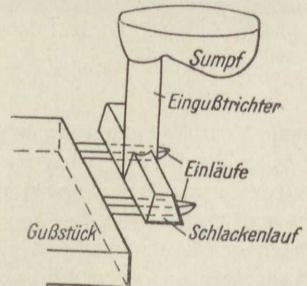


Abb. 102. Einguß mit Schlackenlauf.

sich schlecht im Ober- und Unterkasten einformen; man benutzt dann statt des Unterkastens die Gießereisohle und sichert die Lage des Oberkastens durch an seinen Ecken in die Gießereisohle eingeschlagene Holzpflocke.

Abb. 103 zeigt ein Beispiel dieses mit „verdeckter Herdguß“ bezeichneten Verfahrens. *a* sind die in die Gießereisohle geschlagenen Holzpflöcke. Die Abbildung zeigt auch, wie man einen tief in die untere Formhälfte hineinragenden Sandballen vor Abbrechen sichert. Man stampft eine große Zahl z-förmiger, in Lehmwasser getauchter Haken, die auf die Querwände des Formkastens gehängt werden, in den Sand ein.

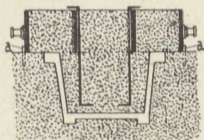


Abb. 103. Verdeckter Herdguß.

Im zweiteiligen Kasten lassen sich nur einfache Modelle einformen, die sich bei einer Zerteilung des Kastens bequem aus dem Sande heben lassen.

Ist dies nicht der Fall, so muß man drei- oder mehrteilige Kästen verwenden. Abb. 104 und 105 veranschaulichen das Einformen eines Deckelmodells im dreiteiligen Kasten. Das Modell ist dreiteilig. Es wird erst das Unterteil *a* auf ein Modellbrett gelegt und der Unterkasten darüber

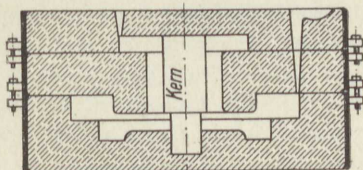
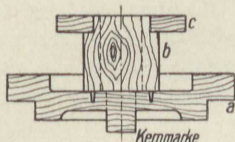


Abb. 104 und 105. Einformen im dreiteiligen Kasten.

aufgestampft. Dann wird der Kasten herumgedreht, das Mittelstück *b* aufgelegt und der Mittelkasten darum gestampft und schließlich wird das Flanschenmodell *c* aufgelegt und der Oberkasten aufgestampft.

Bei diesem Modell kann man auch mit einem zweiteiligen Kasten auskommen, wenn man, wie Abb. 106 zeigt, das Modell in derselben Weise teilt, aber den über dem Flanschen liegenden Formteil als besonders herauszunehmenden Sandballen *a* ausbildet. Man böschet zu dem Zwecke die Sandfläche in der gezeichneten Weise ab, streut trockenen Sand darauf oder legt Papierstreifen ein, um ein Festkleben des Ballens zu verhindern, und stampft nun den Sandballen auf. Zur bequemen Handhabung formt man eine Öse mit ein. Nach Abheben des Ballens hebt man das Flanschenmodell nach oben heraus, nimmt die beiden Kästen aus-

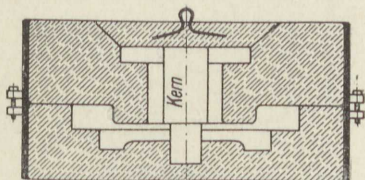


Abb. 106. Form mit Sandballen.

einander und hebt die andern Modellteile in der üblichen Weise aus. Statt des Sandballens kann man auch einen mit Schwärze überstrichenen Lehmdeckel auflegen.

Die Herstellung der Kerne.

Die Kerne werden aus Sand, Masse oder Lehm hergestellt. Dem Sande setzt man die bereits erwähnten Bindemittel Mehl, Öl, Melasse usw. zu. Die Kernmasse richtet sich nach dem Grade der Widerstandsfähigkeit, die man von dem Kerne verlangt. Für wenig widerstandsfähige Kerne genügt grüner Sand. Stärker beanspruchte macht man aus fettem Sand oder Masse. Dünne Kerne und solche von verwickelter Gestalt macht man aus gewöhnlichem getrockneten Quarzsand oder aus altem, mager gewordenen Formsand, den man mit den oben erwähnten Zusätzen vermischt und trocknet. Die größte Widerstandsfähigkeit besitzen hartgebrannte Lehmkerne. Diese haben aber den sogenannten Mehl- und Ölsandkernen gegenüber die Nachteile, daß sie dem Schwinden großen Widerstand entgegensetzen und sich schwer aus dem Gußstück beiseitigen lassen. Die Ölsandkerne leisten dem Schwinden geringeren Widerstand und ermöglichen deshalb dünnwandige Gußstücke. Beim Putzen zerbröckeln sie leicht und rieseln von selbst aus dem Gußstück heraus.

Zur Herstellung der Kerne benutzt man Kernkasten, Schablonen oder Kernformmaschinen. Die Kernkästen sind zweiteilige Kästen aus Holz oder Eisen mit einem der Gestalt des zu erzeugenden Kernes entsprechenden Hohlraume. Die gegenseitige Lage der Kastenhälften wird durch Dübel und Löcher gesichert. Abb. 107 zeigt einen Kernkasten für einen zylindrischen Kern,

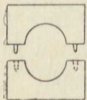


Abb. 107.

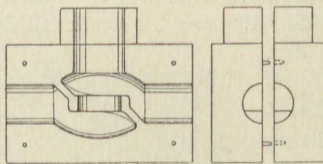


Abb. 108.

Abb. 107 und 108. Kernkasten.

Abb. 108 einen solchen für das in Abb. 74 dargestellte Ventilkörpermodell. Die beiden Kernkastenhälften werden von Hand, durch Klammern oder Schrauben zusammengehalten und mit Kernstoffen vollgestampft. Um den Kernen eine größere Steifigkeit und Widerstands-

fähigkeit zu geben, legt man während des Einstampfens Kerneisen aus Draht oder Eisenstäben ein. Größere Kerne versieht man im Innern mit einem vollständigen Eisengerippe. Zur Abführung der sich beim Gießen bildenden Gase aus dem Kerninnern müssen Luftkanäle

geschaffen werden. Die Kerne werden getrocknet und mit Schwärze überzogen. Die Mehl- und Ölsandkerne müssen besonders vorsichtig und gleichmäßig getrocknet werden. Jede Sandmischung hat ihre besondere Trockentemperatur und Trockenzeit, die am besten durch Versuche festgestellt werden. Die Trockenöfen müssen deshalb mit zuverlässigen, von außen sichtbaren Temperaturmeßinstrumenten versehen sein. Sehr empfehlenswert sind selbstaufzeichnende Temperaturmesser.

Kerne für Rohre, Säulen und ähnliche Teile werden auf einer Kerndrehbank Abb. 109 mittels Schablone hergestellt. Als Kerneisen benutzt man ein Gasrohr *b*, in dessen Wandung zahlreiche kleine Löcher zum

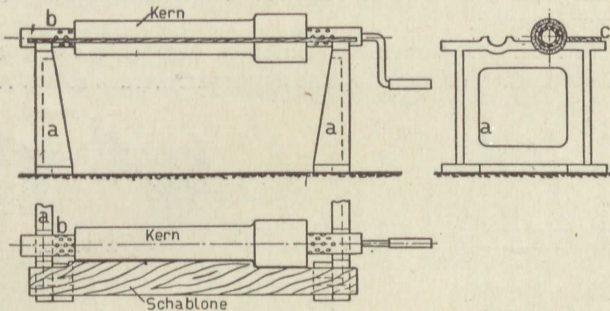


Abb. 109. Kerndrehbank.

Durchlassen der Gase gebohrt sind. Das Rohr wird mit Stroh- oder Holz- wolleseilen umwickelt, darauf wird Lehm aufgetragen und mittels einer Holzschablone *c* auf einer einfachen, aus zwei Böcken *a* bestehenden Kerndrehbank auf die verlangte Dicke von Hand abgedreht.

Das Einlegen der Kerne in die Gußformen muß sehr vorsichtig geschehen. Vor allem ist darauf zu achten, daß die Kerne so gestützt werden, daß sie durch das einfließende Eisen nicht aus ihrer Lage verdrängt werden können. Man muß sie deshalb, wenn sie durch das Einlegen in die durch die Kernmarken ausgesparten Löcher nicht genügend festgehalten werden, durch breitköpfige Kernnägeln, durch Kernstützen oder Kernsteifen in ihrer Lage sichern. Die Kernsteifen bestehen aus kleinen Eisenplatten, die durch Stifte miteinander verbunden sind. Sie werden vollständig in das eingegossene Eisen eingeschlossen und müssen deshalb verzinkt sein. Abb. 110 zeigt, wie ein Kern durch

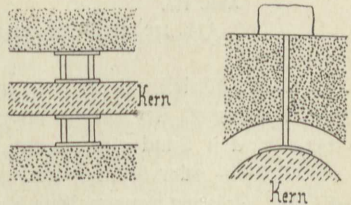


Abb. 110 und 111. Eingelegte Kerne.

solche Kernsteifen nach beiden Seiten gegen die Formwände abgestützt wird, während Abb. 111 die Stützung eines Rohrkernes gegen Durchbiegung nach oben infolge des Auftriebes darstellt. Der Stift der Kernsteife ist bis an die Sandoberfläche des Formkastens durchgeführt und mit einem Eisenstück beschwert.

Wichtig ist auch, für eine gute Luftabführung zu sorgen. Man muß deshalb durch den Formkastensand hindurch mit dem Luftspieß bis zu den Kernen hin Kanäle stechen.

Bei manchen Gußstücken ist das Einlegen der Kerne nur bei Verwendung sog. Schleif- oder Schlepptmarken als Kernmarken am Modell möglich. Das in Abb. 112—117 dargestellte Beispiel soll dies Verfahren erläutern.

Das in Abb. 112 dargestellte Gußstück hat bei *a* und *b* einfache zylindrische Löcher, die durch Kerne ausgespart werden sollen. Abb. 113

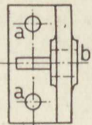
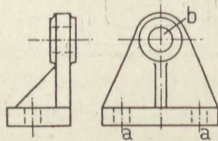


Abb. 112.

Kernkasten

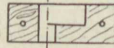


Abb. 114.

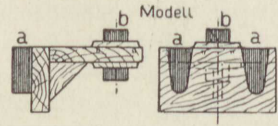


Abb. 113.



Abb. 115.

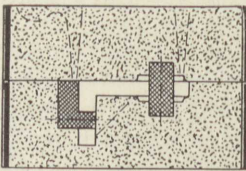


Abb. 116.

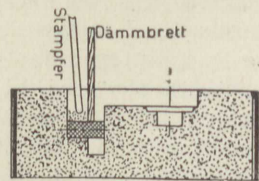


Abb. 117.

Abb. 112—117. Einformen eines Modells mit Schlepptmarken.

zeigt das Modell mit den schwarzen Kernmarken. Die Kernmarke *b* hat die Gestalt des zylindrischen Kerns, der, wie Abb. 116 zeigt, senkrecht in den Sand eingesteckt wird. Die Kernmarken *a* dagegen sind sog. Schleif- oder Schlepptmarken und sparen im Sande Hohlräume aus, die das Einlegen wagerechter Kerne ermöglichen. Die den Schleifmarken entsprechenden Kerne werden in dem in Abb. 114 dargestellten Kern-

kasten hergestellt. Ihre Gestalt zeigt Abb. 115; ihre Lage in der fertigen Form Abb. 116. Statt dieser Kerne kann man, wie Abb. 117 zeigt, auch einfache zylindrische Kerne einlegen und den durch die Schleifmarke ausgesparten Raum nachträglich unter Benutzung eines Dämmbrettes mit Sand vollstampfen.

Schablonenformerei.

Beim Formen von Umdrehungskörpern kann man die Kosten für die Modelle ersparen, wenn man die Form mittels einer um eine feste Achse gedrehten Schablone aus dem Formstoff herausgearbeitet. Die Schablonen sind Bretter, die an einer Seite nach dem Profil des zu formenden Körpers zugeschnitten und durch Abschrägen der Kanten mit Schneidkanten versehen sind. Sie werden, wie Abb. 118 zeigt, an einem eisernen Arme befestigt, der sich um eine senkrechte Spindel a drehen läßt. Die Spindel

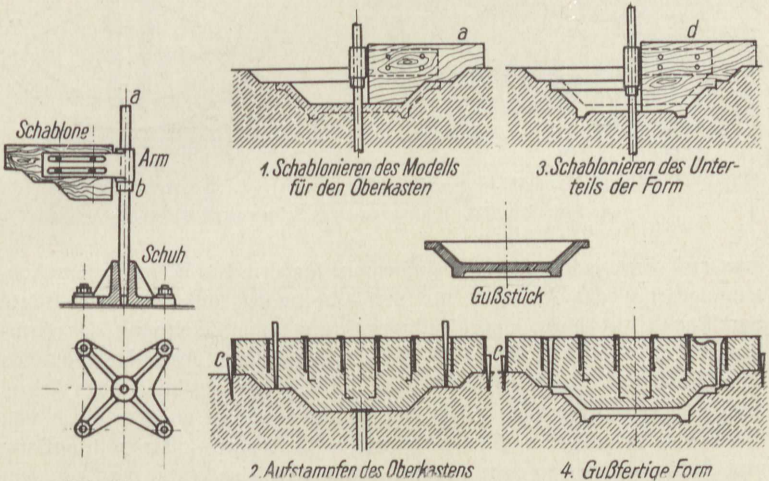


Abb. 118.
Schablonier-
vorrichtung.

Abb. 119. Einformen einer großen Schale durch Schablonenformerei.

steckt in einem unterhalb der Gießereisohle angebrachten eisernen Schuh. Ein Stellring b sichert die Lage des Armes.

Abb. 119 zeigt das Einformen einer großen gußeisernen Schale durch Schablonenformerei. Aus dem festgestampften Sande schneidet man zunächst mit der Schablone a eine Vertiefung aus, die als Modell für den Oberkasten dient (1). Dann entfernt man Spindel und Schablone, bestreut die Sandfläche mit trockenem Sande, setzt den Oberkasten auf, sichert seine Lage durch Einschlagen von Holzpflocken c und stampft ihn auf (2).

Der aus dem Kasten nach unten hervorragende Sandballen wird dabei durch eingehängte Z-förmige eiserne Haken befestigt. Nach Abheben des Oberkastens und Wiedereinsetzen der Spindel wird mit der Schablone *d* der Unterteil der Form ausschabloniert (3). Nach Beseitigung der Spindel wird nun die Form in bekannter Weise fertiggemacht und der Oberkasten aufgesetzt (4).

Bei Schwungrädern, Riemenscheiben und ähnlichen Umdrehungskörpern kann man die Nabe und Arme nicht mit den um die Spindel gedrehten Schablonen formen. Wie die Abb. 120 und 121 veranschaulichen, formt man die Nabe durch eingesetzte Holzmodelle. Die Arme kann

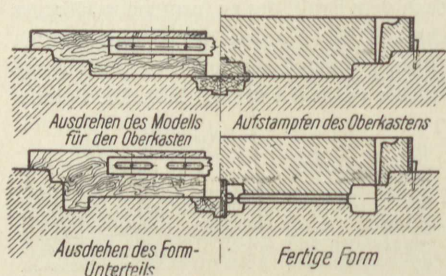


Abb. 120 und 121.

Abb. 120–122. Einformen eines Schwungrades.

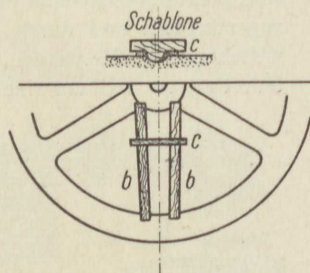


Abb. 122.

man auf verschiedene Weisen einformen. Man ritzt z. B. nach dem Ausschablonieren des Modelles für den Oberkasten auf die ausgedrehte Sandfläche mit Hilfe einer Teilvorrichtung eine Zeichnung des Armkreuzes. Diese drückt sich auch auf der Sandfläche des aufgestampften Oberkastens ab. Dann legt man längs der Begrenzungslinien eines Armes zwei Führungsbrettchen *b* (Abb. 122), führt zunächst an dem einen von diesen eine Schablone *c*, die das kleinste halbe Armprofil darstellt, entlang und dann ebenfalls an dem andern. Auf diese Weise kratzt man aus dem Sande die halbe Armform heraus. Dasselbe macht man dann auch im Oberkasten.

Maschinenformerei.

Beim Formen von Hand erfordert das Einformen und Ausheben der Modelle sowie besonders das nachträgliche Ausbessern der Formen geschickte, teure Arbeiter. Bei Benutzung von Formmaschinen gelingt jedoch das Ausheben der Modelle ohne Beschädigung der Formen auch ungeübten, billigeren Arbeitern, das Ausbessern fällt fort und bei manchen Formmaschinen auch das Feststampfen des Sandes, da dieser durch die Maschine festgepreßt wird. Die Maschinenformerei bewirkt deshalb eine

bedeutende Zeitersparnis. Sie ist allerdings nur wirtschaftlich bei dauernder Massenherstellung. Die Formmaschinen verwenden an Stelle der Modelle Modell- oder Formplatten, mit denen die aus Eisen oder Metalllegierungen bestehenden Modellhälften entweder als ein Stück vergossen sind, oder auf die sie aufgeschraubt werden. Die Modellplatten tragen entweder nur auf einer Seite oder, wenn sie als Wendepplatten ausgeführt sind, auf beiden Seiten Modellhälften. Vielfach verwendet man statt der Platten auch eiserne Rahmen, in denen die Modellhälften durch Umgießen mit Gips befestigt sind. Um die Modelle ohne Beschädigung der Form aus dem Sande ziehen zu können, bewegen sich die das Modell-

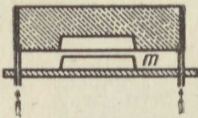


Abb. 123.

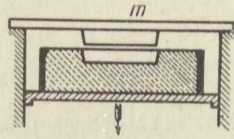


Abb. 124.

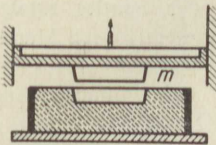


Abb. 125.

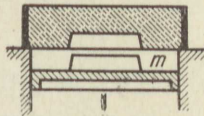


Abb. 126.

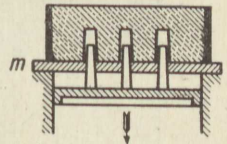


Abb. 127.

Abb. 123—127. Arbeitsweise der Formmaschinen.

ausheben bewirkenden Teile der Maschinen in genau senkrechten Führungen. Die Trennung der Modellplatte von der Form kann auf die durch die Abb. 123—127 veranschaulichten Weisen erfolgen:

1. Die Modellplatte *m* bleibt liegen, der Kasten wird nach oben abgehoben (Abb. 123).
2. Die Modellplatte *m* bleibt liegen, der Kasten wird nach unten abgesenkt (Abb. 124).
3. Der Kasten bleibt liegen, die Modellplatte wird nach oben abgehoben (Abb. 125).
4. Der Kasten bleibt liegen, die Modellplatte wird nach unten abgesenkt (Abb. 126).
5. Der Kasten bleibt auf der Modellplatte *m* liegen, das Modell wird durch die Platte hindurchgezogen (Durchziehmaschinen) (Abb. 127).

Die Verfahren 2 und 3 bieten den Vorteil, daß abgebrochene Sandteile in der Form und nicht auf der Modellplatte liegenbleiben. Sie lassen sich dann leichter anflücken.

Einteilung der Formmaschinen.

Der Besprechung der gebräuchlichsten Formmaschinen soll folgende Einteilung zugrunde gelegt werden:

Handstampfmaschinen.

Abhebemaschinen.

Wendeplattenmaschinen.

Durchziehmaschinen.

Preßmaschinen

mit einseitiger Pressung,

mit doppelseitiger Pressung.

Kastenlose Formmaschinen.

Rüttelformmaschinen.

Schleudermaschinen.

Kernformmaschinen.

Zahnräderformmaschinen.

Handstampfmaschinen.

Das Verdichten des Sandes erfolgt wie bei der Handformerei durch Handstamper.

Abb. 128 zeigt eine einfache Abhebemaschine. Die Modellplatte *a* ist zur Sicherung der Lage des Formkastens bei *b* mit Stiften bzw. Ösen versehen. Die Kästen werden von Hand vollgestampft und dann durch vier am Kreuze *c* befestigte Stifte *d* mittels der durch Fuß betätigten Hebelvorrichtung *f* und der Führung *e* genau senkrecht abgehoben. Bei der Verwendung solcher Maschinen muß man entweder zwei Maschinen nebeneinander benutzen, von denen die eine nur Unter-, die andere nur Oberkasten formt, oder man muß auf einer Maschine erst eine Anzahl Unterkasten und dann nach Auswechseln der Modellplatte die gleiche Anzahl Oberkasten formen. Dies ist nicht nötig bei den Wendeplatten-Formmaschinen, von denen Abb. 129 ein Beispiel zeigt. Die Wendeplatte *a* trägt auf beiden Seiten eine Modellhälfte und ruht mit

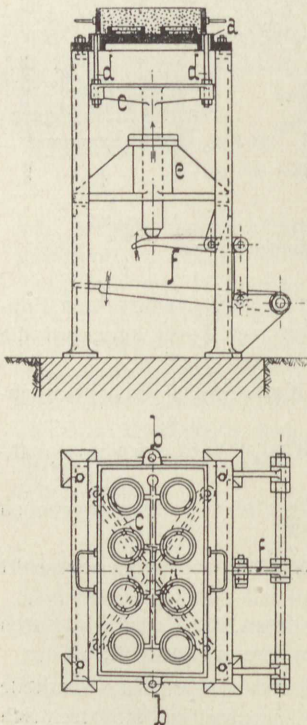


Abb. 128. Abhebemaschine.

zwei Zapfen drehbar in Lagern *b*, die von zwei senkrecht verschiebbaren Säulen *c* getragen werden. Durch die Schrauben *d* können die Zapfen in ihrer Lage gesichert und die Wendeplatte am eigenmächtigen Drehen gehindert werden. Die Säulen *c* sind unten mit Zähnen versehen, in die zwei auf der Welle *e* sitzende Zahnräder *f* greifen. So können die Säulen durch Drehen des Hebels *h* gehoben und gesenkt werden und mit ihnen die Wendeplatte mit dem aufgesetzten Formkasten. Am Gestell der Maschine ist ein Geleise *g* für den kleinen Wagen *w* befestigt. Die Maschine arbeitet folgendermaßen: Auf die nach oben gerichtete Seite der Wendeplatte setzt man einen Kasten, verklammert ihn durch die Riegel *r* und stampft ihn auf. Dann hebt man die Säulen *c* durch Drehen des Hebels *h* so weit, daß man die Platte mit dem Kasten um 180° drehen kann, senkt das Ganze wieder, bis der Kasten auf dem untergeschobenen

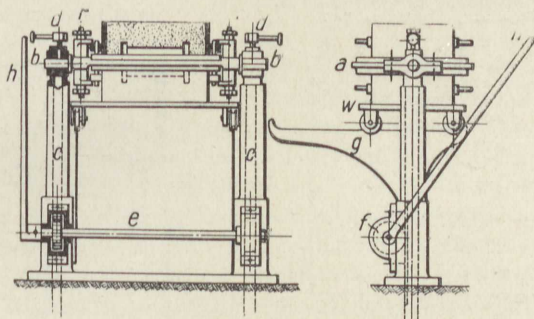


Abb. 129. Wendeplatten-Formmaschine.

Wagen *w* ruht. Nun löst man die Riegel *r* und hebt unter leichtem Klopfen die Wendeplatte durch abermaliges Drehen des Hebels *h*, bis das Modell ausgehoben ist. Der fertige Kasten wird dann zur Seite gefahren und abgesetzt. Nun wird der andere Kasten auf die jetzt nach oben gerichtete Seite der Wendeplatte gesetzt und ebenso fertiggestellt. Bis zu Kastengrößen 500×500 mm lassen sich solche Maschinen von einem Mann bedienen und liefern 30—40 Kästen täglich.

Beim Ausheben steiler Modellteile ohne Verjüngung oder solcher, die zwischen sich nur schmale Sandstreifen stehen lassen, kann die Form leicht durch Abreißen einzelner Sandteile beschädigt werden. Dies vermeiden Durchziehmaschinen, die nach Abb. 130 arbeiten. Bei dem dargestellten Zahnradmodell ist besonders der Sand zwischen den Zähnen gefährdet. Man schaltet deshalb eine Durchziehplatte *a* ein, die sich genau in die Zahnlücken legt und den Sand beim Ausziehen des Modelles nach

unten stützt. Man zieht nicht immer das ganze Modell durch die Durchziehplatte, sondern oft nur die Teile, deren Ausheben besonders schwierig ist. Bei Rippenheizkörpern z. B. nur die Rippen, bei Riemenscheiben den Kranz.

Statt der Durchziehplatten verwendet man auch Abstreifplatten oder Abstreifkämme, deren Wirkungsweise Abb. 131 veranschaulicht. Eine sich genau den Zahnlücken anpassende Abstreifplatte *a* ist in die Modellplatte *b* eingelegt und wird nach dem Aufstampfen des Kastens

durch die Stifte *c* mit dem Kasten zugleich über das Modell gestreift und nach oben abgehoben, um später wieder in die Modellplatte eingelegt zu werden. Die Abbildung zeigt

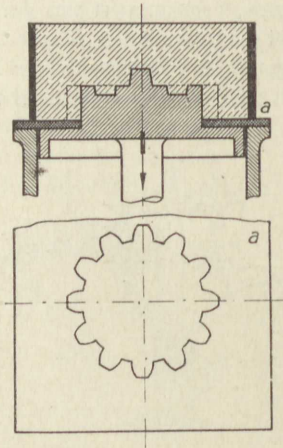


Abb. 130. Arbeitsweise der Durchziehmaschinen.

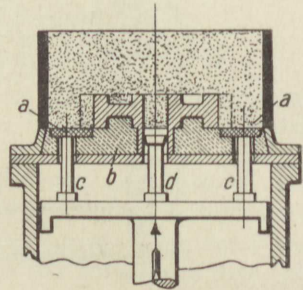


Abb. 131. Abstreifplatte.

auch, daß man bisweilen auch die Kerne auf der Formmaschine gleich mitformt. Die innere Bohrung des Modells wird dabei gewissermaßen als Kernkasten benutzt. Beim Abheben des Kastens und der Abstreifplatte drückt der Stempel *d* den den Kern bildenden Sand mit nach oben aus.

Preßmaschinen

sind Formmaschinen, bei denen auch das Verdichten des Formsandes von der Maschine ausgeführt wird. Ihre Arbeitsweise veranschaulicht Abb. 132. Auf den auf die Modellplatte gesetzten Formkasten wird ein Füllrahmen gelegt, um den nötigen Raum für den lockeren Sand zu schaffen, dann werden Kasten und Rahmen mit Sand gefüllt und durch Druckwasser, Druckluft oder Hebeldruck die Modellplatte gehoben und so gegen einen feststehenden Preßklotz gedrückt, daß aller Sand aus dem Füllrahmen in den Kasten gepreßt wird. Dasselbe erreicht man auch, wenn Modellplatte und Formkasten festliegen und der Preß-

klotz von oben in den Rahmen gedrückt wird. Nach vollzogener Pressung senkt man die Modellplatte wieder, der Formkasten bleibt schließlich auf den feststehenden Abhebestiften *a* liegen, während die Modellplatte sich noch weiter senkt und so das Modell nach unten aus dem Sande herauszieht. Um ein Füllen des Formkastens mit Sand zu ermöglichen, läßt sich der Preßklotz entweder an einem Hebel zurückklappen (vgl. Abb. 133) oder mittels eines kleinen Wagens zurückfahren.

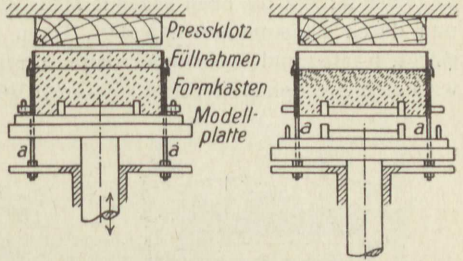


Abb. 132 und 133. Arbeitsweise der Formpresse.

Die Pressung wird auch so ausgeführt, daß Modellplatte und Formkasten still liegen und der Preßklotz in den Füllrahmen hineingedrückt wird (Abb. 136). An Stelle des Preßklotzes kann auch die Modellplatte treten, gegen die man den gefüllten Kasten von unten drückt (Abb. 135). Der Sand wird am stärksten verdichtet unmittelbar unter dem Preßklotz, am geringsten unmittelbar am Modell. Dies ist natürlich ungünstig. Das Verfahren wird deshalb nur bei flachen Modellen angewandt. Starke Hervorragungen würden ein ungleichmäßiges Verdichten des Sandes zur Folge haben. Diese Nachteile werden vermieden bei den Rüttelformmaschinen (siehe später). Abb. 134 zeigt eine mit Druckwasser betriebene Formpresse. Die Modellplatte *m* sitzt auf einem Kolben *a*, der im Zylinder *b* durch Druckwasser gehoben werden kann. Der Preßklotz *c* ist an dem Preßkopfe *d* befestigt, der an zwei um die Zapfen *e* schwingenden Hebeln *f* je nach der Kastenhöhe verstellbar ist. Die Stangen *f* stützen sich mit Zapfen *g* gegen die Spiralfedern *i*. Beim Formen läßt man durch die Steuerung *h* zunächst Druckwasser unter den Kolben *a* treten und hebt dadurch die Modellplatte *m* etwas über die vier Stifte *k* hinaus. Dann setzt man Formkasten und Füllrahmen auf und füllt sie bei zur Seite geschwenktem Preßkopf mit Sand. Hierauf schwenkt man den Preßkopf hoch, läßt weiter Druckwasser unter den Kolben treten und preßt den Sand fest. Läßt man nun das Druckwasser abfließen, so senkt sich der Kolben, der Formkasten bleibt auf den Stiften *k* liegen und kann abgenommen werden.

Auf dieser Maschine können zurzeit nur Ober- oder nur Unterkästen hergestellt werden, man macht aber auch bei den Formpressen von den Vorteilen der Wendeplatte Gebrauch, wie die in Abb. 135 dargestellte Druckwasserformmaschine des Hüttenwerkes in Wasseralfingen zeigt.

Hier dient die Wendeplatte auch gleich als Preßkopf. Sie trägt auf jeder Seite eine Modellhälfte *m* und ist in den Lagern *a* drehbar, die in dem aus kräftigen \square -Eisen gebildeten Gestell der Maschine angebracht sind. Ein Riegel *c* sichert ihre richtige Lage. Die Arbeitsweise der Maschine ist folgende: Auf die oben liegende Modellplatte wird der Kasten gesetzt und durch Klammern *b* befestigt. Dann wird der Füllrahmen *d* aufgelegt, Kasten und Rahmen werden mit Sand gefüllt, und auf das Ganze wird eine Blechplatte *e* gelegt, die beim Wenden der Platte ein Heraus-

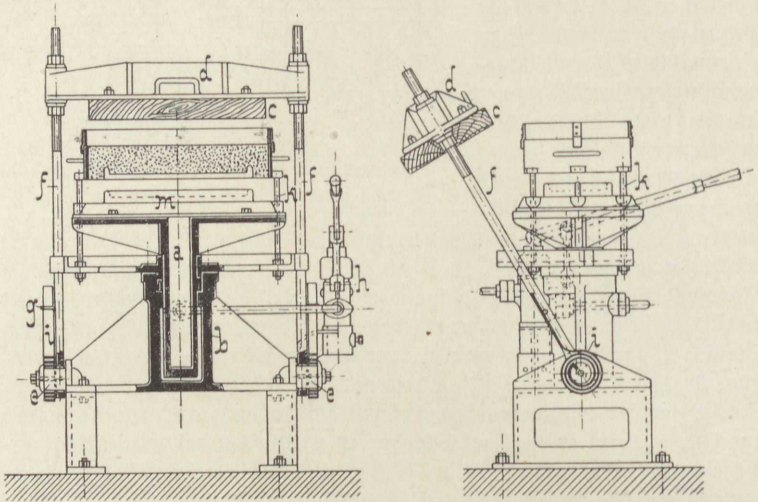


Abb. 134. Hydraulische Formpresse.

fallen des Sandes verhindern soll. Füllrahmen und Blechplatte werden mit dem Kasten verklammert. Hierauf wird der Riegel *c* gelöst und die Wendeplatte mittels des Handgriffes *i* um 180° gedreht. Nun wird der Sand festgepreßt, und zwar läßt man zu dem Zwecke vom Steuerapparat *f* aus Druckwasser unter den im Zylinder *l* verschiebbaren Kolben *g* treten. Die Platte *h* preßt dann allen Sand aus dem Füllrahmen in den Kasten. Dann läßt man den Kolben wieder sinken, nimmt den Füllrahmen ab, fährt einen auf Schienen laufenden Wagen *k* über den Kolben, läßt aufs neue Druckwasser in den Zylinder *l* eintreten, hebt dadurch den Wagen, bis er den Kasten berührt, löst die Verbindung zwischen Kasten und Wendeplatte, senkt den Kolben wieder, bis der Wagen auf seinen Schienen steht und mit dem Formkasten zur Seite gefahren werden kann. In derselben Weise wird dann auch der andere Kasten hergestellt.

Wo kein Druckwasser zur Verfügung steht und bei kleineren Modellen benutzt man Handhebelpressung zum Verdichten des Sandes. Dies geschieht z. B. bei der in Abb. 136 dargestellten Handpreßformmaschine (Vereinigte Modellfabriken Berlin-Landsberg), und zwar wird hier der

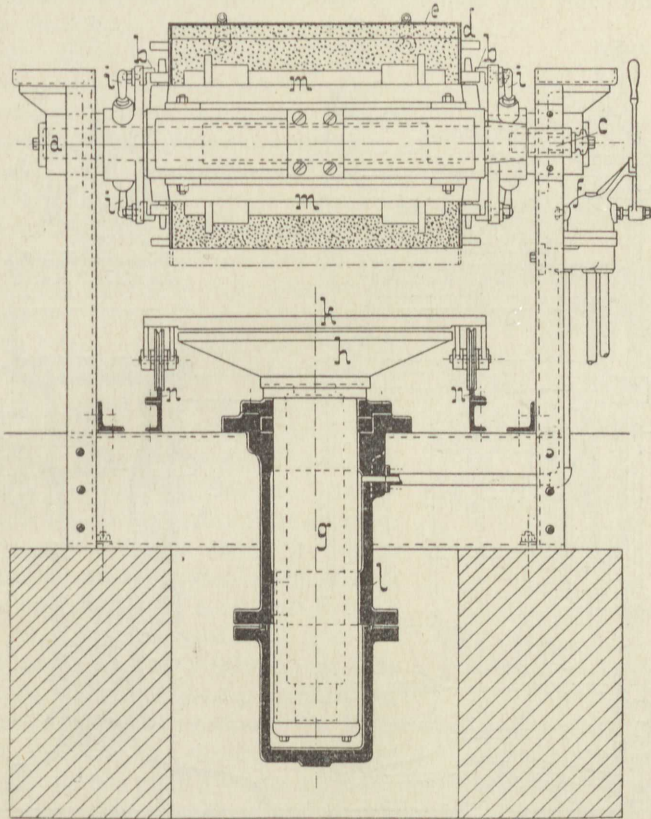


Abb. 135. Formpresse mit Wendeplatte.

Preßklotz von oben in den Füllrahmen gedrückt. Der die Preßvorrichtung tragende Holm *a* ist an zwei durch die Querstange *q* verbundenen Stangen *b* befestigt, die um die Zapfen *c* schwingen und beim Füllen des Kastens zur Seite geklappt werden. Das Pressen erfolgt durch Umlegen des Handhebels *d*. Hierdurch wird die Welle *e* gedreht und durch das auf ihr sitzende Kurvenstück *f* der Preßklotz *g* nach unten in den Füllmeyer, Technologie. 5. Aufl.

rahmen gedrückt. Beim Zurückdrehen des Hebels *d* geht der Preßklotz von selbst in seine Höchstlage zurück. Nach dem Festpressen des Sandes wird zunächst der Handhebel *h* mehrere Male kräftig hin und her bewegt, wobei sein oberes Ende gegen die beiden Anschläge *i* der Tischplatte

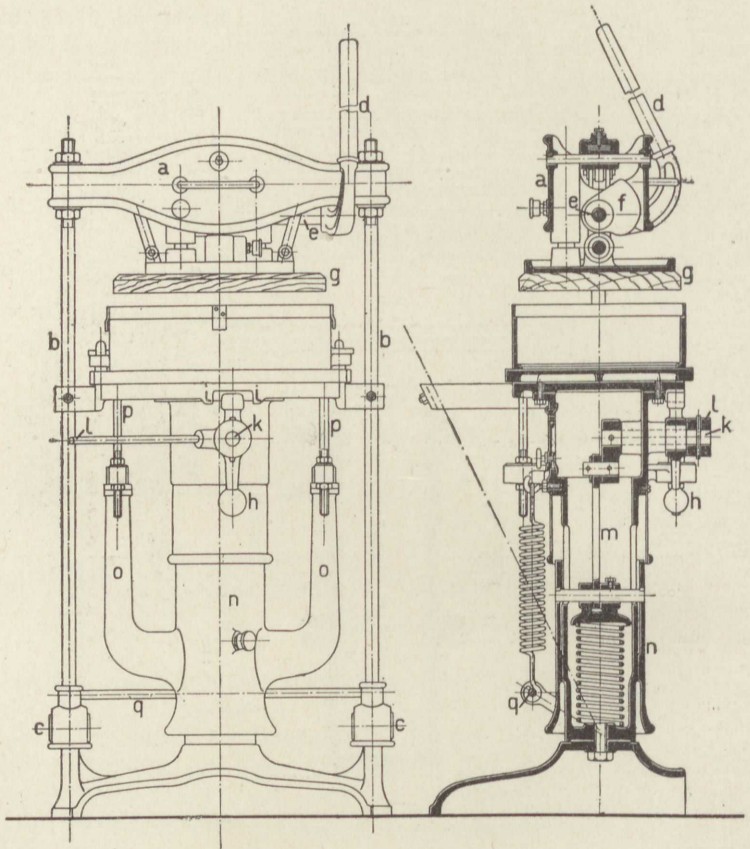


Abb. 136. Handpreßformmaschine.

klopft und das Modell vom Sande lockert. Dann wird der Kasten vom Modell abgehoben durch Drehen der kurzen Welle *k* mittels des auf ihr sitzenden Hebels *l*. Die Stange *m* hebt dabei die zylindrische Hülse *n* und mit ihr die von den beiden seitlichen Hörnern *o* getragenen vier Abhebestifte *p*. Der ganze Abhebemechanismus sowie der Preßholm *a* sind durch kräftige Spiralfedern ausbalanciert.

Bei der in Abb. 137 dargestellten Bonvillain-Formmaschine erfolgt das Festpressen des Sandes durch Hineinpressen eines Preßklotzes von oben in den Füllrahmen. Die Maschine hat zwei Druckwasserzylinder. Der obere *a* dient zum Sandpressen, der untere *b* zum Abheben des Formkastens und zum Ausdrücken der Kerne nach dem durch Abb. 131 veranschaulichten Verfahren. Der obere Zylinder steckt in einem um die Säule *d* schwenkbaren Holme *c*, der im eingeschwenkten Zustande durch den kräftigen Haken *e* mit dem Maschinengestell verklammert wird. Der Preßklotz *f* sitzt an dem Preßkolben *g*, *h* ist ein Rückzugkolben. Der Preßklotz läßt sich bis dicht über den Füllrahmen herunterschrauben, damit zum Pressen nur ein kurzer Hub nötig ist und Druckwasser gespart wird. Der untere Kolben *k* trägt die Platte *l* zur Aufnahme der Abhebestifte *i* und der Kernausrücker *n*. Damit die letzteren zur Wirkung kommen können, ruht die Modellplatte *m* auf einem Roste. Ein verstellbarer Anschlag *o* begrenzt den Hub der Platte *l*. Die Arbeitsweise der Maschine ist folgende: Bei ausgeschwenktem Holme *c* werden Formkasten und Füllrahmen auf die Modellplatte gesetzt und mit Sand gefüllt. Dann wird der Holm *c* eingeschwenkt und verklammert. Hierauf der Preßklotz *f* bis dicht über den Füllrahmen herabgeschraubt und durch Einlassen von Druckwasser in den Zylinder *a* die Pressung vollzogen. Durch Einlassen von Druckwasser unter den Rückzugkolben *h* wird dann der Kolben *g* mit *f* wieder gehoben. Nun erfolgt das Abheben des Formkastens und das Kernausrücken. Man läßt Druckwasser unter den Kolben *k* treten und hebt dadurch die Platte *l* mit den Abhebestiften *i* und den Kernausrückern *n*.

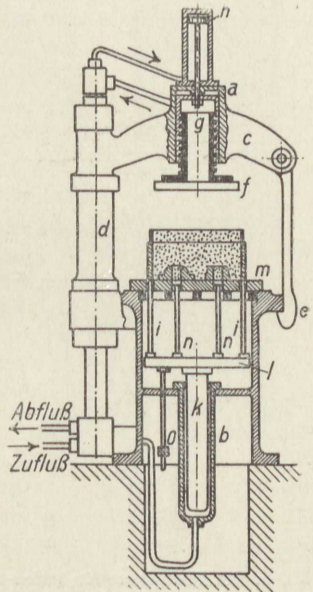


Abb. 137.
Bonvillain-Formmaschine.

Preßmaschinen für kastenlosen Guß.

Die Benutzung von Formmaschinen bedingt einen sehr großen Vorrat genauer Formkasten. Um die dadurch entstehenden Kosten zu vermeiden, benutzt man Abschlagformkasten aus Holz, Gußeisen oder Aluminium, die in diagonaler Richtung aufzuklappen sind und nach

Fertigstellung der Form von dieser abgenommen und sofort wieder benutzt werden können. Der Formsandballen wird durch vorher in den Abschlagkasten eingelegte Eisenblechrahmen zusammengehalten. Bei kleinen und flachen Gußstücken kann man diese Rahmen fortlassen.

Ein anderes formkastensparendes Verfahren verwenden die Formmaschinen für kastenlosen Guß, von denen Abb. 138 ein Beispiel der Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken Hannover-Hainholz in vereinfachter Darstellung zeigt.

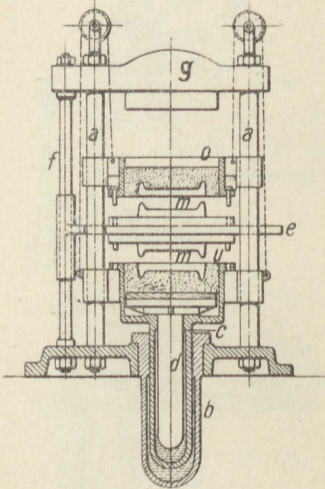


Abb. 138. Formpresse für kastenlosen Guß.

Bei dieser sind Oberkasten *o* und Unterkasten *u* dauernd mit der Maschine verbunden. Sie führen sich an den Säulen *a*. Die über Rollen laufenden Verbindungsketten balanzieren die Gewichte aus, so daß sie sich leicht heben und senken lassen. Der Unterkasten ruht auf einem im Zylinder *b* durch Druckwasser verschiebbaren Kolben *c*, der gleichzeitig den Zylinder für den Preßkolben *d* bildet. Die Modellhälften *m* sitzen auf einer um die Säule *f* schwenkbaren Platte *e*. Die Maschine arbeitet folgendermaßen: Der unten durch ein auf den Preßkolben *d* gelegtes Brettchen abgeschlossene Unterkasten wird bei ausgeschwenkter Modellplatte *e* mit Formsand gefüllt. Hierauf wird die Modellplatte in die gezeichnete Lage geschwenkt, der Oberkasten auf sie herabgesenkt und ebenfalls mit Sand gefüllt. Dann läßt man durch

eine Steuerung Druckwasser unter den Kolben *c* treten und hebt dadurch Unterkasten, Modellplatte und Oberkasten bis zum Querhaupt *g*. Der Oberkastensand wird dabei durch den an *g* sitzenden Preßkopf verdichtet. Zum Verdichten des Unterkastensandes läßt man nun noch Druckwasser unter den Kolben *d* treten. Dann senkt man das Ganze durch Ablassen des Druckwassers (gezeichnete Stellung), schwenkt die Modellplatte aus, senkt den Oberkasten bis auf den Unterkasten und verklammert beide Kasten fest miteinander und mit den Säulen *a*. Nun läßt man wieder Druckwasser unter den Preßkolben *d* treten und preßt den ganzen Sandballen aus den festgehaltenen Formkasten nach oben heraus, so daß er mit dem darunter liegenden Brettchen abgenommen und zur Seite gesetzt werden kann.

Die Maschine ist für Massenherstellung kleiner flacher Gußstücke ganz besonders leistungsfähig.

Doppelpressung, Etageguß.

Bei der Massenherstellung nicht zu dicker Gußstücke kann man erheblich an Formkasten, Sand und Arbeit sparen, wenn man Doppelpressung anwendet und in jedem Kasten mit einem Druck zwei Formhälften herstellt, wie dies Abb. 139 veranschaulicht. Der Preßklotz *b* ist hier als Modellplatte ausgebildet und trägt auf seiner Unterseite eine Modellhälfte, die sich in die obere Sandfläche des Kastens eindrückt, so daß jeder Formkasten oben und unten eine Formhälfte enthält. Die Kasten setzt man dann nach Abb. 140 aufeinander, versieht sie mit einem gemeinsamen Einguß *f* und belastet sie mit einer schweren Platte *g*. Man bezeichnet dies Verfahren mit Etageguß.

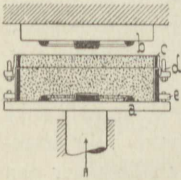


Abb. 139. Doppelseitige Pressung.

Rüttelformmaschinen.

Bei den Rüttelformmaschinen erfolgt das Verdichten des Sandes dadurch, daß man die Modellplatte mit dem darauf gesetzten, mit Sand gefüllten Formkasten auf einem Kolben befestigt, der in einem Zylinder in der Minute 120- bis 150mal gehoben wird und dann frei herabfällt. Beim Fallen schlägt er kräftig auf einen Amboß. Hierdurch wird die in ihrer Abwärtsbewegung plötzlich gehemmte Sandmasse dicht zusammengepreßt. Das Heben des Kolbens kann durch ein Daumenrad, durch Kurbeltrieb oder durch Druckluft erfolgen.

Abb. 141 zeigt das Schema einer mit Druckluft betriebenen Rüttelformmaschine. Der die Modelle *m* und die Formkasten aufnehmende Tisch *a* ruht auf dem Rüttelkolben *b*. Dieser kann sich im Zylinder *c* auf- und abbewegen. Die Führungsstangen *d* verhindern dabei ein Drehen. Beim Auf- und Abwärtsgänge des Kolbens betätigt eine am Tisch befestigte Schieberstange *s* einen Steuerschieber. Dieser läßt bei *e* Druckluft unter den Kolben *b* treten, die ihn so lange hebt, bis der Schieber den Druckluftzutritt absperrt und den Auspuff freiglegt. Nun fällt

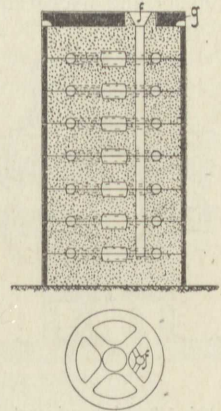


Abb. 140. Etageguß.

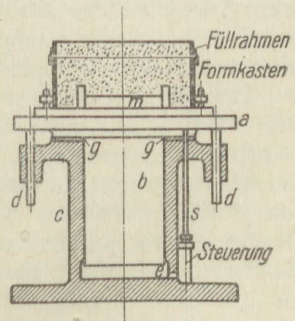


Abb. 141. Schema einer Druckluft-Rüttelformmaschine.

der Kolben *b* frei herab, und der Tisch *a* schlägt bei *g* kräftig auf das als Amboß dienende Maschinengestell. Hierdurch wird der Formsand im Formkasten verdichtet, und zwar am stärksten an der Modelloberfläche. An der dieser abgewandten Kastenseite bleibt er so locker, daß er vielfach von Hand nachgestampft oder von der Maschine gepreßt werden muß.

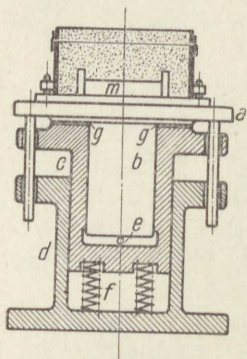


Abb. 142. Schema einer stoßfreien Rüttelformmaschine.

Dies Sandverdichtungsverfahren ist bedeutend vorteilhafter als das Pressen (Abb. 133, S. 127). Die Gestalt des Modelles beeinträchtigt das Verdichten nicht.

Da der Tisch dieser älteren einfachen Rüttelmaschinen beim Aufprallen auf die Stoßflächen *g* heftige Erschütterungen der ganzen Umgebung hervorruft, so ist es nicht möglich, in der Nähe der Maschine Formarbeiten auszuführen oder Formen aufzustellen. Diesen Übelstand vermeiden die neueren stoßfreien Rüttelformmaschinen, deren Wirkungsweise Abb. 142 darstellt. Hier steckt der den Tisch *a* tragende Kolben *b* in einem Zylinder *c*, dieser steckt wieder in dem Zylinder *d* und ruht auf kräftigen Federn *f*. Läßt man durch einen Steuerschieber bei *e* Druckluft unter den Kolben *b* treten, so wird dieser mit dem Tische *a* gehoben, der Zylinder *c* nach unten gedrückt und die Federn *f* werden gespannt. Wird der Druckluftzutritt abgesperrt, der Luftaustritt freigelegt, so fällt der Kolben *b* frei herab, die gespannten Federn *f* dehnen sich wieder aus, der Zylinder *c* hebt sich, bewegt sich dem fallenden Tische *a* entgegen und beide prallen mit den Stoßflächen *g* aufeinander, ohne daß sich der dabei auftretende heftige Stoß auf die Maschine und ihre Umgebung überträgt.

Abb. 143 zeigt die schematische Darstellung einer Zugrüttelmaschine. Der Tisch *a* ruht auf zwei Schraubenfedern *b*, an deren Stelle auch Luftpolster treten können. Er führt sich mit einer hülsenartigen Nabe *c* an dem in einer Rundführung gleitenden Kolben *d*, mit dem er durch die Stange *e* und eine Schraubenfeder elastisch verbunden ist. Der Kolben *d* wird von der Kurbelwelle *f* aus durch die Schuhstange *g* auf und ab bewegt. Beim Niedergange zieht er den Tisch *a* nach unten, so daß dieser kräftig auf einen Kranz von Aufschlagklötzen *h* des elastisch gelagerten Amboßes *i* aufschlägt. Dieser Aufschlag erfolgt aber, ehe der Kurbelzapfen seine tiefste Lage erreicht hat, die Verbindungsfeder zwischen Tisch und Kolben wird also gespannt. Beim Wiederaufwärtsgange des Kurbelzapfens dehnt sie sich wieder aus und unterstützt das Heben des Kolbens.

Die Rüttelformmaschinen werden auch mit Wendepplatten versehen. Während des Rüttelns ist dann die Wendepplatte von ihren Zapfen gelöst und ruht auf dem Rütteltische.

Die Rüttelformmaschinen eignen sich nicht nur für Massenartikel. Es können auf ihnen auch Formen von Gußstücken hergestellt werden, die nur wenige Male gegossen werden sollen. Es können gewöhnliche Holzmodelle abgeformt werden. Auch Kerne können auf ihnen hergestellt werden, indem die Kernmasse durch Rütteln in den Kernkasten verdichtet wird.

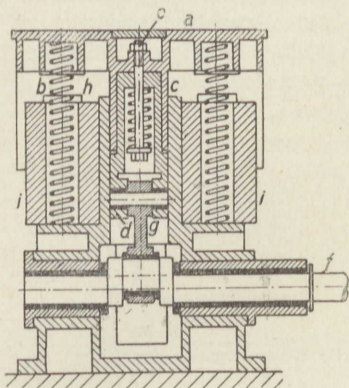


Abb. 143. Schema einer Zugerüttelmaschine (Dr. Ötling).

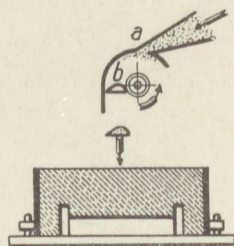


Abb. 144. Verdichten des Sandes bei der Schleudermaschine.

Schleudermaschinen.

Die aus Amerika stammenden Schleudermaschinen beginnen sich auch in Deutschland einzuführen. Sie verdichten den Sand in der durch Abb. 144 veranschaulichten Weise. Der in der Abbildung dargestellte Schleuderkopf sitzt an einem gelenkigen Arme, so daß er sich über dem Formkasten hin und her bewegen läßt. Der Sand rutscht durch das trichterartige Gehäuse *a* in den Bereich einer mit 1200 bis 1800 Umdrehungen in der Minute umlaufenden Wurfbecher *b*, der eine kleine Sandmenge erfaßt und in den Formkasten schleudert. Der Wurfbecher läuft so schnell um, daß der Sand in ununterbrochenem Strahle mit einer Geschwindigkeit von 13—19 m/sek in den Kasten fällt, wie ein aus einem Strahlrohre ausspritzender Wasserstrahl. Formkasten bis 0,1 m³ Inhalt werden mit einer Geschwindigkeit von 1,4 m³ in der Minute, Formkasten von 0,1—0,2 m³ mit einer solchen von 2,1 m³ in der Minute gefüllt. Der Sand wird überall gleichmäßig verdichtet.

Kernformmaschinen.

Abb. 145 zeigt eine einfache Kernformmaschine, bei der die Kernmasse in Büchsen gestampft wird. Die zylindrischen oder prismatischen

Kernbüchsen *a* sind auswechselbar und werden unten durch ebenfalls auswechselbare, durch Zahnstangentrieb verschiebbare Kolben *c* abgeschlossen. Der Kolben wird auf die der Länge des Kernes entsprechende Tiefe eingestellt, dann wird der Kern aufgestampft und durch Drehen des Handrades *b* von dem Kolben *c* nach oben aus der Kernbüchse gedrückt. Ein am Handrad verstellbarer Anschlag *d* ermöglicht es, den Kolben immer auf dieselbe Tiefe einzustellen.

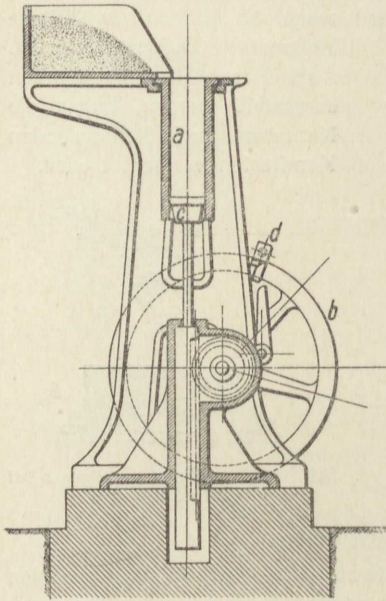


Abb.145. Kernformmaschine (Ausstoßmaschine).

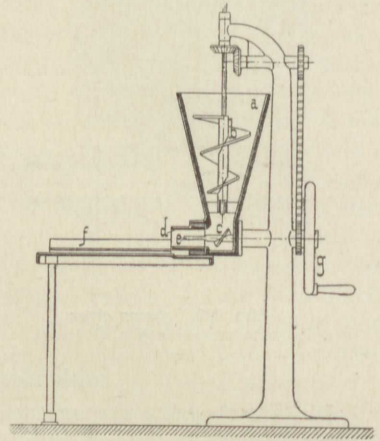


Abb. 146. Kernformmaschine.

Eine Kernformmaschine mit selbsttätiger Verdichtung der Kernmasse zeigt Abb. 146. Sie ist nach Art der Wurststopfmaschinen gebaut. Die Kernmasse wird in den Trichter *a* gefüllt, durch die Mischschnecke *b* nach unten und durch eine zweite Schnecke *c* aus dem auswechselbaren Mundstücke *d* in die Rinne *f* gepreßt. Der an der Schraube *c* sitzende Dorn *e* spart dabei einen Luftabführungskanal im Kerne aus. Durch das Mundstück *d* erhält der Kern die gewünschte Querschnittform und kann auf beliebige Längen abgeschnitten werden. Der Antrieb erfolgt durch das Handrad *g*.

Das Knüttelsche Verfahren ermöglicht die maschinelle Herstellung aller Kerne, die sich in zweiteiligen Kernkasten anfertigen lassen. Es ist durch die Abb. 147 bis 151 dargestellt. Die Maschinen arbeiten mit zwei aufeinander zu pressenden Kernplatten. Die untere Kernplatte *a* läßt sich nach Art der Wendeplatten um zwei wagerechte Zapfen drehen

und außerdem heben und senken; die obere sitzt gewöhnlich an einem Preßkopfe. Beide Platten enthalten mehrere Kernkastenhälften nebeneinander. Auf die untere Platte *a* wird zunächst ein hölzerner Füllrahmen *b* gelegt (Abb. 147), mit dessen Hilfe die richtig bemessene Menge Kernmasse in die Vertiefungen sich einfüllen läßt. Dann wird der Füllrahmen fortgenommen (Abb. 148) und die beiden Platten *a* und *c* werden durch Druckwasser oder Hebelübersetzung fest gegeneinander gepreßt (Abb. 149). Dadurch erhalten die Kerne die verlangte Gestalt. Der etwa überschüssige Sand entweicht dabei in die Rinnen *e*, ohne ein dichtes Aufeinanderpressen der Platten zu hindern. Dann wird die untere Platte gesenkt, und die Kerne müssen abgenommen werden. Um dies zu erleichtern, legt man ein mit Einkerbungen versehenes Brett *d* auf die Platte *a*



Abb. 147.



Abb. 148.

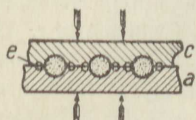


Abb. 149.



Abb. 150.

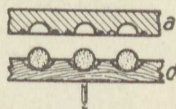


Abb. 151.

Abb. 147–151. Knüttelsches Kernformverfahren.

(Abb. 150), wendet die Platte um 180° und senkt das Brett *d* mit den darauf liegenden Kernen nach unten ab (Abb. 151).

Sollen mit dem Luftspieße Kanäle eingestochen werden, so geschieht dies, wenn die beiden Kernplatten fest aufeinander gepreßt sind. Ist das Einstechen des Luftspießes wegen der gekrümmten Kernform nicht möglich, so werden Bindfäden oder Lederschnüre eingelegt und aus dem fertigen Kern wieder herausgezogen, oder Wachsfäden, die beim Trocknen der Kerne schmelzen.

Müssen Kerneisen eingelegt werden, so füllt man zunächst nur die Vertiefungen der unteren Kernplatte. Damit sich hierbei nicht auch die Überschubrinnen füllen, legt man auf die Kernplatte eine dünne Blechplatte mit den Kernformen entsprechenden Durchbrechungen, die die Überschubrinnen bedeckt. Dann legt man die Kerneisen ein, nimmt die Blechplatte ab, legt den Füllrahmen auf und verfährt wie oben beschrieben.

Die nach diesem Verfahren arbeitenden Maschinen sind den gewöhnlichen Wendeplatten-Formmaschinen nachgebildet, die sich auch meist durch geringfügige Änderungen in Kernformmaschinen verwandeln lassen. Abb. 152 zeigt eine solche Maschine mit Hebelpressung, wie sie

von den Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken, Hannover-Hainholz, gebaut wird. Der vor der Maschine sichtbare Hebel dient zum Heben und Senken der unteren Kernplatte, der an der Seite der Maschine angebrachte Gewichtshebel wird zum Pressen benutzt. Die obere Kernformplatte sitzt an einem ausschwenkbaren Preßkopfe. Der hölzerne Füllrahmen ist vorn gegen die Maschine gelehnt, vor ihm auf dem Boden liegt ein Abnahmebrett mit 12 fertigen Kernen.

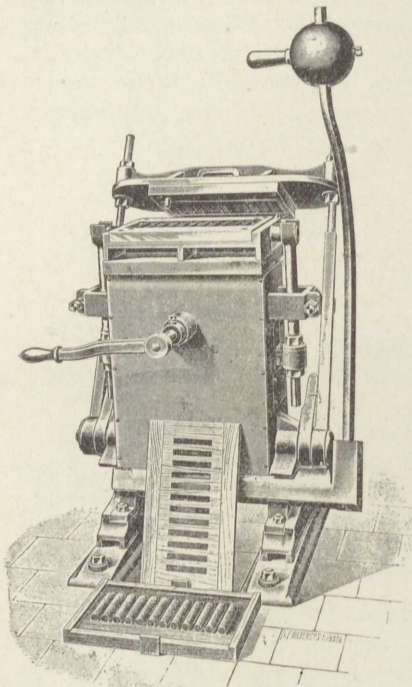


Abb. 152. Kernformmaschine.

Eine neuere Wendeplatten-Kernformmaschine derselben Firma zeigt Abb. 153. Der Preßkopf *a* mit der oberen Kernplatte ist hier nicht zurückzuklappen, sondern um eine Säule *b* nach der Seite auszuschwenken. (In der Seitenansicht ist er eingeschwenkt gezeichnet.) Die untere Kernplatte ruht auf der Wendeplatte *c*. Der Füllrahmen *d* ist um ein Scharnier *e* drehbar. Unbenutzt ruht er auf der Stütze *f*. Um das Scharnier *e* macht man auch das oben erwähnte, beim Einlegen von Kerneisen nötige Blech drehbar. Das Pressen erfolgt von Hand mit dem Hebel *g*, das Heben und Senken der Wendeplatte durch den Hebel *h*. Eine praktische Neuerung dieser Maschine ist das Anbringen eines Kastens *k* für Sand oder Kernmasse. Beim Füllen des Füllrahmens wird ein kleines in Scharnieren drehbares Blech *i* nach dem

Füllrahmen herübergeklappt und dient als Brücke für die Kernmasse. Auf dem Sandkasten liegt noch ein Fächerkasten *l* für Kerneisen, Formerwerkzeuge u. dgl. Mit der Maschine kann in $1\frac{1}{2}$ Minuten eine Platte mit 12 Kernen einschließlich Einlegen der Kerneisen hergestellt werden.

Zahnräderformmaschinen.

Das Formen der Zahnräder von Hand unter Benutzung eines Holzmodelles des ganzen Rades hat erhebliche Nachteile. Das Modell ist sehr teuer und ändert sich mit der Zeit, die Genauigkeit der Form leidet durch

das Ausheben des Modelles und die Flickarbeiten. Es ist deshalb nicht möglich, durch Handformerei genau arbeitende Zahnräder herzustellen, wohl aber mit Hilfe von Formmaschinen. Kleine, in großer Zahl herzustellende Räder formt man unter Benutzung eines Metallmodelles auf Durchziehmaschinen nach Abb. 130. Bei größeren Rädern, die nur wenige Male gegossen werden sollen, benutzt man Maschinen, die nach dem durch Abb. 154 bis 160 erläuterten Verfahren arbeiten. Diese benutzen nur das Holzmodell einer Zahnücke und formen nur den Zahnkranz, während Nabe und Arme meist durch Einlegen von Kernstücken geformt werden.

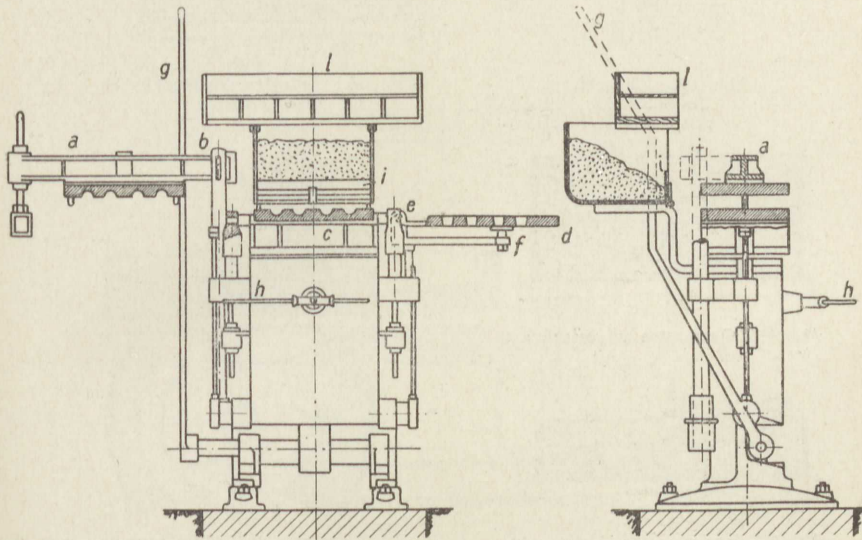


Abb. 153. Wendepplattenkernformmaschine.

(Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken. Hannover-Hainholz.)

Abb. 154 zeigt das zu formende Stirnrad mit I-förmigen Armen. Der runde Formkasten wird auf den drehbaren Tisch der in Abb. 161 schematisch dargestellten Formmaschine gesetzt, dann wird nach dem bei der Schablonenformerei beschriebenen Verfahren das Modell des Oberkastens ausschabloniert (Abb. 155). Hierauf der Oberkasten aufgestampft (Abb. 156), abgehoben und nun der Unterkasten weiter ausschabloniert (Abb. 157). In die kreisringförmige Vertiefung des Unterkastens wird nun nach Entfernung der Schablonierspindel der Zahnkranz eingeformt (Abb. 158). Zu dem Zweck wird über die Form eine an einem wagrechten Arme *a* befestigte senkrechte Führung *b* gebracht, in der mittels des Zahnrad- und Zahnstangentriebes *z* ein Stößel *d* verschiebbar ist, der

140 Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Schmelzbarkeit.

unten das Modell *e* einer Zahnücke trägt (vgl. auch Abb. 161). Dies Modell wird nun bis auf den Grund der Form gesenkt und dann wird die Zahnücke von Hand voll Formsand gestampft. Das angeschraubte Brettchen *f*

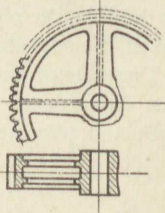


Abb. 154. Zu formendes Stirnrad.

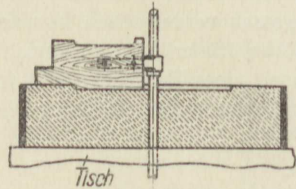


Abb. 155. Ausdrehen des Modells für den Oberkasten.

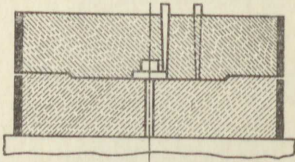


Abb. 156. Oberkasten aufgestampft.

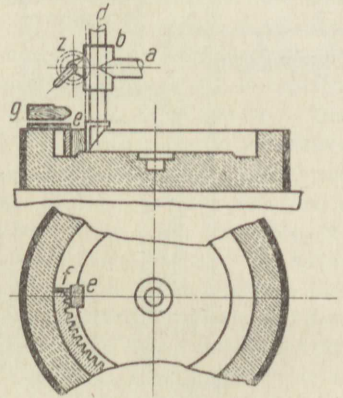


Abb. 158. Formen der Zähne.

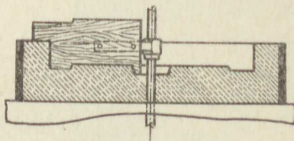


Abb. 157. Ausdrehen des Unterkastens.



Abb. 159. Kernkasten.

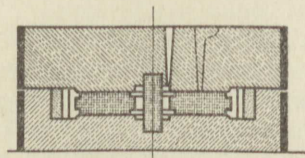


Abb. 160. Fertige Form.

Abb. 154–160. Einformen eines Stirnrades auf der Zahnradformmaschine.

verhindert dabei ein seitliches Entweichen des Sandes. Beim Aufstampfen der letzten Zahnücke muß das Brettchen abgeschraubt werden. Hierauf wird durch Drehen des Zahnrades das Modell vorsichtig nach oben aus-

gehoben. Ein aufgelegtes Brettchen *g*, das genau in die Zahnücke paßt, hält dabei wie bei einer Durchziehmaschine den Sand zurück. Nach Ausheben des Modells wird der Tisch mit dem Formkasten genau um eine Zahnradteilung weitergedreht, das Modell von neuem gesenkt und die nächste Zahnücke geformt. Das Drehen des Tisches erfolgt mittels einer an Hand der Abb. 161 weiter unten beschriebenen Teilvorrichtung. Arme und Nabe werden durch Einlegen von vier Kernstücken geformt, die mittels des in Abb. 159 dargestellten Kernkastens geformt werden. Abb. 160 zeigt die fertige Form mit eingelegten Kernen.

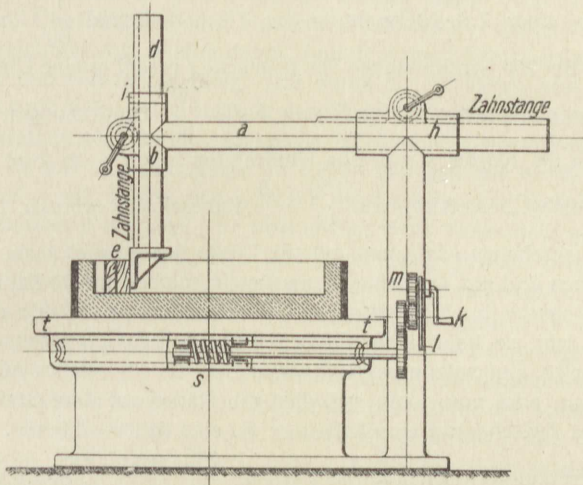


Abb. 161. Zahnradformmaschine.

Die hierbei benutzte Formmaschine ist in Abb. 161 schematisch dargestellt. Der Formkasten ruht auf dem durch einen staubdicht abgedichteten Schneckentrieb um seine senkrechte Mittelachse drehbaren Tisch *t*. Der die senkrechte Führung *b* tragende Arm *a* ist durch Zahnrad- und Zahnstangentrieb in einer wagerechten Führung *h* verschiebbar, damit er sich für verschiedene Zahnraddurchmesser genau einstellen läßt. Am Stößel *d* ist ein verstellbarer Anschlagring *i* so eingestellt, daß das Modell *e* nur gerade die Formsohle berühren kann. Das Drehen des Tisches *t* erfolgt von der Handkurbel *k* aus, und zwar so, daß bei einmaliger Umdrehung der Kurbel *k* der Tisch sich genau um eine Zahnradteilung weiterdreht. Zu dem Zwecke sind zwischen Kurbel *k* und die Welle der Schnecke *s* einige im Stelleisen *l* befestigte austauschbare Stirnräder, Wechselräder *m* eingeschaltet, deren Übersetzung so be-

rechnet sein muß, daß bei einer Kurbeldrehung der Tisch $\frac{1}{z}$ Umdrehungen macht, wenn das zu formende Rad z Zähne haben soll. Es wird zu jeder Zahnradformmaschine ein Satz Wechselräder mitgeliefert und eine Tabelle, nach der man die für jede Zähnezahl nötigen Wechselräder leicht aussuchen kann. Man kann diese auch selbst berechnen, wie folgendes Beispiel zeigt:

Das Schneckenrad am drehbaren Tische habe 150 Zähne, die Schnecke sei eingängig. Es soll ein Rad mit 60 Zähnen geformt werden. Nach Ausstampfen einer Zahnücke muß der Tisch jedesmal $\frac{1}{60}$ Umdrehung machen. Bei 150 Umdrehungen der Schnecke s macht er eine Umdrehung.

Die Schnecke muß also in diesem Falle $\frac{150}{60}$ Umdrehungen machen.

Soll dazu die Kurbel k nur eine Umdrehung machen, so muß zwischen k und s eine Übersetzung von $\frac{150}{60} = \frac{5}{2}$ eingeschaltet werden. Dies kann

dadurch geschehen, daß man auf die Welle der Kurbel k ein Rad mit 150 Zähnen und auf die Schneckenwelle ein solches mit 60 Zähnen setzt, die miteinander im Eingriff gebracht werden müssen. Sollte dies nicht möglich sein, so kann man ein beliebiges anderes Räderpaar wählen, das dasselbe Übersetzungsverhältnis hat, z. B. ein solches mit 50 und 20 Zähnen, oder man kann zwischen die Räder auf dem Stelleisen ein beliebiges Zwischenrad einschalten, z. B. eins mit 40 Zähnen. Dann ist die Übersetzung zwischen k und s wieder $\frac{150}{40} \cdot \frac{40}{60} = \frac{5}{2}$. Sollte dies nicht

möglich sein, so kann man schließlich auch noch im Stelleisen zwei sich um einen gemeinsamen Bolzen drehende Wechselräder in der in der Abb. 161 gezeichneten Weise einschalten, etwa solche mit 20 und 80 Zähnen und auf der Kurbelwelle ein Rad mit 75, auf der Schneckenwelle eins mit 120 Zähnen. Dann ist das Übersetzungsverhältnis auch $\frac{75}{20} \cdot \frac{80}{120} = \frac{5}{2}$.

Man muß natürlich Räder wählen, die in dem zu der Maschine gelieferten Wechselrädersatz vorhanden sind.

Lehmformerei.

Alle bisher besprochenen Formverfahren benutzen als Formstoff den Formsand. Große Gußstücke, deren Formen hohe Drucke durch das flüssige Metall aushalten müssen, formt man besser im Lehm. Dieser kann schärfer getrocknet werden als der Sand. Er wird dadurch härter und fester. Die Lehmformen stellt man im allgemeinen ohne Formkasten und Modelle mit

Schablonen her. Die Teile der Form, die sich nicht mit Schablonen herstellen lassen, formt man unter Benutzung von Teilmodellen. Die Lehmformerei ist so eine Vereinigung von Schablonen- und Modellformerei.

Der rohe Grundkörper der Form wird aus Ziegel-, Lehm- oder Tuffsteinen aufgemauert. Die genaue Gestalt erhält er durch die auf das Mauerwerk aufgetragene Lehmschicht, die mit Schablonen bearbeitet wird. Als Mörtel verwendet man ein Gemisch aus Lehm, Sand und einem Lockerungsmittel, meist Pferdemist. Der Mörtel muß im trockenen Zustande gut gasdurchlässig sein. Zur Bildung der Formwandungen trägt man auf das Mauerwerk zunächst eine etwa 10—20 mm starke Schicht groben Lehmes auf. Über diese kommt eine dünne Schicht aus durch ein feines Sieb gequetschtem sog. Schlichtlehm. Durch starkes Trocknen wird die Form hart und widerstandsfähig. Das durch das Trocknen eintretende Schwinden muß bei der Herstellung der Form berücksichtigt werden.

Das Verfahren der Lehmformerei sei an der Hand des folgenden Beispiels erläutert. Es soll das Übergangrohr (Abb. 162) geformt werden. Der Knaggen bei *a* soll zeigen, wie man bei der Lehmformerei Schablonen- und Modellformerei vereinigt. Er wird mittels eines Teilmodells geformt. Äußerer Mantel, Kern und Deckel der Form werden getrennt hergestellt. Der Mantel (Abb. 163) wird auf einer eisernen Platte aufgemauert, innen mit Lehm ausgekleidet und mit der Schablone 1 auf genaue Gestalt gebracht. Für den Knaggen *a* wird ein Holzmodell in den Lehm eingeformt. Der Kern (Abb. 164) wird ebenfalls auf einer Eisenplatte aufgemauert und mit der Schablone 2 hergestellt. Ebenso der Deckel mit der Schablone 3 (Abb. 165). Alle drei Teile werden getrocknet, geschwärzt und dann in der durch Abb. 166 dargestellten Weise zu einer Form zusammengesetzt.

Die Lehmformen lassen sich in manchen Fällen als Dauerformen für mehrere Abgüsse verwenden, wenn dem Abguß Gelegenheit gegeben ist, zu schwinden, ohne die Form zu beschädigen. Nach jedem Guß bedarf es dann nur ganz geringer Ausbesserungsarbeiten, um die Form wieder benutzbar zu machen. Es sind bis fünfzig Abgüsse in ein und derselben Form möglich.

Eiserne Dauerformen. Bei der Massenherstellung von Gußstücken wie Rohrformstücke, Rahmen und Deckel von Kanal-Einsteigschächten u. dgl., benutzt man aus Sparsamkeitsgründen eiserne Dauerformen. Sie halten bis zu 3000 Abgüsse aus. Beim Arbeiten mit den eisernen Dauerformen muß dafür gesorgt werden, daß die früher beschriebene härtende Wirkung der eisernen Formwände vermieden wird. Zu diesem Zwecke gibt man den inneren Formwandungen einen dünnen Überzug einer Schutzmasse, z. B. aus Graphit, in Öl gelöst. Außerdem entfernt man die Gußstücke in heller Rotglut aus der Form und sorgt für ihre allmähliche Abkühlung, damit sich der Graphit ausscheiden und

weiches graues Eisen bilden kann. Ein anderes Verfahren verwendet doppelwandige ölgekühlte Formen. Die gußeisernen Dauerformen müssen vor dem Gießen auf etwa 200° vorgewärmt werden.

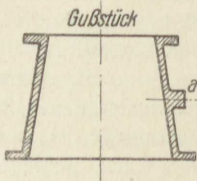


Abb. 162.

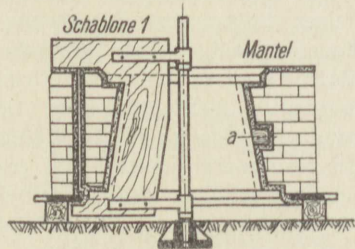


Abb. 163.

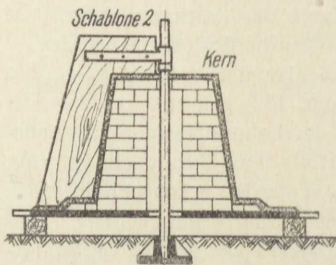


Abb. 164.

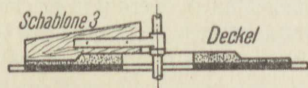


Abb. 165.

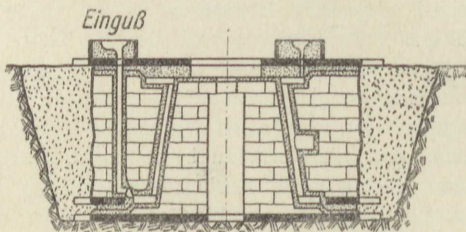


Abb. 166.

Abb. 162–166. Einformen eines Übergangsrohres.

Das Trocknen der Formen.

Formen und Kerne aus fettem Sande, Masse und Lehm müssen vor dem Gießen getrocknet werden. Große Formen trocknet man an der Stelle, an der sie hergestellt sind, durch Koks- oder Holzkohlenfeuer oder durch kleine tragbare Trockenöfen mit einer Koksfeuerung, deren heiße Verbrennungsgase durch die Formen geleitet werden. Die tragbaren Öfen fassen meist 40–80 kg Koks und verbrauchen bei zehn-

stündigem Betrieb 80—150 kg. Sie sind an ein Gebläse angeschlossen, das etwa 1,2 PS gebraucht.

Diesen älteren tragbaren Trockenöfen haften noch erhebliche Mängel an. Die Verbrennungsgase durchziehen die Form mit geringem Druck. Sie trocknen die Oberflächen der Formwände stärker als die dahinter liegenden Teile, in die sie nicht eindringen können, da die Formwände bald so stark zusammenbacken, daß die Feuchtigkeit aus dem Forminnern nicht mehr heraus kann. Da die heiße Luft nach oben zieht, werden die unteren Formteile weniger gut getrocknet wie die oberen. Diese Übelstände vermeidet der neuere tragbare Trockenapparat von Oehm (Abb. 167), der mit Preßluft von 6—8 atü arbeitet. Ein feuerfester ausgemauerter Eisenkasten ist durch eine Querwand in zwei Kammern

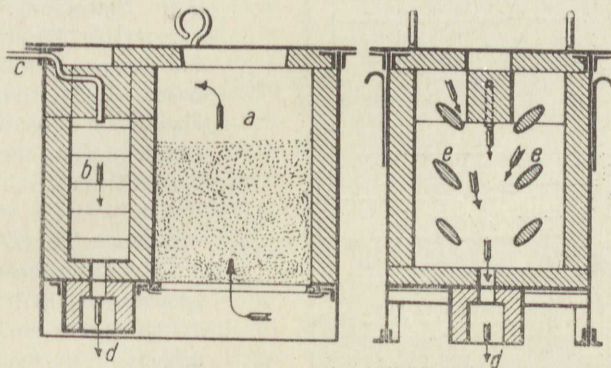


Abb. 167. Oehmscher Trockenapparat.

geteilt. Der Hauptverbrennungsraum *a* enthält bei Koksgrußfeuerung einen Planrost, bei Braunkohlenfeuerung einen Treppenrost. Die Verbrennungsgase ziehen über eine Querwand in den kleineren Raum *b*, in den durch das Rohr *c* Preßluft eingeblasen wird. Diese tritt aus einer engen Düse und saugt injektorartig Luft durch den Verbrennungsraum *a*. Der hohen Brennstoffschicht wegen findet in *a* nur eine unvollkommene Verbrennung (zu CO) statt. Im Raume *b* erfolgt dann die vollständige Verbrennung (zu CO₂) durch die Preßluft. Die Verbrennungsgase ziehen, durch die Querwände *e* geleitet, nach der Mitte und bei *d* mit einer Temperatur von 1200—1400°, bei Braunkohle 800°, in die Form. Alle Ausgangsöffnungen der Form sind verstopft. Die heißen Verbrennungsgase müssen sich einen Weg durch die Formwandungen suchen. So trocknen sie diese durch und durch. Nach Angabe des Erfinders wurde die Form eines 10 m langen Drehbankbettes mit vier älteren Ventilatorapparaten in 8 Stunden mit 980 kg Koks getrocknet. Mit zwei Oehmeyer, Technologie. 5. Aufl.

schen Apparaten dagegen in 3 Stunden mit 160 kg Koks. In einem anderen Falle wurde eine Form, die im Oberkasten einen Ballen von 1,5 m Länge hatte, mit zwei Ventilatorapparaten in 78 Stunden mit 160 kg Koks getrocknet. Dagegen mit einem Preßluftapparat in 8 Stunden mit 200 kg Koks und in 12 Stunden mit 400 kg Rohbraunkohle.

Auf ein gutes Trocknen der Formen muß großes Gewicht gelegt werden. Ein ungenügendes Trocknen führt leicht zur Bildung von sog. Schülpen am Gußstück. Ist nicht alle Feuchtigkeit aus der Formwand verdunstet, so verdampft sie beim Gießen, und der Dampfdruck drückt

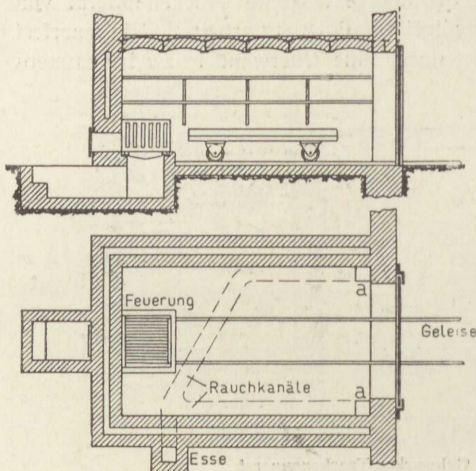


Abb. 168. Trockenkammer.

an der betreffenden Stelle die Formwand in das Gußstück und erzeugt eine Einbeulung. Zersprengt der Dampfdruck die Formwand, so dringt das flüssige Metall in diese ein und am Gußstück entsteht eine raue Stelle mit Sandeinschlüssen.

Die meisten Formen und Kerne trocknet man in Trockenkammern. Dies sind 5—10 m lange, 3—8 m breite und mindestens 2 m hohe gemauerte Kammern, die an einer Schmalseite durch eine eiserne Tür, am

besten eine nach oben zu bewegende Schiebetür, abgeschlossen sind. Sie müssen so stark geheizt werden, daß in ihnen eine Temperatur von mindestens 200°, bei größeren Formen und Kernen 300° herrscht. In Trockenkammern für Stahlgießereien soll die Temperatur 400—600° betragen. Die Trockenkammern haben meist noch eine einfache, mit Koks beschickte Rostfeuerung. Für je 100 m³ Trockenkammerinhalt beträgt die Rostfläche bei weniger als 25 m³ Inhalt 1—2 m², bei 25 bis 100 m³ Inhalt 0,8—1 m², bei mehr als 100 m³ Inhalt 0,6—0,8 m². Der Koksverbrauch beträgt für jedes Kubikmeter Trockenkammerinhalt etwa 3—4 kg. Abb. 168 zeigt eine Trockenkammer mit Koksfeuerung. Die von außen zu bedienende Rostfeuerung ist mit einem Eisenkorb umgeben. Die Verbrennungsgase erfüllen die ganze Kammer und ziehen bei a ab zur Esse. Auf dem Boden der Kammer befindet sich meist ein Geleise für einen Wagen, auf dem schwerere Formen und Kerne hinein-

gefahren werden, an den Wänden Konsole für kleinere Kerne. Die Trockenkammern mit Koksfeuerung haben mancherlei Nachteile. Die Temperatur in der Kammer ist ziemlich ungleichmäßig. Formen in der Nähe der Feuerung verbrennen leicht, während weiter entfernte nicht genügend getrocknet werden. Die stark mit Kohlenoxyd durchsetzte Luft in den Kammern ist gesundheitsschädlich. Diese Übelstände werden verringert bei Gasfeuerungen, die aber meist zu teuer sind. In neuerer Zeit versieht man deshalb die Trockenkammern mit indirekten Heizungen, indem man die Wärmeträger durch die Trockenkammern umgebende Kanäle oder Rohre leitet. In Hüttenwerken verwendet man Hochofen- und Koksofengase, in Stahlgießereien die heißen Abgase der Schmelzöfen. Auch Dampf- und Warmwasserheizungen haben sich bewährt, in neuerer Zeit auch elektrische Heizungen.

Zum Trocknen kleiner Kerne eignen sich gute eiserne Trockenschränke (Abb. 169). Diese sind unten mit einer Rostfeuerung versehen, deren Verbrennungsgase die in mehreren übereinanderliegenden Fächern über-

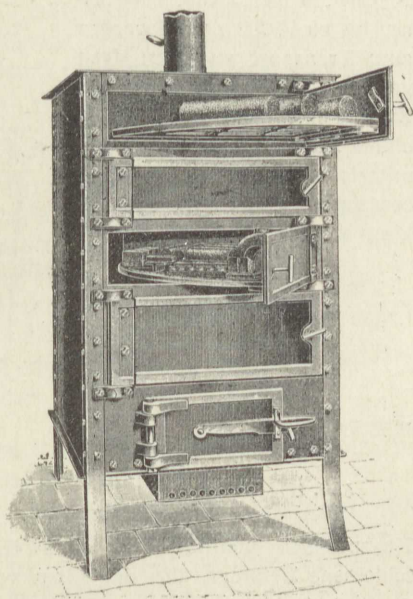


Abb. 169. Trockenschrank.

den Kerne umspülen und oben durch einen eisernen Schornstein abziehen. Die Böden der einzelnen Fächer sind Kreissegmente, die beim Öffnen ihrer Tür aus dem Ofen herausgeschwenkt werden und durch ihre Rückwand die Türöffnung abschließen, damit keine Wärme verloren geht.

Das Gießen.

Das geschmolzene Metall wird entweder vom Schmelzofen aus durch Rinnen direkt in die Formen geleitet oder in Gefäßen, Gießpfannen, zu ihnen hingetragen. Die Gießpfannen sind eiserne, innen dick mit feuerfester Masse ausgekleidete Gefäße, die vor Ingebrauchnahme getrocknet und angewärmt werden. Nach der Größe unterscheidet man Hand-

pfannen, die bis 20 kg fassen und von einem Manne an einem langen Stiele getragen werden. Gabelpfannen (Abb. 170), bis 150 kg fassend, werden zum Tragen in einen eisernen Ring gesetzt, der sich in der Mitte einer an einem Ende gegabelten Eisenstange befindet. Kranpfannen (Abb. 171) fassen bis zu 10000 kg und werden zum Transport an einen Kran gehängt. Die Pfanne ist zu dem Zwecke mit Zapfen drehbar in einem Bügel gelagert und kann mittels eines durch Handrad betätigten Schneckentriebes gekippt werden. Statt der offenen

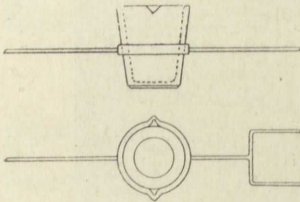


Abb. 170. Gabelpfanne.

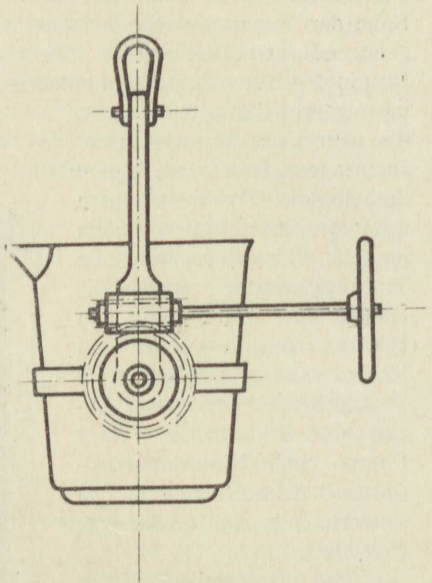


Abb. 171. Kranpfanne.

Kranpfannen benutzt man auch Gießtrommeln (Abb. 172), geschlossene Zylinder, die das Eisen vor Abkühlung und den Arbeiter vor der strahlenden Hitze schützen.

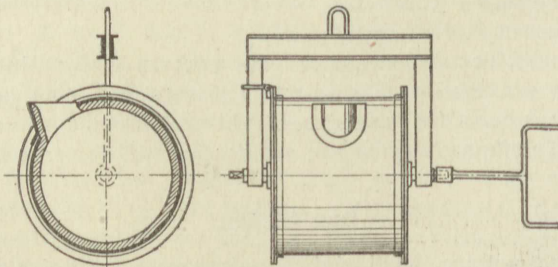


Abb. 172. Gießtrommel.

Beim Gießen muß ein Einfließen der auf dem Metall schwimmenden Schlacke in die Form verhindert werden. Dies geschieht durch vor-

gehaltene Krampfstöcke. Man verwendet auch wohl Gießpfannen mit einer Querwand (Abb. 173), die die Schlacke zurückhält und nur das reine Eisen unter sich hindurchfließen läßt. Der in die Form fließende Metallstrahl darf nicht abreißen, da sich sonst auf der Metalloberfläche eine Oxydschicht bildet, die eine Vereinigung mit dem nachgegossenen Metall verhindert. Die beim Gießen aus den Formen entweichenden brennbaren Gase müssen sofort entzündet und verbrannt werden, um Explosionen zu vermeiden. Nach dem Gießen muß man die Gußstücke vor Zerstörung der Form sich genügend abkühlen lassen. Säulen, Rohre, Zylinder und ähnliche Hohlkörper gießt man stehend, damit die Kerne sich nicht durchbiegen und zu ungleicher Wandstärke Veranlassung geben.

Schadhafte wertvolle Gußstücke bessert man aus durch Schweißen. Über der Bruchstelle bringt man eine Form des abgebrochenen Teiles an und läßt dann über die metallisch rein gemachte und vorgewärmte Bruchfläche einen Strom überhitzten Eisens so lange hinfließen, bis sie anfängt zu erweichen. Dann verstopft man das Abflußloch, so daß das Eisen die Form ganz anfüllt und sich mit dem Gußstücke vereinigt.

Besser flickt man die Gußstücke durch autogene, elektrische oder Thermitschweißung.

Kleinere Schönheitsfehler lassen sich durch Kitten beseitigen. Ein Gußeisenkitt besteht aus 90 Teilen Eisenfeilspänen, 5 Teilen Schwefelblume und 5 Teilen Salmiak. Er wird mit Essig angerührt und als dünner Brei aufgetragen. Zum Ausflicken von Rissen eignet sich ein Gemisch von Bleiglätte und Mennige zu gleichen Teilen mit Leinöl oder Glyzerin zu einem Brei angerührt. Brauchbare Eisenkitten sind auch im Handel zu haben.

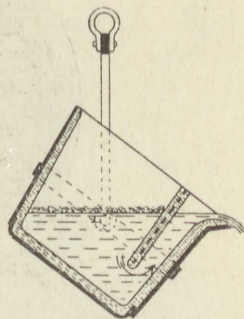


Abb. 173. Gießpfanne mit Querwand.

Das Putzen der Gußstücke.

Die aus den Formen kommenden Gußstücke werden in der Gußputzerei von den anhaftenden Formstoffen, den Kernen, Gußnähten, Eingüssen, Steigtrichtern und verlorenen Köpfen befreit. Kleine Eingüsse und Steigtrichter schlägt man einfach ab. Größere und verlorene Köpfe werden abgesägt. Gußnähte werden durch Abfeilen, Abschleifen oder Abmeißeln beseitigt. Vielfach benutzt man Preßlufthammer und -meißel dazu. Die anhaftenden Formstoffe beseitigt man durch Drahtbürsten. Sind kleine Gußstücke in großer Zahl zu putzen, so benutzt

man dazu vorteilhaft Putztrommeln (Abb. 174). Dies sind eiserne Trommeln, deren Wandungen mit Löchern oder schmalen Schlitten versehen sind. Sie sind auf Rollen gelagert und werden um ihre wagerechte Längsachse gedreht. Die in die Trommeln eingefüllten Gußstücke reiben sich dabei aneinander und befreien sich so vom anhaftenden Formsande. Eine vorzügliche Reinigung erzielt man durch Sandstrahlgebläse, bei denen scharfkantiger Quarzsand durch Druckluft gegen die Gußstücke geschleudert wird.

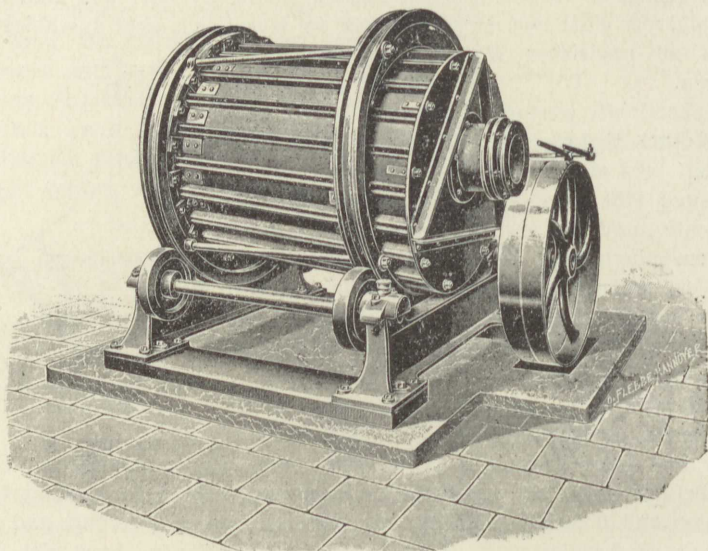


Abb. 174. Putztrommel.

Der Druck beträgt bei kleineren Gußstücken 0,4–0,7 atü, bei mittleren und großen 1–2 atü, bei Stahlguß 2–4 atü. Als Sand verwendet man gewaschenen trockenen Quarzsand von 1–2 mm Korngröße.

Bei den Sandstrahlgebläsen unterscheidet man das Saug-, das Schwerkraft- und das Druckverfahren. Beim Saugverfahren wird der Sand durch den aus einer engen Öffnung austretenden Druckluftstrahl angesaugt, in einer Mischdüse mit der Druckluft gemischt und gegen die zu putzenden Gußstücke geschleudert (Abb. 175).

Beim Schwerkraftverfahren fällt der Sand aus einem hoch gestellten Behälter durch sein eigenes Gewicht in den Bereich des Druckluftstrahles. Er braucht also nicht angesaugt zu werden, muß aber durch ein Bechergewerk zum Behälter gehoben werden.

Beim Druckverfahren wird die Druckluft durch einen von ihr unter Druck gesetzten Sandbehälter geleitet, aus dem sie den Sand mitreißt. Abb. 176 zeigt ein Einkammer-Drucksandstrahlgebläse. Der aufgegebene Sand fällt durch ein Sieb und das Ventil *a* in den Raum *b*, solange dieser nicht unter Druck steht. Wird durch den Hahn *c* Druckluft eingelassen, die durch das Rohr *e* auch den Raum *b* unter Druck setzt, so schließt sich das Ventil *a*. Nach Öffnen des Schiebers *f* fällt dann der Sand in den Bereich des Druckluftstrahles, mischt sich mit diesem und wird durch den Schlauch *g* zum Strahlrohr *h* geführt und aus der Hartgußdüse *i* mit großer Gewalt herausgeschleudert. Die Einkammergebläse müssen beim Füllen das Putzen unterbrechen. Ein unterbrochenes Putzen

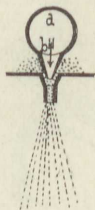


Abb. 175. Saugsandstrahlverfahren.

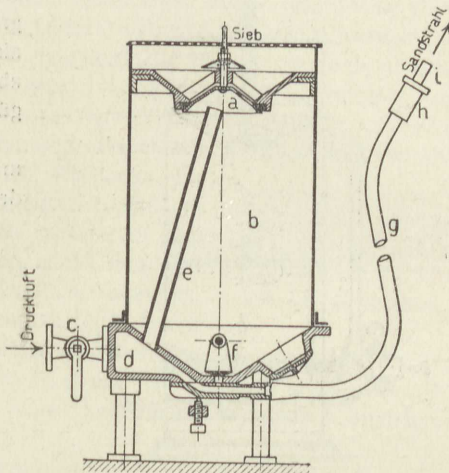


Abb. 176. Einkammer-Drucksandstrahlgebläse mit Freistrah.

ermöglichen die Zweikammergebläse, die während des Betriebes gefüllt werden können. Sie erfordern aber einen höheren Anschaffungspreis.

Ein Zweikammergebläse zeigt Abb. 177. Die vom Kompressor kommende Druckluft tritt bei *a* ein und setzt die Kammern *b* und *c* dauernd unter Druck. Ein bei *e* angebrachter Hahn ermöglicht es, zeitweilig auch noch die Kammer *d* gleichzeitig mit *b* und *c* unter Druck zu setzen, nämlich dann, wenn die Kammer *b* neu mit Sand gefüllt werden soll. Der Sand wird in die nach außen durch ein Sieb abgeschlossene Kammer *f* eingebracht, öffnet durch sein Gewicht die Klappe *g* und fällt in die Kammer *d*, solange diese nicht unter Druck steht. Wird sie durch Einstellen des Hahnes *e* unter Druck gesetzt, so schließt sich die Klappe *g*, und die Klappe *i* öffnet sich, so daß der Sand in die Kammer *b* fallen kann. Von hier wird er durch einen einstellbaren Hahn *h* dem Gebläse-

rohre *k* zugeführt und durch die Druckluft weiter befördert. Das Einstellen des Hahnes *e* kann auch in gewissen Zwischenräumen von der Maschine selbsttätig erfolgen.

Beim Saugverfahren sind die Reibungsverluste des Sandstrahles und damit die Abnutzung der Röhre und Schläuche geringer als beim Schwerkraft- und beim Druckverfahren. Dagegen ist aber auch die Wirkung geringer als bei den letztgenannten, da der Druckluftstrahl einen Teil seiner Energie zum Ansaugen des Sandes verbraucht. Schwerkraft- und

Druckverfahren verursachen größere Anschaffungskosten als das Saugverfahren, sind aber in ihrer Wirkungsweise günstiger.

Große Gußstücke putzt man mit Freistrahle, man läßt den Sandstrahl aus dem Mund-

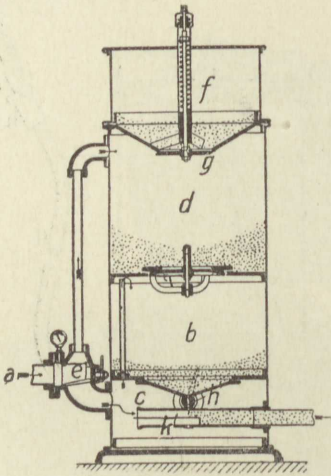


Abb. 177. Zweikammer-Drucksandstrahlgebläse.



Abb. 178. Staubschutzhelm.

stücke eines frei beweglichen Schlauches austreten, den man von Hand so führt, daß alle zu putzenden Stellen des Gußstückes getroffen werden. Wegen der die Arbeiter erheblich belästigenden Staubentwicklung putzt man in geschlossenen kleinen Putzhäusern, aus denen der Staub kräftig abgesaugt wird oder läßt die Arbeiter Staubschutzhelme (Abb. 178) tragen. Mittelgroße Gußstücke putzt man vorteilhaft auf Drehtischen. Man legt sie auf einen runden, eisernen, mit rostartig durchbrochener Platte versehenen Tisch, der sich langsam um eine senkrechte Mittelachse dreht und die Gußstücke unter einen aus einer oder mehreren Düsen austretenden Sandstrahl hindurchführt.

Einige Gießereien putzen die Gußstücke durch Beizen mit verdünnter Schwefelsäure (ein Teil 66prozentige Säure, zwei Teile Wasser). Große Gußstücke werden mit der verdünnten Schwefelsäure übergossen, kleinere in ein Säurebad in mit Blei ausgekleidete Holzbottiche gelegt. Nach dem Beizen werden die Gußstücke mit Wasser abgespült. Beim

Herstellen der verdünnten Säure muß immer die Säure in das Wasser gegossen werden, niemals umgekehrt, da sonst die Säure explosionsartig umherspritzen würde. Das Putzen mit Säure hat den Vorteil, daß die harte Gußhaut erweicht und dadurch das Bearbeiten der Gußstücke mit Schneidwerkzeugen erleichtert wird.

Hartguß.

Unter Hartguß versteht man Gußstücke, deren Oberfläche ganz oder teilweise eine große Härte besitzt, während der innere Kern weich ist. Man erreicht dies dadurch, daß man die Formen aus den Stellen, an denen das Gußstück hart sein soll, nicht aus Sand, sondern aus eisernen Schalen oder Kokillen herstellt, die die Wärme schneller fortleiten als der Sand und dadurch eine plötzliche Abkühlung des mit ihnen in Berührung tretenden Gußeisens bewirken. Der im flüssigen Eisen gelöste Kohlenstoff hat dann keine Zeit, sich als Graphit auszuscheiden, er bleibt im Eisen gelöst und gibt diesem Farbe und Härte des weißen Roheisens.

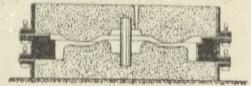


Abb. 179. Hartgußform.

An der frischen Bruchfläche von Hartgußstücken kann man deutlich den allmählichen Übergang des weißen Eisens der äußeren Kruste in graues Eisen erkennen. Als Hartguß stellt man u. a. her Eisenbahnwagenräder mit harter Lauffläche, Hartwalzen, Zieheisen, Panzerturmhauben u. dgl.

Abb. 179 zeigt die Hartgußform eines Eisenbahnwagenrades. Für Hartguß verwendet man ein silizium- und manganarmes Eisen. Man gießt möglichst kalt und wärmt die Kokillen vor, um einen allmählichen Übergang der harten Schicht in die weiche zu erreichen.

Temperguß oder schmiedbarer Guß.

Temperguß wird aus weißem Roheisen gegossen und dann durch Vermindern des Kohlenstoffgehaltes zäh, hämmerbar und in geringem Maße schmiedbar gemacht. Das Vermindern des Kohlenstoffgehaltes geschieht durch längeres Glühen der Gußstücke in Berührung mit einem Sauerstoff abgebenden Stoffe. Als solchen benutzt man meist gemahlene Roteisenstein, in den man die zu tempernden Gegenstände einpackt und längere Zeit glüht. Die Vorgänge bei der Entkohlung sind noch nicht geklärt. Nach Ledebur wirkt das Roteisensteinpulver in der Hellrotglut oxydierend auf den Kohlenstoff des Eisens ein und verbrennt zunächst die Kohlenstoffmoleküle der Oberfläche. Aus dem Innern des Gußstückes wandern dann weitere Kohlenstoffmoleküle nach außen und werden

ebenfalls oxydiert. Nach Wüst dringt der Sauerstoff rein oder als Kohlen-säure in die Gußstücke ein und oxydiert dort den Kohlenstoff, der dann als Kohlenoxyd entweicht und durch den Erzsauerstoff zu Kohlensäure verbrannt wird. Zum Tempern eignet sich nur weißes Roheisen mit gebundenem Kohlenstoff. Der als Graphit ausgeschiedene Kohlenstoff im grauen Roheisen würde beim Verbrennen das Gefüge des Eisens zu sehr lockern und die Festigkeit verringern. Man verwendet ein weißes Roheisen mit etwa 2,75—3,1% Kohlenstoff, 0,45—1,2% Silizium, 0,2—0,4% Mangan, bis 0,1% Phosphor und bis 0,1% Schwefel.

Das Schmelzen des Temperroheisens erfolgt in Tiegel-, Kupol-, Flamm- oder Elektroöfen, neuerdings auch in Kleinkonvertern. Das Schmelzen im Tiegelofen liefert das beste und gleichmäßigste Material. Es ist aber unwirtschaftlicher als das Schmelzen in den anderen Ofenarten und wird deshalb seltener angewandt. Am häufigsten schmilzt man im Kupolofen, unter Zusatz von Flußeisenabfällen und Temperschrott.

Bei der Herstellung der Formen für Temperguß muß man das stärkere Schwinden des weißen Eisens gegenüber dem grauen und seine Neigung zum Lunkern berücksichtigen. Das Schwinden beträgt etwa 2%. Nach dem Gießen werden die Gußstücke sauber geputzt und dann getempert. Das Tempern geschieht in Temperöfen.

Die Temperöfen sind mit einer Rost- oder einer Gasfeuerung versehen. Die Verbrennungsgase umspülen entweder gemauerte kastenartige Räume oder sie ziehen durch eine größere Kammer, in der eine Anzahl eiserner Töpfe in mehreren Lagen übereinander aufgestellt ist. In die gemauerten Kasten bzw. in die eisernen Töpfe werden die zu tempernden Gußstücke in Roteisensteinpulver gepackt. Diesem wird immer gebrauchte Tempermasse und Hammerschlag im Verhältnis 1:3—1:4 zugesetzt, damit die oxydierende Wirkung nicht zu stark erfolgt. Dann wird der Ofen bis auf einige Schaulöcher zugemauert und binnen zwei Tagen auf 850 bis 1000° erhitzt. In dieser Temperatur erhält man ihn etwa 3 Tage lang. Man läßt ihn dann in zwei Tagen langsam abkühlen und nimmt die nun getemperten Gußstücke heraus. Die Temperöfen fassen gewöhnlich bis zu 6 t Gußwaren. Der Kohlenverbrauch beträgt 90—100% des Gußgewichtes, bei Gasfeuerungen 80—90%.

Von der Stettiner Schamottefabrik wird ein neuer Temperofen gebaut, ein Tunnelofen mit dauernder Beschickung, bei dem sich die Tempertöpfe auf Wagen langsam durch den Ofen bewegen.

Der Temperguß eignet sich besonders zur Herstellung von kleinen, nicht zu dickwandigen Massengütern, wie Schraubenschlüsseln, Schloßteilen, Schlüsseln, Rohrverbindungsstücken, Teilen von Nähmaschinen, Fahrrädern u. dgl.

Zugfestigkeit und Dehnung des Tempergusses hängen sehr von der Wandstärke der Gußstücke ab. Je größer die Wandstärke ist, um so geringer ist der Grad der Entkohlung, um so größer die Zugfestigkeit und um so geringer die Dehnung. Durchschnittswerte sind etwa 30 bis 40 kg/mm² Zugfestigkeit, 2–5% Dehnung.

In Amerika bezeichnet man mit Temperguß oder Schwarzguß Gußstücke aus weißem Eisen, bei dem durch längeres Glühen das Eisenkarbid in Eisen und freien Kohlenstoff, sog. Temperkohle zerfallen ist, ohne daß eine nennenswerte Entkohlung stattgefunden hätte. Die Bruchfläche ist schwarz, mit einem schmalen weißen, in geringem Maße entkohlten Rande. Schwarzguß ist zähe, hat eine hohe Dehnung, läßt sich aber nicht schmieden, denn beim Erhitzen löst sich die Temperkohle wieder auf und macht das Gußstück hart und spröde.

Schleuderguß.

Mit Schleuderguß bezeichnet man ein Gießverfahren, bei dem die Form während des Eingießens des flüssigen Metalles um ihre senkrechte oder wagerechte Achse gedreht wird. Durch die Fliehkraft wird das Metall an die Formwand getrieben. Auf diese Weise gießt man in neuerer Zeit Rohre. In Deutschland ist das Verfahren besonders von der Gelsenkirchener Bergwerks Akt.-Ges. ausgebildet. Die schematische Abb. 180 zeigt das Wesen des Schleudergusses in der Röhrengießerei.

Die wassergekühlte Rohrform ist um ihre wagerechte Achse drehbar auf einem Wagen gelagert. Die Gießrinne *a* ragt tief in die Form hinein.

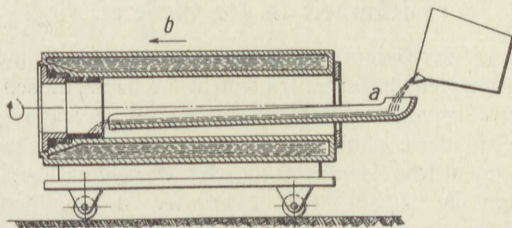


Abb. 180. Schleuderguß zur Herstellung von Röhren.

Während des Gießens wird die Form um ihre wagerechte Achse in Umdrehung gesetzt und der Wagen in der Richtung des Pfeiles *b* fortbewegt. Das aus der Rinne *a* ausfließende Eisen legt sich in Schraubenlinien gegen die innere Formwand und wird infolge der durch die Umdrehungen der Form hervorgerufenen Fliehkraft so stark gegen diese gedrückt, daß sich ein Rohr bildet. Statt des Wagens kann man auch die Rinne entgegen

der Pfeilrichtung b bewegen. Das Eisen wird mit einer Temperatur von $1200-1250^{\circ}$ vergossen. Die Fließkraft wirkt verdichtend auf das Eisen. Die Festigkeit der Rohre wird um 70% erhöht, bei einer Gewichtsersparnis von 25%. Eine durch vier Mann bediente Gießmaschine liefert stündlich etwa 20 Röhren. Nach dem Erstarren werden die Röhren noch glühend in einen Glühofen gebracht, um die an der Formwand abgeschreckte Rohrwand wieder zu erweichen.

Raumbedarf für Eisengießereien.

Der Raumbedarf einer Eisengießerei mit all ihren Nebenräumen, wie Sandaufbereitung, Kernmacherei, Trockenöfen, Kuppelofenhaus, Gußputzerei, Modelltischlerei, Lagerräumen, Waschraum, Bureau, Laboratorium, Reparaturwerkstatt, Hof usw., hängt sehr davon ab, ob vornehmlich große, mittlere oder kleine Gußstücke gegossen werden, ob von Hand oder mit Maschinen geformt wird, ob zweckmäßige Transport- oder sonstige Betriebseinrichtungen vorhanden sind oder nicht, ferner von der Stärke der Belegschaft. Die Durchschnittsjahresleistung eines Formers schwankt in den weiten Grenzen zwischen 35 und 260 t fertiger Gußware, je nach der Art und Größe der Gußstücke. In Maschinengießereien rechnet man mit Durchschnittswerten von 35—60 t.

Für den Raumbedarf für 1 t Jahreserzeugung ergeben sich aus einer Zusammenstellung von Munk in „Stahl und Eisen“ (1912, S. 2157) die in folgender Tabelle (S. 157) zusammengestellten Mittelwerte.

Fließarbeit in der Gießerei.

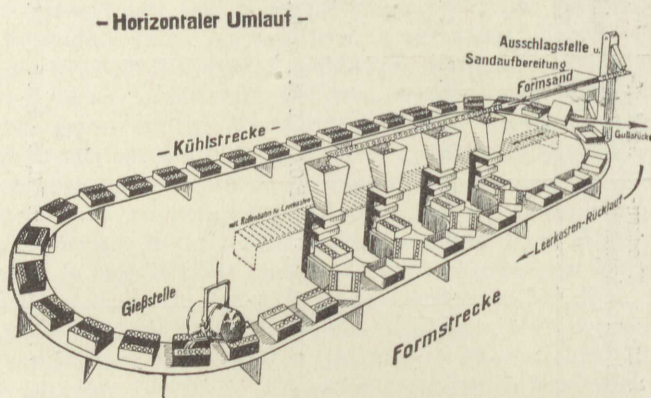
Die „Typung“ der Gesamtanordnungen der Maschinen und die „Normung“ ihrer Einzelteile haben es ermöglicht, im neuzeitlichen Maschinenbau durch Einführung der Massenfertigung die Erzeugungskosten erheblich zu vermindern, ohne daß die Güte des Erzeugnisses darunter leidet. Eine wesentliche Herabsetzung der Gestehungskosten läßt sich erreichen durch die „Fließarbeit“. Hierunter ist nach dem Ausschluß für Fließarbeit zu verstehen: „eine örtlich fortschreitende, zeitlich bestimmte, lückenlose Folge von Arbeitsgängen“. Für die Gießerei bedeutet dies folgendes. Während der ganzen Arbeitszeit werden in ununterbrochener Folge Formen hergestellt auf Formmaschinen, denen von der Sandaufbereitung dauernd frischer Formsand zugeführt wird. Die Formen werden dann der Gießstelle zugeführt und vergossen. Dann durchlaufen sie eine Kühlstrecke, das Metall erstarrt, und an der Ausschlagstelle werden die Formkasten entleert. Der Formsand gelangt zur Formsandaufbereitung, die leeren Formkasten zurück zu den Formmaschinen, die

Raumbedarf für Gießereien, bezogen auf 1 t Jahresleistung.

Art der Gießerei	Formfläche F m ²	Gußputzerei m ²	Schmelzraum m ²	Kernmacherei m ²	Trockenkammern m ²	Sandaufbereitung m ²	Modelltischlerei, -schlosser, m ²	Laborator, Bureau, La- ger, Wasch- räume, Hof m ²	Gesamt- flächen- bedarf in m ²
Gießereien für schwersten Maschinen-guß . . .	0,28	0,25—0,30F	0,08 F	0,20—0,25 F	0,14—0,20 F	0,05—0,06 F	0,05 F	1,5 F	0,88—0,98
Gießereien für mittelschwe- ren u. schwe- ren kompli- zierten Guß	0,55—0,83	0,15—0,22F	0,08 F	0,10—0,20 F	0,08—0,20 F	0,05—0,06 F	0,05 F	1,5 F	1,6—2,72
Gießereien für landwirt- schaftliche, Textil-, Druckerei-, und Papier- Maschinen- fabriken . .	0,85	0,18—0,22F	0,07 F	0,10—0,15 F	0,08—0,10 F	0,05—0,06 F	0,05 F	1,0 F	2,1—2,3
Gießereien für leichtem Guß	1,15—0,75	0,13—0,20F	0,07 F	0,10—0,15 F	0,08—0,10 F	0,07—0,08 F	0,10—0,25 F	1,0 F	1,5—3,18

Gußstücke zur Putzerei. Ein solches Arbeitsverfahren ist natürlich nur möglich in Gießereien, die für ihre Massenerzeugnisse genügenden Absatz finden. Die Fließarbeit läßt sich also nicht in jeder Gießerei einführen, sondern nur in solchen, die Massenartikel, z. B. Heizkörper, Teile von Automobilmotoren, Nähmaschinen, Haushaltsmaschinen usw. erzeugen.

Die schematische Abbildung 181 zeigt die Grundform der Fließarbeit in der Gießerei. Mehrere durch ein großes F schematisch dargestellte Formmaschinen erzeugen dauernd Formen, die einer ununterbrochen



arbeitenden Transportvorrichtung übergeben werden. Als Transportmittel für die Formen verwendet man Rollbahnen, Plattenbänder und Umlaufbahnen. Diese führen die Formen zur Gießstelle, wo sie aus einer Gießpfanne vergossen werden. Die Gießpfannen laufen zweckmäßig auf Hängebahnen. Nach dem Vergießen durchlaufen die Formen die Kühlstrecke. Diese muß so lang sein, daß man die Kasten an der Ausschlagstelle ohne Bedenken entleeren kann. Sie kann verkürzt werden, wenn man die vergossenen Formen durch einen stark durchlüfteten Kühl-tunnel aus Blech führt (Abb. 182). An der Ausschlagstelle werden die Kasten entleert. Der herausfallende Sand gelangt zu einer selbst-tätigen Sandaufbereitung und von hier zu den Formmaschinen. Er muß so befördert werden, daß er seine durch die Aufbereitung gewonnenen guten Eigenschaften nicht verliert. Man benutzt deshalb Riemen, Gummi- oder Stahlbänder mit Abstreifern. Diese fördern den Sand in Behälter

unmittelbar über oder neben den Formmaschinen. Von hier aus fällt er nach Öffnen eines Schiebers in der erforderlichen Menge in die Form-

- Vertikaler Umlauf -

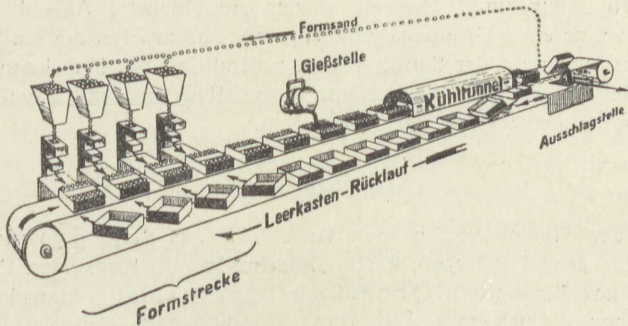


Abb. 182. Schematische Darstellung der Fließarbeit in der Eisengießerei.
(Carl Schenk, Darmstadt.)

maschine. Die leeren Kästen wandern ebenfalls, bisweilen auf einer besonderen Rollbahn, zu den Formmaschinen zurück, um sofort wieder benutzt zu werden. Die rohen Gußstücke werden in die Putzerei befördert.

Wo für diese Anordnung mit wagerechtem Umlauf der Formen nicht genügend Platz vorhanden ist, läßt man die Formen in einer senk-

- Einzelmaschinen -

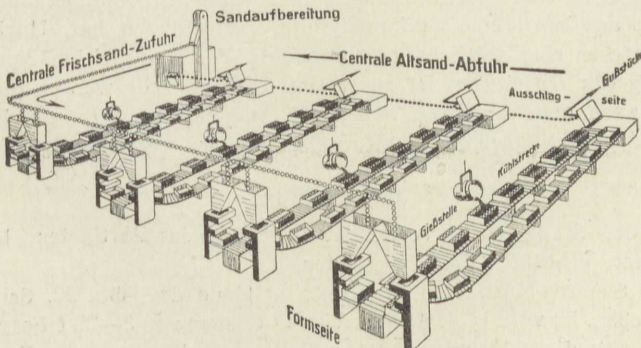


Abb. 183. Fließarbeit bei wechselnder Erzeugungsart und -menge.

rechten Ebene umlaufen (Abb. 182). Das Gießen und Kühlen erfolgt auf dem oberen Trum eines umlaufenden endlosen Bandes, der Leerkastenrücklauf auf dem unteren.

Um bei stark wechselnder Erzeugungsart und -menge auch die Vorteile der Fließarbeit ausnutzen zu können, trifft man die durch Abb. 183 erläuterte Anordnung. Hier ist immer eine kleinere Anzahl Formmaschinen zu einer Gruppe zusammengefaßt und arbeitet auf ein Transportband, während der Sandtransport zentralisiert ist. Man kann dann nach Bedarf eine Maschinengruppe ausschalten, während die übrigen nach dem Fließverfahren weiter arbeiten.

Stahlgießerei.

In der Stahlgießerei werden Gußstücke aus Stahl gegossen. Das Schmelzen erfolgt in Tiegel-, Martin-, Elektroöfen oder Konverter. Das Erzeugnis nennt man Stahlformguß oder besser Stahlguß. Man gießt aus Stahl hauptsächlich stark beanspruchte Maschinenteile, für die die Festigkeit des Gußeisens nicht mehr genügt. Ferner ersetzt man größere Schmiedestücke durch Stahlgußstücke. Die Stahlgußstücke sind ohne weitere Behandlung schmiedbar. Der Normenausschuß der Deutschen Industrie schlägt die Einteilung des Stahlgusses in fünf Güteklassen vor, mit Zerreißfertigkeiten von 38—60 kg/m² und Dehnungen von 20—8%.

Das Schwindmaß beträgt bei Stahlguß 1,5—2%. Infolge des starken Schwindens treten beim Stahlguß Lunkerhohlräume und Gußspannungen im erhöhten Maße auf. Dies muß bei der Konstruktion der Gußstücke, beim Formen und Gießen berücksichtigt werden. Das hierüber bei der Eisengießerei Gesagte gilt in erhöhtem Maße für Stahlguß. Man verwendet in großer Zahl verlorene Köpfe und Trichter, aus denen flüssiges Material in die sich bildenden Hohlräume nachfließen kann, besonders an Stellen, an denen eine Stoffanhäufung stattgefunden hat. Ungleiche Wandstärken sind möglichst zu vermeiden. Für eine gleichmäßige Abkühlung des Gußstückes ist zu sorgen. Dickere Teile werden deshalb gleich nach dem Erstarren bloßgelegt, während dünnere mit Formmaterial bedeckt bleiben, damit Gußspannungen vermieden werden.

Schmelzöfen.

In der Stahlgießerei verwendet man Siemens-Martinöfen, Kleinconverter, Tiegelöfen und Elektroöfen.

Der Siemens-Martinofen ist bereits an Hand der Abb. 20, Seite 43 beschrieben. Er wird in Stahlgießereien in Größen von 5—25 t Fassungsraum verwandt. In kleineren Anlagen findet man die sog. neuen Siemensöfen, bei denen die Generatoren direkt an die Öfen gebaut sind. Die

beiden Heizkammern für Gas fallen fort. Das Gas tritt mit seiner Erzeugungstemperatur von 600—700° direkt in den Ofen. Die Anlagekosten dieser Öfen sind kleiner als die der alten.

Der Brennstoffverbrauch der Siemens-Martinöfen beträgt etwa 25 bis 30% bei Steinkohle von 7500 W.E.

In neuerer Zeit verwendet man bei Öfen bis 1,5 t Fassung auch Teerölfeuerungen. Die Öfen haben zwei Luftkammern. Der Teerölverbrauch beträgt etwa 16—18% bei 8500—9000 W.E. für 1 kg Teeröl.

Werden die Öfen mit Hochofengas geheizt, so gibt man dem Gas auch einen Zusatz an zerstaubtem Teeröl von 120 g/m³ Gas.

Betrieb des Martinofens. Bei Inbetriebnahme wird der Ofen zunächst langsam durch kleine Kohlenfeuer angewärmt. Dann wird vorsichtig das Gas eingelassen und entzündet. Zunächst wird nur wenig Luft zugelassen und etwa alle zwei Stunden umgesteuert. Ist der Ofen etwa bis zur Schmelztemperatur des Stahls, 1500°, erhitzt, so werden die letzten Schichten der Herdmasse aufgetragen und muldenförmig geformt. Ein geringer Schlackenzusatz macht die Herdsohle haltbarer. Nun erst wird mit dem Einsetzen begonnen. Die Stahlgießereien arbeiten beim Martinofen nach dem Roheisen-Schrott-Verfahren. Es wird hauptsächlich Stahlschrott in den Ofen gebracht, besonders die vielen, von den Gußstücken abgetrennten verlorenen Köpfe und Trichter. Dem Schrott setzt man 15—35% Roheisen zu. Bei Öfen mit saurem Futter muß der Einsatz möglichst phosphorfrei sein, da das saure Futter das Oxydieren des Phosphors unmöglich macht. Der Phosphor bleibt dann im Stahlguß, macht ihn kaltbrüchig und spröde und verringert seine Festigkeit. Die Öfen mit basischem Futter führen den Phosphor in die Schlacke über. Zur Schlackenbildung gibt man etwa 5—10% Kalkstein oder 3—5% gebrannten Kalk zu. Man kann heute im basischen und im saueren Ofen gleichwertiges Material erschmelzen. Der Abbrand beträgt 5—8%.

Das Einsetzen geschieht nur noch selten und in kleinen Betrieben von Hand. Meist benutzt man Beschickwagen oder -krane.

Das Schmelzen wird durch kleine Schaulöcher in den Ofentüren beobachtet. Zum Schutze der Augen muß man dabei blau gefärbte Gläser benutzen. Nach vollendeter Schmelzung werden mit einem eisernen Löffel dem Herde Schöpfproben entnommen, in eine Form gegossen, zu einem Stabe ausgeschmiedet, in Wasser abgeschreckt und zerbrochen. Nach dem Verhalten der Proben beim Schmieden, der Struktur und Farbe der Bruchfläche werden die Eigenschaften des Stahles und seine Zusammensetzung beurteilt. Durch entsprechende Zusätze kann man den geschmolzenen Stahl auf die gewünschte Zusammensetzung bringen. Zeigt die Probe die richtige Zusammensetzung, so wird das Abstichloch geöffnet und der Stahl fließt in eine Gießpfanne.

Man läßt den Herd ganz leer laufen, flickt dann bei abgestellter Gaszufuhr die schadhaften Stellen aus, heizt und beschickt den Ofen von neuem. Die Dauer einer Schmelzung beträgt bei 5–10 t-Öfen 3 bis 4 Stunden, bei 15–25 t-Öfen 5–6 Stunden.

Die chemische Zusammensetzung des Stahlgusses richtet sich nach dem Verwendungszwecke der Gußstücke und der verlangten Festigkeit. Im Maschinenbau verwendet man meist einen Stahl von 40–55 kg/mm² Festigkeit, bei 20–15% Dehnung mit etwa 0,15–0,3% Kohlenstoff, 0,3–0,8% Mangan, 0,25–0,35% Silizium und unter 0,1% Phosphor und Schwefel.

Kleinkonverter oder Kleinbirnen.

Die Siemens-Martinöfen erfordern hohe Anlagekosten. Sie sind nur für ununterbrochenen Betrieb geeignet. Für kleinere, mit Unterbrechungen arbeitende Stahlgießereien, besonders für solche, die an Graugießereien angegliedert sind, eignen sich besser die Kleinbirnen, die sich dem jeweiligen Bedarfe gut anpassen können.

Den Betrieb mit Kleinbirnen nennt man Kleinbessemerie.

Die Kleinbirnen werden in Größen von 0,5–10 t ausgeführt. Am verbreitetsten sind die 2 t-Birnen. Abb. 184 zeigt die Bauart einer Klein-

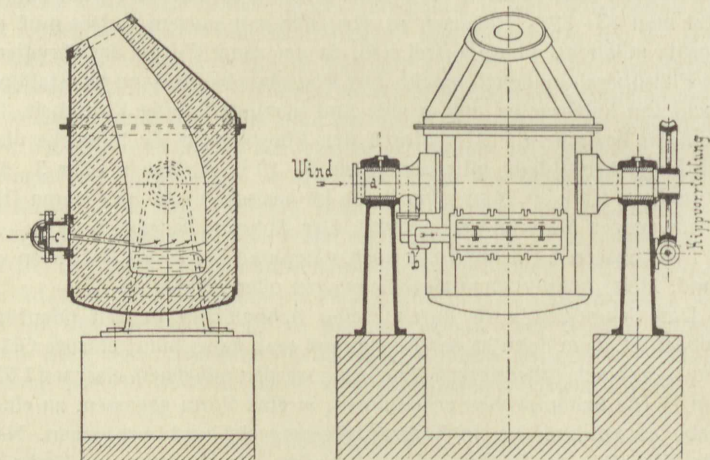


Abb. 184. Kleinkonverter oder Kleinbirne.

birne. Sie besteht aus einem birnenförmigen, innen feuerfest ausgemauerten Eisenblechmantel, der mit zwei Zapfen kippbar gelagert ist. Der rechtsseitige Zapfen trägt die Kippvorrichtung. Der linksseitige ist hohl. Durch

ihn wird von einem Gebläse aus der Wind zugeführt. Ein 2 t-Konverter gebraucht etwa 60 m³/min Luft von 0,3 atü Spannung. Der Gebläseantrieb erfordert etwa 70 P.S. Der Wind gelangt von dem hohlen Zapfen *a* durch die Leitung *b* in den Windkasten *c* und von hier durch mehrere schräg nach unten gerichtete Düsen auf die Oberfläche des Eisenbades.

Das Futter der Kleinbirnen ist sauer. Es wird entweder aus Formsteinen gemauert oder aus einer Stampfmasse aufgestampft.

Betrieb der Kleinbirnen. In der Kleinbirne erfolgt nicht wie im Martinofen ein Schmelzen kalt eingebrachten Materials, sondern im Kuppelofen geschmolzenes Roheisen wird nach dem Bessemerschen Frischverfahren in Stahl umgewandelt. (Daher der Name Konverter = Umwandler.) Die Birne wird zunächst durch ein Koks- oder Ölfeuer auf helle Rotglut vorgewärmt. Dann wird sie in wagerechter Lage mit im Kuppelofen geschmolzenem Roheisen gefüllt. Des saueren Futters wegen muß ein möglichst phosphor- und schwefelfreies Hämatitroheisen verwandt werden. Dem Roheisen wird im Kuppelofen meist die gleiche Menge Schrott zugesetzt. Auf diese Weise wird der in der Kleinbessemerei abfallende Schrott verwertet. Nach dem Füllen wird die Birne aufgerichtet und das Gebläse angestellt. Nun beginnt zunächst die sog. Feinperiode. In ihr verbrennen unter lebhafter Funkenentwicklung hauptsächlich das im Roheisen enthaltene Silizium und Mangan durch den Sauerstoff der eingeblasenen Luft. Da durch Verbrennen von 1 % Silizium die Temperatur um 300° erhöht wird, so steigt sie trotz des Einblasens kalter Luft im Konverter bald so hoch, daß die Verwandtschaft des Kohlenstoffes zum Sauerstoff größer wird als die des Siliziums. Deshalb beginnt jetzt der Kohlenstoff zu verbrennen, während die Verbrennung des Siliziums immer mehr nachläßt. Dieser Teil des Prozesses, die Entflammungsperiode, ist an der langen, aus der Birnenöffnung herausschlagenden hellen Flamme und dem heftigen Aufwallen des Eisenbades kenntlich. Die Temperatur des Eisenbades nimmt während dieser Zeit wieder ab. Es beginnt infolgedessen wieder Silizium zu oxydieren, bis schließlich Silizium, Mangan und Kohlenstoff nahezu vollständig verbrannt sind. Dann beginnt auch das Eisen zu oxydieren und nun muß der Prozeß schleunigst unterbrochen werden. Der Konverter wird in eine wagerechte Lage gekippt und das Gebläse abgestellt. Der Gehalt des Eisens an Kohlenstoff, Silizium und Mangan ist geringer als zulässig. Er muß deshalb wieder erhöht werden. Dies geschieht durch Zusatz von Ferromangan und Ferrosilizium, die in bestimmten Mengen in das Eisenbad geworfen werden und sich darin auflösen. Ein Umrühren des Eisenbades mit Eisenstangen befördert dabei eine innige Mischung. Durch die Zusätze erfolgt auch eine Desoxydation. Die Mengen der Zuschläge berechnen sich nach der verlangten Zusammensetzung des Stahles. Dieser

soll mindestens etwa 0,3% Mangan, 0,2% Silizium und 0,3—0,4% Kohlenstoff enthalten. Bei der Berechnung sind die Oxydationsverluste der Zuschläge zu berücksichtigen. Diese betragen beim Silizium und Mangan etwa 30%, beim Kohlenstoff 10%.

Zur Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes setzt man dem Metall auch wohl in der Gießpfanne noch gepulverten Koks zu.

Der ganze Prozeß dauert etwa 18—20 Minuten. Der Abbrand beträgt 12—15%.

Da der Schmelzvorgang in der Kleinbirne viel schneller vor sich geht als im Martinofen, so läßt sich in der Kleinbessemerei nicht ein so sorgfältig zusammengesetzter Stahlguß erzeugen wie im Martinbetriebe. Jedoch erzeugt die Kleinbirne einen hoch überhitzten Stahl, mit dem sich besonders dünnwandige Stücke gut gießen lassen.

Der Tiegelofen.

Der Tiegelofen ist der älteste der in Stahlgießereien benutzten Öfen. Er ist aber jetzt durch die bedeutend wirtschaftlicher arbeitenden Martinöfen und Kleinbirnen verdrängt. Er wird nur noch benutzt zum Schmelzen besonders hochwertigen Stahles. Er hat den Vorteil, daß das Schmelzgut vor der Berührung mit Brennstoffen, Wind und Verbrennungsgasen bewahrt und ihren ungünstigen chemischen Einflüssen entzogen wird. Auf diesem Gebiet tritt er aber in letzter Zeit dem Elektrostahlofen gegenüber immer mehr zurück.

Die Schmelztiegel werden aus Graphit, Ton und gemahlene Tiegelscherben hergestellt. Die im feuchten Zustande geformten Tiegel werden 6—10 Wochen in Trockenöfen getrocknet und dann 8—10 Stunden gebrannt. Die Tiegel müssen beim Verpacken und Verschicken schonend behandelt und in einem trockenen warmen Raume aufbewahrt werden. Vielfach lagert man sie auf den Trockenkammern. Sie nehmen trotzdem aus der Luft Feuchtigkeit auf und müssen deshalb vor Ingebrauchnahme längere Zeit auf etwa 120° vorgewärmt werden, da sonst in der hohen Schmelzhitze das Wasser zu plötzlich verdampfen und die Tiegelwand sprengen würde. Um die Dauerhaftigkeit der Tiegel zu erhöhen, streicht man sie nach jeder Benutzung innen mit einem Brei aus gemahlene Tiegelscherben, Ton, Sand und Wasser. Der Anstrich muß sauber geglättet und gut getrocknet werden. Die Tiegel für Stahlgießereien fassen etwa 35 kg.

Als Tiegelöfen benutzt man in Stahlgießereien die auf Seite 49 (Abb. 25) beschriebenen Öfen.

Betrieb des Tiegelofens. Die Tiegel werden im kalten Zustande vorsichtig mit Schmelzgut gefüllt. In der Stahlgießerei besteht der

Einsatz aus Abfällen von Martin- und Birnenstahl, dem man zur Erzielung dichter Güsse kleine Mengen Roheisen und Ferrosilizium zusetzt. Die Tiegel werden mit einem Deckel bedeckt und dann mit großen Zangen vorsichtig in den ununterbrochen arbeitenden Ofen eingesetzt. Die Schmelzung dauert etwa 4—5 Stunden. In der hohen Temperatur von 1500—1600° scheiden sich Gase, Oxyde und Schlacken aus dem flüssigen Stahl aus. Aus den Tiegelwandungen werden etwas Kohlenstoff und Silizium aufgenommen. Phosphor und Schwefel werden nicht ausgeschieden. Der Einsatz muß deshalb möglichst frei davon sein. Der Tiegelstahl liefert wegen seiner Reinheit und Gasfreiheit einen hochwertigen dichten Guß von hoher Festigkeit. Zur Steigerung der Dichte gibt man dem Stahl bisweilen geringe Zusätze von Ferromangan und Ferrosilizium und setzt unmittelbar vor dem Gießen etwas Aluminium zu. Ist der Tiegelinhalt gußfertig, so werden die Tiegel vorsichtig aus dem Ofen herausgehoben. Die dazu benutzten Zangen müssen sich der Tiegelform genau anpassen. Der Kohlenverbrauch beträgt etwa 1500—2000 kg für 1 t Tiegelstahl. Der hohen Betriebskosten wegen kommt der Tiegelgußstahl nur für besonders hochwertige Gußstücke in Frage.

Elektrostahlöfen.

In Stahlgießereien benutzt man die bei der Elektro-Stahlerzeugung beschriebenen Öfen (Abb. 26—31, Seite 50—53).

Die Elektroöfen sind den Martinöfen und Kleinbirnen überlegen durch die Reinheit des erzeugten Stahlgusses und den geringeren Abbrand. Die Betriebskosten sind jedoch des meist hohen Strompreises wegen erheblich größer als bei den beiden älteren Ofenarten. Den mit Koks oder mit Öl geheizten Tiegelöfen sind bei einem Kokspreise von 25 Rm/t und einem Ölpreise von 12 Pfg/kg die Induktionsöfen überlegen bei einem Strompreise von 6 bzw. 10 Pfg. für die Kilowattstunde, die Lichtbogenöfen bei 12 bzw. 15 Pfg. für die Kilowattstunde.

Formstoffe für Stahlguß.

Die Formen für Stahlguß werden fast immer stark getrocknet, für große Stücke sogar gebrannt. Der hohen Gießtemperatur wegen müssen die Formstoffe in höherem Maße als bei Grauguß hitzebeständig sein. Man verwendet eine Masse aus gebranntem Ton, gemahlenen alten Tiegelscherben, reinem Quarzsand und Graphit. Als Bindemittel setzt man ungebrannten Ton zu. Der Tonzusatz erhöht die Bildsamkeit, vermindert jedoch die Gasdurchlässigkeit. Diese wird durch Zusatz von Koxmehl, Melasse, Sägemehl und dergleichen erhöht. Bei Formen für

große schwere Gußstücke vermeidet man jedoch diese Zusätze. Man muß dann durch besonders zahlreiche, mit dem Luftspieß gestochene Kanäle die nötige Gasdurchlässigkeit der Form schaffen. An Stelle der Schwärze verwendet man eine Schlichte, die aus feingepulverter Schamotte, Tiegelscherben, weißem Ton, Quarz und Graphit mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt wird.

In manchen Gegenden verwendet man zu Stahlgußformen, besonders für Gegenstände, die wenig oder gar nicht bearbeitet werden sollen nassen tonhaltigen Quarzsand, der ohne weitere Aufbereitung brauchbar ist. Man staubt die Formen dann mit Schamotte-, Tiegel- oder Quarzmehl aus.

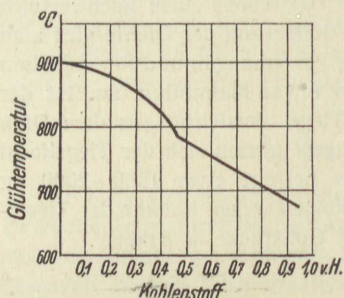


Abb. 185. Glühtemperaturen für Stahlguß.

Für die Herstellung der Formen gilt das bei der Graugießerei Gesagte. Die Formen müssen sehr fest gestampft werden. Man benutzt deshalb gern Preßluftstamper. Das Trocknen der Formen erfolgt in der früher beschriebenen Weise. Ebenfalls das Putzen. Größere Stahlgußstücke werden zum Ausgleich der Gußspannungen in Glühöfen bei

700—900° geglüht. Die Höhe der Glühtemperatur steigt mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt, wie aus der Abb. 185 zu ersehen ist. Durch das $\frac{1}{2}$ —2 Stunden dauernde Glühen wird die grobkörnige Gußstruktur in ein gleichmäßig feinkörniges Gefüge umgewandelt (vgl. Abb. 40 u. 41). Nach dem Glühen werden die Gußstücke schnell auf dunkle Rotglut und dann langsam auf Lufttemperatur abgekühlt.

Nichteisenmetallguß.

In der sogenannten Metallgießerei werden folgende Nichteisenmetalle verarbeitet: Kupfer, Zinn, Zink, Nickel, Blei, Antimon, Aluminium, Magnesium und ihre Legierungen.

Ferner werden in erheblichem Maße Altmetalle, Späne und Krätze eingeschmolzen. Die Metallspäne werden vorteilhaft brikettiert, da hierdurch der Abbrandverlust auf die Hälfte herabgesetzt wird.

Das Schmelzen der Nichteisenmetalle erfolgt in Tiegelöfen, Kesselöfen, Flammöfen und elektrischen Öfen.

Tiegelöfen.

Das Metall wird in geschlossenen Gefäßen, Tiegeln von 50—300 kg Fassung, geschmolzen. In den Tiegeln ist es vor Aufnahme schädlicher

Stoffe aus den Brennstoffen und vor Oxydation durch die Luft geschützt. (Über die Tiegel siehe S. 164.)

Die Tiegelöfen werden mit Koks, Öl, Gas oder elektrisch geheizt. Die Öl- und Gasfeuerungen haben der Koksfeuerung gegenüber folgende Vorteile. Die Bedienung ist bequemer, der Betrieb sauberer, die Temperatur läßt sich genauer regeln, die Öl- bzw. Gasflamme ist reiner als die Koksflamme, Verunreinigungen, besonders Schwefel, werden vom Schmelzgut ferngehalten. Öl- und Gasfeuerungen arbeiten auch mit geringerem Luftüberschuß als Koksfeuerungen. Ihr Wirkungsgrad ist daher höher, und die Flamme kann sogar reduzierend gestaltet werden. Nachteile sind die hohen Gas- und Ölpreise. Elektrische Tiegelöfen haben sich der hohen Stromkosten und des schlechten Wirkungsgrades wegen wenig eingeführt.

Abb. 186 zeigt einen Kokstiegelofen für natürlichen und künstlichen Zug. Der Tiegel steht in einem zylindrischen mit Schamotte ausgemauer-

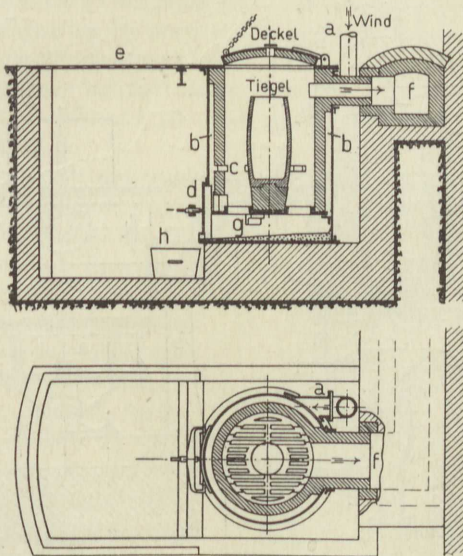


Abb. 186. Tiegelofen für natürlichen und künstlichen Zug.

ten Blechmantel, der oben durch einen aufklappbaren Deckel, unten durch einen Rost abgeschlossen ist. Der Tiegel steht auf einer Käse genannten Schamotteunterlage, um ihn vor der direkten Berührung mit der durch den Rost eintretenden kalten Luft zu schützen. Er wird rings

mit Koks umgeben. Der Wind wird durch das Rohr *a* mit einem Druck von 60—120 mm Wassersäule in den Vorwärmraum *b* geblasen. Von hier tritt er durch den Rost und die tangentialen Kanäle *c* in den Verbrennungsraum. Soll natürlicher Zug benutzt werden, so wird die Tür *d* geöffnet, und die Luft tritt durch die gelochte Platte *e* ein. Bei einem Tiegelbrüche fließt das Schmelzgut auf dem geneigten Boden in das Gefäß *h*. Der Koksverbrauch beträgt etwa 60—100 % des Einsatzes, die Schmelzdauer 1½—3 Stunden. Nach dem Schmelzen wird der Deckel geöffnet und der Tiegel mit einer Tiegelzange herausgehoben. Dies veranlaßt Wärme- und Brennstoffverluste, und die Tiegel leiden sehr unter der plötzlichen Abkühlung. Sie halten deshalb nur 15—20 Schmelzungen aus.

Diese Übelstände vermeidet man, wenn man den Tiegel dauernd im Ofen läßt und den letzteren kippbar oder tragbar macht. Die Tiegel halten dann bis 80 Schmelzungen aus, das Ofenmauerwerk bis 400 Einsätze. Einen kippbaren Tiegelofen zeigt Abb. 187. Der in zwei seitlichen

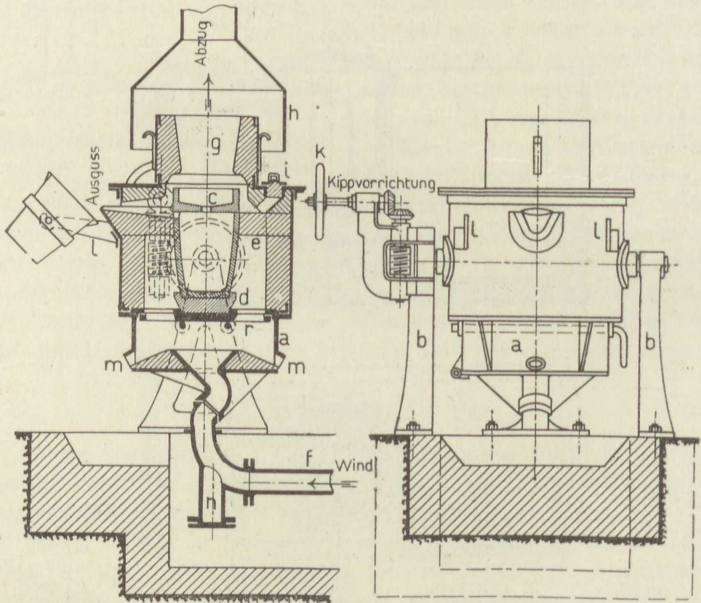


Abb. 187. Kippbarer Tiegelofen der Badischen Maschinenfabrik, Durlach.

Böcken *b* kippbar gelagerte Ofen ist unten durch eine Windkammer *a* mit ausziehbaren Rost *r* abgeschlossen. Der Tiegel steht auf der Schamotteunterlage *d*, er wird oben durch einige Steine *e* gehalten und ist durch

eine Schüssel *c* abgedeckt. Der durch das Rohr *f* zugeführte Gebläsewind wird in der Kammer *a* vorgewärmt. Die Verbrennungsgase entweichen durch den Trichter *g*. Dieser wird mit Schmelzgut gefüllt, das durch die Abgase stark vorgewärmt wird und beim Schmelzen durch die Schüssel *c* in den Tiegel fließt. Durch das Vorwärmen wird Brennstoff erspart und die Schmelzdauer verkürzt. Der verstellbare Gasfang *h* leitet die gesundheitsschädlichen Verbrennungsgase und Metaldämpfe ab. Der freie Raum um den Tiegel ist so bemessen, daß ein Nachfüllen von Koks während des Schmelzens in der Regel nicht nötig ist, sollte dies doch der Fall sein, so ist es durch die Einwurfföffnung *i* möglich. Ist die Schmelzung vollzogen, so wird der Wind abgestellt und der ganze Ofen mittels des Handrades *h* durch eine Kippvorrichtung in eine schräge Lage gebracht, so daß er den Tiegelinhalt in eine von zwei Haken *l* getragene Gießpfanne entleeren kann. Bei Tiegelbruch kann das in die Windkammer *a* fließende Metall auf deren geneigten Boden aus den durch Schmelzpfropfen verschlossenen Öffnungen *m* in untergestellte Gefäße abfließen. Zur weiteren Sicherung ist noch ein Sammelrohr *n* angebracht, damit kein Metall in die Windleitung fließen kann.

Die Schmelzdauer beträgt von der zweiten Schmelzung an 20—45 Minuten, der Koksverbrauch 20—35% des Einsatzes je nach Höhe der Schmelztemperatur.

Zum Betriebe der Kokstiegelöfen ist ein möglichst aschenarmer Koks zu verwenden, um Schlackenansätze am Tiegel zu vermeiden. Der Tiegel muß stets allseitig von Koks umhüllt sein, damit kein einseitiges Erwärmen eintritt.

Die Kokstiegelöfen werden immer mehr verdrängt durch die Öltiegelöfen. Diese verwenden als Brennstoff hauptsächlich Steinkohlenteeröl. Man baut die Öfen auch wieder feststehend und kippbar. Abb. 188 zeigt einen feststehenden Tiegelofen mit Ölfeuerung der Deutschen Öl-Feuerungswerke, Heilbronn. Der zylindrische Schacht ist oben durch einen aufklappbaren Deckel, der den Vorwärmer trägt, abgeschlossen. Das Öl fließt aus einem 2—3 m hoch stehenden Behälter zum Brenner. Die Verbrennungsluft wird unter

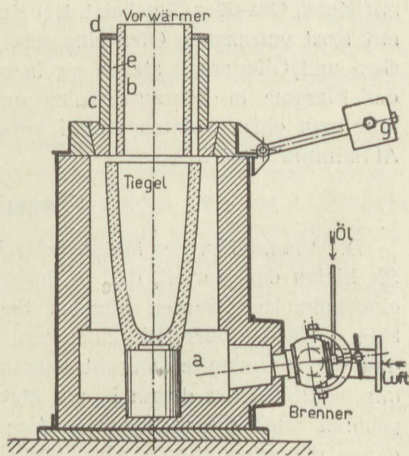


Abb. 188. Feststehender Tiegelofen mit Ölfeuerung.

einem Druck von 40—70 cm Wassersäule zugeführt. Sie wird in dem Brenner in kreisende Bewegung gesetzt, zerstäubt das Öl und gibt dem sich bildenden Ölnebel eine solche wirbelnde Bewegung, daß das aus dem Brenner austretende Ölluftgemisch nach allen Seiten auseinandergeschleudert wird und sich keine Stichflamme bilden kann. Die Ölflamme tritt tangential in den Raum *a* und steigt in Schraubenlinien um den Tiegel empor. Die Verbrennungsgase ziehen durch den Vorwärmer oder Vorschmelzer und wärmen das hier aufgeschichtete Schmelzgut stark vor. Der Vorwärmer besteht aus einem Graphitrohr und segmentartig darumgelegten Schamottesteinen *c*. Zwischen beiden ist ein durch einen Ring *d* abgedeckter Hohlraum *e*. Beim Einschmelzen von feinen Spänen nimmt man den Ring *d* ab, damit die Gase durch *e* abziehen und die Späne nicht mitreißen.

Die feststehenden Öfen leiden auch unter den mit dem Herausnehmen der Tiegel verbundenen Nachteilen, man benutzt deshalb besser kippbare Öfen, in denen der Tiegel verbleibt.

Tiegelöfen mit Gasfeuerung werden zum Metallschmelzen nur selten verwandt.

Kesselöfen.

Leicht schmelzbare Metalle und Legierungen wie Blei, Zinn, Aluminium, Weißmetall schmilzt man in gußeisernen Schmelzkesseln. Diese sind billiger als Tiegel und leiten die Wärme besser, zeichnen sich deshalb durch hohen Wirkungsgrad und große Schmelzleistung aus. Sie werden mit Koks, Gas oder Öl geheizt. Bei Koksfeuerung sind die Kessel in einen mit Rost versehenen Ofen eingesetzt, wie die Tiegel in Tiegelöfen. Bei Gas- und Ölfeuerung stehen sie in runden Schächten und werden von der Flamme in Schraubenlinien umspült. Durch die heißen Abgase läßt man einen zweiten Kessel vorwärmen. Der Abbrand beträgt bei Aluminium etwa 5%.

Flammöfen.

Die Flammöfen der Metallgießerei gleichen denen der Eisengießerei. Sie bieten den Vorteil, daß in ihnen größere Metallmengen auf einmal eingeschmolzen werden können. Sie werden hauptsächlich verwandt beim Gießen großer Bildsäulen und Glocken. Sie haben den Nachteil, daß die Brennstoffe schlecht ausgenutzt werden und daß leicht Verunreinigungen aus diesen in das Metall übergehen. Zu den Flammöfen gehören auch die sogenannten tiegellosen Öfen mit Ölfeuerung, von denen die schematische Abb. 189 ein Beispiel zeigt. Der ganze Ofen ist in zwei Zapfen um eine wagerechte Achse kippbar. Durch den einen Zapfen wird das brennende Ölluftgemisch in den Herd eingeführt. Die

Abgase entweichen durch eine Deckelöffnung. Bei diesen Öfen wird die Metallbadoberfläche stark überhitzt. Bei zinkreichen Legierungen wird hierdurch leicht ein Teil des Zinks verdampft. Der Ölverbrauch stellt sich auf etwa 12–20 l Öl für 100 kg Bronze, der Abbrand auf 5–7%.

Elektroöfen.

In neuerer Zeit haben die elektrischen Schmelzöfen auch in der Metallgießerei eine immer zunehmende Verbreitung gefunden. Außer den schon früher erwähnten Vorzügen des elektrischen

Stromes als Wärmequelle haben die Elektroöfen den Tiegel- und Flammöfen gegenüber die Vorteile, daß die Tiegelkosten fortfallen, das Schmelzgut nicht durch die Verbrennungsgase verunreinigt wird, der Abbrand geringer ist, die Legierungen besser durchgemischt und die Arbeiter nicht durch strahlende Wärme und schädliche Abgase belastigt werden.

In deutschen Metallgießereien finden hauptsächlich Lichtbogenöfen und Induktionsöfen Verwendung. Von den ersteren eignen sich die direkten Lichtbogenöfen, bei denen der Lichtbogen durch das Metallbad hindurchgeht, der hohen Erhitzung des Metalles wegen nicht für Legierungen, die Zink enthalten, da dieses schon bei 925° verdampft. Für Kupfer-Zinklegierungen haben sich die indirekten Lichtbogenöfen besonders in der Form der Rollöfen eingeführt, deren Bauart die schematische Abb. 190 erläutern soll.

Eine feuerfeste ausgemauerte Blechtrommel ruht drehbar auf Rollen. Durch die Stirnwände werden je nach der Stromart zwei oder drei verstellbare Elektroden eingeführt, zwischen denen sich der Lichtbogen bildet. Dieser gibt seine Wärme durch Strahlung an das Schmelzgut ab. Die Temperatur läßt sich genau regeln. Die Trommel ist luftdicht verschlossen. Atmosphärische Luft kann nicht eindringen. Der in der Trommel vorhandene Sauerstoff wird vom Lichtbogen bald verzehrt. Die Gefahren des Metallabbrandes und der Oxydation werden daher vermieden. Durch das Umlaufen der Trommel wird eine gleichmäßige Erwärmung und eine gute Durchmischung des Metallbades erreicht. Sollte etwas Zink verdampft sein, so schlagen sich die Dämpfe auf der Innenwand der Trommel nieder und werden beim Umlaufen der Trommel von dem Schmelzgut wieder aufgenommen.

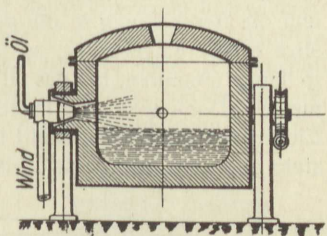


Abb. 189. Tiegelloser Schmelzofen mit Ölfeuerung.

Der Betrieb eines solchen Rollofens verläuft etwa folgendermaßen. Soll nach Vollendung einer Schmelzung der Ofen neu gefüllt werden, so werden die Elektroden auseinandergezogen, die Beschicktür geöffnet und die Beschickung in die noch warme Trommel eingebracht. Werden ölige Späne eingebracht, so läßt man die Trommel zunächst stromlos so lange umlaufen, bis das Öl abgebrannt ist, um Explosionen zu vermeiden. Dann werden Einsatz- und Abstichöffnungen geschlossen, die Elektroden richtig eingestellt und der Strom eingeschaltet. Die Trommel steht zunächst solange still bis alles geschmolzen ist. Dann läßt man sie

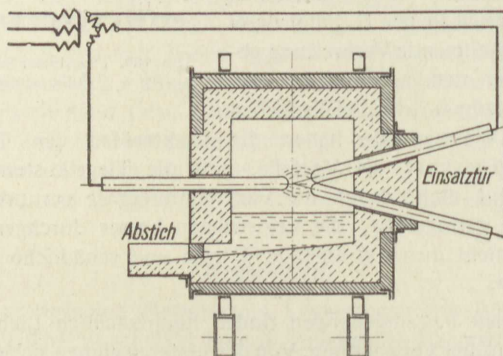


Abb. 190. Lichtbogenofen (Rollofen).

umlaufen. Ist das Schmelzgut genügend durchmischt, so setzt man die Trommel still, stellt den Strom ab und öffnet den Abstich. Der Prozeß dauert bei Messing etwa 30—40 Minuten. Der Stromverbrauch beträgt bei ununterbrochenem Betriebe 230—260 kWh/t. Die Ofenausmauerung hält 500—1000 Schmelzungen aus. Der Abbrand beträgt bei Messing 1,4—2%.

Von den Induktionsöfen wurde in Deutschland zuerst der Röchling-Rodenhausersche (siehe Seite 53) zum Metallschmelzen benutzt, und zwar in Größen von 300—350 kg Fassung. Er eignet sich besonders für ununterbrochenen Betrieb und große Mengen gleichbleibender Legierungen. Der Stromverbrauch beträgt für Messing 280—350 kWh/t, für Bronze 380—550 kWh/t, die Schmelzdauer $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Stunden. Bei jedem Abstich läßt man einen kleinen Rest flüssigen Metalles im Herd, um die nächste Schmelzung einzuleiten. Eine Ausmauerung hält 500—1000 Schmelzungen aus. Während des Schmelzens muß der Ofen möglichst luftdicht abgeschlossen gehalten werden. Der Abbrand ist dann sehr gering, beim Messingschmelzen nur 1% Zink.

Zum Schmelzen von Messing hat sich in neuerer Zeit der Ajax-Wyatt-Ofen der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke, A.-G., eingeführt, den Abb. 191 zeigt. Die Spulenanordnung entspricht der des Kjellin-Ofens (Seite 52). Um den Eisenkern *a* ist die Primärspule *b* gewickelt. Die Schmelzung erfolgt in der engen Rinne *c*, das Schmelzgut läuft in den Pfeilrichtungen um. Das Einsetzen erfolgt von oben, der Ausguß ist seitlich angebracht. Die Öfen werden gebaut für 250—360 kg Fassung. Der Stromverbrauch beträgt 182 kWh/t, der Abbrand unter 1%. Die Ofenauskleidung hält durchschnittlich 2000 Schmelzungen aus. Der Wirkungsgrad des Ofens ist 88—90%.

Elektrisch geheizte Tiegelöfen werden nur in Laboratorien benutzt. Elektrische Kesselöfen finden wohl beim Einschmelzen von Aluminiumschrott Verwendung. Der Kessel wird dabei durch eine um ihn geleitete Heizspirale erwärmt. Zum Schmelzen von Nickellegierungen und Edelmetallen beginnt man jetzt Hochfrequenzöfen zu benutzen. Bei diesen ist um einen Graphittiegel eine Primärspule gewickelt, deren Kraftlinienfeld das Schmelzgut im Tiegel durch Wirbelströme schmilzt. Die Hochfrequenzöfen werden in Größen von 10—300 kg Fassung und dementsprechend mit Frequenzen von 20000—500 Per./s gebaut. Der Stromverbrauch eines 100k-VA-Ofens beträgt beim Schmelzen von Kupfer 600—800 kWh/t. Der Wirkungsgrad ist nur gering, bei einem 300-kg-Ofen etwa 65%.

Über die Betriebskosten der verschiedenen Metallschmelzöfen macht Dipl.-Ing. E. Schrieder, Hagen in Westfalen, folgende Angaben:

Neben den Brennstoffkosten und den Schmelzverlusten kommen die Löhne, Zinsen und Amortisation, Ausmauerung und Tiegelkosten hauptsächlich in Frage. Die relativen Lohnkosten steigen besonders stark für kleine Öfen. Ein kipparer Öfen z. B. muß durch einen Schmelzer bedient werden, gleichgültig ob er groß oder klein ist. Ist die tägliche Leistung des Ofens 5 t, so kommt auf 1 t 1,30 RM., ist sie nur 0,5 t, so kommt auf 1 t 13 RM. Lohn. Meist sucht man mehrere Öfen durch einen Schmelzer und einen Hilfsarbeiter bedienen zu lassen. Dann werden die Lohnkosten entsprechend geringer. Die Schmelzer müssen unbedingt eingeschult werden; denn die wichtigste Bedingung des Be-

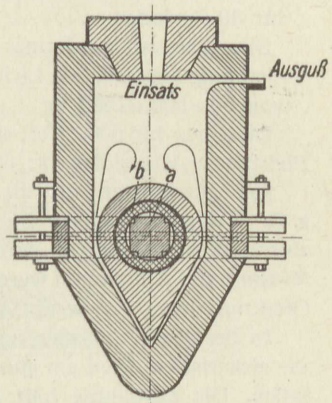


Abb. 191. Ajax-Wyatt-Ofen.

triebes ist, Chargenzeit zu kürzen. Auch das Anheizen übt einen Einfluß auf die Lohnkosten aus.

Die Verzinsung und Amortisation, die zusammen mit 16% angesetzt werden können, spielen meist nur eine untergeordnete Rolle, und nur bei den elektrischen Öfen können sie erheblich werden. Als Anhalt diene:

Kippbare Kokstiegelöfen von 50—600 kg Messing .	1000—3000 RM.
Kippbare Gas- und Kokstiegelöfen von gleicher Größe	1000—4000 „
Kippbare Flammöfen von 300—2000 kg Messing .	2000—4000 „
Kippbare Induktionsöfen von 300—1500 kg Messing für 50 Perioden	18000—30000 „

Dieselben mit Umformer bedeutend mehr.

Vollständig ausgerüstete Lichtbogenöfen für 110 Volt
von 50—500—1500 kg. 5000—10000—15000 „

Dieselben für 6000 Volt doppelt bis dreimal soviel.

Elektrische Kesselöfen für 60—400 kg Aluminium . 5000—8000 „

Am günstigsten für die Verzinsung ist der 24-Stunden-Betrieb; z. B. betragen bei einem Induktionsofen im 8-Stunden-Betrieb die Verzinsungskosten 2,20 RM., im 24-Stunden-Betrieb 0,75 RM. für die Tonne Messing. Bei Aluminium werden die Kosten dreimal höher, da ja derselbe Ofen nur dreimal so wenig Aluminium fassen kann.

In bezug auf Ausmauerung, Ausstampfung und Tiegelkosten stehen die elektrischen Öfen am günstigsten da, weil die Tiegelkosten ganz wegfallen. Die Zustellung hält bei ihnen 500, 1000 ja 2000 Einsätze aus. Bei Tiegelöfen hält die Ausmauerung 300—400 Einsätze aus, ist aber billiger als bei elektrischen Öfen. Ganz besonders teuer ist die Ausmauerung mit Asbestzement der Induktionsofenrinnen. Die Mauerkosten fallen mit der Ofengröße und sind umgekehrt proportional dem spezifischen Gewicht der Metalle. Bei ganz kleinen Öfen betragen sie 6 bis 10 RM., bei großen Öfen 2 RM. für die Tonne Messing. Bei richtiger Betriebsweise sinken die Tiegelkosten auf 10 RM. für die Tonne Messing im 50-kg-Ofen und auf 4 RM. bei großen Öfen. Die Gesamtschmelzkosten setzen sich zusammen aus Verzinsung und Amortisation, allgemeinen Unkosten, Energiekosten und Schmelzverlusten. In Abb. 192 sind sie für 1 t Messing dargestellt unter Annahme eines Preises für die Kilowattstunde von 8 Pfg., für 1 kg Teeröl 15—16 Pfg., für 1 kg Koks mit Anfuhr 2,5 Pfg.

Als Formstoffe für Metallguß benutzt man meist Masse und Lehm, seltener Formsand. Leicht schmelzbare Legierungen gießt man auch in Dauerformen aus Metall oder Stein (Schiefer).

Die Herstellung der Formen erfolgt in derselben Weise wie beim Grauguß. Bei Massenherstellung benutzt man Formmaschinen, vielfach solche für Etangenguß.

Mit Sturz- oder Schwenkguß bezeichnet man ein Gießverfahren, durch das man aus leicht schmelzbaren Legierungen Hohlkörper, z. B. Figuren, ohne Kern gießen kann. Man gießt die Form zunächst voll und wartet bis die äußere Metallkruste erstarrt ist. Dann durchstößt man die Metallkruste am Einguß, schwenkt die Form herum und läßt den noch flüssigen Kern wieder ausfließen.

Unter Spritzguß, Fertigguß oder Preßguß versteht man ein Gießverfahren, bei dem leicht schmelzbare Metallegierungen durch einen Pumpenkolben oder durch Druckluft in meist aus Stahl bestehende

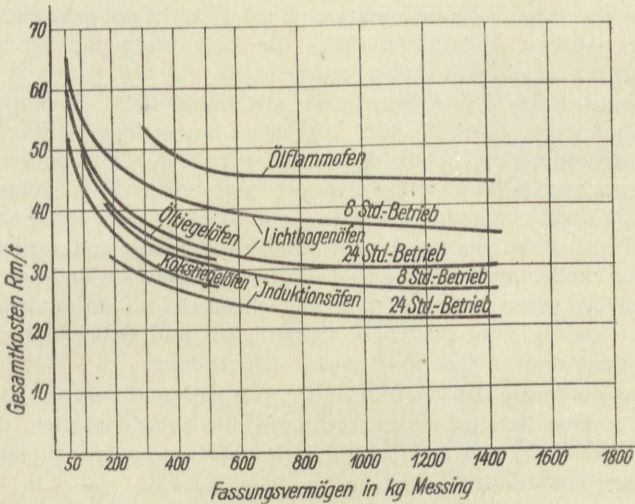


Abb. 192. Gesamtkosten beim Schmelzen von 1 t Messing.

Dauerformen gedrückt werden. Man gießt auf diese Weise kleine Massenartikel wie Teile von Zählern, Uhren u. dgl. Die Gußstücke kommen vollständig fertig aus der Form mit einer Genauigkeit bis zu $\pm 0,01$ mm und bedürfen keiner Nacharbeit. Die kleinsten Löcher und die feinsten Gewinde werden gleich mit eingegossen (Fertigguß). Man spart die Bearbeitungskosten. Die Herstellungskosten der äußerst genauen Formen sind allerdings hoch, sie betragen für mittelgroße Gußstücke etwa 500—3000 RM. Die Herstellung von Spritzgußteilen wird daher erst wirtschaftlich bei mindestens 3000 Gußstücken derselben Art. Man kann Spritzgußstücke von 0,5 g bis 3,5 kg Gewicht und mehr herstellen. Durch die Abschreckung des Gußmetalls an den Formwandungen erhalten die Spritzgußstücke an ihrer Oberfläche ein feines festes Gefüge.

Als Legierungen für Spritzguß können nur solche verwandt werden, die sich bei längerer Erhaltung im flüssigen Zustande nicht entmischen und die die Eisenteile der Gießmaschinen und der Formen nicht angreifen. Es kommen hauptsächlich in Frage: Blei-Zinnlegierungen mit etwa 25—75% Zinn, 8—56% Blei und Zusätzen von bis 15% Antimon und 4% Kupfer. Schmelzpunkt bis 330°. Diese Legierungen lassen sich gut vergießen und liefern genaue Abgüsse. Ihre Festigkeit ist nur gering.

Zinn-Zinklegierungen mit etwa 71—87% Zink, 8—25% Zinn und von 0,2—0,5% Aluminium, 3—4% Kupfer und 0,3—0,5% Nickel. Schmelzpunkt bis 450°. Diese Legierungen haben höhere Festigkeit als die vorigen, lassen sich gut gießen, sind jedoch nicht gut gefügebeständig und chemischen Änderungen durch die Luft ausgesetzt. Sie werden deshalb mit einem Schutzüberzug versehen.

Aluminium-Zinklegierungen mit etwa 93% Zink, 2,5 bis 5% Aluminium, 2—4% Kupfer. Sie haben nur geringe Haltbarkeit an der Luft und geringe Maßhaltigkeit und werden daher selten verwandt.

Aluminium-Kupferlegierungen mit etwa 92% Aluminium, 6—8% Kupfer und geringen Zusätzen von Silizium und Nickel. Schmelzpunkt etwa 630°. Sie lassen sich schwieriger gießen und greifen ihres hohen Aluminiumgehaltes wegen das Eisen stark an. Sie sind sehr widerstandsfähig gegen äußere Kräfte und chemische Einflüsse, haben geringes Gewicht, gute elektrische Leitfähigkeit und Gefügebeständigkeit und finden deshalb eine weitgehende Verwendung.

Silumin eignet sich auch sehr gut zum Spritzguß, ebenso Elektron.

In neuerer Zeit ist es auch gelungen, die Schwierigkeiten, die sich der Verwendung von Messing- und Rotguß-Legierungen zu Spritzguß entgegenstellten, zu überwinden.

Die Formen bestehen für Legierungen mit niedrigem Schmelzpunkt meist aus bestem Kohlenstoffstahl. Bei Legierungen mit höheren Schmelzpunkten aus legierten Sonderstählen z. B. einem solchen mit 1,5% Kohlenstoff und 12—14% Chrom. Da Aluminium im flüssigen Zustande das Eisen stark angreift, so macht man die Formen für Aluminiumlegierungen aus siliziumreichem Gußeisen oder Chrom-Vanadiumstahl.

Zur Herstellung von Spritzguß benutzt man Gießmaschinen, die bequem von einem einzigen Arbeiter bedient werden können. Ihre Einrichtung und Wirkungsweise sei an dem in Abb. 193 dargestellten Beispiel erläutert.

Das Metall wird von einem Schmelzkessel *a* aufgenommen, der gewöhnlich durch Gas, seltener durch Öl, Koks oder elektrisch geheizt wird. Der Schmelzkessel enthält eine durch den Handhebel *h*₁ zu bedienende Druckpumpe, von der ein Kanal *c* und das Mundstück *d* zu der Form führen. Die Form besteht aus mehreren Teilen, der Deckform *e*,

der Auswerfform f , die an den Schlitten g_1 und g_2 befestigt sind, und den verschiebbaren Kernen i . Die Auswerfstifte k sollen das fertige Gußstück aus der Form entfernen. l ist ein feststehender Auswerfbock. Das durch den Hebel h_2 betätigte Exzenter m bewegt die Schlitten g_1 und g_2 in einer Führung. n ist ein Anschlag für g_1 .

Die Maschine arbeitet folgendermaßen. Die Form wird zusammengesetzt und durch den Handhebel h_2 in die in der Hauptfigur gezeichnete

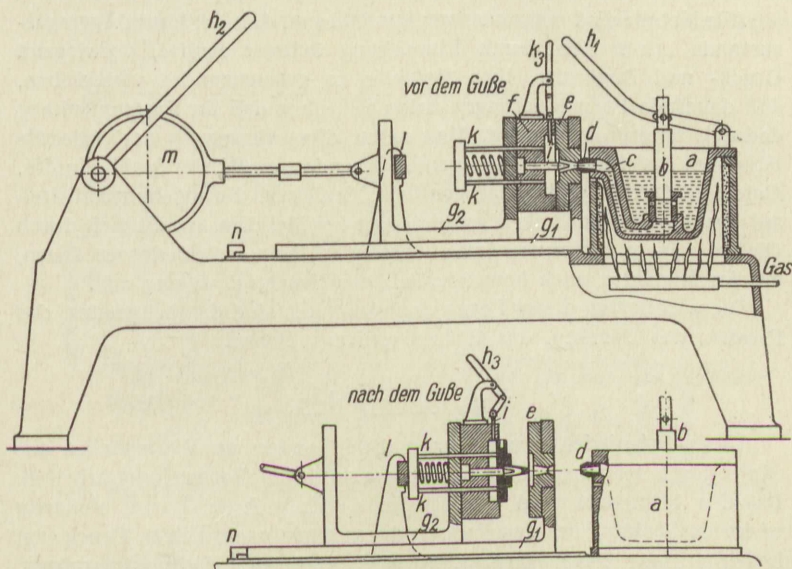


Abb. 193. Spritzguß-Gießmaschine.

Lage gebracht. Das Mundstück d legt sich dabei dichtend in die Eingußöffnung. Das flüssige Metall ist durch die Öffnungen in der Wand des kleinen Pumpenzylinders in diesen geflossen und wird nun durch Herabdrücken des Kolbens b unter einem Drucke von 10—30 atü in die Form gedrückt. Ist es darin erstarrt, so wird der obere Kern i durch den Hebel h_3 aus dem Gußstück herausgezogen (siehe Nebenfigur). Dann werden durch den Hebel h_2 und das Exzenter m die Schlitten g_1 und g_2 vom Schmelzkessel abgezogen. Wird g_1 durch den Anschlag n in seiner Bewegung aufgehalten, so bewegt sich g_2 noch weiter, die Form öffnet sich und durch den Auswerfbock l und die Stifte k wird das fertige Gußstück aus der Form geworfen.

Die Umformung der Metalle auf Grund ihrer Bildsamkeit.

Alle Metalle sind mehr oder weniger bildsam, d. h. im festen Aggregatzustande lassen sich durch Einwirkung äußerer Kräfte, vorwiegend Druck- und Zugkräfte, ihre Moleküle so gegeneinander verschieben, daß dauernde Formänderungen entstehen, ohne daß ihr Zusammenhang dadurch unterbrochen wird. Man nennt diese Bewegung der Moleküle Fließen. Daß Fließungsvermögen ist besonders groß beim Stahl, Kupfer, Gold und Silber, gering dagegen beim Gußeisen. Formgebungsarbeiten auf Grund der Bildsamkeit wendet man bei Metallen an, die sich durch Gießen schwer umformen lassen, besonders beim schmiedbaren Eisen, das im folgenden auch hauptsächlich berücksichtigt werden soll.

Die wichtigsten dieser Formgebungsarbeiten sind das Schmieden, das Pressen, das Drücken, das Walzen und das Ziehen.

Das Schmieden.

Unter Schmieden versteht man die besonders an Werkstücken aus Stahl durch Hämmer oder Pressen ausgeführten Formgebungsarbeiten. Bei den Hämmern wird das Fließen durch mehrere kurze, stoßartig wirkende Schläge, bei den Pressen durch einen nachhaltigen Druck von beliebig langer Dauer bewirkt. Metalle mit hohem Fließungsvermögen, z. B. Gold, Blei und Kupfer, und Werkstücke von geringerer Stärke, wie Draht und Feinbleche, können im kalten Zustande geschmiedet werden; man nennt die Bearbeitung dann Hämmern. Ist ein Bearbeiten im kalten Zustande nicht möglich, so erhöht man die Bildsamkeit durch Erwärmen. Dies erklärt sich aus der Verminderung der Zugfestigkeit und damit der Kohäsion der Metalle bei Temperaturerhöhung. Abb. 194 zeigt z. B. die Abhängigkeit der Zugfestigkeit von der Temperatur bei Flußstahl von $38,5 \text{ kg/mm}^2$ Zugfestigkeit. Die Bearbeitbarkeit im warmen Zustande wird weiter dadurch erhöht, daß mit der Verminderung der Zugfestigkeit eine Verringerung der Kerbzähigkeit sowie eine Herabsetzung der Elastizitätsgrenze und eine Erhöhung der Dehnung verbunden sind. Die beim Schmieden aufgewandten Beanspruchungen des Werkstoffes überschreiten immer seine Elastizitätsgrenze, da es sich um bleibende Formänderungen handelt. Sie müssen jedoch unter der Bruchgrenze bleiben.

Für das Schmieden kommen die Temperaturen zwischen 750° und 1200° in Betracht. Ein geübter Schmied erkennt die Temperaturen an den in Abb. 194 angegebenen sogenannten Glühfarben des Eisens. Die Höhe der Schmiedetemperatur hängt von der chemischen Zusammensetzung des Eisens ab. Kohlenstoffärmere Stähle können ohne Bedenken höher erhitzt werden als kohlenstoffreichere. Legierte Stähle müssen besonders vorsichtig erwärmt werden. Man benutzt dabei zweckmäßig Öfen mit selbstanzeigenden Pyrometern, um die Temperaturen genau

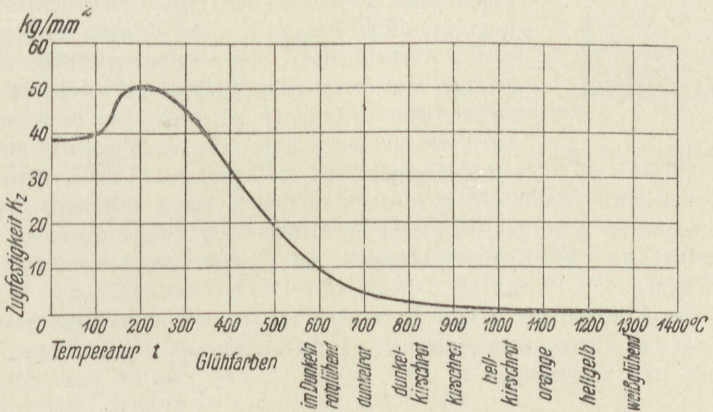


Abb. 194. Abhängigkeit der Zugfestigkeit von der Temperatur bei Flußstahl von $K_z = 38,5 \text{ kg/mm}^2$.

überwachen zu können. Wird der Stahl überhitzt, ohne daß eine chemische Veränderung eintritt, so wird er grobkristallinisch und spröde (vgl. das Schliffbild Abb. 42). Durch vorsichtiges Glühen und Schmieden können die Kristalle wieder verfeinert und der Stahl wieder brauchbar gemacht werden. Tritt durch die Überhitzung eine chemische Veränderung, teilweise Oxydation, ein, so wird der Stahl verbrannt und kann nicht wieder brauchbar gemacht werden (vgl. das Schliffbild Abb. 44). Ebenso gefährlich ist das Schmieden bei zu niedriger Temperatur, besonders bei der sogenannten Blauhitze $300\text{--}500^{\circ}$. Der Stahl wird dann spröde und brüchig und bekommt beim Schmieden Risse.

Bei den hohen Temperaturen überzieht sich das glühende Eisen durch Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft oder der Verbrennungsgase mit einer Hammerschlag oder Zunder genannten Oxydschicht, die vor dem Schmieden beseitigt werden muß.

Beim Schmieden vollzieht sich im Schmiedestücke die durch Abb. 195 veranschaulichte Gefügeänderung. Wird ein Schmiedestück auf den

Aamboß gelegt und in der Richtung des Pfeiles (durch den Schlag eines Hammers oder den Druck einer Presse) ein Druck darauf ausgeübt und hierdurch ein entsprechender Gegendruck des Ambosses hervorgerufen, so verdichtet sich sein Material in den durch die doppelte Schraffur

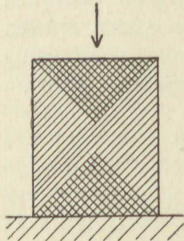


Abb. 195. Rutschkegel.

angedeuteten sogenannten Rutschkegeln bzw. -pyramiden, je nachdem das Stück kreisförmigen oder rechteckigen Querschnitt hat, während es in den übrigen Teilen locker bleibt. Die Neigung der Kegelflächen hängt von der Größe des Druckes ab. Je größer dieser ist, um so tiefer dringen die Kegel in das Werkstück ein. Die Ungleichmäßigkeit des Gefüges muß beim Schmieden wieder ausgeglichen werden. Am einfachsten geschieht dies, wenn man das Werkstück beim Strecken nach jedem Schlage um 90° wendet, um die Zunahme an Breite wieder auszugleichen. Es bilden sich dann in den lockeren Teilen ebenfalls Rutschkegel. Wird das Werkstück beim Schmieden nicht gewendet, so beseitigt man die Ungleichmäßigkeit des Gefüges durch wiederholtes Erwärmen.

Das Erhitzen der Schmiedestücke zur Erhöhung ihrer Bildsamkeit erfolgt in offenen Schmiedefeuern, in geschlossenen Schmiedeöfen, in Glüh- und Schweißöfen.

Offene Schmiedefeuere.

Abb. 196 zeigt ein gewöhnliches Schmiedefeuere (auch Esse genannt). In dem gemauerten Herde *a* ist eine Feuergrube *b* ausgespart, in der ein Kohlenfeuer brennt. Als Brennstoff verwendet man sogenannte Schmiedekohle, eine feinkörnige, möglichst schwefelfreie Backkohle. Die Verbrennungsgase ziehen durch den Rauchfang *c* in den Schornstein *d* ab. Das Feuer wird zu hoher Glut angefacht durch aus der Düse *e* austretenden Gebläsewind von einer Pressung von 15—20 mm Wassersäule. Der Wind wird durch Blasebälge, Ventilatoren oder Kapselgebläse erzeugt. Die gußeiserne Platte *f* soll das Mauerwerk über der Düse schützen. *g* ist ein mit Wasser gefüllter Löschtroge. In ihm befindet sich ein Löschwedel, ein an einem Ende mit Stroh, Reisig

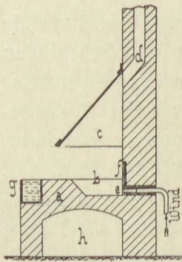


Abb. 196.
Schmiedefeuere.

oder Lappen umwickelter Eisenstab, mit dem die die äußere Kruste des Kohlenfeuers durchbrechenden Flammen ausgelöscht werden, damit die Wärme möglichst im Innern des Feuers zusammengehalten wird. Der Raum *h* dient zur Aufnahme der Schmiedekohlen.

Eine gleichmäßige Verteilung des Windes erreicht man, wenn man ihn nicht in Form eines geschlossenen Strahles von der Seite, sondern durch eine ringförmige Öffnung von unten zuführt, wie dies bei dem in Abb. 197 gezeichneten Schmiedeherdeinsatz oder Esseneisen möglich ist. Die in den Herd einzusetzende gußeiserne Schale *a* wird unten durch eine auswechselbare haubenförmige Düse *b* abgeschlossen, durch deren mittlere Öffnung der durch das Rohr *c* zugeleitete Wind in das Feuer gelangen kann. Die Düsenöffnung wird durch einen kräftigen Kegel *d* mehr oder weniger verschlossen.

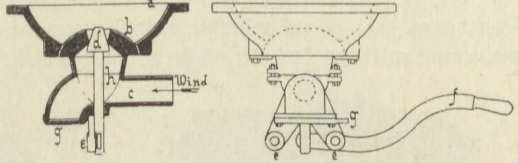


Abb. 197.
Schmiedeherdeinsatz.

Durch einen an einem der beiden Augen *e* befestigten Handhebel *f* kann man den Kegel *d* höher oder tiefer stellen und dadurch die Windmenge regeln. Schlacken oder sonstige Verunreinigungen, die sich in der Düsenöffnung festsetzen, können durch mehrmaliges kräftiges Auf- und Abbewegen des Kegels *d* zertrümmert werden. Sie fallen dann nach unten und werden durch Öffnen des Schiebers *g* beseitigt. Dieser Herdeinsatz hat weiter noch den Vorteil, daß der Wind sich im Raume *h* vorwärmen kann, wodurch Brennmaterial gespart wird.

Das in Abb. 196 dargestellte Schmiedefeuerschwerk das Erwärmen größerer Schmiedestücke, da die senkrechte Wand, an die der Herd sich anlehnt, hinderlich ist. Dieser Übelstand wird bei dem in Abb. 198 dargestellten freistehenden Schmiedefeuervermieden. Statt des gemauerten Herdes hat dieser ein gußeisernes Gestell, das die gußeiserne Feuergrube *a* trägt. Die Windzuführung geschieht von unten durch die auswechselbare Düse *b*. Durch die Düse fallende Verunreinigungen werden durch Öffnen des Schiebers *c* beseitigt. Der Wind wird auch hier vorgewärmt. Die Verbrennungsgase ziehen durch den Blechschornstein *d* ab; an diesem ist unten eine an Gegengewichten aufgehängte trichterförmige Haube *e* verschiebbar, die bis dicht auf das Feuer gesenkt werden kann. *f* ist der gußeiserne Löschtrog.

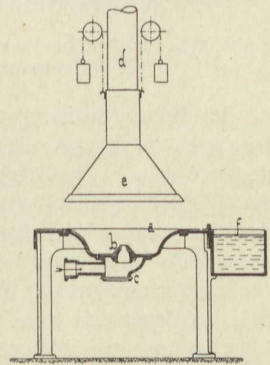


Abb. 198.
Freistehendes Schmiedefeuerschwerk.

Die Hauben und die sich daran schließenden Blechschornsteine

machen namentlich bei einer größeren Zahl von Schmiedefeuern die Werkstatt unübersichtlich und verdunkeln sie. Deshalb leitet man die Rauchgase auch nach unten und saugt sie durch natürlichen oder künstlichen Zug ab. Abb. 199 zeigt eine Vereinigung von vier Schmiedefeuern und gemeinsamer unterirdischer Rauchabsaugung. Jedes Feuer ist mit einer durch Zahnrad und Zahnbügel beweglichen Rauchhaube *a* versehen, die bis dicht auf das Feuer heruntergeklappt werden kann. Die Rauchgase, 20—30 m³/min für jede Feuerstelle, werden durch das gemeinsame mittlere Rohr *b* nach unten abgesaugt.

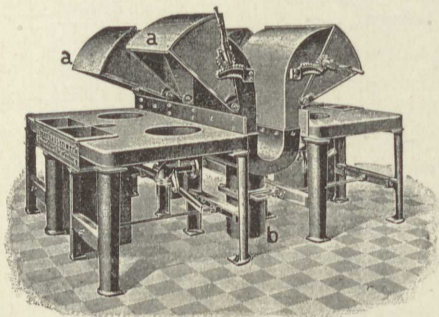


Abb. 199. Schmiedefeuer mit unterirdischer Rauchabsaugung.

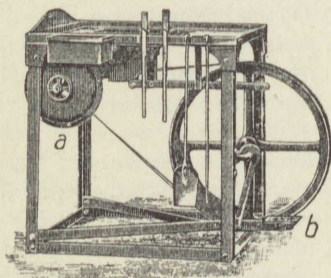


Abb. 200. Feldschmiede.

Bei Montagearbeiten und Schmiedearbeiten im Freien benutzt man tragbare oder fahrbare Schmiedefeuer, sogenannte Feldschmieden, von denen Abb. 200 ein Beispiel zeigt. Die Feldschmiede ist zur Erzeugung des Windes bei *a* mit einem Ventilator versehen, der von einer durch den Fußhebel *b* gedrehten Kurbelwelle mit Schwungradriemenscheibe angetrieben wird. Auch Feldschmieden mit Blasebälgen sind in Gebrauch.

Zur Vermeidung von Wärmeverlusten überdeckt man wohl die offenen Schmiedefeuer mit abnehmbaren Hauben aus Schamottesteinen. Dies führt zu den geschlossenen Schmiedeöfen.

Geschlossene Schmiedeöfen.

Zum Erhitzen kleinerer Schmiedestücke in Gesenkschmieden sowie von stangenförmigen Werkstücken für Stauchmaschinen benutzt man geschlossene Schmiedeöfen. Bei diesen wird das Werkstück zur Vermeidung von Wärmeverlusten in einem allseitig geschlossenen, aus einem mit Schamottesteinen ausgemauerten Eisenmantel gebildeten Raume erhitzt. Die Öfen werden ortsfest oder versetzbar gebaut. Die letztere Bauart bietet den Vorteil, daß der Ofen dicht an die Schmiedemaschine

herangesetzt und das Werkstück vor unnötiger Abkühlung geschützt werden kann. Zum Heizen der Öfen benutzt man Koks, Öl oder Gas. Die Regelung der Verbrennung erfolgt durch Drosselung der Verbrennungsluft.

Abb. 201 zeigt einen Schmelzofen für Koksfeuerung von Brüder Boye, Berlin. Die Rostfeuerung wird durch die beiden seitlichen Türen *a* mit Brennstoff versorgt. Der Gebläsewind tritt mit einer Pressung von 150 mm Wassersäule bei *b* unter den Rost, die Verbrennungsgase ziehen

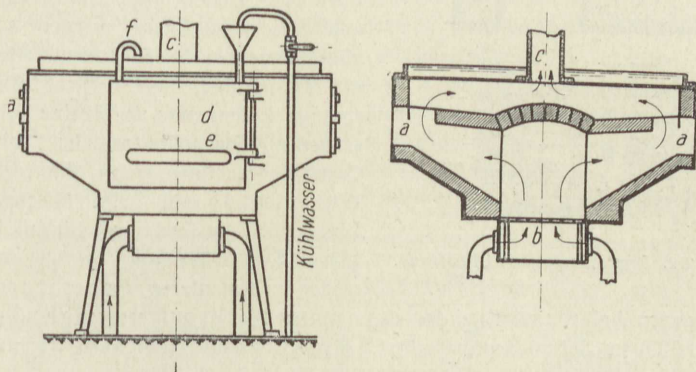


Abb. 201. Schmelzofen für Koksfeuerung von Brüder Boye, Berlin.

bei *c* ab. Die stangenförmigen Werkstücke werden durch den Schlitz *e* in der Tür *d* eingesteckt. Die Tür ist hohl und wird durch Wasser gekühlt, um ein Verbrennen der Tür und ein Belästigen des Arbeiters durch strahlende Wärme zu verhüten. Das bei *f* austretende Kühlwasser kühlt auch noch die Ofendecke. Als Brennstoff dient Schmelzkoks von 50×50 mm Stückgröße.

Als flüssige Brennstoffe verwendet man bei Schmelzöfen Rohöl, Masud und Teeröl mit Heizwerten von etwa 9500 W.E./kg. Die Öle werden in besonderen Brennern durch Gebläseluft von 1500—2000 mm Wassersäule Pressung nebelartig zerstaubt und verbrennen mit geringem Luftüberschuß. 1 kg Öl gebraucht etwa 15—20 m³ Luft. Die Verbrennungstemperatur ist sehr hoch, läßt sich gut regeln und genau auf eine bestimmte Höhe einstellen. Die Ölfeuerungen bedürfen daher fast gar keiner Bedienung und sind sehr sauber. Abb. 202 zeigt einen Schmelzofen mit Ölfeuerung der Deutschen Ölfeuerungswerke Neckarsulm. Das Öl fließt aus einem 2—3 m hoch aufgestellten Behälter den Brennern *a* zu, wird durch die bei *b* eintretende Preßluft zerstaubt und als Ölnebel im Herde verbrannt. Die Verbrennungsgase ziehen durch den Fuchs *d*

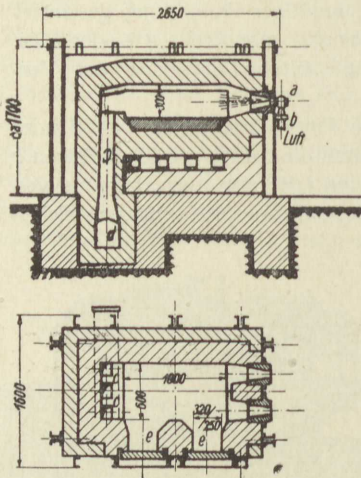


Abb. 202. Schmiedeofen mit Ölfuehrung.

ab. Die Schmiedestücke werden durch die Türen *e* eingesetzt. Der Ölverbrauch beträgt in neunstündiger Arbeitsschicht etwa 110 l für jedes Quadratmeter Herdfläche.

Schmiedeofen mit Gasfeuerung werden selten mit dem teureren Leuchtgas betrieben, meist mit Luft oder Generatorgas, Wassergas und Mischgas. Diese werden aus minderwertigen festen Brennstoffen wie Braunkohle, Torf, Holzabfällen erzeugt, indem man durch eine hohe glühende Brennstoffschicht beim Generatorgas Luft, beim Wassergas Wasserdampf und beim Mischgas Luft und Wasserdampf hindurchbläst. Die Erzeugung erfolgt entweder in besonderen, Generatoren

genannten Anlagen oder bei den sogenannten Halbgasfeuerungen (vgl. Abb. 205) im Schmiedeofen selbst. Als Durchschnittsheizwerte rechnet

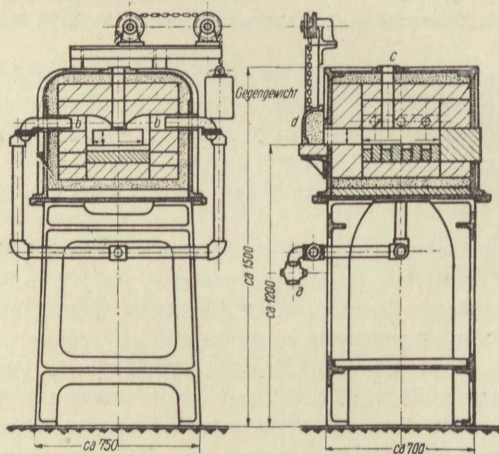


Abb. 203. Schmiedeofen mit Gasfeuerung. (System Defries, Hommel, Mainz.)

man für Generatorgas 1000 W.E./m³, Wassergas 2600 W.E./m³, Mischgas 1200 W.E./m³. Die Gasfeuerungen bieten dieselben Vorteile wie die Öl-

feuerungen. Als Beispiel diene der in Abb. 203 dargestellte Ofen, System Defries von Hommel, Mainz.

Das Gemisch von Gas und Verbrennungsluft wird bei *a* zugeführt. Es tritt an den beiden Längsseiten des Ofens durch je drei Brenner *b* in den Verbrennungsraum und wird dort verbrannt. Die Verbrennungsgase ziehen bei *c* ab. Die zu erhaltenden Stangenenden werden durch die Tür *d* eingeführt.

Glüh- und Schweißöfen.

Große Schmiedestücke erhitzt man in Flammöfen von ähnlicher Bauart wie der in Abb. 57 Seite 94 dargestellte. Je nach der verlangten Temperaturhöhe nennt man sie Glüh- oder Schweißöfen. Die in den Abgasen enthaltenen erheblichen Wärmemengen sucht man nach Möglichkeit nutzbar zu machen. In Schmieden mit Dampfhämmern setzt man vielfach auf die Schmiedeöfen einen durch die Abgase geheizten Dampfkessel. Weiter benutzt man die Abgase zum Vorwärmen

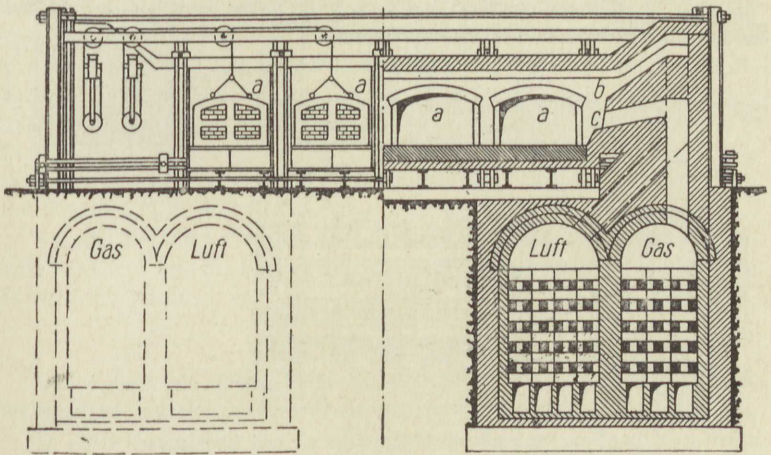


Abb. 204. Glühofen mit Siemensfeuerung.

der Verbrennungsluft und bei Gasfeuerungen auch zum Vorwärmen der gasförmigen Brennstoffe. Man verwendet dabei entweder das Regenerativ- oder das Rekuperativverfahren. Das erstere ist bereits früher beim Siemens-Martin-Ofen beschrieben. Beim Rekuperativverfahren ziehen die heißen Abgase zum Schornstein durch ein Kanalsystem, dem ein anderes Kanalsystem benachbart ist, durch das die Verbrennungsluft zur Feuerung zieht. Der Wärmeaustausch findet durch die die beiden Kanalsysteme trennenden Zwischenwände statt. Die Verbrennungsluft

wird vorgewärmt und führt die aufgenommene Wärme wieder zum Ofen zurück. Die Abgase ziehen abgekühlt zum Schornstein. Rekuperatoren sind billiger in der Anlage und einfacher zu bedienen als Regeneratoren, aber unwirtschaftlicher als diese.

Abb. 204 zeigt einen Glühofen mit einer Siemensschen Regenerativfeuerung. Der Ofen besitzt einen geräumigen Herd mit ebener Sohle aus Magnesitstein. Vier große Einsatztüren *a* ermöglichen das Ein-

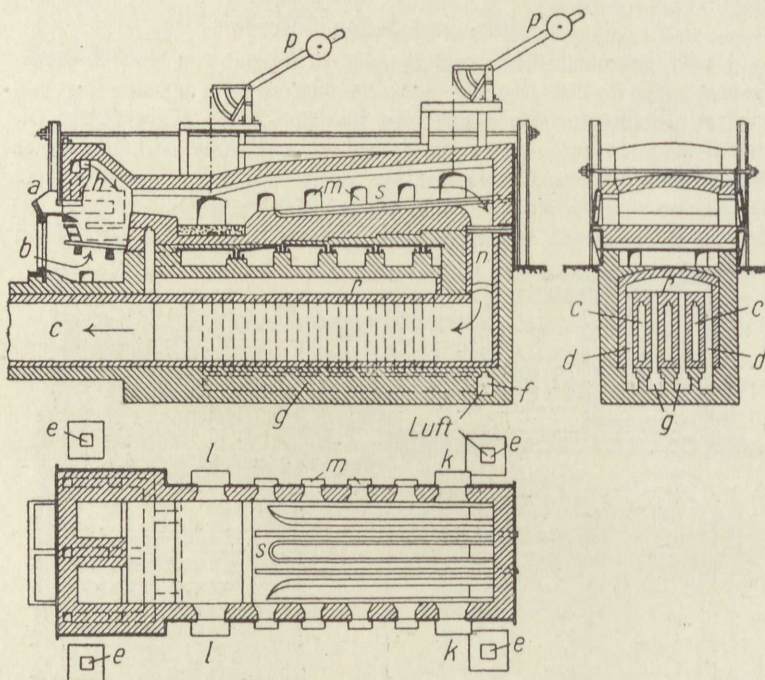


Abb. 205. Rollofen mit Halbgasfeuerung und Rekuperator.

bringen umfangreicher Schmiedestücke. Die Kammern zum Vorwärmen von Gas und Luft befinden sich an beiden Seiten unter dem Ofen. Auch hier tritt die schwerere Luft über den leichteren Gas in den Verbrennungsraum, um ein inniges Mischen zu erreichen.

Sollen ununterbrochen viele gleichartige Stücke hintereinander erwärmt werden, so verwendet man vorteilhaft Rollöfen und Stoßöfen. Dies sind Flammöfen mit einer Rost- oder Gasfeuerung, die nach dem Gegenstromprinzip arbeiten, d. h. die Werkstücke wandern von einem Ende des Herdes den über sie hinziehenden Flammen oder brennen-

den Gasen so entgegen, daß immer die heißesten Gase mit den am höchsten erwärmten Werkstücken zusammentreffen. Abb. 205 zeigt einen Rollofen mit einer bei Glüh- und Schweißöfen häufig verwandten Halbgasfeuerung mit Rekuperator. Die Feuerung *a* ist mit Plan- und Treppenrost versehen. Der Brennstoff wird wie beim Generator vergast. Die hierzu nötige Luft, die primäre Luft, tritt bei *b* unter den Rost. Die zum Verbrennen der Gase erforderliche sogenannte sekundäre Luft wird in dem unter dem Ofen angebrachten Rekuperator vorgewärmt, indem die zum Schornstein abziehenden heißen Verbrennungsgase durch Wände aus feuerfestem Stein hindurch ihre Wärme an sie abgeben. Die Verbrennungsgase ziehen durch die Kanäle *c* des Rekuperators. Ihnen entgegen zieht durch die Kanäle *d* die vorzuwärmende Verbrennungsluft. Diese tritt bei *e* ein, zieht durch den Kanal *f* in die Kanäle *g*, steigt durch die Schächte *d* in den Raum *r* und von hier durch Kanäle in den Seitenwänden der Feuerung zu den Austrittsöffnungen *h*, die sie in den Herdraum führen. Die Werkstücke werden durch die Einsatztüren *k* in den Herdraum eingebracht und auf der nach der Feuerung hin schwach geneigten Herdsohle allmählich den Ausziehtüren *l* zugeschoben oder gerollt mit Hilfe von durch die kleinen Türen *m* eingeführten Stangen. Sie gleiten dabei entweder auf stählernen Gleitschienen *s* oder auf wassergekühlten Rohren. Die Hebel *p* dienen zum Öffnen und Schließen der Einsatztüren und Ausziehtüren. Die brennenden Gase ziehen den Schmiedestücken entgegen, dann durch den Kanal *n* und den Rekuperator zum Schornstein.

Bei den Stoßöfen befindet sich die Einsatztür auf der hinteren Stirnseite des Ofens und die Blöcke werden durch einen maschinell betriebenen Stempel eingestoßen und weitergeschoben.

Schmiedewerkzeuge.

Das Schmieden geschieht unter Benutzung einer großen Zahl von Werkzeugen, von denen hier nur die wichtigsten angegeben werden sollen.

a) Hämmer. Nach der Größe unterscheidet man Handhämmer, von 1—2 kg Gewicht, die mit einer Hand, und Zuschlaghammer von 5—10 kg Gewicht, die ihrer Größe wegen mit beiden Händen geschwungen werden. Den gewöhnlichen Schmiedehammer zeigt Abb. 206. *a* ist die Bahn des Hammers, *b* die Finne. Die Bahn ist schwach gewölbt, die Finne steht gewöhnlich quer zum Stiele; ist sie dem Stiele parallel, so heißt der Hammer Kreuzschlaghammer (Abb. 206a). Manche Hämmer werden nicht am Stiele ge-

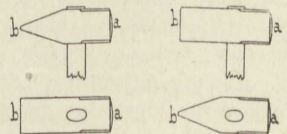


Abb. 206.
Schmiedehammer.

Abb. 206 a.
Kreuzschlaghammer.

schwungen, sondern ruhig auf das Werkstück gesetzt, und es werden auf ihre Bahn mit dem Schmiedehammer Schläge ausgeübt. Von diesen Hämmern sind die wichtigsten: der Setzhammer (Abb. 207); dieser ist bei *a* mit einer größeren rechteckigen ebenen Bahn versehen und wird dazu benutzt, an Schmiedestücken ebene Flächen herzustellen. Der Schrotmeißel (Abb. 208) hat bei *a* eine scharfe Schneide und dient dazu,

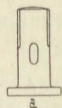


Abb. 207.
Setzhammer.

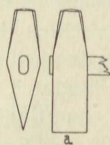


Abb. 208.
Schrotmeißel.



Abb. 209.
Durchschläger.

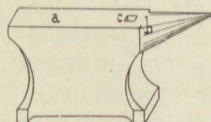


Abb. 210.
Amboß.

von Schmiedestücken Teile abzutrennen. Der Durchschläger (Abb. 208) dient zum Durchlochen von Schmiedestücken; er kann mit runder oder quadratischer Spitze versehen sein.

b) Der Amboß (Abb. 210) ist ein 200—300 kg schwerer Eisenblock, der als Unterlage bei Schmiedearbeiten dient. An die ebene, meist verstärkte oder gehärtete Bahn *a* schließt sich entweder nur auf einer oder auf beiden Seiten ein kegelförmiges Horn *b*, das beim Biegen von Schmiedestücken benutzt wird. Die rechteckige Öffnung *c* dient zur Aufnahme von Abschrot oder Untergesenk. Um dem Amboß eine federnde Unterlage zu geben, setzt man ihn auf einen Holzblock, den sogenannten Amboßstock.

c) Loch- oder Gesenkplatten (Abb. 211) werden vielfach an Stelle der in den Amboß eingesteckten Untergesenke benutzt.

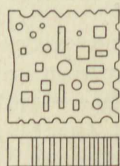


Abb. 211.
Loch- oder Gesenkplatte.

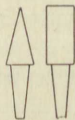


Abb. 212.
Abschrot.

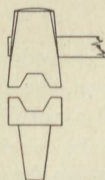


Abb. 213.
Gesenke.

d) Der Abschrot (Abb. 212), ein meißelartiges Werkzeug, das in das rechteckige Loch der Amboßbahn gesteckt wird und zum Abtrennen von Schmiedestücken dient.

e) Gesenke werden beim Schmieden in größerer Zahl benutzt, um Schmiedestücke in bestimmte Formen überzuführen. Es gehören immer

zwei Gesenke zusammen: ein Untergesenk, das in die Amboßbahn eingesteckt wird, und ein Obergesenk, das an einem Holzstiele auf das in das Untergesenk gelegte Schmiedestück gehalten und mit einem Hammer auf seine Bahn geschlagen wird. Abb. 213 zeigt z. B. die Gesenke zum Schmieden eines Sechskantes.

f) Zangen dienen zum Anfassen und Bewegen der glühenden Schmiedestücke. Ihre Form ist sehr verschieden; die Gestalt der das Maul der Zange bildenden Backen richtet sich nach der Form des Schmiedestückes. Es kommen ebene, gewölbte und anders gestaltete

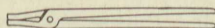


Abb. 214.

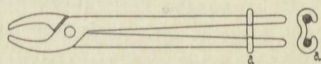


Abb. 215.

Zangen.

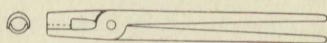


Abb. 216.

Backen vor. Abb. 214—216 zeigen einige Arten von Zangen. Die über die Schenkel der Zange geschobene Zwinde *a* in Abb. 215 wird bei größeren Zangen benutzt, um das Festhalten zu sichern.

g) Meßwerkzeuge. Die Meßwerkzeuge des Schmiedes sind sehr einfach und roh, da ein genaues Messen der warmen, beim Abkühlen zusammenschrumpfenden Werkstücke nicht möglich ist. Die Längen mißt man mit Stahlmaßstäben von 1 m Länge, die Stärken mit Tastern, einfachen Schublehren oder aus Blech hergestellten Lehren.

Von Hand ausgeführte Schmiedearbeiten.

Zur Bearbeitung durch Schmieden werden die Werkstücke in den meisten Fällen in den früher beschriebenen Schmiedefeuern erwärmt. Nach dem Herausziehen aus dem Feuer werden zunächst die anhaftenden Schlacken und Kohlen abgeschabt, und dann wird der Hammer-schlag, eine sich durch Oxydation des Eisens bildende, leicht abblätternde Kruste, durch Klopfen beseitigt. Kleinere Stücke werden beim Schmieden mittels Handzangen gehalten und bewegt, schwerere hängt man in Ketten auf oder benutzt an Ketten hängende Zangen zu ihrer Bewegung. Von den vielen mit den Schmiedewerkzeugen ausgeführten Arbeiten sollen hier zunächst nur die wichtigsten und gebräuchlichsten Handarbeiten kurz besprochen werden¹⁾:

¹⁾ Ausführlicher sind die Schmiedearbeiten behandelt in dem Betriebs-taschenbuch „Meyer-Rinno: Das Schmieden“. Verlag Jänecke, Leipzig.

Das Strecken bezweckt ein Verlängern des Schmiedestückes unter gleichzeitiger Verminderung seines Querschnittes. Man bearbeitet dabei das zu streckende Stück, wie Abb. 217 zeigt, mit der Hammerfinne.

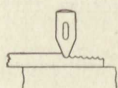


Abb. 217.
Strecken.

Die dabei entstehenden Unebenheiten beseitigt man später durch Schlichten, erforderlichenfalls unter Benutzung eines Setzhammers.

Quadrat Eisen streckt man in der bei Rutschkegeln (Seite 180) erwähnten Weise, indem man das Werkstück nach jedem Schläge um 90° wendet und so die mit der Streckung verbundene Verbreiterung wieder auszugleichen.

Das Stauchen ist eine Umkehrung des Streckens, da es eine Verkürzung der Länge unter Vergrößerung des Querschnittes bezweckt. Soll z. B. eine Stange an einem Ende verdickt werden, so staucht man sie, indem man das Ende bis zur Gluthitze erwärmt und, wie Abb. 218 zeigt, auf den Amboß stößt. Kürzere Stücke, die auf ihrer ganzen Länge gestaucht werden sollen, bearbeitet man nach Abb. 219 durch Hammerschläge so, daß sie in die punktiert gezeichnete Gestalt übergehen.



Abb. 218.

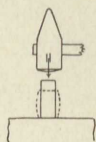


Abb. 219.
Stauchen.

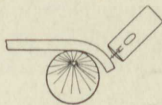


Abb. 220. Biegen.

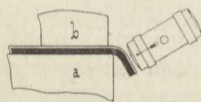


Abb. 221. Bördeln.

Ende über die Unterstüßungsfläche hinausragt, und schlägt so lange auf das überstehende Stück, bis es um den verlangten Winkel gebogen ist. Bogenförmige Biegungen erzeugt man, wie Abb. 220 veranschaulicht, auf dem Horn des Amboßes, auf dem man ein Werkstück zu einem vollständigen Ringe zusammenbiegen kann.

Das Bördeln wird benutzt, um ebene Platten mit einem auf ihnen senkrecht stehenden Rande zu versehen. Die glühende Platte wird dabei, wie Abb. 221 zeigt, so auf eine gußeiserne Unterlage *a* gelegt, daß sie um die ungefähre Breite des zu erzeugenden Randes über diese hinausragt; dann wird sie mit Gewichten *b* beschwert, und der überstehende Rand wird zunächst, mit Holz-, später mit Stahlhämmern niederschlagen, bis er sich gegen die senkrechten Flächen von *a* legt.

Das Ansetzen. Soll ein Werkstück, z. B. eine Stange, an einem Ende mit einem Ansatz von verjüngtem Querschnitt versehen werden,

so wird das betreffende Ende erst gestreckt und dann mit Hilfe des Setzhammers bearbeitet. Abb. 222 veranschaulicht das Bilden eines einseitigen rechteckigen Ansatzes, Abb. 223 das eines doppelten. Ansätze von rundem Querschnitte werden mittels entsprechender Gesenke hergestellt.

Das Lochen eines Schmiedestückes geschieht mit Hilfe des Durchschlägers. Man treibt diesen erst von der einen Seite bis zur Mitte des Schmiedestückes ein, wendet dieses dann um 180° und treibt den Durchschläger nochmals ein (Abb. 224).

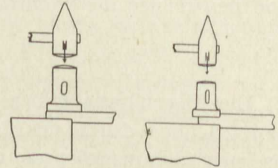


Abb. 222.

Abb. 223.

Ansetzen.

Das Abhauen von Teilen des Schmiedestückes geschieht bei dünnen Stücken mit dem Schrotmeißel, indem man das Stück an der Trennungsstelle von mehreren Seiten einkerbt und es dann durch einen leichten Schlag vollständig trennt. Bei dickeren Stücken benutzt man den Abschrot, kerbt das Stück, wie Abb. 225 zeigt, erst von der einen Seite ein, wendet es dann um 180° , kerbt es nochmals und schlägt es in der in Abb. 226 veranschaulichten Weise vollständig ab.

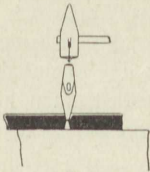
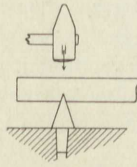
Abb. 224.
Lochen.

Abb. 225.

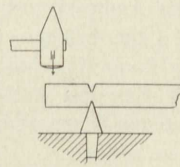


Abb. 226.

Abhauen.

Das Gesenkschmieden wird benutzt, um die Schmiedearbeit zu vereinfachen und zu verbilligen, wenn eine größere Zahl von Schmiedestücken in ein und dieselbe Gestalt übergeführt werden soll. Es wird dann im Amboß ein Untergesenk (Matrize) eingesteckt, und in dieses wird das rohe, unbearbeitete, meist glühende Metallstück gelegt, das schon das Volumen, aber noch nicht die Gestalt des zu schmiedenden Stückes hat. Dann wird das Obergesenk (Stempel) darauf gehalten und mit einem Zuschlaghammer so lange auf seine Bahn geschlagen, bis das Schmiedestück die Vertiefungen des Gesenkes vollständig ausfüllt. Das Gesenkschmieden mit Hilfe von Schmiedemaschinen wird in einem späteren Abschnitte ausführlicher besprochen, ebenso das Ausführen größerer Schmiedearbeiten.

Schmiedemaschinen.

Zum Schmieden größerer Stücke reichen die von Hand geschwungenen Hämmer nicht mehr aus; man verwendet deshalb Schmiedemaschinen, von denen hier die wichtigsten behandelt werden sollen.

H ä m m e r.

Die Maschinenhämmer unterscheiden sich von den Handhämmern hauptsächlich durch das größere Gewicht des den Schlag ausübenden eisernen Hammerkörpers, des Bären. Der Bär wird durch Menschenkraft, Kurbeltrieb, Reibung, Luft- oder Dampfdruck gehoben. Er fällt entweder nur infolge seines eigenen Gewichtes herab (Fallhammer), oder auf den fallenden Bären wirken noch der Druck einer gespannten Feder, einer komprimierten Luft- oder Dampfmenge (Federhämmer, Luft- und Dampfhammer).

Von einem Maschinenhammer verlangt man eine weitgehende Regelbarkeit der Schlagstärke und der Schlagfolge. Für die erste rohe Bearbeitung braucht man wuchtige Einzelschläge. Je mehr sich die Formgebungsarbeit dem Ende nähert, um so leichter und schneller folgend müssen die Schläge werden. Der Bär muß sich in einer gewissen Höhe über dem Amboße festhalten lassen, damit man das Werkstück in die richtige Lage bringen und beim Gesenkschmieden die Gesenke auswechseln kann. Für manche Biegearbeiten will man das Schmiedestück zwischen Bär und Amboß wie im Schraubstock festklemmen können. Man muß den Bären dann in seiner tiefsten Lage längere Zeit unter Druck festhalten können.

Die Hämmer müssen kräftig gebaut sein. Besondere Sorgfalt ist auf die Bärführung zu legen. Sie muß kräftig und gut nachstellbar sein, um ein Ecken des Bären zu vermeiden.

Die meist rechteckige Hammerbahn steht gewöhnlich schräg zum Hammer, damit sie sowohl quer als parallel zur Werkstückachse schlagen kann. Hammerbahn und Amboßbahn sind meist auswechselbar und werden in Schwalbenschwanznuten mit Keilen befestigt.

Zur Aufnahme der heftigen Stöße müssen die Hammerfundamente besonders sorgfältig ausgeführt werden.

Der Bauart nach unterscheidet man zwei Gruppen: die Helm-, Hebel- oder Winkelhämmer und die Gleis- oder Parallelhämmer.

Helm-, Hebel- oder Winkelhämmer. Diese Gruppe ist die älteste; man hat bei ihr einfach die Form der Handhämmer nachgeahmt. Der Bär wird an einem um eine wagerechte Achse schwingenden Hebel in einer kreisförmigen Bahn bewegt. Die ältesten Hämmer dieser Art sind die meist von der Welle eines Wasserrades durch Daumenräder

angetriebenen Schwanzhämmer, Stirnhämmer und Brust- bzw. Aufwerfhämmer.

Diese älteren Hebelhämmer leiden an dem Übelstande, daß nur in einer einzigen Lage die Hammerbahn der Amboßbahn parallel ist, in allen anderen Lagen aber einen Winkel damit bildet (Winkelhämmer) und der Schlag immer dieselbe Stärke hat. Sie sind jetzt nur noch selten in Gebrauch; jedoch hat man auch bei neueren Hämmern vielfach ihre Form beibehalten und ihre Nachteile vermieden. Als einziges Beispiel eines neueren Hebelhammers diene der in Abb. 227 dargestellte

Adko-Hebelhammer von Koch & Co., Remscheid-Vieringhausen. Der Bär *a* schwingt an einem Stiele *b* um die wagerechten Zapfen *c*. Er wird durch einen Riemen *d* nach unten gezogen, der mit seinem einen Ende am Hammerstiel befestigt ist, mit dem andern an einer unrunder Scheibe *e*. Diese sitzt exzentrisch auf einem Zapfen, der durch den Fußhebel *f* und die Stange *g* so gedreht werden kann, daß die Scheibe *e* sich der auf

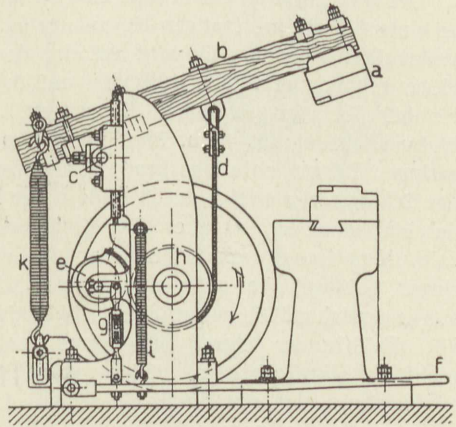


Abb. 227. Adko-Hebelhammer.

umlaufenden Schwungradwelle sitzenden Riemenscheibe *h*, um die der Riemen herumgeführt ist, nähert und den Riemen *g* schließlich so fest gegen sie preßt, daß er von ihr mitgenommen wird und den Hammerstiel schnell nach unten zieht. Der dabei auf den Fußhebel *f* ausgeübte Druck braucht nur sehr gering zu sein, da durch ihn der Riemen nur zum Anliegen an die Scheibe gezwungen werden soll. Von einer ähnlichen Antriebart macht man auch bei den später zu beschreibenden Riemenreibhämmern Gebrauch. Läßt man den Hebel *f* wieder frei, so hebt ihn die Feder *i*, und zwei Federn *k* ziehen den Bären wieder empor. Die Lager der Zapfen *c* sind in Führungen durch Schrauben verstellbar, so daß der Hammer sich der Dicke der Schmiedestücke anpassen kann und so einstellen läßt, daß seine Bahn im Augenblicke des Schlages der Amboßbahn parallel ist. Die Schlagstärke läßt sich durch längeres oder kürzeres, schnelleres oder langsames Niedertreten des Hebels *f* bequem regeln.

Gleis- oder Parallelhämmer.

Bei diesen bewegt sich der Bär in einer senkrechten Führung auf und ab. Seine Bahn bleibt der Amboßbahn dauernd parallel. Die Gleishämmer sind deshalb ohne weiteres für jede vorkommende Schmiedestückdicke brauchbar.

Zu den Gleis- oder Parallelhämmern gehören die Fallhämmer, die Federhämmer, die Lufthämmer und die Dampfhammer.

F a l l h ä m m e r.

Der Bär hängt an einem über eine Rolle geführten Seile oder Riemen, an einer flachen brettartigen Holzstange oder er bewegt sich frei in einer senkrechten Führung. Er wird auf eine der Schlagstärke entsprechende Höhe gehoben und fällt dann frei auf das Schmiedestück herab. Die Hubhöhe beträgt gewöhnlich bis zu 2 m, bei Hämmern mit besonderer Hubvorrichtung bis 4 m. Man kann also mit einem verhältnismäßig geringen Bärgewichte eine große Schlagwirkung erzielen. Die Regelung der Schlagstärke erfolgt durch Ändern der Hubhöhe. Eine Vergrößerung der Hubhöhe bedeutet aber eine Verkleinerung der minutlichen Schlagzahl. Man kann deshalb entweder nur eine große Schlagzahl bei geringer Schlagstärke oder eine kleine Schlagzahl bei großer Schlagstärke erreichen. Die minutlichen Schlagzahlen liegen zwischen 15 und 60. Die Fallhämmer eignen sich ihrer langsamen Arbeitsweise wegen nicht zu Strekarbeiten, sondern vornehmlich zum Gesenkschmieden. Sie zeichnen sich aus durch einfache Bedienung, einfache Bauart und geringen Anschaffungspreis. Der Bär kann durch eine Klinke oder dergleichen leicht in beliebiger Höhe über dem Amboße festgehalten werden. Ein Festklemmen des Schmiedestückes zwischen Bär und Amboß ist jedoch nicht möglich.

Die Hauptbauarten der Fallhämmer sind die Riemenfallhämmer, die Riemenzug- oder Reibhämmer, die Winkelhämmer, die Brettfallhämmer und die Aufwurfhammer.

Riemenfallhämmer.

Einen einfachen Riemenfallhammer zeigt Abb. 228. Der Bär hängt an dem einen Ende eines über die lose Riemenrolle *a* geführten Riemens, dessen anderes Ende mit einem Handgriffe *b* versehen ist. Zur genau senkrechten Führung des Bären dienen die beiden quadratischen Stangen *c*. Diese sind unten in der Schabotte befestigt und tragen oben die Lager für die Riemenrolle. Bär und Schabotte haben schwalbenschwanzförmige Nuten zum Befestigen der Hammer- bzw. Amboßbahnen oder der Gesenke. Der Bügel *d* kann den Bären in der Schwebe halten. Zum Heben eines Bären vom Gewicht *G* ist unter Vernachlässigung der

Reibungswiderstände eine Kraft $K = G$ erforderlich. Da diese Kraft von Menschenhand ausgeübt wird, so darf der Bär nur bis zu 50 kg schwer sein. Um das Bärgewicht vergrößern zu können, hat man Fallhämmer so ausgeführt, daß man die Zugkraft K von einem durch Dampf oder Druckluft in einem Zylinder verschiebbaren Kolben ausüben läßt. Man hat dabei das Bärgewicht bis zu 4500 kg gesteigert. Einen solchen Aufzug-Fallhammer zeigt in schematischer Darstellung Abb. 229.

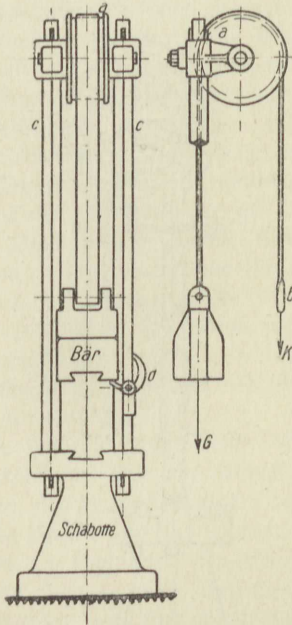


Abb. 228. Riemenfallhammer.

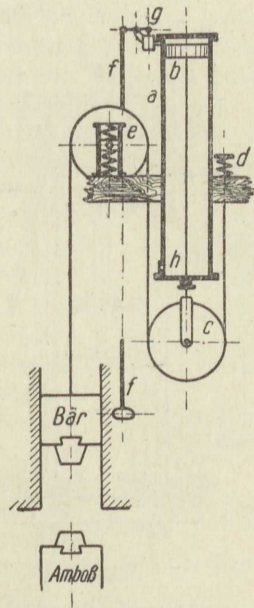


Abb. 229. Aufzugfallhammer.

In einem Zylinder a läßt sich der Kolben b durch Dampf oder Druckluft verschieben. Die Kolbenstange trägt unten eine Rolle c . Über die Rolle läuft ein Drahtseil, das mit dem einen Ende bei d federnd aufgehängt ist, am andern Ende den Bären trägt. Das Seil ist über eine zweite, federnd gelagerte Rolle e geführt. Die Federn sollen die auftretenden Stöße auffangen, um das Seil zu schonen. Läßt man durch die vom Führerstand aus durch das Gestänge f zu betätigende Steuerung g Dampf oder Druckluft in den Zylinder treten, so wird der Kolben b nach unten getrieben und der Bär gehoben. Die Luft unter dem Kolben kann dabei durch ein bei h angebrachtes Ventil entweichen. Setzt man

durch Umsteuern den Raum über dem Kolben mit der Außenluft in Verbindung, so sinkt die Spannung im oberen Zylinderteil auf Atmosphärenspannung, der Kolben *b* schnell in die Höhe und der Bär kann frei herabfallen.

Bei den Riemenzug- oder Riemenreibhämmern hängt der Bär an einem Riemen, der über eine von der Transmission aus in Umkehrung versetzte Riemenrolle geführt ist. Man braucht dann zum

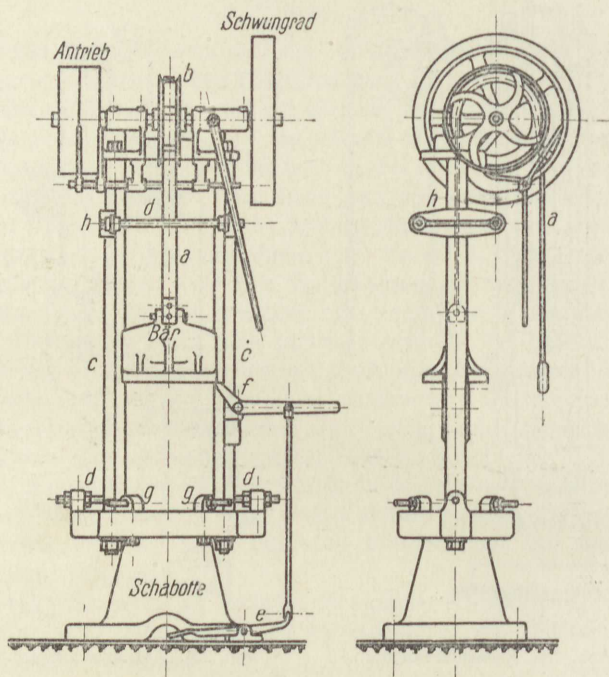


Abb. 230. Riemenreibhammer.

Heben des Bären an dem freien Riemenende nur so stark zu ziehen, daß die Reibung zwischen Riemen und umlaufender Riemenrolle stark genug ist, um den Riemen mitzunehmen. Bei einem BärGewichte G ist

hierzu eine Kraft $K = \frac{G}{e^{\mu \alpha}}$ erforderlich, wobei e = Basis der natürlichen

Logarithmen = 2,718, μ = Reibungswertziffer für die Reibung zwischen Riemen und Rolle und α der vom Riemen umspannte Winkel, gewöhnlich = 180° , ist. Für trockenes Leder auf Gußeisen ist $\mu = 0,56$,

dann wird $K = \frac{G}{5,8}$. Bei gut eingelaufenen Riemen ergeben sich noch geringere Werte.

In Abb. 230 ist ein Riemenreib- oder Zughammer dargestellt. Der Bär hängt an dem Riemen *a*, der über die Hubrolle *b* geführt und an seinem freien Ende mit einem Handgriffe versehen ist. Auf der Welle der Hubrolle *b* sitzen einerseits die Antriebscheiben, andererseits ein Schwungrad. Der Bär wird durch die beiden quadratischen Stangen *c* genau senkrecht geführt. Diese sind in der Schabotte durch die Schrauben *d* nachstellbar und durch die Bügel *h* und die Bolzen *d* gegeneinander versteift. Die durch den Fußhebel *e* auszulösende Klinke *f* hält den Bären in einiger Höhe über der Schabotte fest. Die Schrauben *g* dienen zum Befestigen der Untergesenke auf der Schabotte.

Ist der Bär in Ruhe, während die Hubrolle weiter läuft, so erfährt der Riemen eine starke Reibung, Erwärmung und Abnutzung, ebenso beim Fallen des Bären, wo der Riemen über die Hubrolle entgegengesetzt ihrer Drehrichtung gleitet. Um dies zu vermeiden, versieht man die Hämmer mit einer Abhebevorrichtung, die den Riemen in der Zeit, in der er den Bären nicht hebt, vom Rollenumfang abhebt. Der oben beschriebene Hammer hat die in Abb. 231 dargestellte Abhebevorrichtung.

Die Hubrolle trägt eine Zahl kleiner Abheberollen *a*, die von Bügelfedern *b* durch Öffnen des Hubrollenkranzes nach außen gedrückt werden und den Riemen abheben. Beim Ziehen am Handgriffe des Riemens werden die Abheberollen so weit zurückgedrängt, daß der Riemen sich auf den Rollenkranz legt und mitgenommen wird.

Eine andere Abhebevorrichtung zeigt Abb. 232. An dem Hubriemen *a* ist noch ein zweiter, schwächerer Abheberiemens *b* befestigt und über zwei an einem Hebel *c* sitzende Rollen geführt. Der Hebel wird beim Ruhen des Bären durch die Feder *d* so weit gehoben, daß der Riemen *b* den Riemen *a* von der umlaufenden Hubrolle *e* abhebt. Durch Ziehen am Handgriffe *h* wird die Federspannkraft überwunden und der Riemen *a* zum Anliegen gebracht.

Die Riemenzughämmer haben den Nachteil, daß der Schmied einen Hilfsarbeiter zum Ziehen an dem Riemen nötig hat. Dies ist nicht erforderlich bei dem in Abb. 233 vereinfacht dargestellten Wickelhammer von Koch & Co., Remscheid. Der den Bären tragende Riemen ist über die umlaufende Scheibe *a* herumgeführt, von der er sich durch seine

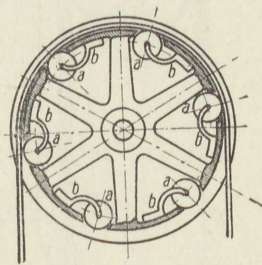


Abb. 231. Riemenabhebevorrichtung.

Steifigkeit im Ruhezustande abhebt, und an der Holzscheibe *b* befestigt. Diese hat einen spiralförmigen Kranz, dessen Umfang etwas größer ist als der größte Bärhub, und sitzt lose auf einer nach oben gekröpften Welle *c*, die in ihren Lagern *e* durch den Gewichtshebel *d* vom Fußhebel *f* aus etwas gedreht werden kann. Durch diese Drehung wird die Scheibe *b* gegen den Riemen und die umlaufende Scheibe *a* gepreßt. Riemen und Scheibe *b* werden dann von *a* durch Reibung mitgenommen

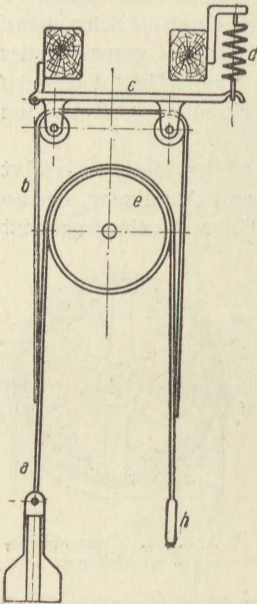


Abb. 232. Riemenfallhammer mit Abhebevorrichtung.

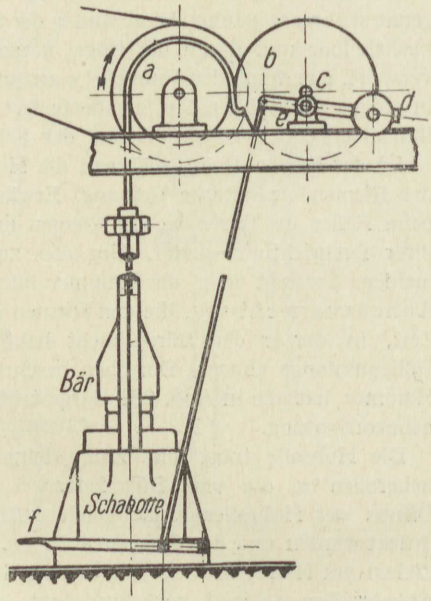


Abb. 233. Wickelhammer von Koch & Co., Remscheid.

und der Bär gehoben. Infolge der spiralförmigen Gestalt des Kranzes von *b* steigt der Bär aber nur so lange, wie der Fußhebel *f* dauernd nach unten gedrückt wird. Sowie der Fußhebel stehen bleibt, bleibt auch der Bär stehen. Er fällt herab, sobald der Fußhebel freigegeben wird. Den fallenden Bären kann man auch noch durch sanftes Treten auf *f* bremsen. Es ist also eine sehr empfindliche Regelung der Schlagstärke möglich. Da die Steuerung durch den Fußhebel erfolgt, so hat der Schmied beide Hände frei. Solche Hämmer werden bis 1000 kg Bärgewicht und 3 m Fallhöhe gebaut.

Riemenzughämmer baut man mit BärGewichten von 100—600 kg, bis 6 m Fallhöhe und bis 45 Schläge in der Minute.

Stangenreib- oder Brettfallhämmer.

Bei diesen Hämmern ist an dem Bären statt eines Riemens eine flache brettartige Holzstange durch Keilverbindung befestigt. Die Stange macht man am besten aus Buchenholz. Wie aus der schematischen Abb. 234 zu ersehen ist, liegt die Stange *a* zwischen zwei in entgegengesetzten Richtungen umlaufenden Rollen *b* und *c*. Die Rolle *c* ist fest auf dem Maschinengestell gelagert, die Rolle *b* dagegen in dem Hebel *d*, und zwar so, daß ihre Welle in exzentrischen Bohrungen der Schwingungszapfen des Hebels liegt. Sie kann also durch Drehen des Hebels *d* der Stange *a* genähert oder von ihr entfernt werden. Das Drehen des Hebels erfolgt von dem Handhebel *h* oder dem gestrichelt gezeichneten Fußhebel *f* aus. Drückt man die Rolle *b* gegen die Stange *a* und diese gegen die Rolle *c*, so wird die Stange von den umlaufenden Rollen durch Reibung gehoben und fällt wieder herab, wenn die Rolle *b* von ihr entfernt wird. Die Stange ist nun ganz schwach keilförmig gestaltet (in der Abbildung zur besseren Veranschaulichung stark übertrieben), infolgedessen steigt der Bär, genau wie bei dem in der vorigen Abb. 233 dargestellten Hammer, nur so lange, wie man den Hebel *h* oder *f* herabdrückt, bleibt stehen, sowie der Hebel stehen bleibt, und fällt herab, wenn man den Hebel frei läßt. Ein zu hohes Steigen des Bären verhindert der Hebel *g*. Oft sind am Hammergestell verschiedene Drehpunkte *i* für *g* angebracht, damit der Hammer selbsttätig eine Reihe gleich starker Schläge hintereinander ausführen kann. Durch Verriegeln der Hebel *h* oder *f* oder durch Klemmrollen kann der Bär in beliebiger Höhe über dem Amboß festgehalten werden. Die Stangenreibhämmer zeichnen sich aus durch fein einstellbare Regelbarkeit der Schlagstärke und durch hohen Wirkungsgrad. Fast das ganze Bärgewicht kann zur Schlagwirkung ausgenutzt werden, die Reibungsverluste sind äußerst gering.

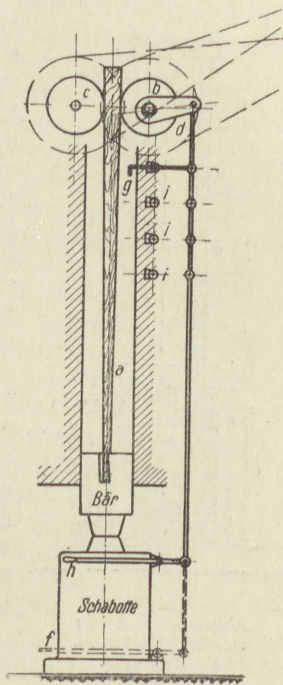


Abb. 234.
Brettfallhammer.

Stangenreibhämmer baut man mit Bärgewichten von 100—2000 kg, einer Fallhöhe bis zu 2,2 m und einer minutlichen Schlagzahl bis zu 60. Die Brettfallhämmer, wie sie für Gesenkarbeiten meistens verwendet

werden, haben Führungsständer zur Führung des Bären mit V-förmigen Führungen. Diese sind in der Schabotte nachstellbar, wodurch man ein Versetzen der Gesenke während des Schlagens verhindern kann. Die beiden gußeisernen Ständer tragen den Kopf mit den beiden Reibungsrollen. Die Steuerung erfolgt mit dem Fuß, kann aber auch von Hand geschehen. Man kann Einzelschläge geben und den Hammer auch fortgesetzt schlagen lassen. Die gewünschte Fallhöhe wird an dem Anschlag *g* eingestellt. Der Bär ist aus Stahl geschmiedet. Um eine gute Führung zu erreichen, ist er möglichst lang gewählt. Die Hebeschiene ist aus Hartholz und wird in der ausgefrästen Bärtasche durch Nasenkeile befestigt. Da ein Brett von der erforderlichen Breite infolge der harten Schläge meistens sehr bald platzt, verwendet man zwei schmale Bretter. Ein großer Nachteil der Brettfallhämmer ist der oft notwendige Ersatz des Brettes. Die Lebensdauer eines Brettes übersteigt selten vier Wochen, und oft muß das Brett schon nach wenigen Tagen ausgewechselt werden.

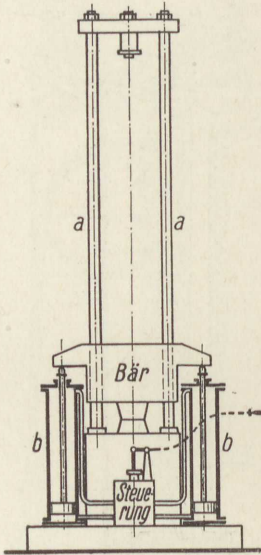


Abb. 235.
Aufwurf-Fallhammer
von Béch e & Grohs,
Hückeswagen.

Bei größeren Hämmern ordnet man die Rollen *b* und *c* so an, daß sie beide der Stange *a* genähert werden können; es ist dann auch die Rolle *c* in einem Hebel exzentrisch gelagert, und beide Hebel sind mit ineinandergreifenden Zahnbogen versehen, so daß nur nötig ist, den einen zu drehen. Der andere wird dann durch Vermittlung der Zahnbogen ebenfalls gedreht.

Bei dem in Abb. 235 schematisch dargestellten Aufwurf-Fallhammer von Béch e und Grohs in Hückeswagen hängt der Bär nicht an einem Seil, Riemen oder einer Stange, sondern er wird zwischen den beiden Führungsstangen *a* frei in die Höhe geworfen und fällt durch sein eigenes Gewicht wieder herab. Da oberhalb des Führungsgestells keine Aufbauten nötig sind, so ermöglicht der Hammer auch bei Aufstellung in niedrigen Räumen eine größere Fallhöhe als andere Fallhämmer. Ein Reißen des Seiles oder Riemens, ein Bruch der Stange werden vermieden. Der Hammer kann durch Druckluft oder durch Dampf angetrieben werden. Durch eine Steuerung kann der Druck unter oder über die Kolben in den beiden seitlich von der Schabotte angeordneten Zylindern *b* geleitet werden. Tritt der Druck unter die Kolben, so heben die Kolben-

...

stangen den Bären und beschleunigen ihn so stark, daß er nach Beendigung des Kolbenhubes noch weiter nach oben fliegt, während die Kolben sich wieder in ihre tiefste Stellung bewegen. Der Bär kann dann nach Umkehr seiner Bewegungsrichtung frei herabfallen und das Schmiedestück mit einer seiner Fallhöhe entsprechenden Wucht treffen. Durch mehr oder weniger starkes Aufwerfen des Bären läßt sich die Schlagstärke gut regeln.

Federhämmer. Bei den Federhämmern wird der Bär durch einen Kurbelmechanismus in einer senkrechten Führung auf und ab bewegt. Würde dabei die Verbindung zwischen ihm und dem Kurbelzapfen durch eine starre Schubstange erfolgen, so wäre diese Einrichtung schlecht als Hammer zu verwenden. Infolge der starren Verbindung würde der Bär das Schmiedestück immer nur um ein ganz bestimmtes Maß zusammendrücken können; die Schmiedestücke müßten deshalb immer genau dieselbe Dicke haben und dem Zusammendrücken immer denselben Widerstand entgegensetzen. Würden diese beiden Maße überschritten, so könnte leicht ein Bruch der Schubstange oder eines anderen Konstruktionsteiles eintreten. Außerdem würde die Schlagwirkung eine sehr schlechte sein, denn die Geschwindigkeit, mit der der Bär das Schmiedestück treffen würde, wäre nahezu gleich Null. Man verwendet deshalb den gewöhnlichen Kurbeltrieb nur bei wenigen Schmiedemaschinen, besonders bei Pressen, die zur Erzeugung von Massenartikeln dienen und daher immer eine große Zahl genau gleichstarker Werkstücke um dasselbe Maß zusammenzudrücken haben. Bei den Federhämmern dagegen schaltet man zwischen Bär und Schubstange ein nachgiebiges, federndes Organ ein. Dann kann der Hammer sich der Dicke des Schmiedestückes anpassen, und außerdem wird die Schlagwirkung eine bessere. Als federnde Organe benutzt man Blattfedern aus Stahl und Luftpolster.

In Abb. 236 ist ein Federhammer mit bügelförmiger Blattfeder schematisch dargestellt. Auf der Kurbelscheibe *a* sitzt der Kurbelzapfen *b*, an den sich die den Bären *d* tragende Schubstange *c* schließt. Der Bär ist aber nicht direkt an der Schubstange befestigt, sondern unter Einschaltung einer bügelförmigen Blattfeder *e*. Der Hammer arbeitet etwa folgendermaßen: Bewegt sich der Kurbelzapfen aus seiner unteren Totlage in der Pfeilrichtung nach oben, so nimmt er die Schubstange mit empör. Der Bär verbleibt jedoch zunächst noch in seiner tiefsten

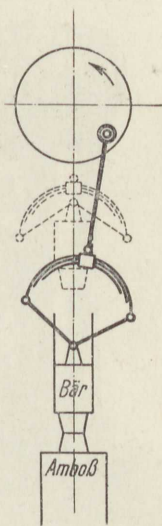


Abb. 236.
Schema eines
Federhammers
mit bügelförmiger
Feder.

Stellung, und die Feder biegt sich dementsprechend zusammen. Erst wenn die Federspannung größer wird als das Gewicht des Bären, beginnt dieser mitzusteigen. Bewegt sich der Zapfen nun über die obere Totpunktstellung hinaus, so beginnt die Schubstange sich wieder nach unten zu bewegen, der Bär setzt jedoch vermöge seiner lebendigen Kraft seine Aufwärtsbewegung fort. Dabei läßt zunächst die Federspannung nach, und die Feder biegt sich wieder auseinander, bis sie durch ein weiteres Steigen des Bären in die in der Abbildung punktiert gezeichnete Höchstlage wieder zusammengebogen und gespannt wird. Das Bär-
gewicht und die Spannung der Feder wirken nun verzögernd auf die Geschwindigkeit des Bären ein und zwingen ihn schließlich, seine Bewegungsrichtung umzukehren und zu fallen. Bei der Abwärtsbewegung des Bären wirken treibend auf ihn sein eigenes Gewicht und die Spannung der Feder, so daß seine Bewegung eine stark beschleunigte wird und er das Schmiedestück mit großer Wucht trifft. Die Schläge werden um so kräftiger, je schneller die Kurbelscheibe umläuft, da die lebendige Kraft mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Die Regelung der Schlagstärke erfolgt deshalb durch Ändern der minutlichen Umlaufzahl, indem man den Antriebsriemen mehr oder weniger weit auf die Antriebscheibe schiebt. Man kann dann aber in der Zeiteinheit entweder nur viele kräftige oder weniger leichte Schläge ausführen. Der Riemen nutzt sich hierbei allerdings durch Reibung stark ab. Da die Umlaufgeschwindigkeit des Kurbelzapfens von

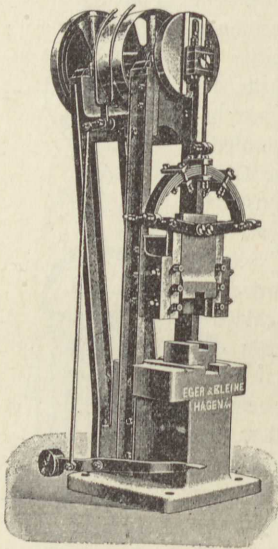


Abb. 237. Bügelfederhammer.

der Größe des Kurbelkreises abhängt, so kann man den Hammer bei gleichbleibender Umlaufzahl für verschiedene Schlagstärken einstellen durch Verstellen des Kurbelzapfens in der Kurbelscheibennute (vgl. Abb. 237).

In Abb. 237 ist ein nach diesem Prinzip gebauter Bügelfederhammer der Maschinenfabrik und Eisengießerei „Mark“ in Hagen i. W. abgebildet, dessen Einrichtung nach den obigen allgemeinen Erörterungen wohl ohne weiteres verständlich ist. Die Schubstangenlänge läßt sich ändern und der Dicke des Schmiedestückes anpassen.

Statt der bügelförmigen Federn kommen bei Federhämern auch ebene Blattfedern zur Verwendung; Abb. 238 soll die Einrichtung und

Wirkungsweise eines solchen Hammers veranschaulichen. Zwischen Schubstange *a* und Bär *b* ist die gerade, balanzierartig gestaltete Blattfeder *c* eingeschaltet. Die Feder wirkt nun gerade so wie die Bügelfeder in Abb. 236. Bewegt sich der Kurbelzapfen aus seiner höchsten Totpunktstellung nach unten, so biegt die Feder sich zunächst durch, ohne den Bären emporzuheben. Hat der Kurbelzapfen die tiefste Totpunktstellung durchlaufen, so kehrt der Bär seine Bewegungsrichtung noch nicht um, sondern steigt weiter und biegt dabei die Feder in der punktiert gezeichneten Weise durch. Beim Fallen des Bären wirken dann dieselben Kräfte auf ihn wie bei dem in Abb. 236 veranschaulichten. Ein Federhammer mit Blattfeder ist der von Brüder Boye in Berlin gebaute Verbundfederhammer Ajax (Abb. 239). Bei diesem erfolgt der Antrieb von der unten im Maschinengestell gelagerten Antriebswelle aus durch Vermittlung eines Exzenter.

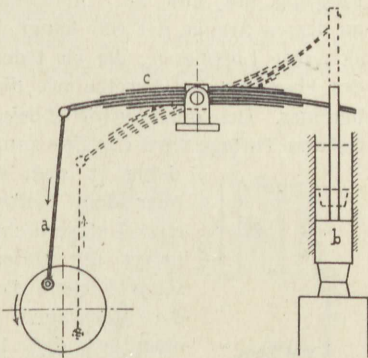


Abb. 238. Schema eines Hammers mit ebener Feder.

Die Wirkung der Feder wird noch dadurch erhöht, daß auch die Exzenterstange als Feder ausgebildet ist. Sie besteht nämlich aus zwei biegsamen Blattfedern. Das Exzenter ist verstellbar, so daß sich der Hub des Hammers und damit die Schlagstärke ändern lassen. Die Antriebswelle trägt auch ein Schwungrad, auf das ein von der Riemenaustrückungsvorrichtung betätigter Bremsklotz wirkt.

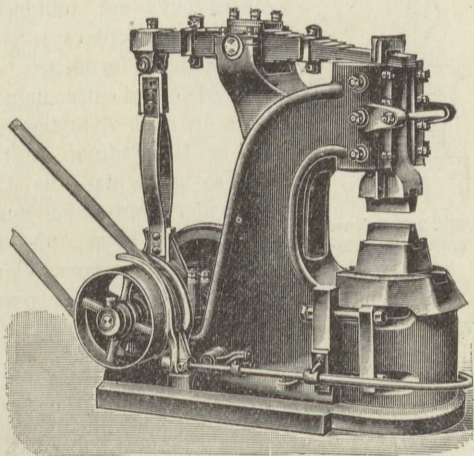


Abb. 239. Blattfederhammer.

Wegen der bei den Hämmern auftretenden heftigen Stöße und Erschütterungen tritt häufig ein Bruch der Stahlfedern ein; man benutzt deshalb als federndes Organ besser Luftpolster. Dies geschieht bei den Luftfeder-

hämmern, deren Wirkungsweise durch Abb. 240 veranschaulicht wird. Die Schubstange *a* bewegt einen geschlossenen Zylinder *b* in einer Führung auf und ab. Im Zylinder ist ein Kolben *c* verschiebbar, an dessen Stange der Bär hängt. Über und unter dem Kolben befindet sich eine Luftmenge, die als federndes Polster dient. Die Arbeitsweise des Hammers ist dieselbe wie die der oben beschriebenen Blattfederhämmer. Bei der Aufwärtsbewegung des Kurbelzapfens aus seiner tiefsten Totlage wird der Bär zunächst noch nicht gehoben, es entsteht

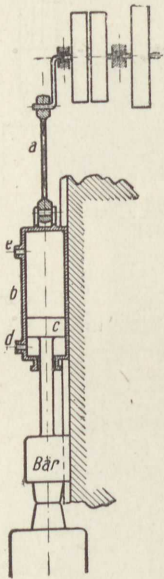


Abb. 240. Schema eines Luftfederhammers.

daher in dem sich nach oben bewegenden Zylinder über dem Kolben eine Luftverdünnung, unter ihm eine Luftverdichtung, die schließlich ein Mitemporheben der Bären bewirken. Hat der Kurbelzapfen seine höchste Totlage überschritten, so bewegt sich der Bär auch wieder zunächst noch weiter nach oben, so daß jetzt über dem Kolben eine Luftverdichtung, unter ihm eine Luftverdünnung entsteht. Während des Falles des Bären wirken treibend auf ihn sein eigenes Gewicht und der Druck der sich wieder ausdehnenden verdichteten Luft über dem Kolben. Die sich sehr bald unter dem Kolben bildende Luftverdichtung fängt jedoch den fallenden Kolben auf und mindert die Schlagstärke. Eine Regelung der Schlagstärke läßt sich nun in einfacher Weise dadurch erreichen, daß man die beiden Lufträume über und unter dem Kolben durch Öffnungen *d* und *e* in den Zylinderwandungen mit der äußeren Luft in Verbindung setzt. Wären diese Öffnungen z. B. so groß, daß die Luft in genügender Menge ungehindert ein- und austreten könnte, so würde sich der Bär beim Auf- und Abbewegen des Kolbens gar nicht mitbewegen. Verschließt man die Öffnungen

durch Ventile, so kann man durch mehr oder weniger weites Öffnen oder Schließen dieser Ventile den Luftein- und -austritt und damit die Schlagstärke regeln.

Statt beweglicher Zylinder gibt man den Luftfederhämmern auch vielfach feststehende. Einer der einfachsten Hämmer dieser Art ist der in Abb. 241 abgebildete Hammer von Arns. In einem an beiden Enden offenen Zylinder *a* bewegen sich zwei Kolben *b* und *c*. Der obere, *c*, wird durch eine Kurbelscheibe und Schubstange auf und ab bewegt. Der untere, *b*, trägt den Bären und bewegt sich frei im Zylinder. Wird der Kolben *c* nach oben bewegt, so bleibt *b* so lange in seiner Ruhelage, bis die Luftverdünnung zwischen beiden Kolben so groß geworden ist,

daß ihn der äußere Luftdruck auch emportreibt. Beim Hubwechsel von *c* fliegt *b* noch weiter nach oben und verdichtet die Luft im Zylinder, bis ihn schließlich die sich wieder ausdehnende Luft und sein eigenes Gewicht nach unten treiben. Zur Regelung der Schlagstärke ist der Luftraum zwischen beiden Kolben durch einen Hahn *d* mit der äußeren Luft in Verbindung zu bringen.

Ist der Hahn etwas geöffnet, so werden die Luftverdünnung und die Luftverdichtung zwischen den beiden Kolben nicht so groß wie beim geschlossenen Hahn, und die Schläge fallen schwächer aus. Das Öffnen und Schließen des Hahnes geschieht durch den Handhebel *e*. Der Hebel *f* betätigt den Riemen-ausrücker.

Bei dem Arnsschen Luftfederhammer und einigen anderen ähnlicher Konstruktion verschieben sich zwei Kolben in einem oben offenen Zylinder. Der obere wird von einer Kurbelwelle aus angetrieben, die oben auf dem Maschinengestell gelagert sein muß. Hierdurch wird der Hammer ziemlich hoch und in Rücksicht auf die beim Arbeiten auftretenden heftigen Stöße und Erschütterungen wenig standfest. Das ganze Hammergestell wird deshalb

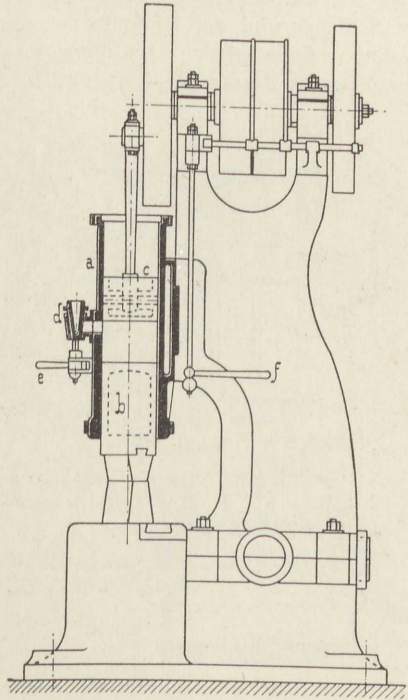


Abb. 241. Luftfederhammer von Arns.

beim Arbeiten des Hammers leicht hin und her schwanken. Dieser Übelstand wird vermieden, wenn man die beiden Kolben je in einem besonderen Zylinder arbeiten läßt. Man kann die beiden Zylinder dann nebeneinander legen und die Antriebswelle unten dicht über dem Boden sicher lagern. Als Hammer solcher Bauart möge der in Abb. 242 abgebildete Yeakley-Hammer von Billeter & Klunz in Aschersleben dienen. Im Bärzylinder *a* bewegt sich der Bärkolben *c*, ein geschliffener Stahlblock. Im Luftpumpenzylinder *d*, der von der Kurbelwelle *f* angetriebene Pumpenkolben *e*. Der Zylinder *a* hat rechteckigen Querschnitt und ist in der Diagonalebene geteilt. Die beiden Teile werden durch warm aufgezugene Bänder *b* zusammen-

gehalten. Zwischen die Berührungsflächen der beiden Teile gelegte, 0,1 mm starke Blechstreifen ermöglichen ein Ausgleichen der Abnutzung. Die beiden Zylinder sind durch den Kanal *g* verbunden. In diesen ist ein vom Fußhebel *h* durch die Stange *i* drehbarer Steuerschieber eingeschaltet, der in der Nebenfigur größer herausgezeichnet ist. Bewegt sich der Luftpumpenkolben *e* nach unten, so öffnet sich die Lederklappe *l* im Schieber und der Bärkolben *c* wird hochgesaugt. Bewegt sich der Kolben *e* dann wieder nach oben, so schließt sich die Klappe *l*, die in den Zylinder *d* gesaugte Luft wird in die Luftkammern *o* gedrückt und

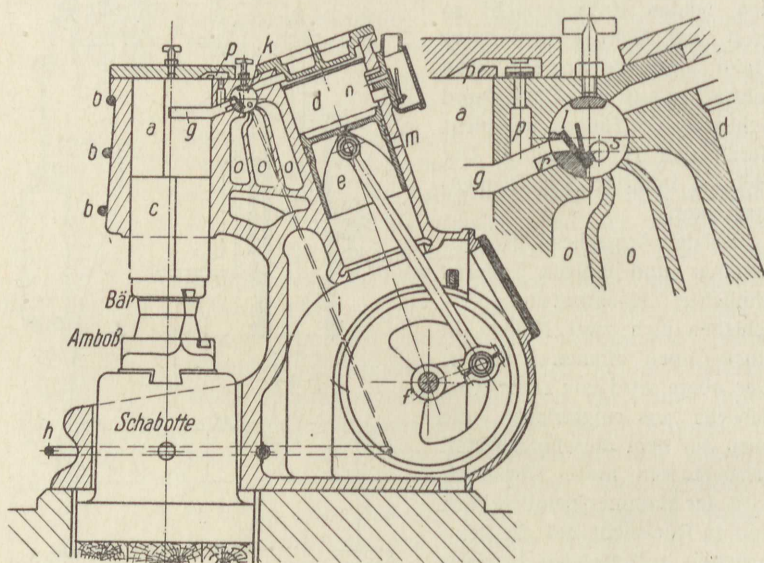


Abb. 242. Yeakley-Hammer.

der Bär in der Schwebe gehalten. Sollen Schläge ausgeführt werden, so wird der Steuerschieber *k* so nach links herumgedreht, daß der Kanal *g* immer mehr freigelegt, die Zugänge zu den Luftkammern *o* aber immer mehr geschlossen werden. Dann wird beim Aufwärtsgange des Kolbens *e* der Bär durch den Luftdruck nach unten getrieben und führt Schläge aus, deren Stärke um so größer ist, je mehr der Kanal *g* geöffnet und die Kammern *o* abgesperrt werden.

Fliegt der Bärkolben beim Steigen über den Kanal *g* hinaus und sperrt ihn ab, so läßt der durch eine Lederklappe verschließbare kleine Kanal *p* die Druckluft über den Bärkolben treten. Soll der Bär unter Druck auf dem Schmiedestücke niedergehalten werden, so dreht man

den Steuerschieber so weit nach rechts herum, daß der Kanal *g* ganz abgesperrt und damit die Saugwirkung des Kolbens *e* aufgehoben wird. In dieser Stellung ist durch eine besondere Aussparung im Steuerschieber eine Verbindung des Schieberinnern mit der Aussparung *r* im Kanal *g* hergestellt, so daß Druckluft durch die mit einer Klappe versehene Öffnung *s* auf den Bären wirken und ihn in seiner Lage festhalten

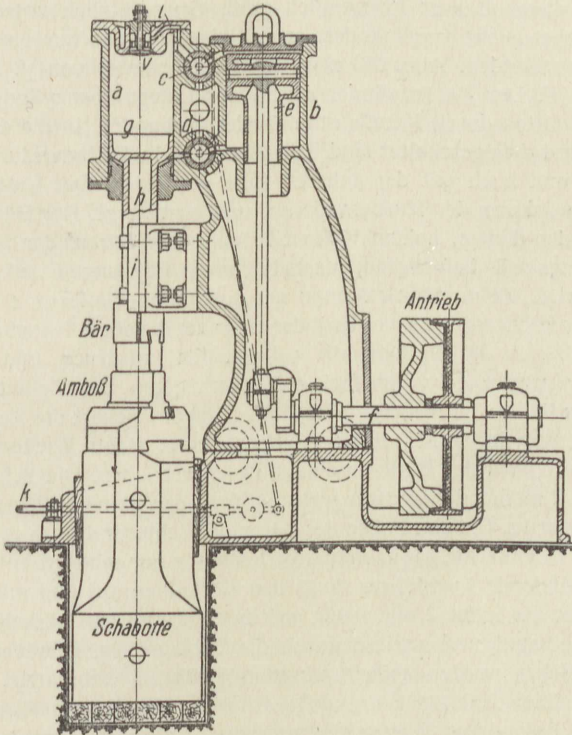


Abb. 243. Luftfederhammer von J. Banning, Hamm i. W.

kann. Das Schmiedestück ist dann zwischen Bär und Amboß wie in einem Schraubstock eingespannt und kann gebogen werden. Die im Innern des Hammers arbeitende Luftmenge wird fortwährend erneuert. Beim Niedergang des Kolbens *e* wird nämlich durch die Öffnung *m* frische Luft eingesaugt. Die überschüssige Luft wird durch die mit einer Lederklappe versehene Öffnung *n* wieder ausgestoßen.

Beim Yeakley-Hammer sind Bär- und Luftpumpenzylinder unten offen. Die Luftverdünnung und -verdichtung vollzieht sich nur in dem

Räume über dem Kolben. Bei einer großen Zahl neuerer Lufthämmer hat man die Zylinder unten geschlossen und benutzt auch die Luft unter den Kolben. Bär- und Luftpumpenzylinder sind dann durch einen oberen und einen unteren Kanal miteinander verbunden, und in jeden Kanal ist ein Steuerschieber eingeschaltet. Beide Schieber werden durch ein gemeinsames Gestänge betätigt. Die Zahl der verschiedenen Hämmer dieser Bauart ist ziemlich groß. Grundsätzlich unterscheiden sie sich aber nicht voneinander, es soll deshalb hier nur ein Beispiel besprochen werden. Abb. 243 zeigt den Lufthammer von J. Banning, Hamm i. W. Der Bärenzylinder *a* und der Luftpumpenzylinder *b* sind oben und unten durch Kanäle miteinander verbunden, in die die Regelhähne *c* und *d* eingeschaltet sind. Diese können die Zylinderräume untereinander und auch mit der äußeren Luft verbinden. Der Luftpumpenkolben *e* wird von der Kurbelwelle auf und ab bewegt. Der Bärkolben *g* trägt an der dicken, hohlen Kolbenstange *h* den Bären, der in der am Maschinengestell befestigten, nachstellbaren Führung *i* auf und ab bewegt wird. Beim Abwärtsgange des Luftpumpenkolbens *e* wird der Bärkolben hochgesaugt. Überfliegt der Hammer die obere Kanalmündung, so schließt sich das Deckelventil *v* durch den Luftdruck, und das sich bildende Luftpolster verhindert ein Beschädigen des Zylinderdeckels durch den Kolben. Der kleine Verbindungskanal *l* sichert die Verbindung der beiden Zylinder bei dieser Kolbenstellung. Beim Wiederaufwärtsgehen von *e* wird der Bärkolben nach unten getrieben. Die Schlagstärke wird durch mehr oder weniger weites Öffnen der Steuerschieber *c* und *d* erreicht. Wird z. B. beim Fallen des Bären der Schieber *d* stark geschlossen gehalten, so kann die Luft unter dem Kolben *g* nur schlecht entweichen; das sich bildende Luftpolster fängt den Bärkolben auf und mildert den Schlag. Ist der Hahn *c* nur wenig geöffnet, so wird der Bärkolben nicht so hoch gesaugt und auch dadurch die Schlagstärke gemildert. Beide Steuerschieber werden gemeinsam vom Fußhebel *k* betätigt. Größere Hämmer über 200 kg Bärgewicht erhalten Handhebel. Es ist dann noch ein besonderer Hammerführer nötig. Auch bei diesem Hammer kann der Bär längere Zeit unter Druck auf dem Schmiedestücke festgehalten werden. Diese Hämmer werden mit 50—600 kg Bärgewicht, 350—820 mm Höchsthub und 100—200 Schlägen in der Minute gebaut. Der Kraftverbrauch beträgt 6—60 PS.

Die Lufthämmer eignen sich zu allen Schmiedearbeiten außer Gesenkschmieden. Bei Bärgewichten über 500 kg sinkt ihr Wirkungsgrad erheblich, weshalb man über Bärgewichte von 750 kg kaum hinausgeht.

Dampfhämmer. Bei den Dampfhämmern ist der Bär an der Kolbenstange eines in einem Zylinder durch Dampfdruck verschiebbaren Kolbens befestigt. Der Dampf tritt entweder nur unter den Kolben

und hebt den Bären, der dann durch sein eigenes Gewicht herabfällt, oder er tritt auch noch über den Kolben, um noch treibend auf den fallenden Bären einzuwirken. Im ersten Falle heißt der Hammer ein-
 fachwirkender Hammer, im zweiten doppeltwirkender Hammer
 oder Hammer mit Oberdampf.

Die Dampfhämmer zeichnen sich durch eine weitgehende und be-
 queme Regelbarkeit der Schlagstärke aus. Durch früheres oder späteres
 Absperren des Dampfeintrittes kann man die Hubhöhe des Bären und
 damit die Schlagstärke regeln, durch Drosseln des Dampfaustrittes kann
 man den Fall des Bären verlangsamen, man kann den Bären in der
 Schwebelage halten, ja, sogar den schon im Fallen begriffenen Bären durch
 plötzliches Eintretenlassen von Frischdampf unter den Kolben wieder
 auffangen.

Der Zylinder der Dampfhämmer wird von einem meist gußeisernen
 Gestell getragen, das auch die Führung für den Bären enthält. Bei
 kleineren Hämmern hat das Gestell die in Abb. 244 dargestellte Gestalt.

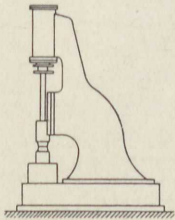


Abb. 244.

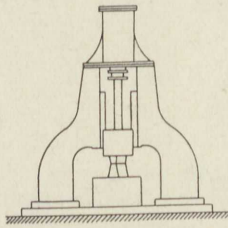


Abb. 245.

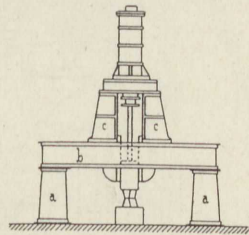


Abb. 246.

Abb. 244—246. Bauarten der Dampfhämmer.

Die Bärführung ist einseitig. Bei den durch die Schläge des Hammers
 bewirkten heftigen Erschütterungen tritt bei dieser Gestellform leicht
 ein Hin- und Herschwingen des nur einseitig unterstützten Zylinders
 ein. Bei größeren Hämmern unterstützt man deshalb den Zylinder auf
 zwei Seiten und macht auch die Bärführung doppelseitig, wie Abb. 245
 zeigt. Die Zugänglichkeit des Ambosses wird hierdurch allerdings be-
 schränkt. Sie wird wieder etwas erhöht bei dem in Abb. 246 abgebildeten
 Gestell für ganz große Hämmer. Hier ruht auf den beiden aus Eisenblech
 genieteten Säulen *a* ein starker, kastenartig ausgebildeter Querträger *b*,
 auf dem die den Zylinder und die Führungsflächen tragenden gußeisernen
 Böcke *c* befestigt sind.

Jeder Dampfhämmer muß mit einer Steuerung versehen sein, die
 den Dampf zur richtigen Zeit an die richtige Stelle leitet. Bei den ein-
 fach wirkenden Hämmern braucht die Steuerung nur den Raum unter
 dem Kolben mit der Dampfeintritts- und Austrittsöffnung in Verbindung
 Meyer, Technologie. 5. Aufl.

zu bringen, bei den doppelwirkenden muß dies auch mit dem Raume über dem Kolben geschehen. Die Betätigung der Steuerung geschieht entweder von Hand oder vom Hammer selbsttätig. Es kommen Flachschieber-, Ventil-, Hahn-, Röhren- und Kolbenschiebersteuerungen zur Verwendung. Da die Steuerungen meist von Hand betätigt werden müssen, so sind die Steuerungsorgane entlastet, so daß sie sich ohne große Anstrengungen bewegen lassen. Bei den Handsteuerungen muß auch dafür gesorgt werden, daß der Kolben nicht zu hoch steigen und den

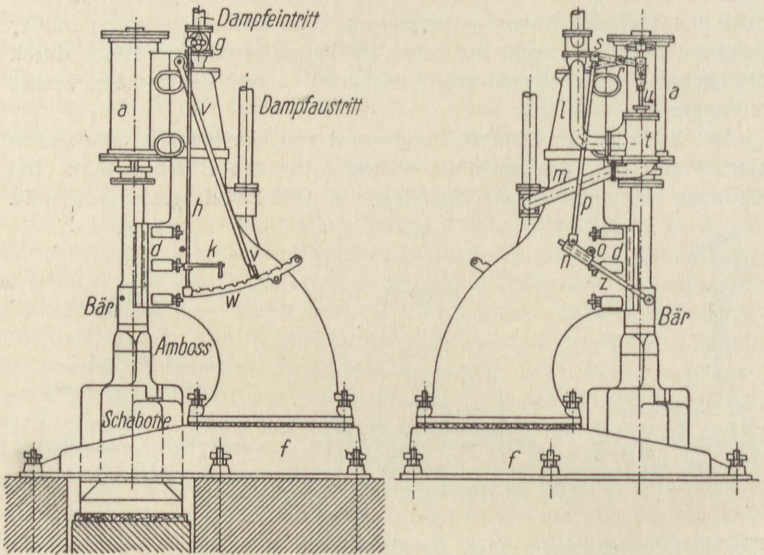


Abb. 247. Dampfhammer.

Zylinderdeckel gefährden kann. Es ist deshalb meist mit der Steuerung ein Hebel verbunden, gegen den der Bär in seiner höchsten Lage stößt und ein Umsteuern bewirkt, wenn der Dampfeintritt durch Unvorsichtigkeit zu lange offengehalten ist. Damit nun auch nach erfolgter Umsteuerung der Bär infolge seiner lebendigen Kraft nicht zu hoch steigen kann, sind elastische Puffer angeordnet, die ein zu hohes Steigen des Bären verhindern. Bei anderen Hämmeren befestigt man am Hammergestell Holzpuffer, gegen die der Bär stößt, oder man bringt über dem Zylinder eine starke Stahlfeder an, die vom Kolben, sobald er seine höchste Lage erreicht, zusammengedrückt wird und die weitere Aufwärtsbewegung vernichtet.

Die Gesamtanordnung eines Dampfhammers sei an der Hand der Abb. 247 beschrieben. Der Dampfzylinder *a* ist durch Schrumpfringe am Gestell befestigt. Bär, Kolbenstange und Kolben sind aus einem Stahlstück geschmiedet. Der Bär führt sich in der am Gestell befestigten Führung *d*. Das Gestell ist auf der Fußplatte *f* befestigt, durch die die den Amboß tragende Schabotte hindurchragt. Diese ruht auf einem vom übrigen Fundament getrennt aufgemauerten Sockel, damit die durch die Schläge hervorgerufenen Erschütterungen möglichst wenig auf das Hammergestell übertragen werden.

Zwischen Gestell und Grundplatte und zwischen Schabotte und Fundament sind Holzbohlen eingelegt. Alle Schrauben sind durch Keile gesichert. Der Dampf tritt durch den Absperrschieber *g* ein, der durch die Stange *h* und den Hebel *k* zur Regelung der Schlagstärke mehr oder weniger geöffnet werden kann. Vom Einlaßschieber führt das Rohr *l* den Dampf zum Schieberkasten *t*, während der verbrauchte Dampf durch das Rohr *m* zum Auspuff strömt. Die Steuerung des Hammers wird durch die schematische Abb. 248 erläutert, in der dieselbe Buchstabenbezeichnung gewählt ist wie in der Abb. 247. Es ist eine selbsttätige Steuerung. Der in den mittleren, ringförmigen Raum *c* des Schieberkastens eintretende Dampf kann je nach Stellung des Röhrenschiebers durch den Kanal *e* unter

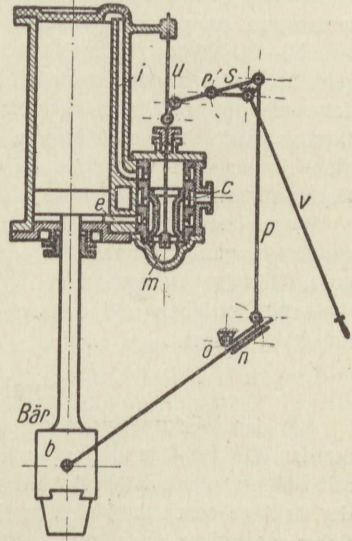


Abb. 248. Steuerschema eines Dampfhammers.

oder durch *i* über den Kolben gelangen. Der Abdampf wird zum Auspuffrohr *m* geleitet. Die Bewegung des Schiebers erfolgt vom Bären *b* aus. An diesem ist eine Stange *z* drehbar befestigt, die bei der auf und abgehenden Bärbewegung durch eine Hülse *n* gleitet und diese um einen Zapfen *o* am Hammergestell schwingt. Hierdurch wird die an *n* gelenkig befestigte Stange *p* auf und ab bewegt, die an das eine Ende eines um den Zapfen *r* schwingenden Hebels *s* greift. Das andere Ende von *s* ist gelenkig mit der Schieberstange *u* verbunden, die den Schieber auf und ab bewegt. Der Schwingungszapfen *r* sitzt am Ende eines Winkelhebels, und durch Drehen des längeren Armes *v* dieses Winkelhebels kann die Höhenlage von *r* und damit die mittlere Schieberlage verändert

werden. Hierdurch wird die Schlagstärke geregelt. Hebt man nämlich r und damit die Mittellage des Schiebers, so wird der Kanal i längere Zeit geöffnet als e und der Hammer führt schwere Schläge aus. Senkt man r , so wird dagegen e länger geöffnet als i und die Schläge werden leichter. Aus Abb. 247 ist zu ersehen, daß der Hebel v an einem gezahnten Bogen w festgestellt werden kann, um eine größere Zahl gleichschwerer Schläge hintereinander ausführen zu können.

Die Dampfhämmer sind für alle Schmiedearbeiten, auch zum Gesenkschmieden, geeignet. Ihre empfindliche Steuerung ermöglicht es, sie allen verlangten Ansprüchen anzupassen. Man baut sie mit Bärgeewichten von 50—50000 kg (Krupp) bis zu 3 m Fallhöhe. Über 2000 kg Bärgeewicht geht man der starken Erschütterungen wegen jedoch gewöhnlich nicht hinaus. Ein anderer Nachteil der Dampfhämmer ist ihr hoher Dampfverbrauch. Bei kleineren Schmieden, bei denen der Abdampf nicht immer gut verwertet werden kann, sind die Lufthämmer den Dampfhämmern vorzuziehen.

Wegen der mit den Dampfhämmern verbundenen Nachteile, besonders wegen des hohen Dampfverbrauchs, hat man neuerdings mit gutem Erfolge Dampfhämmer, ohne sie umzubauen, mit Preßluft von 6—8 atü betrieben und dadurch eine Verminderung der Betriebskosten um 50% erreicht.

Schmiedepressen.

Mit der Wirkungsweise der Hämmer sind manche Nachteile verbunden. Die Schläge wirken stoßartig und sind daher nicht frei von den mit Stößen verbundenen Arbeitsverlusten und Geräuschen. Die Wirkung der Schläge beschränkt sich mehr oder weniger auf die Oberfläche des Schmiedestückes und dringt nicht sehr tief in dessen Innere ein. Die Ambosse erfordern namentlich bei großen Hämmern eine sehr sorgfältige und teure Fundamentierung, und trotzdem haben die benachbarten Gebäude und Maschinen sehr unter den durch die Hammerschläge verursachten heftigen Erschütterungen zu leiden. Man verwendet deshalb in neuerer Zeit besonders statt der großen Dampfhämmer immer mehr Schmiedepressen.

Bei den Pressen tritt an die Stelle der stoßartigen kurzen Schläge ein vollkommen stoßfreier, nachhaltiger Druck von beliebig langer Dauer, dessen Wirkung gut in das Innere des Werkstückes übertragen werden kann. Stoßverluste und Erschütterungen der Gebäude werden dabei vermieden.

Das Werkstück ruht auch auf einer amboßartigen festen Unterlage, während das das Pressen vollziehende Werkzeug, der Preßbär, gewöhnlich von oben auf den Amboß zu bewegt wird. Beim Gesenkschmieden

trägt der Amboß das Unter-, der Preßbär das Obergesenk. Zum Bewegen der Preßbären werden verschiedene Mittel benutzt; bei den großen Schmiedepressen gewöhnlich Druckwasser; bei den kleineren, namentlich zur Herstellung von Massenartikeln aus Blech oder Draht benutzten Pressen, Hebel, Kniehebel, Kurbeln oder Exzenter und Schraubenspindeln.

Das Druckwasser wird von Pumpen erzeugt, und zwar versorgt entweder eine Pumpe mehrere Pressen mit Druckwasser, oder jede Presse hat ihre eigene Pumpe. Im ersten Falle arbeiten die Pumpen im allgemeinen ununterbrochen, die Pressen dagegen nur zeitweise. Es muß deshalb zwischen Pumpe und Pressen ein Druckwasserspeicher oder Akkumulator eingeschaltet werden, der während der Zeit, in der die Pumpe mehr Wasser liefert als von den Pressen gebraucht wird, das überschüssige Wasser aufnimmt, um es in Zeiten, in denen die Pumpe die von den Pressen gebrauchte Wassermenge nicht zu liefern vermag, wieder abzugeben.

Bei den hydraulischen Pressen sitzt der Preßbär an einem durch Druckwasser bewegten Kolben. Der Kolben wird mit einer sich aus der Größe der Kolbenfläche und der Höhe der Wasserpressung ergebenden Kraft auf das Schmiedestück gedrückt. Er bewegt sich so lange, bis der Druckwasserzutritt abgesperrt oder der Widerstand des Schmiedestückes größer als die Antriebskraft wird. Sein Hub ist also veränderlich. Die hydraulischen Schmiedepressen dienen hauptsächlich zur Vornahme von Schmiedearbeiten, die auch auf Hämmern ausgeführt werden können, namentlich zum Schmieden großer, schwerer Werkstücke.

Das als Betriebsmittel dienende Druckwasser hat Spannungen von 50—500 atü, wodurch Preßdrücke bis 12000 t erzeugt werden.

Man unterscheidet: rein hydraulische Pressen: die Pumpe zum Erzeugen des Druckwassers ist örtlich getrennt von der Presse und kann gleichzeitig mehrere Pressen versorgen, und dampfhydraulische Pressen: jede Presse hat ihre besondere, organisch mit ihr verbundene Pumpe, die als Dampftreibapparat oder Dampfdruckübersetzer ausgebildet ist.

Bei den rein hydraulischen Pressen beträgt der Betriebswasserdruck gewöhnlich 200 atü, bei den dampfhydraulischen 400—500 atü.

Die das Druckwasser erzeugenden Pumpen liefern dieses entweder direkt an die Pressen oder unter Zwischenschaltung eines Druckwassersammlers oder Akkumulators. Die erste Art ist billiger in der Anlage, aber unwirtschaftlich im Betriebe. Die Pumpe und deren Antriebsmotor müssen den immer nur vorübergehend erreichten Höchstleistungen der Pressen genügen und deshalb unnötig groß sein und viel mit ungünstigem Wirkungsgrade arbeiten. Läuft die Pumpe dauernd, so muß das Wasser

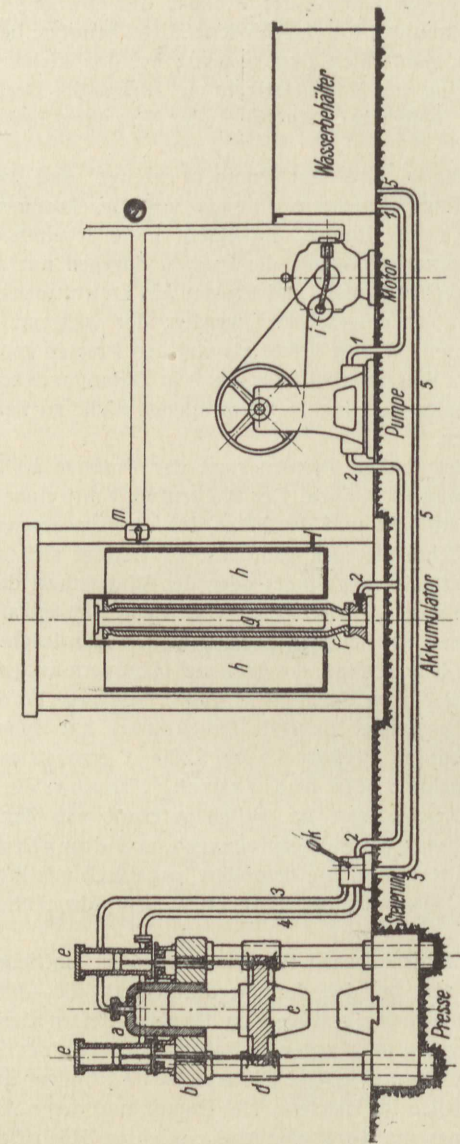


Abb. 249. Presswerk mit Akkumulator.

beim Stillstande der Presse durch eine Umlaufvorrichtung dem Sammelbehälter wieder zugeführt werden; es wird also unnötige Arbeit geleistet. Soll dann die Presse arbeiten, so geht eine gewisse Zeit verloren, bis das Wasser unter den nötigen hohen Druck gesetzt ist. Man benutzt deshalb dauernd arbeitende Pumpen ohne Akkumulatoren sehr selten, sondern verwendet in diesem Falle schwungradlose Dampfpumpen. Diese können jederzeit anspringen, arbeiten aber mit ungünstigem Dampfverbrauch.

Die Preßanlagen mit Akkumulator erfordern mehr Platz und größere Anlagekosten als die eben beschriebenen, arbeiten aber bedeutend wirtschaftlicher. Die Pumpen brauchen nur der Durchschnittsleistung der Pressen zu entsprechen. Sie können dauernd laufen. Verbrauchen die Pressen weniger Wasser als die Pumpen liefern, so wird das überschüssige Wasser vom Akkumulator aufgespeichert, der es wieder abgibt in der Zeit, in der die Pressen mehr Wasser nötig haben, als die dauernd laufenden Pumpen hergeben. Das Wasser steht dauernd unter dem nötigen Druck; die Pressen können daher schneller anspringen als bei Anlagen ohne Akkumulator. Das Schmiedestück kühlt sich nicht unnötig ab.

Vielfach sind die hydraulischen Schmiedepressen so eingerichtet, daß zum Vorfällen des Preßzylinders beim Heranführen des Preßstempels an das Schmiedestück Wasser von geringerer Pressung benutzt wird als beim eigentlichen Pressen.

Abb. 249 zeigt die schematische Darstellung eines Preßwerkes mit Akkumulator. Die Presse besitzt einen starken Preßzylinder *a*, der in einem von vier Säulen getragenen Holme *b* steckt. Die Säulen führen das den Preßbaren *c* tragende Oberhaupt *d*. Dies ist durch zwei Zugstangen an Rückzugkolben aufgehängt, die durch Druckwasser in den Rückzugzylinder *e* bewegt werden.

Der Akkumulator besteht aus einem langen Zylinder *f*; in diesen taucht von oben ein Kolben *g*, an den ein zylindrisches Blechgefäß *h* aufgehängt ist. Dieses Gefäß wird mit Eisenstücken, schweren Steinbrocken oder dergleichen gefüllt. Das Gewicht wird so bemessen, daß das unten in den Zylinder gedrückte Wasser immer unter dem zum Pressen nötigen Drucke steht. Statt des Blechgefäßes verwendet man auch schwere, ringförmige Gußklötze zur Belastung des Kolbens. An Stelle der Gewichtsbelastung benutzt man auch Luftbelastung. Der Kolben des Akkumulators schiebt sich dabei in einen mit Druckluft gefüllten Zylinder. Bei diesen werden die bei plötzlichen großen Schwankungen des Wasserzu- und -abflusses auftretenden Stöße bedeutend gemildert.

Die von einem Elektromotor durch Spannrollenrieb *i* dauernd angetriebene Pumpe saugt das Wasser durch die Rohrleitung *l* aus einem

Wassergefäß und drückt es durch die Leitung 2 zur Presse bzw. zum Akkumulator. Vor die Presse ist noch eine Steuerung geschaltet. Durch Verstellen des Steuerhebels *k* wird das Druckwasser durch verschiedene Steuerventile zum Pressen durch die Rohrleitung 3 in den Preßzylinder, zum Zurückziehen des Preßstempels durch die Leitung 4 in die Rückzugzylinder geleitet. Das verbrauchte Wasser fließt aus den Zylindern zur Steuerung zurück und von hier aus durch das Rohr 5 zum Wasserbehälter. Wird beim Heranführen des Preßstempels an das

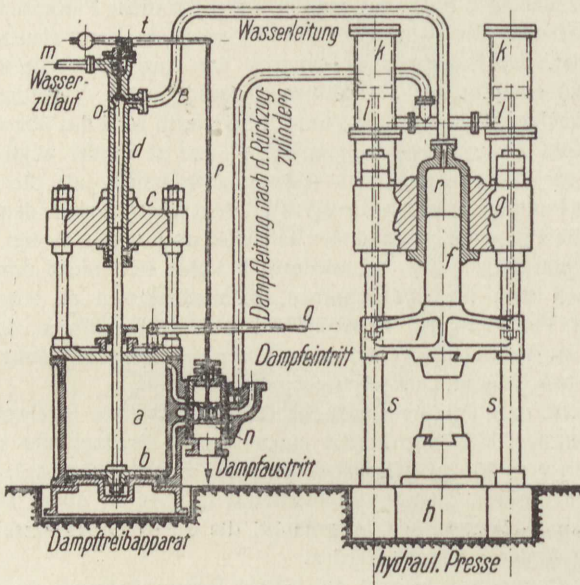


Abb. 250. Dampfhydraulische Presse.

Schmiedestück Wasser von geringer Spannung zum Füllen des Preßzylinders benutzt, so muß noch ein Vorfällbehälter über der Presse angebracht sein. In die Rohrleitung zum Akkumulator müssen noch Sicherheits- und Rohrbruchventile eingeschaltet werden. Außerdem muß dafür gesorgt sein, daß der Akkumulator nicht zu hoch steigen kann. Bei seiner Höchstlage muß er die Pumpe automatisch ausschalten, beim Sinken wieder einschalten. Bei elektrischem Pumpen- antriebe kann dies in einfacher Weise durch einen am Akkumulator befestigten Anschlag *l* erfolgen, der den Anlasser *m* betätigt. Bei Transmissionsantrieb kann man durch den Anschlag die Saugventile oder ein in die Rohrleitung 2 eingebautes Umlaufventil beeinflussen, das das Wasser zum Behälter zurückfließen läßt.

Als Beispiel einer dampfhydraulischen Schmiedepresse diene die in Abb. 250 dargestellte.

Die zur Erzeugung des Druckwassers dienende Pumpe ist mit der Presse vereinigt. Es wird immer nur das zu einer Pressung nötige Druckwasser erzeugt und der Presse direkt zugeführt. Die Pumpe, der sog. Dampftreibapparat, besteht aus dem großen Dampfzylinder *a* mit dem Kolben *b* und dem durch vier Säulen mit dem Zylinder verbundenem Holme *c*, der den Pumpenzylinder *d* trägt. Dieser steht durch ein Rohr *m* mit einem Wasserbehälter in Verbindung. Ein federbelastetes Ventil *o* kann diese Verbindung absperren. Die Kolbenstange des Dampfkolbens *b* bildet den Pumpenkolben für den Zylinder *d*. Wird der Kolben *b* durch Dampfdruck gehoben, so erzeugt seine Kolbenstange im Pumpenzylinder *d* eine Pressung, die zur Dampfspannung im umgekehrten Verhältnis der Kolbenflächen steht. Da die Fläche des Kolbens *b* sehr viel größer ist als die seiner Stange, so kann man mit geringer Dampfspannung Druckwasser von sehr hoher Pressung erzeugen. Das Druckwasser wird durch das Rohr *e* dem Preßzylinder *p* zugeführt, in dem es auf den die Preßtraverse *i* tragenden Kolben *f* wirkt. Die Preßtraverse führt sich an den vier Säulen *s*, die den Holm *g* tragen. Auf diesem sitzen noch zwei Rückzugzylinder *k*. An den Kolbenstangen *l* der Rückzugkolben ist die Preßtraverse *i* aufgehängt. Die Steuerung des Dampfes erfolgt durch den vom Handhebel *g* bewegten Kolbenschieber *n*. Bringt man den Schieber in seine tiefste Lage, so tritt der Dampf unter den Kolben *b* und hebt diesen. In seiner höchsten Lage läßt der Schieber den Dampf unter die Rückzugkolben treten, während der Dampf unter *b* entweichen kann. In der gezeichneten Mittellage läßt er den Dampf unter den Rückzugkolben entweichen. Der Hebel *g* betätigt durch die Stange *r* und den Hebel *t* auch das Ventil *o*. Die Presse arbeitet folgendermaßen: Wird der Preßstempel durch die Rückzugkolben in seiner höchsten Lage gehalten, so muß er zunächst an das auf den Amboß gelegte Schmiedestück herangeführt werden. Hierzu ist aber noch kein Preßwasser nötig. Es genügt, daß man den Schieber *n* des Dampftreibapparates in seine Mittellage bringt und den Dampf unter den Rückzugkolben entweichen läßt. Der Preßkolben sinkt dann durch sein eigenes Gewicht. Da während dieser Zeit das Ventil *o* durch die Stange *r* und den Hebel *t* offengehalten wird, so kann sich der Preßzylinder *p* beim Sinken des Kolbens *f* mit gewöhnlichem Wasser füllen. Erst wenn der Preßstempel das Schmiedestück berührt, beginnt man mit der Pressung. Der Schieber *n* wird in seine tiefste Lage gebracht, das Ventil *o* geschlossen, der Dampf unter den Kolben *b* geleitet und im Zylinder *d* Preßwasser erzeugt, das durch die Leitung *e* dem Preßkolben *f* zugeführt wird und die Pressung voll-

zieht. Bringt man den Schieber *n* nun wieder in seine höchste Lage und öffnet damit das Ventil *o*, so wird der Preßstempel durch den Rückzugkolben wieder gehoben und das Wasser wieder in den Behälter zurückgetrieben. Bei dampfhydraulischen Pressen, die für Schnellschmiedearbeiten, z. B. Recken und Schlichten, eingerichtet sind, kann man

die Rückzugkolben dauernd unter Dampfdruck setzen und dann eine große Zahl von Hieben in schneller Aufeinanderfolge ausführen.

Um Platz zu sparen, setzt man den Dampftreibapparat bei manchen Pressen nicht neben, sondern oben auf die Presse, wie dies bei der in Abb. 251 dargestellten dampfhydraulischen Schmiedepresse von Haniel und Lueg der Fall ist. Der Preßzylinder *a* ist an dem kräftigen C-förmigen Gestelle befestigt. Über ihm befinden sich der Dampfzylinder *b* und seitlich von diesem die beiden Rückzugzylinder *c*. Die Dampfkolbenstange taucht in den Preßzylinder und dient als Pumpenkolben zur Erzeugung des Druckwassers. Die unteren Seiten der Rückzugkolben stehen ständig unter Dampfdruck, an ihren Stangen *d* hängt

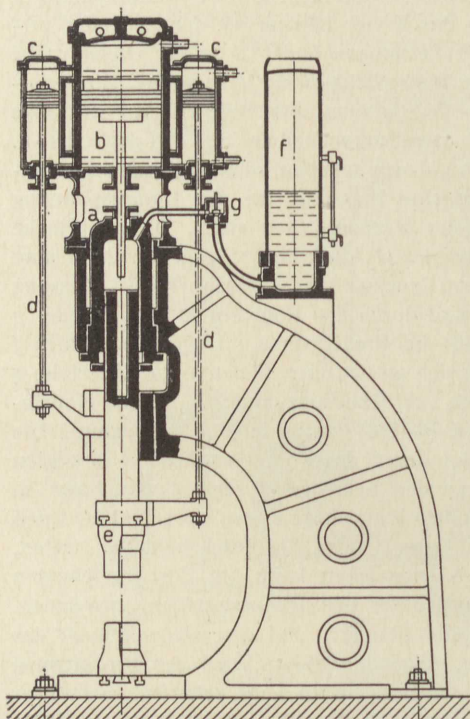


Abb. 251. Dampfhydraulische Schmiedepresse von Haniel und Lueg.

der Preßbär *e*. Der Preßzylinder ist durch eine Rohrleitung mit einem Windkessel *f* verbunden, der unter einem Drucke von 15—20 atü steht.

Soll die Presse arbeiten, so erhalten zunächst die Rückzugkolben Dampf auf ihre obere Seite; dadurch wird ihre Rückzugkraft aufgehoben, und der Preßbär wird durch sein eigenes Gewicht und den Druck im Windkessel nach unten getrieben. Der Preßzylinder wird hierbei aus dem Windkessel mit Wasser gefüllt. Der große Dampfkolben bleibt vorläufig in seiner höchsten Lage stehen. Berührt der Preßbär das

Werkstück, so erhält der Dampfzylinder *b* Dampf, der Dampfkolben bewegt sich nach unten und seine Kolbenstange erzeugt Preßwasser im Preßzylinder *a*, das die Pressung vollzieht. Das Rückschlagventil *g* schließt sich, sobald der Wasserdruck im Preßzylinder steigt, und der hohe Wasserdruck kann nicht in den Windkessel dringen. Ist die Pressung vollzogen, so läßt man den Dampf aus dem Dampfzylinder *b* und über den Rückzugkolben wieder austreten, alle drei Kolben heben sich, und der Preßbär wird von den unter Druck stehenden Rückzugkolben in die Höhe gezogen. Durch das sich nun wieder öffnende Rückschlagventil *g* kann dann das überschüssige Wasser in den Windkessel gelangen. Da immer dasselbe Wasser in der Presse bleibt, so können diesem Zusätze gegeben werden, die ein Einfrieren verhüten und als Schmiermittel dienen.

Das Schmieden großer Werkstücke.

Auf den bisher beschriebenen Schmiedemaschinen werden vielfach große schwere Stücke geschmiedet, die durch Handarbeit nicht bewältigt werden können. Solche Stücke werden dann in den früher beschriebenen Schweiß- und Glühöfen erwärmt und von diesen entweder durch zweirädrige Handkarren mit eiserner Plattform, oder besser durch einen Kran, den Schmiedemaschinen zugeführt. Sind die Stücke zu schwer,

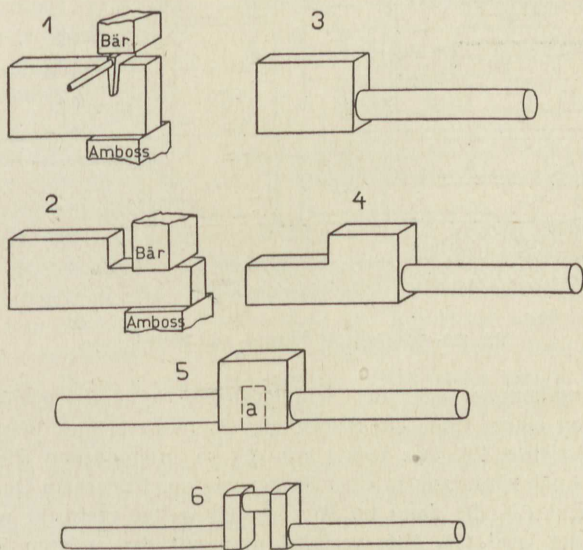


Abb. 252. Ausschmieden einer Kurbelwelle.

um durch Zangen erfaßt und bewegt zu werden, so hängt man sie in Ketten am Kran so auf, daß sie sich leicht drehen und wenden lassen.

Als Beispiel einer größeren Schmiedearbeit diene das in Abb. 252 veranschaulichte Ausschmieden einer gekröpften Kurbelwelle. Der prismatische rohe Block wird im Glühofen erwärmt, dann wird zunächst unter

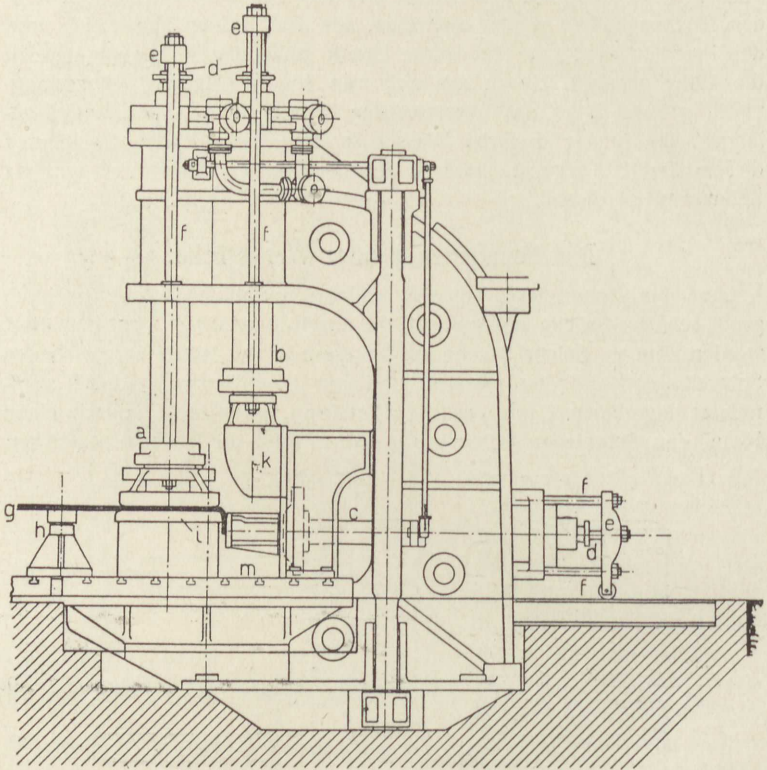


Abb. 253. Hydraulische Kumpel- und Bördelpresse.

dem Dampfhammer oder der Schmiedepresse in einem gewissen Abstände von einem Ende ein Schrotbeil, ein messerartiges Werkzeug in ihn eingetrieben (1). Das rechts von der so entstandenen Einkerbung gelegene Ende wird dann zu einer Stange von quadratischem Querschnitt ausgestreckt (2), die dann im Rundgesenk weiter gestreckt und rund geschmiedet wird (3). Nun verfährt man mit der anderen Seite des Blockes ebenso (4 und 5). Durch diese Bearbeitung ist in der Mitte ein

prismatisches Stück stehengeblieben, aus dem nun die beiden Kurbelwangen und der Kröpfungszapfen hergestellt werden müssen. Dies geschieht nicht durch Schmieden, sondern auf spanabhebenden Werkzeugmaschinen. Zunächst wird das mit *a* bezeichnete Stück auf der Bohr-, Stoß- oder Fräsmaschine oder der Maschinensäge herausgetrennt und dann auf anderen Werkzeugmaschinen die Welle fertig bearbeitet (*6*).

Hierher gehört auch das Herstellen von Dampfkesselböden durch Bördeln und Kumpeln. Es dienen hierzu besondere Kumpel- und Bördelpressen, von denen die in Abb. 253 dargestellte hydraulische Kumpel- und Bördelpresse der Kalker Maschinenfabrik ein Beispiel zeigt. Diese hat vier Preßkolben. Die beiden senkrecht von oben wirkenden *a* und *b* üben einen Druck von je 180 t aus, der wagerecht von der Seite wirkende *c* einen solchen von 100 t, und dann ist noch ein in der Abbildung nicht sichtbarer, senkrecht von unten wirkender mit einem Druck von 50 t vorhanden. Der letztere dient zum Ausstoßen von im Gesenk gepreßten Werkstücken und zum Aushalsen der Flammrohrlöcher in Kesselböden. Die Rückzugkolben *d* sind durch eine Traverse *e* und Zugstangen *f* mit den Preßkolben verbunden. Die beiden Kolben *a* und *b* können zum Pressen größerer Stücke durch eine gemeinsame Druckplatte miteinander verkuppelt werden, so daß sie gleichzeitig wirken. Die Presse wird vielfach benutzt zum Bördeln von Kesselböden. Die Abbildung zeigt z. B., wie ein großer Kesselboden schrittweise umgebördelt wird. Das kreisrund geschnittene Blech *g* ruht mit seinem Mittelpunkt genau zentrisch drehbar auf einem Bocke *h*, der auf der Aufspannplatte *m* befestigt wird. Die zu bördelnde Stelle legt sich auf das auswechselbare Futterstück *i* und wird von dem einen senkrechten Kolben festgehalten. Der andere vollzieht mit seinem genau senkrecht geführten Druckstücke *k* das Umbördeln des überstehenden Blechrandes. Der wagerechte Kolben *c* biegt nach dem Zurückziehen des Druckstückes *k* das Blech weiter um und drückt es gegen das Futterstück *i*.

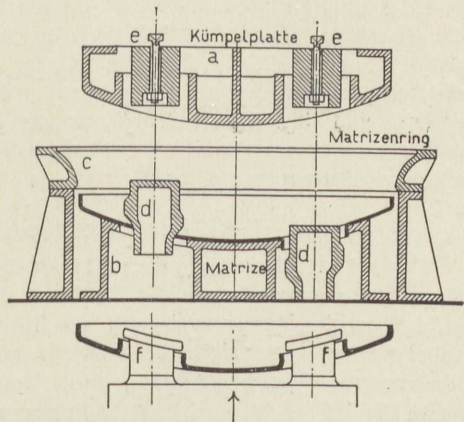


Abb. 254. Pressen und Bördeln eines Kesselbodens mit ausgehalsen Flammrohranschlüssen.

Kleinere Kesselböden werden durch einmaligen Druck im ganzen gebördelt. Abb. 254 zeigt z. B. das Pressen eines gewölbten, mit ausgehalsten Flammrohranschlüssen auf einer solchen Presse. Hierbei wird an den beiden senkrechten Kolben der Presse eine Kumpelplatte *a* befestigt, die von ihnen gemeinsam bewegt wird. Auf die Aufspannplatte der Presse spannt man die Matrize *b* und den Matrizenring *c*. In die kreisförmige Blechtafel, aus der der Kesselboden gepreßt werden soll, sind an den Stellen, an denen die Flammrohranschlüsse ausgehalst werden sollen, kreisrunde Löcher geschnitten. Das Blech wird auf den Matrizenring gelegt und beim ersten Arbeitsgange durch die Kumpelplatte und die Matrize in die verlangte Form gepreßt. Dann werden in die Flammrohrlöcher die Dorne *d* gesteckt und beim nächsten Hube der Presse mittels der Druckstücke *e* durch den Kesselboden hindurchgedrückt, wobei sie die Flammrohrlöcher nach außen aushalsen. Soll die Aushalsung nach innen erfolgen, so werden die beiden Druckstücke *e* entfernt und statt dessen werden von dem von unten wirkenden Preßkolben zwei Dorne *f* durch die Flammrohrlöcher des in der oben beschriebenen Weise gepreßten Kesselbodens hindurchgetrieben.

Gesenkschmieden.

Das schon bei den Handschmiedearbeiten erwähnte Schmieden im Gesenk wird in weitgehendem Maße auf den Schmiedemaschinen ausgeführt bei der Massenherstellung von Schmiedestücken. Diese erhalten dabei vielfach eine solche Genauigkeit, daß ein Nacharbeiten auf den Werkzeugmaschinen überflüssig wird. Zum Gesenkschmieden werden meist die früher besprochenen Fallhämmer benutzt, für leichtere und mittlere Staucharbeiten auch die im nächsten Abschnitte behandelten Spindel- und Kurbelpressen. Die Gesenke sind zweiteilig und enthalten Hohlräume, die die Werkstücke allseitig umschließen. Sie ähneln also den zweiteiligen Gußformen. Da die Werkstücke im glühenden Zustande geschmiedet werden, so müssen die Hohlräume um das Schwindemaß, etwa 1%, größer sein als das fertige Stück. Auf Schmiedepressen kann man Gesenke aus Gußeisen oder Stahlguß verwenden, in die die Hohlräume eingegossen und, wenn nötig, sauber nachgearbeitet sind. Bei Hämmern sind jedoch Gesenke aus gutem Stahl erforderlich, bei denen die Hohlräume in das volle Material durch Fräsen, Bohren und durch Handarbeit mit Meißel und Feile eingearbeitet sind. Es ist zu beachten, daß bei der Benutzung von Hämmern der Werkstoff nach oben zu steigen sucht, bei Pressen dagegen wird er nach unten gedrückt. Demnach muß man weit vorspringende Teile des Schmiedestücks im ersteren Falle ins Obergesenk, im letzteren ins Untergesenk legen. Die Gesenke werden gewöhnlich mit schwalbenschwanzförmigen Ansätzen in die

Amboß- bzw. Hammer- oder Preßbärbahn eingesetzt. Bisweilen legt man sie auch lose auf den Amboß und läßt den Hammer darauf schlagen oder den Preßbär darauf drücken. Das Obergesenk wird dann durch eine Stange oder Zange gehalten. Ober- und Untergesenk müssen natürlich beim Schmieden genau aufeinanderliegen. Wird das Obergesenk nicht in einer genauen Führung bewegt, sondern frei auf das Untergesenk gehalten, so sichert man die richtige Lage in derselben Weise wie bei zweiteiligen Kernkästen durch Dübel und Löcher. Da es nicht möglich ist, die Materialmenge des rohen Werkstückes so genau zu

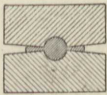


Abb. 255. Gesenk.



Abb. 257. Vorgeschmiedetes Stück.

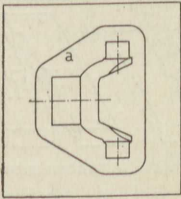
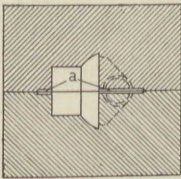


Abb. 256. Gesenk.



Abb. 258. Im Gesenk geschmiedetes Stück.

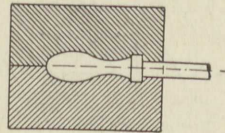


Abb. 259. Kurbelgriff im Gesenk geschmiedet.

bestimmen, daß die Gesenke gerade ausgefüllt werden, so nimmt man einen Überschuß von bis zu 15% Rohstoff. Das überschüssige Material quetscht sich dann zwischen die beiden Gesenke, und man muß dafür sorgen, daß es bequem entweichen kann. Man schrägt deshalb wohl die Oberflächen der Gesenke nach Abb. 255 ab, dann können die Gesenkhälften sich aber nicht dicht aufeinanderlegen und die Dicke des Schmiedestückes wird ungenau. Besser ist es deshalb, man umgibt die Hohlräume des Gesenkes, wie Abb. 256 zeigt, mit einer etwa 15 mm breiten Rinne *a*, die das überschüssige Material aufnehmen kann.

Die Schmiedestücke werden vielfach vor dem Gesenkschmieden von Hand ganz roh vorgeschmiedet; so zeigt Abb. 257 das vorgeschmiedete

Stück, aus dem in dem Gesenk Abb. 256 ein kleiner Bügel für eine Kreuzgelenkkuppelung geschmiedet werden soll. Das in die Rinne entweichende überschüssige Material bildet dann an dem fertigen Stücke, wie Abb. 258 zeigt, einen das ganze Stück umgebenden Grat, der beseitigt werden muß. Dies kann von Hand geschehen durch Abhauen, Abfeilen oder Schleifen oder unmittelbar nach dem Schmieden in besonderen Abratgesenken, wie dies bei Abb. 260 besprochen werden wird. Umdrehungskörper, wie z. B. der Kurbelgriff in Abb. 259, können im Gesenk geschmiedet werden, ohne daß sich ein Grat bildet, wenn man sie nach jedem Schlage um 90° dreht.

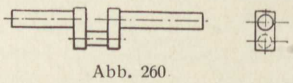


Abb. 260.

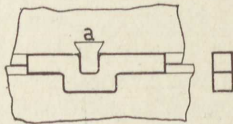


Abb. 262.

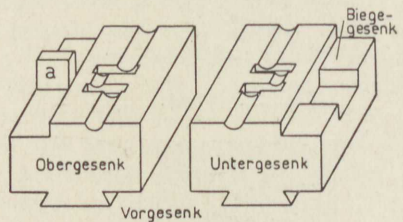


Abb. 261.

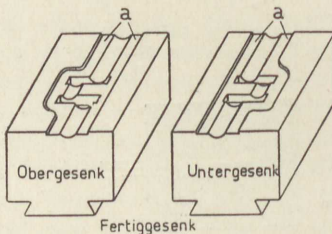


Abb. 263.

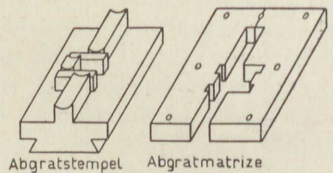


Abb. 264.

Abb. 260—264. Schmieden einer gekröpften Welle im Gesenk.

Manche Schmiedestücke werden, bevor sie in das eigentliche Gesenk kommen, in besonderen Gesenken vorgebogen, wie die in Abb. 260 dargestellte kleine gekröppte Kurbelwelle. Sie wird, wie Abb. 262 zeigt, aus einem Quadrateisen hergestellt. Dies kommt zunächst in das mit dem Vorgesenk vereinigte Biegegesenk (Abb. 261), in dem es durch den Stempel *a* in der durch Abb. 262 veranschaulichten Weise vorgebogen wird. Dann erfolgt die weitere Verarbeitung im Vorgesenk (Abb. 261) und Fertiggesenk (Abb. 263). Das letztere ist mit einer Rinne *a* zur Aufnahme des überschüssigen Materials versehen. Der sich hierdurch bildende Grat wird dann in dem Abratgesenk (Abb. 264) beseitigt, indem das Schmiedestück mittels des Abgratstempels durch die mit

scharfen Kanten versehene Abgratmatrize hindurchgedrückt wird. Das Abgraten geschieht durch besondere Kurbel- oder Exzenterpressen.

Behandlung der Gesenke. Die Formgebung der Gesenke erfordert sehr viel Erfahrung. In vielen Fällen muß die Ausbildung der Vorgesenke versuchsweise ermittelt werden. Ebenso erfordert die Herstellung der Gesenke in der Werkstatt eine große Geschicklichkeit und verursacht große Kosten. Deswegen kann gar nicht oft genug auf die Schonung und richtige Behandlung derselben hingewiesen werden. Die Gesenke verlieren durch die innige Berührung mit den glühenden Schmiedestücken ihre Härte. Man sucht daher diese Berührung möglichst kurz zu halten. Es wäre für die Gesenke das Vorteilhafteste, die Werkstücke durch einen einzigen starken Schlag fertigzuschmieden, was

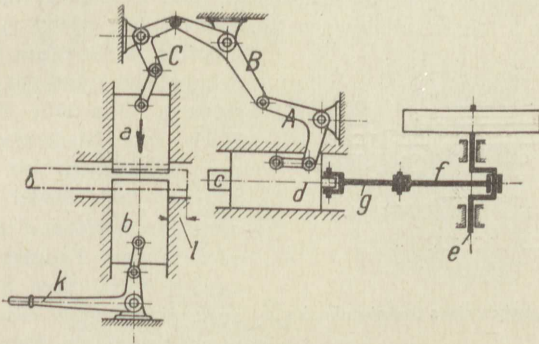


Abb. 265. Schema einer Schmiedemaschine.

aus verschiedenen praktischen Gründen jedoch nicht möglich ist. Die unzulässige Erwärmung muß durch Kühlung nach jedem Stück verhindert werden. Man bläst das Gesenk kalt durch einen Prebluftstrahl, der gleichzeitig den in der Form liegenden Zunder entfernt. Außerdem kühlt man durch Bestreichen der Form mit einer Lösung von Graphit, Öl und Wasser. Das Gesenk darf andererseits aber auch nicht in völlig kaltem Zustande verwendet werden, da erfahrungsgemäß ganz kalte Gesenke leicht springen. (Dasselbe gilt für alle Werkzeuge in der Schmiede.) Man hat sich das so zu erklären: Die örtlichen plötzlichen Erwärmungen des ganz kalten Gesenkes durch den glühenden Rohstoff ergeben starke Spannungen. Unter der Einwirkung der gleichzeitigen Schläge kommt es zum Bruch. Die Gesenke müssen daher vor der Benutzung durch Herauf- und Herumlegen rotglühender Stücke möglichst gleichmäßig angewärmt werden.

Zur Schonung der Gesenke darf nicht zu kalt geschmiedet werden.

Zu den Gesenkschmiedearbeiten sind auch die auf den Schmiede- oder Stauchmaschinen ausgeführten Arbeiten zu rechnen. Die Wirkungsweise einer solchen Maschine veranschaulicht die schematische Darstellung in Abb. 265. Das an einem Ende erwärmte stangenförmige Material wird zwischen die zwei als Gesenke ausgebildeten Klemmbacken *a* und *b* geschoben. Die eine Backe (in diesem Falle *b*) steht gewöhnlich fest, d. h. sie wird beim Laufen der Maschine nicht bewegt, die andere (*a*) geht beim Arbeiten der Maschine hin und her. Durch Verschieben von *a* in der Pfeilrichtung wird das erwärmte Ende festgehalten. Je nach der auszuführenden Arbeit wird das Material so tief eingeschoben, daß eine bestimmte Länge *l* aus den Backen *a* und *b* herausragt. Die überragenden Enden werden dann von einem dagegengepreßten Stempel *c* in die Gesenke *a* und *b* hineingestaucht. Der Antrieb des Schlittens *d*, der den Stempel *c* trägt, erfolgt von der gekröpften Welle *e* aus durch die Schubstange *f* und das Zwischenstück *g*. Dies läßt sich durch Hoch- und Niederklappen ein- bzw. ausrückeren, so daß bei

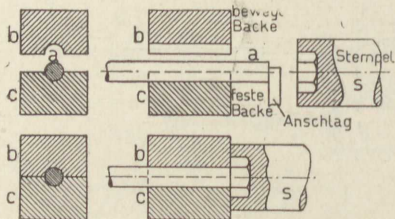


Abb. 266. Stauchen eines Sechskantkopfes.

dauernd umlaufender Antriebswelle der Schlitten *d* jederzeit in oder außer Tätigkeit gesetzt werden kann. Vom Schlitten *d* aus wird durch einen Hebelmechanismus die Klemmbacke *a* betätigt. Die Hebelanordnung besteht aus drei Winkelhebeln *A*, *B*, *C*, die um festliegende Punkte drehbar sind. Bewegt sich *d* nach links, so wird das Werkstück kurz vor der Stauchung festgeklemmt. Bewegt sich *d* nach erfolgter Stauchung wieder nach rechts zurück, so wird das Werkstück freigegeben und kann aus den Gesenken herausgenommen werden. Stößt dies wegen vorspringender Ringe oder Wülste am Werkstück auf Schwierigkeiten, so kann durch den Hebel *k* auch die gewöhnlich feststehende Backe *b* vom Werkstück abgezogen werden. Eine ausführliche Darstellung einer Schmiede- und Stauchmaschine zeigt Abb. 269.

Als erstes Beispiel einer einfachen Staucharbeit diene das durch Abb. 266 veranschaulichte Stauchen eines Sechskantkopfes. Hierzu wird ein erwärmtes Rundeisen *a* zwischen zwei Backen *c* und *b*, von denen *c* feststeht, während *b* beweglich ist, so weit hindurchgeschoben, bis es gegen einen einstellbaren Anschlag stößt. Wird nun die bewegliche Backe gegen die feste gepreßt und dadurch das Rundeisen festgeklemmt und der Anschlag zur Seite geschoben, so kann der vorn als Gesenk ausgebildete Stempel *s* das aus den Klemmbacken herausragende

Stangenende zu einem Sechskantkopf stauchen. Das Rundeisen muß dann noch auf einer kleinen Schere auf die richtige Länge abgeschnitten werden.

Läßt sich die Umformung nicht durch eine einzige Stauchung vollziehen, so muß diese stufenweise erfolgen. Diesen Vorgang veranschaulicht das Beispiel Abb. 267. Es soll das in der Abbildung mit 2 bezeichnete Werkstück geschmiedet werden. (Eine an einem Ende mit einer rechteckigen Fußplatte versehene Stange.) Das Ausgangsmaterial

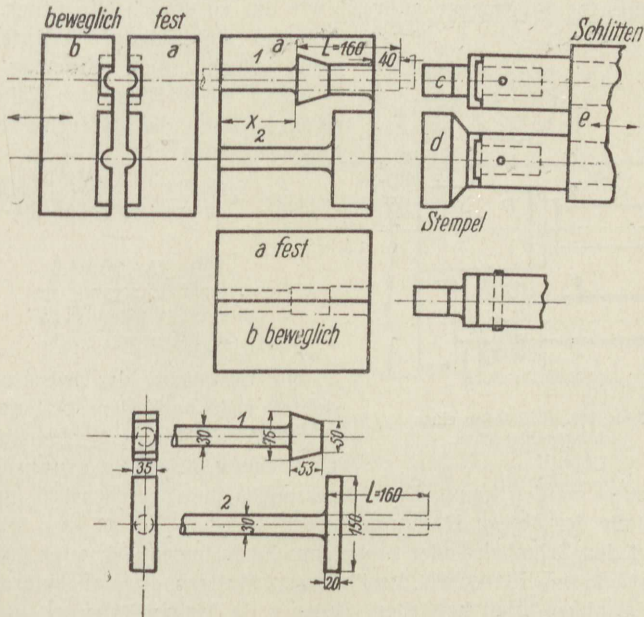


Abb. 267. Schmiedevorgang mit doppelter Stauchung.

ist ein Rundeisen von 30 mm Durchmesser. Das Stauchen erfolgt in zwei Stufen. Das Rundeisen wird erst zu der mit 1 bezeichneten Form vorgestaucht und dann durch eine zweite Stauchung in die Form 2 gebracht. Die hierzu nötigen Gesenke sind in einem gemeinsamen Backenpaare *ab* vereinigt. Die Backe *a* steht fest, die Backe *b* ist in den Pfeilrichtungen beweglich. Das Rundeisen wird mit seinem erwärmten Ende in das obere Gesenk 1 so weit eingeführt, bis es gegen einen einstellbaren Anschlag stößt. Dann wird die Gesenkhälfte *b* gegen *a* gedrückt und der Rohstoff wird auf der Länge *L* festgeklemmt. Um ein sicheres Festhalten desselben zu erreichen, ist der Durchmesser des

Hohlraum in den Gesenkhälften auf der Länge L ungefähr $\frac{1}{2}$ mm kleiner als das Maß des Rohstoffes. Darauf wird durch den Stempel c das erwärmte Stangenende in die Form 1 gestaucht. In derselben Hitze kommt das Werkstück nun in das untere Gesenk 2 und erhält durch den Stempel d die endgültige Gestalt. Die beiden Stempel sitzen in dem gemeinsamen Schlitten e , nach dem Stauchen der Fußplatte wird die Stange auf richtige Länge abgeschnitten. Der Anschlag muß so eingestellt werden, daß das aus der Einklammerung hervorragende Stangenende dieselbe Stoffmenge aufweist wie das zu stauchende Stück. Für

Abbrand und sonstige Verluste gibt man jedoch einen Zuschlag von 5—10%. Im vorliegenden Falle berechnet sich die Stauchlänge L folgendermaßen:

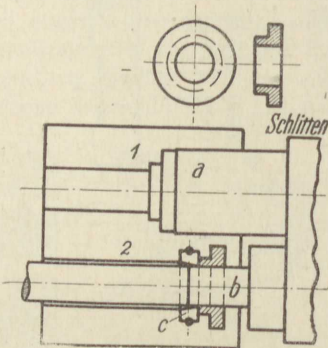


Abb. 268. Schmieden eines kleinen Flansches.

$$L \cdot \frac{30^2 \pi}{4} = 150 \cdot 35 \cdot 20 \cdot 1,1$$

$$L = \frac{150 \cdot 75 \cdot 20 \cdot 1,1}{706,9}$$

$$= \sim 160 \text{ mm}$$

Die Gestaltung der Zwischenstufe richtet sich nach dem Material des Werkstückes. Man muß wissen, welche Umformung diesem in einem Gange

zugemutet werden kann. Die Abmessungen der Zwischenstufe müssen gleichfalls der obigen Rechnung gerecht werden.

Auf den Schmiede- oder Stauchmaschinen lassen sich auch gelochte Werkstücke, wie Flanschen, Stopfbuchsen, Muttern, aus stangenförmigem Material ohne Abfall herstellen. Sollen z. B. kleine Flanschen von der in Abb. 268 dargestellten Gestalt geschmiedet werden, so geht man aus von einem Rundeisen, dessen Durchmesser gleich dem Lochdurchmesser des Flansches ist. Das erwärmte Rundeisenende wird zunächst in dem Gesenk 1 durch den Stempel a zu einem vollen Flansch gestaucht und dann im Gesenk 2 durch den Stempel b gelocht. Das das Loch ausfüllende Material wird aus diesem herausgedrückt und die Stange zurückgeschoben. Ein in das Gesenk eingelegter, konisch ausgebohrter Ring c erleichtert das Verschieben des Materials.

Abb. 269 zeigt eine Schmiedemaschine von Hasenclever, Düsseldorf, auf der die eben besprochenen Arbeiten vorgenommen werden. Das kräftige Maschinengestell wird durch Längs- und Queranker a zusammengehalten. Der Antrieb erfolgt von dem mit einer Klink-

vorrichtung versehenen Riemenscheibenschwungrade *b*. Dieses treibt durch die Welle *c* und das kleine Zahnrad *d* das große Zahnrad *e* und

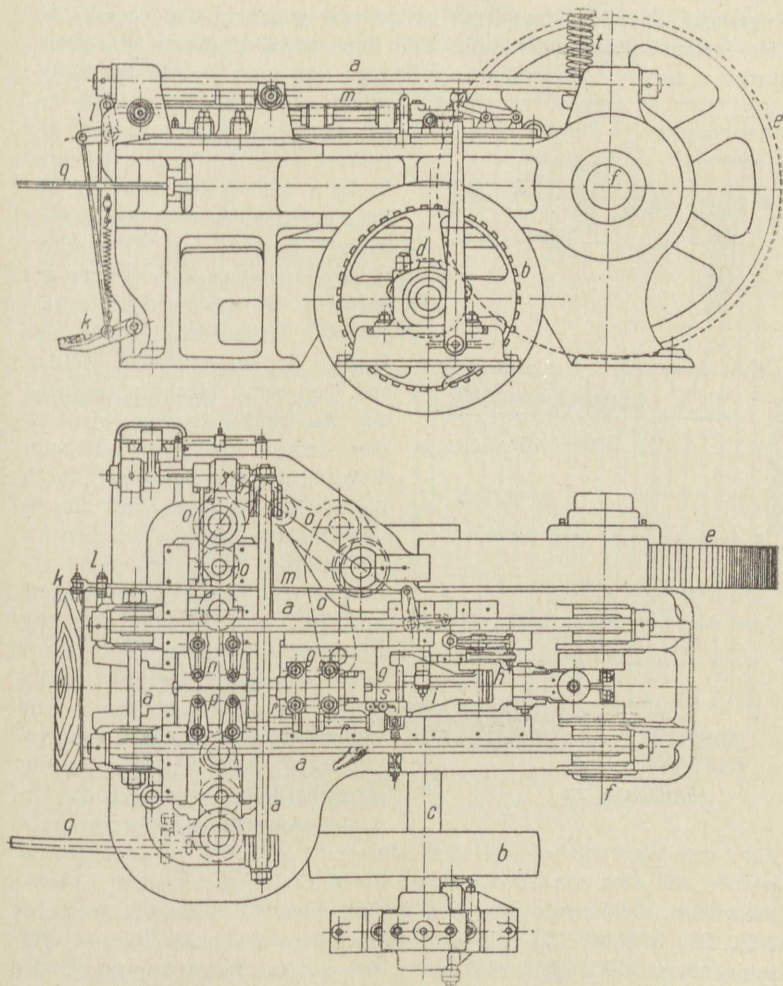


Abb. 269. Schmiedemaschine.*

damit die gekröpfte Kurbelwelle *f* an. Von dieser wird der Stauchschlitten *g* bewegt durch die Schubstange *h* und das Zwischenstück *i*.

Das Stück *i* ist für gewöhnlich ausgerückt und dadurch der Antrieb unterbrochen. Erst durch Niedertreten des Fußhebels *k* wird durch die Winkelhebel *l* und das Gestänge *m* der Antrieb des Stauchschlittens eingerückt. Der Stauchschlitten ist so hoch gehalten, daß er zwei bis vier Stempel aufnehmen kann. Von ihm aus wird durch ein Hebelsystem *o* die linke Klemmbacke *n* bewegt, und zwar so, daß das Werkstück sicher festgehalten wird, bevor es vom Stauchstempel getroffen wird. Die rechte Klemmbacke *p* steht gewöhnlich fest, sie kann jedoch auch durch den Hebel *q* bewegt werden, um die Backen genügend weit zu öffnen, wenn ein in der Mitte mit einem Bund versehenes Schmiedestück aus den Backen herausgenommen werden soll. Der früher erwähnte Anschlag zur Materialbegrenzung wird an dem Arme *r* angebracht und beim Vorgang des Stauchstempels durch die schräge Fläche der mit diesem verbundenen Platte *s* ausgerückt. Die kräftige Schraubenfeder *t* gehört einer Sicherungsvorrichtung an, die den Antrieb selbsttätig unterbricht, wenn der Widerstand beim Schmieden so groß werden sollte, daß dadurch Brüche von Maschinenteilen eintreten könnten.

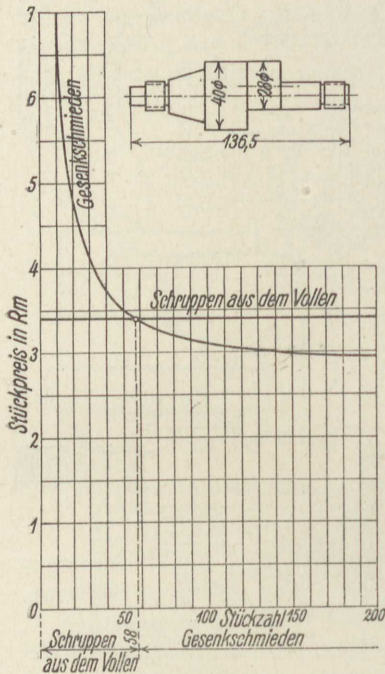


Abb. 270.

Das Gesenskschmieden ist nur wirtschaftlich, wenn sich die Gesenkkosten auf eine möglichst große Zahl von Werkstücken verteilen. Es muß von Fall zu Fall geprüft werden, ob sich ein Stück billiger durch Freiformschmieden, Gesenkschmieden, Schruppen aus dem Vollen oder als Stahlguß herstellen läßt. Die in Abb. 270 und 271 dargestellten Beispiele (Koczyk, Maschinenbau, 1925, Seite 261 und 262) zeigen die Abhängigkeit des Stückpreises von der Stückzahl.

Der Exzenterbolzen (Abb. 270) kann entweder unter großem Materialverlust auf der Drehbank aus dem Vollen geschruppt oder im Gesenk geschmiedet werden. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß der Stückpreis beim Schruppen aus dem Vollen immer gleich bleibt ohne Rück-

sicht auf die Stückzahl, daß er beim Gesenkschmieden aber sehr stark mit steigender Stückzahl fällt. Der Schnittpunkt der Kurve des Schruppens mit der des Gesenkschmiedens zeigt, daß sich das Schmieden im Gesenk schon bei einer Stückzahl über 58 lohnt. Die folgende Zahlen-tafel zeigt die Gegenüberstellung der Einzelkosten in Rm. bei beiden Her-stellungsverfahren.

Einzelkosten	Gesenkschmieden	Schruppen aus dem Vollen
Werkstoffkosten	0,168	0,275
Gesenkkosten	40,00	—
Lohnkosten für Gesenkschmieden	0,058	—
Kosten der mechanischen Bearbeitung	0,877	1,25
Allgemeine Unkosten der Gesenkschmieden	0,292	—
Allgemeine Unkosten der mechanischen Bearbeitung	1,313	1,87
Herstellungskosten für 1 Stück	2,708 + 40,00 (Ge- senkkosten)	3,395

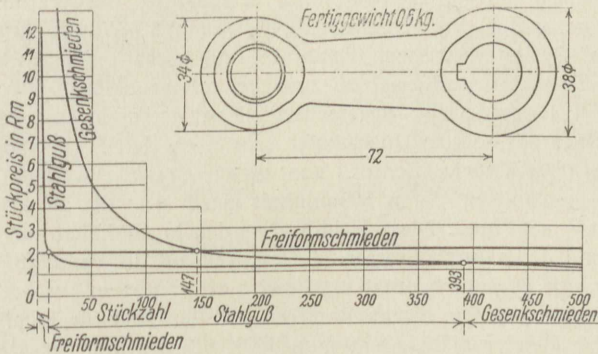


Abb. 271.

Abb. 271 zeigt die Stückpreise eines Schwinghebels bei Herstellung durch Freiformschmieden, Gesenkschmieden oder Stahlguß. Der Stückpreis für das Freiformschmieden bleibt unabhängig von der Stückzahl konstant. Aus den Schnittpunkten der Kurven der verschiedenen Her-stellungsverfahren ersieht man, daß für weniger als elf Stück das Frei-formschmieden am billigsten ist, daß bei über 147 Stück das Gesenk-schmieden billiger ist als das Freiformschmieden, aber teurer als Stahl-guß, und daß erst bei Stückzahlen über 393 das Gesenkschmieden das

wirtschaftlichste Herstellungsverfahren wird. Die folgende Zahlentafel zeigt wieder die Einzelkosten der verschiedenen Herstellungsverfahren in Rm. für ein Stück.

Einzelkosten	Gesenkschmieden	Freiformschmieden	Stahlguß
Werkstoffkosten	0,102	0,11	0,12
Gesenk- bzw. Modellkosten .	205,00	—	10,00
Lohnkosten (roh)	0,20	0,94	0,15
Lohnkosten (bearbeitet). . . .	0,417	1,04	0,94
Herstellungskosten für 1 Stück	0,719	2,09	1,21
	+ 205,00 (Gesenk)		+ 10,00 (Modell)

Warmpressen von Nichteisenmetallen und Legierungen.

Dieselben Vorteile wie das Gesenkschmieden bei Massenherstellung von Werkstücken aus Stahl, bietet das Warmpressen für Werkstücke aus Nichteisenmetallen und Legierungen. Als Werkstoffe kommen in Frage Kupfer, Aluminium, Zink sowie die Legierungen Messing, Bronze, Aluminiumlegierungen, Elektron u. a. Erzeugnisse des Warmpressens sind Massenartikel wie Armaturteile für Dampf-, Wasser- und Gasleitungen, Teile elektrischer Apparate und Geräte, Wagenbeschlagteile usw. Die Rohstoffe werden zunächst aus gegossenen Blöcken im glühenden Zustande auf wagerechten Druckwasser-Strangpressen zu Stangen gepreßt, deren Querschnitt sich nach der Form der zu erzeugenden Werkstücke richtet. Von diesen Stangen werden kürzere Enden abgeschnitten, deren Rauminhalt gleich dem der zu pressenden Werkstücke sein muß. Diese Rohlinge werden in Glühöfen auf Rotglut erhitzt und dann durch Pressen in Gesenken auf die verlangte Gestalt gebracht. Als Pressen benutzt man meist die später zu beschreibenden Schraubenpressen. Die besten Preßtemperaturen sind für Kupfer 900°, Zink 220°, Messing 800°, Aluminium 400°, Silumin und Elektron 250°.

Durch das Strangpressen und das spätere Pressen in Gesenken erfahren die Werkstoffe eine erhebliche Vergütung. Die Lunker der gegossenen Blöcke werden verschweißt, das Korn wird feiner und dichter, die Festigkeit und Dehnung werden größer. Die Gesenke werden aus einem schwach legierten Chromnickelstahl hergestellt. Sie werden gehärtet und dadurch außen glashart und im Innern zähe. Sie nutzen sich verhältnismäßig schnell ab, da sich bald Oberflächenrisse bilden. Die Ausgaben für Werkzeuge machen deshalb etwa 58% der Gesamtkosten des Warmpreßverfahrens aus gegen 33% Lohnkosten und 9% für Energieverbrauch.

Als Beispiel für das Warmpressen diene das in Abb. 272 dargestellte Pressen eines Ventilkegels aus Messing. Als Rohling dient ein von einer Rundstange abgeschnittener Zylinder. Dieser wird glühend in das Untergesenk gelegt (Stellung I). Das Untergesenk ist der unterschrittenen Gestalt des Preßstückes wegen in die beiden Teile *a* und *b* zerlegt. Dann wird der Preßstempel nach unten bewegt und preßt den Rohling in die verlangte Gestalt, indem alles Material in die Höhlung des Gesenkes getrieben wird. (Stellung II.) Bildet sich an dem Werkstücke ein Grat,

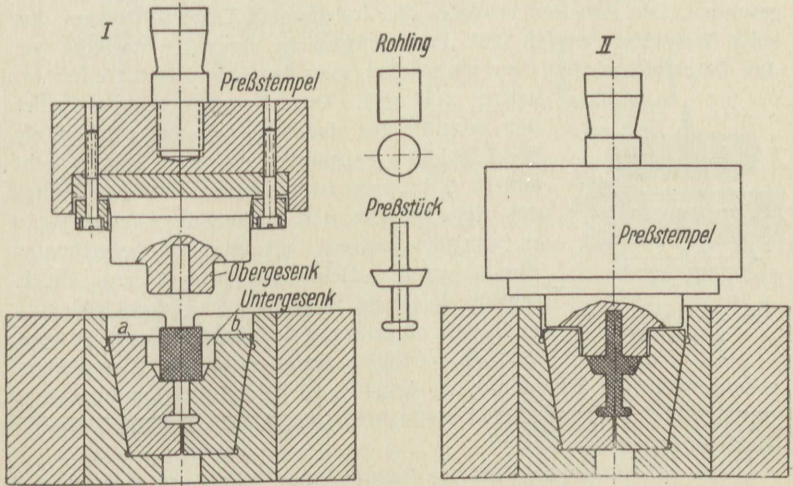


Abb. 272.
Warmpressen eines Ventilkegels.

so wird dieser in einem Abratgesenk beseitigt. Da die Metalle sich beim Glühen mit einer Oxydschicht überziehen, so muß diese durch Beizen in Salpetersäure beseitigt werden.

Die Preßstücke fallen sehr sauber und maßhaltig aus, sie erfordern kaum erhebliche Nacharbeit. Ist an einzelnen Stellen noch eine Bearbeitung nötig, so ist dazu nur eine geringe Stoffzugabe erforderlich. Das Warmpressen ist ein sehr wirtschaftliches Arbeitsverfahren. Nach Peter (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., 1923, Seite 233) sind roh gegossene Teile etwa 40%, aus dem Vollen gearbeitete etwa 160% teurer als gepreßte, während Spritzguß sich etwas billiger stellt.

Das Stanzen, Pressen, Prägen und Ziehen.

Dies sind Arbeiten, die angewendet werden zur Massenherstellung von kleinen Maschinenteilen und Gebrauchsgegenständen aus Blech, wie Rosetten, Teilen von Schreibmaschinen, Nähmaschinen, Fahrrädern, Beleuchtungskörpern, elektrischen Maschinen und Apparaten, Löffel, Medaillen sowie Kochtöpfen und ähnlichen Gefäßen. Bei der Herstellung dieser Teile werden manchmal mehrere der genannten Arbeiten gleichzeitig oder dicht hintereinander ausgeführt; es hat deshalb vielfach im Sprachgebrauch eine Verwischung in ihren Benennungen stattgefunden. Die Arbeiten erfolgen alle, indem man Druckkräfte auf das kalte Werkstück wirken läßt. Das Prägen ist eigentlich dasselbe wie das Gesenkschmieden, nur verarbeitet man bei ihm Blechstreifen im

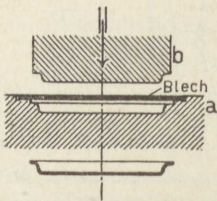


Abb. 273. Pressen eines Blechtellers.

kalten Zustande. Das Pressen unterscheidet sich vom Prägen dadurch, daß das verarbeitete Blech bei der Formänderung seine Stärke nicht ändert. Mit Stanzen bezeichnet man gewöhnlich das Ausschneiden und Lochen der Bleche, wenn es auf den vielfach mit Stanzen bezeichneten Pressen erfolgt. Beim Ziehen wird eine Blechscheibe in einen ringförmigen Halter geklemmt und durch einen Stempel so in seine Form gezogen, daß ein vertieftes Gefäß entsteht. Diese Unter-

scheidung in der Benennung der Arbeiten ist jedoch nicht immer genau durchgeführt und man findet vielfach für alle Arbeiten die gemeinsame Bezeichnung Stanzen.

Abb. 273 veranschaulicht das Pressen eines Tellers aus einer runden Blechscheibe. Diese wird dabei auf eine Matrize *a* gelegt und in diese durch einen Stempel oder Patrize *b* hineingedrückt und dadurch in einen Teller umgeformt.

Das Ziehen von Gefäßen, z. B. Kochtöpfen, stellen Abb. 274 und 275 dar. Das in ein Gefäß zu verwandelnde Blech *b* wird auf eine Matrize *d* gelegt und durch einen Blechhalter oder Setzring *a* festgehalten. Hierauf bewegt sich durch den Blechhalter hindurch ein Stempel *c*, dessen äußerer Durchmesser um die doppelte Blechstärke kleiner ist als der innere Matrizendurchmesser. Der Preßstempel zieht das Blech unter dem Blechhalter fort in die Matrize. Durch den fest auf das Blech gedrückten Blechhalter wird dabei eine Faltenbildung im Bleche verhindert. Nach vollzogener Pressung wird der Preßstempel wieder zurückgezogen, und es tritt ein Ausstoßstempel *e* in Tätigkeit, der das jetzt in ein Gefäß verwandelte Blech aus der Matrize herausstößt. Bei stärkeren Blechen und größeren Gefäßen erfolgt das Umwandeln der

Blechtafel in ein Gefäß natürlich nicht in einem einzigen Zuge, sondern stufenweise, wie Abb. 275 veranschaulicht.

Zum Stanzen von Werkstücken aus Blechtafeln und -streifen oder Bandeisen benutzt man als Werkzeug sogenannte Schnitte, von denen

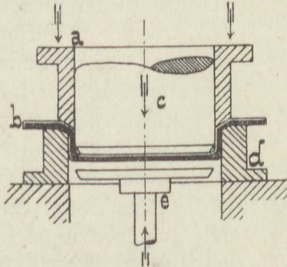


Abb. 274.

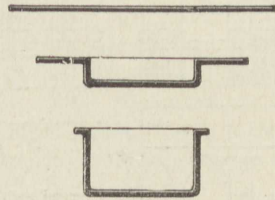


Abb. 275.

Abb. 274—275. Ziehen von Gefäßen.

Abb. 276 ein einfaches Beispiel zeigt. Der Schnitt soll dazu dienen, aus einem Blechstreifen kreisrunde Scheiben zu stanzen. Das Blech legt sich zu dem Zweck auf eine Schnittplatte *a*. Diese ist mit einem sich nach unten kegelförmig erweiternden Loche versehen, durch das die ausgeschnittenen Scheiben hindurchfallen.

Das Ausschneiden vollführt der Schnittstempel *b*, der sich in der Führungsplatte *c* genau senkrecht führt. Die Führungsplatte ist durch zwei Schrauben *d* und zwei Paßstifte *e* mit der Schnittplatte verbunden und dient auch zugleich zur Führung des Blechstreifens in dem Spalt *f* sowie als Abstreifer für das an dem Stempel beim Rückzug hängenbleibende Blech. Nach jedem Schnitt wird der Blechstreifen bis zum Anlegen an den Anschlagstift *g* vorgeschoben, um eine gleichmäßige Lochentfernung zu sichern und den Abfall möglichst gering zu machen. Der Schnittstempel ist durch die Platte *h* an dem Stempelkopfe *i* befestigt, der mit dem Zapfen *k* in den Stößel einer der weiter unten beschriebenen Pressen gesteckt wird.

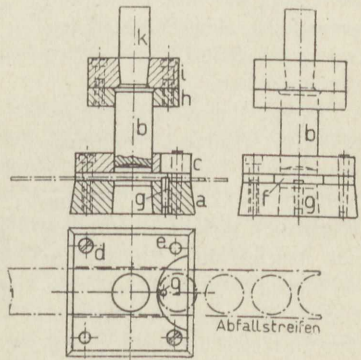


Abb. 276. Schnittwerkzeug.

Sollen die auszustanzenden Teile Löcher enthalten, so verwendet man Schnitte mit Vorlochern, von denen Abb. 277 ein Beispiel zeigt.

Die Konstruktion des Schnittes entspricht der des vorigen. An dem Stempelkopfe sind die drei Lochstempel *a*, *b* und *c* und der Schnittstempel *d* in der üblichen Weise befestigt. Die Stempel führen sich wieder in der Führungsplatte *e*. Das Blech wird zunächst durch die Lochstempel nur gelocht, und dann wird nach weiterem Vorschieben des Bleches das fertige Stück durch den Schnittstempel ausgeschnitten. Statt des Anschlagstiftes ist dies Werkzeug mit einem sogenannten Seitenschneider *f* versehen.

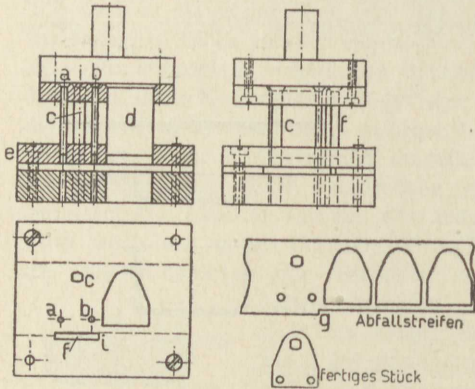


Abb. 277. Schnitt mit Vorlocher.

Dieser ist am Schneidkopfe befestigt und schneidet den Blechstreifen genau auf die richtige Breite. Der dadurch entstehende Ansatz *g* bildet einen Anschlag, der sich gegen die Ecke *i* legt und es dadurch ermöglicht, den Blechstreifen immer um genau dasselbe Maß vorzuschieben.

Ein genaueres Arbeiten erreicht man durch Verwendung sogenannter vereinigter Schnittwerkzeuge, die das Werkstück gleichzeitig lochen und ausschneiden. Ein solches Werkzeug zeigt Abb. 278. Es besteht aus einem feststehenden Unterteil und einem auf und ab beweglichen Oberteil. Im Unterteil sind zwei Säulen *s* befestigt, an denen sich das Oberteil führt. Der Schnittstempel *a* ist hier durch die Platte *b* an dem Unterteil befestigt. Er enthält die Führungen für die vier am Oberteil

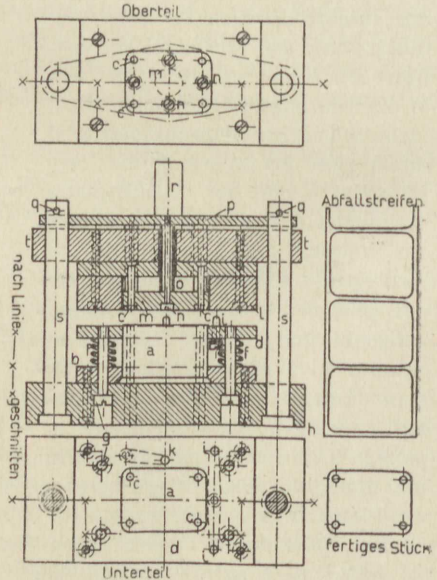


Abb. 278. Vereinigtes Schnittwerkzeug.

befestigten Lochstempel *c*. Der Schnittstempel *a* ist umgeben von dem Abstreifer *d*, der auf vier Schraubenfedern *f* ruht und sich mit vier Schrauben *g* in der Fußplatte *h* führt. Im Abstreifer stecken die beiden Führungsstifte *i* zum Führen des Blechstreifens und der Anschlagstift *k*. Diese Stifte stützen sich mit ihrem unteren Ende auf Blattfedern, so daß sie während des Stanzens vom Oberteil niedergedrückt werden können. Am Oberteil sitzen noch die Schnittplatte *l* sowie der Auswerfer *m*. Der letztere ist durch vier Schrauben *n* an der Platte *p* befestigt. Die Schrauben sind durch die rohrartigen Hülsen *o* gesteckt, die genau zwischen die Platten *p* und den Auswerfer *m* eingepaßt sind. Das Lochen und Ausschneiden erfolgt hier nicht wie beim vorigen Schnittwerkzeug nacheinander, sondern gleichzeitig in folgender Weise. Das Blech wird bis zum Anschlagstifte *k* vorgeschoben, dann

bewegt sich das Oberteil nach unten, die Schnittplatte *l* und der Stempel *a* schneiden das Werkstück aus und die Lochstempel lochen es gleichzeitig. Der Abstreifer *d* und der Auswerfer *m* werden dabei etwas nach unten bzw. oben zurückgedrängt. Bewegt sich das Ober-

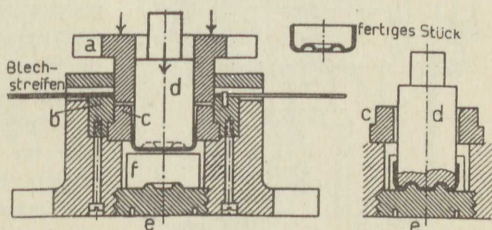


Abb. 279.

Abb. 280.

Abb. 279—280. Vereinigtes Schnittwerkzeug zum gleichzeitigen Schneiden, Ziehen und Prägen.

teil wieder nach oben, so wird der Abstreifer durch die Federn *f* gehoben und drückt den Blechstreifen über den Lochstempel *a* wieder hinaus, während der Auswerfer sich noch zunächst mit nach oben bewegt, da das ausgeschnittene Blechstück in der Schnittplatte steckt. Schließlich stößt aber die Platte *p* gegen die beiden in den Säulen *s* steckenden Stifte *q* und bleibt stehen, mit ihr der Auswerfer *m*, während der Schnittstempel sich noch weiter aufwärts bewegt. Der Auswerfer drückt dabei durch die vier Hülsen *o* das fertige Stück heraus. Der im Stößel der Presse zu befestigende Zapfen *r* ist durch die Platte *p* hindurchgeführt und sitzt fest an dem Stücke *t*.

Bei dem vereinigten Werkzeuge in Abb. 279 erfolgt ein Schneiden, Ziehen und Prägen durch ein und dasselbe Werkzeug. Der Schnittstempel *a* schneidet mit Hilfe des Schnitttringes *b* eine kreisrunde Platte aus und drückt sie auf den Ziehring *c*. Dann tritt der sich in dem Schnittstempel führende Zieh- und Prägestempel *d* in Tätigkeit, zieht die Platte durch den Ziehring und verwandelt sie dadurch in einen kleinen Napf. Der Schnittstempel dient dabei als Blechhalter. Der gezogene Napf

wird dann noch, wie Abb. 280 zeigt, gegen die Prägematrix *e* gepreßt und dadurch im Boden mit einem ringförmigen Wulst versehen. Beim Wiederhochgehen des Stempels *d* wird das fertige Stück von der unteren scharfen Kante des Schnittstempels *a* vom Ziehstempel abgestreift und kann durch das Loch *f* seitlich herausfallen, wenn die Presse, wie in Abb. 283, schräg gestellt ist.

Das Stanzen, Prägen und Ziehen mit den eben beschriebenen Werkzeugen erfolgt bei kleineren Werkstücken und geringeren Blechstärken auf Spindel-, Kurbel- oder Exzenterpressen, bei größeren Werkstücken und Blechstärken auf Räderziehpressen oder hydraulischen Pressen.

Bei den Spindel- oder Schraubpressen (Abb. 281) wird der Preßstempel durch eine in Umkehrung versetzte, meist mehrgängige Schraubenspindel bewegt. Die Spindel schraubt sich durch eine im gußeisernen Gestelle befestigte Bronzemutter *a* hindurch und trägt an ihrem unteren Ende den in einer senkrechten Führung gleitenden Stößel *b*, an dem der Stempelkopf befestigt wird. Die Schnittplatten und Matrizen werden von der mit schwabenschwanzförmigen Nuten versehenen Aufspannfläche *c* getragen. Der Antrieb der Schraubenspindel erfolgt

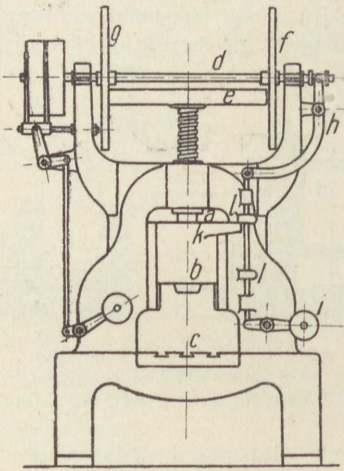


Abb. 281. Spindelpresse.

von der wagerechten Welle *d* aus durch ein Reibungsgetriebe. Die Spindel trägt an ihrem oberen Ende eine schwere, als Schwungring wirkende Scheibe *e*, gegen die abwechselnd eine der beiden auf *d* sitzenden Reibungs-scheiben *g* und *f* gepreßt wird. Hierdurch wird die Spindel entweder rechts oder links herum gedreht und schraubt sich auf- oder abwärts. Die Welle *d* muß zu dem Zwecke mit den Scheiben *g* und *f* in ihren Lagern in wagenrechter Richtung verschiebbar sein. Die Verschiebung geschieht durch den Winkelhebel *h*, und zwar erfolgt die Umsteuerung, wie aus der Abbildung leicht zu erkennen ist, entweder von Hand durch den Gewichtshebel *i* oder von der Maschine selbsttätig, indem ein an *b* befestigter Arm *k* gegen einen der beiden Anstoßknaggen *l* stößt, wenn der Stößel das Ende seines Hubes erreicht hat. Die Scheibe *e* bewegt sich beim Pressen mit der Spindel abwärts; infolgedessen wird der wirk-

same Antriebsradius der Scheibe *g* immer größer, und damit wächst auch die Geschwindigkeit des niedergehenden Stößels.

Bei den Kurbel- oder Exzenterpressen erfolgt die Verschiebung des Stempels mittels einer Schubstange von einem auf der Antriebswelle exzentrisch sitzenden Zapfen. Bei der in Abb. 282 dargestellten Presse sitzt dieser Zapfen exzentrisch auf der linksseitigen Stirnfläche der Welle *a*. Er bewegt sich in einer exzentrischen Bohrung der Scheibe *b*,

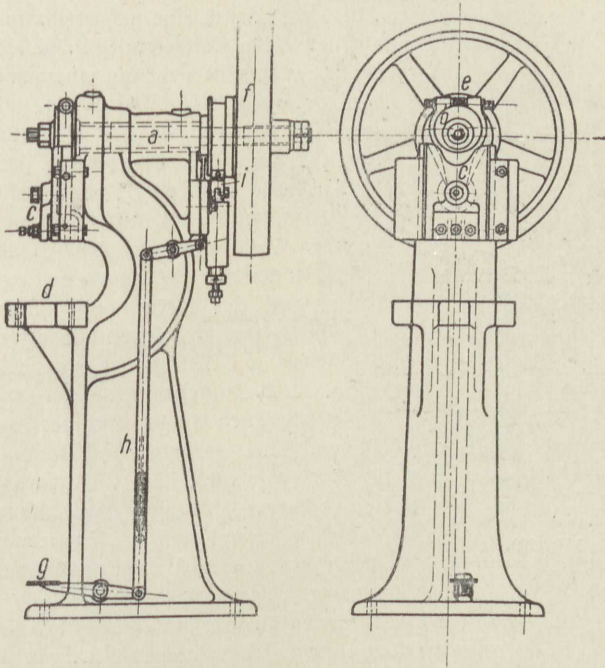


Abb. 282. Exzenterpresse.

die von dem Auge der Schubstange fest umfaßt wird. Die Schubstange bewegt den Stößel *c* in einer nachstellbaren Führung auf und ab. An dem Stößel wird der Stempelkopf befestigt, während die Schnittplatten und Matrizen von dem Tische *d* der Maschine getragen werden. Bei allen Kurbelpressen muß die Länge der Schubstange zu ändern sein, damit man sie ganz genau nach der vorzunehmenden Preß- oder Stanzarbeit einstellen kann. Eine zu geringe Länge der Schubstange würde ein ungenügendes Arbeiten verursachen, eine zu große Länge aber einen Bruch eines Maschinenteiles herbeiführen. Bei der vorliegenden Presse

geschieht das Ändern der Schubstangenlänge dadurch, daß man mit der Schnecke *e* die an ihrem Umfang teilweise als Schneckenrad ausgebildete Scheibe *b* dreht. Der Antrieb der Welle *a* erfolgt durch die lose auf ihr sitzende, dauernd umlaufende Schwungradriemenscheibe *f*, die durch eine ausrückbare Kuppelung mit ihr verbunden werden kann. Das Einrücken der Kuppelung geschieht durch Niedertreten des Hebels *g*. Hat der Stößel seine Höchstlage erreicht, so rückt sich die Kuppelung nach Zurückziehung des Fußes von *g* von selbst aus, und der Stößel bleibt stehen. Dies wird noch befördert durch eine nachstellbare Bremsbacke *i*, die sich gegen eine auf der Welle *a* sitzende Bremscheibe legt.

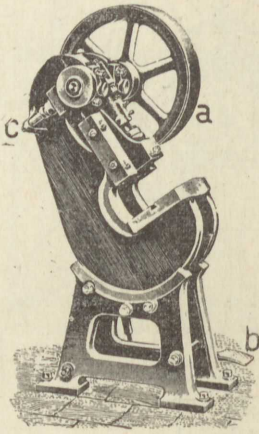


Abb. 283.
Schrägstellbare Exzenterpresse.

Die Bremscheibe sitzt um ein ganz geringes Maß exzentrisch auf der Welle, und zwar so, daß sie sich bei der Höchstlage des Stempels gegen die Bremsbacke preßt.

Abb. 283 zeigt eine Presse, bei der der Antriebszapfen in der Mitte der doppelt gelagerten Welle sitzt. Der Antrieb der Welle erfolgt in derselben Weise wie bei der vorigen Presse von der fortwährend umlaufenden Scheibe *a* aus, die durch Niedertreten des Fußhebels *b* mit ihr gekuppelt werden kann. Nach Zurückziehen des Fußes bleibt der Stößel auch wieder in seiner Höchstlage stehen. Eine nachstellbare Bremse *c* hält ihn in dieser Lage fest. Der ganze Oberteil dieser Presse läßt sich so verstellen, daß der die Schnittplatten und Matrizen tragende Tisch eine nach hinten geneigte Lage bekommt. Die fertiggestanzten Gegenstände

können dann bequem nach hinten in ein untergestelltes Gefäß abrutschen. Für Massenarbeiten eignen sich besonders Stanzautomaten mit selbsttätigem Materialvorschub. Der Vorschub kann dabei durch periodisch angetriebene Walzen erfolgen, die den Blechstreifen durch Reibung mitnehmen und dem Schnittwerkzeug zuführen. Hierbei sind jedoch kleine Ungenauigkeiten nicht zu vermeiden. Besser ist eine Vorschubeinrichtung, bei der der Blechstreifen zwischen zwei Backen schraubstockartig eingeklemmt und ruckweise vorgeschoben wird. Es ist dann ein außerordentlich genaues Arbeiten und geringer Abfall möglich. Einen so wirkenden Stanzautomaten von Gebr. Tümmeler, Döbeln, zeigt Abb. 284. Es ist eine einarmige Exzenterpresse nach Abb. 282. Der von links kommende Blechstreifen wird selbsttätig zwischen zwei Greifer eingeklemmt und dem Schnittwerkzeug zugeführt. Unter Ver-

wendung eines siebenfachen Rundschnittes können auf solchem Automaten in 10 Stunden 250000 Scheiben gestanzt werden. Ein Arbeiter kann gleichzeitig mehrere Automaten bedienen.

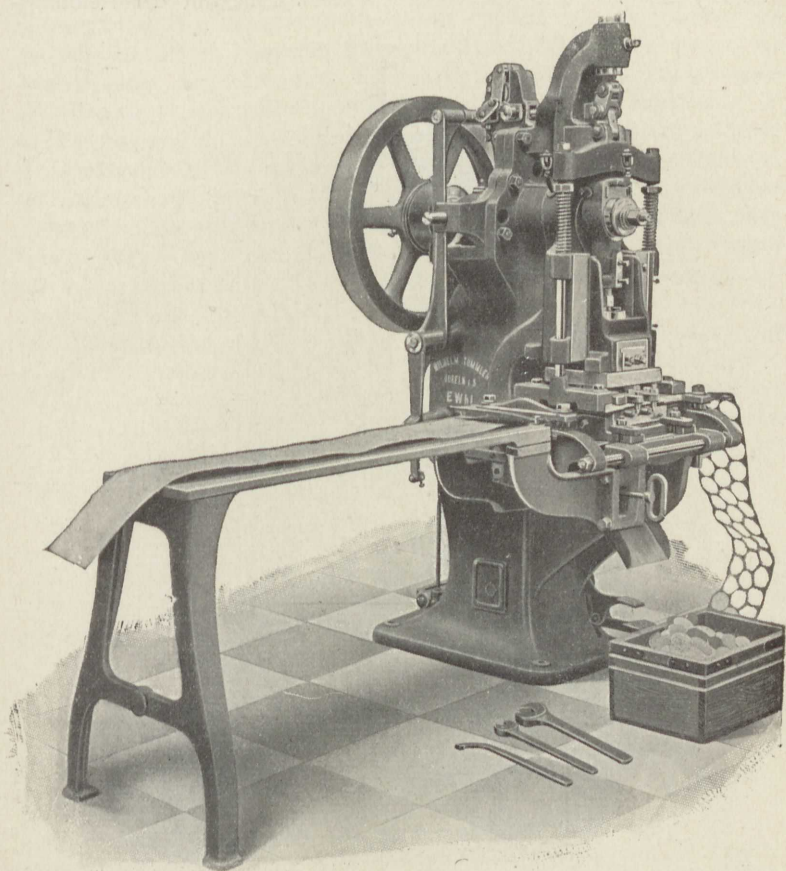


Abb. 284. Stanzautomat von Gebr. Tümmler, Döbeln.

In Abb. 285 ist eine große Räderziehpresse von Erdmann Kircheis in Aue abgebildet, wie sie zum Ziehen von Töpfen benutzt wird. Das Gestell der Maschine besteht aus dem Grundrahmen *A*, den beiden seitlichen Ständern *B* und dem oberen Holme *C*. Von der die Fest- und Losschieben *K* sowie zwei Schwungräder tragenden Antriebswelle Meyer, Technologie. 5. Aufl.

aus werden die beiden als Kurbelscheiben ausgebildeten Stirnräder *H* mittels Zahnradvorgelege in Umdrehung versetzt. In ihren Antrieb ist jedoch eine Reibungskuppelung eingeschaltet, die durch den Handhebel *J* ein- und ausgerückt werden kann. Eine mit der Reibungs-

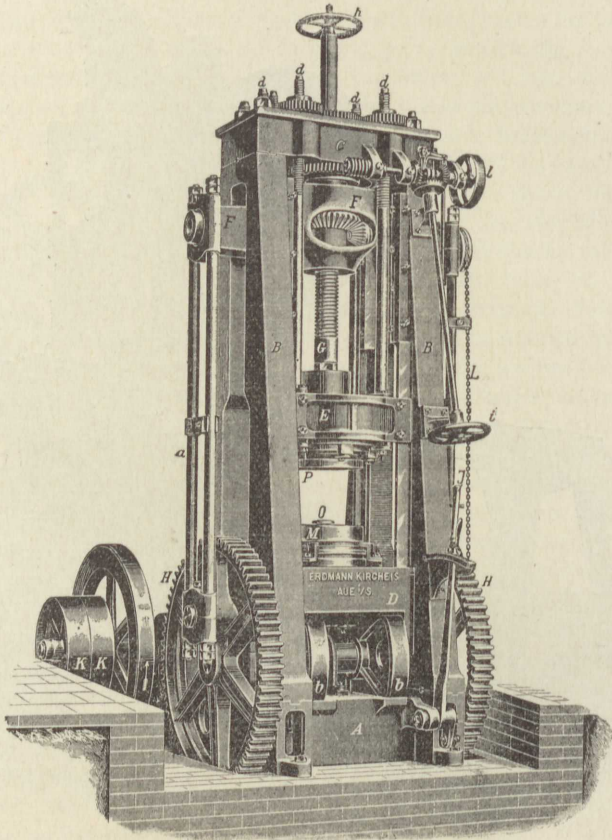


Abb. 285. Räderziehpresse.

kuppelung verbundene Bremse bewirkt ein augenblickliches Stillstehen der Presse in jeder Lage des Ziehstempels. Unter Benutzung einer an dem Handhebel angebrachten Sperrvorrichtung kann auch ein ununterbrochener Gang veranlaßt werden. Bei dieser Presse wird sowohl der Preßstempel als auch die Matrize *M* bewegt, und zwar bewegen sich diese beiden Teile einander entgegen; der Stempel von oben nach

unten, die Matrize von unten nach oben. Ihre Bewegung wird von der Welle der Stirnräder *H* aus abgeleitet. Das Heben des die Matrize tragenden Tisches *D* geschieht durch zwei auf dieser Welle sitzende kräftige Stahlgußexzenter *b*, die mit zwei auf der Unterseite des Tisches befestigten Rollen dauernd in Berührung bleiben. Das Verschieben des an der Spindel *G* sitzenden Preßstempels erfolgt mittels zweier die Kurbelzapfen der Stirnräder *H* mit den Zapfen des Preßstempelquerhauptes *F* verbindenden Pleuelstangenpaare *a*. Der Blechhalter *P* wird auf der Unterseite des Querstückes *E* befestigt und steht während der Pressung still. Das Querhaupt *E* hängt an vier Schraubenspindeln *d*, die von einem Schneckenriebe aus mittels vier als Muttern ausgebildeter Stirnräder ganz gleichmäßig gehoben und gesenkt werden können. Man kann dadurch den Blechhalter je nach der Höhe der Ziehwerkzeuge einstellen. Die Schneckenwelle wird entweder von der Transmission aus durch die Riemenscheibe *l* oder von Hand durch das Handrad *i* gedreht; ihre Drehrichtung ist umsteuerbar. Ein Einstellen des Ziehstempels auf verschiedene Höhen kann mittels der Kette *L* oder des Handrades *h* erfolgen. Ein selbsttätiges Ausheben des fertig gepreßten Werkstückes erfolgt beim Niedergange der Matrize durch den in sie hineinragenden Ausstoßstempel *O*, der auf dem mittleren Lager der dreifach gelagerten Kurbelwelle befestigt ist.

Das Drücken.

Das Drücken wird benutzt zur Herstellung vertiefter Gegenstände aus ebenen Blechplatten. Seine Anwendung empfiehlt sich namentlich dann, wenn diese Gegenstände nicht in so großer Zahl angefertigt werden sollen, daß sich ihre Herstellung durch Pressen lohnt.

Das Drücken wird auf der gewöhnlichen Drehbank oder auf besonderen Drückbänken in der durch Abb. 286 veranschaulichten Weise vollzogen. Auf die Drehbankspindel *a* wird ein Futter *b* aus hartem Holze oder Eisen geschraubt, das auf der der Spindel abgewandten Seite als Umdrehungskörper vom Profile des zu erzeugenden Gegenstandes gestaltet ist. An dem Futter wird die zu verarbeitende Blechscheibe *c* mittels des

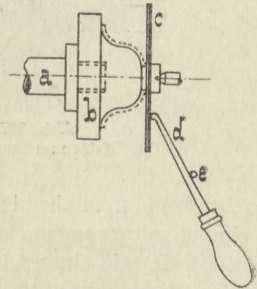


Abb. 286. Drücken.

Reitstockes oder, wenn das Werkstück ein Loch enthalten darf, mittels einer in das Futter eingeschraubten Schraube befestigt. Dann wird die Drehbankspindel in Umdrehung versetzt, und das Blech wird von seiner Mitte aus mit dem kugelig gestalteten polierten Ende eines

Drückstahl d immer mehr an das Futter herangedrückt, bis es schließlich die punktiert gezeichnete Gestalt annimmt. Der Drückstahl stützt sich dabei gegen an der Drehbank befestigte Stifte e und wird mit Öl oder Seifenwasser geschmiert. Hat das Futter eine solche Gestalt, daß es sich aus dem fertigen Werkstücke nicht herausziehen läßt, so muß es aus mehreren Teilen zusammengesetzt werden. Bei schwer zu bearbeitenden Metallen, namentlich Eisen, ersetzt man den Drückstahl durch eine am Drehbanksupport befestigte Rolle.

Das Walzen.

Allgemeines.

Das Walzen ist eine Formgebungsarbeit, die im allgemeinen ein Strecken des Werkstückes bewirken soll, d. h. eine Vergrößerung seiner Länge unter gleichzeitiger Verminderung seines Querschnittes. Gewöhnlich wird beim Walzen auch noch die Querschnittsform geändert. Von dem durch Schmiedehämmer oder -pressen ausgeführten Strecken unterscheidet sich das Walzen vorteilhaft dadurch, daß bei ihm das Strecken ununterbrochen erfolgt. Der Vorgang des Walzens sei durch Abb. 287 veranschaulicht. Das Werkstück a wird gewöhnlich im glühenden Zustande mit einer Dicke D zwischen zwei sich in entgegengesetzten

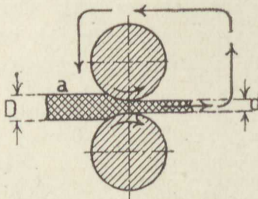


Abb. 287.
Das Walzen im Zweiwalzwerk.

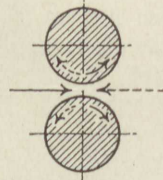


Abb. 288. Kehr- oder
Reversierwalzwerk.

Richtungen umdrehende eiserne Zylinder, Walzen, gesteckt. durch Reibung mitgenommen und zwischen den Walzen hindurch bewegt. Es verläßt sie mit einer Dicke d , die gleich dem kleinsten Abstände der beiden Walzenoberflächen voneinander ist, während seine Länge sich entsprechend vergrößert hat. Die beiden Walzen sind, wie aus späteren Abbildungen zu ersehen sein wird, in zwei Walzenständern drehbar gelagert. Die Ständer mit den Walzen nennt man Walzwerk. Enthält das Walzwerk, wie in Abb. 288, zwei übereinander liegende Walzen, so heißt es Zweiwalzwerk oder Duowalzwerk.

Durch Verstellen des Walzenabstandes kann man jede gewünschte Werkstückdicke erlangen, jedoch ist es in den meisten Fällen nicht möglich, die Werkstückdicke durch einmaligen Durchgang zwischen den Walzen auf das verlangte Maß zu bringen. Das Werkstück muß deshalb mehrere Durchgänge oder Stiche hintereinander machen, und vor jedem Durchgange muß der Walzenabstand etwas verringert werden. Da die Umlaufrichtung der Walzen stets dieselbe bleibt, so muß man das Werkstück immer von derselben Seite zwischen die Walzen führen; es muß also nach jedem Durchgange in den Pfeilrichtungen bewegt und über die obere Walze herübergehoben werden. Um die hiermit verbundenen Zeit-, Arbeits- und Wärmeverluste zu vermeiden, schaltet man in den Antrieb der Walzen eine Vorrichtung ein, durch die die Drehrichtung der beiden Walzen nach jedem Durchgange des Werkstückes umgekehrt werden kann. Man erhält dann das Kehrwalzwerk oder Reversierwalzwerk (Abb. 288), bei dem das lästige Überheben des Werkstückes über die obere Walze fortfällt. Werkstück und Walzen bewegen sich abwechselnd in der Richtung der ausgezogenen und der der gestrichelten Pfeile. Da diese Kehrwalzwerke aber in der Anlage teuer und im Betriebe unwirtschaftlich sind, weil sie ohne Schwungrad arbeiten müssen, so verwendet man sie nur beim Auswalzen von großen, schweren Blöcken, sonst erreicht man denselben Zweck besser durch das Dreiwalzwerk oder Triowalzwerk (Abb. 289), bei dem drei Walzen übereinander angeordnet sind, von denen die obere und die untere dieselbe Drehrichtung haben, die mittlere dagegen die entgegengesetzte. Das Werkstück macht den durch die Pfeile angedeuteten Weg. Nach dem Durchgange zwischen der unteren und mittleren Walze wird es gehoben und geht zwischen mittlerer und oberer Walze zurück. Das Überheben fällt fort. Die Lagerung und der Antrieb der Walzen sind jedoch nicht so einfach wie beim Zweiwalzwerk.

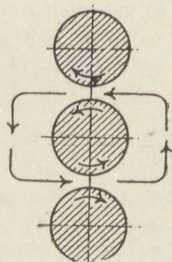


Abb. 289. Drei- oder Triowalzwerk.

Die Walzen.

Die Walzen sind immer Umdrehungskörper. Sie bestehen gewöhnlich aus Gußeisen, seltener aus Flußeisen und werden, soweit sie an ihrer Oberfläche nicht mit Einschnitten (Kalibern) versehen sind, meist als Hartguß hergestellt. Man unterscheidet bei der Walze folgende Hauptteile: den Bund oder Ballen *a* (Abb. 290),

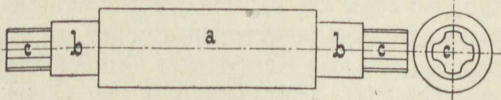


Abb. 290. Walze.

die zylindrischen Laufzapfen *b* und die mit drei oder vier Furchen versehenen Kuppelungszapfen *c*, deren Zweck später besprochen wird.

Der Bund der Walze kann entweder wie in Abb. 290 ein glatter Zylinder sein, oder es sind in ihn ringsumlaufende Furchen eingearbeitet, deren Gestalt durch das beabsichtigte Profil des auszuwalzenden Werkstückes bedingt wird. Es arbeiten immer zwei solcher Furchen, die verschiedenen Walzen angehören, zusammen. Sie werden genau übereinander gelegt, der durch sie gebildete Hohlraum heißt Kaliber. Die Walzen nennt man dann Kaliberwalzen.

Abb. 291 zeigt z. B. ein Kaliberwalzenpaar zum Auswalzen von Flacheisen. Die drei ersten Kaliber sind offene Kaliber, die fünf folgenden geschlossene.

Bei den geschlossenen Kalibern greifen vorspringende Ringe oder Bunde der einen Walze in entsprechende Vertiefungen der anderen.

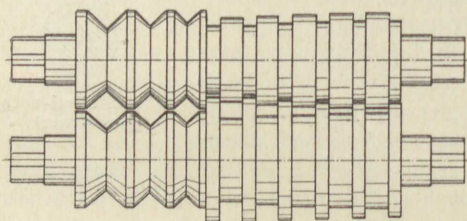


Abb. 291. Kaliberwalzen.

Walzen mit offenen Kalibern berühren sich nie, sondern es bleibt zwischen je zwei zusammen arbeitenden Walzen ein kleiner Zwischenraum, den man Spiel nennt. Man macht gewöhnlich den Durchmesser der oberen Walze etwas größer als den Durchmesser der

unteren, damit das Werkstück infolge der größeren Umfangsgeschwindigkeit der oberen Walze oben stärker gestreckt wird und das Bestreben hat, sich um die untere Walze zu wickeln. Der Grund wird später erörtert werden.

Die Kaliberwalzen werden hauptsächlich angewandt zur Erzeugung der verschiedenen Profileisen, Rundeisen, Flacheisen, Winkeleisen, T-Eisen, I-Eisen usw. Bei der Erzeugung dieser Profileisen geht man nun immer aus von einem glühenden kurzen, dicken, prismatischen Blocke von nahezu quadratischem Querschnitte. Ein solcher Block kann natürlich nur ganz allmählich, durch stufenweises Ändern seines Querschnittes in die verlangte Form übergeführt werden; er muß deshalb eine große Zahl sich allmählich verjüngender Kaliber durchlaufen, wie Abb. 293 zeigt. Die Bestimmung der Form und Abmessungen der zum Auswalzen eines bestimmten Profiles nacheinander zu benutzenden Kaliber nennt man Kalibrieren. Das Kalibrieren ist eine sehr wichtige und schwierige, große Erfahrung und Übung voraussetzende Arbeit. Es würde zu weit führen, hier näher darauf einzugehen.

Man läßt die Walzen so auf das Werkstück wirken, daß sie auf dieses nur in senkrechter Richtung einen Druck ausüben, damit es sich nach den Seiten hin ausbreiten kann, während seine Höhe verringert wird. Das Werkstück darf deshalb keine größere Breite haben als das Kaliber, in das es eingeführt werden soll. Man erreicht dies dadurch, daß man das Werkstück, nachdem es ein Kaliber durchlaufen hat, vor dem Einführen in das nächste Kaliber um 90° dreht, so daß seine im eben durchlaufenen Kaliber verringerte Höhe zur Breite wird. Abb. 292 zeigt z. B. die Aufeinanderfolge der



Abb. 292. Kaliber für Walzdraht.

Kaliber zum Auswalzen eines sehr dünnen Rundeisens oder Walzdrahtes. Hier folgt jedesmal auf ein ovales Kaliber ein quadratisches, und die Höhe eines jeden Kalibers ist etwas kleiner als die Breite des vorhergehenden, während die Breite größer ist als die Höhe des vorigen Kalibers. Das Werkstück wird jedesmal vor dem Eintritt in ein neues quadratisches Kaliber um 90° gedreht. Das letzte Kaliber, das Fertigkaliber, muß genau die Form und die Abmessungen des Walzstückes zeigen, natürlich unter Berücksichtigung der durch das Schwünden bedingten Form- und Maßänderungen. Durch die jedesmalige Wendung um 90° wird auch verhindert, daß sich am Werkstücke sogenannte Grate oder Nähte bilden. Dadurch, daß sich das weiche Material in den Spielraum zwischen den Walzen drängt, entstehen zwar in jedem Kaliber solche Nähte, sie werden aber im nächsten Kaliber sofort wieder beseitigt.

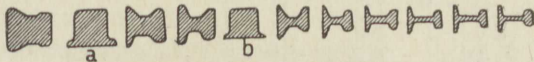


Abb. 293. Kaliber für eine Eisenbahnschiene.

Bei komplizierten Profilen, z. B. bei Γ -Eisen oder Eisenbahnschienen, ist eine Wendung um 90° nicht zulässig. Man läßt dann das Werkstück, ohne es zu wenden, einige Kaliber durchlaufen, die nur seine Höhe verringern, seine Breite aber sich vergrößern lassen, wendet es dann um 90° und schickt es durch ein sogenanntes Stauchkaliber, das ihm an den Seiten ziemlich viel Spielraum läßt und es nur in senkrechter Richtung zusammenstaucht, also seine ursprüngliche Breite verringert.

Bei den in Abb. 293 dargestellten Kalibern für eine Eisenbahnschiene sind z. B. die Kaliber *a* und *b* Stauchkaliber.

Gesamtanordnung der Zwei- und Dreiwalzwerke.

Die Gesamtanordnung eines Zweiwalzwerkes soll an der Hand des in Abb. 294 dargestellten Blechwalzwerkes erläutert werden. *a* ist die mit

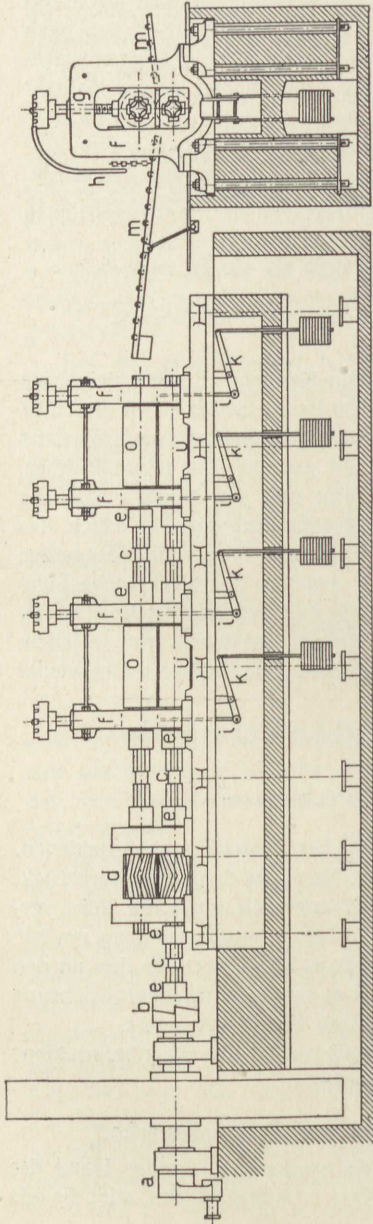


Abb. 294. Gesamtanordnung eines Zweitwalzwerkes.

einem schweren Schwungrade versehene Kurbelwelle einer Dampfmaschine, der Walzenzugmaschine. Statt der Dampfmaschinen verwendet man in neuerer Zeit Elektromotoren oder Großgasmaschinen zum Walzenantrieb. Von der Welle *a* aus wird die Drehung mittels der ausrückbaren Kuppelung *b*, der Kuppelungsspindeln *c* und der Kuppelungsmuffen *e* auf die Unterwalzen *u* übertragen, während die Oberwalzen *o* unter Vermittelung der Zahnräder mit Winkelzähnen oder Kammwalzen *d* angetrieben werden. Wie aus Abb. 295 zu ersehen ist, sind die Kuppelungsmuffen *e* außen zylindrisch gestaltet, innen jedoch so, daß sie sich mit geringem Spielraume auf die mit vier Furchen versehenen Kuppelungszapfen der Walzen sowohl wie auf die ebenso gestalteten Zapfen der Kuppelungsspindeln *c* schieben lassen. Diese Art der Verbindung soll eine geringe Verstellbarkeit der Walzen in ihrer Höhenlage ermöglichen, ohne daß der Antrieb dadurch beeinträchtigt wird. Außerdem wird hierdurch das Auswechseln einer Walze erleichtert. Es ist hierzu nämlich nur nötig, die Kuppelungsmuffen so weit nach der Mitte der Kuppelungsspindeln zu schieben, daß die Walzenzapfen frei werden.

Die Walzen sind in kräftigen Walzenständern *f* gelagert,

von denen immer je zwei zusammengehören und ein Walzengerüst bilden. Ein Gerüst mit den darin gelagerten Walzen nennt man Walzwerk oder Walzengang. Es sind gewöhnlich mehrere Walzengänge zu einer Walzenstraße vereinigt.

Die Lager für die Walzen enthaltenden Walzenständer sind entweder, wie in Abb. 294, geschlossene Rahmen, sie heißen dann Rahmenständer, oder der obere Teil, die Kappe, ist abnehmbar, dann nennt man sie *Kappenständer*. Der Ständer des in Abb. 297 dargestellten Drei-

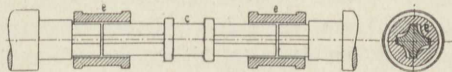


Abb. 295. Kuppelungsspindeln und -muffen.

walzwerkes ist z. B. ein *Kappenständer*. Die *Kappenständer* sind überall da vorzuziehen, wo ein häufiges Auswechseln der Walzen stattfinden muß. Die Walzenständer sollen später noch genauer an der Hand der Abb. 297 besprochen werden. Hier sei nur noch erwähnt, daß die Lager der oberen Walzen sich entsprechend der immer mehr abnehmenden Dicke des Werkstückes nach jedem Durchgange in senkrechter Richtung verstellen lassen müssen. Das Verstellen geschieht durch Schraubenspindeln *g*, die durch die Bügel *h* gedreht werden können. Eine Ausgleichung des Gewichtes der Oberwalzen wird dadurch ermöglicht, daß ihre Lager sich auf die senkrechten Stangen *i* stützen, die an den kürzeren Enden der mit Gegengewichten belasteten Hebel *k* befestigt sind, oder auch dadurch, daß die Lager von Kolbenstangen ständig unter Druck stehender hydraulischer Kolben getragen werden.

Wie Abb. 296 veranschaulicht, bringt man an den Walzenständern Vorrichtungen an, die ein Einführen des Werkstückes zwischen die Walzen erleichtern sollen, nämlich *Walzentische* *a*, die das Werkstück stützen und führen. Ferner befestigt man an den Ständern *Abstreifmeißel* *b*, die verhindern sollen, daß das Werkstück sich um eine der Walzen wickelt. Da es unmöglich ist, die Durchmesser zweier zusammenarbeitender Walzen genau gleich groß zu machen und zu erhalten, so wird das Werkstück immer auf einer Seite, und zwar auf der mit der größeren Walze in Berührung stehenden, wegen der größeren Umfangsgeschwindigkeit stärker gestreckt. Es hat deshalb das Bestreben, sich um die dünnere Walze zu wickeln. Dies soll durch die *Abstreifmeißel* verhindert werden. Damit man nun von vornherein weiß, an welcher Walze die *Abstreifmeißel* anzubringen sind, so macht man immer die untere von zwei zusammenarbeitenden Walzen kleiner als die obere und bringt an ihr den *Abstreif-*

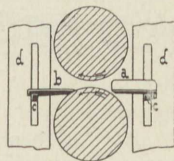


Abb. 296.
Walzentisch und
Abstreifmeißel.

meißel an. Die Abstreifmeißel haben gewöhnlich die in Abb. 296 gezeichnete Form und schmiegen sich sehr dicht an die Walzen an. Walzentische und Abstreifmeißel ruhen auf Schmiedeeisenstäben *c*, die in Schlitzen der Walzenständer *d* befestigt sind.

Das Überheben der Werkstücke über die Oberwalze wird durch die auf beiden Seiten der Walzengerüste angebrachten Überhebetische oder Wippen *m* (Abb. 294) ermöglicht, die mittels Ketten von Hand, durch Dampf oder durch Druckwasser gehoben und gesenkt werden können. Um das Verschieben des Werkstückes zu erleichtern, sind die Überhebetische mit einer großen Zahl aus der Tischfläche etwas hervorragender Rollen versehen, auf denen das Werkstück ruht.

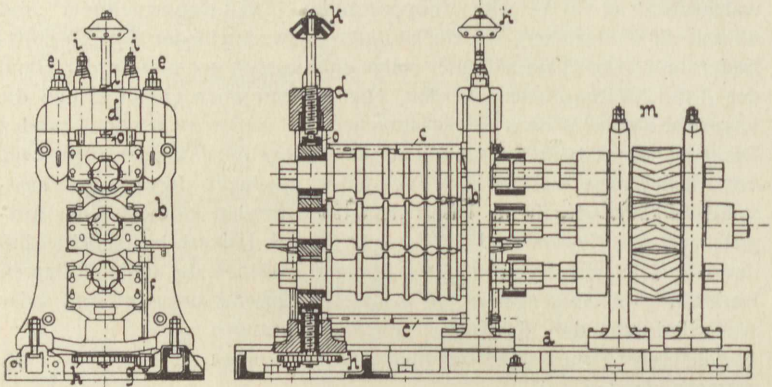


Abb. 297. Dreiwälzwerk.

Die Zuführung des Walzgutes zu den Walzgängen erfolgt durch sogenannte Rollgänge. Unter dem mit Eisenplatten abgedeckten Fußboden sind in Abständen von 1—2 m kleine eiserne Rollen gelagert, die um ein geringes Maß über dem Fußboden herausragen und die Walzstücke tragen. Sie werden gemeinsam angetrieben und ihre Drehrichtung kann umgesteuert werden. Zum Transporte des Walzgutes quer zur Walzrichtung dienen Querschlepper. Diese bestehen aus endlosen über Rollen laufenden Ketten, an denen über dem Fußboden herausragende Mitnehmer befestigt sind. Diese erfassen die Walzstücke und nehmen sie mit.

Abb. 297 veranschaulicht die Gesamtanordnung eines Dreiwälzwerkes. Die auf der gemeinsamen Grundplatte *a* befestigten und durch Bolzen *c* miteinander verbundenen Walzenständer *b* sind, wie bereits erwähnt, Kappenständer. Die Kappen oder Deckel *d* werden

durch Schrauben *e* mit dem übrigen Rahmen verbunden. Die Walzenständer enthalten je drei Lager, von denen das obere und das untere in senkrechter Richtung verschiebbar sind, so daß die Ober- und die Unterwalze der festgelagerten Mittelwalze genähert oder von ihr entfernt werden können. Da die Unterwalze nur einen nach unten gerichteten, die Oberwalze einen nach oben gerichteten Druck aufzunehmen hat, so brauchen die Lager nur aus einer unteren bzw. oberen Lagerhälfte zu bestehen. Ein Herabfallen der Oberwalze kann durch einen schwachen Bügel verhindert werden, der nur das Gewicht der Oberwalze zu tragen braucht. Das Verstellen der Lager geschieht durch kräftige Schraubenspindeln mit rechteckigem oder trapezförmigem Gewinde, deren aus Rotguß bestehende Muttern in den Deckel *d* eingesetzt sind. Das Drehen der unteren Schraubenspindel geschieht von der senkrechten Welle *f* aus durch die Stirnräder *g* und *h*. Die das Verstellen der oberen Lager bewirkenden Schraubenspindeln *l* werden durch in Löcher der Hauben *k* gesteckte Stangen gedreht. Die Lager sind an Schrauben *i* aufgehängt, deren Muttern sich auf kräftige Spiralfedern stützen. Die Schrauben *l* haben den ganzen nach oben gerichteten Walzdruck aufzunehmen; dieser Druck wird aber vom oberen Lager aus nicht direkt auf die Schrauben übertragen, sondern unter Vermittelung eines Zwischenstückes *o*, eines sogenannten Bruchklotzes oder Brechtopfes, das solche Abmessungen hat, daß es beim Wachsen des Walzdruckes über eine zulässige Grenze hinaus zerbricht, ehe andere Teile des Walzwerkes durch den zu großen Druck zerstört werden können.

Die mittlere Walze wird von der Walzenzugmaschine direkt angetrieben; auf die Ober- und Unterwalze wird die Drehung durch Kammwalzen übertragen, die in dem Kammwalzengerüste *m* gelagert sind. Aus der Abbildung ist auch wieder die Verwendung der Kuppelungsspindeln und -muffen zu erkennen.

Das Verstellen der Schraubenspindeln *l* erfolgt nicht immer wie bei dem hier beschriebenen Zwei- und Dreiwalzwerk von Hand, sondern besser durch besondere Antriebsvorrichtungen, z. B. durch Elektromotoren oder durch eine wagrecht liegende hydraulisch bewegte Zahnstange, die in auf den Spindeln sitzende Zahnräder greift und beide Spindeln gleichzeitig dreht.

Walzarbeiten.

Beim Walzen von Flußeisen geht man immer aus von den vom Stahlwerke kommenden, in Kokillen gegossenen Blöcken quadratischen Querschnittes, die in als Roll- oder Stoßöfen ausgebildeten Blockwärmöfen auf die zum Walzen nötige Temperatur gebracht sind oder warm aus Ausgleichgruben oder Tieföfen genommen werden. Beim Schweißeisen

dienen als Rohstoff zum Walzen die aus dem Schweißofen kommenden Schweißisenpakete.

Die rohen Blöcke werden zunächst einem Blockwalzwerk übergeben, dies ist bei großen schweren Blöcken ein Duo-Reversierwalzwerk, bei kleineren ein Triowalzwerk mit rechteckigen Kalibern. Die Blöcke durchlaufen gewöhnlich die ersten Kaliber mehrere Male. Nach jedem Durchgange werden die Walzen einander genähert und der Block durch besondere Kantapparate um 90° gedreht. Die meist auf 100×100 mm Querschnitt ausgewalzten Blöcke werden dann zu einer großen, meist hydraulisch angetriebenen Blockschere befördert, die die unbrauchbaren Enden abschneidet. Oft werden auch die Blöcke in einer Hitze zu Schienen, Γ -Eisen u. dgl. ausgewalzt. Das weitere Verarbeiten der Blöcke erfolgt dann auf Knüppelwalzwerken. Hier werden sie zu quadratischen Knüppeln bis zu 40×40 mm Querschnitt herabgewalzt, die dann gewöhnlich durch Kreissägen oder Scheren in zwei oder mehrere Teile zerschnitten werden, um als Rohstoff für das Auswalzen von Stabeisen, wie Quadrateisen, Rundeisen, Flacheisen u. dgl., zu dienen. Beim Auswalzen von Formeisen, wie Winkeleisen, Γ -Eisen, $\bar{\Gamma}$ -Eisen, \perp -Eisen, Σ -Eisen usw., geht man für kleinere Profile, wie z. B. Winkeleisen, von Knüppeln, für größere, wie $\bar{\Gamma}$ -Trägern und Eisenbahnschienen, von Blöcken aus. Nach dem Verlassen des Fertigkalibers werden die unbrauchbaren Enden der Walzstücke auf Warmsägen abgeschnitten und die Walzstücke wandern zum Kühlbett.

Zum Auswalzen von Schweißisenblechen dienen flache Blöcke von rechteckigem Querschnitt, sogenannte Brammen, die durch Zusammenschweißen von kreuzweise übereinander gelegten Schweißisenstäben unter dem Dampfhammer hergestellt sind. Flußeisenbleche walzt man aus gegossenen Brammen. Schwere Bleche walzt man auf Kehrwalzwerken, leichtere auf Zweiwalzwerken mit Überhebevorrichtungen oder auf dem sogenannten Lauthschen Triowalzwerke; das ist ein Dreiwalzwerk, dessen mittlere Walze nur etwa halb so dick ist wie die Ober- und Unterwalze. Dabei werden gewöhnlich die Ober- und Unterwalze angetrieben und die Mittelwalze wird durch die zwischen den Walzen und dem Bleche auftretende Reibung mitgenommen, ist also eine sogenannte Schleppwalze. Die Walzen der Blechwalzwerke sind einfache glatte Walzen, sie müssen nach jedem Stich entsprechend der verlangten Verdünnung des Bleches einander genähert werden. Vor jedem Durchgang wird die Blechoberfläche mit Besen abgefegt, damit der Walzensinter nicht mit eingewalzt wird. Damit die Fasern des Bleches beim Walzen nicht einseitig nach einer Richtung hin gestreckt werden, so wendet man das Blech zwischen den Stichen in seiner Ebene mehrmals um 45 oder 90° .

Das bisher Gesagte gilt für Grobbleche von 5—20 mm Stärke. Beim Walzen von Feiblechen unter 5 mm Stärke geht man von Platinen aus. Dies sind flache Platten, die entweder aus Schweißeisen geschmiedet oder aus Flußeisenblöcken gewalzt sind. Die Platinen werden meist noch in kleinere Stücke für je eine Blechtafel zerschnitten, sogenannte Stürze; das aus ihnen gewalzte Blech heißt darum Sturzblech. Die Stürze werden zunächst in derselben Weise ausgewalzt wie die Grobbleche. Sind die Bleche so dünn geworden, daß ein zu schnelles Abkühlen zu befürchten ist, so werden entweder mehrere Tafeln aufeinander gelegt und gemeinsam weiter gewalzt oder eine Tafel wird gedoppelt, d. h. in der Mitte zusammengefaltet. Die Feibleche werden durch das fortwährende Walzen schließlich hart und spröde und müssen deshalb durch Ausglühen in Flammöfen wieder erweicht werden. Durch das Glühen werden die Bleche schwarz und heißen deshalb Schwarzbleche. Nach dem Walzen werden die Blechtafeln auf großen Scheren an allen vier Seiten beschnitten.

Die fertig gewalzten Stücke kommen in die Zurichterei oder Adjustage. Hier erfolgt ein Geraderichten durch Richtpressen oder Rollenrichtmaschinen und ein Beschneiden auf genaues Maß durch Kaltsägen oder Scheren. Eisenbahnoberbaumaterial, wie Schienen, Schwellen, Laschen und Unterlegplatten, wird fertiggestellt, gebohrt und gelocht.

Besondere Arten von Walzwerken.

Universalwalzwerke.

Die Universalwalzwerke dienen zum Walzen von Blechstreifen rechteckigen Querschnittes, sogenanntem Universaleisen, die in großer Zahl und in den verschiedensten Abmessungen bei Eisenkonstruktionen Ver-

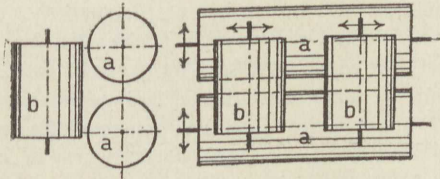


Abb. 298. Universalwalzwerk.

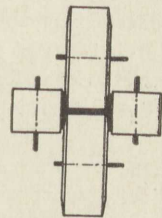


Abb. 299. Grey-Walzwerk.

wendung finden. Das Werkstück wird, wie Abb. 298 zeigt, in den Universalwalzwerken gleichzeitig von vier verstellbaren zylindrischen Walzen bearbeitet, zwei liegenden *a* und zwei stehenden *b*. Durch Verstellung der liegenden Walzen wird die Dicke, durch Verstellung der stehenden

die Breite des Werkstückes beeinflußt. Man kann dann innerhalb weiter Grenzen jedes beliebige rechteckige Profil walzen, ohne eine große Zahl von Kaliberwalzen nötig zu haben.

Eine besondere Art Universalwalzwerk ist das durch Abb. 299 veranschaulichte Grey-Walzwerk zum Auswalzen großer breitflanschiger I-Träger. Es besitzt auch zwei senkrechte und zwei wagerechte Walzen, die Steg und Flanschen der Träger gleichzeitig bearbeiten.

Schnellwalzwerke.

Zum Auswalzen sehr dünner Walzstücke, z. B. Feineisen oder Walzdraht, bei denen ein schnelles Abkühlen zu befürchten ist, verwendet man sogenannte Schnellwalzwerke, die so eingerichtet sind, daß das

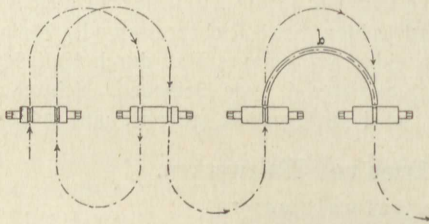
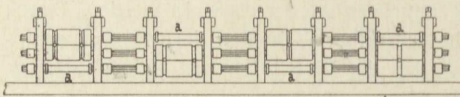


Abb. 300. Drahtwalzwerk.

dünne, biegsame Werkstück schon in ein neues Kaliber eingeführt werden kann, ehe es das vorige ganz verlassen hat, so daß es gleichzeitig an vier bis fünf Stellen gestreckt wird. Es gelingt dann, trotz der schnellen Abkühlung, das dünne Werkstück in einer Hitze vollständig auszuwalzen. Abb. 300 zeigt einen Teil eines solchen Schnellwalz-

werkes. Es ist nach Art der Dreiwalzwerke angeordnet, da aber das Walzstück, wie aus der Abbildung zu ersehen, immer abwechselnd zwischen Ober- und Mittelwalze und zwischen Mittel- und Unterwalze hindurchgeschickt werden muß, so fehlt in den Walzgerüsten immer abwechselnd entweder die Ober- oder die Unterwalze. Die fehlenden Walzen sind durch Spindeln *a* ersetzt, die manchmal so lang gemacht werden, daß sie an beiden Seiten bis an das benachbarte Walzgerüst hererreichen; es kann dann auf jeder Seite eine Kuppelungsmuffe und -spindel gespant werden.

Das in Abb. 300 veranschaulichte Schnellwalzwerk soll zum Auswalzen von Walzdraht dienen. Die aufeinanderfolgenden Kaliber müssen daher die in Abb. 292 dargestellte Form haben. Der vom Walzstück zurückgelegte Weg ist aus dem Grundrisse zu erkennen. Wenn das Walzstück ein Kaliber verlassen hat, so muß es von einem Arbeiter mit der Zange erfaßt, um 90° gedreht und in das nächste Kaliber übergeführt werden. Es sind daher verhältnismäßig viel Arbeitskräfte erforderlich.

Ihre Zahl kann man verringern, wenn man das Walzstück durch aus Winkeleisen gebogene Führungsrinnen *b* von einem Kaliber zum nächstfolgenden leitet. Beim Drahtwalzen sind diese Rinnen jedoch nur beim Übergange vom quadratischen zum ovalen Kaliber zulässig, da beim Übergange vom ovalen zum quadratischen Kaliber das Walzstück so gedreht werden muß, daß die bisherige Breite zur Höhe wird. Um das Wenden des Walzstückes um 90° zu vermeiden, verwendet man auch wohl Drahtwalzwerke, bei denen liegende Walzenpaare mit stehenden abwechseln.

Auf den Drahtwalzwerken wird der Draht bis zu 3,5 mm Stärke ausgewalzt. Eine weitergehende Verringerung der Drahtstärke durch Walzen ist unmöglich, da die hierzu erforderlichen kleinen Kaliber sich während des Betriebes nicht genügend genau erhalten lassen und der dünne Draht auch zu früh erkalten würde. Das weitere Verdünnen des Drahtes erfolgt daher, wie im folgenden Abschnitt erläutert werden wird, im kalten Zustande durch Ziehen.

Der das Fertigungskaliber verlassende Draht wird zu ringförmigen Bündeln aufgewickelt und den Drahtziehereien übergeben.

In neuerer Zeit verwendet man an Stelle der Schnellwalzwerke auch kontinuierliche Walzwerke, die denselben Zweck erfüllen. Bei ihnen sind mehrere Walzgerüste hintereinander aufgestellt und das auszuwalzende Eisen durchläuft selbsttätig mehrere parallel hintereinander liegende Walzenpaare, die natürlich entsprechend der zunehmenden Verdünnung und Streckung des Werkstückes mit wachsenden Geschwindigkeiten angetrieben werden müssen.

Radreifenwalzwerke.

Die Radreifenwalzwerke werden zum Auswalzen der Radreifen oder Bandagen benutzt, die als Laufkränze auf Eisenbahnwagenräder gezogen werden.

Das rohe Werkstück bildet ein geschmiedeter oder aus Stahl gegossener kleiner dickwandiger Ring von rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt. Dieser wird, wie Abb. 301 veranschaulicht, zwischen zwei in den Pfeilrichtungen umlaufende Walzen *a* und *b* gebracht, die ihm die gewünschte Gestalt geben. Die die innere Ringfläche bearbeitenden Teile der Walze *a* sind zylindrisch gestaltet, während die den äußeren Ring profile bearbeitenden Teile von *b* nach dem Radkranzprofile vorhanden sind. Gewöhnlich sind zwei Kaliber vorhanden, eins zum Vorstrecken und ein Fertigungskaliber. Die

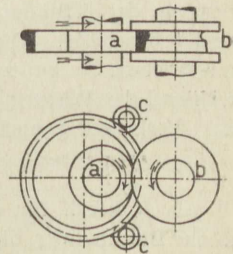


Abb. 301.
Radreifenwalzwerk.

beiden Walzen werden erst soweit voneinander entfernt, daß der rohe Ring zwischen sie gebracht werden kann, dann wird die äußere Walze *b* angetrieben und ihr durch hydraulischen Druck in der Pfeilrichtung fortwährend die als Schleppwalze arbeitenden Walze *a* dauernd genähert. Der Ring wird hierbei in Umdrehung versetzt und sein Querschnitt verringert. Dabei findet eine starke Streckung des Ringes statt, so daß sein Durchmesser immer größer wird. Um den Ring besser führen zu können und um ihm eine genau runde Gestalt zu geben, sind noch zwei Zentrierrollen *c* angebracht, die außen nach dem äußeren Radprofile gestaltet sind. Diese werden während des Walzens immer gleichmäßig gegen den umlaufenden Ring gepreßt.

Scheibenräderwalzwerke.

Scheibenräderwalzwerke bewirken das Auswalzen vorgearbeiteter Blöcke zu Eisenbahnwagenrädern. Der Block wird zunächst durch Dampfhammer oder Schmiedepressen in Gesenken in die in Abb. 302 dargestellte Form geschmiedet, die Nabe wird dabei vollständig fertiggestellt, der Kranz wird auf dem in Abb. 303 schematisch dargestellten Scheibenrader-

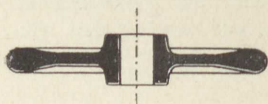


Abb. 302.
Vorgeschiedetes Rad.

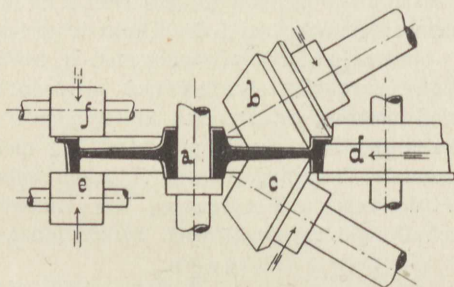


Abb. 303.
Scheibenraderwalzwerk.

walzwerke erzeugt. Die Abbildung zeigt die Ansicht von oben auf das Walzwerk. Das Rad wird auf einen Dorn *a* gesteckt und dann in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise von den Walzen *b*, *c*, *d*, *e* und *f* bearbeitet. Die kegelförmigen Walzen *b* und *c* werden dabei angetrieben, die anderen wirken als Schleppwalzen. Alle Walzen werden während des Walzens in den Pfeilrichtungen verschoben und fest gegen das Werkstück gepreßt.

Das Kaltwalzen.

Als Rohstoff für das Stanzen und Pressen benutzt man vielfach dünne Blechbänder, die durch Kaltwalzen hergestellt sind. Solche Bänder aus Stahl, Kupfer, Messing, Blei, Zink, Zinn usw. werden auf einfachen Zweiwalzwerken bis zu 300 mm Breite und herab bis zu 0,1 mm Stärke

in kaltem Zustande ausgewalzt. Die auf Warmwalzwerken vorgewalzten Bänder müssen vor dem Kaltwalzen durch Beizen in verdünnter Schwefelsäure vom Glühspan befreit werden. Nach mehrmaligem Walzen müssen die Spannungen durch Ausglühen der Bänder in geschlossenen eisernen Glühtöpfen beseitigt werden. Die durch Kaltwalzen erzeugten Bänder zeichnen sich aus durch eine blanke saubere Oberfläche. Nach Bedarf können sie auch noch in einem Polierwalzwerk poliert werden.

Das Drahtziehen.

Das Drahtziehen bezweckt, wie bereits erwähnt, das weitere Verdünnen des auf den Drahtwalzwerken bis zu 3,5 mm Stärke ausgewalzten Walzdrahtes im kalten Zustande.

Ehe der von den Walzwerken kommende Draht gezogen werden kann, muß er zunächst von dem ihm anhaftenden harten Glühspane befreit werden, da dieser sonst die Ziehlöcher beschädigen würde. Die Drahtbündel werden zu dem Zwecke in stark verdünnter Schwefelsäure gebeizt. Hierdurch wird der Glühspan so stark gelockert, daß er durch heftiges Erschüttern des Drahtes auf der Polterbank vollständig abgesprengt werden kann. Die Polterbank hat in ihrer Anordnung Ähnlichkeit mit dem früher besprochenen Schwanzhammer; sie besteht nämlich im wesentlichen aus mehreren doppelarmigen Hebeln, auf deren längeren Arm die Drahtringe gelegt werden, während auf den kürzeren Arm ein Daumenrad wirkt. Dadurch wird der längere Arm gehoben, fällt frei herab und schlägt heftig auf den Boden auf. Durch die hierbei auftretende Erschütterung wird der Glühspan abgesprengt. An Stelle der Polterbank verwendet man auch wohl Schleudertrommeln, in denen der gebeizte Draht durch Sandsteinbrocken und Wasser gereinigt wird. Zur Beseitigung der Säure werden die so behandelten Drahtbündel dann in Kalkwasser getaucht. Da die Abführung der säurehaltigen Abwässer der Drahtfabriken meist sehr unangenehme Schwierigkeiten bereitet, so hat man auch versucht, den Glühspan auf rein mechanischem Wege durch Walzen oder Schaben zu beseitigen, ohne jedoch brauchbare Resultate zu erzielen.

Das bisher Gesagte gilt vornehmlich für Eisen- und Stahldraht. Beim Ziehen von Draht aus Kupfer, Messing, Zink und anderen Metallen geht man nicht von Walzdraht aus, sondern man schneidet von Blechen der betreffenden Metalle Streifen ab, deren scharfe Kanten manchmal durch Walzen abgerundet werden, und zieht diese Streifen weiter zu Draht aus. Ein Beizen in Säure ist vorher nicht erforderlich.

Das Drahtziehen geschieht unter Benutzung von Zieheisen, deren Wirkungsweise Abb. 304 veranschaulicht. Der zu ziehende Draht wird

an einem Ende zugespitzt und dann durch ein sich allmählich verjüngendes rundes Loch einer Stahlplatte *a* hindurchgesteckt, dessen Wandungen glatt poliert sind. Dann wird der Draht an seinem zugespitzten Ende von einer Zange erfaßt und mit großer Kraft durch das Ziehloch hindurchgezogen. Dabei muß sich sein Durchmesser von D auf d verringern, während sich seine Länge entsprechend vergrößert. Um den Reibungswiderstand beim Ziehen möglichst zu verringern, schmiert man den Draht vor dem Eintritte in das Ziehloch sehr stark, oder man überzieht ihn auch wohl vor dem Ziehen mit einer dünnen Kupferschicht, dadurch, daß man ihn kurze Zeit in eine Kupfervitriollösung legt.

Das Zieheisen enthält immer eine größere Zahl von Ziehlöchern verschiedener Größe. Abb. 305 zeigt z. B. das am häufigsten angewandte

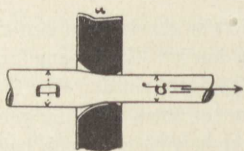


Abb. 304. Drahtziehen.

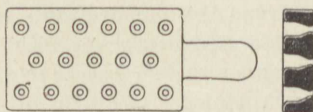


Abb. 305. Zieheisen.

englische Zieheisen, dessen Löcher durch Eintreiben von Dornen hergestellt sind. Zum Ausziehen ganz feiner Drähte verwendet man Zieheisen mit durchbohrten Diamanten als Ziehöffnungen. Der Draht muß solange durch sich immer mehr verjüngende Ziehöffnungen hindurchgezogen werden, bis er auf die verlangte Stärke gebracht ist. Nach mehrmaligem Ziehen wird er aber so hart und spröde, daß er bei weiterem Ziehen abreißen würde. Er muß deshalb durch Ausglühen wieder auf die nötige Weichheit gebracht werden. Das Ausglühen der Drahtbündel geschieht in großen eisernen Töpfen unter möglichstem Luftabschlusse, aber trotzdem überzieht sich der Draht dabei mit einer Glühspanschicht, die in der oben beschriebenen Weise beseitigt werden muß. Bei Kupferdraht ist das Ausglühen meist nicht nötig.

Das Drahtziehen geschieht auf der Scheiben- oder Leierbank, deren Anordnung durch Abb. 306 veranschaulicht werden soll. Der auszuziehende Draht liegt in Form von ringförmigen Bündeln auf einer Haspel oder Krone *a*, die sich frei um ihre Achse drehen kann. Das Zieheisen *b* ist in dem Zieheisenhalter *c* befestigt, dieser ist um einen Bolzen drehbar, damit sich das Zieheisen von selbst so einstellen kann, daß die Achse des Ziehloches in die Ziehrichtung fällt. Der Zug wird ausgeübt durch die Ziehtrommel oder Scheibe *d*, an der eine den Draht anfassende Zange befestigt ist. Der ausgezogene Draht wickelt sich auf die Ziehtrommel. Wie aus dem Grundrisse zu ersehen ist, sind gewöhnlich

mehrere Drahtzüge zu einer Maschine vereinigt. Der Antrieb der Ziehtrommel erfolgt von einer gemeinsamen Welle *e* aus durch Kegelräder. Die Ziehtrommeln sitzen gewöhnlich lose auf ihren fortwährend umlaufenden senkrechten Wellen *f*, mit denen sie durch ausrückbare Klauenkuppelungen verbunden werden können. Das Aus- und Einrücken dieser

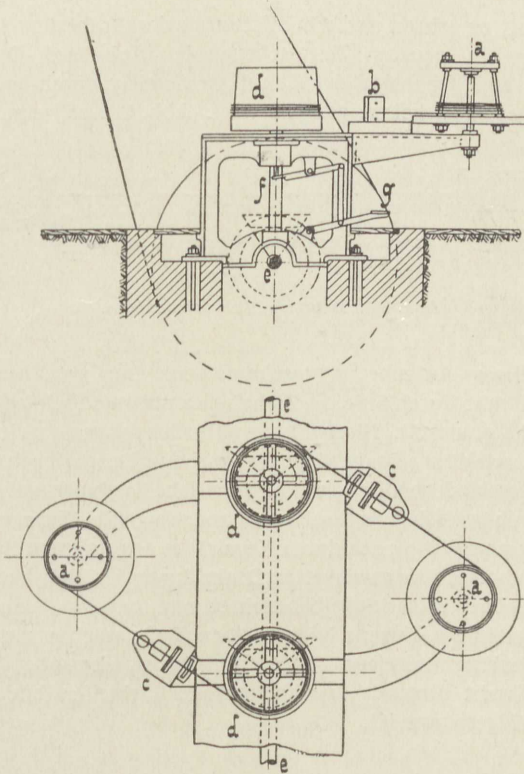


Abb. 306. Scheiben- oder Leierbank.

Kuppelungen geschieht durch Heben und Senken der Trommeln *d* mittels des Fußhebels *g*. Mit dieser älteren Anordnung sind aber manche Übelstände verbunden. Das Heben der schweren Trommeln ist lästig; außerdem erfolgt das Einrücken der Kuppelung zum Mitnehmen der Trommeln plötzlich unter heftigem Stoße, wodurch leicht ein Reißen des Drahtes oder ein Brechen der Zähne der Antriebsräder veranlaßt wird. Man hat deshalb bei neueren Drahtzügen die Klauenkuppelung durch Reibungs-

kuppelungen ersetzt, die ein allmähliches, stoßfreies Anziehen ermöglichen.

Nach der Stärke, bis zu welcher der Draht verdünnt wird, unterscheidet man Grobzüge, die den Draht bis zu 3,4 mm Stärke ausziehen, Mittelzüge, die ihn bis zu 2,2 mm, und Feinzüge, die ihn noch weiter verdünnen.

Um an Zeit zu sparen und die Leistungen der Drahtzüge zu erhöhen, wendet man in neuerer Zeit sogenannte Mehrfach-Drahtziehmaschinen an, bei denen der Draht gleichzeitig durch mehrere aufeinander folgende Ziehisen gezogen wird. Abb. 307 soll eine der vielen

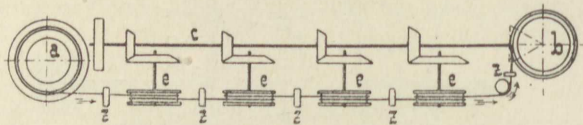


Abb. 307. Mehrfach-Drahtziehmaschine.

Lösungen dieser Aufgabe veranschaulichen. Der von der Haspel *a* kommende Draht durchläuft die Ziehisen *z* und wird schließlich auf die Ziehtrommel *b* gewickelt. Hierbei kann natürlich der aus dem letzten Ziehisen austretende dünne Draht nicht die ganze zum Durchziehen des Drahtes durch die verschiedenen Ziehisen erforderliche Zugkraft aushalten. Man ordnet deshalb zwischen je zwei aufeinanderfolgende Ziehisen eine von der gemeinsamen Welle *c* aus durch Kegelräder angetriebene Scheibe *e* an, die den mehrfach um sie gewickelten Draht durch das Ziehisen hindurchzieht. Den Antrieb dieser Scheiben richtet man manchmal so ein, daß die Geschwindigkeit des Ziehens in demselben Maße wächst wie die infolge der Querschnittsverminderung des Drahtes zunehmende Drahtlänge, damit der Draht nirgends durchhängt oder Schleifen bildet, sondern überall straff gespannt ist.

Die Herstellung der Rohre.

Nach der Herstellungsart unterscheidet man gegossene, geschweißte, genietete, gelötete und nahtlos hergestellte Rohre. Die Herstellung der gegossenen Rohre ist schon bei der Eisengießerei behandelt. Die Herstellung der Rohre durch Nieten und Löten bietet nicht viel Bemerkenswertes. Es bleibt also nur noch die Beschreibung der Erzeugung geschweißter und nahtloser Rohre übrig, und zwar soll sich diese hauptsächlich auf die Erzeugung von Eisenrohren beschränken.

Geschweißte Rohre.

Bei den geschweißten Rohren unterscheidet man nach der Herstellungsart stumpfgeschweißte, überlappt- oder patentgeschweißte und spiralgeschweißte Rohre. Zur Herstellung aller drei Arten benutzt man ebene Blechstreifen von entsprechender Breite und Dicke.

Stumpfgeschweißte Rohre.

Die stumpfgeschweißten Rohre werden durch Ziehen auf einer Schleppzangenziehbank (Abb. 311) hergestellt, indem man den Blechstreifen in der in Abb. 308 dargestellten Weise zusammenbiegt und die stumpf gegeneinander stoßenden Ränder miteinander verschweißt. Die Blechstreifen werden zunächst an einem Ende erwärmt, trichterartig zusammengebogen und zur bequemeren Handhabung mit einem ange-



Abb. 308.
Stumpfgeschweißtes
Rohr.

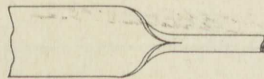


Abb. 309.
Zum Ziehen vorbereiteter
Blechstreifen.

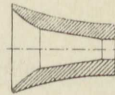


Abb. 310.
Zieheisen.

schweißten Rundeisenstabe versehen (Abb. 309). Die so vorbereiteten Bleche werden dann in einem langen Flammofen auf Rotglut erhitzt, auf einer unmittelbar vor dem Ofen aufgestellten Schleppzangenziehbank, der Vorziehbank, durch ein in Abb. 310 abgebildetes Zieheisen gesteckt, an dem angeschweißten Rundeisen von der Schleppzange erfaßt und durch das Zieheisen hindurchgezogen. Hierbei rollen sich die Blechstreifen rohrartig zusammen. Sie werden dann in einem anderen Ofen auf Schweißhitze gebracht und abermals auf einer Schleppzangenziehbank, der Fertigziehbank, durch ein etwas engeres Zieheisen gezogen. Hierbei schweißen die Blechränder stumpf zusammen, und es entsteht ein fertiges Rohr. In neuerer Zeit ist es gelungen, die Rohre in einer Hitze, durch einmaliges Ziehen fertig zu schweißen. Man läßt zu dem Zwecke während des Ziehens kurz vor dem Zieheisen auf die zu verschweißenden Blechränder einen Preßluftstrahl treffen, der die Schlacke beseitigt und das Blech nahezu auf Schmelzhitze bringt. Zur Beseitigung des Glühspanes wird das Rohr dann gewöhnlich noch auf einer Nachziehbank durch ein scharfkantiges Zieheisen gezogen, das den Glühspan abschabt. Die zum Rohrziehen dienende Schleppzangenziehbank ist in Abb. 311 dargestellt. Das Gestell der Maschine bilden die beiden Böcke *b* und die von diesen getragenen seitlichen Wangen *a*. Die Zieh-

eisen werden bei *c* befestigt. Auf den oberen Flächen der Wangen *a* läuft auf vier Rollen der Zangenwagen *d*, an dem die das Werkstück anfassende Zange befestigt wird. Die Zange ist so eingerichtet, daß sich ihr Maul bei einem auf sie ausgeübten Zuge selbsttätig schließt und das Werkstück um so fester angreift, je stärker die Zugkraft ist. Beim Nachlassen des Zuges öffnet sich das Maul von selbst wieder. Zur Bewegung des Zangenwagens dient eine endlose Gelenkkette *e*, die über zwei zwischen den Wangen *a* gelagerte Kettenrollen *f* und *g* läuft. Die Kettenrolle *g* wird von der Riemenscheibenwelle *h* aus durch ein doppeltes Zahnrad-

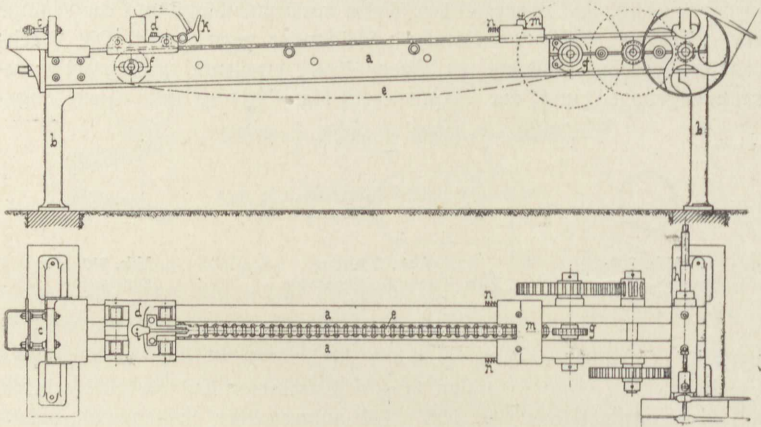


Abb. 311. Schleppzangenziehbank.

vorgelege stetig angetrieben; die Kette bewegt sich demnach ununterbrochen in derselben Richtung. Soll der Zangenwagen mitgenommen werden, so wird der an ihm befestigte Haken *k* in die Kette eingehakt. Der Wagen wird dann solange von der Kette mitgenommen, bis der Haken mit seinem langen Ansatz gegen den verstellbaren Anschlag *m* stößt, an dessen gekrümmter Fläche emporgleitet und sich mit Hilfe des Gegengewichtes *i* selbsttätig aushakt. Die durch den Zangenwagen zusammengedrückten Federn *n* bewirken dann ein selbsttätiges Zurücklaufen des Wagens auf den schwach geneigten Wangen *a*. Die Zange hat sich beim Aufhören des Kettenzuges von selbst geöffnet.

Überlapptgeschweißte Rohre.

Rohre, die größere Drücke aushalten sollen, stellt man nach Abb. 312 mit überlappter Schweißnaht her, um größere Schweißflächen zu erhalten.

Die übereinander greifenden Ränder der Blechstreifen werden auf einer besonderen Hobelmaschine durch Hindurchziehen zwischen zwei schräggestellte Messer abgeschragt oder auf einem besonderen, in Abb. 313 veranschaulichten Walzwerke. Die obere Walze ist in ihrer Achsenrichtung verstellbar, um verschieden breite Blechstreifen walzen zu können. Die Blechstreifen werden dann erst auf Rotglut gebracht und in der bei den stumpfgeschweißten Rohren beschriebenen Weise vorgezogen, und zwar so, daß die zu verschweißenden Ränder übereinander greifen. Das Schweißen muß durch radial gerichteten Druck geschehen; es kann deshalb nicht auf der Ziehbank ausgeführt werden, sondern unter Benutzung eines besonderen Röhrenwalzwerkes, dessen Einrichtung Abb. 314 veranschaulicht. Die Walzen sind sehr kurz und haben nur ein einziges kreisrundes Kaliber. Der zum Schweißen erforderliche Druck auf die innere Rohrwand wird durch



Abb. 312.
Überlappt
geschweißtes
Rohr.

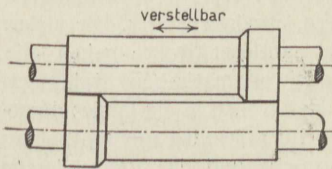


Abb. 313. Abschrägwalzwerk.

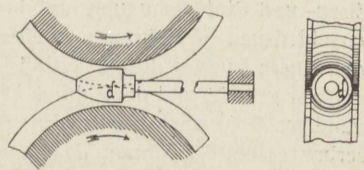


Abb. 314. Röhrenwalzwerk.

einen in das Kaliber hineinragenden Hartgußdorn d ausgeübt, der an einer langen Stange gehalten wird. Das vorgebogene und auf Schweißhitze gebrachte Blech wird in das Kaliber eingeführt, von den Walzen erfaßt und durch den ringförmigen Zwischenraum zwischen Dorn und Walze hindurchgezogen. Hierbei werden die Blechränder kräftig aufeinandergedrückt und verschweißt.

Spiralgeschweißte Rohre.

Bei den von der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik in Rath bei Düsseldorf hergestellten spiralgeschweißten Rohren wird der Blechstreifen an seinen Rändern etwas abgeschragt und dann in der in Abb. 315 dargestellten Weise so auf einen Dorn gewickelt, daß sich die Ränder etwas überdecken. Die sich überdeckenden Ränder werden dann unter einem schnellwirkenden Hammer miteinander verschweißt, nachdem sie kurz vor dem Aufwickeln durch eine breite Wassergasflamme auf Schweiß-

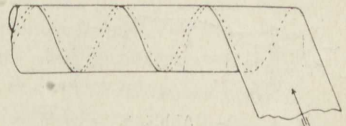


Abb. 315. Spiralgeschweißtes Rohr.

hitze gebracht sind. Die Schweißnaht verläuft dann nach einer Schraubenlinie. Das sich so bildende Rohr ist auf Walzen gelagert und wird so angetrieben, daß es eine drehende und fortschreitende Bewegung macht. Da der Blechstreifen durch Anschweißen neuer Streifen beliebig verlängert werden kann, so können Rohre von jeder gewünschten Länge erzeugt werden.

Rohre von großem Durchmesser, z. B. Dampfkesselmäntel, Flammrohre u. dgl. schweißt man in der früher besprochenen Weise mittels Wassergasflamme, autogen oder elektrisch.

Die Bleche werden dazu vorher auf Blechbiegemaschinen rohrartig zusammengebogen.

Nahtlose Rohre.

Die geschweißten Rohre haben eine schwache Stelle, die Schweißnaht. Rohre für größere Pressungen stellt man deshalb vollkommen nahtlos her. Das vorzügliche Material, das uns die vervollkommeneten Eisen- und Stahlerzeugungsverfahren liefern, ermöglicht dies. Die vielen verschiedenen Verfahren zur Herstellung nahtloser Rohre gehen alle von einem kurzen dicken zylindrischen oder prismatischen Stahlblock aus, der gelocht und dann durch Walzen oder Ziehen in ein langes dünnwandiges Rohr verwandelt wird. Es sollen im folgenden nur die beiden verbreitetsten Verfahren, das Mannesmannsche und das Ehrhardt'sche kurz beschrieben werden.

Mannesmannsches Verfahren.

Bei dem von den Gebr. Mannesmann erfundenen Verfahren wird ein glühender zylindrischer Stahlblock durch ein eigenartiges Walzverfahren, das sogenannte Schrägwalzen, zunächst in ein kurzes dickwandiges Rohr verwandelt, das dann in derselben Hitze beliebig verlängert und verjüngt werden kann.

Das Schrägwalzen sei durch Abb. 316 veranschaulicht.

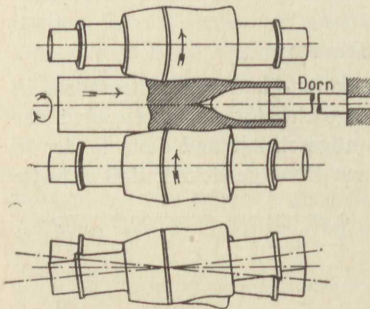


Abb. 316.
Mannesmannsches Schrägwalzen.

Das Walzwerk enthält zwei Walzen von eigenartig ballig kegelförmiger Gestalt, deren Achsen sich unter einem spitzen Winkel kreuzen und die beide in derselben Richtung umlaufen. Der zwischen sie gebrachte Block wird dadurch um seine eigene Längsachse gedreht und erhält gleichzeitig eine fortschreitende Bewegung. Er macht also eine

Schraubenbewegung. Durch die kegelförmige Gestalt der Walzen wird auch noch eine Streckung der äußeren Blockfasern veranlaßt, da mit wachsendem Walzendurchmesser die Umfangsgeschwindigkeit wächst. Die äußeren Faserschichten werden dadurch über die zurückbleibenden inneren gezogen. Es entsteht dadurch im Innern des Blockes ein Hohlraum, dessen Bildung durch einen Dorn, über den der Block gewalzt wird, noch begünstigt wird. So entsteht zunächst ein kurzes, dickwandiges nahtloses Rohr. Die weitere Streckung dieses Rohres kann dann auf verschiedene Weise erfolgen, entweder durch ein sogenanntes Pilgerschrittwalzwerk, durch ein kontinuierliches Walzwerk oder durch das bei der Herstellung überlappt geschweißter Rohre benutzte Walzwerk (Abb. 314).

Das von Mannesmann erfundene Pilgerschrittwalzwerk ist in Abb. 317 dargestellt. Es besteht aus zwei Walzen mit einem exzentrischen runden Kaliber, die in den angegebenen Drehrichtungen umlaufen. Diesen Walzen wird das auf einen Dorn gesteckte dickwandige rohe Rohr entgegengesetzt der Walzendrehrichtung zugeführt. Von den dickeren Teilen der Walzen wird es dann während der einen halben Umdrehung ein Stück zurückgedrängt und dabei seine Wandstärke verringert. Während der anderen halben Umdrehung wird das Rohr wieder hervorgezogen, und zwar etwas mehr als es vorher

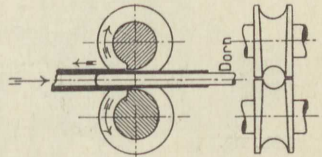


Abb. 317.
Pilgerschrittwalzwerk.

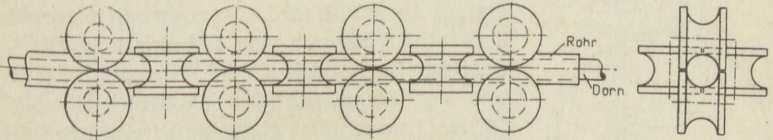


Abb. 318. Kontinuierliches Röhrenwalzwerk.

zurückgedrängt wurde. Während dieser Vor- und Rückwärtsbewegung, die dem Walzwerk den Namen gegeben hat, wird das rohe Rohr zu einem langen dünnwandigen ausgewalzt.

Das kontinuierliche Röhrenwalzwerk in Abb. 318 besteht aus sieben hintereinander angeordneten Walzenpaaren, vier wagerechten und drei senkrechten. Die Walzen haben ein sich allmählich verjüngendes rundes Kaliber und werden so angetrieben, daß ihre Umfangsgeschwindigkeit entsprechend der Verlängerung, die das Rohr beim Durchgange durch die Walzen erfährt, immer mehr wächst. Das Rohr wird gleichzeitig an

sieben Stellen gestreckt und dadurch schnell stark verlängert unter Verminderung seiner Wandstärke.

Ehrhardtsches Verfahren.

Ein prismatischer Flußeisen- oder Stahlblock von quadratischem oder mehreckigem Querschnitte wird im glühenden Zustande in eine zylindrische Bohrung einer Matrize gesteckt (Abb. 319); dann wird durch einen auf die Matrize gelegten Führungsring *a* (Abb. 320) mittels hydraulischen



Abb. 319.

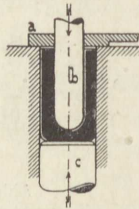


Abb. 320.

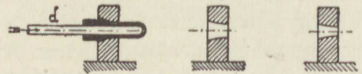


Abb. 321.

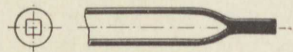


Abb. 322.

Abb. 319–322. Ehrhardtsches Verfahren.

Druckes ein zylindrischer Lochstempel *b* in den glühenden Block eingetrieben, jedoch nur so weit, daß das durch ihn erzeugte Loch nicht durchgeht, sondern der Block unten geschlossen bleibt. Das Material des Blockes wird hierdurch nach allen Seiten verdrängt. Die Stärke des Lochstempels ist dabei so bemessen, daß der zylindrische Hohlraum der Matrize durch das verdrängte Material vollkommen ausgefüllt wird. Der vorher prismatische Block erhält dadurch eine zylindrische Gestalt.

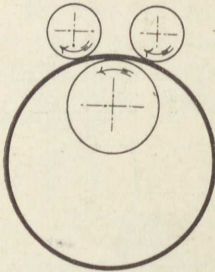


Abb. 323. Auswalzen nahtloser Rohre von großen Durchmessern.

Nach dem Zurückziehen des Lochstempels treibt dann der Stempel *c* das Werkstück aus der Matrize heraus. Das glühende Werkstück wird nun noch in derselben Hitze mittels eines Dornes *d* (Abb. 321) durch mehrere, meist drei, hintereinander angeordnete Zieheisen mit stufenweise sich verjüngenden Öffnungen hindurch gestoßen. Dann wird der Dorn herausgezogen, das Werkstück von neuem geglüht und in derselben Weise weiter ausgezogen, bis seine Wandstärke

gering und seine Länge so groß geworden ist, daß ein weiteres Ziehen im glühenden Zustande unbequem und wegen der zu schnellen Abkühlung unmöglich ist. Das weitere Ziehen erfolgt dann im kalten Zustande auf einer Schleppezugbank. Zu dem Zwecke wird das geschlossene Ende des Werkstückes zu einem Stabe ausgestreckt (Abb. 322), damit

es von der Schleppzange bequem erfaßt werden kann. Beim kalten Ziehen wird das Rohr im Innern durch einen Dorn gestützt, der entweder durch das Zieheisen mit hindurchgezogen oder durch einen an seinem Ende angebrachten Wulst zurückgehalten wird. Das Ziehen erfolgt unter reichlichem Aufwande von Schmiermitteln. Das geschlossene Ende des Werkstückes muß schließlich abgeschnitten werden, damit ein Rohr entsteht.

Durch das Ehrhardtsche Verfahren werden auch rohrartige Gegenstände von sehr großen (bis zu 3,5 m) Durchmessern nahtlos hergestellt, z. B. Dampfkesselschüsse, Flammrohre, Turbinenmäntel u. dgl. Nachdem der Block in der oben beschriebenen Weise durch mehrmaliges Ziehen in einen noch mit einem Boden versehenen Hohlkörper verwandelt ist, wird der Boden abgeschnitten und der Hohlkörper in der durch Abb. 323 dargestellten Weise auf einem besonderen Walzwerke auf die verlangten Durchmesser und Wandstärken ausgewalzt. Durch Verstellen der Walzen lassen sich Durchmesser und Wandstärken ändern. Ein anderes Anwendungsgebiet des Ehrhardtschen Verfahrens ist die Herstellung von Stahlflaschen für komprimierte Gase von hohen Pressungen.

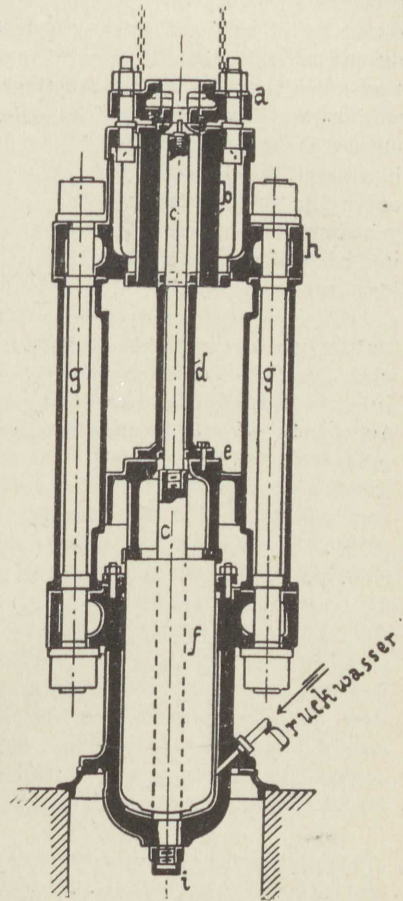


Abb. 324. Bleirohrpresse.

Die Herstellung der Bleirohre.

Bleirohre werden durch Pressen nahtlos hergestellt. Man benutzt dazu besondere hydraulische Bleirohrpressen, deren Einrichtung und Wirkungsweise an der Hand der in Abb. 324 dargestellten Presse von Fried. Krupp, Grusonwerk in Magdeburg-Buckau, besprochen werden sollen.

Das Blei wird in flüssigem Zustande, nach Abnahme des Deckels a,

in den Zylinder *b* gegossen und füllt hier den ringförmigen Raum aus, den die Dornstange *c* noch frei läßt. Der Zylinder *a* wird unten durch einen genau eingepaßten Ring abgeschlossen, der von dem Rohre *d* getragen wird. Dieses Rohr ist auf einem Querhaupte *e* befestigt, und dieses stützt sich auf einen hydraulischen Kolben *f*, dessen Zylinder durch vier kräftige Säulen *g* mit dem den Bleizylinder tragenden Holme *h* verbunden ist. Den oberen Abschluß des Zylinders *b* bildet eine auswechselbare ringförmige Matrize, in deren Bohrung genau zentrisch ein auf der Dornstange *c* befestigter, ebenfalls auswechselbarer kleiner Dorn hineinragt. Ist das eingegossene Blei erkaltet, so läßt man Druckwasser unter den Kolben *f* treten; dieser schiebt sich über die unten bei *i* festgehaltene Dornstange nach oben; damit hebt sich auch das Rohr *d* und preßt den ganzen Bleihalt des Zylinders *b* durch den engen ringförmigen Spalt zwischen Matrize und Dorn. Das Blei tritt dann in Form eines Rohres aus, dessen äußerer Durchmesser durch die Bohrung der Matrize und dessen lichte Weite durch die Dicke des Dornes bestimmt wird. Die Presse arbeitet mit einem Höchstdrucke von 400000 kg. Die nutzbare Bleifüllung beträgt 150 kg. Bei Anfertigung von Rohren, die ein Aufwickeln zulassen, können in der Stunde vier Pressungen ausgeführt werden.

Das Schweißen.

Unter Schweißen versteht man ein Verbinden zweier Metallteile, bei dem an den zu vereinigenden Stellen die Moleküle in einem hoch erwärmten Zustande so innig miteinander vereinigt werden, daß die beiden Teile nach dem Erkalten ein zusammenhängendes Ganzes bilden. Die Erwärmung wird entweder nur bis zur Schweißhitze getrieben, d. h. so weit, daß die zu vereinigenden Stellen in einen weichen, teigigen Zustand übergehen und durch Einwirkung äußerer Kräfte, durch Hämmern, Pressen oder Walzen, miteinander verbunden werden müssen, oder die Metalle werden bis zur Schmelztemperatur erwärmt, so daß die Moleküle ohne Einwirkung äußerer Kräfte ineinanderfließen. Danach unterscheidet man Schweißen im teigigen Zustande oder Preßschweißen und Schweißen im flüssigen Zustande oder Schmelzschweißen.

Im teigigen Zustande lassen sich nur solche Metalle schweißen, die zwischen dem festen und dem flüssigen Aggregatzustande eine möglichst lange Übergangsperiode haben, in der sie sich in einem teigigen Zustande befinden. Beim Eisen hängt dies von der Höhe des Kohlenstoffgehaltes ab. Kohlenstoffarmes weiches Eisen läßt sich gut im teigigen Zustande schweißen, kohlenstoffreicherer Stahl weniger gut, Gußeisen gar nicht.

Nach der Erwärmungsart unterscheidet man beim Preßschweißen Feuerschweißen, das Erwärmen geschieht in Schmiedefeuern, in Koksfeuern oder in Schweißöfen, Wassergasschweißen, das Erwärmen erfolgt durch Wassergasflammen, und elektrisches Widerstandschweißen, das Erwärmen geschieht durch den elektrischen Strom. Beim Schmelzschweißen unterscheidet man autogenes oder Gasschmelzschweißen, das Erhitzen erfolgt durch eine Stichflamme aus brennbarem Gas und reinem Sauerstoff, und elektrisches Lichtbogenschweißen, das Erhitzen erfolgt durch einen elektrischen Lichtbogen.

Eine besondere Art ist das Thermitschweißen, bei dem das Erhitzen teils im teigigen, teils im flüssigen Zustande erfolgt. Zum Erhitzen dient die bei der Oxydation von Aluminium entstehende Wärme.

Das Schweißen verlangt metallische Reinheit der zu vereinigenden Flächen. Bei der hohen Schweißtemperatur verbindet sich das Metall aber leicht mit dem überschüssigen Sauerstoff der Flamme oder mit dem Luftsauerstoff. Die sich bildende Oxydschicht verhindert ein inniges Vereinigen der Metallflächen. Sie muß deshalb unschädlich gemacht werden. Zu dem Zweck streut man auf die Schweißstellen sogenannte

Schweißpulver. Diese schmelzen zu einer flüssigen Schlacke, die das Metalloxyd auflöst, die Schweißstellen bedeckt und vor weiterer Oxydation schützt. Beim Schweißisen ist seines natürlichen Schlacken-gehaltes wegen kein Schweißpulver nötig.

Als Schweißpulver kann man gewöhnlichen Quarzsand verwenden. Erreicht die Schweißhitze nicht die Schmelztemperatur des Sandes, so nimmt man Borax oder Mischungen von Borax, Blutlaugensalz, Kolophonium und anderen patentierten Mischungen. Bei gasförmigen Brennstoffen vermeidet man die Oxydbildung dadurch, daß man der Flamme weniger Sauerstoff zuführt, als zum vollständigen Verbrennen des Gases nötig ist. Die Flamme wirkt dann reduzierend auf die Schweißstelle.

Feuerschweißen.

Die Feuerschweißung ist das älteste Schweißverfahren. Bei ihr erfolgt das Erwärmen in gewöhnlichen Schmiedefeuern, in Koksfeuern oder bei größeren Stücken in Schweißöfen, und zwar werden die Werkstücke nur bis zur Schweißhitze erwärmt. Diese liegt beim Schmiedeeisen etwa bei 1400°. Beim Schweißen muß die durch das Schmelzen

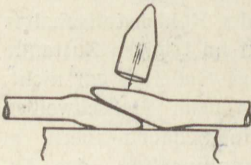


Abb. 325. Schweißen zweier Stangenenden.

des Schweißpulvers entstandene Schlacke wieder beseitigt werden. Man muß deshalb den zu verschweißenden Stücken eine solche Form geben, daß die Schlacke leicht abfließen kann. Abb. 325 veranschaulicht zum Beispiel das Aneinanderschweißen zweier Stangenenden. Die Schweißstelle erfährt durch die beim Schweißen auf sie ausgeübten Hammerschläge immer eine Streckung; deshalb sind die Stangenenden durch Stauchen etwas verdickt, damit durch das Strecken keine zu große Verdünnung hervorgerufen wird. Ferner sind sie abgeschrägt, damit die Berührungsfläche möglichst groß ist und die Schlacke gut abfließen kann. Das Ende der einen Stange ist etwas hochgezogen und wird, wie die Abbildung veranschaulicht, durch Niederklopfen allmählich mit dem anderen Ende verschweißt.

Es gelingt nicht immer, die Schlacke vollständig zu beseitigen. Die Schweißstelle hat deshalb immer eine bis um 30% geringere Festigkeit als das übrige Metall.

Wassergasschweißen.

Hierbei verwendet man zur Erzeugung der Schweißhitze eine Wasser-gasflamme. Das Wassergas wird erzeugt, indem man in einem Generator durch eine hohe Schicht glühenden Brennstoffes, meist Koks oder

Anthrazit, Wasserdampf hindurchbläst. Es bildet sich dann nach der chemischen Gleichung $C + H_2O = CO + 2H$ ein Gas, das hauptsächlich aus Kohlenoxyd und Wasserstoff besteht und daher brennbar ist. Sein Heizwert ist 2500 W.E. Durch das Hindurchblasen von Wasserdampf wird der glühende Brennstoff bald so weit abgekühlt, daß sich kein Gas mehr entwickelt. Man darf deshalb den Dampf nur etwa 5—7 Minuten lang durchblasen und muß dann an seiner Stelle etwa 1—2 Minuten lang Luft durch den Generator blasen, damit der Brennstoff wieder zu heller Glut entfacht wird. Das Wassergas wird in besonderen Brennern mit der $2\frac{1}{2}$ -fachen Gebläseluftmenge gemischt und verbrennt mit sehr heißer Flamme von über 1800° . Man regelt die Luftzufuhr so, daß in der Flamme immer ein Überschuß an Wasserstoff vorhanden ist und dadurch eine Oxydation der Metallflächen vermieden wird. Die Verwendung von Schweißpulver ist daher nicht nötig.

Die Wassergasschweißung verwendet man hauptsächlich beim Herstellen von Rohren, Dampfkesseln, Gefäßen und anderen Werkstücken aus Blechen von 10—25 mm Stärke, während man dünnere Bleche autogen oder elektrisch schweißt. Die zusammenschweißenden Blechränder läßt man entweder stumpf zusammenstoßen oder überlappt. Bei Blechen über 20 mm Stärke wendet man Keilschweißung an, d. h. man schrägt die Blechkanten ab und schweißt einen Quadrat- oder Rundeisenstab ein, wie Abb. 326 zeigt.

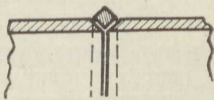
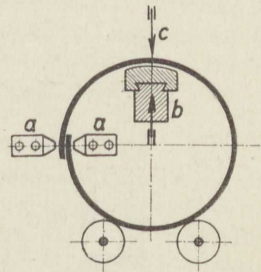


Abb. 326. Keilschweißung.

Abb. 327.
Wassergasschweißung.

Bei Wassergasschweißungen verwendet man vielfach Schweißstraßen genannte Schweißmaschinen. Wie Abb. 327 zeigt, liegen dabei die Rohre oder Kesselschüsse um ihre Längsachse drehbar auf Rollen. Die Schweißnaht wird von beiden Seiten durch zwei bewegliche Brenner *a* erwärmt. Hierdurch werden die Bleche gleichmäßiger erwärmt, als es beim Koksfeuer möglich ist. Ist die Schweißstelle genügend erhitzt, so dreht man das Werkstück so weit, daß sie über den als Amboß dienenden Sattel *b* zu liegen kommt. Dieser ist beweglich und wird von innen gegen das Werkstück gepreßt. Durch einen von außen in der Richtung des Pfeiles *c* wirkenden Druck wird dann die Schweißung vollzogen. Dieser Druck wird entweder durch einen maschinell betätigten Hammer

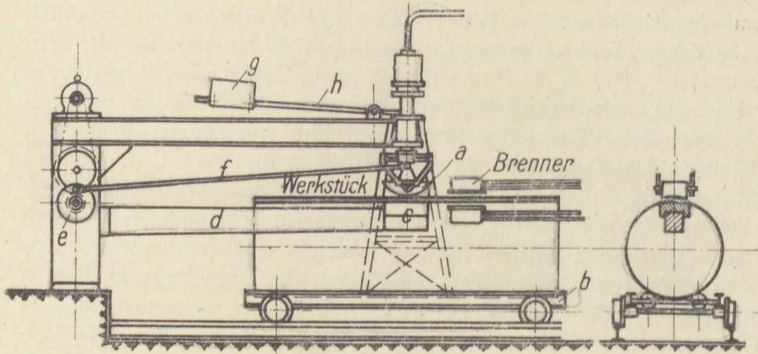


Abb. 328. Schweißstraße.

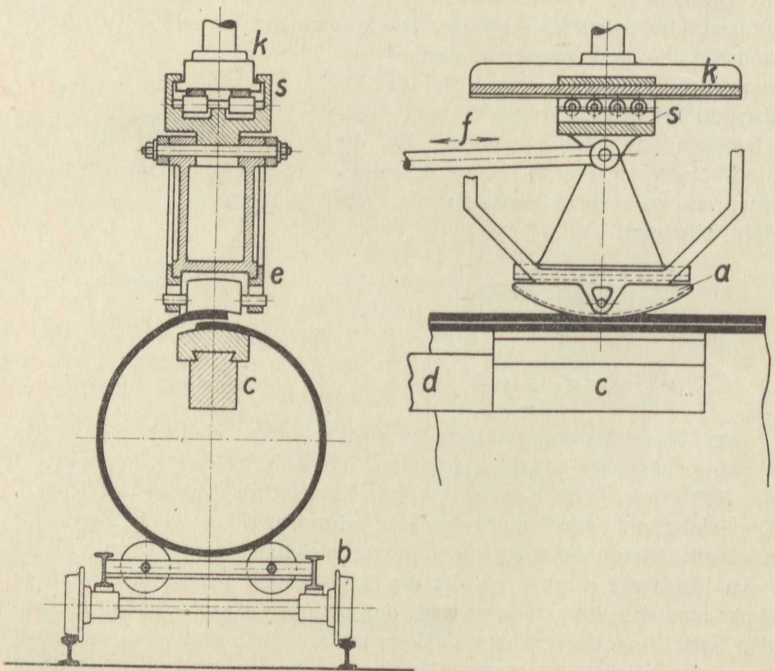


Abb. 329. Schweißstraße.

ausgeübt, durch eine Rolle, die unter hydraulischem Druck über die Schweißnaht hin und her gerollt wird, oder bei der in Abb. 328 und 329 dargestellten Schweißstraße von Jul. Pintsch durch ein unter Druck hin und her pendelndes Segmentstück. Die Schweißnaht kann nicht auf einmal auf ihrer ganzen Länge fertiggestellt werden, sondern nur immer stückweise, deshalb ruht, wie Abb. 328 erkennen läßt, das Werkstück auf einem Wagen *b*, der es in seiner Längsrichtung verschieben kann. Die beiden Brenner erhitzen die Schweißstelle. Wenn sie so, wie in Abb. 328 dargestellt, angeordnet sind, braucht das Werkstück nicht um seine Längsachse gedreht zu werden, sondern nur geradlinig hin und her geschoben. Der an dem beweglichen Arme *d* sitzende Sattel *c* stützt das Werkstück von innen. Von außen wird der in Abb. 329 größer herausgezeichnete sektorförmige Walzenausschnitt *a* von einem Druckwasserzylinder aus fest dagegen gepreßt und gleichzeitig in der Längsrichtung des Werkstückes pendelartig hin und her bewegt, so daß seine untere gewölbte Fläche sich auf der Schweißstelle abrollt. Diese Bewegung wird von der Kurbelscheibe *e* und der Schubstange *f* veranlaßt. Die Kurbelscheibe wird durch Riemen und Zahnräder von einem Elektromotor angetrieben. Die Schubstange *f* bewegt den mittels Rollen am Führungsstück *k* gleitenden Schlitten *s* hin und her, an dem der Sektor *e* pendelnd aufgehängt ist. Ein mit dem Gewichte *g* belasteter Hebel *h* hebt das Segmentstück hoch, wenn nicht geschweißt wird.

Autogenes oder Gasschmelzschweißen.

Die Erwärmung der Werkstücke bis zur Schmelztemperatur geschieht durch eine sehr heiße Stichflamme aus einem brennbaren Gase und reinem Sauerstoff oder durch den elektrischen Strom. Im allgemeinen bezeichnet man aber nur die eine Stichflamme benutzenden Verfahren als autogene Schweißverfahren. Als Gas verwendet man Wasserstoff und Azetylen, seltener Blaugas und andere brennbare Gase. Wasserstoff und Sauerstoff werden in besonderen Fabriken erzeugt. Durch elektrolytisches Zerlegen von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gewinnt man beide Gase. Sauerstoff allein erzeugt man, indem man aus verdichteter atmosphärischer Luft den Stickstoff verdampfen läßt und so den Sauerstoff zurückbehält. Wasserstoff gewinnt man in großen Mengen als Nebenerzeugnis bei der Fabrikation von Ätznatron und Ätzkali auf elektrischem Wege. Beide Gase werden zum Versand in Stahlflaschen unter einem Druck von 150 atü verdichtet und kommen so in den Handel. Der Rauminhalt der Flaschen ist als sogenannter Wasserinhalt (weil er durch Füllen mit Wasser festgestellt ist) außen an der Flasche eingeschlagen.

Azetylen (C_2H_2) wird gewöhnlich an der Verbrauchsstelle selbst Meyer, Technologie. 5. Aufl.

erzeugt. Es entsteht, wenn Kalziumkarbid (CaC_2) mit Wasser zusammentritt. Kalziumkarbid ist eine graue kristallinische Masse, die durch Zusammenschmelzen von Kalk und Kohle im elektrischen Ofen gewonnen wird. Trifft das Kalziumkarbid nun mit Wasser zusammen, so zersetzt es sich nach der Formel $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ und es bilden sich Azetylen (C_2H_2) und gelöschter Kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). 1 kg Karbid liefert 250 l Azetylen. Zur Azetylerzeugung dienen automatisch arbeitende Apparate, die bei größeren Mengen in besonderen Häusern

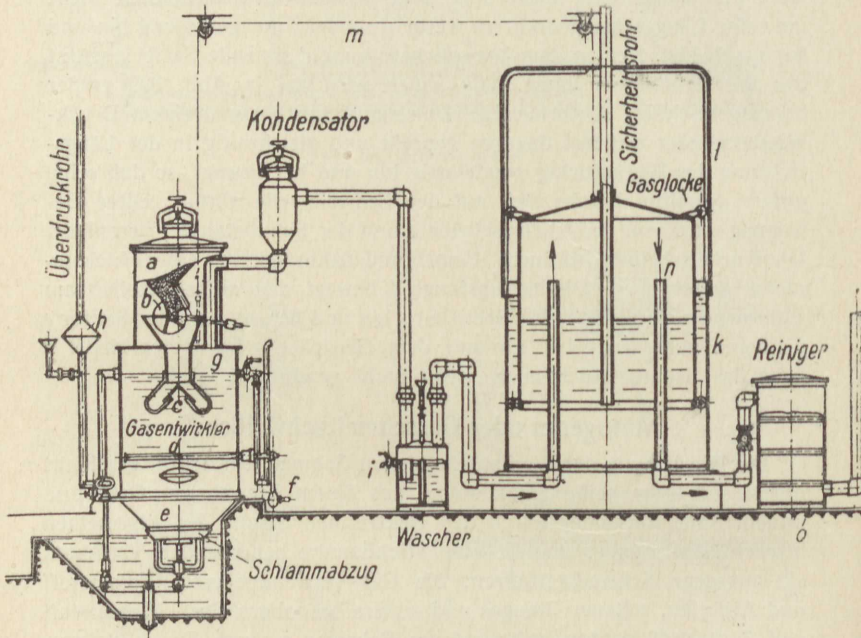


Abb. 330. Azetylenanlage des Autogenwerks Sirius, Düsseldorf.

ortsfest aufgestellt, bei kleineren Mengen tragbar sind. Sie arbeiten entweder so, daß Kalziumkarbid in Wasser geworfen wird oder umgekehrt so, daß das Wasser zum Kalziumkarbid fließt. Der hohen Explosionsgefahr wegen bestehen über ihre Einrichtung und Aufstellung besondere polizeiliche Vorschriften.

Einen nach dem ersten Verfahren, Karbid zum Wasser, arbeitenden größeren, ortsfesten Apparat des Autogenwerks Sirius in Düsseldorf zeigt Abb. 330. Das Karbid rutscht aus dem Vorratsraum *a* in die mit fünf Fächern versehene, drehbare Verteilungswalze *b* und fällt bei Drehung der Walze über das Verteilungsblech *c* auf den Rost *d*. Hier wird es

vergast. Der sich bildende Kalkschlamm fällt durch den Rost und wird bei *e* abgezogen. Der Rost *d* ist durch den Hebel *f* drehbar, damit er ausgespült werden kann. Das Gas zieht bei *g* ab. Das Überdruckrohr *h* ermöglicht ein Entweichen des Gases ins Freie, wenn durch Verstopfung des Gasabzuges der Druck im Gasentwickler unzulässig hoch steigt. Vom Gasentwickler gelangt das Gas zunächst in einen Kondensator, in dem die mitgeführte Feuchtigkeit abgeschieden wird. Dann wird es in dem bis zu dem Kontrollhahn *i* mit Wasser gefüllten Wascher vom Ammoniak und Schwefelwasserstoff befreit. Schließlich tritt es in eine Gasglocke. Diese taucht mit ihrem unteren offenen Ende in einen mit Wasser gefüllten Blechzylinder *k* und ist mit Rollen an einem Gerüst *l* geführt. Beim Gaszutritt hebt sie sich, bei der Gasentnahme sinkt sie wieder. Die auf und ab gehende Bewegung wird durch einen Kettenzug *m* so auf die Verteilungswalze *b* übertragen, daß beim Sinken der Glocke Karbid in den Entwickler fällt. In der Mitte der Glocke ist ein Sicherheitsrohr angebracht, dessen unterer Rand etwas höher liegt als der der Gasglocke. Wird mehr Gas erzeugt als die Glocke fassen kann, so entweicht der Überschuß durch das Sicherheitsrohr über Dach. Aus der Gasglocke zieht das Gas durch das Rohr *n* zu einem Reiniger, in dem es von Phosphorwasserstoff gereinigt wird. Der Reiniger enthält auf drei gelochten Blechböden die gewöhnlich aus einem Gemenge von Chlor- und Chrompräparaten bestehende Reinigungsmasse, durch die das Gas hindurch muß, um bei *o* abzuziehen. Manchmal läßt man das Gas zur mechanischen Reinigung noch durch ein Filter ziehen.

Azetylen läßt sich auch verhältnismäßig leicht unter Druck verflüssigen und könnte deshalb auch wie Wasserstoff in Stahlflaschen verschickt werden. Dies scheidet jedoch daran, daß es schon bei 3 atü eine hohe Explodierbarkeit besitzt, die sich bei Erwärmung noch mehr steigert. Man vermindert die Explodierbarkeit aber, wenn man Azetylen in Azeton löst, einer Flüssigkeit, die große Mengen Azetylen aufnehmen kann. Diese Lösung läßt man von einem Brei aus Holzkohle und Kieselgur aufsaugen und füllt dies Gemisch in Stahlflaschen, die jedoch nur unter einem Druck von 15 atü stehen dürfen. In dieser Form kommt Azetylen unter dem Namen Azetylendissous in den Handel.

Wasserstoff bzw. Azetylen und Sauerstoff werden getrennt besonderen Schweißbrennern zugeführt; in diesen mischen sie sich und treten aus einer sehr engen Düse aus, vor der sie entzündet werden und mit einer äußerst heißen Stichflamme verbrennen. Der hohe Druck, unter dem Wasserstoff und Sauerstoff in den Stahlflaschen stehen, muß jedoch vorher, je nach der Stärke des zu schweißenden Stückes, auf 0,3 bis 2,5 atü vermindert werden; hierzu verwendet man Druckminderungsventile, deren Anordnung aus Abb. 331 zu erkennen ist. Die Abbildung

zeigt eine vollständige Wasserstoff-Sauerstoffschweißanlage. Auf den Stahlflaschen sitzen zunächst die sorgfältig ausgeführten Absperrventile *a*, an diese schließen sich die Druckminderungs- oder Reduzierventile *b*. Den Druck in den Stahlflaschen zeigen die Inhaltsmanometer *c* an. Sie heißen so, weil nach dem Mariotteschen Gesetz bei jedem Gase das Produkt aus Rauminhalt und Druck konstant ist; man kann also zu jeder Zeit die in der Flasche noch vorhandene Gasmenge bestimmen durch Multiplikation des Wasserinhalts mit dem vom Inhaltsmanometer angezeigten Druck. Ist also z. B. der Wasserinhalt 40 l und zeigt das

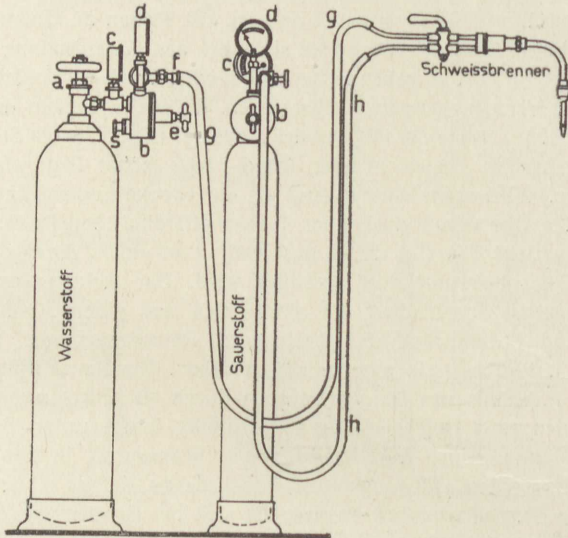


Abb. 331. Wasserstoff-Sauerstoff-Schweißanlage.

Manometer 60 atü, so sind noch $40 \times 60 = 2400$ l Gas in der Flasche. Der hohe Druck in den Stahlflaschen kann durch Einstellen der Schraube *e* der Reduzierventile auf den erforderlichen geringen Betriebsdruck von 0,3—2,5 atü, je nach der Stärke der Werkstücke, vermindert werden, der von den Betriebsmanometern *d* angezeigt wird. *s* ist ein Sicherheitsventil. Die beiden Gummischläuche *g* und *h* führen das Gas zu dem Brenner. Zur Unterscheidung ist der Wasserstoffschlauch *g* rot gefärbt, der Sauerstoffschlauch *h* schwarz. Abb. 332 zeigt einen Schweißbrenner (Drägerwerk, Lübeck) für Wasserstoff-Sauerstoff. Die beiden Gase treten durch die mit einem gemeinsamen Absperrhahn versehenen Rohre *a* und *b* in den Brenner ein, gelangen durch zwei unter einem

spitzen Winkel zusammentreffende enge Bohrungen in den Mischer *c* und treten dann als inniges Gemisch aus dem Mundstück *d*, vor dem sie entzündet werden und mit einer Temperatur von etwa 1900° verbrennen. Da man für verschiedene Blechstärken verschiedene große Stichflammen gebraucht, so macht man die Mundstücke auswechselbar und regelt die Gasmenge durch Ändern des Druckes. Man läßt auch hier wieder aus den bei der Wassergasschweißung angegebenen Gründen die Flamme mit einem Überschuß von Wasserstoff brennen. Es wird hierdurch auch die Zündgeschwindigkeit verringert und dadurch ein Zurückschlagen der Flamme in den Brenner verhindert. Wäre die Zündgeschwindigkeit größer als die Ausströmgeschwindigkeit der Gase aus dem Brenner, so könnte die Flamme in diesen zurückschlagen und ihn schmelzen.

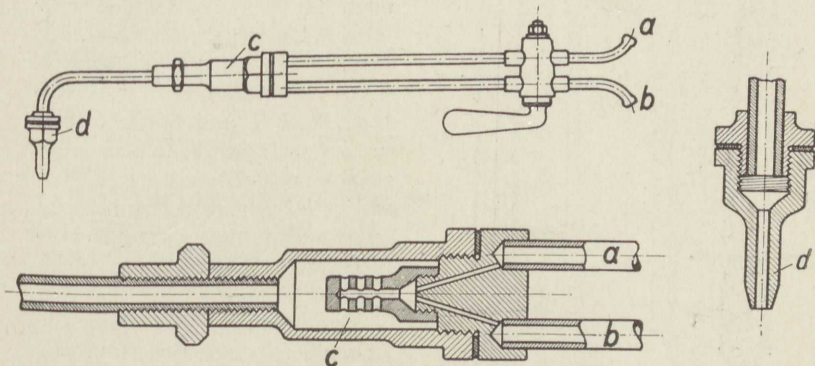


Abb. 332. Schweißbrenner für Wasserstoff-Sauerstoff.

Die Azetylschweißbrenner unterscheiden sich von den Wasserstoffschweißbrennern hauptsächlich dadurch, daß auf den erheblichen Druckunterschied der beiden Gase Azetylen und Sauerstoff Rücksicht genommen werden muß. Das Azetylen kommt aus den Erzeugungsgeschwindigkeiten unter einem Druck von etwa $0,01$ atü. Bei diesem geringen Druck würde die Strömungsgeschwindigkeit des explosiven Gasgemisches kleiner sein als seine Entzündungsgeschwindigkeit. Die Flamme würde dann leicht in den Brenner zurückschlagen. Man bildet die Schweißbrenner deshalb so aus, daß sie injektorartig wirken. Der Sauerstoffstrahl saugt das Azetylen an, und beide Gase mischen sich in einer Mischdrüse. Als Beispiel eines solchen Brenners diene der in Abb. 333 dargestellte des Autogenwerkes Sirius, Düsseldorf. Bei *a* wird der von der Sauerstoffflasche kommende Schlauch angeschlossen, bei *b* der von

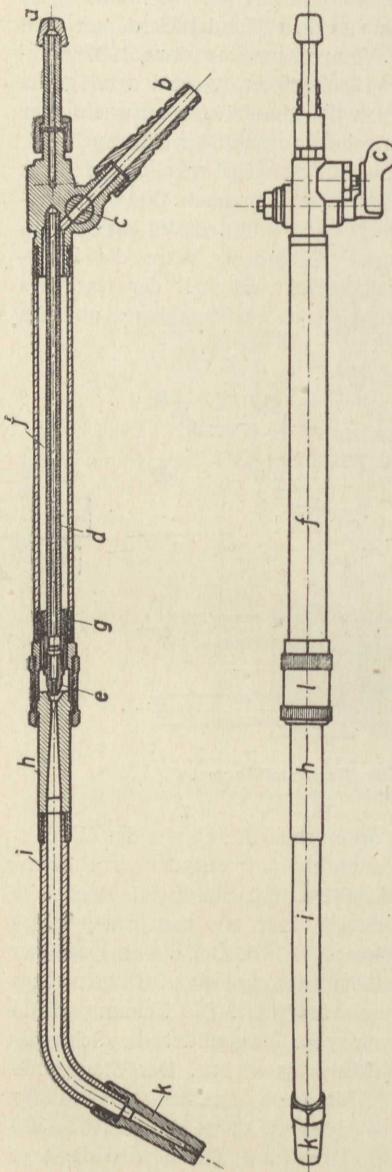


Abb. 333. Azetylenschweißbrenner.

der Wasservorlage kommende Azetylschlauch. Bei *c* sitzt ein Absperrhahn, der so eingerichtet ist, daß er gemeinsam beide Gasmengen regeln kann. Der Sauerstoff gelangt durch das innere Rohr *d* zur Düse *e*, aus der er mit großer Geschwindigkeit austritt. Er saugt hierbei das in dem äußeren Rohr *f*, dem sogenannten Handrohr, zugeführte Azetylen durch die ringförmige Düse *g* an. Beide Gase mischen sich in der Mischdüse *h*, ziehen durch das Rohr *i* zu der kupfernen Spitze *k*. Um sich den verschiedenen Blechstärken anpassen zu können, macht man Sauerstoffdüse, Mischdüse, Rohr *i* und Spitze *k* auswechselbar. Diese Teile können gemeinsam nach Lösen der Überwurfmutter *l* leicht abgenommen und gegen andere, der zu schweißenden Blechstärke entsprechende ausgetauscht werden.

Bei längerer Benutzung des Brenners tritt eine Erwärmung der Mischdüse *h* ein. Infolgedessen ändert sich die Zusammensetzung des Gasgemisches. Es wird ärmer an Azetylen und reicher an Sauerstoff. Die Flamme wirkt deshalb oxydierend auf das Werkstück, und es tritt auch häufig ein Zurückschlagen der Flamme in den Brenner ein. Die Wasservorlage verhindert zwar ein Zurückschlagen der Flamme bis in den Azetylerzeugungsapparat, es könnte aber der Brenner im Innern beschädigt werden. Man muß deshalb sofort den Absperrhahn schließen. Diese Übelstände vermeidet man, wenn

man den Brenner bei längerer Benutzung von Zeit zu Zeit in ein Kühlwassergefäß taucht.

Für Azetylen-Dissous können dieselben Brenner verwendet werden wie für Wasserstoff, da ja Brenngas und Sauerstoff unter demselben Drucke stehen. Meist benutzt man jedoch dieselben Brenner wie für gewöhnliches Azetylen und setzt den Druck des Azetylen-Dissous durch Drosselung herab.

Die Brenner müssen ihrer vielen empfindlichen Teile wegen sehr vorsichtig und schonend behandelt und bei Nichtbenutzung sorgfältig aufbewahrt werden, am besten in besonders dafür eingerichteten verschließbaren Holzkasten. Wird die Brenneröffnung durch herumspritzende Metalltröpfchen verstopft, so muß sie vorsichtig mit einem zugespitzten Holzstäbchen gereinigt werden. Auf gutes Dichthalten der Brenner ist besonders zu achten. Undichtigkeiten müssen sofort beseitigt werden.

Den Azetylschweißbrennern muß als Sicherheitsvorrichtung eine sogenannte Wasservorlage vorgeschaltet werden, die bei tragbaren Azetylenapparaten gewöhnlich am Apparat selbst sitzt. Durch sie soll verhindert werden, daß bei Betriebsstörungen Sauerstoff oder Luft in die Azetylenleitung oder den Azetylenapparat tritt, und daß die Flamme vom Brenner in die Leitung zurückschlägt. Der Sauerstoff tritt in den Azetylschweiß-

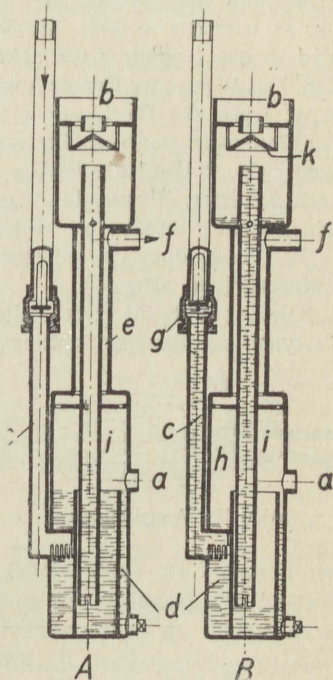


Abb. 334. A und B. Wasservorlage.

brenner mit erheblich höherem Druck als das Azetylen. Bei der Verstopfung der Düsenöffnung dringt der Sauerstoff in die Gasleitung und den Azetylenapparat ein. In größeren Hohlräumen bildet sich dann ein explosives Sauerstoff-Azetylgemisch. Wird dies durch ein vom Sauerstoff mitgerissenes glühendes Rußteilchen entzündet, so erfolgt eine gefährliche Explosion. Dasselbe kann eintreten, wenn der Sauerstoff Luft einsaugt. Ebenso kann es vorkommen, daß die Schweißflamme vom Brenner in die Leitung zurückschlägt. Sie muß dann in der Wasservorlage ausgelöscht werden. Die verschiedenen Konstruktionen

der Wasservorlagen sind im Prinzip alle ziemlich gleich. Es möge deshalb genügen, ein Beispiel an der Hand der Abb. 334 A und B genauer zu beschreiben. Abb. 334 A zeigt die normale Betriebslage. Die Vorlage ist bis zum Wasserstandshahn *a* vom Trichter *b* aus mit Wasser gefüllt. Das Gas gelangt durch das Rohr *c*, den Wasserverschluß *d* und das Rohr *e* zu dem bei *f* angeschlossenen Gasentnahmehahn (Abb. 334 A). Dringt nun vom Brenner her Sauerstoff mit Überdruck in die Vorlage ein, so tritt der in Abb. 334 B dargestellte Zustand ein. Das Wasser wird in das Gasrohr *c* gedrückt, und das Rückschlagventil *g* schließt sich. Das Wasser im Raume *h* wird aus dem Rohre *i* hinausgeschleudert, prallt gegen den Blechkegel *k* und sammelt sich unten im Trichter *b*. Der Sauerstoff kann ins Freie entweichen. Tritt der normale Zustand wieder ein, so fließt das Wasser aus *b* durch Löcher des Rohres *i* wieder nach *h* zurück. Ebenso das Wasser im Rohre *c* nach *d*, und das Rückschlagventil *g* öffnet sich wieder.

Bei Verwendung von gelöstem Azetylen in Stahlflaschen sind Wasservorlagen nicht nötig.

Die Azetylenflamme bildet sich bei richtiger Einstellung der Azetylen- und Sauerstoffzufuhr in der durch Abb. 335 veranschaulichten

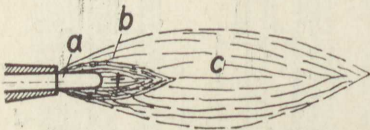


Abb. 335. Azetylenflamme.

Weise. Aus dem Brenner tritt ein Gemisch von Azetylen und Sauerstoff und bildet bei *a* eine scharf begrenzte, weiß leuchtende Zone von stäbchenartiger Form. Dann findet in der Zone *b* eine unvollkommene Verbrennung statt nach

der Formel $C_2H_2 + 2O = 2CO + H_2$. In der Zone *c* wird durch Hinzutritt des die Flamme umgebenden Luftsauerstoffes die unvollkommene Verbrennung zu einer vollkommenen nach der Formel $2CO + H_2 + 3O = 2CO_2 + H_2O$. Es bilden sich also Kohlensäure und Wasserdampf.

Die Zone *b* der Flamme wirkt reduzierend. An der mit einem + bezeichneten Stelle herrscht die höchste Temperatur von 3600—4000°. Diese Stelle muß stets die Schweißstelle treffen, dann wird auch etwa vorhandenes Metalloxyd wieder reduziert. Trifft die Zone *a* die Schweißstelle, so oxydiert der hier vorhandene freie Sauerstoff das Metall. Dasselbe tritt ein, wenn die Zone *c* die Schweißstelle trifft. Der Wasserdampf zerlegt sich bei der Berührung mit dem hochoverhitzten Metall in Wasserstoff und Sauerstoff und dieser oxydiert wieder das Metall.

Das Aussehen der Schweißflamme gibt einen Anhalt für die richtige Brennereinstellung. Zeigt die Zone *a* keine scharfe Begrenzung und erscheint an ihrer Stelle ein größerer flackernder, leuchtender Kern,

so ist ein Überschuß von Azetylen vorhanden. Der Wasserstoff des Azetylens verbrennt, und der freiwerdende Kohlenstoff kühlt bei Flußeisenschweißungen die Schweißstelle und macht das Eisen hart und spröde. Verkürzt sich die Zone *a* stark und nimmt sie eine violette Färbung an, so ist Überschuß an Sauerstoff vorhanden, der die Schweißstelle verbrennt. Zur Beseitigung dieser Übelstände muß man die Hähne an den Brennern so einstellen, daß die in Abb. 335 dargestellte richtige Flammenform eintritt.

Von den übrigen brennbaren Gasen wird nur noch das Blaugas zum autogenen Schweißen benutzt, wenn auch nicht in dem Maße wie Wasserstoff und Azetylen. Blaugas ist ein nach dem Erfinder Blau benanntes Gas, das durch Destillation von Mineralölen gewonnen wird. Es wird durch hohen Druck in Stahlflaschen verflüssigt und kommt so in den Handel. Die Stahlflaschen werden beim Schweißen wie die Wasserstoffflaschen mit einem Reduzierventil versehen.

Bei den nach dem Erfinder benannten Fernholz-Apparaten (Fernholz-Apparate-A.-G. Berlin) wird als Brennstoff Benzol benutzt. Die Schweißapparate sind so eingerichtet, daß von der Sauerstoffflasche zwei Leitungen abgezweigt sind. Die eine führt zum Schweißbrenner, die andere zu einem mit Benzol gefüllten Gefäß. Der Sauerstoff drückt dann das Benzol aus dem Gefäß zum Schweißbrenner, wo es vor dem Austritt durch eine kleine Flamme vergast wird und sich mit dem Sauerstoff mischt. Das Gemisch verbrennt mit einer Temperatur von etwa 2700°. Die Fernholz-Apparate sind sehr handlich, das Verfahren hat sich aber doch nicht so wirtschaftlich erwiesen wie die Azetylen-Sauerstoffschweißung. Bei Arbeiten im Freien ist zu beachten, daß Benzol bei Temperaturen unter 4° erstarrt.

Das Schmelzschweißen hat ein großes Anwendungsgebiet gefunden. Es wird an Stelle von Nieten und Löten verwandt bei der Herstellung von Blechgefäßen. Eisenkonstruktionen, Kesseln, Rohren u. dgl. Ferner bei Ausbesserungsarbeiten an Gußstücken, Dampfkesseln, besonders zum Flickern von Rissen und Brüchen.

Die meisten der in der Technik verwendeten Metalle lassen sich autogen schweißen. Bei Schweißisen, Flußeisen und Flußstahl sowie bei Stahl- und Temperguß gelingt die Schweißung ohne Verwendung eines Schweißpulvers als Flußmittel. Bei Gußeisen und den gebräuchlichen Nichteisenmetallen sowie bei Metallegierungen muß man Flußmittel benutzen. Einige charakteristische Beispiele von autogenen Schweißarbeiten gibt das Folgende.

... Schweißen von Flußeisenblechen. Bleche unter 1 mm Stärke bündelt man nach Abb. 336 an der Schweißnaht um etwa 1 mm um, heftet sie an einzelnen Punkten in Entfernungen von 100—200 mm

durch Schweißen aneinander und schmilzt dann durch Entlangführen der Schweißflamme an der Naht die Umbördelung nieder. Bleche von 1—3 mm Stärke läßt man mit den Schweißrändern stumpf zusammenstoßen, am besten so, daß zwischen ihnen ein Spalt von $\frac{1}{4}$ der Blechstärke frei bleibt. Diesen Spalt füllt man aus, indem man zugleich mit

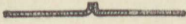


Abb. 336. Schweißnaht für Bleche unter 1 mm Stärke.

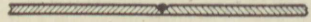


Abb. 337. Schweißnaht für Bleche von 3—15 mm Stärke.

der Schweißflamme das Ende eines Schweißdrahtes aus schwedischem Holzkohleneisen oder Elektrolyteisen über die Schweißnaht hinführt. Blechränder und Schweißdraht schmelzen dann ineinander. Bei Blechen von 3—15 mm Stärke schrägt man die Schweißkanten nach Abb. 337 unter einem Winkel von 45° ab und füllt die keilförmige Nut mit Schweißdraht aus. Bei Blechen über 15 mm Stärke bringt man eine solche Nut nach Abb. 383 auf beiden Blechseiten an.



Abb. 338. Schweißnaht für Bleche von mehr als 15 mm Stärke.

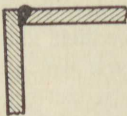


Abb. 340. Eckverschweißung zweier Bleche.

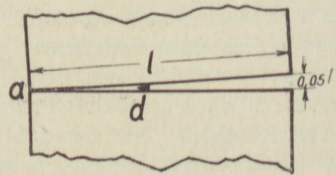


Abb. 339. Stumpfschweißen von Blechen.

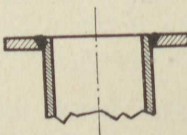


Abb. 341.

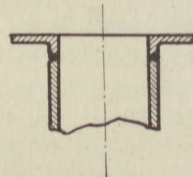


Abb. 342.

Anschweißen von Flanschen an Röhren.

Beim Stumpfschweißen von Blechen muß auf die Wärmeausdehnung Rücksicht genommen werden. Die Bleche müssen deshalb in der in Abb. 339 dargestellten Weise aneinandergelegt werden, bevor bei a mit der Schweißung begonnen wird. Die durch den Dorn d offengehaltene keilförmige Fuge schließt sich bei fortschreitender Schweißung und Er-

wärmung der Bleche infolge der Wärmeausdehnung. Der Dorn d bleibt immer in demselben Abstände vom Schweißbrenner und wird mit ihm gleichzeitig verschoben.

Abb. 340 zeigt das winkelförmige Aneinanderschweißen zweier Bleche, Abb. 341 und 342 das Anschweißen von Flanschen an Röhren, Abb. 343 das Einschweißen eines Rohrstützens, Abb. 344 das Zusammenschweißen zweier Rohrenden, wie es bei Verlegen von Rohrleitungen

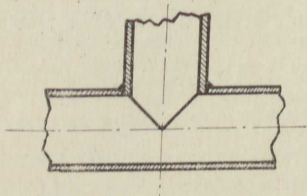


Abb. 343. Einschweißen eines Rohrstützens.

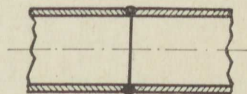


Abb. 344. Zusammenschweißen von Rohrenden.

benutzt wird. Abb. 345 zeigt das Aufschiessen eines Winkeleisens auf ein dünneres Blech. Beim Verschweißen solcher Werkstücke von verschiedener Wandstärke muß man zur Erzielung einer gleichmäßigen Erwärmung die Schweißflamme mehr auf das dickere Stück richten als auf das dünnere. Abb. 346 zeigt das Anschweißen eines Bodens an ein Blechgefäß.

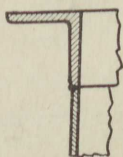


Abb. 345. Aufschiessen eines Winkelleisens auf ein dünneres Blech.

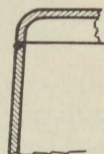


Abb. 346. Anschweißen eines Bodens an ein Blechgefäß.

Das Schweißen von Gußeisen wird häufig angewandt beim Flicken schadhafter Gußstücke. Da der Schmelzpunkt des Eisenoxydes höher liegt als der des Gußeisens, so muß beim Gußeisenschweißen immer ein Schweißpulver verwandt werden, um das Eisenoxyd in eine leichtflüssige Schlacke überzuführen. Im weichen, grauen Gußeisen ist der Kohlenstoff in Form von Graphit ausgeschieden, hierzu ist ein gewisser Siliziumgehalt nötig. Silizium verdampft nun in der Schweißflamme, das vorher graue Roheisen würde deshalb nach dem Schweißen in weißes verwandelt sein, indem der Kohlenstoff gelöst ist. Die Schweiß-

stelle würde dann hart sein. Um dies zu vermeiden, verwendet man Schweißstäbe mit einem höheren Siliziumgehalt als der des Gußstückes und schmilzt diese in die Schweißnaht ein. Während des Schweißens taucht man den Schweißstab wiederholt in das Schweißpulver und durchrührt mit ihm die geschmolzene Metallmasse. Beim Schweißen von Gußstücken muß besondere Rücksicht genommen werden auf die etwa schon im Gußstück vorhandenen Gußspannungen und die infolge der ungleichmäßigen Erwärmung beim Schweißen neu entstehenden Spannungen. Die Spannungen lassen sich am besten unschädlich machen,

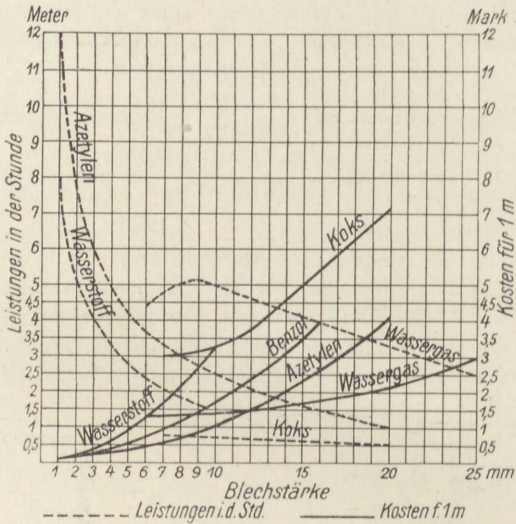


Abb. 347. Leistungen und Kosten der verschiedenen Schweißverfahren.

wenn man das Gußstück vor dem Schweißen bis auf Rotglut erhitzt und nach demselben langsam und vorsichtig abkühlen läßt. Kleine Gußstücke bringt man zu dem Zwecke vor und nach dem Schweißen in einen Muffelofen.

Beim Schweißen von Kupfer muß die Schweißflamme besonders sorgfältig eingestellt werden. Wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit des Kupfers nimmt das Werkstück erst eine große Wärmemenge auf, bevor das Schweißen beginnt. Es empfiehlt sich deshalb ein starkes Vorwärmen. Man benutzt Schweißstäbe aus reinem Elektrolytkupfer mit etwa 0,02% Phosphor. Der Phosphor wirkt reduzierend auf das sich bildende Kupferoxydul und verwandelt dieses wieder in metallisches Kupfer. Als Flußmittel verwendet man Schweißpulver oder Schweiß-

pasten. Geübte Schweißer kommen, namentlich bei dünnen Blechen, auch ohne Flußmittel aus. Kupfer nimmt im flüssigen Zustande sehr leicht Gase auf, die sich beim Erstarren wieder ausscheiden und die Schweißnaht porös machen. Zum Verdichten des Gefüges hämmert man deshalb die Naht im erhitzten Zustande. Da das Kupfer hierbei leicht hart und spröde wird, so schreckt man es in Wasser ab und erweicht dadurch sein Gefüge wieder.

Beim Schweißen der Kupferlegierungen, wie Bronze, Messing, Rotguß, verfährt man ähnlich wie beim Kupfer. Bei der Bronze ist zu berücksichtigen, daß sich beim Erhitzen ihre Festigkeit ganz erheblich verringert. Die Werkstücke müssen deshalb beim Schweißen sorgfältig gestützt und vor der Einwirkung äußerer Kräfte bewahrt werden, damit sie nicht zerstört werden.

Große Bedeutung hat auch das Schweißen von Aluminium und seinen Legierungen, wie Duraluminium, Silumin, Magnalium u. a. Aluminium besitzt eine hohe Wärmeleitfähigkeit; es empfiehlt sich deshalb, wie beim Kupfer, ein Vorwärmen des Schweißstückes. Ferner ist zu beachten, daß der Schmelzpunkt des Aluminiums bei 657° liegt, der seines Oxydes aber bedeutend höher, etwa bei 3000° . Das Schweißen gelingt deshalb nur bei reichlicher Verwendung eines guten Schweißpulvers (Autogal). Als Schweißstab verwendet man reines Aluminium.

Die Leistungen und Kosten der verschiedenen Schweißverfahren bei Blechschweißungen unter Zugrundelegung der Friedenspreise von 1914 sind aus dem Schaubilde Abb. 347 zu ersehen.

Das autogene Schneiden.

Mit den autogenen Schweißverfahren hat sich ein besonderes Schneidverfahren eingeführt, das sogenannte autogene Schneiden. Dies Verfahren benutzt die bei Schmelzschweißanlagen zur Verfügung stehenden heißen Stichflammen und den Sauerstoff. Erhitzt man ein Metall an irgendeiner Stelle mit der Stichflamme und führt dann auf diese Stelle unter Druck einen Sauerstoffstrahl, so verbrennt der Sauerstoff das Metall so lebhaft, daß an der Stelle in kurzer Zeit ein Loch entsteht. Führt man die Stichflamme langsam weiter und den Sauerstoffstrahl dicht hinter ihr her, so erzeugt man an Stelle des Loches einen wenige Millimeter breiten Spalt. Das verbrannte Metall wird durch den Sauerstoffstrahl hinausgeschleudert und die Verbrennung geht so schnell vor sich, daß die der Verbrennungsstelle benachbarten Metallteile kaum erwärmt werden. Man verwendet dies Verfahren zum Zerschneiden von Metallen unter Benutzung besonderer Schneidbrenner. Dies sind entweder Zweistrahlbrenner, bei denen die Düsen für die Stichflamme

und für den Sauerstoff hintereinander liegen, oder Ringstrahlbrenner, bei denen die beiden Düsen konzentrisch ineinander liegen.

Abb. 348 zeigt einen Zweistrahlbrenner für Azetylen. Azetylen und Sauerstoff werden in derselben Weise wie beim Schweißbrenner zugeführt. Der Sauerstoffstrom teilt sich aber im Brenner. Ein Teil mischt sich bei *a* mit dem Azetylen, und das Gemisch tritt aus der Heizröhre *b* als Stichflamme aus, der andere Teil kommt zur Sauerstoffdüse *c*. Die beiden Düsen sind so gegeneinander geneigt, daß der Sauerstoffstrahl das Werkstück unmittelbar neben der Stichflamme trifft. Der Kopf des Brenners trägt zwei kleine Rädchen und kann bequem in immer gleichbleibendem Abstände über

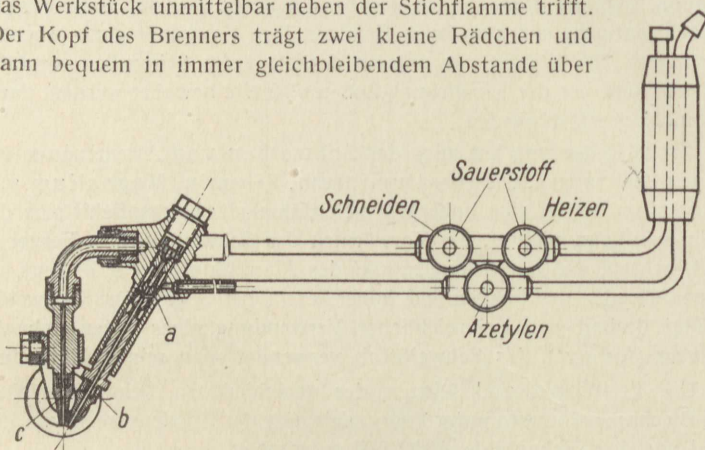


Abb. 348. Schneidbrenner.

das Werkstück hingeführt werden. Man kann dem durch das Verbrennen des Metalls erzeugten Spalt jede gewünschte Gestalt geben. Die Brenner werden entweder freihändig geführt oder man benutzt sogenannte Schneidmaschinen, bei denen der Brenner zwangsläufig, z. B. im Kreise oder an Schablonen entlang geführt wird.

Man benutzt das autogene Schneiden zum Ausschneiden von Mannlöchern in Blechen, zum Abschneiden von Profileisen, zum Zerschneiden abbrechender Eisenkonstruktionen, zum Abschneiden von Eingüssen und verlorenen Köpfen in Stahlgießereien und ähnlichen Arbeiten.

Man kann das Verfahren auch zum Schneiden unter Wasser verwenden, z. B. beim Abbruch von Brückenteilen oder bei Arbeiten an gestunkenen Schiffen. Man benutzt dann besondere Unterwasser-Schneidbrenner.

Über Gasverbrauch und Arbeitszeit beim autogenen Schneiden gibt die folgende Tabelle von Kanbug Aufschluß.

Gasverbrauch in Liter für 1 m Schnittlänge.

Blechdicke mm	Sauerstoff l	Azetylen l	Wasserstoff l	Arbeitszeit für 1 m Schnittlänge Min.
3	50	14	65	3
5	70	14	65	3
10	130	16	75	3 ¹ / ₃
20	230	20	90	4
30	360	30	135	4 ¹ / ₂
50	580	40	180	5
75	850	70	320	6 ¹ / ₂
100	1250	100	450	8
150	2250	140	630	10
200	3250	180	810	12
250	4300	230	1050	14
300	5800	270	1220	16

Das Thermitschweißen.

Das von Dr. Goldschmidt in Essen erfundene Thermitschweißverfahren oder aluminothermische Verfahren benutzt zum Erwärmen der Schweißstellen eine mit Thermit bezeichnete Masse. Diese besteht aus einem Gemisch von 1 Gewichtsteil gepulvertem Aluminium und 3 Gewichtsteilen gepulvertem Eisenoxyd. Ein solches Gemisch ist brennbar, entzündet sich aber sehr schwer. Will man es in einem Tiegel verbrennen, so muß man eine aus Bariumsperoxyd und Aluminium bestehende Zündmasse daraufbringen und diese mittels eines Sturmstreichholzes oder eines glühenden Drahtes entzünden. Das Thermit brennt dann in sich weiter. Das Eisenoxyd gibt dabei seinen Sauerstoff an das Aluminium ab und dies verbrennt zu einer aus Aluminiumoxyd (Korund), Al_2O_3 , bestehenden Schlacke, während sich flüssiges Eisen, sogenanntes Thermiteisen, ausscheidet nach der Formel $\text{Al}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$. Die leichtere Schlacke schwimmt auf dem den unteren Teil des Tiegels anfüllenden Thermiteisen. Schlacke und Eisen werden dabei auf etwa 3000° erhitzt. Das Thermiteisen ist ein schiedbares Eisen mit 1% C, 0,08% Mn und 0,09% Si. Der hoherhitze Tiegelinhalt wird zum Schweißen benutzt. Er dient dabei entweder nur zur Wärmeerzeugung, indem man Schlacke und Thermiteisen über die Schweißstellen hinfließen läßt, diese dadurch auf Schweißhitze bringt und die Schweißung dann als Preßschweißung vollzieht, oder man benutzt nach der Erwärmung das Thermiteisen als Bindemittel zur Vereinigung der zu verschweißenden Teile, führt also eine Schmelzschweißung aus.

Das erste Verfahren verwendet man z. B. beim stumpf Zusammenschweißen von Rohrenden, Wellen und Straßenbahnschienen.

Abb. 349 zeigt schematisch das Stumpfschweißen zweier Rohrenden. Die Rohre sind mit den metallisch reinen Stirnflächen dicht gegeneinander gelegt und mit einer Sandform umgeben. Dann bringt

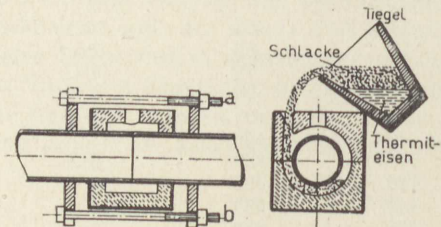


Abb. 349. Um die Rohrenden gelegte Form für Thermitschweißen und Gießvorgang.

man in einem Spezialtiegel, ein mit Magnesia ausgekleidetes Blechgefäß, eine geringe Menge Thermit, entzündet diese und füllt weiter Thermit nach. Den geschmolzenen hochoverhitzten Tiegelinhalt gießt man nun in die Sandform. Die Schmelze fließt

zuerst aus, erstarrt an den kalten Rohrenden und umhüllt diese als eine Kruste, die sie vor dem direkten Berühren und Verschmelzen mit dem später einfließenden Thermiteisen schützt. Die Rohrenden werden durch die hohe Temperatur der eingegossenen Masse in wenigen Minuten auf Schweißhitze gebracht und können nun durch gleichmäßiges Anziehen der Schrauben *a* und *b* einer auf ihnen

angebrachten Klemmvorrichtung zusammengeschweißt werden. Nach dem Erkalten werden Form und Thermitemasse entfernt. Auf dieselbe Art schweißt man auch Straßenbahnschienen zusammen.

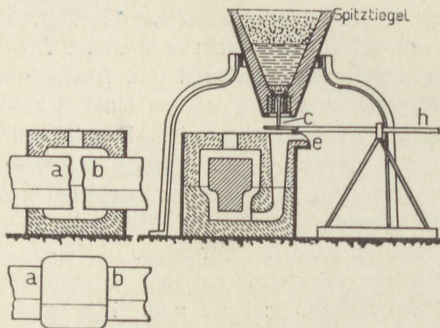


Abb. 350. Flicken eines gebrochenen Maschinenteils mittels Thermiteisenverfahrens.

Das zweite Verfahren wird häufig zum Flicken gebrochener Maschinenteile verwandt, wie Abb. 350 erläutert. Die Enden *a* und *b* des zerbrochenen Stückes werden metallisch rein gemacht und mit einer Sandform umgeben. Bei stärkeren Stücken muß ein kleiner Zwischenraum zwischen ihnen freibleiben. In die Form soll nur das Thermiteisen, nicht die Schmelze fließen. Man verwendet deshalb einen über die Form gestellten Spitztiegel, der unten eine Ausflußöffnung besitzt. Diese ist innen durch eine Asbestscheibe und daraufgelegte Eisenplatte verschlossen, über die eine Lage Sand oder Magnesia gestampft

wird. In die Ausflußöffnung ist von unten ein sich auf den Hebel *h* stützender Eisenstift *c* eingesteckt. In dem Spitztiegel wird die Thermitmasse entzündet, es sammelt sich dann unten im Tiegel das flüssige Thermit-eisen und auf ihm schwimmt die Schlacke. Stößt man nun den Stift *c* durch den Hebel *h* nach oben, so wird die Ausflußöffnung frei und das heiße Thermit-eisen fließt unter der Schlacke fort in die Form, und zwar läßt man es von unten emporsteigen. Die Schlacke kann bei *e* abfließen. In der Form verschmilzt das Thermit-eisen mit den zu verschweißenden Stücken. Nach dem Erkalten ist das Werkstück dann an der Bruchstelle mit einem Wulst Thermit-eisen umgeben.

Werkstücke von geringer Stärke, z. B. Wellen bis zu 100 mm Durchmesser, kann man auch einfach ohne Zwischenraum stumpf zusammenstoßen lassen und sie dadurch verschweißen, daß man das Thermit-eisen in Form eines Ringes um sie herumgießt.

Beim Stumpfschweißen von Straßenbahnschienen wendet man wohl eine Vereinigung beider Verfahren an. Man läßt das zuerst aus dem Spitztiegel fließende Eisen sich mit Fuß und Steg der Schiene verschmelzen und benutzt die Schlacke zum Erwärmen der Schienenköpfe, die man durch dann Preßschweißung miteinander vereinigt.

Das aluminothermische Verfahren wird auch zum Flickern schadhafter Gußstücke benutzt. Soll ein abgebrochenes Stück, z. B. ein Zapfen, wieder angeflickt werden, so bringt man über der Bruchstelle eine Sand- oder Lehmform des abgebrochenen Stückes an. Dann schüttet man auf die Bruchstelle etwas Thermit und entzündet dieses. Hierdurch wird die Bruchfläche stark erweicht und man kann nun in die Form Gußeisen eingießen, das sich mit der erweichten Bruchstelle innig vereinigt. In diesem Falle hat man Thermit nur zum Erwärmen benutzt. Man kann aber auch das Thermit-eisen selbst mit der Bruchstelle verschweißen, indem man es aus einem Spezialtiegel nach Abgießen der Schlacke auf die Bruchstelle gießt. Dabei verschweißt sich dann Schmiedeeisen mit Gußeisen.

Das elektrische Schweißen.

Hierbei dient der elektrische Strom als Wärmequelle. Man unterscheidet Lichtbogenschweißen und Widerstandsschweißen.

Lichtbogenschweißen. Zum Erhitzen der Schweißstelle dient ein sich zwischen zwei Elektroden bildender Lichtbogen. Die eine Elektrode wird durch das Werkstück gebildet, die andere beim Verfahren von Benardos durch einen Kohlenstab, beim Verfahren von Slavianoff durch einen Metallstab. Kohlenstab oder Metallstab werden, wie Abb. 351 zeigt, an einem isolierenden Griffe gehalten und in einem gewissen Abstände über die Schweißstelle geführt. Es bildet sich dann zwischen

dem Werkstück und dem Kohlen- oder Eisenstabe ein Lichtbogen von so hoher Temperatur (etwa 3900°), daß das Werkstück unter seinem Einflusse zu schmelzen beginnt. Man kann dann, wie beim autogenen Schweißen eine Schweißnaht bilden. Beim Benardosverfahren schmilzt man einen aus dem Metall des Werkstückes bestehenden Schweißdraht mit ein; beim Slavianoffverfahren schmilzt die aus demselben Material wie das Werkstück bestehende Elektrode und das abtropfende Material füllt die Schweißnaht aus. Die Augen des Arbeiters müssen beim Widerstandsschweißen durch eine Schutzbrille, Gesicht und Hände durch Schutzmaske bzw. Handschuhe vor den ultravioletten Strahlen des Lichtbogens geschützt werden.

Zur Bildung des Lichtbogens muß ein ganz gewisser Abstand zwischen den Elektroden gewahrt bleiben. Dies erfordert Geschicklichkeit und Übung. Beim Zerener-Verfahren (Abb. 352) ist dies nicht nötig.

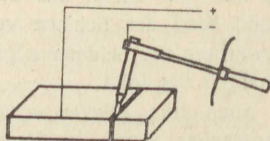


Abb. 351. Lichtbogenschweißer.

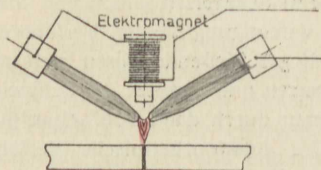


Abb. 352. Zerenersches Verfahren.

Hier benutzt man einen Lichtbogen zwischen zwei Kohlenstiften, der durch einen Elektromagneten gegen die Schweißstelle geblasen wird, und so die Form einer Stichflamme annimmt. Dies ergibt aber einen unhandlichen Apparat. Die größte Verbreitung hat das Slavianoffverfahren gefunden, das im folgenden besonders berücksichtigt werden soll.

Das Lichtbogenschweißen wird benutzt bei der Herstellung von Blechgefäßen, Kesseln, Eisenkonstruktionen und Rohrleitungen, sowie beim Aus flicken schadhafter Gußstücke. Man schweißte ursprünglich nur mit Gleichstrom, kann jetzt aber auch Wechselstrom benutzen.

Beim Schweißen von Stahl benutzt man als Elektrode einen weichen Stahl mit weniger als 0,1% Kohlenstoff, etwa 0,5% Mangan und unter 0,04% Phosphor und Schwefel. Das schmelzende Metall nimmt Sauerstoff und Stickstoff aus der Luft auf, während Kohlenstoff, Silizium und Mangan aus ihm herausbrennen. Beim Benardosverfahren nimmt das Schweißgut Kohlenstoffteilchen aus der Kohlenelektrode auf. Bei Gleichstrom hat der $+$ -Pol des Lichtbogens eine um 500° höhere Temperatur als der $-$ -Pol. Man legt deshalb den $+$ -Pol an das Werkstück. Bei Wechselstrom haben beide Pole dieselbe Temperatur. In vielen Fällen, namentlich bei Benutzung von Wechselstrom, wird

die Lichtbogenschweißung erleichtert durch Verwendung von ummantelten Elektroden. Als Ummantelung verwendet man pastenartige Massen aus Graphitpulver, Glas- und Kalkpulver, Borsäure, Kollophonium und viele andere patentierte Mischungen, auch Asbestschnur mit eingelegtem, 2 mm starken Aluminiumfaden. Die Umhüllung bildet beim Verbrennen um den Lichtbogen einen Gasmantel, der den Zutritt

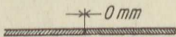
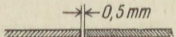
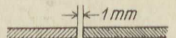
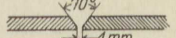

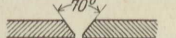
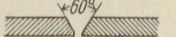
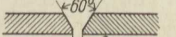
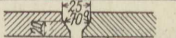
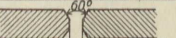
Blech- stärke mm	Vorbereitung der Schweiß- naht	Elek- trode ϕ mm	Schweißstrom					
			Elektrode					
			blank		umhüllt		asbestum- mantelt	
			Volt	Amp.	Volt	Amp.	Volt	Amp.
1,5		1	12 bis 14	30 bis 40	14 bis 16	30 bis 40	30 bis 32	30 bis 40
2		2	14 bis 16	40 bis 60	16 bis 18	40 bis 60	30 bis 32	40 bis 50
3		2	16 bis 18	60 bis 80	16 bis 18	60 bis 80	30 bis 32	50 bis 60
4 bis 6		3	16 bis 18	80 bis 100	18 bis 20	70 bis 90	28 bis 30	60 bis 70
6 bis 8		3	16 bis 18	100 bis 120	18 bis 20	90 bis 110	28 bis 30	70 bis 80
8 bis 10		4	17 bis 20	120 bis 140	18 bis 21	100 bis 120	28 bis 30	80 bis 90
10 bis 15		4	17 bis 20	140 bis 160	18 bis 21	120 bis 140	28 bis 30	90 bis 100
15 bis 20		5	17 bis 20	160 bis 180	18 bis 22	140 bis 160	27 bis 29	100 bis 130
20 bis 35		6	18 bis 22	180 bis 220	20 bis 24	160 bis 200	26 bis 28	130 bis 160
über 35		6	18 bis 22	180 bis 220	20 bis 24	160 bis 200	26 bis 28	130 bis 160

Abb. 353. Angaben für Stumpfschweißnähte.

des Luftsauerstoffes verhindert. Auch überzieht sie die Schweißstelle mit einer schützenden Schlackenschicht. Beim sogenannten Überkopfschweißen bildet die Umhüllung einen Krater, in dem sich das flüssige Metall halten kann. Abb. 353 und 354 enthalten Angaben für das Stumpf- und Überlapptschweißen von Blechen. Bei tiefen Nuten schweißt man mehrere Lagen übereinander.

Das Schweißen von Gußeisen und Stahlguß wird hauptsächlich beim Flicken beschädigter Gußstücke benutzt. Man unterscheidet Warmschweißung und Kaltschweißung, je nachdem, ob das Werkstück vorgewärmt wird oder nicht. Wenn irgend möglich, soll

man Warmschweißung anwenden. Um schädliche Spannungen zu vermeiden, wird das Werkstück auf Rotglut erwärmt und nach dem Schweißen ganz allmählich abgekühlt. Um die auszuflickende Stelle baut man eine Form aus Kohlen- oder Graphitplatten. Als Elektrode benutzt man ummantelte Gußstäbe. Man legt auch wieder den $+$ -Pol an das Werkstück. Man benutzt Stromstärken von 300—1000 Amp. bei 40—70 Volt.

Blechstärke mm	Vorbereitung der Überlappung	Schweiß- Stromstärke Amp.	Schweiß- Spannung Volt	Schweiß- Draht ϕ mm
10+10		150	20	4
15+15		180	20	4,5
20+20		180	20	5
25+25		200	22	6

Abb. 354. Angaben für Überlappschweißnähte.

Ist ein Vorwärmen des Gußstückes nicht möglich, so muß man Kaltschweißung verwenden. Hierbei benutzt man ummantelte Elektroden aus schmiedbarem Eisen und legt den $+$ -Pol nicht an das Werkstück, sondern an die Elektrode. Stromstärke 80—200 Amp., Spannung 20—35 Volt. Bei breiten Rissen schraubt man nach Abb. 355 gegeneinander versetzte Stifte in die Bruchflächen ein.

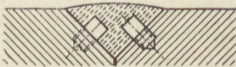


Abb. 355. Stiftverfahren.

Die Lichtbogenschweißung wird oft als Auftragschweißung zum Ausbessern abgenutzter Gleitflächen an Maschinenteilen benutzt.

Durch Lichtbogenschweißung verschweißte Werkstücke haben gute Zug- und Druckfestigkeit, jedoch nur geringe Dehnung. Sie dürfen deshalb an der Schweißstelle nicht stark auf Biegung beansprucht werden.

Widerstandsschweißung.

Die Widerstandsschweißung hat eine größere Bedeutung gefunden als die Lichtbogenschweißung. Sie beruht auf der Erscheinung, daß ein elektrischer Leiter sich an den Stellen stark erhitzt, an denen er dem ihn durchfließenden Strome einen hohen Widerstand entgegensetzt. Hiervon machte man zuerst Gebrauch bei dem in Abb. 356 dargestellten, von Thomson erfundenen elektrischen Stumpfschweißen. Die zu verschweißenden Werkstücke läßt man stumpf zusammenstoßen und schaltet sie durch Klemmbacken *a* in einen Stromkreis ein.

Der Strom findet an der Berührungsstelle der Werkstückenden einen großen Widerstand und erhitzt diese deshalb in kurzer Zeit auf Schweißhitze. Schaltet man nun den Strom aus und drückt die Werkstücke in den Pfeilrichtungen kräftig gegeneinander, so verschweißen sie. Ein sich an der Schweißstelle bildender Wulst kann im Rundgesenk beseitigt werden.

Man führt auf diese Weise viele kleine Schmiedearbeiten, z. B. das Schweißen von Ketten, Rohren, Schnallen u. dgl., auf besonderen, teils automatisch arbeitenden elektrischen Stumpfschweißmaschinen aus. Man gebraucht dazu Wechselstrom von 0,5—8 Volt Spannung und mehreren tausend Ampere Stromstärke, den man aus Strom von normaler Spannung durch besondere Umformer erzeugt. Die Umformer vereinigt man ge-

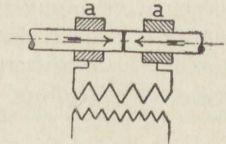


Abb. 356. Elektrisches Stumpfschweißen.

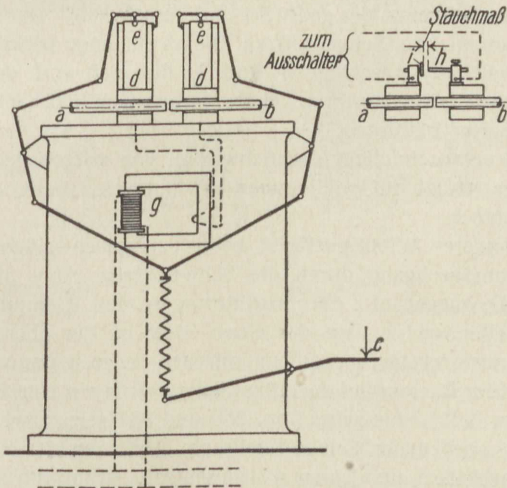


Abb. 357. Schema einer Stumpfschweißmaschine.

wöhnlich mit den Schweißmaschinen zu einem Ganzen. Wegen der geringen Spannung ist die Bedienung solcher Maschinen vollkommen ungefährlich und wird jugendlichen Arbeitern und Arbeiterinnen übertragen.

Stumpfschweißen lassen sich die Metalle bzw. Legierungen Stahl, Kupfer, Messing, Bronze, Zink, Gold, Silber, Platin und Wolfram. Schwer schweißen läßt sich Aluminium, gar nicht Gußeisen.

Abb. 357 zeigt die schematische Darstellung einer Stumpfschweißmaschine. Die zu verschweißenden Werkstücke *a* und *b* werden in die Einspannvorrichtungen gelegt, dann werden durch Heruntertreten des Fußhebels *c* durch einen Hebelmechanismus die Klemmbacken *d* fest angepreßt. Durch Weiterbewegungen von *c* werden dann die Schlitten *e* in wagerechter Richtung verschoben, der Schweißstrom eingeschaltet, die

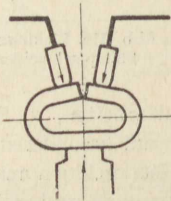


Abb. 358. Schweißen von Kettengliedern.

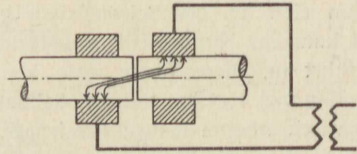


Abb. 359. Stromzuführung beim Stumpfschweißen.

Schweißenden gegeneinander gedrückt und verschweißt. Der vom Transformator *g* kommende Schweißstrom bleibt so lange wirksam, bis die beiden einstellbaren Anschläge *h* und *i*, die sich mit den Klemmbacken bewegen, sich berühren, einen Nebenstromkreis schließen und einen Ausschalter betätigen.

Abb. 358 veranschaulicht das Schweißen von vorgebogenen Kettengliedern. Dies erfolgt auf vollkommen automatisch arbeitenden Kettenschweißmaschinen.

Von besonderer Wichtigkeit ist beim Stumpfschweißen ein gleichmäßiger Stromdurchgang durch die Schweißstelle. Abb. 359 zeigt die von der AEG. angewandte Stromzuführung zu den Klemmbacken einer Stumpfschweißmaschine. Auf der einen Seite ist der obere Backenteil mit dem Transformator verbunden, auf der anderen der untere. Beim Anschluß beider Backen auf derselben Seite würde ein einseitiger Stromdurchgang zu befürchten sein. Abb. 360 und 361 zeigen, wie man durch Sägenschnitte neben der Schweißstelle ein Abfließen des Stromes nach der Seite verhindert und einen gleichmäßigen Stromdurchgang sichert. Die zu verschweißenden Teile müssen gleichen Querschnitt haben. Soll

z. B. eine Welle mit einem Bund versehen werden, so wird dieser nach Abb. 362 an beiden Seiten auf den Wellendurchmesser abgesetzt.

Ein Stumpfschweißen ist auch das sogenannte Abschmelzverfahren. Bei diesem werden die Schweißstücke zunächst miteinander in Berührung gebracht und dann um ein geringes Maß wieder auseinandergezogen, so daß sich zwischen ihnen ein Lichtbogen bildet, der die Schweißenden zum Schmelzen bringt. Hierauf werden die Stücke schlag-

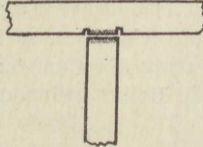
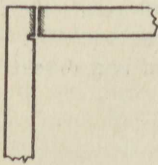


Abb. 360 und 361.
Zwecks gleichmäßigen Stromdurchgangs durch die Schweißstelle ausgeführte Einschnitte.

Abb. 362. Herstellung eines Bundes durch Zwischenschweißen eines abgesetzten Stückes.

artig zusammengetrieben und verschweißen nach Ausschalten des Stromes. Die Stoßflächen brauchen dabei nicht sauber bearbeitet zu sein. Beim Abschmelzverfahren gelingt das Zusammenschweißen zweier verschiedener Metalle, z. B. Kupfer und Eisen. Es wird angewandt bei der Herstellung von Schnellschnittstählen, indem man kleine Platten aus hochwertigem Werkzeugstahl auf minderwertigen Stahl aufschweißt; ferner zum Vorschuhlen von Rauch- und Siederöhren.

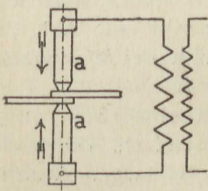


Abb. 363. Elektrische Punktschweißung.

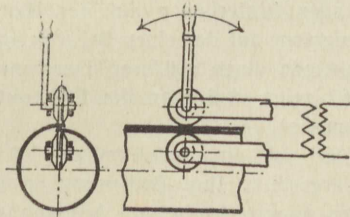


Abb. 364.

Nahtschweißung.



Abb. 365.

Eine besondere Art der Widerstandsschweißung ist die Punktschweißung, die zur Verbindung dünner Bleche und Profileisen an Stelle der Vernietung benutzt wird. Wie Abb. 363 zeigt, verwendet man dabei spitzenförmige, durch Wasser gekühlte Elektroden *a*, die von beiden Seiten gegen die zu verschweißenden, überlappenden Werkstückränder gedrückt werden. Der durch die Werkstücke gehende

Schweißstrom verschweißt diese dann an einem Punkte. So kann man an beliebig vielen Stellen in beliebiger Entfernung die Werkstücke aneinander heften. Die Punktschweißung ist zulässig bis zu 25 mm Blechstärke. An Stelle der punktwisen Verbindung kann man auch eine ununterbrochene Schweißnaht erzeugen, wenn man die Schweißpunkte dicht aneinander reiht oder, noch besser, wenn man statt der spitzen Elektroden kupferne Rollen verwendet, zwischen die man die Werkstücke hindurchführt, wie Abb. 364 veranschaulicht. Die obere Rolle wird dabei durch einen Handhebel gedreht. Will man statt der überlappten Naht eine stumpfe schweißen, so läßt man, wie Abb. 365 zeigt, die Ränder nur ganz wenig übereinander greifen und drückt sie in der Schweißhitze durch die Rollen ineinander.

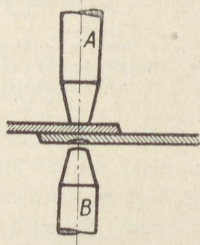


Abb. 366. Marke beim Schweißen mit Punktschweißung.

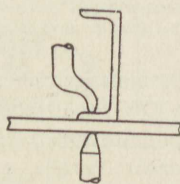


Abb. 367. Elektrodenform der Werkstückform angepaßt.

Die Elektroden hinterlassen auf der Blechoberfläche eine Marke. Dies kann wenigstens auf der einen Seite vermieden werden, wenn man der einen Elektrode einen größeren Durchmesser gibt, wie Abb. 366 zeigt. Abb. 367 zeigt, daß man die Elektrodenform der Werkstückgestalt gut anpassen kann.

In Abb. 368 ist eine elektrische Punktschweißmaschine schematisch dargestellt. Ihre Bedienung ist sehr einfach. Die beiden wassergekühlten Elektroden *a* und *b* sitzen an zwei langen Armen *c* und *d*, so daß auch umfangreichere Werkstücke Platz finden. Der untere Arm *c* ist an einer Aufspannplatte verstellbar, der obere um ein Gelenk *e* drehbar. Durch Heruntertreten des Fußhebels *f* wird er mit Hilfe der Stange *g* nach unten bewegt und drückt die Elektrode *b* auf das Werkstück. Gleichzeitig wird dann auch durch die Stange *g* bei *h* ein Schalter eingerückt, der dem in der Maschine untergebrachten Umformer Strom zuführt. Die sekundäre Wicklung des Umformers ist meist eine einfache Kupferschiene *s*, die den Schweißstrom zu den Elektroden *a* und *b* führt. Sowie die Elektrode *b* das Werkstück berührt, geht der Schweißstrom

durch dieses hindurch, und die beiden Bleche werden an der Durchgangsstelle verschweißt. Das Gewicht *i* und die Feder *k* heben den Arm *d* wieder und rücken den Schalter *h* aus, sobald der Fußhebel *f* freigegeben wird. Man kann bis 20000 Schweißpunkte täglich herstellen. Statt der Elektroden *a* und *b* lassen sich auch leicht die in Abb. 364 dargestellten Rollen anbringen, wodurch die Punktschweißmaschine zu einer Nahtschweißmaschine wird. Mit dieser lassen sich bei 0,5 mm Blechstärke Nahtschweißgeschwindigkeiten bis zu 30 mm/sek erreichen.

Die elektrischen Punkt- und Nahtschweißmaschinen finden eine weitgehende Verwendung bei der Herstellung von Blechgefäßen, Kochtöpfen, Wasserkesseln u. dgl. Zur Herstellung von Hohlkörpern, z. B. des in Abb. 369 dargestellten Ausgusses für Wasserkessel, hat man besondere Einrichtungen, von denen Abb. 370 ein Beispiel zeigt. Der Hohlkörper wird gewöhnlich aus zwei aus Blech gestanzten Hälften zusammengeschießt. Zur Bildung der Schweißnaht benutzt man die in Abb. 369 mit *a* bezeichneten Stanzgrate. Wie Abb. 370 zeigt, werden die beiden aufeinandergelegten Hälften durch zwei sich ihrer äußeren Gestalt ziemlich eng anschmiegende Klemmbacken *a* und *b* zusammengespant. Die untere Klemmbacke *b* bildet die eine Elektrode; sie wird auf dem Tische *c* verschoben und greift dabei mit einer in ihr isoliert ange-

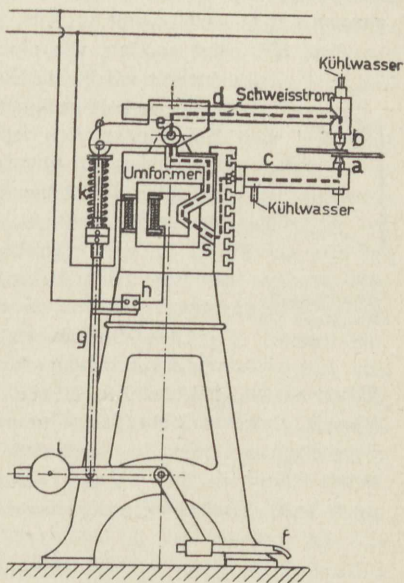


Abb. 368. Schema einer elektrischen Punktschweißmaschine.

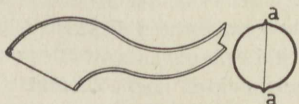


Abb. 369. Abb. 369-und 370. Schweißen eines Hohlkörpers.

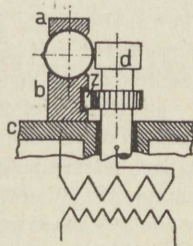


Abb. 370.

brachten Zahnstange z in ein Zahnrad, das an der anderen walzenartigen Elektrode d sitzt, die sich isoliert in dem Tische c um ihre Längsachse drehen kann. Führt man nun nach Einschalten des Stromes das Werkstück an der Walze d entlang, so wird die Naht auf ihrer ganzen Länge verschweißt.

Abb. 371 zeigt endlich, wie ein solcher Ausguß an den Kessel geschweißt wird. Die Elektroden a und b müssen dann eine für die Arbeit geeignete Gestalt haben.



Abb. 371. Anschweißen des Ausgusses an den Kessel.

Es lassen sich fast alle Metalle elektrisch schweißen. Bei solchen mit niedriger Schmelztemperatur wendet man an Stelle des Schweißens ein elektrisches Hartlöten an, das große Ähnlichkeit mit der Widerstandsschweißung hat. Es wird zwischen die beiden zu verbindenden Teile ein Lot gebracht und die Temperatur nur so hoch gesteigert, bis dies zu schmelzen beginnt.

Die Schweißverfahren, bei denen das Metall nur erweicht und dann durch äußere Kräfte bearbeitet wird, haben den Vorteil, bei welchen es zum Schmelzen kommt, gegenüber den Vorteil, daß das Metall seine ursprüngliche Struktur behält, die beim Schmelzen verlorengeht, und daß die Schweißstelle durch nachträgliches Hämmern eine größere Dichtigkeit erhält. Man hämmert deshalb auch wohl durch Ineinanderschmelzen gebildete Schweißstellen.

Das Löten.

Mit Löten bezeichnet man das Verbinden zweier Metallstücke unter Benutzung eines Lotes als Bindemittel. Unter Lot versteht man dabei ein Metall oder eine Metallegierung, die einen niedrigeren Schmelzpunkt haben als die zu verbindenden Metallstücke. Das Lot wird flüssig in die Trennungsfuge gebracht und muß eine so innige Verwandtschaft zu den zu verbindenden Metallen haben, daß es sich innig mit ihnen vereinigt.

Nach der Höhe des Schmelzpunktes unterscheidet man Weichlot oder Schnellot mit Schmelztemperaturen unter 300° und Hartlot oder Strenglot mit Schmelztemperaturen über 500° . Sind die Hartlote hämmerbar, so nennt man sie Schlaglot. Die Hartlote werden in Form von Blechstreifen, Drähten, Feilspänen und Körnern benutzt. Die Auswahl des Lotes richtet sich nach der Höhe der Schmelztemperatur der zu verbindenden Metalle und der gewünschten Festigkeit der Lötverbindung. Die Weichlote sind meist Legierungen von Blei und Zinn, denen zur Herabsetzung des Schmelzpunktes noch Wismut zugesetzt wird. Ein Weichlot aus zwei Teilen Blei und einem Teil Zinn schmilzt bei 240° . Das gewöhnliche Klempnerlot hat zwei Teile Zinn und ein

Teil Blei und schmilzt bei 190°. Ein Lot aus 118 Teilen Zinn, 207 Teilen Blei und 208 Teilen Wismut schmilzt schon bei 124°. Die Weichlote kommen in Stangenform in den Handel. Die gebräuchlichsten Hartlote sind reines Kupfer, das sogenannte Kupferlot, eine Legierung aus fünf Teilen Kupfer und einem Teil Blei, Messing und andere Legierungen aus Kupfer, Zink und Zinn. Ein Silberzusatz erzeugt dabei ein besonders dünnflüssiges, gut hämmerbares Lot. Das Lötzinn ist nach DIN 1707 genormt, die Hartlote nach DIN 1710 und 1711.

Die Lötflächen müssen beim Löten metallisch rein sein, man muß sie deshalb vor Oxydieren in der Löthitze schützen. Beim Weichlöten benutzt man dazu Lötwater, die Salzsäure und Chlorzink enthalten und die Lötflächen sauber ätzen. Beim Hartlöten verwendet man, wie beim Schweißen, Mittel, die die Flächen vor der Berührung mit der Luft schützen und Oxyde, die sich schon gebildet haben, auflösen. Vor allem sind dazu geeignet Borax, Glaspulver, phosphorsaures Natron, Wasserglas, Phosphorsäure, Kolophonium, Salmiak u. a. Neuere Lötmittel sind Ferrofix aus Kupferoxydul und Borax bestehend, das zum Gußeisenlöten benutzt wird, Fludor, ein Chlorid, das in Form einer Paste verwandt wird, die in der Hitze ölig wird, Tinoi, ebenfalls eine pastenartige Masse aus Glycerin und Salmiak, die auch gleich das Lötmetall enthält.

Aluminium läßt sich mit den gewöhnlichen Lötmitteln nicht löten. Es kommen verschiedene Sondermittel dafür in den Handel. Als Lot benutzt man die gewöhnlichen Weichlote oder Firinit, ein Hartlot aus Zink, Aluminium und Magnesium.

Zum Erwärmen der Lötstelle und zum Schmelzen des Lotes dienen die verschiedensten Einrichtungen, je nach der Art des Lotes. Beim Weichlöten benutzt man meist den LötKolben. In der einfachsten Form ist dies ein mit Stiel und Handgriff versehenes Kupferstück, das erwärmt wird und dabei soviel Wärme aufnimmt, wie zum Schmelzen der Weichlote nötig ist.

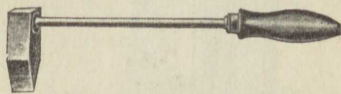


Abb. 372. Hammerkolben.

Abb. 372 zeigt einen Hammerkolben und Abb. 373 einen Spitzkolben. Die LötKolben werden in gewöhnlichen Schmiedefeuern oder



Abb. 373. Spitzkolben.

in besonderen kleinen Lötöfen erwärmt. Die BenzinlötKolben (Abb. 374) durch eine Benzinflamme, für die der Brennstoff im LötKolbengriff untergebracht ist. Auch an Gasleitungen angeschlossene LötKolben sind in Gebrauch. Abb. 375 zeigt einen elektrisch heizbaren LötKolben, der durch eine stromdurchflossene Spirale wie ein elektrischer Heizkörper

erhitzt wird. Zum Löten benutzt man die scharfe Kante des LötKolbens, die Bahn; diese wird stets verzinkt, indem man sie durch Reiben auf einem Salmiak- oder Kolophoniumstückchen reinigt, in Lötwater taucht und dann auf dem Salmiakstück ein wenig Zinn auf ihr verreibt.

Die beim Hartlöten nötigen hohen Temperaturen lassen sich durch den LötKolben nicht erzeugen. Für kleinere Arbeiten kann man dann das Lötrohr verwenden, ein kleines gebogenes Rohr mit enger Aus-

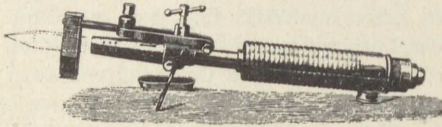


Abb. 374. BenzinlötKolben.



Abb. 375.
Elektrisch heizbarer LötKolben.

trittsöffnung, durch das man Luft in eine Gas- oder Spiritusflamme bläst und dadurch eine heiße Stichflamme erzeugt, die man auf die Lötstelle treffen läßt. Für größere Werkstücke verwendet man Löt-pistolen, die eine größere Stichflamme erzeugen durch Verbrennen eines Gases mit Gebläseluft. Zur Erzeugung der Gebläseluft hat man Zylinder-Gas-Lötgebläse (Abb. 376). Das durch einen Fußhebel betätigte

Gebläse befindet sich in einem eisernen Zylinder *a*, der oben eine drehbare Schale trägt. In diese Schale bettet man die Werkstücke in als Wärmeschutz dienende Holzkohle oder Koks und richtet die Stich-



Abb. 376. Zylinder-Gas-Löt-gebläse mit Löt-pistole.

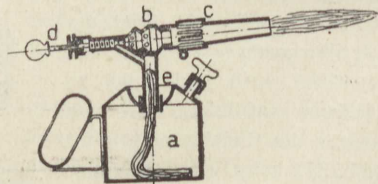


Abb. 377. Löt-lampe.

flamme der Löt-pistole *b* darauf. Die Löt-pistole ist mit einem Schlauche an die Gasleitung angeschlossen, mit dem anderen an das Gebläse. Die Flamme läßt sich durch eine Druckfeder regeln. Eine größere Beweglichkeit und Unabhängigkeit von der Gasleitung und dem Gebläse bieten die sehr verbreiteten Löt-lampen, von denen Abb. 377 ein

Beispiel zeigt. Der Behälter *a* enthält Spiritus, Benzin oder ähnliche brennbare Flüssigkeiten, die während des Betriebes durch die Wärme der eigenen Flamme vergast werden. Das Gas mischt sich mit der durch zahlreiche Öffnungen des Brenners *b* eintretenden Luft und verbrennt mit heißer Stichflamme. Zur Regelung der Flammengröße dienen die Spindel *d*, die den Gaszutritt, und die verschiebbare Hülse *c*, die den Luftzutritt regelt. Zur Inbetriebnahme der Lampe wird in die Vertiefung *e* etwas brennbare Flüssigkeit eingegossen und entzündet.

Das Hartlöten wird so vollzogen, daß die Lötflächen metallisch rein gemacht und dicht zusammengelegt werden; nötigenfalls müssen sie durch Schraubzwingen, Bindedraht oder andere Mittel in ihrer Lage gehalten werden. Dann wird das Hartlot in Form von feinen Spänen oder Körnern mit dem Lötmittel, meist Borax, gemischt, auf die Lötstelle gebracht und das Ganze durch die oben beschriebenen Mittel so weit erwärmt, daß das Lot anfängt zu fließen und in die Lötfläche eindringt.

Bei Masselötungen, wie sie z. B. beim Bau von Fahrradrahmen vorkommen, bedient man sich der Lötessel oder Tauchöfen. Dies sind Kessel, in denen eine größere Menge Schlaglot und Lötmittel geschmolzen sind. Das leichtere Lötmittel schwimmt natürlich auf dem Lot. Werden nun die zusammengepaßten und vorgewärmten Werkstücke in den Kessel eingetaucht, so kommen sie erst in das Lötmittel, überziehen sich damit, und dann in das flüssige Lot, das in die Lötungen eindringt und nach dem Herausnehmen der Werkstücke darin erstarrt.

Bleirohre lötet man so, daß man das eine Rohrende trichterförmig aufweitet, in diese Erweiterung das andere Rohrende hineinsteckt und den Zwischenraum mit flüssigem Blei ausfüllt. Zu dem Zwecke hält man einen Bleistab in den Trichter, bringt ihn, gewöhnlich durch eine Wasserstoffflamme, zum Schmelzen und verschmilzt ihn mit den ineinandergesteckten Rohrenden.

Das autogene Löten ist ein Mittelding zwischen Löten und Schweißen. Man benutzt zum Erwärmen der Lötstellen dieselben Brennstoffe und Brenner wie beim autogenen Schweißen. Von diesem unterscheidet sich das autogene Löten aber dadurch, daß man nicht einen Schweißstab von demselben Metall wie die zu verbindenden Werkstücke benutzt, sondern einen Lötstab aus Blei oder einem anderen Lötmetall. Ein Lötmittel ist nicht nötig, wenn Lötstab und Werkstücke metallisch rein gemacht sind. Die Lötfläche macht man, wie Abb. 353 zeigte, keilförmig und füllt sie in mehreren Lagen übereinander mit Lot aus.

Das Härten.

Stahl besitzt die Eigenschaft der Härtpbarkeit, d. h. wenn man ihn bis zur Glühhitze erwärmt und dann plötzlich, etwa durch Eintauchen in kaltes Wasser, abkühlt, so wird er glashart. Diese Glashärte läßt sich durch nachträgliches Erwärmen, Anlassen, wieder mildern. Die Härtpbarkeit ist in erster Linie abhängig vom Kohlenstoffgehalt des Stahles. Reines Eisen läßt sich nicht härten. Besonderen Einfluß auf das Härten haben die dem Stahl gegebenen Zusätze von Mangan, Chrom, Vanadium, Wolfram u. a. bei den legierten Stählen. Die letzteren schreckt man in Öl oder Luft ab. Das Abschrecken muß mit einer bestimmten, von der Zusammensetzung des Stahles abhängigen Geschwindigkeit, der sogenannten kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit, erfolgen. Bei den

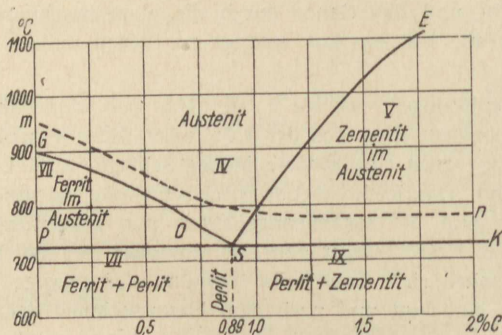


Abb. 378. Härtediagramm.

Kohlenstoffstählen darf das Abkühlen nur wenige Sekunden dauern, bei den legierten Stählen dagegen kann es oft so lange dauern, daß die Abkühlung an der Luft genügt.

Das Härten erfolgt hauptsächlich bei Werkzeugstählen mit bis 1,7% Kohlenstoff. Von dem früher besprochenen Eisen-Kohlenstoffdiagramm (S. 9) kommt deshalb nur der Teil oberhalb und unterhalb des Linienzuges $G-O-S-E$ in Frage, der hier noch einmal betrachtet werden soll (Abb. 378).

Oberhalb der Linie $G-O-S-E$, also im Zustandsfelde IV, haben wir die feste Lösung oder Austenit. Bei langsamer Abkühlung scheidet sich unterhalb der Linie $G-O-S$ Ferrit, unterhalb $S-E$ Zementit aus. Ferrit ist weich, Zementit dagegen sehr hart. Unterhalb der Linie $P-K$ zerfällt die feste Lösung in Perlit, ein Gemenge von Ferrit und Zementit. Unterhalb $P-S$, im Felde VIII, haben wir also Ferrit + Perlit, unterhalb $S-K$,



Abb. 379.
Stahl mit 1,3% C.

Gefüge: Grundmasse Austenit mit schwarzen Martensitnadeln.

Vergrößerung 200fach.



Abb. 380.

Stahl mit 0,5% C von 1000° C in Wasser abgeschreckt.
Gefüge: Martensit.

Vergrößerung 200fach.

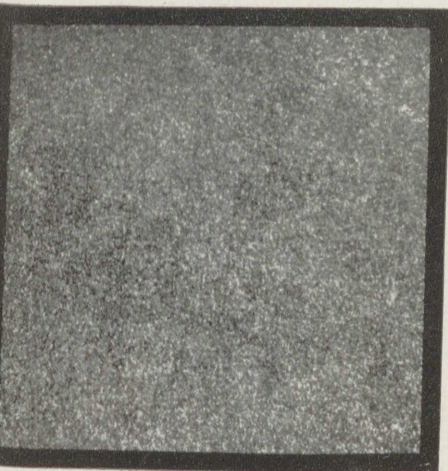


Abb. 381.

Stahl mit 0,5% C von 850° in Wasser abgeschreckt
und auf 600° angelassen.

Gefüge: Sorbit.

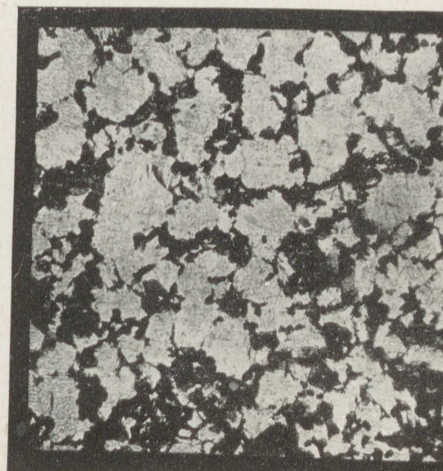


Abb. 382.

Stahl mit 0,5% C von 1000° in Wasser abgeschreckt
und auf 250° angelassen.

Gefüge: helle Grundmasse = Martensit, schwarze
Knoten = Troostit.

im Felde IX, Perlit + Zementit. Unterhalb des Punktes S, bei 0,89% Kohlenstoff, haben wir nur Perlit (Eutektoid).

Das Gesagte gilt nur für normale, langsame Abkühlung. Man kann jedoch durch plötzliche Abkühlung den Zustand der festen Lösung festhalten und erhält dann das Gefüge Austenit. Dies ist bei Kohlenstoffstählen jedoch nur möglich durch Abschrecken in flüssiger Luft. Beim Abschrecken in den gewöhnlichen Härteflüssigkeiten erhält man statt des Austenit ein nadeliges Gefüge, Martensit, von großer Härte (Schliffbilder, Abb. 379 und 380).

Zum Härten muß man den Stahl so weit erhitzen, bis sich wieder die feste Lösung, Austenit, bildet und dann durch Abschrecken die Bildung von Martensit herbeiführen. Der untereutektoiden Stahl muß dabei über die Linie *GOS* hinaus erhitzt werden, also um so höher, je geringer der Kohlenstoffgehalt ist. Die kohlenstoffarmen Stähle lassen sich schlecht härten, da der Martensit zuviel weiches Ferrit enthält. Die übereutektoiden Stähle brauchen nicht bis über die Linie *SE* erhitzt zu werden, sondern nur über *SK*, da der sich ausscheidende Zementit sehr hart ist. Unlegierte Stähle erhitzt man zum Härten im allgemeinen bis etwa 50—100° über die durch den Linienzug *GOSK* festgelegte Temperatur. Die Temperaturhöhe wächst mit den Querschnittsabmessungen des Stahls, damit die Härtung genügend tief in den Stahl eindringt. Mit der Temperaturhöhe wachsen die beim Abschrecken im Werkstück auftretenden Spannungen. Je weniger man über die Temperaturen der Linie *GOSK* hinausgeht, um so geringer werden die Spannungen, um so feiner wird das Korn des Stahls und um so kleiner die Härtungstiefe. Die Linie *mn* gibt z. B. die Härtetemperaturhöhe für Kohlenstoffstähle von geringen Querschnittsabmessungen an.

Bei den legierten Stählen wird durch die Zusätze von Mangan, Chrom, Wolfram, Vanadium, Silizium der Linienzug *GOSE* erheblich herabgesetzt. Die oben beschriebene Umbildung der festen Lösung erfolgt also bei tieferen Temperaturen. Erfolgt sie unter Zimmer-temperatur, so ist zum Härten kein Abschrecken nötig. Das Härten kann im kalten Luftstrom erfolgen. Man nennt solche Stähle Selbsthärter.

Durch das Abschrecken wird der Stahl glashart und spröde. Will man dies nicht, so läßt man die Abkühlung nicht so schroff erfolgen oder mildert die Glashärte des Stahles durch nachträgliches Erwärmen oder Anlassen. Hierbei bilden sich Zwischenstufen zwischen Martensit und Perlit. Zu diesen gehören Sorbit und Troostit, deren Schliffbilder die Abb. 381 und 382 zeigen.

Außer der oben kurz beschriebenen Härtung des Stahles durch Erhitzen und Abschrecken gibt es eine sogenannte Kalthärtung. Diese

tritt auf bei manchen Kaltverformungsarbeiten des Stahles, besonders bei weichen Stahlarten, z. B. beim Drahtziehen, Pressen und Ziehen. Die Festigkeit und Härte des Stahles nehmen dabei zu, die Dehnung dagegen nimmt ab. Der Stahl wird schließlich so spröde und brüchig, daß er zur weiteren Bearbeitung durch Glühen wieder erweicht werden muß. Durch die Kalthärtung ist dann eine Verzerrung der Kristalle eingetreten; durch Glühen über 500° tritt eine Rekristallisation ein. Kalthärtung tritt auch bei manchen Metallegierungen auf, z. B. bei Messing. Bei diesem kann man eine Rekristallisation durch 2—3ständiges Glühen bei $600\text{—}800^{\circ}$ erreichen.

Oft ist die Kalthärtung unmittelbar nach der Kaltverformung nur gering, steigert sich aber allmählich und erreicht erst nach einigen Monaten ihren Höhepunkt. Man nennt diese Erscheinung Altern. Man kann das Altern erheblich abkürzen, wenn man den Stahl nach der Kaltverformung auf $100\text{—}300^{\circ}$ erhitzt. Man nennt dies künstliches Altern.

Das Erwärmen des zu härtenden Stahles kann in gewöhnlichen Schmiedefeuern erfolgen, jedoch geschieht dies nur in ganz kleinen Betrieben. Man benutzt dann einen möglichst reinen Brennstoff, Holzkohle oder gut ausgeglühte Schmiedekohle, damit der Stahl keine schädlichen Bestandteile aus dem Brennstoff aufnehmen kann. Ein gleichmäßiges Erwärmen

läßt sich beim Schmiedefeuer kaum erreichen, besonders werden die vorstehenden Ecken und Kanten stärker erhitzt als die dickeren Teile, auch ist ein Oxydieren der Teile durch die Gebläseluft zu befürchten. Es ist deshalb besser, besonders mit Kohle, Koks, Öl, Gas oder elektrisch geheizte Härteöfen zu benutzen, bei denen die Werkstücke nicht direkt mit den Brennstoffen in Berührung kommen, sondern höchstens mit den Flammen oder Verbrennungsgasen.

Einen einfachen Härteofen zeigt Abb. 383. Die zu härtenden Stücke liegen auf einer Platte *a*, durch deren Schlitze die Flammen hindurchschlagen und die Werkstücke von allen Seiten gleichmäßig umspülen und erhitzen. Durch Verstellung des Schiebers *b* kann die Flamme nach vorn oder hinten gezogen werden.

Große Verbreitung haben die mit Gas geheizten Härteöfen gefunden, da sie sauber und einfach zu bedienen sind und die Temperatur in ihnen sich leicht beliebig lange auf einer bestimmten Höhe halten läßt,

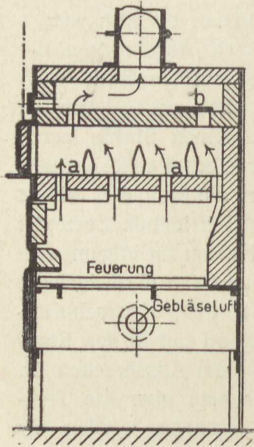


Abb. 383. Härteofen.

wodurch ein Überhitzen des Werkstückes vermieden wird. Abb. 384 zeigt einen Härteofen mit Gasfeuerung, und zwar einen sogenannten Plattenofen. Das Gas wird vor dem Eintritt in den Ofen mit Gebläseluft gemischt. Die letztere gelangt zunächst in den Windkessel *a* und von dort in das Rohr *b*, in dem sie sich mit dem bei *c* eintretenden Gase mischt. Das Gemisch tritt dann durch die Brenner *d* an beiden Längsseiten in den Ofen, um hier zu verbrennen. Die Brenner sind so gegeneinander versetzt, daß die Flammen aneinander vorbeischießen können. Der Verbrennungsraum *e* ist von dem übrigen Herdraume durch eine Schamotteplatte *f* getrennt, die an beiden Längsseiten einen schmalen Spalt für den Durchgang der Verbrennungsgase freiläßt. Auf

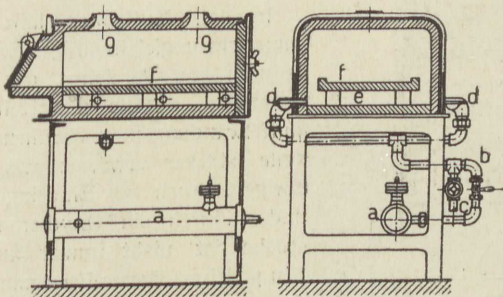


Abb. 384. Härteofen mit Gasfeuerung.

diese Weise sind die auf der Platte liegenden Werkstücke vor örtlicher Überhitzung geschützt. Das verbrennende Gas-Luftgemisch hat einen Überschuß an Gas, und im Ofeninnern herrscht ein solcher Überdruck, daß keine Luft von außen eindringen kann. Hierdurch wird ein Oxydieren der Werkstücke verhindert. Die Verbrennungsgase ziehen bei *g* ab.

Durch die Berührung mit den Flammen oder Verbrennungsgasen kann die chemische Zusammensetzung der Stähle noch ungünstig beeinflusst werden. Will man dies vermeiden, so schließt man den Stahl vollständig von der Flamme ab. Im kleinen Maßstabe kann dies dadurch geschehen, daß man das Werkstück in ein altes, an einem Ende geschlossenes Gasrohr, einen Blechkasten oder ein Stück \perp -Eisen legt, mit Holzkohle umgibt und diese Vorrichtung ins Feuer legt. Besser ist es jedoch, die Werkstücke in vollkommen geschlossene Gefäße aus feuerfestem Ton, Graphit oder Gußeisen, sogenannte Muffeln, einzuschließen, die außen von den Flammen umspült werden. Einen mit solchen Muffeln ausgerüsteten Ofen von Baumann, Aue, stellt Abb. 385 dar. Es ist ein Doppelmuffelofen mit den beiden Muffeln *a* und *b*, von Meyer, Technologie. 5. Aufl.

denen die obere zum Vorwärmen dient. Die Muffeln sind durch die Schiebetüren *c* und *d* nach außen abgeschlossen und werden an allen Seiten von den in den Pfeilrichtungen ziehenden Verbrennungsgasen umspült. Der oberste Zug *e* kann noch zum Erhitzen von Sandbädern benutzt werden. Die bei *f* eintretende Verbrennungsluft wird erst in seitlichen Kanälen *g* vorgewärmt, ehe sie unter den Rost tritt. Große Verbreitung haben auch Muffelöfen mit Gas- und Ölfeuerung gefunden. Auch elektrisch geheizte Muffelöfen werden verwandt; bei ihnen bestehen die Muffeln aus Porzellan oder feuerfestem Ton und sind von Windungen aus Draht oder Band von Platin oder einer Chrom-Nickellegierung umgeben.

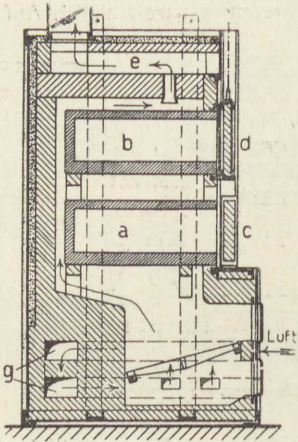


Abb. 385: Muffelöfen.

In den Muffelöfen läßt sich nicht immer ein ungleichmäßiges Erwärmen und dadurch ein Verziehen der Werkstücke vermeiden, da die unmittelbar mit den Muffelwandungen in Berührung stehenden Teile stärker erwärmt werden als die übrigen. Auch ein Eindringen von Luft und dadurch ein Oxydieren der Werkstücke ist nicht immer ausgeschlossen. Ein gleichmäßigeres Erwärmen unter völligem Luftabschluß ist nun möglich durch Eintauchen der Werkstücke in Flüssigkeitsbäder von der zum Härten nötigen Temperatur. Dies bietet auch noch den großen Vorteil, daß es möglich ist, nur die Teile der Werkstücke zu erhitzen, die gehärtet werden sollen.

Bei manchen Werkzeugen soll nur die Schneide hart sein, bei Spiralbohrern, Senkern, Reibahlen u. dgl. sollen die nur zum Einspannen benutzten Teile weich bleiben, bei Feilen und Messern die Angeln. Man taucht dann die Werkzeuge nur so weit in die entsprechend erhitze Flüssigkeit, wie sie gehärtet werden sollen. Ein anderer Vorteil ist der, daß Teile, die sich beim Härten in liegender Stellung durchbiegen könnten, senkrecht hängend in das Bad eingetaucht werden können und dadurch sicher vor dem Verbiegen geschützt werden. Als Bäder benutzt man Blei- und Salzbäder. Reines Blei schmilzt schon bei einer Temperatur von 335° , und man kann es höchstens auf 850° überhitzen. Es ist also nur zum Härten der gewöhnlichen Kohlenstoffstahle zu gebrauchen. Die Oberfläche des Bleibades überschüttet man zum Schutze vor Oxydation mit einer Holzkohlenschicht. Die zu härtenden Teile müssen vor dem Eintauchen sorgfältig

von Feuchtigkeit, Öl und Fett gereinigt werden, weil sonst das geschmolzene Blei heftig umherspritzt. Salzlösungen lassen sich auf bedeutend höhere Temperaturen erhitzen als Blei, und sind deshalb für alle Stahlarten brauchbar. Als Salze verwendet man Kochsalz mit Zusatz von Soda, Borax, chromsaurem Kali oder Kalisalpeter, ferner Chlorbarium, Chlornatrium, Chlorkalzium. Im Salzbad überziehen sich die Werkstücke mit einer Salzkruste, die beim Herausnehmen aus dem Bade erstarrt und das Werkstück vor Oxydation durch die Luft schützt. Beim Eintauchen in die Abschreckflüssigkeit springt die Kruste wieder ab. Die zu härtenden Teile müssen auch wie beim Bleibade beim Eintauchen trocken sein, da sonst ein Umherspritzen der Salzlösung eintritt.

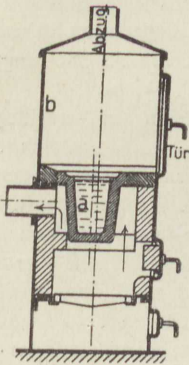


Abb. 386. Salz- und Bleibadhärteofen.

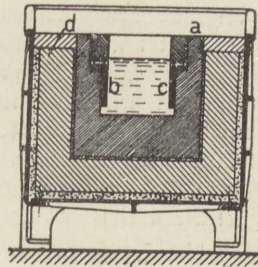


Abb. 387. Elektrischer Salzbadhärteofen.

Das Erhitzen der Bäder erfolgt in Öfen durch feste, flüssige oder gasförmige Brennstoffe oder elektrisch. Abb. 386 zeigt einen solchen Ofen mit einer Rostfeuerung für feste Brennstoffe. Das Salz- oder Bleibad schmilzt in einem Kessel *a* aus Graphit, Ton oder Stahlguß. Der Raum über ihm ist von einem Blechmantel *b* mit Einsatztür umgeben, an den sich ein Abzug schließt, um den Arbeiter vor den schädlichen Gasen zu schützen.

Die elektrischen Öfen haben den großen Vorteil, die Temperatur leicht regeln und beliebig lange auf einer genau gleichbleibenden Höhe halten zu können. Sie benutzen Wechselstrom, der ja nach Bedarf durch Umformer von der normalen Netzspannung auf eine solche bis zu 5 Volt herunter umgeformt wird. Durch Regeln der Spannung kann man verschieden hohe Temperaturen erreichen und diese genau der zu härtenden Stahlsorte anpassen. Abb. 387 zeigt einen elektrischen

Salzbadhärteöfen der A. E.-G. In den das Schmelzbad aufnehmenden rechteckigen Schamottetiegel *a* wird der Strom durch die beiden einander gegenüberliegenden schmiedeeisernen Elektroden *b* und *c* eingeführt. Da die Salze nur im flüssigen Zustande Leiter für den elektrischen Strom sind, so muß das Schmelzen der erstarrten Lösung erst eingeleitet werden mit Hilfe einer Hilfselektrode. Diese bringt zunächst mit Hilfe der einen Hauptelektrode ein dazwischengelegtes Stück Bogenlampenkohle zum Glühen, dadurch schmilzt das von der Kohle berührte Salz, und durch Fortführen der Hilfselektrode mit der Kohle über das ganze Bad bis zur anderen Hauptelektrode wird ein schmaler Streifen flüssiges, elektrisch leitendes Salz geschaffen und dadurch ein geschlossener Stromkreis hergestellt, der nun weiter das ganze Bad schmelzen kann. Der Schmelztiegel *a* steckt von einer Asbestschicht umhüllt in dem dicken Mauerwerk *d* und dies, ebenfalls von Asbest umgeben, in einem Eisenkasten.

Da die verschiedenen Stahlsorten zum Härten auf verschieden hohe Temperaturen erhitzt werden müssen, so muß man, um sich vor Fehlschlägen zu schützen, die Temperatur in den Härteöfen genau kontrollieren. Man darf sich dabei nicht auf bloße Schätzung mit dem Auge verlassen, sondern muß genaue Meßwerkzeuge benutzen. Man verwendet Segerkegel oder besser thermoelektrische oder optische Pyrometer.

Das Abschrecken. Nach dem Erhitzen muß der zu erhärtende Stahl möglichst schnell abgekühlt, abgeschreckt werden. Dies geschieht durch Eintauchen in Flüssigkeiten von entsprechend niedriger Temperatur. Als solche kommen in Betracht: Wasser, Öl, geschmolzener Talg, Quecksilber, geschmolzenes Zinn, Zink, Blei und deren Legierungen. Legierte Stähle kühlt man auch im kalten Luftstrom. Dünne Stücke, die sich leicht verziehen, wie Kreissägeblätter, Messer u. dgl., kühlt man, indem man sie zwischen wassergekühlte Eisenplatten preßt.

Wird im Wasser gehärtet, so benutzt man am besten Regenwasser oder abgekochtes Wasser von 16—22° C. Durch Zusatz von Kochsalz oder Säuren kann man die Wärmeleitfähigkeit und damit die Härtefähigkeit des Wassers erhöhen, während sie durch Beimengen von Glycerin oder Kalk geschwächt wird. Eine mildere Wirkung als Wasser haben Öl und geschmolzener Talg. Man härtet darin besonders Teile, bei denen man mehr Wert auf Federung als auf große Härte legt, z. B. Federn. Werkzeuge mit vorstehenden Schneiden, wie Fräser, Reibahlen u. dgl., taucht man erst in Wasser, bis sie nicht mehr glühend sind und dann in Öl, worin sie vollständig erkalten. Man gießt auch auf das Härtewasser eine etwa 15 cm dicke Ölschicht, so daß die Gegenstände sich beim Eintauchen erst mit einer Ölschicht überziehen, die das Härten im Wasser mildert.

Quecksilber wird nur selten zum Härten ganz kleiner Teile benutzt, da es zwar eine große Wärmeleitfähigkeit, aber nur eine geringe spezifische Wärme besitzt und sich deshalb schnell erwärmt, außerdem ist es sehr teuer und entwickelt giftige Dämpfe.

Zinn, Zink, Blei und deren Legierungen haben eine so hohe Schmelztemperatur, daß sie zum eigentlichen Härten nicht brauchbar sind; sie werden aber für gewisse Stahlsorten so benutzt, daß man das zu härtende Stück erst eine kurze Zeit in das Metallbad taucht und dann in Wasser.

Die Härtebäder erwärmen sich durch das Eintauchen der glühenden Werkstücke und verringern dadurch ihre Härtefähigkeit. Man muß sie deshalb immer auf derselben Temperatur zu halten suchen. Außerdem umhüllt sich das eingetauchte glühende Stück, besonders im Wasser,

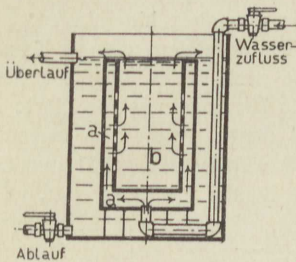


Abb. 388.
Härtegefäß für Wasser.

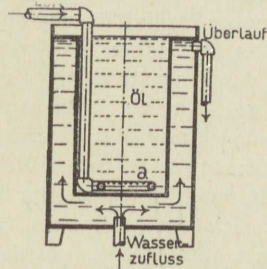


Abb. 389.
Härtegefäß für Öl.

mit einer Dampfschicht, die das Härten ungünstig beeinflusst. Um dies zu vermeiden, muß man das zu härtende Stück fortwährend im Härtebade hin und her bewegen. Bei großen Stücken ist dies sehr schwer, deshalb bewegt man dann besser die Härteflüssigkeit. Abb. 388 zeigt ein Härtegefäß für Wasser, das diesen beiden Anforderungen entspricht. Es fließt bei ihm fortwährend frisches Wasser zu, wodurch die Temperatur im Härtebade immer auf derselben Höhe gehalten wird, dann wird das zufließende Wasser so geleitet, daß das ganze Bad fortwährend in Bewegung ist. Das Wasser gelangt erst in den Zwischenraum a und fließt dann durch zahlreiche Löcher ins innere Gefäß b, steigt hierin empor und fließt durch den Überlauf wieder ab. Beim Ölbad (Abb. 389) ist ein fortwährendes Erneuern des Öles nicht möglich, es wird deshalb dauernd gekühlt dadurch, daß man kaltes Wasser außen um das Ölgefäß oder durch eine in das Ölbad gelegte Kühlschlange fließen läßt. Zur Bewegung des Öles strömt aus zahlreichen Löchern des ringförmigen Rohres a am Boden des Ölgefäßes dauernd Gebläseluft nach oben.

Beim Härten im Luftstrome, das man bei Schnellschnittstählen anwendet, setzt man das Werkzeug einem durch einen Ventilator erzeugtem Luftstrome aus.

Die Werkzeuge werden mit Zangen gefaßt und in die Kühlflüssigkeit getaucht. Die Angriffstelle der Zange wird dann aber nicht mit gehärtet. Wo dies nicht zulässig ist, legt man die Werkzeuge in kleine Drahtkörbe und taucht sie damit ins Wasser. Lange Werkzeuge, wie Spiralbohrer, Reibahlen u. dgl., müssen genau senkrecht ins Wasser getaucht werden, damit sie sich durch einseitiges Abkühlen nicht verziehen. Hämmer taucht man mit der Finne ein und läßt auf die Bahn einen Wasserstrahl treffen, dann werden diese Teile hart, während das Mittelstück weich bleibt. Bei Werkzeugen mit Höhlungen, wie z. B. Nietdöpper, muß man verhindern, daß sich in der Höhlung Dampf ansammelt und das Härten hindert. Man läßt deshalb einen Wasserstrahl von unten in die Höhlung spritzen oder von oben hineinfallen.

Das Anlassen. Die durch plötzliches Abkühlen erzeugte Glashärte wird durch nachträgliches Erwärmen je nach Bedarf wieder gemildert. Dies geschieht durch das Anlassen. Die Verringerung der Härte steigt mit dem Grade der Erwärmung, und dieser ist an den sogenannten Anlaßfarben zu erkennen. Wenn man nämlich an dem gehärteten Gegenstande durch Schleifen oder Feilen eine blanke Fläche erzeugt, so überzieht sich diese mit einer Oxydschicht, die bei fortschreitendem Erwärmen oder Anlassen verschiedene Färbung zeigt. Die Anlaßfarben und die ihnen entsprechenden Temperaturen sind folgende:

Hellgelb	200°	Violett	285°
Dunkelgelb	240°	Dunkelblau	295°
Hellbraun	250°	Hellblau oder graublau .	315°
Braunrot	265°	Grau	330°
Purpurrot	275°		

Hat der Stahl die verlangte Anlaßfarbe erreicht, so wird er durch Eintauchen in kaltes Wasser vollständig abgekühlt und behält dann die der Anlaßfarbe entsprechende Härte.

Das Anlassen kann auf verschiedene Weise erfolgen. Bei Werkzeugen, die nur teilweise abgeschreckt sind, kann man die Eigenwärme der nicht abgeschreckten, glühend gebliebenen Teile zum Anlassen benutzen. Hiervon macht man z. B. Gebrauch bei Dreh- und Hobelstählen, Bohrern und Meißeln. Messer, Sägeblätter und ähnliche Werkzeuge läßt man an durch Auflegen auf glühende Eisenplatten. Sehr gleichmäßig kann man Anlassen in einem heißen Sandbade, das in einem Blechkasten im Feuer oder auf einem Ofen erhitzt ist. Aus denselben Gründen wie beim Erhitzen sind auch beim Anlassen Flüssigkeits-

bäder empfehlenswert, da sie ein gleichmäßiges Erwärmen und eine gute Regelung der Temperatur ermöglichen. Man benutzt Öl-, Blei- und Salzbäder, die letzteren, wenn die Anlaßtemperatur höher liegen soll als der Flammpunkt des Öles (250—300° C). Das Blei braucht aber jetzt nur bis zum Schmelzpunkt erwärmt zu werden. Da diese Temperatur manchmal noch zu hoch ist, so erniedrigt man sie durch Zusatz von Zinn zum Blei. Für höhere Anlaßtemperaturen (300—575°) nimmt man Salzbäder.

Das Oberflächenhärten.

Durch das Oberflächenhärten, Verstählen oder Zementieren gelingt es, Werkstücke aus kohlenstoffarmen weichem Schmiedeeisen oder Stahl mit einer glasharten Oberfläche zu versehen, während der Kern weich und zähe bleibt. Man wendet es an bei Maschinenteilen, deren Oberfläche vor Abnutzung geschützt werden soll, die aber im Innern weich und biegsam und widerstandsfähig gegen Stoß bleiben sollen. Das Oberflächenhärten geschieht durch Zuführen von Kohlenstoff, indem man die Werkstücke mit kohlenstoffabgebenden Körpern, sogenannten Härtepulvern, umgibt und dann glüht. Der Kohlenstoff dringt dabei nur etwa 0,5—2 mm tief in die Oberfläche ein und härtet das Werkstück bis zu dieser Tiefe.

Das Glühen kann im offenen Feuer, in Muffeln oder in Einsatzkasten geschehen. So kann man z. B. in einfacher Weise Werkstücke verstählen, indem man das glühende Stück mit gelbem Blutlaugensalz, Kali genannt, überstreut und danach in Wasser abschreckt. Feilen härtet man so, daß man sie mit einem Brei aus 2—3 Teilen Hufmehl, 1 Teil blausaurem Kali und 2 Teilen Salz bestreicht, trocknen läßt, in Muffeln glüht und dann in Salzwasser abschreckt. Große Verbreitung hat das Einsatzhärten gefunden. Hierbei werden die zu härtenden Teile in eiserne Gefäße in Härtepulver gepackt und darin unter Luftabschluß in Glühöfen 6—8 Stunden bei

850—900° C geglüht. Als Härtepulver benutzt man verschiedene Mischungen aus Knochenmehl, Lederkohle, Holzkohle, Ruß, Soda, Horn- und Klauenspänen. Sollen Teile der Oberfläche weich bleiben, so schützt man sie durch Umhüllen mit einer etwa 10 mm starken Lehmschicht. Das Einsatzhärten geschieht unter Benutzung von Einsatzkästen aus Eisenblech oder Gußeisen. Wie Abb. 390 zeigt, ist nur der zu härtende Teil des Werkstückes in Härtepulver gepackt, während der übrige Teil der Kästen mit Sand oder Asche gefüllt wird. Der

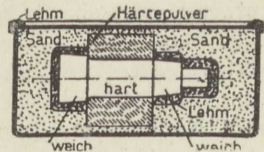


Abb. 390. Einsatzhärten.

Kasten wird oben mit einem Deckel bedeckt und die Fugen sorgfältig mit Lehm gedichtet, um ein Eindringen der Luft zu verhindern. Oft packt man in den Kasten einen kleinen Versuchsstab, den man während des Glühens herausnehmen kann, um zu prüfen, ob die Härtung genügend tief in die Oberfläche eingedrungen ist. Nach dem Glühen läßt man die Kästen erkalten, nimmt die Werkstücke heraus und reinigt sie vom Härtepulver. Dann erwärmt man sie auf schwache Rotglut und schreckt sie in Wasser oder Öl ab. Unterlegscheiben und Muttern härtet man so, daß man sie auf Draht gezogen glühend eine halbe Stunde in einen mit Härtepulver gefüllten, auf offenem Feuer oder im Glühofen stehenden Tiegel legt und dann im Wasser oder Öl abschreckt.

Bei der sogenannten Nitrierhärtung, einem neuen Kruppschen Verfahren, läßt man statt des Kohlenstoffs Stickstoff in die Werkstückoberfläche eindringen, indem man die Werkstücke in einem Ofen in Ammoniakgasen bei 500° glüht. Die Werkstücke sind aus besonders hierzu geeigneten Stahlsorten hergestellt. Das Abschrecken und damit die Gefahr des Verziehens fallen fort. Die Oberflächen der nitrierten Werkstücke haben eine außerordentliche Härte. Ihre Kanten ritzen mit Leichtigkeit Glas. Nach innen mildert sich die Härte bis zu dem unveränderten weichen, zähen Stahlkern. Das Verfahren wird angewandt bei Kurbel- und Nutenwellen, Lokomotivschwingen, Automobillaschenkettens, Kurbelzapfen, Zahnrädern usw.

Das Vergüten.

Das Vergüten ist ein dem Härten verwandtes Verfahren, das man bei größeren Maschinenteilen, wie Wellen, Achsen, Schubstangen, ferner Geschützrohren, Torpedokesseln u. dgl., anwendet, um die Festigkeitseigenschaften des Materials zu verbessern. Man vergüht meist Nickel- und Nickel-Chromstahl von niedrigem Kohlenstoffgehalt, und zwar entweder das Rohmaterial oder das fertige Stück. Die zu vergütenden Teile werden in besonderen Öfen bis auf $780\text{--}850^{\circ}$ erwärmt. Die Öfen bestehen aus einem hohen zylindrischen Blechmantel, der innen mit Schamotte ausgemauert ist und durch Leucht- oder Wassergas geheizt wird. Nach dem Erhitzen wird das Werkstück im Öl- oder Wasserbade abgeschreckt und dann zum Anlassen auf $300\text{--}600^{\circ}$ erwärmt. Durch das Vergüten erhält das Material größere Härte und Zähigkeit, jedoch wird wegen des geringen Kohlenstoffgehaltes die Härte nicht so groß, daß ein Bearbeiten unmöglich ist.

Vom Vergüten macht man auch bei manchen Metallegierungen, besonders bei den Aluminiumlegierungen, Gebrauch. Die Legierungen

werden auf über 450° erhitzt und dann abgeschreckt. Einige Legierungen, wie Lantal, müssen dann noch zur Härtung auf $50\text{--}160^{\circ}$ angelassen werden, während andere, besonders Duraluminium, bei längerem Lagern (Altern) von selbst härten. Duraluminium läßt sich nur nach vorgehender Bearbeitung durch Schmieden, Walzen oder Pressen vergüten. Es wird gewöhnlich im Salzbadofen auf $480\text{--}520^{\circ}$ erhitzt, im Wasser abgeschreckt und dann sorgfältig von den Salzresten gereinigt, damit keine Korrosionen entstehen. Hierauf läßt man es 1—5 Tage altern. Durch das Vergüten nehmen Härte und Festigkeit des Duraluminiums erheblich zu, ohne daß seine Dehnbarkeit darunter leidet.



Alphabetisches Sachregister.

A.

Abkühlungskurve 7.
Abschlagformkasten 132.
Abschrägwalzwerk 263.
Abstreifmeißel 249.
Adko-Hammer 193.
Ajax-Wyatt-Ofen 173.
Akkumulator 213.
Allotrope Modifikationen 7.
Aluminium 59.
Aufbereitung der Formstoffe 99.
Aufwerfhammer 200.
Aufzugfallhammer 195.
Ausgleichgruben 47.
Austenit 11.
Autogenes Löten 301.
Autogenes Schneiden 285.
Autogenes Schweißen 273.
Azetylen 273.

B.

Bandagenwalzwerk 255.
Bahnmetall 64.
Bertrand-Thielverfahren 45.
Bessemerprozeß 4, 39.
Biegeprobe 72.
Biegeversuch 68.
Blaugas 281.
Blei 57.
Bleirohre 267.
Blockwalzwerk 252.
Bonvillain-Formmaschine 131.
Brettfallhammer 199.
Bronze 61.

C.

Chargiermaschine 44.
Chrom 15.
Cowper-Apparat 24.

D.

Dampfhämmer 209.
Dampfhdraulische Presse 217.
Dampftreibapparat 217.

Dauerformen 143.
Dauerversuche 71.
Deltametall 63.
Desoxydieren 39.
Doppelpressung 133.
Drahtziehen 257.
Dreiwalzwerk 250.
Druckluftstamper 113.
Druckversuch 68.
Drücken 243.
Duplex-Verfahren 45.
Duraluminium 61.
Durchziehmaschinen 126.

E.

Ehrhardtsches Verfahren 266.
Einguß 116.
Einsatzhärten 311.
Eisenerze 17.
Eisenkarbid 5, 6.
Eisen-Kohlenstoff-Diagramm 9.
Elektrisches Schweißen 289.
Elektrolyteisen 5.
Elektron 64.
Elektroöfen 171.
Elektrostahl 50.
Emaile 16.
Erstarrungspunkt 8.
Etagenguß 133.
Eutektikum 11.
Eutektoid 12.
Exzenterpresse 238.

F.

Fallhämmer 194.
Federhämmer 201.
Feldschmiede 182.
Fernholzapparat 281.
Ferrit 6, 12.
Feste Lösung 11.
Feuerschweißen 270.
Flammofen 93, 170.
Fließarbeit 156.

Fließen 178.
 Flüssige Brennstoffe 183.
 Formerwerkzeuge 112.
 Formkasten 114.
 Formmaschinen 123.
 Formpressen 127.
 Formstoffe 96.
 Frischen 3.
 Frischfeuer 3.
 Funkenkammer 85.

G.

Gasschmelzschweißen 273.
 Gattieren 78.
 Generator 42.
 Geschweißte Rohre 261.
 Gesenkschmieden 191, 222.
 Gespannplatte 46.
 Gichtgas 33.
 Gichtzähler 87.
 Gießen 73, 147.
 Gießpfannen 46, 148.
 Gießtrommel 148.
 Girod-Ofen 52.
 Gleishämmer 194.
 Glühfarben 179.
 Glühofen 185.
 Glühtemperaturen für Stahlguß
 166.
 Graphit 5, 6.
 Grey-Walzwerk 253.
 Gußeisen 74.

H.

Hämatit 6.
 Härten 302.
 Härteprüfung 69.
 Härtungskohle 6.
 Haltepunkt 8.
 Hammerschlag 179.
 Handstampfmaschinen 124.
 Hartguß 153.
 Hebelhämmer 192.
 Herdformerei 113.
 Herdfrischen 4.
 Héroultofen 52.
 Hochfrequenzofen 173.
 Hochofen 25.
 Hoesch-Verfahren.

I.

Induktionsöfen 52.

K.

Kaliberwalzen 246.
 Kalthärtung 303.
 Kaltwalzen 256.
 Kastenloser Guß 131.
 Kerbschlagversuch 70.
 Kerndrehbank 119.
 Kerne 118.
 Kernformmaschinen 136.
 Kernkasten 118.
 Kernmarken 101.
 Kernsand 97.
 Kernsteifen 119.
 Kesselöfen 170.
 Kettenschweißen 294.
 Kjellin-Ofen 52.
 Kleinbessemerei 162.
 Kleinkonvertor 162.
 Knickversuch 68.
 Knüttelsches Verfahren 137.
 Kokillen 45.
 Kollergang 102.
 Kontinuierliches Röhrenwalzwerk
 265.
 Konvertor 38.
 Kumpelpresse 220.
 Kugelmühle 104.
 Kupfer 55.
 Kuppelofen 84.
 Kurbelpresse 238.

L.

Lagermetalle 64.
 Lautal 61.
 Ledeburit 11.
 Lehm 99.
 Lehmformerei 142.
 Lehmknetmaschine 107.
 Lichtbogenöfen 50.
 Lichtbogenschweißen 289.
 Liquiduslinie 10.
 Löten 298.
 Lötzinn 63.
 Luftfederhammer 204.
 Lunker 46.

M.

Mangan 13.
 Manganbronze 62.
 Mannesmannrohre 264.
 Martensit 13.
 Maschinenformerei 122.

Meng- und Anfeuchtmaschine 105.
 Mehrfach-Drahtziehmaschine 260.
 Messing 62.
 Metallegierungen 60.
 Metallographie 13.
 Metallographische Proben 72.
 Metallprüfung 65.
 Mischkristalle 8, 10.
 Modelle 108.
 Modellplatten 123.
 Molybdän 15.
 Monelmetall 65.
 Muffelofen 306.
 Muntzmetall 62.

N.

Nahtlose Rohre 264.
 Nahtschweißung 295.
 Nichteisenmetallguß 166.
 Nickel 14.
 Nitrierhärten 312.

O.

Oberflächenhärten 311.
 Oehmscher Apparat 145.

P.

Perlit 12.
 Perlitguß 76.
 Phosphor 14.
 Phosphorbronze 61.
 Pilgerschrittwalzwerk 265.
 Polterbank 257.
 Prägen 234.
 Pressen 234.
 Preßmaschinen 126.
 Preßwerk 214.
 Puddeln 34.
 Puddelofen 35.
 Punktschweißung 295.
 Putzen 149.
 Putzhaus 152.
 Putztrommel 150.

R.

Radreifenwalzwerk 255.
 Räderziehpresse 242.
 Regenerativofen 185.
 Rekuperativofen 186.
 Rennerfelt-Ofen 51.
 Rennfeuer 2.

Riemenzughammer 196.
 Röchling-Rodenhauser-Ofen 53.
 Röhrenwalzwerk 263.
 Roheisen 5.
 Roheisenmischer 33.
 Rollofen 171, 186.
 Rostschutz 15.
 Rotguß 61.
 Rüttelformmaschinen 133.
 Rutschkegel 180.

S.

Sandmischmaschine 105.
 Sandstrahlgebläse 150.
 Sandtrockenofen 100.
 Schablonenformerei 121.
 Scheiben- oder Leierbank 258.
 Scheibenraderwalzwerk 256.
 Schlacken kies 33.
 Schlackenwolle 33.
 Schlaglot 63.
 Schleuderguß 155.
 Schleudermaschinen 135.
 Schlepplmarken 120.
 Schmelztiegel 164.
 Schmiedbares Eisen 5.
 Schmiedearbeiten 189.
 Schmiedefeuer 180.
 Schmiedemaschinen 192.
 Schmieden 178.
 Schmiedeöfen 182.
 Schmiedepressen 212.
 Schmiedeprouben 72.
 Schmiedewerkzeuge 187.
 Schneidbrenner 286.
 Schnellwalzwerk 254.
 Schnitte 235.
 Schreckplatten 82.
 Schürmann-Ofen 91.
 Schwefel 14.
 Schweißbrenner 277.
 Schweißen 269.
 Schweißbeisen 3.
 Schweißöfen 185.
 Schweißprobe 72.
 Schweißstraße 272.
 Schwinden 81.
 Scleron 61.
 Segerkegel 99.
 Siebe 100.
 Siemens-Martinofen 43.
 Siemens-Prozeß 41.

Silizium 13.
 Silumin 60.
 Soliduslinie 10.
 Sorbit 303.
 Spindelpresse 238.
 Spiralgeschweißte Rohre 263.
 Spritzguß 175.
 Stahlgießerei 160.
 Stangenreibhammer 199.
 Stanzautomat 240.
 Stanzen 234.
 Stassanoofen 50.
 Stauchmaschine 226.
 Stauchprobe 72.
 Stoßofen 186.
 Stückofen 2.
 Sturzguß 175.

T.

Talbot-Verfahren 45.
 Technologische Proben 72.
 Temperguß 153.
 Temperkohle 6.
 Thermitschweißen 287.
 Thomasprozeß 40.
 Tieföfen 47.
 Tiegellose Öfen 170.
 Tiegelofen 49, 164, 166.
 Tiegelstahl 3, 48.
 Trockenschrank 169.
 Trocknen der Formen 144.
 Troostit 303.

U.

Überlappt geschweißte Rohre 262.
 Universalwalzwerk 253.

V.

Vanadium 15.
 Vergüten 312.
 Verlorener Kopf 83.
 Verwindungsprobe 72.
 Vorherd 89.

W.

Walzarbeiten 251.
 Walzen 244.
 Walzentisch 249.
 Warmpressen 232.
 Wassergasschweißen 270.
 Wasservorlage 279.
 Wendeplattenmaschine 125.
 Wickelhammer 198.
 Widerstandschweißen 293.
 Wolfram 15.
 Wüst-Ofen 95.

Y.

Yeakley-Hammer 206.

Z.

Zahnräderformmaschine 139.
 Zementieren 55.
 Zementit 6.
 Zerreißmaschine 67.
 Zerreißversuch 66.
 Zieheisen 258.
 Ziehen 234.
 Zink 58.
 Zinn 58.

Jänecke's Bibliothek der gesamten Technik

Preise in Reichsmark.

Erste Reihe (Format etwa 17,5 : 11 cm).

- | | | | |
|--|------|---|------|
| 1. Pohl, Die Montage elektr. Licht- u. Kraftanlagen. 3. Aufl. in Kunstleder | 4.80 | 74. Rost, Tiefbohrtechnik. | 3.60 |
| 2. Schulz, Die Krankheiten elektrischer Maschinen. 6. Aufl. | 1.65 | 75. Schipmann, Aus der Praxis eines Glashüttenfachmannes. 2. Die Wannen. 2. Aufl. | 2.80 |
| 4. Penkert, Das Rettungswesen im Bergbau. | —,90 | 76. Schmidt, Natürliche Bausteine. | 1.80 |
| 7. Kosehmieder, Die Erzeugung und Verwendung des Steinkohlengases. | 4.— | 77. Jüngst, Dienutzbaren Lagerstätten. | 3.20 |
| 13. Baumgartner, Mühlen- und Speicherbau. 3. Aufl. | 2.80 | 79. Reich, Entwässerung der Städte. | 3.60 |
| 14. Holtzner, Gewerbliche Gesundheitslehre. | 2.80 | 80. Stegmann, Die Wetterwirtschaft im Bergbau. | 4.40 |
| 15. Lichte, Darstellung des Roheisens. | 6.80 | 82. Hänig, Die Steinkohle. | 6.— |
| 18. Weil, Pharmazeutische Präparate. | 2.80 | 83. Wagner, Die Baustoffe. | 1.80 |
| 20. Friedländer, Feld- und Industriebahnen. | 2.80 | 84. Schwanecke, Lüftung und Entstaubung. 2. Aufl. | 9.50 |
| 30. Brode, Physikalische Chemie. | 2.40 | 86. Rupprecht, Schmiermittel. 3. Aufl. | 6.40 |
| 31. Friese, Asphalt- und Teerindustrie. | 8.80 | 87. Schrader, Veranschlagen von Hochbauten. | 4.— |
| 32. Penkert, Die chemische Untersuchung der Wettergase. | 1.65 | 89. Schultz, Das Drechslerbuch. 2. Aufl. | 3.85 |
| 34. Hillig, Technische Anstriche. | 6.80 | 90. Lots, Einrichtung von Fabriken. 2. Auflage. | 4.40 |
| 36. Bender, Feuerungswesen. | 5.20 | 91. Mayer, Das mechanische Rechnen des Ingenieurs. Neue Auflage. | 2.40 |
| 39. Koschmieder, Technische Gasarten. | 1.90 | 95. Axmacher, Zeugdruck. I. | 3.20 |
| 41. Stolzenwald, Zinkgewinnung. | 2.40 | 96. Axmacher, Zeugdruck. II. | 6.80 |
| 44. Scheel, Azetylen. | 2.— | 98. Nantke, Bauführung. | 1.65 |
| 47. Schipmann, Aus der Praxis eines Glashüttenfachmannes. I. 2. Aufl. | 2.40 | 99. Putmans, Schornsteinbau. | 4.40 |
| 50. Welckert, Prüfung elektrischer Maschinen u. Transformatoren. 5. Aufl. | 2.80 | 100. Pohl, Betrieb elektrischer Licht- und Kraftanlagen. 5. Aufl. | 2.80 |
| 52. Langer, Die Feuersicherheit in Kohlenbergwerken. | 2.40 | 101. Gullery, Bau d. Eisenbahnwagen. | 2.80 |
| 53. Brauer, Die Grundlagen d. praktischen Hydrographie. | 5.20 | 102. Dittmarsch, Grubenausbau. | 3.60 |
| 55. Reich, Reinigung und Beseitigung städtischer u. gewerbl. Abwässer. | 3.20 | 105. Kedesdy, Sprengstoffe und Schießpulver. | 6.80 |
| 56. Reich, Der Erdbau. 2. Aufl. | 4.40 | 107. Feeg, Die Pumpen, ihr Bau, Aufstellung und Betrieb. | 8.— |
| 57. Bohnenstengel, Die Elektrizität auf den Dampfschiffen. 3. Aufl. | 2.— | 108. Bender, Laboratoriumstechnik. | 4.— |
| 58. Dittmarsch, Die Gewinnung der nutzbaren Mineralien von den Lagerstätten. | 2.— | 110. Reichelt, Die Prüfung der Konstruktionsstoffe für den Maschinenbau. | 4.40 |
| 59. Larcher, Parfümerien. 2. Aufl. | 3.20 | 111. Nantke, Holzbaukunst am deutschen Bürgerhaue. | 4.— |
| 62. Stolzenwald, Industrie des Sulfats, der Salz- und Salpetersäure. | 4.— | 115. Spörl, Die Photographie i. d. Techn. | 2.80 |
| 65. Lots, Fabrikbauten. 2. Aufl. | 4.40 | 116. Dettmers, Die Fabrikation der Lacke, Firnisse und der Siegelacke. | 3.20 |
| 66. Haase, Hartzerkleinerung. 2. Aufl. | 3.60 | 117. Hahn, Chemie. I. Anorganische Chemie. 2. Aufl. | 2.40 |
| 67. Rottmann, Die Untersuchung und Verbesserung des Wassers für alle Zwecke seiner Verwendung. | 3.60 | 119. Feldmann, Baukonstruktion. III. Bd. Die massiv u. Holzbalken-Decken. | 3.80 |
| 69. Meisel, Elemente der geometrischen Optik. | 6.80 | 120. Greiner, Die Schlachthofanlagen und ihre maschinellen Einrichtungen. | 3.20 |
| 70. Wangemann, Das deutsche Patentrecht. | 2.40 | 121. Kausch, Die Kohlensäure. | 4.— |
| 71. Havemann, Rechnen und Geometrie. 2. Aufl. | —,45 | 122. Gößling, Die Arzneimittel, ihre Herstellung, Eigenschaften u. Verw. | 4.40 |
| 72. Moyer, Die Gewinnung und Verwendung des Gipses. | 4.— | 123. Kron, Der Verkehr mit Materialprüfungsämtern. | 2.80 |
| 73. Koschmieder, Müllbeseitigung. | 2.40 | 125. Schwarzer, Betrieb und Wartung der Dreschapparate. | 2.80 |
| | | 128. Chodounsky, Die Bierbrauerei. | 6.— |
| | | 130. Milde, Die Arbeiten des inneren Ausbaues, Treppen, Türen, Fenster, Läden, Beschläge für die Praxis und den Schulgebrauch. 2. Aufl. | 2.— |

Sonderverzeichnisse von Werken über Mathematik und Physik, Maschinenbau und Metallbearbeitung, Holzbearbeitung, Elektrotechnik, Schiffbau, chemische Technologie, Textilindustrie kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise, über die die mit mir in Verbindung stehenden Buchhandlungen sowie der Verlag selbst Näheres mitteilen. — Verlagsangebote und Anregungen zu neuen Bänden, insbesondere für meine Bibliothek der gesamten Technik (bisher über 350 Bände), sind mir jederzeit willkommen.

Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig, Hospitalstraße 10.

- | | |
|--|--|
| 131. Lachemair, Die Materialien des Maschinenbaues. 4.— | 151. Scheffler, Einrichtung von Fabriklaboratorien. 2. Aufl. 3.60 |
| 134. Bomborn, Das deutsche Gebrauchsmusterrecht. 2. Ausg. 1926. 2.80 | 153. Koch, Montage und Reparatur der Dampfkessel. 2.80 |
| 135. Schwanecke, Die Ventilatoren und Exhaustoren mit besonderer Berücksichtigung d. Schleuderräder. 2. Aufl. 7.50 | 155. Feeg, Unfallverhütung. 5.20 |
| 136. Klein, Die verschiedenen Techniken zur Bearbeitung von Gold und Silber als Handarbeit u. Fabrikat. 2. Aufl. 4.— | 157. Walther, Farben und Farbstoffe. 5.20 |
| 137. Fermum, Die Legierungen, ihre Herstellung und Verwendung für gewerbliche Zwecke. Neue Auflage. 2.80 | 159. Weinwurm, Betriebsstörungen in der Malzfabrikation und Bierbrauerei und deren Behebung. 3.20 |
| 140. Schall, Herstellung und Verwendung der verdicht. u. verflüssigt. Gase. 4.40 | 161. Weickert, Berechnung elektrischer Leitungsquerschnitte. 11. Aufl. 1.30 |
| 143. Krönlein, Die Ledertabrikation. 3. Auflage. 4.40 | 162. Wurf, Elektromotorischer Antrieb von Arbeitsmaschinen. 2. Aufl. 4.— |
| 144. Knoch, Landw. Baukunde. Vergriffen. | 166. Vaillant, Tafeln und Tabellen zur Berechnung elektrischer Leitungen. Ausgabe A: 110 Volt. 3. Aufl. 1.30 |
| 145. Heim, Die Steingutfabrikation. 4.40 | 167. Dasselbe, Ausgabe B: 220 Volt. 4. Aufl. 1.30 |
| 148. Hahn, Chemie. II. Organ. Chemie. 2.80 | 168. Edler, Taschenbuch für Schaltungsanlagen. 4. Aufl. 2.80 |
| | 169. Edler, Elektrot. Fachausdrücke. 1.30 |

Zweite Reihe (Format etwa 21:14,8 cm).

- | | |
|--|---|
| 201. Georgi u. Schubert, Die Technik der Stanzelei, des Pressen, Ziehens u. Prägen der Metalle. 6. Aufl. Geh. 10.80, geb. 12.30 | 228. Neumann, Die Motoren für Gas- und flüssige Brennstoffe. 2. Aufl. |
| 202. Both, Die Bandweberei, Bandwirkerei. I. Band. Bindungen, Patronen und Musterungen. 5. Aufl. 6.50 | 229. Kämpf-Lehmann, Leitfaden d. Unfallverhütungstechnik und der Gewerbehgiene in Maschinenfabr. 2. Aufl. 3.85 |
| 203. Both, Die Bandweberei, Bandwirkerei. II. Bd. Der Bandstuhl und die sonstigen Maschinen für die Bandweberei. Fachliches Rechnen. Die Garne. Die Kalkulation. 4. Aufl. 8.40 | 233. Puschmann, Grundzüge der technischen Wärmelehre. 4. Aufl. 6.60 |
| 202/03. in einem Bande. 15.— | 234. Kochenrath, Grundzüge des Eisenbahnbaues. III. 2.40 |
| 204. Knepscher, Die Appretur der Seiden-Halbseiden- u. Samtgewebe. 2. Aufl. 2.— | 235. Schön, Die Schule des Werkzeugmachers. 9. Aufl. 2.80 |
| 205. Brenger, Die Ausrüstung der Stoffe aus Pflanzfasern. 2. Aufl. 4.40 | 236. Greiner, Die Transmissionen. 3. Aufl. 6.— |
| 206. Fiedler, Appretur der Bänder und Litzen. 2. Aufl. 2.40 | 237. Gayer, Die Holzarten und ihre Verwendung. i. d. Technik. 3. Aufl. 7.50, geb. 9.— |
| 207. Gräbner, Die Weberei. 5. Aufl. Geheftet 12.—, Ganzleinen 13.50 | 238. Schulz, Entwurf und Konstruktion moderner elektrischer Maschinen für Massenfabrikation. 2. Aufl. 4.— |
| 208. Lepperhoff, Flechterei. 2. Aufl. Ganzleinen 10.— | 239. Schön, Schmieden mit Maschinen und im Gesenk. 1.65 |
| 209. Mundorf, Die Appretur der Woll- und Halbwoollwaren. 3. Aufl. Geh. 4.80, geb. 6.— | 240. Kochenrath, Eisenbahnbau. I. Linienführung, Unter- und Oberbau, Schutz- und Nebenanlagen auf freier Strecke. 2. Aufl. 3.60 |
| 210. Worm, Wirkerei und Strickerei. 4. Auflage. 6.40, Ganzleinen 7.50 | 241. Boje, Schalttafelbau. 3. Auflage. 6.— |
| 211. Zänker, Die Färberei. 2. Aufl. 6.40, geb. 7.50 | 242. Häntzschel-Clairmont, Die Praxis der Modelltscherei. 3. Aufl. 2.80 |
| 212. Fiedler, Materialien d. Textilindustrie. 5. Aufl. 3.90 | 243. Grahn, Kohle und Erzaufbereitung. 2.80 |
| 213. Schulz, Die elektr. Maschinen. I. Bd. Die Dynamomaschinen und Elektromotoren für Gleichstrom. 5. Aufl. 2.40 | 244. Puschmann, Kolbendampfmaschine. 2. Aufl. Geh. 7.35, geb. 8.50 |
| 214. Schulz, Die elektrischen Maschinen. II. Bd. Generatoren, Transformatoren, Motoren für Wechsel- und Drehstrom. 5. Aufl. 1.65 | 245. Hand- und Lehrbuch für Werkmeister und Monteure. I. Düsing, Einführung in die Algebra, Geometrie, Physik und Festigkeitslehre in leichtverständlicher Darstellung. 2. Aufl. 1.65 |
| 215. Preger, Werkzeuge und Werkzeugmaschinen. 7. Auflage. 11.40, geb. 12.60 | 246. Dasselbe. II. Stier, Praxis des Monteurs. 3.85 |
| 216. Landien, Elektrotechnik. 10. Aufl. 6.50 Kunstlederband 8.— | 248. Müller, Das Motorschiff und seine Maschinenanlagen. 2. Aufl. 3.20 |
| 217. Georgi u. Schubert, Die Blechbearbeitungstechnik. 4. Aufl. 4.80 | 249. Miller, Vermessungskunde. 5. Aufl. 6.70 |
| 218. Preger, Die Bearbeitung der Metalle in Maschinenfabriken. 8. Aufl. 6.95, geb. 8.10 | 250. Dreyer, Formeln usw. aus der reinen und angewandten Festigkeitslehre. 4. Aufl. 3.30 |
| 219. Schulz, Formeln für Entwurf und Berechnung von Gleichstrommaschinen, Drehstrom- und Einphasenmotoren. 4. Aufl. 2.40 | 251. Stier, Die heutige Metalltechnik. 2. Aufl. von „Der praktische Werkmann“. I. Die Arbeitswerkzeuge des Metallarbeiters. 2. Aufl. 3.85 |
| 220. Neumann, Die Verbrennungskraftmaschinen in der Praxis. 4. Aufl. 7.75 | 252. Dasselbe. II. Die Schleifmittel, das Schleifen und Polieren. 3. Aufl. 3.85 |
| 221. Georgi u. Schubert, Der Schnitt- und Stanzenbau, seine Hilfsmaschinen und Einrichtungen. 5. Aufl. 5.60 | 254. Stier, Die heutige Metalltechnik. 2. Aufl. v. „Der praktische Werkmann“. IV. Die Metalle und deren Feuerbearbeitungen. 3. Aufl. 3.85 |
| 222. Schinze, Organisation u. Buchführung in Installationsgeschäften. 3. Aufl. 3.60 | a) Verhütten und Gießen. 1.55 |
| 224. Both, Leitfaden der Bandweberei. 1.30 | b) Schweißen und Lötten. 1.20 |
| 225. Wettig, Hebezeuge. 3. Aufl. 5.20 | c) Schmieden. 1.55 |
| 226. Koll, Brücken aus Eisen. 2.40 | 255. Dasselbe. V. Der Stahl und das Härten. a) Der Stahl. 3. Aufl. 2.70 |
| 227. Laufer, Die moderne Betriebsorganisation in mittleren Maschinenfabriken und ihre Einführung. 2. Aufl. 5.— | b) Das Härten. 3. Aufl. 1.95 |
| | 256. Dasselbe. VI. Die Handarbeitsweisen des Metallarbeiters. 3.85 |
| | 261. Krause, Galvanotechnik. 5. Aufl. 5.40 |

262. Michel, Rohrleitungen. 2. Aufl. 4.—
 263. Seifert, Schweißen u. Löten. 3. Aufl. 3.85
 264. Schröter, Hughesapparat. 2. Aufl. 1.30
 265. Wolf, Bäckerei. 3. Aufl. 2.80
 266. Koll, Brücken aus Holz. 3. Aufl. 2.80
 268. Puschmann, Kolbendampfmaschine. Kleine Ausgabe. 1.65
 269. Koll, Brücken aus Stein. 2. Aufl. 2.80
 270. Wilke, Die Untersuchung von Wärmekraftmaschinen und die wichtigsten technischen Meßinstrumente in ihrer Anwendung. 4.—
 271. Charbonnier, Lokomobile. 2. Aufl. 6.—
 272. Hofmann, Die Rechenkunst des Metallarbeiters in ihrer Anwendung auf die verschiedenen Werkzeugmaschinen — Berechnung der Wechselläder zum Schneiden aller Gewinde auf der Leitspindeldrehbank, Berechnungen für die Herstellung von Zahnrädern, Berechnungen für die Fräsmaschine und Drehbank u. and., Tabellen. 2. Aufl. 3.20
 273. Eger-Braun, Seifenindustrie. 2. Aufl. 3.20
 274. Thiele, Leim und Gelatine. 2. Aufl. 6.—
 275. Breuer, Kitte und Klebstoffe. 2. Aufl. 6.—
 276. Förster, Das Fachwissen des Metallarbeiters. I. Eisenhüttenkunde — 90
 277. II. Eisen- und Stahlgießerei. — 90
 278. III. Werkzeugkunde. — 90
 279. IV. Kraftmaschinen. — 90
 280. V. Elektrizität. — 90
 281. Schubert, Stanzertechnik in Einzeldarstellungen. 3.60
 282. Dosch-Braun, Handbuch zur Berechnung der Feuerungen, Dampfkessel, Vorwärmer, Überhitzer, Warmwassererzeuger, Kalorifere, Reservoirs usw. 5. Aufl. 3.20
 283. Fabisch, Selbstkostenermittlung für Sägewerke. 3.20
 284. Weyel, Die neuzeitlichen Sicherheitschlösser. 3.20
 285. Posewitz, Die Schäden des Lokomotivkessels. 2.—
 286. Herner, Schiffbau. 3. Aufl. 5.60
 287. Koehnerath, Grundzüge des Eisenbahnbaues. II. Teil: Stations- und Sicherungsanlagen. 3. Aufl. 3.20
 288. Schubert, Papiererzeugung u. Papierverarbeitung. 4.—
 289. Hoch, Geldschrank- und Stahlkammerbau. 2. Aufl. 8.40
 290. Hoch, Leitf. f. d. Schlosserlehrling. 2.40
 291. Anthes, Elektr. Heizen u. Kochen. 2.—
 292. Rudolph, Tonwarenerzeug. 2. Aufl. 5.20
 293. Düsing, Kleines Physikbuch für Gewerbeschulen. — 90
 294. Fuhrmann, Elektrizität in der Landwirtschaft. 3. Aufl. 2.80
 295. Windmüller, Drahtlose Telegraphie und Telephonie. 2. Aufl. 2.40
 296. Scheithauer, Die Braunkohlenteerprodukte. 2. Aufl. 4.40
 297. Hofmann, Das Dreherbuch. — 90
 298. Hofmann, Das Fräserbuch. — 90
 299. Tabellen über Quadrate, Kuben, Wurzeln, Kreisumfänge und -inhalte, Kreisfunktionen und Logarithmen. — 45
 300. Seifert, Die autogene Schweißung. 1.65
 301. Seifert, Die elektrischen Schweißverfahren. 1.30
 302. Weickert, Elektrische Hochspannungsanlagen. 2. Aufl. 12.—, geb. 13.50
 303. Das erste Lehrbuch des Maschinenbauers. 4.65
 304. Müller, Das Transportwesen. 2. Aufl. 7.50
 305. Völkel, Die Gardinenweberei. Geh. 7.20
 306. Botifer, Harze und Harzindustrie. 2. Aufl. Geb. 7.80
 307. Cramer, Elektrotechnische Meßkunde. 9.—, geb. 10.—
 308. v. Königsblow, Transformatoren und Drehstrommotoren. 6.80
 309. Edler, Freileitungen. 4.40
 310. Schneider, Die Flachbohrtechnik. 6.—
 311. Braun, Die Untersuchung der anorganischen und organischen Rohstoffe, Fertigfabrikate und Nebenprodukte der Fett-, Öl- u. Seifenindustrie. 6.—
 312. Claus, Instandhaltung landw. Maschinen und Geräte. 4.—
 313. Adam, Heizungsmonteur. 3. Aufl. 2.50
 314. Klein, Der praktische Bau- und Möbelschreiner. 3. Aufl. 3.85
 315. Loos, Fabrikorganisation. 4.80
 316. Stadelmann, Schalttafelwärter. 2. Aufl. 3.60
 317. von Beeren, Elektriz. i. d. Medizin. 9.20
 318. Schubert, Einführung i. d. Fräselei. 1.65
 319. Wagner, Atherische Öle. 7.50
 320. Mortag, Vorkalkulation im Maschinenbau. 3.80
- ### Horstmann-Laudien, Betriebsaschenbuch.
- Zunächst erscheinen folgende Bände:
321. Schleier, Mathematik. 4.65
 322. Haberland, Mechanik, Statik und Dynamik, Festigkeitslehre. 3.60
 323. Haberland, Wärmemechanik u. Mechanik der Gase und Dämpfe. 1.60
 324. Edert, Werkstoffe. 2.30
 325. Laudien, Maschinenteile. 5.40
 326. Meyer-Rianno, Das Schmieden, die Schmiedewerkzeuge, Schmiedemaschinen und sonstigen -Einrichtungen, Die Konstruktion e. Schmiedestückes. 3.45
 328. Meyer, Das Gießen und die Gießereieinrichtungen.
 329. Saladin-Laudien, Die Konstruktion eines Gußstückes. 1.60
 330. Behrens, Werkzeugmaschinen und Werkzeuge.
 331. Laudien, Starkstromtechnik. 3.60
 332. Ritter, Hebezeuge. 4.25
 333. Müller, Transporteinrichtungen. 2.70
 334. Heyck, Beleuchtung. 1.20
 334a. Lehmann, Heizung. 2.40
 335. Keyl, Wasserkraftmaschinen.
 336. Zintl, Wärmekraftzeugung.
 337. Weßlan, Industriebauten. 3.—
 339. Preger, Metallbearbeitung I: Die Werkstoffe. Formerei u. Gießerei. 9. Aufl. 3.—
 340. Preger, Metallbearbeitung II: Das Schmieden u. s. verwandt. Arbeiten. 3.—
 341. Preger, Metallbearbeitung III: Schweißen, Härten und Tempern. 2.70
 342. Erdmann, Aluminium. 4.—
 343. Steinberger, Eisenbahnschwelle. 3.20
 344. Benfey, Feuerfeste Erzeugnisse. 5.60
 345. Thebis, Der stationäre Kleinmotor. 2.40
 346. Braun, Wache u. ihre Verwendung. 6.—
 347. Benfey, Ziegelerzeugung. 4.80
 348. Kögler-Stern, Isolationsmessung und Fehlerortsbestimmung. 4. Aufl. 4.80
 349. Menge, Aufgaben aus der Mechanik. I. Statik. 2. Aufl. 1.95
 350. Stark, Zuckerwaren. 6.—
 351. Haberland, Elektrotechnische Lehrhefte. Bd. I. Geichstromtechnik. 1.95
 352. Haberland, Elektrotechnische Lehrhefte. Bd. II. Magnetismus u. Wechselstromtechnik. 1.95
 353. Haberland, Elektrotechn. Lehrhefte. Bd. III: Gleichstrommaschinen. 1.95
 354. Haberland, Elektrotechn. Lehrhefte. Bd. IV: Wechselstrommaschinen. 2.90
 355. Thebis, Glasarbeiten u. Feinmech. 4.80
 356. Vogt, Wäscherei. 2. Aufl. 3.60
 357. Schulz, Farbe- u. Vollendungsarbeiten. 2. Aufl. 2.80
 358. Benfey, Der Tunnelofen und seine Anwendung in der Ziegelindustrie. 2.40
 359. Elsbach, Der Gleisabschluß. 4.80
 360. Luhmann-Fincke, Kakao und Schokolade. 2. Aufl. 9.60
 361. Hocke, Fachzeichnen f. Blecharb. 4.80

363. Preger, Werkzeuge und Werkzeugmaschinen. I. Werkzeuge. 3.60
 364. Dasselbe. II. Aufspannvorrichtungen, Getriebe der Werkzeugmaschinen. 2.40
 365. Dasselbe. III. Werkzeugmaschinen mit geradliniger Schnittbewegung, Drehbänke, Schraubenschneid- und Abstechmaschinen. 4.20
 366. Dasselbe. IV. Fräsmaschinen, Schleifmaschinen, Werkzeugmaschinen zur Zahnradbearbeitung, Maschinen zur Bearbeit. v. Blechen u. Profilleisen. 3.—
 367. Menge, Aufgaben aus der Mechanik. Bd. II. Festigkeitslehre. 2.70
 368. Schober, Seide und Seidenwaren. 12.—, geb. 13.50
 369. Rieke, Das Porzellan. 2. Aufl. 7.50
 370. Krause, Rezepte für die Metallwaren- und Maschinenindustrie. 4.50, geb. 6.—

371. Huth, Arbeitsmaschinen — Arbeitsverfahren. 1.60
 372. Huth, Neuzeitl. Kalkulationsmeth. 1.60
 373. Herrmann, Neuzeitl. Einrichtungen zur Holzbearbeitung. 7.50
 374. Esper, Elektromaschinenelemente. 8.70, geb. 10.20
 375. Ullrich, Moiréarten. 2.—
 376. Haase, Ölmüllerei. 2. Aufl. 4.50
 377. Feldmann, Baukonstruktion, I. Bd.: Konstruktionselemente in Stein, Holz und Eisen. 2. Aufl. —.90
 378. Feldmann, Baukonstruktion. II. Bd.: Die Gebäudemauern. 2. Aufl. —.90
 379. Ertel, Fahrleitung elektr. Bahnen. 2. Aufl. 12.—, geb. 13.50
 380. Menge, Aufgaben aus der Mechanik. III. Dynamik. 3.60
 381. Hunnius, Grundbegriffe der Mechanik.

- Achenbach, Schiffsmaschinen und Pumpen für Bordzwecke.** 2. Aufl. 2 Bde. Jed. Bd. 9.—
Ahlberg, Festigkeitslehre. 8. Aufl. 3.20
Almstedt, Lohnende Beschäftigungen für Kriegsbeschäd. a. d. Metallgewerbe. —.90
Bauer, Brauerei. 1.—
Baumert, Zuckerfabrikation. 1.—
Bechstein, Instrum. z. Temperaturmess. 2.80
Der Bergbau:
 Jüngst, Lagerstätten. 3.20
 Dittmarsch, Gewinnung der nutzbaren Mineralien. 2.—
 Freise, Aufbereitung der Erze. Vergriffen, dafür B T. 243.
 Dittmarsch, Grubenausbau. 3.60
 Stegmann, Wetterwirtschaft. 4.40
 Häng, Steinkohle. 6.—
 Lichte, Roheisen. 6.80
 Willert, Steinkohlenablagerungen. 2.—
Betriebstaschenbuch s. Bibl. Techn. 321/337.
Beyer, Kinematik. 8.70
Bibliothek der Lebensmittel-Industrie:
 1. Lebbin, Margarine. Mit Anhang: Moderne Zusatzpräparate f. Margarine. 7.25
 Anhang allein —.80
 2. Rheinberg, Schaumweine. 2.40
 3. Luhmann, Alkoholf. Getränke. 3.20
 4. Kullmann, Spirituosen. 2. Aufl. 3.20
 5. Huth, Punsche usw. 2.40
 6. Lippold, Obstkonserven. Fruchtsäfte, Marmeladen. 4.40
 7. Rabinowitsch, Gemüsekonserven. 7.25
Birrenbach, Elektr. Bogenlicht. Geb. 7.20
Bischoff, Handelswichtige anorganische Chemikalien. Geh. 12.—, geb. 13.50
Blau, Mechanik fester Körper. 2. Aufl. 5.80
Bohnstedt, Schiffbau. 3. Aufl. 9.—, Hbl. 10.80
Bomborn, Das Patent, das Gebrauchsmuster, das Warenzeichen. —.90
Bremerhavener Hafen- und Dockanlagen. Geb. 30.—
Brunn, Dampfturbinen. 4.20, einz. Taf. —.20
Buch der Berufe. 10 Bände je 1.65
Bürkle, Wirtschaftl. Blechbearbeitung. 3.20
Cluß, Brennerei. 2. Aufl. 3.20
Daeschner, Kontrollstatistik. 3. Aufl. 2.80
Deckert, Grundbegriffe der Chemie. 1.—
Deckert, Grundlagen der Raummessung. Etwa 1.20
Deckert, Gerade, Kreis, Ellipse, Hyperbel, Parabel in analyt. Behandlung. Etwa 1.80
Dietz, Textiltechn. Erläuterungen. 2.—
Dosch, Verbrennungsvorgänge. Brosch. 2.40
Dosch, Rauchplage und Brennstoffverschwendung. Geb. 5.60
Dreyer, Elem. d. Graphostatik. 9. Aufl. 5.20
Dreyer, Festigkeitslehre und Elastizitätslehre. 2. Auflage. Geh. 11.20, geb. 13.70
Dreyer, Erklärungen und Musterbeispiele zur Festigkeits- und Elastizitätslehre. Mit Nachtrag 4.—, Nachtrag allein —.80
Düsing, Einführung i. d. Algebra. 6. Aufl. 1.80
Lösungen dazu —.90

- Düsing, Lehr-u. Aufgabenb. d. Algebra.** 3.85
Düsing, Differential- u. Integralrechnung. Ausg. B. 9. Aufl. 3.60
 Lösungen dazu —.90
Düsing, Lehrbuch der Physik f. techn. Lehranstalten u. z. Selbstunterricht. 5. Aufl. 4.65
Düsing, Kurvenlehre. 3. Aufl. 3.90
Düsing, Versuche im physikalisch-technischen Laboratorium. 2.—
Düsing, Einsteins Relativitätslehre. 1.30
Ebel, Chemische Institute. 30.—
Eidler, Schalterbau.
 I. Bd. Allgemeine und physikalische Grundlagen. Geh. 8.85, geb. 10.—
 II. Bd. Schaltlehre (Wege zum Schaltplan). Geh. 18.50, geb. 19.75
 III. Bd. Konstruktionselemente, Hebel, Schalter, Sicherungen, automatische Schalter, Anlasser, Regler und Schaltwalzen, Controller. Erscheint 1929.
 IV. Bd. Hochspannungsapparate. Erscheint Winter 1929/30.
Erlacher, Organisation von Fabrikbetrieben. 6. Aufl. 3.20
Freytag, Laufbahn d. Ingenieurs. 5. Aufl. 3.60
Friedrich, Experimentevom Klub d. Weisen. Bd. I: Der Weg zum Erfinden. 1.55
 Bd. II: Der kl. Chemiker i. Haushalt. 1.55
 Bd. III: In d. Werkstatt d. Chemikers. 1.55
Fuhrmann, Der Leistungsfaktor in Wechselstromanlagen. 6.40
Gemmert, Die Entwicklung der ältesten kontinentalen Spinnerei. 5.—
Grimshaw, Besondere Verfahren im Maschinenbau. 3. Aufl. 4.40
Grimshaw, Der Werkführer. 1.30
Grimshaw, Werkstattbetrieb und -Organisation. 6. Aufl. 25.—
Grimshaw, Winke für den Maschinenbau. 3. Aufl. 3.20
Gruhn, Mathem. Formelsammg. 7. Aufl. 1.40
Grüninger-Oertle, Einfache Wagnerarbeiten. 2. Aufl. 4.40
Grüninger, Die Arbeiten des Wagenschmiedes. 2. Aufl. 3.60
Gürich, Erdgestaltung und Erdgeschichte. Geh. 9.60, geb. 11.40
Handbuch der gesamten Landwirtschaft. Unter Mitwirkung der hervorragendsten Autoritäten hrsg. von Prof. Dr. Karl Steinbrück. 4. Aufl. Ausg. 1928 in 5 Bänden.
 Einzel: [Geb. 45.—]
 I. Bd. Betriebslehre. Geb. 10.—
 II. Bd. Ackerbau. Geb. 10.—
 III. Bd. Pflanzenbau. Geb. 10.—
 IV. Bd. Tierzucht. Geb. 10.—
 V. Bd. Die Fortschritte 1924—1928. Geb. 10.—
 Ferner: Ergänzungsband Landwirtschaftl.-techn. Nebengewerbe. Geb. 8.—

- Handbuch der gesamten Textilindustrie.**
 9 Bände in 3 Bänden geb. 60.—
 Band I—II geb. 17.50, Band III—IV 30.—
 Band V—IX geb. 16.50
 Einzeln:
 1. Bd. Fiedler, Die Materialien der Textilindustrie. 3.90
 2. Bd. Gräbner, Die Weberei. Ganzleinenband 13.50
 3. Bd. Both, Die Bandweberei. Ganzleinenband 15.—
 1. Teil: Bindungen, Patronen, Musterung.
 2. Teil: Der Bandstuhl und die sonstigen Maschinen für Bandweberei. Fachliches Rechnen. Die Garne. Die Kalkulation.
 4. Bd. Worm, Wirkerei und Strickerei. 7.50
 5. Bd. Zänker, Färberei und Mercerisation. 2. Aufl. 7.50
 6. Bd. Brenger, Die Ausrüstung der Stoffe aus Pflanzenfasern. 4.40
 7. Bd. Mundorf, Appretur der Woll- und Halbwoollwaren. 4.80
 8. Bd. Knepscher, Die Appretur der Seiden-, Halbseiden- und Samtgewebe. 2.—
 9. Bd. Fiedler, Appretur der Bänder und Lützen. 2.40
 Herner, Entwurf und Einrichtung von Handelsschiffen. 3. Aufl. 14.70, geb. 16.20
 Herner, Theorie des Schiffes. 3. Aufl. 14.70 Geb. 16.20
 Herner, Grundriß der Wirtschafts- und Staatslehre 2.40
 Hildebrandt, Anorgan. Chemie. Geb. 3.45
 Hirsch, Luftpumpen. 2 Bände. Geb. 11.—
 Hoppe, Projektierung von Elektrizitätswerken. 3. Aufl. 2 Bände. Je 6.20
 Horstmann-Laudien, Betriebstaschenbuch s. Bibl. Techn. 321—337.
 Hoyer, Altpapierverarbeitung. 9.60
 Ibrügger, Die Regulierung von Brandschäden 6.—
 Jahn, Baurecht u. Baupraxis. 9.60, geb. 10.50
 Jänecke, Legierungen. Mit Nachtrag. 4.40
 Jantzen, Kondensatoren. Geb. 7.20
 Klitting, Feststellung des Gewichtes von Metallwaren aller Art nach Zeichnungen u. nach sonstigen Verfahren ohne Wage. 3.60
 Knoch, Landwirtschaftliche Baukunde.
 1. Landwirtschaftliche Bautechnik. 1.20
 2. Scheunen und Ställe. 1.20
 Königsworther, Physikalische Grundlagen der Gleich- u. Wechselstromtechnik. 3.20
 Königsworther, Elektrotechnische Meßkunde. Vergriffen, dafür Bibl. Techn. 307.
 Königsworther, Elektrizitätszähler. Vergriffen, dafür Schmidt, Elektrizitätszähler.
 Kraft-Thomae, Färberei-Kalkulation. 2.80
 Kraft-Thomae, Kalkulat. i. d. Weberei. 3.60
 Kraus, Rechenhaftstafeln zur Ermittlung der Normalitäten-Faktoren und der Titer nebst Logarithmen.
 I. Ohne bestimmt. chem. Charakter. 1.—
 II. Permanganatmethoden. 3.—
 Krysz, Chem. Kontrollmethoden u. Verlustberechnung der Zuckerfabrikation. 9.60
 Laudien, Maschinenelemente.
 Bd. I. 4. Aufl. 7.35, geb. 8.50
 Bd. II. 4. Aufl. 7.35, geb. 8.50
 Laudien, Stromtarife. 3.60
 Lucas, Akkumulatoren. 3. Aufl. 6.—
 Malkmus-Oppermann, Grundriß der klin. Diagnostik. 10. Aufl. 1928. Geb. 8.60, geb. 9.50
 Maurizio, Mülerei und Bäckerei. 1.—
 Meyer, Vermögensverwaltung. 6.—. Rechnungsbuch allein 3.—, Anleitg. allein 3.—
 Meyer, Lehrbuch der allgemeinen mechanischen Technologie der Metalle. 5. Auflage. Etwa 6.—, geb. 7.20
 Meyer, Das künstliche Trocknen d. wasserreichen landwirtschaftl. Futtermittel. 1.—
- Meyer, Handbuch der Futtermittel- und Getreidetrocknung.** Mit III Abbildungen im Text u. 5 Tafeln. Geh. 11.60, geb. 13.10
Miller, Instrumentenkunde für Forschungsreisende. 4.05
Molitor, Die Fabrikation der Soda. Geh. 11.80, geb. 13.50
Nandelstaedt, Werk- und Pflastersteine. Geh. 12.60
Neumeyer, Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. 3. Aufl.
 Band I. Brosch. 28.—, geb. 30.—
 Band II. Brosch. 28.—, geb. 30.—
Ost, Kaliwerke. Brosch. 2.—
Ost, Chemische Technologie. 16. Aufl. 1928. 16.50, geb. 18.—
Peters-Kopfermann, Bautechnische Lehrhefte für den Unterricht an Baugewerkschulen und für die Praxis.
 1. Pfänder, Wirtschaftliche Betriebsführung (Baubetriebslehre). 1.90
 1b. Dasselbe. Erg.-Heft (Vordr. usw.).—,80
 2a. Ewald, Staatsbürgerkunde. 1. Teil. 1.50
 2b. 2. Teil. 1.20
 3. Cordes, Wasserbau. —,90
 4. Brändlein, Brückenbau. 1.60
 5. Zippel, Erd- u. Eisenbahnarbeiten. 1.40
 6. Arnold, Straßen- u. Städt. Tiefbau. 2.20
 7. Zippel, Mathematik (einschließlich graphischer Darstellungsarten). 1.40
 8. Brändlein, Feldmessung. —,90
 9. Jaekel-Kopfermann, Bürgerliche Baukunde. 1.80
 10. Jaekel, Landwirtsch. Baukunde. —,80
 11. Jerosch, Statik. 1.40
 12a. Weiske, Eisenbeton. I. 2.40
 12b. Weiske, Eisenbeton. II. 1.—
 Preuß, Herstellung d. Stärkezuckers. 15.—
 Punga, Funken von Kommutatormot. 4.80
Rauter, Betriebsmittel der chemischen Technik. Geb. 8.40
Rauter, Urheberrecht. Geb. 8.40
Riechthofen, Führer f. Forschungsreisende. Geb. 14.40
Rinne, Einführung in die kristallographische Formenlehre und elementare Anleitung z. kristallographisch-optischen sowie röntgenograph. Untersuchungen. 4. u. 5. Aufl. 8.40. Bibl.-Ausg. Geb. 10.30
 1. Einführung in die kristallographische Formenlehre. 2.60
 2. Kristallographisch-optische Untersuchungen. 3.60
 3. Grundlagen der Kristall-Röntgenogrammetrie. 2.10
Rinne, Gesteinskunde. 10./11. Auflage. Geh. 18.—, geb. 19.50
Ritter, Grundlagen zur Berechnung statisch bestimmter ebener Fachwerke bei ruhender und bei beweglicher Belastung. 2.40
Romoeki, Gesch. d. Sprengstoffchemie. 3.80
Romoeki, Die rauchschwachen Pulver. 3.80
Rouillon, Hebedäumen. —,90
Rußner, Experimentalphysik. Je 2.80
 I. Bd. Mechanik fester Körper.
 II. Bd. Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper. Vergriffen.
 III. Bd. Akustik und Optik.
 IV. Bd. Wärme u. Reibungs-Elektriz.
 V. Bd. Galvanismus.
Rußner, Lehrbuch der Physik. Vergriffen.
 Als Ersatz: Düsing, Lehrbuch der Physik.
Rußner, Telegraphie und Telephonie. 4.—
Sandel, Festigkeitsbedingungen. 4.80
Schmatolla, Gaserzeuger u. Gasfeuerungen. 3. Aufl. 6.80
Schmatolla, Brennöfen f. Tonw. 3. Aufl. 6.80
Schmidt, Elektrizitätszähler. 2. Auflage.
 I. Band. Geh. 19.30, geb. 21.60
 II. Band. Geh. 25.30, geb. 26.40
Schmidt, Stärkefabrikation. 1.65
Seuster, Gewinnrechnung. 4.—
Silbermann, Bedrucken v. Textilstoffen. I. Geb. 15.50

Silbermann, Bedrucken v. Textilstoffen II. Geh. 13.—, geb. 14.40
 Silbermann, Elektrische Behandlung von Gasen. Geh. 18.80, geb. 20.—
 Silbermann, Hilfsapparate für Färber und Koloristen. Geh. 8.80, geb. 9.90
 Sperlich, Unkostenkalkulation. 4. Aufl. 4.25
 Stoces, Tektonische Geologie. 7.50
 Streckler, Landwirtschaftliche Maschinen und Geräte. 4. Aufl. 1.65
 Stolzenberg, Werkzeugmaschinen. 4.40
 Sundelowitzsch, Wörterbuch f. d. Pumpenbranche. 2.—
 Töllner, Vorschriftenbuch für Apotheker, Drogisten, chemische Fabriken und verwandte Gewerbetriebe. 2. Aufl. 4.80
 Valentin-Huth, Entwerfen und Berechnen von Kraftwagen. Band 1: Das Wagen-gestellt. 6.—
 Vettors, Darstell. Geometrie. 2. Aufl. 5.40

Wachtel, Graphostatik. 3. Aufl. 3.20
 Walter, Erfahrungen eines Betriebsleiters. 3. Aufl. 28.00
 Warmewirtschaftliche Nachrichten für Hausbau, Haushalt und Kleingewerbe. Monatlich 1 Heft. Halbjährlich 3.—
 Weber, Kohlenlufthäfen für elektrische Glühlampen. 6.20
 Weber, Elektr. Kohlenlufthäfenlamp. 10.—
 Weber, Metallfadenlampe. 18.50
 Wettich, Hebezeuge. 3. Aufl. 5.20
 Wilda, Die Schiffsmaschinen. Atlas. In Mappe 20.—, mit Text 30.—
 Wirkereikalender. 2.40
 Ziefemann, Aufgabensammlung aus der Wärmemechanik. 4.80

Bibliothek des öffentlichen Rechts.
 20 Bände. Je 5.—

Sachverzeichnis.

Die Nummern verweisen auf die betr. Bände der Bibliothek der gesamten Technik.

- Abwässer 55.
 Akkumulatoren: Lucas.
 Algebra 245. — Düsing.
 Alkoholfreie Getränke:
 Bibl. Lebensm. 3.
 Aluminium 342.
 Anilinfarben: Walter.
 Anstriche, technische 34.
 Apotheke: Vorschriftenbuch: Töllner.
 Apparate, wissenschaftl. 355.
 Appretur 204. 205. 206. 209.
 Arbeitsmaschinen 373.
 Arzneimittel 122.
 Asphalt 31.
 Aufbereitung 243.
 Ausbau 130.
 Autogene Schweißung 300.
 Azetylen 44.
 Bäckerei 265. — Maurizio.
 Bänder-Appretur 206.
 Bandweberei 202. 224.
 Baufführung 98.
 Baukonstruktion 119. 377. 378.
 Baukunde 337.
 — Bürgerl.: Peters-Kopfermann, Bautechn. Lehrhefte Bd. 9.
 — Landwirtschaftl.: Peters-Kopfermann, Bautechn. Lehrhefte Bd. 10.
 Baumwollweberei 205.
 Baurecht: Jahn.
 Bausteine 76.
 Baustoffe 83.
 Bautischlerei 314.
 Bauveranschlagen 87.
 Beleuchtung 334.
 Bergwesen: Die Gewinnung der nutzbaren Mineralien von den Lagerstätten 58.
 Bergwesen: Rettungsw. 4.
 Bernstein s. Farbe- und Vollendungsarbeiten.
 Betriebsführung: Peters-Kopfermann, Bautechn. Lehrhefte Bd. 1.
 Bier s. Brauerei.
 Blechbearbeitung 201. 217. 221. 281. 361. — Bürkle.
 Blechballagen 231.
 Bohrtechnik 74. 310.
 Brandschäden: Ibrügger.
 Brauerei 128. — Bauer
 Brauerei-Betriebsstör. 159.
 Braunkohlenteerprodukte
 Brennerei: Cluß. [296.]
 Brennöfen: Benfey—Schma-Brücken a. Holz 266. [tolla. — aus Stein 269. — aus Eisen 226.
 Brückenbau: Peters-Kopfermann, Bautechn. Lehrh. 4. Buchführung 232.
 Chemie, Grundbegriffe: Deckert.
 — anorganische 117. — Hilde- — organische 148. [brandt. — physikalische 30.
 — Tafeln: Kraus.
 Chemie, Experim.: Friedrich.
 Chemikalien: Bischoff.
 Chemische Institute: Ebel.
 Chemische Laboratorien. Laboratoriumstechnik 108. — Einrichtung 151.
 Chem. Technik: Ost—Rauter. — Vorschriftenbuch: Töllner.
 Dampfkessel: Handbuch z. Berechnung 282. — Montage u. Reparatur 153.
 Dampfmaschine 244. 268.
 Dampfturbinen: Brunn.
 Decken 119.
 Diagnostik, klin.: Malkmus.
 Differentialrechng.: Düsing.
 Drechsleri 89.
 Drehbankberechnungen 272.
 Dreherbuch 297.
 Dreschapparate 125.
 Drogisten: Vorschriftenbuch: Töllner.
 Dynamik 322. 350.
 Dynamomaschinen s. Elektr. Maschinen.
 Eimer 281.
 Eisen 15. 276.
 Eisenbahnbau 287. 234. 240.
 Eisenbahnbauarbeiten: Peters-Kopfermann, Bautechn. Lehrhefte Bd. 5. — Gleisabschluß 359.
 Eisenbahnschwelle 343.
 Eisenbahnwagen 101.
 Eisenbeton: Peters-Kopfermann: Baut. Lehrh. Bd. 12.
 Eisenindustrie 231.
 Elektrische Bahnen: Oberleitung 379.
 Elektrische Behandlung von Gasen: Silbermann.
 Elektr. Heizung 291 u. 334 a.
 Elektrische Licht- u. Kraftanlagen: Montage 1.
 Elektrische Hochspannungsanlagen 302. — Betrieb 100. — Stromtarife: Laudien. — Leitungsquerschnitte 161. — Tafeln und Tabellen zur Berechnung elektrischer Leitungen 166—167. — Freileitungen 309. — Isolationsmessung und Fehlerortsbestimmg. 348. — auf Dampfschiffen 57. — Leistungsfaktor in Wechselstromanl.: Fuhrmann. Elektr. Beleuchtung: 334. — Bogenlicht: Birrenbach. Elektr. Glühlampen: Weber. Elektr. Maschinen 213. 214. — Entwurf u. Konstruktion 2 3. — Drehstrommotoren 308. — Krankheiten 2. — Wissenswertes aus dem Dynamobau 213. 214. — Prüfung 50. — Formeln für Entwurf und Berechnung 219.
 Elektrische Meßkunde 307.
 Elektrische Schaltungen: Schalttafelbau 241. — Schalttafelwärter 316. — Taschenbuch 168. — Schalterbau: Edler.
 Elektr. Schweißverfahren 301.
 Elektr. Transformatoren 308.
 Elektrisches Heizen und Kochen 291.
 Elektrizität i. d. Medizin: 317.
 Elektrizitätswerke, Proj.: Hoppe.
 Elektrizitätszähler: Schmidt.
 Elektromaschinenelem. 374.
 Elektromotor, Antrieb 162.
 Elektrotechn. 216. 230. 331. 351. — in der Landwirtschaft 294. — Physikalische Grundl.: Königsworther.
 Elektrotechnik: Fachausdrücke 169.
 Elektrotechnik: Physikal. Grundlagen: Starkstromtechnik 331. — Wechselstromtechnik 352.
 Elfenbein s. Farbe- und Vollendungsarbeiten.
 Entstaubung 84.
 Entwässerung der Städte 79.

- Erd- u. Eisenbahnarbeiten: Peters-Kopfermann, Bau-techn. Lehrhefte Bd. 5.
- Erdbau 56.
- Erdgestaltung: Gürlich.
- Erze s. Aufbereitung.
- Erbestecke 281.
- Exhaustoren s. Ventilatoren.
- Experimente: Friedrich.
- Fabrikationsmethoden 371.
- Fabrikbauten 65. 337.
- Fabrikbetrieb und -organisation 227. 315. 338. — Daeschner — Erlacher — Grimshaw — Sperlich.
- Fabrikerichtung 90.
- Färbe- und Vollendungsarbeiten 357.
- Färberei 211. — Kalkulation: Kraft-Thomae. [mann. — Hilfsapparate: Silber-Farben und Farbstoffe 157. Feinmechanik 355.
- Feldbahnen 20.
- Feldmeßkunde s. Vermessungskunde.
- Festigkeitsbedingungen: Sandel.
- Festigkeitslehre 245. 250. 322. — Ahlberg. — Dreyer.
- Fette 311. s. a. Schmiermittel.
- Feuerfeste Produkte 344.
- Feuersicherheit s. Kohlenbergwerke.
- Feuerungen: Handbuch zur Berechnung 282. — Feuerwesen 36.
- Firnisse 116.
- Fischbohrtechnik 310.
- Flechteer 208.
- Formeln, mathemat.: Gruhn. — a. d. Festigkeitslehre 250.
- Fräserbuch 298. 318.
- Fräsberei, Berechn. 272. 366.
- Fruchtsäfte: Bibl. Leb.-I. 6.
- Futtermittelrocknen: Meyer.
- Galvanotechnik 261.
- Gardinenweberei 305.
- Gasarten, technische 39.
- Gase, verdichtete und verflüssigte 140.
- Gasinstallation 7.
- Gasmotoren, Verbrennungskraftmaschinen.
- Gebrauchsmusterrecht 134. Bomborn.
- Gelatine 274.
- Geldschrankbau 289.
- Gemüsekonserven: Bibl. Leb.-Ind. 7.
- Geologie: Gürlich.
- Geometrie 71. 245. Deckert. — Veters.
- Gerade, Kreis usw.: Deckert.
- Gerberei 143.
- Gesenkschmieden 239. 326.
- Gesteinskunde: Rinne.
- Gesundheitslehre, gewerbliche 14. 229.
- Getränke s. Bibl. Leb. 2—5.
- Gewerbehygiene 14. 155. 229.
- Gewinde-Berechnung 272.
- Gießerei 254 a. 277. 328. 329. 339 u. Metallbearbeitung 218.
- Gips 72.
- Glasarbeit, u. Glasblasen 355.
- Glasindustrie 47. 75.
- Gleichstrommaschinen 358.
- Gleichstromtechnik 351.
- Gleisabschluß 359.
- Goldschmiedekunst 136.
- Graphostatik: Dreyer. — Ritter. — Wachtel.
- Grubenausbau 102.
- Hafenanlag.: Bremerhaven. Härtners. Metallbearbeitung. — Werkzeugmachen.
- Hartzerkleinerung 66.
- Harze 306.
- Hebedaunen: Rouillon.
- Hebezeuge 225. 332.
- Heizung 343, s. a. Elektr. Heizung. — Feuerungen. — Wärmewirtsch. Nachr.
- Heizungsanlagen 313.
- Hilfsapparate für Färber u. Koloristen: Silbermann.
- Hochbauten s. Bauveranschlagen.
- Hochspannungsanlagen s. Elektrische Licht- und Kraftanlagen.
- Holz 237; s. a. Sägewerke.
- Holzbaukunst 111.
- Holzbearbeitungsmasch. 373.
- Holzfarben s. Färbe- und Vollendungsarbeiten.
- Holzgas s. Gasarten, technische 39.
- Holzverarbeitung s. Hartzerkleinerung.
- Horn s. Färbe- und Vollendungsarbeiten.
- Hughesapparat 264.
- Hydrographie 53.
- Industriebahnen s. Feldb.
- Industriebauten 65. 337.
- Ingenieurlaufbahn: Freytag.
- Installationsgeschäfte; Organisation und Buchführung 222.
- Instrumente f. Forschungsreisende: Miller.
- Integralrechnung: Düsing.
- Isolierungen s. Elektrische Licht u. Kraftanlagen — Wärmeschutz.
- Kakao 360.
- Kali: Ost.
- Kalkulation s. Bauveranschlagung. — Färberei. — Maschinenbau. — Weberei.
- Kalorifere s. Dampfkessel.
- Kanalisation 79.
- Keramik s. Tonwaren.
- Kinematik: Beyser.
- Kitte 275.
- Knöpfe: Uniformknöpfe 281.
- Kohle s. Aufbereitung. — Braunkohlenteerprodukte — Steinkohle.
- Kohlenbergwerke: Feuersicherheit 52.
- Kohlensäure 121.
- Koks s. Braunkohlenteerprodukte.
- Kolbendampfmasch. 244. 268.
- Kondensatoren: Jantzen.
- Konserven: Bibl. Leb.-Ind. 7.
- Konstruktionsstoffe s. Materialienprüfung.
- Kontrollmethoden der Zuckerindustrie: Kryz.
- Kontrollstatistik: Daeschner.
- Kraftgas s. Gasarten, techn.
- Kraftmaschinen 270. 279.
- Kraftwagen: Valentini.
- Kristallographie: Rinne.
- Kunststeine s. Hartzerklein.
- Kurvenlehre: Düsing.
- Laboratorien s. Chemische Laboratorien.
- Lacke 116.
- Lagerstätten 77.
- Landwirtschaft: Handbuch.
- Landw. Baukunde: Knoch. — Peters-Kopfermann, Bau-techn. Lehrhefte Bd. 10.
- Landwirtschaftl. Maschinen 125. 271. 312. — Strecker.
- Landwirtschaftliche Rassenkunde: Arland.
- Lederfabrikation 143.
- Legierungen 137. — Jänecke.
- Leim 274.
- Leuchtgas, Steinkohlengas.
- Litzen-Appretur 206.
- Logarithmen 299.
- Lokomotive 271.
- Lokomotivkessel 285.
- Löten 254. 263.
- Luft, flüssige, s. Gase, verflüssigte.
- Luftgas s. Gasarten, techn.
- Luftpumpen: Hirsch.
- Lüftung 84.
- Magnetismus 352.
- Malerei 34.
- Malzfabrikation, Betriebsstörungen 159.
- Margarine: Bibl. Lebensmittelindustrie 1.
- Marmeladen: Bibl. Leb.-I. 6.
- Maschinenbau: Kalkulation 320. Besond. Verfahren, — Winke: Grimshaw. — Das erste Lehrbuch zum Selbstunterricht 308. — Montage 245. 246.
- Maschinenelem.: Landini 374.
- Maschinenfabriken, Organisation 227.
- Maschinenteile 325.
- Maschinenuntersuchung 270. Maße 253.
- Materialien 131. 324.
- Materialienprüfung 110.
- Materialprüfungsämter 123.
- Mathematik 321.
- Peters-Kopfermann, Bau-techn. Lehrhefte Bd. 7.
- Mauern 63.
- Maurer s. Meisterprüfungen.
- Mechanik: 322. 323. 349. 367. 381. Blau.
- Mechaniker für wissenschaftl. Apparate 355.
- Meerscham s. Färbe- und Vollendungsarbeiten.
- Meisterprüfungen: Baugewerbe 21.
- Meßinstrumente f. Maschinenuntersuchungen 270.
- Meßkunde, elektrotechn.: Königsworther 307.
- Meßwerkzeuge u. Messen 253.
- Metallbearbeitung 218. 231. 251—256. 339. 340. 341. — Meyer. — Rechenkunst 272.
- Metallfarben s. Färbe- und Vollendungsarbeiten.
- Metallhüttenkunde: Hildebrandt.
- Metallindustrie 231.
- Metallwaren: Rezepte 370. — Feststellung des Gewichtes: Klütting.
- Mineralienergewinnung 58.
- Möbeltischlerei 314.
- Modelltischlerei 242.
- Moirarten 375.
- Montage 1. 245. 246.
- Montanwachs 296.
- Motorboot 248.
- Motoren s. Elektr. Maschinen. — Verbrennungskraftmaschinen.
- Motoren für Gas u. flüssige Brennstoffe 223.
- Kleinmotoren 345.
- Mühlenbau 13.

Mathematische Formelsammlung. Von Gewerbestudienrat **P. mehrte** und verbesserte Auflage. 1.40 RM.

Archiv der Mathematik und Physik: Die Sammlung ist für Besucher von technischen Mittelschulen und verwandten Fachschulen bestimmt und für solche recht zu empfehlen. Die Formeln sind gut ausgewählt, übersichtlich zusammengestellt und im Druck gewissenhaft korrigiert.

Tabellen der Quadrate, Kuben, Wurzeln, Kreisumfänge und -inhalte, Kreisfunktionen und Logarithmen.

(Bibl. d. ges. Techn. 299.) —.45 RM.

Diese Tabellen, deren klarer Druck besonders hervorgehoben sei, werden ihres billigen Preises wegen vielen willkommen sein.

Wärmemechanik und Mechanik der Gase und Dämpfe.

Von Prof. Dipl.-Ing. **G. Haberland.** (Betriebsaschenbuch. Herausgegeben von Ministerialrat Prof. Dipl.-Ing. R. Horstmann und Prof. Dr.-Ing. K. Laudien.) (Bibliothek der ges. Technik Bd. 323.) 1.60 RM.

„Zeitschrift für berufliches Schulwesen“: Das Buch soll auf kleinstem Raum alles für den Betriebsfachmann Notwendige bieten. Der Verfasser hat deshalb aus dem großen Stoffgebiet das grundsätzlich Bedeutsame zusammengefaßt und auf 70 Seiten leichtverständlich dargestellt. Zahlreiche Beispiele und Skizzen erleichtern das Verständnis. Die Hauptabschnitte sind: Feste und flüssige Körper, Gase, Dämpfe, Strömende Bewegung des Wasserdampfes. Bei der rechnerischen Behandlung des Stoffes ist die höhere Mathematik ausgeschaltet worden, so daß jeder, der über die nötigen elementaren Algebrakenntnisse verfügt, der Darstellung folgen kann. Das handliche Buch dürfte weiteste Verbreitung finden.

Die Grundzüge der technischen Wärmelehre. Von Dipl.-Ing.

Gustav Puschmann, Studienrat an der staatl. verein. Maschinenbau- und Hüttenchule in Dortmund. Vierte, neubearbeitete Auflage. (Bibl. d. ges. Techn. 233.) 6.60 RM.

„Zeitschrift für Dampfkessel- und Maschinenbetrieb“: Das zum Gebrauch für Lehrer und Studierende sowie für die Praxis bestimmte Werk zeichnet sich durch eine klare und leichtverständliche Behandlung des Stoffes aus. Erhöht wird der Wert des Buches durch übersichtliche Abbildungen und eine Fülle von Zahlenbeispielen. Das gut ausgestattete Werk verdient volle Anerkennung und weiteste Verbreitung.

Aufgabensammlung aus der Wärmemechanik. Von Prof.

Dipl.-Ing. **C. Zietemann.** 4.80 RM.

„Anzeiger für Berg-, Hütten- und Maschinenwesen“, Essen: Je mehr die Wärmemechanik an Bedeutung gewinnt, um so mehr ist es wichtig, daß auch die Grundlagen in Form von Aufgaben befestigt werden. Das vorliegende Buch tut dies in sehr systematischer und klarer Form. Es bringt die wichtigsten Beziehungen aus der technischen Wärmelehre, sammelt die Aufgaben und schließlich die Lösungen selbst. Solche Bücher haben in den Kreisen der Technik stets Erfolg und Nutzen gebracht.

Mechanik-Aufgaben aus der Maschinentechnik. Von Prof.

E. Menge. I. Teil: Statik. (Bibliothek der ges. Techn. 349.) 1.95 RM.

II. Teil: Festigkeitslehre. (Bibliothek d. ges. Technik 367.) 2.70 RM.

III. Teil: Dynamik — Mechanik der Flüssigkeiten und Gase. 1929. 3.60 RM.

„Zeitschrift f. techn. Physik“: Der Verfasser hat auf Grund seiner langen Lehrpraxis annähernd 300 Aufgaben aus der Statik für Maschinenbauer zusammengestellt. Die Auswahl ist gut getroffen; viele typische Fälle, die sich mit Hilfe der Elementarmathematik behandeln lassen, sind in einem oder mehreren Beispielen vertreten. Das Büchlein mit seinen ausgezeichneten Figuren und dem klaren Druck ist in erster Linie für Maschinenbau-Schüler, jüngere Praktiker und solche geeignet, die sich durch Selbstunterricht die nötigen Kenntnisse in der elementaren Mechanik verschafft haben. K. Glitscher.

Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig C 1

Elemente der Graphostatik.

Lehrbuch für technische Unterrichtsanstalten und zum Selbstunterricht mit vielen Anwendungen auf den Maschinenbau und Brückenbau. Von Studienrat **Georg Dreyer**. Neunte Auflage. 1929. Mit über 300 Abbildungen und 4 Tafeln. 5.20 RM.

Gleich wertvoll für die Hand des Lehrers wie des Studierenden, für den Anfänger zum Selbstunterricht wie für den ausübenden Ingenieur als Nachschlagewerk hat sich dieses Lehrbuch der Graphostatik schon in vielen Auflagen bestens bewährt. Wer es im Unterricht gebraucht hat, wird die empfangenen Anregungen immer wieder benutzen, und wer danach studiert hat, empfiehlt es gern weiter. Man erkennt von der ersten Seite an aus dem ganzen Aufbau und der Behandlung des Stoffes, daß langjährige Unterrichtserfahrungen des Verfassers darin zum Ausdruck kommen. Es ist aus den Bedürfnissen des Unterrichts entstanden und erfüllt daher alle Bedingungen, die an ein gutes Lehrbuch gestellt werden müssen: erschöpfende, aber leicht faßliche Darstellungsweise, deren Anschaulichkeit durch zahlreiche gute Abbildungen, geschickt gewählte Beispiele und eigenartige Kunstgriffe — Handgriffe, das Dreyersche „Schema“ — wirkungsvoll unterstützt wird.

Nach einleitenden Erklärungen über das Wesen des graphischen Rechnens werden zunächst als Wiederholung aus der Mechanik die Grundlagen der Statik, nämlich die drei Gleichgewichtsbedingungen für Kräfte in der Ebene, in ihrer analytischen (rechnerischen) Entwicklung und Anwendung ausführlich behandelt. Erfahrungsmäßig wird dem Anfänger das Eindringen in dieses Gebiet recht schwer, weil sowohl die rechnerische als auch die nun folgende zeichnerische Lösung auf rein mathematischem Wege erfolgen muß, wofür oft wenig Veranlagung vorhanden ist. Im ganzen ersten Hauptabschnitt des Buches wird deswegen zunächst nur ein einziges Hilfsmittel, das Polygon der Kräfte, zur Verarbeitung dargeboten, und der Leser findet dann zu seiner Überraschung schon eine überaus große Zahl von praktischen Anwendungen, deren Lösung an durchgeführten Beispielen ihn reizt, das Verfahren an zahlreich gebotenen Übungsaufgaben selbst auszuüben. Damit ist der erste Schritt getan, die Freude an selbständigen Schaffen ist erweckt, und man sehnt sich nach schwierigeren Problemen. Nach Überwindung der ersten Anfängerschwierigkeiten an einfachen Fachwerkbeispielen wächst das Vertrauen an die eigene Leistungsfähigkeit und an die Zuverlässigkeit des gezeigten Verfahrens, welches immer seine Gültigkeit behält, gleichgültig, ob man es auf einen Dachbinder anwendet oder auf ein Krangerüst, einen Leitungsmast oder einen Brückenträger.

Nachdem auf diese Weise der graphische Ersatz der I. und II. Gleichgewichtsbedingung durch Anwendung des Kräftepolygons genügend geübt ist, wird im nächsten Hauptabschnitt das Seilpolygon als Ersatz für die III. Gleichgewichtsbedingung gezeigt und wieder an vielen Beispielen in seiner vielfachen Anwendung auf Schwerpunktsbestimmungen, Auflagerkräfte und Momentenflächen für ruhende Belastungen durchgearbeitet. Auch hier wird wie im ersten Teil des Buches der Leser durch ein bewährtes Hilfsmittel, das erweiterte Schema, in die Lage versetzt, sich bei der Lösung von Aufgaben beständig selbst zu überwachen, damit er allmählich vom Lehrer, d. h. also von der Benutzung der Lösungen im Buche unabhängig und wirklich selbstständig wird. Und darin liegt der Hauptwert der in diesem Lehrbuch befolgten Methode. Die Selbstüberwachung mit Hilfe des Schemas ist so zuverlässig, daß der Anfänger sich auch an die Lösung solcher Aufgaben heranwagen kann, deren Lösungen nicht mitgeteilt sind. Solche Aufgaben sind ihrer Schwierigkeit entsprechend geordnet und mit kurzen Hinweisen auf frühere Beispiele und Lehrsätze oder mit Andeutungen des Lösungsvorganges versehen.

Sehr ausführlich ist dann noch das Rittersche Verfahren, zunächst wieder in seiner analytischen Anwendung auf ruhende und bewegliche Lasten, dargestellt. Dies ist unentbehrlich, einmal zur Nachprüfung zweifelhafter Ergebnisse einer graphischen Berechnung, dann aber zur Überleitung auf die im letzten Teil des Buches behandelten graphischen Hilfsmittel für den Brückenbau. Unter diesen ist dem Verfahren der Einflußlinien ein besonders ausführlicher Abschnitt gewidmet. Auch die Entwicklung der Einflußlinien ist auf der Grundlage der drei Gleichgewichtsbedingungen durchgeführt, so daß sich schließlich die Einflußlinien für Stabkräfte eines Fachwerkes als eine zeichnerische Lösung des Ritterschen Verfahrens darstellen.

„Deutsche Bauzeitung“, Berlin: Das Buch kann deswegen sowohl für den Selbstunterricht und für die Schule als auch als Nachschlage- wie Wiederholungsschritt jedem Bauingenieur, insbesondere aber dem Eisenkonstrukteur und Maschinenbauer bestens empfohlen werden.

Verlagsverzeichnisse und Sonderprospekte kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise.

Grundlagen zur Berechnung statisch bestimmter ebener Fachwerke bei ruhender und bei beweglicher Belastung. Von Stud.-Rat Dipl.-Ing. Carl Ritter. 2.40 RM.

„Der praktische Maschinenkonstr.“: Einfacher Aufbau, klare Darstellung, übersichtliche Anordnung verkörpern die drei wesentlichen, in angenehme Erscheinung tretenden Merkmale des Ritterschen Werkhens. Die dem Praktiker erwünschten, dem Schüler nützlichen Grundlagen der Fachwerkberechnung gelangen an gut ausgewählten durch wohlgestaltete Abbildungen versinnbildlichten Beispielen zur Vorführung. Druck und Ausstattung entsprechen den Anforderungen, die der Buchfreund gewöhnt ist an seine Bibliothek zu stellen. Das nette kleine Buch dürfte schnell Freunde gewinnen. Es verdient sie!

Einführung in die Kinematik. Ein Lehr- und Aufgabenbuch für den Unterricht an techn. Mittelschulen und zum Selbstunterricht von Dr. phil. Rudolf Beyer. 8.70 RM.

Aus dem Vorwort: Die rasche Entwicklung der Technik in den letzten Jahrzehnten ist auch an den Hilfswissenschaften, die ihr mit zu dem großen Aufschwunge verhelfen, nicht spurlos vorübergegangen. Den rein rechnerischen Lösungen haben sich zeichnerische Methoden würdig zur Seite gestellt. Die graphische Statik ist ein treffliches Beispiel dafür, in welchem Ausmaße solche zeichnerischen Verfahren ausgearbeitet werden können und dann ihrerseits instände sind, andere Gebiete technischer Forschung zu befruchten. Ähnliches leistet die Kinematik, die mit Recht frühzeitig den Weg der Rechnung verlassen und für die den Ingenieur der Praxis interessierenden Aufgaben und Probleme zeichnerische Methoden bereitgestellt hat.

Erstrebt wurde in dem vorliegenden Buche eine möglichst anschauliche und elementare Einführung in die wichtigsten Grundlagen der Kinematik, die auf diese Weise auch an den Ingenieur der Praxis herangetragen werden sollen. Auf die einfachsten Grundbegriffe der Differentialrechnung konnte bei der Herleitung verschiedener Lehrsätze an einzelnen Stellen nicht ganz verzichtet werden; jedoch ist eine Kenntnis und Fertigkeit im Differenzieren und Integrieren bei den Anwendungen nicht erforderlich. Die Ermittlung der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse ist stets der Ausgangspunkt und der Leitgedanke der kinematischen Erörterungen, an die sich vielseitige Anwendungsbeispiele aus den verschiedensten Gebieten der Maschinenteknik anschließen.

Auf die vollständige Durchführung von Zahlenbeispielen unter Berücksichtigung und Betonung der Maßstäbe wurde besonderer Wert gelegt.

„H. D. J. Mitteilungen“: Unter richtiger Herausarbeitung und Bevorzugung der graphischen Methoden wird der Leser spielerisch mit den Elementen der geometrischen Bewegungslehre, der Zwanglaufmechanik und graphischen Dynamik vertraut gemacht und ihm so der Weg zu einem genußreichen Studium von Reuleaux' und Wittenbauers Arbeiten und damit zu selbständiger, wissenschaftlicher Arbeit geebnet.

Flott und leicht faßlich geschrieben, mit einer Fülle praktisch-zweckmäßig gewählten, interessanten Aufgabenstoffes versehen, wird dieses, eine Lücke in der einschlägigen Literatur der ebenen Bewegung ausfüllende Buch sowohl bei Lehrenden und Lernenden unserer technischen Lehranstalten als auch bei den Praktikern draußen gleich günstig aufgenommen werden müssen.

R. Kreuzinger, techn. Hochschule in Brünn.

„V. D. I. Zeitschrift“: Es ist mehrfach ausgesprochen worden, daß die wissenschaftliche Behandlung der Getriebelehre einer Neubelebung bedarf. An verschiedenen Stellen ist schon wertvolle Arbeit im Gange. Das vorliegende Buch stellt eine gute Einführung dar. Der Verfasser behandelt die Theorie kinematischer Aufgaben unter Benutzung der Elementarmathematik und zeichnerischer Verfahren recht geschickt. Für den Gebrauch an den höheren technischen Fachschulen sind die Beispiele praktischer Anwendung der Theorie geeignet. Die Benutzung wird durch einen guten Nachweis des Schrifttums wirkungsvoll unterstützt.

Dr. Adrian,

Leitfaden der Kurvenlehre für höhere technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht. (Analytische Geometrie der Ebene.) Von Prof. Dr. **K. Düsing**. Dritte, vermehrte und neubearbeitete Auflage von Prof. E. Wilde. 1928. 3.90 RM.

„Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen“: Der Autor hat sich in technischen Kreisen, insbesondere durch seine Veröffentlichung: Die Elemente der Differential- und Integralrechnung, vorteilhaft eingeführt, ein Werk, das den Bedürfnissen des Technikers Rechnung trägt, indem es durch praktische, sehr geschickt gewählte Beispiele die gegebenen Theorien beleuchtet. Nun liegt von demselben Autor ein Lehrbuch der Analytischen Geometrie vor, welches das für die Technik so wichtige Gebiet der Kurvenlehre in einer Bearbeitung behandelt, die nicht die Interessen des Mathematikers, sondern die des Technikers in erster Linie berücksichtigt. Die Darstellung ist leichtverständlich und anschaulich; sie wird durch zahlreiche Figuren unterstützt und ist daher auch für das Selbststudium sehr geeignet; das Gelernte kann an Übungsbeispielen befestigt werden, deren Resultate am Schlusse des Buches angegeben sind.

Lehrbuch der darstellenden Geometrie. Von Prof. Dr. **Karl Vettors**. Zweite Auflage. Mit 250 Abbildungen. 5.40 RM.

„Pädag. Archiv“, Braunschweig: Das vorliegende Werk eignet sich ausgezeichnet zum Studium der darstellenden Geometrie; es ist klar und leichtverständlich geschrieben, und es dürfte namentlich für höhere technische Lehranstalten zu empfehlen sein. In ausführlicher Weise werden namentlich die Anfangsgründe erörtert, und mehr als dreihundert Aufgaben sollen zur Vertiefung der einzelnen Kapitel dienen. Der Inhalt ist als ein reicher zu bezeichnen.

Einführung in die Algebra für gewerbliche Schulen, Fortbildungsschulen und zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. **K. Düsing**. Fünfte, verbesserte Auflage von Prof. **E. Wilde**. 1.80 RM. Auflösungen dazu —.90 RM.

Die vorliegende Einführung in die Algebra ist zum Gebrauch an Maschinenbau-, Baugewerk-, Handwerker-, Fortbildungs- und Abendschulen sowie zum Selbstunterricht bestimmt und eignet sich infolge der bewährten leichtfaßlichen Darstellungsweise des bekannten Verfassers für alle, die ohne Vorkenntnisse an dieses Gebiet herantreten. Der gebotene Stoff ist reichlich. Dem Lernenden wird das gesamte Gebiet der Algebra bis zum Ziehen von Kubikwurzeln, quadratischen Gleichungen, Rechnen mit Tabellen und Tafeln und Logarithmen vermittelt. Wo dieses Ziel als zu weit gesteckt erscheint, können ohne Nachteil die letzten Kapitel weggelassen werden.

Lehr- und Aufgabenbuch der Algebra. Von Prof. Dr. **K. Düsing**. Mit 32 Textabb., 1 Tafel und 187 Seiten in 8^o. 3.85 RM.

„Elektrotechnische Zeitschrift“: Das Buch bringt die Anfangsgründe der Algebra in einer den Maschinenbauschulen angepaßten Form. An die Behandlung der drei Rechnungsstufen schließt sich die der linearen und der quadratischen Gleichungen; für Gleichungen höherer Grade werden weiter graphische Darstellungen zur genäherten Lösung herangezogen. Den Schluß bildet eine kurze Besprechung anderweitiger Rechenhilfsmittel. Größtes Gewicht ist auf die Einübung der Methoden an numerischen Beispielen gelegt; diesem Zwecke dienen die zahlreichen Aufgaben, die vielfach den Anwendungsgebieten entnommen sind. Die für den Anfänger so schwierige Arithmetisierung eingekleideter Aufgaben wird an Beispielen dargelegt. Böhmer.

Elemente der Differential- und Integralrechnung für höhere technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. **K. Düsing** und Prof. **E. Wilde**. Mit zahlreichen Beispielen aus der technischen Mechanik von Baurat Dipl.-Ing. E. Preger. Neunte neubearbeitete Auflage. 3.60 RM.

Die ersten Auflagen dieses Werkes haben einen raschen Absatz gefunden, ein Beweis, daß die Methode des Verfassers gerade in technischen Kreisen guten Anklang gefunden hat. Der Verfasser führt die Ableitung auf geometrischem Wege an der Hand von Figuren durch, was anschaulicher, leichter und interessanter ist als die bisher übliche algebraische Art und den weiteren Vorteil hat, daß sich an den Figuren das Resultat oft direkt ablesen läßt. Das Buch ist auch zum Selbstunterricht vorzüglich geeignet.

Verlagsverzeichnisse und Sonderprospekte kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise.

Lehrbuch der Experimentalphysik für techn. Lehranstalten u. zum Selbstunterricht.

Von Prof. Dr. **K. Düsing** und Stud.-Rat **O. Schaefer**. Fünfte, neu bearbeitete Auflage. 1929. Mit 385 Abbildungen und 1 Spektraltafel. 4.65 RM.

Das vorliegende Buch ist für technische Anstalten und für den Selbstunterricht bestimmt und berücksichtigt in erster Linie die technisch wichtigen Gebiete. Der durch seine früheren Veröffentlichungen bereits in weiten Kreisen bekannte Verfasser hat auch hier wieder sein bewährtes Lehrgeschick aufs beste bewiesen, und wir können das Buch, das sich auch durch guten, klaren Druck auszeichnet, nur empfehlen.

Das kleine Physikbuch für Gewerbeschulen. Von Prof.

Dr. **K. Düsing**. (Bibl. d. ges. Techn. 293.) — 90 RM.

Diese Sonderausgabe aus der „Einführung in die Mathematik und Mechanik“ ist auf Anregung aus Schulkreisen veranstaltet worden, um dem Bedürfnis nach einem billigen Physikbuche Genüge zu tun.

Rechnen und Geometrie für ehemalige Volksschüler und Fortbildungsschüler. Von Ing. **Havemann**.

Zweite Auflage. Mit 51 Abb. (Bibl. d. ges. Techn. 71.) — 45 RM.

Ein bewährtes, leichtverständliches Lehr- und Nachschlagebuch zum Schul- und Selbstunterricht. Der Lernende wird unterrichtet über: **Gemeine Brüche, Dezimalbrüche, Quadratzahl und Quadratwurzel, Kubikzahl und Kubikwurzel, Dreisatzrechnung, Prozentrechnung, Promillerechnung, Teilungsrechnung, Gleichungen.** — Winkel, Flächen, Körper. **Einfache Konstruktionen, Anleitung zur Benutzung von Tabellen, Maße und Gewichte.**

Die Rechenkunst des Metallarbeiters in ihrer Anwendung auf die verschiedenen

Werkzeugmaschinen — Berechnung der Wechselläder zum Schneiden aller Gewinde auf der Leitspindeldrehbank, Berechnungen für die Herstellung von Zahnrädern, Berechnungen für die Fräsmaschine und Drehbank und anderes, Tabellen. Von Oberstudienrat Dipl.-Ing. **Friedrich Hofmann**. Zweite Auflage. (Bibl. d. ges. Techn. 272.) 3.20 RM.

Die „Metallarbeiter-Zeitung“ schrieb über das Buch: „Einerseits bringen Fachschulen der Metallindustrie seit Jahrzehnten Arbeitskräfte hervor, die nach ihrer praktischen wie theoretischen Ausbildung wohl imstande sind, es nach einer Reihe von Jahren zu einer leitenden Stellung zu bringen, andererseits gibt es auch eine große Anzahl von Arbeitern ohne Fachschulbildung, die jede ihnen gebotene Gelegenheit benutzen, um sich fachwissenschaftlich zu betätigen, und es dank ihrer Intelligenz auch fertig bringen, sich zu gehobenen Stellungen emporzuarbeiten. Diesen Kreisen bietet hier der Verfasser auf Grund der Erfahrungen einer mehr als zwanzigjährigen Lehrtätigkeit im Zusammenwirken mit der Werkstätte eine Möglichkeit dar, sich durch Selbstunterricht mit der im Titel genannten Rechenkunst vertraut zu machen. In einer leicht faßbaren Methode werden die zur Berechnung der Wechselläder zum Schneiden aller Gewinde auf der Leitspindeldrehbank erforderlichen Kenntnisse vermittelt und die Berechnung zur Herstellung von Zahnrädern, die Berechnungen für die Fräsmaschine und Drehbank und vieles andere gelehrt. Auch der theoretisch und praktisch bereits Ausgebildete wird das Buch als Hand- und Nachschlagewerk für die Praxis gern benutzen und schätzen lernen. Klarer Druck und tadellose Abbildungen zeichnen auch diesen Band der bekannten Bibliothek der gesamten Technik aus, die damit eine sehr wertvolle Bereicherung erfahren hat. Wir wünschen dem Buche eine recht weite Verbreitung und empfehlen es unseren Lesern aufs beste.“

Einführung in die Mathematik und Mechanik (Algebra, Geometrie, Physik und Festigkeitslehre). Für

Werkmeister, Monteure usw. zum Selbstunterricht und zum Gebrauch an Fortbildungskursen. Von Prof. Dr. **K. Düsing**. Mit 156 Abb. 2. Auflage. (Bibl. d. ges. Techn. 245.) 1.65 RM.

Das bewährte Lehrtalent des Verfassers, der durch seine vortrefflichen Bücher, die sich stets durch anschauliche Darstellung und leichte Verständlichkeit besonders auszeichnen, bereits weiten Kreisen aufs beste bekannt ist, führt hier den Mann der Praxis mühelos in die ihm für seine Tätigkeit unentbehrlichen Grundlehren der Algebra, Geometrie, Physik und Festigkeitslehre ein.

Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig G 1

Fabrik-Organisation. Mit besonderer Berücksichtigung der Lohn- und Unkostenberechnung u. der Kalkulation. Anhang mit moderner Reklame- und Verkaufsorganisation. Von **Heinrich Loos**, Ingenieur und Fabrikdirektor. Preis 4.80 RM.

Technische Blätter: In leicht verständlicher und anschaulicher Weise sind im vorliegenden Buch die einzelnen Organe eines Fabrikbetriebes und ihre Funktionen geschildert. Es sind scheinbar oft Selbstverständlichkeiten, die hier über die Tätigkeit der einzelnen Abteilungen ausgesprochen werden. Aber bei der Vielheit der Arbeitsstellen und ihrer Aufgaben in einem Betrieb kommt es doch häufig vor, daß die eine oder andere Funktion schlecht oder überhaupt nicht, zum Schaden des ganzen Organismus, ausgeübt wird. Und das ist es, was der Verfasser vermeiden möchte. Er will dem Leiter eines Betriebes eine gedrängte Übersicht über den Aufgabenkreis der einzelnen Abteilungen und Stellen geben, um es ihm so zu ermöglichen, die vorhandene Organisation zu überwachen und gegebenenfalls auch zu verbessern. An Hand einfacher Verhältnisse werden die gesamten Fragen, die in einem Fabrikbetrieb auftreten, behandelt. Es werden die Aufgaben der Hauptabteilungen, der Weg eines Auftrages durch das Unternehmen sowie das Lohnwesen geschildert. Zum Schluß werden auch das Reklamewesen und die Patentabteilung behandelt. An allen erforderlichen Stellen sind Vordrucke über das Schriftwesen eines Betriebes mitgeteilt.

Dr.-Ing. E.

Die moderne Vorkalkulation in Schule und Praxis.

Von Ing. **Georg Mortag**. 3.80 RM.

Die heutige Zeit steht im Zeichen schwerster Wettbewerbe. Es hat sich daher als unbedingt notwendig herausgestellt, der Vorkalkulation größtes Augenmerk beizumessen, da nur durch sachgemäßes Arbeiten unter Ausnützung aller verfügbaren Hilfsmittel und schärfstes Ermitteln der Selbstkosten die Möglichkeit besteht, die Leistung eines Betriebes zu erhöhen und die Preise der Marktlage anzupassen. Der Verfasser hat das vorliegende Buch unmittelbar aus seiner eigenen Praxis auf dem Gebiete der Vorkalkulation heraus geschrieben. Es soll durch seine zahlreichen Erfahrungswerte auf allen Gebieten der Fertigung eine Ergänzung des bestehenden Schrifttums bilden, vor allem soll es aber Betriebsleuten bei ihren Kalkulationsarbeiten helfen und den Schülern technischer Lehranstalten beim Einarbeiten in das Gebiet neuzeitlicher Vorkalkulation ein Wegweiser sein. Der Verfasser erläutert im ersten Kapitel den Begriff der Kalkulation und Vorkalkulation, bespricht dann die Unkosten, den Unkostenzuschlag, Materialkosten und Materialunkosten, Selbstkosten und Nachkalkulation. Das zweite Kapitel behandelt das System der Arbeitskosten, das Stundenlohnsystem, das Akkordsystem, die Bewertung des Durchschnittsarbeiters, tarifliche Akkordbasis und die notwendige Fachbildung des Vorkalkulators. Das folgende Kapitel befaßt sich mit der Einteilung der kalkulatorischen Arbeiten. Den Hauptteil des Werkes bilden die durch zahlreiche Zahlentafeln und graphische Tafeln ergänzten Kapitel über die Zeitbestimmung für Hobel- und Stoßarbeiten, wobei die neuesten Zahnradstoßmaschinen nicht vergessen sind. Dreharbeiteneinschließlich Gewindeschneiden, Arbeiten an Revolverbänken und Automaten, Fräsarbeiten, Bohrarbeiten und Schleifarbeiten, weiterhin die Bestimmung der Bearbeitungszeiten durch die Zeitaufnahme und die Zeitbestimmung für verschiedene Schlosserarbeiten. Den Schluß bildet ein Kapitel über Akkordverrechnungsmethoden. Wir wünschen dem Buche im Interesse unserer Industrie eine recht weite Verbreitung; wegen seiner leichtverständlichen Darstellungsweise eignet es sich nicht nur für die Betriebsleitung, sondern auch für den Werkmeister.

Grundzüge der Unfallverhütungstechnik und der Gewerbehygiene in Maschinenfabriken. Zweite Auflage von Studien-Rat

Dipl.-Ing. **Paul Kämpf** und Stud.-Rat Dipl.-Ing. **Wilh. Lehmann**. 3.85 RM.

Das Buch will in das weite Gebiet der Unfallverhütungstechnik und der Gewerbehygiene einführen. Bei der Neubearbeitung hat es inhaltlich eine nicht unwesentliche Erweiterung erfahren, da verschiedene Kapitel eingehender behandelt werden mußten. Auch eine Reihe neuer Abbildungen wurde aufgenommen.

Der von Dipl.-Ing. W. Lehmann verfaßte Teil „Elektrische Anlagen“ ist ebenfalls vollständig neu bearbeitet worden.

Verlagsverzeichnisse und Sonderprospekte kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise.

Bautechnische Lehrhefte

für den Unterricht an Baugewerkschulen und für die Praxis

Herausgegeben unter Mitwirkung von

Ministerialrat Professor **Leopold Peters**

von Studienrat Dipl.-Ing. **Walter Kopfermann**

1. **Wirtschaftliche Betriebsführung (Baubetriebslehre).** Von Dipl.-Ing. Ernst Pfänder. 1.90 RM.
- 1b. Dasselbe. Ergänzungsheft (**Finanzierung des Wohnungsbaues — Arbeitsgerichtsverfahren — Vordrucke**). —.80 RM.
2. **Staatsbürgerkunde.** Von Studienrat Reg.-Baumeister Dr.-Ing. Erich Ewald. a) 1. Heft 1.50 RM., b) 2. Heft 1.20 RM.
3. **Wasserbau.** Von Studienrat Dipl.-Ing. Friedrich Cordes. —.90 RM.
4. **Brückenbau.** Von Studienrat Professor Peter Brändlein. 1.60 RM.
5. **Erd- und Eisenbahnarbeiten.** Von Studienrat Reg.-Baumeister Walter Zippel. 1.40 RM.
6. **Straßen- und Städtischer Tiefbau.** Von Studienrat Reg.-Baumeister Georg Arnold. 2.20 RM.
7. **Mathematik (einschließlich graphischer Darstellungsarten).** Von Studienrat Reg.-Baumeister Walter Zippel. 1.40 RM.
8. **Feldmessen.** Von Studienrat Professor Peter Brändlein. —.90 RM.
9. **Bürgerliche Baukunde.** Von Oberstudienrat Dipl.-Ing. Martin Jaekel und Studienrat Reg.-Baumeister Walter Kopfermann. 1.80 RM.
10. **Landwirtschaftliche Baukunde.** Von Oberstudienrat Dipl.-Ing. Martin Jaekel. —.80 RM.
11. **Statik.** Von Prof. Dipl.-Ing. Franz Jerosch. 1.40 RM.
- 12a. b. **Eisenbeton.** Von Oberstudiendirektor Prof. Dr.-Ing. Paul Weiske. a) 1.—3. Teil und Formeln und Tabellen. 2.40 RM. b) Berechnung besonderer Bauteile. 1.— RM.

In dem neuen Lehrplan der Preußischen Baugewerkschulen vom 13. Mai 1927 ist der Lehrstoff stärker zusammengefaßt worden; ihn richtig zu erarbeiten, wird es planmäßiger Ausnutzung der für die einzelnen Lehrgebiete verfügbaren Zeit bedürfen. Die Peters-Kopfermannschen Bautechnischen Lehrhefte tragen den im Lehrplan vom 13. Mai vorgenommenen Änderungen und Umstellungen bereits Rechnung. Im Gegensatz zu anderen, umfangreicheren, den Schülern oft erheblich belastenden Lehrbüchern wollen sie in erster Linie das Textdiktat im Fachunterricht ersetzen. Bei ihrer Benutzung soll der Lehrer mehr Zeit für die Vertiefung des umfangreichen Lehrstoffes und die notwendigen Erläuterungen gewinnen und andererseits dem Schüler durch die Entlastung von unnötiger Schreibearbeit die Möglichkeit gegeben werden, dem Unterricht mit größerer Sammlung zu folgen und den Lehrstoff rascher zu erarbeiten.

Grundzüge des Eisenbahnbaues. Von Dipl.-Ing. W. Kochen- rath.

- I. Teil: Linienführung, Unter- und Oberbau, Schutz- und Nebenanlagen auf freier Strecke. (Bibl. d. ges. Techn. 240.) 3.60 RM.
II. Teil: Stations- und Sicherungsanlagen. Dritte Auflage. (Bibl. d. ges. Techn. 287.) 3.20 RM.
III. Teil: Telegraph, Fernsprecher und andere Schwachstromanlagen. d. ges. Techn. 234.) 2.40 RM.

„Archiv für Eisenbahnwesen“: Ausstattung und Zeichnungen sind zu loben. Als Leitfaden für die Baugewerkschulen dürfte das Buch gute Dienste leisten.

„Deutsche Eisenbahnbeamten-Zeitung“, Stuttgart: Man merkt es der ganzen Behandlung und dem Aufbau des Stoffes an, daß der Verfasser ein tüchtiger Fachmann und instande ist, anderen sein Können in richtiger Weise mitzuteilen.

„Österreichische Eisenbahn-Zeitung“, Wien: Dieser soeben erschienene Band ist ein zuverlässiger Führer für die Praxis, wie er auch zur Vorbereitung für den mittleren technischen Eisenbahndienst und als Lehrbuch für die Baugewerkschulen gute Dienste leisten wird. Er erleichtert den Schülern das Wiederholen und ermöglicht auch den besseren ein tieferes Eindringen in den Stoff, namentlich wird er aber als Hilfsmittel bei Übungen bald unentbehrlich werden. Wir können das Buch den beteiligten Kreisen wärmstens empfehlen.

Die Vermessungskunde. Ein Taschenbuch für Schule und Praxis. Von Prof. Wilhelm Miller und Dr.

A. Schlötzer. Dritte Auflage. 264 Seiten mit 200 Abbildungen und 2 Tafeln. (Bibl. d. ges. Tech. 249.) 5.40 RM, geb. 6.20 RM.

„Mitteilungen des Württemberg. Geometervereins“: Trotz seines umfangreichen Inhalts ein richtiges Taschenbuch! Die klaren Ausführungen zeugen von einer umfassenden praktischen Erfahrung des Verfassers. Unseren Kollegen wird das Buch beim Studium eine willkommene Vervollständigung ihrer Literatur bilden.

„Archiv für Eisenbahnwesen“: Als besonderer Vorzug des Millerschen Abrisses ist seine klare, faßliche Darstellungsweise hervorzuheben. Dem Praktiker, der sich schnell über das ganze Gebiet einen Überblick verschaffen und die wichtigsten Regeln in kurzer Form kennenlernen will, dürfte das Millersche Werkchen ein willkommener Ratgeber sein. Dr.-Ing. Jordan.

„Zeitschrift des österreich. Ingenieur- und Architekten-Vereins“: Wir können Interessenten die Anschaffung des Bändchens bestens empfehlen. VZ. Pollack.

„Zeitschrift für Vermessungskunde, Wien“: Die Ausstattung ist entsprechend, der Satz und die Figuren korrekt und deutlich, der Preis des Werkes mäßig. Die rasche Aufeinanderfolge der Auflagen beweist wohl am besten, welche weite Verbreitung das Millersche Buch haben muß, und zweifeln wir nicht, daß die neue Auflage neue Freunde erwerben wird. Das besprochene Werk kann Interessenten nur bestens empfohlen werden.

„Vermessungs-Techniker-Zeitschrift“, Berlin: Wir können die Anschaffung des Buches allen Interessenten nur empfehlen.

Brücken aus Holz. Von Dipl.-Ing. Prof. G. Koll. Dritte Aufl. (Bibl. d. ges. Techn. 266.) 2.80 RM.

Brücken aus Stein. Von Dipl. Ing. Prof. G. Koll. Zweite Auflage. (Bibl. d. ges. Techn. 269.) 2.80 RM.

Brücken aus Eisen. Von Dipl. Ing. Prof. G. Koll. (Bibl. d. ges. Techn. 226.) 2.40 RM.

„Tiefbau“: Knappe, aber umfassende Darstellung des Stoffes, leichtverständliche Sprache, maßstäblich gezeichnete Skizzen, das sind die Vorzüge, die diesem Buch eigen sind. Dem in der Praxis Stehenden wird es als Hand- und Nachschlagebuch unentbehrlich sein und auch dem Nichtfachmann, der sich orientieren will, infolge der leichtverständlichen Sprache gute Dienste leisten. Ebenso ist es zum Gebrauch an Baugewerkschulen sehr zu empfehlen.

„Rheinisch-Westfälische Zeitung“: Das Buch verrät den geschickten Lehrer, der die Bedürfnisse der Praxis kennt. Es bespricht Straßen- und Wegebrücken, Hilfsbrücken, Eisenbahn- und Gerüstbrücken und bewegliche Brücken, gibt Anleitung zur Ausführung des Entwurfs und der Brücke selbst, zu Berechnungen von Konstruktionen und Details sowie zur Aufstellung von Kostenanschlägen und Massenberechnungen. Anerkennend heben wir gern hervor, daß Skizzen und Einzelteile maßstäblich gezeichnet und mit genügenden Maßen versehen sind.

Verlagsverzeichnisse und Sonderprospekte kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise.

Baukonstruktion

Von **H. Feldmann**

Erster Band: **Konstruktionselemente in Stein, Holz und Eisen**

Mit 113 Abbildungen

Zweiter Band: **Die Gebäudemauern**

Mit 62 Abbildungen

Je —.90 RM.

Diese Bändchen enthalten in kurzer Fassung alle diejenigen einfachen Verbindungen in Stein, Holz und Eisen, welche in der Baupraxis angewendet werden. Ebenso sind die Gebäudemauern, die beim Bauen am häufigsten wiederkehren, behandelt, dagegen alle außergewöhnlichen fortgelassen. Die preiswerten Bände, deren Verständnis durch zahlreiche Abbildungen erleichtert ist, eignen sich besonders auch für Berufsschulen und ähnliche Lehranstalten.

Die Baustoffe. Von Dipl.-Ing. Dr. **C. A. Wagner**. 253 Seiten. 1.80 RM.

„Die Kunststein-Industrie“: Dies mir vorliegende Buch ist lebensfrisch und wahr, und sein Inhalt ist ein große Stück aus allerlei Praxis. Ich habe mich selten an einem Buche, welches Theorie und Praxis, Wissenschaft und Handwerk nebeneinander stellt, dermaßen erbaut. Kurz, knapp, sachlich und richtig; das soll ein Buch sein, wie es der Fachmann lesen muß. Und das ist Wagners Buch.

„Der Deutsche Steinbildhauer, Steinmetz und Steinbruchbesitzer“: Dieser Band der bekannten „Bibliothek der gesamten Technik“ bietet eine Übersicht über die Baustoffe. Sehr reichlich ist das Bändchen mit Abbildungen ausgestattet, weil durch diese viele Vorgänge rascher und sicherer dargestellt werden können als durch seinen langen Text. Auch dem bereits in der baugewerklichen Praxis Stehenden wird es gute Dienste leisten.

Natürliche Bausteine. Von Dr. **Axel Schmidt**. 174 Seiten. 1.80 RM.

„Profanbau“: Bei der Anzahl der auf dem heutigen Baumarkt vorhandenen Arten von Werksteinen ist es nicht immer leicht, sich bei der Auswahl zurechtzufinden und die Güte des angebotenen Steines zu prüfen, denen vielfach eine Erprobung ihrer Brauchbarkeit durch geschichtliche Verwendung an alten Bauwerken fehlt. Ein guter Ratgeber bei der Beurteilung der natürlichen Bausteine ist nun das oben genannte Hilfsbuch von Dr. A. Schmidt, welches, wie der Verfasser im Vorwort sehr richtig sagt, insofern den Bedürfnissen der Praxis entsprechen wird, als es weder, wie viele der vorhandenen neueren Werke, die Sache zu kurz abtut, noch zu groß und zu wissenschaftlich gehalten ist. Es vereinigt in glücklich gewählter Form die neueren wissenschaftlichen Untersuchungen der Gesteinsarten auf Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften mit den für die Praxis erforderlichen Angaben über Fundorte, Farben, Wetterbeständigkeit u. dgl.

Die Arbeiten des inneren Ausbaues. Treppen, Türen, Läden, Beschläge. Von Architekt Prof. **B. Milde**. 2.— RM.

„Süddeutsche Bauzeitung“: Diese kurzgefaßte Darstellung der Arbeiten des inneren Ausbaues, deren Verständnis zahlreiche, sehr gut wiedergegebene Abbildungen sehr erleichtert, wird sowohl dem Studierenden wie auch dem bereits in der Praxis Stehenden ein geschätztes Hilfsmittel werden. Wir wünschen dem Werkchen sowohl als Hilfsmittel beim Unterricht wie auch als Nachschlagewerk für den Praktiker weite Verbreitung.

Dr. Max Jä necke Verlagbuchhandlung, Leipzig C 1

Grundbegriffe der Chemie. Von Prof. Dr. **Adalbert Deckert.** (März 1929.) Etwa 1.— RM.

Grundlagen der Raummessung. Von Prof. Dr. **Adalbert Deckert.** (März 1929.) Etwa 1.20 RM.

Gerade, Kreis, Ellipse, Hyperbel, Parabel in analytischer Behandlung. Von Prof. Dr. **Adalbert Deckert.** (Voraussichtlich März 1929.) Etwa 1.80 RM.

Seit einer Reihe von Jahren arbeiten Reichs- und Staatsbehörden an Richtlinien für die Ausbildung und Fortbildung ihrer Beamtenschaft. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Richtlinien für die Beamten der technischen Dienstzweige. Reichspost und Reichsbahn, Schutzpolizei und Reichswehr brauchen ein ganz bestimmt vorgebildetes Menschenmaterial, das dann während der dienstlichen Laufbahn weiter fortgebildet werden soll. Die zurzeit bestehenden Unterrichtsanstalten können in ihren Lehrplänen noch nicht auf die Bedürfnisse dieser Verwaltungen Rücksicht nehmen. Doch wird es ganz zweifellos sein, daß die Bedürfnisse dieser Verwaltungen rückwirkend von Einfluß sein werden bei der Umgestaltung und Ausgestaltung dieser Lehrpläne. Bei der Ausbildung der Beamtenschaft kann als Grundsatz gelten, daß der Einzelbeamte gewinnen muß ein Verständnis für die Einrichtungen und Vorgänge innerhalb seines Dienstbereiches. Unter Beachtung dieses Grundsatzes ist geplant, Lehrbücher zu schaffen, die den vorgenannten Bedürfnissen genügen. Sie sollen umfassen in einfachen kurzen Darstellungen grundlegende Stoffe der in Betracht kommenden technischen Wissensgebiete und der dazugehörigen Hilfswissenschaften. Die Bearbeitung soll derart erfolgen, daß die geistigen Fäden, die zwischen den einzelnen Gebieten bestehen, in besonderer Weise gepflegt werden.

Die Bücher werden sich auch für Unterrichtskurse an Fach- und Berufsschulen eignen. Auf besonders billigen Preis wurde großer Wert gelegt.

Grundriß der Wirtschafts- und Staatslehre. Von Dipl.-Ing. Prof. Dr. phil. **Heinrich Herner.** 176 Seiten. 1928. 2.40 RM.

„I. A. O. Nachrichten“, Oldenburg: Eine ganz ausgezeichnete Einführung in unser heutiges Wirtschafts- und Staatsleben. Der Verfasser geht von den Anfängen der Kultur aus, zeigt dann die Entwicklung der einzelnen Wirtschaftsstufen und -systeme, verfolgt die Güter durch Erzeugung, Verteilung und Verbrauch und schildert die soziale Entwicklung vom Handwerk über die Hausindustrie und die Fabrik bis zur sozialistischen Auffassung. Im Abschnitt Staatslehre werden kurz die verschiedenen möglichen Staatsformen aufgezählt, dann ausführlicher die Entwicklung des Deutschen Reiches besprochen, die innere und äußere Lage, vor allem unter dem Gesichtspunkt des Versailler Vertrages, des Dawesabkommens, des Locarnovertrages; und im Innern wird das Finanzwesen beleuchtet, Rechtspflege, Verkehrswesen usw.; alles sachlich, objektiv, über den Parteien — man kann nichts Besseres sagen als: eine Volkswirtschafts- und Staatsrechtslehre in der Aktentasche.

Staatsbürgerkunde. Von Dr.-Ing. **Erich Ewald.** I. 1.50 RM. II. 1.20 RM.

Aus dem Inhalt: Deutsches Land und Volk. I. Einleitung. II. Heimatland. III. Die alten Germanen. IV. Bauerntum, Bauernhaus und Dorf. V. Rittertum und Burg. VI. Mönchtum und Kloster. VII. Bürgertum, Bürgerhaus und Stadt. — Das Werden des deutschen Volkes und Reiches im Spiegel der Geschichte. I. Einleitung. II. Das alte Deutsche Reich. III. Die Rückgewinnung des Deutschen Ostens. IV. Das Landesfürtentum. V. Die Reformation. VI. Der Dreißigjährige Krieg. VII. Das absolute Fürstentum und die Entwicklung des Staatsgedankens. VIII. Die Volksbewegungen. IX. Der Gedanke der Freiheit und der Einigung der deutschen Stämme. X. Die Errichtung des Deutschen Reiches. — Das neue Deutsche Reich. I. Einleitung. II. Die Entwicklung des Staatsgedankens. III. Der Ausbau des Deutschen Reiches. IV. Der Weltkrieg (1914-1918). V. Deutschland nach dem Zusammenbruch. VI. Der Friedensvertrag von Versailles. VII. Weitere Verträge. VIII. Die Reichsverfassung. — Das deutsche Wirtschafts- und Rechtsleben. I. Wesen und Ziele der Wirtschaft. II. Die Wirtschaftsstufen. III. Die Wirtschaftsgüter. IV. Das Gewerbe. V. Das Verkehrswesen. VI. Das Nachrichtenwesen. VII. Der Handel. VIII. Das Tauschmittel (Geld). IX. Die Reichsgewerbeordnung. X. Arbeiter und Arbeitnehmer. XI. Die Rechtspflege im Deutschen Reich. — Das deutsche Gemeinschaftsleben.

Verlagsverzeichnisse und Sonderprospekte kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise.

Werkstoffe. Von Prof. Dipl.-Ing. **H. Edert.** (Betriebstaschenbuch. Herausgegeben von Ministerialrat Prof. Dipl.-Ing. R. Horstmann und Prof. Dr.-Ing. K. Laudien.) (Bibl. d. ges. Technik Bd. 324.) 2.30 RM.

„**Maschinenkonstrukteur**“: Zwei Umstände zeichnen das vorliegende Werkchen aus: erstens die Exaktheit des Gebotenen und zweitens die bemerkenswert klare Schreibweise, die es gestattet, daß auch der Neuling sofort das Wesentliche erkennt und sich in die Materie hineinfindet. Es ist ein äußerst praktisches Nachschlagebuch, dessen sich jeder Studierende und jeder im Betrieb stehende Ingenieur gern und mit Vorteil bedienen wird. Die buchtechnische Ausstattung ist, wie man das bei der „Bibliothek der gesamten Technik“, deren 324. Band das Buch darstellt, nicht anders gewöhnt ist, vorzüglich; besonders die Klarheit der Abbildungen ist zu erwähnen.

„**Betriebstechnik**“: Das handliche Werk ist, wie der Verfasser betont, in erster Linie für den angehenden Betriebsleiter, dann aber auch zur Unterstützung des Unterrichts an den höheren Fachschulen geschrieben. Nach einem kurzen Ueberblick über das moderne Prüfungswesen der Maschinenbaustoffe folgt eine recht gründliche technologische Behandlung des Eisens, dann kurz des Kupfers und seiner Legierungen und hierauf ziemlich ausführlich des Aluminiums und des Magnesiums und der entsprechenden, für den heutigen Maschinenbau wichtigen Legierungen. Ein Abschnitt über die wichtigsten technischen Hölzer und eine Behandlung der Schmiermittel schließen das Buch ab.

Man kann nur sagen, daß das vorliegende Werkchen ein höchst brauchbares Nachschlagemittel nicht nur für den „angehenden“, sondern für den Betriebsmann überhaupt darstellt. Dem Verfasser haben sichtlich die allerbesten Unterlagen zur Verfügung gestanden, und die Schreibweise ist derart, daß man sich mit Leichtigkeit überall in die Materie hineinfindet und die gewünschten Informationen auf dem schnellsten Wege erhält.

Druck und Abbildungen sind vorzüglich und die Ausstattung dem Handgebrauch im Betriebe gut angepaßt.

Transporteinrichtungen. Bauart, Anwendungsgebiete und Betriebseigenschaften — Organisation. Von Studienrat Dipl.-Ing. **H. R. Müller,** Berlin. 2.70 RM.

Im Rahmen einer guten Arbeitsvorbereitung, die zur wirtschaftlichen Fertigung unerlässlich notwendig ist, spielen die Beförderungsvorgänge für die zur Erzeugung erforderlichen Rohstoffe und Halbfertigfabrikate sowie der Fertigerzeugnisse eine ebenso wichtige Rolle wie die Fertigungsvorgänge selbst.

„**Fördertechnik und Frachtverkehr**“: Das vorliegende, 113 Seiten und 63 Abbildungen enthaltende Werk gibt einen guten, gedrängten Überblick über den größten Teil der Fördertechnik. Es kann jedem Ingenieur, der nicht Fachmann ist, und seine Belehrung nicht aus größeren Sonderwerken und Zeitschriften holt, zur Beachtung empfohlen werden, weil heute wohl in jedem Industriezweige die Transportfrage eine wichtige, oft ausschlaggebende Rolle spielt. Wesentlich bei dem vorliegenden Werke sind die guten, schematischen Zeichnungen und das sorgfältige Eingehen auf die Wirtschaftlichkeit der geschilderten Maschinen. Erfreulich ist der knappe, dem Textumfang angepaßte Stil und die Vermeidung photographischer Bilder, die leider immer mehr in der technischen Literatur einreißen. Alles in allem eine gute und beachtenswerte Neuerscheinung. Geheimrat Wille.

Starkstromtechnik. Von Prof. Dr.-Ing. **K. Laudien.** (Betriebstaschenbuch. Herausgegeben von Ministerialrat Prof. Dipl.-Ing. R. Horstmann und Prof. Dr.-Ing. K. Laudien.) (Bibliothek der ges. Technik Bd. 331.) 3.60 RM.

„**Anzeiger für Berg-, Hütten- und Maschinenwesen**“: Ein flott geschriebenes Buch, nicht nur für den Betriebsmann, für den die Elektrotechnik Hauptfach bedeutet, sondern besonders auch für den, der sich nebenamtlich mit ihr beschäftigt. Ausgehend von den Grundgesetzen der Elektrotechnik, besitzt das Werk eine gut gegliederte, übersichtliche Einteilung. Nach der Erklärung des Zwecks und der Wirkungsweise der in jedem Kapitel behandelten Maschinen, Apparate und Materialien ist ihre Beschreibung gegeben; dann sind kurze Angaben über Eigenschaften, Anwendungsmöglichkeiten und wirtschaftliche Eignung gebracht. Zu begrüßen sind noch die aus der Praxis geschickt herausgegriffenen Berechnungsbeispiele, die in reicher Zahl in den Text eingestreut sind.

Beleuchtung. Bearbeitet von Oberingenieur **P. Heyck.** (Betriebs- taschenbuch. Herausgegeben von Ministerialrat Prof. Dipl.-Ing. R. Horstmann und Prof. Dr.-Ing. K. Laudien.) (Bibliothek der ges. Technik Bd. 334.) 1.20 RM.

„Werkstattstechnik“, Berlin: Verfasser behandelt ausschließlich Beleuchtung gewerblicher Arbeitsstätten, wobei jedes überflüssige Beiwerk glücklich vermieden wurde. Mit kurzen, aber klaren Worten werden zunächst die Grundgesetze der Beleuchtungstechnik erläutert, dann die wichtigsten Anforderungen besprochen, die an die Beleuchtung gewerbmäßiger Arbeits- stätten zu stellen sind.

Den Abschluß des Buches bildet die Projektierung von Beleuchtungs- anlagen, die für Betriebsingenieure besonders wertvoll sein dürfte. Alles in allem ist das Büchlein geeignet, bei den hierfür in Betracht kommenden Stellen das Interesse für Fragen der neuzeitlichen Beleuchtungstechnik zu wecken und das Verständnis hierfür zu fördern. Putnoky.

Industriebauten. Bearbeitet von Regierungsbaumeister **M. Weßlau** (Betriebstaschenbuch. Herausgeg. von Ministerialrat Prof. Dipl.-Ing. R. Horstmann und Prof. Dr.-Ing. K. Laudien.) (Bibl. der ges. Technik Bd. 337.) 3.— RM.

„Technische Blätter“, Essen: Ein Buch, klar und übersichtlich in seiner Anordnung und wertvoll in seinem Inhalt. Es ist trotz der äußerlich gewollten Beschränkung auf das Gebiet der „Industriebauten“ gerade mit seiner Fülle einfacher, aber grundlegender und leichtverständlicher Angaben bezüglich der Bauplanung und Ausführung einschließlich Veranschlagung, Vergebung und Abrechnung durchaus geeignet, immer wieder von dem Fachmann in die Hand genommen zu werden. Es enthält dabei manchen aus der Praxis ent- standenen guten Rat, nicht nur für Anfänger, und bietet mit seinen Tabellen und sonstigen Berechnungsangaben ein wertvolles Nachschlagebüchlein. Lämmerhirt.

Wasserkraftmaschinen und Wasserkraftanlagen.

Von Stud.-Rat **L. Keyl.** (Horstmann-Laudien, Betriebstaschenbuch.) (Bibl. d. ges. Techn. Bd. 335.) Preis 4.65 RM.

Der vorliegende Band behandelt die Wasserkraftmaschinen und Wasser- kraftanlagen in einer Form, wie es für den Betrieb erforderlich ist. Er soll den Betriebsingenieur anleiten, daß er die Bauarten und Anlagen der Wasser- kraftmaschinen und ihr Verhalten während des Betriebes kennen lernt, um die geeignetesten Maßnahmen zu treffen und höchste Leistungsfähigkeit im Betriebe zu erzielen. Das Buch soll ferner dem Betriebsingenieur an Hand gehen, daß er imstande ist, Entwürfe und Neuanlagen auf Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Der erste Teil des Buches behandelt die Leistung einer Wasserkraft, die verschiedenen Methoden der Wassermessung und die Bestimmung der Gefällhöhe. Im zweiten Kapitel wird der Aufbau einer Wasserkraftanlage in den Kapiteln Wehranlage und Rechenanlage, Wasserführung zur Turbine, Turbinenanlage und Wasserabführung ausführ- lich beschrieben. Der dritte Teil ist der Arbeitsweise der Turbinen gewidmet. Hier finden wir die Abschnitte Wirkungsweise von Strahl- und Über- druckturbinen — Die Verlustgrößen beim Wasserkraftbetrieb — Die Leistungs- gleichung — Abhängigkeit der Umdrehungszahl vom Gefälle — Abhängigkeit der Leistung vom Gefälle — Abhängigkeit der geschluckten Wassermenge vom Gefälle — Beispiele für die Abhängigkeit der Umdrehungszahl, der Wassermenge und der Leistung vom Gefälle — Der nächste Teil belehrt den Leser über die spezifische Drehzahl. Ihm schließen sich an Kapitel über die verschiedenen Bauarten der Turbinen: Francisturbinen, Kaplan- turbinen, Flügelradturbinen anderer Bauart und Freistrahlturbinen. Die nächsten Abschnitte besprechen die Regelung der Turbinen und den Einfluß der Turbinenregelung auf den Wirkungsgrad. Weiter werden die Aufstellungs- arten der Turbinen eingehend beschrieben und die Leistungsbestimmungen und Prüfung von Turbinen behandelt. Der darauffolgende Teil bespricht die Größe der Ausnutzung einer Wasserkraft, Speicher- und Ausgleichsanlagen. Weiter werden eingehend behandelt die Anlage- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen und die Ertragsberechnungen. Der letzte Teil des Buches ist den Wasserrädern gewidmet. 83 Abbildungen und eine Tafel erleichtern das Verständnis des Textes. Ein ausführliches Sachregister ermöglicht ein rasches Nachschlagen, guter Druck und ansprechende Ausstattung und billiger Preis gesellen sich zu den inneren Vorzügen des Werkes.

Verlagsverzeichnisse und Sonderprospekte kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise.

Heizung. Von Obering, **Lehmann** (Betriebstaschenbuch, herausgeg. von Ministerialrat Prof. Dipl.-Ing. E. Horstmann u. Direktor Prof. Dr. Ing. K. Laudien.) (Bibl. d. ges. Techn. Bd. 334a.) Preis 2.40 RM.

Der Verfasser bringt zunächst alles Wissenswerte über Temperatur und Wärme und behandelt dann die Heizung im allgemeinen in den Kapiteln Wärmeableitung — Schätzung des Wärmebedarfs — Anheizen — Betrieb der Heizung — Berechnung des mittleren Wärmebedarfs — Brennmaterial — Verbrauch — Theoretischer Heizwert H in WE pro Kilo — Der Wirkungsgrad der Feuerung — Bestimmung der Wärmeabgabe der Heizflächen — Werte des Wärmedurchgangskoeffizienten k — Welche Bedingungen sind an eine einwandfrei arbeitende Heizungsanlage zu stellen? Dann werden die einzelnen Heizungsarten im besonderen besprochen. Hier findet der Leser Kapitel über die Ofenheizung, die verschiedenen Systeme der Warmwasserheizung und deren Bestandteile, wie Kessel, Heizkörper, Regulier-Organ, Rohrleitungen und Expansionsgefäß sowie ihre Berechnung, ihre Vorteile und Nachteile im Vergleich zu anderen Heizungsarten. Der nächste Teil des Buches ist der Dampfheizung gewidmet. Auch hier findet der Leser wieder Kapitel über die einzelnen Arten der Dampfheizung: Hochdruck-Dampfheizung, Niederdruck-Dampfheizung, Vakuum-Dampfheizung, sowie über die einzelnen Teile der Anlagen, Berechnungen und Anwendungsgebiete. Weiter werden die Luftheizungen, die Abdampfausnutzungsanlagen, Dampfspeicher, Wärmeaufspeicherung durch elektrische Energie, Ausnutzung der Abwärme von Verbrennungsmotoren, Verwertung der Abwärme von Rauchgasen sowie die Gasheizung und elektrische Heizung besprochen. Der Verfassers hat es verstanden, auf engem Raum den Leser in leichtverständlicher Form über das gesamte Gebiet der verschiedenen Heizungsarten zu unterrichten. 38 sehr gut wiedergegebene Abbildungen erleichtern das Verständnis des Textes.

Die Laufbahn des Ingenieurs. Von **E. Freytag**, Ingenieur und Generaldirektor a. D. Fünfte, ergänzte Auflage von Dipl.-Ing. **A. Förster**. 3.60 RM.

„Frankfurter Zeitung“: Es ist immer zu begrüßen, wenn ein an praktischen Erfahrungen reiches Leben etwas von seinen Kenntnissen und Errungenschaften zum Nutzen anderer, Aufsteigender und Suchender, ausstreut. Man merkt, E. Freytag hat in seinem Leben viele „werden“ und „nichts werden“ sehen; er ist den Ursachen dieser Erscheinung nachgegangen und sagt uns jetzt, wie man es machen und nicht machen soll. Hauptsächlich, um junge Leute vor für das spätere Leben folgen schwerem Abirren in falsche Bahnen zu bewahren, um ihnen sozusagen die Disposition ihres Lebens zu erleichtern, gibt er eine Schilderung der ganzen Ingenieurlaufbahn, die er wie eine Karte ausbreitet, damit jeder Ziele und Wege, Entfernungen und Schwierigkeiten übersehen kann. Die ersten Kapitel werden vielen Aufklärung Suchenden willkommen sein, weil die behandelten Fragen sonst schwer eine richtige Antwort erhalten. *Der zweite Abschnitt ist ein recht zutreffendes Bild der Praxis, und der junge Hochschüler und der vor der Berufswahl Stehende wird gut tun, es sich anzusehen.* Im ganzen ist das Freytagsche Buch ein Orientierungsbuch, das die Verhältnisse gibt, wie sie sind. Wir erhalten ein vernünftiges und richtiges Bild der Ingenieur-Arbeit, so daß das Buch, soweit es ein Buch überhaupt vermag, Gutes wirken kann.

Friedrichs Experimentierbücher für die Jugend:

Kostenlose Versuche zum leichten Verständnis chemischer und physikalischer Vorgänge. Jeder Band nur 1.55 RM.

Band I: **Der Weg zum Erfinden.** 2. Auflage.

Band II: **Der kleine Chemiker im Haushalt.**

Band III: **In der Werkstatt des Chemikers.**

Die hier angewandte anschauliche Methode wird vielen Schülern über Schwierigkeiten in der Schule hinweghelfen. Daß der Verfasser auf alle gefährlichen und giftigen Chemikalien verzichtet, ist besonders anzuerkennen.

Sonderverzeichnisse von Werken über Maschinenbau und Metallbearbeitung, Holzbearbeitung, Elektrotechnik, Schiffbau, chemische Technologie, Textilindustrie kostenfrei. Bei gleichzeitigem Bezug von 10 und mehr Exemplaren Mengenpreise, über die die mit mir in Verbindung stehenden Buchhandlungen sowie der Verlag selbst Näheres mitteilen. — Verlagsangebote und Anregungen zu neuen Bänden, insbesondere für meine Bibliothek der gesamten Technik (bisher über 350 Bände), sind mir jederseits willkommen.

Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig, Hospitalstr. 10