

k) Der Lehmörtel.

Dieser wird aus einem mittelfetten Lehm erzeugt, welcher mit Wasser aufgeweicht und zu einem gleichmäßigen, nicht zu dicken Brei durchgearbeitet wird. Zu fetter Lehm bekommt nach dem Erhärten Sprünge und trocknet auch langsam, während zu magerer Lehm zu wenig Bindekraft besitzt.

Um die Bindekraft zu erhöhen, werden dem Lehmbrei kleinfaserige Stoffe als: Spreu, Flachsabfälle, Kuhhaare u. dgl. beigemischt. Zur Erzielung größerer Härte wird manchmal auch Rindsblut oder Tiergalle beigemischt.

Der Lehmörtel dient meistens für Feuerungsanlagen (Sparherde, Tonöfen usw.), aber auch für Luftziegelmauerwerk und manchmal als Verputz von Mauern untergeordneter Gebäude, welche aber vor Nässe vollkommen geschützt sein müssen.

Sehr dicker Lehmörtel mit Stroh- oder Heuabfällen gemischt, Strohlehm genannt, kann auch zur Bildung von Wänden und Decken dienen, indem man aus schlanken Ruten (Haselnuß oder Weiden) ein Flechtwerk macht und dieses auf einer oder auf beiden Seiten mit Strohlehm bewirft und die Flächen glatt verputzt. Statt dem Flechtwerk können auch die Ruten oder kleinere Latten auf ein Holzgerippe (Deckenbalken) aufgenagelt oder in Nuten desselben eingeschoben werden. Die Ruten oder Latten werden dann meistens einzeln mit Strohlehm umwickelt und schließlich an den sichtbaren Flächen glatt verputzt. Diese Art der Ausführung nennt man bei Decken Windelböden, und zwar ganze Windelböden, wenn sie die ganze Fläche, inklusive Deckenträme in einer ebenen Fläche bekleiden, halbe Windelböden, wenn sie zwischen die Balken eingeschoben werden, diese aber unbedeckt bleiben.

B. Metalle.

1. Eisen.

Das Eisen kommt entweder in gediegenem Zustande als Meteoreisen oder in verschiedenen Eisenerzen vor, die jedoch nicht alle zur Eisengewinnung brauchbar sind.

Aus den brauchbaren Erzen wird durch den Hochofenprozeß Roheisen gewonnen, das das Ausgangsmaterial für die Herstellung aller anderen Eisensorten ist. Es besteht der Hauptsache nach aus Eisen und Kohlenstoff, überdies aus teils schädlichen, teils unschädlichen Nebenstoffen, wie z. B. Phosphor, der das Eisen kaltbrüchig macht, Schwefel, der es rotbrüchig (warmbrüchig) macht, Silizium und Mangan, die bis zu gewissem Prozentsatz unschädlich, unter Umständen selbst von Vorteil sind, Nickel, das dem Eisen große Härte verleiht, Kupfer, das indifferent wirkt usw.

Der Kohlenstoffgehalt ist von größtem Einfluß auf die Eigenschaften des Eisens. Mit dem Kohlenstoffgehalt nimmt die Härte, Sprödigkeit und Schmelzbarkeit zu, die Dehnbarkeit ab. Der Kohlenstoff ist entweder mechanisch beigemischt (in Form von Graphit) oder chemisch mit dem Eisen verbunden (amorpher Kohlenstoff).

Nach dem Kohlenstoffgehalt unterscheidet man:

Roheisen mit 2·3 bis 5% Kohlenstoff; schmilzt bei 1000 bis 1300° C.

Stahl mit 0·5 bis 2·3% Kohlenstoff; schmilzt bei 1300 bis 1800° C.

Schmiedeeisen mit 0·05 bis 0·5% Kohlenstoff; schmilzt bei 1800 bis 2250° C.

Beim Roheisen unterscheidet man wieder je nach dem Gehalt an Silizium und Mangan:

Silizium-Roheisen, auch graues Roheisen, Graueisen oder Schwarzeisen genannt, bei dem der Kohlenstoff zum größten Teile als Graphit beigemischt ist, so daß letzterer im Bruche mit freiem Auge wahrnehmbar ist.

Der Bruch ist körnig und wächst die Korngröße mit dem Graphitgehalt; je mehr Kohlenstoff und Silizium nebeneinander auftreten, umso grobkörniger ist der Bruch.

Graues Roheisen wird aus wenig manganhaltigen Erzen (Rot- und Brauneisenstein) gewonnen.

Mangan-Roheisen, auch weißes Roheisen, Spiegeleisen, Weißstrahl, Weißhorn genannt, ist sehr hart und spröde, hat eine dichte, regelmäßige, muschelige oder strahlenförmige Bruchfläche. Der Kohlenstoff ist mehr chemisch gebunden. Es wird aus stark manganhaltigen Erzen (Spateisenstein) gewonnen.

Halbiertes Roheisen mit teils chemisch gebundenem, teils mechanisch beigemengtem Kohlenstoff. Es hat weißen, feinkörnigen Bruch, mit eingesprengten Graphitplättchen.

Das zur Erzeugung von Gußwaren geeignete Roheisen heißt Gußeisen. Dieses hat große Druckfestigkeit, aber kleine Zugfestigkeit.

Das flüssige Roheisen enthält nur chemisch gebundenen Kohlenstoff; erst während des Abkühlens scheidet sich Graphit aus. Wird die Abkühlung beschleunigt, so hat der Kohlenstoff wenig Zeit, sich auszuscheiden. (Hartguß oder Schalenguß.)

Schmiedeeisen und Stahl sind schmiedbare Eisensorten, letzterer ist überdies härtbar.

Je nach der Herstellungsart unterscheidet man Schweißeeisen und Schweißstahl, die durch Zusammenschweißen von weißglühenden, teigähnlichen Massen gewonnen werden, und Flußeisen und Flußstahl, die bis zum Formen in flüssigem Zustand erhalten werden.

a) Erzeugung des Roheisens.

Zur Erzeugung des Roheisens dienen nur solche Erze, welche genügend eisenhaltig und frei von schädlichen Beimengungen sind, so daß aus ihnen ein brauchbares Produkt in ökonomischer Weise erzeugt werden kann. Es kommen fast nur die natürlichen Eisenverbindungen in Betracht, von denen die wichtigsten als: Magneteisenstein, Roteisenstein, Brauneisenstein, Spateisenstein, Toneisenstein und Kohleneisenstein zu nennen sind.

Vorbereitung der Erze. Die brauchbaren Erze werden zunächst sortiert, d. h. die tauben (nicht erzhaltigen) Steine werden entfernt, die größeren in Stücke zerschlagen oder auf Pochen, Steinbrechmaschinen u. dgl. zerkleinert, eventuell auch gewaschen oder geschlemmt. Die meisten Erze werden dann noch geröstet, d. h. erhitzt, ohne sie zu schmelzen. Das Rösten kann bei kohlenstoffreichen Erzen (Kohleneisenstein) in freien Haufen geschehen, indem man rings um den aufgeschichteten Haufen so lange Feuer unterhält, bis der im Erze enthaltene Kohlenstoff sich entzündet und dann selbst den Brennstoff zum Rösten abgibt. Andere kohlenfreie Erze werden entweder in Röstschachtöfen abwechselnd mit Kohle eingebracht und durch die verbrennende Kohle oder in eigenen Gasöfen von der durch den Ofen streichenden Gasflamme geröstet. Das Rösten bezweckt die Auflockerung der Erze und das Absondern derjenigen Stoffe, welche im Hochofen eine Abkühlung herbeiführen können. Außerdem verwandelt sich beim Rösten Eisenoxydul in Eisenoxyd. Unzersetzte lösliche Bestandteile (schwefelsaures Eisenoxydul u. dgl.) können nach dem Rösten noch durch Waschen (Auslaugen) entfernt werden.

Manche Erze machen es notwendig, sie im rohen oder gerösteten Zustande der Verwitterung längere Zeit auszusetzen, um erdige Bestandteile durch gefrierendes Wasser aufzuschließen und dann absondern zu können.

Manche Erze eignen sich ohneweiters zum Ausschmelzen des Eisens; andere wieder nicht, weswegen Erze verschiedener Zusammensetzung zu diesem Zwecke gattiert, d. h. vermennt werden.

In den meisten Fällen sind noch *Zuschläge* (Kalksteine u. dgl.) erforderlich, um eine leicht schmelzbare, basische Schlacke im Hochofen zu erhalten. Erze und Zuschläge bilden die *Beschickung*.

Der *Hochofenprozeß*. Die Erzeugung des Roheisens erfolgt in einem, in Fig. 1, T. IV, dargestellten Schachtofen, dem sogenannten *Hochofen*. Dieser ist je nach dem zu verwendenden Brennmaterial 10—32 *m* hoch.

Der Ofenschacht besteht aus feuerfestem Mauerwerk und heißt *Kernschacht*. Dieser ist bei neueren Konstruktionen mit einem versteiften *Blechmantel* umschlossen (Fig. 1, T. IV), bei älteren mit einem zweiten gemauerten *Rauchschacht* umgeben. Bei neueren Öfen wird das Schachtmauerwerk von eisernen Trägern auf Säulen getragen.

Die obere Öffnung, *Gicht* genannt, ist mit einem Glockenapparat *G* verschlossen; die Schale *S* desselben ist mit dem Mauerwerk fest verbunden, die Glocke *G* ist mittels Kranen abhebbar; statt derselben ist manchmal ein versenkbarer Trichter angeordnet. Durch den *Gichtgaskanal R* werden die Gichtgase abgeführt.

Der für den Hochofenprozeß erforderliche Wind (vorgewärmte, komprimierte Luft) wird in Windgebläsen erzeugt, in eigenen Apparaten erhitzt, gelangt in das *Windverteilungsrohr W* und von da durch knieförmige Rohrstücke in die mit Metall ausgefütterten *Formen*, d. h. Windeinströmungsöffnungen *F*. Unterhalb der Formen sind Öffnungen zum Abfluß der Schlacken (*Schlackenfluß*) und am Boden eine Öffnung für den Abstich des Eisens (*Stich*) vorhanden.

Der Vorgang des Hochofenprozesses ist folgender: Bei Inbetriebsetzung des Ofens wird im untersten Teil desselben, dem *Schmelzraum*, ein kräftiges Holzfeuer angemacht, hierauf von oben durch die Gicht in abwechselnden Schichten Brennmaterial (Holzkohle oder Koks) und Beschickung (Erze mit Zuschlägen) eingeworfen, bis der Ofenschacht gefüllt ist. Unten wird durch die Formen der Wind eingeblasen. Dem allmählichen Sinken des Brennmateriales und der Beschickung entsprechend wird zeitweise der Ofen von oben nachgefüllt und so der Betrieb ununterbrochen erhalten. Eine Unterbrechung des Betriebes findet nur für Reinigungs- oder Reparaturzwecke möglichst selten statt; sie dauert zirka 14 Tage und kommt teuer zu stehen.

Durch den eingeblasenen Wind wird der Kohlenstoff des Brennmateriales in Kohlenoxydgas verwandelt. Durch dieses werden im obersten Teile des Schachtes die Erze und das Brennmaterial erwärmt und das Wasser verdampft (Vorbereitungszone).

Im mittleren Teile des Schachtes werden die vorgewärmten Eisenoxyde durch das Kohlenoxydgas *reduziert*, d. h. es bildet sich reines Eisen und Kohlen-säure, gleichzeitig wird das Eisen *gekohlt*. (*Reduktions- und Kohlungszone*.)

Im untersten Teil, dem Schmelzraum, wird das gekohlte Eisen nun *geschmolzen* (*Schmelzzone*), d. h. es wird flüssig, wobei es durch die Berührung mit dem glühenden Kohlenstoff fort weiter gekohlt wird, bis es bei den Windeinströmungsöffnungen die höchste Temperatur und den höchsten Kohlenstoffgehalt erreicht.

Das flüssige Roheisen sammelt sich samt der flüssigen Schlacke im untersten Teil des Ofens (die leichtere Schlacke obenauf). Da sich die Schlacke in großer Menge bildet, so wird sie beständig ausfließen gelassen, während das Roheisen nur zeitweise *abgestochen* wird.

Die sich im Ofen bildenden Gase (*Gichtgase*) werden oben abgeführt und wegen ihrer hohen Temperatur zur Heizung der Dampfkessel für die Gebläsemaschinen, oder zur Erwärmung des Windes oder zum Rösten der Erze verwendet.

Das abgestochene, flüssige Roheisen wird in Formen geleitet, die für weißes Roheisen aus Eisen, für graues aus Sand geformt sind. Das Eisen erstarrt in den Formen zu Stücken, die man *Masseln* oder *Flossen* nennt; diese haben meist halbkreisförmigen Querschnitt von zirka 15 cm Durchmesser, $\frac{3}{4}$ m Länge und zirka 50 kg Gewicht.

Die flüssige Schlacke wird in sogenannten Schlackenwagen aufgefangen und weggeführt. Im Bauwesen findet sie Verwendung als Schotter, als Bausteine, zu Schlackenziegeln, statt Sand zur Mörtelbereitung und endlich in granuliertem Zustande zur Zementfabrikation. (Siehe Schlackenzement.)

b) Erzeugung von Gußeisenwaren.

Zur Erzeugung gewöhnlicher Gußwaren verwendet man graues Roheisen, für Hartgußwaren halbiertes Roheisen.

Da das aus dem Hochofen gewonnene Roheisen selten genügend rein ist, so wird es zur Erzeugung von Gußeisenwaren meist neuerlich in eigenen Öfen (Kupolöfen, d. h. Schachtofen oder Flammöfen) eingeschmolzen und hiebei durch Mischung geeigneter Eisensorten sowie durch Zusätze die gewünschte Qualität des Gußeisens erzielt.

Das so gewonnene Gußeisen wird in eigens hergestellte *Formen* gegossen. Diese können aus Sand, Lehm oder Eisen hergestellt sein. — Bei der *Sandformerei* werden die Formen entweder im Sande der Hüttensohle hergestellt (*Herdguß*) oder es wird der Sand in eiserne Rahmen gefüllt (*Kastenguß*).

Die Sandformen werden nach *Modellen* hergestellt, die aus Holz, Eisen oder Messing bestehen und um das Schwindmaß des Eisens größer sein müssen, als die herzustellenden Gußstücke.

Hohle Gegenstände (Säulen, Röhren u. dgl.) werden mit Benützung eines Kernes gegossen (*Kernguß*). Der Kern besteht aus einer eisernen oder blechernen, durchlochtem Röhre, die mit Strohseilen umwunden und darüber mit Lehm überzogen wird. Hiedurch wird der Kern gegen die beim Erstarren des Gußstückes eintretende Zusammenziehung nachgiebig und gestattet das Abziehen der Gase. — Es gibt einen stehenden und einen liegenden Guß; ersterer ist vorteilhafter, kann aber nicht immer angewendet werden.

Eiserne Formen (*Schalen* oder *Coquillen*) werden bei der Erzeugung von *Hartguß* angewendet, weil sie eine rasche Abkühlung des flüssigen Gußeisens gestatten, wodurch der Kohlenstoff verhindert wird, sich langsam als Graphit auszuschcheiden. Diese Ausscheidung erfolgt nämlich kurz nach dem Erstarren, und zwar um so reichlicher, je langsamer die Abkühlung vor sich geht. — Die gußeisernen Formen werden vor dem Gebrauche mit Graphit oder Teer überstrichen.

Das *Gießen* erfolgt meist mit *Gießkellen* oder *Gießpfannen*, in denen man das Eisen auf die richtige Temperatur abkühlen läßt. Das Gießen muß gleichmäßig und ohne Unterbrechung geschehen. Die auf dem Eisen schwimmende Schlacke muß abgestrichen werden.

Nach dem Erkalten werden die Gußstücke aus den Formen genommen, gereinigt, die Gußnähte usw. abgeschlagen und diese Stellen glatt gemeißelt. — Viele Gußwaren (Maschinenteile usw.) werden dann noch auf Werkzeugmaschinen weiter bearbeitet, d. h. sie werden abgedreht, gefräst, gebohrt, gehobelt usw. Gußstücke, die Handelsgegenstände bilden, werden oft geschwärzt, lackiert oder geteert.

Große Gußstücke werden zur Beseitigung innerer Spannungsdifferenzen, und um sie weicher zu machen, in einer Lehm- oder Sandumhüllung ausgeglüht und langsam abkühlen gelassen (*getemperter Guß*). — Sollen die Gußstücke hiebei schmiedbar gemacht, d. h. soll der Kohlenstoffgehalt verringert werden, so glüht man sie in sauerstoffabgebenden Stoffen (Eisenoxydul und Eisenoxyd). Man nennt solche Gußwaren dann *schmiedbaren Eisenguß*.

c) Erzeugung des schmiedbaren Eisens.

Schmiedbares Eisen darf nicht mehr als 2·3% Kohlenstoff und nur sehr geringe Mengen fremder Stoffe enthalten.

Die Erzeugung des schmiedbaren Eisens erfolgt selten direkt aus den Erzen, sondern meistens aus Roheisen, indem der überschüssige Kohlenstoff sowie fremde Stoffe, die die Schmiedbarkeit beeinträchtigen, durch Verbrennen und Oxydation derselben beseitigt werden.

Die Erzeugung aus Roheisen erfolgt durch das sogenannte Frischen oder den Frischprozeß und man unterscheidet hievon vier Methoden:

1. Das Herdfrischen, 2. das Flammofenfrischen (Puddelprozeß), 3. das Windfrischen, und zwar Bessemer- und Thomas-Prozeß, 4. den Siemens-Martin-Prozeß.

1. Das Herdfrischen. Dieses wird heute nur mehr sehr selten angewendet, da es teuer ist und für Massenerzeugung sich nicht eignet. Es besteht darin, daß man flüssiges Roheisen durch einen Windstrom herabtropfen läßt, wobei die zur Oxydation nötige Temperatur durch Verbrennung von Holzkohle erhalten wird. Der Prozeß wird in einem gemauerten Herde ausgeführt und liefert sehr reines Schweißisen oder Frischstahl, weil die Holzkohle das Eisen gar nicht verunreinigt. Man verwendet hiezu nur weißes Roheisen.

2. Der Puddelprozeß. Das Puddeln wird in einem Flammofen, Fig. 2, T. IV, vorgenommen, d. h. in einem niedrigen überwölbten Herde, in welchen das Roheisen von dem Brennmaterial getrennt eingebracht und ersteres durch die über dasselbe streichenden Flammen geschmolzen wird.

Der Ofen besteht aus dem Herde *a*, dem Feuerraum *f* mit dem Roster und dem Aschenfall *h*, der Feuerbrücke *d*, die den Herd gegen den Feuerraum, und der Fuchsbrücke *g*, die den Herd gegen den Fuchse abschließt; durch den Fuchs gelangen die Verbrennungsgase zur Esse. Der Herd ist aus aufgeschmolzener Schlacke *s* gebildet und ruht auf eisernen Platten *p*, die, im Falze gelegt, wieder auf eisernen Trägern aufliegen. Durch den so unter den Herdplatten gebildeten Hohlraum ist eine Abkühlung der Platten von unten durch kalte Luft möglich. Am Rande liegen hohle Herdeisen *o*, durch welche ebenfalls zur Abkühlung kalte Luft oder Wasser geleitet wird. Die Brücken sind aus feuerfestem Material gebildet. Durch die Arbeitstüre *b* wird das Roheisen eingebracht und das fertige Produkt entfernt; während des Prozesses bleibt diese Türe geschlossen und wird zum Puddeln nur eine kleine Öffnung *c* freigemacht, durch welche die Rührwerkzeuge in den Ofen eingesteckt werden. In den Feuerraum *f* wird das Brennmaterial durch die Öffnung *m* eingebracht.

Der ganze Ofen ist von eisernen Platten eingefast, die durch horizontale und vertikale Ankerschließen zusammengehalten werden.

Für den Puddelprozeß wird reines, weißes Roheisen verwendet, das in 6—12 kg großen Stücken in einem Gesamtgewicht von 150—250 kg pro Charge auf den vorher bis zur Rotglut erhitzten Herd eingebracht wird.

Als Brennmaterial dient meistens Steinkohle. Die Heizgase, die über das Roheisen gestrichen sind (die sogenannte Abhitze), haben noch genügend Wärme, weswegen sie meist noch zum Vorwärmen des für die nächste Charge bestimmten Roheisens benützt werden. Der Vorwärmerherd liegt dann, nur getrennt durch die Fuchsbrücke, unmittelbar neben dem Puddelherd. Man kann aber auch den Vorwärmerherd gleich dem Puddelherd ausgestalten und dann immer abwechselnd in jenem Herd puddeln, in dem früher das Roheisen vorgewärmt wurde.

Der Puddelprozeß spielt sich in drei Perioden ab. In der ersten Periode, der Feinperiode, schmilzt das Roheisen, wobei zuerst das im Eisen enthaltene Silizium zu Kieselsäure verbrennt, die sich mit den entstandenen Oxyden des Eisens und des Mangans zur sogenannten Rotschlacke verbindet. Diese würde, am

flüssigen Roheisen oben schwimmend, letzteres gegen die Luft abschließen und so die weitere Entkohlung des Eisens verhindern. Um dem zu begegnen, wird das Eisenbad durch stetes Umrühren mit einer am vorderen Ende umgebogenen Eisenstange (Kratze genannt) in fortwährende Berührung mit der Luft gebracht.

In der nun folgenden zweiten, der Rohfrischperiode, beginnt die Verbrennung des Kohlenstoffes unter heftigem Kochen und Aufsteigen von blauen Flämmchen. Die Schlacke wird jetzt dickflüssiger und wird Garschlacke genannt; je mehr Eisenoxydul sie aufnimmt, desto mehr entkohlend wirkt sie auf das Eisen. Die Garschlacke wird über die Herdbrücken in untergestellte eiserne Wagen abfließen gelassen. Gegen das Ende der Rohfrischperiode wird das Eisen steif und läßt sich nicht mehr kratzen, da es jetzt infolge der Entkohlung eine höhere Schmelztemperatur besitzt.

In der jetzt beginnenden dritten, der Garfrischperiode, geht die Entkohlung sehr rasch vor sich. Das Eisen wird jetzt mit spitzen Brechstangen durchgeschlagen und behufs gleichmäßiger Entkohlung umgesetzt, d. h. in horizontaler Richtung bewegt und schließlich in Ballen von zirka 50 kg, die man Luppen nennt, gebracht.

Der Frischprozeß ist jetzt zu Ende, die Luppen werden aus dem Ofen genommen und behufs Auspressens der darin enthaltenen Schlacke unter dem Dampfhammer von allen Seiten bearbeitet, wodurch sich die Eisenkristalle innig aneinander schweißen. Darnach kommen die noch heißen Luppen auf das Luppenwalzwerk und werden hier zu Flachstäben, den sogenannten Rohschienen, ausgewalzt. Diese sind 50—250 mm stark und werden behufs Pakettierung in entsprechend lange Stücke geschnitten.

Der Puddelprozeß dauert $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden, so daß in 12 Stunden 6—8 Chargen zu 150—250 kg, zusammen also 900—2000 kg Eisen gepuddelt werden können.

Der vorgeschilderte Puddelprozeß heißt „Puddeln auf Sehne“, er wird zur Erzeugung des Schweißeisens angewendet.

Will man jedoch Puddelstahl oder das Zwischenprodukt zwischen Stahl und Schmiedeeisen, das sogenannte Feinkorneisen erzeugen, so hält man einen anderen Vorgang ein, den man „Puddeln auf Korn“ nennt. Hierbei darf die Entkohlung nicht so weit getrieben werden, wie früher beschrieben (weil Stahl mehr Kohlenstoff enthält), und es ist daher möglichst reines Roheisen, aber mit höherem Mangangehalt erforderlich, da Mangan das Eisen härtet. Das Roheisen ist möglichst schnell einzuschmelzen und sodann langsam unter der Schlacke zu garen. (Die am Eisen schwimmende Schlacke verhindert die zu starke Entkohlung.) Je kohlenstoffreicher das Produkt sein soll, desto langsamer und desto sorgfältiger muß das Eisen unter einem reichlichen Schlackenbade gegart werden.

Das Puddeln auf Stahl dauert am längsten und erfordert viel Brennmaterial, ist daher teuer. Chargen und Luppen werden hier meist kleiner gehalten.

Um aus den erhaltenen Rohschienen Gebrauchsgegenstände anzufertigen, werden dieselben unter sich oder auch mit schon ausgewalzten Eisenstäben verschweißt, d. h. bis zur Weißglut erhitzt und dann durch Schlag oder Druck mittels Dampf- oder Handhammer oder Walzen zu einem einzigen Stück geformt. Die bei der Erhitzung unter Luftzutritt an den Oberflächen sich bildenden Eisenoxyde werden durch die in den Rohschienen noch enthaltene Schlacke aufgelöst. Fehlt letztere (wie bei fertigen Eisenstäben), so muß durch Zusatz von Kieselsäure in Form feinen Sandes (Schweißpulver) künstlich eine Schlacke gebildet werden.

Das Erhitzen der Rohschienen erfolgt entweder in offenen Feuern oder in Schweißflamöfen. Vor dem Einbringen in den Ofen werden die Rohschienen pakettiert, d. h. mittels Draht zu Paketen gebunden. Die Größe und Form der Pakete wird nach der Größe und Form des zu fertigenden Gegenstandes

bestimmt, wobei man den Schweißverlust und die Abfälle (beim Bearbeiten) berücksichtigen muß. An den Kanten der Pakete gibt man meist schon gewalzte, also schon geschweißte Eisenstäbe, in der Mitte jedoch Rohschienen und eventuell auch Eisenabfälle.

Da bei jeder Schweißung der Kohlenstoffgehalt verringert wird, so läßt sich das Eisen durch den Schweißprozeß nur insoweit verbessern, als noch für die verlangten Eigenschaften des Endproduktes genügend Kohlenstoffgehalt vorhanden bleibt. Durch wiederholtes Schweißen wird daher Stahl in Schmiedeeisen, letzteres jedoch in verbranntes Eisen übergeführt.

3. Das Windfrischen (Bessemer- und Thomas-Prozeß). Das Prinzip dieses Prozesses besteht darin, daß man das in einem Kupolofen (Schachtlofen) eingeschmolzene oder direkt dem Hochofen entnommene, flüssige Roheisen in ein bis zur Rotglut erhitztes Gefäß (die Birne, den Konverter) gießt und durch dasselbe heiße, gepreßte Luft (den sogenannten Wind) durchbläst, die vermöge ihres Sauerstoffgehaltes die Verbrennung des Siliziums, Mangans und Kohlenstoffes bewirkt; hiedurch wird die Temperatur fortwährend erhöht, und zwar ohne Verwendung eines eigenen Brennmaterials, worin ein wesentlich ökonomisches Moment dieses Prozesses liegt.

Die Entkohlung des Eisens kann bei diesem Prozeß entweder ganz oder nur bis zu dem verlangten Grade durchgeführt werden, welcher letzterer Vorgang nur selten eintritt, wenn z. B. das Roheisen nicht genug Silizium enthält, oder wenn man durch den Bessemer-Prozeß nur ein Zwischenprodukt erzeugen will; man nimmt dann in beiden Fällen das flüssige, nur mäßig entkohlte Eisen aus der Birne und bearbeitet es im Flammofen nach dem Siemens-Martin-Verfahren weiter.

In der Regel wird das Eisenbad in der Birne fast vollständig entkohlt und dann erst in dem verlangten Grade durch Zusatz von kohlenstoffreicherem Eisen rückgekohlt. Dieser Vorgang ist sicherer und einfacher und bietet den Vorteil, daß die schädlichen Bestandteile des Roheisens bei der fortgesetzten Entkohlung in ausgiebiger Weise entfernt werden.

Die Birne (der Konverter), Fig. 3, T. IV, ist ein birnförmiges, aus Eisenblech hergestelltes Gefäß, das mit einem feuerfesten Materiale ausgefüllt und mit zwei Zapfen drehbar aufgehängt ist. Die Drehung erfolgt meist durch eine hydraulische Presse *P*, mit deren Kolben eine Zahnstange verbunden ist, die in ein auf dem vollen Zapfen der Birne aufgestecktes Zahnrad eingreift. Der andere Zapfen ist hohl und mit einem rechtwinklig gebrochenen Rohr verbunden, das bis zum doppelten Boden der Birne führt, aus dem zahlreiche Öffnungen in das Innere der Birne münden. Durch dieses Rohr wird der Gebläsewind eingetrieben, während der Konverter beliebig gedreht werden kann.

Der Hauptunterschied zwischen dem Bessemer- und dem Thomas-Prozeß liegt in der Verschiedenartigkeit des Ausfütterungsmaterials des Konverters und dadurch in der Verschiedenheit des sich abspielenden chemischen Prozesses.

Bessemer-Prozeß. Dieser ist ein saurer Prozeß. Das Futter des Konverters besteht aus tonhaltigem Sand (Ganister) oder aus feuerfestem, mit Schamotte versetztem Ton oder aus feuerfesten Ziegeln in Schamottemörtel vermauert.

Das für den sauren Prozeß geeignete Roheisen muß weniger als 0,1% Phosphor und 0,05% Schwefel enthalten; Silizium soll 2—3% vorhanden sein. Je weniger Silizium im Roheisen enthalten, desto höher muß die dem Roheisen zu gebende Anfangstemperatur sein, weil das verbrennende Silizium die Wärmequelle liefert.

Das flüssige Roheisen wird durch eine Rinne aus dem Kupolofen in die vorgewärmte Birne gebracht, die hiezu in die horizontale Lage umgekippt wurde. Die Birnen fassen 6000—12.000 kg Eisen.

Beim Aufrichten der Birne in die vertikale Lage wird angeblasen und es beginnt der Frischprozeß. Das Eisenbad wird ununterbrochen von zahlreichen, hochgepreßten Luftstrahlen durchzogen. Der Prozeß spielt sich wieder in drei Perioden ab.

In der ersten, der Fein- oder Schlackenperiode, oxydiert das Silizium und ein Teil des Eisens. Durch die Verbrennung des Siliziums zu Kieselsäure wird die Temperatur fort erhöht und es bildet sich eine stark leuchtende, dichte Flamme mit Funken von weißglühend brennendem Eisen. Ist die Verbrennung des Siliziums bis zur vollständigen Verschlackung bewirkt, so ist die erste Periode beendet, die zirka 20—30 Minuten dauert.

In der zweiten, der Rohfrisch- oder Kochperiode, wird unter gleichzeitiger Oxydation des Mangans, Eisenoxydul in die Schlacke aufgenommen. Durch das fortgesetzte Einblasen bilden sich große Mengen Eisenoxydul, die aber durch den Kohlenstoff wieder desoxydiert und damit letzterer zu Kohlenoxyd und Kohlensäure verbrannt. In dem Maße als der Kohlenstoff verbrennt, wird die noch immer hell leuchtende Flamme immer ruhiger.

In der letzten, der Garfrischperiode, verbrennen die letzten Reste des Kohlenstoffs; nach gänzlicher Entkohlung hört die Flamme auf, womit der Prozeß beendet ist, der im ganzen per Charge 40—60 Minuten dauert.

Man kippt jetzt den Konverter in horizontale Lage, nimmt eine Schöpfprobe heraus, gießt diese zu einem kleinen Block (Ingot) und schmiedet denselben schnell unter einem Dampfhammer zu einem dünnen, prismatischen Stab aus, den man im Wasser abkühlt, dann über einen Amboß biegt und abbricht. Nach der Sprödigkeit und dem Bruchansetzen wird die Konsistenz des Eisenbades im Konverter beurteilt. Ist die Entkohlung noch nicht vollendet, so bläst man noch etwas Wind in den Konverter, ist aber der Gang richtig, so wird jetzt die Rückkohlung vorgenommen, indem man Spiegeleisen (Manganeisen) von bestimmtem Kohlenstoffgehalt in solcher Menge in die Birne einwirft, daß die Mischung den verlangten Kohlenstoffgehalt besitzt. Durch das zugesetzte Mangan werden die bei der Verbrennung gebildeten Eisenoxyde wieder zerlegt.

Die auf dem Eisenbad oben schwimmende Schlacke wird nun durch Neigen der Birne zum größten Teil abgegossen, das fertige, flüssige Eisenprodukt sodann in eiserne, mit feuerfestem Material ausgefütterte Gießpfannen geleitet. Aus diesen wird das flüssige Eisen in die Formen (C o q u i l l e n) abfließen gelassen. Die gefüllten Formen werden mit eisernen Deckeln und Sand geschlossen und es erstarrt in ihnen das Eisen zu Blöcken (Ingots), die noch in glühendem Zustande herausgenommen und unter dem Dampfhammer vierkantig ausgeschmiedet werden, um dadurch das Eisen zu dichten und die in demselben vorhandenen Blasen zu entfernen; letztere enthalten Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenoxydgas und verursachen im gewalzten Material feine Risse und Spaltungen. Die ausgeschmiedeten Blöcke werden sodann entweder unter dem Dampfhammer weiter verarbeitet oder in Walzwerken ausgewalzt.

Thomas-Prozeß. Der vorbeschriebene Bessemer-Prozeß gestattet nur die Verarbeitung von Roheisen, das höchstens 0.1% Phosphor enthält. Der Grund hierfür liegt in dem Kieselsäuregehalt des sauren Futters des Konverters; die Kieselsäure gestattet nicht die Bindung des Phosphors durch die Schlacke, so daß der Phosphor aus dem Eisenbad nicht ausreduziert werden kann. — Es konnten somit die reichen Lager von stark phosphorhaltigen Erzen nicht zur Verhüttung (Eisengewinnung) nutzbar gemacht werden.

Nach dem Thomas-Prozeß (Bessemer-Prozeß nach basischem Verfahren) ist die Verarbeitung von phosphorreichem Roheisen jedoch möglich. Bei diesem wird der Konverter mit einem basischen Futter — gebranntem Kalk oder Dolomit — ausgekleidet, wobei als Bindemittel Teer verwendet wird, überdies wird gleich zu Anfang gebrannter Kalk als Zuschlag in die Birne gegeben. Hiedurch kann aller Phosphor aus dem Eisenbade ausgeschieden werden.

Der Prozeß spielt sich nach denselben drei Perioden wie der Bessemer-Prozeß ab. Die durch Verbrennung des Siliziums sich bildende Kieselsäure geht dabei mit dem Kalke eine dauernde Verbindung ein, die in die Schlacke übergeht.

Nach Schluß der Garfrischperiode ist im flüssigen Eisen noch etwas Silizium, etwas Schwefel und fast der ganze Phosphorgehalt vorhanden. Um letzteren zu entfernen, wird nun noch weiter Wind zugeführt; durch dieses Überblasen wird nebst den Resten von Silizium auch der ganze Phosphor verbrannt; es darf jedoch nur noch so viel Wind eingeblasen werden, als für die Verbrennung des Phosphors unbedingt notwendig ist, was sich nach dem Phosphorgehalt berechnen läßt.

Die im Vergleiche zum Bessemer-Prozeß weit größere Menge durchgeblasener Luft verursacht dagegen eine vermehrte Blasenbildung durch Anhäufung überschüssiger Gase und die Bildung größerer Mengen von Oxyden im Metallbade. Die Zerlegung derselben und die Rückkohlung des Eisens geschieht wieder durch Zugabe von Spiegeleisen oder Ferromangan. Dies darf aber erst nach dem Abgießen der Schlacke erfolgen, da sonst durch den Zusatz von Mangan wieder Phosphor frei würde. Es wird daher meist das Eisenbad in die Gießpfannen abgelassen und erst in diese das Spiegeleisen eingebracht, was ein heftiges Aufwallen und Aufschäumen verursacht.

Aus der Gießpfanne wird das Eisen so wie beim Bessemer-Prozeß in die Coquillen abgegossen, nachdem auch hier vorher ein Probe-Ingots ausgeschmiedet wurde. — Die erstarrten, aber noch glühenden Blöcke (Ingots) werden dann so wie früher beschrieben bearbeitet.

Die Schlacke des Thomas-Prozesses enthält viel Kalkphosphat, weswegen sie in gemahlenem Zustande ein sehr gutes Düngermittel abgibt.

4. Der Siemens-Martin-Prozeß. Dieser ist ein Frischprozeß im Flammofen, der mit Siemensscher Regenerativfeuerung eingerichtet ist, um die hohen Temperaturen zu erreichen, die zur Flüssighaltung des Produktes erforderlich sind.

Der Flammofen, Fig. 4, T. IV, besteht aus einem überwölbten Herde *h* auf frei liegenden eisernen Herdplatten; durch die Arbeitstüren *a* wird das Material eingebracht; auf der entgegengesetzten Seite befindet sich der Abstich. — Die Wärmespeicher liegen unter der Hüttenschle, und zwar entweder direkt unter dem Herd oder, wie in Fig. 4, paarweise seitlich desselben, mit Freilassung eines Mittelganges, oder auch vor demselben. Sie sind mit feuerfesten Steinen ausgelegt, durch deren Zwischenräume die Gase streichen. — Durch die eine Kammer *G* wird das als Heizmaterial verwendete, in einem Generator erzeugte Kohlenoxydgas geleitet, durch die Kammer *L* jedoch atmosphärische Luft. Nach der Vereinigung entzündet sich das Gemenge von Gas und Luft und streicht über den Herd. Die abziehenden Verbrennungsgase streichen indes durch das andere Kammernpaar, um dieses vorzuwärmen. Ist das erste Kammernpaar abgekühlt, so werden die Ventile umgestellt und die Heiz-, bzw. Verbrennungsgase machen den umgekehrten Weg.

Je nachdem der Phosphorgehalt des Roheisens geringer oder größer als 0.1% ist, kann der Prozeß *sauer* oder *basisch* durchgeführt werden. Der Unterschied liegt darin, daß bei Verwendung von phosphorreicherem Roheisen die Herdsole aus basischem Materiale (gewöhnlich Dolomit) bestehen muß und daß durch Kalkzuschläge die Bildung einer basischen Schlacke, in der der Phosphor als Kalkphosphat abgeschieden wird, ermöglicht werde.

In der Regel wird das Roheisen im Flammofen selbst eingeschmolzen; ist es flüssig, so wird die gebildete Schlacke abgezogen, in das Eisenbad bis zur Rotglut erhitzte Abfälle von Flußeisen und Stahl in Partien von 30—50 *kg* eingebracht und das Bad mit langen Stangen öfters durchgerührt und dann wieder von der Schlacke befreit. — Durch die Einbringung der kohlenstoffarmen Abfälle sowie

durch Oxydation wird das Eisenbad entkohlt, wobei sich aber gleichzeitig Eisenoxyde bilden. Nach genügender Entkohlung wird die Rückkohlung des Eisenbades bis zu dem verlangten Grade durch Zuschläge von Manganeisen oder Spiegeleisen bewirkt, wobei die Oxyde des Eisens durch Mangan wieder zerlegt werden. — Sollen nicht Blöcke (Ingots), sondern Flußeisengußwaren durch direkten Guß erzeugt werden, so wird zur Rückkohlung meist Siliziumeisen benützt. — In neuester Zeit wird die Rückkohlung zum Teile auch durch Koks bewirkt, indem dem Eisenbad zuerst Manganeisen zugesetzt wird und es dann in Pfannen ausgeleert wird, die mit Koks ausgefüttert sind.

Der Martin-Prozeß dauert 6—8 Stunden, er erfordert einen höheren Brennstoffaufwand als der Bessemer- und Thomas-Prozeß, gestattet aber das Einschmelzen von Stahl- und Schmiedeeisenabfällen. Da der Prozeß lange dauert, kann man sich öfters durch Schöpfproben von der Qualität des Eisens überzeugen und kann daher mit großer Sicherheit Produkte von bestimmter Qualität erhalten. Infolge des ruhigen Ganges des Prozesses können sich die Gase leichter abscheiden, so daß eine Blasenbildung im erstarrten Eisen fast ganz vermieden wird.

Nach Schluß des Prozesses wird die oben schwimmende Schlacke entfernt und das Eisen in die Gießpfanne abgegossen, aus der dann die Coquillen gefüllt werden. Die erstarrten Blöcke (Ingots) werden so wie beim Bessemer-Prozeß weiter behandelt.

Der Siemens-Martin-Prozeß wird auch öfters mit dem Bessemer- oder Thomas-Prozeß kombiniert, indem das im Konverter genügend entkohlte Eisen im Martinofen weiter bearbeitet wird. Auf diese Weise wird z. B. Raffinierstahl erzeugt, von dem man große Gleichmäßigkeit und Dichte verlangt.

d) Erzeugung von Tiegelflußstahl.

Wird Stahl irgend einer Erzeugungsart in feuerbeständigen Tiegeln umgeschmolzen, so erhält man einen Flußstahl von besonderer Gleichmäßigkeit, den sogenannten Tiegelflußstahl.

Die Tiegel sind meist aus sandfreiem Ton, dem Schamotte und Graphit beigemischt sind, in Größen für Einsätze von 15—50 *kg* erzeugt. Vor dem Gebrauche werden die Tiegel getrocknet und hierauf bis zur Rotglut erhitzt. Sodann wird der Stahl eingesetzt und die Tiegel in Schmelzöfen (Schacht- oder Flammöfen) eingestellt.

Soll der Kohlenstoffgehalt geändert werden, so werden geeignete Zuschläge in die Tiegel eingebracht; z. B. eine höhere Kohlung wird durch Zusatz von Holzkohlenstückchen und eine geringere durch Zusatz von Schmiedeeisenteilen erreicht. Wird Mangan, Wolfram, Nickel oder Titan zugesetzt, so erhält man einen feinkörnigen und sehr harten Stahl.

Ist der Stahl geschmolzen, so werden die Tiegel mit Zangen aus dem Ofen gehoben und in die Formen oder zuerst in eine Gießpfanne und dann erst in die Formen gefüllt.

e) Erzeugung von Zementstahl.

Zementstahl erhält man, wenn man stabförmiges Schmiedeeisen in Holzkohle glüht und so Kohlenstoff zuführt. Die Kohlung erfolgt also in einem weichen, aber nicht flüssigen Zustande des Eisens, und zwar von außen nach innen. Man kann dem Eisen auf diese Weise alle Kohlungsgrade bis 5% erteilen. Man nennt diesen Vorgang Zementieren oder Zementierung des Eisens.

Die flachgeschmiedeten Schmiedeeisenstäbe werden in kastenförmige Gefäße aus Stein oder Ton, abwechselnd mit Schichten von zerkleinerter Holzkohle (Zementierpulver) eingepackt und im Zementierofen von außen erhitzt. Das Anheizen dauert zirka 24 Stunden, die Kohlung 8—9 Tage, die Abkühlung drei Tage.

Da die Kohlung (Stahlbildung) und damit die Härtung nur langsam von außen nach innen erfolgt, so kann man fertige Gegenstände aus Schmiedeeisen nur an der Oberfläche härten (Oberflächenhärtung oder Einsatzhärtung). Die Gegenstände (Werkzeuge u. dgl.) werden mit Holzkohlpulver in Büchsen von Eisenblech gepackt und geglüht, wodurch sich die Oberfläche härtet.

Sollen Gegenstände (Platten, Nieten u. dgl.) nur teilweise gehärtet werden (Harvey-Verfahren), so muß beim Glühen der nicht zu härtende Teil durch eine Umhüllung mit solchen Materialien geschützt werden, die nicht kohlenstoffhaltig sind und dabei den Luftzutritt hindern; es wird daher der nicht zu härtende Teil in Tonmehl eingepackt, der zu härtende in Holzkohle.

Durch Gerben, d. h. Schweißen und Aushämmern von Zementstahl erhält man Gerbstahl.

f) Eigenschaften der verschiedenen Eisensorten.

Roheisen ist im allgemeinen spröde, läßt sich weder hämmern noch schmieden oder schweißen. Das graue Roheisen ist weicher und zäher als das weiße; es läßt sich feilen, bohren, hobeln und drehen usw., eignet sich daher besser für Gußwaren.

Gußeisen wird also aus grauem, weicherem Roheisen durch Umschmelzen desselben gewonnen.

Die Gußstücke müssen rein und fehlerfrei sein, sie müssen glatte Oberflächen, scharfe Kanten und scharf ausgeprägte Verzierungen haben und dürfen keine Löcher, Blasen und sichtbare Poren aufweisen. Die Bruchflächen sollen körnig und gleichmäßig grau sein.

Die Zugfestigkeit ist gering; sie soll aber mindestens 1200 kg pro cm^2 betragen. Ein Stab von 30/30 mm Querschnitt und 1 m freier Stützweite soll 450 kg zunehmende Belastung aushalten, bevor er bricht. Es muß möglich sein, mit einem Hammerschlag eine Kante des Gußstückes einzudrücken, ohne daß ein Teil der Kante abspringt.

Schmiedeeisen ist im kalten Zustande, besonders leicht aber in der Glühhitze zu bearbeiten; man kann es biegen, mit dem Meißel teilen, durch Hämmern, Pressen usw. beliebig formen (schmieden), ferner im kalten Zustande feilen, hobeln, drehen, bohren, schleifen und polieren.

Das Schweißeisen ist in der Weißglühhitze auch schweißbar; Flußeisen hat jedoch geringere Schweißbarkeit. Diese kann aber durch verschiedene Zusätze (Hammerschlag, Borax) erhöht werden.

Wesentlich beeinträchtigt wird die Qualität des Schweiß- und Flußeisens durch Phosphor- und Schwefelgehalt. Schon 0,15% Phosphorgehalt machen das Eisen kaltbrüchig; ein solcher Eisenstab würde beim Biegen im kalten Zustande leicht brechen; die Bruchfläche ist dann grobkörnig und hellglänzend. Schwefel (selbst nur 0,12%) macht das Eisen rotbrüchig, d. h. Brüchig in der Glühhitze. Ein solches Eisen springt in der Glühhitze beim Hämmern leicht ab; die Bruchflächen sind hierbei häufig schön, sehnig, aber von mattem Glanz.

Gutes Schweißeisen soll an der Bruchfläche entweder helle Farbe und matten, seidenartigen Glanz oder dunkle Farbe und hellen Glanz haben; helle Farbe und starker Glanz oder dunkle Farbe und matter Glanz zeigen schlechtes Eisen an. Schmiedeeisen soll nur in kaltem oder rotglühendem Zustande bearbeitet werden, in der sogenannten Blauwärme ist das Eisen spröde und zur Bearbeitung nicht geeignet.

Nachstehende Tabelle läßt die Festigkeitsverhältnisse der verschiedenen Eisensorten entnehmen.

Eisengattungen	Kohlenstoff- gehalt in %	Spezifisches Gewicht	Schmelz- punkt in °C	Mittlere Festigkeit in kg pro cm ² auf		Zulässige Be- anspruchung pro kg und cm ² auf		
				Zug	Druck	Zug	Druck	Ab- sicherung
weißes Gußeisen	2·3 bis 5	7·25	1100 bis	1200	7500	200	750 bei Säulen 600	250
graues Schweißeisen	0·05 bis	7·8	1800 bis 2250	2500 bis	2500 bis	1000	1000	800
Flußeisen	0·5		1300 bis 1800	3800	3800			
Schweißstahl	0·5 bis	7·7	1300 bis	4500 bis	4000 bis	3000	3000	—
Flußstahl(Gußstahl)	2·3%		1800	6500 Guß- stahl selbst bis 25.000	6000			

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß mit dem Zunehmen des Kohlenstoffgehaltes sowohl das spezifische Gewicht als auch der Schmelzpunkt des Eisens abnimmt, und daß die Festigkeit mit der Reinheit des Eisens bedeutend zunimmt usw.

g) Zusammensetzung und Eigenschaften der Stahl- sorten.

Als Stahl werden jene Eisensorten bezeichnet, welche zu Rotglut erhitzt und in einer Flüssigkeit rasch abgekühlt, härter werden, und zwar derart, daß man sie mit der Feile nur schwer oder gar nicht bearbeiten kann. Diese schätzbare Eigenschaft besitzen nur Eisensorten mit einem Kohlenstoffgehalt von 0·5—2·3% und die vollkommen rein sind, d. h. keine anderen schädlichen Stoffe beigemischt besitzen. Bei einem Kohlenstoffgehalt von weniger als 0·5% nimmt das Eisen keine so große Härte an, bei mehr als 2·3% wird dasselbe spröde, verliert die Eigenschaft der Härte- und Schmiebarkeit und gleicht dann dem Roheisen.

Der im Stahl vorkommende gebundene Kohlenstoff ist der eigentliche Träger der Härtebarkeit. Bei langsam erkaltetem Stahl bildet er mit einem Teile des Stahles eine Verbindung (Karbid), welche das Gefüge netzartig durchzieht. Beim Erhitzen zur Rotglut wird der Kohlenstoff vom Stahle aufgenommen (gelöst) und zu Härtungskohle. Beim raschen Abkühlen wird der Kohlenstoff in diesem Zustande festgehalten, der Stahl ist dann gehärtet. Läßt man aber den erhitzten Stahl langsam abkühlen, so scheidet der Kohlenstoff aus seiner gleichmäßigen Verbindung mit dem Stahle und bildet wieder mit einem Teile desselben das netzartig ausgebreitete Karbid.

Kohlenstoff als Graphit kann nicht in Härtungskohle verwandelt werden, führt also keine Härtung herbei und darf im Stahl nicht vorkommen.

Zur Erzeugung von Stahl soll nur jenes Eisen genommen werden, welches möglichst frei von Graphit und sonstigen schädlichen Stoffen ist. Das Vorhandensein solcher Stoffe im Stahl äußert sich zumeist in der Sprödigkeit desselben im gehärteten, bei größerer Verunreinigung auch im ungehärteten Zustande.

Durch Beimengung bestimmter Mengen von Mangan, Wolfram, Chrom, Nickel, Titan u. dgl. bei der Erzeugung des Stahles können die Eigenschaften desselben wesentlich verbessert werden (Spezialstahl). Mangan (in geringen Mengen, 0·2—0·5%

in den meisten Stahlsorten vorhanden) vermehrt die Festigkeit und Härte des Stahles um geringes, macht aber denselben beim Gusse dichter, blasenfrei und frei von Rissen. Größere Mengen von Mangan (8—20%) verleihen dem Stahl große Festigkeit, Zähigkeit und Naturhärte (Manganstahl). Wolfram (2—6%) erhöht die Härte und Schneidhaltigkeit des Stahles, vermindert aber dessen Zähigkeit; solcher Stahl eignet sich bloß für Werkzeuge, welche einer ruhigen Beanspruchung ausgesetzt sind und große Härte und Schneidhaltigkeit besitzen müssen. Chrom wirkt ähnlich wie Wolfram, macht aber den Stahl viel spröder, jedoch sehr widerstandsfähig gegen Schlag und Stoß und wird im Vereine mit Nickel zur Herstellung von Panzerplatten benützt. Nickel (5—10%) steigert die Härte und Zähigkeit des ungehärteten Stahles ganz bedeutend, bei gehärtetem Stahl ist jedoch ein Nickelgehalt weniger wirksam als Wolfram oder Chrom. Nickelstahl dient daher für stark beanspruchte Maschinenteile (Schiffswellen, Kurbelzapfen usw.), auch zur Herstellung von Panzerplatten, Kanonenröhren u. dgl.

Nach dem vorerwähnten unterscheidet man also Stahl, welcher seine Härte nur durch Kohlenstoff erhält und Spezialstahl, welcher außer Kohlenstoff noch andere, die Härte steigernde Beimengungen enthält, Mangan-, Chrom-, Wolfram-, Nickelstahl.

Nach der Erzeugungsart des Stahles unterscheidet man den aus Schweiß-eisen gewonnenen Schweißstahl, dann den durch den Bessemer- oder Siemens-Martin-Prozeß gewonnenen Flußstahl, ferner durch weitere Verarbeitung den aus dem Schweiß-eisen gewonnenen Zementstahl und Gerbstahl und den durch weiteres Umschmelzen des Flußstahles gewonnenen Tiegelgußstahl. Der Spezialstahl wird ebenfalls als Tiegelgußstahl erzeugt.

Die besseren Stahlsorten dienen meistens zur Erzeugung von Werkzeugen, Maschinenbestandteilen u. dgl. und werden auch als „Werkzeugstahl“ bezeichnet.

Die in den Handel gebrachten Stahlsorten sind meistens mit dem Firmastempel und auch mit Etiketten versehen, welche den Härtegrad, den Verwendungszweck und die beim Schmieden und Härten notwendigen Temperaturen enthalten.

Guter Stahl soll in der Bruchfläche ein gleichmäßig feinkörniges Gefüge von hellgrauer, samtartiger Farbe zeigen, und eine reine, fehlerfreie Oberfläche haben. Das Gefüge wird durch zunehmende Härte immer feinkörniger. Selbstverständlich kann man durch bloße Besichtigung auf die Güte des Stahles nicht immer mit voller Sicherheit schließen, es muß dieser vielmehr die Erprobung durch verschiedenartige Bearbeitung folgen (siehe Erprobung des Eisens und Stahles).

h) Härten des Stahles.

Erhitzt man Stahl bis zur Rotglut und taucht ihn dann in kaltes Wasser, so wird seine Härte noch bedeutend erhöht. Wird aber der rotglühende Stahl langsam abgekühlt (z. B. in Asche gesteckt), so wird er nicht härter, sondern weicher. Diese Eigenschaften — H ä r t e n bzw. N a c h l a s s e n genannt — geben dem Stahle die Bearbeitungsfähigkeit zu verschiedenen Werkzeugen, Maschinenbestandteilen u. dgl., welche einen gewissen Grad von Härte und Zähigkeit besitzen müssen.

Nicht jeder Stahl erhält bei der gleichen Hitze seine größte Härte. Kohlenstoffreicher Stahl kann nur bei dunkler Rotglut, dagegen kohlenstoffarmer nur bei heller Rotglut, also bei größerer Hitze seine größte Härte erreichen, auch kann man kohlenstoffarmen Stahl mehr erhitzen, ohne daß er Schaden leidet. Man muß also für jede Stahlsorte die zum Härten geeignete Hitze probeweise ermitteln und dabei trachten, den Stahl nicht zu überhitzen.

Der überhitzte (verbrannte) Stahl ist im Bruche grobkörnig und hellglänzend, der gut gehärtete jedoch feinkörniger als im ungehärteten Zustande. Überhitzten Stahl kann man zwar regenerieren, d. h. durch Ausglühen und Schmieden in den früheren Zustand überführen, doch kann dadurch die frühere Härte desselben nicht mehr vollkommen erreicht werden. Durch das Schmieden des Stahles wird die Festigkeit und Härte desselben vergrößert.

Wenn man blank gefeilten oder geschliffenen Stahl langsam erhitzt, so bildet sich an der Oberfläche eine dünne Oxydschichte, welche mit dem Steigern der Hitze an Dicke zunimmt und dann verschiedene Farben (Anlauffarben) zeigt. Diese Anlauffarben entsprechen gewissen Temperaturen und zeigen den Moment an, in welchem der Stahl einen gewissen Härtegrad erlangt hat, und zwar:

220° C — blaßgelb — Stahl ist hart und spröde.

230° C — goldgelb — Stahl schneidet Gußeisen (für Werkzeuge zur Metallbearbeitung und für Rasiermesser geeignet).

255° C — morgenrot — Stahl schneidet Guß- und Schmiedeeisen (für Meißel, Scheren usw. geeignet).

265° C — purpurrot — für manche Holzbearbeitungswerkzeuge.

275° C — violett — für Tischmesser u. dgl.

290° C — blau — für Säbelklingen, Uhrfedern, Sägen usw.

Über 300° C nimmt die Oxydschichte — bloß vorübergehend — eine grünliche Farbe an, und wird dann bläulichgrau. Nachdem es nicht möglich ist, beim Härten die Temperatur des Stahles zu messen, so ist durch dieses Anlaufen ein Mittel gegeben, den Härtegrad ziemlich genau zu beurteilen. Der Arbeiter kann also — nach den Anlauffarben beurteilend — dem Arbeitsstück jede gewünschte Härte geben. Das Arbeitsstück wird zuerst durch Schmieden in die richtige Form gebracht, sodann im noch warmen oder kalten, jedoch nicht gehärteten Zustand durch Feilen, durch Drehen u. dgl. rein bearbeitet, worauf nun das Härten erfolgt, indem der Arbeiter dem Stücke die der Stahlsorte entsprechende Rotglühhitze gibt, und es dann ins Wasser taucht, aber nicht vollständig, sondern nur so viel abkühlt als zur Bildung der Anlauffarben notwendig ist. Sodann zieht er es aus dem Wasser, putzt die Oberfläche mit einer Feinfeile u. dgl. ab und beobachtet die sich zeigenden Anlauffarben; sobald sich die gewünschte Anlauffarbe zeigt, wird das Arbeitsstück rasch und vollständig im Wasser abgelöscht.

Beim Härten des Stahles ist aber noch darauf zu achten, daß sowohl die Erhitzung als auch die Abkühlung des Arbeitsstückes eine gleichmäßige sei, weil sonst der Stahl Risse (Härterisse) bekommt; bei dünnen Platten kann aber auch ein Verziehen u. dgl. stattfinden. Härterisse treten häufig bei ungleicher Massenverteilung auf, z. B. ein Messer, das am Rücken stärker ist, könnte Härterisse bekommen, wenn man es mit der Schneide zuerst in die zur Härtung dienende Flüssigkeit stecken würde, es ist also der umgekehrte Vorgang notwendig. Gegen Verziehen können z. B. dünne Platten beim Härten zwischen stärkeren Platten entsprechend eingespannt werden.

Will man Werkzeugen (Feilen, Bohrern usw.) einen größeren, durchaus gleichmäßigen Härtegrad verleihen, so muß man sie auch mit der entsprechenden Anlauffarbe ganz gleichmäßig anlaufen lassen, das gewöhnlich auf folgende Weise geschieht: der erhitzte und im Wasser entsprechend abgeschreckte, dann blank geputzte Gegenstand wird in erhitzten Sand gelegt oder über Feuer gehalten, bis die erwünschte Farbe anlauft, dann wird der Gegenstand im Wasser rasch abgekühlt.

Statt im Wasser, kann man auch in Öl oder in anderen Fettstoffen härten. Da diese ein geringeres Wärmeleitungsvermögen haben, geht die Abkühlung nicht so rasch vor sich und es treten auch nicht so leicht Härterisse auf. Auch genügt es oft, auf das zum Härten bestimmte Wasser eine Ölschichte aufzugießen.

Das Glühen des Stahles erfolgt im gewöhnlichen Schmiedefeuer am besten mit Holzkohle, für Massenerzeugung und für feine Gegenstände hat man eigene Flammöfen (Muffelöfen).

i) Erprobung des Schmiedeeisens und Stahles.

Behufs Feststellung der Festigkeit und der sonstigen Eigenschaften einer Lieferung von Schmiedeeisen oder Stahl pflegt man verschiedene Proben durchzuführen. Diese können entweder mit den zur Verwendung gelangenden, fertigen

Eisenkonstruktionsteilen (Träger, Bleche usw.) selbst vorgenommen werden, und zwar im kalten Zustande (Kaltproben), oder es werden von diesen Eisenwaren Stücke abgetrennt und diese dann entweder bei gewöhnlicher Temperatur (jedoch nicht unter 10°C) oder in der Glühhitze erprobt (Warmprobe).

1. **Kaltproben.** Die einfache Biegeprobe. Ein Stab wird unter gewissem Winkel (bis 180°) gebogen; derselbe darf dabei keine Längen- oder Querrisse oder Sprünge bekommen.

Die **mehrfache Biegeprobe.** Ein Stab wird unter einem gewissen, vorher bestimmten Winkel (bis 180°) umgebogen, und wieder gerade gebogen. Bei schwachen Stäben oder Blechen kann diese Biegung auch zwei-, drei- oder mehrmal vorgenommen werden. Das Material darf hierbei keine Risse oder Sprünge bekommen.

Die **Bruchprobe** — vorzugsweise für Stahlproben geeignet — dient zur Ermittlung der Biegezugfestigkeit. Ein Stab (Träger u. dgl.) wird auf beiden Enden auf eine bestimmte Länge unterstützt und in der Mitte so lange belastet, bis er sich ausbiegt und dann bricht. Aus dem Querschnitt und dem Gewicht der Belastung kann dann die Festigkeit ermittelt werden.

Die **Zerreißprobe.** Diese dient zur Ermittlung der Zugfestigkeit. Ein Stab von bestimmtem Querschnitt wird an beiden Enden verbreitert, rauh gemacht und so in eine Zerreißmaschine eingespannt. Bei fortwährend wachsendem Zug wird der Stab endlich zerreißen, früher aber an dieser Stelle seinen Querschnitt vermindern (Fig. 5, T. IV). Die Kraft, welche notwendig war, um den Stab zu zerreißen in kg ausgedrückt, ist die Zugfestigkeit des Stabes. Wird diese durch die Querschnittsfläche des Stabes in cm^2 geteilt, so erhält man die Zugfestigkeit der betreffenden Eisengattung in kg pro cm^2 .

Bei der **Besichtigungsprobe** wird, um das Eisen an der Bruchfläche untersuchen zu können, ein Stück Eisen durch geringes Einkerbten und mehrmaliges Hin- und Herbiegen losgetrennt.

Zur **Bearbeitungsprobe** wird das Probestück mit Meißel, Hobel, Feile usw. entsprechend bearbeitet; die bearbeitete Oberfläche soll dabei glatt bleiben; schuppige Oberfläche, ausgerissene Stücke u. dgl. deuten auf minderes Material; ebenso werden unganze oder ungleich harte Stellen deutlich sichtbar. Gutes Eisen gibt beim Hobeln lange und zähe Späne.

2. **Warmproben.** Die **Lochprobe.** Diese kann warm oder kalt vorgenommen werden. Der Stab wird mit dem Schrotmeißel nach a (Fig. 6, T. IV) geschlitzt und der Schlitz nach b mit einem Dorn erweitert. Bei gutem Eisen dürfen hierbei keine Risse entstehen. Kaltbrüchiges wird im kalten und rotbrüchiges in der Rotglühhitze bei α und β einreißen, eventuell auch an den äußeren Biegestellen Risse zeigen.

Die **Aufhuprobe.** Diese kann ebenfalls kalt oder warm vorgenommen werden. Der Stab wird an einem Ende wie bei a (Fig. 7, T. IV) eingehauen und dann wie b zeigt, gebogen. Gutes Eisen darf keine Risse bekommen. Kaltbrüchiges dagegen wird im kalten und rotbrüchiges im heißen Zustande bearbeitet, an den äußeren Biegungen bei α und β Risse zeigen.

Die **Ausbreiteprobe** (Schmiedeprobe). Ein Eisenstab wird in rotglühendem Zustande breitgeschmiedet, wobei keine Trennungen im Eisen vorkommen dürfen. Bei schlechtem Material werden an den Rändern Risse auftreten, wie Fig. 8, T. IV, zeigt.

Die **Stauchprobe.** Zur Erprobung von Nieteisen. Ein Rundstab wird an einem Ende rotglühend gemacht und am Amboß in der Richtung der Pfeile bis zum doppelten Durchmesser zusammengestaucht. An der gestauchten Stelle dürfen keine Risse r r' (Fig. 9, T. IV) auftreten.

Härtungsbiegeprobe, zumeist bei weichem Stahl anzuwenden. Das Probestück wird rotglühend gemacht, dann im Wasser von $+25^{\circ}\text{C}$ abgeschreckt und hierauf der Biegeprobe unterzogen.

3. **Ätzprobe.** Diese dient zur Ermittlung von Schlackenstellen bei Schweißungen u. dgl. Das Probestück wird glatt gefeilt und in ein Bad von verdünnter Salzsäure gelegt. Die Schlackenreste werden durch die Salzsäure aufgelöst; an der Oberfläche zeigen sich dann an diesen Stellen Risse oder Vertiefungen.

k) Handelsfabrikate des Eisens. Tafel V und VI.

Gewisse Eisenkonstruktionsteile, welche eine immer wiederkehrende Verwendung finden, werden von den Eisenwerken am Lager gehalten. Man soll trachten, mit diesen üblichen Handelswaren im allgemeinen das Auslangen zu finden, weil anders dimensionierte und extra bestellte Konstruktionsteile bedeutend teurer sind.

Zu diesen üblichen Handelswaren gehören:

1. **Säulen** aus Gußeisen (Fig. 1—4, Taf. V). Diese erhalten eine Wandstärke von 10—35 mm, eine größte Länge von 6 m und einen äußeren Durchmesser von 80—300 mm. Sie sollen wömoglich stehend gegossen werden, damit auch gleichmäßige Wandstärken erzielt werden.

Bei durchlaufenden Säulensträngen, bis Maximum 20 m Gesamtlänge, sind die Stoßflächen der Säulen abzdrehen und letztere mit angegossenen, ineinandergreifenden Ringen zu zentrieren. Für die Auflagerung von Deckenträgern werden seitlich **Konsolen** angegossen, siehe Fig. 1—3, T. V. Die anschließenden Träger müssen dann auch miteinander verbunden werden.

2. **Gußeiserne Flantschen- und Muffenrohre** (Fig. 5, 6 und 7, T. V) von 40—1000 mm lichtigem Durchmesser, 8—24 mm Wandstärke und den üblichen Längen von 2—4 m. Die Wandstärken sind für einen Normaldruck von 10 Atm. und für einen Probedruck von 20 Atm. berechnet.

Abfallrohre für Abortanlagen oder Ausgüsse usw. (Fig. 8, 9 und 10, T. V) haben kleinere Wandstärken, da sie nicht auf Druck beansprucht werden.

3. **Unterlagsplatten** für Eisenträger werden in rechteckiger Form aus Gußeisen 20—30 mm dick, oder aus Eisenblech 10—15 mm dick, gewöhnlich 300 mm breit und je nach der erforderlichen Auflagefläche 150—450 mm lang gemacht.

4. **Rohre aus Schweiß Eisen**, und zwar:

a) **Kesselrohre** von 38—406 mm äußerem Durchmesser, gewöhnlicher Wandstärke zwischen $2\frac{1}{4}$ bis 9 mm und Normlänge von 5·00 m. Sie haben entweder eine stumpfe oder besser eine übereinander geklappte Schweißnaht.

b) **Gas- und Wasserleitungsrohre** aus Schmiedeeisen (Fig. 11, T. V) mit Gewinden und Muffen; lichter Durchmesser von 10—80 mm.

5. **Mannesmannrohre** sind gewalzt und nahtlos aus Martinstahl oder Tiegelgußstahl erzeugt, von 10—51 mm äußerem Durchmesser und 1—3·4 mm Wandstärke; sie halten einen hohen Druck aus und finden dementsprechend als Kesselrohre u. dgl. häufige Anwendung.

Aus demselben Material werden auch runde Säulen von 108—305 mm äußerem Durchmesser (an den oberen Enden) erzeugt, an den unteren Enden sind sie entsprechend weiter. Die Höhe der Säulen beträgt 1600—6500 mm.

6. **Stabeisen** je nach der Form auch Rund-, Quadrat-, Flacheisen usw. genannt, ist aus Schweiß Eisen ausgewalzt oder ausgeschmiedet; die Stäbe sind 3—6 m lang; aus Flußeisen wird seltener Stabeisen hergestellt, da dasselbe eine geringere Schweißbarkeit besitzt.

Nach der Form des Querschnittes unterscheidet man:

a) **Bandeisen** von 10—100 mm Breite mit 5 mm Abstufung und 1—4·75 mm Dicke; es wird in Buschen zu 10, 25 und 50 kg verkauft.

b) **Flacheisen** in Stäben von 3·00—6·00 m Länge, 10—150 mm Breite und 3—75 mm Stärke, wird in Buschen zu 25 und 50 kg, breiteres und dickeres Flacheisen in einzelnen Stangen verkauft.

Bei Flacheisen (Fig. 28, T. VI) ist die im allgemeinen hergestellte geringste Dicke bei einer Breite von 14—40 = 3, bei 40—70 = 4, bei 70—100 = 5, bei 100—190 mm = 7 mm.

- c) Schließeisen ist ein Flacheisen, welches in 6 Nummern verkauft wird, und zwar das 2^{er} mit 24/53, das 3^{er} mit 18/53, das 4^{er} mit 14/46, das 5^{er} mit 12/46, das 6^{er} mit 10/46 und das 7^{er} mit 8/46 mm Querschnitt, Fig. 29, T. VI.
- d) Quadrateisen und Rundeisen wird in der Regel mit 6—36 mm Dicke bzw. 6—40 mm Durchmesser erzeugt, das schwächere wird in Buschen von 25 und 50 kg, das stärkere in Stangen bis 6 m Länge verkauft, Fig. 31 und 32, T. VI.

Rundeisen unter 6 mm Dicke wird als Draht in Rollen verkauft.

7. Walzeisen, Form- oder Fassoneisen; von diesem unterscheidet man:

- a) Winkeleisen, gleichschenkeliges und ungleichschenkeliges, Fig. 1 und 2, T. VI; es wird mit Nr. bezeichnet, und zwar Nr. 1^{1/2}—16, d. h. 15—160 mm Schenkellänge. Vom ungleichschenkeligen Winkeleisen gibt es Nr. $\frac{3}{4^{1/2}}$ bis $\frac{11}{16^{1/2}}$, d. h. Nr. $\frac{3}{4^{1/2}} = \frac{30 \text{ mm}}{45 \text{ mm}}$ Schenkelhöhe und Nr. $\frac{11}{16^{1/2}} = \frac{110 \text{ mm}}{165 \text{ mm}}$ Schenkelhöhe. Die Dicke der Schenkel beträgt 3—18 mm bei gleichschenkeligen und 5—15 mm bei ungleichschenkeligen Winkeleisen.

In der Konstruktion bezeichnet man die Winkeleisen durch einen Bruch, in welchem der Zähler die Schenkellängen (horizontaler Schenkel zuerst) und der Nenner die Dicke der Schenkel angibt, z. B. das gleichschenkelige

Winkeleisen Nr. 10 von der Stärke 12 mm wird bezeichnet $\frac{100 \times 100}{12}$,

das ungleichschenkelige Nr. $\frac{9}{13^{1/2}}$ mit 12 mm Schenkelstärke wird bezeichnet $\frac{90 \times 135}{12}$. Die Normallänge beträgt 4—8 m, die größte Länge ist 12 m. Es gibt auch verschiedene abnormale Winkeleisen, siehe Tafel VI, Fig. 3—8.

- b) T-Eisen, mit normaler und mit hochsteigiger Profilform, Fig. 12 und 13, ferner scharfkantige, Fig. 14, 15 und 16, T. VI.

Die Bezeichnung der T-Eisen erfolgt in gleicher Weise wie bei Winkeleisen in Bruchform, und zwar:

$$\frac{50 \times 45 \text{ Schenkellänge}}{5 \text{ Schenkeldicke}} = \begin{array}{c} < 50 > \\ \text{T} \\ > 5 < \end{array} \begin{array}{l} \wedge \\ 45 \\ \vee \end{array}$$

- c) Belag- oder Zorseisen, Fig. 20, T. V von Nr. 11—26.
- d) Quadranteisen, Fig. 21 von Nr. 10—30.
- e) Gewalzte Eisenträger, Fig. 14—16, T. V, bei welchen die Nr. gleich die Höhe des Trägers in cm bezeichnet, z. B. Nr. 16 bedeutet einen Träger mit 16 cm Höhe. — Man unterscheidet:
- | | | |
|---|---|---|
| <p>Z-Träger, Fig. 16, Nr. 6—20,
U-Träger, Fig. 15, Nr. 6—30 und
I-Träger, Fig. 14, Nr. 8—50</p> | } | <p>Normallängen 10 m, größte Länge 14 m,
andere Längen sind zu bestellen.</p> |
|---|---|---|

Die Flantschenbreiten liegen zwischen 52 und 190 mm und wachsen mit der Trägerhöhe. Die Profile Nr. 18, 22, 24 und 28 der I-Träger werden mit normalen und auch mit breiteren Flantschen hergestellt; die breitflantschigen (Fig. 14 a) werden mit 18 a, 22 a, 24 a und 28 a bezeichnet.

f) Außer den genannten werden noch verschiedene Fasson- und Ziereisen, ferner Nägel, Nieten, Schrauben, Haken, Klammern, Drahtseile, Ketten usw. (siehe Tafel V und VI) am Lager gehalten.

8. Eisendrähete. Eisendraht wird sowohl aus Schweiß- und Flußeisen, als auch aus Flußstahl gewalzt und gezogen, und zwar mit kreisförmigem Querschnitt, dessen Durchmesser nach der Drahtlehre angegeben wird.

Der Draht wird in Ringen von 1—5 und $12\frac{1}{2}$ kg nach Nummern von Nr. 31 mit 0.31 mm bis Nr. 1000 mit 10 mm Dicke verkauft.

Damit der Draht der Witterung besser widersteht, wird er auch häufig verzinkt, manchmal verzinkt.

Ein guter Eisendraht soll eine hellgraue Farbe, vollkommenen und durchaus gleichen Querschnitt haben und sich wiederholt rechtwinkelig auf- und abbiegen lassen, ohne zu brechen. Durch Ausglühen wird der Draht biegsamer, verliert aber an Festigkeit.

Schwächerer Draht wird als Blumendraht bezeichnet.

Ist der Querschnitt des Drahtes nicht kreisförmig, sondern halbrund, oval, quadratisch, eckig, sternförmig usw., so heißt er Form- oder Dessindraht.

9. Eisenbleche. Diese werden aus dem weichsten und zähesten Eisen gewalzt, äußerst selten gehämmert. Man unterscheidet:

A. Glatte Bleche (Schwarzbleche); diese kommen im Handel vor als:

- a) Gußstahlbleche, 0.5—5 mm dick, 0.4—0.5 m breit und 1.0—1.50 m lang.
- b) Kesselbleche, 2.50 m lang, 1.00 m breit und 20—200 kg schwer; I^a steirisches 1.00—1.60 m breit.
- c) Waggondachbleche, 0.55 mm dick, 0.79 m breit und 2.05 m lang.
- d) Schloßbleche, stärkere Bleche für verschiedene Schlosserarbeiten, zumeist in 60/100 cm, aber auch bis 100/200 cm großen Tafeln mit verschiedenen Dicken.
- e) Dachbleche, schwächere Bleche, zumeist in 60/100 cm, aber auch in 100/200 cm großen Tafeln, für Dacharbeiten usw.
- f) Rohrbleche sind kleine, sehr schwache Blechtafeln, zumeist für Ofenrohre u. dgl.

Die unter c bis f bezeichneten Bleche werden nach Nummern einer Blechlehre bezeichnet, z. B. nach der Dillinger Blechlehre mit Nr. 1 mit 5.64 mm Dicke bis Nr. 30 mit 0.3 mm Dicke. Die kleineren Tafeln werden in Buschen zu 50 kg, die größeren in einzelnen Tafeln verkauft.

B. Tonnenbleche und Buckelbleche werden aus Schweiß- oder Flußeisen gewalzt, erstere tonnenförmig gebogen mit geraden Rändern, letztere in der Form von Kloostergewölben gepreßt. Sie dienen meistens zum Belegen von Brücken und sonstigen, schwer belasteten Decken; darüber wird gewöhnlich noch eine Betondecke hergestellt.

C. Riffel- oder gerippte Bleche haben an der Oberfläche eingewalzte Rippen verschiedener Formen und dienen zum Belag von eisernen Treppentufen, von Brückenfußwegen, als Kanaldeckplatten u. dgl. Sie werden bis 450 kg schwer, bis 1.35 m breit und 5—25 mm dick gewalzt.

D. Verzinnte und verzinkte Bleche. In vielen Fällen werden Schwarzblech, auch Draht und sonstige Eisensorten mit einem schwer oxydierbaren, metallischen Überzuge von Zinn, Zink, Blei, Kupfer oder Nickel versehen, und zwar auf warmem oder auch auf galvanischem Wege.

Der Überzug muß das Eisen vollständig bedecken und daran festhalten. Zu Bauarbeiten dienen folgende derartige Bleche:

- a) das Weißblech; dieses wird aus gutem Schwarzblech in kleinen Tafeln erzeugt und gleichmäßig verzinkt. Doppelformat, 340 mm breit,

530 mm lang; Hochfolio, 250 mm breit, 680 mm lang. Es wird zu 150 Tafeln, Schlüsselbleche (stärkere Bleche in größeren Tafeln) zu 75 Stück in Kisten verpackt. (Siehe Spenglerarbeiten, II. Band.)

- b) **Verzinktes Eisenblech.** Alle Sorten Eisenbleche können verzinkt werden. Eine gute Verzinkung soll beim Biegen der Bleche bis zum Winkel von 180° nicht abblättern. (Siehe hierüber Spenglerarbeiten.)

E. Wellbleche (wellenförmig gebogene Bleche, Fig. 13 und 13 a, T. V) werden aus Eisenblech oder verzinktem Eisenblech erzeugt. In der Richtung der gewalzten Wellen haben diese Bleche eine größere Steifigkeit und Tragfähigkeit, sie bedürfen daher in horizontaler Lage keiner vollständigen Unterlage wie die glatten Bleche und sind bei größeren Wellentiefen auch geeignet, Lasten zu tragen, weshalb man sie zu Deckenkonstruktionen u. dgl. benützt.

Zur Bestimmung der Wellblechgattungen dient im allgemeinen das Verhältnis der Wellentiefe t zur Wellenbreite b und die Dicke der Bleche d . Danach unterscheidet man im allgemeinen:

Flache Wellbleche für Dacheindeckungen (Fig. 13 a, T. V) mit geringen Wellentiefen t und

Träger-Wellbleche für Deckenkonstruktionen usw. (Fig. 13, T. V) mit größeren Wellentiefen t .

Jalousien-Wellbleche haben kleine Wellen und dienen zumeist zu Tür- und Fensterverschlüssen u. dgl.; sie sind aus Stahlblech.

Stukkaturbleche (Fig. 13 b, T. V) haben trapezförmige, nach innen sich erweiternde Wellen, in welchen der eingeworfene Mörtel beim Stukkaturen sich einzwängt, wodurch dieser an den Blechen festgehalten wird.

Die Wellbleche können entweder gerade oder bombiert (gebogen) benützt werden. Die gewöhnliche Tafellänge ist 3·5 m und die Breite, je nach der Wellengröße, 0·40—0·90 m.

10. **Näg el.** Nach der Erzeugungsart unterscheidet man geschmiedete Nägel, Maschinennägel und Drahtstifte. Die Form ist je nach dem Zwecke verschieden.

Geschmiedete Nägel werden durch Wasserhämmer oder durch Handarbeit aus Nageleisen (Stabeisen) erzeugt. Die kleineren Sorten werden auch durch Maschinen hergestellt. Zu den geschmiedeten Nägeln gehören Schiffnägel, Boden-, Latten-, Bretter- und Schindelnägel, ferner die Schiefernägel, Schloßnägel usw., Fig. 23, T. V.

Die **Maschinennägel** sind sehr spröde, die Köpfe sind kalt angeschlagen, springen daher leicht ab.

Die **Drahtstiften** finden die meiste Verwendung, sie werden aus hart gezogenem Eisendraht erzeugt. Man unterscheidet: Bau- und Tischlerstifte, Wagner-, Stukkaturer-, Tapezierer-, Schieferdecker- und Dachpappenstifte usw. Brauchbare Nägel sollen im Kopfe, Schaft und in der Spitze regelmäßig geformt sein, sich beim Einschlagen nicht leicht biegen, sollen sich aber andererseits nach teilweisem Durchschlagen umbiegen lassen. Die Länge des Nagels soll $2\frac{1}{2}$ —3mal so groß sein als der damit zu befestigende Gegenstand dick ist.

2. Das Kupfer.

Das Kupfer kommt häufig gediegen in Körner-, Klumpen- oder Plattenform vor, wird aber vielfach auch aus Erz gewonnen, wozu sich schwefelreiche Erze, Kupferkies, Buntkupfer oder Kupferglanz besonders eignen.

a) Gewinnung des Kupfers.

Die Gewinnung des Kupfers aus den verschiedenen Erzen kann entweder auf trockenem Wege, d. h. durch Erhitzung und Schmelzung in Schacht- oder Flammöfen, oder auf nassem Wege, durch Lösung des Kupfergehaltes in verschiedenen salz- und metallhaltigen Laugen erfolgen. In neuerer Zeit wird die Gewinnung auf

nassem Wege in Verbindung mit der Anwendung des elektrischen Stromes mit Vorteil betrieben. Diese Methode ermöglicht nicht nur die den Wert des Kupfers beeinträchtigenden fremden Stoffe mit Leichtigkeit abzuschneiden und dadurch ziemlich reines Kupfer herzustellen, sondern auch eventuell vorhandene Beimengungen von Silber und Gold vollständig zu gewinnen.

Durch den Schmelzprozeß wird aus den Erzen das Schwarzkupfer gewonnen, welches infolge der vielen darin enthaltenen Verunreinigungen (Antimon, Arsen, Blei, Eisen, Schwefel, Wismut usw.) noch keine Geschmeidigkeit hat. Es muß daher durch den oxydierenden Schmelzprozeß (Raffination, Garmachen) eine weitere Verarbeitung erfahren, um aus dem Schwarzkupfer ein hämmerbares oder raffiniertes Kupfer zu erhalten. Das Raffinieren des Schwarzkupfers erfolgt ähnlich wie das Frischen des Eisens in verschiedenen Flammöfen unter Anwendung verschiedener Oxydationsmittel, ist aber im allgemeinen umständlicher als das Frischen des Eisens. Der neueste Schmelzprozeß für Kupfergewinnung zerfällt in drei Hauptoperationen: das Roheinschmelzen, Bessemern und Raffinieren. Durch wiederholte Verbesserungen ist es möglich geworden, selbst aus kupferarmen, stark verunreinigten Erzen ein gutes, hämmerbares Produkt herzustellen.

Vor der Beendigung des Raffinationsprozesses müssen dem Schmelzofen öfter Proben entnommen werden, um sich durch Hämmern, Walzen usw. zu überzeugen, ob das Produkt die notwendige Geschmeidigkeit und sonstige Güte habe. Geringe Mengen fremder, besonders metallischer Stoffe machen das Kupfer kalt- oder rotbrüchig.

Durch den Lösungsprozeß mit verschiedenen metallischen und salzigen Laugen unter Anwendung des elektrischen Stromes (Elektrolyse) kann unter den günstigsten Verhältnissen direkt hämmerbares Kupfer erzeugt werden; geringe Störungen beeinflussen aber die physikalische Beschaffenheit des gewonnenen Kupfers, welches dann erst durch Umschmelzen (Raffination) in hämmerbares Kupfer überführt werden muß.

b) Eigenschaften und Verwendung des Kupfers.

Das raffinierte (hammerbare) Kupfer wird zu Stangenkupfer oder Kupferblech gewalzt oder zu Draht gezogen und zumeist in diesen Formen in den Handel gebracht.

Reines Kupfer zeigt im frischen Bruch eine licht-rosenrote Farbe; viel Kohlenstoffbeimengung macht den Bruch gelblich, Kupferoxydul macht ihn ziegelrot.

Das spezifische Gewicht des reinen Kupfers wechselt zwischen 8·92—8·96; unreines Kupfer ist zumeist leichter. Der Schmelzpunkt beträgt 1077° C.

Das Kupfer ist weich, besitzt eine ausgezeichnete Treibbarkeit, d. h. es läßt sich durch Hämmern im kalten Zustande in verschiedene, oft sehr komplizierte Formen bringen (treiben). Auf seine Treibbarkeit ist es durch die Schlagprobe sehr leicht zu prüfen, indem man ein würfel- oder zylinderförmiges Stück Kupfer durch einen kräftigen Schlag auf die halbe ursprüngliche Höhe bringt (zusammenstaucht). Unreines, sprödes Kupfer bekommt dabei an den Rändern Risse, während reines, zähes Kupfer gar keine Risse zeigt.

Durch Walzen, Hämmern u. dgl. wird das Kupfer hart, durch Erhitzen auf 200—300° C wird es wieder geschmeidig.

Kupfer besitzt auch eine bedeutende Wärmeleitfähigkeit. Elektrizität leitet es besonders gut, aber schon geringe Mengen Verunreinigungen beeinträchtigen die Leitungsfähigkeit.

Das Kupfer oxydiert leicht, es bildet sich an seiner Oberfläche Grünspan; die Oxydschichte dringt aber nicht tief ein, sie dient vielmehr als dünne, aber sehr wetterbeständige Schichte.

Die Verwendung des Kupfers ist eine sehr ausgedehnte; es dient wegen seiner Geschmeidigkeit als Blech zu vielerlei Treibarbeiten (Kupferschmiedearbeiten),

wegen seiner Wetterbeständigkeit als Blech zu wichtigen Dacheindeckungen (Kirchtürme) usw. Kupferdraht ist das beste Material für elektrische Leitungen. Im Maschinenbau wird Kupfer zu verschiedenen Rohren, ferner als Legierung zu Achsenlagern u. dgl. verwendet. Zu Gußzwecken ist Kupfer allein nicht brauchbar, weil es im Gusse blasig wird.

3. Das Zink.

Das Zink findet sich nicht gediegen, sondern wird aus verschiedenen Erzen, zumeist aus Zinkblende (Schwefelzink) oder Galmai (kohlen-saures Zink) durch ein reduzierendes Schmelzen, nach vorhergegangenem Rösten in verschiedenartig konstruierten Öfen gewonnen.

Das gewonnene Werkzink enthält häufig Verunreinigungen zumeist durch Blei und Eisen und muß daher noch raffiniert werden. Das Raffinieren geschieht durch Umschmelzen in Flammöfen, wobei sich an der Oberfläche des Zinkbades ein Teil der Verunreinigungen als Asche (Zinkasche) ansammelt, die dann entfernt wird. Das Blei und das stark eisenhaltige Zink (Hartzink) setzen sich zu Boden und sammeln sich in einer daselbst angebrachten Mulde. Das gereinigte Zink wird abgelassen (ausgekellt) und zur weiteren Verarbeitung (meistens zu Blech) auf die Walzwerke gebracht; der Bodensatz wird schließlich ausgeschöpft und weiter verarbeitet.

Das raffinierte Zink ist ein bläulichweißes Metall mit starkem Glanz und 6·9—7·3 spezifischem Gewichte. Es schmilzt bei 410° C und verdampft bei 890° C. An der Luft erhitzt, entzündet sich Zink bei 500° C und verbrennt mit grünlicher, hell leuchtender Flamme zu weißem Zinkoxyd. Durch Schwefel- oder Salzsäure wird Zink vollständig aufgelöst; Zinkstücke in Salzsäure geworfen, lösen sich unter heftigem Aufbrausen mit Zurücklassung von schwarzer Asche vollständig auf. Bei fortgesetztem Einwerfen von Zinkstücken in eine kleinere Menge Salzsäure wird endlich die Salzsäure selbst aufgelöst (abgelöscht) und die Zinkstücke werden dann nicht mehr wesentlich angegriffen.

Zink ist im allgemeinen spröde, besonders bei niederer Temperatur, läßt sich aber bei 100—150° walzen und hämmern. Durch Walzen werden Zinkbleche in bedeutenden Mengen und verschiedenen Stärken erzeugt. (Siehe II. Band, Spenglerarbeiten.) Auch zum Gießen eignet sich Zink vorzüglich, da es bei geringer (410° C) Temperatur schmilzt, die Formen gut ausfüllt, beim Erstarren sein Volumen etwas vergrößert und so schöne, dünnwandige Gußgegenstände liefert. Diese Gußgegenstände sind freilich sehr spröde, können daher nur dort Anwendung finden, wo eine stärkere Beanspruchung ausgeschlossen ist, z. B. bei ornamentalen Verzierungen an Gebäuden u. dgl.

Zinkblech verliert durch das Walzen die große Sprödigkeit und kann bei gewöhnlicher Sommertemperatur zu allerlei Dacharbeiten verarbeitet werden, im Winter jedoch müssen die Bleche vor der Verarbeitung etwas erwärmt werden (siehe Spenglerarbeiten), da sie sonst beim Biegen brechen würden. Bei Überhitzung wird aber Zinkblech wieder spröde und verliert dann an Haltbarkeit.

Wichtig ist bei Zink, namentlich bei Zinkblech, die große Dehnbarkeit in der Sonnenhitze, worauf bei Dacharbeiten stets Rücksicht zu nehmen ist.

Zink überzieht sich in feuchter Luft mit einer dünnen Oxydschichte, welche anfangs weiß ist, dann aber immer mehr dunkelgrau wird und das Zink vor weiterer Oxydation schützt.

Zink wird verwendet als Blech zu verschiedenen Dacharbeiten, Badewannen, Wasserbehältern und Gefäßen usw., dann zu Lithographieplatten, ferner für verschiedene Zinkgußwaren, zum Verzinken von Eisen, zu Legierungen bei Darstellung von Messing, Bronze, Neusilber usw. und zur Herstellung von Metallfarben (Zinkweiß).

4. Das Blei.

Das Blei kommt in der Natur selten gediegen vor; es wird aus verschiedenen Erzen, welche häufig mit anderen Metall- und sonstigen Beimengungen verunreinigt sind, meist aus an Schwefel gebundenem Bleiglanz durch verschiedene Röst- und Schmelzprozesse gewonnen.

Das aus den Erzen gewonnene Blei (Werkblei) enthält gewöhnlich Silber, Antimon, Arsen, Kupfer, Wismut, Zink, Eisen, Nickel usw., es muß also von diesen Bestandteilen gereinigt (raffiniert) werden, was zumeist durch erneuertes Einschmelzen und Oxydation in verschiedenen Flammöfen geschieht.

Blei ist auf der Schnittfläche bläulichgrau und stark glänzend, an der Luft überzieht es sich aber rasch mit einer dunkleren, feinen Oxydschichte, welche das Metall vor weiterer Oxydation schützt.

Reines Blei hat ein spezifisches Gewicht von 11·3 und einen Schmelzpunkt von 330° C. Bei lebhafter Weißglut verdampft das Blei unter Entwicklung giftiger Dämpfe, beim Erstarren verringert es sein Volumen bedeutend und füllt daher die Formen nur unvollständig aus.

Reines Blei ist im kalten Zustande weich und leicht dehnbar, es läßt sich schneiden, sägen, raspeln und zu dünnen Platten aushämmern, zu Blech walzen und zu Röhren ziehen.

Stark antimon- und arsenhaltiges Blei ist härter (Hartblei), es dient zur Herstellung von Lagermetall. Beimengungen von Bleioxyd vermindern die Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit des Bleies.

Blei wird von mäßig starker Salpetersäure gelöst, von Salz- oder Schwefelsäure aber wenig angegriffen. Es werden daher Bleipfannen zum Verdampfen von Schwefelsäuren gebraucht, aber nur bis zu einer bestimmten Konzentration, weil die konzentrierte Säure Bleisulfat löst, daher das Blei angreift.

Sehr wichtig ist die Wirkung des Wassers auf Blei. Im luftleeren Raume wird reines, destilliertes Wasser das blanke Blei gar nicht angreifen, bei Luftzutritt aber wird das Blei unter Bildung einer Oxydschichte angegriffen, wodurch Schwefel aus dem Blei ins Wasser übergeht, so daß dadurch das Wasser von Schwefelwasserstoff gebräunt oder geschwärzt und der Genuß des Wassers gesundheitsschädlich wird.

Weiches Wasser (Regenwasser) wird stets eine gewisse Menge gesundheitsschädliche Bleistoffe lösen, während hartes Wasser, welches kohlensauren oder schwefelsauren Kalk enthält, kein Blei aufnimmt, es bildet sich vielmehr an der Oberfläche des Bleies ein schwacher Überzug von kohlensaurem oder schwefelsaurem Blei, welcher das Blei vor weiterer Oxydation schützt. Bei Anordnung von Wasserleitungsröhren aus Blei ist daher die größte Vorsicht notwendig; solche Röhren sollen womöglich innen verzinkt sein.

Die Verwendung des Bleies ist eine mannigfache. Für Bauzwecke dient dasselbe als Blech zu wasserdichten Abdeckungen von beschütteten Gewölbsdecken und dgl., zur Isolierung der Mauern gegen Feuchtigkeit, zur Isolierung der Mauerflächen in Schwefelsäure-Fabrikationsräumen, zu Wasserleitungsröhren, zum Versetzen von Eisenbestandteilen in Stein oder Mauerwerk, zum Dichten der Verbindungsmuffen bei eisernen Röhren, ferner zu verschiedenen Legierungen und zur Darstellung von Bleipräparaten, wie Bleiweiß, Bleizucker, Bleiglätte, Mennige, Chromgelb usw.

Bei der Bleifabrikation, besonders aber bei der Darstellung der Bleioxyde und namentlich bei der Bleiweißerzeugung muß ausreichende Vorsorge getroffen werden, daß der äußerst giftige Bleidampf oder Bleistaub nicht in den menschlichen Organismus gelange.

5. Das Zinn.

Zinn findet sich selten gediegen, wohl aber als Zinnerz mit Sauerstoffverbindungen und im Zinnkies mit Schwefel-, Kupfer- oder Eisenverbindungen. Zur Darstellung wird nur Zinnerz benützt. Reineres Zinnerz wird ohne weitere Vorbereitung oder bloß nach einigem Schlemmen zur Reduktion in Flammöfen erhitzt, das unreinere Bergzinnerz bedarf aber einer vorherigen Reinigung teils auf mechanischem, teils auf chemischem Wege.

Das durch Schmelzen gewonnene Zinn (Werkzinn) enthält häufig noch Beimengungen von Eisen, Kupfer, Wolfram usw., welche Bestandteile größtenteils durch erneuertes Umschmelzen entfernt werden. Hiezu sind mehrere Verfahren üblich. Entweder wird das Werkzinn auf geeigneten, eisernen Pfannen geschmolzen, wobei die schwereren Bestandteile zu Boden fallen und das leichtere Zinn abfließt (Läutern oder Pauschen) oder es wird das Zinn in einem Kessel geschmolzen und die flüssige Masse mit einem grünen Holzstück mäßig gerührt, so daß das heiße Metall aufsprudelt und durch die zutretende Luft die Unreinigkeiten oxydiert werden, welche dann als Krätze an der Oberfläche schwimmend leicht entfernt werden können (Polen); darnach wird das Metallbad ruhen gelassen, das reine Zinn abgelassen und die zu Boden gesunkenen, schwereren Metalle entfernt.

Das gereinigte Zinn ist weiß mit einem gelblichen Stich, an der blanken Fläche glänzend, es hat ein spezifisches Gewicht von 7·3 und eine Schmelztemperatur von 235° C. Je weißer und leichter das Zinn, desto reiner ist es. Reines Zinn soll beim Biegen knirschen, beim Hämmern keine Risse bekommen und an den blank geschabten Stellen glänzen.

Zinn ist etwas härter als Blei, es läßt sich wohl nicht mit dem Fingernagel ritzen wie Blei, aber noch gut schaben, schneiden und raspeln. Es ist sehr geschmeidig und läßt sich zu sehr dünnen Plättchen (Stanniol) ausschlagen oder auswalzen.

Das Zinn wird von der Luft, vom Wasser und von den meisten Säuren nicht oder nur wenig angegriffen; bei Zinngegenständen verschwindet nach längerem Gebrauche wegen der Weichheit des Metalles der Glanz.

Die größte Verwendung findet das Zinn zum Verzinnen anderer Metalle wie Eisen, Kupfer, Messing, Blei usw., um diese Metalle durch einen dünnen Zinnüberzug gegen Oxydation zu schützen (Weißblech) oder dadurch die Auflösung durch Säuren und dgl. zu verhindern (Bleirohre, Kupferkessel, Messinggeschirre usw.). Umfangreiche Verwendung findet das Zinn auch mit Blei verschmolzen als Schnellot zum Weichlöten (siehe Spenglerarbeiten), dann für die meisten Legierungen (Bronze, Glockenmetall, Messing usw.), ferner zur Erzeugung von Geschirren, Röhren, Kesseln und dgl., welche den Säuren widerstehen müssen (z. B. solche für Gerber und Apotheker), ferner zur Herstellung von Emailglasuren usw.

Die Wiedergewinnung des Zinnes aus Weißblechabfällen wird in der neuesten Zeit stark betrieben; man behandelt die Abfälle entweder mit Chlor oder Chlorwasserstoff, um Chlorzinn zu gewinnen oder kocht sie unter Luftzutritt mit Natronlauge, Bleioxyd u. dgl. und erhält dann zinnsaures Natron. Auf elektrolytischem Wege geschieht dann die weitere Verarbeitung. Die Abfälle werden in leitende Verbindung mit dem positiven Pole gebracht, worauf sich das gelöste Zinn auf einer Metallfläche am negativen Pol niederschlägt. Das so gewonnene Zinn und die entzinneten Eisenblechstücke werden dann durch Einschmelzen nutzbar gemacht.

Das Zinn wird als Stangen- oder Rollenzinn in den Handel gebracht; als reinstes Zinn gilt das englische und das Bankazinn.

6. Das Aluminium.

Aluminium — Metall der Tonerde — kommt gediegen nicht vor, findet sich aber mit Kieselsäure verbunden in Ton, Feldspat, Glimmer und in vielen Ackererden. Es wurde früher zumeist aus Kryolith, Bauxit u. dgl. durch kostspielige Vorbereitungs- und reduzierende Schmelzprozesse gewonnen. Heute erfolgt die

Gewinnung des Aluminiums zumeist aus Tonerde, welche mit Kupfer und Kohle gemengt, durch kräftige elektrische Ströme (1500 Ampere) in einem Schmelzofen zersetzt wird. Durch die außerordentlich hohe Temperatur wird durch Kohle und Kupfer die Tonerde zersetzt, deren Sauerstoff aufgenommen und Aluminium abgeschieden. Nach einem anderen Verfahren kann die geschmolzene Tonerde auch ohne Zusatz von Kupfer durch den Strom elektrolytisch zerlegt werden.

Aluminium ist silberweiß, außerordentlich leicht (spezifisches Gewicht 2·6 bis 2·7), sehr dehnbar und härter als Zinn, aber weicher als Zink, sein Schmelzpunkt ist bei 700° C. Gegossen hat es die Festigkeit von Gußeisen, kalt gehämmert oder gewalzt erreicht es eine hohe Festigkeit. Gegossenes Aluminium hat grobfaserigen, gewaltes oder gehämmertes hat sehnigen oder feinkörnigen, seidenartig glänzenden Bruch. Das Wärmeleitungsvermögen ist doppelt so groß als das des Schmiedeeisens, aber nur halb so groß wie das des Kupfers.

In trockener und feuchter Luft bleibt Aluminium bei gewöhnlicher Temperatur und bei Rotglut unverändert, beim Schmelzen überzieht es sich nur mit einem sehr dünnen Häutchen. In Salzsäuren und Natronlauge ist es leicht, in Schwefelsäure nur langsam, in Salpetersäure aber gar nicht löslich.

Aluminium enthält zumeist geringe Beimengungen von Silizium und Eisen, etwa 0·05—3·8%, welche die Schmied- und Walzbarkeit desselben beeinträchtigen; besonders Eisen wirkt in dieser Beziehung schädlicher als Silizium. Bis zu einem Gehalt von 0·6% Silizium und 0·3% Eisen läßt sich das Metall kalt oder warm noch ausgezeichnet, bei einem größeren Gehalt aber nur schwer oder gar nicht schmieden oder walzen.

Beim Warm Schmieden soll das Aluminium nicht stark erhitzt werden, es darf nicht glühen, beim Schmelzen wird es höchstens bis auf dunkle Rotglut erhitzt. Sonst läßt sich das Aluminium auch im kalten Zustand walzen, treiben, stanzen, prägen, feilen, hobeln, drehen und polieren. Beim Kaltschmieden gewinnt es sehr an Festigkeit.

In neuerer Zeit findet Aluminium eine ausgedehnte Verwendung, nicht nur für Schmuckwaren, Instrumente, Geschirre und Geräte, Sportboote, Luftballonbestandteile, sondern auch für manche Maschinenbestandteile u. dgl., auch für mancherlei Legierungen (Aluminiumbronze).

7. Das Nickel.

Nickel (Bastardeisen) findet sich gediegen nur in Meteoreisen, sonst in Verbindung mit anderen Metallen in verschiedenen Erzen, wie in Rotnickelkies (Kupfernickel), Weißnickelkies, Nickelglanz, Eisennickelkies, Kobaltnickelkies, Wismutnickelkies usw. Die Gewinnung erfolgt nur aus den nickelreicheren Erzen durch verschiedene Lösungs- und Schmelzprozesse. Die Raffinierung des aus den Erzen gewonnenen Rohnickels kann in ähnlicher Weise wie beim Eisen durch das Puddeln oder durch den Garfrischprozeß am Herde oder im Bessemerkonverter vorgenommen werden.

Nickel ist fast silberweiß, mit einem etwas gelblichen Stich, hart und schwer (spezifisches Gewicht 8·3—8·9, Schmelzpunkt 1400° C), sehr dehnbar, wird vom Magnet angezogen und ist auch selbst magnetisch. Es gleicht in chemischer Hinsicht sehr dem Eisen, ist aber widerstandsfähiger gegen Oxydation, sowohl an der Luft als auch im Wasser. Von Salz- und Schwefelsäure wird Nickel nur schwer, von Salpetersäure rascher angegriffen.

Nickel ist schmied- und schweißbar, läßt sich auch mit Eisen und Stahl durch Schweißen verbinden, zu Stäben oder Blech walzen und zu Draht ziehen, ferner meißeln, feilen, drehen, prägen, hobeln und besonders gut polieren. Die große Härte und Polierfähigkeit sowie die Widerstandsfähigkeit gegen lösende oder oxydierende Einflüsse von Luft und Wasser und schwache Säuren sprechen für eine ausgedehnte Verwendung von Nickel für derartige Beanspruchungen; leider ist das Metall aber

zu teuer. Man beschränkt sich daher bloß auf die Herstellung von sehr wichtigen Gegenständen oder Maschinenbestandteilen. Häufige Verwendung findet Nickel bei Herstellung von allerlei Luxusgegenständen, Geschirren, Münzen, dann zum Vernickeln von anderen Metallen, zumeist Eisen und Stahl und zur Darstellung von Legierungen (Nickelstahl, Neusilber).

8. Das Antimon.

Antimon (Spießglanz) findet sich selten gediegen, meistens mit Schwefel gebunden in Antimonglanz, Antimonblüte, Grauspießglanz und vielfach mit anderen Metallen gemengt in verschiedenen Erzen. Die Gewinnung erfolgt zumeist aus Antimonblüte oder Antimonglanz, ähnlich wie die des Bleies aus Bleiglanz. Das rohe Antimon enthält noch meist Arsen, Kupfer, Blei, Eisen und etwas Schwefel und muß durch erneuertes, oft mehrmaliges Umschmelzen unter Zusatz verschiedener Reduktionsmittel gereinigt werden. Reines Antimon ist glänzend silberweiß, grobblättrig und zeigt an der Oberfläche ein schön kristallinisches Gefüge, es ist härter als Kupfer, sehr spröde und leicht pulverisierbar; das spezifische Gewicht ist 6·7 bis 6·8 und der Schmelzpunkt 425° C. Antimon bleibt an der Luft unverändert, verflüchtigt aber in starker Hitze und verbrennt dann an der Luft zu Antimonoxyd: In heißer Salz-, Schwefel- und Salpetersäure ist Antimon löslich.

Antimon findet für sich allein weniger Verwendung, wird aber häufig zu Legierungen gebraucht. Es soll früher zur Scheidung des Goldes und des Silbers, sowie als Heilmittel verwendet worden sein.

9. Das Wismut.

Wismut (Aschblei) findet sich meistens gediegen in Granit, Gneis oder Glimmerschiefer eingesprengt, häufig in Begleitung von Kobalt-, Nickel- und Silbererzen. Zur Gewinnung werden die gediegenes Wismut führenden, geschwefelten Erze geröstet und mit Kohle, Schlacke und Eisen in Häfen geschmolzen. Zur Reinigung des Rohwismuts von Eisen, Kobalt, Nickel, Blei, Silber, Schwefel, Arsen wird dasselbe auf einer geneigten Pfanne auf Holzkohlenfeuer geschmolzen, wobei die strengflüssigeren Metalle zurückbleiben und das reine Wismut in ein Gefäß abfließt.

Wismut ist rötlichweiß, stark glänzend, im Bruche großblättrig-kristallinisch, hart und sehr spröde, hat ein spezifisches Gewicht von 9·8, schmilzt bei 270° C und erstarrt dann unter beträchtlicher Ausdehnung. In feuchter Luft oxydiert es an der Oberfläche, in trockener Luft bleibt es aber unverändert. In der Glühhitze verbrennt es mit bläulicher Flamme zu Wismutoxyd. Es löst sich schwer in Salzsäure und leicht in Schwefelsäure und Königswasser, verbindet sich leicht mit Chlor, Brom, Jod und Schwefel. Wismut wird zur Darstellung von leicht schmelzbaren Legierungen für Porzellanfarben, in der Glasfabrikation, auch für verschiedene medizinische Präparate usw. verwendet.

10. Legierungen.

Durch Verschmelzen von zwei oder mehreren Metallen in bestimmten Mengen werden, zumeist unter Einwirkung chemischer Prozesse, verschiedenartige andere Metalle (Legierungen) gewonnen, z. B. Kupfer und Zink geben Messing, Kupfer und Zinn Bronze usw. Bei der Darstellung der Legierungen müssen im allgemeinen bestimmte Mischungsverhältnisse genau eingehalten werden, weil aus denselben Metallen in verschiedenen Mengungsverhältnissen ganz verschiedenartige Legierungen, mit wesentlich verschiedenen Eigenschaften gewonnen werden können. Die Art des Zusammenschmelzens ist ebenfalls von großem Einflusse auf die zu erzeugende Legierung, weil auch gleiche Mengen ein und derselben Metalle in verschiedener Weise zusammengeschmolzen, ganz verschiedene Legierungen liefern können, indem bei unrichtiger Verschmelzung einerseits durch Oxydation, infolge

Überhitzung Verluste der zumeist leicht schmelzbaren Metalle eintreten können, anderseits die schwerer schmelzbaren Metalle mit den anderen keine innige Vermengung erfahren könnten. Im allgemeinen sind bei der Darstellung der Legierungen die Metalle in der Weise zusammenzuschmelzen, daß man zuerst das strengflüssige Metall schmilzt, es bis nahe seinem Erstarrungspunkte erkalten läßt und erst dann das leichtflüssige oder die vorher für sich zusammengeschmolzenen, leichtflüssigen Metalle zusetzt und durch entsprechendes Rühren mit einem getrockneten Holzstab ordentlich vermengt.

Durch Umschmelzen werden die Legierungen im allgemeinen gleichmäßiger, bei häufigerem Umschmelzen ändern sich aber auch deren Eigenschaften.

Verschiedene Metallegierungen.

Messing, eine Legierung von Kupfer und Zink (20—50% Zink) kann durch Änderung im Mengungsverhältnisse in ganz verschiedenartigen Abarten dargestellt werden. Messing mit 30—40% Zinkgehalt ist messinggelb, walzbar und auch schmiedbar in der Rotglühhitze; bei zunehmendem Zinkgehalt wird das Material blaßgelb bis weißgelb und immer mehr spröde, bei zunehmendem Kupfergehalt wird das Messing immer mehr rötlichgelb und hämmerbar und gewinnt an Feinheit und Reinheit des Kornes.

Messing ist härter und steifer als Kupfer, oxydiert weniger an der Luft, schmilzt leichter als Kupfer und wird beim Gießen nicht blasig. Das spezifische Gewicht schwankt je nach der Zusammensetzung zwischen 7·8 und 8·5, es nimmt im allgemeinen mit dem Kupfergehalt und der Dichte zu.

Messing läßt sich kalt gut hämmern, walzen, pressen, feilen usw. Durch Hämmern und Walzen wird das Messing im Korne dichter und feiner und nimmt an Härte bedeutend zu, durch Ausglühen wird hartes Messing wieder weich.

Die Verwendung von Messing im Bau- und Maschinenfache ist eine sehr umfangreiche. Je nach der Darstellungsweise unterscheidet man verschiedene Sorten von Messing mit verschiedenen Eigenschaften, und zwar:

a) R o t g u ß (Rotmessing, Tombak) mit 80 und auch mehr Prozent Kupfergehalt, rötlichgelb, sehr weich und dehnbar, besonders als weiches Lagermetall u. dgl. geschätzt.

b) G e l b g u ß mit 20—50% Zink, blaß- bis rötlichgelb, für Bleche, Draht usw. und allerlei Gußwaren geeignet.

c) W e i ß m e s s i n g mit 50—80% Zink, blaßgelb bis silberweiß, sehr spröde und nur zu Gußwaren geeignet.

Durch geringe Beimengung von Blei bis zu 3% wird das Messing dehnbar und dichter, ein Zusatz von Zinn bis 2% erhöht die Härte und Polierfähigkeit, Aluminium steigert die Zähigkeit des Messings und macht die Legierung dünnflüssiger, Eisengehalt steigert seine Schmiedbarkeit und Festigkeit bei einem Zinkgehalte von mindestens 40%.

Die Erzeugung von Messing geschieht durch Zusammenschmelzen von Kupfer und Zink mit Messingabfällen in Tiegeln im Wind- oder Flammöfen. Um ein gleichmäßiges Produkt zu erhalten, wird der Inhalt mehrerer Tiegeln in einem großen Tiegel vereinigt, man gießt dann nach entsprechendem Umrühren und Auskühlen das flüssige Messing zwischen Eisenplatten (T a f e l m e s s i n g). Die Tafeln werden dann zur weiteren Verarbeitung zu Draht in Streifen und zu Blech in quadratische Stücke (B e c k e n m e s s i n g) zerschnitten. Gußwaren werden in tonhältige Sandformen gegossen und mit Wasser sogleich abgelöscht.

Zur Blecherzeugung erhitzt man die Messingstücke im Glühofen und walzt sie dann bei gewöhnlicher Temperatur. Nach dem Durchgang durch die Walze müssen die Bleche wieder geglüht und abgelöscht werden, bevor man sie nochmals walzen kann. Soll das Blech weich in den Handel kommen, so wird es nach dem Walzen nochmals geglüht. Hart bleibende Bleche werden mehrmals ohne Ausglühen

gewalzt. Fertiges Messingblech wird durch Beizen in verschiedenen Säuren von der Oxydschichte gereinigt, eventuell auch poliert und zum Schutze gegen Oxydation durch die Luft mit einem Spirituslack bestrichen. Das Putzen des Messings erfolgt durch Bestreichen mit Stearinöl und Wienerkalk und Abreiben mit Leder- oder Filzlappen.

Die Bronze, eine Legierung von Kupfer und Zinn, in sehr verschiedenen Mischungsverhältnissen dargestellt, ist im allgemeinen ein zähes, gegen die Einflüsse von Luft und Wasser sehr widerstandsfähiges Metall, das sich auch gut hämmern, walzen und prägen läßt. Das spezifische Gewicht wechselt zwischen 8·9 bei 86% und 7·4 bei 21% Kupfer. Eine Legierung mit 9·1% Zinn (Kanonenbronze) ist die festeste. Die Härte nimmt mit dem Zusatz von Zinn immer mehr zu, bei 27% Zinn läßt sich Bronze nur schwer feilen; auch die Sprödigkeit wächst mit dem Zinngehalt, aber nur bis zu 50%. Rotglühende Bronze in Wasser abgeschreckt ist hämmerbar, biegsam, zuweilen zäh und hat tieferen Klang. Durch Erhitzen und langsames Abkühlen erlangt die Bronze wieder die frühere Härte. Bronze ist mit über 90% Kupfer dunkelrotgelb, unter 90—85% orangegelb, unter 85—80% reingelb und unter 80—50% gelblichweiß bis weiß, unter 50—35% aber grauweiß, bei noch geringerem Kupfergehalt wird Bronze wieder weiß und zinnähnlich.

Durch geringen Zusatz von Blei wird die Bronze leichtflüssiger, zäher, läßt sich auch leichter feilen, drehen usw. Durch Eisen (bis zu 2%) wird Bronze noch zäher und weniger zur Blasenbildung geneigt, auch Zink, bis 2% zugesetzt, wirkt ähnlich wie Eisen; bei größerem Zinkgehalt nähert sich die Eigenschaft der Bronze jener des Messings.

Moderne Bronze (Messingbronze) besteht aus Kupfer und Zink mit wenig Blei und Zinnzusatz. Normalbronze enthält durchschnittlich zirka 87% Kupfer, 7% Zinn, 3% Blei und 3% Zink.

Die größte Verwendung findet Bronze als Statuenbronze, Münzenbronze, Geschützbronze und Glockenmetall, bei beiden letzteren zumeist noch mit anderen Beimengungen zur Erhöhung der Festigkeit, bezw. des Klanges.

C. Glas.

a) Allgemeines über Glaserzeugung.

Das Glas ist eine aus verschiedenen Rohstoffen, die Kieselsäure, Kalk und Kali oder Natron enthalten, zusammenschmolzene, amorphe, nahezu farblose, im Wasser unlösliche Masse. — Bei hoher Temperatur wird Glas dünnflüssig, beim Erkalten geht es allmählich in den zähflüssigen und schließlich in den starren Zustand über. Die wesentlichsten Bestandteile des Glases sind: Kieselsäure, Alkali (Kali und Natron), Kalk und Eisen- oder Bleioxyde, oft auch Tonerde.

Die wichtigsten Eigenschaften des Glases, die es zu einem sehr schätzbaren Baumaterial machen, sind: Durchsichtigkeit, Härte und Glanz, Undurchlässigkeit für Luft und Wasser, Unveränderlichkeit, schlechte Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität, geringes Gewicht, leichte Formgebung und Zulässigkeit der Färbung.

Die zusammenschmolzene Glasmasse wird entweder bei Weißglut mit der Pfeife (einer eisernen Röhre) durch Aufblasen und geschickte rotierende Bewegung, oder bei Rotglut durch Gießen in Formen (Gußglas) in die gewünschte Form gebracht; häufig werden beide Methoden gleichzeitig angewendet.

Zur Erzeugung des gewöhnlichen Tafelglases wird zuerst mit der Pfeife ein Hohlkörper aufgeblasen, dieser dann in einer erhitzten, eisernen, zylindrischen Form (Trommelofen) durch weiteres Blasen zum geschlossenen Zylinder erweitert. Der Zylinder wird dann von der Pfeife abgetrennt, der Länge nach mit dem Spreng-eisen aufgesprengt oder mit dem Diamant aufgeschnitten, und, nachdem auch dessen Boden abgetrennt wurde, im Streckofen auf eine mit sehr glatter Oberfläche