

bodenbelag, Straßenbaumaterial usw. — Hierbei kommt Asphalt hauptsächlich in 2 Formen zur Anwendung, als *Stampfasphalt* und als *Gußasphalt*.

Für beide letztere Verwendungsarten dient der Asphaltstein oder Rohasphalt als Rohmaterial. Das Gestein wird gemahlen, wodurch man das sogenannte *Asphaltpulver* erhält, das direkt für Stampfasphaltarbeiten verwendet wird. (Siehe Asphaltanstrich.)

Für Gußasphaltarbeiten muß das Pulver mit einem Zusatzmittel, dem sogenannten *Goudron*, zusammengeschmolzen werden, woraus man *Asphaltmastix* erhält. Dieses gibt in geschmolzenem Zustande mit entsprechendem Kieszusatz sowie Zusatz von etwas Bergteer den *Gußasphalt*.

Goudron, das durch Zusammenschmelzen von reinem Naturasphalt mit einem erweichenden Zusatz (z. B. Bergteer, Paraffinöl usw.) entsteht, sowie Asphaltmastix und Asphaltpulver sind Handelsware; die beiden ersteren meist in Form von Broten.

Für viele Zwecke wird heutzutage auch *Kunstasphalt*, und zwar oft mit Vorteil verwendet, da er billiger und in erkaltetem Zustande weniger spröde, d. h. weicher ist. Da eine strenge Grenze zwischen Natur- und Kunstasphalt als endgültiges Verwendungsprodukt schwer anzugeben ist, so empfiehlt es sich, bei Asphaltarbeiten die Zusammensetzung und eventuell Provenienz der Bestandteile vorzuschreiben.

Als *Naturasphalt* ist ein solcher Asphalt anzusehen, der neben unorganischen Stoffen ausschließlich nur *Naturbitumen* enthält.

Jederlei Zusätze zum Naturbitumen, insbesondere die bei der Mastixfabrikation zur Verwendung gelangenden, erweichenden Zusätze (wie bei Kunstasphalt angegeben), gelten als Verfälschung des Naturasphaltes.

Ist bei harten Asphalten der Gebrauch eines Erweichungsmittels nötig, so ist als solches natürlicher Bergteer (Malthe) zu bedingen. Andere Erweichungsmittel dürfen nur dann gebraucht werden, wenn ein Muster derselben vorgelegt und angegeben wird, wie viel davon zugesetzt werden soll.

Als *Kunstasphalt* gelten alle Asphalte, deren Bitumen ganz oder teilweise aus anderen bituminösen Stoffen besteht, als im Mineralasphalt vorhanden sind. Insbesondere gelten Asphalte, deren Bitumen aus Produkten der Steinkohlen-, Braunkohlen- und Holzkohlen-Teerdestillation, Stearinpech, Erdwachs oder Erdwachspech, Produkten der Roherdöldestillation, Petrolpech jeder Art besteht, als Kunstasphalte.

II. Die künstlichen Baustoffe.

A. Steinartige Baustoffe.

Zu dieser Gruppe zählen die mannigfaltigen gebrannten Ziegel- und Tonwaren, verschiedene ungebrannte künstliche Steine, verschiedene Kalk- und Mörtelgattungen sowie vielfache, aus den genannten Produkten erzeugte andere Baustoffe.

1. Gebrannte künstliche Steine. (Ziegel und Tonwaren.)

Die verschiedenartigen Ziegel- und Tonwaren werden aus Lehm oder Ton erzeugt, indem man diese Stoffe mit Wasser befeuchtet, zu einem knetbaren Teig verarbeitet, von diesem dann die zu erzeugenden Körper formt, welche nach gehörigem Austrocknen schließlich so lange einem entsprechenden Hitzegrad ausgesetzt (gebrannt) werden, bis alle Teile zusammenbacken und der geformte Körper hart, hellklingend und wetterbeständig wird.

Beim Brennen entweicht zuerst das mechanisch gebundene (zugesetzte) und in der Glut das im Lehm gute vorhandene, chemisch gebundene Wasser, das Gefüge des Tonkörpers ändert seine Beschaffenheit, es wird dichter und schwindet, der Tonkörper ist dann gar gebrannt. Steigert man die Hitze, so schmilzt das Tongut, es sintert und bildet dann einen sehr harten, wasserdichten und wetterbeständigen Tonkörper, den sogenannten Klinker. Bei fortgesetzter Steigerung der Hitze schmilzt der Körper zur einer glasigen Masse, verliert aber dabei seine Form.

a) Im Handel vorkommende Produkte.

1. Die Mauerziegel werden in den mitteleuropäischen Staaten mit $29 \times 14 \times 6.5 \text{ cm}$ Größe erzeugt, welche Dimensionen mit Rücksicht auf den Mauerverband derart bemessen sind, daß die doppelte Ziegelhöhe mehr 1 cm Mörtelband die Ziegelbreite und die doppelte Ziegelbreite mehr 1 cm Mörtelband die Ziegellänge gibt. In Deutschland ist der normale Mauerziegel $25 \times 12 \times 6.5 \text{ cm}$ groß. Nach der Art der Herstellung unterscheidet man:

Gewöhnliche Mauerziegel, die aus gewöhnlichem Lehm ohne besondere Vorbereitung erzeugt und zur groben Mauerung gebraucht werden.

Geschlämmte Ziegel, welche aus geschlämmtem, zu Brei angerührtem und dann gesiebttem Lehm erzeugt werden. Durch das Schlämmen werden die Verunreinigungen des Lehms entfernt; durch entsprechende Zusätze, die dem Tonbrei innig zugemischt werden, kann man verschieden gefärbte Ziegel erzeugen.

Geschlämmte Ziegel haben ein gleichartiges, feinkörniges Gefüge und schöneres Aussehen als die gewöhnlichen Ziegel, weshalb sie zu Rohbauten, d. h. zu unverputzt bleibenden Mauern verwendet werden.

Klinkerziegel sind bei hoher Temperatur gebrannt, bei welcher der Ziegel fast zu schmelzen beginnt. Gute Klinkerziegel sollen nicht bloß außen, sondern auch im Innern verklinkert, d. h. verglast sein und bei längerem Liegen im Wasser höchstens 4% an Gewicht zunehmen, d. h. möglichst wasserundurchlässig sein.

Schamotteziegel. Diese werden aus schwer schmelzbarem, möglichst reinem Ton geformt, welchem zur Verhinderung des Schwindens und Reißens Schamottmehl, d. i. gebrannter und dann zerriebener, feuerfester (nicht kalkhaltiger) Ton beigemischt wird.

Die geformten Ziegel werden dann bis zur Weißglühhitze gebrannt. Sie dienen zur Herstellung von Feuerungsanlagen und werden in einem Mörtel verlegt, der aus einer Mischung von Schamottmehl und frischem, feuerfestem Ton besteht (Schamottmörtel).

2. Pflasterziegel (Fig. 8, T. II) sind rechteckige, quadratische oder polygonale 2.5 bis 5 cm dicke Platten.

3. Gesimsziegel (Fig. 6, T. II), der Form nach ähnlich den Mauerziegeln, nur größer als diese, macht man gewöhnlich 45 bis 80 cm lang, 15 bis 30 cm breit und 9 bis 15 cm dick.

4. Gewölbsziegel (Fig. 3, T. II) sind keilförmige Steine, welche man zur Herstellung von Gewölben kleiner Spannweiten (Kanälen usw.) verwendet.

Für Gewölbe größerer Spannweite benützt man häufig auch normal geformte Ziegel von solchen Dimensionen, die die Ausführung von $\frac{3}{4}$ Ziegel dicken Gewölben gestatten, Fig. 3 a; man nennt solche Ziegel dann auch Gewölbeziegel.

In neuester Zeit erzeugt man verschieden geformte Ziegel für flache Gewölbe, von denen im Kapitel „Deckenkonstruktionen“ die Rede sein wird.

5. Brunnen- oder Kesselziegel (Fig. 4, T. II) dienen zum Mauern zylindrischer Körper (Brunnenschächte), haben daher die Form eines Ringausschnittes und müssen — da sie zumeist im Feuchten verwendet werden — sehr gut gebrannt sein.

6. Säulen- und Schlotziegel (Fig. 5, T. II) werden ihrem Zwecke entsprechend in verschiedenen Formen eigens zu bestellen sein.

7. Hohle Ziegel (Fig. 1, T. II) werden zumeist in der Größe der normalen Mauerziegel, oft aber auch mit anderen Dimensionen maschinell erzeugt und besitzen der Länge oder Breite nach quadratische oder kreisrunde, durchlaufende Hohlkanäle. Diese Ziegel sind bedeutend leichter und schlechtere Schall- und Wärmeleiter als die vollen; eignen sich daher für hängendes und schwebendes Mauerwerk (Erker, Gewölbe usw.) und für dünne Scheidewauern.

8. Poröse Ziegel dienen ebenfalls wie die Hohlziegel zur Herstellung von leichten Mauern. Zu ihrer Erzeugung wird der Lehm mit leicht brennbaren Stoffen, wie Lohe, Sägespäne, Korkabfällen u. dgl. vermengt, welche im Ziegelofen verbrennen. Die Ziegel werden dadurch porös und leicht. Die im Ziegel zurückbleibende Asche ist aber oft von nachteiliger Wirkung, so daß man die Hohlziegel vorziehen wird.

Eine besondere Gattung sind die „porösen Mauerziegel“ von Libuschin bei Kladno in Böhmen. Diese werden aus Steinkohlenschiefer und Ton in der Weise erzeugt, daß die entsprechend zerkleinerten, gesiebten und befeuchteten Materialien zu Ziegeln gepreßt und dann gebrannt werden, wobei die schon in den Ziegeln enthaltene Kohle allein den nötigen Brennstoff abgibt.

Diese sehr porösen und leichten Ziegel werden auch als Zweilochhohlziegel erzeugt, welche sich besonders zur Herstellung von leichten Mauern, Isolierungen u. dgl. eignen.

9. Profilziegel (Fig. 7, T. II) werden aus dem besten Lehmmaterial, mit verschiedenartigen Profilierungen, zuweilen auch verschiedenfärbig erzeugt und dienen zur Herstellung der Gesimgliederungen bei Rohbaufassaden. Sie können an den sichtbaren Mauerflächen auch glasiert werden.

Größere Ziegeleien erzeugen einheitliche, amtlich festgelegte Normal-Profilziegel.

10. Verblendsteine (Fig. 2 a, T. II) finden ebenfalls Verwendung bei Ziegelrohbaufassaden und werden aus dem besten Lehmmaterial in regelmäßigen Formen erzeugt. Damit man kleinere Mörtelbänder erzielt, macht man sie um 2 mm größer als die normalen Mauerziegel. Zur leichteren Herstellung des Verbandes mit dem Mauerwerke werden diese Verblendsteine meistens nur als Viertel- oder Halbsteine erzeugt. Auch Hohlsteine dieser Art werden hergestellt.

Als Verblendsteine dienen oft auch 2 cm dicke, der Ziegelbreite und Höhe entsprechende Platten mit gerippten Rückenflächen, welche an die fertigen Mauerhäupter mit gutem Zementmörtel aufgeklebt werden.

Diese Verblendsteine können auch glasiert und mit ganz kleinen, gegen die Wandfläche sich erweiternden Fugen erzeugt werden (Fig. 2 b, T. II).

11. Dachziegel (Fig. 21, T. II) a) glatte, rechteckige, b) Biberschwänze, c) First- und Gratziegel, d) Wellenziegel (Dachpfannen), e) Falzziegel werden in verschiedenen Größen und Formen aus geschlemmtem Ton erzeugt und scharf gebrannt. Die flachen Dachziegel haben in Wien eine Größe von 45 cm Länge, 18 cm Breite und 1.5 cm Dicke. Näheres hierüber bei Dachdeckerarbeiten.

12. Pflasterplatten aus Ton (Fliesen Fig 11, T. II), auch Mettlacherplatten (nach dem Dorfe Mettlach in der deutschen Rheinprovinz) genannt, werden aus sehr gutem Ton erzeugt, wobei die unter hydraulischem Drucke gepreßten Formstücke im Ziegelofen bis zur Versinterung gebrannt werden.

Sie sind zumeist quadratisch, manchmal auch polygonal, besitzen große Härte und Dicke und sind sehr dauerhaft und wetterbeständig.

13. Die Klinkerplatten (Fig. 9, T. II) werden aus talgerdehaltigem, mit reinem Quarzsande versetzten Ton erzeugt und bis zur Sintergrenze scharf gebrannt. Sie geben das dauerhafteste Pflaster für Stallungen, Trottoirs, Haus-

fluren usw. Eine besonders dauerhafte Gattung sind die sogenannten Kunstbasaltsteine der Firma Schlimp in Schattau (Böhmen).

14. Sonstige Tonwaren als: Poterien (Fig. 16, 17, T. II) sind nichtglasierte Röhren von rechteckigem oder quadratischem, manchmal auch rundem Querschnitt mit rauhen, oft gerippten Außenwänden. Sie dienen zur Verkleidung verschiedener Kanäle und Schlote im Mauerwerke. Mit Poterien verkleidete Rauch- und Ventilationsschlote fördern infolge ihrer glatten Flächen den Zug und gestatten eine leichtere Reinigung.

Steinzeugrohre (Fig. 18, T. II), *a*) mit festen und *b*) mit beweglichen Muffen werden innen und außen glasiert; sie sind nicht nur wasserdicht und wetterbeständig, sondern auch gegen Säuren unempfindlich, eignen sich daher für allerlei Abort- und Kanalrohrleitungen u. dgl. Die verschiedenen Fassonstücke, als Bogen-, Zweig-, Übergangsstücke, Siphons (Geruchsperrern), Putzöffnungsstücke, Abortgainzen usw. sind auf Tafel 66 dargestellt und im Kapitel über Kanalisierung näher erläutert.

Auch die Kaminaufsätze (Fig. 20, T. II) macht man häufig aus Steinzeug.

Drainageröhre (Fig. 22, T. II) sind gebrannte, unglasierte, poröse, manchmal durchlochte Tonröhren, eventuell mit verschiebbaren Muffen. Sie dienen zu Entwässerungen von zu wasserreichem oder versumpftem Boden (II. Band, Bodenentwässerung).

Die Kacheln (Fig. 24, T. II) sind aus Steingut oder feuerfestem Ton erzeugt und an der Außenseite glasiert. Sie dienen zur Verkleidung von Öfen, Sparherden, Wänden u. dgl. Es gibt glatte *a*), gepreßte *b*) und verschiedenfarbig glasierte Kacheln mit verschiedenen Dimensionen.

15. Außerdem werden aus glasiertem Steingut noch viele andere Steinzeugwaren in den Handel gebracht, z. B.:

Mauer- und Kamindeckplatten (Fig. 13, T. II), Rinnsteine (Fig. 12, T. II), Rand- und Saumsteine für Pflasterungen und Einfriedungen (Fig. 14, 15, T. II), Kanalsohlensteine, Futtermuscheln (Fig. 19, T. II), Ausguß- und Wasserleitungsmuscheln usw.

b) Die Ziegelerzeugung (Tafel III).

Zur Ziegelerzeugung dient der Lehm, ein mit Sand und Eisenoxyd vermengter Ton, der meist mit anderen Stoffen, wie kohlen-saurem oder schwefelsaurem Kalk, Schwefelkies, Magnesia, Alkalien und organischen Bestandteilen, vermengt ist, welche letztere vor der Verarbeitung des Lehmes tunlichst entfernt werden sollen.

Selten ist der Lehm, wie er in der Natur vorkommt, zur Ziegelerzeugung geeignet. Ein Lehm mit geringerem Sandgehalt (fetter Lehm) schwindet und reißt beim Brennen, überdies werden die daraus geformten Ziegel sehr dicht und die Oberflächen glatt, so daß daran der Mörtel nicht gut haftet.

Zu hoher Sandgehalt im Lehm (magerer Lehm) beeinträchtigt die Formbarkeit desselben und macht den Ziegel spröde.

Es muß daher dem fetten Lehm zuerst Sand, dem mageren Lehm ein sehr fetter Lehm beigemischt werden, um diese Materialien zur Ziegelerzeugung geeignet zu machen. Einem sehr plastischen Ton muß 20 bis 25% Sand zugesetzt werden.

Nachfolgende Verunreinigungen des Lehmgutes äußern sich bei der fertigen Ziegelware besonders unangenehm, und zwar:

Steintrümmer bedingen eine ungleiche Volumenänderung beim Brennen, wodurch die Ziegel rissig werden; besonders schlecht sind Mergel- und Kalkstücke, welche zu Ätzkalk brennen, in der Mauerfeuchte ablöschen und hierbei den Ziegel sprengen.

Kohlensaurer Kalk in geringen Mengen und fein verteilt ist dem Ziegel unschädlich, bei größerer Menge jedoch werden die daraus erzeugten Ziegel in der Feuchtigkeit abblättern. Das Vorhandensein von kohlsaurem Kalk läßt sich durch Begießen mit Schwefel-, Salpeter- oder Salzsäure konstatieren, es tritt dann ein deutliches Aufbrausen ein. Kalkgehalt fördert die Schmelzbarkeit des Tones.

Kali- und Natronverbindungen scheiden beim Trocknen des Ziegels an dessen Oberfläche Salze aus, die in den Mauern Flecken erzeugen und auch Mauerfraß hervorrufen können.

Organische Substanzen verkohlen beim Brennen und verursachen so Höhlungen im Ziegel, welche die Festigkeit desselben verringern. Überdies können die Ziegel durch die Gasentwicklung beim Verbrennen der organischen Beimengungen im Ziegelofen platzen.

Schwefelkies bewirkt nachteilige Auswitterungen, die den Stein an der Oberfläche zerstören.

Gips ist nachteilig, wenn die Tonmasse zu schwach gebrannt wird.

Kohlengehalt verursacht beim Brennen ein starkes Schwinden der Ziegeln.

α) Das Füllen und Verarbeiten des Lehmes.

Der Lehm zur Ziegelerzeugung wird von den Grubenwänden, am besten im Herbst, mit der Lettenhaue abgelöst (gefällt), von Steinen und allen sichtbaren Verunreinigungen befreit, in Haufen geschüttet und während des Winters öfter begossen und womöglich auch umgeschaufelt. Durch die Einwirkung des Frostes — das Auswintern — werden die einzelnen Steinkörnchen gesprengt und so der Lehm aufgeschlossen, wodurch bei dem öfteren Umschaukeln eine gleichmäßige Mengung und Verkleinerung des Lehmgutes erzielt wird.

Der aufgeschlossene Lehm wird in kleineren Haufen mit Wasser begossen und barfuß durchgetreten, wobei die noch fühlbaren Steinchen entfernt werden sollen.

Ist der Lehm zu fett oder zu mager, so bringt man denselben in seichte, mit Bretter bekleidete Gruben, „Sümpfe“, begießt ihn hinreichend mit Wasser, läßt ihn etwa 24 Stunden sumpfen. Hierauf arbeitet man ihn auf einem an den „Sumpf“ anstoßenden Bretterboden (Brücke) unter Beimengung des nötigen Sandes oder der erforderlichen fetten, vorher ebenfalls eingesumpften Lehmgattungen gehörig durch. Bei größerem Betriebe geschieht dies mit Maschinen.

Schlechter, grobsandiger oder allzu fetter Lehm muß geschlemmt werden. Das Schlemmen besteht darin, daß man den Lehm in geeigneten, flachen Behältern (Kufen) mit Wasser verrührt. Die grobkörnigen, nicht aufweichbaren Bestandteile fallen zu Boden; die dünnflüssige Masse wird in die seichten Schlemmgruben geleitet, wo das Wasser zum Teil in den Boden versickert, zum Teil verdunstet, so daß schließlich ein zur weiteren Verarbeitung brauchbares Produkt zurückbleibt.

Das Verrühren wird häufig mit Maschinen bewirkt, welche die Mengung viel rascher besorgen. Vor dem Einlassen der aufgerührten Lehmmasse in die Schlemmgruben fängt man weitere gröbere Beimengungen durch Siebe ab.

Das so gereinigte Lehmgut wird sodann in Gar gruben bis zur Verwendung desselben aufbewahrt und durch Zudecken mit Strohmatten oder Brettern vor dem Austrocknen geschützt.

β) Das Formen der Ziegel.

Das Erzeugen der Ziegel kann entweder mit Handbetrieb (Handschlag) durch das Ziegelstreichen oder mit Maschinenbetrieb erfolgen.

Das Ziegelstreichen geschieht am Streichtische in der Weise, daß das fertige Lehmgut in eine hölzerne Form, den Model (Fig. 1, T. III) eingebracht,

mit den Händen und durch mäßiges Aufschlagen mit dem Model auf den Streichtisch gehörig eingepreßt und der überflüssige Lehm mit einem hölzernen, linealartigen Streicher abgestrichen wird.

Die geformten Ziegel werden sodann auf das Abtragebrett geschlagen, mit einem zweiten Abtragebrettchen bedeckt, auf die Ziegeltenne (einen ebenen freien Platz) übertragen und dort zuerst flach aufgelegt. Nach einem halben Tag werden sie hochkantig gestellt und nach 1 bis 2 Tagen in gedeckte Trockenschoppen geführt, wo sie auch hochkantig mit Zwischenräumen aufgestellt werden und bis zum vollkommenen Austrocknen verbleiben. Ein Arbeiter kann in 10 Stunden 3000 Ziegel streichen. Die Dimensionen des Models sollen mit Rücksicht auf die Schwindung der Lehm Masse im Feuer um $\frac{1}{18}$ bis $\frac{1}{12}$ größer sein, als die normalen Dimensionen der zu erzeugenden Ziegel.

Das Erzeugen von Maschinenziegeln wird zumeist so betrieben, daß der gefällte und wenig feuchte Lehm in einen zylindrischen Blechkasten (Fig. 2, T. III) gebracht wird, in welchem er durch schneckenförmige Tonschneider verarbeitet und durch zwei sich gegeneinander drehende Walzen nach unten zu, gegen die wagrecht auslaufende Verengung des Kastenendes gepreßt wird. Diese Verengung (Mundstück) hat einen der Länge und Breite der Ziegel entsprechenden Querschnitt. Aus dem offenen Mundstück dringt somit ein ununterbrochener Tonstrang heraus, welcher auf einem Band ohne Ende aufgefangen und durch den Draht eines Schneiderrahmens auf Ziegeldicke zerschnitten wird. Die fertigen Ziegel, welche durchaus festerer Konsistenz sind als die Handschlagziegel, werden direkt in den Trockenschoppen hochkantig aufgeschichtet.

Auf diese Art können verschiedenartig dimensionierte Ziegel erzeugt werden. Man braucht nur das entsprechende Mundstück einzusetzen und die regulierbare Schneidevorrichtung auf die gewünschte Ziegeldicke einzustellen.

Die Erzeugung der Dachziegel kann auf ähnliche Weise wie das Streichen der gewöhnlichen Ziegel erfolgen oder auch mit Maschinen bewirkt werden. Zu solchen Ziegeln darf aber nur sehr guter, zumeist geschlemmter Lehm genommen werden. Die zum Aufhängen dienende Nase wird entweder in einer entsprechend geformten Vertiefung des Modelbodens (Fig. 3, T. III) ausgepreßt oder nachträglich angefügt.

Die First- und Gratziegel werden nach dem, wie bei gewöhnlichen Dachziegeln bewirkten Streichen über eine der Form entsprechende Walze (Fig. 4 b, T. III) gelegt, an welche sie sich vollkommen anschmiegen und bis zum gänzlichen Austrocknen belassen werden. Diese Ziegel erfordern einen besonders gut gereinigten und äußerst zähen Lehm.

Das Erzeugen der Dachfalzziegel kann nur mit maschinellen Einrichtungen erfolgen, indem zuerst ähnlich wie bei gewöhnlichen Maschinenziegeln aus einem Tonstrang flache, der Ziegelgröße entsprechende Stücke abgeschnitten, diese dann zwischen zwei korrespondierende, in Eisenhüllen eingebettete Gipsformen gelegt und dann in einer Presse einem hohen Druck ausgesetzt werden, wodurch die überflüssige Lehm Masse aus den sich schließenden Formteilen herausgepreßt wird. Die geformten Ziegel werden sodann in Trockenschoppen bis zum gänzlichen Austrocknen aufgeschichtet.

γ) Das Ziegelbrennen.

Nachdem die gewöhnlichen Ziegel durch ungefähr 4 Wochen im Trockenschoppen — gehörig aufgeschichtet — gelagert haben, werden sie zum Brennen genügend ausgetrocknet sein; man nennt sie dann auch Luftziegel.

Das Brennen der Ziegel kann entweder in Feldöfen oder in gemauerten Ziegelöfen mit unterbrochener oder in gemauerten Ringöfen mit ununterbrochener Feuerung erfolgen.

1. Öfen mit unterbrochenem Betriebe.

Brennen in Feldöfen (Meilern):

Die Erbauung eines Feldofens (Fig. 5, T. III) erfolgt auf einem möglichst ebenen, freien Platze aus den zu brennenden Luftziegeln in der Weise, daß dieselben schichtenweise in 3 *cm* breiten Zwischenräumen hochkantig derart aufgestellt werden, daß sie abwechselnd einmal parallel zur Längsachse des Ofens und in der darüber befindlichen Schicht unter 45° gegen die Ofenachse gelagert sind. Das Brennmaterial wird in den senkrecht zur Ofenachse gestellten 0·60 *m* breiten, und je nachdem Holz- oder Steinkohle gebrannt wird, 1·00 bis 1·30 bzw. 0·50 bis 0·60 *m* hohen Schürgassen eingelegt.

Der Feldziegelofen hat einen rechteckigen Grundriß und besteht im unteren Teile aus 12 hochkantig übereinander, wie vor erklärt, aufgeschichteten Ziegelschichten, welche die Schürgassen enthalten. Zwischen den Schürgassen sind 1·3 *m* breite Sätze in der Höhe von 6 Ziegelschichten aufgebaut, während an den beiden Stirnseiten diese Sätze nur 3 Ziegellängen, zirka 95 *cm* breit gemacht werden.

Die Decken der Schürgassen werden mit drei zahnartig überkragenden Ziegellagen (Schloß) gebildet und darüber noch drei volle Ziegelschichten aufgelegt. Die nun folgenden 8 Schichten werden auf dieselbe Weise, jedoch an den Enden 15 *cm* zurücktretend und die obersten 4 Schichten abermals 15 *cm* zurücktretend aufgeschichtet. Diese Ausmaße sind zwar nicht bindend, aber erfahrungsgemäß für die Stabilität und den Brand des Ofens am günstigsten.

Die Breite des Ofens bzw. die Länge der Schürgassen richtet sich nach dem zur Verwendung gelangenden Brennmaterial. Bei Holzfeuerung werden dieselben 4 bis 5 *m* und bei Steinkohlen- oder Torffeuerung 2·5 bis 3·5 *m* lang gemacht, wenn die Feuerung von einer Seite erfolgt. Geschieht die Feuerung, wie in der dargestellten Figur von beiden Seiten, so können die Schürgassen doppelt so lang sein.

Die Länge des Ofens soll nicht über 8 Schürgassen betragen, weil sonst der Ofen zu groß würde, ein gleichmäßiger Brand schwer zu erhalten wäre und durch das langsame Abkühlen desselben viel Zeit verloren ginge.

Nach Vollendung der Ofenschichtung wird derselbe ringsum mit einem 15 bis 30 *cm* dicken Hemd aus gebrannten, in Lehmörtel gemauerten Ziegeln versehen und als Decke eine liegende Ziegelschicht mit ausgesparten Luftöffnungen und darüber eine 8 bis 10 *cm* hohe Erdschüttung aufgetragen.

Zum Schutze gegen zu rasche Abkühlung werden an den beiden Stirnseiten auf zirka 0·50 *m* Abstand von der Stirnwand Windschirme aus Pfostenwänden aufgestellt; die Räume zwischen Windschirmen und Stirnwand sind mit Erde ausgefüllt.

Bei Steinkohlen- oder Torffeuerung werden die Schürgassen nur zirka 60 *cm* hoch gemacht, an der Sohle der einzelnen Schürgassen wird mit hochkantig, in geeigneten Zwischenräumen aufgestellten Ziegeln eine Art Rost gebildet. Besser ist eine Rostanordnung mit Aschenfall, bei welcher man die Luft durch regulierbare Klappen einströmen läßt.

Die Heizung des Feldofens kann entweder mit Holz, mit Steinkohle oder Torf oder mit Holz und Steinkohle zugleich vorgenommen werden.

Bei Holzfeuerung werden die Schürgassen auf einer Seite mit Holz vollgeschichtet und die Mündungen 15 *cm* dick vermauert. Auf der entgegengesetzten Seite wird ein mäßiges Feuer (Schmauchfeuer) durch 3 Tage unterhalten, um die Ziegel vollkommen auszutrocknen.

Die Ziegel werden dann aufhören zu schwitzen, der Rauch wird allmählich lichter und das am entgegengesetzten Schürgassenende eingebrachte Holz (Boccat-holz) wird sich entzünden.

Nun wird der sogenannte „Wechsel“ in der Feuerung vorgenommen. Die früher offene Schürgassenmündung wird bis auf 0·90 *m* Höhe vermauert und die

restliche Öffnung mit Holz vollgestopft. Die gegenüberliegenden, bisher vermauerten Mündungen werden geöffnet und dort ein verstärktes Feuer ununterbrochen unterhalten. Sobald das auf der gegenüberliegenden Seite in die halbvermauerte Öffnung gestopfte Holz zu brennen beginnt, wird dasselbe in die Schürgassen gestoßen und durch neues ersetzt, nach öfterer Wiederholung aber die Öffnung ganz zugemauert.

Das Feuer wird einige Tage unterhalten, und zwar so lange, bis an Stelle des nur mehr spärlich abziehenden lichten Rauches schließlich an der Decke helle, bläulichgelbe oder weißlichgrüne Flämmchen durchbrechen und die Ziegel weißglühend sind.

Der Brand ist dann beendet und der Ofen muß langsam abkühlen, wozu alle Schürlöcher vermauert und die Rauchabzugsöffnungen an der Decke mit Erde beschüttet werden. Im weiteren Verlaufe werden die Windschirme abgetragen, die Decke wird allmählich gelüftet, so daß in zirka 14 Tagen der Brand ausgekühlt und der Ofen ganz abgetragen bzw. der ganze Ziegelsatz ausgeschoben werden kann.

Die Heizung mit Steinkohle oder Torf erfolgt auf ähnliche Weise wie mit Holz auf einem aus Ziegeln aufgeschichteten Rost.

Um den Wärmeverlust herabzumindern, empfiehlt es sich, statt des schwachen Ziegelhemdes rings um den Ofen eine 90 cm starke Mauer auf Ofenhöhe auszuführen, welche nach dem Brande stehen bleibt.

Bei der Heizung mit Steinkohle und Holz wird zunächst in den Schürgassen ein mäßiges, sodann ein kräftiges Feuer mit Holz, eventuell unter Beimengung von etwas Steinkohle unterhalten und dabei ein ähnlicher Vorgang beobachtet wie bei der Holzfeuerung, so daß auch ohne Rost gefeuert werden kann. Nachdem die Ziegel entsprechend erhitzt sind, wird durch Öffnungen an der Decke Kohlengrus eingestreut, welcher den Brand so sehr fördert, daß derselbe in zirka 8 Tagen beendet sein kann, während bei ausschließlicher Holzfeuerung eine Branddauer von 10 bis 17 Tagen notwendig ist.

Gemauerte Ziegelöfen. Die Anlage solcher Öfen erfolgt nach ähnlichem Prinzip wie die der Feldöfen, meistens aber nur mit Heizung auf einer Seite, so daß es zweckmäßig ist, den Ofen an einer Berglehne einzubauen, wodurch die Wärme des Ofens besser erhalten bleibt und auch die Umfassungsmauern schwächer gehalten werden können.

Das Prinzip des Ofens (Fig. 6, T. III) besteht darin, daß zur Umschließung der Ziegelschichtung eine 1.5 bis 2.10 m starke Umfassungsmauer ausgeführt wird. Diese Umfassung ist gewöhnlich aus zwei 0.15 bis 0.30 m voneinander entfernten Mauern hergestellt; der Zwischenraum wird mit schlechten Wärmeleitern, Asche, Sand u. dgl., ausgefüllt, damit der äußere Mauerteil von der Hitze nicht leidet. Die innere 0.90 m dicke Mauer wird aus gebrannten Ziegeln in Lehmörtel, die äußere 0.60 m dicke Mauer aus gebrannten Ziegeln in Weißkalkmörtel hergestellt.

An der Vorderseite der Mauern sind die nötigen Heizöffnungen *H* (Fig. 6, T. III) ausgespart, ferner sind an der inneren Mauer mit Schubern *S* verschließbare Luftzüge *L* angebracht, die oberhalb der Schürgassen beginnen und bis über Dach geführt werden. Die von der Decke aus beweglichen Schubern *S* ermöglichen es, das Feuer in bestimmte Richtungen zu leiten.

Über dieser Umfassungsmauer ruht auf zirka mann hohen Pfeilern *P* die Dachkonstruktion, welche mit Rücksicht auf Feuersgefahr von der Ofendecke isoliert ist.

Vor den Heizöffnungen können Flugdächer oder gemauerte Heizstuben angelegt werden.

Das Einsetzen der Ziegel erfolgt anfangs durch die Heizöffnungen *H*, dann durch in halber Höhe in der Umfassungsmauer ausgesparte Einsatztüren *T*, welche nach dem Einsetzen wieder vermauert werden, schließlich wird der Einsatz von

oben aus vollendet und die Decke samt den notwendigen Öffnungen aus zwei liegenden Ziegelscharen und mit einer Erdüberschüttung gebildet.

Die Heizung erfolgt ähnlich wie bei den Feldöfen, die Regulierung des Brandes geschieht durch die Schuber der Luftzüge und durch die Deckenöffnungen.

2. Ziegelöfen mit ununterbrochenem Betriebe.

Der Hoffmannsche Ringofen, welcher früher mit ringförmigem, heute aber nur mit oblongem Grundriß (Fig. 7 *a*, T. III) gebaut wird, arbeitet ununterbrochen und besitzt wesentliche Vorteile gegenüber den älteren Öfen mit unterbrochenem Betriebe, und zwar 60 bis 70% Brennmaterialersparnis, gesteigerte Leistungsfähigkeit und Lieferung gleichmäßig gut ausgebrannter Steine.

Der in Fig. 7, T. III, skizzierte Hoffmannsche Ringofen hat 14 Brennkammern. In jede dieser Kammern, welche nur durch offene Gurten voneinander getrennt sind, mündet von außen eine Einsatztür t und diagonal gegenüber ein durch das Ventil v von der Decke D verschließbarer Rauchabzugskanal r , welcher in den Rauchsammler R mündet, aus welchem die Rauchgase nach dem Schlot Sch geleitet werden. In der Decke D sind auf zirka 1 *m* Entfernung Kohleneinwurf-schächte angebracht, welche bis in die Brennkammern führen und oben mit gußeisernen Glocken g geschlossen werden können.

Die durch Gurten getrennten Kammern können mittels Eisenschieber S voneinander vollständig getrennt werden.

Beim Betrieb des Ringofens muß man folgende Perioden unterscheiden: 1. das Einsetzen, 2. das Vorwärmen, 3. das Brennen, 4. das Abkühlen und 5. das Austragen der Ziegel.

Um den Vorgang an der Fig. 7, T. III, zu erklären, sei angenommen, die Inbetriebsetzung erfolge von der Kammer 1 aus.

Das Einsetzen der Ziegel. Das Einsetzen der Ziegel in Kammer 1, die gegen Kammer 14 durch den Schieber S abgeschlossen wird, erfolgt von der Heiztüre t_1 aus. Die Ziegel werden hochkantig und kreuzweise mit entsprechenden Zwischenräumen derart geschichtet, daß unter den Kohleneinwurf-schächten der Decke D gegen unten zu sich verengende Kanäle entstehen, in welche der Brennstoff herabfällt.

Beim Schlichten muß darauf geachtet werden, daß bei den die Kammern trennenden Gurten der zum Einschoben des eisernen Schiebers S nötige Manipulationsraum frei bleibt.

Ist Kammer 1 gefüllt, so wird nun auch zwischen die Kammern 1 und 2 ein Schieber S_1 eingeschoben und hierauf mit dem Einsetzen in Kammer 2 begonnen.

Das Vorwärmen der Ziegel. Während das Einschoben der Ziegel in Kammer 2 fortgesetzt wird, beginnt das Vorwärmen der Ziegel in Kammer 1. Hierzu wird t_1 bis auf eine kleine Öffnung vermauert und in dieser ein kleines sogenanntes Schmauchfeuer angefacht, das die Ziegel austrocknen und zum eigentlichen Brand vorbereiten soll. Zur Erhaltung dieses Feuers muß der Rauchkanal r_1 geöffnet sein.

Mittlerweile ist Kammer 2 gefüllt; t_2 wird wieder bis auf eine kleine Öffnung vermauert, der Schuber S_1 zwischen Kammer 2 und 3 versetzt, Kanal r_2 geöffnet und das Schmauchfeuer in der Türöffnung bei t_2 angefacht.

In dieser Weise wird mit der Füllung und dem Vorwärmen fortgesetzt bis inklusive Kammer 13, Kammer 14 braucht man als Manipulationsraum für die Einleitung des Brandes.

Das Brennen der Ziegel. Mittlerweile werden in den ersten Kammern 1, 2, 3 die Ziegel durch die Schmauchfeuer entsprechend vorgewärmt sein und es kann nun der eigentliche Brand beginnen. Der zuerst eingeschobene Eisenschieber S zwischen den Kammern 1 und 14 wird herausgeschoben und an seiner Stelle ein Holzstoß aufgeschichtet und angezündet.

Sämtliche Türen t_1 bis t_{13} werden vollständig vermauert und alle Rauchkanäle bis auf r_{13} , eventuell noch auf r_{12} , geschlossen, so daß die Verbrennungsgase des Holzfeuers sämtliche Kammern von 1 bis 13 (eventuell 12) durchziehen müssen, um zum Rauchsammler R und von da in den Schornstein zu gelangen.

Auf diese Weise werden die eingeschichteten Ziegel vorgewärmt. Durch die Einwirkung der Flammen des Holzstoßes — eventuell verstärkt durch das Feuer von der, durch die Einwurfschächte in die Kammer 1 geworfenen Kohle werden daselbst die Ziegel gar gebrannt. Zum Garbrennen der Ziegel in den folgenden Kammern 2, 3 usw. muß von oben Kohlengrus zugeschüttet werden.

Das Abkühlen der Ziegel. Sind die Ziegel in Kammer 1 gar gebrannt, so läßt man das Holzfeuer erlöschen. Die frische Luft, welche von der Kammer 14 einströmt, wird die Ziegel allmählich abkühlen. Dasselbe vollzieht sich nach erreichtem Garbrennen bei Einstellung des Kohleneinwurfes in den Kammern 2, 3 usw.

Ist man auf diese Weise bis Kammer 8 angelangt, so wird die Abkühlung in Kammer 1 so weit fortgeschritten sein, daß dieser Raum betretbar sein wird.

Es sei hier besonders hervorgehoben, daß die in die Kammer 1 eintretende frische Luft bei ihrem Durchgange durch die heißen Ziegel immer mehr und mehr erwärmt und als Heißluft zum Brennmaterial der gerade im Garbrande (Kammer 8) befindlichen Ziegeln kommt. Dies, sowie der bereits erwähnte Umstand, daß die Verbrennungsgase nicht direkt von der letzten im Garbrande stehenden Kammer (z. B. 8) in den Rauchschlot abgelassen, sondern auch zum Brennen bzw. Vorwärmen der Ziegel in den noch folgenden Kammern (9 bis 13) ausgenützt werden, bedingen die große Ersparnis an Brennmaterial.

Austragen der Ziegel und Nachfüllung des Ofens. Nach dem Abkühlen der Ziegel in Kammer 1 wird die Tür t_1 ausgebrochen und die fertigen Ziegel werden hinausgeführt.

Gleichzeitig wird mit dem Einsetzen der Ziegel in Kammer 14 begonnen und nach Vollendung dieser Arbeit der Eisenschieber S_1 zwischen Kammer 14 und 1 versetzt, der Rauchkanal r_{14} geöffnet, hingegen r_{13} (eventuell bloß r_{12}) geschlossen.

Nach Vollendung eines solchen Kreislaufes ist der kontinuierliche Betrieb im Gange. Es ist klar, daß, wenn Kammer 2 (3, 4) entleert wird, in der unmittelbar vorhergehenden Kammer 1 (2, 3) Ziegel eingesetzt werden, während in der diametral gegenüberliegenden Kammer 8 (9, 10) mit dem Einwerfen von Brennmaterial zum Garbrennen begonnen wird.

Innerhalb 24 Stunden kann eine Kammer entleert, die vorhergehende gefüllt und der Schieber S_1 eine Gurte weitergerückt werden.

Leistung des Ofens. Die Brennkammern werden gewöhnlich 3 m lang, 2 m breit und 2 m hoch gemacht und fassen dann zirka 3000 Stück normale Mauerziegel. In einem Jahr mit 200 Brenntagen vermag man daher rund 600.000 Ziegel fertigzustellen.

e) Kennzeichen guter, gebrannter Ziegel.

Gute Mauerziegel sollen aus gleichmäßigem, gut durchgearbeitetem Lehmmaterial bestehen, keine Kalkstein- oder Mergelknollen oder sonstige schädliche Bestandteile enthalten.

Die fertigen Ziegel sollen der Form und Größe nach gleichmäßig und gut ausgebrannt, jedoch nicht verschlackt sein und eine rauhe Oberfläche haben; sie müssen hellklingend, frei von Rissen und möglichst scharfkantig sein. Die Bruchfläche soll gleichmäßig, feinkörnig und wenig porös sein; ferner soll der Ziegel sich nach allen Richtungen gut teilen lassen.

Längere Zeit im Wasser gelegene Ziegel sollen keine zu große Gewichtszunahme aufweisen, auf keinen Fall erweichen oder zerbröckeln.

Im Freien überwintert, sollen die Ziegel ganz unverändert bleiben; besonders Dachziegel sollen immer solchen Verwitterungsproben unterzogen werden.

Für Feuerungsanlagen bestimmte Ziegel dürfen nicht bersten, wenn man sie glüht und hierauf mit Wasser begießt.

Die Farbe der Ziegel ist für die Güte derselben im allgemeinen nicht bestimmend. Reiner Ton gibt blasse Steine, Eisenoxyd färbt die Ziegel gelb, rötlich, rot oder braun, je nach seiner Menge und dem Hitzegrad beim Brennen; bei niedriger Brandtemperatur kann man auch bei größerem Eisengehalt gelbe, selbst ganz blasse Ziegel erzielen. Je mehr die Ziegelsteine beim Brennen sintern, um so dunkler wird ihre Farbe.

Beim ungleichmäßigen Brande, der namentlich in Feldöfen vorkommt, werden die zunächst den Schürgassen geschichteten Ziegel schärfer gebrannt sein als jene, welche nahe den Außenwänden liegen. Erstere sind daher auch oft verschlackt, verdreht oder teilweise abgeschmolzen, während letztere nicht ganz durchgebrannt und mürbe sind. Derart zu wenig gebrannte Ziegel haben geringe Festigkeit und Wetterbeständigkeit und lassen sich zumeist durch ihren dumpfen, hohlen Klang erkennen.

D a c h z i e g e l sollen mindestens die Eigenschaft sehr guter Mauerziegel besitzen. Sie müssen möglichst dünn, in Form und Größe ganz gleichmäßig und sehr wetterbeständig sein, weshalb Dachziegel eine etwas verglaste Oberfläche haben sollen.

2. Ungebrannte künstliche Steine.

a) Kalksandziegel.

Diese werden aus einer steifen Mörtelmasse von 1 Teil Weißkalk, besser hydraulischem Kalk, und 5 bis 6 Teilen reschem Quarzsand hergestellt, indem man mittels Ziegelpressen unter hohem Druck Ziegel formt, die man dann in luftigen Schoppen 3 bis 6 Wochen trocknen läßt.

Durch Eintauchen der Ziegel in eine Wasserglaslösung kann eine schnellere Erhärtung erzielt werden.

Diese Ziegel sind leicht herzustellen, besitzen aber größere Sprödigkeit und geringere Widerstandsfähigkeit als gebrannte Ziegel, sind nicht feuerbeständig und lassen sich nur schwer behauen. Sie erfordern eine gute Isolierung gegen Bodenfeuchtigkeit, benötigen jedoch keinen Verputz. Man erzeugt sie meist nur in Gegenden, wo Lehm mangelt, dagegen Sand und Kalk billig ist.

In neuester Zeit werden Kalksandsteine mit einem sehr geringen Kalkzusatz (0.10 bis 0.05 des Sandes) erzeugt, indem man nicht wie beim Mörtel sämtliche Zwischenräume der Sandkörner mit Kalkbrei ausfüllt, sondern die Sandkörner bloß an deren Berührungspunkten mit Kalkbrei verbindet. Die geringe Kalkmenge muß daher ganz gleichmäßig auf die große Sandmasse verteilt werden, was mit besonderen Mischmaschinen in verlässlicher Weise bewirkt wird. Der steife Mörtelbrei wird dann auf Pressen zu Ziegeln geformt, welche behutsam auf Rollwagen geladen und in den Härtekessel gefahren werden, wo sie durch 10 bis 12 Stunden einem Dampfdruck von 9 Atm. ausgesetzt und dann als fertige Ziegel wieder herausgefahren werden.

Im Härtekessel vollzieht sich ein chemischer Prozeß, indem die Kieselsäure an der Oberfläche der Sandkörner sich mit dem daran haftenden Kalk bei Wasserdampf und großen Hitze in wasserhaltigen kieselsauren Kalk verwandelt. Es tritt also an den Berührungsstellen der Sandkörner gleichsam ein Verwachsen der Körner ein, wodurch ein dem Sandsteine ähnliches Gefüge entsteht; der noch vorhandene Überschuß an Kalk, welcher an dem chemischen Vorgange nicht teilgenommen hat, wird durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft eine weitere Erhärtung, ähnlich wie beim Kalkmörtel erfahren, wodurch das Produkt an Härte immer zunimmt.

b) Schlackenziegel.

Diese werden wie die Kalksandziegel hergestellt, nur wird statt Sand gestoßene, granuliert Hochofenschlacke verwendet. Sie sind ebenso fest und zumeist auch billiger als gebrannte Ziegel, außerdem sehr porös und wetterbeständig.

Das mit solchen Ziegeln hergestellte Mauerwerk trocknet rasch aus und gibt warme trockene Wohnräume. Die Ziegel werden mit einem gleichartigen Mörtel vermauert.

c) Künstliche Sand- und Kalksteine.

Diese haben verschiedene Zusammensetzung, bestehen aber der Hauptsache nach aus reschem Quarzsand, Hochofenschlacke, Abfällen von Kalksteinen, Marmor, Kalk- oder Dolomitsand, welche Materialien mit gelöschtem Weißkalk, Ätzkalk oder Wasserglas vermengt bzw. verarbeitet werden.

Sie eignen sich zur Herstellung von Kunststeinfassaden, zu Kapitälern, Balustern, Ornamenten, Figuren usw., dann zu Ausbesserungen natürlicher Steine.

Solche und ähnliche Kunststeine werden von verschiedenen Firmen, z. B. Matscheko & Schrödl, dann von Zelenka in Wien hergestellt. Dieses Material ist wetter- und frostbeständig, hat ein dem Naturstein ganz ähnliches Aussehen, eignet sich zu Ausbesserungen von Werkstücken und Steinstufen, ferner zu allerlei Steinmetz- und Bildhauererzeugnissen und für Kunststeinverputz.

d) Zement- und Betonsteine.

Zementsteine werden aus Roman- oder Portlandzement und Sand hergestellt, indem man diese Materialien zu einer Mörtelmasse vermengt, in Formen gießt und an feuchten Orten langsam erhärten läßt. Größere Stücke werden als Betonsteine hergestellt. Dieser Beton wird schichtenweise in die Formen eingebracht und gestampft. Durch Anwendung entsprechender Formen können auf diese Art alle möglichen Gattungen von Bausteinen und ähnliche Erzeugnisse, wie: verschiedene Quadern und Schablonensteine, Stiegenstufen, Gesimse, Pflasterplatten, Ziegel, Dachziegel, Kanalrohre u. dgl. gewonnen werden.

In neuester Zeit werden Gesimsplatten, Stiegenstufen, größere Kanalrohre u. dgl. auch aus Eisenbetonkonstruktion hergestellt. Näheres hierüber sowie über „Kunststeine“ ist im II. Band (Steinmetzarbeiten) enthalten.

Eine besondere Gattung Betonsteine sind die Marmor- oder Mosaikplatten, welche auf folgende Art erzeugt werden: In einen Mörtel aus 1 Teil Portlandzement und 2 Teilen Marmormehl werden verschiedenfarbige Marmorsteinchen (Abfälle) gemengt; diese Masse wird in entsprechende Formen gepreßt, nach dem Erhärten aus der Form genommen und auf einer Seite geschliffen, eventuell auch poliert. Werden die buntfarbigen Steinchen nach einer Musterzeichnung in die Mörtelmasse eingedrückt, so erhält man verschieden gemusterte Platten.

e) Kunsttuffsteine,

auch Bimssand- oder Schwemmsteine genannt, bestehen aus vulkanischer Asche (Bimssand) und Kalk oder Gips; sie werden in Formen gepreßt und dann getrocknet. Solche Steine sind sehr porös und leicht, eignen sich daher zur Herstellung leichter Wände und Gewölbe, für Fachwerksausmauerungen, für Eiskellerbauten als Fußbodenunterlage, dann zur Wärmeisolierung als Verkleidung von Decken, Wänden, Dampfleitungsrohren, Dampfkesseln usw. Für Außenwände und schwer tragende Wände sind Kunsttuffsteine nicht geeignet.

Die Isoliersteine und Isolierplatten von Grote in Wien bestehen aus Bimssand, Kiesel und Zement, sind daher sehr porös und leicht, dabei auch feuerbeständig und schalldämpfend.

f) Gipsdielen und Spreutafeln.

Diese bestehen aus einer Gipsmasse, welcher leichte, elastische und festbindende Stoffe (Kuhhaare, Federn, Spreu u. dgl.) beigemischt sind und welche mit schwachem Leimwasser angemacht wird.

Die Gipsdielen werden zumeist in Längen von 2·00 *m* und 2·50 *m*, in Breiten von 0·20 und 0·25 *m*, dann in Dicken von 2, 3, 5, 7 und 8 *cm* hergestellt, sie erhalten in der Längenrichtung eine Einlage von Schilfrohr, Bambus oder dünnen Holzstäbchen.

Zum Schutze gegen Feuchtigkeit können die Gipsdielen bei ihrer Fabrikation auf einer Seite mit Asphaltpappe belegt werden.

Die dickeren Gipsdielen (10 bis 12 *cm*) erhalten gewöhnlich in der Längenrichtung Hohlkanäle; man nennt sie dann auch Schilfrohrhohltafeln. Solche Tafeln werden in Längen von 1·25 und 2·00 *m* und Breiten von 30 *cm* vorrätig gehalten.

Die Spreutafeln werden ohne Rohreinlage und nur als Hohltafeln 10 *cm* dick, 30 *cm* breit und 1 *m* lang erzeugt.

Die aus Gipsdielen, Spreutafeln und Schilfrohrhohltafeln hergestellten Wände sind sofort nach ihrer Fertigstellung trocken, daher können die damit hergestellten Unterkunftsbauten sofort bezogen werden. Gipsdielenwände können auch in gewissem Grade als schalldämpfend und als schlechte Wärmeleiter angesehen werden.

Zur Verbindung der Gipsdielen verwendet man Leimgips und zum Festnageln derselben verzinkte Eisennägeln (siehe Gipsdielenwände im Kapitel Maurerarbeiten).

g) Gips-schlackensteine.

Diese werden aus einem Gemenge von Gips und Kohlschlacke erzeugt und dienen zur Bildung von dünnen Scheidewänden.

Je nach der Verbindungsart dieser Platten an den Stoß- und Lagerfugen hat man verschiedene Systeme zu unterscheiden, von denen einige im II. Band, Maurerarbeiten (dünne Wände), näher erläutert sind.

h) Korkstein.

Dieser besteht aus einem Gemenge von zerkleinertem reinen Kork mit mineralischem Bindemittel, unter sehr hohem Drucke zu Steinen oder Platten gepreßt. Er ist von hellgrauer Farbe und geringem (0·25 bis 0·30) spezifischen Gewicht, hat einen schwachen Phenolgeruch, welcher jedoch außen verschwindet, sobald der Korkstein mit einem Mörtelverputz versehen wird, während dieser Geruch ein Einnisten von Ungeziefer im Innern der Korksteine verhindert.

Der Korkstein ist von zähem, elastischem Gefüge und äußerst widerstandsfähig gegen mechanische Einwirkung. Korkstein läßt sich sägen und nageln wie Holz oder Kork, verbindet sich gut mit jedem Mörtel und ist unempfindlich gegen Feuchtigkeit und Temperaturwechsel. Vom Wasser wird der Korkstein bei Berührung mit Wasser nur einige Millimeter, unter Wasser infolge seiner porösen Beschaffenheit aber ganz durchdrungen, jedoch in seinem Zusammenhang nicht gestört, so daß er an der Luft ohne jede Veränderung wieder trocknet. Ein Naßwerden während des Transportes schadet daher dem Korksteine nicht, vor der Verwendung muß er jedoch vollständig ausgetrocknet werden.

Wird der Korkstein in solche Räume eingebaut, wo er beständig der Feuchtigkeit ausgesetzt ist (Eiskeller u. dgl.), so kann derselbe durch Einsetzen in geschmolzenes Pech oder durch Auflegen von Dachpappe oder Holzzement gegen Aufnahme der Feuchtigkeit geschützt werden.

Vom Feuer kann der Korkstein nur von außen angekohlt, aber nicht ganz verzehrt werden, wenn die Feuerquelle nach einiger Zeit entfernt wird.

Die Korksteinfabrik in Mödling bei Wien erzeugt Korksteine in Ziegel- und Plattenform von verschiedener Größe, entweder als Emulgitkorkstein oder als Patent-Reformkorkstein, letztere als besonders wärme-, wasser- und frostbeständig anerkannt.

Der Korkstein eignet sich wegen seiner außerordentlichen Leichtigkeit und Isolierfähigkeit gegen Wärme und Kälte ganz besonders für leichte, dünne, einfache und doppelte Wände, stabile und transportable Baracken, Wand- und Deckenverkleidungen gegen Wärme und Kälte (z. B. Eiskeller u. dgl.), Trockenlegung feuchter Mauern, Gewölbe, Decken und Fußböden, feuersichere Verkleidung von Holz- und Eisenträgern, für Gesimsverkleidung, Dampfkessel, Heißluftkanäle und ähnliche Isolierungen usw. Näheres im II. Band bei Maurerarbeiten „Dünne Wände“.

Für Isolierung von Rohrleitungen bei Dampf-, Warm- und Kaltwasserleitungen werden dem Durchmesser der Rohre entsprechende, halbzylinderförmige Patent-Korksteinschalen erzeugt.

Für feuersichere Isolierung von Dampfrohren und Zylindern, Hochdruckkesseln usw. erzeugt die genannte Firma entsprechend geformte Verkleidungskörper aus feuerfestem Patent-Thermalit-Material.

i) Xylolit (Steinholz), Asbest u. dgl.

Diese sind innige Mischungen von Sägespänen bzw. Asbestfasern mit verschiedenen mineralischen Stoffen wie Magnesit, Chlormagnesium usw. Dieses Gemenge wird entweder unter hohem Druck zu Platten (für Fußbodenbelag) gepreßt oder, wenn es sich um fugenlose Fußboden handelt, als zusammenhängender Estrich (Flötz) auf eine Betonunterlage u. dgl. aufgetragen.

Die Platten sowie die Estriche sind zähe und fest, sollen auch wetter- und feuerbeständig, wasserdicht und auch fußwarm sein.

Ähnliche Kompositionen sind Legnolit, Parketolit usw. Siehe auch „Estriche“ im II. Band.

3. Kalk- und Mörtelmaterialien.

a) Der Weißkalk (Luftkalk).

Weißkalk entsteht durch Brennen von kohlensaurem Kalk (Kalkstein); dieser verliert hierbei zuerst sein Wasser und in der Weißgluthitze die Kohlensäure, wodurch Kalziumoxyd, sogenannter gebrannter Kalk (Ätzkalk, Weißkalk) entsteht, der bei Berührung mit Wasser unter Aufbrausen und Wärmeentwicklung ablöscht, d. h. zu Pulver zerfällt.

Den besten Weißkalk liefern reine Kalksteine; es eignen sich zum Brennen aber auch solche, die nicht mehr als 10% fremde Beimengungen (Sand und Ton) enthalten. Bei größerem Ton- und Sandgehalt sintern beim Brennen diese Beimengungen mit dem Kalke an der Oberfläche zu kieselsaurer Kalktonerde zusammen, welche das weitere Entweichen der Kohlensäure verhindert; ein solcher Kalk ist im Wasser nicht mehr abzulöschen, er ist **t o t g e b r a n n t**.

α) Das Kalkbrennen.

Das Kalkbrennen geschieht teils in Meilern, teils in Feld- oder gemauerten Kalköfen. Letztere sind entweder für unterbrochenen oder ununterbrochenen Betrieb eingerichtet.

Das Brennen in Meilern (Fig. 8, T. III) ist die primitivste Art und erfolgt in der Weise, daß man aus den größten Kalksteinen zuerst einen gewölbe-

artigen Feuerraum herstellt, dann abwechselnd Lagen von losen Kalksteinen und Kohle zu einem Haufen aufschüttet, welcher dann schließlich mit Reisig und einer entsprechenden Erd- oder Lehmschichte (Mantel) überdeckt wird, in welcher oben Luftöffnungen ausgespart sind.

Die Heizung wird mit stark flammendem Brennstoff — Reisig oder weichem Holze — vorgenommen und so lange fortgesetzt, bis alle Kohlenlagen sich entzündet haben. Der Feuerraum dient dann nur mehr zur Luftzuleitung; zu demselben Zwecke werden nach Bedarf auch in den Mantel entsprechende Löcher gestochen bzw., wenn nötig, wieder geschlossen. Ist die Kohle verbrannt, so läßt man den Meiler abkühlen und trägt ihn dann ab.

Ist die Möglichkeit geboten, den Meiler in einen Bergabhang einzuschneiden, so wird hierdurch ein Teil der Zuschüttung erspart und die gewachsenen Erdwände werden überdies die Wärme besser halten, wodurch das Brennmaterial besser ausgenützt wird.

Das Brennen in Feldöfen erfolgt analog wie beim Ziegelbrennen durch Aufschichten einer rechteckigen Grundfigur in entsprechender Höhe, mit quer durchlaufenden, mit großen Steinen gewölbten Schürgassen. Die Wände können mit Lehmmauern oder mit Flechtwerk und einer Erdschüttung verkleidet werden.

Wird der Feldofen samt den Schürgassen in Erde versenkt, so entsteht ein Grubenofen (Fig. 9, T. III). Die Heizung erfolgt beim Gruben- und beim Feldofen in ähnlicher Weise, wie dies im nachfolgenden bei den gemauerten Kalköfen beschrieben ist.

Die gemauerten Kalköfen können ebenso eingerichtet sein wie die Ziegelöfen, wobei dann beim Kalkbrennen ein ähnlicher Vorgang wie beim Ziegelbrennen einzuhalten ist. Es kann somit in derlei Öfen nicht nur Kalk, sondern es können in demselben auch gleichzeitig Ziegel gebrannt werden.

Gemauerte Kalköfen mit unterbrochenem Betriebe werden gewöhnlich in der Form eines oben offenen, nach unten sich erweiternden Schachtes angelegt, dessen unterstes Ende eiförmig abschließt. Sie werden in Bergabhänge so eingebaut, daß die Heizöffnung am Fuße des Hanges direkt zugänglich ist, während zur oberen Schachtmündung eine bequeme Kommunikation führt. Vorteilhaft ist die Anlage von zwei oder mehreren, nebeneinander liegenden Kalköfen, wie in Fig. 10, T. III, dargestellt.

Die Füllung des Ofens erfolgt derart, daß zuerst mit den großen Steinen der Feuerraum *F* überwölbt, sodann die übrigen Steine von oben eingeworfen werden. Den Abschluß bewirkt eine Lehmschichte, in der entsprechende Luftöffnungen freibleiben.

Die Heizung kann bei diesen Öfen mit Holz oder Kohle bewirkt werden. Bei Anwendung von Kohle ist unter dem Feuerraum ein Rost mit Aschenfall anzulegen. Zuerst wird ein mäßiges Feuer unterhalten, damit sich nicht zu rasch Wasserdämpfe entwickeln, wodurch die Steine, namentlich im unteren gewölbten Teile, zerspringen und die Schichtung einstürzen würde. Dann wird die Feuerung gesteigert, bis der Rauch verschwindet und am oberen Schachtteile helle Flammen emporsteigen. Der Brand ist dann beendet und der Kalk wird durch die Heizöffnungen herausgeschafft.

Die Ofengröße ist mit zirka 6 m^3 Fassungsraum bemessen. Der Brand kann in 24 Stunden beendet sein. Zum Füllen des Ofens, Brennen und Ausschleiben braucht man zirka 3 Tage. Ein Brenner und ein Gehilfe können 2 bis 3 Öfen gleichzeitig bedienen.

Kalköfen mit ununterbrochenem Betriebe. Beim periodischen Betriebe der Kalköfen muß der entleerte Ofen erst abkühlen, bevor wieder eine neue Füllung eingebracht werden kann, wodurch viel Zeit und Wärme verloren

geht. Ökonomischer sind daher Öfen, welche einen kontinuierlichen Betrieb gestatten.

Hierbei kann wieder die Holzfeuerung oder die Steinkohlenfeuerung Platz greifen. Letztere ermöglicht einen rascheren und billigeren Betrieb, verursacht aber zumeist eine Verunreinigung des gebrannten Kalkes durch die Berührung mit der meist selbst verunreinigten Steinkohle, während die Holzfeuerung einen reinen Ätzkalk liefert.

Der Kalkofen mit ununterbrochenem Betriebe für Holzfeuerung (Fig. 12, T. III) ist ein Schachtofen. Am unteren Ende des Schachtes sind 3 Ausschüßöffnungen *a* zum Ausschieben des gebrannten Kalkes und in entsprechender Höhe 3 Heizöffnungen *h* mit Aschenfall angebracht.

Die Inbetriebsetzung des Ofens geschieht wieder durch Aufschichten eines kuppelartigen Gewölbes aus Kalksteinen über den Ausschüßöffnungen und Einwerfen der Kalksteine durch die obere Schachtmündung. Das Brennen wird eingeleitet durch ein Feuer, welches am Ofenboden, also in der Höhe der Ausschüßöffnungen *a* angefacht und so lange unterhalten wird, bis die unterste Partie gargebrannt ist, worauf das mürbegebrannte Gewölbe einstürzt und die oberen Steine nachsinken. Es wird nun das Feuer in die Heizöffnungen *h* verlegt, dort ununterbrochen erhalten, die gebrannten Steine durch die Ausschüßöffnungen mit eisernen Krücken herausgezogen und in gleichem Maße des Sinkens der Steine die Nachfüllung durch die obere Schachtmündung bewirkt.

Vor den Ausschüß- und Heizöffnungen befinden sich die Kammern *K*, welche teils zur wettergeschützten Manipulation, teils zur Deponierung des fertigen Kalkes oder des Brennstoffes dienen.

Gewöhnlich wird dieser Zubau bis zum oberen Ende des Ofens aufgeführt, wodurch sich weitere Kammern *W* und *D* ergeben, die als Wohnräume für die Arbeiter und als Requisitendepots verwendet werden können und zur Warmhaltung der Ofenwände beitragen.

Bei diesem Ofen kommt das Brennmaterial mit den Kalksteinen nicht in direkte Berührung, da das Feuer nur in den Heizräumen brennt und bloß die Flammen den Schachtofen durchziehen.

Der Kalkofen mit ununterbrochenem Betriebe für Steinkohlenfeuerung kann nach Fig. 11, T. III, an einer Berglehne erbaut werden. Der Ofenschacht hat im unteren Teile eiserne Roststäbe *r*, die man einzeln herausnehmen und wieder einschieben kann. Von der Einwurföffnung *E* wird abwechselnd eine Lage Kalkstein und eine Lage Kohle eingeworfen, bis der Schacht gefüllt ist.

Im Feuerraum *F* wird zur Inbetriebsetzung ein Holzfeuer so lange unterhalten, bis die unterste Lage der Kalksteine gargebrannt ist und die unteren Kohlenlagen sich entzündet haben.

Die Roststäbe werden dann einzeln herausgezogen, und wenn der gebrannte Kalk in den Heizraum hinabgefallen ist, wieder eingesetzt. Der gebrannte Kalk wird dann mit Krücken aus der Ausschüßöffnung *A* gezogen. Im weiteren Verlaufe der Ofenbedienung werden durch die brennenden Kohlenlagen die darüber befindlichen Kalksteinschichten gar gebrannt, fallen nach Entfernen der Roststäbe herab und werden durch die Ausschüßöffnung *A* herausgezogen.

Nach Maßgabe der Menge des herausgeschafften gebrannten Kalkes bzw. des Nachsinkens bei der Einsatzöffnung *E* wird wieder abwechselnd Kalkstein und Kohle eingeworfen und so der Ofen in ununterbrochenem Betriebe erhalten.

β) Eigenschaften des gebrannten Kalkes.

Die Kalksteine verlieren durch das Brennen bis 50% ihres Gewichtes und 10 bis 20% ihres Volumens. Der gebrannte Kalk zerbröckelt leicht, läßt sich aber noch ganz gut transportieren.

Gut gebrannter Kalk hat eine schmutzigweiße Farbe, rauhe Oberflächen, ist sehr leicht, saugt begierig Wasser auf und zerfällt in feuchter Luft. Man muß ihn daher an trockenen Orten aufbewahren, besser aber möglichst bald ablöschen.

Bei zu geringer Hitze verlieren die Kalksteine nur einen Teil der Kohlensäure. So entstandener Kalk ist dann nur halbgebrannt und läßt sich nicht ablöschen.

γ) Löschung des gebrannten Kalkes.

Beim Übergießen des Ätzkalkes mit einer genügenden Wassermenge zerfällt derselbe unter starker Wärmeentwicklung und bedeutender Volumenvermehrung zu einem weißen Pulver (Kalziumhydrat, Kalkmehl). Diesen Vorgang nennt man das **L ö s c h e n** des Kalkes. Bei weiterem Wasserzusatz zum Kalkpulver und beständigem Umrühren erhält man aus dem gelöschten Kalk Kalkbrei und Kalkmilch.

Die durch die Wärmeentwicklung beim Löschen erzeugten Wasserdämpfe lockern den Kalk und bewirken eine Volumenvermehrung. Man nennt dies das **G e d e i h e n** des Kalkes. Dieses hängt größtenteils von der Reinheit des Kalkes, aber auch von der richtigen Wassermenge beim Löschen ab.

Reiner Kalk vermehrt sein Volumen bei richtigem Löschen um das Doppelte bis Dreifache; man nennt ihn **f e t t e n K a l k**; unreiner, d. h. ton- und sandhaltiger Kalk wird weniger Wasser aufnehmen und sein Volumen beim Löschen nur wenig vermehren, man nennt ihn **m a g e r e n K a l k**.

Zum Löschen von 100 Gewichtsteilen reinen Kalkes sind 32 Gewichtsteile (zirka $\frac{1}{3}$) Wasser erforderlich. Bei geringerer Wassermenge wird die beim Löschen auftretende Temperaturerhöhung zu wenig abgedämpft, es tritt ein teilweises Zusammenbacken der Kalkteilchen ein, der Kalk kann so nicht gedeihen, er wird bröcklig, man nennt ihn dann **v e r b r a n n t**.

Wird zu viel Wasser beim Löschen angewendet, so kann sich die zum Aufschließen des Kalkes — zum Gedeihen — nötige Temperatur überhaupt nicht entwickeln, der Kalk ist dann **e r s ä u f t**.

Der verbrannte und der ersäufte Kalk fühlt sich sandig an, beide sind zur Mörtelbereitung unbrauchbar.

V o r g a n g b e i m L ö s c h e n:

Wenig verunreinigter Kalk wird in Kalkreinen mit dem nötigen Wasser übergossen, mit Kalkkrücken zu einer dicken Kalkmilch verrührt und diese dann durch Drahtsiebe in Kalkgruben abgelassen, wo sie längere Zeit **e i n g e s u m p f t** bleibt.

Nach dem Verdunsten des Wassers verwandelt sich die Kalkmilch in eine speckige, rissige Masse; die Kalkgrube wird dann mit einer 50 cm hohen Sandschicht bedeckt, damit der eingesumpfte Kalk keine Kohlensäure aus der Luft aufnimmt.

Magerer Kalk wird häufig zum Löschen in Haufen geschichtet, mit einer Sandschicht bedeckt und hierauf spärlich mit Wasser begossen. Die Sandschicht verhindert das Durchdringen der beim Löschen erzeugten warmen Dämpfe, welche das Auflockern und das Gedeihen des Kalkes bewirken. Der auf diese Weise gelöschte Kalk kann ebenfalls zu Kalkbrei verrührt und eingesumpft werden.

K a l k g r u b e n sollen wasserundurchlässig, nicht über 2 m tief und ihre Größe nicht über 60 m³ angelegt werden. Die Wände werden bei sandigem oder schottrigem Boden mit dicht abschließendem Mauerwerk bekleidet und die Sohle mit Ziegel gepflastert und gut abgedichtet. Im Lehmboden genügt eine Verkleidung der Wände mit Brettern.

δ) Eigenschaften des gelöschten Kalkes.

Gebrannter Kalk, der sich gut löschen läßt, liefert gewöhnlich einen guten Grubenkalk. Rückstände beim Löschen (Krebse), welche beim Ablassen der Kalkmilch aus der Kalkreine vor der mit Drahtgeflecht verschlossenen Öffnung liegen

bleiben und dann entfernt werden müssen, sollen vom Gewichte der Gesamtlieferung in Abzug gebracht werden.

Der eingesumpfte Kalk (Grubenkalk) ist weiß und fühlt sich fett und speckig an, wenn er aus reinem Kalkstein gebrannt wurde; magerer, d. h. solcher mit einem Tongehalt bis zu 10% fühlt sich dagegen rau und sandig an und ist mehr grau.

Das Einsumpfen des Kalkes bezweckt das vollkommene Aufschließen der Kalkteile zu Kalziumhydrat; je länger der Kalk eingesumpft bleibt, desto vollkommener erfolgt die Auflösung der ungelöschten Kalkteilchen und desto besser wird der Kalk.

Zum gewöhnlichen Mauern soll der Kalk mindestens 8 Tage, für Verputzarbeiten 3 Wochen sumpfen; er kann aber auch jahrelang eingesumpft bleiben, wenn er gut mit Sand bedeckt ist und das Regenwasser von der Grube abgeleitet wird.

Der Kalk soll aus der Grube nur schichtenweise ausgestochen und wieder mit Sand bedeckt werden.

Der reine Kalkbrei erhärtet an der Luft unter Abgabe von Wasser und Aufnahme von Kohlensäure, also durch allmähliche Umwandlung des Kalkhydrates in Kalziumkarbonat; hierbei schwindet der Kalk sehr stark und erhält viele Risse. Um nun der Bildung der letzteren vorzubeugen und um an Kalk zu sparen, wird der Kalkbrei bei der Verwendung im Baufache meist mit Sand gemengt und dieses Gemenge **M ö r t e l** genannt.

b) D e r W e i ß k a l k - o d e r L u f t m ö r t e l .

Grubenkalk mit Sand und dem nötigen Wasser, zu einem wenig steifen Brei innig vermengt, gibt den Weißkalkmörtel.

Er hat die Eigenschaft, an der Luft langsam zu einer steinartigen Masse zu erhärten (Luftmörtel), indem, wie vorerwähnt, der Kalk Kohlensäure aus der Luft aufnimmt, dabei das Hydratwasser verliert und sich allmählich wieder zu dem im Wasser schwer löslichen kohlensauren Kalk umwandelt, wodurch die Sandkörner fest miteinander verkittet werden.

Dem Sande wird in der Regel so viel Kalkbrei beigemischt, daß damit alle Hohlräume zwischen den Sandkörnern ausgefüllt werden.

Die Größe der Hohlräume zwischen den Sandkörnern kann dadurch ermittelt werden, daß man in ein mit Sand gefülltes Gefäß so viel Wasser gießt, bis es die Sandoberfläche erreicht hat. Das Volumen des eingegossenen Wassers gibt dann die zur Mörtelbereitung erforderliche Menge von Kalkbrei an. Grober Sand erfordert im allgemeinen mehr Kalk als feiner, fetter Kalk wieder mehr Sand als magerer.

Sand und Wasser müssen rein, insbesondere frei von erdigen und organischen Bestandteilen und Salzen sein. Lösliche Salze sind Ursache der lästigen, feuchten Ausscheidungen am Mauerwerk. Meerwasser darf demnach nicht zur Mörtelbereitung genommen werden.

Die Feinheit des Sandes, d. h. die Korngröße soll sich nach der Gattung des Mauerwerkes richten, von der wieder die Fugenstärke abhängt. Für Quadermauerwerk und Pflasterungen mit engen Fugen soll ganz feiner Sand verwendet werden, für Ziegelmauerwerk mittelfeiner und für Bruchsteinmauerwerk grober Sand; letzterem soll man aber auch etwas feinen Sand beimengen, da wegen der großen Zwischenräume sonst zu viel Kalk erforderlich wäre.

Der beste Sand ist scharfkantiger Quarzsand, nach diesem Dolomit- und Kalksand; schlechter sind die blättrigen Sande aus Hornblende- und Glimmergesteinen. Vulkanischer Sand (Bimssteinsand) und zerkleinerte Hochofenschlacke geben auch einen guten Sand.

α) Die Mörtelerzeugung.

Die Mörtelerzeugung erfolgt gewöhnlich in Kalk- oder Mörtelreinen, indem man zuerst den Grubenkalk — oft auch frisch gelöschten Kalk — mit einer entsprechenden Wassermenge zu Kalkmilch verrührt und unter beständigem Rühren das nötige Sandquantum zugibt.

Bei sehr großem Bedarf an Mörtel kann derselbe auch mit Mörtelmaschinen erzeugt werden, welche verschiedenartige Konstruktionen besitzen. Eine häufig verwendete Konstruktion besteht aus geneigt aufgestellten Hohlzylindern, in deren Inneren sich drehbare Mengvorrichtungen befinden. Am oberen Ende des geneigten Zylinders werden die Mörtelmaterialien eingeschüttet; unter ständigem Wasserzulauf passieren sie die Mengvorrichtung im Zylinder und gelangen als fertiger Mörtel am unteren Ende zum Ausflusse.

Die Zusammensetzung des Mörtels richtet sich nach der Beschaffenheit der Mauersteine; poröse Steine und Ziegel erfordern dünnen, dichte Steine aber dickeren Mörtel.

Guter Mörtel soll nicht zu viel, aber auch nicht zu wenig Kalkbeimengung haben, er darf also nicht zu fett, aber auch nicht zu mager sein. Von einer schräg gestellten Mauerkelle soll der Mörtel nur langsam abfließen, die Kelle aber nicht weiß färben.

Für aufgehendes Mauerwerk sind folgende Mischungsverhältnisse gebräuchlich, und zwar:

1 Teil Kalk,	2 Teile Sand,	1 Teil Wasser
1 „ „	3 „ „	1 ¹ / ₄ „ „
1 „ „	4 „ „	1 ¹ / ₂ „ „

β) Der Erhärtungsprozeß.

Der Erhärtungsprozeß des verarbeiteten Mörtels geht um so schneller vor sich, je mehr dieser der Luft ausgesetzt ist, weil dadurch die Aufnahme der Kohlensäure aus der Luft und die Abgabe des Wasser beschleunigt wird.

Das Erhärten geht in zwei Stadien vor sich. Zuerst erstarrt der Mörtelbrei zu einer festen, aber noch zerreiblichen Masse, welchen Vorgang man das „Anziehen“ nennt; sodann erfolgt das eigentliche Erhärten.

Das Anziehen ist nur ein Trocknen des Mörtels infolge Wasserverluste durch Verdunstung, Absaugen und Druck. Hierbei rücken die gequollenen Kalkkörner näher aneinander und schließen an den Sand und die Steine innig an.

Das eigentliche Erhärten ist ein chemischer Prozeß, bei dem das Kalkhydrat unter Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft in Kalziumkarbonat (kohlen-sauren Kalk) verwandelt wird. Letzteres umzieht die Oberflächen der Sandkörner und der Mauersteine mit einem dünnen Häutchen und bindet diese nach Maßgabe des Luftzutrittes immer fester zusammen.

Der Erhärtungsprozeß und das gleichzeitige Austrocknen des Mauerwerkes erfolgt naturgemäß von außen nach innen. Dicke Mauern brauchen daher längere Zeit zur Erhärtung des Mörtels als dünne.

Bei zu großer Wärmeentwicklung (Sonnenhitze oder Ausheizen) bildet sich zwar auch kohlen-saurer Kalk, aber nicht als dünnes, die Sandkörner umgebendes Häutchen, sondern bloß als eingemengtes Pulver ohne wesentlichen Zusammenhang. Dasselbe tritt in erhöhtem Maße auch bei Frost ein. Der Mörtel soll daher schon einen gewissen Grad des Erhärtungsprozesses durchgemacht haben, bevor er größerer Wärme oder Kälte ausgesetzt wird.

Auch das rasche Entziehen des Wassers durch die Anwendung sehr trockener Ziegel beeinträchtigt den Erhärtungsprozeß, weshalb die Ziegel vor dem Gebrauche in Wasser getaucht werden sollen.

In starker Hitze wird der im Luftmörtel vorhandene Kalk mürbe und zerfällt, während er sich im Wasser vollständig auflöst.

Der Luftmörtel kann daher zu Feuerungsanlagen und bei Mauerwerk unter Wasser nicht verwendet werden.

c) Hydraulische Bindemittel.

Hydraulische Bindemittel sind jene, welche zumeist in kürzerer Zeit als der Luftmörtel und unter Wasser erhärten (abbinden).

Man unterscheidet:

α) Hydraulische Zuschläge.

Das sind natürliche oder künstliche Stoffe, welche, dem Luftkalk beigemischt, demselben hydraulische Eigenschaften verleihen. In der Natur vorkommende, derlei Produkte vulkanischen Ursprunges sind:

T r a ß, der aus Traßstein (vulkanischer Tuff) erzeugt und in Deutschland (an den Abhängen des Eifelgebirges) gefunden und verwendet wird.

S a n t o r i n e r d e (von den griechischen Inseln) wird am Mittelmeer als Zuschlag zum Weißkalk verwendet und liefert so einen vorzüglichen hydraulischen Mörtel, der aber seine Härte nur dann behält, wenn er beständig unter Wasser bleibt.

P u z z o l a n e r d e (bei Neapel gefunden) ist ein Tuffgestein von körniger, etwas poröser Struktur. Sie bildet mit Weißkalk gemengt einen sehr guten hydraulischen Mörtel.

K ü n s t l i c h e Z u s c h l ä g e sind Hochofenschlacke, gebrannter Ton, Ziegelmehl, Asche von Braun- und Steinkohle usw. Von diesen wird nur die Hochofenschlacke in größerer Menge zur Erzeugung des sogenannten **S c h l a c k e n z e m e n t e s** verwendet. Näheres hierüber siehe unter „Schlackenzemente“.

β) Hydraulische Kalke.

Dies sind Kalke mit Kieselsäuregehalt. Sie werden erzeugt durch Brennen von Kalkmergeln oder Kieselkalcken unterhalb der Sintergrenze (so daß sie noch freien Kalk enthalten) und nachfolgendes Begießen mit wenig Wasser, wodurch die Stücke gelöscht werden und zu Pulver zerfallen. Hydraulischer Kalk wird entweder in Stücken oder in Pulver geliefert.

Die besten hydraulischen Kalke liefern Mergel mit 20 bis 25% Tongehalt. Das Brennen erfolgt mit Steinkohle oder Koks in Schachtofen mit ununterbrochenem Betriebe.

Hydraulischer Kalk bindet immer langsam ab und wird mit der Zeit luft- und wasserbeständig. Er kann zu langsam fortschreitenden Luft- oder Wasserbauten, die keine hohe Anfangsfestigkeit erfordern, verwendet werden.

γ) Romanzement (früher auch Zementkalk genannt).

Romanzemente sind Produkte, die durch Brennen von tonreichen Kalkmergeln unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Benetzung mit Wasser sich nicht löschen, daher mechanisch pulverisiert werden müssen.

In gepulvertem Zustande sind sie erdig, körnig, gelblich- bis rötlichbraun; angemacht erwärmen sie sich je nach der Erzeugungsart und der Dauer der Ablagerung verschieden. Sie haben unter allen hydraulischen Bindemitteln die kürzeste Abbindezeit; die Erhärtung beginnt meist schon nach wenigen Minuten.

Romanzemente eignen sich besonders zu Bauten unter Wasser und dort, wo es sich um rasches Dichten, Trockenlegen und rasche Formgebung und erst in zweiter Linie um Festigkeit handelt.

δ) Portlandzemente.

Diese sind Erzeugnisse, welche aus natürlichen Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen ton- und kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sinterung und darauf folgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden. (Die Bezeichnung Portlandzement rührt von einem in England viel verwendeten Stein, Portlandstein genannt, her, welcher dem erhärteten Zement ähnelt.)

Man unterscheidet also natürliche und künstliche Portlandzemente. Die natürlichen werden durch Brennen von Kalkmergeln erhalten, die ohne Nachteil bis zur Sinterung gebrannt werden können.

Die künstlichen werden durch Brennen einer Mischung von Ton und Kalk erhalten. Der gebrannte und dann abgelöschte Kalk eignet sich zu dieser Mischung besser; da dessen Verwendung jedoch zu teuer zu stehen kommt, so wird meist dichter Kalkstein oder festerer Mergel ungebrannt, jedoch gemahlen zur Mischung verwendet.

Die Erzeugung von künstlichem Portlandzement beruht im allgemeinen darauf, daß Ton und Kalk in fein gepulvertem Zustand innig vermischt, aus dieser Mischung Ziegel geformt und diese bis zur Glut, d. h. bis zur Sinterung gebrannt werden. Die gebrannten Ziegel (Klinker) werden sodann wieder zerkleinert und fein gemahlen und ergeben so den fertigen Zement.

Der Portlandzement ist ein sich scharf anführendes, graues Pulver mit grünlichem Schimmer, das viel dichter und daher auch viel schwerer ist als das des Romanzementes. Auf das gleiche Volumen geht somit mehr Zementmasse, weswegen er einen viel dichteren, festeren und widerstandsfähigeren Mörtel gibt als Romanzement.

Portlandzement hat von allen Zementen die größte Bindekraft. Er bindet im allgemeinen langsam ab, doch kann er durch geeignete Zusätze auch rasch bindend gemacht werden. Bei längerem Lagern an einem trockenen Ort verändert er sich, er wird feiner, bindet langsamer ab und wird volumbeständiger, daher im allgemeinen besser.

Portlandzement ist zu allen Bauten an der Luft oder unter Wasser zu verwenden, besonders zu solchen, die eine rasche Erhärtung, Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung erfordern.

Bei Wasserbauten soll der Portlandzement abgebunden haben, bevor er der Einwirkung des Wassers ausgesetzt wird; bei Luftbauten ist er in der ersten Zeit der Erhärtung gleichmäßig feucht zu erhalten, weil er langsam abbindet und hierzu Wasser benötigt.

Unter Abbinden der Zemente versteht man das nach einiger Zeit eintretende Erstarren des mit Wasser zu knetbarem Brei angemachten Zementes. Dieser hat abgebunden, wenn seine Oberfläche einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht.

Nach dem Abbinden beginnt die Erhärtung, die oft erst nach Jahren mit der größten Festigkeit endigt. Das Abbinden, sowie das Erhärten sind eine Folge chemischer Prozesse, die sich unter der Einwirkung der Luft und des Wassers auf die Bestandteile des Zementes vollziehen.

Gegen die Einwirkung des Frostes ist der Portlandzement am widerstandsfähigsten von allen hydraulischen Bindemitteln, nur muß er mit wenig Wasser verarbeitet werden. Hat er einmal abgebunden, so ist selbst starker Frost für ihn ohne jeden Nachteil.

Selbst bei strenger Kälte kann mit Portlandzement im Freien gearbeitet werden, wenn nur wenig und vorgewärmtes Wasser, eventuell auch vorgewärmter Sand verwendet wird, wodurch man die Abbindezeit herabmindert und das Frieren des Wassers während der nötigen Abbindezeit hintanhält.

Größere Sonnenhitze wird der Erhärtung des Portlandzementes nicht nachteilig sein, wenn die hierfür notwendige Feuchtigkeit vorhanden ist.

Gegen Frost kann man die Zementarbeiten durch Zudecken mit Stroh und Brettern oder durch eine hinreichende Sand- oder Erdschicht schützen. Gegen das zu rasche Austrocknen in der Sonne empfiehlt sich bei Zementarbeiten ebenfalls der Auftrag einer Stroh-, Erd- oder Sandschicht, die — mit Wasser begossen — die nötige Feuchtigkeit erhält.

Auch Hitzegrade von 200 bis 300° C beeinflussen die Festigkeit des erhärteten Portlandzementes nicht nachteilig. Bei Rotgluthitze wird er jedoch mürbe.

ε) Prüfung der Zemente.

Mit Rücksicht auf die weit verbreitete und verschiedenartige Anwendung der Portland- und Romanzemente im Bauwesen, sowie die Wichtigkeit dieser Baumaterialien ist es notwendig, bei jedem größeren Baue eine eingehende Prüfung des zur Verwendung bestimmten Zementes vorzunehmen und — zur Ermittlung der Gleichmäßigkeit der Ware — auch während der Lieferung die Prüfungen zu wiederholen.

Um in dieser Beziehung einen einheitlichen Vorgang zu ermöglichen, hat der Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein eigene Bestimmungen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und Romanzement herausgegeben, welche auszugsweise mit einigen Erläuterungen angeführt werden:

Verpackung und Gewicht. Portland- und Romanzement ist nach dem Gewichte und der Preisstellung für 100 kg Brutto zu handeln.

Normalgewicht der Fässer bei Portlandzement 200 kg Brutto, bei Romanzement 250 kg Brutto.

Die Lieferung ist auch in Säcken zulässig, mit dem Normalgewicht von 50—60 kg Brutto.

Schwankungen im Einzelbruttogewicht können bis zu 2% nicht beanstandet werden.

Das Gewicht der Packung darf bei Fässern nicht mehr als 5%, bei Säcken höchstens 1.5% des Bruttogewichtes betragen.

Die Fässer und Säcke sollen die Firma der Fabrik, das Wort „Portland-(Roman-)Zement“ und die Bezeichnung des Bruttogewichtes tragen. Säcke müssen plombiert sein.

Abbindeverhältnisse. Die Portland- und Romanzemente sind rasch, mittel oder langsam bindend.

Raschbinder sind solche Portland-(Roman-)Zemente, deren Erhärtungsbeginn an der Luft ohne Sandzusatz, vom Momente der Wasserzugabe an gerechnet, innerhalb 10 (7) Minuten eintritt, Langsambinder solche, deren Erhärtungsbeginn über 30 (15) Minuten hinausfällt. Zwischen den rasch und langsam bindenden Zementen werden die mittelbindenden eingereiht.

Die Ermittlung des Erhärtungsbeginnes ist vor Verwendung eines Zementes, besonders bei Raschbindern notwendig, weil bis zur Zeit des Eintrittes der Erhärtung der Zement verarbeitet sein muß, wenn er an Bindekraft nicht verlieren soll.

Die Abbindezeit läßt sich auf einfache Weise dadurch bestimmen, daß man Zement mit dem entsprechenden Quantum reinen Wassers bei Langsam- und Mittelbindern 3 Minuten, bei Raschbindern 1 Minute lang zu Brei anrührt, denselben auf eine gereinigte Glasplatte in solcher Konsistenz gießt, daß er sich von selbst zu einem dünnen 1 bis 1.5 cm hohen, an den Rändern dünn auslaufenden Kuchen formt. Sobald die Oberfläche des Kuchens einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht, hat der Zement abgebunden.

Diese Probe soll bei einer Temperatur von 15 bis 18° C bewirkt und der abbindende Kuchen vor Zugluft und Sonne geschützt werden.

Genauere Proben können mit dem Konsistenzmesser, einem in einer Führung befindlichen Messingstab von 1 cm^2 Querschnitt und 300 g Gewicht, und der Normalnadel (Stahlnadel) mit 1 mm^2 Querschnitt und 300 g Gewicht gemacht werden. Man rührt 400 g Zement 3, bzw. 1 Minute mit Wasser zu einem steifen Brei und füllt diesen in die zum Apparat gehörige Hartgummidose von 8 cm Durchmesser und 4 cm Höhe, die auf eine Glasplatte, welche gleichzeitig den Boden der Dose bildet, aufgesetzt wird. Nun wird der Konsistenzmesser auf den Brei aufgesetzt; dringt er infolge seines Eigengewichtes von 300 g in den Brei ein und bleibt er mit dem unteren Ende 6 mm über dem Boden stecken, so hat der Brei die für die Prüfung vorgeschriebene Normalkonsistenz. Ist dies nicht der Fall, so muß der Wasserzusatz so lange geändert werden, bis der Brei die Normalkonsistenz besitzt.

Mit solchem Brei kann nun die Abbindezeit ermittelt werden, indem die Dose mit Brei gefüllt und eben abgestrichen und sodann die Normalnadel wiederholt behutsam aufgesetzt wird.

Kann die Nadel bei dem wiederholten Aufsetzen nicht mehr bis zum Boden durchdringen, so hat die Erhärtung begonnen; erfolgt sodann auch an der Oberfläche des Breies (Kuchen) kein merkbares Eindringen mehr, so hat der Zement abgebunden. Die Zeit vom Momente der Wasserzugabe bis zu diesem Zeitpunkte heißt Abbindezeit.

Bei der Abbindeprobe soll die Temperatur der Luft, sowie die des verwendeten Wassers 15 bis 18°C besitzen.

Da der Portlandzement die Eigenschaft besitzt, beim Abbinden eine beträchtliche Wärme zu entwickeln, so kann zur Ermittlung der Abbindezeit auch die Messung der Wärmeänderung angewendet werden. Hierzu wird in den angemachten und gegen die Einwirkung der Außentemperatur gut zu schützenden Zementbrei ein Thermometer eingeführt und dessen Temperaturanzeigen in kurzen Intervallen notiert. Durch Auftragen der Zeitintervalle als Abszissen und der Wärmegrade als Ordinaten erhält man Abbinde- und Wärmekurven. Die Abbindezeit des Zementes reicht dann bis zum Gipfelpunkt der Wärmekurve.

Volumenbeständigkeit. Portland- und Romanzement soll sowohl an der Luft als auch unter Wasser volumenbeständig sein, d. h. er muß mit Wasser ohne Sandzusatz angemacht, an der Luft, sowie im Wasser die beim Abbinden angenommene Form dauernd beibehalten.

Schlechte Zemente, z. B. solche, die mehr als 3% wasserfreien, schwefelsauren Kalk oder ungebrannten Gips enthalten, erleiden nach dem Abbinden eine Volumenvergrößerung, die man **Treiben** oder **Quellen** nennt, wodurch unter allmählicher Lockerung des Zusammenhanges eine Zerklüftung der Zementmasse herbeigeführt wird, die oft mit deren gänzlichem Zerfall endigt.

Ein solcher Zement gefährdet die Solidität der damit hergestellten Bauten in hohem Maße, weswegen die Volumenbeständigkeit jedes Zementes verlangt werden muß.

Die Prüfung der Volumenbeständigkeit des Zementes soll sowohl an der Luft (Darrprobe) als auch unter Wasser (Kuchenprobe) vorgenommen werden, da es auch Zemente gibt, die nur in einem dieser Elemente volumenbeständig sind.

Darrprobe (Luftprobe). Zementbrei in Normalkonsistenz wird auf Glasplatten in Kuchen von etwa 10 cm Durchmesser und 1 cm Dicke ausgebreitet. Die Kuchen werden nach 24stündiger Lagerung in feucht gehaltenen Kästen auf Metallplatten in einem Trockenschrank einer Wärme ausgesetzt, die allmählich auf 120°C gesteigert und auf dieser Höhe 2 bis 3 Stunden gehalten wird.

Kuchenprobe (Wasserprobe). Kuchen von etwa 10 cm Durchmesser und 1 cm Dicke in der Mitte, nach dem Rande aber dünn auslaufend, werden nach 24stündiger Lagerung in feuchter Luft 27 Tage im Wasser aufbewahrt.

Bei beiden Proben dürfen die Kuchen keine Verkrümmungen oder gegen die Ränder hin sich erweiternde Kantenrisse (radialer Richtung) erleiden.

Bei Romanzement werden an Stelle der Darrprobe die Kuchen weitere 27 Tage an der Außenluft, vor Einwirkung der Sonnenstrahlen und vor Wind geschützt, aufbewahrt.

Eine verlässliche Erprobung der Zemente auf ihre Volumenbeständigkeit kann nur im heißen Wasser (100°C) bewirkt werden.

Feinheit der Mahlung. Beide Zementgattungen sollen so fein als möglich gemahlen sein, weil die Festigkeit, Adhäsion und Wasserundurchlässigkeit eines Zementmörtels mit der Feinheit der Mahlung des Zementes wächst.

Beim Portlandzement darf der Sieberückstand auf einem Sieb von 0.05 mm Drahtstärke mit 4900 Maschen pro 1 cm^2 nicht mehr als 35% , auf einem gleichen Sieb mit 900 Maschen per 1 cm^2 nicht mehr als 10% betragen.

Beim Romanzement darf der Sieberückstand auf einem Sieb von 0.07 mm Drahtstärke mit 2500 Maschen per 1 cm^2 nicht mehr als 36% , auf einem Sieb von 0.1 mm Drahtstärke mit 900 Maschen per 1 cm^2 nicht mehr als 18% betragen.

Zu jeder Siebprobe sind 100 g Zement zu verwenden.

Bindekraft (Festigkeitsverhältnisse). Da der Zement in der Praxis meist nur in der Mischung mit Sand verwendet wird, so ist es notwendig, seine Bindekraft auch in einer solchen Mischung zu prüfen. Als normale Mischung gilt das Gemenge von 1 Gewichtsteil Zement mit 3 Teilen Normalsand (reiner Quarzsand, der ein Sieb von 64 Maschen per 1 cm^2 passiert, auf einem Sieb mit 114 Maschen per 1 cm^2 aber liegen bleibt).

Aus dieser Mischung werden bei Wasserzusatz Probekörper von der in Fig. 13, T. III dargestellten Form und 5 cm^2 Zerreiquerschnitt hergestellt, die für die Prüfung der Zugfestigkeit dienen und Würfel von 50 cm^2 Seitenfläche (7.07 cm Seitenlänge), die für die Prüfung der Druckfestigkeit dienen. Sämtliche Probekörper sind einen Tag an der Luft (in einem feuchten Raum) und bis zur Probenvornahme unter Wasser aufzubewahren.

Als maßgebende Probe gilt die Druckprobe nach 28tägiger Erhärtungsdauer; zur Kontrolle für die Gleichmäßigkeit des gelieferten Zementes dient die Zugprobe nach 7- und 28tägiger Erhärtungsdauer.

Langsam und mittelbindende Portland-(Roman-)Zemente sollen nach 28tägiger Erhärtungsdauer eine Minimalzugfestigkeit von 15 (10) kg per cm^2 und eine Minimaldruckfestigkeit von 150 (80) kg per 1 cm^2 besitzen; nach 7tägiger Erhärtung eine Minimalzugfestigkeit von 10 (5) kg per cm^2 .

Raschbindende Portland-(Roman-)Zemente sollen nach 28tägiger Erhärtung eine Minimalzugfestigkeit von 12 (8) kg und eine Minimaldruckfestigkeit von 120 (60) kg per cm^2 besitzen; nach 7tägiger Erhärtung eine Minimalzugfestigkeit von 8 (4) kg per cm^2 .

Das Mittel aus den vier besten Resultaten von sechs geprüften Körpern hat als die mittlere Festigkeit in der betreffenden Altersklasse zu gelten.

Aufbewahrung der Zemente. Diese darf nur in trockenen, womöglich vor Luftzug geschützten Räumen erfolgen. Die Fässer oder Säcke dürfen der Erdfeuchtigkeit wegen niemals auf die bloe Erde gelegt werden. Da die Zemente durch längeres Lagern ihre Qualität verbessern und langsamer abbinden, so sollen sie womöglich erst 4 bis 8 Wochen nach ihrer Erzeugung zur Verwendung gelangen.

Durch länger andauernde Lagerung wird die Abbindezeit wieder kürzer und kann bis auf die Anfangsabbindezeit, eventuell auch darunter fallen.

Da feuchte Luft oft ein geringes Treiben der Zemente in den Fässern verursacht, wodurch häufig die mittleren Fareifen gesprengt werden, so soll man Fässer nicht höher als in zwei Reihen übereinanderschichten.

Die für die Übernahme von Portlandzementen eventuell aufgestellten Bedingungen bezüglich der spezifischen Gewichte dieser Zemente sind belanglos und können entfallen, weil gute und schlechte Zementqualitäten ein und dasselbe spezifische Gewicht haben können.

η) Schlackenzemente.

Läßt man flüssige, glühende Hochofenschlacke in kaltes Wasser fließen, so bildet sich ein mehr oder weniger großer Schlackensand, den man *granulierte Schlacke* nennt.

Gewisse basische Hochofenschlacken besitzen im granulierten Zustande wertvolle hydraulische Eigenschaften, weswegen man auf die Idee kam, solche Schlacken an Stelle der Tonerde zur Zementfabrikation zu verwenden. Heute ist der Schlackenzement bereits ein sehr beachtenswerter Konkurrent der Portland- und Romanzemente und wird schon von vielen Fabriken erzeugt.

Je nach der Erzeugungsart unterscheidet man den „ungebrannten Schlackenzement“, auch kurzweg „*Portlandschlackenzement*“ oder „*Eisenportlandzement*“ genannt.

Schlackenzement. Dieser wird als Nebenprodukt der Hochöfen z. B. in Königinhof und Witkowitz in der Tschechoslowakischen Republik in größeren Mengen erzeugt.

Die Herstellungsweise besteht darin, daß trockene granuliert Schlacke bis zur Mehlfeinheit gemahlen und sodann im entsprechenden Verhältnis mit pulverisiertem, gelöschtem Kalk innig gemischt wird.

Es darf nur basische Hochofenschlacke verwendet werden, die überdies nur bei heißem Gange des Hochofens brauchbar gewonnen werden kann. Der zu verwendende Kalk muß vollständig gelöscht und gepulvert sein. Teile von unvollständig gelöschtem Kalk würden ein Treiben und Rissigwerden des Schlackenzementes nach seiner Verwendung verursachen.

Der Schlackenzement bedarf nach erfolgter Mischung seiner Bestandteile keine weitere Lagerung mehr wie andere Zemente, um seine hydraulischen Eigenschaften zu erhöhen; er soll im Gegenteil in *frischem Zustande* verwendet werden.

Ein Kubikmeter lose geschütteter Schlackenzement wiegt 800 bis 900 *kg*; er ist also viel leichter als Portlandzement, der, lose geschüttet, 1200—1500 *kg* pro Kubikmeter wiegt. Um einen Vergleich beider Zemente zu ermöglichen, soll daher die zu einem Beton oder Mörtel verwendete Zementmenge *nur nach dem Gewicht* zugemischt werden.

Schlackenzement bindet nur langsam ab; in der Kälte verzögert er in viel höherem Grade seine Abbindung als Portlandzement. In bezug auf Festigkeit, Erhärtung, Volumen- und Wetterbeständigkeit, besonders auf Wasserdichtigkeit kann er dem Portlandzement nahegestellt werden.

Schlackenzement wird zu Luft- und Wasserbauten verwendet. Bei Luftbauten muß derselbe gerade so wie der Portlandzement in den ersten 14 Tagen nach erfolgter Herstellung vor raschem Austrocknen geschützt werden (Begießen mit Wasser, Zudecken usw.), weil er in trockener Luft leichter seine Feuchtigkeit abgibt und damit an Bindekraft verliert. Für Wasserbauten, sowie solche in feuchter Erde ist Schlackenzement wegen großer Wasserdichtigkeit der damit hergestellten Mauerkörper besonders geeignet, wenn diese langsam ausgeführt werden und anfangs keine hohe Festigkeit notwendig ist. Man muß also dem Schlackenzement genügend Zeit zum Erhärten lassen.

Eisenportlandzement (gebrannter Schlackenzement). Dieser wird in fast allen Schlackenzementfabriken Deutschlands erzeugt. Die Erzeugung erfolgt auf gleiche Weise wie die des Portlandzementes, nur wird als Rohstoff an Stelle von Ton granuliert, basische Hochofenschlacke verwendet. Dem fertigen Produkt wird in neuerer Zeit überdies bis zu 30% granuliert, geglüht und gemahlene Hochofenschlacke zugesetzt.

Der Eisenportlandzement hat in Deutschland und Belgien weit verbreitete Anwendung gefunden. Die Einschränkung bei Schlackenzement, der nur in feuchter Luft, bzw. bei Feuchthaltung in der ersten Erhärtungsperiode absolut sicher zu

verwenden ist, hat für Eisenportlandzement keine Gültigkeit und kann derselbe, wie ein aus natürlichen Rohstoffen erzeugter Portlandzement, überall mit Sicherheit zur Verwendung gelangen.

Er weist durchwegs die gleichen, oft sogar bessere Eigenschaften als der Portlandzement auf.

Bei Arbeiten im Wasser zeigt er dieselben vorzüglichen Eigenschaften wie ein Schlackenzement. Im ganzen betrachtet muß er als ein ausgezeichnetes, dem aus natürlichen Rohstoffen erzeugten Portlandzement vollkommen gleichwertiges, hydraulisches Bindemittel bezeichnet werden.

Die Prüfung der Schlacken- und Eisenportlandzemente kann in ähnlicher Weise wie die der Portlandzemente vorgenommen werden.

d) Hydraulische Mörtel (Wassermörtel).

Diese sind Gemenge von hydraulischen Bindemitteln mit Sand und Wasser. Sie erhärten im Wasser zu einer steinharten Masse und bleiben sowohl in der Feuchte als auch im Wasser hart, werden daher in allen Fällen verwendet, in denen das Mauerwerk der Feuchte oder Nässe ausgesetzt ist.

Als Luftmörtel werden sie dort verwendet, wo es sich um besondere Festigkeit, d. h. Tragfähigkeit, um Dauerhaftigkeit und schnellere Ausführung handelt.

Je nach dem Bindemittel unterscheidet man hydraulische Kalkmörtel und Zementmörtel.

Der hydraulische Kalkmörtel wird ähnlich wie der Luftkalkmörtel erzeugt, aber anfänglich mit so wenig Wasser gemengt, daß er die Konsistenz feuchter Gartenerde besitzt. Erst an der Verbrauchsstelle wird das noch nötige Wasser zugesetzt und der Mörtel nochmals durchgearbeitet. Die Verwendung dieses Mörtels muß vor der Abbindezeit, also vor Ablauf eines halben Tages erfolgen.

Der Zementmörtel findet die größte Verwendung im Betonbau.

Er darf nur in kleineren Partien, nahe der Verbrauchsstelle erzeugt werden und ist gleich, mindestens aber vor dem Abbinden zu verarbeiten. Bereits abgebundener, steifer Mörtel darf nicht wieder mit Wasser angerührt und unter keiner Bedingung mehr verwendet werden.

Reiner Zement ohne Sandzusatz wird nur selten und nur unter Wasser zur Ausfüllung von Sprüngen und Rissen, Verstopfung von Quellen, dann zur Befestigung von Eisen in Stein an Stelle von Blei oder Schwefel verwendet. An der Luft ist er nicht zu verwenden, weil er rissig wird.

Durch Sandzusatz wird bei schnellabbindenden Portlandzementen deren Abbindezeit nur ganz wenig, bei langsam abbindenden Zementen jedoch schon beträchtlich verlängert.

Langsam bindende Zemente sind im allgemeinen den rasch bindenden vorzuziehen; nur bei Wasserandrang, bei Frostwetter, bei Verputzarbeiten u. dgl., wo ein rascheres Abbinden gefordert wird, müssen raschbindende Zemente angewendet werden.

Der Sand für den Zementmörtel soll resch und rein sein, ist daher eventuell vor der Verwendung zu waschen. Er soll auch entsprechend fein sein, weil er sich dann mit dem Zement inniger vermengt.

Das zu verwendende Wasser soll reines, salzfreies Süßwasser sein, rein von Ton, Fett, Schlamm usw. Die Menge des Wassers richtet sich nach der Art der Verwendung des Mörtels, nach der Porosität der Bausteine, nach der Temperatur sowie nach der Abbindezeit des Zementes. Raschbindende Zemente erfordern mehr Wasserzusatz als langsam bindende.

Das Mischungsverhältnis von Zement und Sand hängt von der Güte des Zementes und des Sandes ab, sowie von der geforderten Festigkeit. Je feiner ein Zement gemahlen ist, je langsamer er abbindet und je größere Festigkeit er für sich erlangt, desto mehr Sandzusatz verträgt er.

Für Bauten, die wasserdicht sein sollen, wählt man ein Verhältnis von Zement zu Sand wie 1:1½ bis 1:2, für Zementpflaster (Estrich) und Zementverputz 1:2 und 1:3, für aufgehendes Mauerwerk 1:3 bis 1:4, für Fundamente 1:5 und 1:6 usw.

Zur Zubereitung des Zementmörtels werden Sand und Zement mit Schaufeln oder besser mit Gefäßen vorgemessen, mit Schaufeln trocken und innig vermischt, bis die ganze Mischung die gleiche Farbe hat, sodann mit dem nötigen Wasser begossen und mit Schaufeln oder Mörtelkrücken ordentlich durchgearbeitet, bis alle Sandkörner gleichmäßig in Zementbrei eingehüllt sind. Bei größeren Bauten werden hierzu Mörtelmaschinen verwendet.

Bei der Verwendung des Zementmörtels muß beachtet werden, daß demselben nicht das zur Erhärtung notwendige Wasser entzogen werde; es sind daher z. B. die durch Zementmörtel zu verbindenden Steine, besonders wenn sie sehr porös und trocken sind, vor der Verwendung ordentlich mit Wasser zu tränken, zu verputzende Mauerflächen vorher wiederholt zu nässen u. dgl.

e) Gemischte Mörtel.

Reine Zementmörtel im Mischungsverhältnis von 1 Teil Zement zu 2 bis 4 Teilen Sand erreichen bei rascher Erhärtung eine hohe Festigkeit, sind aber etwas teurer als Luftmörtel, so daß sie meist nur dort verwendet werden, wo man Wasserdichtigkeit, Schutz gegen Nässe und Feuchtigkeit anstrebt, oder wo eine erhöhte Inanspruchnahme des Mauerwerkes ihre Anwendung erfordert.

Zementmörtel mit 5 oder mehr Teilen Sand auf 1 Teil Zement erreichen zwar auch noch genügend hohe Festigkeiten, der Mörtel ist aber zu mager, haftet weniger am Stein, gestattet keine sichere und leichte Verarbeitung und ist auch nicht genügend wasserdicht. Gibt man aber einem solchen Mörtel einen Zusatz von Weißkalk (Fettkalk) oder gut gelöschtem, hydraulischem Kalk, so werden die erwähnten Mängel beseitigt.

Der Zusatz von Kalk gestattet somit die volle Ausnützung eines guten Zementes, besonders des Portlandzementes, wodurch auch hinsichtlich des Preises eine ausgiebige Verwendung desselben möglich wird.

Man nennt solche gemischte Mörtel ohne Rücksicht auf die Menge des Kalkes und Zementes „Zementkalkmörtel“ oder „Kalkzementmörtel“, oft auch „verlängerte oder gestreckte Zementmörtel“; letztere Bezeichnung ist jedoch im Falle als der Kalkgehalt überwiegt, nicht entsprechend.

Eine richtigere Benennung, die das Verhältnis zwischen Zement- und Kalkmenge, sowie die Eigenschaften des Mörtels besser zum Ausdruck bringt, ist folgende:

Verlängerter Zementmörtel ist ein Zementmörtel mit Kalkzusatz, wobei der Zementgehalt überwiegt. Der Kalkzusatz benimmt dem Mörtel die oft unerwünschte Eigenschaft der allzuraschen Erhärtung, bei der oft Schwindrisse und Abblätterungen eintreten, er verlängert also die Erhärtungsdauer des Zementmörtels, daher sein Name; er vermehrt aber auch die Bindekraft, zumeist auch die Festigkeit.

Nach Versuchen soll bei Mörtel aus 1 Raumteil Zement und 2 Teilen Sand durch Zusatz von ¼ Teil gelöschtem Kalk die Zugfestigkeit um rund 10%, die Druckfestigkeit um rund 20% und die Bindekraft am Stein um rund 25% vermehrt werden.

Ein Mörtel aus 1 Teil Zement, 7 Teilen Sand mit ½ Teil Kalk zeigt dieselbe Festigkeit als einer aus 1 Teil Zement und 5 Teilen Sand ohne Kalkzusatz.

Verstärkter oder schnellbindender Kalkmörtel ist ein Kalkmörtel mit Zementzusatz, wobei der Kalkgehalt überwiegt. Der Zementzusatz verbessert in vieler Beziehung die Eigenschaften eines Weißkalk- oder hydraulischen Kalkmörtels, ohne die Kosten viel zu erhöhen. Manche nennen diesen Mörtel auch verlängerten Zementmörtel, wohl deshalb, weil er sich in seinen Eigenschaften jenen des Zementmörtels nähert, aber länger als letzterer zur Erhärtung braucht. Weißkalkmörtel erlangt z. B. durch einen geringen Zusatz von Zement die Eigenschaft, in verhältnismäßig kurzer Zeit abzubinden, bedeutend fester zu werden und der Einwirkung der Feuchtigkeit besser zu widerstehen.

Derartiger Mörtel kann ohne merkliche Verminderung der Bindekraft auch innerhalb 6 bis 9 Stunden mehrmals abgerührt und dann erst verwendet werden. Dem fetten Weißkalk wird naturgemäß mehr Zement beigemischt werden müssen als dem mageren Kalk, weil dieser durch seine tonigen Beimengungen schon in gewissem Grade hydraulische Eigenschaften besitzt.

Erfahrungsgemäß erlangt der Weißkalkmörtel bei einem Zementzusatz von $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{5}$ des Kalkvolumens eine 3- bis 4mal größere Festigkeit.

Die Bereitung gemischten Mörtels erfolgt so wie die des Luftkalkmörtels, nur wird dem Sande früher das nötige Zementquantum beigemischt und trocken durchgearbeitet. Bei Verwendung von Kalkpulver, anstatt Kalkbrei, werden die entsprechenden Mengen Sand, Zement und Kalkpulver in trockenem Zustande vermengt, sodann mit der erforderlichen Wassermenge zu Mörtel verrührt.

Diese Mörtel werden in manchen Fällen den Zementmörtel vollkommen ersetzen, daher wird ihre Anwendung für feuchte und stärker beanspruchte Mauertheile in vielen Fällen sehr ökonomisch und auch zweckentsprechend sein.

f) Frostsichere Mörtel.

Jeder Mörtel ist so lange vor der Einwirkung des Frostes zu schützen, bis er so weit erhärtet, daß der größte Teil des im Mörtel enthaltenen Wassers durch chemische Bindung verbraucht ist. Dies ist meist nach 14 Tagen schon der Fall.

Wird dem zur Mörtelbereitung verwendeten Wasser ein gewisses Quantum Kochsalz oder kristallisierte Soda beigemischt, so wird der daraus erzeugte Mörtel frostsicher, d. h. er kann selbst bei strenger Kälte verarbeitet werden, ohne daß das in demselben enthaltene Wasser zu Eis erstarrt, was den Erhärtungsprozeß verhindern würde. Ratsam ist für diesen Zweck die Verwendung von Soda, weil diese den Erhärtungsprozeß beschleunigt, während Kochsalzzusätze denselben verzögern und außerdem im Mauerwerke schädliche Salzbildungen erzeugen können.

Das beizumengende Sodaquantum ist abhängig von der Beschaffenheit der Mörtelsubstanzen und von der Temperatur.

Versuchsweise wurde festgestellt, daß bei einer Temperatur von 0° bis -6° C $\frac{1}{6}$, von -6° bis -12° C $\frac{1}{5}$ und unter -12° C $\frac{1}{4}$ kg kristallisierte Soda für 1 Liter Wasser vollkommen genügt.

Zur Bereitung des frostsicheren Mörtels kann nur Roman- oder Portlandzementmörtel, mindestens aber verlängerter Zementmörtel verwendet werden, Weißkalkmörtel bleibt gänzlich ausgeschlossen.

Bei der Bereitung des frostsicheren Mörtels wird zuerst 1 Teil Soda in 2 Teilen siedendem Wasser gelöst, diese Lösung der entsprechenden Menge kalten Wassers beigemischt und dieses Wasser bei einer Temperatur von höchstens $+25$ bis 30° C dem trocken gemengten Sand und Zementquantum beigeschüttet, das Ganze zu Mörtel verrührt und sofort verarbeitet. Auch Tripolith (Seite 60) gibt einen frostsicheren Mörtel. Der Sorelzementmörtel (Seite 61) eignet sich ganz besonders als frostsicherer Mörtel.

g) Beton (Grobmörtel, Konkrete).

Beton ist ein Gemenge von hydraulischen Bindemitteln, Sand und Schotter mit dem nötigen Wasserzusatz. Er hat die Eigenschaft, schnell zu erhärten und eine dichte, gleichförmige, fast unzerstrenliche, steinartige wie aus einem Stück bestehende Masse zu bilden. Beton wird daher als Ersatz für natürliche Steine zu den verschiedenartigsten Mauerwerks- und Pflasterarbeiten usw. verwendet.

Je nach der Art des hydraulischen Bindemittels bezeichnet man den Beton näher als Traßbeton, Puzzolanbeton, Kalkbeton, Zementbeton usw. Die weitaus größte Verwendung findet der Zementbeton, der gewöhnlich nur Beton genannt wird.

Über Erzeugung und Verarbeitung des Betons siehe Kapitel Maurerarbeiten.

h) Gips.

Gips ist wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk. Abarten sind Gipsspat (Frauen- glas, Selenit), Fasergips (Atlasgips) und Alabaster.

Durch Brennen verliert der natürliche Gipsstein entweder teilweise oder ganz das chemisch gebundene Wasser und zerfällt zu einem weißen Pulver, das man **gebrannten Gips** oder kurzweg **Gips** nennt.

Wird der Gipsstein bis auf etwa 120 bis 130° C erhitzt, so verliert er nur einen Teil seines Wassers und man erhält den sogenannten **Stuck- oder Bildhauer- gips**, auch **Schnellgips** genannt. Macht man diesen mit Wasser zu einem milchartigen Brei, so fängt letzterer in 5 bis 10 Minuten an zu erstarren (abzu- binden) und erhärtet in längstens 30 Minuten. Hierbei entwickelt er eine mäßige Wärme und vergrößert sein Volumen um zirka 1%. Dieser Gips treibt also etwas während der Erhärtung, nach derselben jedoch nicht mehr.

Wird der Gipsstein bei höherer Temperatur (150 bis 160° C) gebrannt, so entsteht ein rascher abbindender Gips (1 bis 2 Minuten), der beim Erstarren eine viel größere Erwärmung aufweist; man sagt der Gips ist **hitzig**. Derselbe treibt noch einige Zeit nach dem Erhärten. Ähnlich verhält sich auch ein bei niedrigerer Temperatur, d. h. nicht völlig gar gebrannter Gips.

Wird der Gipsstein etwas über 200° C erhitzt, so verliert der Gips ganz seinen Wassergehalt und die Eigenschaft, mit Wasser angemacht, zu erhärten; er ist **totgebrannt**.

Steigert man jedoch die Hitze beim Brennen weiter bis zur Rotglut, so entsteht sogenannter **Estrichgips** oder **Mauergips**, der wieder sehr wertvolle Eigenschaften besitzt. Er ist dichter und schwerer und nimmt Wasser sehr langsam wieder auf. Macht man aus ihm einen steifen Gipsbrei an, so bindet dieser sehr langsam ab (nach Stunden) und erhärtet erst nach vielen Tagen vollständig ohne zu treiben. Schließlich erlangt er eine sehr große Festigkeit, wird sehr dicht und gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüsse sehr widerstandsfähig.

Für Bauzwecke ist somit nur der Stuckgips und der Estrichgips geeignet. Andere, d. h. bei andern Temperaturen gebrannte Gipse sind unbrauchbar.

Das Brennen der Gipsrohsteine findet in Öfen oder Meilern so wie das Kalk- brennen statt. Der gebrannte Gips wird auf Mühlen oder Pochwerken zerkleinert, dann zwischen Walzen oder Steinen oder in Kugelmühlen gemahlen und dann gesiebt. Kleinere Mengen können auch zuerst gepulvert und dann auf Blechen oder in Trommeln gebrannt werden.

Die praktische Verwendung des Gipses erfolgt in der Form von **Gips- mör tel**, worunter man den mit Wasser angemachten Gipsbrei versteht, der nach seiner Verarbeitung, wie früher erwähnt, wieder erhärtet.

Mörtel aus **Stuckgips** wird vielfach verwendet, vor allem zu ver- schiedenen Stuck- und Bildhauerarbeiten; zu Ausbesserungen von Löchern und Vertiefungen in Wänden und Fassaden, die rasch trocknen sollen; zum Versetzen

von Eisen und sonstigen Gegenständen in Mauerwerk; für Herstellung von Rabitzwänden und Gipsdielen, auch als Frostmörtel usw. In allen Verwendungen ist Stuckgips vor den Einflüssen des Wetters sowie vor Feuchtigkeit zu schützen; große Festigkeit kann von ihm auch nicht verlangt werden.

Durch Verwendung von Leimlösung anstatt Wasser wird der Gipsmörtel langsamer abbindend, dichter und fester. Auch durch Zusatz von Alkohol zum Anmachwasser kann die Abbindezeit auf Stunden verlängert werden.

Wird dem Gipspulver 2 bis 8% fein gepulverte Eibischwurzel beigemischt, so wird die Erhärtung des Gipsmörtels auch sehr verzögert und es entsteht nach dem Trocknen eine sehr zähe Masse, die sich feilen, drehen und bohren läßt.

Auch durch Zusatz von Kalk, Sand, Ziegelmehl, Schlacken u. dgl. kann ein Gips langsamer bindend gemacht werden, er treibt dann auch weniger, wird aber magerer und von geringerer Festigkeit. Mit Kalk und Sand gemischt, wird er auch zu Stukkaturarbeiten verwendet.

Wenn man gebrannten Gips mit einer Lösung von 1 Teil Alaun auf 12 Teile Wasser tränkt, erhärten läßt, dann wieder bis zur Rotglut brennt, hierauf pulvert, und dieses Pulver mit einer gleichen Alaunlösung anrührt, so erhält man einen sehr hart werdenden Gipsmörtel, der sich färben, polieren und waschen läßt. Man nennt ihn *Alaungips* oder auch *Keeneszement*; er ist wetterbeständig und wird zur Anfertigung von Stuckmarmor verwendet.

Mörtel aus Estrichgips wird in allen jenen Fällen verwendet, in denen es auf große Festigkeit ankommt. Er gibt ein Mauerwerk von außerordentlicher Festigkeit, das niemals treibt. Mit Vorteil verwendet man ihn zu Fußböden (*Gipsestrich*). Er ist auch ein vorzüglicher Stoff für die Herstellung von Kunststeinen oder von Gußmauerwerk.

Wände aus diesem Mörtel sind von großer Trockenheit, wenn sie gegen aufsteigende Feuchtigkeit gut isoliert werden.

Gegenüber dem Zement hat Gips den Vorteil, daß er sich sehr leicht mit allen Arten von Erdfarben färben läßt; die natürliche Farbe ist blendend weiß.

i) *Tripolith* (*Dreifachstein*).

Der *Tripolith* ist ein aus tonhaltigem, gebranntem Gipsstein erzeugtes Pulver, dem etwas Schlackmehl beigemischt ist; er hat eine bläulichgraue Farbe. *Tripolith* besitzt die Eigenschaft, mit wenig Wasser vermengt, unter geringer Wärmeentwicklung und geringer Volumenvermehrung rasch abzubinden.

Er soll sich zur Mörtelerzeugung für Verputzarbeiten, sowohl im Trockenen als im Feuchten, oder der Witterung ausgesetzten Teilen gut bewährt haben. Besonders für Stukkaturarbeiten, zum Verputz auf Holz und Eisen usw., zum Ziehen von Gesimsen soll sich *Tripolithmörtel* sehr gut eignen, weil er auf jedem Material gut haftet und auch keine Schwindrisse bekommt.

Zur Mörtelbereitung für gewöhnliche Verputzarbeiten wird eine Mischung von 1 Teil *Tripolith* und 3 Teilen reinem Sand, für Verputzflächen an der Wetterseite eine Mischung von 1 Teil *Tripolith* und 2 Teilen Sand gewählt. Bei ganz geringem Zusatz von Kalkmilch wird der Mörtel etwas langsamer bindend, ohne daß er an Bindekraft merklich einbüßt. Für gewöhnliche Mauerung eignet sich die Mischung mit 2 Teilen *Tripolith*, 1 Teil Kalk und 7 Teilen Sand.

Werden die Verputzflächen mit Eisen abgerieben und gebügelt, so erhalten sie einen schönen Glanz und eine größere Härte.

Tripolith gibt auch infolge seines raschen Abbindens und der geringen Wärmeentwicklung einen frostsicheren Mörtel.

Tripolith erzeugen die *Tripolithwerke* in Guntramsdorf bei Wien.

k) Der Lehm m ö r t e l.

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 Lehm brei kleinfaserige Stoffe als: Spreu, Flachsabfälle, Kuhhaare u. dgl. beigemischt. Zur Erzielung größerer Härte wird manchmal auch Rindsblut oder Tiergalle beigemischt.

Der Lehm m ö r t e l 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 Lehm m ö r t e l mit Stroh- oder Heuabfällen gemischt, *Stroh-lehm* 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 unbekleidet bleiben.

l) S o r e l z e m e n t m ö r t e l.

Die kaustisch gebrannte Magnesia, wenn sie mit einer ziemlich konzentrierten Lösung von Chlormagnesia (20 bis 30° Bé) versetzt wird, erhärtet in der gleichen Zeit wie Portlandzement. Diese Mischung wird nach seinem Erfinder Sorelzementmörtel genannt.

Durch Beimischung von Sand, oder Sand und Schotter in den beim Mörtel oder Beton üblichen Mischungsverhältnissen erhält man einen Mörtel oder Beton, welcher an Festigkeit den Portlandzementmörtel oder Beton mindestens gleichkommt, meist aber überlegen ist.

Durch Beimischung von pflanzlichen Stoffen (Holzmehl, Holzwole, gebrochenem Schilfrohr u. dgl.) erhält man eine dem Xylolith (Steinholz) ähnliche Masse, welche als Fußbodenbelag gute Dienste leistet.

Der Sorelzementmörtel erhärtet auch bei tief unter dem Gefrierpunkt liegenden Temperaturen, eignet sich daher besonders als *frostsicherer Mörtel* oder *Beton*, dagegen ist derselbe in Verbindung mit fließendem oder Grundwasser und auch für Eisenbetonarbeiten nicht zu verwenden, da er vom Wasser zerstört wird und mit Eisen nicht gut bindet. Er ist also bloß als Luftmörtel, nicht aber als Wassermörtel verwendbar.

Die kaustische Magnesia, welche zumeist aus Griechenland bezogen wurde, ist jetzt in den *R a d e i n e r M a g n e s i t w e r k e n* in jeder Menge zu bekommen.

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 **R o h e i s e n** 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:

R o h e i s e n mit 2·3 bis 5% Kohlenstoff; schmilzt bei 1000 bis 1300° C.

S t a h l mit 0·5 bis 2·3% Kohlenstoff; schmilzt bei 1300 bis 1800° C.

S c h m i e d e i s e n mit 0·05 0·5% Kohlenstoff; schmilzt bei 1800 bis 2250° C.

Beim **R o h e i s e n** unterscheidet man wieder je nach dem Gehalt an Silizium und Mangan:

S i l i z i u m - R o h e i s e n, auch **g r a u e s R o h e i s e n**, Graueisen oder Schwarzeisen genannt, bei dem der Kohlenstoff zum größten Teile als Graphit beigemischt ist, so daß letzterer im Bruch mit freiem Auge wahrnehmbar ist.

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

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

M a n g a n - R o h e i s e n, auch **w e i ß e s R o h e i s e n**, 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.

H a l b i e r t e s R o h e i s e n mit teils chemisch gebundenem, teils mechanisch beigemischt Kohlenstoff. Es hat weißen, feinkörnigen Bruch, mit eingesprengten Graphitplättchen.

Das zur Erzeugung von Gußwaren geeignete Roheisen heißt **G u ß e i s e n**. Dieses hat große Druckfestigkeit, aber keine Zugfestigkeit.

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

Schmiedeeisen und Stahl sind **s c h m i e d b a r e E i s e n s o r t e n**, letzterer ist überdies härtbar.

Je nach der Herstellungsart unterscheidet man **S c h w e i ß e i s e n** und **S c h w e i ß s t a h l**, die durch Zusammenschweißen von weißglühenden, teigähnlichen Massen gewonnen werden, und **F l u ß e i s e n** und **F l u ß s t a h l**, 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: Magnet Eisenstein, 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 aufgeschlichteten 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 diesen Zwecke gattiert, d. h. vermengt 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 bis 32 m hoch.

Der Ofenschacht besteht auf 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. Windströmungsöffnungen *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 Teile desselben, dem Schmelzraum, ein kräftiges Holzfeuer angemacht, hierauf von oben durch die Gicht in abwechselnden Schichten Brennmaterial (Holzkolhe 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 Brennmaterials 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 Brennmaterials 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 Kohlensäure, gleichzeitig wird das Eisen gekohlt. (Reduktions- und Kohlunzone.)

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. Schachtöfen oder Flammöfen) eingeschmolzen und hierbei durch Mischung geeigneter Eisensorten sowie durch Zusätze die gewünschte Qualität des Gußeisens erzielt.

Das so gewonnene Gußeisen wird in Formen gegossen, welche aus Sand, Lehm oder Eisen hergestellt sein können. — 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 gemacht, 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. Hierdurch 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 wird abgestrichen.

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 hierbei 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, durch das Frischen oder den Frischprozeß, indem der überschüssige Kohlenstoff sowie fremde Stoffe, die die Schmiedbarkeit beeinträchtigen, durch Verbrennen und Oxydation derselben beseitigt werden.

Man unterscheidet:

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 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 hierzu nur weißes Roheisen.

2. Der Puddelprozeß. Das Puddeln wird in einem Flammofen, Fig. 2, T. IV, vorgenommen, 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. An beiden Rändern liegen hohle H e r d e i s e n o, durch welche ebenfalls zur Abkühlung kalte Luft oder Wasser geleitet wird. Die Brücken sind aus feuerfestem Material gebildet. Durch die A r b e i t s t ü r e 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 Feuer- raum 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, w e i ß e s R o h e i s e n verwendet, das in 6 bis 12 kg großen Stücken in einem Gesamtgewicht von 150 bis 250 kg pro C h a r g e 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 V o r w ä r m e h e r d liegt dann, nur getrennt durch die Fuchsbrücke, unmittelbar neben dem Puddelherd. Man kann aber auch den Vorwärmeherd gleich dem Puddelherd ausgestalten und dann immer abwechselnd in jedem Herd puddeln, in dem früher das Roheisen vorgewärmt wurde.

Der P u d d e l p r o z e ß spielt sich in 3 Perioden ab. In der ersten Periode, der F e i n p e r i o d e, 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 R o t s c h l a c k e 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 R o h f r i s c h p e r i o d e, beginnt die Verbrennung des Kohlenstoffes unter heftigem Kochen und Aufsteigen von blauen Flämmchen. Die Schlacke wird jetzt dickflüssiger und wird G a r s c h l a c k e 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 G a r f r i s c h p e r i o d e, geht die Entkohlung sehr rasch vor sich. Das Eisen wird jetzt mit spitzen Brechstangen durchgeschlagen und behufs gleichmäßiger Entkohlung u m g e s e t z t, d. h. in horizontaler Richtung bewegt und schließlich in Ballen von zirka 50 kg, die man L u p p e n nennt, gebracht.

Der Frischprozeß ist jetzt zu Ende, die Luppen werden aus dem Ofen genommen und behufs Auspressen 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 R o h s c h i e n e n, ausgewalzt. Diese sind 50 bis 250 mm stark und werden behufs P a k e t i e r u n g in entsprechend lange Stücke geschnitten.

Der Puddelprozeß dauert 1½ bis 2 Stunden, so daß in 12 Stunden 6 bis 8 Chargen zu 150 bis 250 kg, zusammen also 900 bis 2000 kg Eisen gepuddelt werden können.

Der vorgeschilderte Puddelprozeß heißt „P u d d e l n a u f S e h n e“, er wird zur Erzeugung des Schweißeisens angewendet.

Will man jedoch P u d d e l s t a h l oder das Zwischenprodukt zwischen Stahl und Schmiedeeisen, das sogenannte F e i n k o r n e i s e n erzeugen, so hält man einen anderen Vorgang ein, den man „P u d d e l n a u f K o r n“ 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 u n t e r d e r S c h l a c k e z u g a r e n. (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 g e g a r t 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 v e r s c h w e i ß t, d. h. bis zur Weißglut erhitzt und dann durch Schlag oder Druck mittels Dampf- oder Handhämmer oder Walzen zu einem einzigen Stück geformt. Die bei der Erhitzung unter Luftzutritt an den Oberflächen sich bildenden Eisen-oxyde 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 (S c h w e i ß p u l v e r) künstlich eine Schlacke gebildet werden.

Das Erhitzen der Rohschienen erfolgt entweder in offenen Feuern oder in S c h w e i ß f l a m m ö f e n. Vor dem Einbringen in den Ofen werden die Rohschienen p a k e t i e r t, 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.

D a b e i j e d e r S c h w e i ß u n g d e r K o h l e n s t o f f g e h a l t v e r r i n g e r t w i r d, so läßt sich das Eisen durch den Schweißprozeß nur insoweit verbessern, also noch für die verlangten Eigenschaften des Endproduktes genügend Kohlenstoffgehalt vorhanden bleibt. Durch wiederholtes Schweißen wird daher Stahl in Schmiedeeisen, letzteres jedoch in v e r b r a n n t e s E i s e n übergeführt.

3. D a s W i n d f r i s c h e n (B e s s e m e r- u n d T h o m a s - P r o z e ß). Das Prinzip dieses Prozesses besteht darin, daß man das in einem Kupolofen (Schacht-ofen) eingeschmolzene oder direkt dem Hochofen entnommene, flüssige Roheisen in ein bis zur Rotglut erhitztes Gefäß (die B i r n e, den K o n v e r t e r) gießt und durch dasselbe heiße, gepreßte Luft (den sogenannten W i n d) durchbläst, die vermöge ihres Sauerstoffgehaltes die Verbrennung des Siliziums, Mangans und Kohlenstoffes bewirkt; hierdurch 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

rückgekühlt. Dieser Vorgang ist sicherer und einfacher und bietet den Vorteil, daß die schädlichen Bestandteile des Roheisens bei der fortgesetzten Entkohlung in ausgiebigerer Weise entfernt werden.

Die Birne (der Konverter), Fig. 3, T. IV, ist ein birnförmiges, aus Eisenblech hergestelltes Gefäß, das mit einem feuerfesten Material ausgefüllt und mit 2 Zapfen drehbar aufgehängt ist. Die Drehung folgt 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 rechtwinkelig 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 Ausfütterungsmateriales 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 bis 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 hierzu in die horizontale Lage umgekippt wurde. Die Birnen fassen 6000 bis 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 bis 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 Kohlenstoffes; nach gänzlicher Entkohlung hört die Flamme auf, womit der Prozeß beendet ist, der im ganzen per Charge 40 bis 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 beendet, 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 (Coquillen) 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 phosphorreicherem 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. Hierdurch 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, wird daher in gemahlenem Zustande als Kunstdünger verwendet.

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 Herd *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 Hüttensohle, 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 Kammerpaar, um dieses vorzuwärmen. Ist das erste Kammerpaar 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 Herdsohle aus basischem Material (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 bis 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 bis 8 Stunden, er erfordert einen höheren Brennmaterialaufwand 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 Tiegelgußstahl.

Wird Stahl irgendeiner Erzeugungsart in feuerbeständigen Tiegeln umgeschmolzen, so erhält man einen Flußstahl von besonderer Gleichmäßigkeit, den sogenannten Tiegelgußstahl.

Die Tiegel sind meist aus sandfreiem Ton, dem Schamotte und Graphit beigemischt sind, in Größen für Einsätze von 15 bis 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 bis 9 Tage, die Abkühlung 3 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 Holzkohlenpulver in Büchsen von Eisenblech gepackt und geglüht, wodurch sich die Oberfläche härtet.

Sollen Gegenstände (Platten, Niete 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.

G u ß e i s e n 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.

S c h m i e d e e i s e n 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 S c h w e i ß e i s e n ist in der Weißglühhitze auch schweißbar; F l u ß e i s e n 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 Schweiß Eisen 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.

Tabelle über Festigkeitsverhältnisse der verschiedenen Eisensorten:

Eisengattungen	Kohlenstoffgehalt in %	Spezifisches Gewicht	Schmelzpunkt in ° C	Mittlere Festigkeit in <i>kg</i> pro <i>cm</i> ² auf		Zulässige Beanspruchung pro <i>kg</i> und <i>cm</i> ² auf		
				Zug	Druck	Zug	Druck	Ab-scherung
weißes Gußeisen graues	2.3 bis 5	7.25	1100 bis 1300	1200	7500	200	750 bei Säulen 600	250
Schweiß Eisen	0.05 bis	7.8	1800 bis 2250	2500 bis	2500 bis	1000	1000	800
Flußeisen	0.5		1300 bis 1800	3800	3800			
Schweißstahl Flußstahl (Gußstahl)	0.5 bis 2.3	7.7	1300 bis 1800	4500 bis 6500 Gußstahl bis 25.000	4000 bis 6000	3000	3000	—

g) Zusammensetzung und Eigenschaften der Stahlsorten.

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 bis 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 Härt- und Schmiedbarkeit und gleicht dann dem Roheisen.

Der im Stahl vorkommende gebundene Kohlenstoff ist der eigentliche Träger der Härtbarkeit. 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 bis 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 bis 20%) verleihen dem Stahl große Festigkeit, Zähigkeit und Naturhärte (Manganstahl). Wolfram (2 bis 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 bis 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, Kanonenrohren 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.

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 — Härten bzw. Nachlassen 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 Oxydschicht, 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 Oxydschicht — 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 gleichzeitig 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 anläuft, 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 Ölschicht aufzugießen.

i) Erprobung des Schmiedeeisens und Stahles.

Diese kann 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 Einkerbigen 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. **W a r m p r o b e n.** Die **L o c h p r o b e.** 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 **A u f h a u p r o b e.** 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 **A u s b r e i t e p r o b e** (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 **S t a u c h p r o b e.** 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 *rr'* (Fig. 9, T. IV) auftreten.

H ä r t u n g s b i e g e p r o b e, 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. **Ä t z p r o b e.** Diese dient zur Ermittlung von Schlackenstellen bei Schweißfugen 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) **H a n d e l s f a b r i k a t e d e s E i s e n s.** 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. **S ä u l e n** aus Gußeisen (Fig. 1 bis 4, Taf. V). Diese erhalten eine Wandstärke von 10 bis 35 *mm*, eine größte Länge von 6 *m* und einen äußeren Durchmesser von 80 bis 300 *mm*. Sie sollen womöglich 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 **K o n s o l e n** angegossen, siehe Fig. 1 bis 3, T. V. Die anschließenden Träger müssen dann auch miteinander verbunden werden.

2. **G u ß e i s e r n e F l a n t s c h e n- u n d M u f f e n r o h r e** (Fig. 5, 6 und 7, T. V.) von 40 bis 1000 *mm* lichtem Durchmesser, 8 bis 24 *mm* Wandstärke und den üblichen Längen von 2 bis 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. U n t e r l a g s p l a t t e n für Eisenträger werden in rechteckiger Form aus Gußeisen 20 bis 30 *mm* dick, oder aus Eisenblech 10 bis 15 *mm* dick, gewöhnlich 300 *mm* breit und je nach der erforderlichen Auflagefläche 150 bis 450 *mm* lang gemacht.

4. R o h r e a u s S c h w e i ß e i s e n, und zwar:

- a) K e s s e l r o h r e von 38 bis 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 übereinandergeklappte Schweißnaht.
- b) G a s- u n d W a s s e r l e i t u n g s r o h r e aus Schmiedeeisen (Fig. 11, T. V), mit Gewinden und Muffen; lichter Durchmesser von 10 bis 80 *mm*.

5. M a n n e s m a n n r o h r e sind gewalzt und nahtlos aus Martinstahl oder Tiegelgußstahl erzeugt, von 10 bis 51 *mm* äußerem Durchmesser und 1 bis 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 bis 305 *mm* äußerem Durchmesser (an den oberen Enden) erzeugt, an den unteren Enden sind sie entsprechend weiter. Die Höhe der Säulen beträgt 1600 bis 6500 *mm*.

6. S t a b e i s e n, je nach der Form auch Rund-, Quadrat-, Flacheisen usw. genannt, ist aus Schweißisen ausgewalzt oder ausgeschmiedet; die Stäbe sind 3 bis 6 *m* lang; aus Flußeisen wird seltener Stabeisen hergestellt, da dasselbe eine geringere Schweißbarkeit besitzt.

Nach der F o r m d e s Q u e r s c h n i t t e s unterscheidet man:

- a) B a n d e i s e n von 10 bis 100 *mm* Breite mit 5 *mm* Abstufung und 1 bis 4·75 *mm* Dicke; es wird in Buschen zu 10, 25 und 50 *kg* verkauft.
- b) F l a c h e i s e n in Stäben von 3·00 bis 6·00 *m* Länge, 10 bis 150 *mm* Breite und 3 bis 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 bis 40 = 3, bei 40 bis 70 = 4, bei 70 bis 100 = 5, bei 100 bis 190 = 7 *mm*.

- c) S c h l i e ß e n e i s e n ist ein Flacheisen, welches in 6 Nummern verkauft wird, und zwar das 2^{er} mit $\frac{14}{53}$, das 3^{er} mit $\frac{18}{53}$, das 4^{er} mit $\frac{14}{46}$, das 5^{er} mit $\frac{12}{46}$, das 6^{er} mit $\frac{10}{46}$ und das 7^{er} mit $\frac{8}{46}$ *mm* Querschnitt, Fig. 29, T. VI.
- d) Q u a d r a t e i s e n u n d R u n d e i s e n wird in der Regel mit 6 bis 36 *mm* Dicke bzw. 6 bis 40 *mm* Durchmesser erzeugt, das schwächere wird in Buschen von 25 und 50 *kg*, das stärkste 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. W a l z e i s e n, Form- oder Fassoneisen; von diesem unterscheidet man:

- a) W i n k e l e i s e n, gleichschenkeliges und ungleichschenkeliges, Fig. 1 und 2, T. VI; es wird mit Nr. bezeichnet, und zwar Nr. $1\frac{1}{2}$ bis 16, d. h. 15 bis 160 *mm*

Schenkellänge. Vom ungleichschenkeligen Winkeleisen gibt es Nr. $\frac{3}{4\frac{1}{2}}$

bis $\frac{11}{16\frac{1}{2}}$, d. h. Nr. $\frac{3}{4\frac{1}{2}} = \frac{30 \text{ mm}}{45 \text{ mm}}$ Schenkelhöhe und Nr. $\frac{11}{16\frac{1}{2}} =$

$= \frac{110 \text{ mm}}{165 \text{ mm}}$ Schenkelhöhe. Die Dicke der Schenkel beträgt 3 bis 18 *mm* bei

gleichschenkeligen und 5 bis 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. $\frac{9}{13\frac{1}{2}}$ mit 12 mm Schenkelstärke wird bezeichnet $\frac{90 \times 135}{12}$. Die Normallänge beträgt 4 bis 8 m , die größte Länge ist 12 m . Es gibt auch verschiedene abnormale Winkeleisen, siehe Tafel VI, Fig. 3. bis 8.

- b) **T-Eisen**, mit normaler und mit hochstegiger 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:

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

- c) **Belag- oder Zoréseisen**, Fig. 20, T. V von Nr. 11 bis 26.
 d) **Quadranteisen**, Fig. 21 von 10 bis 30.
 e) **Gewalzte Eisenträger**, Fig. 14 bis 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:

Z-Träger , Fig. 16, Nr. 6 bis 20, U-Träger , Fig. 15, Nr. 6 bis 60 und I-Träger , Fig. 14, Nr. 8 bis 50	}	Normallängen 10 m , größte Länge 14 m ; andere Längen sind zu bestellen.
--	---	---

Die Flanschenbreiten 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 Flanschen 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. **Eisendrahte**. 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 bis 5 und $12\frac{1}{2}\text{ kg}$ 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 verzinnt.

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 bis 5 mm dick, 0.4 bis 0.5 m breit und 1.0 bis 1.50 m lang.

- b) Kesselbleche, 250 m lang, 1.00 m breit und 20 bis 200 kg schwer; I^a steirisches 1.00 bis 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 Klostergewölben 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 Treppenstufen, von Brückenfußwegen, als Kanaldeckplatten u. dgl. Sie werden bis 450 kg schwer, bis 1.35 m breit und 5 bis 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*. Darnach 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 bis 0·90 m.

10. Nägel. 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 Schiefelnägel, Schloßnägel usw., Fig. 23, T. V.

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

Die Drahtstifte 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 $2\frac{1}{2}$ - bis 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 abzuscheiden 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 3 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 über-

zeugen, 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 Bruche eine licht rosenrote Farbe; viel Kohlenstoffbestimmung 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 Leitfähigkeit.

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

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 (kohlensaures 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) ansammeln, 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 bis 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 niedriger Temperatur, läßt sich aber bei 100 bis 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 Oxydschicht, 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 Oxydschicht; 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 weniger 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 Oxydschicht 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 gesundheits-schädliche Bleistoffe lösen, während hartes Wasser, welches kohlsauren oder schwefelsauren Kalk enthält, kein Blei aufnimmt, es bildet sich vielmehr an der Oberfläche des Bleies ein schwacher Überzug von kohlsaurem 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 benutzt. Reineres Zinnerz wird ohne weitere Vorbereitung oder bloß nach einigem Schlämmen 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. Hierzu sind mehrere Verfahren üblich. Entweder wird das Werkzinn auf geneigten, 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.

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 bis 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 niedrigerer Temperatur, läßt sich aber bei 100 bis 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 Oxydschicht, 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 Oxydschicht, 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 weniger 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 Oxydschicht 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 kohlen-sauren oder schwefelsauren Kalk enthält, kein Blei aufnimmt, es bildet sich vielmehr an der Oberfläche des Bleies ein schwacher Überzug von kohlen-saurem oder schwefel-saurem 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 benutzt. Reineres Zinnerz wird ohne weitere Vorbereitung oder bloß nach einigem Schlämmen 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. Hierzu sind mehrere Verfahren üblich. Entweder wird das Werkzinn auf geneigten, 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 Metalls 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 neuerer 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 Pol gebracht, worauf sich das gelöste Zinn auf einer Metallfläche am negativen Pol niederschlägt. Das so gewonnene Zinn und die entzinnten 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, gewalzt 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 bis 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 Warmschmieden 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, Flugzeugbestandteile, 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 bis 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, andererseits 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 bis 50% Zink) kann durch Änderung im Mengungsverhältnisse in ganz verschiedenartigen Abarten

dargestellt werden. Messing mit 30 bis 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 bis 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 bis 80% Zink, blaßgelb bis silberweiß, sehr spröde und nur zu Gußwaren geeignet.

Durch geringe Beimengung von Blei bis zu 30% 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 eine Schmiedbarkeit und Festigkeit, aber nur bei einem Zinkgehalte von mindestens 40%.

Die Erzeugung von Messing geschieht durch Zusammenschmelzen von Kupfer und Zink mit Messingabfällen in Tiegeln im Wind- oder Flammofen. 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 tonhaltige 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 Oxydschicht 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.

D i e B r o n z e, 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 bis 85% orange gelb, unter 85 bis 80% reingelb und unter 80 bis 50% gelblichweiß bis weiß, unter 50 bis 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 leicht 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 bzw. des Klanges.

C. Glas.

a) Allgemeines über Glaserzeugung.

Das Glas ist eine aus verschiedenen Rohstoffen, die Kieselsäure, Kalk und Kali oder Natron enthalten, zusammengesmolzene, 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 zusammengesmolzene 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 Böden abgetrennt wurde, im Streckofen auf eine mit sehr glatter Oberfläche versehene Tonplatte gebracht. Nach entsprechender Erhitzung wird der geschlitzte Zylinder mit Hilfe einer eisernen Krücke ausgebreitet und durch Überfahren mit der Krücke geebnet und geglättet. Die so gebildete Tafel wird dann in den anschließenden Kühlöfen eingeschoben und dort unter stets abnehmender Wärme langsam gekühlt. Die entsprechend abgekühlten Tafeln werden dann aus dem Kühlöfen genommen und mit dem Diamant oder mit einem glasharten Stahlrädchen, unter Berücksichtigung etwaiger Fehler, zu rechteckigen Tafeln geschnitten.

Das Gußglas, Spiegelglas usw. wird in der Weise hergestellt, daß auf eine entsprechend große (eventuell aus mehreren Stücken zusammengesetzte) Eisenplatte die geschmolzene Glasmasse gegossen und sofort mit einer Walze entsprechend ausgebreitet, geebnet und das Ende abgetrennt wird. Die Tafel wird dann in den anschließenden Kühlöfen geschoben und dort langsam abgekühlt. Das Zutransportieren

der Masse erfolgt in Häfen auf einem entsprechend verschiebbaren Laufkran mit der größten Schnelligkeit. Die ganze Arbeit muß rasch und mit größter Präzision ausgeführt werden, sie erfordert daher das korrekte Zusammenwirken einer größeren Arbeitspartie.

b) Verschiedene Glassorten.

Durch geeignete Zusätze und verschiedenartige Manipulation bei der Erzeugung erhält man verschiedene Glassorten.

Das Bleiglas — auch Bleikristall genannt — ausgezeichnet durch Farbenspiel, Glanz und vollem Klang, wird durch einen größeren Zusatz von Bleioxyd, unter Anwendung verschiedener Entfärbungsmittel (Braunstein oder Nickeloxyd) gewonnen. Bei Halbkristall wird Bleioxyd teilweise durch Kalk ersetzt. Bleiglas ist weich und leicht schmelzbar.

Das Überfangglas wird erzeugt, indem man das an der Pfeife haftende, noch wenig aufgeblasene Bleiglas in ein färbiges Glas eintaucht und dann durch Aufblasen weiter verarbeitet. Man kann auch umgekehrt färbiges Glas in weißes Glas eintauchen oder mehrere Schichten übereinander auftragen und später durch Abschleifen verschiedene Farben an die Oberfläche vortreten lassen.

Färbige Gläser gewinnt man dadurch, daß man den Rohstoffen verschiedene Zusätze beimengt, und zwar Braunstein für graue, Smalte und Kobaltoxyd für blaue, Uran für gelbe, Kupferoxyd mit Chromoxyd für grüne Gläser usw. Die Oxyde des Eisens, in verschiedenen Verhältnissen gemengt, vermögen alle Färbungen des Glases hervorzurufen.

Mattglas wird mit Sandgebläse erzeugt, indem ein kräftiger Luftstrom scharfen Sand gegen die Glasfläche schleudert, wodurch schon in einigen Sekunden die Glasfläche ein völliges „Matt“ zeigt. Durch Überkleben der Glasfläche mit in Papier ausgeschnittenen Ornamenten können mit Sandgebläse auch verschiedene Musterungen hergestellt werden (dessiniertes oder Ornamentmattglas). Durch verschiedene Säuren (Flußsäure, Salzsäure u. dgl.) kann die Glasfläche auch matt geätzt werden, indem man die zur Ätzung bestimmte Säure auf die Glasfläche aufträgt, früher aber die nicht zu ätzende Glasfläche durch einen Anstrich mit Fettstoff schützt. Nach Entfernung des Ätz- und Fettstoffes erscheint die geätzte Fläche matt, die durch den Fettstoff geschützte Fläche aber durchsichtig.

Farbig dekorierte Gläser werden auf folgende Weise erzeugt: Es wird aus Sand, Mennige und Borsäure mit verschiedenen färbenden Metalloxyden ein leicht schmelzbares, färbiges Glas hergestellt, dieses fein gepulvert und mit etwas verdicktem Terpentin angerieben. Diese Masse wird mit Pinseln in verschiedenen Musterungen auf die Glasfläche aufgetragen und dann im Ofen eingebrannt.

Schleifglas (geschliffenes Glas). Kleinere Gegenstände werden auf gut abgedrehten, gußeisernen Scheiben, auf welche beständig sandhaltige Wassertropfen fallen, geschliffen, dann auf steinernen Glättscheiben und schließlich auf Polierscheiben aus Lindenholz weiter behandelt. Die letzte Politur wird auf der Bürst-scheibe gemacht, auf welche Englischrot, Tripel, Zinnasche oder Zinkweiß mit Wasser aufgetragen wird. Das Schleifen der gegossenen, rauhen Spiegelglasflächen geschieht mit verschieden konstruierten Maschinen durch vier aufeinanderfolgende Schleifoperationen, und zwar das Rauhschleifen, Klarschleifen oder Doucieren, Feindoucieren und Polieren, eventuell auch durch Handarbeit.

c) Gebräuchliche Tafelglassorten.

Das Tafelglas wurde früher als Kaliglas mit Pottasche hergestellt, heute benutzt man statt Pottasche schwefelsaures Natron mit Kohle und Kalk, seltener

Soda und erhält ein Natronkalkglas, welches härter und elastischer ist, daher auch weniger zum Erblinden neigt.

Man unterscheidet vom Tafelglas verschiedene Sorten, und zwar:

1. Das ordinäre Tafelglas (Lagerglas) mit einem etwas grünlichen oder bläulichen Stich; dieses wird als einfaches Tafelglas mit 1·7 mm Dicke, ferner als doppeltes, dreifaches und vierfaches Tafelglas mit der doppelten, dreifachen oder vierfachen Stärke, nur in kleineren Tafeln erzeugt; es soll wellen und knopffrei und möglichst weiß sein.

2. Das Solinglas wird in größeren Tafeln als einfaches Solinglas mit 2 mm Dicke und als doppeltes Solinglas mit 3 mm Dicke erzeugt; es ist bedeutend weißer und reiner als das ordinäre Tafelglas.

3. Das Halbsolinglas ist eine Mittelgattung zwischen ordinärem und Solinglas.

4. Das Spiegelglas, ein gegossenes, dann an der Oberfläche geschliffenes und poliertes Tafelglas wird mit einem Bleizusatz — um es reiner und weißer zu machen — erzeugt und in sehr großen Tafeln hergestellt.

5. Das Tafelgußglas wird 5, 10, 20 und 25 mm dick in verschiedenen Tafelgrößen gegossen. Das geschnürte Gußglas (Schnürlglas) hat auf einer Seite der Tafelfläche eingegossene Rinnen (Schnürln), es wird in Stärken von 5, 8 und 12 mm erzeugt.

6. Das Drahtglas, ein Gußglas mit eingegossenem Drahtgeflecht, wird in verschiedenen Dicken und Größen erzeugt; man soll die Größe früher bestellen, weil das Teilen desselben sehr umständlich und kostspielig ist.

7. Das Rohglas ist ein minder reines Gußglas, glatt oder geriffelt, mit 5 bis 13, selbst bis 30 mm Dicke und kleineren Tafeln, etwa 30/36 cm; es dient für Verkleidungen, Abdeckungen und Pflasterungen, über welche letztere gegangen oder gefahren werden kann. Man unterscheidet glattes und geschnürtes oder Rautenrohglas.

8. Das Mattglas wird durch Abschleifen oder mit Hilfe von Sandgebläsen erzeugt; es verhindert das Durchsehen und mildert die durchleuchtenden, grellen Lichtstrahlen. Figurale oder dessinirte Mattgläser werden entweder mit Sandgebläse oder auch durch Ätzen hergestellt. Die Tafelgrößen und Stärken sind nicht beschränkt.

9. Das Farbglas wird durch verschiedene Zusätze in den verschiedensten Farben gewonnen und in gewöhnlicher Tafelgröße erzeugt.

Das Milchglas oder Beinglas ist ein weißes Farbglas.

10. Das Hart- oder Preßglas ist ein besonders hartes und widerstandsfähiges Glas, welches bis zum Erweichen erhitzt und dann rasch abgekühlt wurde. Mit der Härtung wird gleichzeitig auch die Formgebung verbunden, indem man die weiche Glasmasse in Ton-, Sand- oder Metallformen von bestimmter Temperatur und Wandstärke preßt (Preßglas).

Mit Wasserdampf gehärtetes Glas wird Vulkanglas genannt.

Das Hartglas ist äußerst widerstandsfähig gegen Bruch, daher zu allerlei Bedachungen, Verkleidungen u. dgl., wo zeitweise starke Beanspruchung auftritt, besonders zu empfehlen. Es verträgt größere Belastungen als gewöhnliches Glas und kann sehr stark erhitzt und dann mit Wasser besprengt werden, ohne zu zer springen.

Näheres über Glastafeln u. dgl. erscheint im II. Band, Glaserarbeiten.

d) Glasbausteine. (Siehe Maurerarbeiten „Dünne Wände“ und Tafel 10.)

Glasbausteine nach Patent Falconnier sind aus Glas geblasene, hohle, allseits geschlossene, verschieden geformte Körper, welche gewöhnlich nach einer, manchmal nach zwei Seiten pyramiden- oder kugelförmig gestaltet werden. Sie

können aus halbweißem, farblosem und auch aus verschiedenfarbigem Glase erzeugt und zu Wänden, Decken, Gewölben und zur Ausfüllung von Lichtöffnungen verwendet werden.

Infolge der eingeschlossenen Luft sind sie gute Isolatoren gegen Kälte, Wärme, Schall und Feuchtigkeit, auch gegen Elektrizität.

Sie sind sehr lichtdurchlässig, ohne daß man durch sie durchsehen kann. Ihre Verwendung ist daher dort besonders vorteilhaft, wo viel zerstreutes Licht und gleichmäßige Temperatur erfordert wird, z. B. für Fabriks- und Operationsäle, Gewächshäuser, Ateliers, Wintergärten, Glashäuser, Oberlichten usw.

Für die Verbandherstellung werden außer den ganzen auch viertel, halbe und dreiviertel Glasbausteine erzeugt. (Siehe II. Band, Tafel 10.)

D. Technische Farben.

a) Farbstoffe.

Zur Gewinnung der Farbstoffe dienen verschiedenartige Substanzen, aus welchen man den Farbstoff entweder direkt oder erst durch Umwandlung erhält. Durch mancherlei chemische Prozesse kann man die Grundfarbe einer Substanz in verschiedenartige, andere Färbungen verwandeln, z. B. Ultramarinblau wird aus Stoffen erzeugt, von denen keiner die blaue Farbe besitzt.

Man unterscheidet daher natürliche und künstliche Farbstoffe und von diesen wieder Erd- oder Mineralfarben, Metallfarben, ferner Farbstoffe des Pflanzen- und Tierreiches, welche letztere für bautechnische Verwendungen fast bedeutungslos sind. Manche Farbstoffe werden aber auch durch Vermengung von Substanzen verschiedenartigen Ursprunges, eventuell unter Einwirkung chemischer Prozesse gewonnen. In neuester Zeit werden aus den Produkten des Steinkohlenteeres, aus Asphalt u. dgl. allerlei Farbstoffe verschiedenster Nuancierung gewonnen.

Als echte Farben werden jene bezeichnet, welche ihre ursprüngliche Farbe auch unter der Einwirkung von Luft, Licht und Wasser behalten oder nur wenig verändern, während die unechten Farben gewöhnlich verblassen oder ihre Farbe sonst irgendwie ändern.

Die Farbstoffe werden vor ihrer Anwendung zu Anstrichen mit Wasser, Öl oder mit Spiritus u. dgl. vermengt und dann als Wasser-, Öl- oder Spiritusfarben usw. bezeichnet. Den Wasserfarben wird wegen besseren Anhaftens an der Anstrichfläche außerdem noch eine Leimlösung oder Kalkmilch u. dgl. zugesetzt, man bezeichnet sie dann als Leim-, Kalkfarben usw.

Manche Farbstoffe sind mit mehr oder weniger gesundheitsschädlichen Stoffen vermengt, oft auch direkt giftig, daher nicht für jede Verwendung geeignet. Bei Wasser-, Leimfarben u. dgl. ist die Verwendung von gesundheitsschädlichen oder giftigen Farben, besonders für Anstriche im Innern der Gebäude ganz ausgeschlossen. Bei Ölfarbenanstrichen oder bei solchen mit einem Lacküberzug wird der Giftstoff durch den öligen, harten Überzug am Entweichen verhindert, ist daher nur dann schädlich oder gefährlich, wenn durch Einwirkung von flüssigen oder gasförmigen Substanzen eine Ausscheidung des Giftstoffes stattfinden würde. Gefäße, welche zur Aufbewahrung von Nahrungsmitteln dienen, dürfen mit solchen Farben nicht angestrichen werden.

Erd- und Mineralfarben:

Diese Farbstoffe sind mineralischen Ursprunges und bestehen größtenteils aus verschiedenen, mit feiner Tonerde mehr oder weniger gemengten Metalloxyden. Der in Gruben, Stollen u. dgl., vielfach aber als Nebenprodukt in Eisenerzgruben gewonnene Rohstoff wird größtenteils auf Pochmühlen, Kollergängen u. dgl. zu

feinem Pulver vermahlen, sodann geschlämmt, um Sandkörner usw. abzusetzen, dann getrocknet, oft auch durch Filterpressen geleitet, um das Wasser rascher zu entfernen. Die getrockneten Brote werden dann nochmals fein gemahlen und gesiebt.

Die meisten Farbstoffe erhalten durch Brennen oder Glühen eine Veränderung ihres ursprünglichen Farbtones; z. B. die hellen Ocker nehmen einen hellroten und die dunklen Sorten einen dunkelroten, braunen oder braunschwarzen Farbenton an. Das Brennen oder Glühen und das richtige Mischungsverhältnis in Verbindung mit gut konstruierten Brennöfen ist daher von großer Wichtigkeit für die Erzeugung von schönen, haltbaren Farben.

Die Erdfarben vermengen sich mit Wasser sehr rasch und innig und dienen hauptsächlich für die Herstellung von Wasserfarben, aber auch als Zusatz zu den bei Ölfarben zur Verwendung gelangenden Metallfarbstoffen.

Von den Erdfarben werden für Bauzwecke folgende Farbstoffe häufig gebraucht:

O c k e r (Ockererde). Diese vielfach gebrauchte und beliebte Erdfarbe findet sich überall, wo Eisenerz oder eisenhaltiges, zersetztes Gestein vorkommt, zumeist als Brauneisenstein dicht unter der Dammerde. Ocker enthält einen Eisengehalt, welcher zwischen 5 und 50% variiert; je größer der Eisengehalt, desto feuriger und lebhafter wird die gelbe Farbe aussehen und desto bessere Deckkraft wird sie besitzen (Goldocker).

Ocker, welcher als Grundmasse Tonerde oder Tonschiefer enthält, fühlt sich fett an und ist weniger für Ölfarben als für Wasserfarben geeignet, während Kalkerde, Kieselerde als Grundmasse mageren, nur für Ölanstriche geeigneten Ocker gibt.

Feine und feurige Ockersorten sind seltener, sie werden häufig künstlich durch Beimengung von Chromgelb oder Chromorange erzeugt, diese Fabrikate sind wohl schön, bei Ölfarbe auch haltbar, aber teuer. Auch mit Anilinfarben wird Ocker schöner gemacht, doch ist er dann nicht lichtbeständig.

Die verschiedenen Sorten Ocker werden mit vielen, zumeist willkürlichen Bezeichnungen belegt, man hat

- die Gelberde, eine tonige, gelbe Erde;
- den Goldocker (Santinober), feurig und goldgelb;
- Brillantgelb, als das schönste Hochgelb;
- Chromocker; d. i. mit Chrom gemischter Ocker;
- Ölcker, eine für Ölanstriche besonders geeignete Sorte;
- Braunocker, mit einem ins Grünliche gehenden Stich;

U m b r a (Umbraun, Umber) besteht aus kieselsauren Tonerden, mit 15 bis 70% Eisen- und Manganoxyden, ist von gelber oder brauner, ins Rötliche oder Grünliche schimmernder Farbe. Die helleren Sorten werden auch Rehbraun, die dunkleren Umbraun und die grünlichen Sepiabraun genannt.

Eine braungrünliche, von der Insel Cypern kommende Sorte zeichnet sich durch Feinheit und Deckkraft besonders aus. Eine ähnliche Qualität findet sich aber auch bei uns bedeutend billiger; durch einen Zusatz von Grün wird deren Wert noch erhöht.

Umbrä gibt eine vorzüglich trocknende, schöne und widerstandsfähige Ölfarbe, auch Lasurfarben für Holzimitation und den Hauptbestandteil zur Erzeugung von Sikkativ. (Siehe Seite 97.)

Die kölnische Umbrä (Kasselerbraun) ist eine erdige Braunkohle, sie liefert durch Lösen mit Kalilauge und Fällen mit Säuren den braunen Karmin.

E i s e n m i n i u m ist eine bis 70% Eisen enthaltende, braunrote Erdfarbe, welche aus verschiedenen tonigen Eisenoxyden durch Brennen, Pulvern und Schlämmen hergestellt wird und als Ölanstrich außerordentliche Deckkraft und

Haltbarkeit, besonders auf Eisen besitzt. Es wird daher vielfach zu Eisenanstrichen (Grundierungen) an Stelle des Bleiminiums verwendet.

E n g e l r o t (Englischrot) ist eine zumeist rotbraune, oft auch verschieden nuancierte Farbe von bedeutender Deckkraft und guter Haltbarkeit, welche durch Glühen, Mahlen und Trocknen von Alaun- oder Vitriolschlamm gewonnen wird. Durch verschiedenartiges Brennen in eigens konstruierten Öfen können verschiedenartig nuancierte Engelrotsorten erzeugt werden. Engelrot verbindet sich gut mit anderen Farbstoffen und wird als Maler- und Anstreicherfarbe, ferner auch als Poliermittel für Glas und Metall verwendet.

K r e i d e (Schlämmkreide), eine weiße Erdfarbe, wird durch Mahlen und Schlämmen von Rohkreide (siehe Kalksteine) gewonnen und als Wasser- (Leim-) Farbe häufig gebraucht. Sie dient aber auch mit Blei- oder Zinkweiß gemengt zur Bereitung von Ölfarben. Die Bergkreide ist ein Rohprodukt von grauweißer Farbe und dient zumeist zur Herstellung von Glaserkitt.

Gute Kreide darf keine fremden Beimengungen (Eisenoxyde) haben, muß sehr weiß und zerreiblich sein.

P e r m a n e n t w e i ß (Barytweiß) wird aus Schwerspat (schwefelsaurem Baryt) oder aus Witherit (kohlensaurem Baryt) gewonnen, es ist ein weißes Pulver mit besonders guter Deckkraft und Haltbarkeit und wird oft als Ersatzmittel für Blei- und Zinkweiß verwendet.

Permanentweiß wird größtenteils als Wasserfarbe gebraucht; um es auch für Ölfarbe geeignet zu machen, wird es in Muffeln geglüht und in kaltem Wasser abgeschreckt. Man verwendet es meist in Mischung mit Blei- oder Zinkweiß.

G r i f f i t h s w e i ß (Lithoponweiß) ist eine sehr schöne, weiße Farbe, welche besser deckt und auch billiger ist als Bleiweiß. Der Farbstoff wird durch Fällen von Schwefelbarium mit Zinkchlorid und darauffolgendes Glühen und Mahlen gewonnen. Griffithsweiß kann als Ersatz für Bleiweiß dienen, wird an der Luft weder gelb noch schwarz und nimmt im Sonnenlichte eine graue Farbe an.

S c h w a r z e F a r b e n kommen unter verschiedenartiger Zusammensetzung, daher auch unter verschiedener Benennung vor. Das in der Natur vorkommende schwarze Mineral besteht aus Kohle, Kieselsäure, Ton und Beimengung von Eisensalzen, Schwefel usw. und erscheint in mächtigen Lagern als Alaun- oder Vitriolschiefer bald härter, bald weicher. Je schwärzer die Farbe und je feiner das Material gemahlen und geschlämmt wird, desto wertvoller ist der daraus gewonnene Farbstoff. Die geringeren Sorten bezeichnet man als Schieferschwarz, schwarze Erde oder Kreide, die besseren als Frankfurterschwarz, Reben- oder Kohlenschwarz.

Als schwarze Farben, jedoch nicht Mineralfarben, sind noch zu erwähnen: **R e b e n s c h w a r z**, das durch Verkohlen von Weinreben und Vermahlen der daraus gewonnenen tiefschwarzen Kohle erzeugt wird. (Auch andere Pflanzenstoffe sowie Braunkohle geben, verkohlt und fein gepulvert, schwarze Farben.) **B e i n s c h w a r z** und das geschätzte **E l f e n b e i n s c h w a r z**, die aus verkohlten Knochen erzeugt werden; endlich **K i e n r u ß**, der durch Verbrennung von Kienholz, leichten und schweren Teerölen bei Abschluß von Luftzutritt gewonnen wird.

Die schwarzen Farben haben gewöhnlich einen bräunlichen, seltener bläulichen Stich. Rein tiefschwarze Farben sind seltener zu finden.

G r a p h i t, ein chemisch reiner Kohlenstoff, findet sich in der Natur zumeist mit Ton u. dgl. gemengt, ist glänzend schwarz oder grauschwarz. Feinere Sorten dienen zur Bleistiftfabrikation, die gewöhnlichen liefern einen dauerhaften und ausgiebigen Anstrichfarbstoff für Öl- und Wasserfarben.

U l t r a m a r i n ist ein schöner, blauer Farbstoff, der früher auf mechanischem Wege aus Lazurstein gewonnen wurde, jetzt aber aus eisenfreiem Ton, Schwefel und Soda (Sodaultramarin) oder aus Ton, Glaubersalz und Kohle (Sulfatultramarin)

künstlich dargestellt wird. Man unterscheidet kieselarmes Ultramarin von hellem, reinblauem Farbton, durch Alaun leicht zersetzbar, und kieselreiches Ultramarin mit eigentümlich rötlichem Ton; dieses ist widerstandsfähiger gegen Zersetzung durch Alaun.

Bei der Darstellung von Sulfatultramarin erhält man als erstes Produkt das grüne Ultramarin, welches zum Teile als Tüncherfarbe und zum Tapetendruck verwendet wird, zum größten Teile aber durch weiteres Erhitzen mit Schwefel und bei Luftzutritt in blaues Ultramarin verwandelt wird.

Das Ultramarin liefert den schönsten Farbstoff sowohl für Wasserfarben als auch für Öl- und Lackfarben. Der Anstrich widersteht der Einwirkung von Luft, Licht und Alkalien.

Häufig wird Ultramarin mit Gips oder Schwerspat vermengt, wodurch verschiedene Farbabstufungen entstehen.

G r ü n e r d e (Tirolergrün) ist ein toniges, durch Eisenoxydul gefärbtes Silikat, welches als fein gemahlenes Pulver in den Handel kommt. Grünerde dient mit wenigen Ausnahmen bloß für Kalkfarben. Der Anstrich ist wetter- und lichtbeständig und widersteht auch den Säuren und ätzenden Laugen. Der aus Blutlaugensalz künstlich hergestellte Farbstoff verblaßt bei Einwirkung von Licht und Säuren.

L a u b g r ü n ist eine Mischfarbe von Ultramarinblau und Chromgelb, oft mit Zusatz von Schwerspat, Ton, Gips u. dgl. Die Mischung beider Farbstoffe erfolgt in breiartigem Zustande auf Mühlen. Laubgrün deckt als Ölfarbe vortrefflich, trocknet sehr gut und ist an nicht zu hell belichteten Stellen ziemlich haltbar, dagegen verblaßt der Farbstoff im Sonnenlichte ziemlich rasch. Als Wasserfarbe ist Laubgrün weniger brauchbar.

C h r o m g r ü n wird aus Chromsalzlösungen durch Zusatz von wenig löslichen Hydraten, wasserhaltigen kohlensauren Metalloxyden, Schwefelmetallen usw. zu- meist auf nassem Wege gewonnen. Reines Chromgrün hat einen feurigen, schönen Farbenton und ist für Wasser und Ölfarben gut verwendbar, aber teuer. Häufig wird Laubgrün statt Chromgrün verkauft.

K a i s e r g r ü n (Schweinfurtergrün, Mitisgrün) ist eine sehr lebhaft, feurig-grüne Farbe mit wenig Deckkraft, die aus weißem Arsenik und Grünspan erzeugt wird. Sie ist giftig und kann nur mit haltbaren Bindemitteln (Leinölfirnis) oder mit einem Lacküberzug angewendet werden. Der Farbstoff wird häufig mit Schwerspat, Gips u. dgl. gemengt und als billigeres Produkt unter verschiedenen Namen in den Handel gebracht. Kaisergrün ist im Wasser weniger, in kohlensauren, ätzenden Alkalien gut löslich.

M e t a l l f a r b e n:

Diese durch verschiedene Oxydationsprozesse aus den Metallen (Blei, Zink usw.) oder Metalloxyden gewonnenen Farbstoffe dienen vorzugsweise zur Herstellung von Öl- und Öllackfarben. Viele der besprochenen Erdfarben haben einen größeren oder kleineren Gehalt von Metalloxyden und sind daher mehr oder weniger auch zu Ölfarben geeignet. Eine strenge Scheidung der Erd- und Metallfarben ist demnach nicht möglich.

B l e i w e i ß, ein feines, blendend weißes Pulver von außerordentlicher Deckkraft, wird aus metallischem Blei durch verschiedenartige Oxydationsverfahren gewonnen und besteht aus kohlensaurem Bleioxyd und Bleioxydhydrat von wechselnder Zusammensetzung. Die Art und Weise der Darstellung hat großen Einfluß auf die Reinheit und Deckkraft des Farbstoffes. Nach dem französischen Verfahren wird eine Lösung von basisch-essigsäurem Blei durch Einwirkung von Kohlensäure gefällt, nach der alten holländischen Methode wird metallisches Blei in Haufen von Pferdemit oder Gerberlohe der Einwirkung von Essigdämpfen und der durch die

Gärung des Mistes entstehenden Kohlensäure ausgesetzt. Nach der deutschen Methode werden dünne Bleiplatten in Kammern aufgehängt und der Einwirkung von Wasser- und Essigdämpfen, atmosphärischer Luft und Kohlensäure ausgesetzt. Die französische Methode liefert ein rein weißes Produkt, aber von geringer Deckkraft; die holländische ein solches von größerer Deckkraft, aber minderer Reinheit; das deutsche Verfahren liefert dagegen reines Bleiweiß von vorzüglicher Deckkraft.

In jüngster Zeit wurde das Verfahren der Bleiweißgewinnung wohl schon vielfach geändert, so daß die oben aufgestellte Behauptung nicht mehr ganz zutreffend sein dürfte; man muß daher die verschiedenen Fabrikate auf ihre Güte zuerst prüfen. Die minderen Sorten von Bleiweiß enthalten zum größten Teile Schwerspat, z. B. Venetianerweiß enthält $\frac{1}{2}$, Hamburgerweiß $\frac{1}{3}$ und Holländerweiß bloß $\frac{1}{5}$ Bleiweiß. Reines Bleiweiß muß sich in verdünnter Salpetersäure vollständig auflösen, ein Rückstand besteht zumeist aus Schwerspat, Gips u. dgl.

Bleiweiß ist im hohen Grade giftig und im Wasser unlöslich, daher für Wasserfarben nicht geeignet. — Dagegen bildet Bleiweiß infolge seiner außerordentlichen Deckkraft und guten Haltbarkeit ein geschätztes Material zur Bereitung der Öl- und Öllackfarben verschiedener Nuancen. Weiße Bleiweißanstriche werden jedoch an der Luft gelb und bei Einwirkung von Schwefelsäure schwarz. (Siehe II. Band, Anstreicherarbeiten.)

Z i n k w e i ß, ein rein weißes Pulver von geringerer Deckkraft als Bleiweiß, wird aus Zink oder Zinkerzen, zumeist durch Verbrennung und Verdampfung derselben, seltener auf nassem Wege erzeugt.

Zur Darstellung von Zinkweiß auf trockenem Wege erhitzt man Zink in Tonretorten, Muffeln oder Tiegeln, oxydiert den austretenden grünlichweißen Zinkdampf durch einen erhitzten Luftstrom und fängt das gebildete Zinkweiß in Kondensationsräumen auf. Geröstete Erze bringt man in einem Ofen, mit Koks oder Kohlen gemengt, zum Glühen, reduziert also das im Erze enthaltene Zink und leitet die sich später bildenden Zinkdämpfe mit einem Luftstrom durch Röhren in die Kondensationskammern. Das erste Produkt wird durch beigemengte Kohlentelchen grau sein (Zinkgrau), dann aber folgt reines Zinkweiß, welches in Kondensationsapparate geleitet wird.

Versuche zur Darstellung von Zinkweiß auf nassem Wege haben kein günstiges Resultat ergeben. Es wird als Farbstoff so wie Bleiweiß verwendet, obwohl es bedeutend weniger Deckkraft besitzt. Für rein weiße Farben ist Zinkweiß haltbarer und besser als Bleiweiß, weil es weder gelb noch schwarz wird. (Siehe II. Band, Anstreicherarbeiten.)

Auch Zinkweiß wird häufig mit Schwerspat u. dgl. versetzt, um ein billigeres Fabrikat zu erhalten. Reines Zinkweiß muß sich in Essigsäure vollständig lösen, etwaige Rückstände sind gewöhnlich Schwerspat u. dgl.

Manche Händler befeuchten den Farbstoff, um das Gewicht zu vergrößern und daraus mehr Gewinn zu erzielen. Durch Austrocknen des Farbstoffes und darauf folgende Gewichtsermittlung läßt sich dies leicht bestimmen. Mehr als 3 bis 4% Gewichtsverminderung darf nach vollständigem Austrocknen nicht resultieren.

Z i n k g r a u wird bei der Darstellung des metallischen Zinkes als Nebenprodukt gewonnen und besteht aus 95% metallischem Zinke in äußerst feinen Staubkörnchen. Der Farbstoff findet Verwendung für einen schönen, hellgrauen Ölfarbenanstrich, welcher besonders auf Metall gut haftet und einer Verzinkung ähnlich sieht.

Z i n k g e l b (chromsaures Zink) wird durch Verbindungen von Zinkweiß mit gelbem oder rotem chromsauren Kali gewonnen; es ist ein zartes, feuergelbes Pulver, welches weniger Deckkraft besitzt als Chromgelb, aber nicht so giftig ist als dieses.

Z i n k g r ü n ist eine Mischung von Zinkgelb mit Pariserblau; der Farbstoff ist schön grün, haltbar und für Ölfarbe, namentlich aber für Wasserfarbe geeignet.

E c h t e s Z i n k g r ü n ist ein lichtgrüner, schöner, gut deckender Farbstoff, welcher für Wasser- und Ölfarben zu verwenden ist. Er wird durch Glühen eines Gemenges von Zinkoxyd mit Kobaltoxyd gewonnen. Je mehr Zinkoxyd desto heller der Farbenton.

Das gewöhnlich im Handel vorkommende Zinkgrün ist meistens nur eine auf Zinkgelb niedergeschlagene Teerfarbstofflösung, die aber lichtecht und auch haltbar ist.

C h r o m g e l b ist ein goldgelber, gut deckender Farbstoff, welcher aus Bleizucker und doppelchromsaurem Kali gewonnen wird. Die billigeren Sorten werden mit Schwerspat, Gips u. dgl. versetzt.

Reines Chromgelb gibt eine sehr gute, haltbare Ölfarbe, welche durch Zusatz von Blei- oder Zinkweiß beliebig nuanciert werden kann.

Chromgelb mit Berlinerblau gemengt gibt eine grüne Farbe, Laubgrün, oft auch Chromgrün genannt (s. d.).

M i n i u m (Mennige) ist ein schwerer, scharlachroter Farbstoff, welcher sich bei anhaltender Erhitzung von Blei und Bleioxyd an der Luft bildet.

Minium wird meist nur als Grundfarbe für Ölanstrich auf Eisen verwendet, obwohl in dieser Beziehung Eisenminium besser sein soll, weil es das Eisen besser vor Rost schützt und auch so gut haftet als Minium.

Z i n n o b e r, ein hochroter, sehr geschätzter Farbstoff, findet sich wohl an manchen Orten natürlich, wird aber meistens aus Quecksilber und Schwefel, sowohl auf trockenem Wege durch Erhitzen als auch auf nassem Wege durch Auflösung usw. gewonnen.

Zinnober eignet sich für Öl- und Wasserfarben, der Anstrich wird aber an der Luft dunkler, bei unreiner Luft sogar schwarz. Manche Sorten behalten ihre Farbe, manche ändern sie schon in einigen Tagen.

Antizinnober, Patentzinnober, Carmonin sind meist Farbstoffe, welche aus Minium, in Verbindung mit Teerfarbstoffen, erzeugt werden.

B l e i g l ä t t e (Silberglätte, die rötlichen Sorten auch Goldglätte genannt) bildet sanft anzufühlende, leicht zerreibliche, gelbe bis rötliche, metallisch glänzende Schüppchen. Bleiglätte wird durch Oxydation des metallischen Bleies gewonnen und wird beim Kochen von Leinölfirnis oder Sikkativ als Trockenmittel zugegeben.

b) Bindemittel für Farbstoffe.

L e i n ö l. Zur Bereitung von Leinölfirnis muß unverfälschtes, durch Absetzen geklärtes Leinöl (aus Leinsamen gepreßtes Öl) verwendet werden. Mit Rüböl, Baumwollsamensöl, Hanföl, Fischtran oder Harzöl u. dgl. verfälschte Fabrikate sind für die Firniserzeugung minderwertig. Reines Leinöl ist eine gelblich bis bräunlich gefärbte, ölige Flüssigkeit von eigentümlich süßlich bitterem, nachträglich kratzendem Geschmack. Das Leinöl siedet bei 130° C, bei 310° C entwickeln sich übelriechende Dämpfe, welche sich entzünden und auch das heiße Öl in Brand setzen.

Für weiße Anstriche wird das Leinöl vorher gebleicht, was am besten und schnellsten durch kräftige Einwirkung des Sonnenlichtes, eventuell bei Zusatz von Knochenkohle geschieht. Erleichtert wird das Bleichen des Leinöles durch vorheriges Filtrieren desselben mit Knochenkohle. Das Leinöl gehört zu den trocknenden Ölen, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und vorherrschend aus Sauerstoff bestehen. Den Hauptbestandteil des Leinöles bildet das Linolein und die Leinölsäure, welche sich durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft in Linoxynsäure und Linoxyn verwandelt. Das Linoxyn ist elastisch und fest, es widersteht lange Zeit der Einwirkung der Atmosphäre. Nach längerer Einwirkung aber wird es oxydiert, der Anstrich läßt sich dann abreiben oder fällt von selbst ab.

Das Leinöl trocknet sehr langsam, kann daher zur Bereitung von Ölfarben selten direkt verwendet werden, es muß vielmehr früher unter Zusatz von Metalloxyden zu Firnis gekocht werden.

Leinölfirnis ist ein durch Kochen mit sauerstoffreichen Metalloxyden oxydiertes Leinöl, das um so rascher trocknet, je länger es gekocht wird. Zu langes Kochen bei hoher Temperatur gibt aber einen dunklen, dicken, zu kurzes Kochen bei niedriger Temperatur dagegen einen wenig trocknenden Firnis. Vorteilhaft ist ein 3- bis 4stündiges Kochen bei zirka 200° C, mit einem Zusatz von 2% Minium oder Bleiglätte, unter häufigem Umrühren. Nach dem Kochen überlasse man den Firnis so heiß als möglich der Ruhe, bis sich der Satz am Boden des Gefäßes abgesetzt hat, dann gieße man den reinen Firnis ab; der Satz kann noch für dunkle Farben Verwendung finden.

Guter Leinölfirnis muß etwas dickflüssiger und dunkler sein als Leinöl, darf aber nicht dunkel oder gar schmutzigbraun gefärbt sein. Leinölfirnis wird häufig verfälscht, namentlich mit Harz oder Harzöl u. dgl.

Für weiße Farben darf kein Minium und keine Bleiglätte dem Firnis zugegeben werden, weil durch diese die Farbe leicht gelb wird. Als Ersatz hierfür dienen 1% bromsaures Manganoxydul oder 2% Manganoxydhydrat.

Terpentinöl. Terpentinöl ist ein ätherisches, dünnflüssiges, farbloses, manchmal etwas gelbliches Öl mit eigentümlichem Geruch. Es wird durch Destillation des aus den verschiedenen Föhrengattungen gewonnenen Rohterpentins erzeugt und durch weitere Reinigung mit Dampf unter Zusatz von Ätzkalk rektifiziert. Das russische oder polnische Terpentinöl wird aus den Wurzelstöcken der Fichte oder Föhre gewonnen, es hat einen durchdringenden Geruch, welcher auch durch Rektifikation nicht zu beseitigen ist.

Gutes Terpentinöl ist vollkommen wasserhell, hat einen scharfen, aber nicht unangenehmen Geruch, der nach Verflüchtigung des Öles ganz verschwindet.

Zwischen den Handflächen gerieben, muß das Öl rasch verflüchtigen, darf nicht kleben und darf nur einen schwachen Geruch hinterlassen, welcher schon nach einigen Minuten ganz verschwinden muß.

Verfälschtes Terpentinöl, z. B. mit Kohlenwasserstoff (aus Petroleum) und anderen ätherischen Ölen vermengtes, hinterläßt, auf Papier geschüttet, einen Fettfleck, während reines Terpentinöl sofort, ohne einen Fleck zu hinterlassen, verflüchtigt.

Terpentinöl dient dem Anstreicher zum Anreiben und Verdünnen der verschiedenen Harzöllacke, teilweise auch zum Verdünnen der gewöhnlichen Ölfarbe; zu letzterem Zwecke soll es aber nur für Anstriche im Innern der Gebäude und da nur zum geringen Teile verwendet werden. Das Verdünnen der Öl- und Lackfarben mit Terpentin erzielt nur den Vorteil der leichteren Streichbarkeit, vermindert aber den Glanz und die Haltbarkeit des Anstriches. (Siehe II. Band, Anstreicherarbeiten.)

Sikkativ. Sikkativ dient als Zusatz zu Ölfarben, um den Anstrich rascher zum Trocknen zu bringen. Zur Bereitung von Sikkativ wird Leinöl mit einer größeren Menge Bleiglätte, Mennige und Umbra rasch auf eine ziemlich hohe Temperatur gebracht, bis die Masse dick und blasig wird, sodann wird sie vom Feuer genommen, mit Terpentinöl verdünnt und schließlich filtriert. Auf ähnliche Art werden auch verschiedene andere Trockenmittel erzeugt.

Gute Trockenmittel sollen, auf Glas in dünner Schichte aufgetragen, in 15 Minuten und in 5 bis 8% dem reinen Leinöl zugesetzt, den Anstrich in ungefähr 18 Stunden zum Trocknen bringen.

Für weiße Ölfarbenanstriche dürfen Trockenmittel, welche Bleioxyde enthalten, nicht verwendet werden, da sonst der Anstrich gelb wird.

Wasserglas (siehe II. Band, Anstreicherarbeiten) dient ebenfalls als Bindemittel für Farbstoffe (Wasserglasfarben).

c) Lacke (Öllackfirnisse).

Unter Lack versteht der Anstreicher eine Flüssigkeit, welche, als Anstrich auf irgendein Material aufgetragen, bald trocknet und dann einen glänzenden haltbaren Überzug bildet.

Den Hauptbestandteil der Lacke bilden verschiedene Kopale und andere Harze.

Kopale sind harte, schwer schmelzbare, bernsteinähnliche Harze, welche in allen Weltteilen mit Ausnahme Europas vorkommen und in der Form, Größe, Härte sowie in ihren chemischen Eigenschaften sehr differieren. Die Abstammung der Kopale läßt sich nicht bei allen Sorten nachweisen, sie stammen teils von Bäumen, welche jetzt noch existieren; meistens werden sie im Boden in der Form von Platten, Knollen, Kugeln u. dgl. gefunden. Sie sind größtenteils farblos, oft auch gelblich oder rötlich gefärbt. Die weicheren Sorten zeigen oft vielerlei Farben. Durchsichtig sind nur die harten Kopale, welche auch die besten Produkte liefern, z. B. Zanzibar-Kopal, welcher an der Ostküste von Afrika gegraben und über Zanzibar in den Handel gebracht wird, ferner Kieselkopal, ein sehr harter, den Kieselsteinen ähnlicher Kopal, von der Westküste Afrikas stammend, u. a. m.

Dammharz stammt von *Damara orientalis*, einer Konifere, welche auf Malaka, Sumatra, Borneo und Java wächst und aus den Zweigen dieses Harz absondert. Der Dammar wird zu den hellsten (weißen) Lacken verwendet, ist aber als Rohmaterial für fette Lacke nicht gut verwendbar, da er lange weich bleibt.

Der Bernstein ist ein Harz von vorweltlichen Koniferen, das am häufigsten an der Küste der Nord- und Ostsee gefunden wird, sonst aber über die ganze Erde verbreitet ist. Bernstein ist hart, zitronengelb, oft auch mit weißlichen Streifen durchzogen, hat muscheligen Bruch, verbrennt fast ohne Rückstand, schmilzt sehr schwer und wird erst bei 300° C ganz flüssig. Aus den Abfällen des Bernsteines wird ein sehr haltbarer Lack (Fußbodenlack) hergestellt.

Kolophonium (Geigenharz) ist ein bei der Erzeugung des Terpentinöles gewonnener Rückstand von gelblichbrauner Farbe, glasartig, jedoch leicht zerreiblich. Kolophonium dient zur Erzeugung billiger und schlechter Lacke, welche gar nicht vollständig trocknen und, den Witterungseinflüssen ausgesetzt, bald zerspringen und nach kurzer Zeit sich als Staub abreiben lassen.

Die Bereitung der Lacke erfolgt im allgemeinen durch Auflösung der Harze. Nach der Art des die Harze auflösenden Mittels unterscheidet man fette Lacke, Öllacke, Terpentin- und Spirituslacke.

Fette Lacke (Öllacke) sind Lösungen bei hoher Temperatur geschmolzener Kopale oder anderer Harze in trocknendem Öl (Leinöl) und Terpentin. Der Anstrich mit Öllack oder Öllackfirnis trocknet rascher als ein gewöhnlicher Ölfarbenanstrich, besonders in der warmen Luft, indem das ätherische Terpentinöl verdampft, während das mit Öl innig verbundene Harz zurückbleibt und einen festen, glänzenden Überzug bildet, welcher je nach der Güte des verwendeten Harzes auch ziemlich wetterbeständig ist.

Terpentin- und Spirituslacke sind einfache Lösungen von Harzen in Terpentin oder Spiritus, welche noch rascher trocknen als Öllacke, aber an Haltbarkeit diesen bedeutend nachstehen und im Freien gar nicht zu verwenden sind.

d) Ölfarben.

Bei Bereitung von Ölfarben wird der Farbstoff mit Leinölfirnis zu einem mäßig dicken Brei angerührt und dann entweder auf einer geschliffenen Steinplatte (Farbreibplatte) mit dem Läufer (ein ebenfalls glatter Stein mit Handhabe) oder auf der Farbmühle fein zerrieben. Größere Mengen werden heute nur mehr auf Farbmühlen gerieben und diese häufig mit Dampf- oder elektrischer Kraft getrieben. Ölfarben sollen immer aus einem Teile Metall-

farben (Blei- oder Zinkweiß) bestehen, denen man den nötigen Farbstoff beimengt. Die Grundierfarbe, d. h. jene für den ersten Anstrich, wird aber dauerhafter und bedeutend ökonomischer, wenn man dem Bleiweiß $\frac{2}{3}$ Schwerspat beimengt, während für den zweiten und dritten Anstrich höchstens $\frac{1}{3}$ Schwerspat zugesetzt werden darf. Es ist daher vorteilhafter, wenn man chemisch reines Bleiweiß oder Zinkweiß, also kein billiges verfälschtes Gemenge kauft und sich den nötigen Schwerspat je nach Erfordernis selbst beimengt.

Die als mäßig dicker Brei angeriebene Ölfarbe läßt sich sehr lange aufbewahren, wenn man die Oberfläche mit einer Schichte Wasser bedeckt und diese stets erhält. Kommt die Farbe jedoch mit Luft in Berührung, so bildet sich durch die Verwandlung in Linnoxyn an der Oberfläche eine immer dicker werdende Haut.

Solche Ölfarben, deren Farbstoffe eine größere Verwandtschaft zum Wasser haben, z. B. Ocker und fast alle Erdfarben, soll man beim Aufbewahren an deren Oberfläche statt mit Wasser mit einer Ölschichte bedecken, weil das Wasser sich mit den Erdfarben teilweise verbinden würde.

Lasuren, Lackfarben, besonders aber Wasserfarben soll man niemals aufbewahren, vielmehr in kurzer Zeit verarbeiten. Lasuren verdicken sich rasch, Lackfarben werden zähe und Wasserfarben zersetzen sich oder verändern ihre Farbe.

Leinölfarben unterliegen der Verdickung und Hautbildung viel weniger als Firnisfarben, daher wird man länger aufzubewahrende Farben besser mit Leinöl anreiben; auch haben Leinölfarben eine größere Dauerhaftigkeit als Firnisfarben.

e) L a c k f a r b e n.

Lackfarben sind Lacke mit verschiedenen Farbstoffen gemengt, deren Anstrich gleichzeitig Glanz und Farbe gibt.

Lackfarben werden aus den besten Farbstoffen mit einem der vorerwähnten Lacke angerieben. Man unterscheidet also wieder Öllackfarben, Terpentin- und Spirituslackfarben. Das Anreiben der Lackfarben geschieht ähnlich wie das der Ölfarben, jedoch viel sorgfältiger, um vollständig glatte Anstrichflächen zu erhalten.

Lackfarben werden im allgemeinen nur in hellen Farbtönen und da nur selten im Baufache verwendet (Blechlackiererei).

f) L a s u r f a r b e n.

Lasurfarben dienen zur Nachahmung der natürlichen Struktur verschiedener Baustoffe (Holz, Stein usw.). Die betreffenden Farbstoffe hierfür werden zumeist in Essig oder Ölfirnis gelöst.

Man nimmt als Bindemittel für Lasurfarben in manchen, jedoch seltenen Fällen auch Bier, Zucker- oder Gummiwasser. Alle diese Bindemittel (selbst Essig) erzeugen in der Lackierung bald Sprünge auch in dem besten Lacke, daher im Freien nur Öllasuren anzuwenden sind.

Wasserlasuren lassen sich wohl am reinsten arbeiten, die Grundfarbe darf aber nur mager aufgetragen sein und muß gut abgeschliffen werden, damit die Lasur haftet und sich nicht verwischt.

g) L e i m f a r b e n.

Zur Bereitung der Leimfarben wird der Farbstoff mit Wasser verrührt und kurz vor dem Verbräuche die warme, flüssige Leimlösung zugegossen und neuerdings kräftig verrührt.

Die Leimlösung wird bereitet, indem man dunklen Tischlerleim 24 Stunden im kalten Wasser erweichen läßt, ihn sodann zuerst mit wenig Wasser siedet und dann das nötige Quantum kochendes Wasser zuschüttet.

Für alle Leimfarben bildet weiße Bergkreide oder weißer Ton (Pfeifenton) das Hauptmaterial, welches mit anderen Farbstoffen entsprechend gemengt wird.

Leimfarben können nicht aufbewahrt werden, weil die Leimlösung in Fäulnis übergeht und dann nicht mehr bindet. Häufig werden statt Leim andere Surrogate verwendet, welche diesen Nachteil nicht besitzen (Pinol). Andere Farben sind im II. Band, Anstreicherarbeiten, behandelt.

E. Sonstige Baustoffe.

a) Der Leim.

Der Leim wird aus tierischen Häuten, Knochen und Knorpeln u. dgl. durch anhaltendes Kochen derselben gewonnen. Die Chemie unterscheidet 2 Leimarten, den aus Knorpeln erhaltenen Knorpelleim und den aus Knochen und Haut entstehenden Knochen-, Haut- oder Lederleim.

Der Knorpelleim hat nur geringe Bindekraft, weswegen als Bindemittel nur der Knochen-, Haut- oder Lederleim in Betracht kommt.

Als Rohmaterial für die Darstellung von Leim dienen Abfälle der Gerberei, Hasen-, Kaninchen-, Hunde- und Katzenfelle, ferner Ochsenfüße, Flechsen, Gedärme usw. Dieses Leimgut (welches etwa 25 bis 50% Leim liefert) wird zur Reinigung 15 bis 20 Tage — oft auch länger — in mehrfach erneuerter Kalkmilch geweicht, manchmal mit Chlorkalk gebleicht, dann im fließenden Wasser gereinigt und an der Luft getrocknet. Das so gereinigte Rohmaterial — Rohleim genannt — wird nun erst in der Leimsiederei durch Kochen in Leim überführt.

Das Kochen des Leimes geschieht nach altem Verfahren in offenen Kesseln über freiem Feuer. Nach dem neuesten Verfahren wird das Leimgut in geschlossene, dampfdichte Gefäße gebracht und mitten in das Leimgut Dampf eingeleitet. Die durch den Dampf konzentrierte Leimlösung sammelt sich im unteren Teile des Gefäßes, woselbst sie der nachteiligen Einwirkung der Hitze entzogen ist.

Die so erhaltene Leimlösung wird in Kufen — die vor Abkühlung geschützt sind — geleitet, dort mit Alaun u. dgl. geklärt, wodurch sie die fremden Bestandteile absetzt. Die gereinigte Leimlösung wird dann in Holz- oder Metallformen abgelassen und dort zum Erstarren gebracht. Die erstarrte, blockförmige Gallerte wird dann mit feinem Draht in Tafeln zerschnitten und diese auf einem Bindfadennetz an der Luft oder in Trockenräumen, anfangs bei 15 bis 20°, zuletzt bei viel höherer Temperatur getrocknet.

Nicht getrocknete Gallerte kommt als Faßleim in den Handel.

Der Knochenleim wird häufig als Nebenprodukt bei der Knochenmehlfabrikation erzeugt. Dieser Leim enthält einen geringen Gehalt an phosphorsaurem Kalk, hat daher eine milchweiße Farbe, welche oft noch durch einen Zusatz von Barytweiß, Zinkweiß u. dgl. verstärkt wird, und kommt als Patentleim in den Handel.

Auch Lederleim wird oft mit solchen Farbstoffen versetzt und dann russischer Leim genannt. Gemenge von Leder- und Knochenleim geben den Mischleim.

Durch eine besonders sorgfältige Fabrikation kann aus Knochen eine vollständig farblose Leimgelatine erzeugt werden, welche in besonders dünnen, glasartig durchsichtigen Tafeln in den Handel kommt. Diese Leimsorte hat aber wenig Klebekraft und wird zu verschiedenartigen, anderweitigen Zwecken benutzt, z. B. zur Bereitung von künstlichen Blumen, Glaspapier, Glasur auf Luxuspapieren, Gelatinkapseln zum Überziehen übel-schmeckender Arzneien usw.

Der gewöhnliche Leim (Tischlerleim) dient als Bindemittel für Holz, Papier u. dgl., aber auch zu vielerlei anderen Zwecken, für Buchdruckerwalzen, zu elastischen Formen für Bildhauerarbeiten usw.; der schwarze Leim (Knorpelleim) zu Leimfarben u. dgl.

Über Auflösung und Anwendung des Leimes siehe Tischlerarbeiten im II. Band.

Der *Marineleim*, ein fester, wetter- und wasserbeständiger Leim, wird durch Auflösung von 25 g Kautschuk in 1 l Teeröl (Benzol) erhalten; die Auflösung erfolgt erst in etwa 10 Tagen. Der aufgelösten, rahmartigen Masse werden 2 bis 3 Teile Gummilack beigemischt. Das Ganze wird dann in Platten gegossen.

Zur Anwendung wird der Marineleim auf 120° C erhitzt, die zu verbindenden, gut getrockneten Holzflächen werden damit bepinselt und dann fest aneinander gepreßt.

b) K i t t e.

Kitte sind solche Substanzen, welche, in weichem, zumeist streichbarem Zustande zwischen zwei gleichartige oder ungleichartige Körper gebracht, diese nach dem Festwerden des Kittes zusammenhalten; sie dienen aber vielfach auch zum Ausfüllen von Löchern oder Unebenheiten.

Über die Herstellungsweise der Kitte und der dazu dienenden Materialien lassen sich wegen der großen Vielseitigkeit keine allgemein gültigen Regeln aufstellen. In den meisten Fällen sind es Farbstoffe, welche mit irgendeinem Bindemittel zu einem Teige zusammengeknetet werden. Je nach dem zur Verwendung gelangenden Bindemittel hat man Öl-, Harz-, Wasser-, Leim- und Eiweißkitte u. dgl. zu unterscheiden. Kitte, welche durch Hitze weich gemacht werden, nennt man Schmelzkitte. Nach den zu kittenden Materialien hat man auch Stein-, Holzkitte und dergleichen.

Ölkitte werden zumeist aus Bergkreide und Leinölfirnis bereitet, indem man diese Materialien zu einem steifen Teig innig zusammenknetet (Glaserkitt).

Ölkitte, welche rasch trocknen sollen (Anstreicherkitte), werden mit 1 Teil Bleiweiß, 1 Teil Kreide und $\frac{1}{5}$ Teil gepulverte Bleiglätte hergestellt.

Miniumkitte sind aus Miniumfarbe und Leinölfirnis erzeugte Ölkitte, welche auf Eisen, Glas u. dgl. besonders gut haften.

Ein dampfdichter Ölkitt kann aus 2 Teilen Bleiglätte, 1 Teil feinem, gesiebttem Flußsand, 1 Teil feinem Kalkpulver (Ätzkalk) mit Leinöl erzeugt werden.

Harzkitte kleben sehr stark und sollen den Witterungseinflüssen gut widerstehen. Ein solcher Harzkitt kann durch Zusammenschmelzen von 1 Teil Talg mit 2 Teilen Harz gewonnen werden.

Harzkitte können auch als Schmelzkitt verwendet werden, indem man eine der verschiedenen Harze (Pech-, Teer, Asphalt, Kolophonium) mit Kalk, Ziegelmehl, Kreide oder feinem Quarzsand in heißem Zustande innig vermischt und auch heiß zum Kittieren verwendet.

Ein ähnlicher Harzkitt ist die *Heeresdichtungsfaser* von C. Valero in Wien, eine schwarze, weiche, fettige Masse, welche aus $4\frac{1}{2}$ Teilen Teer, $3\frac{1}{2}$ Teilen erdigen Pulvern (Kalk, Tonerde, Kieselsäure) und 2 Teilen feinsten Fasern besteht.

Als *Ofenkitt* können 4 Teile getrockneter, pulverisierter Lehm mit Wasser angefeuchtet und mit 1 Teil Borax zusammengeknetet werden oder man mischt Eisenfeilspäne, Lehm, Sand und Salz mit Wasser oder frischem Blut zusammen. Diese Kitte müssen aber langsam trocknen.

Leimkitte werden mit schwachem Leimwasser und geeigneten Farbstoffen, z. B. Kreide, erzeugt. Zum Verkitten von Holz soll man statt Kreide das der Holzgattung entsprechende Holzpulver, mit Leimwasser gemischt, verwenden. Solche Kitte sind im Freien nicht haltbar.

Zu den *Eiweißkitten* wird meistens Quark mit fein gepulvertem oder frisch gelöschtem Kalk innig vermischt und häufig noch etwas Ziegelmehl, Quarzpulver u. dgl. zugesetzt. Das Kasein des Quarkes ist ein Eiweißkörper, welcher

mit den vermengten Materialien eine gewisse Festigkeit erlangt. Ein solcher Kitt wird z. B. aus 3 Teilen frisch gelöschtem Kalk, 3 Teilen Käse und 2 Teilen feinem Quarz- oder Steinpulver erzeugt, indem man diese Materialien sehr innig vermengt und verreibt. Dieser Kitt kann bei Holz, Pappe, Stein, Glas und Metall angewendet werden.

Schmelzkitten können aus Schellack erzeugt werden. Auch andere Stoffe werden vielfach dazu verwendet. (Siehe Steinmetzarbeiten, II. Band.)

Sonstige Kitten: Eine dicke Lösung von Schellack in Alkohol zwischen zwei zu verbindende Holzflächen gestrichen, dazwischen aber ein Stück Flor eingelegt, gibt nach 24stündigem Zusammenpressen einen allen Witterungseinflüssen ganz gut widerstehenden Kitt; ferner liefern 6 Teile Ätzkalk, 4 Teile Roggenmehl und 4 Teile Leinölfirnis zu teigartiger Masse verstrichen, ebenfalls einen guten, wetterfesten Kitt für Holz.

Für Steinkitt: 3 bis 4 Teile frischer Quark, 2 Teile frisch gelöschter, gepulverter Kalk, $\frac{1}{2}$ Teil feines Quarzpulver zu einem zähen Brei gut verrieben, die zu kittenden Steinflächen werden vorher befeuchtet; oder: 1 Teil Wachs, 8 Teile Kolophonium zusammenschmolzen und mit $\frac{1}{4}$ Teil Gipspulver innig verrührt; oder 1 Teil Pech, $\frac{1}{2}$ Teil Kolophonium zusammenschmolzen und mit $\frac{1}{2}$ Teil Mennige und $\frac{1}{5}$ Teil Ziegelmehl innig verrührt, die Steinflächen müssen erwärmt werden; oder 20 Teile reiner, feiner Flußsand, 2 Teile Bleiglätte und 1 Teil gepulverter Ätzkalk mit Leinöl zu Brei verrührt, gibt einen sehr festen Steinkitt.

Für Eisenkitt: 6 Teile Lehm, 1 Teil Eisenfeilspäne mit Leinöl gut verrührt; oder 40 Teile Eisenspäne, 1 Teil Salmiak, $\frac{1}{2}$ Teil Schwefel mit Wasser gemengt; oder 98 Teile Eisenspäne, 1 Teil Salmiak und 1 Teil Schwefel mit heißem Wasser verrührt; oder 1 Teil weißer Ton, 1 Teil Bleiweiß, 1 Teil Braunstein, fein gepulvert und mit Leinöl gut verrührt.

Für Holzkitt: 6 Teile Kalkhydrat, 4 Teile Roggenmehl und 4 Teile Leinölfirnis; oder die vorgenannten Leimkitten mit Kreide oder Holzpulver.

c) Dachpappe.

Dachpappe wird aus ungeleimter Rohpappe, Steinkohlenteer oder Steinkohlenteerpech und einem Bestreuungsmittel erzeugt.

Die Rohpappe wird in der Papierfabrik aus sorgfältig sortierten Lumpen, Papierabfällen u. dgl., die aus möglichst reiner Wollfaser bestehen sollen, in Rollen von 1 m Breite und beliebiger Länge hergestellt. Als Bestreuungsmaterial entspricht am besten ein reiner, scharfer Sand, doch werden unter Umständen auch Kokspulver, Sägemehl und verkleinerte Korkabfälle verwendet.

Die Imprägnierung der in Rollen erzeugten Rohpappe erfolgt in eigenen Imprägnierpfannen, die mit Teer gefüllt und erhitzt werden, indem die Rohpappe mittels Walzen durch das Teerbad durchgezogen und vom überflüssigen Teer abgestreift wird. Anschließend daran wird die getränkte Pappe auf einem Tische entweder maschinell oder mit der Hand mit Sand u. dgl. bestreut, wieder gerollt und in Rollen von 10 m Länge eingelagert.

Die Dachpappe findet als wasserdichtes Deckmaterial, und zwar besonders als Dachdeckmaterial Verwendung. Hierbei kann sie entweder für sich allein verwendet werden (für Pappdächer) oder in Verwendung mit asphaltartigen Materialien (wie bei Holzzementdächern) oder als wasser- und staubdichte Unterlage von Ziegel- und Schieferdächern. Je nach ihrer Bestimmung ist sie in verschiedener Qualität und Dicke erhältlich. Die durch die Sandbestreuung förmlich mineralisierte Oberfläche schützt die Dachpappe vor Entzündung von außen, weswegen sie auch als feuersichere Abdeckung anerkannt wird.

d) Asphaltisolierplatten.

Diese dienen zum Schutze des Mauerwerkes und der Fußböden gegen aufsteigende bzw. seitlich eindringende Feuchtigkeit. Sie bestehen im allgemeinen aus Asphalt-schichten mit Einlagen von langfaseriger Rohpappe, Filz (sogenannter Eisenfilz), Jute oder ähnlichen Stoffen und einer Kiesbestreuung. Der Asphalt ist dabei das gegen die Feuchtigkeit isolierende Material, die Einlage das den Asphalt zusammenhaltende Mittel, das ihm große Biogsamkeit und Festigkeit gegen Zerreißen verleiht; der Kies als Bestreuungsmaterial verleiht den Platten eine rauhe und feste Oberfläche.

(Der Asphaltfilz ist ein aus groben Haaren und Flachsabfällen bestehendes Zeug, das weder gewebt noch gefilzt, sondern bloß durch Asphalt als Bindemittel zusammengehalten wird.)

Je nach Art der Einlage unterscheidet man die Isolierplatten in Asphalt-papp-Platten, Asphaltfilzplatten, Asphaltjuteplatten u. dgl.

Die Erzeugung von Asphaltpapp-Platten erfolgt, indem man Dachpappe in geschmolzenen Asphalt taucht, damit gut durchtränkt und dann mit Kies oder zerkleinerten Korkabfällen bestreut. Bei Asphaltfilz- oder Asphaltjuteplatten kann der Asphalt aber nur durch Aufstreichen oder Aufbürsten in geschmolzenem Zustande aufgetragen werden.

Die Isolierplatten werden als einfache oder als doppelte Platten hergestellt; letztere erhalten dann manchmal ein Drahtgewebe zur Erhöhung der Festigkeit oder eine dünne Walzbleischichte zur Erhöhung der Wasserundurchlässigkeit eingelegt. Sie werden in verschiedenen Breiten, den üblichen Mauerstärken entsprechend, in Längen bis 10 m und in verschiedener Dicke erzeugt.

Die von verschiedenen Firmen in Wien erzeugte Andorupappe, Dorolit (ähnliche Präparate wie die Asphaltisolierplatten) haben sich ebenfalls zu Dach-eindeckungen, ferner zur Isolierung von Mauern, Fußböden u. dgl. sehr gut bewährt.

Eine gute Dachpappe oder Isolierplatte soll von Asphalt- oder Teermasse vollkommen durchtränkt sein und sich leicht einigemal hin- und herbiegen lassen, ohne dabei zu brechen.

e) Kautschuk und Guttapercha.

Kautschuk und Guttapercha werden aus eigenartigen, tropischen Pflanzen und Bäumen gewonnen. Beide finden sich in dem Milchsaft der betreffenden Pflanzen und Bäume; der Saft wird durch mehrmaliges Einschneiden des Stammes gewonnen, in Gefäßen gesammelt und dann zur weiteren Verarbeitung versendet.

Der Kautschuk ist eine sehr elastische Masse, welche durch Einwirkung äußerer Kräfte seine Form verändert, diese aber sofort wieder annimmt, sobald die Einwirkung der Kräfte aufhört. Kautschukmasse im verarbeiteten Zustande besitzt die manchmal nachteilige Eigenschaft, bei 0° ganz hart, bei 30 bis 50° C aber sehr weich und durch manche chemische Einwirkung aufgelöst zu werden. Diese Übelstände werden durch Verbindung des Kautschuks mit Schwefel bei 130° C, durch das sogenannte „Vulkanisieren“ zum größten Teile beseitigt.

Vulkanisierter Kautschuk zeigt sich bei 20 bis 100° C gleich elastisch und widersteht auch im hohen Grade den Lösungsmitteln und chemischen Reagenzien. Kautschuk findet Verwendung als Dichtungsmittel, ferner als Isoliermittel bei elektrischen Leitungen, als Isoliermittel gegen Feuchtigkeit (Kautschukmasse von Haumanns Witwe & Söhne), Hartgummi oder vulkanisierter Kautschuk für allerlei sonstige Artikel.

Guttapercha ist dem Kautschuk sehr ähnlich, ist zäh, aber weniger elastisch und dehnbar; in dünnen Plättchen verhält sie sich wie ein faseriger Stoff, der sich in der Richtung der Fasern strecken läßt, senkrecht darauf jedoch leicht

reißt. Bei Erwärmung wird sie zuerst biegsam, dann knetbar, bei 60° sehr plastisch, bei 100° klebrig, bei 150° schmilzt sie. Im Wasser ist sie unlöslich, dabei selbst wasserdicht. Sie leitet Wärme und Elektrizität sehr schlecht. Guttapercha findet vielfache Verwendung zur Erzeugung von Gegenständen, bei denen es auf Wasserundurchdringlichkeit ankommt, z. B. Röhren für Wasserleitungen, Pumpen und Spritzen usw. Mit Leinöl zusammengeschmolzen, erhält man wasserdichte Anstriche.

f) Eisenfilz.

Dieser wird aus langen, kräftigen und elastischen Wollhaaren erzeugt, unter hohem, hydraulischem Druck gepreßt und zum Schutze gegen Nässe, Ungeziefer und Witterungseinflüsse mit Chromsalzen, Paraffin und Talg getränkt. Eisenfilz wird in Stärken von 5, 10, 15, 20 bis 50 mm und in verschiedenen Plattengrößen erzeugt, besitzt eine 3mal so große Druckfestigkeit als Blei und dient als Isoliermittel gegen Schwingungen, Erschütterungen, Schall, Elektrizität u. dgl., z. B. als Unterlage für Maschinen, um die Schwingungen und das Geräusch beim Betriebe derselben zu vermindern oder als Unterlage für die an Gebäudemauern zu befestigenden Isolatoren für Telegraphen- und Telephonleitungen u. dgl.

g) Linoleum.

Linoleum ist ein der Hauptsache nach aus gepulverten Korkabfällen und Leinöl erzeugtes Produkt, das sehr leicht, zähe, dicht, biegsam, wasserundurchlässig und auch gegen Feuer lange widerstandsfähig ist. Es dient für Fußbodenbelag, als Teppich, Decken usw.

Die Fabrikation erfolgte früher nach dem älteren Taylorsystem, heute aber nach dem weitaus besseren Waltonssystem.

Taylorfabrikation: Das Leinöl wird durch 10 bis 12 Stunden bei 300 bis 360° C gekocht und dann in Trockenpfannen umgegossen. In diesen erstarrt es kautschukähnlich und wird nach 2 Tagen in Ziegeln ausgeschnitten.

Leinöl und Korkmehl werden mit der gewünschten Farbenbeimengung unter Erwärmung zu einer breiartigen Masse vermischt und dann durch schwere Kalandere (mit starkem Druck rotierende heiße Walzen) auf einer Juteunterlage aufgewalzt; sodann in Trockenkammern aufgehängt und bei 30 bis 40° C 1 bis 4 Wochen getrocknet. Das fertige Linoleum wird dann in 2 m breite, 25 bis 27 m lange Streifen geschnitten und auf Lager gestellt.

Waltonfabrikation: Der Unterschied gegenüber der vorbesprochenen Herstellungsart liegt nur in der Oxydation des Leinöls, die hier durch Sauerstoff bzw. Luft bewirkt wird.

Das Leinöl wird in Rollwagen gepumpt, die auf zirka 25 m hohen Gerüsten laufen. Der Raum ist bis zur Höhe von 25 m mit lauter ganz dünnen Baumwolltüchern bespannt. Aus den hin und her rollenden Wagen rieselt das Leinöl auf die gespannten Tücher (Nessel) und haftet zum Teil an diesen; durch die stete Zuführung frischer Luft trocknet es auch an. Das ablaufende Öl läuft am Boden des Raumes wieder in die Ölreservoirs. Die Berieselung dauert so lange, bis die Vorhänge (Tücher) reichlich Öl angetrocknet haben; gewöhnlich 22 Tage, täglich durch 2 Stunden.

Das an den Tüchern haftende, durch die Luft oxydierte Öl wird sodann abgenommen, unter Zusatz von Harz etwas gekocht, um flüssig zu werden, und dann in reine Kistchen gegossen, in denen es rasch erstarrt. Die auf diese Weise erzeugte Masse, Linoxin genannt, ist sehr zäh und dem Kautschuk sehr ähnlich und muß 21 Wochen abliegen.

Die weitere Herstellung des Linoleums erfolgt auf dieselbe Art wie beim Taylorsystem, nur wird es zum Trocknen in Fächern von 2 m Breite und 28 m Länge flach gelegt; in den Fächern muß es mindestens 40 Tage trocknen.