

# I. Abschnitt.

## Constructionsmaterialien.

### I. Kapitel.

#### Stein.

VON HANS HAUENSCHILD.

#### a) Allgemeines.

6.  
Eigenschaften.

Stein ist nebst Holz das älteste der Constructionsmaterialien, das natürlichste und weitverbreitetste, welches alle Bedingungen eines guten Baustoffes in sich vereinigt und deshalb zu allen Zeiten und überall seinen Platz als hervorragendstes Baumaterial behaupten wird, wenn es auch zeitweilig und local durch andere Baustoffe verdrängt wird. Seine statischen, technischen und ästhetischen Eigenschaften vereinigen sich so außerordentlich mannigfach zu graduellen Abstufungen, daß für jeden Bauzweck und für die strengsten Anforderungen reiche Auswahl geboten ist. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Stein es war, dessen Eigenschaften zur Ausbildung der verschiedenen Bauteile führte, daß ohne Stein keine Gewölbe entstanden wären, daß die eigentlich monumentalen Bauten nur aus Stein gebildet werden können, daß der Inbegriff des Festen und Dauernden stets an Stein gebunden erscheint.

Die Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Formbarkeit und Schönheit finden sich an keinem anderen Baustoff so gleichmäßig prägnant verkörpert.

Die Verwendbarkeit des Steines als Baustoff hat sich so naturnothwendig aufgedrängt, daß man zu allen Zeiten und an allen Orten, wo feste Niederlassungen entstanden sind und die Cultur aufgeblüht hat, in Ermangelung genügender natürlicher Bausteine nach Ersatzmitteln hierfür suchte. Dies waren die künstlichen Bausteine, insbesondere die Backsteine oder Ziegel.

Je mehr die Eigenschaften eines künstlichen Bausteines den Eigenschaften eines guten natürlichen Bausteines gleich kommen, desto werthvoller ist er. Wir sind gegenwärtig in dieser Beziehung in einer Epoche höchsten Fortschrittes, und die künstlichen Steine erhalten häufig selbst dann den Vorzug, wenn Bruchsteine um den gleichen oder sogar um einen geringeren Preis zu erhalten sind.

Die »Technik der Bausteine« macht zunächst eine Betrachtung ihrer Eigenschaften erforderlich.

7.  
Festigkeit.

1) Die Festigkeit der Bausteine ist diejenige Eigenschaft, welche in erster Linie von einem brauchbaren Baustein gefordert wird.

Sie hängt einerseits ab von den mineralogischen Gesteinselementen, von der Homogenität nach allen Richtungen, steht daher bei gleicher mineralogischer Zusammensetzung im umgekehrten Verhältniß zur Porosität derselben, oder wächst in gleichem Grade mit der Abnahme der Differenz zwischen dem specifischen Gewichte und dem Volumgewichte. Die bisherigen Festigkeits-Bestimmungen haben aus dem Grunde zu keinen klar ausgesprochenen Gesetzen der Festigkeitsverhältnisse zwischen den verschiedenartigen Gesteinen geführt, weil die Festigkeit der componirenden

Mineralien oder Gesteinselemente noch nicht klar festgestellt ist, ferner weil auch bei Gesteinen, die nur aus einer Mineralspecies bestehen, die Spaltbarkeit der einzelnen Individuen nach verschiedenen Richtungen hin verschiedene Cohäsionsgrade bedingt und weil diese Gesteinselemente fast immer regellos angeordnet sind und daher höchst complicirte Resultanten der Festigkeit aus den Summen der in einer Bruchebene befindlichen Festigkeits-Elemente entspringen. Diese Complication steigert sich noch bei gemengten Gesteinen, welche häufig aus verschieden spaltbaren Mineralindividuen bestehen. Dazu kommt noch der verschiedene Grad der Adhäsion oder der Kraft der Aneinanderlagerung der Gesteinselemente unter sich.

Die Differenzen der Festigkeit sind deshalb naturgemäfs gröfser bei solchen Gesteinen, deren Gesteinselemente Kryftalle sind, und abhängig von der Anordnung und Gröfse der letzteren. Aus all diesen Gründen erschien bis jetzt die Ausnutzung der wirklichen Festigkeit nur mit sehr hohen Sicherheits-Coefficienten erlaubt, und thatsächlich ist der übliche, ziemlich hohe Sicherheitsgrad auch aus der von der Natur der Steine abhängigen Art der Verbindung zu Constructionen, welche häufig wenig exact ausgeführt wird, wenigstens im Allgemeinen gerechtfertigt. Wir werden später die Festigkeits-Angaben bekannterer Bausteinsorten bringen.

Aber nicht nur die Quantität der Festigkeit ist für die praktische Verwendung wichtig; auch die Qualität derselben spielt, besonders bei gewissen Beanspruchungen, eine wichtige Rolle. Qualitativ verschieden erscheint die Festigkeit in dem verschiedenen Widerstandsgrade gegen Lostrennung einzelner Theilchen oder gegen Spaltung durch Schneiden oder Spitzen, entweder unter blofsem Drucke oder unter Stofsdruck. Von einer scharfen Elasticitätsgrenze ist aus den oben angeführten Gründen als einer gefetzmäßigen Function zwischen Quantität und Qualität nichts zu merken; bei vielen Steinen bewirken schon sehr kleine Kräfte bleibende Veränderungen; dies ist bei porösen und weichen Steinen der Fall. Eine annähernde Proportionalität zwischen Längenänderung und Belastung findet dabei erst bei höherer Belastung bis nahe der Zerstörungsgrenze statt. Bei sehr homogenen und festen Steinen ist diese Proportionalität schon Anfangs deutlicher und bleibt bis hart an die Zerstörungsgrenze gleich — eine Eigenthümlichkeit, welche *Bauschinger* zuerst gefunden und Verfasser bei Zugproben mit Cement vollständig bestätigt gesehen hat.

Auf Zugfestigkeit werden die Bausteine in den Hochbau-Constructionen nur sehr selten unmittelbar in Anspruch genommen; deshalb ist dieselbe auch nur von sehr wenigen Steinsorten bestimmt worden, obwohl sie indirect eine nicht geringe Zahl von Aufschlüssen über wichtige Fragen der Anwendung geben würde.

Oefter wurde die bei Weitem häufiger ausgenutzte Bruchfestigkeit, am meisten jedoch die Druckfestigkeit der Steine ermittelt.

Das Verhältnifs der Zugfestigkeit zur Druckfestigkeit ist eine Constante für jede bestimmte Steinsorte und schwankt zwischen 1 : 16 und 1 : 37; aber nicht blofs die Quantität der Festigkeit ist sehr verschieden, sondern auch die Qualität. Je spröder ein Stein ist, desto gröfser ist seine Druckfestigkeit gegenüber der Zugfestigkeit; je zäher, desto mehr wächst die Zugfestigkeit der Druckfestigkeit gegenüber; letzteres ist auch bei milden und weichen Gesteinen der Fall.

Die Qualität der Festigkeit ist auch eine hochwichtige technische Eigenschaft, welche die Bearbeitungsfähigkeit in erster Linie bedingt. Der Widerstandsgrad gegen das Lostrennen von Theilchen durch Einwirkung von Spitzen oder Schneiden, durch Stofs und Druck zugleich ist sehr verschieden und hängt weder mit der Festig-

keit an sich, noch mit der mineralogischen Härte zusammen. Die mineralogische Härte oder die Ritzbarkeit durch bloßen Druck einer Spitze oder Schneide auf die Gesteinsfläche ist erst in zweiter Linie durch die Raschheit der Abnutzung der Werkzeuge oder durch den Einfluß dieser Eigenschaft auf die Dauerhaftigkeit von Bedeutung.

8.  
Dauer-  
haftigkeit.

2) Die Dauerhaftigkeit ist nächst der Festigkeit das wichtigste Erforderniß für einen guten Baustein.

Im Allgemeinen läßt sich feststellen, daß in erster Linie die chemisch-physikalische Beschaffenheit des Gesteines hierfür maßgebend ist. Die verschiedenen chemischen Bestandtheile der Mineral-Componenten bedingen eine verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmosphärien und die Temperaturschwankungen.

Sauerstoff, Wasser, Kohlenäure und die Verwesungsproducte organischer Körper sind nebst der zerstörenden Kraft von Frost und Hitze die Agentien, denen auf die Länge gar kein Stein zu widerstehen vermag. Am kräftigsten widerstehen jene Gesteine, welche entweder bloß aus Kieselsäure bestehen oder bei denen wenigstens Kieselsäure ein Hauptgemengtheil ist, also Quarzite, Grauwackenschiefer, quarzreiche Granite, so wie Quarzporphyre und manche keramische Producte. Bei diesen hängt in Folge der Unempfindlichkeit der chemischen Bestandtheile gegen die Atmosphärien ihre Dauerhaftigkeit mit der Zusammenhangskraft ihrer Gesteinselemente oder mit der Größe der Zugfestigkeit nach allen Richtungen hin zusammen. Zugleich ist hierbei der Grad von Porosität und die Art der Porosität von Einfluß. Aeußerst feinporige, aber zerstreutporige, namentlich wenn die Poren nach einseitigen Hauptrichtungen orientirt sind, werden eher von Frost zer Sprengt, als grob- und dichtporige, deren Porenräume nach allen Richtungen communiciren.

Nächst der Kieselsäure widerstehen manche Silicate sehr gut, besonders Kalifeldspath, Natron-Feldspath, Hornblende und Augit, obwohl sie bereits durch kohlenäurereiches Wasser unter Abscheidung von Kieselsäure verwittern. Syenit und Diorit gehören hieher.

Die Glimmer sind zwar chemisch sehr indifferent, zerlegen sich jedoch in Folge ihrer außerordentlich leichten Spaltbarkeit durch den Frost leicht in Spaltungsblättchen und verleihen ihrem Muttergesteine nebst der großen Neigung zur Schieferstructur, besonders bei gleichzeitiger Porosität und geringer Zugfestigkeit, keine lange Dauer.

Der kohlenäure Kalk ist petrographisch außerordentlich verschieden ausgebildet und wird allmählich durch kohlenäurehaltiges Wasser gelöst, so wie von organischen Parasiten theils mechanisch mittels eindringender Wurzelfasern, theils chemisch durch Einwirkung der Humusäuren zerstört. Jedoch geht diese Zerstörung in vielen Fällen äußerst langsam vor sich und äußert sich meist nur durch die verfärbenden Anflüge, wenn nicht die Cohäsions- und Porositätsverhältnisse die Frostbeständigkeit alteriren, wie es z. B. bei manchen Oolithen und Foraminiferen-Kalken der Fall ist.

Manche Silicat-Mineralien werden durch Kohlenäure und Wasser leicht zersetzt, so besonders Kalk-Feldspath oder Labrador, in vielen Gesteinen ein Hauptbestandtheil. In solchen Fällen verliert ein Gestein, wenn nicht sonst seine der vulcanischen Entstehung entsprechende halbglastige Textur zu wenig Angriffspunkte bietet, an Werth, da durch die Zersetzung sowohl der Zusammenhang leidet, als auch seine Porenräume und erdige Beschaffenheit auftreten, welche besonders der Politurfähigkeit abträglich sind. Viele Granite, Porphyre und besonders Trachyte und Melaphyre zählen als Beispiele hieher.

Gewisse Nebenmineralien und Imprägnations-Substanzen verringern manchmal auch die Dauerhaftigkeit.

So wirkt Schwefelkies, wie er besonders in Diorit und in manchen Marmoren und Schiefen vorkommt, durch feine Zerfetzung zu Eifenvitriol fehr fchädlich; viele Eifenverbindungen überhaupt oxydiren fich durch die Einwirkung des Sauerftoffes höher und bilden dadurch Farbenveränderungen, welche manchmal zu Gunften der Schönheit gleich einer Patina, ohne merkliche Zerftörung, auftreten (fo bei den rheinifchen Buntfandfteinen, beim römifchen Travertin), manchmal jedoch rafchen Zerfall herbeiführen (z. B. bei manchen rothen Jura-Kalken). Hingegen erleiden durch organifche Subftanzen gefärbte Steine meiftens unter Erweichung, indem langfame Verwefung derfelben durch Oxydation eintritt.

Diefelben Bedingungen der Dauerhaftigkeit, wie bei den urfprünglichen Gefteinen, gelten für die aus Trümmern regenerirten klastifchen Gefteine, deren Hauptrepräfentant der Sandftein ift, und für die keramifchen Bauftoffe. Die Hauptmafse der Sandfteine befteht aus Quarzkörnern, durch ein Bindemittel verkittet. Die relative Menge und die Art diefes Bindemittels ift demnach, da der Quarzland nicht weiter angegriffen wird, für die Dauer entscheidend, fo weit es die chemifchen Agentien betrifft. Quarziges, kalkiges und eifenchüffiges Bindemittel kann felbft bei starkem Vorwalten noch einen dauerhaften Sandftein geben, wenn nicht zu grofse Porofität mit vorhanden ift. Hingegen ift kaolinifches und insbefondere mergeliges und thoniges Bindemittel dasjenige, welches am meiften Vorficht vor dem Gebrauche einflößen foll. Bei den klastifchen Gefteinen erfcheint die Zugfeftigkeit und die Porofität am functionellften mit der Dauerhaftigkeit verbunden. So wie die chemifch-phyfikalifche Befchaffenheit je nach den verfchiedenen Gefteinsgruppen auf die Dauer von Einfluß ift, fo ift, wie fchon angedeutet, befonders auch die Structur und der Porofitätsgrad in diefer Beziehung maßgebend.

Da bei einer und derfelben Gefteinsgruppe mit verfchwindender Porofität die Differenz zwifchen specififchem Gewicht und Volumgewicht verfchwindend wird, und andererseits dabei die Cohäfionskraft ein Maximum wird, fo ift erklärlich, dafs im Allgemeinen bei einer Gefteinsgruppe höchstes Gewicht, größte Feftigkeit, geringfte Porofität oder größte Homogenität auch auf die größte Dauerhaftigkeit hindeuten, und dafs bei gemengten Gefteinen gleichmäfsig feinfte, porenlofes Gefüge größere Dauer verfpricht, als grobkörniges oder fchieferiges Gefüge. Schieferige Gefteine widerftehen naturgemäfs nur auf dem Hauptbruche, wo fie glatte Flächen, also keine Angriffspunkte für Abforption bieten, je nach ihrer fonftigen Natur, während fie in den Spaltungs-Querbruchflächen oft tief hinein zerftört erfcheinen, fobald diefe den Infiltrationen der Atmosphärien ausgefetzt werden.

Ein weiterer Factor der Dauerhaftigkeit ift der verfchiedene Ausdehnungs-Coefficient in der Wärme. Verfchiedene Mineralien, namentlich verfchieden gefärbte, zu einem Geftein verbunden, können unter Umftänden zur Zerftörung deffelben führen.

Die Temperaturschwankungen in einer Reihe von Maximis und Minimis können durch Zugwirkungen ganz genau zum Ausdrucke des *Wöhler'schen* Gefetzes werden, und es unterliegt keinem Zweifel, dafs es auf Grundlage diefes Gefetzes gelingen wird, die brennende Frage der Dauerhaftigkeit auch in speciellen Fällen befriedigend zu löfen.

Es ift zwar der günstigen Wirkung der Homogenität fchon gedacht worden; jedoch erübrigt noch hinzuzufügen, dafs die Homogenität im Grofsen wieder mit

der geologischen Lagerung zusammenhängt. Störungen in der Ablagerung: steil geneigte oder gefaltete Schichten, Verwerfungen u. dgl. bringen regelmässig Discontinuitäten, Spalten, Rutschflächen, Spiegel etc. hervor, welche häufig nur dem geübten Auge kennbar sind und in localer Beziehung oft ein sonst dauerhaftes Gestein zerfrierbar machen. Die Adern der Marmore sind in den meisten Fällen ausgefüllte Spalten, und es ist auch bei diesen häufig Vorsicht nöthig.

Hingegen können andere sonst leicht verwitterbare Gesteine, namentlich Thongesteine, Mergel, Tuffe etc. gerade durch geologischen Druck so zusammengedrückt vorkommen, dass sie alle Eigenschaften eines ursprünglich entstandenen krystallinischen Gesteines annehmen und bewahren. In so fern ist auch das geologische Moment selbst vor dem chemischen zu berücksichtigen.

Die örtliche Lage und Verwendung wirkt auch nicht wenig auf den Bestand der Gesteine ein. Es ist bekannt, aber leider nicht oft gewürdigt, dass Gesteine, welche sich im Süden vortrefflich erhalten haben, in unserem zwischen extremen Temperaturen schwankenden Klima nicht halten, dass aber eben dieselben im trocken-nordischen Klima wieder ganz vortrefflich ausdauern.

Es ist verkehrt, zu glauben, ein Stein von zweifelhafter Dauerhaftigkeit werde an der Sonnenseite eher aushalten, als an der Nordseite, da im Gegentheil der Wechsel zwischen Hitze und Abkühlung, Trockenheit und Durchfeuchtung immer zerstörender einwirkt, als gleichmässig ungünstige Lage. Es ist wichtig, zu berücksichtigen, dass in einer Fabriksstadt-Atmosphäre die Art der Schornsteingase auf die Auswahl der Bausteine bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit von Belang ist: so dürfen dolomitische und Kalksteine in solchen Gegenden nicht auf lange Dauer rechnen. Nicht minder ist es keineswegs gleichgiltig, welche Steine man zu Wasserbauten, besonders an der Wassergrenze verwendet, und es ist allbekannt, dass die Auswahl von feuerfesten Steinen für Heizanlagen zu Fabrikszwecken nicht sorgfältig genug getroffen werden kann.

Es ist selbstverständlich, dass auch der Erhaltungsgrad eines Steines vor seiner Verwendung massgebend ist. Granit kann bereits so alterirt oder »verfault« sein, dass er kein wetterbeständiges Material mehr abgibt, wie manche glaciale Geschiebe darthun oder wie so häufig an neu eröffneten Steinbrüchen zu sehen ist.

So wichtig es daher ist, frisches, d. h. unverwittertes, aus dem Inneren des Berges stammendes Gestein zu verwenden, so sehr ist bei manchen Steinarten vor der Verwendung frisch gebrochenen und daher bruchfeuchten Materials zu warnen, besonders wenn dasselbe bei beginnender Frostzeit zum Vermauern kommen soll.

Bruchfeuchtigkeit kommt, wie schon der Name andeutet, nur bei natürlichen Steinen in Betracht. Es wird damit das Porenwasser bezeichnet, welches alle feinsten Poren der Gesteine erfüllt und das erst allmählich nach der Bearbeitung durch die der Luft ausgesetzten Flächen verloren geht. Bei porösen Steinen wird die Menge der Bruchfeuchtigkeit so bedeutend, dass die Gesteine im bruchfeuchten Zustande ganz weich und leicht zu bearbeiten sind. Nach einiger Zeit in Luft und Sonne, verliert sich die Feuchtigkeit; der Stein wird auffallend härter und porenärmer, so dass er erheblich schwieriger zu bearbeiten ist. Dies findet stets bei porösen Kalksteinen und bei Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel statt. Die Bruchfeuchtigkeit ist mit gelöstem kohlenfauren Kalk gesättigt; durch die Verdunstung des Lösungswassers wird er allmählich abgelagert und zwar in fester, wahrscheinlich krystallinischer werdender Form. Dadurch steigert sich natürlich Dichtigkeit und Arbeitshärte, zu-

gleich aber auch die Tragfähigkeit. Es ist durch Versuche vielfach nachgewiesen, daß bruchfeuchte Steine kaum  $\frac{2}{3}$  der Last trockener Steine derselben Gattung tragen.

Dazu kommt noch, daß das Porenwasser als immer concentrirtere Lösung sich an den unteren und inneren Partien des Steines ansammelt, und bei eintretendem Frost gerade an der am meisten belasteten, also ohnehin schon einer Dilatationskraft ausgesetztesten Stelle feine zerfpaltende Wirkung äußert. Es ist daher völlig gerechtfertigt, wenn der Ufus besteht, frisch gebrochene Steine mindestens ein paar Monate vor dem Vermauern der Austrocknung zu überlassen, und noch rathfamer wäre es, wenn dieselbe auch mit öfterem Umkanten verbunden wäre, um die Austrocknung und damit die Erhöhung der Tragkraft gleichmäßig zu vertheilen.

Wenn behauptet wird, daß gewisse Steine, namentlich Marmor-Sorten, nicht bei Vollmond gebrochen werden dürfen, weil sie sonst springen, so mag dies mit der stärkeren Strahlung bei heiterem Vollmondhimmel und der damit eintretenden abnormen Temperatur-Erniedrigung des innen ohnedies nur die Bodentemperatur besitzenden Blockes zusammenhängen; denn gerade feinporige und spröde Gesteine zeigen sich gegen Frost oft empfindlicher, als poröfere und weichere.

3) Sind Festigkeit und Dauerhaftigkeit die Haupteigenschaften nach der statischen Seite, so ist die Formbarkeit die hauptsächlichste technische Eigenschaft.

9.  
Formbarkeit.

So weit wir die natürlichen Bausteine ins Auge fassen, ist sie der Ausdruck der Befiegsbarkeit der starren Masse und zugleich des praktisch nicht überwindbaren Widerstandes gewisser Sorten durch das formende Werkzeug. Die Formbarkeit hängt zusammen mit Quantität und Qualität der Festigkeit, mit Härte und Porosität, so wie mit der Detail-Structur der Gesteine.

Bei Gesteinen derselben Gruppe ist stets der tragfähigste auch der technisch härteste, und die wachsende mineralogische Härte, wie sie z. B. mit zunehmendem Gehalt an Kieselsäure bei Kalksteinen auftritt, geht genau parallel mit der wachsenden technischen Härte.

Spröde Gesteine eignen sich für gewisse Bearbeitungszwecke besser als zähe, da durch Stöße größere Partien losgetrennt werden können, während zähe, namentlich Hornblende-Gesteine und Serpentin, nur geschnitten oder gedrechselt werden können, wenigstens nach dem heutigen Standpunkte der Steintechnik; denn die alten Inder und Aegypter verstanden es gerade, die zähesten Gesteine, wie Diorit und Basalt, zu Statuen zu formen.

Die Detail-Structur ist von großem Einflusse auf die Brauchbarkeit in Bezug auf Formgebung. Darnach sind lagerhafte Steine mit Schnittflächen oder parallelen Absonderungsflächen von nicht lagerhaften, unregelmäßig brechenden Steinen zu unterscheiden. Von den ersteren können nur die quaderförmig brechenden Steine von möglichst gleichartigem, festem Gefüge als vertrauenswürdiges und formbares Quadermaterial gelten, während die plattenförmig brechenden, bzw. schieferigen Steine dazu nicht brauchbar sind. Geht nämlich die Lagerhaftigkeit zu sehr ins Detail oder sind, petrographisch gesprochen, die Schichten dünnflächig oder die Absonderungsflächen dünnplattig, so daß sie sich der Schiefer-Structur nähern, so eignen sich solche Steine nicht mehr zu Quadern, und zwar weder zu feinerer ornamentirter und profilirter Arbeit, noch selbst zu ebener, glatter Arbeit. Denn die größere Differenz zwischen dem stärkeren Zusammenhang im Verlaufe der Lagerflächen und dem schwächeren normal darauf, also im Sinne einer Trennung der Platten, erzeugt bei der normalen Bearbeitung, sobald der trennende Stoß sich über eine Plattungs- oder Schichtungsfläche hinauspflanzt, stets geneigte

Flächen statt der beabsichtigten senkrechten. Aehnliches ist bei der einseitig orientirten oder gestreckten Structur der Fall, wie sie bei manchen Granuliten und Graniten vorkommt, wo die Spaltung nach dem Hauptbruche und Querbruche gut gelingt, nicht aber nach dem Längsbruche.

Handelt es sich um das Formen grösserer Werkstücke, Säulen oder Figuren, so ist bei Schichtgesteinen oder blättrig-schiefriger Structur stets der grösste Nachdruck darauf zu legen, dass sie auf das Lager zu stehen kommen, damit der belastende Druck normal auf die Lagerfläche wirkt; denn die Erfahrung hat gezeigt, dass conform der geologischen Ablagerungsweise das Maximum der Druckfestigkeit senkrecht auf die dem elementaren Gebirgsdrucke so lange Zeit ausgesetzten Lagerflächen am grössten ist. Es kommen Fälle vor, dass ein Gestein, wenn seine Lagerflächen lothrecht gestellt werden, bereits unter dem vierten Theil der normalen Tragfähigkeit spaltet. Und doch wird, besonders bei Bruchsteinmauerwerk, oft mit Vorliebe wegen der glatten Verblendung schiefriges Gestein hochkantig vermauert. Dass hierbei auch die Dauerhaftigkeit an sich gefährdet ist, wurde bereits erwähnt.

Am vortheilhaftesten eignen sich bezüglich der Formbarkeit mässige Silicatgesteine und mächtige Schichtgesteine, da sie nicht bloss durch das regellose, daher nach allen Richtungen gleichmässig consistente Aneinanderlagern der Gesteinselemente innerhalb der homogenen Masse der Absonderung oder Schicht willkürliche Formgebung gestatten, sondern auch in Bezug auf die möglichen Dimensionen die weitesten Grenzen setzen und die vortheilhafteste Ausnutzung der Druckkraft gestatten. Die feinkörnige Structur mancher Kalksteine, besonders poröser Sorten und Oolithe, und vieler Sandsteine ist vermöge der leichten Formbarkeit dieser Gesteine bei sonst genügend hoher Festigkeit und Dauerhaftigkeit nicht ohne Einfluss auf die Bauformen des Mittelalters gewesen.

Bei den künstlichen Bausteinen ist die Formbarkeit, bezw. die Formgebung einchl. der dafür massgebenden Bedingungen Sache der Fabrikation. Denn bei der Erzeugung lässt sich — eine richtige Wahl des Rohstoffes und der Erzeugungsmethode vorausgesetzt — ohne Weiteres die beabsichtigte Form des Bausteines erzielen.

10.  
Schönheit.

4) Schönheit. Es wurde bereits bei der Formbarkeit der natürlichen Bausteine angedeutet, dass sie in gewissen Fällen auch als ästhetische Eigenschaft auftreten kann. Im Allgemeinen ist es indess wesentlich die Structur, der Glanz und die Farbe, namentlich beim politurfähigen Gestein, welche als direct ästhetisch wirkfame Eigenschaften in Betracht zu ziehen sind. Bei den künstlichen Bausteinen ist die Erzielung schöner Producte mit der Fabrikation innig verbunden; das Resultat wird in dieser Richtung das vollkommenste sein, wenn der Keramiker mit dem Künstler Hand in Hand geht.

Beim natürlichen Baustein kommt hier zuerst die Structur in Frage. Je nach dem Zwecke, der verfolgt werden soll, wird ästhetische Wirkung durch grobkörniges, mässig und felsenhaft wirkendes Gestein erzielt, oder es wird das Weiche der feinkörnigen Structur, namentlich in Verbindung von Lustre und Politur, hervorgehoben, wozu noch die Buntheit und Vornehmheit der Farbenpracht kommt. Zur Belebung grosser, einem Monumentalbau unentbehrlicher Flächen hat zu allen Zeiten die polychrome Decoration des bunten Marmors am reizendsten und erfolgreichsten beigetragen. Die Alten nannten alle Gesteine, welche Politur annehmen, Marmor und hielten diese als reiche Schätze der Natur hoch in Ehren; wir lassen uns den

Cult der schönen Steine meist beeinträchtigen durch die Geldfrage, und da wir trotzdem dem Zuge des Schönen folgen möchten, so verwenden wir wenigstens Surrogate, Materialien mit ähnlichen Eigenschaften, wie die edlen Steine.

Die Politurfähigkeit und die Porenlosigkeit hängen aufs engste zusammen, wenn auch die Mineralelemente verschiedene Eignung, spiegelnde Flächen zuzulassen, besitzen, daher verschiedene Grade der Politur gestatten. Im Allgemeinen sind jene porenlosen Gesteine am politurfähigsten, deren Bestandtheile möglichst gleiche mineralogische Härte besitzen und welche noch keinerlei Zerfetzung erlitten haben. Letzteres ist besonders bei der Verwendung von Granit und Porphyr ins Auge zu fassen.

5) Gestalt und Dimensionen der zur Verfügung stehenden Bausteine bedingen die Art des Mauerwerkes. Die natürlichen Bausteine kommen, je nach der größeren oder geringeren Rücksichtnahme auf Ersparnis an den Herstellungskosten des Mauerwerkes, in zweifacher Gestalt zur Anwendung:

α) als Bruchsteine, d. i. entweder in der im Steinbruch erlangten zufälligen Form oder unter Bearbeitung der Lagerflächen — lagerrecht bearbeitete Bruchsteine<sup>5)</sup>; und

β) als regelmässig (durch den Steinmetz) bearbeitete Bausteine, welche, wenn sie grössere Dimensionen haben und deren Lager- und Stofsflächen ganz regelmässig zugehauen, bezw. zugefägt sind, Werkstücke, Werksteine, Schnittsteine, Hausteine oder Quader heissen, sonst aber Schichtsteine<sup>6)</sup> genannt werden mögen.

Die Dimensionen der natürlichen Bausteine sind einerseits bedingt durch die Art des Verfetzens im Bauwerk. Geschieht das letztere von Hand, so werden sie, des Eigengewichtes wegen, selten mehr als 60<sup>cm</sup> Länge und 30<sup>cm</sup> Höhe bei 30 bis 60<sup>cm</sup> Breite erhalten. Gewöhnliche Bruchsteine und Schichtsteine haben selten mehr als 25<sup>cm</sup> Schichtenhöhe; überhaupt wird ihre Grösse gewöhnlich so bemessen, dass die grössten Steine von zwei Mann mit den Händen ohne mechanische Hilfsmittel gehoben und verlegt werden können. Sonst ist der Grösse der Steine durch die Möglichkeit des Transportes und durch die Leistungsfähigkeit der Hebemaschinen eine Grenze gesteckt<sup>7)</sup>. Andererseits sind die Dimensionen der Bausteine auch noch von der Mächtigkeit der betreffenden Gebirgsschichten im Steinbruch abhängig.

Die Gestalt und die Dimensionen der künstlichen Bausteine hängen von dem Zwecke, zu dem sie bestimmt sind, von ihrer Natur und Herstellung ab; sämmtliche keramischen Bausteine erhalten ein kleines Format, damit sie beim Brande leicht homogen ausfallen. Betrachten wir an dieser Stelle nur die zur Ausführung gewöhnlicher Mauern benutzten Backsteine, so ist die parallelepipedische Gestalt die allgemein übliche. Zweckmässige Abmessungsverhältnisse entstehen, wenn, mit Rücksicht auf die Dicke der Stofs- und Zwischenfugen, die Länge der Steine nicht genau ein Vielfaches der Breite bildet, sondern 2 Steinbreiten plus Fugendicke die Steinlänge ausmachen.

<sup>5)</sup> In einem Theile Sachfens u. a. O. heissen solche Steine bei grösseren Dimensionen Grundstücke, bei kleineren Hürzeln.

<sup>6)</sup> Für das »Handbuch der Architektur« wurde die Bezeichnung »Schichtstein«, welche in einigen Theilen Deutschlands üblich ist und auch von *Houffelle* (Deutsche Bauz. 1878, S. 14) empfohlen wurde, acceptirt. Dieselben wurden unter die Hausteine eingereiht, weil sie an der Ansichtfläche und dem vorderen Theile der Lager- und Stofsflächen vom Steinmetz behauen werden. In Frankreich dagegen werden solche Steine zu den Bruchsteinen — *moellons* — gezählt. Man unterscheidet dort *moellons bruts* oder *moellons ordinaires* und *moellons piqués* oder *moellons finlés*; erstere sind das, was man in Deutschland einfach und allgemein Bruchsteine nennt, letztere das, was in einem Theil des westlichen Deutschland »Moellons« geheissen wird. Statt der letzteren Bezeichnung wurde das Wort »Schichtstein« gewählt. D. Red.

<sup>7)</sup> Im Alterthume liebte man die Verwendung grosser Werkstücke; die Aegypter verwendeten solche von 500<sup>cbm</sup> Rauminhalt. Der aus der Neuzeit bekannte grösste Block ist der zum Piedestal der Statue *Peters d. Gr.* in St. Petersburg benutzte, welcher ca. 850<sup>cbm</sup> misst.

Einige theils historische, theils gegenwärtig übliche Formate von Mauersteinen sind folgende:

Backsteine in:	Länge	Breite	Dicke	Nach:
Aegypten . . . . .	410	200	100—130	<i>Adler</i>
Rom . . . . .	212	212	40	<i>Chabat</i>
	445	445	50	
	594	594	55	
	457	305	44	
Frankreich — Bourgogne . . . . .	220	107	55	<i>Demant</i>
Montereau . . . . .	220	107	48—50	
Solins . . . . .	220	107	48—50	
Sarcelles . . . . .	210	95	50	
Paris . . . . .	220	107	44—45	
England — London und Umgebung . . . . .	228,6 (9 Zoll)	114,3 (4½ Zoll)	63,5 (2½ Zoll)	<i>Teirich</i>
Amerika — Neu-England, Nord . . . . .	225	114	66,5	
»    »    Süd . . . . .	219	114	63,5	
New-Jerfey . . . . .	222	98,5	60	
New-York . . . . .	219	105	66,5	
Pennfylvanien . . . . .	228	114	57	
Städtaaten . . . . .	241	117,5	66,5	
Brafilien . . . . .	292	140	89	
Holland — Utrecht . . . . .	220	105	50	<i>Teirich</i>
Yffel . . . . .	160	75	40	
Friesland . . . . .	170	80	40	
Oefterreich (in Wien gefetzliches Format)	290	140	65	Verband deutscher Arch.- u. Ing.-Vereine
Bayern <sup>8)</sup> . . . . .	320—340	160—162	60—67	
Deutschland — Normal-Backsteinformat (in Preußen für Staatsbauten vorge- fchrieben) . . . . .	250	120	65	
	Millimeter			

Näheres über Gestalt und Dimensionen der Bausteine im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. I, Abfchn. I: Constructions-Elemente in Stein).

## b) Natürliche Bausteine.

Die wichtigeren natürlichen Bausteine — ihrem Werthe und ihrer Verwendung nach — sind in Auswahl etwa die folgenden<sup>9)</sup>.

### 1) Ursprüngliche Bildungen.

#### Maffige Silicat-Gesteine.

12.  
Maffige  
Silicat-  
Gesteine.

Granit. Vornehmstes Material der Monumental-Architektur. Als Säule, Piedestal, Treppenstufen, Wandverkleidung, Wafferrinnen, Brunnenschalen, Pflastersteine (Straßen von Wien) etc. Größte Dimensionen zu gewinnen. Rosenrother Granit in Aegypten (Material zu den Obeliskten); rother schwedischer Granit von Ramnäs etc.; Glacial-Findlinge in Norddeutschland; rother und grauer Granit in Schottland; schlesischer vom Streitberg bei Striegau, sächsischer von Kamenz, Königsbrück, Schmölln, Bautzen etc.; Granit von Nabburg in Bayern, von Weissenstadt im Fichtelgebirge, Ruhla im Thüringer Walde; grauer,

<sup>8)</sup> In der »Allgemeinen Bauordnung vom Jahre 1877« ist in allen Bestimmungen über Mauerstärken ein Ziegelformat von 30 cm Länge zu Grunde gelegt.

<sup>9)</sup> Ausführlicheres in des Verfassers: Katechismus der Baumaterialien. I. Theil. Die natürlichen Bausteine. Wien 1879.

schwarz-weiß-roth gesprenkelter Granit im badischen Schwarzwald; österreichischer Granit von Neuhaus, Schärding, Mauthausen, Hamburg etc.; Baveno in der Lombardei etc. Befitzt, wenn aus gefunden Brüchen stammend, größte Dauer, besonders jener mit weißem Orthoklas und vielem Quarz bei feinem Korn; gelbliche, röstige Farbe deutet auf Zerfetzung hin.

Syenit. Weicher, aber zäher als Granit wegen mangelnden Quarzes; prächtigere Politur und Farbe (roth und grün), als der Granit. Uddevala in Schweden, Reichenbach an der Bergtraße, Plauenfcher Grund in Sachsen, Fichtelgebirge etc. Verwendung wie Granit. Dresdener Straßenspflaster.

Gabbro (*Verde di Corsica*). Prächtige Politur, grün und weiße Färbung, Dauerhaftigkeit geringer im Freien; besonders zu Wandbelegplatten und Tischplatten; *Pietro-duro*-Mosaik (laurentinische Kapelle in Florenz). Radauthal und Oderkrug im Harz, Frankenstein in Schlesien, Zobtenberg in Schlesien (daher auch Zobtenfels), auf Corsica, zwischen Genua und Savona, Florenz, Prato etc.; meist mit Serpentin vorkommend.

Diorit und Diabas (Grünstein, Trapp). Zähe, dunkle Silicat-Gesteine, vorzüglich politurfähig, aber schwer zu bearbeiten. Paffendes Material für Denkmale, ausgezeichnetes Pflaster- und Schottermaterial. Kyffhäuser, Roßtrappe am Harz, Ochsenkopf im Fichtelgebirge, Böhmerwald, Klauen in Südtirol. Diorit stets dauerhafter als Diabas, letzterer lichter, meist mit Salzfäure braufend (von zeretztem Kalkfeldspath) und schwer zu poliren.

Porphyr. Sehr verschieden in Zusammenfetzung und Verwendung. Varietäten:

Rother Felfit-Porphyr als Hornstein-Porphyr; höchst dauerhaft und sehr schön und wirkungsreich, politurfähig, schwer bearbeitbar.

Porphyrit; ohne Quarz, roth oder kastanienbraun; *Porfido rosso antico*, kostbarster antiker Stein vom Dschebel Dokhan in Aegypten.

Grünstein-Porphyr und Labrador-Porphyr; je nach Vorwalten von Augit- oder Labrador-Auscheidungen grün oder braun mit blauem Schillerglanz. *Porfido ver'd'antico* der Kunstgeschichte.

Augit-Porphyr oder schwarzer Porphyr; vorwaltend Augit in dunkler Grundmasse ausgefchieden enthaltend. *Porfido ner'antico*. Wenn frisch, ausgezeichnet zu ornamentaler Architektur, aber auch nur dann; auch vorzügliches Pflastermaterial. Quenast in Belgien, Porphyrwerk Elfdalen in Schweden, Porphyr-Schleifwerke Koliwensk und Jekaterinenburg in Rußland, Rothenberg a/d. Ruhr, Harz bei Elbingerode, Südtirol, Tharand und Freiberg in Sachsen.

Trachyt. Rauhwandig-porös-zellig, ausgebildeter jüngerer Porphyr; ausgezeichneter leichter Baustein zu Mafswerken, bald mit Quarz (Rhyolith), bald ohne Quarz (eigntl. Trachyt). In frischen und kleinkörnigen Ausbildungen mit wenig Feldspath-Kryftallen ausgezeichnet dauerhaft; die alterirten feldspath- und augitreichen Sorten sehr verwitterbar (älterer Kölner Dom). Pester Straßenspflaster. Siebengebirge am Rhein, Eifel, Szobb und Bogdany in Ungarn etc.

Dolerit und Basalt. Schwarze, feinkörnige, dichte Augit-Gesteine. Größte Zähigkeit und Tragfähigkeit, schwerfte Formbarkeit aller Gesteine, nur nach zufälligen, fäulenförmig polyedrischen Abfonderungen. Als höchst dauerhafte Straßenzwüfel, Thürgebäude, Treppenstufen, Wasserbauten etc. (Unkelstein). Guter Wärmeleiter, daher feucht kalte Mauern gebend. Am Rhein häufig, bei Linz, Oberkaffel, Andernach, Vogelsgebirge, Eifel, am Meißner, im böhmischen Mittelgebirge etc.

Lava. Trachyt- (lichte) und Basalt- (dunkle) Lava. Höchft schwammig-porös (Bimsstein), dann zu Kuppelbauten (Hagia Sophia in Constantinopel); dicht als Pflaster von Neapel, Venedig, Padua; dichte Lava zu Statuen. An allen Vulkanen.

Serpentin. Dunkelgrüner, politurfähiger Decorationsstein; sehr dauerhaft, wenn ohne urprüngliche Klüfte, zäh aber weich. Auch als feuerfester Baustein. Zöblitz in Sachsen, Oberpfalz bei Erbendorf und Wernburg, Frankenstein in Schlesien, Kraubat in Steyermark, Graubündtner und Walliser Alpen, Sufa, Aofta, Prato.

### Schieferige Silicat-Gesteine.

Gneifs. Die schieferige Ausbildung des Granit. Verwendung als Plattenstein und Quader, dünn-schieferiger zur Dachdeckung. Centralmasse aller älteren Gebirge.

Granulit (Weißstein). Gneifs ohne Glimmer, in Gneifs und Granit vorkommend und übergehend. Zu Trottoir- und Treppensteinen; wegen geringeren Quarzgehaltes weniger dauerhaft als Granit. Meist neben Granit und Gneifs vorkommend.

Glimmerschiefer. Dünn-schieferig-faseriges Quarz-Glimmergestein; in quarzreichen Varietäten als Pflasterplatten und zu feuerfesten Zwecken. Vorkommen in allen älteren Schiefergebirgen.

Chloritfschiefer. Grüngrauer Schiefer mit Seidenglanz; grüner französischer Dachschiefer von

Rimogne; sehr gefucht, weil haltbar und decorativ günstig zu den schwarzen belgischen und rheinischen Schiefeln paffend. Großglockner.

Phyllit (Grauwacken-Schiefer oder Thonglimmer-Schiefer). Dunkel, feinkörnig mit perlmutter-feiden-glänzender Fläche. Als Plattenstein, Kamineinfassung, Billard- und Fufstafel; lackirt als Marmorflies-Imitation und als Dachschiefer. Belgien, Angers, schottische Dachschiefer.

Thonfchiefer (eigentlich ein Trümmergestein, also nicht urprüngliche Bildung, aber technisch untrennbar sich hier anschließend). Das wichtigste Dachdeckungsmaterial, beschäftigt nach *Callot* jährlich in Europa über 20000 Menschen<sup>10)</sup>. Nordwales und zwar Port Madoc, Festiniog, Port Penrhyn, Carnarvon, Bangor, Llanberris<sup>11)</sup>, Thüringen bei Lehesten und Schwarzburg, am Rhein bei Oberwefel und Andernach, am Taunus bei Weilenmünster und Steinmünster, an der Ruhr bei Siegen und Nutlar, in Mähren bei Dorftefchen, Dürftenhof und Wald-Olbendorf. (Prüfung auf die Güte des Dachschiefers siehe unter e: Prüfung der Bausteine.)

## 2) Carbonat-Gesteine.

Kryftallinifcher Kalk, Marmor. Deutlich kryftallinifch, ausgezeichnet durch Polirbarkeit, Luftre und Farbe.

Statuen-Marmor; aufer den antiken, kunftgefchichtlich interessanten pentelifchen, hymettifchen, parifchen (deren Brüche zu den athenifchen Neubauten dieses Jahrhunderts wieder aufgedeckt und ausgebetet wurden), lunifchen, Grecchetto etc. und diese an Werth erreichend und fogar übertreffend ist in erster Linie der von Carrara. Der edelfte (*Statuario di Falcovaja*) kostet bis 1600 Mark pro 1 cbm. Es giebt nahezu ein Dutzend Abstufungen davon nach Luftre, Reinheit, Korn, Färbung etc. bis zu einem Preise von 75 Mark herab<sup>12)</sup>.

Als Statuen-Marmor diesem zunächst stehen die weiffen Marmore von S. Beat in der Haute-Garonne, von Laas, Göflan und Schlanders in Südtirol.

Weiffe, grobkryftallinifche Marmore liefert Sterzing in Tyrol, Krafsthal, Gummern, Treffen, Pörtfchach in Kärnten, Saubsdorf, Setzdorf, Prieborn in Schlefien etc. Der Onyx-Marmor Aegyptens und Perfiens ist gelblich gewölkt und gebändert, sehr kostbar wegen Structur und Luftre.

Architektur-Marmore find politurfähige, dichte Kalke von verschiedensten Farben. Heute find die bekanntesten:

a) Weifflich-graugelbe. *Mischio di Seravezza*, sehr gefucht zu Säulen; Eichstäder, Pappenheimer, Kehlheimer, Adnether Kirchenbruch und Untersberger bei Salzburg. Karft-Marmor von Nabrefina, Grifignano, Belvoje im franz. Jura etc. Auch als Façaden-Quader geschätzt<sup>13)</sup>.

β) Grau-fchieferblau-fchwarze. *Granit belge*, Arnsberger Marmor, Neubayerner Granit-Marmor, *Lilas belge*, blauer von Staremma, *Bleu de Saulme*, *Bleu belge*. Paragone von Reppen-Tabor, schönster tief-schwarzer, Portor von Porto venere schwarzgelb, *Noir français*, *Noir belge* von Namur, Golzines, Theux, St. Anne; Köflach und Salla in Steiermark, Krzewowice in Galizien. Die schwarzen Marmore werden im Freien in kurzer Zeit blind.

γ) Gelb-braune. *Serancolin* von Bigone, edelster französischer Säulen-Marmor; *Giallo di Siena*, *di Bologna*, *di Mori* und *di Castione*, letztere zwei in Südtirol. *Faune St. Beaume*, *Torri* (gelb und roth), Kunzendorf in Schlefien. *Griotte Campan*, böhmische Silur-Kalke, *Bruno di Castione* in Südtirol.

δ) Rothe. Die Zahl ist ungemein groß. *Marmo africano*, der edelfte, *Forito africano*, *Beau Languedoc*, Blankenburger am Harz, *Rouge sanguin* vom Depart. Herauld; belgische: *Rouge impérial*, *Rouge royal*, Kaufungen, Poppenberg, Hallftadt; Adnether, Schneelbruch, Lienbacher-, Motzau-, Langmoos-, Domberger Tropf- und Scheck-Marmor; Naffauifcher Marmor aus Diez. *Rosso di Trento*, *di Roveredo*, *di Sardagna*. *Violet d'Alep*, *Violetto di Seravezza*.

ε) Grüne. *Cippolino di Polcheverra*, *Vert des Alpes*, eine Sorte Poppenberger.

Dichte Kalke. Von diesen, welche nicht mehr politurfähig sind und hauptsächlich als Hau- und Bruchsteine dienen, sind am bekanntesten: der Rüdersdorfer Mufchelkalk, Solenhofener Lithographiestein, Portlandstein Englands. Je nach der Zunahme der Porosität gehen viele dichte, besonders jüngere Steine in einem Bruch in poröse über, so das z. B. im Wiener-Becken und Parifer-Becken blofs eine Theilung nach der Porosität und Festigkeit in harte, halbharte und weiche Steine existirt.

<sup>10)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 136.

<sup>11)</sup> Wolf, H. Die Steinwaaren. Wien 1876.

<sup>12)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 136 ff.

<sup>13)</sup> Das Lob, das wir a. a. O. bei dieser Gruppe dem Medolino- und Castillieri-Kalke bei Pola gezollt, müssen wir nach neuester eigener Erfahrung sehr reftingiren; sie nehmen bei uns in kürzester Zeit Staubkrusten und Vegetation an. — Der Belvoje-Marmor wird in unserem Klima im Freien bald blind, verliert die Politur und wird an der Oberfläche bröckelig.

Poröse Kalksteine. Die Leitha-Kalke des Wiener-Beckens und die Grobkalke des Parifer-Beckens sind hier die wichtigsten. Harte Leitha-Kalke sind: Wöllersdorfer, Mannersdorfer, Kaiferstein, Hundsheimer, Oszloper; mittelharte: von den vorigen Orten und von Kroisbach, Eifenstadt, Mühlendorf, Lindabrunn; weiche: Margarether, Breitenbrunner, Stotzinger, Loretto, Zogelsdorfer, Mokritzer (Krain), Vinica (Kroatien) etc. Die harten dienen zu Sockelquadern, Treppenstufen, die mittelharten zu Quadern an höheren Etagen und Gefimfen, die weichen besonders zu ornamentalen und figuralischen Arbeiten, Mafswerken etc. Im Parifer-Becken dienen ähnlich die harten Steine des Grobkalkes und Nummuliten-Kalkes, die *Liards* von St. Denis, Compiègne, St. Leu, die *Liais* von Vaugirard und Bagneux etc., die mittelharten *Bancs royales* von Conflans-St. Honorine, Neuilly, Gentilly, die *Lembourdes* und *Vergelés* von der Oise, der *St. Nom* an der Aisne, der *Cliquart* von Nanterre, die weichen eigentlichen Parifer-Steine, das Material zum Parifer En-bloc-Bau, der *Roche de Paris*. Andere poröse französische Steine, welche häufig exportirt werden, sind die berühmten Oolithe von Caën und Ravers, die *Bancs royales* von Tonnere, Morlay in Lothringen, die werthvollen Oolithe von Savonnières und Metz, der *Jaumont* von Metz, der Korallen-Kalk von Euville, *Bancs vergelés et royales* von St. Vaast; der Oolith von Arco in Südtirol. Die meisten Oolithe, besonders die von Savonnières, Caën, Arco bieten ausgezeichnetes Bildhauermaterial. Der römische Travertin (Colosseum, Peterskirche) ist ein Kalk-Tuff, wie überhaupt die Kalk-Tuffe auch bei uns an vielen Orten ein leichtes, dabei egales, höchst schätzbares Material für Gewölbe bilden; Mafstrichter Kreide-Tuff. Die Nummuliten-Kalke sind die verbreitetsten aller Bausteine der alten Welt.

Dolomit. In körnig-krytallinischer und in zelliger Ausbildung (Rauhwaacke); giebt, wenn unzerklüftet, ein eben so gutes Baumaterial wie Kalk; nur in großen Städten greift ihn die schweflige Säure des Steinkohlenrauches an (Parlamentsgebäude in London).

Magnesit. Wird in den Alpen (Admonter Münfterkirche) als Marmor, Pignolienstein, benutzt.

### 3) Trümmer- oder klastische Gesteine.

15.  
Trümmer-  
Gesteine.

Conglomerat aus abgerundeten und Breccie aus eckigen Trümmern zusammengekittet, hat die Eigenschaften der ursprünglichen Gesteine und des Bindemittels zugleich. In allen Formationen sehr verbreitet neben Sandstein.

Sandstein. Ist bei quarzigem, kalkigem und eisenstüffigem Bindemittel ein vortrefflicher Baustein. Buntsandstein in Württemberg, Franken, Rheinheffen (Oppenheim, Worms, Mainz etc.), Rheinpfalz, Elfas, Baden etc., das Baumaterial der rheinischen Städte<sup>14)</sup>. Solinger Platten; Keuper-Sandstein von Hall, Heilbronn, von der Umgegend von Stuttgart, hauptsächlich dort als Baustein verwendet; Deister-Sandstein, vorwiegend in Hannover gebraucht. Quader-Sandstein, auch Elb-Sandstein von Pirna, Cotta, Königstein etc., Pläner-Sandstein in Böhmen; Gründ-Sandstein in Bayern; Macigno in Triest und Oberitalien; Molasse-Sandstein in der Schweiz und Frankreich; wiener Sandstein und Karpathen-Sandstein; nur die besseren Sorten der drei letzteren sind zu empfehlen, wegen des mergeligen Bindemittels, wie denn überhaupt der Sandstein bei wichtigen Verwendungen vorsichtig geprüft werden soll.

Tuff. Ausgezeichnetes, poröses, leichtes und dauerhaftes Façaden-Verkleidungsmaterial. Bims-Tuff besonders im Vulcangebiete der Campagna und von Neapel als *Piperino* und *Piperno* grofsartig ausgebeutet; eben so der Tuff von der Umgebung des Laachersees, besonders der von Weibern im Brohlthal (Façadenstein am Rhein und in Berlin). Ungarn und Siebenbürgen besitzen vortreffliche Trachyt-Tuffe feinsten Kornes (Burg Waida Hunyad). Gegenüber den porösen Kalken, mit denen die Tuffe an Leichtigkeit, Formbarkeit und Dauerhaftigkeit concurriren, haben sie den Vortheil gröfserer Egalität des Kornes und geringerer Aufnahmefähigkeit von Flechten-Vegetation, so wie der Annahme warmer Farbentöne durch Oxydirung ihres Eisengehaltes.

## Literatur

über »natürliche Bausteine«.

SCHMID, C. Beschreibung der vorzüglichsten, technisch nutzbaren Gebirgsgesteine etc. 2. Aufl. 1852.

MALÉCOT, L. *Notice sur les matériaux de construction employés en Belgique, comme pierres de taille.* Bruxelles et Liège 1866.

<sup>14)</sup> Die Monumental- und Profanbauten der meisten Städte im südwestlichen Deutschland sind aus diesem wichtigen Baustoff ausgeführt. Erinnert sei hierbei an die Dome zu Mainz und Speier, an die Münfter von Strafsburg, Freiburg und Bafel, an die öffentlichen Bauten von Mainz, Frankfurt a.M., Mannheim, Afchaffenburg, Würzburg, Carlsruhe, Stuttgart, Strafsburg etc.

- FRIESE, F. M. Die Bausteine-Sammlung des österreichischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. Wien 1870.  
 ARNAUD. *Les marbres de France. Moniteur des arch.* 1870—71, S. 19, 50.  
 GILMORE, Q. *Report on the building stones of the United States.* New-York 1876.  
 Technische Mittheilungen des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. 12. Heft. Die Bausteine der Schweiz. Zürich 1878.  
 Der vulcanische Tuff als Baustein. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 101.  
*Pierres à bâtir de la France. Encyclopédie d'arch.* 1880, S. 23.  
*Origine et composition des principales roches employées dans la construction. Gaz. des arch. et du bât.* 1880, S. 3, 34, 38, 44, 56, 63, 67, 81.

### c) Gebrannte künstliche Steine.

Indem eine schärfere, auf den physikalischen Eigenschaften der gebrannten künstlichen Steine basirende Classification dem folgenden Kapitel »Keramische Erzeugnisse« überlassen bleibt, soll im Nachstehenden hauptsächlich die Verwendung der verschiedenen Sorten derselben den Eintheilungsgrund abgeben. Hiernach sind zu unterscheiden:

1) Backsteine oder Ziegel, die am allermeisten angewendete Sorte von gebrannten Steinen. Sie führen je nach Eigenschaften und Verwendung verschiedene Namen.

a) Ordinäre Backsteine oder Mauersteine. Die zur Herstellung der Mauern, Gewölbe etc. dienenden Backsteine erhalten meist eine parallelepipedische Gestalt und die in Art. 11, S. 68 bereits angegebenen Dimensionen. Sie werden fast ausnahmslos in gebranntem Zustande verwendet.

16.  
Mauer-  
steine.

In culturarmen und brennstoffarmen Gegenden bedient man sich heute noch der lufttrockenen, ungebrannten Ziegel, der Lehmsteine, welche jedoch ein wenig werthvolles und unbedeutendes Baumaterial abgeben. Dasselbe ist der Fall mit den auch aus ungebranntem Thon mit Zusatz von gehacktem Stroh, Flachsstäben, Spreu u. dergl. angefertigten Lehmputzen. Die Lehmsteine erhalten in der Regel das Normalformat; die Lehmputzen macht man gewöhnlich 30 cm lang, 14 cm breit und 14 cm dick. Im Uebrigen mag die Bemerkung genügen, daß beide nur zu inneren, den Witterungseinflüssen entzogenen Wänden geeignet sind, weshalb als Schutzmittel derselben gegen aufweichende Nässe nur die Isolirung vom Boden und ein Ueberzug mit Mörtel nach völliger Lufttrocknung oder mit einer Holzverschalung einigermaßen wirksam sind.

Den gewöhnlichen Mauersteinen stehen die sog. Klinker gegenüber, welche besonders stark gebrannt, durchweg oder doch in den äußeren Schichten gefintert, in Folge dessen für Wasser undurchdringlich sind und eine große Härte besitzen. Sie werden auch aus dem Brande der gewöhnlichen Mauersteine ausgefucht und haben dann geringere Abmessungen als die normal gebrannten Steine, welche dem Feuerherd weniger nahe gestanden haben (Thonwaaren mit geflossenen Scherben; vergl. Kap. 2: Keramische Erzeugnisse, S. 109).

Außer den gewöhnlichen Mauersteinen, welche nach der Art ihrer Fabrikation in Handschlag- und Maschinensteine geschieden werden, kommen für bessere Rohbauten die Verblendsteine, Verblender, Verkleidungssteine vor, welche aus sorgfältiger vorgearbeitetem und fabricirtem Thon scharfkantiger und ebenflächig geformt sind und in der Farbe rein und gleichmäßig fein sollen. Sie werden deshalb in etwa halbtrockenem Zustand nachgepreßt und der Farbe nach ausgefucht; ganz fauber hergestellte hohle oder volle Verblender werden sogar jeder einzelne nachgeschnitten und geglättet. Zu bemerken ist hierbei noch, daß das Format dieser

feineren Blendsteine häufig etwas stärker genommen wird, als das der Hintermauerungssteine, nämlich die Länge 255<sup>mm</sup>, die Breite 125<sup>mm</sup>, die Dicke 70<sup>mm</sup>, um auf diese Weise die Verblendung mit engeren, nur 5<sup>mm</sup> starken Fugen herstellen zu können. Die gewöhnlichen Verblender werden wohl auch durch Ausfuchen der besten Steine aus der Maffe erlangt.

Die verschiedenartige Farbenwirkung, auf welcher die architektonische Wirkung der Rohbau-Façaden mit beruht, wird entweder hervorgebracht durch Verwendung sich verschiedenfärbig brennender Thone oder durch Engobiren, d. h. Eintauchen des getrockneten ungebrannten Backsteines in Thonschlamm, welcher beim Brennen eine bestimmte Farbe giebt.

Die gewöhnlichen Mauersteine sowohl, als auch die Verblender kommen des Verbandes halber auch in Stücke getheilt vor. Das Zweiquartier oder der halbe Stein stellt den quer halbirten Stein dar, das Längsquartier den längs halbirten Stein; das halbirte Zweiquartier, also der vierte Theil des Steines bei gleicher Dicke giebt das Quartier schlechweg, und ein Stein, welcher die Steinbreite und nur  $\frac{3}{4}$  der Länge hat, heißt Dreiquartier. Feine Verblendsteine werden schon der Kosten halber gewöhnlich als ganze,  $\frac{3}{4}$ -,  $\frac{1}{2}$ - und  $\frac{1}{4}$ -Steine bestellt. Die Römer bedienten sich zu ihren quadratischen Ziegeln an den Mauerecken der dreieckigen Steine, durch diagonale Theilung der ganzen Steine erzeugt.

β) Poröse Steine. Um die Leichtigkeit natürlicher poröser Bausteine und die damit verbundenen Vortheile auch bei den Backsteinen zu erzielen, hat man seit den ältesten Zeiten darnach gestrebt, die Porosität zu vermehren.

17.  
Poröse  
Steine.

Dies kann dadurch geschehen, daß man dem ungebrannten Thon verbrennbare Körper in Pulverform untermengt, welche beim Brennen sich verflüchtigen und eine Anzahl Porenräume zurücklassen.

Solche Stoffe sind besonders Torfmulm, Lohpulver, Sägespäne, Kohlenstaub etc.; die damit gemischten Steine nennt man hie und da, der Aehnlichkeit mit Tuffsteinen halber, Tuffziegel.

Sie haben allerdings die Vortheile der Tuffe in Bezug auf Leichtigkeit und Ventilationsfähigkeit, verlieren jedoch ganz beträchtlich an Tragfähigkeit und zeigen löcherige Oberfläche und schlechte Kanten. Dazu kommt noch, daß die Asche der Gemengtheile bei scharfem Brand häufig mit der Thonmasse Schmelz giebt, und dadurch den Zusammenhang gefährdet und daß derlei Steine, der Witterung ausgesetzt, gewöhnlich Ausblüthungen von Alkali-Carbonat zeigen, welches der Dauerhaftigkeit sehr abträglich ist.

Deshalb werden solche Tuffziegel nur im Inneren von Gebäuden zu leichten Einwölbungen, zur Ausmauerung von Fachwerk, zur inneren Verkleidung von Mauern genommen und dürfen auf Tragfähigkeit nicht hoch in Anspruch genommen werden. Die meisten Thonwaaren-Fabriken liefern solche Steine mit bis über 50 Procent Hohlräumen, bei einer Festigkeitsverminderung von 60 bis 80 Procent.

γ) Hohlsteine. Den unter β. angegebenen Zweck kann man in viel günstigerer Weise erreichen, wenn man die Backsteine mit regelmässigen Hohlräumen herstellt.

18.  
Hohl-  
steine.

Schon die Römer benutzten hohlgeformte Thonmassen, meist in Form von Töpfen, zu Gewölbebauten und als Verkleidung der Innenwände, so wie zur Leitung der erwärmten Luft aus dem Hypocaustum. Heute stehen noch Kuppeln und Gewölbe aus Töpfen in Rom (Kirche S. Stefano, Faunus-Tempel von Claudius erbaut, Grabmal der hl. Helena) und Ravenna (San Vitale), und durch das ganze Mittelalter hindurch bediente man sich der Topfziegel. *Borie* hat in der neueren Zeit die gegenwärtige Form der Hohlsteine als mit der Drainpresse hergestellte Ziegel eingeführt.

Die Hohlsteine können entweder einen an beiden Enden offenen Kasten vorstellen oder aber, wie es gewöhnlich ist, sie besitzen der Länge nach durchgehend eine Anzahl viereckiger oder runder Löcher, welche nur so viel Maffe übrig lassen, als die Tragfähigkeit erfordert. Solche Hohlziegel mit Längslöchern werden nur als Läufer benützt. Hohlziegel mit Querlöchern dienen als Binder und die seltener gebrauchten Steine mit lothrecht durchbohrten Wänden dienen als Eckziegel. Solche Hohlsteine werden auch Lochsteine genannt.

Neuestens hat man auch die Längs- und Quer-Hohlsteine so hergestellt, daß die Löcher nicht ganz durchgehen, so daß fünf volle Seiten vorhanden sind. Dadurch entfallen dann die für die Mörtelverwendung und gleichmäßige Setzung des Mauerwerks ungünstigen, lothrecht gelochten, in England eingeführten Hohlsteine.

Die Hohlsteine bieten den gewöhnlichen Mauersteinen gegenüber mannigfache Vortheile; sie lassen sich mit weit weniger Material exacter und homogener fabriciren, als die Handschlagsteine; sie lassen sich schneller formen und trocknen, brennen sich leichter und durchwegs gleichmäßiger, ersparen an Transportkosten, erzeugen eine geringere Belastung durch das Eigengewicht und stehen bei gehöriger Wand- und Stegdicke an Tragfähigkeit den gewöhnlichen Backsteinen nicht nach. Außerdem sind sie schlechtere Wärme- und Schall-Leiter und geben rasch trocknende und trocken bleibende Mauern.

Die Wand- und Stegdicke bewegt sich zwischen 25 und 15 mm, folgte jedoch dem unten folgenden Vorschlag des Berliner Architekten-Vereines gemäß nicht unter 20 mm betragen.

Die Qualität der Backsteine, sowohl der gewöhnlichen, wie der Form- und Hohlsteine, hängt innigst mit der Art der Anfertigung und diese mit der Natur des Rohmaterials zusammen. Die epochemachendsten Fortschritte nach dieser Richtung hat unbestritten *Friedrich Hoffmann* angeregt durch die Erfindung des Ringofens und durch die Gründung des »Deutschen Vereines für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement«, dessen unermülich neue Impulse gebende und jeden Fortschritt befördernde Seele er heute noch ist. Wenn man den heutigen Stand der Backstein-Industrie mit der vor 20 Jahren vergleicht, so staunt man über die ganz außerordentlichen Fortschritte seit dieser Zeit. Die Fabrikation von Maschinensteinen, so schwierig sie anfangs sich Eingang verschaffen konnte, weil die Natur des Rohmaterials auf die Brauchbarkeit der betreffenden Maschinenconstruction maßgebend ist, so sehr hat sie sich heute verbreitet, und alle Vorurtheile gegen Maschinensteine im Allgemeinen, weil die anfänglichen Producte noch manchen Fehler zeigten, sind nicht im Stande, ihre Weiterverbreitung zu hindern. Die Maschinensteine haben außer ihrer exacteren Form geringere Porosität und effectiv größere Festigkeit. Die anfänglichen Fehler des faserigen Gefüges und in Folge dessen des schlechteren Behauens haben rationelle Fabrikanten längst überwunden<sup>15)</sup>.

19.  
Formsteine.

2) Formsteine. Für Constructionszwecke anderer Art, als die Aufführung von gewöhnlichen Mauern etc. dienen in verschiedenen Ländern sehr verschiedene Dimensionen und Profile. Man hat parallelepipedisch geformte Steine, die jedoch andere Dimensionen, als die Mauersteine haben; allein auch andere Formen, wie z. B. bei Gewölb-, Brunnen-, Kamin-, Gefims- etc. Steinen, kommen vor.

In Wien sind diesbezüglich im Gebrauche: Wölbsteine von 237 mm Länge, 158 mm Breite und 65,8 mm größte Dicke, die Keilform je nach dem Radius der Wölblinie verschieden; Pflastersteine von 250 mm Länge, 158 mm Breite und 39,5 mm Dicke; Gefimssteine von 474 bis 632 mm Länge, 158 bis 210,7 mm Breite und 92 bis 118,5 mm Dicke.

In Deutschland hat der Berliner Architekten-Verein auch auf dem Gebiete der Verblender und Formsteine Normalien entworfen, welche sodann vom Vereine für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement (in der 15. General-Verammlung am 3. bis 5. Februar 1879) berathen und angenommen wurden.

Die vereinbarten Normen lauten:

»1) An dem bisherigen Normalformat von 250, 120 und 65 mm ist für die Hintermauerungssteine festzuhalten und eine strenge Durchführung desselben mehr als bisher anzustreben. Zur Herstellung von feineren Rohbauten sind die Verblendsteine so weit zu vergrößern, daß Lager- und Stofsugen eine gleichmäßige Breite von 8 mm erhalten, d. h.  $\frac{3}{4}$  Verblendsteine sind 252 zu 122 zu 69 mm groß,  $\frac{3}{4}$ -,  $\frac{1}{2}$ - und  $\frac{1}{4}$ -Steine entsprechend groß zu fertigen.

2) Die zulässigen Abweichungen sind nach der Feinheit des Materials und der beanspruchten Eleganz des Baues in jedem Falle festzusetzen. Bei feinen Verblendern sollen die Abweichungen der Steine unter einander 1 mm nicht überschreiten.

<sup>15)</sup> Vergl. auch *Neumann's* vortreffliche Studie »Ueber den Backstein« (Berlin 1880).

3) Die Wandstärken hängen von dem Material und von dem Zweck ab, wozu der Stein verwendet werden soll (Verbindung, Ausmauerung von Fachwerkwänden, leichte Gewölbe etc.). Bei den äusseren Verblendsteinen sollen die Wandungen nicht weniger als 20 mm betragen. Bei fenkrecht gelochten Steinen dürfen die Löcher zur Vermeidung von Mörtelverlust und starkem Setzen des Mauerwerkes nicht grösser als 15 mm im Durchmesser sein.

4) Es ist wünschenswerth und der Verbreitung des Backstein-Rohbaues förderlich, wenn auf den Ziegeleien neben den gewöhnlichen Verblendsteinen, Drei Quartiern etc. auch eine Anzahl einfacher und häufig wiederkehrender Profilsteine vorrätzig gehalten wird. Die Steine sind auf allen Ziegeleien als Normalsteine mit denselben fortlaufenden Nummern zu bezeichnen, welche sich nur auf das Profil beziehen, wogegen Steine desselben Profils, jedoch in abweichenden Längen, keilförmig etc. durch hinzugefügte Buchstaben zu bezeichnen sind, also z. B.: 4a, 4b u. f. w. Behufs leichterer Einbürgerung solcher Normalformen sind davon nur 12 aufzunehmen (Fig. 1):

No. 1: Kleiner Schmiegestein, 187 mm lang (Schmiege 70 mm lang);

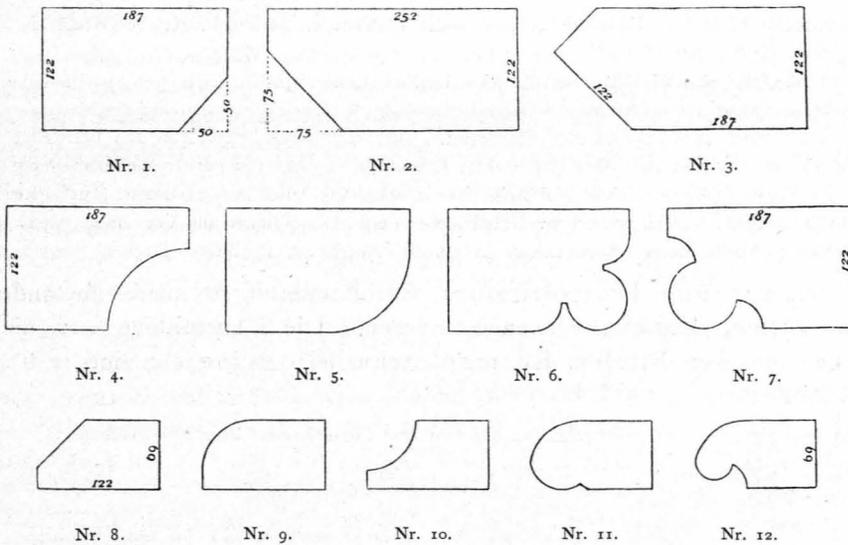
No. 2: Großer Schmiegestein, 252 mm lang (Schmiege 110 mm lang);

No. 3: Achteckstein wie No. 2, jedoch mit rechteckiger Stosfuge;

No. 4, 5, 6, 7: Einfache Profilsteine in der Grösse eines Drei Quartiern, d. h. 187 mm lang;

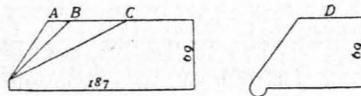
No. 8 bis 12: Einfache Gefimssteine, 252 zu 122 zu 69 mm groß, das Profil an der langen Seite.

Fig. 1.



Normen für Formsteine.

Fig. 2.



Zu den Steinen No. 8 bis 12 sind möglichst auch Ecksteine (im rechten Winkel) 122 mm und in den Seiten so lang vorrätzig zu halten, dass nach Abzug des Profils  $\frac{1}{2}$ , bzw.  $\frac{3}{4}$  Stein von der Ecke aus übrig bleibt. —

Durch die Annahme dieser Normen ist unzweifelhaft nicht allein der Fabrikation ein grosser Dienst, sondern auch dem Backstein-Rohbau ein wesentlicher Voranschub geleistet, da die Fabrikanten auf Vorrath und mit grösserem Vertrauen arbeiten, deshalb leichter bessere und gleichmässiger Waare in Form und Farbe auf den Markt bringen, dabei den Preis niedriger stellen und überhaupt gerade das leisten können, was die Hebung des Backstein-Rohbaues gegenüber dem Putzbau herbeiführen kann.

Allerdings ist dabei nicht zu verkennen, dass zwar eine ziemliche Anzahl verschiedenartiger Gesamtp Profile mit den in den Fig. 1 dargestellten Formen zusammengestellt werden kann, dass aber damit

doch nur eine beschränkte Auswahl möglich und somit, wenn einzig und allein diese Normalsteine fabricirt würden, eine ins Schablonenmäßige gehende, die freie künstlerische Gestaltung hemmende Formen-Orthodoxie zu befürchten wäre. Diese Gefahr ist indeffen als nicht vorhanden zu betrachten; denn einerseits sind hier nur solche Formen ins Auge gefasst, welche es ermöglichen, die einfacheren Hochbauten ohne Vorherbestellung der Steine auszuführen; andererseits gewährt Punkt 2 der Normen den nöthigen Vorbehalt hauptsächlich in Betreff der Abmessungen. Im Uebrigen muß die weitere Entwicklung der Sache der Zukunft überlassen bleiben, welche die weitere Klärung, die nöthigen Ergänzungen, vielleicht auch die zulässigen Reductionen herbeiführen wird. Wenn z. B. unter den Profilsteinen noch Confolsteine, welche eine kräftigere Ausladung gestatten, so wie die damit in naher Beziehung stehenden, eben so reizvollen, wie einfachen Bildungen fehlen, so haben dagegen die für die Entwicklung des Backstein-Rohbaues so unumgänglich notwendigen Schrägsteine unter den Nummern *A, B, C* (Fig. 2) bereits Aufnahme in dem vom Verein für Fabrikation von Ziegeln etc. angenommenen Tableau von Formsteinen gefunden<sup>16)</sup>.

Zur Ausführung der Schornsteine werden bisweilen besonders gestaltete Formsteine, die sog. Kaminsteine angewendet; von denselben wird noch im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. IV, Abchn. 2, C) die Rede sein.

Größere Formsteine für besondere Zwecke heißen wohl auch Bautücke; dieselben werden nur sehr selten massiv hergestellt; meist sind sie hohl (siehe:  $\gamma$ . Hohlsteine) ausgeführt.

Sämmtliche Profil- und Formsteine, eben so die Verblender, werden in gleicher Weise als Hohlsteine hergestellt.

In Frankreich gebraucht man zum Zwecke der Zwischendecken-Constructionen zwischen den Trägern hohle Formsteine eigener Art mit Nuth- und Feder-Verbindung, wodurch die Ausnutzung des Materials noch mehr gesteigert wird. Auch in Wien sind ähnliche Formen, aber mit Aushöhlungen von den Breitseiten aus, eingeführt, so daß ein Steg in der Mitte des Steines stehen bleibt. Auf der pariser Weltausstellung des Jahres 1878 waren mehrere Systeme solcher Hohlsteine für Decken-Constructionen vertreten, aus denen wir die Systeme von *Lamy* und *Müller* hervorheben. Näheres über Form, Dimensionen und Verwendung derartiger Hohlsteine wird im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. III, Abchn. 2. B. Balken-Decken) vorgeführt werden.

3) Pflaster- und Trottoirsteine. Für Pflasterungen müssen besonders hart gebrannte Steine, Klinker, verwendet werden. Die Dimensionen und die Form solcher gewöhnlichen Fliesen, Estrichplatten, Flursteine etc. sind je nach dem Zweck verschieden.

Von den verschiedenen gebräuchlichen Formen und Dimensionen seien hier genannt:

Trottoirplatten, 5,8 und 7 cm dick, 2 cm lang und 20 cm breit, Gewicht 4, 4,8, 5,5 kg, scharfkantig oder abgefast, je nach dem Maß und der Art der Beanspruchung.

Flur- oder Einfahrtsplatten, 6 bis 7 cm dick, 20 cm lang, 20 cm breit, 4,8 bis 5,5 kg schwer, viertheilig oder in concentrischen Ringen gerieft und abgefast.

Stallsteine, 7 bis 8 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, 3,2 kg schwer, abgefast.

Straßen-Pflastersteine, leichte und schwere, 10 bis 15 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, abgefast, 4,2 bis 6,2 kg schwer.

Randsteine, zu Trottoireinfassungen, 12 cm dick, 18 cm breit, 47 cm lang, 22 kg schwer.

Ferner flache Schüsseln zum Auffangen des Traufwassers, flache Rinnen, Grundrinnen, Brunnenkränze etc.

Die Klinkerstraßen haben sich in Holland, im Oldenburgischen, in der Normandie ganz vortüglich bewährt; in neuerer Zeit wurden sie mit eben so gutem Erfolge in München, Wien, Berlin und Pest eingeführt, und ist die Fabrikation und der Consum der auch unter dem Namen Kunst-Basaltstein bekannten Klinker erheblich gestiegen; auch unterliegt es bei dem völlig staubfreien, minimal abnutzenden und außerordentlich dauerhaften Pflaster, welches sie geben, keinem Zweifel, daß mancher natürliche Pflasterstein durch sie verdrängt werden kann.

Von den feineren Fliesen wird noch im nächsten Kapitel (Art. 48, S. 111) die Rede sein.

4) Dachsteine. So wie die unter 1. bis 4. angeführten Backsteinforten bei Mauerconstructionen Ersatz für die natürlichen Bausteine bieten, liefert der viel-

<sup>20.</sup>  
Dachsteine.

<sup>16)</sup> Vergl. Otzen, J. Ueber die Normalien auf dem Gebiet der Verblend- und Formstein-Fabrikation. Deutsche Bauz. 1879, S. 95.

gestaltbare Thon auch als Dachstein Ersatz für den Dachschiefer und andere natürliche Dachdeckungsmaterialien.

Die Dachsteine sollen bei möglichst geringem Gewicht eine möglichst große Fläche so decken, daß weder durch die Zwischenfugen, noch durch das Deckmaterial selbst Regen durchdringen kann, und sie sollen vollkommen wetterbeständig sein.

Zur Erfüllung dieser Bedingungen ist einerseits die richtige Form und Qualität des Ziegels im Material und Brenngrad, andererseits die entsprechende Art der Eindeckung nothwendig. Wir haben uns hier nur mit der Form und der Qualität des Dachsteines zu befassen.

Man unterscheidet drei Hauptgruppen von Dachsteinformen: Biberchwänze, Dachpfannen und Falzziegel.

α) Die Biberchwänze sind längliche Platten von 370 bis 480 mm Länge bei 180 mm Breite und 13 bis 15 mm Dicke. Der vordere Schmalrand ist entweder gerade rechtwinklig zu den Langseiten abgechnitten oder mit gebrochenen Kanten versehen oder aber im Segment oder Halbkreis abgerundet, feltener rechtwinklig zugespitzt. Der entgegengesetzte Schmalrand trägt in der Mitte der Basis einen Haken, aus dem gleichen Material in einem Stück geformt, eine fog. Nafe zum Aufhängen an der Dachlatte. Die Biberchwänze müssen vor Allem möglichst eben und so stark gebrannt sein, daß die Porosität trotz der geringen Dicke kein Durchfickern gestattet. Das Maximum der gestatteten Porosität, um sowohl gegen Durchfickern als auch gegen Frost zu sichern, ist nach *Olschewsky* ca. 16 Procent (vergl. Art. 28, S. 88). Zugleich wirken dabei Kalkgehalt und schwacher Brand schädlich auf die Dauerhaftigkeit.

β) Die Dachpfannen, besonders in südlichen Gegenden früher im Gebrauch, haben die Gestalt einer nahezu halben Röhre, deren Querschnitt einen Kreisbogen von 150 Grad beschreibt, und dienen jetzt hauptsächlich als Firzziegel. Sie geben, da sie stets abwechselnd mit der inneren und äußeren Mantelfläche nach außen gelegt werden und sich dabei übergreifen, ein vollkommen sicheres Dach. Die unten liegenden, mit der Höhlung nach aufwärts gekehrten heißen in einigen Gegenden Haken, die anderen Preiße.

Sind zwei solche Halbcylinder neben einander zu einem S-förmigen Ganzen verbunden, so giebt dies die holländische Dachpfanne, welche viele Vortheile bietet und eine charakteristisch wirkfame Dachfläche bildet.

γ) Die Falzziegel, deren Formungsprincip dahin geht, das bei den anderen Dachdeckungsarten bei scharfem Winde schwer zu vermeidende Durchregnen ganz unmöglich zu machen und zugleich eine günstige ästhetische Wirkung bei bester Ausnutzung des Materials zu erzielen, sind in neuerer Zeit in glücklichen Aufschwung gekommen.

Gewöhnlich sind zwei, eine Ecke mit einander bildende Flächen unten mit Falz, oben mit Nuth versehen und greifen in Nuth und Feder in den zunächst liegenden Ziegel gleicher Gestalt ein, und zwar kann der Falz einfach oder doppelt sein. Die weitere Detailgestaltung der Falzziegel hängt zu sehr mit der constructiven Seite der Dachdeckung zusammen, als daß es zweckmäßig wäre, an dieser Stelle darauf näher einzugehen; vielmehr werden die ferneren, für die Formgebung maßgebenden Principien und die auf Grundlage derselben erzeugten Ziegelformen im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. III, Abfchn. 2, F: Dachdeckungen) des Näheren erläutert werden.

Wenn sich auch der Preis eines Falzziegel-Daches den anderen Ziegeldächern gegenüber nicht billiger stellt, so kommt doch hinzu, daß ein Verstreichen mit Kalkmörtel unnöthig ist und Reparaturen nicht allein viel feltener als bei gewöhnlichen Dachziegeln vorkommen, sondern auch viel leichter auszuführen sind. Nur wo complicirte Dachformen mit Kehlen und Graten vorkommen, ist das Behauen und Aneinanderpassen schwerer auszuführen, als beim Biberchwanz.

Die Falzziegel sollten nicht nur möglichst leicht sein, um den Vortheil einer billigen Dachdeckung zu bieten, sondern sie müssen zugleich möglichste Gewähr der Wetterbeständigkeit bieten. Ersteres ist in der Regel nur bis zu einer gewissen Minimalgrenze zu erzielen, welche durch das Durchbiegen und Verziehen beim Trocknen und Brennen gesteckt wird. Die Wetterbeständigkeit läßt sich durch Verminderung der Porosität entweder vor dem Brennen durch geeignete Magerung oder durch bis zur beginnenden Erweichung gesteigerten Brand erzielen. Stets sollte dabei der Brand durch die ganze Masse gleich scharf sein, weil sich sonst leicht Ablätterungen zeigen.

Andere Mittel, welche schützen sollen, sind Tränken vor dem Brennen mit einem leichter dicht brennenden oder leichtflüßigeren Stoffe, Erzeugung einer Glasur oder nach dem Brennen durch Anstrich mit

Theer oder Wasserglas. Wenn ersteres Mittel helfen soll, muß die Glasur zum Thone paffen und darf keinen anderen Ausdehnungs-Coefficienten besitzen; sonst entstehen wieder Abblätterungen. Letzteres Mittel ist mit doppelter Vorsicht zu verwenden, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß nicht vollkommen gut und vollständig gedichtete Ziegel erst recht rasch abblättern. Auch das Dämpfen oder die Erzeugung einer leichtflüßigeren Schicht in Folge reducirender Ofengase, wodurch eine graue bis schwarze Oberfläche erzeugt wird, hilft nur bei gleichzeitigem scharfen Brande<sup>17)</sup>.

21.  
Feuerfeste  
Steine.

5) Feuerfeste oder Chamotte-Steine kommen überall da zur Anwendung, wo Feuerungs-Anlagen von Mauerwerk umschlossen werden. Außer absoletter Feuerfestigkeit verlangt man von denselben entweder, daß sie dem Wechsel von Hitze und Abkühlung widerstehen oder aber, daß sie gleichmäßig hohe Temperaturen aushalten. Im ersteren Falle müssen bei der Fabrikation reine und sehr fette Thone vermieden werden, da die daraus gebrannten Steine bei Abkühlungen leicht bersten; durch Mengung mit unplastischer Masse kann man den beabsichtigten Zweck erreichen. Für Steine, welche hohen Hitzegraden zu widerstehen haben, setzt man der Thonmasse zerstoßenen weißen Quarz, bezw. Quarzsand zu; sind die Temperaturen besonders hoch, so muß man Bruchstücke von feuerfesten Steinen, Scherben von gebrauchten Kapseln oder sonstige gebrannte feuerfeste Thonstücke verwenden.

#### Literatur.

Bücher über »Backstein« und »Backstein-Fabrikation«.

- SCHLICKEYSEN, C. Die Maschinen-Ziegelei. Berlin 1860.  
 CHALLETON DE BRUGHAT, F. *L'art du briquetier*. Paris 1861.  
 VICAT, E. Neueste Fortschritte in der Ziegel-Fabrikation. Leipzig 1863.  
 NEUMANN, F. Die Ziegel-Fabrikation. 6. Aufl. v. P. SCHALLER's prakt. Ziegler. Weimar 1866.  
 WERKEN, G. v. Das Ganze der Ziegel-Fabrikation. Altona 1868.  
 DOBSON, E. *Rudimentary treatise on the manufacture of bricks and tiles*. London 1868.  
 VICAT, E. Die Ziegel- u. Cement-Fabrikation. Eine Beschreibung der neuesten Maschinen zur Darstellung von Ziegel- u. Thonröhren, der neuern Brennöfen für Ziegel und Kalk, der Darstellung künstlicher Steine etc. 2. (Titel-) Ausg. Berlin 1868.  
 HEUSINGER v. WALDEGG, ED. v. Die Kalk-, Ziegel- und Röhren-Brennerei in ihrem ganzen Umfange u. nach den neuesten Erfahrungen. 3. Aufl. Leipzig 1876.  
 LIEBOLD, B. Die Trockenanlage für Ziegeleien. Leipzig 1877.  
 NEUMANN, R. Ueber den Backstein. Berlin 1879.  
 KELLER, R. Ueber die Fabrikation und Anwendung feuerfester Steine. Aachen 1880.  
 CHABAT, P. *La brique et la terre cuite*. Paris. (Im Erscheinen begriffen.)  
 OLSCHESWSKY, W. Katechismus der Ziegelfabrikation etc. Wien 1880.  
 Siehe auch die Literatur-Angaben am Ende des nächsten Kapitels (Keramische Erzeugnisse).

#### d) Ungebrannte künstliche Bausteine.

Um auch über diese Gruppe von Bausteinen eine Uebersicht zu bieten, seien nachstehend die wichtigeren derselben namhaft gemacht, wenn gleich die Eigenschaften, die Erzeugung und Verwendung derselben an jenen Stellen des vorliegenden Abschnittes zu finden sind, wo ein passender fachlicher Zusammenhang dieser Bausteine mit anderen Baustoffen erzielt werden konnte.

- 1) Lehmsteine und Lehmputzen (siehe Art. 16, S. 72).
- 2) Kalksandsteine (siehe Kap. 3 unter b: Luftmörtel aus Fettkalk).

<sup>17)</sup> Eine eingehende Controverse (von Olscheswsky und Sälzner) findet sich in: Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1879. Nr. 5, 10, 11, 13, 14.

- 3) Cement-Fabrikate (siehe Kap. 3 unter d: Mörtel aus Roman-Cement — und e: Mörtel aus Portland-Cement).
- 4) Beton-Fabrikate (siehe Kap. 4).
- 5) Schlackenfeine und Schwemmsteine (siehe Kap. 3 unter f: Kalkmörtel mit hydraulischen Zuschlägen).
- 6) Stuck-Marmor (siehe Kap. 3 unter g: Magnesia- und Gyps-Mörtel).
- 7) Stucco luftro (siehe Kap. 3 unter b: Luftmörtel aus Fettkalk).

#### e) Prüfung und Festigkeit der Bausteine.

Die Prüfung der Steine soll sich auf die Constatirung der Qualität aller für einen bestimmten Zweck maßgebenden Eigenschaften erstrecken und besonders in wichtigen Fällen sich keineswegs mit der Feststellung der Gattungscharaktere und mit einem Schlusse daraus auf die aus der Literatur vorliegenden Resultate für diese Gesteinsorte begnügen. Denn einerseits ist es jedem Steinbruchtechniker wohlbekannt, daß aus einem und demselben Bruche sehr verschiedenartige Steine stammen können, welche äußerlich oft nur von einem Specialfachmann unterschieden werden, und daß in verschiedenen geologisch identischen Schichten der Grad der Porosität und damit der Festigkeit und namentlich auch der Annahme von Staub- und Flechtenvegetation verschieden ist<sup>18)</sup>. Andererseits kann sogar aus derselben Schicht je nach der Nähe der Verwitterungszone oder eines Hauptspaltes halberfetztes Gestein geliefert werden, was besonders häufig bei Graniten und Sandsteinen vorkommt. Eben deshalb ist es doppelt nothwendig, daß sich die Thätigkeit der Prüfungs-Anstalten nicht bloß auf das ins Laboratorium gebrachte Material erstreckt, sondern im Steinbruche beginnt und von dort aus sichtet und controlirt.

22.  
Prüfung  
der  
Steine.

1) Festigkeits-Bestimmung. Zumeist werden Steine auf ihre Druckfestigkeit beansprucht und probirt. Als Apparate hiezu dienen für kleinere Querschnitte oder weichere Steine Hebelcombinationen mit directer Gewichtsbelastung. Sie reichen für praktische Zwecke vollkommen aus und erfordern nur Aufmerksamkeit auf das Ausbalanciren der Druckhebel und das richtige Einstellen der Schneiden.

23.  
Festigkeits-  
Bestimmung.

Die älteste Festigkeitsmaschine von *Gauthey* in Paris war eine solche; das *Institut statistique* führt seit 1854 mit einer solchen jährlich weit über 1000 Druckbestimmungen aus. Der ältere Festigkeitsapparat der wiener technischen Hochschule ist ähnlich angeordnet, eben so der im *Stabilimento tecnico* construirte und seit 5 Jahren benutzte Apparat des Verfassers; letzterer gestattet eine Belastung von 10000 kg. Die ältere wiener Maschine und der Apparat des Verfassers sind zugleich auch zur Bestimmung der Zugfestigkeit eingerichtet.

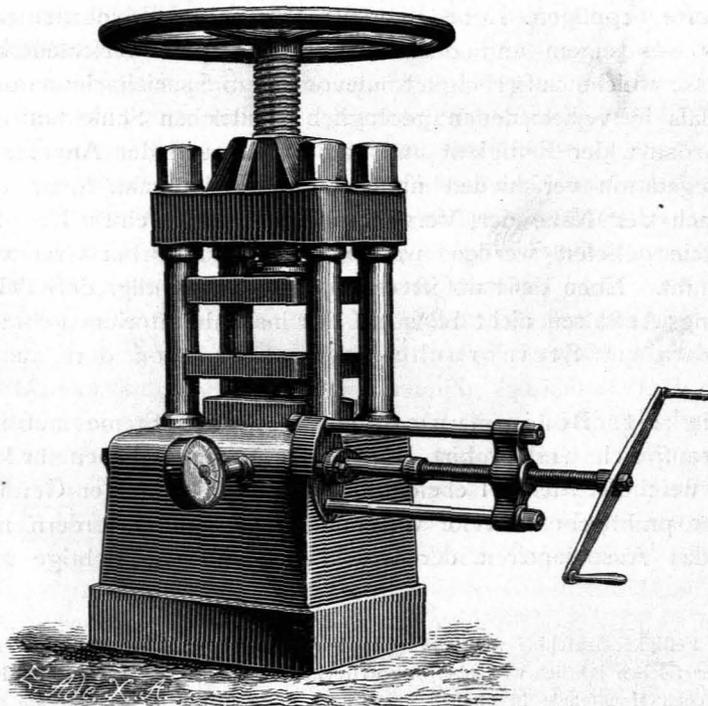
Zur Bestimmung von Festigkeiten größerer Querschnitte werden jetzt fast allgemein hydraulische Pressen benutzt. Sie gestatten rasche und bequeme Arbeiten mittels Ablefung des Druckes an einem *Bourdon'schen* Manometer, welches aber nicht im Wasserkasten, sondern in einem eigenen hydraulischen Cylinder, der an der gedrückten Fläche sitzt, indiciren sollte, und liefern für gewöhnliche, unmittelbar

<sup>18)</sup> Lehrreich sind in dieser Beziehung insbesondere die porösen Kalke des Wiener-Beckens (vergl. Rebhann, G. Gewicht und Festigkeit der in Wien verwendeten Bausteine. *Zeitschr. d. Oest. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1864, S. 3), und so mancher Monumentalbau der Kaiserstadt verdankt der Nichtbeachtung dieses Umstandes sein ehrwürdig geflicktes, harlekinartiges Aussehen, während gerade die Verwendung verschieden porösen Steines zur Hervorbringung malerischer Wirkung hätte benutzt werden können.

praktische Zwecke vollkommen genügende Resultate, während durch Berechnung der hydraulischen Spannung aus der Belastung des Sicherheitsventils oder Anhängung von Gewichten am Pressbengel die Druckintensität stets ungenau angegeben werden würde. Communicirt das Manometer mit dem Pressraume, so sollte nach *More* und *Rankine* wenigstens ein Zehntel vom Druck für die Reibung des Presskolbens abgezogen werden. Vollkommen exact sind jedoch alle Proben mit hydraulischen Pressen nur dann, wenn der Druck oder Zug an dem der Belastung entgegengesetzten Ende des Probestückes durch genaues Contrewägen an einer Hebelcombination bestimmt werden kann.

Für Belastungen bis zu 60000 kg bauen (vormals *Bassermann* und *Mondt*) gegenwärtig *Brink* und *Hübner* in Mannheim nach der Angabe von *Michaelis* eine hydraulische Presse ohne Pumpe (Fig. 3), welche unter

Fig. 3.



Hydraulische Presse ohne Pumpe.

der Correction eines Manometers sehr rasche und hinlänglich genaue Resultate liefert und des nicht übertriebenen Preises<sup>19)</sup> halber allgemeiner zugänglich ist.

Die exacteste, zur Ermittlung allgemeiner Gesetze, also speciell für die Versuchs-Anstalten, wie *Bauschinger* sie sich vorstellt, geeignete Maschine ist die Universalfestigkeits-Maschine von *Werder*, bei *Cramer-Klett* in Nürnberg construirt. Sie ist in ihrer neuesten verbesserten Form beschrieben und abgebildet in: *Jenny, K.* Festigkeits-Versuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate an der k. k. technischen Hochschule in Wien. (Wien 1878.) Dieselbe ist bereits in einer grossen Anzahl von Exemplaren über Deutschland und Oesterreich verbreitet<sup>20)</sup>.

<sup>19)</sup> Je nach den Dimensionen der Pressplatten zur Zeit 450 bis 1650 Mark. — Dasselbe Etablissement erzeugt auch kleinere Versuchspresen für 10000 kg Druck, die mit drei Manometern ausgestattet sind; von den letzteren ist das eine für Niederdruck, ein zweites für Hochdruck abstellbar, und das dritte dient als Controle-Manometer.

<sup>20)</sup> Näheres über Festigkeits-Prüfungsapparate ist zu erfahren aus: *Pichler, M. v.* Die Materialprüfungs-Maschinen der pariser Weltausstellung. Leipzig 1879.

Die Zugfestigkeit wird bei Bausteinen leider sehr selten bestimmt, da dieselbe direct nicht oft in Anspruch genommen wird. Und doch ist dieselbe für die Ermittlung des Elasticitäts-Coefficienten, wenn zugleich die berührten petrographischen Bestimmungen vorgenommen werden, namentlich aber für die Ermittlung der Frostbeständigkeit von größter Wichtigkeit, da die Alterirung des Zusammenhanges durch Frostspannung sich nothwendiger Weise durch Abnahme der Festigkeit äußern muß. Ein weiterer praktisch wichtiger Grund ist die Leichtigkeit der Vornahme der Zugfestigkeits-Prüfung. Während bei der Prüfung auf Druck an der Herstellung vollkommen ebener und paralleler Druckflächen Alles liegt, da sonst der gedrückte Querschnitt sofort ein anderer, als der beabsichtigte und in Rechnung zu ziehende ist; während bei solcher Prüfung ungeachtet der Befolgung dieser Regel fast immer lange vor dem Bruch Risse entstehen, welche zweifelsohne das Resultat trüben — läßt sich bei Zug sehr leicht ein rechteckiger Minimalquerschnitt herstellen und die übrige Form durch Umgießen mit bestem Portland-Cement so ergänzen, daß stets das Reißen im beabsichtigten Querschnitt erfolgt. Bei sehr harten Steinen nehme man aber statt Portland-Cement eine *Sorell'sche* Magnesia-Cement-Masse aus gebranntem Magnesit und Chlormagnesium mit 4 bis 5 Theilen Sand, da dieselbe in kürzerer Zeit stärker verkittet als Portland-Cement. Zudem ist es hierbei gestattet, ein Gestein nach allen Richtungen auf seine Cohäsions-Verhältnisse zu prüfen, die Lagerfläche, auch wenn sie an petrographischen Merkmalen nicht erkennbar wäre, aufzufinden und Apparate von verhältnißmäßiger geringen Kosten hierzu zu verwenden.

Der in Deutschland bei der Normenprüfung von Portland-Cement als Normal-Zugfestigkeits-Apparat eingeführte Apparat von *Frühling-Michaelis*, dessen Einrichtung noch im 3. Kapitel (unter i: Prüfung der Mörtel) gedacht werden wird, eignet sich ganz gut hierzu; Verfasser hat mit demselben mehrere Hundert Zugfestigkeits-Proben mit Bausteinen ausgeführt.

Die Bruchfestigkeit wird meist ohne besondere Apparate durch directe Belastung je nach der Art der künftigen Beanspruchung bestimmt. Am häufigsten geschieht dies bei frei liegenden Treppenstufen. —

Wir lassen nachstehend einige Resultate der von verschiedenen Fachmännern für natürliche und künstliche Bausteine vorgenommenen Druckfestigkeits-Bestimmungen folgen, wollen es jedoch nicht unterlassen, diesen Angaben einige bedeutsame Stellen aus der in der Fußnote 3 auf S. 57 bereits genannten, von *Baufchinger*, *Funk* und *Hartig* ausgearbeiteten »Denkschrift« voranzuschicken.

24.  
Festigkeits-  
Angaben.

Die für jede Qualitätsclasse angegebenen Zahlen für die Druckfestigkeit sind als Minimalzahlen zu verstehen, welche von dem Material, das in diese Classe gezählt werden soll, mindestens erreicht oder überschritten werden müssen. Steine, deren Festigkeit unter die Minimalzahl der letzten Qualität der betreffenden Materialgattung fällt, sind nicht mehr qualificirbar; sie sind in der Regel auch nicht mehr als verlässiges Baumaterial anzusehen und sollten auch nicht mehr oder doch nur nach sorgfältigster Prüfung nach allen Richtungen hin verwendet werden.

#### A. Natürliche Steine.

Die Druckfestigkeit natürlicher Gesteine soll stets an Probekörpern in Würfelform bestimmt werden, und zwar in der Richtung senkrecht zum Lager, wo dieses erkennbar ist. Zwei gegenüberliegende Seitenflächen dieses Würfels sind, wenn nöthig mit dem Diamant, auf einer Handhobelmaschine genau eben und parallel zu hobeln. Diese liegen bei der Probe direct ohne Zwischenlagen an genau eben und parallel gehobelten Druckplatten aus Hartguss, von denen die eine, in Kugelgelenk beweglich, sich von selbst parallel zur anderen stellt.

Unter Druckfestigkeit ist die auf 1 qcm bezogene Belastung, welche den völligen Bruch herbeiführt, zu verstehen. Das Erfcheinen der ersten Riffe, der Beginn der Zerflörung, ist zu sehr von der Genauigkeit der Bearbeitung des Probefstückes und seiner Anlage an den Druckplatten abhängig, als dafs es für ein sicheres Mittel zur Beurtheilung der Festigkeit genommen werden könnte.

1) Verfeinerungslofe Felsarten:

Granit, Diorit, Grünstein, Syenit, Syenit-Granit, Glimmerfchiefer etc. etc.

Qualität I. Mit dem Meissel schwer oder nicht bearbeitbar, daher meist nur zu Pflasterungsmaterial verwendet; Minimal-Druckfestigkeit 1600 kg pro 1 qcm.

Qualität II. Ziemlich schwer bearbeitbar, aber doch schon zu Säulen etc. verwendet: Minimal-Druckfestigkeit 1200 kg pro 1 qcm.

Qualität III. Gut bearbeitbar und vorzüglich als Hausstein-Mauerwerk verwendet: Minimal-Druckfestigkeit 1000 kg pro 1 qcm.

Qualität IV. Für geringere Sorten Bausteine: Minimal-Druckfestigkeit 800 kg pro 1 qcm.

2) Kalksteine, als: Marmor, Dolomite, Muschelkalk, Nummuliten-Kalkstein etc. etc.

Qualität I. Die Druckfestigkeit steigt besonders bei den älteren Muschelkalken bis 1600 kg pro 1 qcm und darüber; diese sind aber dann schwer zu bearbeiten und dienen hauptsächlich nur als Straßenschotter: Minimal-Druckfestigkeit 1000 kg pro 1 qcm.

Qualität II. Minimal-Druckfestigkeit 800 kg pro 1 qcm.

Qualität III. Minimal-Druckfestigkeit 600 kg pro 1 qcm.

Unter die letzte Grenze fallen nur noch die weicheren Kalksteine jüngerer und jüngster Formation, die zum Theil noch recht gute Bausteine geben, aber wegen der vorkommenden meist sehr großen Unterschiede in Festigkeit und Beständigkeit mit Vorsicht auszuwählen und sorgfältig zu prüfen sind.

3) Sandsteine.

Mit dem Vorbemerk, dafs die Druckfestigkeit der Grauwacke, die dann aber nicht mehr bearbeitet werden kann, bis über 2000 kg pro 1 qcm steigt, und dafs Molassen-Sandsteine und Findlinge von Bunt-sandsteinen der Trias bis 1500 kg pro 1 qcm kommen, setzen wir für die

Qualität I. als untere Grenze 800 kg pro 1 qcm für die Druckfestigkeit. In diese Qualitätsclasse fallen dann alle oben genannten Steinarten und die besten Bruch-Bunt-sandsteine.

Qualität II. Minimal-Druckfestigkeit 600 kg pro 1 qcm. Die besseren und mittleren Bunt-Sandsteine enthaltend.

Qualität III. Minimal-Druckfestigkeit 400 kg pro 1 qcm. Die geringeren Bunt- und guten Keuper- und Schilf-Sandsteine in sich fassend.

Qualität IV. Minimal-Druckfestigkeit 200 kg pro 1 qcm, enthaltend die gewöhnlichen Keuper-, Bau- und Schilf-Sandsteine etc. etc.

Unter letzterer Minimalzahl variirt die Festigkeit und Beständigkeit der Sandsteine ungemein mit der Güte des Bindemittels, und es ist beim Gebrauch solcher Steine mit größter Vorsicht zu verfahren.

4) Conglomerate, Tuffe etc. etc.

Qualität I. Minimal-Druckfestigkeit 400 kg pro 1 qcm.

Qualität II. Minimal-Druckfestigkeit 250 kg pro 1 qcm.

Qualität III. Minimal-Druckfestigkeit 150 kg pro 1 qcm.

Es läßt sich von vornherein nicht angeben, welche der einzelnen Steinarten dieser Abtheilung vorzugsweise in die eine oder andere dieser drei Classen fallen. Es giebt Tuffe, welche in die erste, und solche, welche nicht mehr in die dritte Qualitätsclasse einzureihen sind, und ähnlich verhält es sich mit den Conglomeraten, sei es, dafs diese aus gröberem Gemengtheilen bestehen, wie die Nagelfluh-Arten, welche beispielsweise in Thälern des bayerischen Gebirges vorkommen, oder sei es, dafs die Bestandtheile so fein werden, wie in den Conglomeraten aus der Gegend von Wien (aus Brunn z. B.).

B. Künstliche Steine.

1) Backsteine.

Hier ist zunächst zu unterscheiden zwischen solchen, die besonders stark gebrannt sind, um ihnen die für ihre Anwendung als Trottoirstein, Pflasterstein etc. erforderliche Härte zu geben, und zwischen den als Bausteine zu verwendenden in gewöhnlichen Ziegelöfen gebrannten. Erstere mögen wie gebräuchlich Klinker, letztere schlechtweg Mauersteine genannt werden.

a) Klinker. Ein sicheres Erkennungszeichen für die Härte, die hier, wenn nicht allein, so doch vor der Festigkeit zur Beurtheilung der Qualität dienen muß, fehlt bekanntlich bis jetzt; die Druckfestigkeit aber kann nicht als Ersatz gebraucht werden, da die Erfahrung gezeigt hat, dafs minder hart gebrannte

Klinker, die schon jetzt als geringere Qualität verkauft werden, eben so große, ja häufig größere Druckfestigkeit besitzen, als die bestgebrannte I. Qualität. Es bleibt deshalb vorläufig nichts übrig, als das Aussehen des Bruches und allenfalls auch den Klang für die Classification heran zu ziehen, und in der That läßt sich hiernach die Scheidung wenigstens in zwei Classen mit großer Sicherheit ausführen.

Qualität I. Außere Oberfläche gut glazirt, meist schwarz, manchmal auch grün. Klang hell und scharf, Bruch meist dunkelroth oder braun, manchmal auch hellfarbig, aber immer glazig, gefintert und durchweg gleichmäßig aussehend, mit scharfen, schwer abzubrechenden Kanten, von den Rändern herein bis auf mindestens 1 bis 2 mm die Farbe der Glazur zeigend.

Qualität II. Außere Oberfläche nur wenig glazirt, Klang ein dumpferer, Bruch roth, manchmal auch gelb, matt aussehend, immer aber gleichmäßig und ohne Streifen oder Flecken; an den Rändern nicht anders gefärbt, als in der Mitte.

β) Mauersteine. Dieselben sollen bei der Probe stets in ihrem ganzen Format zwischen Mörtelbändern zerdrückt werden, die in einer Stärke von 1 bis 2 cm aus gutem Portland-Cement hergestellt werden, der mit feinem Sand bis zum Verhältniß 1 : 3 gemischt werden kann. Diese Mörtelbänder sollen in ca. 1 bis 3 Wochen erhärten, so daß sie bei der Probe nicht zerdrückt, sondern nur in Folge der Zerstörung des zwischenbefindlichen Steines zerbrochen werden.

Die äußeren Flächen dieser Mörtelbänder werden bei der Herstellung gut glatt und zu einander möglichst parallel gefrichen und liegen beim Zerdrücken an Filzplatten, die zwischen sie und die gußeisernen Druckplatten gebracht werden.

Qualität I. Minimal-Druckfestigkeit 200 kg pro 1 qcm. Dichte, manchmal muschelige Structur; geringe Porosität und Durchlässigkeit.

Qualität II. Minimal-Druckfestigkeit 160 kg pro 1 qcm.

Qualität III. Minimal-Druckfestigkeit 120 kg pro 1 qcm. Backsteine unter letzterer Grenze sind bereits sehr weich, zerreiblich, porös und wasserchluckend, und sollten nur für schwach oder ganz unbelastete Zwischenmauern verwendet werden.

#### 2) Ungebrannte künstliche Steine.

Für Formsteine dieser Art in Backsteinformat sind vorläufig noch dieselben Bedingungen oder Classification-Grenzen beizubehalten, wie für die Backsteine.

Die Prüfung hat genau so stattzufinden, wie bei diesen.

*Bauschinger* hat — auf Grundlage von Versuchen, die derselbe zum Theil mit rechtwinkligen Parallelepipeden und Cylindern aus Sandstein, zum Theile mit rechteckigen Cementplatten von gleicher Dicke, aber verschiedener Länge und Breite angestellt hat — folgende Formel für die Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Gestalt des Querschnittes und von der Höhe solcher Körper aufgestellt:

$$\beta = \sqrt{\frac{\sqrt{F}}{\frac{1}{4}u}} \left( \lambda + \nu \frac{\sqrt{F}}{h} \right).$$

Darin bezeichnet  $\beta$  die Druckfestigkeit (Bruchbelastung in Kilogr. pro 1 qcm des Querschnittes),  $F$  die Fläche (in Quadr.-Centim.) und  $u$  den Umfang (in Centim.) des Querschnittes,  $h$  die Höhe des prismatischen oder cylindrischen Probestückes (in Centim.), endlich  $\lambda$  und  $\nu$  Constante, die von der Natur des Materials abhängig sind, welche die Zähigkeit und den Reibungswiderstand bedeuten und durch Versuche bestimmt werden müssen.

Daraus ergibt sich die Schwierigkeit, zu einheitlichen Resultaten zu gelangen, und die so oft betonte absolute Nothwendigkeit vollkommen ebener und paralleler Druckflächen; Factoren, welche bei älteren Versuchen nicht immer genau berücksichtigt worden sind. Die folgende Tabelle, welche Eigengewicht und Druckfestigkeit natürlicher Bausteine — unter Benutzung der oben gewählten Gruppierung derselben — enthält, ist aus diesem Gesichtspunkt zu beurtheilen:

Gesteinsart	Eigengewicht pro 1 cbm	Druckfestigkeit pro 1 qcm	Nach:
Maffige Silicat-Gesteine.			
Granit von Neuhaus . . . . .	2570	1160	Ungarische Bauzeitung
» » Mauthausen . . . . .	2590	1410	» »
» » Hennberg . . . . .	2620	1169	<i>Bauschinger</i>
» » Nabburg . . . . .	2650	1290—1490	»
» » Riedbach bei Schärding . . . . .	2700	1770	»
Syenit, fächfischer . . . . .	2660	1200	<i>Böhme</i>
Diorit von Pfefferbach bei Kufel, Pfalz . . . . .	2850	1020—1360	<i>Bauschinger</i>
» » Steinburg, Pfalz . . . . .	2800	1580—1730	»
Gabbro von Wernigerode . . . . .	2700	645	<i>Böhme</i>
Porphy von S. Quenast . . . . .	2730	525	»
Quarz-Trachyt, ungarischer . . . . .	2300	1542	Ungarische Bauzeitung
Granat-Trachyt . . . . .	2680	1492	» »
Andefin-Quarz-Trachyt . . . . .	2540	1234	» »
Grauer Trachyt . . . . .	2250	944—1171	» »
Dolerit . . . . .	2800	880	<i>Winkler</i>
Bafalt . . . . .	3050	2078	<i>Rondelet</i>
Melaphyr . . . . .	2650	628	<i>Winkler</i>
Serpentin . . . . .	2560	840	»
Schieferige Silicat-Gesteine.			
Gneifs . . . . .	—	870	<i>Winkler</i>
Grauwacke von Goslar . . . . .	—	980	<i>Böhme</i>
Chloritfchiefer . . . . .	—	760	<i>Winkler</i>
Carbonat-Gesteine.			
Carrara-Marmor . . . . .	2700	267 (?)	<i>Brix</i>
Weisser Statuen-Marmor von St. Beat . . . . .	—	641	<i>Rondelet</i>
Schwarzer belgischer Marmor . . . . .	—	709	»
Karft-Marmor . . . . .	2580	510	<i>Rebhann</i>
Paragone von Reppen-Tabor . . . . .	2650	438	»
Dolomit von Buchberg . . . . .	2900	1300	<i>Bauschinger</i>
Rüdersdorfer Kalkstein . . . . .	—	250	»
Wöllersdorfer Kalkstein, Fifchau . . . . .	2420	790	<i>Bauschinger</i>
Kaiferstein, blauer . . . . .	2570	1115	<i>Rebhann</i>
Mannersdorfer Stein . . . . .	2380	926	»
Hundsheimer Stein . . . . .	2540	505	»
Oolith, Liais du Lareys . . . . .	2300—2400	300—400	<i>Michelot</i>
Roche de Sentis, Grobkalk . . . . .	2200—2300	250—300	»
Roche d'Euville . . . . .	2300—2400	300—350	»
Mühlendorfer . . . . .	2460	307—564	<i>Rebhann</i>
Banc royal de St. Vaast . . . . .	1650	50—80	<i>Michelot</i>
Banc royal de Savonnières . . . . .	1750	80—100	»
Banc royal de Conflans . . . . .	1700	85	»
St. Margarether Stein . . . . .	1680	75—302	<i>Rebhann</i>
Breitenbrunner Stein . . . . .	1660	99	»
Eggenburg-Zogelsdorfer . . . . .	1700	67—302	»
Loretto-Stein . . . . .	1630	96	»
Travertino von Rom . . . . .	—	298	<i>Rondelet</i>
Lambourd von Gentilly . . . . .	—	65	»

Kilogramm

Gesteinsart	Eigen- gewicht pro 1 cbm	Druck- festigkeit pro 1 qcm
Klastische Gesteine.		
Blauer Schweizer-Sandstein	—	602
Nebraer Sandstein, lichte Sorte	—	369
Nebraer Sandstein, rother .	—	160
Rackwitzer Sandstein . .	2200	352
Cottaer Quader-Sandstein .	—	97
Plätzkyer Kohlen-Sandstein	—	670
Weiberner Bimsstein-Tuff .	1500	138
Römischer Peperino . . .	—	58
Ungarischer Palla-Tuff . .	1560	210
Kilogramm		

Die Zugfestigkeit fand *Bauschinger* für Bunt-  
sandstein zu 16, Dolomit 17, Granit 29, Grauwacke 14,  
Keuper-Sandstein 4 und Mufchelkalk 27 kg pro 1 qcm.

Für Abfcherungsfestigkeit fand derselbe bei  
Granit 81, Grünstein 94, Trachyt 28, Kalkstein 62,  
Dolomit 76, Grauwacke 102, Buntfandstein 33, Keuper-  
Sandstein 34, Grünfandstein 23 und Backstein 12 kg  
pro 1 qcm.

Ueber Bruchfestigkeit liegen die zahlreichen  
Verfuche bei der Ifar-Brücke zu Githorn vor, die für  
Sandstein 43 bis 114, im Mittel 61 kg pro 1 qcm er-  
gaben. Verfuche in Alsfeld mit Basaltfäulen zeigten  
130 bis 294, im Mittel 200 kg pro 1 qcm.

In der nächsten Tabelle geben wir eine Reihe von Druckfestigkeits-Bestimmungen  
einerseits von Backsteinen norddeutscher Provenienz, welche die Königl. Prüfungsanstalt  
für Bausteine in Berlin durch *Böhme* ausgeführt hat, und zwar Durchschnittswerthe  
aus den beiden letzt erschienenen Publicationen; andererseits Prüfungen von Backsteinen  
der Wienerberger-Gesellschaft, durch *Bauschinger* in München vorgenommen <sup>21)</sup>.

Nach *Böhme*:

Nach *Bauschinger*:

Backstein-Sorte	Mittlere Druck- festigkeit pro 1 qcm	Backstein-Sorte	Mittlere Druck- festigkeit pro 1 qcm
Gewöhnliche Hintermauerungssteine . .	150	Gewöhnliche Handschlagsteine . . . .	158—236
Bessere Mauersteine (Mittelforte) . . .	247	Gewöhnliche Maschinensteine . . . .	205—230
Klinker (Hartbrand) . . . . .	354	Gewöhnliche Verblendsteine . . . . .	183
Poröse Vollsteine . . . . .	124	Gelbgeschlämmte Verblendsteine . . . .	205
Poröse Hohlsteine . . . . .	39	Gelbgeschlämmte und nachgepresste Ver- blendsteine . . . . .	230
Neueste Prüfungen:		Rothgeschlämmte Verblendsteine . . . .	200
Gewöhnliche Hintermauerungssteine . .	206	Rothgeschlämmte und nachgepresste Ver- blendsteine . . . . .	195
Mittelbrand . . . . .	258	Ordinäre Wölbsteine . . . . .	125
Klinkersteine (Hartbrand) . . . . .	379	Poröse Wölbsteine . . . . .	27
Poröse Vollsteine . . . . .	184	Hohle Maschinensteine mit 3 Löchern .	150
Poröse Lochsteine . . . . .	84	Klinker . . . . .	240
Gewöhnliche Lochsteine . . . . .	194		Kilogr.
Pefter Strafsenklinker (Wienerberger-Ge- sellschaft) . . . . .	3704		
	Kilogr.		

Das sehr verschiedene Eigengewicht der Backsteine hängt mit ihrem Porositäts-  
grade auf das Innigste zusammen; deshalb werden erst bei Betrachtung des letzteren  
(Art. 28) die betreffenden Angaben gemacht werden.

<sup>21)</sup> Betreff weiterer Festigkeitsangaben sei verwiesen auf:

Böhme. Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876.

Olschewsky, W. Vergleichende Untersuchungen einiger Ziegelmaterialien in rohem und gebranntem Zustande. Separat-  
abdruck aus dem Notizbl. d. deutsch. Ver. f. Fabrikation von Ziegeln etc. Freiburg.

Festigkeit französischer Werksteine. Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 174.

Winkler, E. Die Elasticitäts- und Festigkeits-Coefficienten. Civiling. 1863, S. 406.

Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. polytechnischen Schule in München.

Heft 1—7. München 1876—77.

25.  
Prüfung der  
Sprödigkeit  
u. Zähigkeit.

2) Prüfung der Sprödigkeit und Zähigkeit. Diese beiden für die Formbarkeit so wichtigen Eigenschaften werden entweder durch einen praktischen Steinmetz relativ festgestellt, indem man ihn gleiche Flächen von bekannt spröden und zähen Materialien zugleich mit der zu prüfenden Fläche bearbeiten läßt und die dazu nöthige Zeit und Arbeit vergleicht. Oder man verwendet eine Modification der *Vicat'schen* Nadel, eine unten mit stumpfer Spitze versehene kleine Fallramme, deren Fallhöhe und Stofszahl bis zum Eindringen auf eine Normalstufe das Maß der relativen Stofsfestigkeit oder Zähigkeit abgiebt. Am besten läßt man die Ramme schief auf den Stein wirken und verwendet einen in den Winkeln der gewöhnlichen Steinmeißel gehaltenen Meißel als Nadel, wodurch die Arbeit des Steinhauers am genauesten nachgeahmt wird. Auch kann man, um rasch nach einander eine Anzahl vergleichender Bestimmungen vornehmen zu können, an einer auf einer Drehbank rotirenden Scheibe, ähnlich wie an der noch zu beschreibenden Diamant-Kreisfäge kleine Meißel befestigen, an welche durch ein Gegengewicht das Probestück mit der gleichen Kraft gedrückt wird, wie die *Vicat'sche* Ramme wirkt. Die Zähigkeit ist dann bei gleicher Ritztiefe leicht aus der Umfangsgeschwindigkeit und der Anzahl Meißel zu berechnen.

Bei künstlichen Bausteinen kommt die Sprödigkeit und Zähigkeit weniger in Frage, wengleich ein Behauen der Backsteine, eventuell auch der ungebrannten künstlichen Steine nicht selten vorkommt. Die Prüfung wird am besten durch einen tüchtigen und geschickten Maurer vorgenommen.

26.  
Prüfung  
der  
Härte.

3) Prüfung der Härte. Bei Gesteinen, welche aus einem einzigen Mineral bestehen, wird die Härte, sobald sie dicht sind, sicher durch die *Mohs'sche* Scala bestimmt; meist jedoch bewirken Poren und fremde Gemengtheile, daß die mineralogische Härte nicht brauchbar ist. Zu diesem Zwecke nun stellt man sich entweder eine Reihe verschieden harter Probirstife her, deren Scala sehr genau an einem Normal-Schleiffstein festgestellt werden kann, und läßt sie von dem härtesten angefangen mittels der *Vicat'schen* Vorrichtung auf das Probestück wirken. Oder man benutzt die Methode von *Rondelet*, welche Verfasser noch für die beste hält, indem man einen Normal-Schleiffstein bis zu einer bestimmten Abnutzungstiefe darauf wirken läßt. Diese Methode ist jetzt in verbesserter Form zur Prüfung der Abnutzung von Pflastersteinen durch *Michelot* in Paris eingeführt, und auch *Siebeneicher* in Berlin hat danach seine Versuche ausgeführt. Die Commune Wien richtet jetzt gleichfalls eine solche Pflasterstein-Prüfung ein. *Bauschinger* arbeitet ähnlich, indem er horizontale rotirende Stahlplatten unter Schmirgelzufluß rotiren läßt und darauf unter constanter Belastung den Normalstein mit dem zu prüfenden zugleich abschleift.

So ähnlich die Wirkung des Schleifens der Abnutzung auf den Straßsen ist, so ist sie doch nicht damit direct zu vergleichen. Nur sehr oft wiederkehrende Belastungen, verbunden mit Stößen stumpfen Eisens und der Zwischengabe des eigenen Gesteins-Detritus als Schleifpulver, arbeiten richtig, wie denn auch das ungünstige Verhalten von Klinkern und von Asphalt in der *Michelot'schen* Probe beweisen. Die Härtebestimmungen mittels Bohrens, wie sie *Perronet*, *Behrens* und neuestens *Wolf* in Vorschlag brachten, leiden noch mehr, als die Meißel-Methode, welche Verfasser vorschlug, an dem Fehler, daß der Punkt, wann die Abnutzung das Bohrinstrument untauglich macht, kaum präcis anzugeben ist, abgesehen davon, daß Bohrer schwieriger vollkommen gleichwerthig in Form und Härte herzustellen sind, als Meißel.

Bei Backsteinen, bei denen, wie in der auf S. 82 citirten Denkschrift gesagt ist, ein sicheres Erkennungszeichen für die Härte fehlt, und bei anderen künstlichen

Baufeinen hat man in ähnlicher Weise zu verfahren, wie bei natürlichen Steinen; namentlich eignet sich die *Rondelet-Michelot'sche* Methode in solchen Fällen.

4) Prüfung der Dauerhaftigkeit. Die Principien zur Beurtheilung der Dauerhaftigkeit sind oben angegeben worden. Eine positive Methode, um mit mathematischer Sicherheit den Coefficienten der Dauer anzugeben, existirt nicht. Es sind nur Wahrscheinlichkeitsangaben, welche mit den heute gebräuchlichen Methoden erzielt werden können.

Es unterliegt nach täglicher Erfahrung keinem Zweifel, daß nichts das Zerstören eines Steines rascher herbeiführt, als schneller und extremer Temperaturwechsel. Verfasser hatte wiederholt Gelegenheit, zerfrierbare Steine in ihrer natürlichen Lagerung zu studieren. So tief der Frost dringen konnte, zeigten sich alljährlich die Oberflächen von tausend Sprüngen durchsetzt, im Frühling eine Schuttmasse bildend.

Es ist die unter Ausdehnung erfolgende Krytallifikationskraft des Eises, welche, vereint mit der Contraction des Steines durch Temperatur-Erniedrigung, die innere Zugspannung über die Elasticitätsgrenze bringt und so den Stein zerreißt.

*Brard* suchte unter den krytallisirenden Salzen eines auf, welches die Eigenschaften des Eises am deutlichsten zum analogen Ausdruck brächte, und fand dies im Glaubersalz, bei welchem ebenfalls Ausdehnung und damit innere Zugspannung im Momente des Krytallisirens stattfindet.

Die zerfrierbaren Steine bei Siedetemperatur, mit gefättigter Glaubersalz-Lösung gefättigt, verhalten sich nach dem Abkühlen analog wie unter der Einwirkung geförorenen Wassers.

Im Einzelnen besteht das *Brard'sche* Verfahren in Folgendem:

- 1) Man wähle die Probestücke im Steinbruche so aus, daß man verdächtige, wechselnde Structur und Farbe zeigende nimmt.
- 2) Man forme daraus, indem man mit Vorzicht die Erzeugung von Sprüngen oder Splintern, besonders bei sprödem Gestein, vermeidet, scharfkantige Würfel von 3 bis 5 cm Seitenlänge; unregelmäßige oder rundliche Stücke ergeben keine deutlichen Resultate, zerprungene zu ungünstige.
- 3) Man wäge nach vorherigem Austrocknen bei 100 Grad die Würfel und bezeichne sie genau. (Verfasser hat dies für sehr wichtig gefunden, da hierdurch die Probe empfindlicher und rascher wird.)
- 4) Man löse in einer entsprechenden Menge kalten Wassers so viel Glaubersalz auf, daß es eine vollkommen gefättigte Lösung giebt, in welcher noch einige Krytalle sich befinden.
- 5) Man koche die Lösung zum starken Aufwallen und gebe alle Probestücke hinein, so daß sie sämtlich bedeckt werden, und koche ca. 30 Minuten fort.
- 6) Dann nehme man die Probewürfel heraus, hänge jeden mit einer Schnur an einem Stäbchen auf und stelle unter jeden Würfel ein Becherglas mit so viel vorher von dem Bodenfatze decantirter Lösung, daß der Würfel beim Eintauchen davon bedeckt wird.
- 7) In normaler, nicht feuchter Zimmertemperatur zeigen sich je nach der Porosität früher oder später, meist in einem Tage, rasch verwitternde Krytalle; diese werden sofort nach dem Auftreten wieder durch Eintauchen in die Lösung während einiger Minuten entfernt und dann wieder zur Krytallifikation aufgehängt. Die Krytallbildung erfolgt immer rascher; man kann manche Steine 5- bis 6-mal des Tages eintauchen.
- 8) Dieses Eintauchen setze man wenigstens 6 Tage lang fort, jedoch so, daß jeder Stein gleichviel Krytallifikationen liefert.
- 9) Frostbeständige Steine erleiden hierbei keinen Substanzverlust oder doch nur ganz geringen, nicht über 1, höchstens 2 Procent betragenden. Zerfrierbare zerfallen entweder in Stücke oder Platten und verlieren bei jeder neuen Krytallifikation neuerdings Theilchen, welche am Ende der Probe, nach sorgfältigem Auswaschen mit destillirtem Wasser und Trocknen bei 100 Grad, gewogen und auf das Gewicht des Würfels in Procenten verrechnet werden.

Es ist gegen dies Verfahren nicht ohne Grund von *Fuchs* der Einwand gemacht worden, daß damit bloß eine mechanische Spannung bis zur eventuellen Trennung erzielt werde und daß

die Wirkung des Glaubersalzes mit der abwechselnden Wirkung von Frost und Hitze keineswegs congruent ist; indessen hat es sich doch in vielen Fällen praktisch erwiesen, wo es sich um Constatirung zweifelhaft frostbeständiger Schichten handelte. *Hericart de Thury* in Paris, welcher als General-Inspector der Steinbrüche eine große Zahl commiffionelle Versuche ausführen liefs, vertritt entschieden die Brauchbarkeit dieser Methode. Verfasser möchte aus eigener Erfahrung hierüber nur constatiren, dafs entschieden zerfrierbare Steine sicher der Probe unterliegen, dafs aber auch einerseits gut haltbare Steine erhebliche Substanzverluste erleiden können, und dafs diese Substanzverluste andererseits im geraden Verhältnisse mit der Porosität wachsen, hingegen mit zunehmender Zugfestigkeit eben so abnehmen.

Ist nun von einer Gruppe von Gesteinen erfahrungsgemäfs ein zerfrierbares und eben so erfahrungsgemäfs ein frostbeständiges vorhanden, so werden sich un schwer für die Gröfse der Porosität und der Zugfestigkeit Grenzwerte aufstellen lassen, welche einen annähernd sicheren Schluss gestatten.

*Böhme* in Berlin <sup>22)</sup> prüft in der Weise die Wetterbeständigkeit, dafs er 4 mm dünne Platten durch 2 Stunden in kochendes Wasser legt, welches dieselben intact lassen und selbst klar bleiben mufs. Uns erscheint diese Methode nur für klastische Gesteine, für diese aber mit gutem Erfolg anwendbar, wie vergleichende Versuche uns zeigten.

Directe Bestimmungen vielmals wiederholter Einwirkung einer Kältemischung und eines Wasserbades von 40 Grad verbunden mit vorheriger und nachheriger Zugfestigkeits- oder Druckfestigkeits-Bestimmung würden am sichersten zum Ziele führen. Eine Reihe vorläufiger vergleichender Versuche hat uns bereits vielversprechende Resultate gegeben <sup>23)</sup>.

Für die Ermittlung der Wetterbeständigkeit der Backsteine gilt das soeben von den natürlichen Bausteinen Gesagte; nur sei noch erwähnt, dafs eine dichte Oberfläche, ohne dafs sie ganz undurchdringlich ist, bei stark porösem Kern geradezu wetterbeständige Steine in abblätternde verwandeln kann, daher bei Glasuren, Oelanstreichen etc. sehr sorgfältig vorgegangen werden mufs. Die häufig vorkommenden Efflorescenzen sind meist Alkali- (Kalk- und Magnesia-) Sulfate, die grünen und blauen Vanadin-Verbindungen, wie *Seeger* und der Verfasser nachgewiesen haben.

5) Die Bestimmung der Porosität, jener so hochwichtigen Eigenschaft der Bausteine in Bezug auf ihre Festigkeit, ihr Gewicht, ihre Dauerhaftigkeit und namentlich auch ihre Salubrität als Träger natürlicher Ventilation, kann auf verschiedene Weise geschehen, am einfachsten durch Tränkung eines gewogenen Steines unter Wasser und procentuelle Bestimmung der Gewichtszunahme, empirisch sogar nach dem in Frankreich üblichen Verfahren, dafs auf die trockene Steinfläche ein Wassertropfen fallen gelassen wird; wird derselbe sofort oder längstens in einer Minute aufgefogen, so nennen die Franzosen einen solchen Stein porös.

Exact sind die Bestimmungen von *Lang* <sup>24)</sup>, von denen wir eine Anzahl anführen wollen in Vereinigung mit Bestimmungen in der Versuchstation des Verfassers. Die zu prüfenden Gesteine werden zuerst bei 100 Grad getrocknet, nach dem Abkühlen gewogen und an Fäden in ein in einem hydraulischen Pressraum befindliches Gefäfs gelegt, der Pressraum bei völlig auf den höchsten Stand gestelltem Stempel mit Wasser gefüllt und nach aufgeschraubtem Deckel der Stempel bis zum tiefsten Punkte gebracht. Hierdurch wird die Luft aus den Poren rasch verdrängt und bei dem nachherigen Wasserdruck unter 3 Atmosphären dieselben exact gefüllt, so dafs nach

<sup>22)</sup> Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876. S. 42.

<sup>23)</sup> Vergl. auch: Zur Ermittlung der Frost- und Wetterbeständigkeit der natürlichen und künstlichen Bausteine. Haarmann's Zeitschr. f. Bauhdw. 1866, S. 133.

<sup>24)</sup> Ueber natürliche Ventilation und Porosität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

1 Stunde Preßung schon die stets ca. 25 g schweren Probekörper an Gewicht nicht mehr zunehmen. Nach beendiger Imprägnierung werden sie äußerlich rasch abgetrocknet und in gewogenen, wohlverschließbaren Gläschen neuerdings gewogen. Die Gewichtszunahme wird in Procenten des Trockengewichtes umgerechnet.

Von *Lang* wird von der Porosität noch die Permeabilität unterschieden und bestimmt, d. h. die Menge Luft, welche unter einheitlichem Drucke in der Zeiteinheit eine Wand von gleichem Querschnitt durchdringt. *Lang* bestimmt die Porosität durch Sieden der Probe Steine in destillirtem Wasser. Da aber hiebei für manche Steine Zerflitterung eintritt, welche die Resultate trübt, so verließ Verfasser diese Methode, welche übrigens mit der erwähnten Druckmethode genau gleiche Resultate giebt.

Wir geben nachstehend die Porositäts-Coefficienten einiger natürlichen Bausteine.

Granit, belgischer, St. Anne . . . . .	0,05	L.*	Carrara-Marmor, Blanc clair . . . . .	0,22	L.
» feinkörniger, Tannesberg, Ober- pfalz . . . . .	0,61	L.	Schlanderfer Marmor . . . . .	0,59	L.
Granit, grobkörniger, Falkenstein, Ober- pfalz . . . . .	0,45	L.	Pörtlachacher Marmor . . . . .	0,26	H.
Granit von Mauthausen . . . . .	0,36	H.*	Untersberger Marmor . . . . .	0,27	H.
» von Neuhaus . . . . .	0,06	H.	Cippolino di Polcheverra . . . . .	0,73	H.
» vom St. Gotthard . . . . .	0,04	H.	Karst-Marmor . . . . .	2,02	H.
Syenit von Treutlingen . . . . .	1,38	L.	Wöllersdorfer Stein, härteste Sorte . . . . .	0,67	H.
Diorit vom Fichtelgebirge . . . . .	0,25	H.	Mannersdorfer Stein . . . . .	2,25	H.
Diabas-Breccie . . . . .	0,18	H.	Margarether Stein . . . . .	14—21	H.
Uebergangsporphy, Vohenstrauß, Ober- pfalz . . . . .	2,75	L.	Breitenbrunner Stein . . . . .	19,3	H.
Brauner Labrador-Porphyr . . . . .	0,29	H.	Sollinger Sandstein . . . . .	6,9	L.
Basalt . . . . .	1,28	H.	Nebraer Sandstein I . . . . .	25,5	L.
Serpentin . . . . .	0,56	L.	Keuper-Sandstein . . . . .	16,94	L.
Rheinischer Dachschiefer . . . . .	0,15		Grüner Schweizer . . . . .	7,30	L.
Französischer Dachschiefer . . . . .	0,045		Welfchhufer Quadersandstein b . . . . .	15,4	L.
Englischer rother Dachschiefer . . . . .	0,110		Rekawinkler Sandstein . . . . .	4,03	H.
			Französischer lockerer Stein . . . . .	39,8	L.
			Kalk-Tuff, Sollinger . . . . .	32,2	L.
			Trachyt-Tuff von Deva . . . . .	25,07	H.

Die Porosität der Backsteine, welche mit ihrer Druckfestigkeit in innigster Wechselbeziehung steht, ist von der Natur des zur Erzeugung verwendeten Thones, vom Verhältniß der Thonsubstanz zu den Magerungsmitteln und vom Grade des Brennens abhängig. Ist der Thon gefrittet, so daß ein geflossener Scherben entsteht, so ist die Porosität viel geringer, oft nahezu gleich Null, während sie vor dem Fritten bis zum Hartbrand bei gleichem Material sich nicht wesentlich verändert. Das specifische Gewicht der Thone ist im Schwachbrande vor dem Fritten nach den vergleichenden Untersuchungen *Olschewsky's* nahezu ganz gleich, nämlich 2,6. Dies giebt ein Mittel an die Hand, den Porositätsgrad von Backsteinen auch ohne die Anwendung der Wassertränkungsmethode, welche wir bei den natürlichen Bausteinen angegeben haben, genau zu bestimmen. Das Gewicht  $P$  (in Kilogr.) eines Backsteines im trockenen Zustand, dividirt durch das leicht zu messende Volum  $V$  (in Cubikmetern), giebt das Gewicht der Volumeinheit

$$\gamma = \frac{P}{V} \text{ Kilogramm pro } 1 \text{ cbm.}$$

Das specifische Gewicht der Backsteinmasse zu 2,6 angenommen, ergibt sich das gefammte Volum  $C$  aller Hohlräume

\*) L. = *Lang*, H. = *Hauenschild*.

$$C = 1 - \frac{\gamma}{2600} \text{ Cubikmeter.}$$

Da jedoch der Porositätsgrad in Gewichtsprocenten des Waffers ausgedrückt wird, so erhält man für die Porositätsbestimmung der Backsteine

$$C = \frac{100000}{\gamma} \left( 1 - \frac{\gamma}{2600} \right) \text{ Procent.}$$

Wir lassen hier zur leichteren Berechnung eine von *Olschewsky* entworfene Tabelle folgen, aus welcher sich die Zwischenwerthe mittels Interpolation leicht bestimmen lassen.

$\gamma$	$C = \left( 1 - \frac{\gamma}{2600} \right) 100$	$C' = \frac{100000}{\gamma} \left( 1 - \frac{\gamma}{2600} \right)$
2600 bis 2470	0 bis 5	0 bis 2,02
2470 „ 2340	5 „ 10	2,02 „ 4,27
2340 „ 2210	10 „ 15	4,27 „ 6,79
2210 „ 2080	15 „ 20	6,79 „ 9,61
2080 „ 1950	20 „ 25	9,61 „ 12,82
1950 „ 1820	25 „ 30	12,82 „ 16,48
1820 „ 1680	30 „ 35	16,48 „ 20,83
1680 „ 1550	35 „ 40	20,83 „ 25,80
1550 „ 1420	40 „ 45	25,80 „ 31,69
1420 „ 1290	45 „ 50	31,69 „ 38,74
Kilogr. pro 1 cbm	Procent.	Procent.

Thatächlich bewegen sich auch die Volumgewichte, mit Ausnahme der ersten Columnne, zwischen den hier angeführten Grenzen und in Folge dessen auch die Hohlraumprocente. Letztere wurden vielfach auch direct bestimmt; der mittlere Porositätsgrad guter Backsteine ist dem Gewichte nach 10 bis 20, während poröse Backsteine bis über 50 steigen. Das specifische Gewicht der geflossenen Scherben ist kleiner, als das der porösen nicht geflossenen, in Folge der Umwandlung des Quarzgehalts von 2,7 spec. Gew. in Opal von 2,2 spec. Gew. bei ca. 1000 Grad. Da nun dieser sehr verschieden ist, so variiren auch die specifischen Gewichte der Klinker etc. bedeutend, und ist hier das specifische Gewicht deutlich mit der Festigkeit wachsend. Klinker von 2,25 spec. Gew. halten z. B. 700 kg, solche von 2,56 spec. Gew. 3704 kg Druckfestigkeit.

29.  
Elasticität  
und  
Ausdehnung.

6) Elasticität und Ausdehnung durch die Wärme. Zwei für die technische Eignung der Steine zu gewissen Zwecken sehr wichtige Eigenschaften sind die Elasticität und der Ausdehnungs-Coefficient durch die Wärme. Die Bestimmung derselben gehört jedoch zu den schwierigsten physikalischen Untersuchungen, und es ist daher erklärlich, daß vor der Erledigung für die Praxis direct näher liegender Bestimmungen die Versuchs-Stationen an diese Arbeiten nicht gehen. Die Physiker haben hierüber einiges Wenige, aber auch ohne die nöthigen näheren Angaben über Provenienz der Steine geliefert, und es ist hier noch ein weites Brachfeld zu bearbeiten. Zu erwarten ist jedoch, daß Detailarbeiten, besonders über eminent in Bezug auf beide Eigenschaften hervorragende Gesteine, hierin manche praktische Frage in helles Licht stellen werden. Bis heute lassen sich keinerlei befriedigende Gesetze feststellen.

*Wedgold* fand durch Biegevcrsuche den Elasticitäts-Coefficienten von weißem Marmor 170, braunem Portlandstein 58 und weißem Sandstein 36 t pro 1 qcm; *Bauschinger* durch directe Zug- und Druckversuche bei mittelkörnigem Granit 270 bis 510, feinkörnigem Granit 120 bis 288, Dolomit 400 bis 560 und Sandstein 82 bis 378 t pro 1 qcm; *Köpcke* durch Biegevcrsuche bei Granit 225 bis 454, im Mittel 340 und bei Pirnaer Sandstein 45 bis 90, im Mittel 67 t pro 1 qcm.

Der Wärme-Ausdehnungs-Coefficient findet sich in *Rankine's* Handbuch der Bauingenieurkunst (nach der 12. Auflage des englischen Originalwerkes deutsch bearbeitet von *F. Kreuter*. Wien 1880) nach *Adie's* Versuchen für Granit zu 0,0008 bis 0,0009, für Marmor zu 0,00065 bis 0,0011, für Sandstein zu 0,0009 bis 0,0012 und für Schiefer zu 0,00104 angegeben.

## f) Bearbeitung und Conservirung der Bausteine.

Die Bearbeitung der natürlichen Steine, von der im Nachstehenden zunächst die Rede sein soll, betrifft im Wesentlichen jene Umgestaltung der aus dem Felsen gebrochenen Blöcke, welche dieselben durch den Steinmetz oder die ihn ersetzenden mechanischen Vorrichtungen erfahren, um als fertige Bausteine, mehr oder weniger architektonisch gegliedert, dem betreffenden Bauwerke eingefügt zu werden. Insbesondere wird es sich hier um die Herstellung der Quader handeln, wiewohl die Herstellung von anderen regelmässig gestalteten Steinen, wie Thür- und Fenstergewänden, Gesimsstücken etc. gleichfalls Berücksichtigung finden wird; indess muss auch bei den letztgenannten Bautheilen von der Herstellung quaderartig bearbeiteter Steine ausgegangen werden.

Quader, so wie andere Bau- und Schnittsteine werden meist von Hand bearbeitet, und die Manipulation ist je nach der Arbeitshärte und der Art und Gleichheit der Spaltbarkeit sehr verschieden. Für die härteren und spröderen Steine sind besondere Meisselprofile nöthig, andere wieder für harte und zugleich zähe und wieder andere für weiche Steine.

Es ist deshalb auch schwierig eine allgemeine Methode der Bearbeitung anzugeben, und wir beschränken uns hier darauf, die verschiedenen Stadien der Bearbeitung und die bei den verschiedenen Steinorten vorkommenden Werkzeuge kurz zu charakterisiren.

Die erste rohe Bearbeitung erhalten die Steine schon im Bruch, wo sie durch besonders darauf eingewöhnte Arbeiter nach Bestellung oder für die häufiger vorkommenden einfacheren Bautheile nach üblichen Normalmaßen je nach der Härte durch Schrotten, Eintreiben von Keilen, oder durch Sägen zunächst getheilt und hierauf, in so weit nöthig, mit Hammer und Meissel, eventuell mit dem Zweispitz in rauhe, annähernd parallelepipedische Form gebracht werden. Der Werkzoll, auch Bruch-, Arbeits- oder Steinmetzzoll genannt, wird hierbei den rauhen Quadern in der Regel nach jeder der drei Dimensionen zugegeben, bei kostbaren und sehr harten Steinen indess möglichst gering bemessen. Diese Arbeit, bei der die Steinflächen — die gefügten ausgenommen — eine rauhe, buckelige Gestalt erhalten, heisst Boffiren.

Das Aussehen boffirter Flächen ist für gewisse Steingruppen charakteristisch. Bei den harten und zähen körnigen Steinen mit splinterigem Bruche bleiben grosse unregelmässig gerundete Buckel zwischen tieferen schmalen Meisselfurchen stehen; bei weiterer Bearbeitung wachsen die Dimensionen der Furchen gegenüber den Buckeln; zuletzt bleiben von letzteren nur mehr rippenartige Erhöhungen stehen. Bei spröden Gesteinen hingegen, wo der Meissel mit Vortheil mehr spitzwinklig gegen die Fläche angesetzt wird, und flachmuschelige Fragmente wegspringen, erscheint die Fläche nie mit so tiefem Relief, wie bei den zähen harten Steinen. Bei groblöcherigen Kalken oder Rauhwaacke treten die netzförmig sich kreuzenden Wände am Sägeschnitte scharf markirt heraus, und bei Conglomeraten zeigt sich die Oberfläche aus lauter Kugel- oder Sphäroid-Abchnitten gebildet<sup>25)</sup>.

Die weitere Bearbeitung des roh boffirten Werkstückes geschieht dadurch, dass man den Stein auf dem Werkplatze aufbänkt, und zwar mit jener Seite nach

30.  
Bearbeitung  
von Hand.

31.  
Boffiren.

32.  
Weitere  
Bearbeitung.

<sup>25)</sup> Bekanntlich suchen die Putzbauten alle diese, nur schwer zu beschreibenden Nuancen der boffirten Quaderflächen in der Rufticirung, im Spritzbewurf, Befenbewurf, Kiesbewurf, Vermiculé etc. nachzuahmen, aber selten mit Glück. Die Abficht zu täuschen ist augenfällig, und die Werke sind deshalb verfehlt. Das sicherste Mittel gegen derlei Unnatürlichkeiten ist in erster Linie die Verwendung echten Materials. Wo jedoch solches nicht zur Verfügung steht und die Imitation geboten erscheint, ist die Beiziehung eines praktischen Steinmetzen mit geübtem Auge, welcher als Putzmaurer eingeübt wird, zu empfehlen.

oben, die man für die künftige Anichtsfläche (das Haupt) derselben als die geeignetste hält. Hierauf werden, am besten an zwei gegenüberliegenden Längskanten, zwei parallele schmale Flächenstreifen, die sog. Schläge, zuerst der eine, hierauf unter Zuhilfenahme des Richtscheites der andere, zugehauen; durch entsprechendes Vifiren erzielt man, daß die beiden Schläge genau in einer Ebene liegen. Nun werden an den zwei anderen Kanten gleichfalls die erforderlichen Schläge hergestellt, und es kann alsdann die gewünschte weitere Bearbeitung der betreffenden Steinfläche stattfinden.

Die Herstellung der Schläge geschieht bei harten und mittelharten Steinen mittels des Schlageisens, eines flachbahnigen Schneidemeißels, dessen Schneidebahn nicht breiter ist, als die Dicke des meist abgefast quadratischen Meißelstieles. Bei weichen Steinen nimmt man wohl auch breitbahnige Schneidemeißel oder Zahnmeißel. Stets sollte bei härteren Steinen der Schneidewinkel des Schlageisens größer sein, als bei weicherem Stein, weil dadurch die Arbeitsrückwirkung auf den Meißel paralyfirt und ein Abspringen oder Stumpfwerden leichter vermieden wird. Auch sollte, insbesondere bei sprödem Stein, die Richtung des Meißelstieles etwas nach Innen zu neigen, um Kantenabspaltung zu vermeiden.

Der zwischen den Schlägen einstweilen stehende gebliebene Theil heißt in manchen Gegenden fälschlich Bosten oder Posten. Im Durchschnitt ist der Schlag ca. 3<sup>cm</sup> tiefer, als die Oberseite des Postens, immer aber so tief, daß die tiefste Furche oder Grube im Posten noch etwas vor dem Niveau des Schlages vorsteht. Soll der Posten nicht als Rustica stehen bleiben, so wird er abgearbeitet, und zwar bei harten Steinen zuerst mit dem Boffirhammer und Spitzeisen, sodann mit einem schweren Zahnhammer (mit breiter, dem Stiel paralleler Schneidebahn) und zuletzt mit dem breitköpfigen Stockhammer, der beiderseits flache Bahnen hat, welche mit einem System von viereckig-pyramidalen Zähnen, 4 bis 8 in einer Reihe, versehen sind, so daß die Spitzen bei den größeren Nummern dieser Stockhämmer weiter aus einander stehen, als bei den feineren. Die Flächen bekommen durch das Abarbeiten mit den Stockhämmern, und zwar von den größeren Sorten zu den feineren übergehend, eine gekörnte Oberfläche. Zu gleichem Zwecke wird bei weicheren Steinen, nachdem für das größte Abarbeiten der Zweispitz verwendet worden ist, das Kröneleisen gebraucht, bestehend aus einer Anzahl beiderseits zugespitzter vierkantiger Stahlstäbchen, welche in der Queröffnung des eisernen Stieles aufgekeilt werden und zwei breite vielgezahnte Schneidebahnen bilden. Vollendet wird die Arbeit mit Hilfe des breiten Scharrireisens, welches mittels hölzerner Klöpfel vorgetrieben wird.

Häufig verwendet man auch zum Herstellen der Flächen, zum sog. Flächen, anstatt eines größeren Stockhammers, bezw. Krönels den Flachhammer mit längsgestellter Schneidebahn, kurzweg Fläche genannt, deren Schneide oft in trapezförmige Zähne getheilt ist und dann bei festen Steinen als Zahnhammer dient. Für die Bearbeitung von weicheren Steinen erhält die Fläche eine breitere Schneidebahn, als diejenige des Flachhammers für härtere Steine. Aehnliche Eigenthümlichkeiten wie die Fläche zeigt die Picke oder Bille mit quergestellter Schneidebahn, welche zum Schärfen der Mühlsteine und zu ähnlichen Arbeiten benutzt wird.

Bisweilen werden bei sehr festen Steinen nach dem Boffiren die Unebenheiten mittels Zahnmeißeln in schmalen Streifen abgepflegt; sie werden auch bei weicheren Steinen benutzt und haben je nach deren Härte scharfkantige dreieckige

oder abgeflachte trapezförmige Zähne. Diese Bearbeitungsweise, durch welche auf der Steinfläche parallele Riefen entstehen, heißt das Zähneln.

Glatte Flächen werden am wirksamsten durch das Feinscharrren und Auffchlagen hergestellt. Man benützt dazu Scharrireifen, deren Breite je nach den in regelmässiger Führung zu bildenden Bahnen verschieden bemessen wird; für Gewand- und Rahmstücke, für Leibungen etc. werden sie als Breitereifen in der jeweilig erforderlichen Breite besonders angefertigt. Vor dem Auffchlagen muß, um die nöthige Sauberkeit und Regelmässigkeit zu erzielen, die Steinfläche gewöhnlich zuerst scharriert, sodann rauh geschliffen werden. Diese Art der Bearbeitung bringt die körnige Structur des Steines, insbesondere des Sandsteines, durch die bei geschickter Führung des Eisens entstehenden einfachen Flächenmuster am vorteilhaftesten zur Geltung und war in früheren Zeiten sehr beliebt. Sehr feste Steine werden mit dem Halbeisen, etwas breiter als das Schlageisen, geebnet.

Der Schneidewinkel der Werkzeuge beträgt bei harten Steinen zwischen 30 und 45 Grad und die Schneidebahn übersteigt meist nicht 5 cm, bei weichen Steinen 10 bis 20 Grad und die Schneidebahn ist doppelt so lang.

Ist auf diese Weise die eine Fläche des Werkstückes bearbeitet, so wird daselbe mit einer anstossenden Seitenfläche nach oben aufgebänkt; die Bearbeitung der letzteren geschieht eben so, wie bei der erstgedachten. Auch hier wird mit einem Schlag begonnen, der auf der zuerst bearbeiteten Fläche senkrecht steht u. s. f. Die ebenen Flächen und die rechten Winkel werden mittels Richtscheit und Winkel-eisen controlirt.

Sind Gesimse, Ornamente etc. auszuführen, so werden dieselben nach Schablonen oder Bretungen aus Blech oder Pappe im Querschnitt angerissen oder abgebetret, resp. nach Modell mittels Greifzirkel aus dem Boffen ausgemeißelt. Für die Herstellung von hohlen, runden Profilierungen und von Kropfstücken benutzt der Steinmetz die Einhaltsschablone, woraus derjenige Theil herausgeschnitten ist, welcher das Querprofil der Gliederung bilden soll. In Betreff der Bearbeitung von Säulenschäften und anderen Drehungskörpern sei nur kurz erwähnt, daß die Grundkreise auf dem oberen und unteren Lager aufgeriffen werden, wonach die gekrümmte Fläche durch Brechung der Kanten und allmähliche Abfassung aus dem umschriebenen Vieleck, unter Zuhilfenahme eines Richtscheites, das nach der zu gebenden Schwellung und Verjüngung des Schaftes anzufertigen ist, bezw. mittels einer besonderen Lehre hergestellt wird. Zur Ausführung solcher schwierigeren Arbeiten, gekröpfter hohler und reich gegliederter Werkstücke dienen verschiedene schmalbahnige Nuteisen, so wie Hohleisen mit gekrümmter Schneidebahn <sup>26)</sup>.

In unserer Zeit wird leider nur noch selten Werth darauf gelegt, das Werkzeug des Steinmetzen zur eigenartigen Geltung zu bringen und dadurch die Technik der Steinbearbeitung, welche für die Bauweisen früherer Zeitperioden ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal bildet, zu kennzeichnen. Während man jetzt im Putzbau den grob bearbeiteten Quader im Aeufseren nachzuahmen sucht, wird nur gar zu häufig dem echten Material, dem Hauptein, eine putzartige wirkungslose Glätte verliehen. Die Herstellung dieser ganz glatten Flächen wird durch eine weitere Bearbeitung des Steines, durch das Schleifen erreicht. In vielen Fällen hat indess das Schleifen seine volle Berechtigung, besonders bei dichtem kostbarem Material,

33.  
Schleifen.

<sup>26)</sup> Näheres über die Werkzeuge der Steinbearbeitung ist zu finden in: Exner, W. F. Die technischen Hilfsmittel des Steinbildhauers. Wien 1877.

um die Schönheit der Farbe und Structur hervorzuheben, ferner bei feiner, reichgegliederter Arbeit etc. etc. Es hat den Zweck, die Größe der Unebenheiten durch Anwendung der Reibung harter Körper an dem Arbeitsstück bis zu einem bestimmten Minimum zu bringen. Man benutzt hierzu am besten natürliche Sandsteine oder künstliche, meist Schmirgel-Schleifsteine und beobachtet auch hier, stets vom gröberen zum feineren Schleifstein vorzuschreiten. Die verschiedenen Porositäts- und Structur-Verhältnisse machen die Methode des Schleifens sehr mannigfaltig. Die härtesten Steine schleift man bloß mit Schmirgel, welcher durch belastete Bleiplatten über der Fläche hin- und hergeführt wird, wobei beständig Wasser zufließt. Für die Ausgiebigkeit des Schleifens ist die Menge und die Stromgeschwindigkeit des zufließenden Wassers von Belang, da einerseits der Detritus prompt weggeführt, aber das noch körnige Schleifmittel nicht entfernt werden soll. Weiters dient granulirte Gussstahlmasse, Granat und scharfer Quarzsand als Schleifpulver.

Häufig werden Steine nach dem Schleifen porenlos gemacht, d. h. mit einer die Poren ausfüllenden und erhärtenden Masse überzogen, besonders poröse Kalke und Sandsteine.

Dies geschieht gewöhnlich mit Steinkitt, einer Lösung von Colophonium in Terpentin, oder mit Stearin in Terpentin oder einem anderen Lösungsmittel. Dafs dadurch eine unnatürliche Glätte entsteht, deren Dauer auch nicht groß sein kann, ist einleuchtend; indessen schützen auch solche Ueberzüge einige Zeit wenigstens vor Staub und Flechtenansiedelung. Besser eignen sich für Kalke oxalsaure Thonerde, indem man zuerst schwefelsaure Thonerde in Lösung aufträgt, sodann Oxalsäure darauf bringt und noch einen Ueberstrich von Barytwasser darüber giebt. Auch Zinkvitriol kann dafür angewendet werden. Nach *Filfinger* eignet sich Barytwasser mit Bor säure. Für Sandsteine und Tuffe ist wieder Wasserglas und Chlorcalcium (nach *Ranfome*) vorzüglich.

Indessen haben diese Mittel alle eine Gefahr in sich: durch die große Dichte der äußeren Kruste gegenüber dem weichen Inneren wird ein Spannungszustand bei Temperatur-Extremen geschaffen, der zur Abblätterung führen kann. Dies ist am gefährlichsten bei den härtesten Kitten, wenn sie bei wenig widerstandsfähigen Steinen angewendet werden, daher auch die wiederholten Klagen über die zerstörende Wirkung von Wasserglas-Anstrichen sich erklären lassen. Wir kommen bei der Conservirung der Steine hierauf zurück.

Unter Umständen folgt dem Schleifen der Steinflächen das Poliren derselben, welches die Herstellung einer Spiegelfläche, also einer homogenen und mathematischen Fläche zum Zweck hat. Das Poliren kommt vorzugsweise für körnige und dichte Kalksteine, insbesondere bei Marmor, zur Wirkung; aber auch Granit, Syenit, Porphy, Grünstein und Serpentin nehmen eine sehr schöne Politur an.

Man kann am ehesten Hochglanz-Politur erzeugen, wenn man mit dem Schleifen möglichst weit geht, die Poren möglichst zusammenzieht, d. h. so lange schleift, bis eine Schicht erreicht ist, in welcher bei homogenen Steinen ein Minimum von Poren vorhanden ist, oder wo bei gemengten Gesteinen der weichere und schwerer polirbare Antheil zurücktritt oder in günstigem Schnitte sich befindet. Dann gelingt es leicht, mit den Polirmitteln auch den letzten minimalen Theil der optisch noch wirkfamen Unebenheiten wegzubringen und die letzten Poren mit spiegelnder Masse auszufüllen. Die Polirmittel sind je nach der Natur des Steines verschieden, entweder harte, aber rundlich geformte, nur mit kleinen Rauigkeiten versehene

Pulver von feinstem mikroskopischen Korn oder weiche, aber scharfkantige minderfeine Pulver verschiedenster Natur.

Das wirksamste ist der Schlämmschmirgel, welcher beim Schleifen der Steine abgewaschen und durch mehrfaches Schlämmen in verschiedene Feinheitsnummern gebracht wird. Es giebt Schlämmschmirgel von 0,001 mm Korndurchmesser. Ausser dem Schmirgel wird der Trippel verwendet, eine Diatomaceen-Kieflerle, meist aus Gaillonellen bestehend, wovon die mittlere Korngröfse 0,007 mm ist, während feinsten Polirtrippel kaum mefsbare Korngröfsen aufweist.

Als letztes Glanz-Poliment dient für harte Steine hauptsächlich das Eisenoxyd, meist im geglühten und geschlämmten Zustande. Der für manche Steine besonders gefuchte Crocus-Stahlglanz ist scharf geglühtes Eisenoxyd mit Bimsstein-Schlamm-pulver und etwas Zinnasche, welche letztere insbesondere zu Marmor auch für sich allein verwendet wird.

Außerdem dienen noch Schwefelblume zu Marmor, Speckstein zu Serpentin, Holzkohle zu Alabafter. Man reibt alle diese Polimente unter geregelttem Wasser-zufatz zuerst mittels Bleiplatten, sodann mittels Filz und Flanell, zuletzt trocken mit Linden-Bastholz und Rehleder auf. Für manche, insbesondere Hornblende-Gesteine und gemengte Feldspath-Gesteine hilft ein Zusatz von einigen Tropfen Salpeter- oder Schwefelsäure, welche wahrscheinlich durch oberflächliche Zerfetzung gelatinöse Kieselsäure frei macht, die als Glättmittel wirkt <sup>27)</sup>.

Die Politur widersteht nur auf den härtesten Steinen dem Einflusse der Witte-rung; die Anwendung polirten Marmors sollte deshalb in unseren Klimaten auf das Innere beschränkt werden.

Mit dem Schleifen und Poliren werden manchmal, besonders bei Marmor, noch andere Vollendungsarbeiten vorgenommen, besonders Hervorbringung von wirkungsvollen Farben-Nüancen, ferner Anbringen von Dessins durch Aetzen, Ver-goldung etc. Die alten Griechen hatten ihre weissen Marmore polychrom decorirt, und für manche Zwecke sind heute noch gewisse Farbengebungen wünschenswerth. Vollkommen rationell und bewährt ist die *Weber'sche* Methode <sup>28)</sup>, weifsem Stein einen beliebigen Farbenton von Gelb zu geben, welche vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses in Preussen prämiirt wurde. Danach wird eine neutrale Eisen-chlorid-Lösung zur Trockene verdampft und in hochgrädigem Alkohol gelöst auf die gleichmäfsig erwärmte Fläche aufgetragen. Nach *Fioraventi* <sup>29)</sup> kann man Marmor beliebig polychromiren, wenn man ihn in einer Wasserdampf-Atmosphäre bis 120 Grad erhitzt und z. B. ihn zuerst mit Eisenvitriol-Lösung, sodann mit Blutlaugensalz-Lösung behandelt. Für Gelb giebt man Alaun als Mordant und färbt mit Gummi-gut, für Braun mit Asphalt-Lösung, Roth mit Drachenblut, Violett mit Asphalt und Drachenblut, Grün mit Aloe-Saft und Terpentin.

35.  
Färbung,  
Aetzung,  
Vergoldung etc.

So mancher schönfärbige italienische Marmor wandert nach Norden, welcher im ersten Jahre schon an der Licht- und Wetterseite gänzlich erblasst; darin verstehen auch die angrenzenden Trentino-Marmoristen ganz Erkleckliches zu leisten. Wird nach *Fioraventi* auferdem die Farbe noch durch Wasserglas-Lösung und Chlorcalcium fixirt, so erscheint die Fläche gehärtet und vor Abfärbung gewahrt. Wir erlauben uns jedoch gerade beim Marmor so lange an der praktischen Thatfächlichkeit dieser Angabe zu zweifeln, bis

<sup>27)</sup> Vergl. des Verfassers: Untersuchungen von Schleifsteinen, Schleif- und Polirmitteln. Mitth. des technol. Gewerbe-museums zu Wien 1880, Nr. 1, 2, 3. Ferner: Weber, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künstliche Verzieren des Mar-mors. Weimar 1864.

<sup>28)</sup> Deutsche Industrieztg. 1870, S. 496.

<sup>29)</sup> Wieck's ill. Gewbz. 1875, S. 7.

wir eines Besseren belehrt werden, da sich die Wasserglas-Anstriche gerade an porenarmem Marmor nach genauen Erhebungen in Berlin nicht halten.

Es sei hier nochmals erinnert, daß das Färben von Steinen nur bei vollkommen porenegalem, nicht freifigem Gestein gute Wirkung haben kann, da ja nur die Poren den Farbstoff dauernd beherbergen können.

Die Flächen-Decorirung besonders bei Fliesen, Kamineinfassungen etc. geschieht entweder, wie in Belgien vielfach und mit großem Geschick und Geschmack beim Schiefer der Brauch ist, durch Marmor-Imitation in Lackfarben oder durch Basrelief-Sculptur. Letztere, als eine bleibende und ästhetisch ähnlich dem Sgraffito, besonders bei Vergoldung, wirkende Manier wird am leichtesten mit dem *Tilghman'schen* Sandblas-Apparate hergestellt, welcher sich aber nur für Gesteine von durchwegs gleicher Härte und größerer Sprödigkeit gut eignet, da der Sandstrom, welcher continuirlich die zu verzierenden Stellen trifft, genau die Differenzen in Härte und Sprödigkeit an Ort und Stelle verzeichnet.

Das Aetzen geschieht gewöhnlich nur bei Marmor, wo es manche Meißelarbeit ersetzen kann. Die Aetzung wird entweder mit Schwefelsäure oder Salzsäure, in mehreren Theilen Wasser verdünnt, vorgenommen.

Wichtig ist hierbei der Schutz gegen das tiefere Eindringen der Aetzflüssigkeit, was durch den Deckgrund verhütet werden muß. Der letztere besteht für Marmor aus 6 Theilen Wachs, 2 Theilen Harz, 2 Theilen dickem Terpentin und 1 Theil Ultramarin für weisse oder 1 Theil helles Chromgelb für farbige Steine. Nach dem Ueberziehen der Marmorfläche mit dieser heiß gefertigten Deckmasse wird rings ein erhöhter Rand aus Wachs gebildet, die Zeichnung herausradirt und hierauf ca. 2 Stunden geätzt, alsdann vorsichtig abgegossen und der Deckgrund mit Terpentin weggewaschen<sup>30)</sup>.

Granit, Syenit, Diorit etc. können durch eine concentrirte Lösung von Kiesel-fluorwasserstoffsäure gut geätzt werden.

Die Vergoldung geschieht entweder mittels Blattgold und Casein-Kitt oder direct durch Auftragen einer Goldchlorid-Lösung<sup>31)</sup>.

Die Schleif- und Polirtechnik steht heute noch mit vereinzelt Ausnahmen auf keiner den sonstigen Fortschritten der Technik angemessenen Entwicklungsstufe, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil das Verhalten der einzelnen Mineralien oder Gesteinselemente noch viel zu wenig studiert wird und deshalb empirische Kunstfertigkeit verbunden mit monopolistischer Geheimnißkrämerei den Fortschritten Schranken setzt. Die von der Wissenschaft gepflegte und heute schon weit verbreitete Anfertigung von petrographischen Dünnschliffen wird zweifelsohne den Anstofs geben zur Vervollkommnung der Methoden durch Klarstellung der Principien rationellen Schleifens und Polirens. Für den Architekten ist es unter Umständen wichtig, falsche und echte Politur zu unterscheiden. Alkohol und Aether auf die fragliche Fläche aufgerieben, zeigen sofort, ob ein falscher Lacküberzug oder echte Spiegelung vorhanden ist.

Erblindete und bereits von Flechtenanflügen besetzte Politur wird am einfachsten und billigsten wieder hergestellt, indem man die Flächen mit sehr verdünnter Salzsäure (1 Theil Säure auf 10 Theile Wasser) mittels Schwamm oder Bürste sanft abreibt und sodann rasch mit reinem Wasser abwäscht. Dies gilt hauptsächlich für Marmor;

<sup>30)</sup> Polyt. Centralbl. 1869, S. 3 u. 49.

<sup>31)</sup> Vergl. auch: Weber, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künstlerische Verzieren des Marmors. Weimar 1864.

für Granit, Syenit etc. eignet sich besser Kieselfluorwasserstoffsäure, wobei man sich aber dicht genähter und in Oel getränkter Lederhandschuhe bedienen muß. Darauf wird wie gewöhnlich bei der letzten Politurgebung entsprechend fertig polirt.

Steinfägen. Die Steinfägen sind entweder Handfägen oder Sägemaschinen. Im ersteren Falle werden sie direct von zwei Arbeitern gehandhabt, welche dieselben hin- und herziehen, ähnlich wie dies beim Gebrauch der Zimmermannsfäge geschieht. Die Sägemaschinen werden bald durch Menschenhand, bald durch thierische Kraft (mittels Göpelwerke), bald durch Elementarkräfte getrieben.

36.  
Handfägen.

Die schon im Alterthume bekannten <sup>32)</sup> Handfägen sind immer gerade oder Bandfägen. Das Sägeblatt ist für weichere Steine mit Zähnen versehen, für härteres Gestein zahnlos; im letzteren Falle haben sich stählerne Bänder am besten bewährt; doch kommen vielfach auch solche von Kupfer zur Verwendung.

Das Schneiden der Steine geschieht unter Zuführung von scharfem Quarzsand und Wasser. Der in die Schnittfuge fallende Sand vergrößert dieselbe und dient bei reichlicher Anwendung von Wasser gleichzeitig zur Glättung der Schnittflächen. Statt Sand hat man auch Feuersteinpulver, Glaspulver etc., bei hartem Gestein auch Schmirgel, Abgänge von Zinn und Blei, Kügelchen aus abgeschrecktem Gufseisen, glashartem Gufstahl etc. verwendet.

Es kommen auch Bandfägen, besonders bei kleineren Arbeiten zu Mosaik in *Pietro duro*, zur Anwendung, indem Stahldraht ohne Ende mit Schmirgelpulver als Schnittmaterial angewendet wird. Die Stahldrahtfäge von *Chevalier* arbeitet nach diesem Princip.

Die Sägemaschinen arbeiten entweder mit geraden oder mit Kreisfägen.

1) Gatterfägen. Diese mit geraden Sägeblättern ausgerüsteten Maschinen sind sehr mannigfaltig gestaltet worden; doch stimmen sie fast ausnahmslos <sup>33)</sup> darin überein, daß die Schnittbewegung eine horizontale ist, so daß das stets zahnlose Sägeblatt mit der Schneide entweder nach abwärts auf die Oberseite des Steines wirkt, was bei harten Steinen das gewöhnlichste und natürlichste ist, wobei Sand- und Wasserzufatz den Schnitt und das Entfernen des Schleifchlammes bewerkstelligen, oder indem die Schneide des Blattes nach oben auf die Unterseite des Steines wirksam ist, wie dies bei amerikanischen Constructionen für mittelharten und weichen Kalk- und Sandstein der Fall ist. Bei letzteren ist das Zufliessen von Sand erschwert, hingegen das Entfernen des Schleifchlammes erleichtert.

37.  
Säge-  
maschinen.

Die Sägemaschinen sind in ihrer rationellsten Form so eingerichtet, daß eine beliebige Anzahl Sägeblätter in einem Rahmen (oder Gatter) eingespannt sind, welcher die Kanten eines vierseitigen Prismas darstellt und, durch Rollen und Gegenwicht an Ketten hängend, so ausbalancirt ist, daß er auf die Steinfläche einen mäßigen Druck ausübt. Die Ecken des Rahmens sind mit Charnieren versehen, und eine Langseite derselben steht mit der Excenter-Antriebswelle in Verbindung. Durch Heben und Senken des Rahmens an den Ketten lassen sich verschieden hohe Blöcke durchfägen und durch die Stellung der Sägeblätter beliebig dicke Platten zu gleicher

<sup>32)</sup> *Plinius* sagt in seiner Naturgeschichte, Buch 36, F. 9: »Das Marmor-schneiden geschieht mit Sand. Die (eiserne) schneidende Säge drückt in sehr engen Streifen auf den Sand und schneidet, indem sie hin und her gezogen wird.«

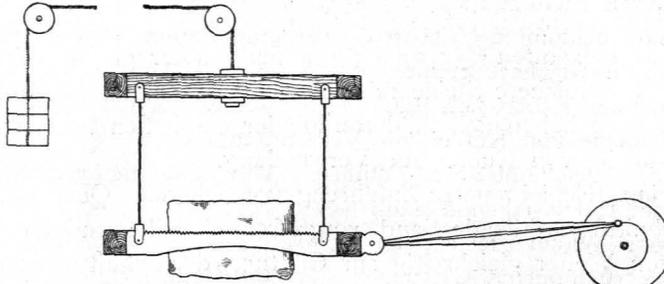
<sup>33)</sup> Bei einer älteren von *Pfister* construirten Sägemaschine ist allerdings ein Verticalgatter angewendet worden. Die Schneideblätter sind mit eingefetzten um Nietbolzen drehbaren Zähnen versehen, die beim Niedergange zum Schnitte steif aufstehen, beim Aufgange aber nachgeben, indem sie ein wenig nach unten überkippen.

Ueber die älteren Steinfägen findet sich ein vollständiges Literaturverzeichnis in: Karmarck. Einleitung in die Lehren der mechanischen Technologie. Wien 1825. S. 98.

Zeit in größerer Anzahl herftellen. Die Zahl der Oscillationen hängt von der Beschaffenheit des Steines und Schnittfandes, fo wie von der Gröfse des angewendeten Druckes ab.

In Fig. 4 ist eine in Amerika für das Zerfägen der dort vielfach verwendeten Kalksteine gebräuchliche, sehr einfache Maschine dargestellt. Fünf Sägeblätter sind in einem Rahmen befestigt, der mittels

Fig. 4.

Steinfäge<sup>37)</sup>.

Gegengewicht aufgehängt, von dem letzteren an die Unterseite des zu zerfägenden Steines angedrückt und durch eine Dampfmaschine in horizontale Bewegung gesetzt wird.

Von jenen Sägemaschinen, die von oben wirksam sind, wären, wenn man von älteren Constructionen<sup>34)</sup> abieht, zu erwähnen: die Maschine von *Darby* in Deptford<sup>35)</sup>, welche in 10 Stunden 9 bis 10 qm Fläche in hartem Stein schneidet, ferner jene von *Pfaff*<sup>36)</sup>, welche das Schneiden von Platten

schwächster Dimension ermöglicht; endlich eine in Australien viel gebrauchte Maschine englischen Ursprungs<sup>38)</sup>, die dort zum Sägen von Steinplatten verwendet wird, und bei der die Sand- und Wasserzuführung nicht von Hand geschieht, sondern eine Röhre sich quer über die Schnittfuge erstreckt, welche mit Löchern für den Durchgang von Sand und Wasser versehen ist und durch das den Sägerahmen bewegende Pendel in Oscillationen versetzt wird.

In Amerika haben sich in letzter Zeit die Diamantfägen erfolgreiche Bahn gebrochen. Verwendet werden hierzu schwarze Diamantspitzen, sog. Carbons aus Brasilien, die abwechselnd rechts und links am Sägeblatt befestigt werden; sie sind so gefasst, daß sie beim Durchgange durch den Stein eine genügend weite Schnittfuge erzeugen, damit sowohl das Sägeblatt, als auch die Fassung der Diamanten hindurchgehen kann. Das Einsetzen und haltbare Befestigen der Diamanten bereitet Schwierigkeiten; deshalb läßt man derartige Sägen auch nicht doppelt, d. h. beim Hin- und Hergange schneiden, sondern bei jeder Kurbeldrehung nur einmal.

Nach diesem Principe ist die Diamant-Gatterfäge von *Hough Young* in New-York gebaut. Die Leistungsfähigkeit wird außerordentlich gerühmt und soll das Zehn- bis Dreißigfache der Leistung anderer Steinfägen betragen. Nach den gleichzeitig gemachten Angaben über die stündliche Leistung in verschiedenen Steinen ist diese Angabe nur sehr bedingt zu nehmen. Denn wenn z. B. angegeben wird, daß in amerikanischem Marmor von Canaan, Westchester und Lee die Schnitttiefe per Stunde 305 bis 406 mm (12 bis 16" engl.) beträgt, so sind uns hinwiederum Steinfägen Chemnitzer Construction ohne Diamantzähne bekannt, die in böhmischem Silur-Marmor 132 bis 158 mm (5 bis 6" österr.) schneiden; also beträgt die Leistung in diesem Falle nur das 2,5-fache, während allerdings 76 mm (3" engl.) pro Stunde in hartem schottischen Granit gegenüber 11 mm (5") das 7-fache beträgt.

2) Kreisfägen. Nachdem das Sägen der Steine mittels Maschine eingeführt war, lag es nahe, zu diesem Zwecke auch die Kreisfäge zu benutzen.

34) Allg. Bauz. 1858, S. 117.

35) Engineer. Vol. 42, S. 357. Polyt. Journ. Bd. 224, S. 158.

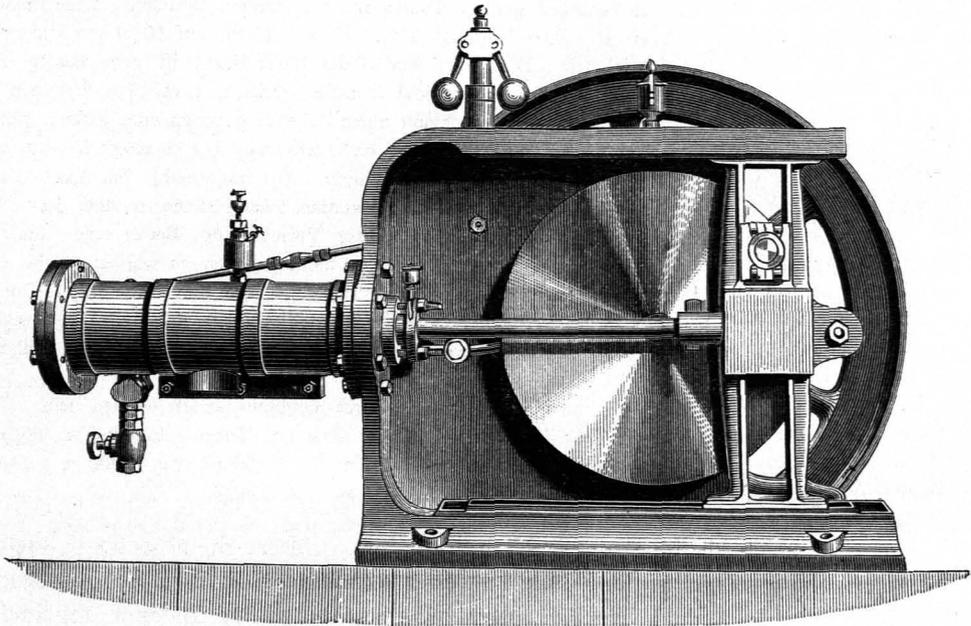
36) Prakt. Masch.-Const. 1879, S. 399.

37) Aus: *Gaz. des arch. et du bât.* 1874, S. 69.

38) Maschinenbauer 1872, S. 50.

Hierher gehört die von *Beverley* und *Atkins*<sup>39)</sup> in Sheffield construirte Sägemaschine (Fig. 5), bei welcher das Sägeblatt 30 bis 50 Umdrehungen in der Minute macht und 20 Kreisfägen gleichzeitig arbeiten können.

Fig. 5.

Sägemaschine von *Beverley* und *Atkins*<sup>39)</sup>.

Weiters sei der Steinschneidemaschine von *Hunter*<sup>40)</sup> gedacht, die in ihrer stärksten Construction mit 2 Sägen von 1,63 m Durchmesser arbeitet; jede Säge ist am Umfange mit 44 Schneidewerkzeugen versehen. Die Leistung läßt sich etwa daraus abnehmen, daß eine solche Maschine von einem 1,75 × 1,22 m messenden Portlandstein in weniger als 5 Minuten eine Platte von 64 mm Dicke abtrennt.

Ferner sei die in den Travertin-Brüchen von Ribibbia bei Rom gleichzeitig als Steinbrech- und Steinbearbeitungs-Maschine dienende combinirte Kreisfägen-Construction von *Graziosi*<sup>41)</sup> erwähnt. Dieselbe ist in Verbindung mit einer Locomobile auf transportablen Schienen montirt, und schneidet direct aus dem gewachsenen Gestein Quadern von durchschnittlich 50 × 25 × 18 cm bei einer Leistung von 25 cbm pro 10 Stunden. Die mittels conischer Räder in einander greifenden Kreisfägen haben zu einander rechtwinklig gerichtete Stellungen, indem die eine Säge mit ihrer Axe senkrecht zur Bahn der Locomobile und mit verticalem Kreisblatt eine Furche in den oben horizontal geebneten, gegen das Radniveau der Locomobile etwas erhöhten Abbaukörper einschneidet; sie macht bei 1,115 m Durchmesser 88 Umdrehungen pro Minute, während zwei andere Horizontalschnitte einfügen, bei 0,658 m Durchmesser und 68 Touren pro Minute. Ein anderes Exemplar der Maschine kann gleichzeitig für einen weiteren Furchenschnitt so vorarbeiten, daß sämtliche Blöcke vollkommen regelmäßig und gebrauchsfähig gewonnen werden können. Diese Kreisfägen haben keinen glatten Rand, sondern sind an der Peripherie mit Stahlmeißeln versehen, ähnlich eingefügt, wie die amerikanischen Diamantmeißel. In dem weichen Travertin und bei der günstigen Lagerung desselben arbeitet die Maschine nach Angabe der Augenzeugen *Gabet* und *Grothe* vorzüglich. Gleiches Gestein von so equaler Härte, wie der Travertin, und ähnliche Betriebsverhältnisse vorausgesetzt, dürfte sie sich überall empfehlen; hingegen ist die Bewegung einer Locomobile auf verschiedenen Niveaus, wie es ja hier vorkommen muß, unter Umständen sehr schwierig und erfordert höchst ausgedehnten Betrieb, um noch ökonomisch zu sein.

Auch die Kreisfägen sind in Amerika nahe an ihrer Peripherie mit Diamantspitzen versehen worden.

<sup>39)</sup> Engng. Vol. 25, S. 515.

<sup>40)</sup> Engineer. Vol. 32, S. 37. Maschinenbauer 1871, S. 253.

<sup>41)</sup> Maschinenbauer 1874, S. 229.

Die hierher gehörige Sägemaschine von *Emerson*<sup>42)</sup> in Beaver Falls (Pennsylvanien) soll ähnlich ausgiebig, wie die Holzkreisäge arbeiten, und sich der Härte und Structur der Steine durch Variation der Tourenzahl von 5 bis 500 und durch Veränderlichkeit des Vorschubes und Schnittdruckes des Steines, ohne Tourenänderung der Hauptwelle, so wie durch Verwendung von Stahlmeißeln statt Diamanten in jeder Beziehung anschließen. Stahlmeißel bedingen geringe Tourenzahl bei starkem Vorschub, Diamantmeißel schnelle Drehung bei geringem Vorschub. Der Vorschub läßt sich von 1,5 mm auf 10 cm pro Umdrehung der Säge von der Sägenachse aus verstellen. Das Bett, worauf der Block liegt, ist ganz analog einem Metall-Hobeltisch gebaut und läßt sich beim Leergang viel schneller rück- und vorwärts bewegen, als während des Schnittes. Eben so kann die ganze Säge sammt allem Zubehör gehoben oder gefenkt werden, ohne ihre Umdrehung zu hemmen oder die Riemenspannung zu verändern, wodurch es möglich wird, einen Stein in derselben Ebene mittels Ober- und Unterschnitt zu sägen. Die Säge selbst hat 1,85 m Durchmesser und ist mit 48 Diamanten, resp. Stahlmeißeln armirt. Es können sonach Steine von über 1,5 m Dicke mittels Ober- und Unterschnitt durchgefägt werden, während der Vorschub des Bettes eine Länge des Schnittes von über 4,5 m gestattet. Vom Bett braucht der Stein nicht gehoben zu werden, wenn er in mehrere Platten getheilt oder mit schiefen Schnitten versehen werden soll, weil die Säge durch Drehung eines kleinen Handrädchens auf ihrer Achse verschoben und unter jedem Winkel eingestellt werden kann. Die Leistung muß, wie von Augenzeugen versichert wird, eine ganz außerordentliche fein und soll mehr als die von 100 Handfägen betragen.

In einer Stunde sollen 36,5 m Schnittlänge in hartem Borea-Sandstein erzielt worden sein. Wenn wir auch einige Zweifel in die praktische Stichhaltigkeit dieser Angaben setzen, so stimmen doch die Touren- und Vorschubzahlen damit überein, und läßt das Gewicht der Maschine von 12000 kg auf solide Construction schließen.

Die Steinfägen dienen hauptsächlich dazu, um größere Steinblöcke in kleinere zu zerlegen, bezw. dieselben in dünne Platten zu zer schneiden; doch werden gegenwärtig Sägemaschinen auch vielfach dazu benutzt, aus rohen Blöcken regelmäsig gestaltete Steine zu schneiden oder unregelmäßige Steinflächen durch Wegschneiden einer dünnen Schicht eben herzustellen. Alsdann gehören die Sägen zu den Steinbearbeitungs-Maschinen und bilden so den Uebergang zu denselben<sup>43)</sup>.

**Steinbearbeitungs-Maschinen.** Auch für die Bearbeitung der Steine ist die Maschinenkraft bereits mehrfach in Anwendung gekommen. Man kann unterscheiden: Hobelmaschinen zur Herstellung beliebiger ebener, gekrümmter und gebrochener Flächen; ferner Bohrmaschinen zur Herstellung von Löchern und Röhren, wozu auch die Stein-Drehbänke gehören; endlich die Schleif- und Polirmaschinen.

1) Die Hobelmaschinen wirken zur Ebnung von Flächen oder zur Herstellung von Profilierungen, Gefsimen etc. in ähnlicher Weise, wie die Holz- und Metallbearbeitungs-Maschinen. Man kann drei Hauptsysteme unterscheiden, je nachdem die Bearbeitung durch rotirende Meißel, welche an einer Welle sitzen, oder durch schiefen Stofs, ähnlich wie bei der Handarbeit, oder durch schabenden Druck geschieht.

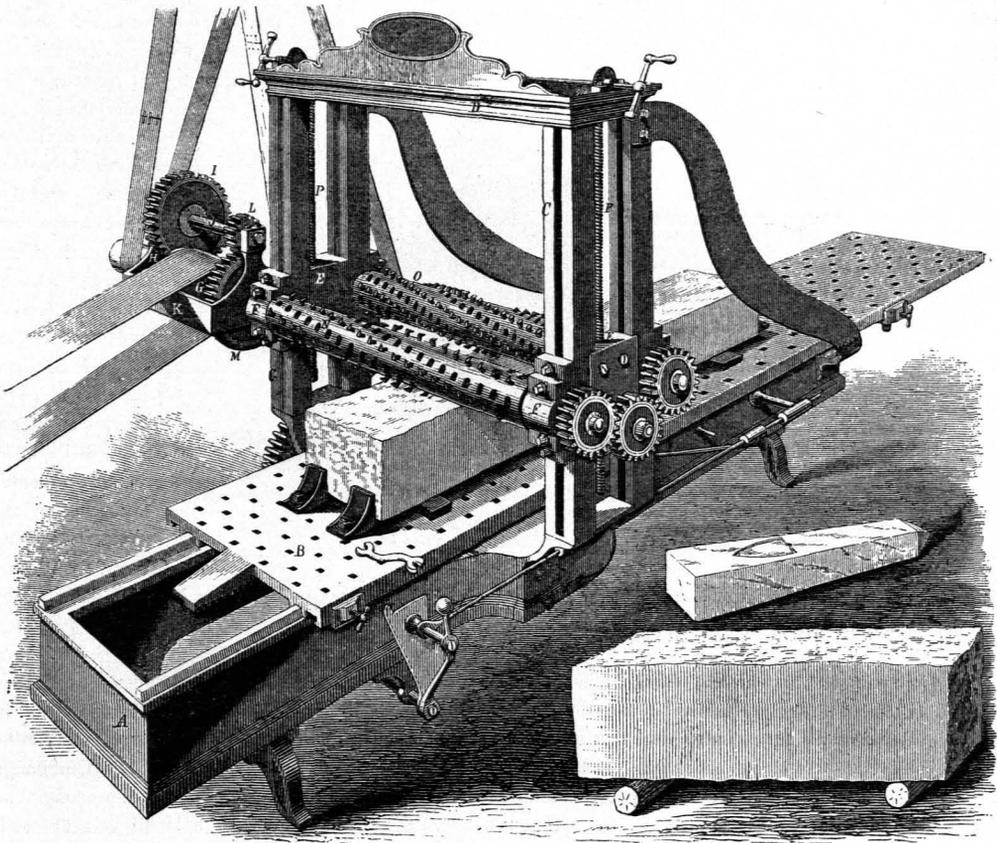
a) Zur ersten Classe zählt der *Mastodon stone dresser* von *Anderson*<sup>44)</sup>. Es ist dies eine nach dem Princip der Holz-Fräsmaschinen arbeitende Construction. Fig. 6 zeigt die Ansicht derselben. Auf einem Bett *A* bewegt sich der Tisch *B* durch Zahnstangen-Antrieb, wie bei einer Metallbearbeitungs-Maschine, sammt dem Steinblock beliebig vor- und rückwärts. Darüber befinden sich die auf- und abbewegten Blöcke *E*, welche in Lagern rotirende Messerwalzen *N* und *O* tragen. Die Walze *N* ist mit knieförmig gebogenen Spitzmeißeln (Fig. 7) versehen und dient als Schroppwalze. Die Welle *O* trägt ebenfalls knieförmig ge-

42) *Scientif. Americ.* Vol. 31, S. 159. *Maschinenbauer* 1873, S. 116; 1874, S. 356.

43) Ueber Steinfägen siehe auch noch: *Ueber Steinfägen mit Diamantspitzen und deren Ersatz.* *Engng.* Vol. 23, S. 281. *Prakt. Masch.-Const.* 1877, S. 478.

44) *Scientif. Americ.* Vol. 25, S. 223.

Fig. 6.

Maßrod stone dresser von Anderson<sup>44)</sup>.

bogene Flachmeißel (Fig. 8) und dient als Schlichtwalze. Die Meißel sind spiralförmig angeordnet und zwar so, daß stets nur 4 Meißel auf jeder Walze gleichzeitig angreifen und daß die Schlichtmeißel sich etwas überdeckende Furchen schneiden und so eine glatte Fläche erzeugen. Die Meißel sind in Löcher der Walzen gesteckt und mittels Pressschrauben befestigt. Sie sind aus Stahl oder Hartguß und arbeiten langsam, stoßfrei und ohne Erhitzung. Für Granit und Quarzit dienen Diamanteinfätze. Die Walzen werden bis zu 1,8 m Länge hergestellt, so daß Steine von dieser Länge bearbeitet werden können. Das Bearbeiten findet bis auf eine Tiefe von 76 mm statt, und es soll die Arbeit einer solchen Maschine der von 30 bis 50 Steinhauern gleichkommen.

Ziemlich ähnlich ist eine Steinbearbeitungs-Maschine von *Holmes*<sup>45)</sup> in Mold eingerichtet, eben so die von *Stacy*<sup>46)</sup> in New-York; nur laufen bei der letzteren die rotirenden Meißel spiralförmig angeordnet in Führungen und communiciren am Kopfe mit kleinen Fallhämmern, welche beim Niederdrehen auf den Meißel fallen und ihn ähnlich, wie der Steinmetz, in den Stein eintreiben; hierdurch sind die Percussionsmaschinen, die durch Stoß arbeiten, nahe verwandt.

Hierher gehört auch noch die von *Brunton* und *Trier*<sup>47)</sup> in London construirte Steinbearbeitungs-Maschine, welche auf der Welt-Ausstellung in Paris 1878 durch ihre Leistung an härtesten Gesteinsarten

Fig. 7.

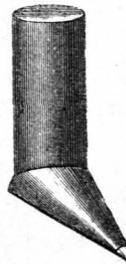
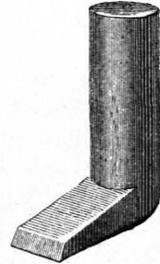


Fig. 8.



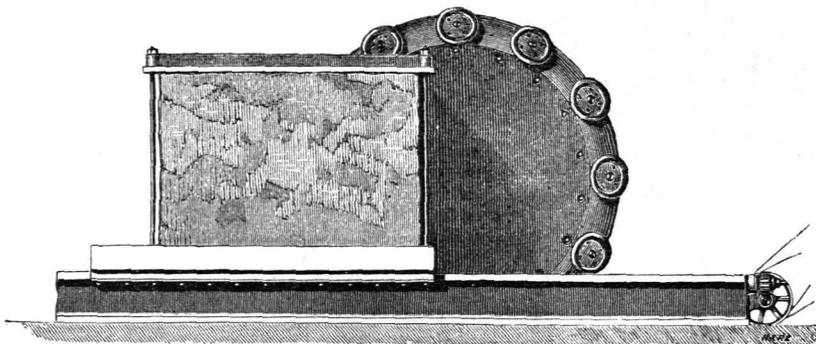
<sup>45)</sup> Iron, Vol. 3, S. 552.

<sup>46)</sup> Maschinenbauer 1874, S. 195.

<sup>47)</sup> Prakt. Masch.-Conf. 1878, S. 357. Polyt. Journ. Bd. 230, S. 5. Maschinenbauer 1879, S. 1.

Auffehen erregte und die Eigenthümlichkeit zeigt, daß das Werkzeug eine doppelte rotirende Bewegung hat. Die linienförmige Werkzeug- oder Messerscheibe (Fig. 9) von 1,8 m Durchmesser trägt an ihrem Umfang 12 etwas schräg gestellte kreisförmige Messer von ca. 30 cm Durchmesser. Die erstgedachte Scheibe dreht sich um eine horizontale Welle (100 Umdrehungen in der Minute), welche Bewegung die aus Hartgufs angefertigten Messer mitmachen. Die letzteren werden durch Antrieb von innerhalb der

Fig. 9.

Steinbearbeitungs-Maschine von Brunton und Trier<sup>47)</sup>.

gelegenen conischen Rädern in weitere Rotation um ihre eigene Achse veretzt. Mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 5,632 m pro Minute werden cycloidale Schnitte von 3 bis 4 cm Tiefe und 1,4 m Höhe bei unbegrenzter Länge ausgeführt. Die Leistung, welche der Arbeit des Scharrens etwa entspricht, erfordert für 1 qm zu bearbeitender Fläche für Granit 4, für harten Kalkstein 2 1/2 und für Sandstein 2 Minuten.

β) Unter den Maschinen, deren Meißel durch schiefen Stofs auf die zu bearbeitenden Steinflächen wirken und hierdurch die Handarbeit nachahmen, sei zunächst die beim Bau der neuen Themse-Quais in London veruchsweise angewandte Maschine genannt, bei der der Steinblock unter einer, mit einer Reihe von Meißeln oder mit einem einfachen Messer versehenen Querfange durchgeführt wurde. Die Querfange wurde durch eine Kurbelachse in eine Art oscillirender Bewegung veretzt, welche die Bewegung von Hand und Klöpfel des Steinhauers genau nachahmte und sie nur an Kraft und Schnelligkeit übertraf. Zuerst wurden die Meißel angewendet; sie durchzogen den Block mit einer Reihe von Rinnen, und durch das große Messer wurde alsdann die vollständige Ebnung vorgenommen. Die Leistung soll der von 7 bis 8 Steinhauern gleich gekommen sein.

Die schon genannte Firma Holmes<sup>48)</sup> in Mold hat auch eine unter die vorliegende Classe einzureihende Maschine construiert. Zwei mit Meißeln besetzte Messerköpfe sind in zwei Armen gelagert, welche mit den Meißeln abwechselnd von einem Ende zum anderen oder von rechts nach links über den Steinblock gehen. Mittels eines oscillirenden Hebels wird den Meißeln eine absetzende Kreisbewegung ertheilt, hinreichend groß, um sie bei jedem Hube Splitter vom Steine abschlagen zu lassen, in ganz ähnlicher Weise, wie dies durch den gewöhnlichen Steinhauermeißel geschieht. Man kann eben so ebene, wie gekrümmte Flächen herstellen. Pro Tag kann man 18 bis 28 qm Steinfläche bearbeiten.

Atchison in Boston construiert eine Maschine<sup>49)</sup> mit zwei Werkzeugen, die eine pendelnde Bewegung haben und die hin- und hergehende Steinfläche mit 6000 Schlägen in der Minute bearbeiten. Die Werkzeuge, die in einem starken Kopfstück angebracht sind, haben eine halbkreisförmige Gestalt und bestehen aus sog. Jeffop-Stahl; sie können mindestens 45 Minuten arbeiten, ohne daß man sie auszuwechseln braucht; ein Satz Werkzeuge führt auf diese Weise 2700 Schläge aus, bevor es einer Schärfung bedarf.

In die vorliegende Gruppe gehört ferner die Maschine von Lloyd<sup>50)</sup>.

Auch manche durch Stofs wirkende Gesteins-Bohrmaschinen lassen sich als Steinbearbeitungs-Maschinen verwenden; die Bohrmaschine nach dem System Schramm-Mahler ist eigens hierzu eingerichtet.

γ) Von den Steinbearbeitungs-Maschinen, die durch schabenden Druck arbeiten, seien zunächst die-

<sup>48)</sup> Engng. Vol. 6, S. 489. Maschinenbauer 1869, S. 146.

<sup>49)</sup> Scientif. Americ. Vol. 40, S. 291. Maschinenbauer 1879, S. 291.

<sup>50)</sup> Maschinenbauer 1870, S. 385.

jenigen hervorgehoben, bei denen den feststehenden Meßern der zu bearbeitende Stein in geradliniger Bewegung entgegengeführt wird, welche demnach in ganz ähnlicher Weise, wie die Metall-Hobelmaschinen arbeiten.

Wir nennen hier zuerst die in Fig. 10 dargestellte Maschine von *Robinson and Son*<sup>51)</sup> in Rochdale, deren Stahlmeißel 1,8 mm dick sind; dieselbe hobelt in 9 Stunden 28 bis 46 qm ebene Fläche, welche Arbeit etwa  $\frac{1}{4}$  des Betrages der Handarbeit kostet. Diese Maschine gestattet auch das Hobeln von Profilierungen, in welchem Falle jedoch die Meißel dicker genommen werden.

Die Maschine, nach *Brearly und Marsden's* System, gleichfalls von *Robinson and Son*<sup>52)</sup>

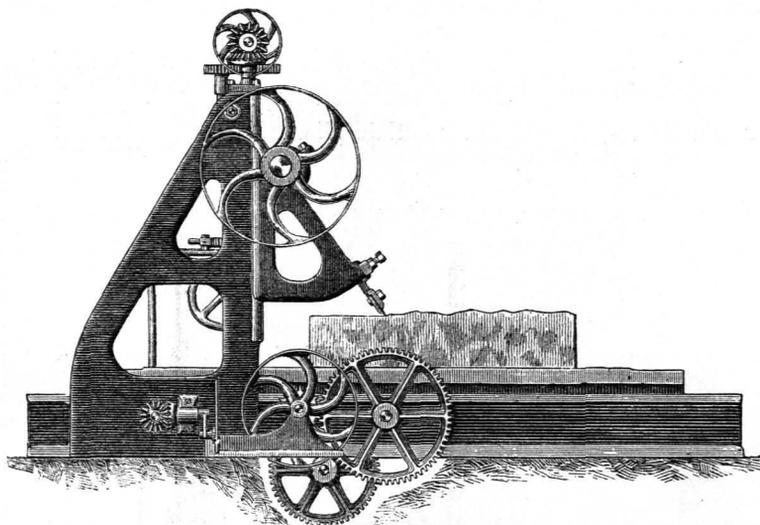
in Rochdale gebaut, dient zur Herstellung von ebenen, aber geradlinig profilirten Flächen. Die nach der Gestalt der herzustellenden Arbeitsflächen geformten Meißel sind aus dünnen Stahlplatten gefertigt; von den zwei Meißelreihen dient die eine zum Vorarbeiten, die zweite für die Vollendungsarbeit. Während die eine Reihe auf den Stein einwirkt, läuft die zweite leer mit und umgekehrt. Auf größeren Maschinen können pro Arbeitstag ca. 24 qm Steinfläche fertig bearbeitet werden.

Die Maschine von *Western und Cie.*<sup>53)</sup> in London dient hauptsächlich zur Herstellung von Gefimfen; beinahe jeder Stein läßt sich mit kleiner Betriebskraft bearbeiten; in mittelharten Stein kann ein gewöhnliches Gefimfe von 1,25 m Länge in  $\frac{1}{4}$  Stunde angefertigt werden. Die Maschine von *Esterer* in Altötting dient zur Herstellung von cannelirten Säulen aus Marmor und ähnlichen weichen Gesteinsarten. Die combinirte Maschine von *Birell und Rotheroe*<sup>54)</sup> in London enthält zunächst eine Säge zum Zerfchneiden der aus den Brüchen kommenden Steinblöcke, alsdann eine Maschine zur Herstellung von glatten Flächen (eine Art Schleifmaschine) und schließlich eine Hobelmaschine zur Herstellung einfacher Profilierungen in weichen Gesteinsarten; die letztere arbeitet gleichzeitig mit 4 Stahlmeßern, und zwar beim Hin- und Hergehen des Steines.

δ) Eine zweite Art von durch schabenden Druck wirksamen Maschinen arbeitet mit sehr rasch rotirenden Meißeln, welche in größerer Zahl an einem gemeinschaftlichen Werkzeugkopf sitzen, und unter denen der Steinblock hin- und hergeschoben wird.

Das schon genannte Etablissement von *Brunton und Trier*<sup>55)</sup> hat eine solche, in Fig. 11 veranschaulichte Maschine construiert. Der auf der verticalen Meßerwelle befestigte Meßerkopf macht 1200 Umdrehungen, wobei cycloidale Nuthen in den Stein eingearbeitet und große Späne losgetrennt werden. Der Steinblock wird mit einer Geschwindigkeit von 60 cm (für Granit) bis 1,8 m (für Sandstein) vorgeschoben. Pro Minute werden 0,14 qm Granit oder 0,18 qm härtesten Sandsteines bearbeitet; in 48 $\frac{1}{2}$  Minuten soll die Maschine das Dreifache von dem arbeiten, was ein Steinhauer in einem Tage leisten kann.

Fig. 10.

Steinbearbeitungs-Maschine von *Robinson and Son*<sup>51)</sup>.

<sup>51)</sup> Iron, Vol. 14, S. 549.

<sup>52)</sup> Engng. Vol. 28, S. 300. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 102.

<sup>53)</sup> Polyt. Journ., Bd. 230, S. 304.

<sup>54)</sup> Engineer, Vol. 25, S. 114.

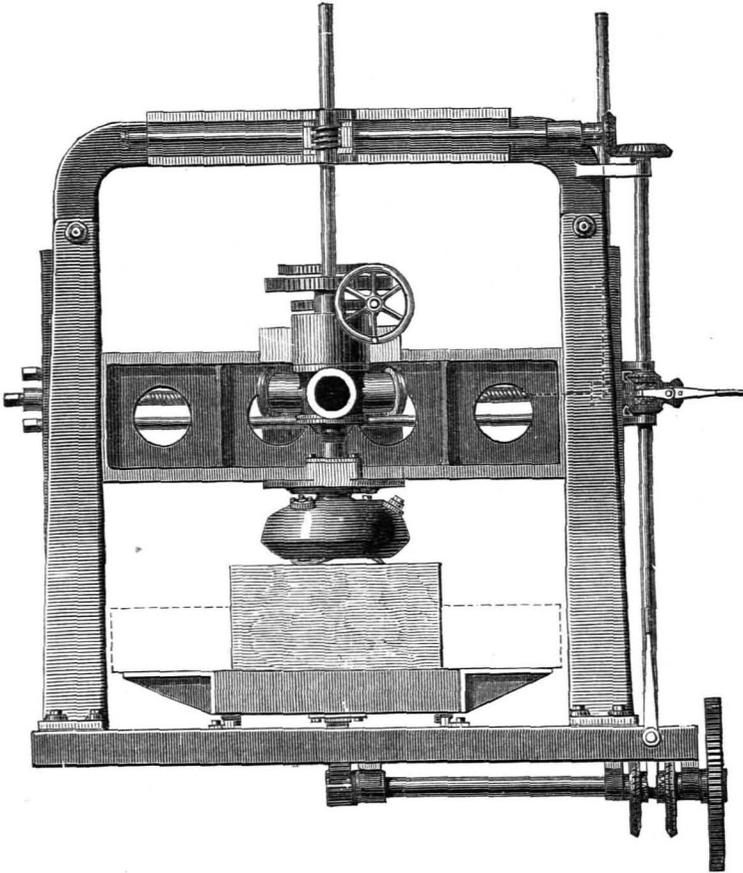
<sup>55)</sup> Engng. Vol. 23, S. 247. Revue industr. 1877, S. 209. Polyt. Journ. Bd. 225, S. 133. Prakt. Masch.-Conf. 1877, S. 257. Maschinenbauer 1877, S. 323.

Hierher gehört ferner die Maschine von *Holmes und Payton*<sup>56)</sup>, welche ähnlich der *Anderson'schen* Maschine construirt ist und durch sinnreiche, beliebig herzustellende Kuppelung dreier Scheiben an der Messerwelle eine hin- und hergehende Bewegung derselben und eine beliebige Einwirkung und Winkelstellung der Messer zu bewirken gestattet. Es können mit dieser Maschine nicht bloß gerade Flächen, sondern auch Gefimfe gehobelt werden.

40.  
Bohr-  
maschinen.

2) Bohrmaschinen. So wie überhaupt England und Amerika in der Erfindung von Steinbearbeitungs-Maschinen unerfchöpflich sind, so haben die Amerikaner auch zur Herstellung von Säulen kolossale Diamant-Kernbohrmaschinen<sup>58)</sup> construirt, womit

Fig. 11.



Steinbearbeitungs-Maschine von *Brunton und Trier*<sup>57)</sup>.

z. B. zum Capitol von Illinois direct aus dem Marmorfels 1 m starke Säulen herausgebohrt wurden, während *Eaßmann* wieder zum Canneliren von Säulen eine der *Brunton* und *Trier'schen* Maschine ähnliche Construction erdacht hat.

Wir müssen jedoch nach Aussagen von Praktikern, welche mit Steinbearbeitungs-Maschinen Erfahrungen machten, im Allgemeinen constatiren, daß mit denselben, in Rücksicht auf die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten, häufig eine theurere Arbeit geliefert wird, als von Hand, wengleich die Zeiterparnis, besonders der Handarbeit gegenüber, bedeutend ist.

41.  
Dreh-  
bänke.

Besser haben sich für gewisse weichere Gesteinsarten (Marmor etc.) die gleichfalls hierher gehörigen Stein-Drehbänke bewährt. Dieselben arbeiten ähnlich, wie die großen Metall-Drehbänke, und zwar unter langsamer Rotation und starkem Druck.

*Schmidt* in Ober-Peclau verarbeitet mit feiner Maschine<sup>59)</sup> rohe Granitblöcke zu allen möglichen Bautheilen, wie Platten, Schwellen, Stufen, Plinthen, Säulen, Mauer- und Gewölbquadern, Gefimfen etc.,

<sup>56)</sup> Maschinenbauer 1874, S. 89.

<sup>57)</sup> Engg. Vol. 23, S. 247.

<sup>58)</sup> Aehnlich eingerichtet, wie die *Beaumont'schen* Diamant-Bohrmaschinen, von denen noch im III. Theil dieses »Handbuches« (Abth. II, Abfchn. 1, Kap. 1: Untersuchung des Baugrundes) die Rede sein wird.

<sup>59)</sup> Maschinenbauer 1878, S. 414.

fogar zu Canalröhren aus einem Stück, wobei in letzterem Falle der ausgechnittene cylindrische Theil noch als Säule, Walze oder zu Röhren von kleinerem Durchmesser verwendbar ist.

3) Die Schleif- und Polirmaschinen sind nichts weiter als horizontale, rasch rotirende Stahlscheiben, auf welche der zu schleifende Stein gelegt und befestigt ist, während durch einen selbstthätigen Zufluss Schleifand oder Polirmasse und Wasser zugeführt wird. In der Marmor-Mosaikwaarenfabrik von *Neumüller* in Nufsdorf führt ein horizontal über ein System von mehreren auf einander folgenden Schleiffscheiben laufendes Paternosterwerk selbstthätig die zu schleifenden Mosaikplatten über dieselben, wodurch alle Minuten ein Stück fertig geschliffen wird.

42.  
Schleif- u.  
Polir-  
maschinen.

Für größere Flächen dienen einfache, mit einer Excenterwelle durch Stangen und Charniere lose verbundene Klötze mit hin- und hergehender Bewegung, welche das Schleifmittel unter regulirbarem Wasserzulauf über das Schleifstück führen.

*Wilkinson* hat zum Abputzen und Schleifen von glatten Façaden-Verkleidungen einen *Vertical stone rubber*<sup>60)</sup> einfachster, leicht transportabler Art constructirt. An einem an die zu schleifende Mauer gelehten Dreifufs ist im Scheitel eine Rolle angebracht, über welche ein Seil läuft, das einen Kasten trägt; dieser ist zweitheilig und enthält im oberen Theile Wasser zum Abwaschen des Schleifschlammes. Diefes kann in beliebiger Menge durch Löcher in die untere Abtheilung dringen, welche mit Sand gefüllt und an der Wandseite offen ist, so daß der Sand auf die Mauer wirken kann. Durch ein Gegengewicht am anderen Ende des Seiles ist der Kasten ausbalancirt und kann in einer Pendelbewegung hin und her beliebig hoch oder tief arbeiten.

Wichtig ist dabei, daß die Oeffnung an den Rändern gleichmäfsig auf die Mauer drückt, um den Sand genügend auszunutzen. Gegenüber der in London früher gebrauchten Methode, die Façaden mit Sand abzureiben, erpar't der *Stone rubber* über 50 Procent Arbeit<sup>61)</sup>.

Die Conservirung von Bausteinen ist wohl nur in Ausnahmefällen nothwendig. Derartige Fälle treten aber ein, wenn bei wichtigen, namentlich monumentaln Bauten die Steine Zerstörungserrscheinungen zeigen, welche entweder ästhetisch oder gar constructiv gefährdend wirken. Weitau's in den meisten solchen Fällen war von vornherein die Auswahl des Baumaterials eine verfehlte; am Kölner Dom z. B. war vorweg zeretzter mit großen Feldspathindividuen durchspickter Trachyt die Ursache der Zerstörungserrscheinungen; so manche Sandsteine zeigen an Bauten des vorigen Jahrhunderts, wo man der schnörkelhaften Zopffornamentik halber möglichst weichen Stein suchte, grauenhafte Verwitterungen, und auch der Löwe *Thorwaldsen's* in Luzern ist diesem Schickfal verfallen.

43.  
Conservirung  
der  
Bausteine.

Hier sei nochmal aus Art. 33, S. 94 wiederholt, daß alle zu dichten, als selbständige feste Krusten auftretenden Ueberzüge wegen der verschiedenen Ausdehnung bei Temperatur-Extremen schädlich sind. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß Conservirungsmittel ohne Nutzen wären. Im Gegentheil, richtig und rechtzeitig angewendet, können sie einen Stein vollkommen und dauernd gegen die zerstörenden Einflüsse der Atmosphärien schützen<sup>62)</sup>.

<sup>60)</sup> Builder 1874, S. 29.

<sup>61)</sup> Vergl. auch: Schleifen und Poliren steinerner Säulen auf der Drehbank. Polyt. Journ. Bd. 229, S. 322. — Maschinenbauer 1879, S. 91. — Das Schleifen und Poliren steinerner Platten und Gesimse. Maschinenbauer 1879, S. 131.

Ferner über maschinelle Bearbeitung der Bausteine im Allgemeinen:

Ämtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. 2. Band. Braunschweig 1874. Steinbearbeitungsmaschinen. S. 142. — Ueber die Anwendung des Diamants zur Bearbeitung von Stein. Maschinenbauer 1873, S. 154. — Terrier, Ch. *Préparation mécanique des pierres de taille*. Gaz. des arch. et du bât. 1874, S. 68. Romberg's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1874, S. 243. — Versuche über Steinbearbeitung mittels Maschinen. Deutsche Bauz. 1868, S. 403 u. 414. — Die Steinbearbeitungsmaschinen auf der Weltausstellung. Haarmann's Zeitschr. f. Bauhdw. 1878, S. 129. — Umland, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. III. Band. 21. Steinbearbeitung. Leipzig 1880.

<sup>62)</sup> Vergl. Burnell, G. R. *On building-stones — the causes of their decay, and the means of preventing it*. Builder 1860, S. 132, 147, 163.

Als ein Hauptmittel der Conservirung dient an sich schon die Herstellung einer echten Politur, weil dadurch den Atmosphären und namentlich auch dem Staube und den Flechtenkeimen möglichst wenig Angriffspunkte geboten werden. Im Grunde handelt es sich also auch bei den porösen Steinen darum, diese Angriffspunkte zu vermindern und zwar dadurch, daß die Poren mit unveränderlicher Substanz gefüllt werden. Indem wir hier von eigentlichen Anstrichen und Inkrustationen absehen, sei nur erwähnt, daß Tränken mit heißem Theer oder mit in Theer gelöstem Asphalt dort, wo die Farbe Nebensache ist, also in Fabrikräumen, wo Säuredämpfe sich fortwährend bilden, ein lange vorhaltendes Präservativ bildet. Eben so können Löfungen von Kautschuk in Schwefelkohlenstoff, Petroleumspirit oder Terpentin als brauchbar und haltbar empfohlen werden. Jedoch dürfen derlei Löfungen nie zu dicklich fein und sollten nur, ganz dem Porositätsgrade entsprechend, so stark aufgetragen werden, so lange noch Absorption eintritt.

Dasselbe gilt von der Behandlung von Steinflächen mit Harz-Thonerde-seife. Es wird zuerst eine Alaunlöfung oder schwefelsaure Thonerde aufgetragen und nachher erst eine Harzseifenlöfung. Aehnlich wirksam verhält sich Kalkwasser und Harz-Terpentinlöfung durch Bildung einer Kalkharzseife. Alle diese organischen Verbindungen oxydiren und humificiren sich allmählich; länger als 5 bis 6 Jahre kann mit Sicherheit die conservirende Wirkung nicht angenommen werden.

Besser verhalten sich hierin anorganische Mittel, insbesondere das vielfach ungerecht beurtheilte Wasserglas. Es ist richtig, daß dasselbe an wenig porösen Gesteinen, besonders an Marmor so gut wie gar keine Wirkung hervorbringt; es ist richtig, daß zu concentrirte und zu oft aufgetragene Löfungen spröde, zur Abblätterung neigende Krusten erzeugen können, besonders wenn der Stein ohnedies schon aufsen zerfört war. Allein andererseits zeigen Bauten, welche vor 13 bis 15 Jahren mit Wasserglas rationell behandelt wurden, unverändert frische und tadellose Flächen, so die Karlskirche und die Rossauer Caferne in Wien, wobei bemerkt wird, daß die conservirende Kraft bei Ziegeln eben so sich äußert wie bei natürlichem porösen Stein.

Directe Erzeugung von Kalk-Silicat durch nachherige Behandlung mit Chlorcalcium bringt einen unveränderlichen weniger spröden, gelatinösen Niederschlag in den Poren hervor. Bei Sandsteinen und überhaupt sehr porösen Steinen eignen sich als bestes Mittel gegen Flechtenüberzug Oxalsäure, schwefelsaure Thonerde und zur Fällung der Schwefelsäure noch Baryt- oder Kalkwasser. Aehnlich verhalten sich Bor säure und Barytwasser oder Zinkvitriol und Barytwasser.

Die Literatur über »Steinfägen« und »Steinbearbeitungs-Maschinen« ist in den Fußnoten 33 bis 61 auf S. 97 bis 105 angegeben.

## 2. Kapitel.

### Keramische Erzeugnisse.

VON HANS HAUENSCHILD.

44.  
Keramik  
im  
Allgemeinen.

Wenn der Stein das naturgemäße und das edelste materielle Substrat der Architektur ist, so sind jene Materialien, welche mittels eingreifender Aggregats- oder chemischen Aenderungen die Eigenschaften guter Steine erlangen, das weitverbreitetste

und dem Bedürfnis zufagendste. Hierin spielt wieder das Gebiet der keramischen Erzeugnisse weitaus die bedeutendste Rolle. Die Zeretzungsproducte der Erdrinde, das aus allen Fugen und Formen gewichene amorphe Residuum, theilweise lagernd als Verwitterungsmantel über den ursprünglichen Steinen, theilweise durch die transportirende Kraft des Wassers weithin nach allen Richtungen als feiner Schlamm geführt und endlich mannigfach verunreinigt und vermischet mit den Verwetzungsproducten anderer Gesteine, bilden das Rohmaterial zu der ältesten aller Großindustrien, der Keramik. Denn der Thon ist nicht nur das verbreitetste, fast mit Sicherheit überall dort zu findende Material, wo die Bedingungen für dauernde Niederlassung und stabile Cultur gegeben sind, sondern auch das dem Bedürfnis am meisten zufagende. Welches Material böte der formenden Hand auch nur annähernd weniger Widerstände, um doch dabei die geformte Gestalt dauernd zu behalten, eine genügende Festigkeit anzunehmen und doch jene Summe von Porosität zu behalten, welche in Bezug auf Wärmeleitung und Ventilation die denkbar günstigste ist! Es war der genialste Instinct, welcher zuerst zur Verwendung des Thones trieb und welcher die fruchtbarste Pflanzstätte für plastische Kunst wurde.

Wenn wir heute die Keramik zu den chemischen Industrien zählen, so dürfen wir nicht vergessen, daß die keramische Chemie nur seit einigen Jahrzehnten zählt, während die Blüthe-Epochen der Industrie vor Jahrhunderten als eine Folge unablässiger intuitiver Erfindungsbegierde und empirischen Vergleichens und Probirens existirt haben. Allerdings ist durch die Wissenschaft heute das Meiste, was früher Eigenthum eines Einzigen war und mit ihm starb, Gemeingut aller Fachleute geworden, und die technischen Fortschritte sind geradezu eben so epochemachend, wie die Revolution in dem Transportwesen in Folge der Erfindung der Dampfmaschine; aber die künstlerische Entwicklung hat ihren Höhepunkt gewiss noch nicht erreicht.

Die keramischen Producte lassen sich in zwei große Classen eintheilen, von denen jede einzelne in ihrer Masse physikalisch scharf charakterisirt erscheint, während nach den verschiedenen Graden der Feinheit, Homogenität und Färbung einerseits, nach dem verschiedenen Ueberzuge zum Schutze und als Decoration andererseits mehrere Untergattungen sich ergeben, welche verschiedenen Zwecken dienen.

45.  
Eintheilung.

Der Bruch des fertigen Productes giebt den Haupteintheilungsgrund ab. Entweder ist derselbe porös oder zeigt einen höchstens gefinterten Scherben, oder er ist vollkommen dicht, glasig, zeigt deutliche Schmelzstructur.

Die Thonwaaren mit nichtgeflossenen Scherben sind entweder aus solchen Thonen gebrannt, welche keine Flußmittel enthalten, oder wenn dieselben vorhanden sind, nur bis zu solcher Temperatur gebrannt, die ein Erweichen oder Schmelzen dieser Flußmittel nicht zuläßt und nur ein Dichterwerden oder Zusammenfütern gestattet. Die Masse bleibt porös, saugt Wasser ein oder läßt es durchschwitzen; der Bruch ist erdig-kreidig, und ein trockenes Stück haftet mehr oder minder an der Zunge. Diese Gruppe wird wieder unterschieden in die rohe Waare, wohin die Backsteine und das gemeine Töpfergeschirr gehören, und in die feine Waare, wohin die künstlerisch gestalteten Terracotten, die Majolica, die Fayence und das Steingut gezählt werden.

Die Thonwaaren mit geflossenen Scherben sind aus Thonen geformt, welche eine entsprechende Menge Flußmittel entweder ursprünglich enthielten oder künstlich zugesetzt bekamen, und stets bei einer so hohen Temperatur gebrannt, daß dieses Flußmittel schmolz und die damit innigst gemengte Masse weich machte,

fo dafs das Ganze eine beginnende Schmelzung erlitt. Sie haben einen unporösen, für Flüssigkeiten undurchlässigen Bruch von glänzendem, muschelförmigem Ansehen, adhären an der Zunge nicht und lassen sich vom Messer nicht ritzen.

Auch diese Gruppe läßt sich in rohe und feine Waare eintheilen, und es gehören zu den rohen die echten Klinker und das harte Steinzeug, zu den feinen die Wedgewood-Waare und das Porzellan. Von all diesen dient als eigentliches Constructions-material nur die Rohwaare beider Classen, während die feineren Producte zum Ausbau und zur künstlerischen Vollendung der Architekturwerke gebraucht werden.

Defshalb sind auch die Anforderungen, welche an diese Gruppe von Materialien gestellt werden, je nach dem Verwendungszwecke verschieden, wengleich die allgemeinen Grundbedingungen der nöthigen Festigkeit und Dauerhaftigkeit hier wie bei jedem Baustoff, für die technische Verwendbarkeit entscheidend sind, während die Formgebung und ihre Bedingungen hier Sache der Fabrikation ist und die Schönheit ebenfalls in der Hand des zugleich als Künstler gestaltenden Keramikers liegt.

Wir wollen defshalb die erforderlichen Eigenschaften solcher Materialien bei den einzelnen Gruppen derselben anführen, jedoch die Festigkeits-Ermittelungen und die Betrachtungen über die Dauerhaftigkeit zusammenfassen.

1) Die Backsteine. Das gewöhnlichste und am häufigsten gebrauchte Erzeugniß der Keramik ist der Backstein, der bereits im vorhergehenden Kapitel (unter 1 bis 4, S. 72 bis 78) abgehandelt worden ist.

2) Die Klinker, als Hauptrepräsentanten der ordinären Thonwaaren mit geflossenen Scherben, wurden gleichfalls bereits in Art. 16 besprochen.

46.  
Steinzeug.

3) Das Steinzeug gehört gleichfalls zur ordinären Thonwaare mit geflossenen Scherben und soll sich, wie die Klinker, durch grofse Härte bei gleichmäfsig glattem, glänzendem Bruch auszeichnen.

Das Steinzeug wird gegenwärtig von vielen Fabriken in vorzüglicher Qualität geliefert und ist meist mit einer schwer schmelzbaren Erdglafur von brauner oder graphitfchwarzer Farbe überzogen.

Befonders werden glafirte Röhren aus Steinzeug der verschiedensten Dimensionen <sup>63)</sup> zu Abort-, Canal-, Waffer- und Dunst-Leitungen benützt, woraus auch die Abort-Schüffeln und Trichter, Siphons und andere Façonstücke hergestellt werden. Nicht minder häufig werden Schornstein-Aufsätze der verschiedensten Construction daraus geformt, defsgleichen Deckplatten für Kamine und Mauern, Piffoirplatten etc. In Fabriken und überhaupt, wo grofse Abnutzung und noch Einwirkung von Säuren und anderen ätzenden Stoffen stattfindet, ist das Steinzeug geradezu unentbehrlich.

Die Steinzeug-Röhren widerstehen bei gutem Material und sorgfältigem Brand bedeutendem Drucke. So ergaben Proben mit Steinzeug-Röhren von *Lederer* und *Neffenyi* in Floridsdorf bei Wien einen Widerstand von 15 Atmosphären gegen Wafferdruck <sup>64)</sup>.

Häufig kommen sowohl Klinker als auch fog. Steinzeug in einem Mittelzustand zwischen echt geflossenen Scherben und nur gefinterten Scherben vor, ent-

<sup>63)</sup> Für die Weiten der Steinzeug-Röhren sind die verschiedensten Maafse im Gebrauche, ein Zustand, dessen Aenderung eben so im Interesse der Fabrikanten, wie der Consumenten gelegen ist. In einer Versammlung deutscher Thonrohr-Fabrikanten zu Cassel (19. Juli 1880) einigte man sich über die Einführung von Grunddimensionen und einheitliche Anwendung des Decimalmaafses. Vom 1. Januar 1881 an sollen in den Preiscouranten nur folgende Weite-Dimensionen aufgenommen werden: 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500 und 600 mm.

<sup>64)</sup> Köppe. Proben mit verschiedenen Wafferleitungsröhren. Deutsche Induetrietzg. 1875, S. 265 u. 278.

sprechend der 2. Qualität der von *Baufchinger* aufgestellten Classification. Dahin gehört der größte Theil der norddeutschen Mauerklinker und Verblendklinker, so wie die Hartbrand-Thonröhren, wie sie vielfach zu Wasserleitungen verwendet werden.

4) Die unglasierte Terracotta bildet mit der glasierten Majolica und Fayence die feinere, ornamental wirkende Thonwaare.

Terracotta ist ein uraltes Decorationsmaterial, welches bei gehöriger Auswahl des Rohmaterials und Sorgfalt der Fabrikation alle ausgezeichneten Eigenschaften einer plastischen Masse mit der Gewähr der Dauerhaftigkeit vereinigt und eine billige Decoration gestattet. Das vielfache Vorurtheil gegen Terracotta als unedles und wenig dauerhaftes Material ist durch viele Beispiele wohlhaltener Terracotten aus der alten Zeit und aus dem Mittelalter, so wie durch die ausgezeichneten Fabrikate der jetzigen größeren Thonwaarenfabriken gründlich widerlegt.

Die Terracotten werden aus verschiedenfarbigen Thonen angefertigt und, zur Erzeugung einer dichten, der Structur natürlicher Steine nahekommenden Oberfläche, mit verschiedenen, sorgfältig ausgewählten Magerungs- und Sinterungsmitteln gemengt, welche ein allseitig gleichmäßiges Schwinden beim Trocknen und Brennen besitzen müssen. Das Schwindmaß beträgt meist ca.  $\frac{1}{12}$ , worauf bei Anfertigung der Zeichnungen genau Rücksicht genommen werden muß. Da auch das gleichmäßige Schwinden mit der Dicke der Masse zusammenhängt, so werden alle nicht flächenförmigen Terracotten hohl hergestellt, wodurch für den Bau der weitere Vortheil geringen Eigengewichtes gewonnen wird.

Die verschiedenartigen Farben-Nuancen vom reinen Weiß, Gelb, Roth werden häufig auch durch Engobiren oder Eintauchen der getrockneten Stücke in eine Thonschlämpe von gewünschter Farbe erzeugt, eine Methode, welche schon die alten Griechen kannten und welche in neuerer Zeit auf Vorschlag des um die Hebung der Keramik so hoch verdienten *Türschmidt* wieder eingeführt wurde.

Alle nur erdenklichen Ornamente werden aus Terracotta angefertigt, und die Vervielfältigung durch Modellformen gestattet eine sehr bedeutende Ermäßigung der Kosten. Die Dimensionen sind innerhalb gewisser Grenzen beliebig, und es sollen z. B. (nach *Gottgetreu*) Säulenschäfte bis 6,5 m Höhe, Kolossal-Figuren von 5,13 m Höhe etc. vorkommen. Statuen und Karyatiden von 2,5 m Höhe, Säulen von gleicher Höhe und darüber (bei rot. 30 cm Durchmesser), Voluten-Consolen bis 1,2 m Höhe, Akroterien, Candelaber und Vasen von 2 m Höhe, ferner Frieße, Medaillons, Rosetten, Trophäen etc. von ähnlich bedeutenden Abmessungen werden vielfach hergestellt.

Die Tragfähigkeit der Terracotten wird in der Regel gar nicht oder nur wenig in Anspruch genommen. Indefs zeigen die Versuche von *Pulham*, daß gute englische Terracotta immerhin 430 kg pro 1 qcm trägt. Versuche mit Consolen der berühmten Thonwaarenfabrik von *E. March* in Charlottenburg zeigen, daß Handelswaare dieser Fabrik in Kastenform von 39 cm Höhe und 66 cm Ausladung 1995 kg, von 21 cm Höhe und 38 cm Ausladung 725 kg, bei Verbindung beider Consolen aber 5353 kg Last getragen wurden.

Beim Bau des Kunstgewerbe-Museums in Berlin wurden Probelastungen mit Terracotta-Consolen und Architraven aus der *March'schen* Fabrik in Charlottenburg vorgenommen, denen wir entnehmen, daß eine Console des Hauptgesimses der Kunstschule von 39 cm Höhe und 66 cm frei tragender Ausladung bei ca. 2 cm Wandstärke und einer Belastung in der Mitte von 1995 kg brach, eine Unterconsole vom Hauptgesims des Kunstgewerbe-Museums von nur 21 cm Höhe und 38 cm Ausladung bei 725 kg, die Oberconsole dazu von 32 cm Höhe und 52 cm Ausladung bei 2027,5 kg brach, während bei beiden letzteren Consolen zusammen verbunden erst eine Belastung von 5353 kg den Bruch herbeiführte. Die Gesims-Consolen waren dabei mit einer  $1\frac{1}{2}$  Stein starken Mauer fest vermauert und noch der ganzen Ausladung nach mit Ziegeln in Gypsmörtel übermauert.

Ein Architrav-Stück von 24<sup>cm</sup> Höhe, beinahe quadratisch kaftenförmigem Querschnitt und 1<sup>m</sup> Länge, Auflager frei verlegt, in der Mitte belastet, brach bei 3513 kg.

Obwohl sich bei Terracotten wegen der complicirten Formen allgemeine Coefficienten nicht gut aufstellen lassen, so kann doch auf gleiche Tragfähigkeit bei anderen aus gutem Rohmaterial zweckmäßig geformten und gut gebrannten Terracotten geschlossen werden, so daß eine ganz bedeutende Widerstandsfähigkeit auch mit zu den guten Eigenschaften der Terracotten gezählt werden kann.

48.  
Majolica  
und  
Fayence.

5) Majolica und Fayence. Das Bedürfnis nach Abwechslung in Form und Farbe, besonders an größeren Flächen, führte in der Architektur frühzeitig zur Polychromie. Bei Flächen, welche den zerstörenden Atmosphärien direct ausgesetzt sind, kann man nach Mitteln, diese Abwechslung durch polychrome Flachornamentik zu bewirken, und fand hiefür zwei verschiedene Methoden.

Entweder bildete man das Ornament aus harten vielfarbigem Fragmenten von natürlichem oder künstlichem Stein von geringen Dimensionen, man erfand die Mosaik-Technik, oder man gab dem gebrannten Scherben einen unvergänglichen, mit unvergänglichen Farben zu decorirenden Malgrund, die Glasur, und erfand dadurch Majolica und Fayence.

Erstere, ursprünglich zur Decorirung von Putzestrich und Putzwand benutzt, wurde in neuester Zeit auch auf keramische Producte, zu Boden- und Wandfliesen, angewandt. Die berühmten Fliesen von *Minton, Hollins and Co.* in Stoke upon Trent in England, die Mettlacher Platten etc. gehören in diese Kategorie. Die großen Thonwaaren-Fabriken von *E. March* in Charlottenburg und der Wienerberger-Gesellschaft in Inzersdorf bei Wien cultiviren den gleichen Zweig dieser Technik mit großem Erfolge.

Nach dem Vorgange der *Minton'schen* Fabrik unterscheiden wir auch:

- a) Enkaustische Fliesen (*encaustic tiles*), welche in der Weise hergestellt erscheinen, daß entweder das Ornament zuerst in einer vertieften Form mit entsprechend gefärbtem Thon, darauf erst der Grund in plastischem Thon gepreßt wird, wie bei der englischen Waare, oder aber, daß zuerst der Grund hergestellt und dann erst das vertieft ausgeparte Ornament durch Pressen fast trockenen Thonpulvers angebracht wird, wie bei der deutschen Waare. Um hiebei größte Dichte des fertigen Steines zu erzielen, werden Pulver von Feuerstein oder Feldspath als Magerungsmittel zugesetzt und die Tafeln scharf bis zur Sinterung gebrannt. Gute enkaustische Fliesen geben deshalb auch mit dem Stahle Funken.
- β) Mosaik-Fliesen (*mosaic tiles*) werden aus scharf gepreßten und scharfkantigen Prismen von verschiedenfarbigem Thon (*tesserae*), welche meist auch Glasur erhalten, nach Zeichnung trocken zusammengestellt und sodann durch eine Paste, meist Portland-Cement, gebunden.
- γ) Relief-Fliesen (*embossed tiles*), wobei nicht, wie bei den enkaustischen *Minton*-Fliesen, die Vertiefungen der Form durch verschiedenfarbige Thonschlänpe ausgefüllt werden, sondern bei denen nach schwachem Brennen die erhabenen Stellen mit einer transparenten Glasurfarbe versehen werden, welche sehr leichtflüßig ist und daher nach dem Einbrennen kräftig plastisch (durch Schattenerzeugung) wirkt.
- δ) Fayence-Majolika-Fliesen (*majolica tiles*), welche aus weißem Thon oder weiß engobirt mit einer undurchsichtigen Zinn-Blei-Glasur versehen sind, unter oder über welcher die Zeichnung durch Handmalerei oder Druck angebracht wird.
- ε) Schweizer-Majolica, nach der alten Sgraffitto-Manier dadurch decorirt, daß über einem anders gefärbten Grund eine Engobe angebracht und durch diese Kruste hindurch, durch Einritzen, der Grund in schraffirten Linien bloßgelegt wird. Diese von *Keller-Leuzinger* in Heimberg (Canton Thun) eingeführte Technik wird übrigens meist für Töpferwaaren angewendet, welche mit durchsichtiger Blei-Glasur und verschiedenfarbigen Metall-Luftre-Farben versehen sind.

Die drei letzten der angeführten Methoden gehören dem Gebiet dessen an, was man Fayence und Majolica, resp. Mezza-Majolica nennt. Zu erwähnen wäre hiebei auch noch der Verwendung solcher Fliesen als Ausbau-Material zu Fußboden-Belegen, Wandverkleidungen, für Frieße und Einlagen in Mauern etc.

Die eigentliche Majolica (von der durch Mauren auf Majorca gepflegten Technik so genannt) ist mit undurchsichtiger Email-Glasur versehen, auf welche vor dem Einbrennen die verschiedenen Farben angebracht werden; dies ist die eigentliche *Lucca-della-Robbia-Manier*. Die Majolica-Technik wurde später in Frankreich durch *Palissy* u. A. wieder aufgefunden und daselbst zu so hoher Blüthe gebracht; *Palissy* verband mit feinen großen Wandfliesen auch die Relief-Ornamentik und erzielte dadurch eine doppelte Wirkung.

Die eigentliche feine Fayence (*fayence d'art, fayence à pâte tendre*) wurde durch Engobiren eines Untergrundes mit feinem weissen Pfeifenthon hervorgebracht und mit einer durchsichtigen Erd- oder Blei-Glasur versehen.

Die Mezza-Majolica ist ebenfalls mit durchsichtiger Bleiglasur, aber stets auch mit Metall-Luftre versehen. Zu dieser gehören die Gubbio-Waaren.

Heute werden alle diese Arten von Decoration je nach der beabsichtigten Wirkung angewendet, und es verdient besonders das österreichische Kunstgewerbe-Museum in Wien als Wiedererweckerin der alten Majolica- und Fayence-Technik genannt zu werden. *Kofch* hat fast alle alten Glasurfarben in ihrer ganzen Herrlichkeit wieder componirt, manche noch übertroffen, und die Arbeiten von *Wahlis, Schütz, Klammert, Fischer-Herend* etc. beweisen, das auch die Technik der Ausführung stetige Fortschritte macht.

Schliesslich wäre noch der Anwendung der Majolica- und Fayence-Technik in der Ofenfabrikation zu gedenken, welche schon im späten Mittelalter und in der Renaissance blühte und deren Wiederbelebung gleichfalls der Neuzeit angehört.

- 6) Durch geflossenen Scherben, aber Mangel an Transparenz charakterisiren sich:
- a) Wedgewood, weisses oder gefärbtes, unglazirtes Steinzeug, gefärbt entweder in der Maffe oder durch Engobirung, besonders die blauen und grünen Farben, auf welche meist weisse Reliefs aufgelegt werden.
  - β) Weisses Steinzeug oder unechtes Porzellan aus weissem Thon mit einem Feldspath-Flussmittel und durchsichtiger bleihaltiger Glasur. Dasselbe dient unter dem Namen Steingut als billiges und weitverbreitetes Ersatzmittel für das echte Porzellan.
  - γ) Gemeines Steinzeug, von welchem oben schon die Rede war, ist nicht durch ein Flussmittel geflossen, sondern besteht aus weniger strengflüssigem Thon und Magerungsmitteln. Meist mit leichter Salzglasur versehen. (Material der deutschen Steinkrüge.)

49.  
Wedgewood.

Anhangsweise seien hier noch die zu kleinen Decorations-Gefchirren verwendeten Terralith- und Siderolith-Waaren erwähnt, welche in Böhmen und Dänemark verfertigt werden. Sie stehen in der Mitte zwischen Steinzeug und Steingut, sind nicht glazirt, sondern mit starkem, einfach gefärbten oder bronzirten Firnisüberzug versehen, welcher durch schwaches Anwärmen getrocknet wird. Die Anzahl der verschiedenen Arten Thonwaaren ist sehr groß und oft schwer zu unterscheiden; *Salvetat* zählt 74 verschiedene Arten auf.

7) Porzellan, die feinste durch geflossenen, halbglasigen Scherben verfehene Waare, die Krone der keramischen Producte, welche für einzelne Prunk- und Ausstattungsgegenstände, sodann aber auch beim decorativen Ausbau eine Rolle spielt, sei zum Schlusse noch kurz besprochen.

50.  
Porzellan.

Aus dem reinsten, eisenfreien, unerschmelzbaren Thone unter Feldspath-Zufatz bis zum völligen Fritten gebrannt, zeichnet sich das Porzellan durch seine außerordentlich zarte blauweisse, halb durchscheinende Farbe, durch die größte Härte<sup>65)</sup> und

<sup>65)</sup> Die Druckfestigkeit des harten Porzellans ist eine sehr bedeutende. Nach *Michaelis'* Versuchen beträgt dieselbe je nach der Schärfe des Brandes 4364 bis 13933 kg pro 1 qcm, während die entsprechende Zugfestigkeit sich zu 227,5 bis 266 kg pro 1 qcm herausstellt.

durch feine unübertroffene Eignung zur Aufnahme von Schmelzfarben aus. Aus der Erfindung des Goldmachers *Böttger*, des Begründers der Meißener Porzellanfabrik, entwickelte sich in Europa die jetzt so ausgedehnte Fabrikation; die Fabriken von Wien, Berlin und München sind Töchter der Meißener Fabrik. Frankreich ging selbständig mit feiner Porzellan-Fabrik von Sèvres vor, welche *Brogniart* zur höchsten Blüthe brachte. England brachte in dem von *Wedgwood* in Staffordshire erfundenen harten, mit Luftre-Glafur versehenen oder auch unglafirten und nach Art der Mezza-Majolica durch weisse aufgelegte Paften auf gefärbtem Grunde charakterisirten Wedgwood-Gefchirr seinen Tribut an die Cultur der Porzellantechnik dar.

Heute ist wohl der Höhepunkt der Porzellan-Fabrikation schon überschritten; die neuesten Erfindungen hierin beziehen sich bereits auf das mechanische Verfahren; die Zeichnungen werden häufig mittels einer Art Chromolithographie in großen Mengen vervielfältigt; Photographien werden entweder auf undurchsichtigem Porzellan durch Photo-Emaillographie oder auf durchscheinenden Flächen aus Photo-Pyrographie transparent vervielfältigt und die frühere Porzellan-Malerei mit Palette und Pinsel mittels Zeichnistiften, welche die Schmelzfarben mit Klebemitteln enthalten, durch die *Rösler'schen* Stifte, einer neuen Wendung in der Technik, zugeführt.

Für unferen Zweck genügt es, noch die Classification der verschiedenen Porzellanforten kurz anzuführen. Man unterscheidet:

- a) Echtes oder hartes Porzellan, mit gleichmäßig geflossener Masse, unritzbare durch das Messer, durchscheinend, feinkörnig, klingend, strengflüßig. Entweder unglafirte als Bifenit zu den wunderbar weich und warm wirkenden dünnen Reliefplatten, Lithophanien genannt, und zu Statuetten etc. benützt, oder glafirte und zwar mit bleifreier harter Glafur und gemalt, entweder unter der Glafur mit Scharffeuerfarben oder über der Glafur mit Muffelfarben.
- β) Fritten-Porzellan oder weiches Porzellan, und zwar französisches eigentliches Fritten-Porzellan, eigentlich eine Glasfritte, leicht schmelzbar, mit weicher bleihaltiger Glafur, Farben unter der Glafur eingebrannt — und englisches, ein Kaolin-Porzellan mit Knochenasche als Flufsmittel. Beide sind weniger haltbar, als das echte Porzellan.
- γ) Parian-Statuen-Porzellan, unglafirte quarzreicheres englisches Porzellan, körnig, mild gelblich-weiß, durchscheinend, als Imitation von parischem Marmor unglafirte zu Statuen benützt.

### Literatur.

Bücher über »Keramische Erzeugnisse« und »deren Fabrikation«.

BRONGNIART, A. *Traité des arts céramiques*. 2e édit. Paris 1854.

PAULSSEN, W. Die natürlichen und künstlichen feuerfesten Thone, ihr Vorkommen, ihre Beurtheilung etc. Weimar 1862.

*La fabrication de briques, de produits céramiques, de chaux et ciment*. Paris 1867.

LEJEUNE, E. *Guide du briquetier, du fabricant de tuiles, carreaux, tuyaux et autres produits en terre cuite* etc. Paris 1870.

KÖNIG, F. Der praktische Röhrenmeister. Jena 1872.

BONNEVILLE, P. et L. JAUNEZ. *Les arts et les produits céramiques. La fabrication des briques et des tuiles; suivi d'un chapitre sur la fabrication des pierres artificielles et d'une étude très-complète des produits céramiques, poteries communes, porcelaines, faïences* etc. Paris 1873.

Officieller Ausstellungs-Bericht über die Wiener Weltausstellung 1873. Heft 24: Die Thonwaaren-Industrie. Von E. TEIRICH. Heft 42: Die Maschinen- und Werksvorrichtungen in der Thonwaaren-Industrie. Von E. TEIRICH. Wien 1874.

BISCHOF, C. Die feuerfesten Thone, deren Vorkommen, Zusammensetzung, Untersuchung, Behandlung u. Anwendung, mit Berücksichtigung der feuerfesten Materialien überhaupt. Leipzig 1876.

LIEBOLD, B. Die neuen continuirlichen Brennöfen zum Brennen von Ziegelfeinen, Thonwaaren, Chamotte-, Cement- und Kalkfeinen. Halle 1876.

STEGMANN, H. Die Bedeutung der Gasfeuerung und Gasöfen für das Brennen von Porzellan, Thonwaaren, Ziegelfabrikaten, Cement, Kalk, sowie für das Schmelzen des Glases. Berlin 1877.

Siehe auch die Literaturangaben auf S. 78; ferner:

- KERL, B. Handbuch der gesammten Thonwaarenindustrie. 2. Aufl. Braunschweig 1879.  
 TENAX, B. P. Die Steingut- und Porzellanfabrikation etc. Leipzig 1879.  
 Notizblatt d. deutsch. Vereins f. Fabrikation v. Ziegeln, Thonwaaren, Kalk u. Cement Berlin. Erscheint seit 1865.  
 Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung. Red. von F. HOFFMANN. Halle. Erscheint seit 1870.  
*Moniteur de céramique*. Paris. Erscheint seit 1870.  
 Der Thonwaarenfabrikant. Zeitschrift für Ziegler-, Hafner-, Kalk- und Cement-Industrie. Herausg. von J. BÜHRER. Stuttgart. Erscheint seit 1875.  
 Zeitschrift für die gesammte Thonwaarenindustrie und verwandte Gewerbe. Red. von H. STEGMANN. Braunschweig. Erscheint seit 1876.  
 Thonindustrie-Zeitung. Red. von H. SEGER. Berlin. Erscheint seit 1878.

### 3. Kapitel.

## Die Mörtel und ihre Grundstoffe.

VON HANS HAUENSCHILD.

### a) Allgemeines.

Unter Bindemittel oder Mörtel im weiteren Sinne versteht man plastische Substanzen, welche einerseits zur Ausfüllung der Fugen in den raumbegrenzenden Constructionstheilen, andererseits zur Verbindung derselben zu einem stabilen Ganzen dienen. Die Fugen-Ausfüllung durch eine plastische, allen Unebenheiten sich anschmiegende Masse bewirkt einmal die gleichmäsigere Vertheilung des Druckes auf die ganze Unterlage, vermehrt also die Stabilität in Folge Erhöhung der Druckfestigkeit des Mauerkörpers; ferner wird durch die Verbindung der einzelnen Theile zu einem Ganzen die aus der Reibung resultirende Stabilität wesentlich erhöht. Besitzt der Mörtel außerdem die Eigenschaft, selbst eine dem verbundenen Bauteile entsprechende Festigkeit anzunehmen, so tritt er nicht bloß indirect, sondern auch direct als Constructionsmaterial auf.

Die zu Mörtel tauglichen Substanzen verhalten sich verschieden, je nachdem ihre Plasticität bloß zeitweilig andauert oder eine Folge ihrer natürlichen Weichheit ist. Nur die ersteren sind Bindemittel im wahren Sinne des Wortes, weil sie sich, so lange sie plastisch sind, gegen die zu verbindenden Flächen wie benetzende und damit die Adhäsion derselben vermehrende Flüssigkeiten verhalten.

Als Bindemittel im eigentlichen Sinne sind zu unterscheiden:

1) Chemische Mörtel, welche in den festen Zustand übergehen, unter Abgabe von Breiflüssigkeit, aber auch unter chemischer Veränderung, indem ein Theil der zur Herstellung der Breiform verwendeten Flüssigkeit auch im festen Zustande damit verbunden bleibt, entweder stricte chemisch gebunden oder bloß intramolecular als Krytall- oder Colloid-Flüssigkeit. Diese Art von Bindemitteln allein wird im gewöhnlichen Leben Mörtel (Mörtel im engeren Sinne) genannt, und es gehören dahin die Kalk-, Cement- und Gypsmörtel.

2) Mechanische Mörtel, welche den Uebergang aus der halbfüssigen in die feste Aggregatform entweder durch Verlust mechanisch incorporirter Breiflüssigkeit, durch Austrocknen oder durch Erstarran aus dem Schmelzflusse durchmachen, ohne vorher und nachher zugleich chemische Veränderungen zu erleiden. Dahin gehören einerseits Lehm- und Chamotte-Mörtel, viele Kitte und Klebemörtel, andererseits der Asphalt- und Paraffin-Mörtel, der Schwefel und die Lothe. Von diesen Mörtelarten wird nicht weiter die Rede sein, da sie in den Rahmen der »wichtigeren Baustoffe« kaum einbezogen werden können.

51.  
Aufgabe  
des  
Mörtels.

Der Kalk, das aus kohlenfaurem Kalk gewonnene, durch das Brennen entcarbonisirte Calciumoxyd, auch Aetzkalk genannt, bedingt die Wirkfamkeit der weitaus wichtigsten und bedeutendsten Mörtelarten der ersten Gruppe. Seine Verwendbarkeit als Mörtelmaterial beruht darauf, dafs er, in Wasser aufgelöst und mit Sand vermifcht, allmählich wieder aus der Luft Kohlenfäure anzieht und hierbei zu einem festen, der Verwitterung widerstehenden Körper umgestaltet wird. Auch schwefelsaurer Kalk oder Gyps findet im Hochbauwesen als Mörtelmaterial ausgedehnte Anwendung; dagegen ist Magnesia dabei nur von beschränkter Bedeutung. Alle den Mörtelmassen hinzuzufügenden Basen müssen vor dem Zusammenbringen mit der Breiflüffigkeit in einen Zustand versetzt sein, welchen wir zuerst als den Colloid-Zustand bezeichnet haben, weil nur dadurch die Erzielung eines Breies, welcher in sich und mit den zu verbindenden Flächen eine gewisse Viscosität (Kittkraft, Klebrigkeit) besitzt, möglich ist.

52.  
Mörtel-  
Theorie.

Dieser Colloid-Zustand ist nur amorphen Körpern eigen, und alle Mörtel-Basen gehen durch Entziehung der krytallbildenden Bestandtheile in diesen über. Im Grunde genommen ist deshalb der Vorgang bei der Mörtelverwendung derselbe, wie beim Verkitten und beim Löthen, und bewirkt den Uebergang der scheinbaren Adhäsion, welche zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern stattfindet, in die wirkliche Adhäsion.

Das *Stefan'sche* Gesetz der scheinbaren Adhäsion<sup>66)</sup> lautet: Zwei einander nahe gebrachte Platten haften mit einer Kraft auf einander, welche der zur Trennung nöthigen Zeit umgekehrt proportional ist; diese Zeit wächst im quadratischen Verhältniffe, wenn die Platten-Distanz im einfachen Verhältnifs abnimmt; ferner verhalten sich die Zeiten bei verschiedenen Plattenpaaren wie die vierten Potenzen des Radius der Platten, und die gedachten Zeiten verhalten sich wie jene, in welchen unter gleichem Drucke gleiche Flüssigkeits-Volumen durch Capillar-Röhren strömen. Wenn  $t$  die Zeit bezeichnet, die zur Zurücklegung eines Weges erforderlich ist,  $r$  den Berührungs-Radius,  $G$  das Gewicht,  $a$  die Entfernung der Platten und  $\mu$  den Zähigkeits-Coefficienten, so ist nahezu

$$t = \frac{3\pi\mu r^4}{4Ga^2}.$$

Colloid-Substanzen strömen am langsamsten durch Capillar-Röhren; die Zeiten wachsen demnach proportional; die Bewegung an den benetzenden Wänden ist Null; im Inneren wird sie ebenfalls durch Uebergang in den festen Zustand gleich Null, daher die Zeit =  $\infty$ , die dynamische Wirkung eine statische wird.

Um die Anwendbarkeit dieses Gesetzes auf die Wirkungsweise der Mörtel zu begründen, betrachten wir zuerst die Wirkungsweise der Mörtelsubstanzen vor der Verwendung, und zwar zunächst den Kalk als charakteristischen dieser Grundstoffe, als den eigentlichen Bindestoff.

Der Kalk wird als gebrannter oder Aetzkalk in Stücken vorliegend betrachtet. Giefst man Wasser darüber, so wird dieses in den sehr porösen Stein rasch eingefogen; sodann findet unter bedeutender, mit der Hydratirung desselben zusammenhängender Erhitzung eine Volumvermehrung statt, ein Aufquellen und Berften, wodurch bei entsprechendem weiteren Wasserzusatz endlich eine dünne Breiflüffigkeit von milchiger Consistenz (Kalkmilch) entsteht, die bei ruhigem Stehen in eine käfige Masse übergeht, welche an ihrer Oberfläche einen Theil des verwendeten Wassers als gefättigte Lösung von Aetzkalk abstöfst (Sumpfkalk). Der Brei besteht aus Körnchen von Kalkhydrat, welche ein ähnliches Verhalten zeigen, wie die zu Kleister aufgequollenen Stärkekörner, die mit ihren Anziehungssphären einander berühren und vollständig formlos, d. h. von ganz zufälliger amöboider Form sind. Zwischen sich und innerhalb der Aufquellungs-Sphäre selbst behalten sie gelöstes Kalkhydrat.

<sup>66)</sup> Vergl. Sitzungs-Ber. d. math.-nat. Cl. der kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. 69, Abth. II. 1874, Heft I--V, S. 713.

Dieses zieht bekanntlich mit großer Begierde Kohlenäure an, unter Bildung von krySTALLINISCHEM Kalkcarbonat. Eine Verdickung des Breies findet statt durch Verdunstung, Abfaugung oder Druck. Nur die Verdunstung vermag eine Bildung von krySTALLINISCHEM Kalkhydrat und damit einen Uebergang von dem breiartigen in den festen Zustand zu bewirken. Abfaugung und Druck entziehen gelöstes Kalkhydrat und bewirken nur einen höheren Grad von Dichte, einen Verlust an Plafticität ohne eigentliche Erhöhung der Festigkeit.

Die Aufnahme von Breiwasser geschieht so begierig, daß neben einander liegende Theilchen sehr verschieden aufgequollen sein können, innen noch einen festen Kern von Kalkhydrat oder selbst von Aetzkalk besitzen. Daraus erklären sich folgende Erscheinungen.

Setzt man nicht genug Wasser zu, so zerfällt der Kalk unter heftiger Erhitzung zu einem feuchten Staub, gedeiht ungleich weniger und fühlt sich hinterher mit Wasser zu Brei angerührt eine Zeit lang körnig, kurz und sandig an; man sagt dann, der Kalk sei verbrannt. Wird dagegen zu viel Wasser zugesetzt, so werden die Kalktheilchen zu weit von einander entfernt, und der Kalk heißt in diesem Falle erfäuft. Sonach erscheint es wichtig, die zum Löschen erforderliche und zulässige Wassermenge zu kennen, wovon bei der Ausgiebigkeit der Mörtel die Rede sein wird. Läßt man Kalk lange Zeit im gelöschten Zustande stehen, so nimmt seine gelatinöse Beschaffenheit und Viscosität bis zu einem gewissen Grade zu.

Mischt man zu einem Kalkbrei Pulver von ungelöschtem Kalk, so findet unter Erwärmung das statt, was man Abbinden nennt; der Kalk geht in den festen Zustand über, indem dem gequollenen Kalk das Quellwasser zur Bildung von Hydrat entzogen wird und dies unter Contraction und Flächenanziehung eine stabile Lagerung der Theilchen bewirkt.

Diese stabile Lagerung ist so in sich geschlossen, daß die Masse dadurch gegen weitere Einwirkung von Wasser unempfindlich wird, wahrscheinlich krySTALLINISCHE Structur annimmt, so daß sie als hydraulischer Mörtel benützt werden kann. *Loriot's* und *Artus'* Mörtel, welche vielfach praktische Anwendung fanden, beruhen auf dieser Wirkung der Flächenanziehung in Folge des Kampfes um das Wasser. (Vergl. Art. 66, S. 125.)

Enthält der Kalk als Rohstoff fremde Beimengungen, und dies sind hauptsächlich Sand oder Thon, also Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd oder Magnesia, so wird er nach dem Brennen diese entweder in aufgeschlossener, d. h. quellungsfähiger Form oder in unverändertem Zustande oder aber als eine geschmolzene, glasartige Verbindung von Kalk mit Kieselsäure, bezw. Thonerde oder Eisenoxyd enthalten. Die Beimengungen können quantitativ in den verschiedensten Verhältnissen vorhanden sein und die Innigkeit der Mischung und die Korngröße ebenfalls sehr schwanken. Danach ist auch das Verhalten nach dem Brennen ein sehr verschiedenes. Bis zu einem Gehalt von 16 bis 18 Procent an Thon verwandelt sich der Kalk, feines Korn und innige Mischung vorausgesetzt, durch Wasser noch zu einem Brei, welcher aber unverhältnißmäßig weniger aufquillt, deshalb auch mehr feste Theilchen in sich hat und sich daher körnig, mager anfühlt. Daher der Ausdruck magerer Kalk für diese Gruppe. Ist dabei der Thon aufgeschlossen, so quillt nach einiger Zeit auch der Thongehalt durch Entziehung von Colloid-Wasser aus dem Kalk an und ruft hierdurch ebenfalls hydraulisches Abbinden hervor. Je mehr Thon vorhanden, desto energischer und rascher findet dies statt, aber nur dann, wenn in

vorher pulverisirtem Zustande, weil die Menge des Thonanteils dem Zerquellen des Kalkes bei Wasserzufatz schon entgegenarbeitet und eine allseitige Hydratirung hindert, andererseits aber in den Pulverkörnern neben dem Kalke eher zur Quellung und damit zur stabilen Lagerung der Körner gelangt. Je mehr die Porosität der gebrannten Stücke abnimmt, und dies geschieht mit Erhöhung der Brenntemperatur, je näher die Masse dem Zustande des Sinterns, der theilweisen Auflösung von Kalk in dem leichtflüssigen Thon kommt, desto mehr werden die Pulverkörner schieferige Structur und damit überwiegende Fläche gegen Masse erlangen, desto dichter wird die Aneinanderlegung erfolgen, desto geringer wird das Aufquellen, resp. die zum Hervorrufen des plastischen Zustandes benötigte Menge Wasser sein.

Enthält der Kalkstein so viel Thonerde-Silicate beigemengt, das er nach dem Brennen bei nicht bis zur Sinterung gesteigerter Temperatur unter Wasser erhärtungsfähig wird, wozu sich viele natürliche Kalk-Mergel eignen, so giebt er den sog. natürlichen Cement oder Roman-Cement, vielfach (besonders in Oesterreich) auch Cementkalk genannt. Ist bei einem natürlichen Stein oder einer künstlichen Mischung von Kalk und Thon der Gehalt an Thonerde-Silicaten eben genügend, um bei Weisgluth eine gefinterte, aber nicht völlig geschmolzene Schlacke zu geben, welche gepulvert unter Wasser erhärtet, so entsteht der Portland-Cement, der häufig auch im Gegensatz zum natürlichen Cement künstlicher Cement genannt wird.

Beim Roman-Cement oder Cementkalk ist die Bedingung der Porosität und der lockeren Structur erfüllt, das Abbinden findet deshalb rascher, oft unter Erwärmung statt. Beim Portland-Cement ist ein großer Theil des Kalkes legirt mit der geschmolzenen Thonmasse, aber ohne das sämmtlicher Kalk in eine wirkliche im Feuer entstandene Glasflußmasse übergegangen wäre, daher das langsame Binden ohne Erwärmung, dafür aber auch das weit energichere Binden, sobald dies einmal geschehen, wegen der bekanntlich schieferigen Structurform, daher Erzielung rascher bindenden Cementes bei gleicher Zusammensetzung entweder durch schwächeres Brennen oder durch staubfeines Mahlen, wodurch verhältnißmäßig mehr Theile unmittelbar dem Wasser zugänglich bleiben. Steigt der Gehalt an Thon bis zur Hälfte des Kalkes im gebrannten Zustande, so tritt immer leichter völliger Schmelzfluß beim Brennen ein; der Mangel an verkittungsfähiger Substanz macht sich stärker geltend; die Berührungsflächen für Wasser vermindern sich; es tritt entweder erst nach längerer Zeit oder gar nicht mehr Quellung ein; der Stein wird unbrauchbar, für sich allein einen kittfähigen Mörtel zu geben. Dasselbe ist der Fall, wenn bei weniger, aber leichter schmelzbarem Thongehalt die Masse bis zum Verglasen gebrannt ist; dann löschten sich Stücke nicht mehr zu Kalkbrei oder nur äußerst langsam; der Stein ist todtegebrannt.

Wenn hingegen die Mischung eine unvollkommene ist, gröbere Kalkkörner neben einander vorhanden sind, so kann nach dem Abbinden gerade das Entgegenquellen der Kieselsäure, Thonerde etc. dem Wasser neue Kalkpartien zugänglich machen, welche dadurch nachträglich aufquellen, den gewonnenen Zusammenhang einseitig gefährden oder aufheben; es tritt Zerbersten oder Treiben ein, die schädlichste Eigenschaft eines Mörtels.

Wird das Gestehen der gequollenen Masse durch fortgesetztes Umrühren und durch überflüssigen Wasserzufatz verhindert, so bildet sich ein Brei, welcher ähnlich, wie gelöschter reiner Kalk, unter Verdunstung, Absorption und Druck sein Volum vermindert und dadurch allmählich consistenter wird, der ohne eigentliches Abbinden unter Schwindung erhärtet.

Befinden sich inerte körnige Substanzen, sei es unaufgeschlossener Quarz oder Thon, sei es absichtlich zugesetzte Füllsubstanz, z. B. Sand, im Gemenge, so wird das Abbinden verzögert, aber die Zahl der sich berührenden und zu verkittenden Flächen vermehrt. Es ist leicht einzusehen, daß es für jedes Material gewisse günstige Verhältnisse geben muß, unter denen das Bestreben zwischen Volumvermehrung und Schwindung sich neutralisiren muß; diese sind die volumbeständigen tadellosen Cemente. Bei dem kalkreichen, schweren Portland-Cement beträgt das Verhältniß von Kalk zu Thon stets nahezu genau 2 : 1; bei dem leicht gebrannten porösen Roman-Cement schwankt dasselbe von 3 : 2 bis zu gleichen Theilen; bei den mageren Kalken steigt es von 3 : 1 bis 5 : 1 unter steter Abnahme der Eigenschaft, im Wasser als fester Körper zu verharren oder unter Verminderung der Hydraulicität. Die Hydraulicität ist der Ausdruck des Widerstandes, den eine gestehende Colloid-Masse, welche in sich im Wasser theilweise lösliche Bestandtheile einschließt, dem Lösungswasser entgegensetzt.

Da nur durch Colloide eine wirkliche Verkittung stattfinden kann, wenn dem *Stefan'schen* Gesetz Genüge geleistet werden soll, so erklären sich all die complicirten Erscheinungen beim Erhärten ganz einfach. Die chemische Seite der Frage bleibt hier unberührt, und es genügt vollkommen der Hinweis auf die thatsächlich vorgehenden Proceße, ohne auf die verschiedenen Hypothesen von der Bildung mehr oder weniger complicirter Silicate während des Brennens oder während des Abbindens Rücksicht nehmen zu müssen.

Thatsächlich erhärten auch die Cemente nicht bloß in Wasser, sondern auch in anderen sie benetzenden Flüssigkeiten; thatsächlich wird das Gestehen oder die Herstellung eines Gleichgewichtszustandes zwischen den sich entgegen quellenden Theilchen durch manche Substanzen befördert, durch andere verzögert, genau so, wie es bei Leim und Gummi der Fall ist; thatsächlich lassen sich bereits erhärtete Cemente, wieder pulverisirt, abermals selbst ohne erneutes Glühen zum Erhärten bringen, und dies geschieht nahezu so energisch, wie das erste Mal; thatsächlich erlangt gewöhnlicher Kalkbrei durch Zusatz von Cement gerade so, wie durch Zusatz von Aetzkalk, Hydraulicität: es soll damit die vom Verfasser zuerst aufgestellte Colloid-Theorie oder, wie seine Anhänger sie nennen, Verkittungstheorie nicht als eine Hypothese, sondern als der auf Grund physikalischer Gesetze vor sich gehende, allgemein wirksame Proceß hingestellt werden, dessen einzelne Phasen zu beleuchten es noch mancher Beobachtungen bedarf<sup>67)</sup>. Dies zum Verständniß der Wirkungsweise der Mörtel.

Die Classificirung der verschiedenen Mörtelarten wird demnach der Eintheilung der dabei verwendeten Bindstoffe zu folgen haben, welche wir deshalb — unter Benutzung der vom Cement-Comité des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 10. April 1880 vorgeschlagenen präcisen Fassung — hier vorausschicken. Diefes Comité unterscheidet beim gebrannten Kalk zwei Hauptgruppen:

A) Lösbarer Kalk, welcher durch Bespritzen mit Wasser unter Wärmeentwicklung sich zu Pulver löst, bezw. mit Wasser gemengt einen Brei giebt. Dies geht bis zu einem Silicat-Gehalt von ca. 18 Procent; bei weniger löst er sich, bei mehr nicht mehr (vorausgesetzt feines Korn und gleichförmige Mengung; denn es kommen auch Mergel vor, welche sich noch mit 40 Procent Silicat und darüber lösen. — Zusatz des Verfassers). Die lösbaren Kalke werden wieder eingetheilt in:

53.  
Lösbarer  
Kalk.

<sup>67)</sup> Notizbl. d. deutsch. Ver. f. Fabr. von Ziegeln etc. 1879. II, S. 182 — und des Verfassers: Katechismus der Baumaterialien. II. Theil. Die Mörtelsubstanzen. Wien 1879.

Zur Wahrung der Priorität sei hier erwähnt, daß Verfasser bereits 1869 in der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien eine Arbeit vorlegte, worin auf die Massenanziehung als die Verkittung bedingend hingewiesen wurde; das *Stefan'sche* Gesetz wurde erst 1874 aufgestellt, ohne Bezugnahme auf diesen Gegenstand; *Knapp* hatte die Massenanziehung verallgemeinert, ohne das Wie derselben erklären zu können. *Erdmenger* kam fast zu gleicher Zeit, wie Verfasser, zu ähnlichen Anschauungen bezüglich der Erhärtung von Portland-Cement.

- 1) Fettkalk (Weißkalk), welcher, wenn aus reinstem dichtem kohlenfaurem Kalk erzeugt, fein Volum beim Löfchen auf das Drei- bis Vierfache vermehrt. Fett wird ein Kalk noch genannt, wenn er beim Ablöfchen fein Volum wenigstens verdoppelt. Er giebt bei entsprechendem Sandzufatz einen Mörtel, welcher an trockener Luft nach einer gewissen Zeit erhärtet, wobei die Erhärtung unter dem Einflusse der Atmosphäre von der Oberfläche ausgehend nach und nach auch in das Innere des Mörtels eindringt. An feuchten Orten findet die Erhärtung nicht statt; im Wasser löst sich dieser Mörtel auf.
- 2) Magerer Kalk, welcher weniger als das doppelte Volum gelöfchten Kalk, aber immer noch mindestens um ein Viertel mehr giebt. Er giebt unter denselben Umständen, wie der Fettkalk, einen Mörtel, welcher rascher und vollständiger erhärtet, aber nicht so ergiebig ist.  
Je nachdem im mageren Kalke fremde Beimengungen, insbesondere Verbindungen von aufgeschlossener Kieselsäure enthalten sind, ist das Verhalten im Mörtel verschieden. Jene mageren Kalke, welche innerhalb der Grenzen, wo sie sich noch löfchen lassen, in der Verwendung zu Mörtel nach einer gewissen Zeit hydraulische Eigenschaften annehmen, werden
- 3) hydraulische Kalke genannt. Diese sind entweder in Stücken oder in Pulverform auf den Markt gebrachter magerer Kalk, welcher die Eigenschaft besitzt, einige Zeit nach seiner Verwendung im Wasser zu erhärten. Er kann also entweder ganz wie Fettkalk zu Brei gelöfcht oder als Pulver mit Sand gemischt und unter nachherigem Wasserzufatz verarbeitet werden, erhärtet langsam an der Luft und widersteht dem Wasser erst nach einiger Zeit.

#### B) Unlöschbarer Kalk. Dahin gehören:

- 4) Roman-Cement (hydraulischer Cement, Cementkalk), ein Kalk mit so wesentlich hydraulischen Eigenschaften, dafs das aus den gebrannten Steinen künstlich erzeugte Pulver unter Wasser anzieht und in ganz kurzer Zeit erhärtet.  
Wenn die gebrannten Stücke von Roman-Cement mit Wasser besprengt werden, so zerfallen dieselben nicht, sondern müssen vor ihrer Verwendung gemahlen werden.  
Die Structur des auf diese Weise gewonnenen Pulvers ist körnig, die Farbe gelblich in verschiedenen Nuancen bis zum Braunen und dunkler, als die der hydraulischen Kalke. Beim Anmachen erwärmt sich Roman-Cement schwach oder ganz unmerklich; derselbe soll volumbeständig fein und darf, der Luft oder dem Wasser ausgesetzt, nicht treiben, rissig werden oder abblättern; er hat unter allen hydraulischen Bindemitteln die kürzeste Bindezeit.  
Der mit Roman-Cement erzeugte Mörtel eignet sich besonders zu Bauten unter Wasser.
- 5) Portland-Cement ist ein in bestimmten Verhältnissen aus Thon und Kalk zusammengesetztes Material, welches bis zum beginnenden Schmelzen (Sintern) gebrannt und dann gemahlen wird.  
Der Portland-Cement, in Folge der Sinterung specifisch bedeutend schwerer als hydraulischer Kalk und Roman-Cement, hat eine graue Farbe und blättrig-schieferige Structur. Er zieht in der Regel langsamer an, als Roman-Cement, erreicht aber in viel kürzerer Zeit namhaft höhere Festigkeit und Luft- und Wasserbeständigkeit, als der Roman-Cement, welche Eigenschaften stetig zunehmen. Beim Abbinden darf Portland-Cement sich nicht wesentlich erwärmen; er soll volumbeständig fein und der Luft oder dem Wasser ausgesetzt nicht treiben, rissig werden oder abblättern. Portland-Cement wird zu allen jenen Bauarbeiten verwendet, bei welchen Wasser- und Wetterbeständigkeit, wie grofse Festigkeit und Dichtheit Hauptfordernisse sind, und eignet sich in Folge der längeren Abbindezeit vorzugsweise auch zu solchen Arbeiten, bei denen die Verwendung des Mörtels nur langsam stattfinden kann.
- 6) Hydraulische Zuschläge. Die hierher gehörigen Puzzolane, Santorinerde, Trafs (Druckstein) etc. sind meist vulcanische Massen mit nur geringem Kalkgehalt, die in der Natur in Pulverform oder als Stein vorkommen. Sie geben für sich allein keinen Mörtel, liefern dagegen, im gemahlten Zustande dem Fettkalk zugefetzt, ein hydraulisches Bindemittel, das zwar langsam erhärtet, aber in seiner Festigkeit stetig zunimmt, so dafs es nach mehreren Monaten der Festigkeit von Portland-Cement-Mörtel nahe kommt.

So weit das österreichische Cement-Comité. Wir fügen nunmehr noch jene sonstigen Bindestoffe, welche zu anderen, als den eigentlichen Kalkmörteln verwendet werden, und den Sand als weiteren Grundstoff der meisten Mörtelarten hinzu.

## C) Magnesia.

55.  
Magnesia.

- 7) Magnesia-Kalk (Dolomit-Cement, Weifs-Cement) ist entweder schwach — bis zur bloßen Entcarbonisirung der Magnesia und zur Umformung des krytallinischen in amorphes Kalkcarbonat — gebrannt, hernach pulverisirter Dolomit, welcher langsam ohne Wärmeentwicklung anzieht, sehr bedeutende Kittfestigkeit entwickelt und ähnlich den hydraulischen Kalken nach einiger Zeit dem Wasser widersteht, oder stark gebrannt und sodann zu Pulver gelöscht, wozu er sich wie magerer Kalk verhält. Er dient besonders zu künstlichen Blöcken bei Hafenbauten, zu künstlichen Steinen und zu gewöhnlichen Luftbauten. Gegenüber dem Fettkalk besitzt er in seiner Verwendung zu Mörtel die Eigenschaft, durch Absorption der Backsteine nicht so rasch zu erstarren, daher der Maurer mit einem einzigen Mörtelguffe mehr Steine verlegen kann; hingegen neigt er besonders in Fabriksstädten zur Aufnahme von schwefeliger und Schwefelsäure aus der Luft und sodann zur Bildung von nässenden Flecken durch lösliches Magnesia-Sulfat.
- 8) *Sorel'scher Cement* (Magnesia-Cement). Aus gebranntem amorphen Magnesit mittels dickflüssigen Chlormagnesiums zu Mörtel angemacht, übertrifft er sämtliche Bindemittel an Quellungsvermögen und Kittkraft. Dient zur Fabrikation von künstlichem hartem Sandstein, von künstlichen Mühlsteinen, Schleifsteinen, Schmirgelscheiben, Quadern und Ornamenten, Ausbefferung schadhafter Steinarten etc.

D) Gyps. Je nachdem der wasserhaltige schwefelsaure Kalk schwächer oder stärker gebrannt ist, erlangt der Gyps verschiedene Eigenschaften, und zwar entsteht

56.  
Gyps.

- 9) gewöhnlicher Gyps bei schwachem Brennen von 120, höchstens 200 Grad, welcher fein gemahlen, besonders im Inneren von Gebäuden als Zusatz zu Fettkalk oder für sich als Gypspulver mit Wasser angerührt, ein rasch erstarrendes Bindemittel abgibt, im Wasser aber erweicht, daher keine Wetterbeständigkeit besitzt. Die Eigenschaft des raschen Erhärtens macht den Gyps zu vielfacher Anwendung geschickt.
- 10) Hydraulischer Gyps, bei beginnender Rothgluth gebrannt, langsam aber hydraulisch erstarrend.
- 11) Alaungyps (*Keene's Cement*), Material von Marezzo-Marmor, ist in Alaunlösung nach dem Brennen getränkter Gyps, welcher nochmals bei Rothgluth gebrannt und dann mit Alaunlösung angemacht wird.
- 12) Borax-Gyps (*Parian-Cement*) besteht ähnlich, wie *Keene's Cement*, aus in Borax getränktem und wieder gebranntem Gyps, der mit Boraxlösung angemacht wird. Bei beiden entsteht dadurch langsame Bindung unter Erzielung von dichter Aneinanderlagerung, so daß sie hoch politurfähig und zur Imitation von Marmor geeignet sind.
- 13) *Scott's Cement* (*selenitic mortar*) ist nichts weiter als Kalk, welchem beim Löschen einige Procent Gyps zugesetzt werden, etwas mehr, als in der zum Löschen des Kalkes nöthigen Wassermenge sich lösen kann. Der Kalk muß aber etwas langsam löslich sein. Derselbe wird dann nicht mit Wasser, sondern mit gefättigter Gypslösung gelöscht, der Gyps niedergeschlagen, die Quellung verhindert, dadurch hydraulisches Abbinden unter bedeutend verkittender Dichtigkeit erzielt.

E) Sand. Bei den meisten Mörtelarten spielt der Sand als Füllsubstanz, welche in größerer Menge, als der Bindestoff selbst, beigemischt wird, eine wichtige Rolle, oft eine wichtigere, als die Qualität des Bindestoffes selbst.

57.  
Sand.

Sand ist ein loses Haufwerk von Mineralfragmenten, welche bei sehr verschiedener Korngröße von ca. 3 bis 0,1 mm auch sehr verschiedene Form an sich und sehr verschiedene Gestalt der Flächen zeigen.

Da die Natur der sandbildenden Gesteine auch auf diesen selbst übergeht, so sind die Sande schon deshalb in Bezug auf ihre Druckfestigkeit, Zugfestigkeit und Spaltbarkeit sehr verschiedenwerthig<sup>68)</sup>.

Am besten eignet sich der, auch am meisten in der Natur verbreitete Quarzsand, welchen die Flüsse herbeiführen, welcher auch als Product älterer Anschwemmungen sich in mächtigen Ablagerungen vorfindet, nächst ihm Dolomit- und Kalksand aus krytallinischen Dolomiten und Kalken ohne Transport durch bloßes Zerfrieren entstanden. Auch andere mineralische Substanzen können als Mauerand verwendet werden, so der Grus, welcher durch Verwitterung kieselhaltiger Gesteine entsteht, auch der Bimssteinand, welcher die Sohle des Neuwieder Thalkeffels unterhalb Coblenz bedeckt. Ein vorzügliches Mörtelmaterial giebt ferner manche zerstampfte Hochofenschlacke, eben so das Ziegelmehl aus hartgebrannten Backsteinen. Sand, welcher durch

<sup>68)</sup> Näheres in des Verfassers: Studien über die Physik des Sandes. Deutsche Töpfer- und Ziegl.-Ztg. 1877, S. 382.

Zerkleinern auffchließbarer Silicat-Gesteine gewonnen wird, giebt dem Mörtel, auch dem fetten Kalke, hydraulische Eigenschaften. In geringem Mafse thut dies bereits das Ziegelmehl, in höherem Mafse der Sand aus plutonischen Gesteinen, namentlich aus Phonolith, Basalt und Trachyt; im höchsten Mafse endlich eignen sich dazu die in Art. 54, S. 118 als hydraulische Zuschläge bezeichneten, meist vulcanischen Producte, namentlich manche Tuffsteine, zu feinem Sande zerstoßen.

Die wichtigsten Erfordernisse des Sandes sind, daß die Körner nicht zu klein und daß sie von möglichst scharfkantiger ebenflächiger Gestalt seien, ferner, daß der Sand rein von erdigen Bestandtheilen und zeretzten Gesteinsfragmenten sei. Eine feste Erhärtung des Mörtels findet nur bei inniger Berührung des Bindestoff-Breies mit den Oberflächen des Sandes statt. Diese wird aber verhindert, wenn ihm Schlamm- oder Staubtheile beigemischt sind, welche die einzelnen Körner überziehen und sich somit zwischen diese und den Bindestoff legen. Dieser Staub und Schlamm kann durch Wafchen entfernt werden.

Die Zug- und Druckfestigkeit eines und desselben Mörtel-Bindestoffes mit gleich viel Sand kann bei verschiedener Qualität des Sandes viel stärker variiren, als innerhalb derselben Gruppe Festigkeitsdifferenzen in Folge verschiedener Güte der Bindestoffe vorkommen.

Es geht aus der *Stefan'schen* Formel hervor, daß die scheinbare und später die wirkliche Adhäsion um so größer sein muß, je näher die verbundenen Flächen gebracht werden können, d. h. je ebenflächiger sie sind, und je größer die 4. Potenz der Berührungsradien ist, andererseits je geringer die Masse der verkittenden Substanz gegenüber der Masse der Füllsubstanz ist, die verkittende Masse immer als Flüssigkeit betrachtet. Nun wächst aber die Zähigkeit nach *Pfaundler* mit dem Ueberwiegen der festen Molecüle gegen die flüssigen in zähen Flüssigkeiten, genau wie man das *Stefan'sche* Gesetz selbst darauf anwenden könnte. Da nun gerade Portland-Cement im angemachten Zustande eine Mischung halbglastiger, an den Außenflächen angequollener Splitter darstellt, welche, durch Wasserhüllen getrennt, gegen einander verschiebbar sind, andererseits Fettkalk eine Art Milch oder Emulsion außerordentlich kleiner, fester, aber benetzter Theilchen, welche in oberflächlicher Lösung begriffen leicht beweglich sind und physikalische Molecüle darstellen müssen, so ist einerseits der kolossale Unterschied in der Bindekraft beider Mörtelsubstanzen zwischen sich selbst, aber auch wieder die relativ größere Adhäsionskraft des Aetzkalkes zu Sand und Mauerflächen begreiflich, so wie die Thatfache erklärlich, warum eine Mischung von Portland-Cement und Fettkalkbrei eine bedeutend größere Quantität Sand eben so energisch, d. h. unter gleicher Zugfestigkeit verbindet als Portland-Cement allein.

Der beste Mörtel wird demnach jener sein müssen:

- 1) welcher entweder die kleinste Fuge überhaupt ausfüllt, vorausgesetzt daß beide Fugenflächen vollkommen benetzt sind, oder
- 2) welcher bei Verwendung von Füllsubstanzen zwischen denselben sie allseitig verbindend die geringste Masse ausmacht, selbst am feinkörnigsten ist,
- 3) dessen Sandzusatz völlig ebenflächig und leicht ohne große Zwischenräume in einander verschiebbar ist und mit dem Mörtel gut adhärirt, und
- 4) wenn sowohl Sand als Mörtel eine große Selbstfestigkeit erlangen.

Nach diesen Grundätzen ergibt sich die Classificirung und Charakteristik der verschiedenen Mörtelarten, so wie deren Verwendung, wie folgt.

#### b) Luftmörtel aus Fettkalk.

Je nachdem der Luftmörtel als constructiver Mörtel (Mauermörtel) oder als palliativer und decorativer Mörtel (Putzmörtel) verwendet werden soll, ist seine Bereitung und sein Gebrauch verschieden.

Das Aufquellen des durch das Brennen des kohlenfauren Kalkes erzeugten Aetzkalkes, das fog. Löfchen des Kalkes wird am gleichmäfsigften und ausgiebigften bewirkt, wenn man den zu höchstens fauftgrofsen Stücken zerfchlagenen gebrannten Kalk in der fog. Kalkbank oder Kalklöfchpfanne mit Waffer befpritzt und fogleich bei beginnendem Zerberften nach und nach, unter fleifsigem Rühren und Zertheilen mit der Kalkkrücke, die zur Erzielung eines dünnflüßigen Kalkbreis nöthige Wassermenge zufetzt. Regen-, Flufs- und Teichwaffer find hierzu am geeignetften; Brunnenwaffer ift weniger gut, kohlenfäurehaltiges und Seewaffer gar nicht verwendbar.

Zuweilen wird diefer dünnflüßige Kalkbrei, der häufig Kalkmilch genannt wird, ohne Weiteres zur Herstellung von Mörtel verwendet; da er jedoch unaufgefchloffene Theile von Aetzkalk enthält, ift feine fofortige Benutzung nicht ökonomifch. Es empfiehlt fich vielmehr, befonders wenn Putzmörtel erzeugt werden foll, die Kalkmilch einzufumpfen. Zu diefem Zwecke wird diefelbe aus der feitlich mit einem Schieber verfehene Kalklöfchpfanne in die darunter befindliche Kalk- oder Sumpffgrube abgelaffen. Die Wände der letzteren follten gemauert oder verfchalt fein, damit das Eindringen von Regen- und Schneewaffer verhütet ift; die Sohle bleibt offen, fo daß ein Theil des Waffers in den Boden verfickern kann. Der in der Sumpffgrube befindliche Kalkbrei wird gehörig bedeckt und verbleibt dafelbft einige Wochen lang, oft während eines ganzen Winters und noch länger. Während diefer Zeit verfickert oder verdunstet das überfchüßige Waffer; die früher nicht aufgefchloffenen Kalktheilchen löfen fich auf, und unter einer Haut von kohlenfaurem Kalk, welche für die Mörtelbereitung unbrauchbar ift und deshalb vor der Verwendung abgenommen werden muß, erlangt der eingefumpfte Kalk (wie fchon auf S. 115 angedeutet wurde) eine teigartige Confistenz; er kann alsdann aus der fteifen Maffe ausgeftochen werden und ift als fteifer Kalkbrei oder Kalkteig zur Mörtelbereitung geeignet.

Der in der Kalkgrube befindliche Kalkbrei enthält zwischen 60 und 64 Procent Breiwaffer. Ein Theil davon verdunstet; ein anderer Theil, wie eben gefagt wurde, verfickert in den Boden unter Lösung und Wegführung der im Kalk vorhandenen Alkalien. Schon aus diefem Grunde ift zu empfehlen, niemals frifch gelöfchten Kalk zu Putzmörtel zu verwenden, weil durch die noch vorhandenen Alkalien näffende Stellen an den Mauerflächen entstehen. Auferdem kommt, befonders bei nicht ganz frifchem Kalk, eine Anzahl griefiger, erft allmählich fich zertheilender Körner vor, welche im Mörtel der Mauer felbft aufquellen und fo Abblättern erzeugen könnten. Die Urfache hiervon liegt in der grofsen Begierde, womit Aetzkalk aus der Luft Waffer und dabei auch Kohlenfäure anzieht, wodurch das rafche tiefere Eindringen des Löfchwaffers verzögert wird.

Damit hängt auch die fcheinbar verfchiedene Ausgiebigkeit eines und deffelben Kalkes nach verfchieden langer Ablagerungszeit vor dem Löfchen zufammen. Will man gebrannten Kalk ohne Schaden länger aufbewahren, fo bedeckt man ihn mit einer dicken Lage an der Luft zerfallenen Kalkes, wodurch der Feuchtigkeit und Kohlenfäure der Zutritt verwehrt wird.

Durch bloßes Befpritzen mit Waffer bis zum Zerberften gedeiht der Kalk natürlich viel weniger; er behält aber dabei eine gröfsere Dichte und kann in Pulverform, in gefchloffenen Gefäfsen oder Räumen und vor weiterer Feuchtigkeit gefchützt, fehr lange aufbewahrt werden, wie es in Holland und Schweden allgemein gebräuchlich ift<sup>69)</sup>. Dann aber verliert der Kalk viel von feiner Ausgiebigkeit, da es fcheint, als ob das völlige Aufquellen nur *in statu nascendi* des Hydratfifrens eintrete. Dafür aber fchwindet auch folcher Mörtel ungleich weniger, wie einer aus Grubenkalk.

58.  
Naffes  
Löfchen und  
Einfumpfen.

<sup>69)</sup> Notizbl. d. deutfeh. Ver. f. Fabr. v. Ziegeln etc. 1870, S. 77.

Diese Löschweise ist im Wesentlichen identisch mit dem bei den hydraulischen Kalken allgemein üblichen Verfahren der Trockenlöschung (siehe Art. 65, S. 125), welche auch für Fettkalk manchmal Anwendung findet. In allen diesen Fällen beträgt das Gedeihen des Kalkes bedeutend weniger als beim nassen Löschen nach der ersteren Weise.

59.  
Ausgiebigkeit.

Die Wassermenge, welche der Kalk hierbei benötigt, um das Maximum der Aufquellung und colloidalen Vertheilung zu erlangen, ist abhängig von feiner Ausgiebigkeit und diese von der Reinheit und unverändert frischen Beschaffenheit des Kalkes. Da diese aber verschieden sind, so erscheint es gerathen, die Wassermenge, welche eine unbekannte Kalkforte erfordert, vor dem Löschen zu ermitteln<sup>70)</sup>. Nach *Stingl* geben 50 g reiner Aetzkalk vom specifischen Gewichte = 2,2396 oder rund 2,24 mit 580 g Wasser unter Contraction 572,3 cbcm Kalkbrei von einem specifischen Gewicht = 1,1007 und von so dünner Consistenz, daß der Brei bequem aus einem Glase ausgegossen werden kann, aber doch noch einen Glasstab aufrecht stehen läßt, ohne daß eine Trennung von Wasser und Brei dabei erfolgte. Mit steigender Verunreinigung zeigen sich folgende Ausgiebigkeiten:

Gehalt an Calcium-Oxyd	98,06	97,96	94,68	Procent
50 g brauchen an Wasser	552,5	452,0	249,0	Cubik-Centim.
50 g geben dünnen Kalkbrei	543,8	438,4	233,5	„ „
Specifisches Gewicht desselben	1,107	1,145	1,280.	•

Dieser Kalkbrei ist beträchtlich dünner, als man gewöhnlich in der Praxis arbeitet; daher erscheinen auch die Ausgiebigkeiten viel bedeutender. Denn für die Ausgiebigkeit des Mörtels ist nicht der dünnflüssige Breizustand, sondern der wassersteife Zustand des Grubenkalkes das richtige Maß. Dieser zeigt, wie schon gesagt, eine Zusammenfassung von 64 bis 60 Procent Wasser auf 36 bis 40 Procent Kalkhydrat<sup>71)</sup>. Es verbleiben somit in dem, aus 1 Gewichtstheil Aetzkalk erhaltenen steifen Kalkbrei von dem beim Löschen zugesetzten Wasser:

zunächst als Hydratwasser chemisch gebunden, je nach der Reinheit des verwendeten Kalkes . . . . .		0,32 bis 0,25	Gewichtstheile
Sodann das nach dem Verfließen und Verdunften noch festgehaltene Wasser, welches nach obiger Zusammenfassung $\frac{64}{36}$ bis $\frac{60}{40}$ des Kalkhydrat-Gewichts beträgt, also von 1,32 bis 1,25 Gewichtstheilen . . . . .		2,35 bis 1,88	„ „
	zusammen:	2,67 bis 2,13	Gewichtstheile.

Diese Zahlen stimmen mit der praktischen Regel ziemlich überein, auf 1 Gewichtstheil gebrannten Kalk 2 bis 3 Gewichtstheile reines Wasser zuzusetzen. Man kann daher aus 1 Gewichtstheil gebrannten Kalk 3,67 bis 3,18 Gewichtstheile steifen Kalkbrei oder durchschnittlich aus 100 kg gebrannten Kalk 340 kg Kalkbrei gewinnen.

Viel schwankender und unsicherer sind die Ermittlungen bezüglich der Volumverhältnisse, da besonders das Gewicht des gebrannten Kalks bei gleichem Volum sehr verschieden angegeben wird<sup>72)</sup>, während das Gewicht des steifen Kalkbreis beständiger

<sup>70)</sup> Wie hierbei zu verfahren, siehe: Scheffers, A. Handbuch des bürgerlichen und ländlichen Hochbauwesens. Leipzig 1865. S. 125.

<sup>71)</sup> Nach *Stohmann-Kerl* 62 bis 58 Procent Wasser auf 38 bis 42 Procent Kalkhydrat.

<sup>72)</sup> Für 1<sup>hl</sup> gebrannten Kalk in Stücken und mit Zwischenräumen gemessen 80 bis 108 kg, für gebrannten Kalk ohne Zwischenräume 125 bis 180 kg, für gepulverten Aetzkalk 130 bis 140 kg, comprimirt 230 kg.

ift. Wenn das Gewicht von 1 hl gebrannten Kalkfteinfücken fammt Zwischenräumen wie gewöhnlich zu 80 bis 90 kg, das Gewicht von 1 hl feifen Kalkteigs zu 130 bis 140 kg angefetzt wird, fo ergibt fih aus den fo eben ermittelten Gewichtsverhältniffen, dafs 1 Volumtheil gemeffene Kalkfteinfücke mit 1,7 bis 2,4 Volumtheilen Waffer 1,8 bis 2,5 Volumtheile feifen Kalkteig liefern.

Auch diefes Ergebnis stimmt mit den in der Praxis geltenden Zahlen für die Ausgiebigkeit des Fettkalks ziemlich überein. Eine doppelte Ausbeute an gelöfchtem und eingefumpftem Kalk aus dem im Handel vorkommenden gemeffenen Kalk ift als eine gute zu bezeichnen.

Da der Fettkalk nur mit Sand, und zwar mit beträchtlichem Sandzufatz zur Verwendung kommt, ift die Befchaffenheit des letzteren von grofser Wichtigkeit.

Zu Grundmauern und über der Erde ftehemdem Bruchsteinmauerwerk, welches grofsem Druck ausgefetzt ift, verwendet man zweckmäfsig groben Sand (von 1 bis 2 mm Durchmesser der Körner), untermifcht mit feinerem Sand. Die hierzu erforderliche Menge Kalkbrei ift fehr wechfelnd, je nach den Zwischenräumen deffelben, und ift für Mauerwerk unter der Erde zu  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$ , bei Mauerwerk über der Erde zu  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{5}$  des Sandquantums anzunehmen. Dabei beträgt das erhaltene Mörtelquantum nach *Ziurek*, wenn man 1 hl Kalkbrei (von 131 kg Gewicht) mit 3 hl Bauwand (von 344,5 kg Gewicht) zufammenmifcht, 2,5 hl Mörtel.

60.  
Mauermörtel.

Zu Tagmauerwerk aus undurchläffigen Steinen verwendet man den Mörtel möglichft feif, weil ja bei diefen das Breiwaffer nicht durch Abfaugung der Wafferflächen, fondern blofs durch allmähliche Verdunstung entweichen kann. Insbefondere ift dies bei Mauern aus Klinkern deßhalb nöthig, weil durch den Druck der Steine direct Waffer ausgeprefst, die Reibung an den Berührungsfächen dadurch fehr vermindert und die Steine felbft dadurch beweglich, »schwimmend« würden. Hingegen ift zu Mauern aus Backfteinen und poröfen Haufteinen ein fatter, zwar nicht mit blankem Waffer in der Mörteltruhe ftehender, aber leicht beweglicher Mörtel angezeigt, damit das Porenwaffer in die Steine langfam, unter Mitnahme der feinften Breitheilchen und dadurch Vergrößerung der Adhäfion, ohne Entziehung der Plafticität hinwandern kann. Dagegen wird oft und vielfach gefehlt, befonders durch zu grofse Düninflüffigkeit bei gleichzeitig zu hohem Sandzufatz, wodurch meift die Plafticität und damit die Bedingung der Verkittung fchon aufgehört hat, bevor der deckende Stein aufgefetzt wird, was natürlich zur Folge hat, dafs eine Verbindung überhaupt nicht stattfindet und der Stein fih von der Fuge trennt. Wie oft fieht man diefe Erfcheinung beim Abbrechen von Mauern. Der hiezu verwendete Sand foll mittelkörnig fein (0,5 bis 1 mm Durchmesser der Körner) und wird durchfchnittlich im Verhältnifs 1 : 2,5 verwendet. Nach *Ziurek* beträgt die Ausgiebigkeit einer folchen Mifchung bei gleichen Materialien wie oben: 1 Volumtheil Kalkbrei + 2,5 Volumtheile Sand = 2,2 Volumtheile Mörtel.

Nach *Neumann*<sup>73)</sup> trägt der fette Kalk nichts zur Maffebildung bei, fondern verfchwindet in den Zwischenräumen der Sandkörner. Auch bei Anwendung weniger fetter Kalkarten kann diefes feftgehalten werden, da nicht lösliche, zur Maffebildung beitragende Nebenbestandtheile in zu geringer Qualität vorhanden find, um berücksichtigt zu werden. Da nun der in lockerem Zuftand gemeffene Sand mit Kalkmilch durchgerührt fehr zufammenfällt, da ferner viel Sand beim Bauen verloren geht, fo kann angenommen

<sup>73)</sup> Manger, J. Hülfsbuch zur Anfertigung von Bau-Anfchlägen etc. 4. Aufl. Von R. Neumann. Berlin 1879. Erste Abtheilung, S. 104.

werden, daß 4<sup>cbm</sup> lockerer Sand nur 3<sup>cbm</sup> Mörtel geben, und es ist daher die Ausbeute bei der Mischung von 1<sup>hl</sup> Kalkteig zu 3<sup>hl</sup> Sand etwa 2,25<sup>hl</sup> Mörtel, bei der Mischung von 1<sup>hl</sup> Kalkteig zu 2,5<sup>hl</sup> Sand nur 1,9<sup>hl</sup> Mörtel.

61.  
Putzmörtel.

Zu Putzmörtel nimmt man beim ersten Bewurf mittelgroben (mit Kies gemengten) Sand, und zwar Kalk zu Sand im Verhältniß von 1 : 2; man nimmt den Bewurf stets dünn, nicht über 5 mm stark, und so oft, bis annähernd die gewünschte Dicke erreicht ist. Zwischen jedem Auftragen der groben Mörtelmasse wird gewartet, bis das Abfaugen des Breiwassers bis zur Oberfläche gelangt und daselbst ein gewisser Erstarrungszustand eingetreten ist. In dieser Weise begegnet man ungleichmäßigem Schwinden und damit der Bildung von Schwindungsrisfen.

Darüber bringt man, je nachdem bloße Fläche oder Gesimsprofile etc. gefordert werden, einen zweiten Bewurf von einem fetteren Mörtel mit feinem Sande, 1 : 1½ bis 1 : 1, wobei ebenfalls auf geringe Dicke der Anwürfe und Anziehenlassen der ganzen Fläche genau Rücksicht zu nehmen ist, oder noch einen dritten mit feinstem Sande, im Verhältniß 1 : 1, der ebenfalls dünnföchtig in zwei Lagen aufgetragen wird.

Am sichersten wird der Bildung von Schwindungsrisfen jedoch vorgebeugt, wenn man zu jeder Lage eine Quantität Roman- oder Portland-Cement giebt und zwar von innen nach außen weniger, so daß dem inneren Rohbewurf am meisten Cement, etwa ¼, dem äußeren am wenigsten Cement, etwa 1/20 von der verwendeten Menge Kalkbrei zugesetzt wird. Ein ähnlicher Putz von *Ambroselli* erhielt vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen einen Preis <sup>74)</sup>.

Es kommt hiernach vor Allem auf gleichmäßige Porosität der Mauer und auf gleichmäßigen Gehalt der Masse an Breiwasser, sowohl der Fläche als der Dicke nach, an.

Die künstlerische Verwendung des Luftmörtels zur Wanddecoration bezieht sich auf die Ausführung von Sgraffiti und auf die Herstellung des Grundes für Fresco-Malerei. Von der Technik beider, so wie auch vom Wandputz überhaupt wird noch im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. III, Abschn. 1, A. Kapitel über »Putzbau«), vom Deckenputz in demselben Theile (Abth. IV, Abschn. 5, Kapitel über »Behandlung der Deckenflächen«) eingehend die Rede sein.

62.  
Stuck.

Der feinste Mörtel aus Fettkalk dient zu Stuck. Man versteht darunter gewöhnlich eine Mischung des Fettkalkes mit Gyps, welcher letzterer, selbst in geringer Quantität zugesetzt, den Putzmörtel geschmeidiger, zum Ziehen von Gesimsen geeigneter macht und die Erhärtung beschleunigt. Zu 2 bis 3<sup>l</sup> Fettkalk wird dabei 1<sup>l</sup> Gyps zugesetzt. Hierher gehört ferner der in der Barock-Zeit häufig verwendete Relief-Stuck; dies ist altabgelagerter Fettkalk, welcher mit gesiebttem Marmorstaub in solchem Verhältniß gemengt und zu lange plastisch bleibendem Teig geformt wurde und aus welchem die Relief-Decorationen bossirt wurden. Heute wendet man hierzu an Außenwänden meist Cement- oder Terracotta-Verzierungen, im Inneren Gyps an.

63.  
Stucco  
lustro.

Als Stucco lustro ist eine Marmor-Imitation bekannt und neuerer Zeit wieder mehrfach im Schwunge, welche in der Weise hergestellt wird, daß man sehr fetten alten Kalk mit 2 Theilen eines polirfähigen Mineralstaubes, aus Marmorstaub oder Alabasterstaub etc. bestehend, mengt und der Masse den Grundton des zu imitirenden Marmors giebt.

Dieser feine Mörtel wird auf einem Rohputz ca. 5 mm dick aufgetragen und

<sup>74)</sup> Polyt. Journ. Bd. 215, S. 565.

zuerst nach dem Ebnen mit einem mit Flanell überzogenen Reibbrette verrieben, sodann mit einer Polirkelle oder mit Glasreibbrettern geglättet.

Die Adern, Flecken und Wolken werden auf den noch nassen Verputz gemalt mit einer Maffe aus dünnflüssigem feinsten Stucco-Mörtel, welcher die Farben nebst Ochfengalle oder Casein-Lösung eingerührt werden; dabei fucht man nur auf dem Kalkgrund zu malen, ohne die Farben einander deckend zu verwenden. Sind die Farben so eingefogen, daß sie mit dem Finger nicht mehr abfärben, so überzieht man die Fläche mit einer Politur aus einer Lösung von 20 Theilen Wachs in siedendem 60-procentigem weinsteinaurem Ammoniak (Sal tartari), wozu noch ca. 20 Theile geschnittene Seife kommen. Der Glanz wird durch höchst sorgfältiges, strichweises Bearbeiten mit der Polirkelle hervorgebracht, und erfordert dies große Uebung und geduldige Sorgfalt.

Schließlich sind hier unter den aus Luftmörtel hergestellten Baustoffen noch jene künstlichen Steine zu nennen, welche aus einer Mischung von frischgelöschtem Kalk, scharfem reinen Quarzsand (Mischungsverhältniß 1 : 6) und Wasser geformt werden; es sind dies die sog. Kalksandsteine.

64.  
Kalksandsteine.

Quarzsand und Kalkpulver werden abwechselnd über einander geschichtet und durch Maschinen innig vermengt. Hierauf erfolgt die Benetzung mit Wasser, jedoch nur in solchem Grade, daß die Maffe unter Druck etwas Feuchtigkeit, keinesfalls Tropfen abgibt. Die Maffe bleibt 1 bis 2 Tage zum Zweck des Abtrocknens liegen, worauf das Pressen der Steine erfolgt. Das Trocknen der geformten Steine geschieht an der Luft, am besten an sonnigen Orten mit Luftzug. Obwohl das eigentliche Erhärten erst nach vielen Wochen vollendet ist, können die Steine häufig schon nach 8 bis 12 Tagen zum Vermauern verwendet werden <sup>75)</sup>.

### c) Mörtel aus magerem und aus hydraulischem Kalk.

Die Mörtel aus magerem und aus hydraulischem Kalk werden hier gemeinschaftlich behandelt, weil ihre Verwendung ganz die gleiche ist und eine scharfe Grenze zwischen beiden überhaupt nicht existirt.

65.  
Trockenes  
Löfchen.

Beim Löfchen des mageren Kalkes wird die Methode des Trockenlöfchens mit Vortheil in Anwendung gebracht. Das Verfahren hierbei ist verschieden, je nachdem er activ, d. h. während des Löfchprocesses zur Verwendung gelangt, oder je nachdem er passiv als gelöschtes Pulver verwendet wird.

Im ersten Falle werden die Stücke auf einem ebenen Bretterboden in runde, flache, 50 cm hohe Haufen gelegt und ringsherum der zur Mörtelbereitung nöthige Sand in abgemessener Quantität gegeben. Sodann wird er mit Wasser bespritzt und während des Löfchens unter sorgsam abgemessener Wasserzugabe mit dem Sande vermengt und nach tüchtigem Durchkrücken als ganz steifer Mörtel noch warm vermauert. Auf diese Weise giebt er rasch anziehenden, der Feuchtigkeit und je nach der Hydraulicität auch dem Wasser rasch widerstehenden Mörtel von größerer Festigkeit, aber geringerer Ausgiebigkeit.

66.  
Active  
Kalk-  
verwendung.

Diese besonders bei den Italienern und Franzosen beliebte Manier ist uralt und hat sich bei Brücken- und Wasserbauten hauptsächlich bewährt. Im Grunde genommen ist sie nahezu identisch mit der Herstellung des schon in Art. 52, S. 115 erwähnten *Loriot'schen* Mörtels aus Fettkalk.

<sup>75)</sup> Näheres über Erzeugung und Verwendung der Kalksandsteine in: Krause, F. Anleitung zur Kalksandbaukunst. 1851. — Engel, Der Kalk-Sand-Pfeilerbau. 3. Aufl. Leipzig 1855. — Bernhardt, A. Die Kalkziegelfabrikation und der Kalkziegelbau auf ihrem gegenwärtigen Standpunkt etc. 4. Aufl. Eilenburg 1873.

Obwohl der *Lorioi'sche* Mörtel heute nicht mehr benutzt wird, so müffen wir doch feiner Wichtigkeit für die Klärung des Mörtel-Proceffes halber ihn hier erwähnen.

Wir citiren eine ältere Quelle »Bautechnologie und Bauökonomie von *F. Sax* (Wien 1814)« aus dem Grunde, weil der Gewährsmann, ein gründlicher Praktiker, es felbst »bewährt gefunden«. Danach (§ 159) »macht man mit gelöfchtem Kalke in einem Troge, welcher ungefähr 2 Cubikfuß faft, einen gewöhnlichen Mörtel, um Platz genug zu erhalten, denfelben von Neuem abzarbeiten, welches mit Kellen gefchieht, die einen 3 bis 4 Fuß langen Stiel haben. Kann man nun urtheilen, dafs nach Befchaffenheit des Mörtels, welcher zu machen, alle Theile des Sandes oder der zermalnten Ziegel (welche beide Materien hiezu brauchbar find) von dem flüffigen Kalke durchdrungen find, fchüttet man Waffer hinzu, um den Mörtel ein wenig flüffiger zu machen, als es gewöhnlichermafien gefchieht. Ift dieses vorbereitet, fo bleibt nichts weiter übrig, als die gehörige Quantität des lebendigen Kalkes in das Gemifch zu bringen, und dieses gefchieht auf folgende Weife. Man füllt ein rundes Mafs, das 6 Zoll in der Höhe und im Durchfchnitte hat, folglich ungefähr den 8. Theil der Maffe des vorher im Troge gewefenen Mörtels, mit gepulvertem Kalke an, fchüttet diesen auf die Oberfläche des erften Gemifches und rührt ihn hernach vermittels der langen Kellen recht in einander ein, und verbraucht es gefchwind, um der Wirkung des lebendigen Kalkes zuvorzukommen; denn diese muß erst in der mit dem neuen Mörtel gemachten Arbeit gefehen. Dieser fo zubereitete Mörtel fängt gleich nach der Bearbeitung fich zu erhitzen an und erhärtet in einer kurzen Zeit.«

Wir haben diese von *Gibb*, *Smirke*, *Artus* u. A. beftätigte und vielfach erprobte und unter Beibehaltung des Grundgedankens variierte Verwendungsart genau nachgemacht und einerfeits sie vollkommen beftätigt, aber auch andererseits gefunden, warum der fo hoch verdienstvolle Begründer der Erhärtungstheorie der hydraulifchen Bindemittel (in Deutschland *J. N. Fuchs* und Andere nach ihm) fo ablehnend dagegen fich verhielt. Es ift eben buchtftäblich nothwendig, den Mörtel nur mit einem Minimum von überfchüffigem Waffer anzumachen, die erwähnten Mifchungsverhältnisse einzuhalten und ihn während der Periode des Erhitzens zu verwenden. Nimmt man zu viel Waffer, fo wird dem Kalkbrei zu wenig entzogen; arbeitet man zu langsam, fo wird die von den halbgequollenen Kalktheilchen ausgehende Stabilifirung wieder unterbrochen, ein Ausgleich mit den fatt gequollenen eingeleitet und das Abbinden überhaupt verhindert. Dann verhält fich folcher Mörtel genau, wie ein fetter steifer Kalkmörtel, während er fonft ein trockener, fester, dem Waffer mit Erfolg widerstehender Mörtel ift, der mit vollem Fug und Recht ein hydraulifcher genannt werden kann. Wie wichtig dieses verschiedene Verhalten für die dadurch nahegelegte Analogie mit dem theilweise hydratirten, während des Quellens noch unter Mauerdruck gebrachten mageren und hydraulifchen Kalke und consequenter Mafien auch für Roman-Cement (Cementkalk) und Portland-Cement ift, wie dadurch infondere die vom chemifch-theoretifchen Standpunkte für unzuläffig erklärte hydraulifche Verwendung von Mifchungen aus Fettkalk und Cement als vollberechtigt dafteht und welch koloffale Erfparungen an Material unter Erzielung ficherer Refultate erreicht werden können und bereits in neuerer Zeit erreicht worden find, wird dadurch zur Evidenz einleuchtend. Der lebendige, d. h. ungelöfchte Kalk fpielt überhaupt fchon bei den alten Recepten des *Palladius* zum Verkitten eine wichtige Rolle und zwar ftets in Verbindung mit einer echten Colloid-Subftanz oder einer Paracolloid-Subftanz, d. h. einer folchen, die allmählich bis zur Verflüffigung in einer Flüssigkeit aufquillt, bei Entziehung derfelben aber als feste Hülle fich niederschlägt. Dahin gehören befonders Ochfenblut, Eiweiß, Milch, Oel etc. Ja, wie wir fehen werden, bedingt die beste Methode der Verwendung der Puzzolane geradezu die Verwendung von lebendigem Kalk, ein Umftand, der bisher merkwürdiger Weife als belanglos überfehen wurde und viel mit zum falchen Urtheil über Puzzolane, Trafs und Santorin-Mörtel beitrug, welches jetzt fo oft maßgebend erfcheint.

Eine andere Methode des Löfchens und Verarbeitens von magerem und von hydraulifchem Kalk ift die, dafs er paffiv verwendet wird. Dabei werden Körbe mit grobem Maschenwerk bis zu Dreiviertel mit Kalk gefüllt, der zu Stücken von Eigröfse zerfchlagen ift, und diese unter Waffer getaucht. Dort beläft man den Kalk einige Minuten, überhaupt aber fo lange, bis das Waffer einige Secunden aufwallt, hebt die Körbe wieder heraus und leert dieselben in grofse Behälter, welche mit grober Leinwand, Strohecken oder mit einer Sandfchicht bedeckt werden. Dadurch wird er zu Pulver gelöfcht, welches fpäter noch weiter Hydrat- und Breiwaffer benöthigt, um genügend plattifchen Mörtel zu geben.

Dabei wird ein weniger fester, gering hydraulischer, aber ausgiebigerer Mörtel erzielt.

Der Sache nach hiermit identisch ist das vielfach gebrauchte Trockenlöfchen unter Sanddecke. Es werden dabei lange, etwa 1 m breite und  $\frac{3}{4}$  m hohe Haufen von Kalkstücken mit einer Sanddecke versehen und auf den festgeschlagenen Sand die nöthige Menge Wasser aus Spritzkannen möglichst gleichmäßig geschüttet <sup>76)</sup>. Dies wird in einem Zeitraum von etwa 6 Stunden mehrmals wiederholt und der so gelöschte Kalk einige Tage sich selbst überlassen. Anstatt den Kalk erst auf dem aufgeschütteten Haufen zu begießen, werden die Kalkstücke auch in dünnen Lagen von 5 bis 6 cm aufgebracht und jede Lage einzeln so lange mit Wasser übergossen, als der Kalk dasselbe noch ansaugt. Der auf diese Weise entstehende kegelförmige Haufen wird sodann gleichfalls mit einer Sandficht zugedeckt <sup>77)</sup>.

Bei den zwei letztgenannten Methoden des Trockenlöschens zerfallen die Kalkstücke allmählich zu feinem Pulver von Kalkhydrat, welches dann unmittelbar zur Mörtelbereitung benutzt, nöthigenfalls vorher durch Sieben von den ungelöschten Stücken befreit wird. Der zu Staub gelöschte magere oder hydraulische Kalk wiegt lose gemessen pro 1 hl 65 bis 70 kg <sup>78)</sup> und giebt mit 40 Procent Wasser für sich ca. 70 l Mörtel, mit 3 hl Sand je nach der Beschaffenheit des Sandes 3, 2,95 und 2,88 hl Mörtel; als Kalk wurde hiebei der bei Hafenbauten zu Betonblöcken so gefuchte *Chaux du Theil* benutzt, als Sand verschieden feinkörniger mit steigender Korngröße.

#### d) Mörtel aus Roman-Cement.

Die Verwendungsweise von natürlichem oder Roman-Cement (hydraulischem Cement, Cement-Kalk) ist einfach. Er wird nur gewöhnlich trocken mit Sand, je nach der beabsichtigten Wasserdichtigkeit mit 1 bis 3 Theilen Sand, gemengt; ein ringförmiger Haufen dieses Gemenges wird alsdann innen mit Wasser gefüllt und hierauf Alles so lange durchgearbeitet, bis ein gleichmäßiger Brei entsteht. Diese Methode des Anmachens ist deshalb die beste, weil sie von Vornherein verbietet, zu viel auf einmal anzumachen und weil man ohne Mörtelverlust den Brei nicht zu dünnflüssig machen kann, was stets der Dichtheit des Mörtels und damit auch seiner Festigkeit schadet, während das Anmachen von zu großen Quantitäten ein Gestehen oder Abbinden vor der Verarbeitung zur Folge hat und demnach ein neues Durcharbeiten unter neuem Wasserzusatz. Die günstigste Verwendungsform, um volumbeständigen und dichten Roman-Cement-Mörtel zu erzielen, bleibt deshalb auch hier die des activen Verarbeitens vor dem Abbinden.

Bei direct im Wasser auszuführenden Bauten wird diese Methode auch regelmässig angewendet; für diese Zwecke verdient der Roman-Cement wegen seiner meist raschen Bindung und Billigkeit den Vorzug vor allen anderen Mörtelarten, da es mit ihm angeht, aufsteigende Quellen, durchbrechende Sickerwässer etc. rasch zu verstopfen.

Die Methode bei Verwendung zu Fundirungen in feuchtem Grunde und zu Wandputz, wozu er jetzt besonders in Wien so allgemeine Benutzung findet, arbeitet jedoch in erster Linie auf dünnflüssigen in

<sup>76)</sup> Vergl. auch: Panzer. *Bereitung des Mörtels aus hydraulischem Kalke.* 1852.

<sup>77)</sup> Manger, J. *Hilfsbuch zur Anfertigung von Bau-Anschlagen etc.* 4. Aufl. Von R. Neumann. 1879. Erste Abtheilung, S. 90.

<sup>78)</sup> Nach *Dyckerhoff* wiegt 1 hl zu Staub gelöschter hydraulischer Kalk, im 50-Liter-Maßgefäß mit der Schaufel lose eingefüllt und abgeftrichen, bei Beckumer Kalk 55 kg (spec. Gewicht 2,445), bei Afchaffenburg Kalk 60 kg (spec. Gewicht 2,718), bei Metzger Kalk 65 kg.

alle Fugen dringenden Mörtel hin, und man erreicht dies durch Anmachen großer Quantitäten in einer Kalklöfchbank, nachdem vorher Roman-Cement-Pulver und Sand schaufelweise über einander in Haufen gemischt wurden, unter Zusatz von so viel Wasser, daß eine Menge reinen Wassers darüber steht, und der Mörtelbrei mit Löffeln geschöpft und mit Löffeln auf die Mauer gegossen wird, deren Ziegel nur ungenügend oder gar nicht genetzt sind. Dadurch wird einerseits ermöglicht, sehr viel Sand zu incorporiren, weil das Pulver unbefchränkt aufquellen und auch ein eigentliches präcises Abbinden gar nicht eintreten kann; hingegen wird dabei die vielen Roman-Cementen innewohnende Neigung, zu treiben, d. h. hinterher im Flächenputz aufzuquellen und Verkrümmungen und Risse zu erzeugen, aufgehoben, dahingegen die Kittkraft so herabgedrückt, daß hinterher durch den entgegengesetzten Proceß des Schwindens die kreuz- und querklaffenden Risse an den sorgsam hergestellten Putzflächen sichtbar werden, wie hunderte von wiener Neubauten trauriger Weise zeigen.

Die beabachtigte Abhaltung des Grundwassers vom Fundament wird durch einen so porösen Mörtel, wie er gegenwärtig in Wien hergestellt wird, absolut nicht erzielt werden, wie denn auch so manches Palais in den niederen Stadttheilen, trotzdem es in hydraulischem Mörtel fundirt ist, eben weil dieser Mörtel nicht hydraulisch abschließend hergestellt ist, bis in das Mezzanin nasse Mauern zeigt, die nun wieder durch allerlei Mittel trocken gelegt werden sollen, wodurch die Feuchtigkeit nur noch höher hinaufgetrieben wird. Und was die wahrscheinliche Dauer eines solchen Cementputzes, in dessen klaffenden Wunden jeder Regentropfen willige Behaufung findet, anbelangt, so liegt es zu Tage, daß die Zeit nicht fern ist, wo diese Cementputz-Façaden auf dem Straßenspflaster liegen werden.

Dennoch giebt es viele Häuser, welche sorgfältig gebaut, tadellose Façaden zeigen, so daß dem Material selbst die Schuld nur in den seltensten Fällen zur Last fällt, sondern fast immer dem — Mörtelmacher, und, zur Steuer der Wahrheit sei es gesagt, vielfach auch dem rasch auf trocknenden Ostwinde und den brennenden Sonnenstrahlen. Indessen ließen sich auch diese Uebelstände bei verständnisvollem Eingehen in die Natur der zur Verwendung kommenden Materialien beseitigen oder wenigstens vermindern. Schatten und Feuchtigkeit schafft einfach eine vorgehängte, nass erhaltene Matte, und Kalkbrei statt Wasser giebt eine größere Sandcapacität und daher größere Billigkeit ohne Schaden, und Billigkeit ist es ja wohl, was die Cementputz-Methode von heute ins Leben gerufen hat. Allerdings giebt sich Verfasser nicht der Hoffnung hin, daß seine Rolle als Rufer in der Wüste damit ausgespielt sei; aber einige Ueberlegung und ein unbefangener Versuch könnte doch möglicher Weise allmählich dadurch angeregt und so der erste Schritt zur Bekehrung gethan werden.

69.  
Gufs-  
Ornamente.

Außer als Mörtel wird Roman-Cement auch vielfach zur Herstellung von Gufs-Ornamenten und zur Façaden-Decoration verwendet. Man verlangt hiezu allgemein sehr rasch bindenden Cement, um die Modelle möglichst auszunutzen zu können.

Rasch bindender Cement hat aber zwei üble Eigenschaften: er giebt schwer zu vermeidende, der Oberfläche ein pockenartiges Aussehen verleihende Gufsblasen, von eingefchlossener Luft herrührend, und ist häufig treibend. Da außerdem wegen der geringen Anfangsfestigkeit scharfe Kanten und Contouren möglichst vermieden werden, und der nachherige Pinselanstrich und Cementbrei die Sünden der Flächen verdecken muß, so giebt dies schon anfangs ein unedles stumpfes Ansehen, das durch die immer wieder nothwendigen Anstriche allmählich zu unbestimmten verwaschenen Contouren führt. Allerdings lassen sich solche Ornamente sehr billig herstellen; auch können und werden sie bei einiger Umsicht in Auswahl des Materials und Sorgfalt der Anfertigung und nachherigen Behandlung tadellos hergestellt; aber die Dutzendwaare aus unverständigen Händen ist einmal keine glückliche und rationelle Verwendungsart dieses sonst vortrefflichen Materials.

Ganz ausgezeichnet geeignet ist Roman-Cement zur Herstellung von künstlichen Steinen, meist in Verbindung mit Portland-Cement, besonders zu solchen, welche mit Flüssigkeiten in Berührung bleiben.

70.  
Künstliche  
Steine.

Während die meisten Gufs-Ornamente in Leim- oder Gypsformen gegossen werden, erscheinen die künstlichen Steine am besten in Holzmodellen aus langamer bindendem Cement gestampft und zwar unter reichlichem Sandzusatz und sparsamem Wasserzusatz, werden daher a priori schon dichter. Am naturgemäsesten eignet sich Roman-Cement zur Herstellung von Wasserläufen, Brunnenrändern, Canalröhren und Canalinnen, Drainröhren, Pferdenufcheln und Futterbarren, zu Dachsteinen (nur bei sorgfältiger Arbeit

und gutem Material dauerhaft, z. B. die vielbewährten Staudacher Cement-Dachziegel), Piffoir-Platten, Tropffleinen (Siebplatten) für Papierfabriken, Brunnenfleinen etc. etc. Bei allen Roman-Cement-Waaren gilt der Grundfatz, daß sie sorgfältig fabricirt und in der ersten Zeit der Erhärtung, am besten mindestens 3 bis 4 Wochen lang, an feuchten und schattigen Orten, welche von Zugluft frei sind, aufbewahrt werden sollen und überhaupt keine solche Anwendung erhalten, welche allzu rapide Austrocknung und Erhitzung gestattet.

Weitere Verwendungsarten werden wir im nächsten Kapitel kennen lernen.

Das Gewicht eines Hectoliters Roman-Cement ist je nach der Zusammenfetzung, der Schärfe des Brandes und der Feinheit der Mahlung zwischen 70 und 90 kg. Beim Anmachen mit Wasser schwindet das Pulver sehr beträchtlich, um so beträchtlicher, je geringer das Gewicht des Hectoliters locker gemessenen Pulvers war. Daher ist die MörtelAusgiebigkeit keineswegs dem Hectoliter-Gewicht umgekehrt proportionirt; im Gegentheil zeigt die Ausgiebigkeit gleicher Gewichte Roman-Cement, gleichen Wasserzufatz vorausgesetzt, nicht bedeutende Differenzen, selbst bei den Extremen. Hingegen kann ein und derselbe Cement ganz beträchtlich verschieden ausgiebig erscheinen, wenn verschiedener Wasserzufatz und verschiedenartiger Sand genommen wird. So ergaben z. B. drei verschiedene Cemente auf je 1 hl:

71.  
Ausgiebigkeit.

Verfuch.	Gewicht von 1 hl losem Cement.	Ausbeute an Mörtel bei Zufatz von						
		Wasser:				Sand zu Cement 3 : 1		
		0,30	0,40	0,60	0,90	a (fein)	b (gemischt)	c (grob)
A.	80	0,61	0,73	0,91	1,10	3,00	2,95	2,90
B.	85	0,62	0,75	0,92	1,10	2,95	3,00	2,90
C.	90	0,64	0,76	0,92	1,11	2,95	3,00	2,90
	Kilogr.	Hectoliter.				Hectoliter.		

Rasch bindende Cemente benöthigen, um auf gleiche Mörtelsteife gebracht zu werden, bedeutend mehr Wasser, als langsam bindende, schwinden aber hierbei auch stärker. Im Mittel genügen 30 bis 35 Volumprocente oder 40 bis 43 Gewichtsprocente Wasser, um einen steifen Mörtel, 55 bis 60 Volumprocente oder 68 bis 75 Gewichtsprocente Wasser, um einen flüssigen Mörtel aus reinem Roman-Cement herzustellen. Bei Sand lassen sich wegen der außerordentlich schwankenden Qualität desselben, bezüglich der Benetzungssumme und des oft bis über 10 Procent steigenden Feuchtigkeitsgehaltes desselben allgemein zutreffende Zahlen nicht aufstellen, doch muß der Wasserzufatz stets um einige Procente höher sein, als bei reinem Roman-Cement-Mörtel.

Da das specifische Gewicht der Roman-Cemente 2,7 ist und kaum um  $\pm 0,05$  differirt, so erklärt sich einfach das Ausgiebigkeitsverhältniß aus

$$V = \frac{P}{\delta},$$

d. h. das Volum ist gleich dem Quotienten aus dem absoluten Gewicht  $P$  dividirt durch das specifische Gewicht  $\delta$ . Sind nun  $P_c$ ,  $P_w$  und  $P_s$  die absoluten Gewichte,  $\delta_c$ , 1 und  $\delta_s$  die specifischen Gewichte von bez. Roman-Cement, Wasser und Sand, so ist offenbar

$$V = \frac{P_c}{\delta_c} + P_w + \frac{P_s}{\delta_s}.$$

d. h. das Mörtel-Volum ist gleich der Summe der angewandten Gewichte von Cement, Wasser und Sand dividirt durch ihre entsprechenden specifischen Gewichte, vorausgesetzt, daß keine Contraction stattfindet und der Mörtel vollkommen satt, d. h. homogen ohne Zwischenräume ist. Die durch Messen gefundenen Mörtel-Volumen differiren von den berechneten nur unbedeutend, aber stets im Sinne einer Volumvermehrung um so stärker, je weniger Wasser und je mehr Sand genommen wird.

## e) Mörtel aus Portland-Cement.

72.  
Bereitung  
und  
Verwendung.

Der Portland- oder künstliche Cement ist vermöge seiner dichten, schieferig-splinterigen Structur, dem hohen specifischen Gewicht (meist über 3,0) und der damit zusammenhängenden energischen Erhärtung das ausgezeichnetste und unentbehrlichste Material, wo es sich um wichtige, große Festigkeit, Wasserdichtigkeit und Dauerhaftigkeit erfordernde Arbeiten handelt. Da sich seine Theilchen in einem halbglastigen Zustande befinden, dauert es in der Regel längere Zeit, bis das Aufquellen bis zum Abbinden gediehen ist, und zwar um so länger, je schärfer der Brand, und da dies stets bei höherem Kalkgehalte der Fall ist, je höher der Kalkgehalt ist, eben so auch in der Regel, je länger die Dauer der Ablagerung vor dem Verarbeiten ist. Guter Portland-Cement, wie er jetzt, Dank der regen Concurrenz und Dank der höchst verdienstvollen Anregungen, die in Deutschland von *Michaelis* u. A., in England von *Grant* u. A. ausgegangen sind, allgemein in nahezu gleich ausgezeichneter Qualität aus den verschiedensten Rohmaterialien als das Product einer chemischen Großindustrie künstlich erzeugt wird, steht unübertroffen da wegen der Vielseitigkeit seiner Verwendung und der ausgezeichneten Härte, Festigkeit, Dichte, welche er bei fachgemäßer Verarbeitung erlangt. Sachgemäße Verarbeitung ist aber auch nothwendig; es sind leider Fälle genug bekannt, wo Portland-Cement geradezu schädliche Wirkungen äußerte.

Leider wiederholen sich neuestens solche Klagen über mißlungene Anwendungen öfter, und es finden sich sogar bedeutende Stimmen, welche der Anwendbarkeit von Portland-Cement, namentlich für Hochbauten, überhaupt eine Zukunft absprechen. Es ist von der größten Wichtigkeit, solche Klagen objectiv zu untersuchen und den Grund der hervorgehobenen Uebelstände aufzufuchen.

Die Ursache liegt zweifelsohne in dem angewandten Material. Da aber mit eben demselben aus dem gleichen Faße entnommenen Cement andere Versuche tadellose Resultate geben, so liegt der Grund jedenfalls tiefer, nicht in dem Material als solchem, sondern in dem angewandten Mörtel und in der Art der Verwendung.

Der Portland-Cement-Mörtel hat in sich selbst stets größeren Zusammenhang, als Adhäsion zu den Flächen der Mauer; er ist specifisch schwer und kann deshalb an lothrechten Wänden vor dem Abbinden schon, ohne daß er abfällt, sich theilweise loslösen. Man muß deshalb wohl auf diesen Umstand Rücksicht nehmen und das Auftragen in kleinen Partien und möglichst kräftig vornehmen. Da der Portland-Cement-Mörtel beim Anwurf ähnlich, wie die übrigen Mörtel, nach Außen zu fetter genommen wird, so wird an der Oberfläche große Dichtung, aber auch mehr Breiwasser vorhanden sein. Beim Erhärten wird hier im günstigen Falle, wenn dasselbe durch den ganzen Putz gleich rasch erfolgt, außen größere Dichte, als innen vorhanden sein; namentlich kann kein Wasser aus der Mauer mehr entweichen. Tritt in diesem Falle scharfer Frost ein, so kann, von den nicht haftenden Partien angefangen, ein Lossprengen des ganzen Putzes in größeren Platten vorkommen. Tritt hingegen starke Insolation oder trocknender Wind auf, so muß die colloidal festgehaltene größere Wassermenge der Außenseite entweichen; die Berührungssphären entfernen sich; es nimmt der Zusammenhang ab, und es kann bei kalkreichen, im frischen Zustande treibenden Cementen effective Staubbildung eintreten, wie manchmal an Statuen aus Portland-Cement zu sehen ist, die mit einem rasch bindenden Portland-Cement gegossen sind.

Geschehen diese schädlichen Einflüsse schon während des Mauerns, so äußert sich bei Frost, in Folge der stärkeren Anziehung des Wassers zur Colloidbildung, (sehr hohe Kältegrade ausgenommen) zwar in der Mörtelmasse selbst, wenn sie nicht dünnflüssig ist, keine Destruction; desto sicherer tritt sie aber an der Mauerfläche ein. Beim Aufthauen fällt dann meist mit abgeblätternen Ziegelschalen, bezw. anderen Mauertheilchen der Putz ab; bei einseitiger Austrocknung durch Sonne und Zugluft bilden sich bei fettem Putz leicht jene Schwindungs- oder Windrisse, welche früher häufig mit den Rissen in Folge von Treiben verwechselt wurden, und die bereits bei den Roman-Cementen erwähnt wurden, welche aber hier um so schädlicher sind, weil die glasharten, spröden Elemente des Portland-Cementes nach völligem Ineinanderwachsen erst ihre spröde, dem Absprennen so günstige Natur wieder äußern. Je langsamer das Abbinden und je stärker die Austrocknung, desto klaffender erscheinen die Risse. Von den Rissen, welche in Folge von Treiben entstehen, unterscheiden sie sich charakteristisch dadurch, daß durch Treiben entstandene Risse immer mit einer Krümmung der Unterfläche, mit aufgeworfenen Rändern und eingefunkenen Flächen versehen sind und meist kreidige Anflüge zeigen; bei Kuchen, zur Probe angemacht, klaffen die Risse am weitesten am Rande und verlaufen radial, während die Schwindungsrisse in der Mitte am breitesten sind, nach den Rändern zu sich verlieren und ganz unregelmäßig verlaufende Curven bilden.

73-  
Treiben,  
Windrisse.

In Folge dieser für die richtige Beurtheilung der Qualität des Cementes wichtigen Thatsache hat der deutsche Cementfabrikanten-Verein am 6. Februar 1880 über Antrag *Schumann's* empfohlen: »Luftrisse, welche bei der Probe auf Treiben während des Abbindens am Cementkuchen entstehen, lassen nicht auf fehlerhafte oder gar treibende Eigenschaften des Cements schließen. Zu ihrer Vermeidung empfiehlt es sich, um Irrthümern vorzubeugen, die Cementkuchen bis zum Einlegen ins Wasser vor Sonnenschein und Luftzug zu schützen. Das bauende Publicum ist auf den Unterschied zwischen Treibrissen und Luft- oder Schwindungsrisseu speciell aufmerksam zu machen.«

Auch *Michaëlis* betont das Verfehlt zu fetter Ueberzüge aus Portland-Cement in der 17. These seines trefflichen Schriftchens: Zur Beurtheilung des Cementes (Berlin 1876), welche lautet: »Das Aufreiben eines sehr fetten, dichten Ueberzuges bei allen der Luft und Witterung ausgesetzten Arbeiten ist verwerflich, da ein solcher Ueberzug schon seiner Sprödigkeit entsprechend rissig werden muß.« Eben so wichtig für die Praxis ist der Inhalt der 16. These: »Magere Mörtel sind gegen spülendes Wasser durch einen fetten Ueberzug zu schützen.« Desgleichen These 13: »Reiner Kalkmörtel ist ein sehr untergeordnetes Material vom Standpunkte der Festigkeit und der Gesundheitspflege. Die Anwendung von Kalk-Cementmörtel ist für Hochbauten auf das Wärmste zu empfehlen, ganz besonders auch für sämtlichen Putz.

Die erwähnten kreidigen Anflüge oder Efflorescenzen an Cementarbeiten rühren nach *Dyckerhoff* weniger von dem Cement, als von den bei den Arbeiten verwendeten Steinen her, welche in Folge ihrer Porosität die in Lösung befindlichen Alkalien des Mörtels auffaugen und später beim Abtrocknen wieder ausblühen lassen.

74-  
Efflorescenzen  
u. Anfriche.

Sie lassen sich entfernen, wenn man die mit denselben bedeckten Stellen erst mit verdünnter Salzsäure (10 Theile käufliche Säure auf 100 Theile Wasser) und dann mit Wasser abwäscht. Soll die Cementfläche einen Oelfarbanstrich erhalten, so ist es das beste, den Cementputz mindestens ein, auch zwei Jahre unangefrchten stehen zu lassen, und es wird dann die Oelfarbe gut darauf haften bleiben. Von den bekannten Mitteln, mit denen man die Cementoberfläche imprägnirt, um dann den Oelfarbanstrich früher auftragen zu können, wie verdünnte Schwefelsäure, Eisenvitriol etc. etc., hat sich bis jetzt keines fonderlich bewährt.

Die neueste rationellste und wichtigste Verwendungsart des Portland-Cementes ist seine Verbindung mit Weiskalk-Mörtel, wodurch der sog. Kalk-Cementmörtel oder verlängerte Cementmörtel entsteht.

75-  
Kalk-  
Cementmörtel.

Lange Zeit war es nur eine verpönte Praktik, die geradezu als chemischer Nonfens, als Betrug und Verwendung gebrandmarkt wurde, wenn unter Cementmörtel Kalkbrei gemischt wurde. Man konnte von einseitig chemischem Standpunkte abolut nicht absehen, wie der Zusatz des schlechtesten Mörtelmaterialies das »beste« verbessern könne; allerdings hatte man dabei vergeffen, dafs auch das beste Mörtelmaterial doch schliesslich in feiner Güte als Mörtel vom Sandzusatz abhängt und dafs mit der Steigerung des letzteren über eine gewisse Grenze hinaus die Verwendbarkeit zu Mörtel einfach aufhört, weil zu wenig Bindstoff oder Kittmaterial vorhanden ist. So richtig demnach auch die 12. *Michaëlis'sche* These: »Kalkzusatz verschlechtert eben so sehr den Cementmörtel, als umgekehrt Cementzusatz den Kalkmörtel verbessert«, für fetten Cementmörtel ist, so grundfalsch und durch die Praxis glänzend widerlegt ist sie für magere Mörtel.

In den höchst werthvollen Versuchen *R. Dyckerhoff's*, aus Portland-Cement, Kalkbrei und viel Sand einen besseren Mörtel zu erzielen — sowohl in Bezug auf Wasserbeständigkeit, als auch auf Adhäsion, Druck und Zug — wie aus den gleichen Theilen Cement und Sand allein, ist auch die volle Bestätigung der richtigen Actualität der Mörtel-Theorie des Verfassers enthalten, wie auch *Dyckerhoff* bei Bekanntgabe seiner Versuche richtig bemerkte. Die fortgesetzten neueren Versuche und die Anwendung dieser Mischungen zu den sämtlichen Betonirungen der Fundamente der Strafsburger Universität, zu den Fortificationen von Mainz etc. haben ganz evident die überraschende Bestätigung der nunmehr unzweifelhaften Ueberlegenheit eines mageren Kalk-Cementmörtels über den reinen Cementmörtel mit denselben Theilen Sand dargethan.

Solcher Mörtel zeichnet sich natürlich in erster Linie durch seine Billigkeit aus; es kostet nach *Dyckerhoff* 1 cbm Kalk-Cementmörtel, welcher selbst noch bei Frostwetter mit bestem Erfolg zu verschiedenen Bauten angewendet wurde, und der aus 1 Gew.-Theil Cement,  $\frac{1}{2}$  Gew.-Theil Kalkhydrat (= 1 Gew.-Theil Kalkbrei, welcher bei 100 Grad C. getrocknet) und 7 Gew.-Theilen Sand besteht, nur 14,58 Mark. Für Gewölbbauten läfst sich kein besserer Mörtel denken und sollte hierzu wohl ausschliesslich Kalk-Cementmörtel genommen werden.

Ferner sind dabei die starken hydraulischen Eigenschaften interessant. Die Versuche von *Dyckerhoff* ergaben, dafs ein Mörtel aus 1 Cement, 6 Sand und 1 Kalkteig schon nach 2 Stunden dem Wasser widerstand, während ein Mörtel aus 1 Theil gleichen Cement und 6 Theil gleichen Sand ohne Kalkteig erst nach 12 Stunden im Wasser hielt; ein Mörtel aus 1 Trass, 2 hydraulischen Kalk und 2 Sand 2 Tage, hydraulischer Kalk rein 4 bis 7 Tage brauchte, um nicht mehr im Wasser zu zerfallen, sondern allmählich zu erhärten.

Eben so auffallend ist die rasche Erhärtungsfähigkeit, gemessen durch das Wachsen der Druckfestigkeit bei den Kalk-Cementmörteln, sowohl an der Luft als im Wasser gegenüber den Trass-Mörteln und den Mörteln aus hydraulischem Kalk. Die Zugfestigkeit nimmt ebenfalls durch Zusatz von Kalkteig zu magerem Cementmörtel deutlich zu. Während eine Mischung aus 1 Cement und 7 Sand nach 28 Tagen im Durchschnitt 3,5 kg ergab, brachte ein Zusatz von 1 Kalkteig nach gleicher Zeit eine Festigkeit von 4,1 kg hervor.

Noch auffallender ist die Erhöhung der Druckfestigkeit. 1 Cement und 7 Sand gaben nach 28 Tagen 58,1 kg, nach 84 Tagen 69,3 kg Druckfestigkeit, die gleiche Mischung und 1 Kalkteig nach 28 Tagen 131,5, nach 84 Tagen 167,2 kg Druckfestigkeit.

Die Adhäsion an Backsteinen ist am allereclatantesten der directe Ausdruck der erhöhten Kittkraft. Zwei Backsteine, über Kreuz mit 144 qcm Kittfläche gemauert, gaben bei 1 Cement zu 3 Sand nach 1 Woche 64,0 kg, nach 3 Wochen 90,5 kg Rifsbelastung, 1 Cement zu 5 Sand nach 1 Woche 18,8, nach 3 Wochen 28,3 kg, hingegen 1 Cement zu 7 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche 62,2, nach 3 Wochen 84,7 kg Rifsbelastung.

Verfasser kann dies aus seinen eigenen vielfachen Versuchen vollständig bestätigen und noch hinzufügen, dafs er für 1 Cement, 5 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche für die gleiche Kittfläche von 144 qcm 110,2 kg Tragfähigkeit ohne Rifs, sodann bei stets bleibender Belastung nach 4 Wochen eine Tragfähigkeit von 165,3 kg, ebenfalls ohne Rifs, erhielt; erst bei einer Belastung von 169 kg trat die Trennung mitten in der Fuge ein, während bei weitaus den meisten Proben mit 1 Cement und 3 Sand die Trennung am Backstein eintrat, unter Mitnahme einzelner Ziegelfplitter, und zwar bei einer durchschnittlichen Belastung nach 4 Wochen von 150 kg. Die praktische Tragweite dieser Erfahrungen ist eine

immense und wird sicher dazu führen, endlich bei der Stabilitätsberechnung auch die Mörtelbindekraft mit Sicherheit in Rechnung zu ziehen<sup>79)</sup>.

Durch die vorstehenden Betrachtungen wären zugleich die Ursachen des Mißlingens mancher Portland-Cement-Arbeiten im Hochbauwesen beleuchtet und die Mittel zur Abhilfe gegeben.

Die weiteren Verwendungsarten des Portland-Cementes können kaum mehr andeutungsweise begrenzt werden. Insbesondere macht ihn seine große Härte und die daraus folgende Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung zu Fußboden-Estrichen und Pflasterungen, welche stark begangen werden, geeignet, und daraus hat sich eine blühende und berechnete Cementwaaren-Industrie entwickelt, welche besonders in dem künstlerischen Süden, in Italien und Südfrankreich, aber auch in Deutschland und in Oesterreich eine eigene künstlerisch veredelnde Behandlung des Materials hervorgerufen hat. Entweder werden die Pflasterungen in ganzen Flötzen als zusammenhängende Decke (Estrich) ausgeführt, oder sie werden aus einzelnen Cementplatten zusammengesetzt.

76.  
Estrich  
und  
Pflaster.

Im ersten Falle hat man die Vorsicht zu gebrauchen, daß man den Cementmörtel nicht zu fett macht, besonders an der Oberfläche nicht; noch besser verhindert man das Entstehen von Schwindungsrisfen, wenn man nach dem Vorgange *Schillingers* die Pflasterung in großen Quadraten von etwa 4 qm ausführt, welche durch elastische Zwischenlagen (dünne Theerpappe) getrennt sind; hierdurch kann der Estrich der Ausdehnung bei Temperaturerhöhung und umgekehrt der Zusammenziehung bei Temperaturniedrigung ohne Schaden folgen.

Ist ein Flötzpflaster künstlerisch auszuführen, so wird es meist in Terazzo-Mosaik gelegt, worin die Italiener Meister sind und seit der Verwendung von Portland-Cement hierzu statt des früheren Mörtels (frisch gelöschter Kalk mit Ziegelmehl) ganz vortreffliche, widerstandsfähige und kaum abnutzbare Pflaster für Hausflure und Gänge liefern.

Mit dem Terazzo concurriren lebhaft die Marmor-Mosaik-Platten, welche ebenfalls, wenigstens an der Oberfläche, aus Portland-Cement geformt werden; darin bleiben die verschiedenen Muster ausgepart, ähnlich wie bei den Mettlacher Platten. Die weitere decorative Behandlung ist eben so wie beim Terazzo; nur daß auch häufig die Cementmasse selbst verschiedene Färbemittel erhält, wie es namentlich bei den italienischen und südfranzösischen Mosaik-Fliesen der Fall ist.

Diese Platten werden entweder von der Hand aus fast ganz trockenem, bloß erdfeuchtem Cement geformt und so lange geschlagen, bis sie plastisch werden und Wasser absetzen, oder sie werden unter hydraulischem Druck oder auf Spindel-Schwengelpressen gepreßt, wodurch eine größere Dichtigkeit und glattere Oberfläche erzielt wird, ohne aber, wie häufig geglaubt wird, durch beliebige Steigerung des Druckes eine beliebig größere Festigkeit erzielen zu können, weil plastische Massen, nach Erlangung ihrer Maximaldichte wie Flüssigkeiten nicht mehr zusammendrückbar sind. Ernstlich muß an dieser Stelle vor einem Mißbrauch gewarnt werden, wodurch mancher Schaden entstanden ist. Manche Cementwaaren-Dilettanten benutzen zur Erzeugung von lichter Steinfarbe Kalkasche, das Zerreibsel und den Abfall der Kalkhochöfen, ohne besondere Sorgfalt auf völliges Ablöschen und Absieben zu verwenden, und nehmen hiervon sehr viel in die Mischung. Sind, wie häufig der Fall, gröbere unabgelöschte Körner darunter, so bewirken diese oft erst nach dem Verlegen als Pflaster Treiben der bösesten Art, so daß sogar Mauern ausweichen können, was dann natürlich dem Portland-Cement zugeschrieben wird.

Weitere Details über Cement-Estriche, Terazzo und Plattenpflasterungen, insbesondere über die entsprechenden Unterlagen etc. werden im III. Theile des vorliegenden »Handbuchs« (Abth. IV, Abfchn. 5, Kapitel über »Fußböden« und Abth. V, Abfchn. 3, Kapitel über »Behandlung der Hofflächen und Trottoirs«) gebracht werden.

Eine ganz erfreuliche Entwicklung hat auch die Imitation von Breccien-Marmor, Granit und Porphyr erfahren; schön polirte Säulen, Vasen, Grabmonumente etc. werden in ganz vorzüglicher Qualität geliefert.

77.  
Sonstige  
Cement-  
Fabrikate.

<sup>79)</sup> Näheres über diesen wichtigen Gegenstand: Notizbl. d. deutsch. Ver. f. Fabr. v. Ziegeln etc. 1879. II, S. 189 und 1880. I, S. 120.

Der übrigen Cementwaaren ist schon beim Roman-Cement gedacht worden; nur soll hier wiederholt werden, daß in Cementwaaren, wegen der verlockenden Einfachheit der Herstellung und der Härte des Productes, bereits nahezu Alles bis auf Champagnerstöpsel herunter daraus gegossen und gestampft wird. »Alles schickt sich nicht für Einen« gilt hier in hohem Maße und giebt auch den Schlüssel zu dem Räthsel der Sphinx, warum denn einerseits die Cementwaaren so gelobt und verhimmelt, andererseits so getadelt und verwünscht werden. Wo beständige oder vorherrschende Trockenheit unbedingt nicht zu vermeiden ist, sollte man derlei Producte weglassen oder wenigstens nach dem Vorgange solider Cementwaaren-Fabriken dieselben unter sorgfältiger Anfertigung aus wohlgeprüften Materialien so lange unter günstigen Bedingungen erhärten lassen, bis sie volle Widerstandsfähigkeit erlangt haben.

78.  
Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit von Portland-Cement wurde seiner Zeit wegen der falschen Anschauung, daß dieselbe dem Hectoliter-Gewicht proportional sei, mit für einen wichtigen Werthfactor gehalten. Seither hat sich durch zahlreiche Versuche von verschiedenen Seiten herausgestellt, daß die Gewichts-differenzen im Hectoliter-Gewicht von Portland-Cement maximal nie so gross sind, daß sie nicht bei Verwendung verschieden ausgiebigen Sandes wenigstens ausgeglichen werden könnten.

Verfasser fand z. B. die Ausgiebigkeit von drei verschieden schweren Portland-Cementen wie folgt:

Verfuch.	Gewicht von 1 hl losem Cement.	Ausbeute an Mörtel in Hectolitern bei einer Mischung von Cement zu Sand											
		1 : 0		1 : 3			1 : 0		1 : 3				
			a (fein)	b (gemischt)	c (grob)		a (fein)	b (gemischt)	c (grob)		a (fein)	b (gemischt)	c (grob)
A.	120	0,83	3,00	3,10	2,93	0,74	2,86	2,65	2,08				
B.	130	0,86	3,05	3,10	2,95	0,72	2,35	2,60	2,08				
C.	140	0,88	3,05	3,12	2,95	0,70	2,30	2,55	2,08				
	Kilogr.	In Volumtheilen gemischt, 0,4 Volumtheile Wasserzuzatz					In Gewichtstheilen gemischt, 0,75 Gewichtstheile Wasserzuzatz.						

Die Mörtelausbeute mit *Dyckerhoff'schem* Cement ist folgende: Es ergeben 1 hl loser Cement von 140 kg Gewicht<sup>80)</sup> mit 140 kg losem Sand und Wasser in Volumtheilen gemischt

bei Cement zu Sand zu Wasser	1 : 0 : 0,45	1 : 1 : 0,53	1 : 2 : 0,80	1 : 3 : 1,04
an Mörtel	0,90	1,51	2,31	3,08

Für die Mischungen mit anderen Sandverhältnissen lassen sich auch aus der angegebenen Formel (Art. 71, S. 129) unter Substitution des specifischen Gewichts von Portland-Cement = 3,13 und von Sand = rot. 2,65 die erforderlichen Anhaltspunkte gewinnen.

### f) Kalkmörtel mit hydraulischen Zuschlägen.

Man kann einem gewöhnlichen Kalkmörtel hydraulische Eigenschaften verleihen, wenn man demselben gewisse Stoffe wie Puzzolane, Trafs, Santorinerde, Ziegelmehl, gewisse Schlacken etc. beimengt.

Die Römer haben großartige Wasserbauten aufgeführt mit ihrem *Pulvis puteolanus*, der heute noch vielgebrauchten Puzzolane; der Trafs vom Brohl- und Nette-Thal ist seit dem Mittelalter am Rhein und in

<sup>80)</sup> 1 Tonne Portland-Cement von 180 kg brutto und 170 kg netto enthält etwa 90 l fest gepresste Maffe. Je nach der Feinheit des Cementes und der Art des Einfüllens erhält man beim lofen Messen 110 bis 135 l aus der Tonne. Die Mehrzahl der im Handel vorkommenden Portland-Cemente ergibt 140 kg Gewicht für 1 hl lose eingefüllten Cement; somit enthält die Tonne 121,4 l, der Sack von 60 kg = 43 l lofen Cement, welche Zahlen für die Ausführung zu Grunde gelegt werden können, um über die Ungenauigkeiten, welche das bloße Messen ergibt, hinauszukommen.

Holland als Substrat für dauerhaften Waffermörtel bekannt, und die Santorinerde sollen schon die alten Griechen zu Wasserbauten verwendet haben, während sie in neuerer Zeit erst in diesem Jahrhundert nachweisbar wieder Eingang bei Hafenbauten fand.

- 1) Die Puzzolane soll, wenn sie echte römische ist, braunrothe Farbe haben und ist um so besser, je feiner gemahlen oder gesiebt sie ist und je mehr in Salzsäure gelatinirende Kieselsäure sie enthält. Sie wird meist mit lebendigem, frisch zu Pulver gelöschtem Kalk zu gleichen Volumtheilen und möglichst fett in Verwendung genommen. Ein Hectoliter feingesiebter Puzzolane wiegt lose 88 kg und hat ein spec. Gewicht von 2,40.
- 2) Der Trafs kommt in seiner besten, aufschliefsbarsten Sorte (von Plaidt und Kruft) im Nette-Thal vor, von wo er fein gemahlen und gesiebt oder in Stücken verandt wird; die Holländer vermahlen ihn häufig selbst auf Kollergängen. Er bildet ein lichtgraues, scharfes Pulver und wird meist mit zu Pulver gelöschtem Kalk im Verhältnifs von 1:1 oder mit Fettkalk im Verhältnifs von 1:2 und außerdem mit 1 bis 2 Theilen Sand vermengt, ohne weiteren Wasserzuzatz, als steifer Brei verwendet, welcher dem Wasser erst nach zwei Tagen vollkommen widersteht. Ein Hectoliter wiegt lose 90 kg und hat ein spec. Gewicht von 2,23.
- 3) Die Santorinerde ist in ihrem hydraulischen Verhalten am schwächsten, da sie nur zum Theile aus aufgeschlossenen Silicaten besteht, und bildet ein sehr lockeres mit Bimssteinstücken vermengtes, grauweißes Pulver und wird dem Kalkteig in größeren Quantitäten ( $3\frac{1}{2}:1$ ) zugefetzt. Sie widersteht dem Wasser erst nach Wochen, erhärtet aber dann sehr dauerhaft, verliert jedoch an der Luft sehr rasch ihr Colloidwasser, so dafs Santorin-Mörtel an der Luft bald pulvrig und mürbe wird. Das Hectoliter wiegt 83,3 kg, das spec. Gewicht beträgt 2,37.
- 4) Schon die Römer nahmen als Ersatz für ihre Puzzolane Ziegelmehl; in neuerer Zeit lernte man Steinkohlenschlacken und geeignete Hochofenschlacken hierzu zu verwenden; insbesondere sind letztere die Grundlage einer in England und im Osnabrückischen blühenden Industrie zur Herstellung künstlicher Steine geworden. Die Osnabrücker Schlackensteine haben einen wohlverdienten Ruf und weite Verbreitung. Hierher gehören auch die sog. Schwemmsteine von Neuwied und Umgebung, welche aus vulcanischem Tuff und Trier'schem hydraulischen Kalk angefertigt werden. Nach einer Verfügung der berliner Baudeputation vom 15. November 1873 sollen dieselben aus 90 Gewichtstheilen Bimssteinfand und 10 Gewichtstheilen Trier'schem Kalk kunstgerecht angefertigt und vor der Vermauerung mindestens 6 Monate ausgetrocknet werden. Das Format beträgt  $250 \times 115 \times 100$  mm, das Gewicht eines Steines nur 2,25 kg; solche Steine geben höchst poröse, gefunde und leichte Wände ab; allerdings dürfen sie nicht sehr auf Druckfestigkeit beansprucht werden <sup>81)</sup>.

79.  
Puzzolane,  
Trafs.

80.  
Santorinerde,  
Ziegelmehl.

81.  
Schlacken- u.  
Schwemm-  
steine.

<sup>81)</sup> Versuche von Böhme (vgl. Deutsche Bauz. 1880, S. 39), welche mit den von der Firma Hubaleck u. Co. in Neuwied-Weiffenthurm erzeugten Schwemmsteinen von den oben angegebenen Abmessungen angestellt wurden, ergaben nachstehende Durchschnitts-Resultate.

Gewicht pro Stein: bei gewöhnlichem Trockenzustande 2,47 kg, nach künstlicher Trocknung 2,37 kg, nach 50-stündigem Liegen im Wasser 3,29 kg, nach 125- und 150-stündigem Liegen im Wasser 3,25 kg, daher Gesamtaufnahme an Wasser pro Stein 0,98 kg oder pro 1 kg Steingewicht 0,42 kg.

Druckfestigkeit (bei Wirkung des Druckes gegen die Lagerfläche des Steines): für den Eintritt der Risse 18 kg, für die Zerstörung 29 kg pro 1 q<sup>cm</sup>.

Von allen hydraulischen Zuschlägen, überhaupt von jeder Verbindung von Kalk mit einer hydraulischen Substanz gilt das Gesetz von *Vicat*: »Ganz aufschliessbare Puzzolane (und Portland- und Roman-Cement) soll man mit Fettkalk, weniger aufschliessbare Puzzolane und aufschliessbare Sande (z. B. Feuerstein sand) soll man mit hydraulischem Kalk, die schwächsten Puzzolane und halb aufschliessbare Sande (von Phonolith, Pechstein etc.) mit Roman-Cement, die chemisch unwirksamen Sande mit Portland-Cement mischen, um stark erhärtende Wassermörtel zu erhalten.«

### g) Magnesia- und Gyps-Mörtel.

Die Magnesia-Kalk- und die reinen Magnesia-Cemente haben gegenwärtig eine geringe Bedeutung, verdienen jedoch wegen ihrer außerordentlichen, das Colloid-Wasser oder die Colloid-Flüssigkeit länger, d. i. energischer als die Kalkmörtel feithaltenden Kittfähigkeit, besonders bei Arbeiten, wo große Adhäsion des Mörtels Bedingung ist, besondere Beachtung. Die Entwicklung der betreffenden Industrie schreitet langsam, aber sicher vor und hat in Amerika ihr Hauptgebiet, wo der Mörtel aus Magnesia-Kalk geradezu dominiert<sup>82)</sup>.

Ausgedehnter und mannigfaltiger ist in Europa die Anwendung des Gyps-Mörtels. Will man Gyps, wie er gewöhnlich in der rasch bindenden Form im Handel vorkommt, langsamer bindend machen, so mischt man ihn mit Leimlösung, Pflanzenschleim oder anderen Colloiden, statt mit Wasser, wodurch die Aufnahme von KrySTALLwasser mehr verlangsamt und dadurch der Uebergang in den starren Zustand aufgehoben wird. — Alle Mittel, welche verwendet werden, um Gyps haltbarer, schöner, insbesondere polirbar zu machen, bezwecken eine Verminderung der Porosität und eine dichte, nicht sperrige Ineinanderlagerung der sich bildenden KrySTALLE. Insbesondere ist möglichste Beschränkung des Wasserzusatzes, kräftiges Umrühren, um Luftblasen zu entfernen, Zusatz von Fettkalk — wenig, wenn es sich um Gufs, über 15 Procent, wenn es sich um Modellirung handelt — für dichte Gypsmörtel erforderlich.

Die Verwendung des Gyps-Mörtels ist die älteste unter allen chemischen Mörteln. Die Aegypter haben ihn schon beim Pyramidenbau verwendet. Die verschiedenen Modificationen der technischen Verwerthbarkeit haben es mit sich gebracht, daß der Gyps, besonders unter ungeübten Händen, in Verruf kam. In Gypsgegenden, wie in Paris, am Harz etc. findet der Gyps allgemeine Anwendung statt Fettkalk-Mörtel oder doch als ausgiebiger Zusatz zu solchem. Wandbelege, Decken, Estriche, Façaden werden dafelbst gewöhnlich aus Gyps, und zwar meist aus der langsamer bindenden hydraulischen Modification hergestellt; selbst als Beton unter dem Namen Annalith wird er am Harz mit vorzüglichem Erfolge verwendet. So hat man ganze Fabrikshornsteine daraus gebaut. Die vielfach behauptete und auch beobachtete Empfindlichkeit gegen Witterungseinflüsse ist anderwärts wieder durch vollständig gegenheilige Beobachtungen neutralisirt worden.

Wahrscheinlich ist hier die gleiche Ursache vorhanden, wie beim Portland-Cement; die fachgemäße Verarbeitung guten Materials erzeugt auch beim Gyps dauerhafte Arbeit, wie die Schloßruinen bei Osterode am Harz beweisen, wo die Backsteine ausgewittert und die Gypsfugen stehen geblieben sind, oder die Hauptgesimse des Kreml in Moskau, welche den Brand vom Jahre 1813 überstanden und trotz bedeutender Ausladung bis jetzt unverfehrt dem russischen Klima Stand halten. Vielleicht hängt auch hier die Dauerhaftigkeit mit der Größe der Porosität zusammen. Es giebt Gypsgüsse, welche bis 66 Procent Porosität besitzen; von solchen ist es leicht begreiflich, daß sie dem Froste nicht widerstehen können.

Die Alaun- und Borax-Gypfe oder *Keene's* und *Parian-Cement* finden vielfach zu ornamentalen und figuralen Decorationen Anwendung; herrliche Stuck-Marmore mit feinstem Luftre werden daraus hergestellt. In London sind die bedeu-

<sup>82)</sup> Näheres über diese Mörtelarten in des Verfassers: Die Dolomite und ihre praktische Verwendung. *Techniker* 1872. — Die dolomitischen Cemente und ihre Bedeutung für Bauwissenschaft und Architektur. *Zeitschr. der Oeff. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1873, S. 201.

82.  
Magnesia-  
Mörtel.

83.  
Gyps-  
Mörtel.

84.  
*Keene's*  
u. *Parian-*  
Cement.

tendsten öffentlichen Bauten mit Parian-Cement decorirt. Letzterer soll sich besonders auch indifferent gegen Aufnahme von Miasmen zeigen und wird daher dafelbst in vielen Spitalern als Wandputz verwendet.

Der als Marezzo-Marmor bekannte Stuck-Marmor, welcher in Berlin viele Anwendung fand, ist ein verbesserter *Keen'scher* Alaungyps.

Der Stuck-Marmor ist in Bezug auf künstlerische Wirkung das beste Decorationsmittel, erfordert aber verständige und geübte Bearbeitung. Es lassen sich alle natürlichen Decorationssteine auf das Täuschendste damit nachahmen und eine Politur erzielen, welche der des schönsten Marmors nicht nachsteht.

85.  
Stuck-  
Marmor.

Die Grundmasse wird aus einem Gypsteig gemacht, dem man unter dem Anmachen mit Leimwasser die gewünschte Nuance mittels Mineralfarbe giebt. Gewöhnlich macht man von jeder Farbe mehrere Nuancen. Um nun wolkigen Marmor zu machen, formt man aus dem Grundteig Kugeln verschiedener Größe, die man über einander wirft und dann die Zwischenräume mit der beabsichtigten Aderungsfarbe in Form dünnen Gypsbreies ausfüllt. Breccien-Marmor wird durch walzenförmiges Ausziehen, Kantigformen und dann Zerreißen in unregelmäßige eckige Stücke vorgebildet. Zum Anfertigen von Granit und Porphyr werden die nach dem hervortretenden Mineral roth, dunkelgrün oder weiß gefärbten Gypspasten in Platten geformt, anziehen gelassen, sodann in Stücke von gewünschter Größe zerbrochen und der Grundmasse beigeengt. Zu Weiß nimmt man auch direct Stücke aus ungebranntem Alabafter.]

Das Ganze wird dann zu einem Ballen geformt und dieser in flache Scheiben geschnitten, welche auf den schon aufgetragenen Grundputz von Gyps-Mörtel mit Sand und Leimwasser angedrückt, nachdem beide zu verbindende Flächen gut genetzt waren. Dann beginnt, nach völligem Abbinden, zuerst das Abhobeln, wodurch die größten Unebenheiten weggebracht werden, sodann das Ausfüllen der gebliebenen Löcher mit verständig gewählter Gypspaste und sorgsamem Glätten mittels Holzspateln. Sodann wird geschliffen, zuerst mit größerem, sodann mit stets feinerem Sand- und Bimsstein, bis zuletzt Achat und Blutstein an die Reihe kommen, wodurch schon Hochglanz erzeugt wird. Jedesmal wird die Wand wieder trocken gelassen. Um die Politur zu erhalten, wird die Mauer mit Leinöl getränkt und zuletzt nach dem Einziehen mit Terpentinöl und etwas Wachs überzogen und mit Flanellappen die Politur neuerdings hervorgerufen. Intarsien und Mosaik werden in ähnlicher Weise wie bei den Cementplatten durch Ausparen der Zeichnung und nachheriges Ausfüllen hergestellt.

In ähnlicher Weise wird Gyps auch zu Terazzo benutzt. (Vergl. Art. 76, S. 133.)

Um Gyps zu härten und abwaschbar zu machen, wird er entweder mit einer Lösung von Paraffin oder Stearin in Petroleum-Aether behandelt oder nach *Filfinger* mit Barytwasser und Borflure getränkt.

## Literatur

über die »verschiedenen Mörtelarten und ihre Grundstoffe«.

- PANZER. Ueber das Vorkommen des hydraulischen Kalkes etc. 1836.  
 LEBRUN. Der Steinmörtel etc. Aus dem Französischen. Ulm 1837.  
 BECKER. Erfahrungen über den Portland-Cement. Berlin 1853.  
 GÖRZ, R. Chemische und praktische Untersuchung der wichtigsten Kalke des Herzogthums Nassau. Wiesbaden 1854.  
 COHN, J. Ueber die Wichtigkeit der Cemente in Beziehung auf gesunde Wohnungen, dauerhafte Wasser- und Prachtbauten, Kunststeine, Anlegung von Silos, sowie auf Fabriks-Industrie. etc. Breslau 1855.  
 MANGER, J. Die Portland-Cemente etc. Berlin 1859.  
 HERTEL, A. W. Die Lehre vom Kalk und Gyps in ihrem ganzen Umfange. 3. Aufl. Weimar 1860.  
 AUSTIN. *Practical treatise on the preparation, combination and application of calcareous and hydraulic limes and cements.* London 1862.  
 ORBACH, J. v. d. Tuffstein, Trafs und hydraulischer Mörtel. 2. Aufl. Coblenz 1863.  
 HEUSINGER v. WALDEGG, E. Der Gypsbrenner, Gypsgieser und Gypsbaumeister. Leipzig 1863.  
 ZIUREK. Ueber Mörtel. Zeitsch. des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover. 1863, S. 381.  
 MIHALIK, J. v. Die hydraulischen Kalke und Cemente. Pest 1865.

- REID, H. *Practical treatise on the manufacture of Portland cement*. London 1868.  
 Färbung von Kalk-Mörtel. Deutsche Bauz. 1868, S. 436.
- MICHAËLIS, W. Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement in chemisch-technischer Beziehung. Leipzig 1869.
- BECKER, W. A. Praktische Anleitung zur Anwendung der Cemente zu baulichen, gewerblichen, landwirthschaftlichen und Kunst-Gegenständen. 2. Ausg. Berlin 1869.
- Hydraulische Mörtel. Deutsche Bauz. 1869, S. 275.
- LOEFF, P. Gründliche Anleitung zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelöfen, sowie zum Betriebe von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien. Berlin 1870.
- BÖHMER, E., u. F. NEUMANN. Kalk, Gyps und Cement. Handbuch für Anlage und Betrieb von Kalkwerken, Gypsmühlen und Cementfabriken. 4. Aufl. von Hertel's »Lehre von Kalk und Gyps« in gänzl. Umarbeitung. Weimar 1870.
- Kalk-Cement-Mörtel. Deutsche Bauz. 1870, S. 165.
- GILMORE, Q. *Practical treatise on limes etc. 4th edit.* New-York 1872.
- LOEFF, P. Entwürfe zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien, in vollständig ausgeführten Zeichnungen nebst gründlicher Anleitung zum Betriebe derartiger Anlagen. 2. Aufl. Leipzig 1873.
- GERSTENBERGK, H. v. Die Cemente, ihre Bereitung aus natürlich-hydraulischen und künstlich-hydraulischen Kalken, sowie ihre Anwendung zu baulichen, gewerblichen und landwirthschaftlichen Zwecken, wie auch zu Kunstgegenständen. 2. Aufl. Weimar 1874.
- Mörtel mit Sägespänen gemischt. Deutsche Bauz. 1870, S. 75; 1876, S. 150.
- HEUSINGER v. WALDEGG, E. Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei. In ihrem ganzen Umfang und nach den neuesten Erfahrungen. 3. Aufl. Leipzig 1876.
- KLOSE, H. Der Portland-Cement und seine Fabrikation. Wiesbaden 1876.
- BEHRMANN, Th. Beiträge aus Rußland zur Kenntniß des Portland- und Roman-Cements. Riga 1876.  
 Nutzwert verschiedener hydraulischen Mörtelmaterialien. Deutsche Bauz. 1878, S. 29.
- Rheinischer Trafs. Deutsche Bauz. 1878, S. 311.
- ZWICK, H. Kalk- und Luftmörtel etc. Wien 1879.
- ZWICK, H. Hydraulischer Kalk und Portland-Cement etc. Wien 1879.
- HAUENSCHILD, H. Katechismus der Baumaterialien. II. Theil. Die Mörtelsubstanzen. Wien 1879.
- STEGMANN, H. Die Kalk-, Gyps- und Cementfabrikation. Berlin 1879.
- WOLFF, E. W. Ueber Mörtel-Mischungen und Mörtel-Proben. Deutsche Bauz. 1879, S. 292.
- NAGEL, H. Die Bereitung und Verwendung der Cemente, ferner die Zusammensetzung und Verwendung des Glases. Stuttgart 1880.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. 58. Heft. Der Portland-Cement. Von W. W. MACLAY.  
 Deutsch von B. STAHL und R. RUDLOFF. Leipzig 1880.
- DYCKERHOFF, R. Eigenschaften und Festigkeit verschiedener hydraulischer Mörtel- und Betonarten, insbesondere aus Portland-Cement. Deutsche Bauz. 1880, S. 120.

#### h) Mörtel-Bereitung.

Im Vorhergehenden ist bereits Mehreres über die Bereitung des Mörtels, namentlich in so weit sie durch Handarbeit geschieht, gefagt worden; insbesondere sind die Hauptgrundsätze, die bei der Mörtel-Bereitung maßgebend sind, angegeben worden. Einige hier einschlägige Einzelheiten wird auch noch der Anhang zum III. Theile dieses »Handbuches« (Die Bauführung) bringen. Demgemäß werden wir uns an dieser Stelle ziemlich kurz fassen können.

Es geht aus dem Begriffe der Wirkungsweise der Mörtel hervor, daß Alles, was die Annäherung der einzelnen Bestandtheile des Mörtels befördert und was die Gleichmäßigkeit der Mischung erhöht, die Qualität des Mörtels verbessern müsse, und zwar in einem Grade, welcher genau durch die Elemente des *Stefan'schen* Gesetzes gegeben ist.

Bei der Schwierigkeit, einen vollkommen gleichmäßigen Mörtel mittels Handarbeit zu erzielen und bei dem kolossalen Mörtelbedarf der großen Bauten der Neuzeit hat auch hier die Benutzung von Maschinen schon frühzeitig Eingang gefunden.

Unter den verschiedenen Constructionen von Mörtel-Maschinen lassen sich im Wesentlichen drei Systeme unterscheiden: Maschinen mit Zinken, mit Quetschwerk und mit Messern.

1) Mörtel-Maschinen mit Zinken haben den Vortheil, daß bei ihnen alle Zwischenmechanismen, wie Räder, Riemen etc. entbehrlich sind, da man einen der Arme, welche die mischenden Zinken tragen, verlängern und die Pferde direct daran spannen kann; dagegen wird die Arbeit des Mengens von ihnen nicht gehörig vollführt.

Hierher gehört die älteste Construction einer Mörtelmaschine, jene von *Perronet*; sie ist nichts als ein kreisrunder, flacher Rührapparat nach Art der Thon-Rührwerke, entweder mittels Göpel für Pferdebetrieb oder für Maschinenantrieb eingerichtet. Das Mischen vollbringen nach abwärts bis auf die ringförmige Mischbahn reichende Zinken, welche an einem Querarm gut verankert sind und schaufelartige Fortsätze tragen, wodurch ein stetes Umwenden und Durchmischen bewirkt wird.

2) Mörtel-Maschinen mit Quetschwerk. In einer offenen Pfanne wird die Mischung durch umlaufende Quetschwalzen bewirkt, oder aber es wird die Pfanne unter den rotirenden Walzen in Umdrehung gesetzt; der Nutzeffect ist den neueren Maschinen mit Messern gegenüber ein geringer; auch macht man solchen Apparaten den Vorwurf, daß der Sand zerdrückt wird, was allerdings bei Sanden, die sehr grobe Körner enthalten, kein Nachtheil ist.

Man hat auch die beiden Systeme mit Quetschwerk und mit Zinken combinirt und damit eine Maschine erzielt, welche einen besseren Nutzeffect giebt und sich für Pferdebetrieb gut eignet.

Als Beispiel diene die Maschine von *Le Brun*, welche, wie die *Perronet*'sche, eine kreisrunde Mischbahn mit lothrechter Welle besitzt; aber an der Welle sitzen an Armen 4 Paar schwere Wagenräder, welche den Mörtel kneten und die Knollen zerdrücken, während 4 Arme mit Zinken die niedergewalzte Mörtelmasse hinter jedem Rade wieder aufrühren und umwenden. Nachdem die Masse genügend gemischt ist, werden zwei die ganze Mischbahn quer durchsetzende Schaufeln, welche, bisher aufgehangen, mitrotirten, herabgelassen und gleichzeitig ein Schieber am Boden derselben geöffnet. Dadurch wird der fertige Mörtel prompt entfernt.

In das vorliegende System sind auch die Kollergänge einzureihen, welche namentlich in England üblich sind; hinter jedem Kollerrad wendet eine Art Pflugschar den Mörtel einmal nach einwärts, das andere Mal nach auswärts, und ein ebenfalls suspendirter Abstreicher entfernt nach der nöthigen Anzahl Touren die Masse durch ein Loch am Umfange der Kollerpfanne. — *Grothe* in Luxemburg hat eine Maschine construirt, die gleichfalls aus einem Kollergang mit zwei schweren eisernen Walzen besteht und stündlich ca. 6,2 cbm Mörtel liefert.

3) Mörtel-Maschinen mit Messern. Es war naheliegend, das Princip der Thonschneider für die Mörtelbereitung zu verwenden; die neueren Maschinen sind fast ausschließlich nach diesem System construirt. Der Mörtel wird in cylindrischen Trommeln, die im Inneren mit Messern besetzt sind, gemischt. Man hat Maschinen mit lothrecht, mit schräg und mit wagrecht liegender Mischtrommel.

*Roger* in Paris hat den stehenden Thonschneider für die Zwecke der Mörtelbereitung umgeändert, und die französischen Architekten und Ingenieure arbeiten vielfach mit seinen Maschinen. Diese sind nichts als stehende Cylinder mit einer oberen trichterförmigen Mündung und lothrechter rotirender Messerwelle im Inneren. Drei Kränze von spiralförmig gestellten Armen mit Seitenzinken, wovon der mittlere an der Außenwand festsetzt, kneten und mengen den Mörtel, indem sie ihn zugleich nach dem Boden zu drücken. Dasselbst befindet sich ein sternförmiges System von breiten Flacheisen, welches durch eine Anzahl Schlitze im Boden den fertigen Mörtel durchpreßt. Die Leistung ist durchschnittlich die von 8 Mörtelarbeitern. Am Hafengebäude von Algier wurden sehr günstige Erfahrungen damit gemacht. — Die von *Boué* construirt Mörtelmaschine hat einen Eisenblech-Cylinder von ca. 1 m Höhe und 0,85 m Durchmesser,

worin sich eine mit den radial gestellten Meßern besetzte verticale Welle dreht; damit die Masse nicht zu schnell durch die Trommel hindurchgehe, sind im Inneren der letzteren noch ein paar feste Arme angeietet. Mittels einer 4-pferdigen Locomobile können in 10 Stunden ca. 60 cbm Mörtel erzeugt werden. Aehnliche lothrecht stehende Mörtelmaschinen für Handbetrieb werden jetzt beim Bau der Gotthardbahn verwendet.

Die lothrechten Mörtelmaschinen haben aber nothwendig einen unvermeidlichen Fehler, nämlich das besonders anfangs die Mischung wegen des Durchfallens der zu mischenden Mörtelbestandtheile nicht gleichmäßig genug ist. Dieser Uebelstand fällt bei den Mörtelschneidern liegender Construction weg, welche gegenwärtig in Deutschland am gebräuchlichsten sind, obwohl die stehenden Maschinen einen geringeren Kraftaufwand erfordern.

Bei den Maschinen mit schräg liegender Trommel wird die letztere, nachdem sie mit den Mörtelsubstanzen gefüllt ist, in Rotation gesetzt. Solche Maschinen werden häufig vorgezogen, wenn der Mörtel sofort zur Betonbereitung verwendet werden soll, weil er alsdann direct aus der Trommel in die unterhalb liegende Betontrommel geleitet werden kann.

Unter den Maschinen mit horizontaler Trommel ragt besonders jene von *Schlickeysen* hervor.

Die Mörtel-Maschine von *Schlickeysen* hat sich bei vielen Bauten in Berlin, Hamburg etc. seit Jahren bewährt und ist jetzt so verbessert und hat solche unleugbare Vortheile gebracht, das man nach dem Vorgange Berlins schon hie und da eigene Mörtelfabriken angelegt hat, welche, mittels Dampf betrieben, überall auf die Bauten hin den fertigen Mörtel liefern.

Ein liegender Cylinder mit spiralförmig an einer centralen Achse und an den Außenwänden angeordneten Knetmessern empfängt aus einem Trichter mit Regulirvorrichtung immer die entsprechende Menge Kalkbrei und Sand, welche beide durch verhältnismäßige Becherwerksaufzüge zugeführt werden; der Sandaufzug ist außerdem noch mit einer Siebvorrichtung zur Entfernung des groben Kiefes versehen. Der fertige Mörtel verläßt am entgegengesetzten Ende des Cylinders denselben und fällt gleich in die Transportwagen. Gewöhnlich ist zur Erhaltung vollkommen sicher continuirlichen Betriebes eine Reservemaschine mit aufgestellt. Eine 6-pferdige Dampfmörtel-Anlage leistet in 10 Arbeitsstunden gegen 100 cbm Mörtel, ersetzt demnach reichlich 50 Mörtelmacher und verforgt 300 Maurer, angenommen, das ein Maurer pro Tag 500 Backsteine (Normalformat) vermauert und auf 1000 Ziegel  $6\frac{2}{3}$  hl Mörtel benöthigt.

Die unzweifelhaft und schlagend, besonders beim Bau der Berliner Börse und des anhalter Bahnhofes in Berlin hervorgetretenen Vortheile sind: Ersparungen an Arbeitslohn, Ersparung an Raumbedarf (der Hauptgrund der raschen Einbürgerung der Mörtelfabriken), stets gleich bleibende egalste Mischung und besonders auch Ersparung an Kalk, resp. Cement.

## Literatur

über »Mörtelmaschinen«.

- LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechanische Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.
- Mörtelmaschine von ROGER. *Journ. de l'arch.* 1850, S. 93. *Polyt. Centralbl.* 1850, S. 1356.
- OPPERMANN. Notiz über eine bei dem Baue der Innerste-Brücke im Gebrauch befindliche Mörtelmaschine. *Notizbl. des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover.* 1852—53, S. 11.
- LENTZE. Mörtelmühle für den Bau der Weichfelbrücke bei Dirschau. *Zeitschr. für Bauw.* 1861, S. 378.
- FRANZIUS. Kritik der gebräuchlichen Mörtelmaschinen. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 136.
- Mörtelbereitungsmaschine. ROMBERG's *Zeitschr. für prakt. Bauk.* 1870, S. 199.
- KOPKA. Die mechanische Mörtel- und Beton-Bereitung. *HAARMANN's Zeitschr. für Bauhdw.* 1871, S. 97, 116, 131, 145.
- Ueber Mörtelmaschinen. *Maschinenbauer* 1871, S. 375.
- Mörtelmühle mit Selbstentleerungsapparat. *HAARMANN's Zeitschr. für Bauhdw.* 1871, S. 188.
- Ueber Mörtelmaschinen. *Deutsche Bauz.* 1873, S. 226.
- Fabrikmäßige Mörtelherstellung für Berliner Bauten. *Deutsche Bauz.* 1876, S. 230.

RÜHLMANN, M. Allgemeine Maschinenlehre. 2. Band. 2. Aufl. Braunschweig 1876. S. 296—307.  
 SCHLICKEYSEN. Verbesserungen an Ziegel-, Torf- und Mörtelmaschinen. Polyt. Journ. Bd. 234, S. 181.  
 Transportable Mörtelmühle. Maschinenbauer 1880, S. 185.

### i) Prüfung und Festigkeit der Mörtel.

Die Wichtigkeit des Mörtels als Baumaterial hat zur Prüfung der Qualität desselben geführt, und zwar wurde und wird, je nach der verschiedenen Beanspruchungsweise, welche die eine oder die andere Art der Festigkeit oder sonstige Eigenschaften erfordert, bald die Bindekraft in sich oder mit Sand oder die Adhäsion an Steinflächen, also die Zugfestigkeit, bald die am meisten in Anspruch genommene Druckfestigkeit, bald die Bruchfestigkeit, bald die Wasserdichtheit, Volumbeständigkeit und Witterungsbeständigkeit erprobt.

Befonders sind es in neuerer Zeit die außerordentlichen Fortschritte in der Fabrikation und Anwendung von Cement, welche zur Entwicklung möglichst einheitlicher rationeller Prüfungsmethoden und zur Vervollkommnung der Prüfungsapparate geführt haben. Auf Grund sehr zahlreicher Versuche, welche ursprünglich *Grant* in England, sodann insbesondere *Michaëlis* in Berlin durchführten, hat als nun allgemein übliche Prüfungsmethode die Prüfung auf Zerreißungsfestigkeit Platz gegriffen, einerseits weil dieselbe thatsächlich der Ausdruck der wirklichen Cohäsion ist, von der aus auch auf alle anderen Arten der Beanspruchung mit praktisch hinreichender Sicherheit geschlossen werden kann; andererseits weil diese Prüfungsmethode gestattet, mit verhältnißmäßig einfachen und billigen Apparaten in kurzer Zeit eine große Anzahl von Proben durchzuführen, während die Prüfung auf Druckfestigkeit große Unzukömmlichkeiten in der Ausführung bietet, sowohl wegen der Schwierigkeit, homogene, mit völlig parallelen Druckflächen versehene Probekörper herzustellen, als auch wegen der hohen Kosten der hiezu nöthigen Prüfungsapparate.

Die Verhältnisse zwischen Zugfestigkeit und Druckfestigkeit sind variabel mit der Aenderung der maßgebenden Factoren: Art des Bindestoffes an sich, Qualität desselben, Zeit der Erhärtung, Medium derselben, Art und Menge des Sandzufutzes und des Wasserzufutzes. Deshalb ist es gefährlich, von einem gesetzmäßigen Verhältniß der Druck- zur Zugfestigkeit zu sprechen: es wird dabei immer Gleichheit aller wirksamen Factoren vorausgesetzt, und entstehen deshalb bei einem und demselben Material je nach der Zeit der Erhärtung, nach der Art des Anmachens, nach dem Sand- und Wasserzufutze und nach dem Medium, in welchem die Erhärtung stattfindet, verschiedene Zahlen. Deshalb giebt auch die jetzt eingeführte Normenprüfung nur über die relative Werthbestimmung verschiedener Mörtelsubstanzen Aufschluß.

Bei Fettkalk und bei schwach hydraulischem Kalk ist nach eingetretener Erhärtung, etwa nach 3 Monaten, das Verhältniß von Druck- zur Zugfestigkeit bei Lufterhärtung und einem Mischungsverhältniß von 1 Volumtheil Kalk auf 2 Volumtheile reinen Sand 1 : 2,5; bei Erhärtung in wasserdurchränktem Sande 1 : 6, wobei noch zu bemerken, dass die Zug- und Druckfestigkeit ohne Sandbeimengung nahezu unmeßbar klein ist, weshalb diese Classe mit Recht nach *Hoffmann* unselbständige Mörtel genannt wurde.

Bei manchem Roman-Cement und bei manchem natürlichen Portland-Cement tritt der Fall ein, daß die Eigenfestigkeit in einer gewissen Zeit gleich ist der Festigkeit mit 2 bis 3 Theilen Sand, während die Druckfestigkeit etwa anfangs sich als das 11-fache, dann das 7-fache und nach sehr langer Erhärtung wieder steigend bis zum 16-fachen der Zugfestigkeit darstellt.

Bei Portland-Cement sind die Verhältnisse nach der Zeit, dem Sande etc. noch mehr verschieden; dazu kommt hier die nicht seltene Erscheinung des Treibens nach einiger Zeit, wodurch die Zugfestigkeit

87.  
Prüfung  
der  
Festigkeit.

88.  
Zug- u.  
Druckfestigkeit.

gegenüber der Druckfestigkeit sehr herabgedrückt wird, und die Erscheinung der Nachhärtung beim Wechsel zwischen Wasser und Luft als Medium.

Bei den unten beschriebenen Normen-Proben fand sich im großen Ganzen einmal das Verhältniß von Zug zu Druck = 1 : 6, dann mit der Zeit der Erhärtung steigend bis nach 3 Monaten auf 1 : 8,5; nach mehr als 2 Jahren hingegen kann es auf 1 : 20 gehen. Mit steigendem Sandzufatze sinkt allmählich die Druckfestigkeit gegen die Zugfestigkeit, und der Einfluß des Sandzufatzes auf die Zugfestigkeit nach Grant ist in 1 Jahre, reiner Cement = 100 gesetzt,

bei 1 Cement und 1 Sand	= ca. 75 Procent
» 1 » » 2 »	= » 50 »
» 1 » » 3 »	= » 33 »
» 1 » » 4 »	= » 25 »
» 1 » » 5 »	= » 17 »

89.  
Zugfestigkeit  
d. Cement-  
Mörtels.

Die Festigkeit des reinen Roman-Cement-Mörtels und Portland-Cement-Mörtels ist in der Regel — aber mit Ausnahme — unter Wasser anfangs geringer, später gleich groß mit der an der Luft, während sich magere Cement-Mörtel überhaupt an der Luft günstiger stellen, als im Wasser. Die Zunahme der Erhärtung erfolgt bei Roman-Cementen langsam, aber je nach der Beschaffenheit in ab- und aufwärts steigenden Curven, so daß z. B. ein rasch bindender Roman-Cement-Mörtel unmittelbar nach dem Abbinden eine eben so große Festigkeit haben kann, wie in einem Monat, während er in der Zwischenzeit bedeutend geringere Werthe aufweist. Die Erhärtung ist eine lang andauernde und das Endresultat doch absolut geringer, als beim Portland-Cement.

Dieser bindet in der Regel langsam, erhärtet aber um so rascher, je langsamer er bindet, gute Qualität überhaupt vorausgesetzt, so daß alle Normen-Bestimmungen auch auf die Bindezeit Rücksicht nehmen mußten.

Dies gilt gleichermaßen von der Erhöhung der Selbstfestigkeit, wie der Sandfestigkeit.

Die Zahl der hierüber angestellten Versuche ist ungemein groß; fast jeder Tag bringt trotz der jetzt bereits eingebürgerten Prüfung nach bestimmten Normen neue Gesichtspunkte und Erfahrungen und lehrt uns, daß das große Gebiet der Festigkeitslehre auch hier erst in feinen Grenzlinien bekannt ist.

90.  
Normen f.  
Cement-  
Lieferungen.

Es dürfte sich nunmehr empfehlen, die einschlägigen schon mehrfach genannten Normen, welche in Deutschland bereits eine weit gehende Verwerthung gefunden haben, hier aufzunehmen.

#### Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement.

Nach den Beschlüssen des Architekten-Vereins zu Berlin. Vereins Berliner Bau-Interessenten: Berliner Baumarkt. Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement. Vereins deutscher Cement-Fabrikanten. Beschlossen 1877.

#### I.

Das Gewicht der Tonnen und Säcke, in welchen Portland-Cement in den Handel gebracht wird, soll ein einheitliches sein; es sollen nur Normal-Tonnen von 180 kg brutto und 170 kg netto, halbe Tonnen von 90 kg brutto und 83 kg netto, so wie Säcke von 60 kg Brutto-Gewicht von den Fabriken gepackt werden.

Streuverlust, so wie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 Procent nicht beanstandet werden.

Die Tonnen und Säcke sollen die Firma der betreffenden Fabrik und die Bezeichnung des Brutto-Gewichtes tragen<sup>83)</sup>.

<sup>83)</sup> Motive zu I. Ein einheitliches Gewicht der im Handel vorkommenden Tonnen und Säcke existirt bis jetzt nicht. Während die norddeutschen Fabriken sowohl von 200 kg, als auch solche von 180 kg packen, haben die Tonnen der west- und süddeutschen, so wie die der meisten englischen Fabriken ein Gewicht von 180 kg brutto; es kommen indess auch noch leichtere Tonnen, namentlich im Kleinverkehr beim Wiederverkauf vor. Da nun der Preis pro Tonne gestellt wird, so ist die Ein-

## II.

Je nach der Art der Verwendung ist Portland-Cement langsam oder rasch bindend zu verlangen. Für die meisten Zwecke kann langsam bindender Cement angewandt werden, und es ist diesem dann wegen der leichteren und zuverlässigeren Verarbeitung und wegen seiner höheren Bindekraft immer der Vorzug zu geben.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche in  $\frac{1}{2}$  Stunde oder in längerer Zeit erst abbinden<sup>84)</sup>.

## III.

Portland-Cement soll volumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein dünner, auf Glas oder Dachziegel ausgegoffener Kuchen von reinem Cement, unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf<sup>85)</sup>.

## IV.

Portland-Cement soll so fein gemahlen sein, daß eine Probe desselben auf einem Sieb von 900 Maschen pro 1 qcm höchstens 25 Procent Rückstand hinterläßt<sup>86)</sup>.

## V.

Die Bindekraft von Portland-Cement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Die Prüfung soll auf Zugfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen, und zwar mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Zerreißungs-Apparaten.

Die Zerreißungs-Proben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche vorzunehmen<sup>87)</sup>.

Führung eines einheitlichen Gewichts im Interesse der Consumenten und des realen Geschäfts dringend geboten. — Hierzu ist das weitaus gebräuchlichste und im internationalen Verkehr fast ausschließlich geltende Gewicht von 180 kg brutto = ca. 400 Pfd. engl. gewählt worden. Die theilweise noch übliche Tonne von 200 kg soll aus praktischen Gründen ausnahmsweise noch bis zum Schlufs des Jahres 1879 zulässig sein.

Nachdem die wesentlich billigere Verpackung in Säcken sich seit einer Reihe von Jahren in Süddeutschland, Holland, Belgien, England u. s. w. für sehr viele Fälle als durchaus genügend erwiesen hat, ist diese Verpackungsweise wegen der großen, für den Consumenten zu erzielenden Ersparnis, namentlich für größere Lieferungen, ganz besonders zu empfehlen. Für das zur einheitlichen Einführung zu bringende Gewicht von 1 Sack wurde 60 kg als das geeignetste befunden, weil ein solches Gewicht mit Leichtigkeit zu transportieren ist und weil dann das Brutto-Gewicht von 3 Säcken dem von 1 Tonne entspricht.

<sup>84)</sup> Erklärungen zu II. Um die Bindezeit eines Cements zu ermitteln, rühre man den reinen Cement mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glas- oder Metallplatte einen etwa 1,5 cm dicken, nach den Rändern hin dünn auslaufenden Kuchen. Sobald der Kuchen so weit erstarrt ist, daß derselbe einem leichten Druck mit dem Fingernagel oder mit einem Spatel widersteht, ist der Cement als abgebunden zu betrachten.

Da das Abbinden von Cement durch die Temperatur der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflusst wird, in so fern höhere Temperatur dasselbe beschleunigt, niedere Temperatur es dagegen verzögert, so sollten die Versuche, um zu übereinstimmenden Resultaten zu gelangen, bei einer mittleren Temperatur des Wassers und der Luft von etwa 15 bis 18° C. vorgenommen, oder, wo dies nicht angängig, die jeweiligen Temperatur-Verhältnisse immer in Berücksichtigung gezogen werden.

Während des Abbindens darf langsam bindender Cement sich nicht wesentlich erwärmen, wohingegen rasch bindende Cemente eine merkliche Temperatur-Erhöhung aufweisen können.

Portland-Cement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft. Die noch vielfach herrschende Meinung, daß Portland-Cement bei längerem Lagern an Qualität verliere, ist daher eine irrige, und es sollten Contracts-Bestimmungen, welche nur frische Waare vorschreiben, in Wegfall kommen.

<sup>85)</sup> Erklärungen zu III. Der zur Bestimmung der Bindezeit angefertigte Kuchen wird sammt der Glasplatte unter Wasser gebracht. Bei rasch bindenden Cementen kann dies schon nach  $\frac{1}{4}$  bis 1 Stunde nach dem Anmachen der Probe geschehen; bei langsam bindenden dagegen darf es, je nach ihrer Bindezeit, erst nach längerer Zeit, bis zu 24 Stunden nach dem Anmachen, stattfinden. Zeigen sich nun nach den ersten Tagen oder nach längerer Beobachtungszeit an den Kanten des Kuchens Verkrümmungen oder Risse, so deutet dies unzweifelhaft »Treiben« des Cements an, d. h. es findet, in Folge einer allmählichen Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhangs, unter Volum-Vermehrung eine beständige Abnahme der Festigkeit statt, welche bis zu gänzlichem Zerfallen des Cements führen kann.

Eine weitere Probe zu gleichem Zweck ist die folgende: Es wird der zu untersuchende Cement mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt und damit auf einem Dachziegelstück, welches mit Wasser vollständig getränkt, jedoch äußerlich wieder abgetrocknet ist, ein nach Außen hin dünn auslaufender Kuchen gegossen; je nach der Bindezeit des Cements wird diese Probe, wie oben angedeutet, nach kürzerer oder längerer Zeit unter Wasser gelegt. Wenn der Kuchen weder in den ersten Tagen, noch später sich vom Stein ablöst, noch auch Verkrümmungen oder Risse zeigt, so wird der Cement beim Bau nicht treiben.

<sup>86)</sup> Motive und Erklärungen zu IV. Da Cement fast nur mit Sand, in vielen Fällen sogar mit hohem Sandzufatz verarbeitet wird, die Festigkeit eines Mörtels aber um so größer ist, je feiner der dazu verwendete Cement gemahlen war (weil dann mehr Theile des Cements zur Wirkung kommen), so ist die feine Mahlung des Cements von nicht zu unterschätzendem Werth. Es erscheint daher angezeigt, die Feinheit des Korns durch ein feines Sieb von obiger Maschenweite einheitlich zu controliren.

Es wäre indeß irrig, wollte man aus der feinen Mahlung allein auf die Bindekraft eines Cements schließen, da geringe, weiche Cemente weit eher sehr fein gemahlen vorkommen, als gute, scharf gebrannte; letztere aber werden selbst bei gröberer Mahlung doch stets eine höhere Bindekraft aufweisen, als die ersteren.

<sup>87)</sup> Motive zu V. Da man erfahrungsgemäß aus den mit reinem Cement gewonnenen Festigkeits-Resultaten nicht einheitlich auf die Binefähigkeit zu Sand schließen kann, namentlich wenn es sich um Vergleichung von Cementen aus ver-

## VI.

Guter Portland-Cement soll bei der Probe mit 3 Gew.-Theilen reinem scharfem Sand auf 1 Gew.-Theil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimal-Zugfestigkeit von 8 kg pro  $1\text{ cm}^2$  haben. Für besondere Zwecke kann eine höhere Zugfestigkeit verlangt werden.

Der zu dieser Probe zu verwendende Normal-Sand von bestimmter Korngröße wird dadurch gewonnen, daß man den in der Natur vorkommenden Sand durch ein Sieb von 60 Maschen pro  $1\text{ cm}^2$  sibt, dadurch die größten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro  $1\text{ cm}^2$  noch die feinsten Theilchen entfernt.

Die Probekörper müssen sofort nach der Entnahme aus dem Wasser geprüft werden.

Bei schnell bindenden Cementen kann die Zugfestigkeit von 8 kg pro  $1\text{ cm}^2$  nach 28 Tagen nicht beansprucht werden<sup>88)</sup>.

#### Beschreibung der Proben zur Ermittlung der Bindekraft.

Da es vor Allem darauf ankommt, daß bei Prüfung desselben Cementes an verschiedenen Orten möglichst übereinstimmende Resultate erzielt werden, so mußten bestimmte Normen für eine durchaus gleichmäßige Behandlung der Probekörper aufgestellt werden. Nur bei genauer Einhaltung dieser im Nachstehenden gegebenen Regeln wird es möglich sein, zu übereinstimmenden Zahlen zu gelangen.

Man legt auf eine zur Anfertigung der Proben dienende Metall- oder Marmorplatte 5 mit Wasser getränkte Blättchen Fließpapier und setzt hierauf 5 vorher gut gereinigte und mit Wasser angenetzte Formen. Man wiegt 250 g Cement und 750 g trockenen Normal-Sand ab und mischt beides in einer Schale gut durcheinander. Hierauf bringt man  $100\text{ ccm} = 100\text{ g}$  Wasser hinzu und arbeitet die ganze Masse mit einem Spatel so lange durch, bis dieselbe ein gleichmäßiges Ansehen zeigt. Man erhält auf diese Weise einen sehr steifen Mörtel, welcher das Aussehen von frisch gegrabener, feuchter Erde hat und sich in der Hand gerade noch ballen läßt. Mit diesem Mörtel werden die Formen auf ein Mal so hoch angefüllt, daß sie stark gewölbt voll werden. Man schlägt nun mittels eines eisernen Anmach-Spatels (im Gewicht von ca. 150 bis 200 g) anfangs schwach, dann stärker den überstehenden Mörtel in die Formen so lange ein, bis derselbe elastisch wird und an seiner Oberfläche sich Wasser zeigt. Ein bis zu diesem Moment fortgesetztes

chiedenen Fabriken handelt, so erscheint es geboten, die Prüfung von Portland-Cement auf Bindekraft mittels Sandzusatz vorzunehmen.

Obgleich in der Praxis Portland-Cement fast nur auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen wird, so ist doch, wegen der Kostspieligkeit der bis jetzt bekannten Apparate und der schwierigeren Ausführbarkeit der Proben, von der Prüfung auf Druckfestigkeit Abstand genommen, und die weit leichtere und einfachere Prüfung auf Zugfestigkeit gewählt, um so mehr, als die hier empfohlenen Proben vor Allem die leicht ausführbare Controlirung der Eigenschaften des zum Bau gelieferten Cementes bezwecken sollen und die Zugfestigkeit einen hinlänglich sicheren Schluß auf die Druckfestigkeit zuläßt.

Um vollständige Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, für den Bezug der Normal-Formen, Zerreißungs-Apparate und der übrigen zur Prüfung erforderlichen Geräte nur diejenigen Quellen zu benutzen, welche von dem Vorstande des »Deutschen Cement-Fabrikanten-Vereins« nachgewiesen werden; hierzu sollen Bekanntmachungen in Fachblättern erfolgen.

<sup>88)</sup> Motive und Erklärungen zu VI. Da verschiedene an und für sich gute Cemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es in der Praxis ja vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Cemente eine Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältniß wurde angenommen: 3 Gew.-Theile Sand auf 1 Gew.-Theil Cement, da mit 3 Theilen Sand der Grad der Binfähigkeit bei verschiedenen Cementen in hinreichendem Maße zum Ausdruck gelangt.

Es ist, um übereinstimmende Resultate zu erhalten, durchaus erforderlich, überall den oben beschriebenen Normal-Sand anzuwenden, da die Korngröße des Sandes auf die Festigkeits-Resultate von großem Einfluß ist. Der Normal-Sand soll rein und trocken verwendet werden und sind lehmige und andere fremdartige Bestandtheile unbedingt vorher durch Auswaschen zu entfernen.

Bei einem bereits geprüften Cement wird die 7-Tags-Probe sowohl des reinen Cementes als des Cementes mit Sandmischung als Controlprobe ein relatives Urtheil über die gleichmäßige Güte der Waare gewähren.

Von ganz besonderem Werth würde es sein, wenn da, wo dies zu ermöglichen ist, die Zerreißungs-Verfuche an vorrätigen zu diesem Zweck angefertigten Probekörpern auf Monate und selbst Jahre ausgedehnt würden, um das Verhalten verschiedener Cemente auch bei längerer Erhärtungs-Dauer kennen zu lernen.

Behufs Erzielung übereinstimmender Resultate ist es ferner geboten, alle Probekörper nach deren Anfertigung während 24 Stunden an der Luft liegen zu lassen und sie dann bis zur Prüfung unter Wasser zu legen, weil ein kürzeres oder längeres Liegenlassen an der Luft zu beträchtlichen Differenzen in den Festigkeits-Resultaten führt.

Die Probekörper dürfen, wie in obiger Resolution erwähnt, erst direct vor der Prüfung dem Wasser entnommen werden, weil ein längeres Verbleiben an der Luft hier ebenfalls zu Schwankungen in den Festigkeitszahlen Veranlassung geben würde.

Bei rasch bindenden Cementen kann die Festigkeit von 8 kg mit 3 Theilen Sand nicht beansprucht werden, weil sehr rasche Cemente ihrer Natur nach in der Regel so hohe Bindekraft nicht besitzen, als langsam bindende Cemente.

Einschlagen ist unbedingt erforderlich. Ein nachträgliches Aufbringen und Einschlagen von Mörtel ist nicht statthaft, weil Probekörper von gleicher Dichtigkeit hergestellt werden sollen. — Man streicht nun das die Form Ueberragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche.

Nachdem die Proben hinreichend erhärtet sind, löst man durch Oeffnen der Schrauben die Formen ab und befreit die Proben von dem noch anhaftenden Fließpapier.

Um richtige Durchschnitzzahlen zu erhalten, sind für jede Prüfung mindestens 10 Probekörper anzufertigen.

Nachdem die Probekörper 24 Stunden an der Luft gelegen haben, werden dieselben unter Wasser gebracht, und hat man nur darauf zu achten, daß sie während der ganzen Erhärtungsdauer stets vom Wasser bedeckt bleiben.

Am Tage der Prüfung werden die Proben unmittelbar vor der Prüfung aus dem Wasser genommen und auf dem Apparat sofort zerrissen. Das Mittel aus sämtlichen 10 Bruchgewichten ergibt die Festigkeit des geprüften Cement-Mörtels.

Befinden sich jedoch unter den erhaltenen Zahlen abnorm niedrige, so sind diese, als durch Fehler in der Darstellung der Probekörper verursacht, von der Berechnung auszuschließen.

#### A n h a n g.

Will man — wie in den Motiven zu VI. erwähnt — schon nach sieben Tagen eine Controle an der abgelieferten Waare vornehmen, so kann dies durch eine Vorprobe geschehen, und zwar auf zweierlei Art. Entweder:

a) Mit Sandmischung; jedoch muß dann die Verhältniszahl der 7-Tags-Festigkeit zur 28-Tags-Festigkeit am betreffenden Cement erst ermittelt werden, da die Festigkeits-Resultate verschiedener Cemente bei der 28-Tags-Probe einander gleich sein können, während sich bei der 7-Tags-Probe noch wesentliche Unterschiede zeigen. Oder:

b) Mit reinem Cement, indem man auch hier das Verhältniß der 7-Tags-Festigkeit des reinen Cements zur 28-Tags-Festigkeit bei 3 Theilen Sand an dem betreffenden Cement ermittelt.

Die 7-Tags-Probe mit Sand ist einfach dadurch auszuführen, daß man nach obiger Vorschrift 10 Probekörper mehr anfertigt, und diese nach 7 Tagen schon prüft.

Macht man die 7-Tags-Probe aber mit reinem Cement, so können die Probekörper auf verschiedene Weise hergestellt werden: Entweder auf undurchlässigen Unterlagen (Metall- oder undurchlässigen Steinplatten) oder auf abtaugenden Unterlagen (Gyps- oder schwach gebrannten Ziegelplatten). Bei der letzteren Probe erreicht man bedeutend höhere Zugfestigkeiten, und es ist bei Vergleichung von Zugfestigkeiten der reinen Cemente sowohl, als der Cemente mit Sandmischung stets darauf Rücksicht zu nehmen, ob die betr. Probekörper auf die eine oder die andere Weise angefertigt sind.

Bei der Probe auf undurchlässiger Unterlage nimmt man auf 1000 Gew.-Theile Cement 200 bis 275 Gew.-Theile Wasser, je nach der Bindezeit des betreffenden Cements, arbeitet die Masse gut durch einander, füllt dieselbe in die Formen, welche von der Unterlage durch Blättchen Löschpapier getrennt sind, und rüttelt die Masse durch Schläge mit dem Spatel gegen die Form derartig zusammen, daß alle Luftblasen entfernt werden und ein zusammenhängender Körper ohne Hohlräume sich bildet. Man streicht hierauf den überschüssigen Mörtel ab und zieht die Form vorsichtig ab. Proben mit dem gleichen Cement müssen hinsichtlich des Wasser-Zufatzes, so wie beim Guffe stets gleich behandelt werden, da jedes Moment, welches auf eine Vergrößerung oder Verringerung der Verdichtung der Masse einwirkt, auch sofort die Festigkeit verändert.

Will man die Probe auf absaugender Unterlage machen, so nehme man auf 1000 Gew.-Theile Cement 330 Gew.-Theile Wasser; der Ueberschuß von Wasser wird hier von der Unterlage aufgesaugt und dadurch eine bedeutende Verdichtung der ganzen Masse herbeigeführt. Selbstverständlich müssen die Unterlagen, um die abtaugende Eigenschaft zu behalten, öfter gewechselt und getrocknet werden. Nachdem die Masse in die Form gegossen ist, werden durch Anklopfen an die Form die Luftblasen entfernt. Nachdem die Oberfläche abgetrichen und eine leichte Erstarrung eingetreten ist, kehrt man die Form um, so daß nun auch die obere Seite abgefaugt wird. Die Masse sinkt in Folge der Verdichtung in der Form. Man füllt dann von Neuem Cement auf, streicht bei beginnender Erstarrung ab und zieht die Form vorsichtig vom Probekörper ab. Haftet hierbei der Cement zu fest an der Form, so klopft man die Form von allen Seiten leise an, wodurch eine Lösung von den Wandungen bewirkt wird. — Es gehört einige Uebung dazu, um auf diesem Wege zu guten, gleichmäßige Festigkeit zeigenden Probekörpern zu gelangen.

Die weitere Behandlung und Prüfung der Probekörper hat dann wie oben beschrieben zu geschehen.

Der preussische Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten hat unterm 12. November 1878 angeordnet, daß die vorstehenden Normen — nach einer

geringfügigen Abänderung der Pof. VI — den Lieferungen von Cement zu Grunde gelegt werden sollen.

Pof. VI lautet darin:

Guter, langsam bindender Portland-Cement soll bei der Probe mit 3 Gewichtstheilen Normal-Sand auf 1 Gewichtstheil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimal-Zugfestigkeit von 10 kg pro qcm haben.

Bei einem bereits geprüften Cement kann die Probe nach 7 Tagen sowohl des reinen Cements als des Cements mit Sandmischung als Controle für die gleichmäßige Güte der Lieferung dienen.

Der Normal-Sand wird dadurch gewonnen, daß man einen möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro 1 qcm siebt, dadurch die größten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro 1 qcm noch die feinsten Theile entfernt.

Die Probekörper müssen sofort nach der Entnahme aus dem Wasser geprüft werden.

Cement, welcher eine höhere Festigkeit als 10 kg pro 1 qcm (s. oben) zeigt, gestattet in den meisten Fällen einen größeren Sandzusatz und hat aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, so wie oft schon wegen seiner größeren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Bei schnell bindenden Portland-Cementen ist die Zugfestigkeit nach 28 Tagen im Allgemeinen eine geringere, als die oben angegebene.

Auch innerhalb des Ressorts des preussischen Kriegsministeriums haben diese Normen officiële Geltung erhalten.

Der österreichische Ingenieur- und Architekten-Verein ließ im Jahre 1878 ebenfalls Normen für Lieferung von Portland-Cement und sodann 1880 auch für Roman-Cement ausarbeiten und acceptirte dieselben als für seine Mitglieder bindend. Das österreichische Ministerium des Inneren empfahl die Anwendung derselben den Behörden.

Die österreichischen Normen (deren Wortlaut im Secretariat des Vereins in Wien zu haben ist) schließen sich im Wesentlichen den deutschen Normen an; jedoch schreiben sie ein Normmaß von 250 kg und Säcke von 50 kg vor, ferner nach 7 Tagen Erhärtung für Portland-Cement 8 kg, nach 28 Tagen 12 kg Minimal-Zugfestigkeit pro 1 qcm, aber nehmen den Durchschnitt nur aus den 6 höchsten Resultaten von 10 angefertigten Proben und überlassen die Fixirung des Wasserzusatzes der Angabe der Fabrikanten, resp. Submittenten.

Für Roman-Cement schreiben die österreichischen Normen bei rasch bindenden (von höchstens 15 Minuten Bindezeit), genau nach den Normen, wie Portland-Cement behandelt, nach 7 Tagen 1,5 kg, nach 28 Tagen 4 kg, bei langsam bindenden nach 7 Tagen 3 kg, nach 28 Tagen 6 kg Minimal-Zugfestigkeit pro 1 qcm vor.

Die Maximal-Ziffern für Portland-Cement sind im reinen Zustand nach 7 Tagen ca. 60 kg, nach 28 Tagen 75 kg, nach 1 Jahr nahezu 100 kg. Bei der Normen-Prüfung ergaben staubfein gemahlene Cemente vorzüglichster Qualität nach 7 Tagen bis über 21 kg, nach 28 Tagen sogar 32 kg Zugfestigkeit pro 1 qcm.

Neuestens hat der Verein deutscher Cementfabrikanten nach verschiedenen Erfahrungen beschlossen, einen vollkommen einheitlichen, von einer Centralstelle zu beziehenden Normal-Sand zu benutzen und als Bezugsquelle das »Chemische Laboratorium für Thon-Industrie« von Dr. H. Seger und Dr. Julius Aron in Berlin (N., Fennstraße 14) vorgeschrieben, wo auch die Normalapparate zu beziehen sind.

Die Druckfestigkeit des Portland-Cementes nimmt ab, je mehr Sand zugesetzt wird. *Böhme* fand durchschnittlich als Druckfestigkeit für die Mischungsverhältnisse (Cement zu Sand) 1 : 0, 1 : 1, 1 : 2 und 1 : 3 bezw. 330, 250, 200 und 170 kg pro 1 qcm, *Bauschinger* für dieselben Mischungsverhältnisse bezw. 300, 210, 160 und 120 kg pro 1 qcm. *Mank* fand für verschiedene Cemente (das Maximum beim Stettiner Stern-Cement):

	1 : 0	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4
Maximum	310	250	230	180	120 kg pro 1 qcm.
Minimum	130	80	60	30	30 kg pro 1 qcm.

Die in Art. 4, S. 57 schon gedachte »Denkschrift« enthält auch Vorschläge für die Claffificirung von Cementen auf Grundlage ihrer Druckfestigkeit.

92.  
Claffificirung  
der  
Cemente.

Es wird ein Gemifch von 1 Volumtheil Cement und 3 Volumtheilen Sand vorausgefetzt. Die Portland-Cemente werden in rafch und langfam bindende unterschieden; rafch bindende werden folche mit höchstens halbfündiger, langfam bindende folche mit mehr als zweiftündiger Bindezeit genannt. Hierfür werden folgende Minimal-Druckfestigkeiten (nach einer Erhärtungsdauer von 4 Wochen) vorgefchlagen:

	Für langfam bindende Portland-Cemente.	Für rafch bindende Portland-Cemente.
Qualität I. Minimal-Druckfestigkeit . . . . .	150 kg pro 1 qcm	90 kg pro 1 qcm
Qualität II. Minimal-Druckfestigkeit . . . . .	110 kg pro 1 qcm	75 kg pro 1 qcm
Qualität III. Minimal-Druckfestigkeit . . . . .	75 kg pro 1 qcm	50 kg pro 1 qcm

Die Roman-Cemente binden in der Regel rafch ab. Ihre Festigkeit, eben fo geprüft, wie die der Portland-Cemente, ift bedeutend geringer als bei diefen.

Qualität I. Minimal-Druckfestigkeit . . . . .	10 kg pro 1 qcm.
Qualität II. Minimal-Druckfestigkeit . . . . .	5 kg pro 1 qcm.

Die Abscherungsfestigkeit der Cement-Mörtel ift erft in neuerer Zeit geprüft worden. *Böhme* fand für Portland-Cement mit 0, 1, 2 und 3 Theilen Sand gemengt bezw. 52, 50, 45 und 34 kg pro 1 qcm, *Bauschinger* für die gleichen Mifchungsverhältniffe 18, 28, 26 und 23 kg pro 1 qcm. Das Verhältnifs der Abscherungsfestigkeit zur Druckfestigkeit und zur Zugfestigkeit fchwankte zwischen 1 : 0,6 : 1,2 und 1 : 0,22 : 2,1; im Mittel beträgt die Abscherungsfestigkeit das 0,017-fache der Druckfestigkeit und das 1,8-fache der Zugfestigkeit.

93.  
Scher- etc.  
Festigkeit  
der Cement-  
Mörtel.

Die Bruchfestigkeit der Cemente fand *Böhme* durchfchnittlich zu 0,18 der Druckfestigkeit und *Köpcke* den Elasticitäts-Coefficienten (oder -Modul) zu 147 bis 168<sup>t</sup>, im Mittel zu 157<sup>t</sup> pro 1 qcm.

Für hydraulifche Kalke existiren keine Normen. Da die Erhärtung derfelben noch langfamer vor fich geht, als die der Roman-Cemente, fo ift eine erhebliche Festigkeit erft nach längeren Zeiträumen zu constatiren.

94.  
Festigkeit  
anderer  
Mörtel.

Verfaffer hat bei leitmeritzer Schwarzkalk nach den Normen-Proben, aber bei 6-tägiger Erhärtung an der Luft und 22-tägiger im Waffer, 7,5 kg Zugfestigkeit erhalten. Faft die gleiche Zugfestigkeit ergab der zu Hafengebauten im Mittelmeer fo vielfach gebrauchte *Chaux du Theil* nach 4 Monaten, nämlich 7,9 kg pro 1 qcm, während derfelbe im reinen Zustande nach der gleichen Zeit nur 4,2 kg ergab. Auch der leitmeritzer Kalk hatte nach 4 Monaten noch keine höhere Festigkeit erlangt.

Langenweddinger Staubkalk ergab nach *Michaëlis* in Luft erhärtet mit 3 Theilen Sand nach 1 Monat eine Zugfestigkeit von 3,5 kg, nach 3 Monaten von 4 kg, in mit Waffer getränktem Sand erhärtet nach 1 Monat 2,2 kg, nach 3 Monaten 3,2 kg; die entfprechende Druckfestigkeit an der Luft nach 1 Monat 10 kg, nach 3 Monaten 11 kg, im naffen Sande nach 1 Monat 4,1 kg, nach 3 Monaten 9,19 kg<sup>88a)</sup>.

*Bauschinger* fand für hydraulifche Kalke bei den Mifchungsverhältniffen 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 und 1 : 4 bezw. im Mittel 11, 12, 11 und 8 kg Druckfestigkeit pro 1 qcm.

Trafs-Mörtel wurden bisher unferes Wissens bei Submiffionen ftets auf ihre Druckfestigkeit geprüft.

<sup>88a)</sup> Vergl. auch: Ueber Mörtel. Deutsche Töpf.- u. Ziegl.-Ztg. 1877, S. 160. — Festigkeit verfchiedener Mörtel. Deutsche Bauz. 1875, S. 334. — Friedrich. Ueber Zugfestigkeit von Cement. Deutsche Bauz. 1879, S. 332.

So z. B. beim Bau der harburger Hafenschleufe 1877 forderte man, daß Druckproben mit Würfeln von 10 cm Seite aus 2 Volumtheilen Trafs und 1 Volumtheil Fettkalk nach 40-tägiger Erhärtungsdauer, wovon 1 Tag an der Luft und 39 Tage im Wasser, bei 15 Grad R. aufbewahrt, eine Festigkeit von 17 kg pro 1 qcm haben sollten. Der Einfluß der Erhärtungstemperatur ist bei Trafs-Mörtel auffallend groß; die gleichen Proben, wie angegeben, ergaben bei 6 Grad R. erhärtet nur 3,5 kg, bei 22 Grad R. erhärtet 42,15 kg Druckfestigkeit.

Fettkalk mit 2,5 Sand ergab nach des Verfassers Versuchen nach 3 Monaten 4 kg, im reinen Zustande aber kaum 1 kg Zugfestigkeit; die Druckfestigkeit betrug in derselben Zeit mit 2,5 Sand 16 kg; rein war sie nicht meßbar.

Loriot'scher Mörtel trug 1 Stunde nach dem Anmachen, hergestellt aus 1 Gewichtstheil trockenem Aetzkalk auf 8 Gewichtstheile Sand, 3 kg auf Zug beansprucht.

Rüdersdorfer Kalk nach *Michaëlis* mit 2 Theilen Sand zeigt nach 3 Monaten 10,9 kg pro 1 qcm an der Luft; in nassem Sand hingegen nur 3,24 kg.

Dolomit-Cement ergab bei den Versuchen des Verfassers nach 3 Monaten eine Zugfestigkeit von 16 kg rein, von 7,8 kg mit 3 Theilen Sand, während die entsprechende Druckfestigkeit rein 145 kg, mit 3 Theilen Sand 75 kg betrug.

Sorel'scher Magnesia-Cement mit 6 Theilen Sand ergab nach 28 Tagen eine Zugfestigkeit von 45 kg und eine Druckfestigkeit von 632 kg pro 1 qcm.

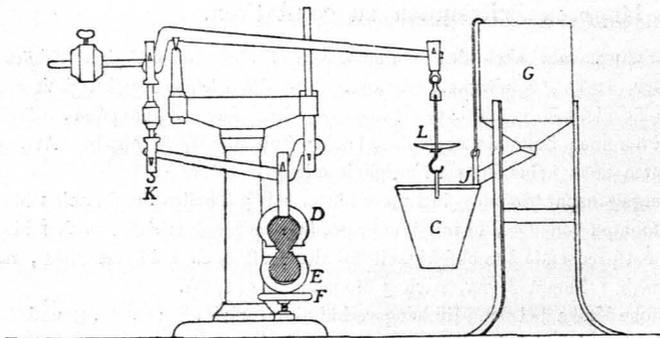
Gyps im reinen Zustande hat nach *Schülke* und *Wiebe* in 2 Monaten 24 kg pro 1 qcm Zugfestigkeit.

Ueber die Druckfestigkeit von Verbandmauerwerk mit verschiedenen Mörtelarten sind von der königl. Prüfungsstation in Berlin (*Böhme*) gleichfalls Proben angestellt worden; im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. I, Abschn. 1: Constructions-Elemente in Stein) wird hiervon noch die Rede sein.

Die Apparate, welche die Prüfung der Festigkeit für Cemente, Mörtel etc. ermöglichen, sind sehr verschieden gestaltet worden. Für ganz exacte Bestimmungen dient auch hier die schon in Art. 23, S. 80 gedachte *Werder'sche* Universal-Festigkeitsmaschine. Für Versuche, welche nur die in der gewöhnlichen Baupraxis erforderliche Genauigkeit erstreben, sind bedeutend einfachere und billigere Apparate construiert.

95.  
Festigkeits-  
Apparate.

Fig. 12.



Normal-Zugfestigkeits-Apparat von *Frühling-Michaëlis*.

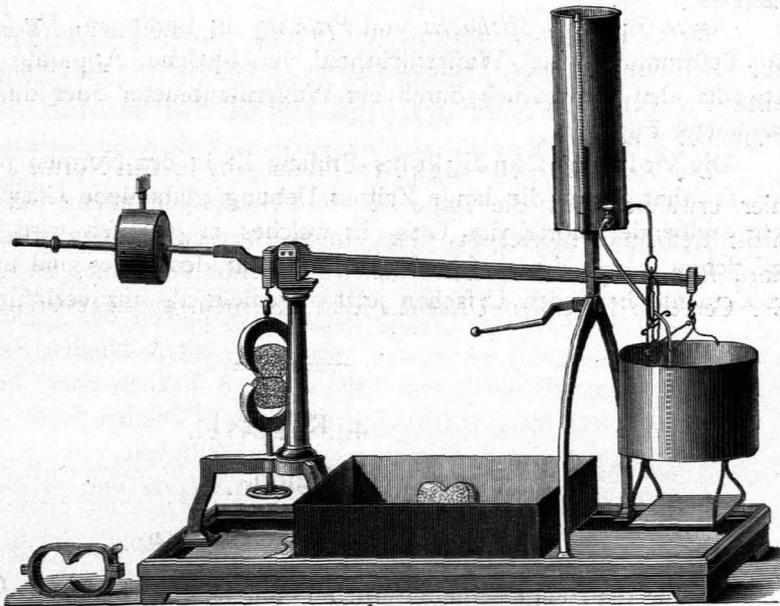
Für die Ermittlung der Zugfestigkeit wird vielfach der in Fig. 12 dargestellte Normal-Zugfestigkeits-Apparat von *Frühling-Michaëlis* gebraucht. Der nach den »Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement« (vergl. S. 142) angefertigte Probekörper wird (zwischen den Klauen *D* und *E* mittels des Handrädchens *F* eingepannt; hierauf wird an dem mit Schrot gefüllten Auslaufapparat *G* der Schieber *Z* geöffnet, wodurch die Schrotkörner auslaufen und in den Becher *C* fallen. In dem Augenblicke, wo die Zerreißung des

Probekörpers stattfindet, hemmt man den Schrotzulauf; hängt man nun den Becher *C* an den Haken *K*, so kann man das Gewicht desselben durch Aufsetzen von Gewichtstücken auf die Schale *L* ermitteln. Hierdurch erfährt man auch das Zerreißungsgewicht.

Ein älterer recht handlicher Zugfestigkeits-Apparat rührt von *Michèle*<sup>89)</sup> her; durch Anziehen einer Wurmchraube in Verbindung mit einer gebogenen Zahnstange wird einerseits ein Zug auf die untere von zwei Klauen ausgeübt, während die andere Klaue von oben durch einen ungleicharmigen Hebel mit Gegengewicht gehalten wird; der ausgeübte Zug ist an einer Scala ablesbar, auf der ein mitgenommener Zeiger stehen bleibt, sobald beim Reissen des Probekörpers das Gegengewicht zurückfällt.

Fig. 13.

*Stahl*<sup>90)</sup> hat an dem *Michaëlis'schen* Apparat eine werthvolle Verbesserung angebracht. *Studd's* Dynamometer zur Prüfung von Cementproben<sup>91)</sup> ist sehr compendiös; durch Anziehen einer Schraube wird ein Druck auf die Membran-Wand einer mit Glycerin gefüllten Kammer, die mit einem Feder-Manometer communicirt, ausgeübt; der Apparat gestattet eine unmittelbare Ablefung.



Zugfestigkeits-Apparat von Hauenfeldt.

Des Verfassers Normal-Prüfungsapparat (Fig. 13),

in Oesterreich-Ungarn und in der Schweiz (Gotthard-Bahn) mehrfach im Gebrauche, sucht möglichste Billigkeit mit Exactheit zu verbinden. Das diesem Apparate Charakteristische, die selbstthätige Zuflufs-Absperrung beim Reissen, ist durch eine sehr empfindliche Vorrichtung mit Läutesignal verbessert und vereinigt für die praktische Ausführung in der Bauhütte wohl die Vortheile aller anderen Apparate in sich.

Andere Apparate für Mörtelprüfung sind beschrieben und abgebildet in der schon auf S. 80 (Fussnote 20) genannten *Pichler'schen* Schrift, ferner einige neuere englische Constructions in den unten<sup>92)</sup> namhaft gemachten Quellen.

Die Adhäsion zu Stein wird nach dem Vorgange *Bernoulli's* durch kreuzweises Verkitten und nach der Erhärtung durch Abreissen der Fuge mittels Belastung des unteren Steines durch Beihilfe eines  $\square$ -Steges geprüft.

96.  
Prüfung  
der Adhäsion.

Es sollen immer 10 Probekreuze gemauert und nur die ganz tadellos befundenen Fugen zerrissen werden. Gegenüber der früher häufig vorgenommenen Prüfung, wobei ein Stein nach dem anderen an eine Wand freitragend so lange angekittet wurde, bis endlich der Riss eintrat, besitzt diese Methode geringere Fehlerquellen und gestattet directe Constatirung der Zugfestigkeit.

Die Wasserdichtheit wird entweder durch Formen von Hohlzylindern aus dem zu prüfenden Mörtel und nachheriges Einfüllen von Wasser bestimmt, wobei aber das Durchsickern auch häufig von Arbeitsfehlern herrühren kann, oder durch

97.  
Wasser-  
dichtheit.

<sup>89)</sup> Engng. Vol. 10, S. 426 u. 465.

<sup>90)</sup> Verbesserung an dem Cementprüfungsapparat von Dr. Michaëlis. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 112.

<sup>91)</sup> Deutsche Töpf.- u. Ziegl.-Ztg. 1879. Ann. f. Gwb. u. Bauw. Bd. 4, S. 212.

<sup>92)</sup> *A cement tester*. Builder 1877, S. 1015. — *Cement testing machine*. Engng. Vol. 26, S. 163. — Jacob, A. *Portland cement testing machine*. Engineer, Vol. 48, S. 397. — *Cement testing machine, Adelaide waterworks*. Engineer, Vol. 49, S. 100.

Herstellung von Scheiben aus der Probe-Substanz, welche rings wasserdicht — durch Asphalt- oder Kautschukdichtung — geschlossen, nach der Höhe der darauf drückenden Wasserfäule und nach dem Quantum des pro Zeiteinheit, Querschnitts- und Dicken-Einheit durchgedrückten Wassers die grössere oder geringere Wasserdichtheit angeben.

*Rasch* in Riga, *Michaëlis* und *Frühling* in Berlin und Verfasser in Wien haben zur Bestimmung der Wasserdichtheit verschiedene Apparate construirt, welche entweder den Ueberdruck durch ein Wassermanometer oder durch ein Quecksilbermanometer angeben.

98.  
Volum-  
beständigkeit.

Die Volumbeständigkeits-Prüfung ist in den Normen präcisiert und sei noch hier erwähnt, daß die lange Zeit in Uebung gestandene Gläschenprobe, wornach nicht treibender Mörtel das Glas, in welches er gegossen wird, nicht zer Sprengen darf, schon wegen der verschiedenen Elasticität des Glases und anderen in der Natur der Cemente liegenden Ursachen jetzt allgemein als unzuverlässig verworfen ist.

#### 4. Kapitel.

### Beton.

VON HANS HAUENSCHILD.

99.  
Beton-  
Arten.

Unter dem allgemeinen Namen Beton fassen wir hier im Gegenfatze zu Verbandmauerwerk jenen für die Herstellung von raumbegrenzenden Constructionen dienenden Baustoff zusammen, bei welchem der Mörtel nicht bloß Verbindungsmaterial, sondern gleichzeitig eigentliches Constructionsmaterial ist, während die damit verbundenen Steine, die mit der umhüllenden Mörtelmasse ein untrennbares Ganze bilden, als Füllmaterial auftreten. Da das Aufführen von ursprünglich plastischem Mauerwerk nur zwischen Lehren geschehen kann, so unterscheidet man auch in Bezug auf letztere zwei wesentlich verschiedene Arten von Beton. Ist die Lehre bleibend, vertritt sie die Stelle der Verblendung bei Verbandmauerwerk, so ist der Beton nur Füllmasse, wenn auch tragend; er ist Gufsmauerwerk, wie es die Römer, Mauren und die Meister des Mittelalters anwandten. Oder die Lehren sind bloß Gerüstwerk, welches bis zur erfolgten Erhärtung stehen bleibt; dies ist alsdann der eigentliche Beton oder *Concrete*<sup>93)</sup>, wie die Engländer ihn nennen.

Zu Beton, der bisweilen auch Grobmörtel genannt wird, werden alle Arten Mörtelsubstanzen verwendet und auch die im gemeinen Wortfinn nicht als eigentliche (chemische) Mörtel betrachteten Stoffe, wie Asphalt. Nach dem Bindestoff erhält auch der Beton feine nähere Bezeichnung. Luftbeton ist der mit Luftmörtel hergestellte Beton. Was man in der Baupraxis schlechtweg als Beton bezeichnet, wird stets aus hydraulischen, beim Erhärten nicht oder doch wenig schwindenden Mörteln hergestellt. Das alte Gufsmauerwerk, von dessen Solidität das Pantheon ein glänzendes Zeugnis giebt, war Puzzolan-Mörtel mit so wenig schwindender Masse, daß die Setzung der Verblendung und die Setzung der Füllung einander gleich blieben,

<sup>93)</sup> Nach *Paisley* sollen die Engländer *concrete* (von *conresco*) zuerst 1817 angewendet haben. — In Deutschland wird häufig »Beton« und »Concrete« als nicht identisch angesehen. Nicht selten wird für den Concretbau als charakteristisch angegeben, daß statt der Steinbrocken oder auch neben diesen anderweitige Füllsubstanzen, wie Ache, Schlacken etc. zur Anwendung kommen.

nicht blofs in der linearen Schwindung, wodurch überhaupt a priori die Möglichkeit eines soliden Mauerwerkes bedingt ist, sondern auch in der temporären Schwindung, wodurch die Dauer eines Gußmauerwerkes gewährleistet wird.

Mit dem Verfall der Gußmörtel-Technik schwand allmählich die Zahl der gelungenen Gußmörtelbauten; bei der noch heute fortdauernden primitiven Weise der Mörtel-Behandlung, welche durch den Contrast zwischen den Resultaten der Mörtelprüfungen und der aus diesen Mörteln aufgeführten Bauten grell beleuchtet wird, findet der eigentliche Beton, das Stampfmauerwerk, welches Monolithe herstellen soll, nur selten so viel Vertrauen, um mit der zehnfachen Sicherheit nicht als Wagniß zu gelten.

Bei Fundamenten, wo der Beton in großem Maße Anwendung findet, ist eine Constatirung schlechter Arbeit schwer, weil der Druck des aufgeführten Bauwerks gerade die schlechte Arbeit durch nachträgliche Compression verbessert; aber bei Hochbauten, bei Brücken mit größeren Spannweiten etc. sieht man deutlich, wie sehr die Römer uns voraus waren, weil sie der Mörtel-Bereitung ein so hohes Gewicht beimessen, daß sie zur Ueberwachung derselben Staatsbeamte delegirten, während heute »wegen der Unverläßlichkeit in Folge der Bereitung und Ausführung« Fachvereine sich ablehnend gegen die Verwendung des Betons zu Hochbauten aussprechen, heute im Zeitalter der Maschinen.

Als Füllsubstanzen werden in den meisten Fällen natürlicher Fluß- und Grubenkies, so wie künstlich klein geschlagene Steinstücke verwendet; außerdem werden auch Hochofenschlacken, Steinkohlenasche etc. gebraucht.

100.  
Füll-  
substanzen.

Man fordert von den zur Betonbereitung dienenden Steinstücken, daß ihre Korngröße nicht zu sehr variire und 4 bis 5 cm nicht übersteige; ferner daß sie frei von Staub-, Schlamm- und Erdtheilchen seien und daß sie eine möglichst rauhe Oberfläche haben, damit der Mörtel besser adhäre. Die Erfüllung der letztgenannten Bedingung ist indess nicht unbedingt nothwendig, da man auch mit ganz glatt geschliffenen Flußkieseln einen guten Beton erzeugen kann.

Man pflegt wohl auch noch als Bedingung aufzustellen<sup>94)</sup>, daß zum Beton besonders harte Steine zu verwenden seien; indess ist dies nicht richtig, da es genügt, solche Steine zu wählen, deren Druckfestigkeit der Druckfestigkeit des erhärteten Mörtels gleichkommt.

Die Verbindung zwischen Stein Schlag und Mörtel wird eine um so innigere werden, je mehr die in den Berührungsflächen der Steinbrocken steckenden Theile derselben durch Feuer aufgeschlossen sind. Es empfehlen sich deshalb in erster Reihe Dolerit, Basalt, Trachyt, Lava, Porphyrt etc.; aus gleichem Grunde geben auch Brocken aus normal gebrannten Backsteinen eine gute Füllsubstanz ab, vorausgesetzt, daß sie gar gebrannt, keine Bleicher und nicht schlackig sind<sup>95)</sup>. Außer diesen Materialien wird auch Stein Schlag aus feisteren Sand- und Kalksteinen, aus Grauwacke etc. angewendet.

Die schon gedachten Hochofenschlacken sind gleichfalls mit Erfolg zur Beton-Bereitung benutzt worden, wobei ihre hydraulischen Eigenschaften und die verhältnismäßige Billigkeit zu Gute kommen.

Beim Luft- oder Kalk-Beton ist zu bemerken, daß nur jene Quantität Kalkbrei unumgänglich nöthig ist, welche genügt, zwischen die sich in Folge von

101.  
Mörtelmenge.

<sup>94)</sup> Ist auch in neueren Publicationen noch zu finden; siehe: Klafen, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 88.

<sup>95)</sup> Bies, C. Beitrag zur Beton-Frage. Deutsche Bauz. 1874, S. 53.

Ineinanderchieben und durch Stampfen an vielen Punkten und Flächen berührenden Sand- und Steinschlag-Massen eine Kittschichte zu bilden, das aber dabei nicht sämtliche Zwischenräume der unplastischen Füllsubstanzen ausgefüllt zu werden brauchen. Dadurch erhält man genügende Reibungs-Stabilität, ohne den Vortheil der Porosität opfern zu müssen, welcher gerade bei solchen Mauern mit zur eigentlichen Erhärtung, auch im Inneren, von großem Einflusse ist. Dasselbe gilt auch vom hydraulischen Beton, obwohl hier, sobald es sich um Abschluß von Wasser handelt, ein Ausfüllen auch der Körper-Meniscen nothwendig ist.

Es ist deshalb selbstverständlich, das die Ermittlung der nöthigen und genügenden Menge Mörtel von praktischer Bedeutung ist. Man hat dies verschiedentlich durch Messen der Menge Wasser, welche ein bestimmtes Quantum Füllsubstanz so weit ausfüllt, das das Niveau der letzteren völlig benetzt erscheint, erhoben. Ursprünglich hat man einfach in ein bis zum Rande gefülltes Maßgefäß so lange Wasser geschüttet, bis dasselbe am Ueberfließen war.

Das ist aber aus zwei Gründen unrichtig. Erstens schwindet der Sand; seine Zwischenräume sind offenbar nur so groß, als sie nach beendetem Schwinden dem nunmehrigen Volum entsprechend einnehmen; deshalb ist das Wägen des Sandes vor der Benetzung und das Wägen nach beendeter Durchtränkung physikalisch richtiger. Zweitens tritt, besonders bei engen Gefäßen, z. B. wenn man mit graduirten Cylindern arbeitet, der Umstand störend hinzu, das die Luft plötzlich abgeschlossen und das Eindringen des Wassers in die untersten Partien verhindert werden kann; bei erneuertem Wasserzuzatz kann die Spannung der abgeschlossenen Luft so groß werden, das geradezu Eruptionen von Sand, Schlammvulcane im Kleinen, stattfinden können, wie Verfasser besonders bei lehmhaltigem Sande erfahren hat<sup>96)</sup>.

*Mann* in London und *Erdmenger* in Gößnitz haben daher gleich uns, oder vielleicht schon vor uns, das Wasser zum Sande von unten eintreten lassen und den Punkt notirt, wo das Wasser- und das Sandniveau sich decken. Eine andere zutreffende Methode ist die, den vorher lose gemessenen Sand ins Wasser zu schütten und aus der Differenz der beiden Volume — einmal  $V (= V + Z)$  und das andere Mal  $V$  im physikalischen Sinne — die Zwischenräume nach  $V - V = Z$  zu finden. Aber auch hierbei werden die Zwischenräume leicht zu groß gefunden, wenn man nicht, wie *Götslich* richtig betonte<sup>97)</sup>, das Maßgefäß so lange aufstößt, bis ein Nachfüllen von frischem Sand nicht mehr möglich, ein gewisses Maximum der Lagerungsdichte erreicht ist. Indessen ist selbst diese Vorsicht nach den Erfahrungen des Verfassers, wenigstens nicht bei allen Sanden, ausreichend, weil das Schwinden des Sandes in benetzenden Flüssigkeiten größer, resp. länger andauernd ist, als bei mechanischer Aneinanderlagerung durch Stöße auf die Unterlage. Verfasser hatte einen kleinen Apparat, das *Pfammometer*, für die Bestimmungen des Schwindungs- und Zwischenraums-Coefficienten pulverförmiger Körper f. Z. angegeben, der in den »Mörtelsubstanzen« (S. 233) auch abgebildet ist. Eingehendere Versuche lassen die damalige Form als noch nicht genügend conisch erscheinen, sobald es sich um Flüssigkeiten handelt, welche das Glas und die Füllsubstanz gleichmäßig benetzen; hingegen genügt eine cylindrische Röhre, sobald sie mit einer durch die Flüssigkeit nicht

<sup>96)</sup> Die Bedeutung dieses kleinen, leicht nachzumachenden Experimentes für die Physik der Vulcane weiter zu verfolgen, behält sich der Verfasser a. a. O. vor.

<sup>97)</sup> Notizbl. d. deutsch. Ver. f. Fabr. v. Ziegeln etc. Bd. 16, I, S. 119.

benetzten Substanz, z. B. mit irgend einem Harz überzogen ist. Dann ist das Pfammometer aber auch einzig und allein geeignet, die für das Minimalquantum Mörtelsubstanz richtige Verhältniszahl anzugeben.

Wenigstens unterliegt es keinem Zweifel, daß die Menge Wasser, welche von Sand z. B. capillar festgehalten wird, nachdem er früher von unten her getränkt wurde und nachdem ihm freier Abflufs wieder nach unten, unter Verhinderung von Verdunstung, gestattet war, das Quantum von Mörtelflüssigkeit repräsentirt, welches im günstigsten Falle eine Verkittung der unter gleichen Umständen zu verbindenden Flächen herbeiführen muß.

Wenn nun z. B. Magnesia-Cement noch mit 20 Theilen Sand völlig solide Massen darstellt, so läßt sich dies eben nur als ein thatsächlicher Beweis von der Richtigkeit der obigen Voraussetzung betrachten.

Ja alle Mischungen, die mit mehr als höchstens 3 Theilen Sand geschehen, basiren bloß auf der Richtigkeit dieses unseres Satzes: »Das nöthige Quantum Bindestoff ist gleich der Summe der Hüllen, welche durch capillare Kraft von benetzten Füllkörpern festgehalten bleiben, normalen Flüssigkeitsgrad und normalen Atmosphärendruck vorausgesetzt«. Die normale Flüssigkeit wird durch das Stampfen erzielt, wodurch die Diffusion ausgiebig beschleunigt wird, welche sonst den plastischen Körpern nur auf sehr lange Zeiträume ausgedehnt eigen ist.

Auch hier offenbart sich wieder die Beweiskraft des *Stefan'schen* Gesetzes.

Der normale Druck ist deshalb anzuführen nöthig gewesen, weil die Thatsache existirt, daß durch hydraulischen Druck, wodurch die Annäherung der zu kittenden Flächen sehr gesteigert wird, das nöthige Quantum Kittsubstanz ganz bedeutend herabgemindert wird. Ja es wird dadurch sogar eine Art Dissociation von Wasser und Bindemittel (z. B. Portland-Cement) bewirkt, wie das Austreten blanken Wassers bei hohem Druck aus früher kaum plastischen Mörteln beweist, welches beim Hochdruckpressen von Cementplatten vorkommt, die fast erdtrocken zur Pressung gelangen.

Hält man hiergegen das bisher geltende Gesetz von *Rondelet-Wolfram*: »Die Menge der nöthigen Bindestoffsubstanz ist gleich den Zwischenräumen der Füllsubstanz«, so sieht man den ungemein großen Unterschied in der beanspruchten Quantität, der sich leicht genauer präcisiren ließe, der aber für jede Sandsorte verschieden ausfällt, am größten bei der Kugelform ist.

Hiernach ist es leicht, für jede Sorte Bindestoff, Sand und Steinschlag oder Kies das richtige Verhältniß zu treffen.

Unselbständige Mörtel werden je nach dem Flüssigkeitsgrade, den sie anzunehmen vermögen, bevor überstehendes Wasser Ueberfättigung anzeigt, größere oder kleinere Quantitäten Sand binden; selbständige Mörtel werden je nach dem Feinheitsgrade ihrer aufquellbaren Theilchen mehr oder weniger Flächen verkitten. Dies giebt abermals von einem anderen Gesichtspunkte aus eine Erklärung der erhöhten Kittfestigkeit von Portland-Cement mit Fettkalk gemischt.

Sobald es sich um Festigkeit handelt, tritt der allgemeine Satz zurück vor der Forderung der größtmöglichen inneren Reibung, welche natürlich am größten ist, wenn am wenigsten leere, der Reibung nicht dienfbare Räume vorkommen, und thatsächlich enthalten auch die günstigen Kalk-Cementmörtel genügend Bindestoff zur Ausfüllung der Zwischenräume.

Die Festigkeit eines Betons hängt also von der Stärke des Mörtels selbst ab: je bindekräftiger dieser ist, desto geringere Mengen davon sind nöthig; desto mehr kann man sich unserem Minimum nähern. Andererseits geht es nicht gut an, die

Zwischenräume der groben Füllmassen, des Steinchlages etc. nach unserer Bestimmung aufzufassen: die Capillarität zwischen diesen ist sehr gering; hier gilt einfach der *Wolfram'sche* Satz der Zwischenräume; jedoch wird von *Dyckerhoff* und *Lindley* noch der Sicherheitscoefficient von 15 Procent hinzugefügt, so daß bei einem Zwischenraum-Verhältniß von rot. 35 Procent etwa 50 Procent Mörtel einen völlig fatten, allseitig eingehüllten und möglichst soliden Beton liefern.

102.  
Mischungs-  
Verhältniß.

Die für die Beton-Praxis so wichtigen Verhältnisse, in denen Bindestoff, Sand und Kies zu einem fatten Beton gemischt werden sollen, hat *R. Dyckerhoff* genau erhoben. Für verschieden starke Mörtelmischungen ergeben sich nach ihm als Mischungsverhältnisse (in Hectolitern):

Cement zu Sand zu Kies: 1:2:5, 1:3:6,5, 1:4:8,5 und 1:6:12.

Der hiezu verwendete Kies war Rheinkies von 5 bis 30 mm Korngröße und hatte 35 Procent Zwischenräume. Der Kies wurde dem fertig gemischten Mörtel stets in frisch genetztem Zustand zugefetzt und nur so viel Wasser auf den Mörtel verwendet, daß erst bei längerem Stampfen sich Wasser abfonderte.

103.  
Druckfestigkeit.

Eine Versuchreihe nach dessen Grundsätzen ergab folgende Resultate nach 28 Tagen Erhärtung, davon 27 Tage unter Wasser:

Mischungsverhältnisse in Volumtheilen.				Druckfestigkeit pro 1 qcm	Mischungsverhältnisse in Volumtheilen.				Druckfestigkeit pro 1 qcm
Cement.	Kalkteig.	Sand.	Kies.		Cement.	Kalkteig.	Sand.	Kies.	
1	—	2	—	151,8	1	—	3	6½	108,2
1	—	2	3	196,2	1	—	4	—	75,2
1	—	2	5	170,5	1	—	4	5	90,9
1	—	—	5	69,9	1	—	4	8½	86,0
1	—	3	—	98,8	1	1	6	—	53,5
1	—	3	5	111,6	1	1	6	12	52,1
				Kilogramm.					Kilogramm.

*Mank* fand bei Cement-Beton (Stern-Cement, Elbfand und Kiefelschotter) für die Mischungsverhältnisse (Cement zu Sand zu Kies)

1:2:2, 1:2:3, 1:3:2, 1:3:4, 1:4:3

145      110      110      65      60 kg Druckfestigkeit pro 1 qcm.

104.  
Ausbeute.

Die Versuchstation der Reichseisenbahnen in Straßburg hat mit Betonmischungen sehr interessante Versuche vorgenommen; hierbei wurde auch die Ausbeute erhoben und sind nach 7 Monaten folgende Resultate erzielt worden:

Mischungsverhältnis in Hectolitern.			Ausbeute.	Erforderlich zu 1 cbm Beton.	Druckfestigkeit pro 1 qcm	Mischungsverhältnis in Hectolitern.			Ausbeute.	Erforderlich zu 1 cbm Beton.	Druckfestigkeit pro 1 qcm
Cement.	Sand.	Kies.				Cement.	Kiesfand.	Stein Schlag.			
1	3	6	6,65	210	140,0	1	5	8 Bafalt-	9,80	142,5	147,9
1	4	8	8,85	158	121,2	1	6	10 Kalkfein-	11,45	122,0	121,0
1	5	10	11,25	125	94,1	1	7	11 Sandfein-	12,55	112,0	83,0
1	6	12	13,45	104	96,8	1	8	13 Sandfein-	14,90	94,	91,2
und 1 Kalkteig.			Hectoliter.	Kilogramm Cement u. 75 <sup>1</sup> Kalkteig.	Kilogr.	und 1 Kalkteig.			Hectoliter.	Kilogramm Cement u. 66 <sup>1</sup> Kalkteig.	Kilogr.

Der Sand war Rheinfand, durch ein Sieb von 5mm Maschenweite gesiebt; der Kies war Rheinkies von 5 bis 45 mm Korngröße.

Der Kiesfand bestand aus gleichen Theilen Sand und Kies bis zu 18 mm Korngröße.

Der Steinzufschlag ist in der zweiten Tabelle gröfser, als in der ersten, was daher kommt, dafs die Zwischenräume der Füllsubstanz gröfser waren, nämlich ca. 50 Procent betruhen.

Aus den beiden Tabellen ergeben sich für die Praxis interessante und wichtige Schlüsse:

105.  
Grundsätze  
für d. Beton-  
mischung.

- 1) Die Festigkeit von Beton wird wesentlich beeinträchtigt, wenn man blofs reinen Cement und Kies verwendet, anstatt dem Cemente entsprechenden Sandzufatz zu geben. Im gegebenen Falle beträgt die Einbuse an Festigkeit gegen 60 Procent, weil die innere Reibung durch Mangel an genügendem Bindestoff vermindert ist.
- 2) Ein Beton, welcher eben fatt aus Cementmörtel und Kies hergestellt ist, besitzt mindestens dieselbe Festigkeit, wie der Cementmörtel für sich, gleiche Behandlung beim Anmachen vorausgesetzt.
- 3) Eine Verminderung des Kiesquantums unter das erhobene und aus den Zwischenräumen berechnete Quantum ist unökonomisch, da hierdurch ohne Erhöhung der Festigkeit die Kosten beträchtlich steigen. Bei 1:4 Sand geben 5 Kies nur um 4,9 kg mehr Festigkeit, als 8½ Kies.
- 4) Die Zunahme der Festigkeit erfährt bis 7 Monate (von 1 Monat ab) eine bedeutende Steigerung, und zwar eine um so gröfsere, je magerer der verwendete Mörtel ist. Bei 1:3 beträgt die Steigerung 30 Procent, bei 1:4 belauft sich dieselbe auf 40 Procent, bei Kalk-Cementmörtel von 1:1:6 fogar auf 85 Procent.

Alle die zahllosen Recepte von Betonmischungen, welche man in der Literatur zerstreut findet, haben nur in sofern Anrecht auf die Bezeichnung rationeller Mischung, als sie sich innerhalb des Rahmens vorliegender Grundsätze bewegen. Ausnahmen hiervon und zwar, wenn es sich darum handelt, einen Beton von bestimmter Festigkeit direct unter Wasser ausgeführt zu erhalten, sind allerdings gerechtfertigt; es wird sich dabei stets um Verwendung eines fetteren, die Sandzwischenräume völlig ausfüllenden Mörtels handeln. Eben so sind Ausnahmen zulässig und geboten, wenn es sich um minimale Abnutzung eines Betons handelt, der auch in diesem Falle mit fetterem Mörtel hergestellt werden mufs.

Das specifische Gewicht des Betons hängt hauptsächlich von dem Gewicht der verwandten Füllsubstanz ab und beträgt 1,5 bis 2,5. Es wiegt 1 cbm Beton aus Steinschlag von sehr festen natürlichen Steinen ca. 2200 bis 2500 kg, aus Steinschlag von weniger festen natürlichen Steinen 1800 bis 2100 kg und aus Backsteinbrocken 1500 bis 1700 kg.

106.  
Gewicht.

Die Bereitung des Betons geschieht je nach der Natur der verwendeten Mörtelsubstanzen auf verschiedene Weise.

107.  
Beton-  
Bereitung.

1) Kalk-Pisé und Beton aus Fettkalk mit hydraulischen Zuschlägen wird in der Weise bereitet, dafs man den Kalkteig nur so weit verdünnt, dafs er mit der berechneten Sandmenge einen möglichst steifen Mörtel bildet. Ist der nahezu flüssige Kalkbrei tüchtig mit Krücken abgeknetet, so dafs das Wasser völlig gleichmäfsig vertheilt ist, so misst man das entsprechende Sandquantum ab, schüttet es auf den auf einem Holzplateau ausgebreiteten Kalkbrei, rührt, knetet und stampft die Massen so lange mit einander ab, bis die einzelnen Bestandtheile durchaus nicht mehr unterschieden werden können. Es kann nicht genug betont werden, dafs man ja nicht zu viel Wasser verwenden soll; der Kalkbrei aus der Grube hat in der Regel genügende Plafticität, um auch ohne weiteren Wasserzufatz einen noch völlig bindenden Mörtel zu geben. Alles überschüssige Wasser schadet der Festigkeit und Volumbeständigkeit, bei Mörteln mit hydraulischen Zuschlägen auch der Hydraulicität, d. h. entweder

verdunstet das Wasser und läßt Hohlräume zurück, nachdem die Erhärtung eingetreten ist, oder es schwindet die Masse während des Erhärtens und gleichzeitigen Trocknens, oder es bilden bei Wasserbauten die zwischen den gequollenen Mörtel-Partikelchen befindlichen größeren Wasserhüllen Canalnetze, durch welche der Druck des bewegten Wassers zerstörend einwirken kann, da die Flächen-Attraction nur bei möglichster Nähe der Mörteltheilchen Widerstand genug leisten kann.

Liegt der Fettkalk in Form von Kalkpulver vor, oder handelt es sich um Verwendung von magerem oder hydraulischem Kalk, so wird aus dem gemessenen Sand, den Steinkohlenschlacken oder Trafs etc. ein Ring von circa 1<sup>m</sup> innerem Durchmesser gebildet, in die Mitte die diesem Füllsubstanz-Quantum entsprechende Menge Kalk geschüttet und aus einer Kanne mit Brause das nöthige Quantum Wasser zugeschüttet, worauf sofort der Sand etc. mittels Krücken untermischt und so lange abgeknetet wird, bis eine völlig gleichartige Masse entsteht, die rasch mit dem gehörig benetzten Steinschlag vermischt, sofort zur Verwendung gebracht wird.

Am häufigsten jedoch wird die Mischung des Mörtelpulvers, sei es nun Aetzkalk, zu Staub gelöschter magerer oder hydraulischer Kalk, Roman-Cement oder Portland-Cement mit der Füllsubstanz so vorgenommen, daß beide in trockenem Zustande zwei- bis dreimal tüchtig unter einander geschaufelt werden, dann ringförmig ausgebreitet und in der Mitte das genau bemessene Wasserquantum in eine Vertiefung der Mischung geschüttet wird, worauf die Mischung von allen Seiten unter vorsichtiger Verhütung von unegal nassen Stellen ausgeführt wird. Zuletzt mischt man die vorher gut unter Wasser genetzte Menge Kies oder Steinschlag bei.

2) Bei der Herstellung von Kalk-Cement-Beton wird entweder dem Kalkbrei die für den Cementzufuß nöthige Wassermenge zugesetzt und in den nun dünnflüssigen Brei zuerst der Cement und dann erst der Sand eingerührt, was Verfasser als sehr bequeme und sichere Bereitungsweise aus eigener Erfahrung bestätigen kann, oder es wird dem trockenen Gemisch von Cement und Sand der verdünnte Kalkbrei zugesetzt. In beiden Fällen ist zu beachten, daß hierbei auf 1 Volum Portland-Cement nicht mehr als höchstens  $\frac{1}{2}$  Volum Wasser genommen werde; selbst mit  $\frac{1}{4}$  Volum erzielt man bei sehr fettem Kalk noch richtige Plafticität.

Was überhaupt das Wasserquantum anbelangt, welches zuzusetzen ist, um die nöthige und genügende Plafticität zu erzielen, so geben die Versuche, welche vor Aufstellung der Cement-Normen und nach denselben so vielfach ausgeführt wurden, ganz richtig das Erfahrungsergebnis, daß für jeden Cement, resp. für jede Art von Zusammensetzung, von Brandintensität und Mahlung ein Dichtigkeits- und damit Festigkeits-Maximum mit einer bestimmten Wassermenge, gleiches Sand-Quantum und gleiche Sand-Qualität vorausgesetzt, existirt, welches für Portland-Cement zwischen 40 und 45 Gewichts-Procente Wasser auf reinen Cement bezogen, bei Roman-Cement zwischen 45 und 52 Procent schwankt, als Mischung 3 Gewichtstheile Normaland genommen.

Bei hydraulischem und bei magerem Kalk gelten die gleichen Grundsätze, und gehen hier die Grenzen des richtigen Wasserzufußes von 50 bis 80 Procent, da mit steigendem Kalkgehalt schon zur Hydratbildung mehr Wasser nöthig wird.

Man möge ja nicht ängstlich sein, daß diese Wasserzufuße nicht genügen dürften; es ist nur zu sorgen, daß einerseits die Mischung innig genug geschieht und daß andererseits die fertige Betonmischung so lange gestampft werde, bis eine glänzende Oberfläche von ausgepresster Feuchtigkeit sich zeigt und die ganze Masse gleichmäßig elastisch wird. Umgekehrt ist es ein Zeichen von zu hohem Wasserzufuß, wenn schon während des Durchknetens die Betonmasse feucht glänzt oder gar halbflüssig ist.

Bei allen etwas größeren Beton-Arbeiten werden behufs Erzielung innigster Mischung bei möglichst beschränktem Wasserzufuß Mörtel-Maschinen verwendet von Constructionen, wie sie im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurden. In diesen

wird nur der eigentliche Mörtel bereitet. Der Kies für sich wird zuerst wohl genetzt und richtig abgemessen. Das Benetzen ist deshalb unumgänglich notwendig, weil die Ver kittung nur bei völlig gleichmäßiger Porosität der Füllsubstanzen stattfindet und sodann ein vollständiges Abspülen aller am Kies, Steinschlag etc. haftenden lehmigen, schlammigen und erdigen Theilchen vorgenommen werden muß. Besonders wichtig ist das Tränken mit Wasser bei Verwendung von Backsteinbrocken, Steinkohlenschlacken und porösen Sandsteinen.

Die Mengung mit dem Kieszufatze geschieht in eigenen Mengekasten. Diese sind entweder viereckige oder runde, auf einer Langseite offene Kasten, ähnlich den liegenden Thonchneidern, aber ohne rotirende Welle, im Inneren mit einer Anzahl (ca. 15) Mengeprossen, quer durch den Kasten gehend, versehen und ruckweise drehbar. Der Kasten wird durch die Oeffnung an der Längseite zu etwa  $\frac{2}{3}$  mit dem Mörtel und Steinschlag gefüllt, der Deckel dieser Oeffnung geschlossen und nun zuerst 8 bis 12 ruckweise Wendungen nach rechts, sodann eben so viele nach links gemacht, und die Mengung ist vollzogen. Das auf einmal zu mengende Quantum beträgt hierbei ca. 0,5 cbm und die Dauer einer Mischung 2 bis 3 Minuten.

Die Ausführung der Betonirungen sei hier nur vom Standpunkte der richtigen Verwendung des Materials behandelt, da die Details der hierbei in Verwendung kommenden Formkasten, Rüstungen etc. in den III. Theil (Hochbau-Constructionen) gehören.

109.  
Ausführung  
von  
Betonirungen.

1) Bei Arbeiten außer Wasser ist Hauptbedingung des Gelingens, daß der frisch bereitete Beton in größter Dichte und in größter Homogenität zur Erhärtung gelange. Dies wird dadurch bewirkt, daß einmal nur so dicke Lagen in die Formen geworfen werden, daß sie mittels der Stampfwerkzeuge durch ihre ganze Masse und noch bis in die darunter liegende Schicht elastisch und gleichmäßig von dem Mörtelbrei durchdrungen werden. Deshalb sollte man keine dickeren Schichten, als solche von 8 bis 10 cm auftragen.

Ferner soll man die Bildung von Schichten, die unter einander nicht so stark, als durch die Schichtenmasse selbst verbunden sind, vermeiden. Dies geschieht am besten dadurch, daß man bei der Arbeit keine Unterbrechung eintreten läßt, wie denn überhaupt bei Beton die Regel gilt, die Anfertigung des Betons mit der in einem Tage auszuführenden Arbeit in vollen Einklang zu bringen. Ist aber doch eine Unterbrechung nöthig, so muß vor Weiterführung der Arbeit die Oberfläche der bereits fertig gestampften Masse, wenn sie durch erneutes Stampfen nicht mehr plastisch wird, mit einem eisernen Rechen aufgekratzt und dann eingestampft werden, worauf erst die neue Betonmasse aufgebracht und gestampft wird. Ist die Unterbrechung so lange gewesen, daß bereits merkliche Erhärtung eingetreten ist, so wird die Oberfläche mit einer Spitzhaue aufgehackt, das Losgetrennte entfernt, die Vertiefungen gut mit Wasser, welches aber dann nicht blank stehen bleiben darf, abgewaschen und sodann die Fläche mit etwas fetterem Mörtel abgerieben, worauf erst die neue Betonlage aufgetragen wird.

Dieses Verfahren muß aber strenge eingehalten werden; dann geschieht nie eine Unterbrechung des Zusammenhanges, und das Gelingen der Arbeit ist stets gesichert.

2) Bei Betonirungen im Wasser handelt es sich vor Allem darum, die nie ganz zu umgehende Abschwemmung, resp. Auspülung eines Theiles der Mörtelsubstanz möglichst zu vermindern. Deshalb ist möglichste Trockenheit des wohl

vorbereiteten Mörtels, etwas fettere Mischung und besonders Vermeidung von Strom- und Wirbelwirkung innerhalb des auszubetonirenden Raumes zu erstreben. In welcher Weise das Letztere geschieht und wie zu erzielen ist, daß das Wasser mit der Betonmasse möglichst wenig in Berührung komme, hiervon wird noch im III. Theile dieses »Handbuchs« (Abth. II, Abschn. 2, Kap. 3: Fundamente aus Beton- und Sand-schüttungen) die Rede sein.

110.  
Anwendung  
des  
Betons.

Im Grundbau, wie an der eben angezogenen Stelle noch des Näheren gezeigt werden wird, spielt der Beton eine wichtige Rolle. Allein auch bei Constructionen über Tag ist die Beton-Bauweise in vielen Fällen zweifellos geradezu unentbehrlich; es unterliegt aber auch keinem Zweifel, daß in vielen Fällen damit des Guten zu viel geleistet wurde und Anwendungen stattfanden, welche nach keiner Seite hin gerechtfertigt waren. Nimmt man insbesondere die oft sinnlosen Mischungsverhältnisse, die leichtfertige und unfachgemäße Ausführung, so wie die wahllose Verwendung ungeprüfter Bindestoffe und Sande, so erklärt sich das Mißtrauen, welches von manchen Seiten gegen die allgemeinere Anwendung von Beton erhoben wird.

Daß aber Beton für Wölbungen, für Decken-Constructionen zwischen eisernen Trägern, für Estriche, Treppenstufen etc. ein ausgezeichnetes und häufig auch billiges Material abgiebt, ist durch viele Erfahrungen bewiesen. Es wird Gegenstand mehrerer Kapitel des III. Theiles des vorliegenden »Handbuchs« (insbesondere Abth. III, Abschn. 1, Kap. über »Mauern in Gufs- und Erdmassen«, so wie Abschn. 2, Kap. über »gewölbte Decken« und über »Decken in Stein und Eisen«) sein, auf die Verwendung des Betons für die fraglichen Zwecke zurückzukommen und die Erfolge, die damit erzielt werden, näher zu beleuchten.

Wenn auch die Ausführung von Beton-Monolithen durchschnittlich viel billiger kommt, als die Herstellung von einzelnen Betonsteinen, aus denen Mauern aufgeführt werden sollen, so ist doch besonders bei Kalk-Beton die letztere Methode wegen der langsamen Erhärtung vorzuziehen.

Die Herstellung großer Betonblöcke für Hafenbauzwecke ist bekannt, und wurden Monolithe bis zu 100<sup>cbm</sup> Inhalt hergestellt. Für den Hochbau jedoch hat nur die Herstellung von Canälen aus Beton, von Estrichen, von kleineren Quadern, Treppenstufen, Säulen, Ornamenten etc. aus Beton Bedeutung. Wir haben hierüber bereits im Kapitel »Mörtel« gesprochen, und es erübrigt hier nur noch aufmerksam zu machen, daß Canäle besser aus einem Stück an Ort und Stelle mittels verschiebbarer Formen hergestellt werden, und daß Estriche vorthellhaft in 2 bis 4 qm große Platten getheilt werden, welche nach *Schillinger* durch Anwendung elastischer Theerpappe Fugen erhalten, wodurch sie vor Sprüngen in Folge Ausdehnung durch Wärme oder in Folge von Setzungen besser geschützt sind.

Schließlich sei noch erwähnt, daß das Vorurtheil, als seien Betonhäuser in Folge des Materials nothwendig feucht, nicht gerechtfertigt ist, vorausgesetzt, daß nicht zu fetter Mörtel verwendet wurde; denn nach *Lang* beträgt die Porosität des Betons 19 Procent und von Kalksandsteinen gar 56 Procent. Bei richtiger Bedachtnahme der natürlichen Eigenschaften der vorhandenen Baustoffe und ihrer Preisverhältnisse wird es in einzelnen Fällen demnach nicht schwierig sein, sich für oder gegen die Anwendung von Beton zu entscheiden; wir geben aber dabei wohl zu bedenken, daß auch für Deutschland und Oesterreich leider nicht zu selten die These *Vicat's* gilt: »Wenn man die Mörtelbereitung unserer Maurer sieht, möchte man glauben, sie suchen die Auflösung des sonderbaren Problems: Wie muß man mit guten Grundstoffen umgehen, um den schlechtesten Mörtel zu machen?«

## Literatur

über »Beton« und »Beton-Bereitung«.

- LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechanische Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.
- Horizontale Betonmaschine von LEPAIRE. Allg. Bauz. 1864, S. 332.
- FOWLRE, S. T. *Manuel of instruction for an improved method of building with concrete; or, how to make the best house at the least cost.* London 1866.
- REID, H. *A practical treatise on concrete, and how to make it; with observations on the use of cements, limes and mortars.* London 1869.
- HAGEN, G. Handbuch der Wasserbaukunst. 3. Aufl. I. Theil. 2. Bd. Berlin 1870. S. 322.
- KOPKA. Die mechanische Mörtel- und Beton-Bereitung. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1871, S. 97, 116, 131, 145.
- BÜES, C. Beitrag zur Beton-Frage. Deutsche Bauz. 1874, S. 52.
- LIEBOLD. Der Cement in feiner Verwendung im Hochbau und der Bau mit Cement-Beton zur Herstellung feuerficherer, gefunder und billiger Gebäude aller Art. Halle 1875.
- FRANZIUS. Transportabler Beton-Mischer. (MESSENT's Patent.) Deutsche Bauz. 1875, S. 153.
- Concrete as a building material.* Builder 1876, S. 353, 481, 502, 530.
- POTTER, TH. *Concrete; its use in building, and the construction of concrete calls, floors etc.* London 1877.
- SPETZLER, O. Verwendung der Hochofenschlacke zur Betonbereitung. Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 29.  
Siehe auch die Literatur-Angaben über »Beton-Bauten« im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. III, Abfchn. I, A. Kap. über »Mauern in Gufs- und Erdmassen«).

## 5 Kapitel.

## Holz.

Von Dr. W. F. EXNER und G. LAUBÖCK.

## a) Allgemeines.

Ungeachtet Gufseifen, Walzeifen und die verschiedenen Arten von Stahl in neuerer Zeit für das Bauwesen eine stets steigende Bedeutung erlangt haben, ist das Holz vermöge seiner Eigenschaften zur Verwendung als Baustoff in vielen Fällen ausschliesslich, in vielen anderen hervorragend geeignet.

Das Holz besitzt eine hohe Elasticität, eine grosse Festigkeit, besonders in der Richtung, welche zur Axe des Baumes, dem das Holz entnommen ist, parallel liegt. Sodann ist die Dauer des Holzes unter günstigen Verhältnissen eine sehr grosse. Jene Eigenschaft jedoch, welche das Holz unter vielen Baumaterialien bevorzugen lässt, ist die ausserordentlich leichte Bearbeitungsfähigkeit, welche gestattet, dasselbe mit geringen Kosten und in verhältnissmässig kurzer Zeit in jede gewünschte Gestalt zu überführen. Die durch die Verbindung der einzelnen Constructionstheile unter einander bedingte Form kann demnach überaus leicht hergestellt werden, und deshalb ist das Holz fast für jede constructive Aufgabe zulässig.

Ein weiterer Vorzug des Holzes besteht darin, dass es für eine Reihe von fog. Vollendungsarbeiten des inneren Ausbaues in hohem Mafse geeignet ist, wodurch die verschiedensten decorativen Zwecke mit Leichtigkeit erreicht werden können.

Diesen Eigenschaften, welche dem Holze auch für die Zukunft bei noch gesteigerter Verwendung anderer Materialien eine Hauptrolle im Bauwesen sichern,

III.  
Holz  
als  
Baustoff.

sind einige andere Eigenschaften gegenüber zu stellen, welche den Werth des Holzes für die in Rede stehenden Zwecke wesentlich herabdrücken.

Das Holz verändert, besonders in den auf die Axe des Baumes senkrechten Richtungen (Radial- und Sehnenrichtung in Bezug auf den Kreisumfang des Baumstammes), seine Abmessungen. Diese Tendenz, die Breite und Dicke der stab- und tafelförmigen Constructionstheile aus Holz in Folge verschiedener Einflüsse zu ändern, bildet einen kaum zu bekämpfenden Uebelstand. Das Holz »schwindet« und »quillt« unter den Einflüssen wechselnder Trockenheit und Feuchtigkeit, so lange es seine Elasticität und Festigkeit in dem ursprünglichen Masse behauptet, und es ist daher das Aufhören der Volumsänderung (das Arbeiten des Holzes) ein ungünstiges Symptom für den Werth des Materials.

Die Dauerhaftigkeit des Holzes wird unter gewissen Umständen sehr beeinträchtigt. Die Bildung von Pilzen, der Angriff des Holzes durch Thiere niederer Ordnung und verschiedener Art, endlich der sog. Hauschwamm zerstören das Holz in verhältnißmäßig kurzer Zeit und berauben es seiner Befähigung, weiter als Constructionstheil zu dienen. Endlich ist der hohe Grad von Brennbarkeit zu erwähnen, welcher das Holz von mancherlei Verwendungen im Bauwesen ausschließt.

Die angeführten ungünstigen Eigenschaften können bis zu einem gewissen Grade bekämpft und ungefährlich gemacht werden, und darin eben besteht eine der Hauptaufgaben des Baumeisters.

112. Schon im Vorangehenden wurde auf die Haupteigenschaften des Holzes Eigenschaften. hingewiesen; nun sollen dieselben der Reihe nach etwas eingehender erörtert werden.

113. 1) Aussehen und Gefüge des Holzes. Die Farbe des Holzes ist eine für Aussehen. jede Holzart mehr oder minder charakteristische; ein Abweichen von der normalen Farbe kann in der Regel als ein für die übrigen Eigenschaften des Holzes ungünstiges Symptom aufgefaßt werden.

Die Farbe des Holzes hat für die Architektur selbstverständlich immer dann eine Wichtigkeit, wenn das Holz ohne einen die Naturfarbe deckenden Ueberzug zur Verwendung gelangt. Häufig wird der Farbe des Holzes bloß ein wärmerer Ton oder eine tiefere oder lichtere Nuance verliehen in der Weise, daß das Holz durch Auftragen eines transparenten Stoffes auf der Oberfläche überkleidet wird. (Näheres hierüber unter e.)

Eine solche das Holz gegen den directen Einfluß der Atmosphärien schützende Schicht wird, wenn das Holz an der Außenseite der Gebäude zur Verwendung gelangt, nur in seltenen Fällen entbehrt werden können.

114. Die innere Organisation des Holzes wird durch die drei rechtwinklig auf Gefüge. einander geführten Schnitte, und zwar: 1) senkrecht auf die Längsaxe, 2) durch die Längsaxe oder 3) parallel zur Längsaxe, klar ersichtlich. Der erste der drei angeführten Schnitte heißt Querschnitt oder Hirnschnitt, der zweite Radial-, Spiegel- oder Spaltschnitt, der dritte Sehnen- oder Tangentialschnitt. Für praktische Zwecke wird das Holz sehr häufig schief, d. i. unter einem verschiedenen großen Winkel gegen die Längsrichtung des Stammes geschnitten.

In jeder der drei angeführten Hauptschnittrichtungen zeigt das Holz ein anderes, für die Holzart charakteristisches Aussehen, indem die zur Herbstzeit gebildeten dunkleren Theile der Jahresringe sich von den während des Frühjahres und der ersten Sommerzeit gebildeten Theilen derselben sichtlich abheben. Je größer der

Abstand in der Farbe zwischen Herbstholz und Frühlingsholz ist, desto deutlicher erscheint jene eigenthümliche Zeichnung des Holzes, welche man Textur oder Flader nennt.

Bei den zur Axe schief gelegenen Schnitten bildet die Textur ein Mittelglied zwischen der normalen Textur des Radial- und Hirnschnittes einerseits oder des Tangential- und Hirnschnittes andererseits. Die Textur des Holzes bildet aber im Zusammenhange mit der Farbe das Aussehen, welches für die Wahl des Holzes zu architektonischen Zwecken häufig bestimmend ist.

Im Gegenfatze zum Flader steht der Maser, in so fern als der letztere auf der unregelmäßigen, nicht naturgemäßen Ausbildung der Jahresringe, der Markstrahlen und der Anordnung der Zellengruppen beruht. Der Maserwuchs entsteht am häufigsten durch excessive Bildung von Knospen, auch wohl durch Schmarotzer und in Folge von Verletzungen durch Insecten etc. Der maserige oder wimmerige Wuchs des Holzes ist für manche Bauzwecke eben so wie der schöne Flader besonders geschätzt.

2) Specificisches Gewicht. Genauere Einsicht in das Gewichtsverhältniß der Hölzer ist in so fern von Bedeutung, als viele wichtige Eigenschaften des Holzes, z. B. die Härte, die Dauer, die Brennkraft, das Maß des Schwindens und Quellens mehr oder weniger mit dem Eigengewichte desselben in Verbindung stehen.

115.  
Specif.  
Gewicht.

Sind die Hohlräume des Holzes mit Wasser gefüllt, so muß sich dadurch das absolute Gewicht steigern. In der Praxis unterscheidet man daher das Grüngewicht bei ca. 45 Procent Wassergehalt, wie es der Baum bei der Fällung giebt, und das Lufttrockengewicht, wie es durch längeres Aufbewahren des Holzes unter Dach in trockenen Räumen bei noch ca. 15 bis 20 Procent Wassergehalt erscheint.

3) Elasticität. Die Elasticität wird wie bei den anderen Baustoffen einerseits durch den Elasticitäts-Modul (-Coefficienten), andererseits durch die Elasticitätsgrenze beurtheilt werden können. Auch beim Holze ist eine hohe Elasticität von ausschlaggebender Bedeutung für seine Verwendbarkeit als Constructionsmaterial.

116.  
Elasticität.

Das Holz zeigt verschieden große Elasticitäten je nach der Richtung, in welcher dasselbe in Anspruch genommen wird; es besitzt also einen verschiedenen Elasticitäts-Modul und eine verschiedene Elasticitätsgrenze, je nachdem das Holz nach seiner Längen- (oder Faser-) Richtung oder senkrecht auf diese im Sinne des Radius oder im Sinne der Sehne in den Jahresringen beansprucht wird. Diese Verschiedenheit der Elasticität in den drei genannten Richtungen ist durch den anatomischen Bau des Holzes begründet und muß bei der Verwendung wohl beachtet werden.

Bei Besprechung der wichtigeren Bauhölzer werden noch detaillirte Angaben über die Elasticitätsverhältnisse der verschiedenen Holzarten gemacht werden. Hier sei nur erwähnt, daß der Elasticitäts-Modul für Zug und Druck fast gleich groß ist und daß der Wassergehalt auf denselben nur einen geringen Einfluß hat; im Mittel kann dieser Modul nach *Winkler* zu  $114^t$  pro  $1\text{ qcm}$  (in der Faserrichtung) angenommen werden.

Auf die Elasticitätsgrenze hat der Wassergehalt einen großen Einfluß; sie ist um so größer, je geringer der letztere ist. Bei stark gedörtem Holze liegt die Elasticitätsgrenze sogar in der Nähe der Bruchgrenze. Nach Versuchen beträgt die Elasticitätsgrenze für Zug  $0,20$  bis  $0,59$ , im Mittel  $0,27^t$  pro  $1\text{ qcm}$ , für Druck durchschnittlich das  $0,44$ -fache hiervon.

4) Tragfähigkeit und Festigkeit. Der Tragmodul, die Spannung des Holzes bis zur Elasticitätsgrenze, auf das Quadratcentimeter jener Querschnittsfläche bezogen, welche senkrecht zur Krafrichtung durch den Holzkörper gelegt wird, bildet das Maß der Tragfähigkeit. Da im Vorangehenden constatirt wurde, daß die Elasticitätsgrenze in demselben Holzkörper sich mit der Richtung der Kraft in Bezug auf die Axe des Stammes ändert, so wird auch der Tragmodul oder die Tragfähigkeit je nach der Richtung der Inanspruchnahme des Holzes gegenüber seiner Faserrichtung eine verschiedene sein.

In der Praxis ist es bekanntlich nicht zulässig, den auf Grund von experimentellen Untersuchungen ermittelten Tragmodul mit seinem vollen Werthe in die statischen Berechnungen einzuführen, weil erstens die Daten, welche von verschiedenen Autoren für den Tragmodul aufgestellt werden, sehr stark von einander abweichen, was sich durch den verschiedenen Grad der Präcision der Untersuchungen und durch die natürliche Verschiedenheit des Holzes erklären läßt; zweitens, weil auch bei derselben Holzart die Structur, Dichte, kurz alle mechanisch-technischen Eigenschaften, also auch die Tragfähigkeit, durch die Verschiedenheit von Boden, Standort (Exposition), Klima, forstliche Bewirthschaftungsart, Fällungszeit, Transportart etc. etc. variiert werden. Man unterscheidet demnach die praktische Tragfähigkeit von der theoretischen, und es hat bekanntlich die erstere nur einen aliquoten Theil der letzteren zu bilden. Hiervon, im Wesentlichen also von der Wahl des sog. Sicherheitsgrades, wird in der nächsten Abtheilung (Statik der Hochbau-Constructionen) noch eingehend die Rede sein; hier sei nur bemerkt, daß wir es vorziehen, in der eben angedeuteten Weise vorzugehen, statt, wie dies häufig geschieht, die Tragfähigkeit aus dem Bruchcoefficienten zu bestimmen; denn in der Ermittlung des letzteren besteht eine noch größere Unsicherheit; die Angaben über den Bruchmodul weichen noch mehr von einander ab, als jene über den Tragmodul; die experimentelle Ermittlung des Bruchmoduls führt noch schwieriger zu sicheren Ergebnissen.

Unter Zugfestigkeit des Holzes soll hier der Widerstand desselben gegen Zerreißen in der Faserrichtung verstanden werden; wirkt dagegen die Zugkraft senkrecht zur Holzfafer, so wollen wir dies Querszugfestigkeit nennen.

Druck- und Knickfestigkeit beziehen sich stets auf die Beanspruchung in der Richtung der Holzfasern, während bei der Bruchfestigkeit, wohl auch Biegefestigkeit genannt, eine Belastung normal zur Faserrichtung vorausgesetzt wird. Die Biegsamkeit des Holzes läßt sich ausdrücken durch die äußere Größe der Biegung, welche unter festgesetzten Umständen ein an seinen beiden Enden unterstützter, in der Mitte seiner Länge belasteter Stab annimmt, bevor er bricht. In diesem Sinne gebraucht man dafür gewöhnlich den Ausdruck Zähigkeit. Frisches (grünes), durchnäßtes oder gedämpftes Holz ist in viel höherem Grade biegsam oder zäh, als trockenes. Sofern das Holz nach solcher Behandlung die ihm gegebene Form behält, spricht man von dessen Formbarkeit.

In der schon mehrfach erwähnten »Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungsanstalten und Versuchstationen von Baumaterialien, so wie über die Einführung einer staatlich anerkannten Classification der letzteren« wird eine Classification des Bauholzes auf Grundlage seiner Biegefestigkeit versucht.

Es heißt daselbst:

Als Bauholz wird in weitaus überwiegendem Maße Fichten- und Föhrenholz verwendet. Deshalb soll vorläufig nur dieses, mit dem gemeinfamen Namen »weiches Holz« bezeichnete in die Classification aufgenommen werden.

Die Art der Inanspruchnahme des Holzes ist in den meisten Fällen die Biegung, die auch beim Angriff auf Zerknickung bei Pfosten, Säulen etc. mit ins Spiel kommt. Deshalb liegt es nahe, die Classification des Bauholzes auf seine Biegefestigkeit zu gründen. Zu dem Zweck werden Probestücke mit quadratischem oder nahezu quadratischem Querschnitt von ca. 12<sup>cm</sup> Seite und von 1,5<sup>m</sup> Länge hergestellt und abgebrochen, indem sie, mit beiden Enden frei aufliegend, durch eine in der Mitte concentrirte



## Literatur

über »Bauholz« im Allgemeinen.

- NÖRDLINGER, H. Die technischen Eigenschaften des Holzes. Stuttgart 1860.  
 GARRAUD, L. *Études sur les bois de construction*. Paris 1863.  
 CHATEAU, TH. *Technologie du bâtiment. Des bois; bois flottés et non flottés; moyens de les reconnaître*. *Moniteur des arch.*, 1869, S. 17.  
 Handbuch der chemischen Technologie. Herausgegeben von BOLLEY-BIRNBAUM. 6. Bandes I. Gruppe: Die chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen. I. Abth.: Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial. Von A. MAYER. Braunschweig 1872.  
 NÖRDLINGER. Der Holzring etc. Stuttgart 1872.  
 DOKOUPIL, V. Die Bauhölzer. Ein Beitrag zur Kenntniss der Baumaterialien. Bifritz 1876.  
 LANGE, W. Das Holz als Baumaterial. Holzminen 1879.

## b) Die wichtigeren Bauhölzer.

Der Begriff »Bauholz« wird sehr verschiedenartig aufgefasst, und die bautechnische Literatur beschäftigt sich sehr häufig mit Hölzern, die überaus selten, man könnte sagen, nur ausnahmsweise im Baufache Verwendung finden. Wir glauben viel richtiger vorzugehen, wenn wir unsere Erörterungen auf eine kleine Zahl der allerwichtigsten und stets angewendeten Bauhölzer beschränken und dafür dieselben um so ausführlicher und erschöpfender behandeln; dagegen die nur ausnahmsweise im Baufache vorkommenden Materialien ganz unberücksichtigt lassen, um so mehr als die Erhebung der Eigenschaften in demselben Verhältnisse minder ausgedehnt und zuverlässig erscheint, als die Wichtigkeit der Hölzer für die in Rede stehende Produktionsrichtung geringer ist.

Die sonst auch übliche Eintheilung in Nadel- und Laubhölzer wurde beibehalten, da sie für die Technik der Holzconstruktionen von Bedeutung ist. Die Stämme der Nadelhölzer sind geradwüchsig, als jene der Laubhölzer; auch sind erstere afreiner und verjüngen sich nach dem Zopf zu weniger, als letztere. Das Holz der Laubhölzer ist härter und nimmt leichter Politur an, als jenes der Nadelbäume; aus letzteren lassen sich dagegen längere Pfähle, Balken etc. leichter herstellen.

## A. Nadelhölzer.

119.  
Fichte.

1) Fichte (*Abies excelsa* DC.). Aussehen: Farbe zwischen gelblich-weiß und röthlich-weiß, Holz ziemlich grob, etwas glänzend (Nördlinger), leichter Harzgeruch. — Specificisches Gewicht: Grüngewicht 0,400 bis 1,070 (0,735), lufttrocken 0,350 bis 0,600 (0,475, *Karmarsch*); Mittelwerthe nach Nördlinger Grüngewicht 0,73, lufttrocken 0,47. — Saftgehalt: Bei frisch gefälltem Holze 45,2 Procent des Gewichtes (Schübler und Hartig). — Schwinden: Nach *Karmarsch* Längenzholz 0,076 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2,8 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 7,3 Procent, Querholz im Mittel 3,3 Procent; nach Nördlinger in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2,0 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,9 bis 7,3 Procent. — Quellen: Wasseraufnahme bis zur völligen Sättigung in der Richtung der Länge 0,076 Procent, in der Richtung der Spiegel 2,4 Procent, in jener der Jahresringe 6,18 Procent (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen Zunahme in Folge der Durchnässung an Volum 4,4 bis 8,6 Procent, an Gewicht 70 bis 166 Procent. — Elasticität und Festigkeit<sup>98)</sup>. α) Zug parallel zur Fafer: Elasticitätsgrenze 0,209 t<sup>99)</sup>, Elasticitäts-Modul 90,58 t, Bruchgrenze 370 kg (*Mikolaschek*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 746 bis 867 kg, Belastung für die Elasticitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung  $\frac{1}{170}$ . β) Druck parallel zur Fafer: Elasticitätsgrenze 0,18 kg, Elasticitäts-Modul 134,6 t,

<sup>98)</sup> Ueber Knickfestigkeit der Fichte siehe den Aufsatz *Bauschinger's* in: Baur. Fortwiffenschaftliches Centralblatt 1879.

<sup>99)</sup> Die Elasticitäts- und Festigkeits-Angaben sind auf das Quadratcentimeter bezogen.

Druckfestigkeit 297 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerthe 296 bis 448 kg (*Nördlinger*).  $\gamma$ ) Biegung: Elasticitätsgrenze 0,13 t, Elasticitäts-Modul 70,77 t, Biegungsfestigkeit 425 kg (*Mikolaschek*), Biegfamkeit nach *Karmarsch* (wenn Eiche = 100) 174.  $\delta$ ) Abfcherungsfestigkeit: parallel zur Fafer 50 kg, senkrecht zur Fafer 260 kg. — Dauer: In beständiger Nässe soll (für Eiche = 100) Fichtenholz mit 50, in beständiger Trockenheit mit 75 bewerthet werden (*Pfeil*); in Folge des größeren Harzgehaltes im Witterungswechsel etwas dauerhafter, als Tannenholz (*Karmarsch*). — Verwendung: Wichtiges Bauholz; beliebtes Blindholz; feines Fichtenholz zu Getäfel.

120.  
Tanne.

2) Tanne (*Abies pectinata DC.*). Aussehen: Farbe zwischen gelblich- und röhlich-weiß, nicht fo hell und gleichmäsig, wie Fichtenholz; die französische Tanne giebt das weißeste Holz aller französischen Abietineen (*Mathieu*); glänzend, kein ausgeprochener Geruch. — Specificisches Gewicht (nach *Karmarsch*): Grenzen des specificischen Gewichtes grün 0,770 bis 1,230 (1,00), lufttrocken 0,370 bis 0,746 (0,558); Mittelwerthe (nach *Nördlinger*) grün 1,00, lufttrocken 0,48 (*Gayer*); Grenzen für Lufttrockengewicht 0,405 bis 0,703 (*Chevandier-Wertheim*). — Saftgehalt: Bei frisch gefälltem Holze 37,1 Procent des Gewichtes (*Hartig und Schübler*). — Schwinden: Entrindet nach dem Radius 1,9 Procent, nach der Sehne 2,4 Procent (*Nördlinger*); Längenholz 0,086 bis 0,122 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,7 bis 4,82 Procent, in der Richtung der Jahresringe 4,1 bis 8,13 Procent (*Karmarsch*). — Quellen: Entrindetes Tannenholz nach der Länge 0,104 Procent, dem Radius 4,82 Procent, der Sehne 8,13 Procent (*Laves*); aus *Weisbach's* Versuchen bei völliger Durchnässung eine Volum-Zunahme von 3,6 bis 7,2 Procent, an Gewicht 83 bis 123 Procent. — Elasticität und Festigkeit.  $\alpha$ ) Zug parallel zur Fafer: Elasticitätsgrenze 0,167 t, Elasticitäts-Modul 139,65 t, Bruchgrenze 713 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerthe (*Chevandier-Wertheim*) Elasticitätsgrenze 0,2135 t, Elasticitäts-Modul 111,32 t, Bruchgrenze 418 kg, dieselbe berechnet für Bohlen 588 kg, für Bretter 650 kg; Belastung für die Elasticitätsgrenze 249 kg, die dabei eintretende Verlängerung  $\frac{1}{500}$  (*Karmarsch*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 111 bis 1048 kg.  $\beta$ ) Querszugfestigkeit: Zug im Sinne des Radius Elasticitäts-Modul 9,45 t, Bruchgrenze 22 kg; im Sinne der Tangente Elasticitäts-Modul 3,41 t, Bruchgrenze 29,7 kg; Querszugfestigkeit nach *Karmarsch* 12 bis 41 kg.  $\gamma$ ) Druck parallel zur Fafer: Elasticitätsgrenze 0,28 t, Elasticitäts-Modul 172,35 t, Druckfestigkeit 312 kg (*Mikolaschek*).  $\delta$ ) Biegung: Elasticitätsgrenze 0,143 t, Elasticitäts-Modul 75,545 t, Biegungsfestigkeit 430 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerthe nach *Ebbels und Tredgold* Elasticitäts-Modul 99,1 t, Festigkeit 728,4 kg; senkrecht zu den Fafern Elasticitäts-Modul 2,53 t; Biegung ganzer Trumme Elasticitäts-Modul 20,89 bis 119,37 t (*Chevandier-Wertheim*), Vogefen-Tanne Biegungsfestigkeit 510 kg (*Chevandier-Wertheim*).  $\epsilon$ ) Abfcherungsfestigkeit: parallel zur Fafer 30 kg, senkrecht zur Fafer 273 kg (*Mikolaschek*); nach der Faferichtung 42 bis 50 kg (*Karmarsch*). — Dauer: Tannenholz ist außerordentlich dauerhaft, wenn es trocken gehalten wird; es steht der Fichte voran (*Nördlinger*); beständig unter Wasser ist es von ziemlicher Dauer, dagegen weniger bei abwechselnder Nässe und Trockenheit. — Verwendung: Als Bauholz in feuchten Räumen der Fichte vorgezogen; es scheint in gewisser Hinsicht dem Fichtenholze nachzustehen, denn seine Horizontal-Tragkraft verhält sich nach *Muschelbroek* zu jener des Fichtenholzes wie 86 : 100, seine Elasticität wie 86 : 95 (*Mathieu*); wegen der leichten Spaltbarkeit beliebtes Material zu Schindeln.

121.  
Lärche.

3) Lärche (*Larix europaea DC.*). Aussehen: Farbe des verschieden breiten Splintes gelblich-weiß, des Kernholzes rothbraun, glänzend. — Specificisches Gewicht: Mittelwerthe nach *Nördlinger* grün 0,69, lufttrocken 0,54, dürr 0,46 (*Pfeil-Werneck*); altes Lärchenholz 0,66, junges 0,55 (*Mathieu*); Grüngewicht 0,520 bis 1,000 (0,760), lufttrocken 0,44 bis 0,800 (nach *Karmarsch* 0,62). — Saftgehalt: frisch gefällt 48,6 Procent des Gewichtes (*Schübler-Hartig*); Mittelwerth nach *Nördlinger* 25,7 (17,1 bis 45,9) Procent. — Schwinden: Längenschwindung 0,1 Procent, nach dem Halbmeffer 2,3 Procent, der Sehne 4,3 Procent (*Nördlinger*); Längenholz 0,013 bis 0,388 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,3 bis 7,3 Procent, in der Richtung der Jahresringe 1,4 bis 7,1 Procent; Querholz im Mittel 4,02 Procent (*Karmarsch*). — Quellen: Bis zur vollständigen Sättigung mit Wasser nach der Länge 0,075 Procent, im Halbmeffer 2,17 Procent, in der Sehne 6,3 Procent (*Laves*). — Elasticität und Festigkeit.  $\alpha$ ) Zug parallel der Fafer: Elasticitätsgrenze 0,172 t, Elasticitäts-Modul 126,2 t, Bruchgrenze 588 kg (*Mikolaschek*); Belastung bis zur Elasticitätsgrenze 142 kg, die dabei eintretende Verlängerung  $\frac{1}{150}$  (*Karmarsch*).  $\beta$ ) Druck parallel der Fafer: Elasticitätsgrenze 0,24 t, Elasticitäts-Modul 43,45 t, Bruchgrenze nach *Mikolaschek* 320 kg, nach *Nördlinger* 550 kg.  $\gamma$ ) Biegung: Elasticitätsgrenze 0,157 t, Elasticitäts-Modul 68,42 t, Biegungsfestigkeit 469 kg (*Mikolaschek*); Elasticitäts-Modul 60,18 bis 135,6 t, Biegungsfestigkeit 850 kg (*Nördlinger*).  $\delta$ ) Abfcherungsfestigkeit: parallel der Fafer 43 kg, senkrecht zur Fafer 246 kg (*Mikolaschek*). — Dauer: Im Trockenem sowohl, als auch dem Witterungswechsel ausgesetzt ist es von ausgezeichneter Dauer; unter Wasser wird es

feinhart (*Nördlinger*). — Verwendung: Von hervorragender Qualität für Schiffbau, Brücken-, Waffer- und Grubenbauten; bei Hochbau-Constructionen nur bechränkte Verwendung für Möbelbau (schöne Politur), Parquetböden, Lambris und Getäfel.

122.  
Kiefer.

4) Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). Aussehen: Farbe des fehr breiten Splintes (nach *Nördlinger* 25 bis 80 Jahresringe umfassend) gelblich bis röthlich-weiß, das Kernholz unmittelbar nach der Fällung eben so, später im trockenen Zustande bräunlich-roth (*Hartig*); das Holz ist nach Frühlings- und Sommertheil der Jahresringe ungleichförmiger und daher weniger schön wie Fichten- und Tannenholz (*Nördlinger*); glänzend, Kern wohlriechend. — Specificisches Gewicht: nach *Karmarsch*, Grüngewicht 0,380 bis 1,078 (0,729), lufttrocken 0,310 bis 0,828 (0,569); Mittelwerthe nach *Nördlinger* grün 0,70, lufttrocken 0,52. — Saftgehalt: frisch gefällt 39,7 Procent des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*), 0,52 Procent (*Nördlinger*). — Schwinden: nach *Karmarsch* Längenzholz 0,006 bis 0,201 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,8 bis 3,8 (2,2) Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 6,8 (3,3 Procent); Längenschwindung 0,01 Procent, in der Richtung der Spiegel 2,9 Procent, in der Richtung der Jahresringe 5,4 Procent (nach *Nördlinger*). — Quellen bis zur völligen Sättigung mit Waffer in der Länge 0,12 Procent, in der Richtung der Spiegel 3,04 Procent, in der Sehne 5,72 Procent (*Laves*). — Elasticität und Festigkeit.  $\alpha$ ) Zug in der Richtung der Fafer: Elasticitätsgrenze 0,17 t, Elasticitäts-Modul 119,9 t, Bruchgrenze 430 kg (*Mikolaschek*); Vogefen-Föhre Elasticitäts-Modul 56,4 t, Bruchgrenze 250 kg, (*Chevandier-Wertheim*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 144 bis 1278 kg.  $\beta$ ) Querzugfestigkeit: 15 bis 59 kg (*Karmarsch*); in der Richtung der Spiegel 40 kg, in der Richtung der Jahresringe 19 kg (*Chevandier-Wertheim*).  $\gamma$ ) Druck: Elasticitätsgrenze 0,26 kg, Elasticitäts-Modul 66,1 t, Druckfestigkeit 302 kg, (*Mikolaschek*).  $\delta$ ) Biegung: Elasticitätsgrenze 0,0797 t, Elasticitäts-Modul 61,74 t, Biegungsfestigkeit 327 kg (*Mikolaschek*); Hohenheimer Kiefer Elasticitäts-Modul 65,4 t, Biegungsfestigkeit 541 kg (*Nördlinger*).  $\epsilon$ ) Abfcherungsfestigkeit: parallel der Fafer 31 kg, fenkrechzt zur Fafer 210 kg. — Dauer: Föhrenholz ist von ausgezeichneter Dauer; Föhrentfangen weniger dauerhaft (2 Jahre), als Fichtenfangen (8 bis 10 Jahre, nach *Nördlinger*). — Verwendung: Vorzüglich brauchbar als Bauholz, wird aber, wenn es trocken steht, leicht von Insecten angegangen; Brunnenröhren etc.; minder beliebt als Tischlerholz wegen des Geruches und weil es unter dem Hobel leicht einreißt, daher keine Glätte annimmt (*Nördlinger*); für große Schiffsmaffen das beste Holz.

## B. Laubhölzer.

123.  
Eiche.

5) Eiche (*Quercus pedunculata* Ehrh.). Aussehen: das Holz ist sofort kenntlich an dem Ringe großer Poren im Frühlingsholz, an den glänzenden breiten Markstrahlen und an der eigenthümlichen, in verschiedenen Nuancen hellbraunen Farbe, welche der Eiche ihren Namen verdankt. — Specificisches Gewicht: nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,93 bis 1,28 (1,1), lufttrocken 0,69 bis 1,03 (0,86). — Saftgehalt: bei frisch gefälltem Holze 22 bis 39 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: nach *Karmarsch* Längenzholz 0,2 bis 0,3 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 3,2 bis 3,3 Procent, in der Richtung der Jahresringe 0,8 bis 7,3 Procent; Querholz im Mittel 3,65 Procent; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1 bis 3 Procent, in jener der Jahresringe 1 bis 7 Procent. — Quellen: bei Waffer Aufnahme bis zur völligen Sättigung und Längenausdehnung für junges Holz 0,4 Procent, für gedämpftes 0,32 Procent, für altes 0,13 Procent; Ausdehnung in der Richtung der Spiegel bei jungem Holze 3,9 Procent, bei gedämpftem Holze 2,66 Procent, bei altem Holze 3,13 Procent; Ausdehnung in der Richtung der Jahresringe bei jungem Holze 7,55 Procent, bei gedämpftem Holze 5,59 Procent, bei altem Holze 7,78 Procent (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen ergibt sich bei völliger Durchnässung eine Zunahme an Volum um 5,3 bis 7,9 Procent, an Gewicht um 60 bis 91 Procent. — Elasticität und Festigkeit.  $\alpha$ ) Zug parallel zur Fafer: Elasticitätsgrenze 0,35 t, Elasticitäts-Modul 103 t, Bruchgrenze 685 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerthe nach *Chevandier-Wertheim* Elasticitäts-Modul 97,78 t, Bruchgrenze 649 kg; Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 223 bis 1451 kg; Belaftung für die Elasticitätsgrenze 272 kg, die dabei eintretende Verlängerung  $\frac{1}{430}$  (*Karmarsch*).  $\beta$ ) Querzugfestigkeit: Zug im Sinne des Radius Elasticitäts-Modul 18,87 t, Bruchgrenze 58,2 kg; im Sinne der Tangente Elasticitäts-Modul 12,98 t, Bruchgrenze 40,6 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querzugfestigkeit nach *Karmarsch* 44 bis 61 kg.  $\gamma$ ) Druck parallel zur Fafer: Elasticitätsgrenze 0,222 t, Elasticitäts-Modul 125 t, Druckfestigkeit 364 kg (*Mikolaschek*).  $\delta$ ) Biegung: Elasticitätsgrenze 0,271 t, Elasticitäts-Modul 73,5 t, Biegungsfestigkeit 618 kg (*Mikolaschek*).  $\epsilon$ ) Abfcherungsfestigkeit: nach *Karmarsch* in der Richtung der Fafern 61 bis 97 kg, parallel zur Fafer 92 kg, fenkrechzt zur Fafer 349 kg (*Mikolaschek*). — Dauer: Eichenholz, bei mildem Klima und im freien Stande gewachsen, liefert das dauerhafteste

Holz; von auferordentlicher Dauerhaftigkeit unter Waffer, im Boden, im Wind und Wetter, unter Dach; unter Dach wird es mit der Zeit spröder; Splint gewöhnlich nach wenigen Jahren im Freien eine Beute der Moderung, verfällt unter Dach dem Splintkäfer. — Verwendung: das Eichenholz ist wegen seines hohen Preifes und seines hohen specifischen Gewichtes als Hochbauholz vielfach durch das Fichten-, Lärchen- und Kiefernholz verdrängt worden. Es ist ein vorzügliches Waffer- und Erdbauholz; Wafferleitungsrohre aus Eiche geben dem Waffer einen unangenehmen Gefchmack; junges Eichenholz ist feiner gröfseren Dichte halber zu Schwellen mehr geeignet, als altes Stamm- oder Astholz; im Tischlergewerbe zu maffiven Möbeln und Hausgeräthen, zur inneren Auskleidung der Wohn-, Wirthschafts- und Fabriksgebäude, als Blindholz; schlichtes und maferiges Holz zu Fourniren; Parquet-Fabrikation; vorzügliches Schindelholz; eminent für Säulen und für Pfähle unter Waffer.

6) Rothbuche (*Fagus sylvatica* L.). Aussehen: bei der Rothbuche erfolgt der Uebergang von Splint zu Reifholz und Kern so allmählich, dafs Manche sie für einen Splintbaum halten (*Hartig*); der weisse Splint wie der braune Kern haben einen röthlichen Anflug; die Jahreslagen sind deutlich abgegrenzt durch das dunkler gefärbte Herbstholz; die Markstrahlen von verschiedener Breite erscheinen auf Querschnitten lichter, auf Längsschnitten dunkler, als das umgebende Holz. — Specifisches Gewicht: nach *Karmarsch* Grüngewicht 0,852 bis 1,12 (0,986), lufttrocken 0,59 bis 0,909 (0,748); nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,90 bis 1,12 (1,01), lufttrocken 0,66 bis 0,83 (0,745); das specifische Grüngewicht der im geschlossenen Bestande erwachsenen Rothbuche ist um so gröfser, je höher das Holz über dem Erdboden liegt, je weiter es von der Wurzel entfernt ist (*Exner*); das specifische Lufttrockengewicht, vom Stocke aus nach oben zu gehend, sinkt zuerst, um in der Höhe der Baumkrone eine bedeutende Steigerung zu erfahren und hier sein Maximum zu erreichen (*Exner*). — Saftgehalt: frisch gefällt 20 bis 43 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längensholz 0,20 bis 0,34 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 2,3 bis 6 Procent, in der Richtung der Jahresringe 5 bis 10,7 Procent; Querholz im Mittel 6 Procent (*Karmarsch*); in der Richtung der Spiegel 2 bis 6 Procent, in jener der Jahresringe 7 bis 11 Procent (*Nördlinger*); das Schwindmafs nimmt mit der Höhe im Baume ab (*Exner*). — Quellen: bis zur vollständigen Sättigung mit Waffer Längenausdehnung 0,2 Procent, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 5,03 Procent, in der Richtung der Jahresringe 8,06 Procent (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen Zunahme in Folge der Durchnässung an Volum 9,5 bis 11,8 Procent, an Gewicht 63 bis 99 Procent. — Elasticität und Festigkeit. α) Zug in der Richtung der Fafer: Elasticitätsgrenze 0,245 t, Elasticitäts-Modul 140,8 t, Bruchgrenze 364 kg (*Mikolaschek*); Elasticitätsgrenze 0,2317 t, Elasticitäts-Modul 98,04 t, Bruchgrenze 357 kg (*Chevandier* und *Wertheim*); Bruchgrenze 111 bis 664 kg (*Nördlinger*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 111 bis 1527 kg, Belastung für die Elasticitätsgrenze 163 kg, die dabei eintretende Verlängerung  $\frac{1}{570}$  (*Karmarsch*). β) Querszugfestigkeit: Zug im Sinne des Radius Elasticitäts-Modul 26,97 t, Bruchgrenze 88,5 kg; im Sinne der Tangente Elasticitäts-Modul 15,93 t, Bruchgrenze 75,2 kg; Querszugfestigkeit nach *Karmarsch* 65 bis 122 kg. γ) Druck parallel der Fafer: Elasticitätsgrenze 0,249 t, Elasticitäts-Modul 174,3 t, Druckfestigkeit 386 kg (*Mikolaschek*). δ) Biegung: Elasticitätsgrenze 0,198 t, Elasticitäts-Modul 97,6 t; Biegungsfestigkeit nach *Mikolaschek* 709 kg; Biegungsfestigkeit nach *Nördlinger* 656 bis 856 kg. ε) Abfcherungsfestigkeit: parallel zur Fafer 81 kg, fenkrecht zur Fafer 391 kg (*Mikolaschek*), nach der Faferichtung 66 bis 68 kg (*Karmarsch*). — Dauer: äußerst dauerhaft unter Waffer, aber von kurzer Dauer im Freien (Fäulnis) und unter Dach (Nagekäfer); das Buchenholz ist unter den Laubbölzern am meisten dem Wurmfrafs ausgesetzt. — Verwendung: Bauholz für unter Waffer bleibendes Zimmerwerk; für Wände, Decken, Dachstühle etc. nur selten verwendet, wohl aber zur Auskleidung, zu Treppen, Dielen etc.; vorzüglich als Strafsenpflaster und Brückenbelag. Eine Hauptverwendung findet das Rothbuchenholz zur Erzeugung von Möbeln aus gebogenem Holze; in der Tischlerei zu einfachen Möbeln, imprägnirt auch zu Luxusmöbeln.

124.  
Rothbuche.

7) Ulme (*Ulmus campestris* L.). Aussehen: die Ulmen haben einen gelblichen Splint und bräunlichen Kern. — Specifisches Gewicht: nach *Karmarsch* Grüngewicht 0,73 bis 1,18 (0,955), lufttrocken 0,560 bis 0,834 (0,707); nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,73 bis 1,18 (0,955), lufttrocken 0,56 bis 0,82 (0,69). — Saftgehalt: bei frisch gefällttem Holze 24 bis 44 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längensholz 0,014 bis 0,628 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,2 bis 4,6 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,7 bis 8,5 Procent; Querholz im Mittel 4,25 Procent (*Karmarsch*), in der Richtung der Spiegel 1 bis 4 Procent, in der Richtung der Jahresringe 4 bis 8 Procent (*Nördlinger*). — Quellen: bei Wafferaufnahme bis zur völligen Sättigung und Längenausdehnung 0,124 Procent; Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 2,94 Procent, in jener der Jahresringe 6,22 Procent (*Laves*); nach

125.  
Ulme.

*Weisbach's* Versuchen Zunahme in Folge der Durchnässung an Volum 9,7 Procent, an Gewicht 102 Procent. — Elasticität und Festigkeit. α) Zug parallel zur Fafer: Elasticitätsgrenze 0,147 t, Elasticitäts-Modul 132,5 t, Bruchgrenze 450 kg (*Mikolajchek*); Mittelwerthe von *Chevandier* und *Wertheim* Elasticitätsgrenze 0,1842 t, Elasticitäts-Modul 116,53 t, Bruchgrenze 699 kg; Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 182 bis 1040 kg, Belastung für die Elasticitätsgrenze 220 kg, die dabei eintretende Verlängerung  $\frac{1}{414}$ ; nach *Nördlinger* Bruchgrenze 182 bis 822 kg. β) Querszugfestigkeit: Zug im Sinne der Fafer Elasticitäts-Modul 12,26 t, Bruchgrenze 34,5 kg; im Sinne der Tangente Elasticitäts-Modul 6,34 t; Bruchgrenze 36,6 kg; Querszugfestigkeit nach *Karmarsch* 34 bis 37 kg. γ) Druck parallel der Fafer: Elasticitätsgrenze 0,155 t, Elasticitäts-Modul 103,3 t; Druckfestigkeit 236 kg (*Mikolajchek*). δ) Biegung: Elasticitätsgrenze 0,156 t, Elasticitäts-Modul 64,7 t, Biegungsfestigkeit 437 kg (*Mikolajchek*); Biegungsfestigkeit nach *Nördlinger* 99 bis 1173 kg. ε) Abfcherungs-festigkeit: parallel zur Fafer 61 kg, senkrecht zur Fafer 269 kg (*Mikolajchek*). — Dauer: sehr dauerhaft im Freien, unter Wasser und im Trockenem. — Verwendung: für Zimmerarbeiten und sonst im Hochbauwesen zu kostbar und von der Eiche übertroffen; vortrefflich zu Glockenföhlen etc.; das schlichte Holz findet in neuerer Zeit Anwendung bei der Parquet-Erzeugung.

126.  
Eiche.

8) Eiche (*Fraxinus excelsior* L.). Aussehen: der breite weisse Splint geht durch Reifholz allmählich in den bräunlich gefärbten Kern über; die Jahresringe sind durch einen breiten Porenring im Frühlingsholze scharf abgegrenzt. — Specificches Gewicht: nach *Karmarsch* Grüngewicht 0,70 bis 1,14 (0,92), lufttrocken 0,54 bis 0,94 (0,74). — Saftgehalt: bei frisch gefälltem Holze 14 bis 34 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenzholz 0,187 bis 0,821 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,5 bis 7,8 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,6 bis 11,8 Procent; Querholz im Mittel 5,67 Procent (*Karmarsch*); in der Richtung der Spiegel 3 bis 4 Procent, in der Richtung der Jahresringe 3 bis 11 Procent (*Nördlinger*). — Quellen: bei Wasseraufnahme bis zur völligen Sättigung Längenausdehnung für junges Holz 0,821 Procent, für altes 0,187 Procent, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel für junges Holz 4,05 Procent, für altes 3,84 Procent; in der Richtung der Jahresringe für junges Holz 6,56 Procent, für altes 7,02 Procent (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen Zunahme in Folge der Durchnässung an Volum 7,5 Procent, an Gewicht 70 Procent. — Elasticität und Festigkeit. α) Zug parallel der Fafer: Mittelwerthe nach *Chevandier-Wertheim* Elasticitätsgrenze 0,2029 t, Elasticitäts-Modul 112,14 t, Bruchgrenze 678 kg; Bruchgrenze 522 bis 716 kg (*Nördlinger*); Belastung für die Elasticitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung  $\frac{1}{385}$ ; Zugfestigkeit 522 bis 1210 kg (*Karmarsch*). β) Querszugfestigkeit: Zug im Sinne des Radius Elasticitäts-Modul 11,13 t, Bruchgrenze 21,8 kg; im Sinne der Tangente Elasticitäts-Modul 0,102 t, Bruchgrenze 40,8 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querszugfestigkeit nach *Karmarsch* 22 bis 41 kg. γ) Biegungs-festigkeit: nach *Nördlinger* 705 bis 1025 kg. — Dauer: der Witterung ausgesetzt und im Freien von geringer Dauer; auch verfällt das junge Holz im Trockenem dem Splintkäfer; im Boden ohne Dauer. — Verwendung: die Fourniere zu Möbel; besonders schöne Fourniere von ungarischem Eichenholz; Bretter.

Ausser den genannten Bauhölzern finden wohl auch andere wegen ihrer besonderen Eigenschaften in einzelnen Fällen Anwendung. Von inländischen Holzarten ist Ahorn wegen seines reinen weissen Ansehens neben dunkleren Hölzern sehr wirksam, daher zu Parquetböden und Einlagen, überhaupt zu feinen Tischlerarbeiten beliebt. Linde, sehr weiss und sehr weich, mit kaum erkennbaren Jahresringen, lässt sich sehr gut schneiden und ist daher für den Holzbildhauer von ganz besonderem Werth. Pappel, weich aber sehr zähe, meist dicht und gleichmässig, wirft sich wenig und wird für Trittsufen, Tischplatten, Täfelungen und Fußböden, für Drechsler- und Holzschneiderarbeiten oft mit Vortheil verwendet. Nussbaum, dicht und fest, zeigt sehr schöne, flammige Maserung, welche durch die Politur äußerst wirksam hervortritt, ist daher besonders zu Fournieren für feine Tischlerarbeiten geschätzt. Von ausländischen und überseeischen Holzarten dient demselben Zweck Mahagoni; andere seltene und kostbare Hölzer für Luxusarbeiten bleiben hier unerwähnt.

In neuester Zeit haben sich von den überseeischen Holzarten die Cypresse, namentlich aber *Yellow-pine* und *Pitch-pine* Eingang verschafft.

**Amerikanische Kiefer** (*Pinus rigida*, *pinus australis*<sup>100</sup>). Aussehen: Rötlich-gelb, wenig Splint, Stämme von 40 cm Durchmesser haben oft 25 cm vollständiges Kernholz; Jahresringe sehr eng und von einander gleich weit entfernt, wenig Aftknoten; Harzgehalt größer als bei der europäischen Kiefer, besonders harzreich jedoch an der See; im letzteren Falle heißt der Baum *Pitch-pine* (feißiges Aussehen, gegen das Licht gehalten rötlich durchscheinend), sonst *Yellow-pine* (undurchscheinend, weniger rötlich gefärbt). — Specificisches Gewicht: *Pitch-pine* 0,78 bis 1,03, *Yellow-pine* 0,68. — Schwinden: Schwindmaß bedeutend, bei Querholz 1,6 bis 4,6 Procent. — Quellen: ca. 0,8 Procent. — Elasticität und Festigkeit: kommt der Eiche sehr nahe; Zugfestigkeit nach *Knight* 843 kg, nach *Barlow* 738 kg; Druckfestigkeit nach *Hodgkinson* 477 kg; Abschneurefestigkeit nach *Trautwine* 305 bis 403 kg. — Dauer: Wegen des großen und sehr gleichförmig vertheilten Harzgehaltes dauerhafter als die europäische Kiefer; *Pitch-pine* dauerhafter als *Yellow-pine*; letzteres hat eine bedeutende Dauer nur dann, wenn es splintfrei ist; *Pitch-pine* widersteht der Fäulnis und dem Wurm sehr gut. — Verwendung: In Amerika vielfach zum Häuferbau; kommt nach Deutschland und Frankreich in Blöcken von 26 bis 56 cm Querschnittsseite und 10 bis 20 m Länge und kann als Surrogat für Eichen- und Teakholz verwendet werden, ohne es eine Reihe von Jahren trocknen zu müssen. Der hohe Harzgehalt des *Pitch-pine* schränkt dessen Anwendung auf solche Fälle ein, wo die Rücksicht auf Widerstand gegen Feuchtigkeit im Vordergrund steht und wo weder Sauberkeit der Oberfläche, noch des Aussehens erforderlich ist; das harzärmere *Yellow-pine* dagegen ist zu Fußböden, Thüren, Fenstern und Aufsensverchalungen sehr geeignet.

127.  
Yellow-pine  
und  
Pitch-pine.

### c) Holz-Sortimente.

Das Bauholz kommt im Handel meist als unbebeiltes (unbefchlagenes) oder Rundholz, als bebeiltes (befchlagenes) Kantholz und als Schnittholz, feltener als Spaltholz vor. Man hat ferner das geflöste von dem nicht geflösten zu unterscheiden.

Rundholz oder unbebeiltes Holz, auch Blockholz genannt, kommt in dem Zustande, worin es sich nach dem Fällen befindet, entweder entrindet oder feltener unentrindet auf den Markt. Kantig zugehauen (mit dem Beile oder der Axt gebeilt) oder zugefchnitten (mit der Säge), giebt das Rundholz die sog. Balken, welche als extra starkes, Mittel- und Kleinbauholz in den Handel kommen.

128.  
Rundholz  
und  
Balken.

Extra starkes Bauholz hat 35 bis 40 cm Querschnittsdimension, ist 13 bis 15 m lang und wird im Hochbau nur sehr selten verwendet (zu sehr kräftigen Unterzügen, Grundschwelen etc.). Starkes Bauholz von 30 bis 35 cm Querschnittsdimension und 12 bis 14 m Länge giebt, durch einen Sägefchnitt getheilt, das sog. Halbholz, durch zwei sich kreuzende Sägefchnitte getheilt, das sog. Kreuzholz. Mittelbauholz und Kleinbauholz haben bezw. im Mittel 25 und 20 cm Querschnittsdimension, so wie 12 und 10 m Länge.

Noch schwächere Bauhölzer heißen Bohlstämmen (ca. 15 cm stark) und Lattenstämmen (ca. 10 cm dick); sie werden auch noch, zum Unterschied von den Kreuzhölzern, als einftielig bezeichnet; letztere sind selbstredend werthvoller, da sie weniger Splint haben und überhaupt von besserer Qualität sind.

Zum Schnittholz gehören aufer den schon erwähnten gefchnittenen Balken noch die Bohlen, die Bretter, Dielen<sup>101</sup>) oder Borde, die Latten und die Fourniere. Die Bohlen sind 5 bis 10 cm dick, und man unterscheidet die Zopfbohlen von den werthvolleren Stammbohlen. In gleicher Weise werden bei den Brettern Zopf- und Stamm Bretter geschieden; dieselben haben 1,5 bis 4,5 cm Dicke; schmale Bretter (ca. 15 cm Breite) heißen Riemen, solche von 20 bis 25 mm Dicke Schalbretter;

129.  
Schnittholz.

<sup>100</sup>) Vergl. Deutsche Bauz. 1879, S. 23. Haarmann's Zeitchr. f. Bauhdw. 1880, S. 26. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 47. *Annales des ponts et chauffées* 1879, I, S. 73.

<sup>101</sup>) In Süddeutschland heißen die Bohlen auch Dielen.

Bohlen und Bretter haben Längen von 3 m, 4,5 m, feltener mehr, selbst bis 7,5 m und darüber. Die Bohlen und die Bretter werden nicht selten befäumt.

Latten, wenn sie für die Dachdeckung benutzt werden, erhalten 2 bis 3 cm Dicke und 5 bis 7 cm Breite; Doppellatten 3 bis 5 cm Dicke und 6 bis 10 cm Breite; die Länge beider ist jener der Bretter gleich. Spalierlatten sind 4 cm breit, 2 cm dick und 3 bis 4,5 m, selbst 5 m lang. Fourniere haben eine Stärke von 6 bis 15 mm und eine Länge von 1 bis 3 m.

130.  
Spaltholz.

Zu Spalthölzern gehören die 45 cm langen und 12 bis 18 cm breiten Schar-Schindeln und die Legschindeln, 90 cm lang und 18 bis 30 cm breit.

Von einigen anderen Holz-Sortimenten, die durch Hobel-, Fräs- etc. Maschinen in einzelnen größeren Etablissements erzeugt werden, wird unter d. noch die Rede sein.

#### d) Bearbeitung des Holzes.

131.  
Ablängen.

Nach Fällung der Bäume wird der Stamm durch Querschneiden mit der Bauchfäge oder der geraden Zimmermanns-Querfäge in jene Theile getrennt, die zur weiteren Herstellung der Bauholz-Sortimente bestimmt sind. Man nennt diesen Vorgang das Ablängen. Die so zugerichteten Stammtheile werden nun entweder gleich am Fällungsorte oder an einer von diesem entfernten Arbeitsstelle, auf dem Zimmerplatze oder in der Sägemühle, weiter zugerichtet. Dieser Vorgang wird in manchen Ländern mit Debitage des Holzes bezeichnet.

132.  
Behauen  
und Schneiden  
des Holzes.

Die erste Zurichtung zu Bauholz-Sortimenten geschieht entweder ausschließlich durch Sägen oder, so fern es sich um die Seitenflächen handelt, auch durch das Bebeilen, Behauen oder Befchlagen, d. i. durch Zurichtung mittels des Zimmermannsbeiles. Die Wahl des einen oder anderen Verfahrens ist durch locale Verhältnisse bestimmt.

Bei dem heutigen Stande der Technik ist die Bearbeitung des Holzes mit Hilfe des Beiles nur in den seltensten Fällen gerechtfertigt.

Es handelt sich dabei immer um die Erzeugung von Balken von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt oder um die Gewinnung fog. waldkantig (Gegenatz zu vollkantig) beschlagener Hölzer. Bei diesen bildet der Querschnitt eine Figur, welche ein unregelmäßiges Achteck darstellt; vier Seiten dieses Achteckes sind gerade Linien, die Projection der mittels des Beiles hergestellten Flächen; die übrigen vier Seiten sind Reste der ursprünglich kreisförmigen Querschnittsfläche des gefällten Baumstammes. Solche waldkantig (auch wahn- oder baumkantig) behauene Balken behalten den größten Theil des Splintes und gestatten nur in gewissen Fällen eine vortheilhafte Anwendung.

In neuerer Zeit werden Balken zumeist durch Sägen hergestellt. Die Anwendung von Handfägen ist fast gänzlich auf das Querschneiden der Balken beschränkt, während die Längsflächen, die den Balken begrenzen, mit Hilfe von Maschinenfägen gebildet werden.

Man nennt die Abfälle, welche bei der Gewinnung eines Balkens aus einem Baumstamme übrig bleiben und mancherlei Verwendung im Bauwesen finden, Schwarten, bei größerer Stärke auch Schwartenbretter.

Bei der Debitage des Holzes sind zwei Methoden zu unterscheiden. Die eine besteht darin, daß man den gefällten Baumstamm zu zwei oder vier Theilen aufschneidet, ohne besondere Rücksicht darauf zu nehmen, welche Holz-Sortimente später aus demselben gewonnen werden sollen. Auf diese Art wird der Transport

und die Austrocknung des Holzes begünstigt. Diese Schnitthölzer werden erst auf der Sägemühle, auf dem Zimmerwerksplatze oder in der Bautischlerei durch abermaliges Sägen in jene Sortimente verwandelt, die zur unmittelbaren Verwendung bestimmt sind. Man nennt diese Methode, welche namentlich in Amerika zu Hause ist, das Wiederfägen (*re-sawing*). Die zweite Methode besteht darin, daß man gleich von vornherein bei der ersten Bearbeitung jene Sortimente herstellt, deren spätere unmittelbare Verwendung ins Auge gefaßt werden kann.

Für beide Methoden ist die Circular- oder Kreisfäge die wichtigste und empfehlenswerthe Sägemaschine, welche übrigens in Deutschland und Oesterreich-Ungarn noch viel mehr, als es der Fall sein sollte, durch Gatterfägen mit einem oder zwei Sägeblättern, Mittelgatter oder Saumgatter, ersetzt wird.

Zur Herstellung von Bohlen und Brettern verwendet man die stärksten, ganz gerade gewachsenen Stammabschnitte, die sog. Sägeblöcke; das Schneiden geschieht entweder mittels der Circularfägen oder Gatterfägen, in neuester Zeit auch durch die Bandfäge.

Der Baumeister, bezw. der Bautischler bezieht in der Regel für seinen Bedarf als Rohstoff die beschlagenen Balken oder Bäume für Gerüstholz, Deckenträger etc., oder die mittels der Säge geschnittenen Balken, Bohlen, Bretter, Latten u. s. w. In neuerer Zeit werden von größeren Etablissements auch noch weiter zugerichtete Holz-Sortimente für den Bedarf der Bautechnik geliefert. Hierher gehören einseitig, zweiseitig, dreiseitig oder vierseitig gehobelte Bohlen, Bretter und Latten mit ebenen Seitenflächen, ferner Bretter oder Bohlen, die an den beiden Schmalseiten genuthet sind oder die auf der einen Seite eine Nuth, auf der anderen Seite eine Feder tragen. Für die Verbindung von Brettern oder Bohlen, die an beiden Schmalseiten genuthet sind, verwendet man Federn, welche separat hergestellt werden u. zw. mit besonderem Vortheil als Querholz aus harten Hölzern. Zur Herstellung solcher Federn dienen eigens construirte Spaltmaschinen oder auch Sägemaschinen.

Außer den mit ebenen Oberflächen durch die Hobelmaschine verfahrenen Holz-Sortimenten bringen große Etablissements auch gekahlte Bretter und Latten in den Handel, welche zu Thür- und Fenster-Verkleidungen dienen; solche Bretter werden nach bestimmten Profilen auf kleinen Hobelmaschinen hergestellt. Namentlich haben sich Schweden und Norwegen hierfür ein weit ausgebreitetes Absatzgebiet geschaffen. Die mechanischen Bautischlereien zu Stockholm, Gothenburg und Christiania haben durch die Herstellung von verschiedenartig profilirten Kehlleisten, Gefimsleisten, Verkleidungsbrettern u. dgl. einen bedeutenden Markt gewonnen, um so mehr, als das schwedische Bauholz, namentlich in früheren Jahren, eine vorzügliche Qualität besaß und dadurch ein großes Renommé erlangte.

Auf hoch entwickelten Zimmerplätzen kommen nebst den genannten Sägen und verschiedenen Arten von Hobelmaschinen auch Fräsmaschinen zur Herstellung von Profilirungen an krummlinig gefalteten Holzkörpern, wie Verkleidungen von Bogenfenstern u. dgl. zur Anwendung.

Um Zapfenlöcher mittels Maschine herzustellen, verwendet man die Stemmmaschine oder auch Langlochbohrmaschine. Auch für die Bildung von Zapfen für Holzverbindungen werden eigene Specialmaschinen, Zapfenschneid-, Zapfenfräs- und Zapfenhobelmaschinen, verwendet, bei denen das Werkzeug aus Circularfägen, Fräsern oder Hobelköpfen gebildet ist.

133.  
Herstellung  
sonst. Holz-  
Sortimente.

134.  
Herstellung  
von Zapfenlöchern  
u. Zapfen.

135.  
Bohren.

Der Handbohrer wurde in jüngster Zeit auch durch sehr gut construirte Rundloch-Bohrmaschinen und zuletzt auch durch die aus Amerika stammenden Handbohrmaschinen, welche sehr leistungsfähig sind, ersetzt.

136.  
Combinirte  
Maschinen.

In Bautischlereien empfiehlt sich auch mitunter die Anwendung von combinirten Maschinen entweder für specielle Zwecke, wie für die Erzeugung von Riemstücken für die fog. Riemenböden, für die Herstellung von Parquettafeln, einzelnen Theilen von Thüren und Fenstern etc.

Maschinen, welche aus drei oder vier Werkzeugmaschinen zusammengefetzt sind, also beispielsweise aus einer Hobelmaschine, einer Säge, einer Bohrmaschine etc. bestehen, erscheinen auch unter der Bezeichnung Universaltschler.

137.  
Herstellung  
von  
Schindeln.

Für bestimmte Artikel, die im Bauwesen Anwendung finden, z. B. für die Herstellung von Schindeln zur Verkleidung der Wände und Dächer sind eigene Specialmaschinen construirte worden, welche eine sehr bedeutende Leistungsfähigkeit besitzen. Die Handschindel wird durch Spalten hergestellt; die Maschinenschindel wird in der Regel durch Sägen und nachheriges Hobeln der zuerst gebildeten Flächen erzeugt.

Die Maschinenschindel hat eine größere Tendenz, sich zu werfen, und muß daher mit stärkeren Abmessungen hergestellt werden, wenn sie die gleichen Dienste wie eine Handschindel leisten soll. Uebrigens lassen sich die Maschinenschindeln in den meisten Fällen um so viel billiger als die Handschindeln herstellen, daß es rationell ist, Maschinenschindeln zu verwenden.

138.  
Herstellung  
von  
Fournieren.

Bei Bautischler-Arbeiten kommen zuweilen auch Fourniere in Verwendung, welche zur Innendecoration der Räume dienen. Die Fourniere werden entweder mittels Fournier-Sägen oder mittels Hobelmaschinen hergestellt, in welchem letzteren Falle die Fourniere die Bezeichnung Messerschnitt-Fourniere tragen; die letzteren sind bedeutend dünner, als die Sägeschnitt-Fourniere und sind deshalb für bautechnische Objecte wenig empfehlenswerth, trotz des geringen Preises, der ihnen gegenüber den Sägeschnitt-Fournieren eine bedeutende Verbreitung verschafft hat.

Betreff der Erklärung und Beschreibung der im Vorstehenden genannten Arten von Werkzeugen und Maschinen sei auf nachstehende neuere Specialschriften verwiesen:

- Ueber einfache Holzbearbeitungsmaschinen. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1863, S. 141, 164, 211.  
GRAVENHORST, A. Die Holzbearbeitungs-Maschinen in ihrer gegenwärtigen Vervollkommnung. Weimar 1866.  
SCHMIDT, R. Die Maschinen zur Bearbeitung des Holzes. 1. u. 2. Sammlung. Leipzig 1861—71.  
Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. 2. Band. Braunschweig 1874. Holzbearbeitungsmaschinen. S. 132.  
HART, J. Werkzeugmaschinen für den Maschinenbau zur Metall- und Holzbearbeitung. 2. Aufl. München 1872—74.  
HESSE, E. A. v. Die Werkzeugmaschinen zur Metall- und Holzbearbeitung. Leipzig 1874.  
BENTHAM, S. *A treatise on the construction and operation of wood-working machines.* London 1876.  
GRAEF, A. Die Holzbearbeitungsmaschinen für Tischler, Bildhauer, Zimmerleute. Weimar 1877.  
Berichte über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österreichischen Commission. Wien 1877—79. Nr. 6. Holzbearbeitungs-Maschinen. Von F. REIFER.  
FISCHER, H. Die Holzsäge, ihre Form, Leistung und Behandlung in Schneidemühlen. Berlin 1879.  
Officieller Bericht über die Weltausstellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. österr. Commission für die Weltausstellung in Paris im Jahre 1878. 2. Heft. Die mechanische Holzbearbeitung, deren Hilfsmittel und Erzeugnisse. Von W. F. EXNER und G. LAUBÖCK. Wien 1879.  
Thürfüllungs-Abplattemaschine. Maschinenbauer 1879, S. 343.  
Mittheilungen von der Weltausstellung in Paris 1878. Holzbearbeitungsmaschinen von J. A. FAY und Co. Polyt. Journ. Bd. 232, S. 304.

- EXNER, W. F. Werkzeuge und Maschinen zur Holz-Bearbeitung, deren Construction, Behandlung und Leistungsfähigkeit. I. u. II. Band. Weimar 1878—80.
- BALE, P. *Wood-working machinery: its rise, progress, and construction.* London 1880.
- Amerikanische Holzbearbeitungsmaschinen. Maschinenb. 1880, S. 195.
- Ueber Holzbearbeitungsmaschinen. Maschinenb. 1880, S. 264 u. 270.
- Mittheilungen des technologischen Gewerbe-Museums in Wien. I. Section. Fach-Zeitschrift für die Holz-Industrie. Red. von EXNER. Seit 1880.

### e) Mittel gegen Schwinden, Fäulniss und Schwamm.

1) Mittel gegen das Schwinden. Um das Schwinden des Holzes unmerklich oder doch unschädlich zu machen und das Werfen, so wie das Reissen zu verhindern, hat man die verschiedenartigsten Mittel angewendet, die bald von größerem, bald geringerem Erfolge begleitet waren.

139.  
Mittel  
gegen  
Schwinden.

Die in erster Linie stehende Bedingung ist das zweckmäßige Austrocknen des Holzes. Eines der ältesten Verfahren besteht darin, daß der Baum vor dem Fällen im Frühjahr von den Aesten bis zu den Wurzeln ganz oder theilweise entrinde und daß man ihn so bis zur Fällungszeit im Herbst stehen läßt. Besser ist es, wenn man das Lufttrocknen anwendet, indem der gefällte Stamm, in Stücke zertheilt, vor seiner weiteren Verarbeitung an der Luft ausgetrocknet wird.

140.  
Trocknen.

Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß diese Trocknung nicht zu rasch und nicht zu ungleichförmig statfinde oder daß sie nicht zu sehr verzögert werde, wodurch das Anfaulen herbeigeführt wird. Während des Trockenprocesses müssen die Hölzer frei gelagert und vor Berührung unter einander und mit dem Erdboden bewahrt werden. Zweckmäßig ist es, das Holz theilweise zu entrinden und die Hirnflächen durch Bekleben mit Papier oder durch Bestreichen derselben mit Oelfarbe gegen Entfehlung von Kernrissen zu schützen.

Da die Lufttrocknung, namentlich für starke Hölzer angewendet, nicht unbedeutliche Zeit in Anspruch nimmt, so hat man seine Zuflucht zur künstlichen Holz-trocknung genommen, welche den Vorzug gewährt, daß das Holz schon nach kurzer Zeit der weiteren Verarbeitung unterzogen werden kann, ohne daß dessen Zug- und Druckfestigkeit einer Verminderung unterliegen würde. Das Holz wird in die Trockenkammer gelegt, welche von Außen geheizt wird oder durch Anwendung von Wasserdampf ihre erhöhte Temperatur erhält. Dabei ist nicht zu übersehen, daß für den nöthigen Luftwechsel gesorgt werde, da sonst das nahe dem Boden liegende Holz durch die sich niederschlagenden Wasserdämpfe total durchnäßt, anstatt trocken erscheint.

Das Trocknen darf nicht all zu schnell erfolgen, um das Rißigwerden des Holzes zu vermeiden. Diese Bedingung erheischt eine regulirbare Heizung. Auch darf nicht alles Wasser dem Holze entzogen werden, da es sonst brüchig wird und seine Cohäsion verliert.

Die Entfernung der Holzfäße durch Auslaugen erfreut sich wohl keiner größeren Verbreitung; doch führt auch dieses Mittel zur Verhinderung des Schwindens. Schon beim Wassertransport (Flößen) der Hölzer erfolgt ein geringes Auslaugen, vollständiger jedoch durch das Verfenken des Holzes unter Wasser und namentlich stark fließendes Wasser, wobei das Stammende gegen die Strömung gerichtet wird. Nach ein- bis zweimonatlicher Dauer des Auslaugens zeigt sich schon ein merklicher Erfolg dadurch, daß die so behandelten Hölzer weniger schwinden und sich weniger

141.  
Auslaugen.

ziehen, als unausgelaugte. Dieser Methode vorzuziehen ist das Behandeln des Holzes mit kochendem Wasser, was jedoch nur bei kleineren Holzstücken mit Erfolg durchgeführt werden kann.

142.  
Dämpfen.

Das wirksamste Mittel und die daher empfehlenswerthe Art des Auslaugens ist das Dämpfen des Holzes. Der Dampf dringt kräftiger in die Poren des Holzes ein und wirkt dadurch energischer auflösend auf die Saftstoffe, als das Wasser. Für das Dämpfen ist noch die Bemerkung wichtig, daß die Anwendung von Dampf unter 100 Grad C. dem Dampfe von höherer Temperatur vorzuziehen ist, da im letzteren Falle die Einwirkung des Wasserdampfes auf die Holzfasern schwächend und verändernd wirkt.

143.  
Weitere  
Mittel.

Weitere Mittel gegen das Schwinden des Holzes sind: zweckmäßige Wahl der Faserrichtung bei der Herstellung von hölzernen Bautheilen, ferner entsprechende Rücksichtnahme auf die Lage des Spiegels und des Kernes beim Zerschneiden, Verarbeiten und Verbinden der Holztheile, weiters das Zusammenfügen der hölzernen Constructionstheile aus kleinen Stücken, endlich der Ueberzug mit der Feuchtigkeit widerstehenden Stoffen, wie z. B. das Tränken mit Leinöl, das Firnissen, das Anstreichen mit Oelfarbe etc. Diese Mittel finden jedoch nur in speciellen Fällen Anwendung und sind nicht in jenem Mase, als es wünschenswerth erscheint, dem Schwinden entgegenzutreten geeignet.

144.  
Confervirung.

2) Mittel gegen Fäulnis (Confervirung des Holzes). Jene Verfahrungsarten, welche unter dem Namen »Confervirung des Holzes« zusammengefaßt werden können, gipfeln in dem Bestreben, das Holz gegen Fäulnis und die damit zusammenhängenden Vernichtungsproceße zu schützen.

Das Holz unterliegt selbst dann dem Verderben, wenn keine erkennbar nachtheiligen Einflüsse von Außen auf dasselbe wirken. Diese Erscheinung ist dem Vorhandensein von Stoffen zuzuschreiben, welche den aufgelösten Substanzen des Holzsaftes angehören. Die reine Holzfasern an sich ist eine in sehr geringem Grade der Veränderung und Zerstörung durch die Zeit unterworfenen Masse. Ist das Holz stets in feuchtem Zustande, so beobachten wir ein immerwährendes Fortschreiten in der Zerstörung, die sog. nasse Fäulnis im Gegenfatze zur trockenen Fäulnis, Vermoderung, Stockung, welche dann eintritt, wenn das Holz einem geringeren und abwechselnd bald steigenden, bald sinkenden Feuchtigkeitszustande unterworfen ist.

Das in den Hochbauten angewendete Holz geht in der Regel bald zu Grunde, wenn es mit feuchter Erde in Berührung kommt oder an solchen feuchten Orten situiert ist, wohin keine frische Luft treten und das Holz seine Feuchtigkeit durch Ausdünstung nicht verlieren kann. Gegen die Einflüsse der äußeren Feuchtigkeit kann Bauholz durch Anstriche, wie gut deckende und haftende Oelfarben, Firnisse, Theer<sup>102)</sup> etc. geschützt werden; vorzüglich ist hierfür auch das Tränken mit Talg, Wachs, Paraffin, Leinöl und Lösungen von Harzen in Oelen; letztere werden bis auf 200 Grad C. erhitzt und die Hölzer in dieselben eingetaucht. Solche Methoden werden indess nur in selteneren Fällen, so z. B. für Hölzer zu Parquetböden etc. angewendet, weil sie kostspielig sind.

<sup>102)</sup> Die Thatfache, daß Anstriche hie und da sich nicht bewährt haben, rührt in der Regel daher, daß die Hölzer gleich nach der Verwendung, also meist in nicht genügend trockenem Zustande, mit einem Anstrich versehen worden sind. Erst dann, wenn im Holz jene bedeutenden Veränderungen vorüber sind, welche es in den ersten Jahren nach dem Fällen durch das Schwinden erleidet, ist es geeignet, eine äußere Schutzdecke in Form eines deckenden Anstriches anzunehmen; hierfür ist je nach der Gattung des Holzes und der Art der Aufbewahrung (künstliche Dörrung ausgenommen) mindestens 4 bis 6 Jahre nach dem Fällen zu rechnen. (Vgl. Deutsche Bauz. 1880, S. 61.)

Als wirksamstes Conservierungsmittel muß das Imprägniren des Holzes mit verschiedenen Substanzen bezeichnet werden, welche theils direct fäulnißwidrig sind, theils die Safftstoffe chemisch verändern. Diese Methode hat fast nur für die Conservirung von Eisenbahnschwellen in größerem Stil Anwendung gefunden; wir können uns deshalb darauf beschränken, jene Verfahren zu skizziren, welche auch für Bauhölzer Verbreitung gefunden haben.

Von den Metallsalzen, welche man zur Holz-Conservirung verwendet, hat das Chlorzink eine große Bedeutung und gehört zugleich zu den billigsten Imprägnirungs-Materialien. Das hiermit getränkte Holz besitzt die Eigenschaft, daß ein Oelanstrich daran gut haftet, während Hölzer, mit anderen Salzen imprägnirt, solche Anstriche abwerfen. Dieser Eigenschaft zufolge hat man z. B. Thürzargen auf solche Weise imprägnirt.

Um ganze Stämme zu imprägniren, hat *Boucherie* folgendes Verfahren eingehalten. In dem noch nicht gefällten Baume werden oberhalb der Wurzel Bohrlöcher angebracht, welche mit einem die Imprägnirungsflüssigkeit (holzeffigfaures Eisen) enthaltenden Behälter in Communication stehen. Vermöge der Capillarität saugt der Baum diese Flüssigkeit bis in die Zweige empor. Diese augenscheinlich zweckmäßige Methode hat sich jedoch aus verschiedenen Gründen als unpraktisch erwiesen, theils schon aus dem Grunde, weil wohl einige Holzarten, wie Linde, Buche, Ulme etc. vollständig durchdrungen wurden, jedoch andere wieder, wie Eiche, Fichte, Tanne, Nufsbaum, nur theilweise und nicht im Kerne imprägnirt erschienen. Dieses Verfahren ist deshalb von seinem Erfinder verlassen worden.

*Boucherie's* neuere Imprägnirungsmethode besteht darin, daß der frisch geschlagene Baumstamm in unbehauenen Zustande durch Anwendung hydraulischen Druckes mit einer Kupfervitriol-Lösung getränkt wird. Dieses System, welches weite Verbreitung fand, bedarf nur geringer Hilfsmittel und einer ganz einfachen Manipulation. Für Eichenholz ist dasselbe jedoch unanwendbar.

Ein von gutem Erfolg begleitetes Verfahren, welches von verschiedenen Firmen gehandhabt wird, benutzt als Imprägnirungs-Substanz das Kreosot, das Phenyl und eventuell das Naphthalin, die bei der Leuchtgasbereitung als Rückstand erscheinenden Theeröle; Andere verwenden Theer, die Nebenproducte der Petroleum-Raffinerie etc., und zwar diese Substanzen in Dampfform, d. h. in dampfförmigem Aggregatzustande oder mechanisch vom Dampf mitgeriffen.

Dieses System hat den Vortheil, daß die Imprägnirung eine vollständige, die ganze Masse durchdringende ist. Diese Methode gestattet, die verschiedenen Grade von Trocknung und Imprägnirung vollkommen in der Gewalt zu haben. Während bei Bahnschwellen, Pfählen etc. die stärkste Imprägnirung gewünscht wird und deren Trockenheit von viel geringerem Belang ist, kann andererseits bei Hölzern der Bautischlerei das Entgegengesetzte einzuhalten sein, so daß dieselben schwach imprägnirt, jedoch vollkommen trocken und zu augenblicklicher Verarbeitung geeignet sind. Ueberdies erhalten die so durch das Dämpfen imprägnirten Tischlerhölzer eine schöne Färbung.

Schließlich ist an dieser Stelle, als Maßregel gegen Fäulniß und Stocken, der richtigen Aufbewahrung des Bauholzes zu gedenken.

Dieselbe hat so zu geschehen, daß jedes einzelne Stück von möglichst vielen Seiten dem Luftzutritt ausgesetzt ist. Es sind deshalb in dem aus einzelnen Lagen von Brettern, Bohlen etc. gebildeten Stofse möglichst viele quer liegende Zwischenhölzer anzubringen; auch ist der ganze Stofs von Zeit zu Zeit umzufetzen, um den früher versteckt liegenden Holztheilen den freien Luftzutritt zu sichern. Hierbei ist eine schützende Bedachung eben so nöthig, wie eine gute Unterlage auf ganz trockenem Grunde.

145.  
Imprägniren.

146.  
Aufbewahrung  
des  
Bauholzes.

## Literatur.

Bücher über »Conservirung des Holzes«.

- EHRlich, C. Dauerhafte Conservirung des Holzes in Anwendung auf Eisenbahnschwelle und Bauhölzer. Quedlinburg 1858.
- BOUCHERIE. *Mémoire sur la conservation des bois*. Paris 1859.
- SCHEDEN, A. Rationell-praktische Anleitung zur Conservirung des Holzes. 2. Aufl. 1860.
- BURESCH, E. Ueber die verschiedenen Verfahrensarten und Apparate, welche beim Imprägniren der Hölzer Anwendung gefunden haben. Gekrönte Preischrift. Dresden 1860.
- KAUFMANN, A. Neues Schutzmittel, das Holz durch Verdichtung und Austrocknung desselben vor Fäulnis und vorzeitigem Verderben zu schützen. Berlin 1863.
- LAPPARENT. *Conservation des bois par la carbonisation etc.* Paris 1866.
- OPPERMANN, A. C. *Mémoire sur la conservation des bois par le procédé de M. VICTOR FRÉRET*. Paris 1873.
- PAULET, M. *Traité de la conservation des bois, des substances alimentaires et de diverses matières organiques*. Paris 1874.

147.  
Entstehung  
des  
Schwammes.

3) Mittel gegen den Schwamm (Hauschwamm, Thränenschwamm). Die Bildung des sog. Hauschwammes ist eine Folge der eingetretenen Zerstörung des Holzes, welche durch das Vorhandensein von Feuchtigkeit bei gelinder Wärme und durch Mangel an Licht und Luft herbeigeführt wird. Der faserige Aufbau des Holzes wird vernichtet; die Zersetzung vollzieht sich besonders rasch an der vom Licht abgewendeten unteren Fläche des Holzes, während es im Aeußeren noch gesund erscheint. Der Schwamm bezieht seine Nahrung aus dem kranken Holze selbst, wirkt auch auf das benachbarte gesunde Holz ansteckend und dringt selbst in die Ritzen des Mauerwerkes ein, indem die begleitende Feuchtigkeit den Mörtel zerstört.

Unter den auftretenden Pilzarten ist es vorzugsweise der sog. thränende Rostpilz, welcher als höchst gefährlich bezeichnet wird. Während des Entstehens des Pilzes zeigen sich am Holz weiße Flecken, die sich allmählich vergrößern und ein silberartiges feines Netz bilden, welches die Oberfläche des Holzes feucht hält. Dieses fleckige Gewebe geht nach und nach in ein blätterartiges, saftiges Faserflecht über, welches eine aschgraue Farbe und seidenartigen Glanz annimmt und durch den reizenden Saft, den es austräufelt, die rasche Verbreitung des Schwammes vorbereitet. In seiner ferneren Entwicklung erscheint das Gewächs als eine elastische, korkartige Masse von weiß-gelblicher Farbe, welche durch die Einwirkungen der Luft und des Lichts ins Bräunliche übergeht, indem der Schwamm dabei zusammenschrumpft, bei erlangter vollständiger Reife zerreißt und einen in den Keimbehältern befindlichen Staub ausschüttet, der sich dann weiter verbreitet. Das Gewächs verbreitet von seinem ersten Entstehen an einen unangenehmen, selbst der Gesundheit schädlichen Modergeruch.

Namentlich an feuchten Orten greift die Schwammbildung bedeutend um sich. Als bestes Mittel gegen den Hauschwamm gilt daher eine vollständige Entziehung der Feuchtigkeit aus den Gebäuden und die Zuführung von Licht, jedenfalls aber von Luft, durch Drainirung des Terrains und Anwendung von Isolirschichten im Mauerwerk, durch Freilegung und Isolirung der Schwellen, Lagerhölzer und Balkenden im Erdgeschofs, wo erfahrungsgemäß der Hauschwamm zuerst auftritt, insbesondere auch durch Herstellung einer kräftigen Luftcirculation unter der Dielung, indem man den freien Luftraum zwischen den Lagerhölzern oder Balken mit der äußeren oder inneren Luft und wo möglich auch mit den Heizkörpern in geeignete Verbindung bringt.

Diefes find in der That die wirksamften Mittel fowohl zu Verhütung, als auch zu Vertilgung des Hausfchwammes. Zu Verhütung deffelben erfcheint es ferner geboten, fchon während der Bauzeit darauf zu achten, dafs Körper, welche Nahrung für Pflanzenkeime enthalten, von der Baufteffe entfernt und felbftverftändlich niemals in das Gebäude felbft gebracht werden, wie z. B. die fruchtbaren Erdarten, Schutt von Gebäuden, welche fchon durch den Schwamm inficirt waren, Pflanzenrefte, lehmiger Sand etc. Mit befonderer Sorgfalt find diefe Vorfichtsmaßregeln einzuhalten, wenn auf der Baufteffe früher Kehrrihtgruben, Düngerftätten oder andere den Pflanzenwuchs fördernde Anlagen beftanden haben.

148.  
Verhütung des  
Hausfchwammes.

Als Ausfüllungsmittel an Stelle des Abraums, zur Aufbringung auf Gewölbe etc. ift nach *Engel* feftgeftampfter Lehm zu empfehlen; andere brauchbare Ausfüllungsmaterialien find fcharfer, trockener Sand, frifche Schlacken und ganz trockener, reiner Baufchutt. Ferner foll nur gefundes, kerniges, nicht aufer der Fällzeit gefchlagenes, gut ausgetrocknetes Bauholz <sup>103)</sup> verwendet werden. Lagerhölzer und Balken der Fußböden follten auf Steinunterlagen ruhen und da, wo Feuchtigkeit nicht ganz fern zu halten ift, follten dunkle, dem Luftzug nicht zugängliche Stellen vermieden werden.

Weiterer Maßregeln zur Verhütung des Hausfchwammes wird noch im III. Theile diefes »Handbuches« (bei Betrachtung der Wand-, Decken- und Fußboden-Conftitutionen) gedacht werden.

Das Vorhandenfein des Hausfchwammes erkennt man an feinem eigenthümlichen fcharfen Geruch und an dem Umftand, dafs das vom Schwamme angegriffene Holz fich beim Anfchlagen durch einen dumpfen Klang zu erkennen giebt. Zu deffelben Vertilgung muß an der Stelle, wo er fich zeigt, das Fundament frei gegraben, die Ausfüllung entfernt und der Platz abgefchloffen werden; es müffen die Fugen des Mauerwerkes forgfältig ausgekratzt und alle vom Schwamme ergriffenen oder deffelben verdächtige Theile herausgenommen und durch neue erfetzt werden. Die forgfältigfte Entfernung der Sporen oder Samen kann hierbei nicht dringend genug empfohlen werden <sup>104)</sup>. Sodann verfähre man fo, wie oben zur Verhütung des Schwammes befchrieben ift, und gebe dem Holzwerk und den vorher angegriffenen Stellen des Mauerwerkes einen Anftich oder Ueberzug mit einem wirkfamen Schuttmittel.

149.  
Vertilgung des  
Hausfchwammes.

Die Mehrzahl der Mittel, welche zur Bekämpfung des Schwammes Anwendung gefunden, haben fich indefs noch nicht genügend bewährt. Für unbewohnte Räume hat man vorgefchlagen, die angegriffenen Theile des Holzes mit einer Mifchung von Queckfilber-Sublimat und heißem Kalkwaffer zu beftreichen, vor der aber, weil fehr giftig, zu warnen ift. Andere für die Gefundheit unfchädliche Mittel find: Beftreichen des Holzes mit einer concentrirten Kochfalz-Löfung, mit einer Löfung von Kupfer- und Eifenvitriol, mit Chlorzink, mit Petroleum, mit einem Theerüberzug etc. Es follten fich ferner bewährt haben das *Kaftner'sche* Mittel (200<sup>1</sup> Torfäfche, 20<sup>1</sup> Salz und 0,5 kg Salmiak mit kochendem Waffer bis zur Sättigung gemifcht und zu einem Brei gerührt), das *Mycotohanaton* von *Vilain & Co.* <sup>105)</sup> und *Zerener's Antimerulion* <sup>106)</sup>. Alle diefe Subftanzen follten die organifchen Gebilde zerftören und zugleich verhindern, dafs fich eine erneute Vegetation bilde. Die oben befchriebenen Einrichtungen zum Zweck kräftiger Luftcirculation und Entziehung

<sup>103)</sup> Von den Nadelhölzern ift die Fichte am meiften, die Lärche am wenigften dem Hausfchwamm unterworfen.

<sup>104)</sup> Siehe: Deutfche Bauz. 1876, S. 310.

<sup>105)</sup> Ueber deffelben Zufammenfetzung fiehe: Deutfche Bauz. 1876, S. 532.

<sup>106)</sup> Von *Gustav Schallehn*, chemifche Fabrik in Magdeburg u. Wien.

der Feuchtigkeit find indefs zur Zeit, wenn nicht als die einzigen, fo doch als die wirksamsten und unter allen Umständen zur Vertilgung des Hauschwammes nothwendigen anzufehen.

### Literatur

über »Schwamm« und »Schwammvertilgung«.

- BOURWIEG. Abhandlung über den Hauschwamm. Stettin 1827.
- BÜHLER. Der laufende Schwamm in Gebäuden, seine Entftehung und Vertilgung. Stuttgart 1845.
- PÖTZSCH, E. Einiges über den Hauschwamm. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1854, S. 147.
- WEISHAUP, O. Verhütung des Hauschwammes durch eine Luftcirculations-Vorrichtung. Zeitfchr. f. Bauwefen. 1858, S. 91 u. 295.
- FEGEBEUTEL, A. F. Die Ventilationsdrainage für schwammhaltige Gebäude als sicherstes Mittel zur gänzlichen Vertilgung und Vertreibung des Hauschwammes. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1860, S. 145.
- Referat über eine Abhandlung über den Hauschwamm von FEGEBEUTEL. Zeitfchr. f. Bauwefen 1861, S. 313.
- EMMICH. Ueber die Entftehung und Bildung des Hauschwammes, fowie über die Mittel zur Verhütung und Vertilgung deffelben. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1861, S. 5.
- AMMON. Ueber das Wefen des Haus- oder Thränenfchwammes, und über die Mittel, ihn zu verhüten. Zeitfchr. f. Bauwefen. 1865, S. 339.
- FRITZSCHE, H. Vollständige Abhandlung über den Hauschwamm. Preisfchrift. (Mittheilungen des fachfifchen Ingenieur-Vereines. 4. Heft.) Dresden 1866.
- BÖCKMANN. Ueber die Anwendung des Kamptulikon in England. Zeitfchr. f. Bauwefen 1867, S. 76.
- BÜHLER, E. Mittel zur Vertilgung des Hauschwammes. Zeitfchr. d. Oest. Ing.- u. Arch.-Ver. 1868, S. 121.
- SCHMID. Ueber Mafsregeln zur Vertilgung des Hauschwammes. Zeitfchr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 11.
- ROTHGANGEL. Ueber Verhütung d. Hauschwammes. Zeitfchr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 52.
- Ueber Hauschwamm. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1869, S. 136.
- DORN, P. Der Holz- oder Gebäudefchwamm. Belehrungen über die Entftehungsurfachen, Lebensbedingungen, sichere Verhütung und nachhaltige Vertilgung dieses fchädlichen Pilzes. 2. verm. Ausg. Weimar 1870.
- Ueber die Befeitigung und Verhütung des Hauschwammes. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1872, S. 11.
- SCHULTZE, G. A. Der Hauschwamm etc. Berlin 1877.
- LEUCHS, J. C. Der Haus- oder Holzfchwamm und die Mittel zur Befeitigung und Verhütung der Entftehung deffelben. 4. Aufl. Nürnberg 1877.
- Hauschwamm. Deutsche Bauztg. 1867, S. 300, 373 u. 411. — 1875, S. 420. — 1876, S. 251, 310 u. 530. — 1877, S. 434 u. 484.
- Der Hauschwamm. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1875, S. 157 u. 187.
- Mittel gegen den Hauschwamm. Deutsche Bauz. 1878, S. 301.
- Ueber den Häuferfchwamm und deffen Bekämpfung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1877, S. 149.
- BROSI, U. Der Hauschwamm. Eifenb. Bd. 5, S. 162, 169, 178 u. 182.
- ENGELS, W. Ueber Holzfchwamm. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1879, S. 29.
- BURESCH, E. Der Schutz des Holzes gegen Fäulnifs und fonftiges Verderben. Dresden 1880.

## 6. Kapitel.

**Eisen und Stahl.**

VON HANS HAUENSCHILD.

## a) Allgemeines.

Unter allen Metallen spielt das Eisen in der Geschichte der Cultur weitaus die wichtigste Rolle. Es giebt keinen Zweig menschlichen Schaffens, welcher nicht von der Anwendung des Eisens neue Impulse zum Fortschritt geschöpft hätte, und gerade unsere Zeit verdankt in der so gewaltigen Ausdehnung der Anwendung des Eisens diesem Metall ihr Gepräge.

150.  
Eisen  
als  
Baufstoff.

Die Baukunst verwendete das Eisen schon seit uralten Zeiten; aber erst unserer Zeit war es vorbehalten, dasselbe als selbständiges Constructionsmaterial nicht nur im Ingenieurbauwesen, sondern auch im Hochbauwesen in früher nie geahnter Ausdehnung zu verwerthen. Die Fortschritte der Eisenindustrie, welche eine natürliche Folge gesteigerten Bedarfes und gesteigerter Anforderungen waren, gestatten immer ausgedehntere Anwendung durch billigere Preise, und insbesondere war es die genauere Feststellung der Elasticitäts- und Festigkeitswerthe und die hierdurch ermöglichte Ersparnis an Material, welche heute für so viele Zwecke des Hochbaues das Eisen als Besieger von Stein und Holz hinstellt, ob stets mit wirklicher Berechtigung, sei hier nicht weiter erörtert<sup>107)</sup>.

Mit der riesigen Entwicklung der Eisenindustrie, besonders seit Beginn der sechziger Jahre, ist aber naturgemäß auch eine Umwälzung in der bisherigen Classification der Producte der Eisenindustrie eingetreten. Die früher scharfen Grenzen zwischen Gusseisen, Schmiedeeisen und Stahl begannen schwankend zu werden, seitdem der schmiedbare Guß, der Gußstahl und das Bessemer-Eisen hervortraten.

151.  
Classi-  
ficirung.

Namentlich hat sich der Begriff »Stahl« in den letzten 20 Jahren so bedeutend verändert, daß in Wissenschaft und Praxis Verwirrung hierüber eingerissen ist. Einige definiren Stahl als gegossenes und schmiedbares Metall, Eisen als nicht gegossenes und schmiedbares, Gusseisen und Roheisen als gegossenes und nicht schmiedbares Metall, in so fern die genetischen und technischen Gesichtspunkte als maßgebend gelten; allein die Thatfache, daß nicht alles gegossene und schmiedbare Eisen, wegen seines geringen Gehaltes an Kohlenstoff, den von chemischer Seite als nothwendiges Charakteristikon für Stahl aufgestellten Anforderungen entspricht, läßt diese Unterscheidung nicht zutreffend erscheinen. Gewöhnlich bezeichnet man als Stahl ein kohlenstoffhaltiges Eisen, gemischt mit geringen Mengen von Mangan, Schwefel, Phosphor, Silicium, Aluminium, welches die Eigenschaft besitzt, sich härten zu lassen; der Kohlenstoffgehalt ist aber variabel, größer als beim Schmiedeeisen, geringer als beim Roh- und Gusseisen. Allein auch diese Kriterien verschwimmen in einander, so daß Manche entweder bloß die Unterscheidungsmerkmale zwischen der Fabrikation aus einem Gusse (Ingot-Metall) und der aus einzelnen Stäben oder Packeten (Packet-Metall) als Classification gelten lassen, Andere aber Stahl und Eisen bloß nach

<sup>107)</sup> Die Förderung der Verwendung des Eisens im Hochbau bildete einen Verhandlungsgegenstand der Heidelberger Abgeordneten-Verammlung (1879) des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Hierbei wurde von maßgebender Seite vor der zu weit gehenden Anwendung des Eisens für unsere Hochbauten gewarnt; manche Constructionstheile würden heutzutage aus Eisen hergestellt, die aus Zweckmäßigkeits- oder aus ästhetischen Gründen besser aus Stein, Holz oder anderen Materialien herzustellen wären etc.

Festigkeit und Elasticität unterscheiden, oder wieder Andere Härtung, Hämmerbarkeit, Homogenität etc. als unterscheidende Merkmale für Stahl in Anspruch nehmen. Dazu kommt noch die Verschiedenheit der Bezeichnung in den verschiedenen Sprachen. Deshalb wurde gelegentlich der Weltausstellung in Philadelphia 1876 ein internationales Comité von bekannten Fachmännern gebildet, welche für die verschiedenen Sorten von Eisen und Stahl eine einheitliche Nomenclatur vereinbarte<sup>108)</sup>.

So werthvoll diese einheitliche Nomenclatur für die allgemeinen Verkehrsverhältnisse ist, so ist doch für die technische Anwendung damit noch wenig geschehen. Die Elasticitäts-, Festigkeits- und Zähigkeits-Verhältnisse, welche die Qualität der verschiedenen Eisenforten repräsentiren, sind es, welche bei Aufstellung einer Qualitäts-Classification in erster Linie berücksichtigt werden müssen.

Dieselben Gründe, welche für Prüfungs-Anstalten für Baumaterialien im Allgemeinen maßgebend sind, sind es in erhöhtem Grade bei Eisen und Stahl, deren Festigkeit, Zähigkeit und Elasticität ja für die erhöhte oder verminderte Brauchbarkeit ausschlaggebend sind. Jedenfalls genügt nicht der Name »Eisen« oder »Stahl« allein, sondern die garantirte Festigkeit, um einen bestimmten Qualitätsgrad zu bezeichnen.

Der Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen hat denn auch im Jahre 1877 im Haag auf Grund der von *Bauyinger* in München und *Jenny* in Wien vorgenommenen zahlreichen Festigkeits-Prüfungen eine einheitliche Classification von Eisen und Stahl aufgestellt, welche auch in der mehrfach erwähnten »Denkschrift« acceptirt erscheint<sup>109)</sup>. Diese Normen werden später noch angeführt werden. Ungeachtet mehrfacher Opposition, besonders von Seiten der Producenten, gegen die Höhe der normirten Minimal-Festigkeiten ist diese Classification gegenwärtig bereits in bester Durchführung begriffen, und sie wird eben so, wie die Cement-Normen, ihre segensreichen Wirkungen in der erhöhten und gleichmäßigen Qualität der Producte äußern.

Das Eisen wird heute nicht bloß für solche Bauten angewendet, welche möglichst große, ununterbrochene Räume mit viel Licht und minimaler Verwendung von Freistützen erfordern, also zu Bahnhofshallen, Ausstellungsräumen, Markthallen, Fabrikräumen etc., denen die Eisen-Architektur durch Eleganz und Kühnheit der

152.  
Verwendung  
im  
Allgemeinen.

<sup>108)</sup> Hiernach soll es sechserlei Arten von Eisen und Stahl geben, die sich auf Grund ihrer Herstellungsweise wie folgt ordnen:

- 1) Roheisen, unmittelbar aus dem Hochofen hergestelltes Eisen;
- 2) Gufseisen, ungeschmolzenes Roheisen;
- 3) Schweifeseisen, umfaßt: Renneisen, Herd-Frischeisen, Puddelseisen, geschweisstes Packeteisen, überhaupt Schmiedeeisen und Walzeisen;
- 4) Schweifstahl, umfaßt: Rennstahl, Herd-Frischstahl, Puddelstahl, Cementstahl, Gärbstahl;
- 5) Flußeisen, umfaßt: Bessemer-Eisen, Flammenofen-Flußeisen oder Siemens-Martin-Eisen, und
- 6) Flußstahl, umfaßt: Bessemer-Stahl, Flammenofen-Flußstahl oder Siemens-Martin-Stahl, Gufstahl (in Tiegeln umgeschmolzener Stahl).

Die technische Commission des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen hat der Generalversammlung des letzteren diese Nomenclatur zur Annahme beantragt und folgende fremdsprachliche Bezeichnungen empfohlen:

	Englisch:	Schwedisch:	Im Geschäftsverkehre:	Französisch:	Wissenschaftl. Bezeichnung:
für Roheisen:	<i>pig iron</i>	<i>Tackjern</i>	<i>fonte brute</i>	<i>fonte de première fusion</i>	<i>fonte de première fusion</i>
für Gufseisen:	<i>cast iron</i>	<i>Gjutjern</i>	<i>fonte moulée</i>	<i>fonte de deuxième fusion</i>	<i>fonte de deuxième fusion</i>

<sup>109)</sup> Der Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen faßte gleichzeitig auch den Beschluß: »Der Verein wolle seinen Einfluß aufbieten, um die Regierungen zu veranlassen, eine Classification von Eisen und Stahl einzuführen, so wie die zu deren Durchführung erforderlichen Prüfungs-Stationen und Versuchs-Anstalten zu errichten.«

Ueber die Frage der »Classification von Eisen und Stahl« siehe ferner: Deutsche Bauz. 1876, S. 447; 1877, S. 300 u. 368, so wie Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 337; weiters die »Denkschrift über die Einführung einer staatlich anerkannten Classification von Eisen und Stahl. Ueberreicht von der technischen Commission des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen in der General-Versammlung des Vereins am 19. u. 20. Juli 1877« in: Deutsche Bauz. 1877, S. 347 u. 351.

Linien und Massen ein eigenthümliches Gepräge gegeben hat, sondern auch der gewöhnliche Wohnhausbau kann gegenwärtig das Eisen als Constructionsmaterial kaum mehr entbehren. Als Ausbau-Material ist das Eisen vollständig unentbehrlich; in dieser Beziehung ist seine Verwendung eine ungemein mannigfaltige.

Der Stahl wird im Hochbauwesen verhältnißmäßig selten als Constructionsmaterial benutzt. Wohl werden einzelne Constructionstheile größerer Dachstühle und sonstiger Eisenconstructions aus Stahl hergestellt; immerhin bleibt die Anwendung eine beschränkte. Dieselbe tritt aus diesen verhältnißmäßig engen Grenzen heraus, sobald es sich um Stahl als Ausbau-Material handelt. In diesem Falle werden die charakteristischen Eigenschaften des Stahls, als seine Härte, Zähigkeit, Elasticität, Federkraft etc. in mannigfaltigster Weise ausgenutzt.

Das Gufseisen, bei Beginn der Eisenconstructions-Periode vorwaltend und oft mit Verschwendung an Material zu Dachstühlen, Säulen und ganzen Gebäuden verwendet, verlor allmählich an Bedeutung, als man die Walzeisen-Fabrikation immer mehr ausbildete, und die für Beanspruchung auf Zug viel günstigeren Festigkeits- und Elasticitätsverhältnisse des Schmiedeeisens zu bestimmen und auszunutzen lernte. Dessenungeachtet wird auch gegenwärtig das Gufseisen noch vielfach und mit Vortheil als Constructionsmaterial verwendet, wenn es sich um Bauteile handelt, die eine ruhende Belastung zu tragen haben und im Wesentlichen nur auf Druckfestigkeit beansprucht werden, wie Säulen, Consolen etc. In solchen Fällen schätzt man die Billigkeit und Leichtigkeit in der Herstellung solcher gufseisernen Constructions, bisweilen auch seine größere Widerstandsfähigkeit gegen das Rosten, die von der dichten aus Eisen-Oxydul-Oxyd bestehenden Gufshaut herrührt.

Die Leichtigkeit und Billigkeit der Herstellung von Gufskörpern macht das Gufseisen auch besonders geeignet zu Wasserleitungs- und Abort-Röhren, zu Dachfenstern und Dachziegeln, zu Treppenstufen und Trottoirplatten, zu Oefen, zu ornamentirten Geländerstäben, zu Laternenpfählen etc. etc. In der Herstellung von ornamentalem Gufs wird das Gufseisen neuerer Zeit durch den Zinkgufs vielfach verdrängt und hat als Handels-Gufswaare wegen seiner großen Sprödigkeit etwas an Bedeutung verloren, während der durch Adouciren, d. h. Behandeln mit oxydirenden Körpern in andauernder Gluth entkohlte schmiedbare Gufs zu verschiedenen kleineren, besonders billigen Artikeln immer größere Verwendung findet.

Das Schmiedeeisen kommt in außerordentlich mannigfachen Formen und Arten zur Verwendung und giebt wegen der Vervollkommnung des Walzprocesses und wegen der genaueren Kenntniß der günstigsten Profile für die verschiedensten Zwecke eine große Reihe von Handelsforten als Elemente der Eisenconstructions. Der Zusammenhang der Form des Querschnittes mit der Elasticität und Festigkeit wird in der nächsten Abtheilung (Statik der Hochbau-Constructions) und die Wahl der passendsten Eisenforten im III. Theile dieses Handbuchs (Hochbau-Constructions) abgehandelt werden; hier werden nur die im Handel vorkommenden verschiedenen Eisen-Fabrikate selbst zu besprechen sein. Es ist für den Eisenconstructeur von großer Wichtigkeit, die von den Fabriken im Großen für den Vorrath hergestellten Handelsforten zu kennen; andererseits müssen die Handelsforten den Anforderungen der größten Tragfähigkeit bei günstigster Form und minimalster Verwendung von Material entsprechen, so wie bequeme, in möglichst einfachen Progressionen steigende Dimensionirung aufweisen. Die Form und Dimension der Handelsforten wird noch mitbestimmt durch technische, die Qualität besonders des Walzeisens betreffende

153.  
Gufseisen.

154.  
Schmiedeeisen.

Rückfichten. Aus diesen Gründen hat man schon früh sog. Lehren und Normal-Dimensionen festgesetzt und gegenwärtig strebt man allgemein, besonders in Deutschland, dahin, für alle Sorten Normalprofile aufzustellen, weil nicht nur die Construction selbst erleichtert wird, sondern insbesondere der Preis und die Qualität der Waare dadurch gewinnt.

155. Stahl. Der Stahl ist heute, besonders seit der Erfindung des Bessemer-Processes, auch im Hochbauwesen zu besonders wichtigen Constructionen schon vielfach angewendet worden und gewinnt von Tag zu Tag mehr Bedeutung, weil die Preisdifferenz, besonders bei den Blechen, eine nur mehr geringe ist und eine analog den Stahlschienen auch für Träger sich bahnbrechende Verwendung von Stahl naheliegend ist. Der Benutzung für den inneren Ausbau ist bereits gedacht worden.

156. Qualitäts-Unterschiede. Die Qualität von Eisen und Stahl hängt aufs Innigste mit den Fabrikationsverhältnissen, namentlich mit der chemischen Reinheit, resp. den Beimengungen, der Art der Fabrikation und der Ausarbeitung zusammen und zeigt sich einerseits verschieden in den technischen Arbeitseigenschaften, besonders aber in dem Grade von Festigkeit, Zähigkeit und Elasticität.

Die wichtigsten Fehler des Eisens sind Rothbrüchigkeit und Kaltbrüchigkeit. Rothbrüchig ist das Eisen, wenn es zwar in der Schweißhitze sich gut schweißen und schmieden läßt, aber in der Rothgluth beim Schmieden Sprünge und Risse an den Kanten bekommt. Dieser ernste Mangel rührt von dem Gehalte an Schwefel und wahrscheinlich auch an Calcium und Magnesium her und kann durch Verwendung schwefelfreien Brennmaterials während des ganzen Fabrikationsprocesses, so wie noch durch Anwendung von Chlorverbindungen vermieden werden.

Kaltbrüchig ist das Eisen, sobald es bei niedriger Temperatur brüchig ist, ein sehr gefährlicher und leider häufiger Fehler, der von dem Gehalte an Phosphor und wahrscheinlich auch an Silicium herrührt. Da kaltbrüchiges Eisen in der Rothgluth sehr zähe ist und scharfe Walzprofile giebt und da viele phosphorhaltige Eisenerze vorkommen, so ist die Prüfung auf Kaltbrüchigkeit durch Stofs- und Biegeversuche von großer Wichtigkeit. Schon ein Phosphor-Gehalt von mehr als 0,05 Procent beeinträchtigt die Widerstandsfähigkeit gegen Stofs und Dehnbarkeit, während die Zugfestigkeit nach den Versuchen im *Comptoir des Forges* in Stockholm eher zuzunehmen scheint.

Aus den angegebenen Gründen ist es leicht erklärlich, daß man seit langer Zeit brauchbare Methoden ausfindig zu machen suchte, um erforderlichen Falles das Eisen vom Phosphor zu befreien. Gegenwärtig spielt die sog. Entphosphorung des Eisens eine große Rolle. Lange Zeit hindurch schien es, als ob die Abscheidung des Phosphors aus dem Eisen bei der Stahl- und Flußeisen-Darstellung nur im Flammenofen möglich, im Converter dagegen unausführbar sei, bis die Arbeiten von *Snelus*, *Richards*, *Thomas* und *Gilchrist* bekannt wurden, wodurch mit einem Schlage die Einführung des basischen Betriebes zur Entphosphorung beim Bessemer-Proceß bewirkt wurde. Die Durchführung des *Thomas-Gilchrist'schen* Processes hat in den deutschen Hüttenwerken bereits eine hervorragende Anwendung gefunden, und es befindet sich dieses Verfahren gegenwärtig bereits in einem solchen Stadium, daß an dessen Fortbestehen nicht mehr zu zweifeln ist. Die Herstellung weichen Materials, welches in letzter Zeit vielfach verlangt wird, ist hierdurch wesentlich erleichtert worden.

157. Prüfung. Die Qualitäts-Unterschiede der verschiedenen Classen des Eisens äußern sich auch noch in Structur, Homogenität und Farbe — Eigenschaften, von denen bei der Betrachtung der verschiedenen Eisenforten noch die Rede sein wird und die

direct unterfucht werden können, während das wichtigste Kriterium, die Elasticität, Festigkeit und Zähigkeit nur durch genaue Prüfungen festgestellt werden können.

Eine sehr schätzbare Methode, um über einen Theil der in erster Reihe genannten Factoren einen zuverlässigen Aufschluss zu erhalten, ist das Aetzverfahren, welches *Kick*<sup>110)</sup> zur Erkennung verschiedener Eifenforten systematisch benutzt hat.

158.  
Aetzung.

Weiches oder fehniges Schmiedeeisen von vorzüglicher Qualität wird durch Aetzung mit 1 Theil Salzfäure, 1 Theil Wasser und einer Spur Antimonchlorid vollkommen gleichmäÙig angegriffen und bleibt licht und matt glänzend; Feinkorneisen wird etwas dunkler, aber auch höchst gleichförmig angegriffen. Grobkorneisen und kaltbrüchiges Eisen werden weit intensiver geätzt; ein schwarzer Schlamm bedeckt die porig angegriffene Aetzfläche. Schmiedbarer Eifengufs (adoucirtes oder getempertes Eisen) wird viel stärker zertrüffelt und zwar ebenfalls ungleichförmiger, als Schmiedeeisen. Puddelstahl und Cementstahl geben graue sehr ähnlich aussehende Aetzflächen. Bessmer- und Gufsstahl ist je nach dem Grade der Härte an den ganz gleichförmig aussehenden Aetzflächen dunkler oder lichter grau. Haarrisse treten stets scharf hervor. Gufseisen zeigt als graues Gufseisen dunkelgraue, als weisses Gufseisen lichtgraue Aetzung; die Mittelforten beider lassen die eingemengten Theilchen grauen Eisens deutlich erkennen. Im Allgemeinen zeigt sich, dafs Eisen aus verschiedenen Qualitäten packetirt stets jene Sorte stärker als gewöhnlich angegriffen zeigt, welche leichter corrodierbar ist, und die schwerer angreifbare weit geringer, als wenn sie für sich geätzt wird.

Um die Elasticitäts-, Festigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse der verschiedenen Eifen- und Stahlforten zu prüfen, bedient man sich am besten der bereits mehrfach erwähnten (vergl. Art. 23, S. 80) *Werder'schen* Univerfal-Festigkeitsmaschine. Wenn es indeffen gilt, nicht die gesammten einschlägigen Verhältnisse zu untersuchen, vielmehr nur eine oder die andere Eigenschaft, z. B. blofs die Zugfestigkeit u. dgl. kennen zu lernen, so giebt es einfachere und auch weniger kostspielige Prüfungsapparate.

159.  
Festigkeits-  
Apparate.

Zu nennen sind die Maschinen von *Thomasset* in Paris, der alle Arten von Material-Prüfungsapparaten in Specialität anfertigt, ferner die Apparate von *E. Chauvin* und *Maria-Darbel* in Paris und die Maschine von *Carrington*, letztere für die Ermittlung der Zugfestigkeit und Längenausdehnung von Drähten bestimmt. Diese und mehrere andere Apparate sind eingehend beschrieben in der schon mehrfach erwähnten Schrift *M. v. Pichler's*: Die Materialprüfungs-Maschinen der Pariser Weltausstellung im Jahre 1878. (Leipzig 1879.)

Die Elasticität von Eisen und Stahl ist bei den meisten Constructionen, die aus diesen Baustoffen hergestellt werden, von groÙser Wichtigkeit. Der Elasticitäts-Coefficient (oder -Modul) ist bei verschiedenen Gattungen derselben Eisenart nicht sehr schwankend; bei einer und derselben Eisenconstruction (Decke, Dach etc.) schwankt derselbe nach *Winkler* in den einzelnen Theilen wohl nicht mehr als 5 bis 8 Procent. Durch Strecken, Schmieden, Walzen und andere gewaltfame Verfahren bei nicht zu hoher Temperatur vermindert sich der Coefficient etwas. Der Kohlenstoffgehalt ist bei derselben Art des Eisens, z. B. beim Stahl, nicht von groÙsem Einfluss; der Gehalt an Phosphor verringert den Coefficienten.

160.  
Elasticität.

Die Elasticitätsgrenze, die bei den verschiedenen Modificationen von Eisen und Stahl verschieden ist, wird bei einer wiederholten Beanspruchung, z. B. bei wiederholtem Durchbiegen, erhöht; durch Ausglühen kann der so erhöhte Grenzcoefficient wieder vermindert werden. Durch kalte Bearbeitung, wie Hämmern, Walzen etc. wird die Elasticitätsgrenze gleichfalls erhöht; durch Rothglühhitze und darauf folgende Abkühlung im Wasser erhöht sich der Grenzcoefficient des Stahles und auch (obwohl in geringerem Mafse) der des Schmiedeeisens. Phosphorgehalt und zunehmender Kohlenstoffgehalt erhöhen die Elasticitätsgrenze.

<sup>110)</sup> Techn. Blätter 1873, S. 112.

161.  
Festigkeit  
und  
Zähigkeit.

Festigkeit und Zähigkeit von Eisen und Stahl stehen in gewisser Wechselbeziehung. Bei gleicher Güte des verwendeten Rohmaterials und bei gleicher Sorgfalt in der Fabrikation nimmt, je nach den Mischungsverhältnissen der Materialien (namentlich nach den Procentätzen von Kohle, resp. von Mangan), die Zähigkeit des Productes ab, wenn die Festigkeit erhöht wird, und umgekehrt; bei geringerem Rohmaterial dagegen und bei weniger sorgfältiger Fabrikation verliert das Product sowohl an Festigkeit, wie an Zähigkeit.

162.  
Gewicht.

Das specifische Gewicht des Roheisens variirt (nach *Heinzerling*) zwischen 6,61 und 7,79 und beträgt im Mittel 7,21; das specifische Gewicht des Schmiedeeisens variirt zwischen 7,3 und 7,9 und kann im Mittel zu 7,79 angenommen werden; das specifische Gewicht des Stahls liegt zwischen 7,40 und 8,10 und läßt sich durchschnittlich zu 7,70 ansetzen. Nach dem »Deutschen Bauhandbuch« betragen die specifischen Gewichte von Gusseisen 7,00 bis 7,50, Schmiedeeisen 7,60 bis 7,79, Eisendraht 7,60 bis 7,80, Cementstahl 7,26 bis 7,80, Frischstahl 7,50 bis 7,80 und Gussstahl 7,80 bis 7,90.

163.  
Ausdehnung  
durch  
Wärme.

Innerhalb der Temperaturschwankungen, welche bei Hochbauten in Frage kommen, dehnt sich das Eisen proportional der Temperaturerhöhung aus. Es betragen die linearen Ausdehnungs-Coefficienten für 0 bis 100 Grad C. von Gusseisen, Schmiedeeisen und Stahl nach *Heinzerling* bez. 0,00132, 0,00145 und 0,00135. Auf Längenänderungen in Folge des Temperaturwechsels ist bei allen Eisenconstruktionen mit nicht zu unterschätzender Sorgfalt Rücksicht zu nehmen.

164.  
Bearbeitung  
und  
Handelsforten.

Die Be- und Verarbeitung des Eisens und Stahles ist eine ungemein mannigfaltige. Durch Gießen, Hämmern, Tempern, Schweißen, Walzen, Feilen, Hobeln, Fräsen, Drehen, Stanzen, Bohren etc. läßt sich das Metall in die verschiedenartigsten Formen bringen und auch dessen Qualität verändern. Das Gebiet dieser großentheils mechanischen, zum Theile auch chemischen Verfahren ist so umfassend, daß eine, wenn auch nur andeutungsweise Betrachtung derselben weit über den Rahmen dieses »Handbuches« gehen würde. Die »mechanische Technologie« und die »Metallurgie« sind die Disciplinen, in deren Bereich die fraglichen Prozesse gehören.

Die im Handel vorkommenden Eisenforten repräsentiren jene Formen, welche in der Praxis am häufigsten benutzt werden und deshalb nach herkömmlichen Normalien für den Vorrath hergestellt werden.

Es ist interessant, auch hier den glücklichen Durchbruch einheitlicher Bestrebungen constatiren zu können, und namentlich offenbart sich der beginnende Einfluß der ersten praktischen Errungenschaften der noch so jungen Festigkeitslehre hier in höchst erfreulicher Weise. Rationelle Verwerthung des Materials ist gerade beim Eisen zum greifbarsten Durchbruch gelangt, insbesondere, seit auch die allgemeine Einführung des metrischen Systems gesetzliche Kraft erlangte.

Selbst in jenen Fällen, wo das Eisen nicht als Constructions-, sondern als Ausbau-Material auftritt, haben sich einheitliche Bestrebungen geltend gemacht und zum nicht geringen Theile bereits zu erfreulichen Resultaten geführt.

#### Literatur

über »Eisen als Baustoff«.

Da von den zahlreichen Werken über »Metallurgie« und über »Hüttenkunde« hier abgesehen werden muß, sind etwa nur die nachstehenden Schriften zu nennen:

LOVE, G. H. *Des diverses résistances et autres propriétés de la fonte du fer et de l'acier* etc. Paris 1859.

GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raisonné de la fonte, de fer dans les constructions*. Paris 1861.

- HERMANT, A. *Du fer et son emploi dans les constructions. Moniteur des arch.* 1866, S. 85.
- BOHNSTEDT, L. Ueber die Bedeutung des Eisens für die Baukunst. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 201, 209, 219.
- Die Schule der Baukunst. 2. Band, 4. Abth. Die Brücken in Eifen. Von F. HEINZERLING. Leipzig 1870. S. 5.
- BOILEAU, L. A. *Le fer principal élément constructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.
- Das Eifen als Baustoff. *Deutsche Bauz.* 1873, S. 169.
- GLINZER, E. Das Eifen, seine Gewinnung und Verwendung. Eine monographische Skizze. Hamburg 1876.
- Organ für die Fortschritte des Eifenbahnwesens in technischer Beziehung. 7. Suppl.-Bd. Die Eigenschaften von Eifen und Stahl. Wiesbaden 1880.
- JEANS, J. S. *Steel: its history, manufacture, properties and uses.* London 1880.
- TRELAT, E. *Le fer dans les mains d'architecte.* Paris 1880.
- PICTON, J. A. *Iron as a material for architectural construction. Building News,* Vol. 38, S. 497.

## b) Gusseisen und Gusseisen-Fabrikate.

Das Gufseifen ist entweder weisses (Spiegel-) oder graues Gufseifen. Nur das letztere ist wegen nicht zu grosser Härte und Sprödigkeit und wegen grösserer Leichtflüchtigkeit brauchbar. Es hat auf dem Bruche eine hellbläulich-graue Farbe mit beträchtlichem Metallglanz und feinkörnigem Gefüge. Farbe und Gefüge sollen durchwegs gleich fein; nur in der Nähe der Haut kann die Farbe etwas lichter und das Gefüge feiner sein. Die Haut selbst soll glatt, rein und ohne Unterbrechung mit regelmässigen Flächen und scharfen Kanten sein. Fleckiger, geflammt oder gefladerter Bruch von verschiedenfarbigem Eifen oder grossen Kornflecken, insbesondere aber sichtbare Poren und Höhlungen, machen das Eifen unzuverlässig. Es sollte weich genug sein, um durch einen Hammerschlag gegen eine Kante einen leichten Eindruck zu erhalten. Luftblasen im Inneren erkennt man durch Abklopfen der Oberfläche mittels eines Hammers.

165.  
Eigenschaften.

Da fehlerfreier Gufs hauptsächlich unter Druck erzielt wird, sollte der Architekt stets fordern, das Säulen, Röhren etc. in aufrechter Stellung gegossen und am besten »mit verlorenem Kopfe«, d. h. einer überstehenden Gufsmasse versehen werden, welche den Druck auf das Gufstück vermehrt, die Blasen in sich aufnimmt und nach dem Erkalten abgeschlagen wird.

Da die Gufshaut eine grössere Festigkeit besitzt als das Innere und zugleich gegen Rost schützt, so sollte sie bei wichtigen Constructionen nicht verletzt oder abgedreht werden.

Das Gewicht des Gufseisens wurde bereits in Art. 162, S. 184 erwähnt. Das graue Gufseifen ist leichter, als das weisse. Je nach dem Graphit-Gehalt ändert sich das spezifische Gewicht und die Festigkeit, so das leichtere Gufseifen weicher und fester ist, als schweres.

166.  
Gewicht.

Man unterscheidet danach auch das graue Gufseifen, welches stets Graphit-Gehalt zeigt, in mehrere Nummern, welche von einander durch den Graphitgehalt und durch Härte und Festigkeit differiren.

Nr. 1 hat den höchsten Graphit-Gehalt und liefert den schönsten und genauesten Gufs, ist aber wenig hart und fest, daher es zu Güssen für decorative Zwecke dient, während für constructive Zwecke, wo es besonders auf Festigkeit ankommt, die weniger graphithaltigen härteren und festeren Nummern 2 und 3 verwendet werden. Soll ausserdem die Oberfläche gegen Abnutzung besonders gesichert werden, so wendet man bei der Herstellung den Schalengufs an, d. h. es wird der härter gewünschte Theil im Modell oder das ganze Modell nicht aus Sand oder Lehm, sondern aus Eifen genommen, welches die entsprechende Negativform hat. Durch das rasche Erstarren bei der Berührung mit dem kalten Eifen nimmt der Gufs je nach der Beschaffenheit des Eisens auf eine Tiefe von 3 bis 12 mm die weisse körnige Form an, während das Innere graues Gufseifen bleibt.

Die Grösse des Ausdehnungs-Coefficienten in Folge von Temperaturerhöhungen ist bereits in Art. 163, S. 184 angegeben worden. Eben so wichtig, wie

167.  
Ausdehnung  
u. Schwinden.

dieser, ist für gusseiserne Bautheile der sog. Schwindungs-Coefficient; der Architekt, der Zeichnungen an eine Gießerei abliefern, hat das Schwindmaß, welches linear 0,0104 beträgt, jedesmal zu berücksichtigen und auch anzugeben, ob die Zeichnung im Schwindmaßstab angefertigt ist oder nicht.

168.  
Elasticität.

Ueber die Elasticität des Gusseisens sind nur wenige Versuche angestellt worden; *Buchanan, Fairbairn, Hodgkinson, Rondelet, Tredgold* u. A. haben solche vorgenommen. Der Elasticitäts-Coefficient ist zwischen 672 und 1730 t pro 1 qcm gelegen; nach *Winkler* kann er im Mittel zu 1000 t pro 1 qcm angesetzt werden. Die Elasticitätsgrenze wird für Zug zu 0,44 bis 0,75, für Druck zu 1,33 bis 1,94 t pro 1 qcm geschätzt; erstere beträgt ungefähr  $\frac{1}{2}$ , letztere  $\frac{1}{5}$  des bezüglichen Festigkeitscoefficienten.

169.  
Festigkeit.

Die Festigkeitsverhältnisse des Gusseisens charakterisiren sich im Vergleich mit jenen von Schmiedeeisen und Stahl durch die bedeutend höhere Druckfestigkeit gegenüber der Zugfestigkeit und durch die verschiedenen Werthe für Zugfestigkeit, welche sich ergeben, sobald man dasselbe Material einmal auf Zug und das andere Mal auf Bruch in Anspruch nimmt. Nach den Versuchen von *Fairbairn* und *Hodgkinson* schwanken die Werthe der diversen Festigkeiten wenig, je nachdem das Gusseisen mit kaltem oder erhitztem Gebläsewind erblasen wurde; hingegen erhöht sich die Druckfestigkeit durch oftmaliges Schmelzen in bedeutendem Maße.

Auch über die Zugfestigkeit des Gusseisens liegen nur wenige Versuche von *Brown, Hodgkinson, Rennie* etc. vor. Die Coefficienten schwanken zwischen 660 und 2410 kg pro 1 qcm und geben einen Mittelwerth von 1300 kg pro 1 qcm.

Die Druckfestigkeit wurde insbesondere von *Hodgkinson* und *Rennie* untersucht und in den Mittelwerthen zwischen 5680 und 8900 kg pro 1 qcm gefunden. Man kann die Druckfestigkeit wohl auch gleich der 6-fachen Zugfestigkeit, d. i. nahezu mit 7900 kg pro 1 qcm ansetzen.

Für Abscherungsfestigkeit kann man nach *Rankine* durchschnittlich 1950 kg, für Bruchfestigkeit im Mittel 2860 kg pro 1 qcm annehmen; doch ist auf den letzteren Coefficienten die Querschnittsform nicht ohne Einfluß. Nach *Winkler* kann man denselben für den rechteckigen Querschnitt zu 2800 kg pro 1 qcm annehmen, während bei unfymmetrisch-I-förmigem Querschnitt, je nachdem der Bruch durch Zerreißen oder Zerdrücken stattfinden soll, die beiden Coefficienten 2100, bezw. 5300 kg pro 1 qcm Anwendung finden können.

170.  
Gusseisen-  
Fabrikate.

Unter den Gusseisen-Fabrikaten, die im Handel vorkommen, spielen Säulen und Rohre die größte Rolle. Die ersteren haben sehr verschiedene Dimensionen und eine äußerst mannigfaltige Gestalt erhalten. Für Gusseisenrohre, die in erster Reihe für Gas- und Wasserleitungen bestimmt sind, allein sonst noch für die verschiedenartigsten Zwecke benutzt werden, hat der »Verein deutscher Ingenieure« gemeinsam mit dem »Vereine der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands« Normalien aufgestellt, die sich auf Flanschen- und Muffenrohre sammt zugehörigen Schiebern, Hähnen und Ventilen beziehen und in der nebenstehenden Tabelle niedergelegt sind.

Ferner finden sich Herdplatten in normalen Dimensionsabstufungen, wie sie der zweite österreichisch-ungarische Eisen-Berathungstag aufgestellt hat, ziemlich allgemein im Handel vor. Eben so erzeugen die verschiedenen Hüttenwerke gerippte und geriefte Platten für verschiedene Zwecke, Wendeltreppen, Oefen, Geländerstäbe, Candelaber, Dachziegel, Dachfenster etc. in bestimmten Formen und Größen, die in der

Regel nach Nummern unterschieden werden. Endlich seien noch Confolen, Unterlagsplatten, Träger, Laternenarme, Brunnenfchalen, Stallkrippen, Raufen, Gufs-Ornamente, wie Rofetten, Löwenköpfe etc. erwähnt. Einzelne diefer Fabrikate werden wohl auch zum Schutze gegen Rofft verzinkt oder mit einem Email-Ueberzug (letzteres namentlich bei Dachziegeln) verfehen in den Handel gebracht.

## Normal-Tabelle

für gußeiferne Flanfchen und Schieber, Ventile, Hähne und Muffenrohre.

Gemeinschaftlich aufgestellt von dem Vereine deutscher Ingenieure und dem Vereine der Gas- und Wafferrfachmänner Deutschlands.

Lichter Durchmesser $D$	Normal-Wandstärke $\delta$ für 6 bis 7 Atmosphären.	Flanfchenrohre						Muffenrohre						Schieber, Hähne und Ventile				
		Flanfchen- durchmesser $D'$	Flanfchendicke $f$	Baulänge	Gewicht eines Rohres (abgerundet)	Gewicht eines Flanfches nebst Anchlufs (abgerundet)	Gewicht von 1m Rohr excl. Flanfch	Schenkel- länge der Käu- mungs- und I- Stücke $L = D + 100$	Außerdieser Muffendurchmesser	Innerer Muffendurchmesser	Tiefe der Muffe	Gewicht pro laufendes Meter excl. Muffe	Gewicht der Muffe	Gewicht pro laufendes Meter Baulänge incl. Muffe (abgerundet)	Baulänge	Schieberlänge von Flanfch zu Flanfch $D + 200$	Durchgangsventile und gußeiserne Hähne; Länge von Flanfch zu Flanfch $2D + 100$	Eckventile; Länge der Schenkel von Mitte bis Flanfch $D + 50$
40	8	150	18	2	21,4	2	8,75	140	120	69	74	8,75	2,00	10	2	240	180	90
50	8	160	18	2	25,5	2,2	10,08	150	132	81	77	10,58	2,60	12	2	250	200	100
60	8,5	175	19	3	45	2,7	13,26	160	143	91	80	13,26	3,15	15	3	260	220	110
70	8,5	185	19	3	51,4	2,9	15,20	170	153	101	82	15,195	3,70	17	3	270	240	120
80	9	200	20	3	61,7	3,5	18,25	180	164	112	83	18,25	4,32	20	3	280	260	130
90	9	215	20	3	68,8	4	20,30	190	175	122	86	20,30	5,00	22	3	290	280	140
100	9	230	20	3	76	4,4	22,32	200	186	133	88	22,32	5,80	24,5	3	300	300	150
125	10	260	21	3	98	5,6	28,94	225	213	158	91	28,94	7,34	32	3	325	350	175
150	10	290	22	3	122	6,9	36,45	250	242	185	94	36,45	8,90	39	3	350	400	200
175	10,5	320	22	3	149	8	44,38	275	270	211	97	44,38	10,61	48	3	375	450	225
200	11	350	23	3	178	9,6	52,91	300	299	238	99	52,91	12,33	57	3	400	500	250
225	11,5	370	23	3	206	9,9	61,96	325	315	264	100	61,96	14,32	67	3	425	550	275
250	12	400	24	3	238	11,6	71,61	350	351	291	101	71,61	16,32	77	3	450	600	300
275	12,5	425	25	3	273	12,9	82,30	375	378	317	102	82,30	19,12	89	3	475	650	325
300	13	450	25	3	306	13,7	93,00	400	406	343	104	93,00	21,93	100	3	500	700	350
325	13,5	490	26	3	343	17,2	102,87	425	433	368	105	102,87	24,91	111	3	525	750	375
350	14	520	26	3	376	18,9	112,75	450	460	394	106	112,75	27,90	122	3	550	800	400
375	14	550	27	3	415	21,5	124,04	475	489	421	107	124,04	30,00	134	3	575	850	425
400	14,5	575	27	3	456	22,6	136,85	500	518	448	109	136,85	34,09	148	3	600	900	450
425	14,5	600	28	3	484	24,5	145,16	525	545	473	110	145,16	37,27	158	3	625	950	475
450	15	630	28	3	539	26,5	162,00	550	573	499	111	162,00	40,45	176	3	650	1000	500
475	15,5	655	29	3	582	28,6	178,84	575	600	525	112	174,84	44,09	190	3	675	1050	525
500	16	680	30	3	624	30,7	187,68	600	628	551	114	187,68	47,74	204	3	700	1100	550
550	16,5	740	33	3	723	39	214,97	—	682	603	116	214,97	55,33	234	3	750	—	—
600	17	790	33	3	813	42	243,28	—	736	655	119	243,28	63,52	265	3	800	—	—
650	18	840	33	3	916	43	276,60	—	791	707	122	276,60	73,17	301	3	850	—	—
700	19	900	33	3	1034	50	311,27	—	846	759	125	311,27	84,63	340	3	900	—	—
750	20	950	33	3	1148	53	347,96	—	897	812	127	347,96	94,40	380	3	950	—	—
800	21	1020	36	3	1297	68	378,10	—	949	866	129	387,10	104,64	422	3	1000	—	—
900	22,5	1120	36	3	1567	74	472,81	—	1066	968	134	472,81	135,94	518	3	1100	—	—
1000	24	1220	36	3	1872	96	560,00	—	1177	1074	140	560,00	168,47	616	3	1200	—	—

Millim.

Meter

Kilogramm

Millim.

Millimeter

Kilogramm

Meter

Millimeter

## c) Schmiedeeisen im Allgemeinen.

171.  
Eigenschaften.

Das Schmiedeeisen wird in Betreff seiner Qualität, wenn man von den Eigenschaften der Kalt- und Rothbrüchigkeit abieht, in erster Linie auf seine Zähigkeit geprüft. Diese hängt mit dem faserigen Gefüge zusammen, welches dem Schmiedeeisen so charakteristisch ist und durch die Art der Verarbeitung hervorgerufen wird. Das Packetiren und Aushämmern oder Auswalzen mehrerer Stücke bei beginnender Gelbgluth (Schweißgluth) bewirkt durch das Schweißen derselben zu einem Stücke die faserige Structur. Da das Schweißen nach den neueren Untersuchungen<sup>111)</sup> nichts als der höchste Grad von Adhäsion ist, fremde Körper, Schlacken, Oxydationsproducte etc. aber diese schwächen oder verhindern, so ist darauf zu achten, nur gut geschweißtes Eisen zu verwenden, welches man an der Abwesenheit der dunkleren Grenzlinien oder der Schweißnähte zwischen zwei Schweißstücken erkennt. Demnach soll Schmiedeeisen ein dichtes und gleichförmig faseriges, von allen KrySTALLKÖRNERN freies Gefüge haben, auf einer abgerissenen Fläche von heller, bläulich-grauer Farbe mit Seidenglanz und deutlich sichtbaren Fasern sein.

Da das Schmiedeeisen besonders in drei Hauptformen, als Stabeisen, Blech und Draht vorkommt und die Biegung den Grad der Zähigkeit angiebt, so sollen sowohl Stäbe als auch Bleche und Drähte scharfe und oftmalige Biegungen ohne Beschädigung aushalten und beim endlichen Bruche nicht gefalpen, sondern mit spitzig-hackigen Fasern erscheinen.

Wichtig für die Herstellung von Constructionstheilen größter Festigkeit ist, daß die Fasern überall parallel mit der Oberfläche laufen und Continuität besitzen, worauf bei der Herstellung Rücksicht zu nehmen ist. Nach *Rankine*<sup>112)</sup> wird die Zähigkeit dadurch auf das fünf- bis achtfache erhöht. Eben so sollen bei Stücken aus geschmiedetem Eisen, besonders wenn sie Stößen und Erschütterungen ausgesetzt werden sollen, plötzliche Aenderungen in den Dimensionen und Winkeln vermieden werden; ungleich starke Theile sollten daher stets durch gekrümmte Uebergangsflächen verbunden, die einspringenden Winkel durch Ausrundungen gemildert werden, weil der Bruch stets an solchen Stellen zu beginnen pflegt.

172.  
Gewicht.

Für das Eigengewicht des Schmiedeeisens und für das Maß der linearen Ausdehnung in Folge von Temperaturerhöhungen wurden bereits in den Art. 162 und 163, S. 184 die betreffenden Angaben gemacht.

173.  
Elasticität.

Der Elasticitäts-Coefficient des Schmiedeeisens schwankt nach den von *Bornet, Brix, Duleau, Gerstner, Hodgkinson, Fenny, Kerpely, Kupffer, Lagerhjelm, Lovett, Tredgold, Wertheim, Wöhler* u. A. vorgenommenen Versuchen zwischen 1500 und 2764 t pro 1 qcm, kann jedoch nach *Winkler* im Mittel zu 2000 t pro 1 qcm angenommen werden.

Die Elasticitätsgrenze für Zug und Druck wurde zwischen 1,03 und 3,31 t pro 1 qcm gefunden und läßt sich nach *Winkler* im Mittel zu 1,65 t pro 1 qcm ansetzen. Man nimmt wohl auch die Elasticitätsgrenze zu etwa  $\frac{3}{8}$  des Festigkeits-Coefficienten an.

174.  
Zugfestigkeit  
und  
Zähigkeit.

Schmiedeeisen hat in Folge seines faserigen Gefüges stets eine größere Festigkeit in der Richtung der Fasern, als senkrecht dazu, und zwar ist die Zugfestigkeit stets etwas größer, als die Druckfestigkeit, welcher Umstand nicht ohne Einfluß auf die vortheilhaftesten Querschnittsformen von Balkenträgern ist.

Durch Auswalzen und Ausziehen zu Draht wird die Zugfestigkeit gleichen Materiales bedeutend erhöht. Durch zu häufiges Erhitzen und Umschmieden verliert das Schmiedeeisen an Festigkeit; große

<sup>111)</sup> Vergl. *Wedding, H. Ueber die Schweißung des Eisens. Ann. f. Gwb. u. Bauw. Bd. 7, S. 203.*

<sup>112)</sup> *Proceedings of the institute of civil-engineers 1843.*

Stücke aus Schmiedeeisen haben in der Regel 75 Procent der Zugfestigkeit der Barren, aus denen sie geschmiedet wurden.

Mit zunehmendem Kohlenstoff wird bei derselben Eifengattung die Festigkeit erhöht; dasselbe tritt, wenn auch in geringerem Maße, beim Hämmern und beim Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze ein; nachträgliches Ausglühen und langames Abkühlen vermindert die Festigkeit wieder. Das geschmiedete Eisen zeigt eine etwas größere Zugfestigkeit, als das gewalzte. Bei dem durch Walzen hergestellten Blech ist die Zugfestigkeit in der Richtung des Walzens um etwa 8 Procent größer, als senkrecht dazu.

Die Temperatur hat bis gegen 200 Grad C. keinen wesentlichen Einfluss; Kälte vermindert die Festigkeit nicht, wenn das Eisen frei von fremden Beimengungen ist; Phosphor kann einen nachtheiligen Einfluss bei niedrigen Temperaturen herbeiführen. Wenn die Temperatur über 200 Grad C. steigt, so nimmt die Zugfestigkeit rasch ab.

Das Maß der Zähigkeit wird zugleich mit der Zugfestigkeit bestimmt und zwar entweder durch die Größe der Dehnung in Procenten bis zum Bruch oder durch die Verringerung des Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes an der Bruchstelle. Letzteres Maß ist sicherer als das erstere.

Die hier einschlägige Classification, welche Stabeisen und Blech in der schon vielfach erwähnten »Denkschrift« unter Zugrundelegung der *Bauschinger'schen* Versuche erfahren hat, ist die nachstehende.

#### Stabeisen.

Qualität I:	Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	3800 kg pro 1 qcm.
	Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	40 Procent.
Qualität II:	Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	3500 kg pro 1 qcm.
	Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	25 Procent.

#### Eisenblech.

Qualität I. a)	In der Walzrichtung:	
	Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	3600 kg pro 1 qcm.
	Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	25 Procent.
b)	Quer zur Walzrichtung:	
	Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	3200 kg pro 1 qcm.
	Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	15 Procent.
Qualität II. a)	In der Walzrichtung:	
	Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	3300 kg pro 1 qcm.
	Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	15 Procent.
b)	Quer zur Walzrichtung:	
	Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	3000 kg pro 1 qcm.
	Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	9 Procent.

Das Stabeisen sowohl als das Eisenblech darf sich nach dem Zerreißen weder unganzen noch an der Oberfläche brüchig zeigen.

Materialien von geringerer Festigkeit oder Zähigkeit als einer der festgesetzten Minimalwerthe würden überhaupt nicht zu classificiren sein.

Ueber die Zugfestigkeit des Schmiedeeisens wurden die weitaus meisten Versuche angestellt. *Bauschinger, Brunel, Brown, Burg, Clark, Fairbairn, Gouin, Jenny, Kerpely, Kirkaldy, Lagerhjelm, Martin, Meissner, Navier, Perronet, Seguin, Styffe,*

Telford, Thurston, Wöhler u. A. haben solche vorgenommen; die von denselben gefundenen Mittelwerthe schwanken zwischen den Grenzen 2110 und 7000 kg pro 1 qcm. Man kann indess nach Winkler im Mittel für Stabeisen (gewalzt) 3800 und für Eisenblech in der Walzrichtung 3600, senkrecht zur Walzrichtung 3100 kg pro 1 qcm annehmen.

Ueber die Zugfestigkeit des Eisendrahtes haben insbesondere Brix, Buffon, Dufour, Gerstner, Lamé, Muschenbroek, Seguin und Telford Versuche angestellt, aus denen sich Mittelwerthe von 3500 bis 9690 kg pro 1 qcm bei Drahtdicken von 0,2 bis 6,0 mm Dicke ergeben. Karmarsch leitet aus besonderen Versuchen die folgenden Regeln ab, wenn *d* die Drahtdicke in Millimetern bezeichnet:

	nicht geglüht:	geglüht:	
Gewöhnlicher Eisendraht . . . . .	$4,58 + \frac{2,29}{d}$	$2,87 + \frac{0,64}{d}$	} Tonnen pro 1 qcm.
Bester Eisendraht . . . . .	$6,37 + \frac{1,59}{d}$	$3,81 + \frac{0,38}{d}$	

175.  
Druck-, Bruch-  
und Scher-  
festigkeit.

Die Druckfestigkeit läßt sich bei einem so zähen Material, wie es das Schmiedeeisen ist, wegen der allmählichen Ausbauchung und Anschwellung der Probestücke unter dem Drucke schwierig genau bestimmen.

Von englischen Autoren wird die Druckfestigkeit des Schmiedeeisens zu 2530 bis 3160 kg pro 1 qcm angegeben; Rondelet setzt 4950 kg an. Kirkaldy's Versuche, welche mit Cylindern, deren Höhe gleich dem 2-, 4- und 8-fachen Durchmesser waren, angestellt wurden, ergaben im Mittel bezw. 10900, 7700 und 5800 kg Druckfestigkeit pro 1 qcm. Nach den älteren Versuchen kann man die Druckfestigkeit ungefähr zu  $\frac{7}{8}$  der Zugfestigkeit annehmen.

Auch über die Bruch- und Abscherungsfestigkeit des Schmiedeeisens liegen nicht viele Versuche vor. Nach jenen von Kirkaldy beträgt die Bruchfestigkeit 810 bis 1350, im Mittel 1080 kg pro 1 qcm, die Abscherungsfestigkeit 3190 bis 5500, im Mittel 4510 kg pro 1 qcm. Indess wird der Coefficient der Bruchfestigkeit durch die Querschnittsform beeinflusst; für I-Träger kann man nach Winkler diesen Coefficienten jenem für Zugfestigkeit gleich setzen.

Der Festigkeits-Coefficient für Abscheren beträgt nach Winkler nahezu  $\frac{4}{5}$  des Festigkeits-Coefficienten für Zug.

176.  
Schmiedeeisen-  
Fabrikate.

Das Schmiedeeisen kommt im Handel in außerordentlich verschiedenen Formen und Dimensionen vor. Stabeisen, Blech, Draht, Nägel, Drahtstifte, Niete und Schrauben sind die Hauptfabrikate. Das Stabeisen wird wieder unterschieden in 1) Stangeneisen: Rundeisen, Quadrateisen, Flacheisen und Band-eisen; 2) Façoneisen, wozu die Stabeisen mit complicirterer Profilform gehören, und 3) eigentliche Walzeisen. Von den letztgenannten drei Handelsorten wird im Folgenden unter d. und e., unter f. und g. von den übrigen Schmiedeeisen-Fabrikaten die Rede sein.

**d) Rund-, Quadrat-, Flach-, Band- und Façoneisen.**

Das Stangeneisen wird in stärkeren Sorten einzeln gewogen und danach verkauft; schwächere Sorten werden in Bündeln oder Bänden (häufig zu 50 kg), mit einem eisernen Reifen zusammengebunden, gehandelt. Die Dimensionen sind indess sehr verschieden.

177.  
Rund- und  
Quadrateisen.

1) Rund- und Quadrateisen. Der zollver. Eisenhütten-Verein hat hierfür folgende Dimensions-Scala aufgestellt:

Die Durchmesser, bzw. Dicken steigen

zwischen 5 mm bis 30 mm um je 1 mm,  
 » 31 mm » 80 mm » » 2 mm,  
 über 80 mm » » 5 mm.

Beim englischen Rundeisen steigen die Durchmesser

zwischen  $\frac{1}{8}$  bis  $2\frac{1}{4}$  Zoll ( 3,2 bis 57,2 mm) um je  $\frac{1}{16}$  Zoll (1,6 mm),  
 »  $2\frac{3}{8}$  »  $4\frac{1}{4}$  » ( 60,3 » 108,0 mm) » »  $\frac{1}{8}$  » (3,2 mm),  
 »  $4\frac{1}{2}$  » 7 » (114,3 » 177,8 mm) » »  $\frac{1}{4}$  » (6,4 mm).

Beim englischen Quadrateisen steigen die Dicken

zwischen  $\frac{1}{4}$  bis 2 Zoll ( 6,4 bis 50,8 mm) um je  $\frac{1}{16}$  Zoll (1,6 mm),  
 »  $2\frac{1}{8}$  » 4 » (54,0 » 101,6 mm) » »  $\frac{1}{8}$  » (3,2 mm).

2) Flacheisen. Die vom genannten Eishütten-Verein aufgestellte Scala normirt:

178.  
Flacheisen.

Die Breiten steigen

von 14 bis 40 mm um je 2 mm, Dicke nicht unter 3 mm,  
 » 42 » 70 mm » » 2 oder 4 mm, » » » 4 mm,  
 » 72 » 100 mm » » 5 mm, » » » 5 mm,  
 über 100 » » 5 mm, » » » 7 mm.

Das englische Flacheisen hat folgende Dimensionen:

Dicke	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$ Zoll,
	(6,4)	(9,6)	(12,7)	(16,0)	(19,2)	(22,2)	(25,4)	(28,6)	(31,8)	(35,0)	(38,2 Millim.)
Breite	von	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$ 3 Zoll,
	bis	(12,7)	(19,2)	(25,4)	(31,8)	(38,1)	(44,6)	(50,8)	(57,2)	(63,5)	(70,0) (76,2 Millim.)
		6	9	12	15	16	14	15	13	12	11 10 Zoll,
		(15,2,9)	(228,6)	(304,8)	(381,0)	(406,4)	(355,6)	(381,0)	(320,2)	(304,8)	(279,4) (254 Millim.)

3) Bandeisen. Vom gleichen Vereine sind folgende Dimensions-Abstufungen aufgestellt worden:

179.  
Bandeisen.

Die Breite steigt

von 12 mm auf 14 mm mit 1 mm,  
 zwischen 15 mm bis 40 mm mit 2 mm,  
 » 42 mm bis 70 mm mit 2 oder 4 mm,  
 über 70 mm mit 5 mm.

Die Bandeisen-Lehre stellt sich nach diesen Gesetzen der Dicke nach wie folgt:

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Dicke	5,5	5,25	5	4,75	4,5	4,25	4	3,75	3,5	3,25	3	2,75	2,5	2,25	2	1,75	1,5	1,25 mm.

Die Nummern sind gegenüber der alten Lehre stärker, d. h. die alte Lehre hatte Nr. 5, wo die neue Lehre Nr. 1 hat; beide haben aber von Nr. 11 an gleichen Werth, weil in der neuen Lehre mehrere Nummern wegen der gesetzmäßigen Dickendifferenz eingeschoben sind.

Die englische Bandeisen-Lehre hiermit combinirt, ergeben sich folgende Normal-Dimensionen:

Breite:	Dicke:	Engl. Lehre.	Breite:	Dicke:	Engl. Lehre.
13 bis 18 mm	1-fach = $1\frac{1}{4}$ mm =	Nr. 18	30 mm	1-fach = $1\frac{3}{4}$ mm =	Nr. 15
	$1\frac{1}{2}$ » = 2 » =	14		$1\frac{1}{2}$ » = $2\frac{1}{4}$ » =	13
	2 » = $2\frac{1}{2}$ » =	$12\frac{1}{2}$		2 » = $2\frac{3}{4}$ » =	$11\frac{1}{2}$
	3 » = $3\frac{1}{2}$ » =	10		3 » = $3\frac{1}{2}$ » =	10
20 bis 24 »	1 » = $1\frac{1}{4}$ » =	18	32 bis 36 »	1 » = $1\frac{3}{4}$ » =	15
	$1\frac{1}{2}$ » = 2 » =	14		$1\frac{1}{2}$ » = $2\frac{1}{4}$ » =	13
	2 » = $2\frac{1}{2}$ » =	$12\frac{1}{2}$		2 » = $2\frac{3}{4}$ » =	$11\frac{1}{2}$
	3 » = $3\frac{1}{2}$ » =	10		3 » = $3\frac{1}{2}$ » =	10
26 bis 28 »	1 » = $1\frac{1}{2}$ » =	16	38 bis 44 »	1 » = 2 » =	14
	$1\frac{1}{2}$ » = $2\frac{1}{4}$ » =	13		$1\frac{1}{2}$ » = $2\frac{1}{2}$ » =	$12\frac{1}{2}$
	2 » = $2\frac{3}{4}$ » =	$11\frac{1}{2}$		2 » = 3 » =	11
	3 » = $3\frac{1}{2}$ » =	10		3 » = $3\frac{3}{4}$ » =	$9\frac{1}{2}$

Breite:	Dicke:	Engl. Lehre.	Breite:	Dicke:	Engl. Lehre.
46 bis 60mm	1-fach = 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> mm =	Nr. 13	75 bis 90mm	1-fach = 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> mm =	Nr. 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » = 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> » =	» 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » = 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » =	» 10
	2 » = 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » =	» 10		2 » = 4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » =	» 8
	3 » = 4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » =	» 8		3 » = 5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » =	» 6
62 bis 70 »	1 » = 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » =	» 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	90 bis 105 »	1 » = 3 » =	» 11
	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » = 3 » =	» 11		1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » = 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> » =	» 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	2 » = 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> » =	» 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2 » = 4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » =	» 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	3 » = 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » =	» 7 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>		3 » = 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » =	» 5

Der zweite österreichisch-ungarische Eifen-Berathungstag hat folgende Normaldimensionen des Stangeneifens aufgestellt:

Die Dimensionen des Rund-, Quadrat- und Flacheifens nehmen zu

von 5 bis 20mm um 1mm

» 20 » 50mm » 2mm

» 50 » 100mm » 5mm.

Minimaldicke für Rund- und Quadrateifen 5mm, Maximaldicke 100mm; für Flacheifen sind 10mm und 100mm Grenzwerte für die Breite, Maximaldicke 1/2 der Breite.

Stangeneifen wird normal in Bündeln von 50kg gebunden. Die bisherigen Bezeichnungen desselben; Schliesen-, Radreif-, Stegreif-, Rahm-, Rahmlehr-Eifen etc. haben im Handel zu entfallen und ist selbes nur nach Dimensionen zu bezeichnen und zwar durch einen Bruch, dessen Zähler die Breite und dessen Nenner die Dicke angiebt. Rundeifen ist durch einen vor die Durchmesserzahl gesetzten  $\bigcirc$  und Quadrat-eifen durch  $\square$  zu bezeichnen.

Die geringste und größte Breite des Bändeifens ist 10 und 100mm; dieselbe nimmt um je 5mm zu. Die geringste Dicke ist 1mm und steigt von Zehner zu Zehner um 0,25mm. Das Bändeifen wird für jede Breite in 4 Dicken erzeugt, welche gegen die geringste um je 0,5mm zunehmen. Bändeifen wird wie Flacheifen bezeichnet. Die Normallänge von Stangeneifen ist 3m.

180.  
Façoneifen.

4) Façoneifen. Die im Handel vorkommenden Form- oder Façoneifen haben, je nach dem beabsichtigten Zwecke, eine sehr mannigfaltige Profilform erhalten; fast jedes Hüttenwerk erzeugt ihm eigenthümliche Formeifen, und naturgemäß kann hier von einer Normal-Dimensionierung kaum die Rede sein. Aus gleichem Grunde wird solches Eifen auch nur nach Gewicht gehandelt.

Die gebräuchlichsten Façoneifen sind folgende:

α) Halbrundeifen (Fig. 14 u. 15), mit halbkreisförmigem oder damit verwandtem Querschnitt; die schmalsten Halbrundeifen haben in der Regel 10mm Breite.

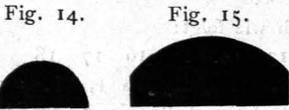


Fig. 14.

Fig. 15.

β) Fenstereifen, auch Sproffeneifen genannt (Fig. 16 bis 25), welche zur Herstellung von Fenstern, bei der Ausführung von Glashäusern, Oberlichtern und zur Anfertigung einzelner Sproffen bei

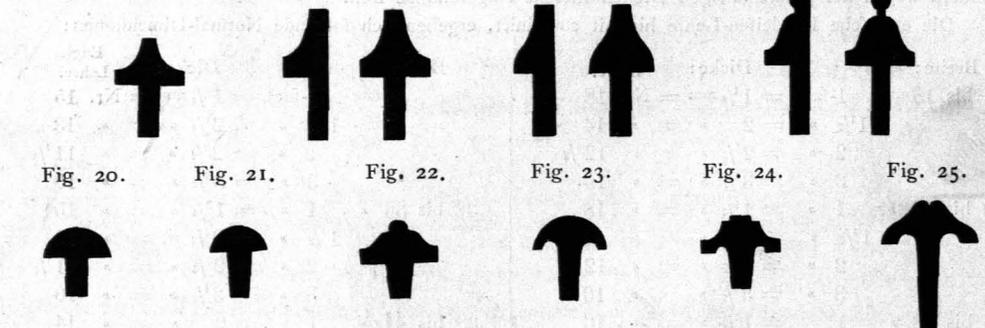


Fig. 16.

Fig. 21.

Fig. 22.

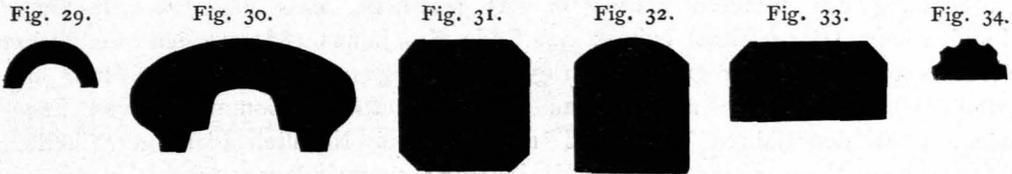
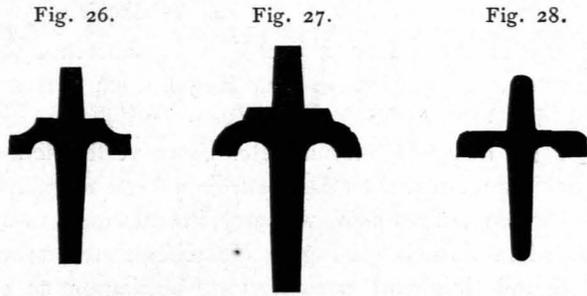
Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

sonst aus Holz bestehenden Fenstern und Thüren benutzt werden. Es giebt eine Unzahl verschiedenartiger Profile und beliebiger Dimensionen; man unterscheidet halbe und ganze Fenstereifen. Neuestens werden statt solcher Formeifen vielfach profilirte Stäbe aus Zinkblech mit oder auch ohne Eifenkern benutzt.

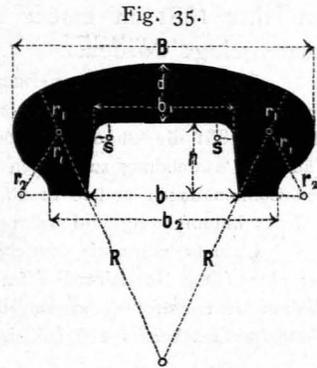
γ) Geländereifen (Fig. 29 bis 35), welche vorzugsweise zur Herstellung von Handleifen und fonftigen Geländertheilen für Terrassen, Balcons, Treppen etc. benutzt werden. Sie erhalten häufig ähnliche Formen wie die Holzleifen, was indess der Structur des Materials nicht ganz entspricht und wodurch sie auch ein großes Gewicht erhalten. Man hat deshalb mit Vortheil hohle und abgeplattete Ringsegment-Profile angewendet; doch kommen auch abgeplattete Rundeisen, Flacheisen etc. vor.



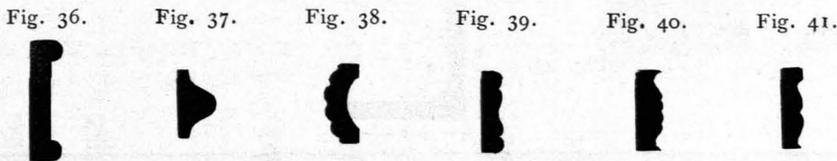
Für Handleisteneisen (Fig. 30 u. 35) haben der Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine und der Verein deutscher Ingenieure im Jahre 1881 die nachstehenden Normal-Profile aufgestellt.

Nr. des Profils.	Hauptdimensionen				Querschnittsfläche.	Gewicht pro 1 m
	B	Höhe H	b	h		
4	40	18	20	10	4,2	3,3
6	60	27	30	15	9,4	7,36
8	80	36	40	20	16,7	13,0
10	100	45	50	25	26,1	20,4
12	120	54	60	30	37,5	29,3
Millimeter.					Quadr.-Centim.	Kilogr.

$$\begin{aligned}
 R &= B \\
 H &= 0,45 B \\
 d &= 0,2 B \\
 b &= 0,5 B \\
 h &= 0,25 B \\
 r_1 &= 0,15 B \\
 r_2 &= 0,1 B \\
 \rho &= 0,05 B \\
 b_1 &= 0,45 B \\
 b_2 &= 0,75 B
 \end{aligned}$$



δ) Zierleisteneisen (Fig. 36 bis 41). Dieselben dienen im Wesentlichen zu decorativen



Zwecken; die Profil-Dimensionen der am meisten im Handel vorkommenden Eisen dieser Art dürften zwischen 18 × 8 mm und 28 × 10 mm gelegen sein.

ε) Kreuzeisen (Fig. 42), deren Anwendung heutzutage eine beschränkte ist und die den Uebergang zu den eigentlichen Walzeisen bilden.

ζ) Endlich sei noch der Gruben- und Eisenbahnschienen gedacht, welche theils im gebrauchten, theils im neuen Zustande vielfach zu Trägern etc. benutzt werden.



<sup>113)</sup> Die Fig. 14, 16 bis 18, 23, 29 und 33 sind dem Profilbuch des »Aachener Hütten-Actien-Vereins Rothe Erde« bei Aachen, die Fig. 15, 19 bis 22, 24, 25, 30 bis 34, 36 bis 42 dem Profilbuch der »Lothringer Eisenwerke Ars a. d. Mosel« und die Fig. 26 bis 28 dem Profilbuch der »Actiengesellschaft für Eisenindustrie« zu Styrum in Oberhausen entnommen, fämmtlich in 1/2 nat. Gr. dargestellt.

e) Walzeifen.

181.  
Walzeifen.

Obwohl die unter c. und d. vorgeführten Fabrikate auch dem Walzproceffe enttammen, so werden in der Regel doch unter der Bezeichnung Walzeifen speciell die hauptfächlich zu Decken- und Dach-Constructions dienenden L-, T-, Z-, C-, I-, Belag-, Quadrant- etc. Eifen verstanden.

Seit Langem war es das Bestreben der Fachmänner, für die Walzeifen rationelle Profil-Normen aufzustellen, wodurch Producenten und Confumenten in die Lage veretzt würden, statifch günstigste Walzeifen-Formen bei möglichft geringem Materialaufwand und thunlichft erleichterter Fabrikation zu erzeugen, bezw. in Anwendung zu bringen. Der öfterreichifche Ingenieur- und Architekten-Verein stellte bereits im Jahre 1865 »Typen für gewalzte Eifenträger« auf, welche fpäter (1877) durch Umrechnung des früheren Mafses in das metrifche Mafs und Gewicht einige Modificationen<sup>114)</sup> erfahren haben; am Ende des Jahres 1881 wurden von diefem Verein »neue Typen für gewalzte Träger und einige andere Walzeifenforten« aufgestellt<sup>115)</sup>. In Deutschland hat eine hierzu beauftragte Commiffion von Fachmännern in den Jahren 1879 und 1880 die im Nachstehenden mitgetheilten »Deutschen Normalprofile für Walzeifen« vorgeschlagen; diefelben wurden vom Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine und vom Verein deutscher Ingenieure gutgeheiffen und angenommen<sup>116)</sup>. In Folge deffen find diese Profile im Jahre 1881 in einem »Deutschen Normalprofil-Buch für Walzeifen«<sup>117)</sup> niedergelegt worden.

Die Einführung der »Deutschen Normalprofile« hat bereits günstige Fortschritte gemacht. Der deutsche Reichskanzler fowohl, als auch der preufifche Minister der öffentlichen Arbeiten haben im ersten Halbjahr 1881 die Anordnung getroffen, dafs diese Profile im Interesse der Eifenindustrie bei vorkommenden Fällen in Anwendung zu bringen find, fo weit nicht durch die Eigenthümlichkeit einzelner Constructions und Combinationen andere Profilformen nothwendig werden. Auch das badifche Ministerium des Inneren und das braunschweigifch-lüneburgifche Staatsministerium haben Verfügungen in ähnlichem Sinne erlassen.

Eben fo haben die deutschen Walzwerke fast durchwegs die gröfste Bereitwilligkeit zur Herstellung der »Deutschen Normalprofil-Eifen« ausgesprochen und viele derfelben schon einen grofsen Theil ihrer Walzen dem entsprechend umgeändert. Im Juni 1881 wurden thatfächlich von den 185 festgestellten Normalprofilen bereits 116 fabrizirt.

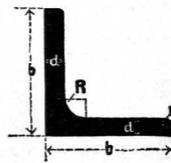
182.  
Winkel-eifen.

a) Normalprofile für gleichschenkelige Winkel-eifen (Fig. 43).

$$R = \frac{d \text{ min.} + d \text{ max.}}{2}$$

$$r = \frac{R}{2}$$

Fig. 43.



Für  $b \geq 100$  mm ist  $d \text{ min.} = 0,1 b$   
 Für  $b > 100$  mm ist  $d \text{ min.} = \frac{1}{11} b$

Nr. des Profils	b	d	R	r	Querschnitt	Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes von dem Endpunkte der Schenkel	Trägheitsmoment für eine		Nr. des Profils	b	d	R	r	Querschnitt	Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes von den Endpunkten der Schenkel	Trägheitsmoment für eine	
								äußere Profilkante	zur äusseren Profilkante parallele Schweraxe									äußere Profilkante	zur äusseren Profilkante parallele Schweraxe
1 1/2	15	3	3,5	2	0,81	0,63	1,02	0,848	0,150	2 1/2	25	3	3,5	2	1,41	1,10	1,76	1,583	0,811
	4	4			1,04	0,81	0,98	0,474	0,106		4	4			1,84	1,44	1,73	2,129	1,035
2	20	3	3,5	2	1,11	0,87	1,39	0,815	0,402	3	30	4	5	2,5	2,24	1,75	2,10	3,66	1,85
	4	4			1,44	1,12	1,35	1,101	0,504		6	6			3,24	2,83	2,02	5,57	2,54

114) Siehe die Zeitschrift dieses Vereins 1865, S. 14 und 1877, S. 18.

115) Siehe ebendaf. 1882, S. 7.

116) Siehe über die bezüglichen Verhandlungen: Deutsche Bauz. 1880, S. 1 und 1881, S. 61, fo wie: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 181, 210, 217 und 1880, S. 405.

117) Im Auftrage und im Namen der vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine und vom Vereine deutscher Ingenieure niedergefetzten Commiffion zur Aufstellung von Normalprofilen für Walzeifen bearbeitet und herausgegeben von Dr. F. Heinzerling und O. Jntze. Aachen 1881.

Nr. des Profils	b	d	R	r	Querschnitt		Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes von dem Endpunkte der Schenkel.	Trägheitsmoment für eine		Nr. des Profils	b	d	R	r	Querschnitt		Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes von den Endpunkten der Schenkel.	Trägheitsmoment für eine	
					äußere Profilkante	zur äußeren Profilkante parallele Schweraxe			äußere Profilkante	zur äußeren Profilkante parallele Schweraxe											
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	35	4	5	2,5	2,64 3,84	2,06 3,00	2,48 2,40	5,78 8,78	3,03 4,20	8	80	8	10	5	12,16 15,00 17,76	9,5 11,7 13,9	5,71 5,63 5,56	137,6 173,6 209,5	73,3 88,7 102,3		
4	40	4	6	3	3,04 4,41 5,76	2,37 3,46 4,49	2,85 2,77 2,70	8,61 13,04 17,61	4,54 6,37 7,96	9	90	9	11	5,5	15,39 18,69 21,71	12,0 14,5 16,9	6,42 6,35 6,28	220,4 271,0 323,2	118,0 139,7 159,5		
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	45	5	7	3,5	4,25 5,81 7,29	3,32 4,53 5,69	3,19 3,11 3,04	13,31 21,69 28,21	8,15 10,85 12,99	10	100	10	12	6	19,00 22,56 26,04	14,8 17,6 20,3	7,13 7,06 6,99	336 406 476	180 210 239		
5	50	5	7	3,5	4,75 6,51 8,19	3,7 5,1 6,4	3,56 3,49 3,41	20,00 29,75 38,59	11,18 14,79 17,76	11	110	10	12	6	21,00 24,96 28,85	16,4 19,5 22,5	7,88 7,81 7,74	447 540 632	238 281 318		
5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	55	6	8	4	6,24 8,16 10,00	4,9 6,4 7,8	3,91 3,83 3,76	33,54 45,95 57,08	17,79 22,84 26,94	12	120	11	13	6,5	25,19 29,51 33,75	19,7 23,0 26,3	8,59 8,52 8,45	638 757 876	344 399 449		
6	60	6	8	4	6,84 8,96 11,00	5,3 7,0 8,6	4,28 4,21 4,14	43,55 58,58 73,87	23,11 29,65 35,57	13	130	12	14	7	29,76 34,44 39,04	23,2 26,9 30,5	9,31 9,24 9,17	885 1037 1188	476 546 608		
6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	65	7	9	4,5	8,61 10,89 13,09	6,7 8,5 10,2	4,62 4,55 4,48	64,58 83,77 103,32	34,16 42,44 50,07	14	140	13	15	7,5	34,71 39,75 44,71	27,1 31,0 34,9	10,02 9,95 9,88	1198 1386 1575	644 727 807		
7	70	7	9	4,5	9,31 11,79 14,19	7,3 9,2 11,1	4,99 4,92 4,85	80,64 104,05 129,04	42,46 53,26 62,41	15	150	14	16	8	40,04 45,44 50,76	31,2 35,4 39,6	10,7 10,7 10,6	1588 1814 2053	857 953 1061		
7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	75	8	10	5	11,36 14,00 16,56	8,9 10,9 12,9	5,33 5,26 5,19	113,4 143,0 172,6	60,4 73,5 84,4	16	160	15	17	8,5	45,75 51,51 57,19	35,7 40,2 44,6	11,5 11,4 11,3	2064 2344 2626	1110 1234 1361		
	Millim.				Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centim.	Centimeter			Millim.				Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centim.	Centimeter			

β) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkeleifen (Fig. 44).

$B = 1,5 b$  und  $B = 2 b$   
 $d_{min.} = \frac{b+B}{10}$ , jedoch mit geringfügigen Abweichungen.



$$R = \frac{d_{min.} + d_{max.}}{2}$$

$$r = \frac{R}{2}$$

Nr. des Profils	b	B	d	R	r	Quer-schnitt	Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes von der äußeren Kante des		Trägheitsmoment für die zum		Maximum	Minimum
								kurzen Schenkels	langen Schenkels	kurzen Schenkel	parallele Schweraxe		
2/3	20	30	3	3,5	2	1,41 1,84	1,10 1,44	1,01 1,05	0,51 0,55	1,27 1,61	0,45 0,57	1,46 1,85	0,27 0,34
2/4	20	40	3	3,5	2	1,71 2,24	1,33 1,75	1,45 1,49	0,45 0,49	2,74 3,49	0,48 0,62	2,91 3,72	0,31 0,39
3/4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	30	45	4	4,5	2	2,84 3,50	2,22 2,73	1,50 1,54	0,75 0,79	5,75 6,86	2,04 2,42	6,60 7,86	1,19 1,32
3/6	30	60	5	6	3	4,25 5,81	3,32 4,53	2,20 2,27	0,69 0,77	14,4 20,8	2,53 3,69	15,3 22,1	1,6 2,4
4/6	40	60	5	6	3	4,75 6,51	3,71 5,08	1,99 2,06	0,99 1,06	17,1 22,9	6,1 8,1	19,7 26,3	3,5 4,7
4/8	40	80	6	7	3,5	6,84 8,96	5,34 7,00	2,90 2,97	0,90 0,97	44,5 57,3	7,8 10,0	47,3 60,8	5,0 6,5
5/7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	50	75	7	8	4	8,26 10,44	6,4 8,1	2,51 2,58	1,26 1,33	46,9 58,0	16,8 20,6	54,0 66,5	9,7 12,1
5/10	50	100	8	9	4,5	11,36 14,00	8,9 10,9	3,64 3,71	1,14 1,21	116,9 140,9	20,4 24,6	124,1 149,3	13,3 16,3
6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> /10	65	100	9	10	5	14,04 16,94	11,0 13,2	3,37 3,44	1,62 1,69	133,2 157,1	48,1 56,3	153,6 180,7	27,7 32,7
6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> /13	65	130	10	11	5,5	18,50 21,96	14,4 17,1	4,72 4,79	1,47 1,54	321,8 379,5	56,1 63,3	341,6 402,1	36,3 42,7
8/12	80	120	10	11	5,5	19,00 22,56	14,8 17,6	3,97 4,05	1,97 2,05	278,9 325,1	100,6 116,2	321,8 374,2	57,8 67,0
8/16	80	160	12	13	6,5	27,36 31,64	21,3 24,7	5,79 5,87	1,79 1,87	828 828	126 142	878	81 92
10/15	100	150	12	13	6,5	28,56 33,04	22,3 25,8	4,95 5,02	2,45 2,52	653 752	238 269	755 865	136 156
10/20	100	200	14	15	7,5	40,04 45,44	31,2 35,4	7,20 7,27	2,20 2,28	1661 1872	288 320	1762 1982	187 210
	Millimeter				Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centimeter		Centimeter		Centimeter		

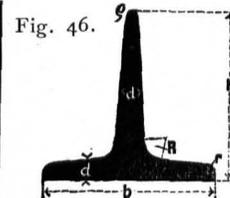
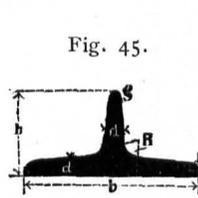
γ) Normalprofile für T-Eisen.

Breitfüßige T-Eisen (Fig. 45).

$$d = 0,115 h + 1 \text{ mm}$$

$$h = \frac{b}{2}; R = d; r = \frac{d}{2}; \rho = \frac{d}{4}$$

Neigung im Fuß durchweg 2 Procent, auf jeder Seite des Steges 4 Procent.



Hochftigige T-Eisen (Fig. 46).

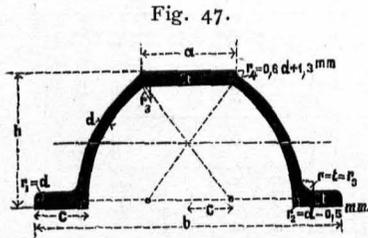
$$d = 0,11 h + 1 \text{ mm}$$

$$h = b; R = d; r = \frac{d}{2}; \rho = \frac{d}{4}$$

Neigung im Fuß durchweg 2 Procent, auf jeder Seite des Steges 2 Procent.

Nr. des Profils	δ	h	d	R	r	ρ	Querschnitt	Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes vom Endpunkt des Steges	Trägheitsmoment für			Nr. des Profils	δ	h	d	R	r	ρ	Querschnitt	Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes vom Endpunkt des Steges	Trägheitsmoment für		
										den Fußs	die zum Fußs parallele Schweraxe	die Symmetrieaxe											den Fußs	die zum Fußs parallele Schweraxe	die Symmetrieaxe
6/3	60	30	5,5	5,5	3	1,5	4,64	3,6	2,30	4,64	2,91	9,98	2/2	20	20	3	3	1,5	1	1,11	0,9	1,39	0,75	0,403	0,204
7/3 1/2	70	35	6	6	3	1,5	5,94	4,6	2,69	7,03	5,12	17,3	2 1/2 / 2 1/2	25	25	3,5	3,5	2	1	1,69	1,3	1,75	1,70	0,931	0,463
8/4	80	40	7	7	3,5	2	7,91	6,2	3,07	14,0	8,37	30,1	3/3	30	30	4	4	2	1	2,24	1,7	2,10	3,35	1,86	0,914
9/4 1/2	90	45	8	8	4	2	10,16	7,9	3,45	22,7	14,4	49,0	3 1/2 / 3 1/2	35	35	4,5	4,5	2	1	2,95	2,3	2,46	5,98	3,34	1,63
10/5	100	50	8,5	8,5	4	2	12,02	9,4	3,84	33,1	21,2	71,3	4/4	40	40	5	5	2,5	1	3,75	2,9	2,82	9,92	5,56	2,70
12/6	120	60	10	10	5	2,5	17,00	13,3	4,62	67,4	43,2	145	4 1/2 / 4 1/2	45	45	5,5	5,5	3	1,5	4,65	3,6	3,17	15,5	8,74	4,23
14/7	140	70	11,5	11,5	6	3	22,82	17,8	5,39	123,1	79,1	265	5/5	50	50	6	6	3	1,5	5,64	4,4	3,53	23,2	13,1	6,33
16/8	160	80	13	13	6,5	3,5	29,51	23,0	6,17	207	134	446	6/6	60	60	7	7	3,5	2	7,91	6,2	4,24	46,7	26,4	12,8
18/9	180	90	14,5	14,5	7,5	3,5	37,04	28,9	6,95	329	213	709	7/7	70	70	8	8	4	2	10,56	8,2	4,96	84,8	48,4	23,1
20/10	200	100	16	16	8	4	45,44	35,4	7,72	499	323	1073	8/8	80	80	9	9	4,5	2	13,59	10,6	5,67	141,9	81,5	38,8
													9/9	90	90	10	10	5	2,5	17,00	13,3	6,38	224,5	129	61,4
													10/10	100	100	11	11	5,5	3	20,79	16,2	7,10	337,2	195	92,7
													12/12	120	120	13	13	6,5	3	29,51	23,0	8,52	688	389	189
													14/14	140	140	15	15	7,5	4	39,75	31,0	9,95	1259	734	347
	Millimeter.						Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centimeter.	Centimeter.				Millimeter.						Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centimeter.	Centimeter.		

δ) Normalprofile für Belag- (Zorès-) Eisen (Fig. 47).



Nr. des Profils	h	b	a	c	t	d	Querschnitt	Gewicht pro 1 m	Trägheitsmoment für die		
									Schweraxe	Symmetrieaxe	
5	50	120	33	21	5	3	6,8	5,3	24,0	84	
6	60	140	38	24	6	3,5	9,5	7,3	47,7	161	
7 1/2	75	170	45,5	28,5	7	4	13,4	10,3	106	353	
9	90	200	53	33	8	4,5	17,9	13,8	206	647	
11	100	240	63	39	9	5	24,2	18,6	419	1272	
	Millimeter.						Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centimeter.		

Der Schwerpunkt jedes Profils liegt  
fast genau in halber Höhe h.

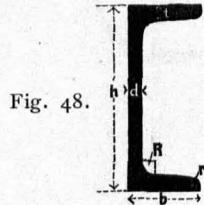


Fig. 48.

ε) Normalprofile für C-Eisen (Fig. 48).

Nr. des Profils	h	b	d	t	R	r	Querschnitt		Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes von den Endpunkten der Flansche.	Trägheitsmoment für die			Nr. des Profils	h	b	d	t	R	r	Querschnitt		Gewicht pro 1 m	Abstand des Schwerpunktes von den Endpunkten der Flansche	Trägheitsmoment für die		
							äußere Kante des Steges	zur äußeren Kante des Steges			äußere Kante des Steges	zur äußeren Kante des Steges	äußere Kante des Steges								zur äußeren Kante des Steges	äußere Kante des Steges			zur äußeren Kante des Steges		
3	30	33	5	7	7	3,5	5,42	4,2	1,86	13,78	5,2	6,5	14	140	60	7	10	10	5	20,40	15,9	4,09	128,0	71,2	609		
4	40	35	5	7	7	3,5	6,20	4,8	2,04	18,02	7,3	14,2	16	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,08	18,8	4,49	170,2	97,4	932		
5	50	38	5	7	7	3,5	7,12	5,6	2,32	22,96	10,0	26,7	18	180	70	8	11	11	5,5	28,04	21,9	4,90	222,4	130	1364		
6 <sup>1/2</sup>	65	42	5,5	7,5	7,5	4	9,05	7,1	2,66	33,30	15,7	58,2	20	200	75	8,5	11,5	11,5	6	32,30	25,2	5,30	286,2	171	1927		
8	80	45	6	8	8	4	11,04	8,6	2,93	43,7	21,7	107	22	220	80	9	12,5	12,5	6,5	37,55	29,8	5,68	376,6	226	2712		
10	100	50	6	8,5	8,5	4,5	13,48	10,5	3,31	62,7	33,1	207	26	260	90	10	14	14	7	48,40	37,8	6,42	601	365	4857		
12	120	55	7	9	9	4,5	17,04	13,3	3,76	88,4	49,2	368	30	300	100	10	16	16	8	58,80	45,9	7,05	942	564	8064		
	Millimeter.						Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centim.	Centimeter.				Millimeter.						Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centim.	Centimeter.				

$b = 0,25 h + 25 \text{ mm}$

$R = t$

$r = \frac{t}{2}$

Neigung im Flansch :

8 Procent.

Der Schwerpunkt jedes Profils liegt in halber Höhe h.

Die Flanschflächen sind einander parallel.

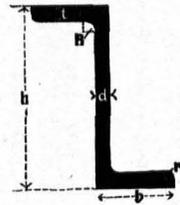


Fig. 49.

ζ) Normalprofile für Z-Eisen (Fig. 49).

$b = 0,25 h + 30 \text{ mm}$

$d = 0,085 h + 3 \text{ mm}$

$t = 0,05 h + 3 \text{ mm}$

$R = t$

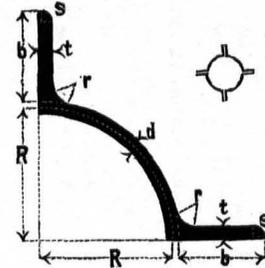
$r = \frac{t}{2}$

η) Normalprofile für Quadrant-Eisen (Fig. 50).

$r = 0,12 R$

$\rho = 0,06 R$

Fig. 50.



$b = 0,2 R + 25 \text{ mm}$

Nr. des Profils	h	b	d	t	R	r	Querschnitt	Gewicht	Trägheitsmomente für die beiden Hauptachsen		Nr. des Profils	R	b	d	t	r	ρ	Querschnitt der vollen Röhre	Gewicht pro 1 m der vollen Röhre	Trägheitsmoment der vollen Röhre.
3	30	38	4	4,5	4,5	2,5	4,26	3,3	18,3	1,01	5	50	35	4	6	6	3	29,8	23,4	578
4	40	40	4,5	5	5	2,5	5,35	4,2	28,3	3,00	5	50	35	8	8	6	3	48,0	37,5	901
5	50	43	5	5,5	5,5	3	6,68	5,2	45,2	5,17	7 <sup>1/2</sup>	75	40	6	8	9	4,5	54,9	42,9	2046
6	60	45	5	6	6	3	7,80	6,1	67,9	7,07	7 <sup>1/2</sup>	75	40	10	10	9	4,5	80,2	62,8	2957
8	80	50	6	7	7	3,5	10,96	8,6	142,9	13,6	10	100	45	8	10	12	6	88,1	68,9	5434
10	100	55	6,5	8	8	4	14,26	11,1	272	21,1	10	100	45	12	12	12	6	120,4	94,0	7395
12	120	60	7	9	9	4,5	17,94	14,0	474	30,0	12 <sup>1/2</sup>	125	50	10	12	15	7,5	129,3	101,0	11970
14	140	65	8	10	10	5	22,60	17,6	773	44,6	12 <sup>1/2</sup>	125	50	14	14	15	7,5	168,8	131,6	15591
16	160	70	8,5	11	11	5,5	27,13	21,2	1193	58,8	15	150	55	12	14	18	9	178,9	139,6	23206
	Millimeter.						Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centimeter.			Millimeter.						Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centim.

§) Normalprofile für I-Eifen (Fig. 51).

188.  
I-Eifen.



Fig. 51.

$t = 1,5 d$   
 $R = d$   
 $r = 0,6 d$

Bis  $h = 250$  mm:  
 $b = 0,4 h + 10$  mm  
 $d = 0,03 h + 1,5$  mm

Für  $h > 250$  mm:  
 $b = 0,03 h + 35$  mm  
 $d = 0,036 h$

Neigung im Flanrch:  
 14 Procent.

Nr. des Profils	h	b	d	t	R	r	Querfchnitt	Gewicht pro 1m	Trägheits-	Wider-	Trägheits-	Wider-
									Moment für die normale Schweraxe	stands-	Moment für die parallele Schweraxe	stands-
8	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,61	6,0	78,4	19,6	7,35	3,5
9	90	46	4,2	6,3	4,2	2,5	9,05	7,1	118	26,2	10,4	4,5
10	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,69	8,3	172	34,4	14,3	5,7
11	110	54	4,8	7,2	4,8	2,9	12,36	9,6	241	43,8	18,9	7,0
12	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,27	11,1	331	55,1	25,2	8,7
13	130	62	5,4	8,1	5,4	3,2	16,19	12,6	441	67,8	32,2	10,4
14	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,35	14,3	579	82,7	41,3	12,5
15	150	70	6,0	9,0	6,0	3,6	20,52	16,0	743	99,0	51,8	14,8
16	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,94	17,9	945	118,1	64,4	17,4
17	170	78	6,6	9,9	6,6	4,0	25,36	19,8	1177	138,5	78,8	20,2
18	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	28,04	21,9	1460	162,2	95,9	23,4
19	190	86	7,2	10,8	7,2	4,3	30,70	24,0	1779	187,3	115,2	26,8
20	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,65	26,2	2162	216,2	138	30,7
21	210	94	7,8	11,7	7,8	4,7	36,55	28,5	2587	246,4	163	34,6
22	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,76	31,0	3090	280,9	192	39,2
23	230	102	8,4	12,6	8,4	5,0	42,91	33,5	3642	316,7	224	43,9
24	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,37	36,2	4288	357,3	261	49,3
26	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,66	41,9	5798	446,9	341	60,3
28	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,39	47,9	7658	547,0	429	72,1
30	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,40	54,1	9888	659,2	530	84,3
32	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	78,15	61,0	12622	788,9	652	99,5
34	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	87,16	68,0	15827	931,0	789	115
36	360	143	13,0	19,5	13,0	7,8	97,50	76,1	19766	1098,1	956	134
38	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	107,53	83,9	24208	1274,1	1138	153
40	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	118,34	92,3	29446	1472,3	1349	174
42 <sup>1/2</sup>	425	163	15,3	23,0	15,3	9,2	132,97	103,7	37266	1753,7	1672	205
45	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	147,65	115,2	46204	2053,5	2004	236
47 <sup>1/2</sup>	475	178	17,1	25,6	17,1	10,3	163,61	127,6	56912	2396,3	2424	272
50	500	185	18,0	27,0	18,0	10,8	180,18	140,5	69245	2769,8	2871	310

f) Bleche und Blech-Fabrikate.

Eifenbleche finden als Constructions- und Ausbau-Material vielfach Anwendung. Sie erhalten entweder keinen Ueberzug — Schwarzbleche, oder sie sind, um sie vor Rost etc. zu schützen, verzinkt, bzw. verzinkt — Weifsbleche und verzinkte Eifenbleche; feltener kommen Ueberzüge von Email vor.

1) Schwarz- oder Sturzbleche. Für die Dicke derselben dient jetzt noch vielfach die Dillinger Schwarzblech- oder ältere deutsche Blechlehre, welche nachstehende Nummern fettsetzt <sup>118)</sup>:

Nummer . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dicke in Millim. . . . .	5,50	5,00	4,50	4,25	4,00	3,75	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50	2,25	2,00
Gewicht pro 1qm in Kilogr. (annähernd) . . . . .	44	40	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16
Nummer . . . . .	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Dicke in Millim. . . . .	1,75	1,50	1,37	1,25	1,12	1,00	0,87	0,75	0,62	0,56	0,50	0,44	0,37
Gewicht pro 1qm in Kilogr. (annähernd) . . . . .	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

Nach den schon mehrfach erwähnten Beschlüssen sollen derlei Bleche folgende Normal-Dimensionen zeigen. Als ganze Tafeln in der Länge von 1000 mm und Breite von 650 mm, als lange halbe Tafeln in der Länge von 1000 mm und Breite von 325 mm und als breite halbe Tafeln in der Länge von 500 mm

<sup>118)</sup> In der Dillinger Lehre entsprechen die Nr. 22, 22<sup>1/2</sup>, 23 und 24 den Nr. 23, 24, 25 und 26 der neuen deutschen Lehre. Die neue deutsche Draht- und Blechlehre ist in Art. 196, S. 200 aufgenommen.

189.

und Breite von 650 mm. Für Rohrbleche sind bei gleicher Normlänge auch Breiten von 330, 350, 370 und 390 mm zulässig. Die Bleche werden entweder nach der Stückzahl in Bündeln oder nach der Stärke der angegebenen Nummern verkauft. Das Gewicht der Bündel beträgt 50 und 25 kg. Abweichungen von  $\pm 5$  mm in der Länge und Breite sind gestattet.

Das Schwarzblech wird für eine große Zahl von Constructionen des inneren Ausbaues verwendet; insbesondere betrifft dies alle größeren und kleineren Bautheile, die aus der Hand des Bauchloßers hervorgehen. Indes kann es auch einen Bestandtheil genieteter Träger, Consolen, Säulen etc. bilden.

2) Weißbleche kommen gleichfalls in verschiedenen Stärken und Formaten im Handel vor. Folgende Normal-Dimensionen sind üblich:

190.  
Weißblech.

Das Einfach-(Klein-)Format von 265 mm Breite und 340 mm Länge,

das Doppel-Format von 340 mm Breite und 530 mm Länge,

das Hochfolio-Format von 265 mm Breite und 680 mm Länge,

das Vierfach-Format von 530 mm Breite und 680 mm Länge und

die Rinnenblech-Formate von 320, 370, 420, 470 und 520 mm Breite bei gemeinsamer Länge von 750 mm.

Als Normal-Dimension der Senkler-Bleche gilt das Einfach-Format; Foderbleche werden in Einfach- und Doppel-Format erzeugt.

Die Verpackung geschieht nach bisherigem Ufus in Holzkisten von 300 Tafeln Inhalt bei Einfach-Format, 150 Tafeln bei Doppel- und Hochfolio-Format, 75 Tafeln bei Vierfach-Format und bei den Rinnenblechen.

Die Bezeichnung der Qualität erfolgt durch die Zeichen *FF* für »fehr fein«, *F* für »fein«, *A* und *AA* für Auschuß.

Als Netto-Normalgewichte der Bleche pro Kiste haben zu gelten:

für 300 Tafeln Einfach-Format 90 kg	für 75 Tafeln Vierfach-Format und Rinnenblech 90 kg
» 150 » Doppel-Format 90 kg	» 300 » leichtes Einfach-Format 50, 42 u. 37 kg
» 150 » Hochfolio-Format 90 kg	» 150 » leichtes Doppel-Format 65 kg.

Schwarzbleche sind entsprechend ca. 5 kg pro Kiste leichter.

Auf den Kisten ist die Fabrikmarke, Sorte und Qualität und das Bruttogewicht ersichtlich zu machen. Die Preise sind bei den currenten Sorten pro Kiste, bei nicht currenten pro 100 kg Nettogewicht zu notiren. Die bisherigen Bezeichnungen Senkler-, Foder-, Kreuzbleche etc. sind im Großverkehr fallen zu lassen.

Das Weißblech wird, wenn auch selten, zur Dachdeckung, für Dachtraufen, Regenrohre, für Klappen etc. angewendet.

3) Verzinkte Eisenbleche, auch galvanisirte Bleche genannt, haben sich in den letzten 10 bis 15 Jahren, seit die betreffenden Fabrikationsmethoden wesentlich verbessert worden sind, immer größeren Eingang verschafft. Man zieht sie nicht nur den verzintten Blechen, sondern auch vielfach den Zinkblechen vor, da sie billiger als die letzteren sind, eine größere Tragfähigkeit besitzen und beim Temperaturwechsel keine so großen Längenänderungen zeigen. Insbesondere sind es die Dachdeckungen, für welche verzinktes Eisenblech immer häufiger zur Anwendung kommt.

191.  
Verzinkte  
Bleche.

Verzinkte Bleche werden in gleichen Formaten, wie Schwarz- und Weißbleche erzeugt, sind aber auch in viel größeren Dimensionen (bis zu 4 m Länge) zu haben.

Unter den Blech-Fabrikaten ragen, wenn man von den weniger bedeutenden derselben und von solchen, die hauptsächlich als Ausbau-Material oder für Decorationsgegenstände dienen, wie Herde, Oefen, Rohre, Dachfenster, getriebene Decorations-Objecte, gepresste Ornamente, allerhand Erzeugnisse der Bau- und Kunstschloßerei etc. abieht, besonders die gepressten und gelochten Bleche, so wie die Wellenbleche und die Buckelplatten hervor.

192.  
Blech-  
Fabrikate.

1) Gepresste und gelochte Bleche. Vielfache Verwendung als Bodenplatten für Balcons, Treibhäuser, Maschinenräume etc. finden die gerippten Bleche, welche sich kreuzende Rippen eingepresst erhalten und in Größen von 3 m Länge bei 90 cm Breite hergestellt werden. Zu erwähnen sind ferner, für Kellerfensterverchlüße, ventilirende Decken, Treppenstufen etc. verwendet, die gelochten Bleche, welche ebenfalls in den gleichen Dimensionen und mit verschiedenen Formen und Größen der Durchbrechungen geliefert werden.

193.  
Gepresste  
und gelochte  
Bleche.

Außer diesen in großen Formaten erzeugten Fabrikaten sind noch diejenigen Erzeugnisse zu nennen, die für die Zwecke der Dachdeckung hergestellt werden und an die Stelle der Dachziegel treten. Unter

dem Namen *Hilgers'sche Patent-Pfannen*, Wellenschiefer aus Metall von *Conraetz* und *Rieder*, *Stübe'sche Metall-Bedachung*, *Hyndmann's patent sheet iron roofing* etc. sind solche meist aus verzinktem Eisenblech durch Pressen hergestellte Fabrikate in den Handel eingeführt und vielfach im Gebrauch. Es wird hiervon noch eingehender im III. Theile dieses »Handbuches« (Bd. 2, Abth. III, Abfchn. 2, F. Dachdeckungen) die Rede sein.

194.  
Wellenbleche.

2) Wellenbleche werden vielfach mit Vortheil angewendet, und zwar sowohl derart gewellte Bleche, daß die Wellenbreite nicht kleiner ist als die Wellentiefe, wie dies gewöhnlich der Fall ist, oder auch solche, wo die Welle tiefer als breit ist, indem Rücken und Thal halbcylindrisch geformt und durch lothrechte Ebenen verbunden sind, wie dies bei den sog. Trägerwellblechen stattfindet, welche durch *Hein, Lehmann & Co.* in Berlin eingeführt worden sind und nunmehr auch von anderen Etablissements erzeugt werden.

Die Wellenbleche werden in Dicken von 0,5<sup>6</sup> bis 6<sup>mm</sup> mit Wellenhöhen von 20 bis 75<sup>mm</sup> bei einer Wellenlänge von 87 bis 230<sup>mm</sup> hergestellt und besitzen ca. 1<sup>m</sup> Breite und 3<sup>m</sup> Länge. Die Trägerwellbleche kommen in Dicken von 1 bis 5<sup>mm</sup> mit Wellenhöhen von 45 bis 140<sup>mm</sup> und Wellenbreiten von 90 und 100<sup>mm</sup> vor, die Wellenbreiten als den Abstand zweier Wellenrücken gemessen; die größte Länge der Trägerwellbleche beträgt 4<sup>m</sup>, die größte Breite 70<sup>cm</sup>.

Gewöhnliches verzinktes Wellenblech wird hauptsächlich zu Dachdeckungen benutzt; allein auch Wand- und Decken-Constructionen, so wie Thore, Thüren und andere bewegliche Verchlüsse werden aus diesem Material hergestellt.

Das Trägerwellblech, in der Regel gleichfalls verzinkt, wird für gleiche Zwecke angewendet, namentlich dann, wenn es sich um große Belastungen handelt. In Folge seiner großen Tragfähigkeit ist es auch geeignet, unmittelbar, ohne besondere stützende Constructionstheile, als Träger zu functioniren; namentlich lassen sich mit bombirten Blechen frei tragende Dächer ohne jede Substruction herstellen, so daß Binderconstruction und Dachdeckung in einem einzigen Constructionstheile vereinigt sind <sup>119)</sup>.

195.  
Buckelplatten.

3) Buckelplatten, von *Mallet* eingeführt, kommen hauptsächlich für Decken-Constructionen in Anwendung. Sie sind gewöhnlich quadratisch oder länglich-viereckig gestaltet und haben eine leichte Erhöhung, einen sog. Buckel, welcher sich kugelförmig nach den Rändern hin verflacht, wo er in einen flachen Rand oder Saum übergeht. Sie werden in eisernen Decken so gelegt, daß der erhabene Theil nach oben liegt, daher auf Druck, der flache Saum auf Zug beansprucht wird. Die Längen und Breiten der Buckelplatten schwanken zwischen 1490 und 1180<sup>mm</sup>, die Pfeilhöhe des Buckels zwischen 130 und 75<sup>mm</sup>, die Blechdicke von 6,5 bis 10<sup>mm</sup>.

### g) Draht und sonstige Schmiedeeisen-Fabrikate.

196.  
Draht.

1) Der Eifendraht kommt gegenwärtig in 42 verschiedenen Sorten nach Normaldimensionen, welche in einer Verammlung deutscher Fabrikanten zu Hagen am 11. Dezember 1873 als »neue deutsche Drahtlehre« angenommen wurden, in den Handel. Das Binden des Drahtes geschieht je nach seiner Stärke in Bündeln von 2, 5, 10, 25 und 50<sup>kg</sup>.

Die neue Draht- und Blechlehre, welche auch für Drahtstifte und Nägel Giltigkeit hat, ist nach den Principien und Vorschlägen des verdienten Wiener Mechanikers *W. Kraft* angenommen worden. Dieselben sind kurz folgende:

1) Jede Nummer muß eine bestimmte Dicke bezeichnen, die von Jedermann mit entsprechenden Instrumenten leicht und sicher gemessen werden kann.

2) Damit der Vergleich mit Tabellen entfällt, hat die Nummer gleichzeitig die Anzahl Masseinheiten, welche die Dicke enthält, auszudrücken.

3) Die Intervalle zwischen den einzelnen Nummern haben eine reguläre Zu- und Abnahme zu zeigen; die neue Lehre selbst aber soll dem Consumenten die nöthige Auswahl beim wirklichen Gebrauch gestatten, ohne dem Producenten die Aufbringung eines wohlaffortirten Lagers übermäßig zu erschweren.

4) Diese allgemeine Lehre soll für specielle Bedürfnisse die gleiche Sprache und Bezeichnung gestatten und auf metrisches Maß basirt sein.

Für größere Drähte und Bleche sind die Abstufungen der Dimensionen nach Zehntel-Millimeter als Einheiten, für feinere nach Hundertel-Millimeter unter möglichster Beibehaltung der bisherigen Handels-Ufancen durchgeführt. Dadurch bekam die *Kraft'sche* Lehre 42 Nummern, wovon die größeren

<sup>119)</sup> Siehe auch: Das Wellenblech und seine Herstellung. Polyt. Journ. Bd. 237, S. 25.

30 Nummern in Abstufungen von 0,6 bis 0,1 mm Differenz sich theilen, während die feineren 0,05, 0,03 und 0,02 mm Differenzen zeigen; dabei ist für die Bezeichnung die Bruchform gewählt, so daß der Zähler die Anzahl der Zehntel-Millimeter, der Nenner die Anzahl der Hundertel-Millimeter angiebt. Nr.  $\frac{3}{1}$  heißt deshalb: ein Draht oder Blech von  $0,3 + 0,01 \text{ mm} = 0,31 \text{ mm}$  Durchmesser, bezw. Dicke und wird geliefert: Nr. Drei-Eins.

Gegenüber den bisherigen Lehren für Draht, Blech und Band Eisen, den englischen, französischen und Dillinger stellt sich die neue Millimeter-Lehre wie folgt:

Neue deutsche (Kraft'sche) Lehre:	Nr. 100	94	88	82	76	70	65	60	55	50	46	42	38	34	31	28	25	22	20	18	16
Dicke in Millim.	10	9,4	8,8	8,2	7,6	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,6	4,2	3,8	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6

Engl. Lehre:	Nr. $\frac{2}{0}$	—	0	1	—	2	—	4	5	6	7	8	9	10	11	—	12	13	14	15	16
--------------	-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	---	----	----	----	----	----

Franz. Lehre:	Nr. 28	—	27	26	—	25	—	24	23	—	22	21	20	19	18	—	17	15	14	13	12
---------------	--------	---	----	----	---	----	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

Dilling. Lehre:	Nr. —	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	11	—	13	—	—
-----------------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	----	---	---

Neue deutsche (Kraft'sche) Lehre:	Nr. 14	13	12	11	10	9	8	7	6	$\frac{5}{5}$	5	$\frac{4}{5}$	4	$\frac{3}{7}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{2}$	2
Dicke in Millim.	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,37	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,2

Engl. Lehre:	Nr. 17	—	18	19	20	21	22	23	25	—	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
--------------	--------	---	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Franz. Lehre:	Nr. 10	9	8	7	6	5	4	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
---------------	--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Dilling. Lehre:	Nr. —	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-----------------	-------	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Der Draht kommt an und für sich, bald ohne Ueberzug, bald verzinkt oder verzinkt (galvanisirt) im inneren Ausbau zur Anwendung; allein auch Drahtseile, Drahtketten, Drahtgeflechte etc. werden im Hochbauwesen vielfach benutzt.

2) Gefchmiedete Nägel und Drahtstifte werden in Packeten nach dem Gewichte, unter gleichzeitiger Angabe der annähernden Stückzahl verkauft. Die Länge derselben wird in Millimetern, ihre Dicke in den Nummern der Kraft'schen Lehre angegeben.

197.  
Nägel u.  
Drahtstifte.

Die für die diversen Zwecke gebräuchlichen Vulgär-Bezeichnungen, als Schiff-, Boden-, Latten-, Brett-, Schindel-, Schlofs-, Schiefer-Nägel etc. bezeichnen gefchmiedete Nägel, deren Dimensionen nicht scharf eingehalten sind und deren Form auch nach Local-Üfance wechselt. Die nach den verschiedenen Gewerben bezeichneten und entsprechend geformten Bau-, Wagner-, Schloffer-, Glafer-, Schreiner-, Schiefer-, Pappdach-, Tapezierer-, Rohr- etc. Stifte etc. unterscheiden sich hauptsächlich in der Form der Köpfe und in der Art der Aufrauhung des Halses und der Seitenrippen. Die Dicken folgen der Drahtlehre, die Längen dem Verbindungszwecke.

3) Nieten und Schrauben sind vielfach gebrauchte Verbindungsmittel. Ueber Form und Dimensionen der ersteren, so wie auch der sog. Mutterschrauben wird noch im III. Theile dieses »Handbuches« (Bd. 1, Abth. I, Abschn. 3: Constructions-Elemente in Eisen) die Rede sein.

198.  
Nieten u.  
Schrauben.

Holzschrauben werden nach Länge und Stärke, auch nach der Form des Kopfes, welcher flach oder sphäroidisch sein kann, unterschieden; die flachköpfigen werden in die Holzfläche eingefenkt. Holzschrauben werden in Packeten zu je 144 Stück verkauft; die gangbarsten Sorten sind jene von 25 mm Länge und 3,2 mm Durchmesser bis zu 75 mm Länge und 10 mm Durchmesser.

4) Schmiedeeiserne Rohre sind als gezogene und als gewalzte Rohre zu unterscheiden. Nur die ersteren, welche bloß einem schwachen Druck ausgesetzt werden können, finden im Hochbauwesen ausgedehntere Anwendung, und zwar hauptsächlich zu Gasleitungen, weshalb sie wohl auch schlechtweg Gasrohre genannt werden. Indefs werden sie auch zu anderweitigen Leitungen, bisweilen mit Ueberzügen von Zinn oder Zink versehen, so wie auch zu mannigfaltigen sonstigen Zwecken häufig benutzt. In Fällen, wo man bei thunlichst geringem Eigengewicht möglichst rigide Stangen oder Stäbe erzielen will, bilden schmiedeeiserne Rohre ein vortreffliches Material.

199.  
Rohre.

Im Handel kommen die Gasrohre in nachstehenden Dimensionen vor:

Lichte Weite		Aeußerer Durchmesser des Rohres	Aeußerer Durchmesser des Gewindes	Tiefe des Gewindes	Zahl der Gewinde auf 1 Zoll engl.	Gewicht pro 1 m
$\frac{1}{4}$	6,4	12,5	12,5	0,8	19	0,70
$\frac{3}{8}$	9,5	16,0	16,0	0,8	19	0,82
$\frac{1}{2}$	12,7	20,0	20,0	1,0	14	1,02
$\frac{5}{8}$	15,9	23,5	23,5	1,0	14	1,20
$\frac{3}{4}$	19,1	26,5	26,5	1,0	14	1,85
1	25,4	33,0	33,0	1,6	11	2,79
$1\frac{1}{4}$	31,8	41,0	41,0	1,6	11	3,94
$1\frac{1}{2}$	38,1	48,0	48,0	1,6	11	5,33
2	50,8	60,0	60,0	1,6	11	6,40
Zoll engl.	Millim.	Millimeter.				Kilogr.

200.  
Mußereifen.

5) Unter den sonstigen im Handel vorkommenden Schmiedeeisen-Fabrikaten seien nur noch die fog. Mußereifen hervorgehoben; dazu gehören alle schon auf dem Hammer aus dem Groben zugearbeiteten Schmiedeeisenstücke.

#### h) Stahl und Stahl-Fabrikate.

201.  
Eigenschaften.

Der Stahl wird seit der Einführung des Bessemer-Prozesses im Hochbauwesen immer häufiger angewendet, insofern, wie schon früher gesagt wurde, mehr zu Ausbau-Zwecken, denn als eigentliches Constructionsmaterial.

Die einzig wirklich charakteristische Eigenschaft des Stahls ist ein Gehalt von 0,5 bis 1,5 Procent Kohle als chemisch gebundenes Element. Wenn man von Halbstaahl oder staahlartigem Eisen spricht, so versteht man darunter Eisenverbindungen mit weniger als 0,5 Procent Kohle; sie stehen auch in allen Eigenschaften zwischen Stahl und Eisen. Der Homogen-Staahl gehört hierher.

Die verschiedenen Staahlarten werden nach der Art der Darstellung, und zwar aus Erz unmittelbar als Rennstaahl, Siemens-Staahl, Uchatius-Staahl, aus Roh-eisen: als Herdstaahl, Puddelstaahl, Bessemer-Staahl, aus Schmiedeeisen: als Cementstaahl, Wootz-Staahl, Martin-Staahl oder nach der Art der Raffinirung: als Gärb- und Gußstaahl unterschieden und erlangen durch geringe Beimengung von Silicium, Mangan, Wolfram, Titan für gewisse Zwecke besondere Eignung.

Für bauliche Zwecke kommen besonders Bessemer-Staahl, Gußstaahl und Martin-Staahl in Betracht. Die werthvollen Eigenschaften des Stahls, seine große Elasticität, Festigkeit und Zähigkeit werden noch besonders durch die Eigenschaft erhöht, daß er nach Bedarf gehärtet oder weich gemacht werden kann. Härtung und Anlassen machen ihn zu außerordentlich verschiedenen Zwecken geeignet. Außerdem erhöht die Eignung zur Herstellung von Gußstücken aller Art noch seine Vielseitigkeit.

Stahl besitzt auf der höchst feinkörnigen und gleichmäßigen Bruchfläche bei licht grauweißer Farbe einen eigenthümlichen sammtartigen Glanz. Die Feinheit des Korns nimmt mit dem Raffiniren zu; Arbeitsfehler lassen sich leicht durch das Korn erkennen. Selbstverständlich gelten die Forderungen auf Abwesenheit von Roth- und Kaltbrüchigkeit auch beim Stahl, wobei berücksichtigt werden muß, daß gehärteter Stahl sehr spröde und kalt nicht schmiedbar und biegsam ist. Im

Allgemeinen ist stets der härtere Stahl auch der festere; hingegen besitzt der angelassene grössere Zähigkeit. Gegossener Stahl ist weniger fest, als geschmiedeter und gewalzter.

Angaben über das Eigengewicht des Stahles und seines Ausdehnungs-Coefficienten bei Temperaturerhöhungen wurden bereits in Art. 162 und 163, S. 184 gemacht.

Nach den Versuchen von *Bauschinger, Duleau, Gerstner, Fenny, Kerpely, Morin, Röbling, Styffe, Tredgold, Tresca, Wertheim* u. A. schwankt der Elasticitäts-Coefficient des Stahles zwischen 1428 und 2740 t pro 1 qcm; nach *Winkler* kann man denselben im Mittel zu 2200 t pro 1 qcm einführen. Seine Elasticitätsgrenze für Zug und Druck bewegt sich zwischen 1,88 und 7,00 t pro 1 qcm, kann jedoch, demselben Autor zufolge, zu 3,5 t pro 1 qcm angenommen werden. Annähernd beläuft sich die Elasticitätsgrenze auf  $\frac{3}{5}$  des Festigkeitscoefficienten.

Die Zugfestigkeit des Stahles ist ziemlich variabel. Dieselbe wird mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt erhöht; beim Gußstahl hat aufser der Menge des chemisch gebundenen auch die des nicht gebundenen Kohlenstoffes Einfluss. Die Menge des nicht gebundenen Kohlenstoffes wird durch Umschmelzen vermindert, die Festigkeit dadurch erhöht; *Fairbairn* und *Guettier* fanden die grösste Zugfestigkeit nach 8- bis 12-maligem Umschmelzen. Die Dehnbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Stöße etc. nimmt bei Zufatz von Kohlenstoff ab.

*Bauschinger, Dahlmann, Gerstner, Fenny, Rennie, Tresca, Wöhler* u. A. haben Versuche über die Zugfestigkeit angestellt; die ermittelten Durchschnittswerthe schwanken zwischen 4990 und 14300 kg pro 1 qcm. Nach *Winkler* kann man im Mittel für harten Stahl 6500, für mittelharten 5500 und für weichen 4500 kg pro 1 qcm annehmen.

Den Einfluss des Kohlenstoffgehaltes auf die Zugfestigkeit des Stahles drückt *Weyrauch* auf Grundlage der *Bauschinger'schen* Versuche, durch  $4,35 (1 + n^2)$  aus, wenn  $n$  den Kohlenstoffgehalt in Procenten angiebt.

Vor 30 und noch mehr Jahren kannte man in den Eigenschaften des Stahls wenig Variation und theilte denselben schlechtweg in 2 Kategorien ein: Stahl mit 8000 kg und Gußstahl mit 10 000 kg Zugfestigkeit pro 1 qcm. Gegenwärtig wird der Stahl in allen Nuancen fabricirt von der weichsten und zähesten bis zur härtesten und sprödesten Sorte <sup>119a)</sup>.

Die mehrfach genannte »Denkschrift« normirt für Stahl die umstehenden Qualitäts-Classen:

<sup>119a)</sup> Die Firma *Cockerill* in Seraing stellte für die zahlreichen Nuancirungen des Stahls nachstehende Eintheilung ihrer Fabrikate auf:

Stahl-Sorte	Kohlenstoff-Gehalt	Zugfestigkeit	Dehnung bis zum Bruch	Bemerkungen
Classe I: Extra weicher Stahl	0,05 bis 0,20	4000 bis 5000	27 bis 20	schweisbar, aber härtet nicht.
« II: Weicher Stahl . . .	0,20 » 0,35	5000 » 6000	20 » 15	ein wenig schweisbar, aber nicht härtungsfähig.
« III: Harter Stahl . . .	0,35 » 0,50	6000 » 7000	15 » 10	nicht schweisbar, aber härtungsfähig.
« IV: Extra harter Stahl	0,50 » 0,65	7000 » 8000	10 » 5	nicht schweisbar, wird sehr hart.
	Procent	Kilogr. pro 1 qcm	Procent	

*Deshayes* basirt seine Classification des Stahls nur auf die Zugfestigkeit desselben und unterscheidet Classe I: extra weicher Stahl mit weniger als 4000, II: sehr weicher Stahl mit 4000 bis 5000, III: weicher Stahl mit 5000 bis 6000, IV: harter Stahl mit 6000 bis 7000, V: sehr harter Stahl mit 7000 bis 8000 und VI: extra harter Stahl mit mehr als 8000 kg Zugfestigkeit pro 1 qcm.

202.  
Gewicht.

203.  
Elasticität.

204.  
Zugfestigkeit  
und  
Zähigkeit.

## Bessemer-Stahl, Guß-Stahl, Martin-Stahl als Constructionsmaterial.

Qualität I mit 3 Unterabtheilungen:

	a. hart	b. mittel	c. weich
Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	6500	5500	4500 kg pro 1 qcm
Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	25	35	45 Procent.

Um zu dieser Qualität gerechnet zu werden, muß das Material die beiden zusammengehörigen Zahlen mindestens erreichen oder dieselben übersteigen. Dabei muß die Bruchfläche gleichmäßig fein und in dem zerrissenen Stabe dürfen sich weder Quer- noch Langriffe zeigen.

Qualität II mit 2 Unterabtheilungen:

	a. härtere Sorte	b. weichere Sorte
Minimal-Zerreißungs-Festigkeit . . . . .	5500	4500 kg pro 1 qcm
Minimal-Zusammenziehung des Zerreißungs-Querschnittes in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, also Maß der Zähigkeit . . . . .	20	30 Procent.

Für die Bruchfläche und hinsichtlich der Risse gelten gleiche Vorschriften wie für Qualität I.

Die Zugfestigkeit von Stahldraht ist von *Fairbairn*, *Jenny* und *Roebing* unterfucht und zu 8800 bis 19 990 kg pro 1 qcm gefunden worden. Nach *Winkler* läßt sich der betreffende Coefficient zu  $1,10 + \frac{4,1}{d}$  Tonnen pro 1 qcm annehmen, wenn  $d$  die Drahtdicke (in Millim.) bezeichnet.

205.  
Druck-, Bruch-  
u. Abfcherungs-  
festigkeit.

Für die Druckfestigkeit des Stahles liegen Versuche von *Bauschinger*, *Kir-kaldy* und *Wade* vor; je nachdem das Verhältniß der Höhe des Probekörpers zu seiner Dicke verschieden war, ergaben sich auch ungemeyn differirende Resultate; die Mittelwerthe derselben schwanken zwischen 1400 und 10 900 kg pro 1 qcm. Nach *Heinzerling* beträgt die Bruchfestigkeit etwa  $\frac{7}{8}$  der Zugfestigkeit.

Die Bruchfestigkeit hängt zum Theile von der Form des Querschnittes ab; bei I-förmiger Gestalt kann man nach *Winkler*<sup>120)</sup> den Coefficienten für Bruchfestigkeit jenem für Zugfestigkeit gleich setzen.

Die Abfcherungsfestigkeit läßt sich, ähnlich wie beim Schmiedeeisen, zu  $\frac{4}{5}$  der Zugfestigkeit annehmen.

206.  
Handelsforten  
und  
Fabrikate.

Stahl wird sowohl in Stabform, wie auch als Blech und Draht in den Handel gebracht; indess findet gehärteter Stahl gewöhnlich in Stücken von ca. 300 mm Länge, in Kisten verpackt, Vertrieb.

Mannigfaltige Anwendung zu Schließern, Thürbeschlägen etc. findet der federnde Stahl, zu Panzerthüren, Rolljalousien u. dgl. das Stahlblech u. f. w.

## i) Confervirung von Eisen und Stahl.

207.  
Zerftörung  
des  
Eisens.

Wenn Eisen und Stahl den Anforderungen an Festigkeit und Formbarkeit in höherem Grade, als jeder andere Baustoff entsprechen und demgemäß mit Recht eine außerordentlich vielfache Verwendung gefunden haben, so ist doch ihre Dauerhaftigkeit eine geringe; der allgegenwärtige Sauerstoff in Verbindung mit Feuchtigkeit und Kohlenäure sind Feinde dieses Metalles, von denen es in kurzer Zeit angegriffen und successive zerstört wird.

<sup>120)</sup> Diese und die meisten der vorhergehenden Angaben über Elasticität und Festigkeit verdanken wir Herrn Professor *Dr. Winkler* in Berlin, der uns für diesen Zweck ein für seine Hörer autographirtes Manuscript mit äußerst dankenswerther Zuverlässigkeit zur Verfügung gestellt hat.

Es wurde constatirt, daß sich Eisenbahnschienen in 7 Jahren mit einer 3 mm dicken Rostschicht bedeckten, wodurch eine 1,6 mm dicke Schicht Eisen oder 5 Procent des Gewichtes gänzlich zerstört erschien. Da dies mit der Zeit eine bedenkliche Schwächung der Tragfähigkeit hervorbringen muß, aber gerade diese bei allen Eisenconstructions in erster Linie berücksichtigt werden soll, so liegt es nahe, welche hoch wichtige Bedeutung die Conservirung für dieselben haben muß.

Die bisherigen Erfahrungen haben conform der Natur des Metalls allerseits den Beweis geliefert, daß nur eine vollständige und dauernde Abhaltung der feindlichen Agentien Sauerstoff, Wasser und Kohlenäure wirksamen Schutz gewähren kann. Vollständige Abhaltung wird allerdings erzielt durch Ueberzüge und Anstriche verschiedener Art; aber diese Vollständigkeit ist als Grundbedingung praktisch nur schwer durch richtige Auswahl des schützenden Materiales und durch sorgfältige und fachgemäße Behandlung zu erzielen. Dauernde Abhaltung ist deshalb so schwer, weil sie selten absolut vollständig ist und weil auch die schützende Decke selbst Veränderungen erleiden kann, welche ihre Wirksamkeit schwächen oder aufheben.

Deshalb ist ein für die Dauer und für alle Verhältnisse absolut sicheres Mittel noch immer nicht vorhanden, und alle gegentheiligen Behauptungen von Reclame-Machern können in das Gebiet des Schwindels verwiesen werden.

Die verschiedenen Eisensorten zeigen gegen Rost eine verschieden starke Widerstandskraft; verschiedene Arbeitsverfahren verändern dieselbe ebenfalls. Um den Widerstand gegen chemische Agentien überhaupt zu graduiren und zugleich die Qualität auf kurzem Wege zu bestimmen, dient das schon in Art. 158, S. 183 erwähnte Aetzverfahren. Die Rostbildung richtet sich sichtlich nach denselben Graduierungen, wie die Aetzung.

Um behufs Conservirung der Eisenconstructions dieselben mit schützenden Ueberzügen zu versehen, kennt man verschiedene Verfahren, und zwar 1) Ueberzüge mit Eisenoxyd-Oxydul bei höherer Temperatur oder das sog. Bruniren; 2) Metallüberzüge auf trockenem und nassem Wege, wozu das Verzinnen, Verzinken oder Galvanisiren, das Verbleien, Vernickeln, Verkupfern und Bronziren gehört; 3) Email-Ueberzüge; 4) Anstriche mit Oelfirnissen, denen verschiedene Basen zugesetzt werden, wie Bleimennige, Eisenmennige, Ocker, Zinkstaub, Graphit; 5) Anstriche mit Harzfirnissen und Metallfeilen; 6) bituminöse Anstriche und 7) Anstriche mit Cement und Wasserglas <sup>121)</sup>.

Das Bruniren bewirkt systematisch und vollständig dasselbe, was dem geschmiedeten Eisen vor dem gewalzten in Bezug auf Rost so großen Vorzug verleiht: einen Ueberzug von Eisenoxydul-Oxyd, welcher außerordentlich fest haftet und je nach seiner Continuität und Dicke die Unterlage mehr oder weniger vollständig und dauerhaft schützt. Es wurde schon in den sechziger Jahren von *Thirault* in St. Etienne eingeführt und unabhängig von ihm in Rußland für Schwarzblech angewendet. Neuestens haben *Barff* <sup>122)</sup> in London und *Bower* <sup>123)</sup> ebendasselbe das Verfahren weiter ausgebildet und in die große Eisenindustrie eingeführt. Die Her-

208.  
Conservirungs-  
mittel.

209.  
Bruniren.

<sup>121)</sup> Ueber Conservirung des Eisens siehe:

Treumann, J. Ueber die Mittel zum Schutze des Eisens gegen das Rosten. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. in Hannover*, 1879, S. 379.

*Préservation du fer et de l'acier. Revue industr.* 1881, S. 113.  
*Conservation du fer. Le génie civil.* 1882, Nr. 6.

<sup>122)</sup> Siehe: *The preservation of iron.* Engng. Vol. 23, S. 193.

Die Conservirung von Eisenoberflächen. *Maschin.-Confr.* 1880, S. 249.

<sup>123)</sup> Siehe: Kein Rost mehr. *Wieck's ill. Gwbztg.* 1881, S. 229.

vorrufung des Ueberzuges geschieht in der Hitze (bei ca. 260 Grad C.), indem entweder überhitzter Wasserdampf oder Kohlenäure und Kohlenoxyd unter Luftabschluss auf die Gegenstände durch längere Zeit entweder für sich oder abwechselnd einwirken gelassen werden <sup>124</sup>).

210.  
Metallüberzüge.

Von den Metallüberzügen ist im Allgemeinen zu bemerken, daß sie die dauerhaftesten sind und besser haften, als andere Ueberzüge, auch Temperaturdifferenzen ihres wenig vom Eisen differirenden Ausdehnungs-Coefficienten halber leichter ertragen; allein einerseits können selbst unmerkliche Unterbrechungen des Ueberzuges durch galvanische Wirkung des Rostes geradezu befördern, wenn das Ueberzugsmetall diese Wirkung begünstigt und leitende Flüssigkeiten damit in Berührung kommen. Auch die technischen Schwierigkeiten der Behandlung großer Stücke und die bei der Montage nicht zu vermeidenden unterbrechenden Durchlochungen etc. verhindern andererseits eine allgemeine Anwendung dieser Conferenzierungsmethode <sup>125</sup>).

Am allgemeinsten und mit dem besten Erfolge hat sich das Verzinken eingeführt, welches durch Eintauchen von vorher blank gebeiztem Eisen in geschmolzenes Zink bewerkstelligt wird, also die übliche Bezeichnung des Galvanisirens mit Unrecht führt. Galvanisirte Gegenstände haben die weißgraue, matt glänzende Zinkfarbe mit strahlglumiger Oberflächentextur und leisten überall da äußerst dauernden Widerstand gegen Zerstörung, wo nicht schwefelige Säure, wie in der Nähe gewisser Fabriken, oder Salzsäure, wie am Meeresstrande, das Zink selbst angreifen. Nach *Pettenkofer's* Beobachtungen (an einem Zinkdach in München) waren 27 Jahre erforderlich, um 0,042 kg Zink pro 1 qm (gleich einer Dicke von 0,008 mm) durch die atmosphärischen Einflüsse abzunutzen.

Das Zink geht oberflächlich mit dem Eisen eine unvollkommene Legirung ein, welche selbst dann noch schützt, wenn der Zinküberzug brüchig und abblättern geworden ist, was öfter besonders an gebogenen Blechen vorkommt. Am häufigsten wird Blech und Draht (vergl. Art. 191 und 196, S. 199 und S. 201) verzinkt; jedoch werden heute auch größere Constructionstheile bis 5 m Länge und 3 m Breite und darüber in Zinkbade überzogen.

Hinsichtlich der erforderlichen Dicke des Zinküberzuges gehen die Meinungen noch aus einander. Nach den Erfahrungen der Fabriken soll er 0,07 bis 0,12 mm dick sein; nach den in Berlin erzielten Resultaten soll sich eine Verzinkung, die 0,6 bis 0,7 kg pro 1 qm wiegt, bewähren. *Gerber* ist für dünne, die meisten Constructeure jedoch für dicken Ueberzug; letzterer führt bei Biegungen leicht Gefahren herbei <sup>126</sup>).

Das Verzinnen, hauptsächlich bei dünnen Blechen zur Herstellung von Weißblech (vergl. Art. 190, S. 199) im Gebrauch, wird in ähnlicher Weise vorgenommen, wie das Verzinken, erfordert aber viel größere Sorgfalt und schützt erfahrungsmäßig viel weniger sicher als das Zink, weil es in sehr dünner, zu Unterbrechungen geneigter Schicht nur mechanisch adhärirt und begonnenes Rosten durch galvanische Wirkung auch unter dem Ueberzuge rasch fortpflanzt.

Das Verbleien wird entweder durch Aufgießen des geschmolzenen Metalles auf das gereinigte und erhitzte Eisen oder durch Eintauchen des Eisens in ein Bleibad vorgenommen und schützt wirksam gegen Schwefelsäure- und Salzsäuredämpfe, geht jedoch keine so feste Verbindung mit dem Eisen ein, wie das Zink, und wird auch schon des höheren Preises wegen weniger als dieses angewendet.

Das Verkupfern, das Vernickeln und das Bronzieren <sup>127</sup>) geschieht meistens auf

<sup>124</sup>) Schutz des Eisens gegen Rost durch Magnetisiren. Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880, S. 239. Maschinenb. 1880, S. 407.

<sup>125</sup>) Siehe:

Hartmann, F. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verstählen und das Ueberziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. Wien 1881.

Zum Ueberziehen von Eisen mit Metallen. Wieck's ill. Gwbztg. 1881, S. 190.

Verfahren zum Ueberziehen eiserner Bolzen, Stangen, Bleche, Nägel u. f. w. mit Metalllegirungen, um das Rosten oder die Oxydation derselben zu verhindern. Polyt. Journ. Bd. 145, S. 446. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1858, S. 56.

<sup>126</sup>) Ueber das Verfahren beim Verzinken des Eisens siehe: Schumacher, die Verzinkung des Eisens. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 351.

Vergl. ferner: Simony, R. Die Verzinkung des Eisens. Deutsche Bauz. 1875, S. 2.

Erfahrungen in Betreff verzinkten Eisens für Bauzwecke. Deutsche Bauz. 1881, S. 417.

<sup>127</sup>) Kräftt. *Nouveau mode de préservation du fer. (Bronzage à la vapeur et bronzage à l'air)*. Annales des ponts et chaussées 1878—II, S. 370.

Das Ueberziehen der Metalle auf galvanischem Wege. Maschinenb. 1882, S. 188.

galvanischem Wege, wobei besonders darauf zu achten ist, daß die galvanisch auf das Eisen niedergefallene Metallschicht einen genügend dicken, vollkommen deckenden Ueberzug bildet. *Fleitmann*<sup>128)</sup> stellt neuestens nickelplattirte Eisenbleche und -Drähte her, nachdem es ihm gelungen ist, Nickel durch einen geringen Zusatz von Magnesium schweißbar und mit Eisen legirbar zu machen. Dadurch wird das galvanische Verwickeln vortheilhaft ersetzt<sup>129)</sup>.

Email wird besonders für Abort- und Wasserleitungsgegenstände, so wie für Geschirre etc. verwendet, und besteht aus einer leichtflüßigen Bor- oder Zinn- oder Glasur, welche entweder auf die blank gebeizten Eisengegenstände oder direct auf den Gußkern aufgetragen wird. Besonders empfohlen werden die Glasuren von *Paris*<sup>130)</sup> und von *Pleischel*.

Ein gutes Email soll rasche Temperaturveränderungen ertragen, ohne Haarrisse zu bekommen. Man erhitzt daher Gegenstände, deren Glasur geprüft werden soll, bis zur Siedetemperatur des Wassers und bringt sie dann unmittelbar mit kaltem Wasser in Berührung. Sie dürfen auch nach oftmaliger Wiederholung dieser Procedur keine Sprünge oder Abblätterungen zeigen<sup>131)</sup>.

Die Anstriche, welche auf die Eisentheile behufs ihrer Conservirung aufgetragen werden, sind sowohl, was ihre Zusammensetzung, als auch ihre Anwendbarkeit anbelangt, sehr verschieden.

Oelfirniffe werden am besten auf bis zur Bleischmelz-Temperatur erhitztes Eisen aufgetragen; sie dienen als Grund für diverse Oelfarben. Am meisten wird jedoch direct und kalt eine Oelfarbe aus Leinölfirniff mit Blei- oder Eisenoxyd verwendet. Bleimennige ist das bewährteste Mittel; von Eisenoxyd sind nicht alle Sorten empfehlenswerth. *Caput mortuum* und Berliner-Braunroth taugen nichts, weil sie meist schwefelsäurehaltig sind; Eisenmennige und Königsroth eignen sich gut, wenn sie nicht durch zu großen Thongehalt hygroskopisch sind.

Als Deckfarben über diese Grundanstriche werden Bleiweiß oder Zinkweiß, neuestens auch mit gutem Erfolge Lithopone (eine Zinkfulsulfidfarbe) verwendet. Es scheint, daß die Humificirung und damit das Aufhören der schützenden Wirkung durch solche Beimengungen zum Leinölfirniff, welche chemische Verbindungen damit eingehen, befördert wird; daher müssen alle diese Anstriche von Zeit zu Zeit erneuert werden, obwohl sie fester haften, als die mit chemisch passiven Stoffen gemischten Oelfirniffe, welche dafür wetterbeständiger sind. Deshalb werden Bergkreide, Graphit, Zinkstaub etc. als wetterfester Zusatz zu Leinölfirniff gebraucht.

Die Platinanstrichmasse von *Plug*<sup>132)</sup>, die magnetische Eisenfarbe von *Pulford*<sup>133)</sup> etc. sind derlei oft über Gebühr ausposaunte Anstriche. Auch Spiritus-Firniffe, wie die *Rahtjen'sche* Patent-Composition Nr. I<sup>134)</sup> werden empfohlen. Dahin gehören auch die von *Donau*<sup>135)</sup> angegebenen Conservirungsmittel aus Aetzatronlösung und Wachs, so wie Schwefel in Terpentin gelöst und heiß aufgetragen.

Aehnlich verhalten sich die Harz- und Metallseifen-Anstriche; sie haften, wenn sehr dünn aufgetragen, besser als Oelanstriche, geben aber mit Wasser aufquellende und daher nicht mehr schützende Emulsionen, daher sie im Wasser selbst nichts taugen.

Zu letzterem Zwecke eignen sich besser die bituminösen Anstriche aus Theer mit Kalkstaub, aus Goudron, aus Asphalt, welche aber auf heißes Metall aufgetragen werden müssen; ferner der Marineleim und besonders das von der deutschen Armeeverwaltung als ausschließliches Rostschutzmittel eingeführte Kautschuk-Oel von *Dr. Beckers*<sup>136)</sup>.

211.  
Emalliren.

212.  
Schutz-  
anstriche.

<sup>128)</sup> Neueste Erfindungen und Erfahrungen. 1881. VIII, S. 503.

<sup>129)</sup> Näheres über diejenigen Verfahrungsweisen, die hauptsächlich für Decorirungszwecke angewendet werden, siehe: Dürre, E. F. Die Herstellung äußerer Ueberzüge auf Gußeisen zum Schutz gegen Oxydation und Verzierung. Deutsche Ind.-Ztg. 1877, S. 5.

<sup>130)</sup> Siehe: *Gaz. des arch. et du bât.* 1881, S. 34.

<sup>131)</sup> Vergl. auch: Randau, P. Die Fabrikation der Emaille und das Emalliren. Wien 1880.

Ueber das Emalliren von Metallen. *Polyt. Journ.* Bd. 237, S. 302.

<sup>132)</sup> Siehe hierüber: *Deutsche Bauz.* 1874, S. 254; 1876, S. 449; 1877, S. 257 u. 267.

<sup>133)</sup> Siehe hierüber: *Deutsche Bauz.* 1877, S. 473.

<sup>134)</sup> Siehe hierüber: *Deutsche Bauz.* 1879, S. 533; 1880, S. 22.

<sup>135)</sup> Siehe hierüber: *Gaz. des arch. et du bât.* 1881, S. 34.

<sup>136)</sup> Siehe hierüber: *Neueste Erfindungen und Erfahrungen* 1881. XIII, S. 631.

Cement-Anstriche, aus feinst gepulvertem, langsam bindendem Portland-Cement, entweder mit Wasser oder besser mit entrahmter Milch angerührt, haben sich sehr gut bewährt; sie haften gut, schützen bei gehöriger Dicke sicher und dauerhaft, aber springen bei heftigen Erschütterungen ihrer zunehmenden Sprödigkeit halber später leicht ab. Die Niagara-Brücke ist mit Cement vortrefflich conservirt, und die Schiffsböden werden bereits seit längerer Zeit allgemein damit bekleidet<sup>137)</sup>.

Wasserglas theilt die Sprödigkeit des Cementes, schützt aber sonst gut. Neuestens werden fog. Silicat-Anstriche, d. i. Wasserglas-Compositionen wieder lebhaft empfohlen.

Die Literatur über »Conservirung von Eisen und Stahl« ist in den Fußnoten 121 bis 137, S. 205 bis 208 angegeben.

## 2. Abschnitt.

### Materialien des Ausbaues.

VON HANS HAUENSCHILD.

#### 1. Kapitel.

#### Zink und Blei.

##### a) Zink.

Das Zink ist in seiner Verwendung als hervorragendes Ausbau-Material ein Kind der Neuzeit. Obwohl es als Legirung schon von den Alten angewendet worden ist, so wurde es als Metall erst im 16. Jahrhundert erkannt, und die Verwendung desselben in der Baukunst datirt erst aus den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts. Zwar hatten *Silvester* und *Hopson* schon 1805 in Sheffield die Bedingungen der Dehnbarkeit desselben erkannt und die Fabrikation von Zinkblech, so wie das Ziehen und Treiben von Zink begonnen; aber praktische Bedeutung in der Baukunst erlangte dieses Metall erst, als *Schinkel* und *Beuth* Anfangs der dreißiger Jahre die von *Moriz Geiss* in Berlin eingeführte Verbesserung des Zinkgusses in ihrer vollen Bedeutung würdigten; von da ab eroberte sich das Zink rasch eine außerordentlich mannigfaltige Verwendung. Im Ornamenten- und Figurenguss, als Deckmaterial und fogar als Surrogat für Stein ist es an vielen Orten in der Architektur unentbehrlich geworden. Seine Formbarkeit, Dauerhaftigkeit und Leichtigkeit, verbunden mit mäßigen Anschaffungspreisen sicherte dem Materiale den großen Erfolg.

Aber nicht bloß der von *Geiss* eingeführte Zinkguss, sondern auch die anderen Bearbeitungsweisen des Zinks, namentlich die Verwendung des Zinkbleches, das

<sup>137)</sup> Siehe hierüber:

Klaffen, L. Schutz des Eisens gegen Rost bei Hochbau-Constructionen. Deutsche Bauz. 1879, S. 365.  
Cement-Ueberzug von Eisen zum Schutz gegen Rostbildung. Deutsche Bauz. 1879, S. 375.  
*Iron in Portlandcement. Building news*, Vol. 39, S. 317.

<sup>213.</sup>  
Zink  
als Baustoff.