

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 gleichmäÙig 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 Krytalle 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 gesetzmäßigen 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 groß- 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 halbglassige 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, besonders 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 krystallinen 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 altert 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 Befiegbbarkeit 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. Ähnliches 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 maffige Silicat-Gesteine 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, maffig 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 Bruchsteine⁵⁾; 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 Schichtsteine⁶⁾ 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^{cm} Länge und 30^{cm} Höhe bei 30 bis 60^{cm} Breite erhalten. Gewöhnliche Bruchsteine und Schichtsteine haben selten mehr als 25^{cm} 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 gesteckt⁷⁾. 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.

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

⁶⁾ 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.

⁷⁾ Im Alterthume liebte man die Verwendung grosser Werkstücke; die Aegypter verwendeten solche von 500^{cbm} Rauminhalt. Der aus der Neuzeit bekannte grösste Block ist der zum Piedestal der Statue *Peters d. Gr.* in St. Petersburg benutzte, welcher ca. 850^{cbm} 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>Glossary of Architecture</i>
Montereau	220	107	48—50	
Solins	220	107	48—50	<i>Demant</i>
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>Deutsche Töpf.- u. Ziegl.-Ztg.</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 ⁸⁾	320—340	160—162	60—67	
Deutschland — Normal-Backsteinformat (in Preußen für Staatsbauten vorgeschrieben)	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 folgenden⁹⁾.

1) Ursprüngliche Bildungen.

Maffige Silicat-Gesteine.

12.
Maffige
Silicat-
Gesteine.

Granit. Vornehmstes Material der Monumental-Architektur. Als Säule, Piedestal, Treppenstufen, Wandverkleidung, Wafferrinnen, Brunenschalen, 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,

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

⁹⁾ 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, feinfkörnige, dichte Augit-Gesteine. Größte Zähigkeit und Tragfähigkeit, schwerfte Formbarkeit aller Gesteine, nur nach zufälligen, fäulenförmig polyedrischen Abfonderungen. Als höchst dauerhafte Straßenzwüfel, Thürgewände, 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 franzöfischer 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 urfprüngliche Bildung, aber technisch untrennbar sich hier anschließend). Das wichtigste Dachdeckungsmaterial, befchäftigt nach *Callot* jährlich in Europa über 20000 Menschen¹⁰⁾. Nordwales und zwar Port Madoc, Fefiniog, Port Penrhyn, Carnarvon, Bangor, Llanberris¹¹⁾, Thüringen bei Leheften und Schwarzburg, am Rhein bei Oberwefel und Andernach, am Taunus bei Weilenmünfter und Steinmünfter, an der Ruhr bei Siegen und Nutlar, in Mähren bei Dorftefchen, Dürftenhof und Wald-Olbendorf. (Prüfung auf die Güte des Dachfchiefers fiehe unter e: Prüfung der Baufteine.)

2) Carbonat-Gefteine.

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

Statuen-Marmor; aufer den antiken, kunftgefchichtlich intereffanten 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 ift 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 herab¹²⁾.

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 Perfien ift 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. *Mifchio 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 gefchätzt¹³⁾.

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, schönfter tief-fchwarzer, Portor von Porto venere fchwarzgelb, *Noir français*, *Noir belge* von Namur, Golzines, Theux, St. Anne; Köflach und Salla in Steiermark, Krzewowice in Galizien. Die fchwarzen Marmore werden im Freien in kurzer Zeit blind.

γ) Gelb-braune. *Serancolin* von Bigone, edelfter franzöfischer 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 ift ungemein grofs. *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. *Roffo 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 find und hauptfächlich als Hau- und Bruchfteine dienen, find am bekanntesten: der Rüdersdorfer Mufchelkalk, Solenhofener Lithographieftein, Portlandftein Englands. Je nach der Zunahme der Porofität gehen viele dichte, befonders jüngere Steine in einem Bruch in poröfe über, fo dafs z. B. im Wiener-Becken und Parifer-Becken blofs eine Theilung nach der Porofität und Festigkeit in harte, halbharte und weiche Steine existirt.

¹⁰⁾ Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 136.

¹¹⁾ Wolf, H. Die Steinwaaren. Wien 1876.

¹²⁾ Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 136 ff.

¹³⁾ Das Lob, das wir a. a. O. bei dieser Gruppe dem Medolino- und Caftillieri-Kalke bei Pola gezollt, müffen wir nach neuerer eigener Erfahrung sehr reftingiren; fie nehmen bei uns in kürzester Zeit Staubkrusten und Vegetation an. — Der Belvoje-Marmor wird in unferem 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 Städte¹⁴⁾. 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.

¹⁴⁾ 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) Ordinaire 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^{mm}, die Breite 125^{mm}, die Dicke 70^{mm}, um auf diese Weise die Verblendung mit engeren, nur 5^{mm} 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 schlechtweg, 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. *Borje* 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 überwunden¹⁵⁾.

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.

¹⁵⁾ 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);

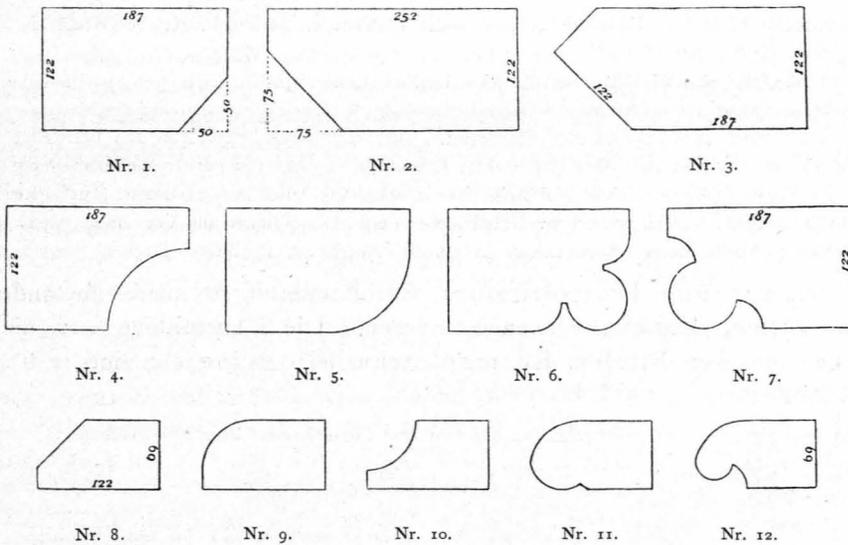
No. 2: Grosser Schmiegestein, 252 mm lang (Schmiege 110 mm lang);

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;

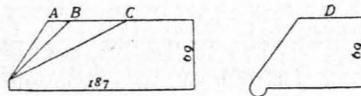
No. 8 bis 12: Einfache Gefimssteine, 252 zu 122 zu 69 mm gross, das Profil an der langen Seite.

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 gefunden¹⁶⁾.

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 Baustücke; dieselben werden nur sehr selten massiv hergestellt; meist sind sie hohl (siehe: γ . 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 abgest, 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 abgest.

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

Straßen-Pflastersteine, leichte und schwere, 10 bis 15 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, abgest, 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-

^{20.}
Dachsteine.

¹⁶⁾ 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 aufsen 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 Brande¹⁷⁾.

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).

¹⁷⁾ 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 Gattungsscharaktere 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 ist¹⁸⁾. Andererseits kann sogar aus derselben Schicht je nach der Nähe der Verwitterungszone oder eines Hauptspaltes halberzetztes 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.

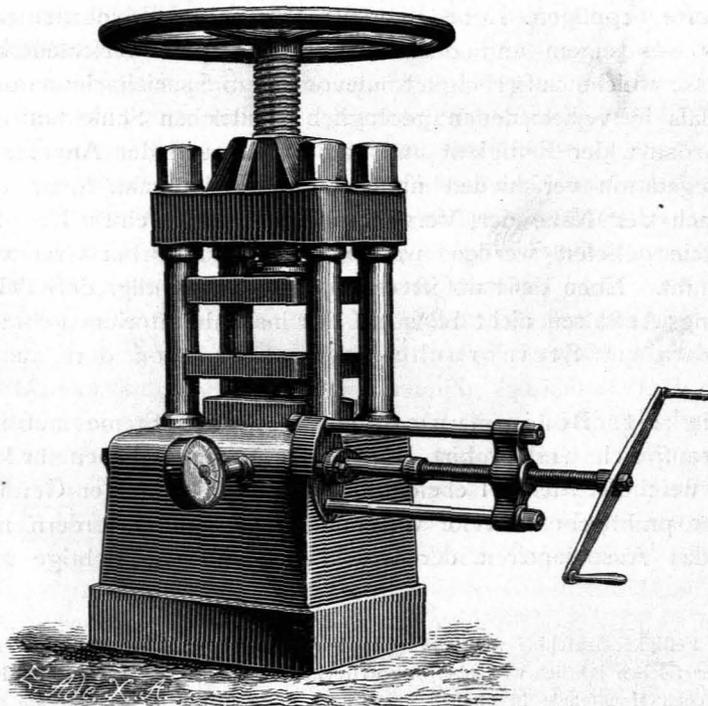
Zur Bestimmung von Festigkeiten größerer Querschnitte werden jetzt fast allgemein hydraulische Pressen benutzt. Sie gestatten rasche und bequeme Arbeiten mittels Ablefung des Druckes an einem *Bourdon'schen* Manometer, welches aber nicht im Wasserkasten, sondern in einem eigenen hydraulischen Cylinder,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

¹⁸⁾ 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 Preises¹⁹⁾ 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 verbreitet²⁰⁾.

¹⁹⁾ 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.

²⁰⁾ 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 Hartgufs, 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 Zerstörung, 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, Glimmerchiefer 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 Vorzicht 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 Voricht 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 β 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 λ und ν 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
Plötzkyer Kohlen-Sandstein	—	670
Weiberner Bimsstein-Tuff .	1500	138
Römischer Peperino . . .	—	58
Ungarischer Palla-Tuff . .	1560	210
Kilogramm		

Die Zugfestigkeit fand *Bauschinger* für Buntfandstein 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 Veruche bei der Ifar-Brücke zu Githorn vor, die für Sandstein 43 bis 114, im Mittel 61 kg pro 1 qcm ergaben. Veruche 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 ²¹⁾.

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.
Pfefer Strafsenklinker (Wienerberger-Ge- sellschaft)	3704 Kilogr.		

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

²¹⁾ 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 Probirstücke 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.

27.
Prüfung
der Dauer-
haftigkeit.

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 ²²⁾ 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 ²³⁾.

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* ²⁴⁾, 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

²²⁾ Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876. S. 42.

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

²⁴⁾ 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 beendigter 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

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

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.

γ	$C = \left(1 - \frac{\gamma}{2600} \right) 100$	$C' = \frac{100000}{\gamma} \left(1 - \frac{\gamma}{2600} \right)$
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.

Thatsächlich bewegen sich auch die Volumgewichte, mit Ausnahme der ersten Columne, 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 gebildet²⁵⁾.

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.

²⁵⁾ 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 Absicht 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 Schneidbahn 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 stehen gebliebene Theil heißt in manchen Gegenden fälschlich Bosten oder Posten. Im Durchschnitt ist der Schlag ca. 3^{cm} 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 Schneidbahn) 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 gröberen Nummern dieser Stockhämmer weiter aus einander stehen, als bei den feineren. Die Flächen bekommen durch das Abarbeiten mit den Stockhämmern, und zwar von den gröberen 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 Schneidbahnen 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 gröberen Stockhammers, bezw. Krönels den Flachhammer mit längsgestellter Schneidbahn, 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 Schneidbahn, als diejenige des Flachhammers für härtere Steine. Aehnliche Eigenthümlichkeiten wie die Fläche zeigt die Picke oder Bille mit quergestellter Schneidbahn, 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 abgesprengt; 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 ²⁶⁾.

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.

²⁶⁾ 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-Kieflerde, 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 geregelter Wasserrzufuhr 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 ²⁷⁾.

Die Politur widersteht nur auf den härtesten Steinen dem Einflusse der Witterung; 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, Vergoldung 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* ²⁸⁾, weifsem Stein einen beliebigen Farbenton von Gelb zu geben, welche vom Verein zur Beförderung des Gewerbetreibenden in Preussen prämiirt wurde. Danach wird eine neutrale Eisenchlorid-Lösung zur Trockene verdampft und in hochgrädigem Alkohol gelöst auf die gleichmäfsig erwärmte Fläche aufgetragen. Nach *Fioraventi* ²⁹⁾ 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 Gummitgut, 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

²⁷⁾ Vergl. des Verfassers: Untersuchungen von Schleifsteinen, Schleif- und Polirmitteln. Mitth. des technol. Gewerbemuseums zu Wien 1880, Nr. 1, 2, 3. Ferner: Weber, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künstliche Verzieren des Marmors. Weimar 1864.

²⁸⁾ Deutsche Industrieztg. 1870, S. 496.

²⁹⁾ 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 porenlosem, 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 weggewaschen³⁰⁾.

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-Lösung³¹⁾.

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 Geheimniskrämerei 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;

³⁰⁾ Polyt. Centralbl. 1869, S. 3 u. 49.

³¹⁾ 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 ³²⁾ 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 ³³⁾ 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) eingepannt 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

³²⁾ *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.«

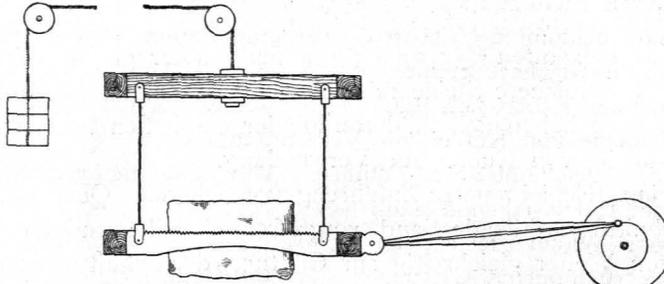
³³⁾ Bei einer älteren von *Pfister* construirten Sägemaschine ist allerdings ein Verticalgatter angewendet worden. Die Schneideblätter sind mit eingefetzten um Nietbolzen drehbaren Zähnen versehen, die beim Niedergange zum Schnitte steif aufstehen, beim Aufgange aber nachgeben, indem sie ein wenig nach 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 herzustellen. Die Zahl der Oscillationen hängt von der Beschaffenheit des Steines und Schnittfandes, so 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.

Steinfäge³⁷⁾.

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 Constructionen³⁴⁾ abieht, zu erwähnen: die Maschine von *Darby* in Deptford³⁵⁾, welche in 10 Stunden 9 bis 10 qm Fläche in hartem Stein schneidet, ferner jene von *Pfaff*³⁶⁾, welche das Schneiden von Platten

schwächster Dimension ermöglicht; endlich eine in Australien viel gebrauchte Maschine englischen Ursprungs³⁸⁾, 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.

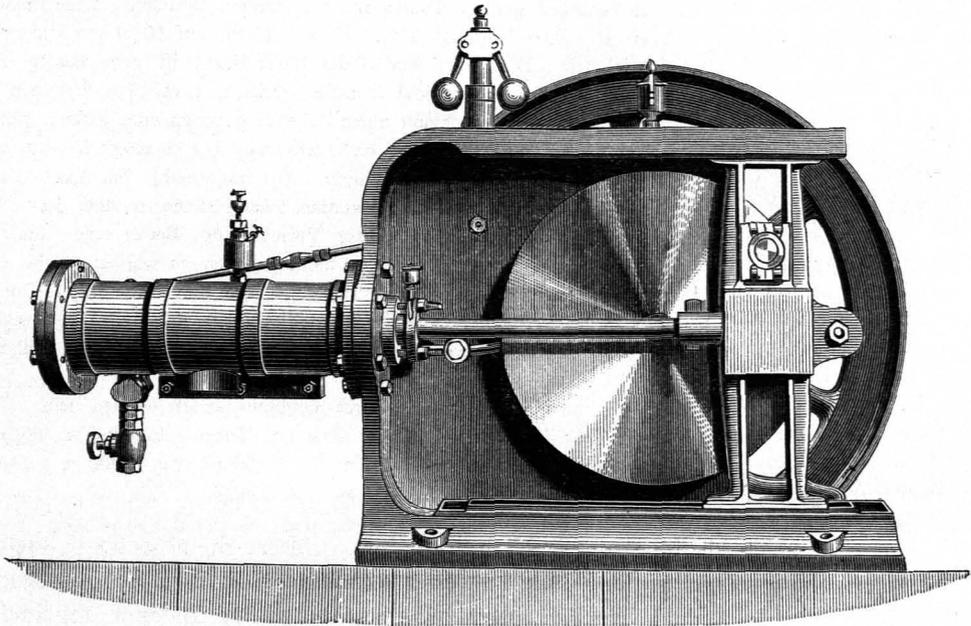
36) Prakt. Masch.-Const. 1879, S. 399.

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

38) Maschinenbauer 1872, S. 50.

Hierher gehört die von *Beverley* und *Atkins*³⁹⁾ 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*³⁹⁾.

Weiters sei der Steinschneidemaschine von *Hunter*⁴⁰⁾ 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*⁴¹⁾ 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.

³⁹⁾ Engng. Vol. 25, S. 515.

⁴⁰⁾ Engineer. Vol. 32, S. 37. Maschinenbauer 1871, S. 253.

⁴¹⁾ Maschinenbauer 1874, S. 229.

Die hierher gehörige Sägemaschine von *Emerson*⁴²⁾ 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 denselben⁴³⁾.

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.

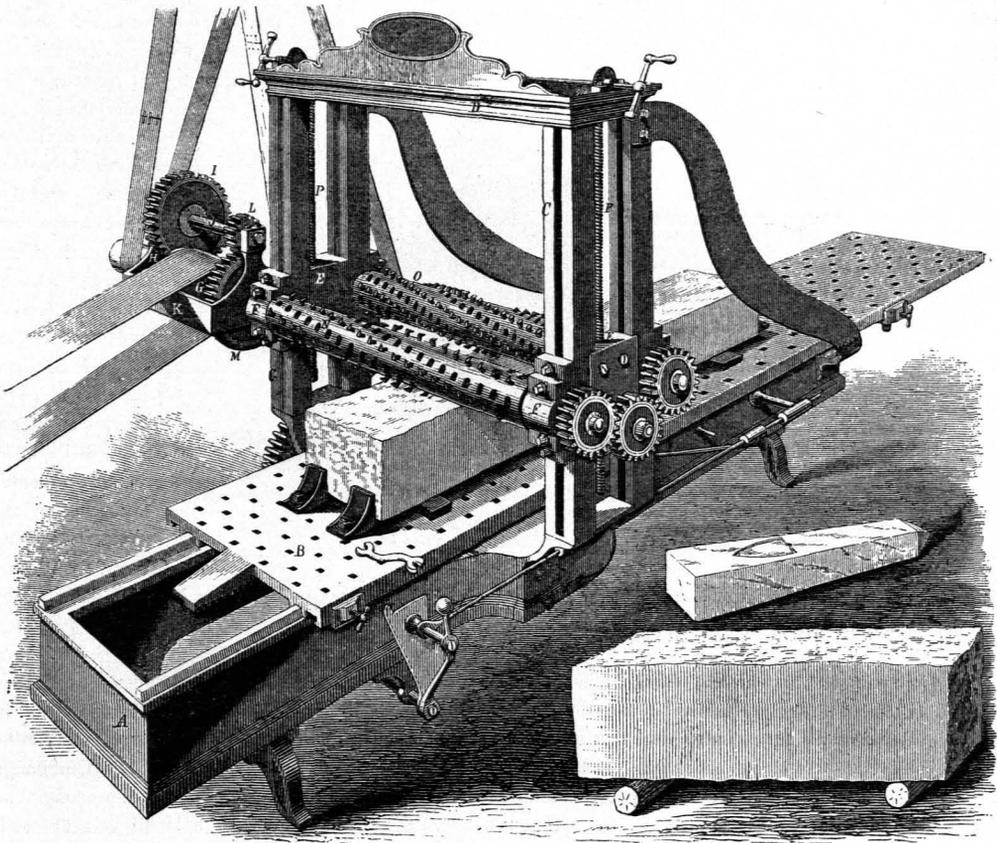
a) Zur ersten Classe zählt der *Mastodon stone dresser* von *Anderson*⁴⁴⁾. Es ist dies eine nach dem Princip der Holz-Fräsmaschinen arbeitende Construction. Fig. 6 zeigt die Ansicht derselben. Auf einem Bett *A* bewegt sich der Tisch *B* durch Zahnstangen-Antrieb, wie bei einer Metallbearbeitungs-Maschine, 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 Anderson⁴⁴⁾.

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*⁴⁵⁾ in Mold eingerichtet, eben so die von *Stacy*⁴⁶⁾ 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 Stöße arbeiten, nahe verwandt.

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

Fig. 7.

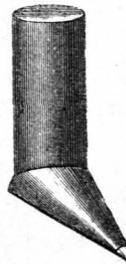
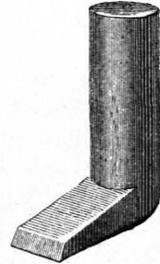


Fig. 8.



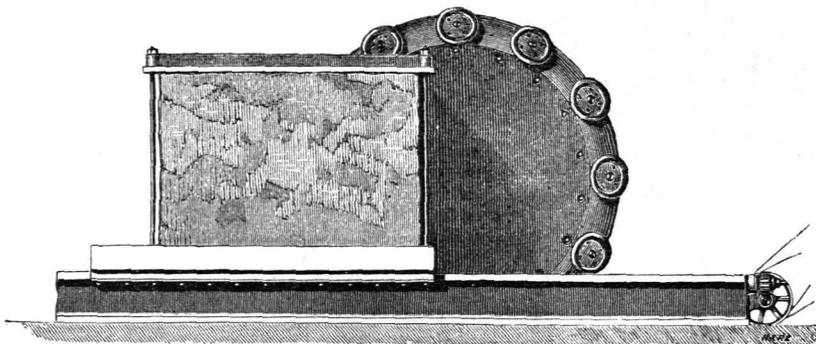
⁴⁵⁾ Iron, Vol. 3, S. 552.

⁴⁶⁾ Maschinenbauer 1874, S. 195.

⁴⁷⁾ 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 Trier⁴⁷⁾.

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 Themfe-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 Holmes⁴⁸⁾ 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 Maschine⁴⁹⁾ 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 Lloyd⁵⁰⁾.

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-

48) Engng. Vol. 6, S. 489. Maschinenbauer 1869, S. 146.

49) Scientif. Americ. Vol. 40, S. 291. Maschinenbauer 1879, S. 291.

50) 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*⁵¹⁾ 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*⁵²⁾

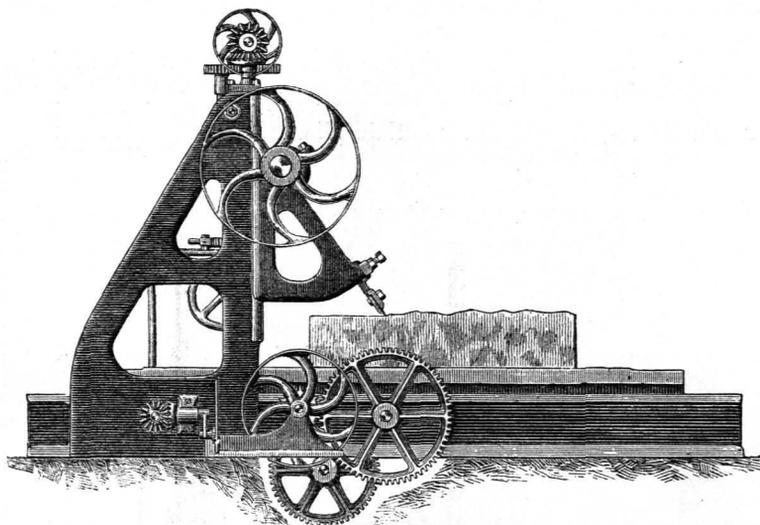
in Rochdale gebaut, dient zur Herstellung von ebenen, aber geradlinig profilirten Flächen. Die nach der Gestalt der herzustellenden Arbeitsflächen geformten Meißel sind aus dünnen Stahlplatten gefertigt; von den zwei Meißelreihen dient die eine zum Vorarbeiten, die zweite für die Vollendungsarbeit. Während 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.*⁵³⁾ 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*⁵⁴⁾ 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*⁵⁵⁾ 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*⁵¹⁾.

⁵¹⁾ Iron, Vol. 14, S. 549.

⁵²⁾ Engng. Vol. 28, S. 300. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 102.

⁵³⁾ Polyt. Journ., Bd. 230, S. 304.

⁵⁴⁾ Engineer, Vol. 25, S. 114.

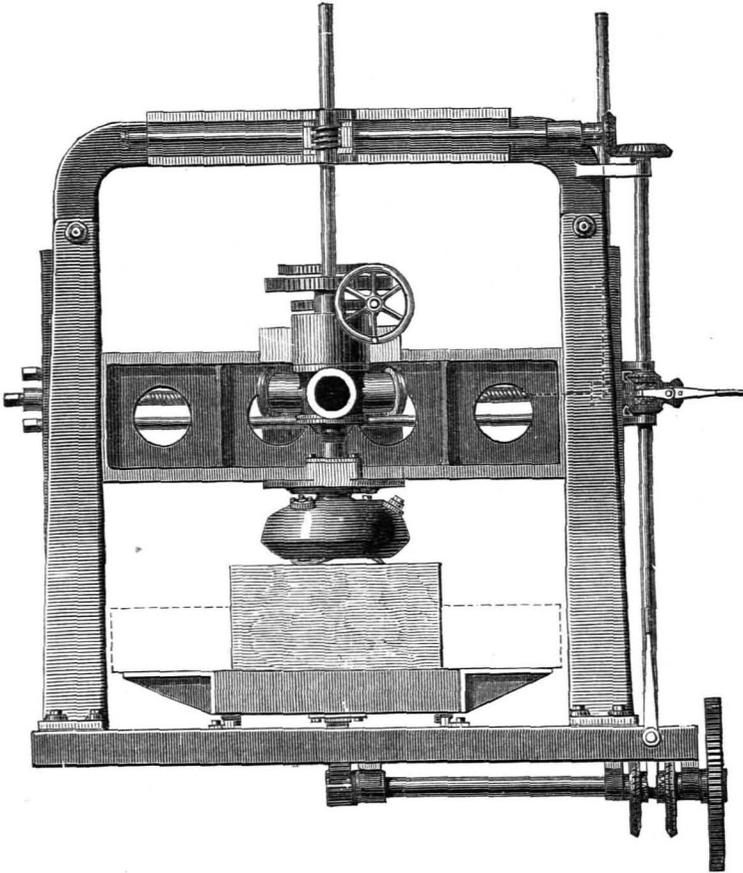
⁵⁵⁾ Engng. Vol. 23, S. 247. Revue industr. 1877, S. 209. Polyt. Journ. Bd. 225, S. 133. Prakt. Masch.-Conf. 1877, S. 257. Maschinenbauer 1877, S. 323.

Hierher gehört ferner die Maschine von *Holmes* und *Payton*⁵⁶⁾, 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-Kernbohrmaschinen⁵⁸⁾ construirt, womit

Fig. 11.



Steinbearbeitungs-Maschine von *Brunton* und *Trier*⁵⁷⁾.

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 Maschine⁵⁹⁾ rohe Granitblöcke zu allen möglichen Bautheilen, wie Platten, Schwellen, Stufen, Plinthen, Säulen, Mauer- und Gewölbquadern, Gefimfen etc.,

⁵⁶⁾ Maschinenbauer 1874, S. 89.

⁵⁷⁾ Engg. Vol. 23, S. 247.

⁵⁸⁾ 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.

⁵⁹⁾ 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*⁶⁰⁾ 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 Arbeit⁶¹⁾.

Die Conservirung von Bausteinen ist wohl nur in Ausnahmefällen nothwendig. Derartige Fälle treten aber ein, wenn bei wichtigen, namentlich monumentalen Bauten die Steine Zerstörungserrscheinungen zeigen, welche entweder ästhetisch oder gar constructiv gefährdend wirken. Weit aus 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 Schicksal 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 Conservierungsmittel ohne Nutzen wären. Im Gegentheil, richtig und rechtzeitig angewendet, können sie einen Stein vollkommen und dauernd gegen die zerstörenden Einflüsse der Atmosphären schützen⁶²⁾.

⁶⁰⁾ Builder 1874, S. 29.

⁶¹⁾ 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:

Amtlicher 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.

⁶²⁾ 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 Atmosphärenteilchen 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