

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

e) Prüfung und Festigkeit der Bausteine.

Die Prüfung der Steine soll sich auf die Constatirung der Qualität aller für einen bestimmten Zweck maßgebenden Eigenschaften erstrecken und besonders in wichtigen Fällen sich keineswegs mit der Feststellung der Gattungscharaktere und mit einem Schlusse daraus auf die aus der Literatur vorliegenden Resultate für diese Gesteinsorte begnügen. Denn einerseits ist es jedem Steinbruchtechniker wohlbekannt, daß aus einem und demselben Bruche sehr verschiedenartige Steine stammen können, welche äußerlich oft nur von einem Specialfachmann unterschieden werden, und daß in verschiedenen geologisch identischen Schichten der Grad der Porosität und damit der Festigkeit und namentlich auch der Annahme von Staub- und Flechtenvegetation verschieden ist¹⁸⁾. Andererseits kann sogar aus derselben Schicht je nach der Nähe der Verwitterungszone oder eines Hauptspaltes halberfetztes Gestein geliefert werden, was besonders häufig bei Graniten und Sandsteinen vorkommt. Eben deshalb ist es doppelt nothwendig, daß sich die Thätigkeit der Prüfungs-Anstalten nicht bloß auf das ins Laboratorium gebrachte Material erstreckt, sondern im Steinbruche beginnt und von dort aus sichtet und controlirt.

22.
Prüfung
der
Steine.

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

23.
Festigkeits-
Bestimmung.

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

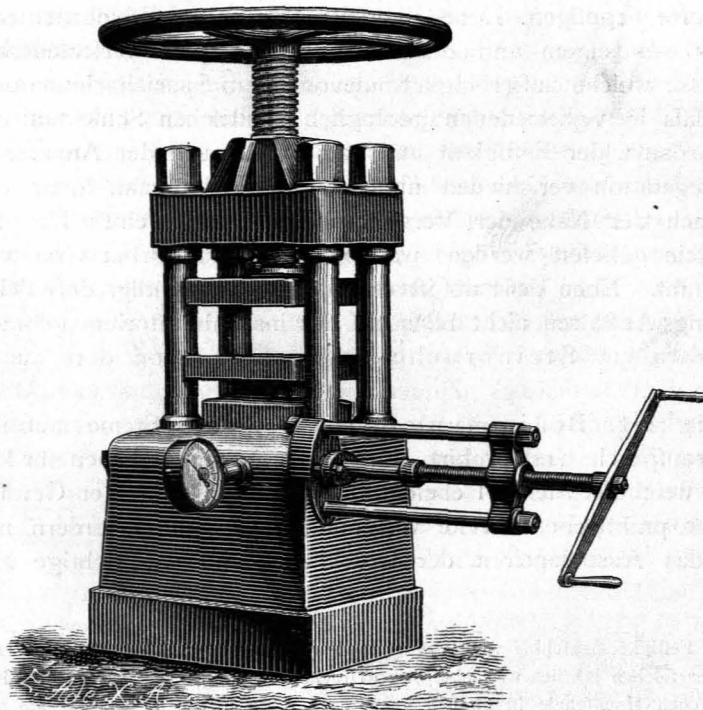
Zur Bestimmung von Festigkeiten größerer Querschnitte werden jetzt fast allgemein hydraulische Pressen benutzt. Sie gestatten rasche und bequeme Arbeiten mittels Ablefung des Druckes an einem *Bourdon'schen* Manometer, welches aber nicht im Wasserkasten, sondern in einem eigenen hydraulischen Cylinder,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

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 ersehen 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 Buntsandsteinen 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-Buntsandsteine.

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 Bunt-
sandstein zu 16, Dolomit 17, Granit 29, Grauwacke 14,
Keuper-Sandstein 4 und Mufchelkalk 27 kg pro 1 qcm.

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

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

In der nächsten Tabelle geben wir eine Reihe von Druckfestigkeits-Bestimmungen
einerseits von Backsteinen norddeutscher Provenienz, welche die Königl. Prüfungsanstalt
für Bausteine in Berlin durch *Böhme* ausgeführt hat, und zwar Durchschnittswerthe
aus den beiden letzt erschienenen Publicationen; andererseits Prüfungen von Backsteinen
der Wienerberger-Gesellschaft, durch *Bauschinger* in München vorgenommen 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.
Pefter Strafsenklinker (Wienerberger-Ge- sellschaft)	3704		
	Kilogr.		

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

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 Probirstife her, deren Scala sehr genau an einem Normal-Schleiffstein festgestellt werden kann, und läßt sie von dem härtesten angefangen mittels der *Vicat'schen* Vorrichtung auf das Probestück wirken. Oder man benutzt die Methode von *Rondelet*, welche Verfasser noch für die beste hält, indem man einen Normal-Schleiffstein bis zu einer bestimmten Abnutzungstiefe darauf wirken läßt. Diese Methode ist jetzt in verbesserter Form zur Prüfung der Abnutzung von Pflastersteinen durch *Michelot* in Paris eingeführt, und auch *Siebeneicher* in Berlin hat danach seine Versuche ausgeführt. Die Commune Wien richtet jetzt gleichfalls eine solche Pflasterstein-Prüfung ein. *Bauschinger* arbeitet ähnlich, indem er horizontale rotirende Stahlplatten unter Schmirgelzufluß rotiren läßt und darauf unter constanter Belastung den Normalstein mit dem zu prüfenden zugleich abschleift.

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

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

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

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

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

Es ist die unter Ausdehnung erfolgende Krytallisationskraft 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 Krytallisation 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.

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

29.
Elasticität
und
Ausdehnung.

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

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

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