

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294702

xxx
292

Ym.

5219²

Mittheilungen

der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien
am eidg. Polytechnikum in Zürich.

1. Heft:

Methoden und Resultate der Prüfung natürlicher
und künstlicher Bausteine.

Bearbeitet von

L. Tetmajer

*Ingenieur, Professor der Bauschule, Vorstand der Anstalt zur Prüfung
von Baumaterialien am eidg. Polytechnikum etc.*

Je Nr. 18175.



ZÜRICH.

Commissionsverlag von MEYER & ZELLER.

1884.

VIII 2

xxx
292/2



II - 251664



II ~~5212~~ 2

Inhaltsverzeichnis.

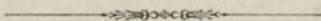
	Seite
Vorwort	3
1. Untersuchung der Qualität und der Festigkeitseigenschaften der Erzeugnisse der Eisenwerke de Wendel & Comp.	41
Fabrikationsverhältnisse	13
Das Versuchsmaterial	14
Entnahme und Zurichtung der Probekörper	23
Ausführung der Untersuchung:	
a. Die Zerreißprobe	30
b. » Kaltbruchprobe	36
c. » Rothbruchprobe	37
d. » Schmiedprobe	38
e. » Stauchprobe	39
f. » Schweissprobe	39
g. » Härteprobe	43
h. » Lochungsproben	47
i. » Druck- und Knickungsproben	50
Bestimmung des Elasticitätscoefficienten auf Druck	58
Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit	60
Vergl. Zusammenstellung der Resultate einiger Druckproben	81
k. Die Biegungsproben an ganzen Gebrauchsstücken	82
l. » Schlagprobe	95
m. » chemische Analyse	103
Resultate der Prüfung der Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse der Erzeugnisse der Eisenwerke der HH. de Wendel & Comp. in Hayange:	
I. Rundeseisen	105
II. Stabeisen	113
III. Universaleisen	129

	Seite
IV. Formeisen	135
Resultate der Knickungsproben	144
Resultate der Knickungsproben mit Burbacher Formeisen	158
Resultate der Knickungsproben mit Formeisen v. Kaisers-	
lautern	164
General-Zusammenstellung d. Resultate d. Knickungsproben	166
Resultate d. excentrischen Druckproben mit Wendel-Eisen	171
Resultate der excentrischen Druckproben mit Rundeisen v.	
Gerlafingen	174
Resultate der excentrischen Druckproben mit Formeisen v.	
Kaiserslautern	176
Resultate der Prüfung von T -Eisen	181
Resultate der Prüfung von Zorèseisen	187
V. Resultate der Prüfung von Constructionsblechen	194
VI. Resultate der Prüfung genieteteter Vollwandträger	208
Generalzusammenstellung der Resultate	220
2. Untersuchung der Qualitäts- und Festigkeits-	
verhältnisse der Drahtseile der schweiz. Draht-	
seilbahnen:	
a. Allgemeines	227
b. Das Versuchsmaterial; Art seiner Zerlegung u. Prüfung	232
c. Zurichtung des Versuchsmaterials	233
d. Hilfsmittel der Draht- und Drahtseilproben	235
e. Resultate der Draht- und Drahtseilproben	244
1. Ingr. E. Roussel's Resultate der Draht- und Draht-	
seilproben	245
2. Resultate der Prüfung der Drahtseile schweizerischer	
Drahtseilbahnen	246
3. Resultate der Prüfung der Einzeldrähte	250
Schlusswort	272
3. Ergebnisse der Prüfung der Festigkeit der	
Gurtlamellenstösse in Eisenconstructions	275
4. Einfluss der Form und Grösse der Querschnitts-	
flächen auf den Ausfall der Zerreißproben	285
Resultate der Zerreißproben mit Normal-Rundstäben	287
Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben	290
Schlussfolgerungen	298



Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Vorwort	III
Einleitung	X
Methoden und Hilfsmittel der Untersuchung:	
Geologisch-petrographische Bezeichnung	XIII
Die Dichte	XIII
Die Härte	XV
Fähigkeit der Wasseraufnahme	XV
Frost- und Wetterbeständigkeit	XVI
Die Druckfestigkeit	XXII
Protokoll der Prüfung einer natürlichen Bausteinsorte	XXV
Protokoll der Prüfung einer künstlichen Bausteinsorte	XXVIII
Tabellarische Zusammenstellung der Resultate:	
A. Natürliche Bausteine	1
B. Künstliche Bausteine	21
Specielle Untersuchungen der schweiz. Trümmergesteine	30
Classification der schweiz. Bausteine	46
Resultate der Prüfung künstlicher Bausteine	50
Von der Wirkung des Kalkes in der Ziegelerde	52
Classification künstlicher Bausteine	56



Vorwort.

Dem Güterverkehre der schweizerischen Eisenbahnen neue, vielversprechende Quellen zuzuführen, mochte die unmittelbare Veranlassung gewesen sein, dass auf Anregung des energischen und thatkräftigen Directors der schweiz. Centralbahn, weil. Dr. Schmidlin, die schweiz. Eisenbahnverwaltungen im Jahre 1865 den Beschluss fassten, im Vereine mit den hervorragendsten Geologen und Vertretern des Baufaches eine permanente Mustersammlung, einen centralen Markt für Baumaterialien in Olten ins Leben zu rufen, welche dem Techniker und Baulustigen jeden Aufschluss zu geben hätte, was das Land im Fache der Baumaterialien nach „Beschaffenheit, Grösse, Bearbeitung und Kosten zu leisten im Stande ist“. Anfänglich war allerdings bloss eine vorübergehende Ausstellung in Aussicht genommen; doch knüpfte man an diese die bestimmte Erwartung, sie werde sich bald zu einem ständigen Markte für schweiz. Baumaterialien entwickeln.

Dem Unternehmen einen gehörigen Nachdruck zu geben, gelangte das Initiativ-Comité mit einem Gesuche an die h. Bundesbehörden, die Mittel zur Anschaffung einer passenden Maschine zur Erprobung der Festigkeitsverhältnisse der Baumaterialien zu bewilligen, welche in Verbindung mit der, in mächtigem Aufschwunge begriffenen polytechnischen Schule der Schweiz, den Bedürfnissen des Landes, sowie zur Förderung des technologischen Unterrichts an der Schule, zu dienen hätte.

Es ist wohl hauptsächlich dem einlässlichen Gutachten des Präsidenten des h. schweiz. Schulrathes, des Herrn Dr. C. Kappeler zu verdanken, dass der h. Bundesrath auf das Gesuch des Initiativ-Comité's einzutreten beschloss und bei der

Bundesversammlung die Bewilligung der nöthigen Mittel zur Anschaffung einer, ausdrücklich für die polytechnische Schule bestimmten Baumaterialprüfungsmaschine erwirkte.

Im Jahre 1866 ist denn eine der ersten, nach Werder's System erbauten Universalfestigkeitsmaschinen angekauft und mit Rücksicht auf ihren nächsten Zweck, mit Rücksicht auf die angestrebte Werthschätzung der Baumaterialien der Oltener Ausstellung, in der Hauptwerkstätte der schweiz. Centralbahn in Olten aufgestellt worden. Zum Versuchsleiter war der Professor der Ingenieur-Wissenschaften am Polytechnikum, weil. Dr. C. Culmann erwählt.

Mit grossem Eifer und seltenem Scharfblick leitete Culmann die oft mühsamen Arbeiten in Olten. In einem Zeitraume von October 1866 bis November 1871 führte er an unterschiedlichen Eisenbahn- und Brückenmaterialien, an Bronzen, künstlichen und natürlichen Bausteinen 437 Einzelversuche aus, unter welchen die Prüfung der Kettenglieder der Altener Kettenbrücke über die Thur besondere Beachtung verdienen.

Die materiellen Erfolge der Baumaterialienausstellung in Olten haben die Erwartungen nicht erreicht und wie vorauszusehen war, hatte sich auch ein Geschäftsverkehr in grossem Style nicht entwickelt. Immerhin war die Oltener Ausstellung von nicht zu unterschätzendem Nutzen für die Kenntniss des Reichthums der Schweiz an Baumaterialien jeder Art. Die sorgfältige, gründliche, sachlich vortrefflich angelegte und durchgeführte Catalogisirung der Ausstellungsobjecte von Albert Müller hat wohl wesentlich mit dazu beigetragen, die werthvollen Producte der schweiz. Steinindustrie, die in einzelnen Cantonen heute mehr als je berufen ist, eine Quelle des Erwerbs, des nationalen Wohlstandes zu werden, in weitem Kreisen bekannt zu machen.

Die Oltener Ausstellung ging zu Ende; der projectirte centrale Markt für Baumaterialien hatte sich nicht realisirt; die Anträge zur Vornahme von Festigkeitsproben liefen immer spärlicher ein, bis schliesslich die Centralbahn der Eidgenossenschaft das Local der Festigkeitsmaschine kündigte und dieselbe

vertragsgemäss in Zürich dem Staate zur weitem Verfügung stellte.

Im Jahre 1877 wurde die eidg. Festigkeitsmaschine provisorisch in einem Gebäude der Stadt Zürich montirt, lediglich um die für die Pariser Weltausstellung bestimmten Sortimente natürlicher Bausteine der Schweiz einer Prüfung der Druckfestigkeit zu unterziehen. Auf Anregung und Betrieb des verdienstvollen Präsidenten des Vereins schweiz. Ingenieure und Architekten, des Herrn Ingenieur Dr. Bürkli-Ziegler, sind denn auch Steinmuster in Würfelform aus allen Gauen des Landes zur Prüfung eingelaufen und hat Ingenieur H. v. Muralt in uneigennütziger Weise unternommen, die Versuche durchzuführen und die gewonnenen Resultate zusammenzustellen.

Ein definitives Placement der eidg. Festigkeitsmaschine war erst im Jahre 1879 möglich, als die Bundesversammlung die hiezu erforderlichen Geldmittel bewilligt hatte. Auf dem Areale der schweiz. Nordostbahn, in unmittelbarer Nähe der Werkstätten, leider zwischen stark befahrenen Geleisen, ist ein Neubau aufgeführt, die inzwischen mit zahlreichen Messwerkzeugen, Einspannvorrichtungen und sonstigen Apparaten ausgerüstete Festigkeitsmaschine montirt und in betriebsfähigen Zustand versetzt worden. Ein Reglement normirt die Art der Benützung und die Berechnung der Gebührenbeträge für ausgeführte Versuche.

Mit 1. Januar 1880 ist die Direction der neu gegründeten Anstalt an den Berichterstatter übergegangen. Aus den Einnahmsüberschüssen der ersten Betriebsjahre der Anstalt sind zu den, lediglich zur Prüfung von Metallen und Bauholzsorten bestimmten Installationen am Bahnhofe der schweiz. Nordostbahn, Einrichtungen zur Prüfung hydraulischer Bindemittel, sowie anlässlich der Ausstellungsarbeiten auch Festigkeitsmaschinen für specielle Zwecke, Maschinen und Geräthschaften zur Appretur und Prüfung natürlicher und künstlicher Bausteine nebst allerlei physikalischen Instrumenten und Apparaten angeschafft und in geeigneten Localitäten des Polytechnikums untergebracht worden. Ein weiterer, die Leistungsfähigkeit

und den Werth der Arbeiten bestimmender Fortschritt lag im Engagement ständiger Arbeiter. Ohne gut geschulte, ständige Bedienung ist das eidg. Festigkeitsinstitut selbst auf der Höhe von Prüfungsstationen nicht zu erhalten, die bekanntlich nach bestehenden Normen schablonenmässig erledigen, was etwa anlässlich zufälliger Bauhätigkeit von Behörden, Privaten oder durch commercielle Interessen einzelner Industrieller bedingt zur Prüfung geliefert wird, obschon wir aus eigener Erfahrung bestätigen müssen, dass selbst Prüfungsstationen correct und zuverlässig nur dann arbeiten können, wenn sie neben zweckdienlichen Einrichtungen über ein zuverlässiges, tüchtig geschultes Personal verfügen.

In harmonischer Verbindung mit der obersten technischen Lehranstalt hat die eidg. Festigkeitsanstalt auf allen Gebieten, wo es sich um Ausbeutung und Verwerthung von Rohmaterialien des Landes handelt, wo es darauf ankommt, neue Quellen des Nationalwohlstandes aufzuschliessen oder solchen zu einer gedeihlichen Entwicklung zu verhelfen, eine besondere Mission vor sich. Die Bedeutung des schweiz. Festigkeitsinstitutes für das Baugewerbe und die einschlägigen industriellen Branchen ist durch Männer wie ROB. MOSER, DR. K. BÜRKLI-ZIEGLER u. a. bei verschiedenen Veranlassungen eingehend erörtert worden; ihre Bestrebungen werden von den Behörden und der Technikerschaft des Landes gewürdigt und nicht selten in kräftiger Weise gefördert. Lediglich diesem Umstande ist es zu verdanken, dass das relativ junge Institut eine Reihe von Resultaten aufzuweisen hat, die auch jenseits der Landesgrenzen eine wohlwollende Aufnahme und Berücksichtigung fanden.

Ueber die Thätigkeit der eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien werden jährlich Berichte zu Händen des h. schweiz. Schulrathes erstattet. Resultate von technischem oder rein wissenschaftlichem Interesse gelangen in der „Schweiz. Bauzeitung“ (Redactor Herr Ingenieur Waldner in Zürich) zur Veröffentlichung. Den mehrfach laut gewordenen Wünschen nach einer systematischen Zusammenstellung der gewonnenen Resultate zu entsprechen, ist der Vorstand der Festigkeits-

anstalt beauftragt, in zwangslosen Heften zeitweise Publicationen unter dem Titel:

„Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am schweiz. Polytechnikum in Zürich“

zu machen, von welchen hier das erste Heft **„Methoden und Resultate der Prüfung natürlicher und künstlicher Bausteine“** vorliegt. In einem folgenden Hefte sollen die Resultate der Prüfung der schweiz. Bauhölzer behandelt werden, welchem wir weitere Hefte über Cemente, Eisen und Stahl u. s. w. anzuschliessen beabsichtigen. Möge das Unternehmen eine freundliche Aufnahme und wohlwollende Beurtheilung finden.

Zürich, im Februar 1884.

Der Vorstand.

Prüfung der natürlichen und künstlichen Bausteine der Schweiz.

Einleitung.

Obschon kaum 5 Jahre verstrichen sind, seit H. v. Muralt die Eingangs angeführten Festigkeitsversuche an natürlichen und künstlichen Bausteinen der Schweiz durchgeführt hatte, musste doch der Antrag der Fachexperten der Gruppe „Baumaterialien“ der letztjährigen Landesausstellung auf Wiederholung der Steinversuche um so lebhafter begrüsst werden, als die Muralt'schen Versuche das relative Werthverhältniss der Bausteine der Schweiz, verglichen unter sich wie mit gleichartigen Materialien der Nachbarstaaten, gestört und durch die, oft bis um das dreifache zu niedrig gefundenen Festigkeitszahlen einzelne Steinbruchbesitzer directe geschädigt hatten.

Auf das Baugewerbe konnten die niedrigen Versuchsergebnisse keine nachtheiligen Einflüsse üben; ebensowenig beeinflussten sie den Verkehr mit den Nachbarstaaten. Für gewöhnliche Bausteinsorten besitzen wir im Auslande derzeit keine belangreichen Absatzgebiete und die werthvollen Species sind, unbekümmert um die angeblichen Festigkeitsverhältnisse, theils wegen ihrer vortrefflichen Verwendbarkeit für specielle technische Zwecke, theils in Folge ihrer monumentalen oder decorativen Wirkung nach wie vor geschätzte Handelsartikel geblieben. In wissenschaftlichen Kreisen der Nachbarstaaten, wo die Muralt'schen Versuche besprochen wurden, waren auch die Ursachen der geringen Zahlenwerthe sehr wohl bekannt und das ungünstige Licht ist nicht, wie anderwärts behauptet wurde, auf die Bausteine der Schweiz sondern lediglich auf die Art der Versuchsausführung gefallen.

Auf Ordre der der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien vorgesetzten Behörden hatte dieselbe für sämtliche, im Interesse der Landesausstellung durchgeführten Versuche Programme entworfen und diese den HH. Fachexperten vorgelegt. Speciell für die Prüfung der natürlichen und künstlichen Bausteine sind zwei, nämlich ein umfassenderes und ein reducirtes, lediglich auf eine gewöhnliche Qualitätsbestimmung der Bausteine gerichtetes Programm, abgefasst worden. Aus naheliegenden Gründen fand das reducirte Programm keinen Anklang; das umfassende Arbeitsprogramm hatte sich als unausführbar erwiesen, obschon mit Rücksicht auf den Personalbestand und die Einrichtungen der Anstalt, mit Rücksicht auf den finanziellen Stand des Unternehmens und die stark vorgerückte Zeit eine Reihe der wichtigsten Bestimmungen von vorneherein aufgegeben wurden. Schliesslich blieb nichts übrig, als die projectirten Untersuchungen auf:

die geologische und petrographische Bezeichnung (Beschaffenheit der Oberfläche bei künstlichen Bausteinen),

die scheinbare Dichte und die specifischen oder Volumengewichte,

die mineralogische Härte (bei homogenen, natürlichen Bausteinen),

die Wasseraufnahme (Porosität), schliesslich auf

die Druckfestigkeit in natürlich feuchtem, bei Sandsteinen, oolithisch-erdigen Kalksteinen, sowie bei sämtlichen künstlichen Bausteinen auch in wassergesättigtem Zustande, zu beschränken.

Der Materialbedarf zu vorstehend angeführten Untersuchungen war auf 4, bei Sandsteinen und kreideartigen Kalksteinen auf 8 Würfel von 8, beziehungsweise 10 *cm* Kantenlänge nebst 3 gesunden, hellklingenden Handstücken (Schroppen), — bei künstlichen Bausteinen auf 20 Stück per Sorte festgestellt.

Die Materialbeschaffung, welche in erster Linie den HH. Fachexperten oblag, war eine äusserst mühsame. Sowohl von Seiten der schweiz. Ziegler als auch der Steinbruchbesitzer ist dem Unternehmen eine auffällige Gleichgültigkeit, in einzelnen Fällen sogar ein Misstrauen entgegengebracht worden. Im Verhalten der Steinbruchbesitzer sprach sich eine völlige Ermüdung, in so rascher Aufeinanderfolge neuerdings Material und Beiträge zu Festigkeitsproben zu liefern, unverkennbar aus. Auch das Vertrauen zu den Proben war ernstlich erschüttert und ihr Werth, ihre Bedeutung selbst im Kreise der schweiz.

Ziegler vollständig verkannt. Während anlässlich der Oltener und der Pariser Ausstellung Versuchsmaterial in reichlichem Maasse floss, war die Betheiligung bei der letztjährigen Landesausstellung eine so spärliche, dass Material zu einer ansehnlichen Anzahl von Versuchen käuflich erworben werden musste, nur um den Catalog einigermassen zu vervollständigen.

Wenn es schon bei dem stark reducirten Programme der Prüfungsarbeiten schwer hielt, das Versuchsmaterial und die nöthigen Geldmittel zu beschaffen, so wäre das Resultat aller Bemühungen wahrcheinlich noch kläglicher, die Betheiligung noch geringfügiger ausgefallen, wenn der Umfang der Arbeiten und damit die Prüfungskosten vermehrt worden wären. Die disponiblen Geldmittel reichten ungeachtet des namhaften Staatsbeitrags an die Kosten der Ausstellungsarbeiten nicht aus, um neben den chemisch-analytischen Arbeiten, die die Untersuchungen der schweiz. Bindemittel forderten, auch noch Arbeiten zur Feststellung des Gehalts schädlicher Auswitterungsproducte zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung solcher Gesteinsarten vorzunehmen, die möglicher Weise auch ausserhalb des Baugewerbes Verwendung finden könnten. Auch die Prüfung des Verhaltens verdächtiger Steine gegen Frost und Temperaturwechsel musste unterbleiben, obschon gerade die Frost- und Wetterbeständigkeit unzweifelhaft zu den technisch wichtigsten Eigenschaften der Bausteine gehört. Die Agentien, unter deren Einfluss die allmälige Zerstörung der Cohesion der Steine erfolgt, in Laboratorien tadellos nachzubilden, dürfte kaum gelingen. Hierin liegt ein Grund mehr, jene Factoren möglichst einlässlich zu prüfen, welche die Dauerhaftigkeit eines Materials voraussichtlich beeinflussen. Als solche sind die Dichte, die Volumengewichte, die Porosität und die Cohesion, ausgedrückt durch die Festigkeitsverhältnisse des Materials, zu bezeichnen und ist auf diese der Schwerpunkt der Untersuchungen gefallen. Bei Sandsteinen, die nach Adié einen erheblichen linearen Ausdehnungscoefficienten zu besitzen scheinen, wird neben obigen Eigenschaften die Menge und Qualität der Kittsubstanz eine wesentliche Rolle spielen, wenngleich möglicher Weise geologische Verhältnisse während der Kittung beziehungsweise während der Erhärtung der Kittsubstanz ihr späteres Verhalten beeinflussen und das Urtheil trüben können. Die Qualität der Kittsubstanz zu characterisiren bezweckt die Erhebung der Festigkeitsverhältnisse der Sandsteine in wassergesättigtem Zustande.

Bei Aufstellung des Programms für die Prüfung der künstlichen Bausteine war das Bestreben massgebend, neben den physikalischen Eigenschaften, die Einflüsse der Structur, constructiver Verhältnisse sowie die Wirkung zufälliger Beimengungen der Ziegelerde auf die Festigkeitsverhältnisse der Steine festzustellen. Die Behandlung der Steine im Wasser, insbesondere die Bestimmung der Festigkeitsverhältnisse der wasser-gesättigten Bausteine zielte lediglich auf eine Beschleunigung und zahlengemässe Darlegung der Wirkung des Kalkes im Ziegelthone. Unser Bemühen, in den Rahmen der Untersuchungen auch eine Werthbestimmung der Thonlager in ähnlicher Weise wie dies mit den Mergellagern der Schweiz theilweise geschehen ist, zu verbinden, scheiterte in Folge ablehnenden Verhaltens der interessirten Kreise. Dem nachträglichen Ansuchen einzelner Ziegler zur Vornahme solcher Untersuchungen konnte schlechterdings nicht mehr entsprochen werden.

Methoden und Hilfsmittel der Untersuchungen.

Geologisch-petrographische Bezeichnung.

(Beschaffenheit der Oberfläche der künstlichen Bausteine.)

Die geologisch-petrographische Bezeichnung wurde an Hand einer geologischen Karte der Schweiz an den, für die Ausstellung bestimmten, nun der Baumaterialiensammlung des eidg. Polytechnikums einverleibten Steinplatten vorgenommen. Herr Prof. A. Heim hatte in sehr verdankenswerther Bereitwilligkeit die geologischen und im Vereine mit dem Vortande der Anstalt auch die petrographischen Bezeichnungen vollzogen.

Die Aussenbesichtigung der künstlichen Bausteine bezog sich auf Bezeichnung der Steingattung, auf Feststellung der Abmessungen, Controle der Formen, Angabe der Farbe und sonstige Beschaffenheit der Oberfläche.

Die Dichte.

Die Dichte der Substanz eines festen Körpers ist als Verhältniss seines Trocken-Gewichtes zum Gewichte des Wassers, welches das Volumen der Substanz zu verdrängen vermag, definirt. Die Dichte poröser Körper, und als solche müssen füglich die künstlichen und mit wenigen Ausnahmen auch die natürlichen Bausteine angesehen werden, zu ermitteln, müssten dieselben in staubfein zerkleinertem Zustande dem Versuche unterworfen werden. Die Resultate dieser ziemlich umständlichen Messung besitzen indessen lediglich wissenschaftliches Interesse; wir haben

uns mit Rücksicht auf die disponible Zeit entschlossen, die Bausteine in Form kleiner Handstücke zur Dichtebestimmung zu verwenden. Die so gewonnenen Zahlen müssen von der wirklichen Dichte um so mehr abweichen, je poröser das Material ist; umgekehrt werden die Resultate mit der Dichte, und weil unter Zugrundelegung zusammengehöriger Gewichts- und Volumeneinheiten die Dichte und das spezifische Gewicht compacter Körper durch die gleichen Zahlen ausgedrückt werden, auch mit den direct erhobenen specifischen Gewichten desto besser übereinstimmen, je geringer die Wasseraufnahme, d. h. je compacter, massiger das Material der Prüfungsobjecte ist. Die nach Umständen an grösseren oder kleinern Handstücken erhobene „scheinbare Dichte“ wurde mittelst hydrostatischer Waage bestimmt. Zu diesem Ende wurde für jedes Prüfungsobject das Trocken-Gewicht und der Gewichtsverlust im Wasser, d. i. das Gewicht des scheinbar verdrängten Wassers, ermittelt. Taucht man einen porösen Körper an der hydrostatischen Waage unter Wasser, so bedarf es, wie directe Versuche lehren, oft längere Zeit, bis ein bleibendes Gleichgewicht eintritt, obschon auch in diesem Falle eine vollständige Füllung der Hohlräume mit Wasser nicht angenommen werden kann. Bei Sandsteinen haben wir selbst nach 12stündiger Beobachtungsdauer noch nennenswerthe Gewichtsverluste constatirt und gestützt auf diese Erfahrung beschlossen, das ziemlich zahlreiche Material — von jeder zur Prüfung gestellten Steingattung 3 Stück — in wassergesättigtem Zustande zur Bestimmung des Gewichtes des verdrängten Wassers zu verwenden. Die Prüfungsobjecte wurden zur Befestigung an der hydrostatischen Waage hergerichtet, in lufttrockenem Zustande gewogen, hierauf in einem entsprechenden Gefäss zunächst partiell, später gänzlich unter Wasser gesetzt. Die Dauer der Wasserlagerung variirte naturgemäss mit der Materialbeschaffenheit; im allgemeinen blieben die Prüfungsobjecte so lange unter Wasser, als noch eine Wasseraufnahme constatirt werden konnte.

Bezeichnet:

G das Gewicht des Versuchsobjects,

G_1 seinen Gewichtsverlust im Wasser, d. h. das Gewicht des scheinbar verdrängten Wassers, dann beträgt die scheinbare Dichte des Körpers

$$\gamma = \frac{G}{G_1}$$

Die technisch wichtigen specifischen Gewichte (Gewichte der Volumeneinheit) der natürlichen Bausteine wurden

aus dem direct erhobenen Volumen und den Gewichten der Steinmuster in lufttrockenem Zustande abgeleitet. Die Rechnungsergebnisse sind aus Gründen der unvermeidlichen Unregelmässigkeiten der Form in der zweiten Decimale unsicher. Wo die Appretur der Steinmuster zu wünschen übrig liess, ist die Berechnung des specifischen Gewichtes unterlassen worden.

Genauere Volumengewichte lassen sich an unregelmässig begrenzten Steinstücken durch Feststellung der Volumina mittelst passender Volumometer und Anwendung von Paraffinüberzügen leicht gewinnen. Bei den nachträglichen Untersuchungen der schweizerischen Trümmergesteine fand denn auch diese Methode umfassende Verwendung.

Die Härte.

Die Härte und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkung einer Gesteinsart sind für die Beurtheilung der Bearbeitungsfähigkeit und der Verwendbarkeit für specielle Zwecke (Strassenpflaster, Mühlsteine etc.) von hoher Bedeutung und derzeit nicht genügend untersucht. Die mineralogische Härtebestimmung nach der Kritzmethode mittelst der Mohr'schen Scala gewährt zwar ein bestimmtes Urtheil über die Härte der einzelnen Mineralcomponenten, characterisirt jedoch die durchschnittliche Härte und Widerstandsfähigkeit zusammengesetzter Gesteinsarten gegen Angriffe der Steinhauerwerkzeuge ebensowenig, als gegen andere mechanische Einwirkungen. Bei homogenen, aus einem Minerale bestehenden Gesteinsarten bleibt die Kritzmethode immer noch die sicherste und zuverlässigste Methode der Härtebestimmung; sie wurde deshalb auch bei Anlass der Ausstellungsarbeiten ausschliesslich benützt. Von einer Härtebestimmung zusammengesetzter Gesteinsarten musste Umgang genommen werden.

Die Fähigkeit der Wasseraufnahme.

Die Bestimmung der Fähigkeit der Wasseraufnahme der Gewichts- oder Volumeneinheit einer bestimmten Bausteingattung ist schon deshalb bedeutungsvoll, weil sie die die Dauerhaftigkeit beeinflussende Porosität des Materials kennzeichnet. Hauenschild empfiehlt nach Lang den zu prüfenden Stein bei 100^o C. zu trocknen, nach erfolgter Abkühlung zu wägen, hierauf in dem Pressraum einer hydraulischen Presse einem Wasserdrucke von 3 Atmosphären auszusetzen. Nach

1 Stunde seien die Poren zuverlässig mit Wasser gefüllt. Eine zweite Wägung liefert in der Gewichtszunahme das Quantum des aufgenommenen Wasser's und ergibt, in Procenten des Trockengewichts ausgedrückt, den sog. „Porositätscoefficienten“ des Materials.

Genaue Porositätscoefficienten bestimmen wir in folgender Weise:

Das Versuchsobject wird bei 100° C. getrocknet und nach erfolgter Abkühlung gewogen. Hierauf wird das Volumen des Körpers durch Eintauchen in geschmolzenes Paraffin und rasches Herausheben volumetrisch unter Anbringung einer Correctur für den Paraffin-Ueberzug bestimmt. Aus der Dichte und dem Gesamtvolumen des Körpers berechnen sich die Porenräume, somit der gesuchte Porositätscoefficient. Die beschriebene Methode bedingt die Kenntniss der wirklichen Dichte des Materials und ist wegen der Volumenbestimmung ziemlich zeitraubend. Bei der Kürze der disponiblen Zeit, innerhalb der die Prüfung der Bausteine für die Landesausstellung erledigt sein musste, war eine genaue Erhebung der Dichte und Porosität unmöglich; wir beschränkten uns daher auf folgendes Näherungsverfahren:

Die in lufttrockenem Zustande gewogenen Handstücke, bei künstlichen Bausteinen je 5 Steine, wurden in ein passendes Gefäss placirt, aus welchem sie Wasser anfänglich capillar aufnehmen konnten. Nach Massgabe des Aufsteigens der Feuchtigkeit wurde Wasser in das Gefäss nachgefüllt, bis schliesslich die Versuchsstücke gänzlich unter Wasser erschienen. Hier blieben sie solange, als eine Gewichtszunahme noch zu constatiren war. Die totale Gewichtszunahme wurde schliesslich in Procenten des ursprünglichen Gewichts berechnet und folgenden tabellarischen Zusammenstellungen einverleibt.

Anlässlich der nachträglichen Untersuchungen der schweiz. Trümmergesteine sind die wirklichen Dichten und die genauen Porositätscoefficienten nach vorstehend beschriebener Methode ermittelt und als solche in den tabellarischen Zusammenstellungen auf Seite 30 eingetragen worden.

Frost- und Wetterbeständigkeit.

Unter Frost- und Wetterbeständigkeit versteht man einerseits das Widerstandsvermögen der künstlichen und natürlichen Bausteine gegen Dislocation der kleinsten Theilchen durch Gefrieren der Porenfeuchtigkeit, durch Wechsel von Trockenheit und Nässe, durch wechselnde Temperatur oder einseitige,

partielle Erwärmung, andererseits die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen der Atmosphärien; dies sind die Agentien, welche die Dauerhaftigkeit der Bausteine schädlich beeinflussen und allmählig fortschreitend die Zerstörung ihrer Cohesion hervorrufen können.

Ueber das Wesen und Bedeutung der Frost- und Wetterbeständigkeit sagt Hauenschild in einem interessanten Vortrage „über Wetter- und Frostbeständigkeit der Baumaterialien und über Mittel dieselben zu erzielen“ (Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins 1884, I. Heft.) folgendes:

Der Begriff der Wetterbeständigkeit der Baumaterialien kann der Natur der Sache nach nur eine relative, nie eine absolute Widerstandsfähigkeit gegen die zerstörenden Einflüsse der Atmosphärien bedeuten. Es gibt eben gar nichts so Beständiges in der Natur, das nicht endlich solchen Veränderungen unterliegen würde, welche es als Baumaterial nicht mehr geeignet erscheinen lassen. Selbst das starrste und anscheinend absolut widerstandsfähige Gestein, der Quarz, widersteht nicht den gesteigerten Einwirkungen der Naturkräfte, und zerfressene Kristalle von Bergkristall, durch Feuer zersprungene Quarzite sowie die unendliche Menge von Quarzsand auf der Oberfläche der Erde und am Boden der Gewässer beweisen dies zur Genüge. Aber nicht bloss gesteigerte Einwirkung, sondern auch veränderte Einwirkung der natürlichen zerstörenden Agentien bewirkt, dass sogenannte absolut wetterbeständige Materialien dem Verfall entgegengehen. Die in Aegypten durch Jahrtausende in glänzender Politur strahlenden Syenit-Obeliskten und Säulen zeigen jetzt schon, nachdem sie nur verhältnissmässig kurze Zeit in das feuchte europäische Klima verpflanzt sind, deutliche Spuren von beginnender Zerstörung. Die beiden Säulen auf dem Markusplatze in Venedig sind ein schlagendes Beispiel dafür. Ebenso zeigt ein Blick auf die herrlichen, plastischen Gebilde der griechischen Kunst, wie tiefgreifend an vielen klassischen Statuen die Einwirkung der Atmosphärien auf die einst blendende Aussenseite derselben eingewirkt hat. Hässliche pockenartige Narben und Grübchen verunstalten gerade die berühmtesten Gebilde hellenischen Marmors, welche in dem geschützten Tempel und in der reinen Luft von Hellas ungezählte Jahrhunderte makellos überdauert hatten. Das Stumpfwerden der Konturen der Sandsteingebilde, das Abblättern der Ziegel-Architektur sind allbekannte leidige Thatsachen.

Und doch haben viele Baumaterialien eine verhältnissmässig sehr befriedigende Widerstandsfähigkeit gezeigt und unter günstigen Umständen allen Ansprüchen auf Dauer entsprochen.

Diese Widerstandsfähigkeit entspringt einerseits der natürlichen Beschaffenheit, also den chemischen und physikalischen Eigenschaften, andererseits den Umständen, unter denen sie sich befinden.

Wäre es uns möglich, oder erlaubten es die Kosten der Umformung, so würden wir das Gebiet des wetterbeständigen Baumaterials auf nur wenige Arten natürlichen Baumaterials beschränken und gerade dadurch würden eine gewisse Einseitigkeit und Eintönigkeit der Architektur unbedingt erfolgen. Jedoch ist die Forderung höchster Widerstandsfähigkeit nicht eine so zwingende; im Gegentheile ist die Leichtigkeit der Formgebung mindestens ebenso wichtig wie die Widerstandsfähigkeit. Und deshalb hat sich die Fabrikation künstlichen Baumaterials seit allen Zeiten und überall so ausserordentlich mannigfaltig entwickelt. Aber ein gewisses, dem jeweiligen Zwecke entsprechendes Maass von Wetterbeständigkeit muss doch stets gefordert und eingehalten werden. In unserem mitteleuropäischen Klima sind diese Anforderungen höhere und strengere als im sonnigen Süden. Ich zweifle sehr, ob das römische Pantheon sich in Hamburg bis auf den heutigen Tag erhalten hätte, wenn es aus den gleichen Baumaterialien daselbst aufgeführt worden wäre.

In erster Linie müssen wir Widerstandsfähigkeit gegen Frost und Feuchtigkeit fordern. Deshalb fällt bei uns die Frostbeständigkeit mit der Wetterbeständigkeit zusammen und wir können getrost sagen, „ein Material, welches völlig frostbeständig ist, genügt, eine entsprechende Festigkeit vorausgesetzt, den meisten gewöhnlichen Anforderungen auf Dauer.“

Frostproben werden durch systematischen Wechsel von Aufthauen und Gefrieren wassergesättigter Versuchsobjecte unter Benutzung der Winterkälte oder künstlicher Kältemischungen durchgeführt.

Herr Brard empfiehlt eine Nachahmung der Frostwirkung durch Krystallisation einer gesättigten Glaubersalzlösung. Brard's Verfahren besteht in folgendem:

1. Man wähle die Probestücke im Steinbruche so aus, dass man verdächtige, wechselnde Structur und Farbe zeigende nimmt.

2. Man forme daraus scharfkantige Würfel von 3 bis 5 *cm* Seitenlänge; unregelmässige oder rundliche Stücke geben keine deutlichen Resultate (?), zersprungene zu ungünstige.
3. Man wäge nach vorherigem Austrocknen bei 100° C. die Würfel und bezeichne sie genau.
4. Man löse in einer entsprechenden Menge kalten Wassers so viel Glaubersalz auf, dass es eine vollkommen gesättigte Lösung gibt, in welcher noch einige Krystalle sich befinden.
5. Man koche die Lösung zum starken Aufwallen und gebe Probekörper hinein, so dass sie sämmtlich bedeckt werden und koche circa 30 Minuten fort.
6. Dann nehme man die Würfel heraus, hänge jeden mit einer Schnur an einem Stäbchen auf und stelle unter jeden Würfel ein Becherglas mit so viel vorher von dem Bodensatz 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 Krystalle; diese werden sofort nach dem Auftreten wieder durch Eintauchen in die Lösung während einiger Minuten entfernt und dann wieder zur Krystallisation aufgehängt. Die Krystallbildung erfolgt immer rascher; man kann manche Steine 5 bis 6mal des Tages eintauchen.
8. Dieses Eintauchen setze man wenigstens 6 Tage lang fort, jedoch so, dass jeder Stein gleichviel Krystallisation liefert.
9. Frostbeständige Steine erleiden keinen Substanzverlust, oder doch nur ganz geringen; nicht über 1 höchstens 2 0/0. Zerfrierbare zerfallen entweder in Stücken oder Platten und verlieren bei jeder Krystallisation neuerdings Theilchen, welche am Ende der Probe nach sorgfältiger Auswaschung mit destillirtem Wasser und Trocknen bei 100° C. gewogen und auf das Gewicht des Würfels in Procenten berechnet werden.

Ueber den Werth der Methode gehen die Ansichten weit auseinander. Hauenschild sagt (Handb. der Architectur, S. 88) darüber folgendes:

„Héricart de Thury in Paris, welcher als General-Inspector der Steinbrüche eine grosse Zahl commissioneller Versuche ausführen liess, vertritt entschieden die Brauchbarkeit dieser Methode. Verfasser möchte aus eigener Erfahrung hierüber nur constatiren, dass entschieden zerfrierbare Steine

sicher der Probe unterliegen, dass aber auch einerseits gut haltbare Steine erhebliche Substanzverluste erleiden können und dass diese Substanzverluste andererseits im geraden Verhältnisse mit der Porosität wachsen, hingegen mit zunehmender Zugfestigkeit etwas abnehmen.“

Hofrath Fuchs spricht der Methode jede Bedeutung kurzweg ab; um jedoch die Wirkung der Krystallisation des Glaubersalzes aus eigener Anschauung kennen zu lernen, haben wir einen Keuper-Sandstein und zwei Würfel aus Süßwasser-Molasse (Berner) den Proben unterworfen und diese circa 3 Monate lang, jedoch unregelmässig, fortgeführt. Die Untersuchung ist schliesslich aufgegeben worden, als Prof. Dr. Lunge den Nachweis lieferte, dass mit der Krystallisation des Glaubersalzes eine Volumenverminderung, eine Contraction verbunden ist. Wenn dessenungeachtet verschiedene Beobachter die Brauchbarkeit der Methode experimentell durch Ablösungen von einzelnen Körpertheilchen erweisen, so müssen fragliche Ablösungen andern Ursachen als der Wirkung der Krystallisation des Glaubersalzes zuzuschreiben sein.

Im Januarheft der „Nouvelles annales des ponts et chaussées“ vom lauf. Jahre macht Herr Ingenieur A. Braun den Vorschlag, zur Ermittlung der Frostbeständigkeit eines Bausteines als Maassstab die Expansionskraft des in den Poren im Momente der Eisbildung enthaltenen Wassers zu benützen und diese mit der mittlern Zugfestigkeit des Materials zu vergleichen. Es wäre nach Braun ein Steinmaterial nicht frostbeständig, wenn seine mittlere Zugfestigkeit kleiner gefunden würde als die Energie des Wassers im Augenblicke der Eisbildung beträgt, welches bei vollständiger Sättigung der Poren der Stein aufzunehmen vermag. Bezeichnet

α einen Sicherheitscoefficienten, nach Hodgkinson = $\frac{1}{3}$ der Zugfestigkeit (?),

α_1 nach Braun einen Coefficienten des „gestörten Gleichgewichts“ (?),

β die Zugfestigkeit in kg pro cm^2 (welche? trocken o. nass), $33,68 kg$ *mtr.* die von $1 kg$ Wasser von 0^0 zur Eisbildung von 0^0 erforderliche mechanische Arbeit,

m die pro cm^3 des Materials enthaltene Wassermenge, dann soll nach Braun

$$[1 - (\alpha + \alpha_1)] \beta \geq 33,68 m$$

sein, sofern der Stein frostbeständig sei.

Der Vorschlag des Herrn Braun ist sehr bestechend. Abgesehen von den problematischen Coefficienten ist seine

Gleichung nicht homogen. Links Festigkeit, rechts Arbeit. Letztere ist deshalb unrichtig, weil der Uebergang des Wassers in festen Zustand nicht bei 0° und gewöhnlichem Barometerstand, sondern oft bei viel geringerer Temperatur und hohem Drucke vor sich geht, die frei werdende Wärmemenge somit als Differenz der Schmelzwärmen zu berechnen wäre. Ueberdies kann von der frei werdenden Wärmemenge bloss ein Theil in mechanische Arbeit umgesetzt und zur Zerstörung der Cohäsion des Materials benützt werden, weil ein bestimmter Theil dieser Wärme an das umliegende Medium abgegeben werden muss.

Hauenschild bezeichnet neuerdings, gestützt auf seine zahlreichen Versuche mit deutschen Sandsteinen und österreichischen Kalkoolithen, eine minimale Zugfestigkeit von 6, — resp. eine Druckfestigkeit von 70 kg pro cm^2 in feuchtem Zustande des Materials als unterste Grenze, bei welcher der Stein entschieden frostunbeständig ist. Er steht hierin mit uns auf gleichem Boden, wenn schon wir in der Form und, wie wir glauben, auch in der Allgemeinheit der Ausdrucksweise wesentlich von einander abweichen. Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir auf die speciellen Untersuchungen der schweizerischen Trümmergesteine Seite 30 dieses Heftes und führen hier bloss summarisch an, dass wir die durch Festigkeit, Porosität und physikalisch-chemische Beschaffenheit des Gefüges, (bei Sandsteinen der Kittsubstanz) bedingten Frost- und Wetterbeständigkeit eines Materials durch eine minimale Druckfestigkeit im trockenen Zustande, bei einem bestimmten, maximalen Werth des sog. Beständigkeitscoefficienten ausdrücken, welcher durch das Verhältniss der Festigkeit des Steinmaterials in völlig wasser-gesättigtem Zustande zur Trockenfestigkeit repräsentirt wird.

Ein werthvolles, bisher nicht angezogenes Hilfsmittel zur Kenntniss des Verhaltens der schweizerischen Bausteine bezüglich Frost- und Wetterbeständigkeit liegt in der Statistik. Es wäre eine eben so schöne als nützliche Aufgabe des Vereins schweiz. Ingenieure und Architekten, wenn dieser nach einheitlichem Muster eine Statistik der kleinern oder grössern, in Verwitterung begriffenen Objecte des Landes, in seinen Sectionen anlegen und den Grad der Verwitterung durch Festigkeitsproben feststellen lassen möchte. Die Untersuchung verdächtiger Steine älterer Bauwerke haben insbesondere dann grosses Interesse, wenn die Bezugsquellen der Steine bekannt sind. Solche Untersuchungen sind auch in der eidg. Festigkeitsanstalt vereinzelt beantragt worden; leider konnten in den

meisten Fällen die Steinbrüche mit Sicherheit nicht angegeben werden. So beantragte Herr Architect E. Stetler in Bern gelegentlich der Erörterung der Reconstructionsfrage des Berner Domes 3 Serien von Festigkeitsproben mit Steinen, die dem Münsterthurme in verschiedenen Höhen entnommen waren. Folgende Zusammenstellung enthält die betreffenden Resultate:

Sorte:	A.	B. C.	
Bezugsquelle:	Stockeren oder Ostermundigen.	Steinbrüche am Gurten.	
Probe entnommen:	in einer Höhe von c. 30 m der südwestlichen Aussenseite des Thurmes.	in einer Höhe von 45 m der nördlichen Innenseite des Thurmes.	in einer Höhe von c. 30 m der südwestlichen Innenseite des Thurmes.
Farbe und Structur:	hellgelblich-grau mittelkörnig.	blau-grau feinkörnig.	bläulich-grau zieml. feinkörnig.
Specif. Gewicht:	2,28	2,29	2,24
Mittl. Druckfestigkeit:	216 kg pro cm ² ,	462,5 kg pro cm ² ,	322,0 kg pro cm ²
Maximum:	288,3 " " "	516,0 " " "	348,0 " " "
Minimum:	202,0 " " "	400,0 " " "	285,0 " " "

Die Druckfestigkeit.

Die Druckfestigkeit der natürlichen Bausteine ist an Würfeln von ursprünglich 10, — bei härtern Steinsorten an solchen mit 8 cm Kantenlänge bestimmt worden. Nach Bauschinger's Vorgange sind auch hier die Druckflächen der Würfel auf einer kleinen, mittelst einer Gaskraftmaschine angetriebenen Hobelmaschine eben und parallel abgehobelt worden. Zur Entfernung der rohen Unebenheiten dienten meist mit Kùpfer'scher Masse gehärtete Stahlwerkzeuge; die völlige Ebenheit und der Parallelismus der Druckflächen ist durch Anwendung eines Diamantwerkzeugs erreicht worden. Die Druckflächen waren ausnahmslos Lagerflächen.

Die programmgemässen Erhebungen der Druckfestigkeit künstlicher Bausteine erstreckten sich auf Handschlag und Maschinenvollsteine, auf senkrecht und parallel zum Lager gelochte Ziegel jeder Art. Das gesammte Material einheitlich zu behandeln zwang von der sonst üblichen Entnahme kleiner würfelförmiger Versuchskörper aus dem ganzen Stein abzuweichen. An der Würfelform musste schon wegen der Vergleichung der Festigkeitsverhältnisse der Ziegel mit andern Baustoffen festgehalten werden; es blieb somit nichts übrig als die Steine mittelst Säge zu hälften, die zusammengehörigen Theile mit Portland-Cement auf einander zu kittend und die so gewonnenen Körper durch auf die Druckflächen aufgetragene Cementschichten, die in einer aus abgehobelten, gusseisernen

Platten gebildeten Lehre mit Leichtigkeit eben und parallel geschliffen werden konnten, zu Würfeln zu ergänzen. Damit war, der Normalstein von 25 : 12 : 6 *cm* vorausgesetzt, die Einheit in der Form und Behandlung des gesammten Versuchsmaterials gewonnen, die neben der Würfelform auch die Vortheile eines unmittelbaren Anschlusses an das Mauerwerk sowie die Möglichkeit der Feststellung der relativen Werthverhältnisse der verschiedenen Sorten von Voll-, Loch- und Hohlsteinen bei Verarbeitung der gleichen Thonerde ein und derselben Fabrik, für sich hat. Die manigfachen durch die beschriebene Art der Verarbeitung des Prüfungsmaterials gewonnenen Resultate haben die Berechtigung derselben erwiesen und uns zum Festhalten der gewählten Methode bei künftigen Versuchen bestimmt.

Von jeder Gattung natürlicher Bausteine sind in lufttrockenem wie in wassergesättigtem Zustande stets 3 Probekörper der Druckprobe unterworfen worden. Von den künstlichen Bausteinen gelangten 10 Stück zur Prüfung der Druckfestigkeit in lufttrockenem Zustande, während 5 Steine zur Bestimmung der Wasseraufnahme verwendet, hierauf zu Probekörpern der Druckfestigkeit hergerichtet, abermals unter Wasser gesetzt und nach 14—20tägiger Wasserlagerung der Druckprobe unterworfen wurden. Ein Abtrocknen der Steine an der Luft vor der Probe fand nicht statt.

Zur Druckprobe der natürlichen und künstlichen Bausteine diente eine, nach Dr. W. Michaëlis' Angaben construirte, bei Brink-Hübner in Mannheim gebaute hydraulische Presse ohne Pumpe mit 120,000 *kg* disponiblen Druck. Die Ablesung des Druckes geschieht an Manometern. Es sind im Ganzen 3 solcher Manometer vorhanden, von welchen der mittlere, mit 30 *cm* Durchmesser, zur Controle dient und abgestellt werden kann. Von den seitlich angebrachten Manometern läuft das eine ununterbrochen und reicht bis auf 300 Atmosphären, während das andere für kleine Pressungen dient und mittelst Absperrventil arretirt werden kann. Zur Bedienung der Presse gehört 1 Mann. Die Einspannung der Probekörper geschieht centriscch zwischen beweglich mit Kugellagern versehenen Druckplatten ohne Blei oder die sonst üblichen Pappunterlagen.

Der Bruch trat fast ausnahmslos plötzlich ein. Sowie die Zerstörung begann, bleibt der Manometerzeiger einen Moment stehen, um sodann je nach der Cohäsionsbeschaffenheit des Materials plötzlich oder allmählig beschleunigt in die nor-

male Nullstellung zurückzukehren. Spröde und harte Bausteine sind meist unter lebhaften Detonationen, — Sandsteine, oolithisch-erdige Kalksteine u. d. m. lautlos zerfallen.

In der Nähe der Bruchbelastungen sind bei spröden Steingattungen Kantenabsplitterungen, mitunter auch schalenförmige Ablösungen aus den Würfelflächen vorgekommen, die indessen völlig localer Natur, mit der Zermalmung des Materials nichts gemein haben.

Die oft beobachteten und protocollirten Momente des Rissigwerdens und Zerfallens künstlicher und natürlicher Bausteine fielen bei unsern Versuchen zusammen. Rissbildungen vor der eigentlichen Zermalmung sind stets Zeichen ungenügender Appretur der Versuchskörper und sollten Versuchsergebnisse mit solchen Objecten überhaupt nicht angeführt werden. Tadellos appretirte Probekörper zeigen stets den charakteristischen, doppelpyramidalen Bruch mit guterhaltenen Druckflächen; nur spröde, harte Steine sind unter Zurücklassung kleiner, pyramidaler Kerne plötzlich in zahllose Splitter zerfallen.

Bezüglich des Einflusses der Form der Probekörper konnten in der eidg. Festigkeitsanstalt bisher keinerlei Versuche von Belang ausgeführt werden. Auf Antrag der Herren Mühlethaler & Sohn, Steinlieferanten in Kirchberg, Bern, sind die Unterschiede der Festigkeitszahlen einer ziemlich feinkörnigen Molasse aus dem Steinbruche „Rappenfluh“ bei Oberburg, in Würfel und Cylinderform bei gleicher Höhe und gleichem Querschnittsinhalte, festgestellt worden. Die Versuche ergaben:

	Würfel- festigkeit. <i>kg pro cm²</i>	Cylinder- festigkeit. <i>kg pro cm²</i>
im Mittel aus 4 Versuchen	309,4	330,0
dabei betrug das Maximum:	322,4	347,5
das Minimum:	290,0	295,0

Die Zermalmungskraft eines Würfels reducirt auf die Einheit (cm^2) seiner Querschnittsfläche gibt die „Druckfestigkeit“, den sog. Druckmodul des Materials. Bei Loch- und Hohlsteinen sind die Löcher und Hohlräume von der totalen Druckfläche nicht in Abzug gebracht worden.

Zur Orientirung, namentlich um den Prüfungsvorgang der natürlichen und künstlichen Bausteine darzulegen, lassen wir hier zwei Protocolle folgen, wie solche anlässlich der Ausstellungsarbeiten den beteiligten Ausstellern und den Herren Fachexperten übermittelt wurden.

Protokoll No. 3099.

Natürliche Bausteine

aus dem Bruche Rothgrube in Oberburg,
im April 1883 zur Prüfung beantragt von
Herrn N. Mühlethaler & Sohn, Baumeister in
Kirchberg, Ct. Bern.

Von den eingelieferten:

8 Stück Würfeln

gelangen 3 Würfel in lufttrockenem, 3 Stück Würfel in scheinbar vollkommen wassergesättigtem Zustande mit abgehobelten Druckflächen (Lagerflächen) centrisc zwischen bewegliche Druckplatten ohne Unterlagen auf die Baumaterialprüfungsmaschine.

Die Erhebung der scheinbaren Dichte, des Härtegrades und der Fähigkeit der Wasseraufnahme erfolgt an den mitgelieferten Handstücken (Schroppen).

I. Geologische und petrographische Bezeichnung.

Bläulich-grauer, feinkörniger Sandstein, Marine Molasse.

2. Scheinbare Dichte und Volumengewicht.

Die Dichte des Materials beträgt im Mittel aus zwei Versuchen:

$$\gamma = 2,41$$

das Volumengewicht (Gewicht der Cubikeinheit des Materials) wurde im Mittel aus 3 Versuchen zu:

$$\delta = 2,25 \text{ gefunden.}$$

3. Härtegrad.

Das gestellte Material hat nach der Mohs'schen Scala

den Härtegrad — gezeigt,

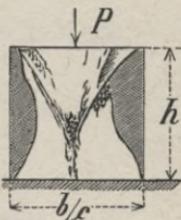
(die Härte war hier nicht bestimmbar).

4. Wasseraufnahme.

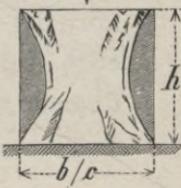
No.	Gewicht der Probestücke					Wasseraufnahme pro Versuchsstück
	beim EintreffenStunden auf heissen Eisenplatten getrocknet	24 Stunden im Wasser gelegen	6 × 24	8 × 24	
Kilogramm						
1	2,279	—	2,358	2,370	2,370	0,091
2	2,276	—	2,362	2,370	2,370	0,094
3	2,354	—	2,442	2,458	2,460	0,106
Summa:	6,909	—	7,162	7,198	7,200	0,291
Mittel:	2,303	—	2,387	2,399	2,400	0,097

Das Maximum der Wasseraufnahme pro 1 *kg* Steingewicht wurde nach 8 × 24 Stunden erreicht und beträgt im Mittel aus 3 Versuchen 0,042 *kg* d. h. 4,2 Prozent.

5. Resultate der Festigkeitsproben.

No.	Stein		Abmessungen			Fläche $F = bc$	Bruchbelastung		Bemerkungen	
	Ge- wicht	Art der Belastung	cm				total	pr. cm^2		
			b	c	h					
Natürlich feucht										
							<i>tn</i>			
1	2,324	allmählig	10,0	10,1	10,1	101,0	41,6	411,9	Pyramidales Zerfallen.	
2	2,308	ge- steigert	10,1	10,2	10,0	103,0	28,8	279,6	"	
3	2,310		10,14	10,2	9,98	103,4	41,2	398,6	"	
Summa:								1090,1	kg pro cm^2	
Mittel:								363,4	" " "	

Bemerkungen: Vor dem ziemlich plötzlich erfolgten Zerfallen der Probekörper traten Kantenablösungen nicht auf.

in wassergesättigtem Zustande										
No.										
1	—	allmählig	9,8	10,0	9,8	98,0	23,6	240	Pyramidales Zerfallen.	
2	—	ge- steigert	10,0	10,0	9,8	100,0	36,8	363	"	
3	—		10,0	10,1	9,9	101,0	31,2	308,9	"	
Summa:								916,9	kg pro cm^2	
Mittel:								305,6	" " "	

Bemerkungen: —

Zürich, den 27. April 1883.

Für die eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien,
Der Vorstand:
 Tetmajer.

Protokoll No. 3198.

Gewöhnl. Lochsteine

aus der mechanischen Backsteinfabrik in Wiedikon bei Zürich,
beantragt zur Prüfung im März 1883.

Von den zur Verfügung gestellten:

17 Stück Lochsteinen

gelangen 5 Stück in vollkommen wassergesättigtem, 10 Stück in lufttrockenem Zustande angenähert in Würfelform mit egalisirten Druckflächen centrisch zwischen bewegliche Druckplatten ohne Unterlagen auf die Baumaterialprüfungsmaschine. Sämmtliche Steine sind durch Sägen gehälftet und wurden zusammengehörige Stücke mittelst einer 3 *mm* dicken Fuge aus reinem Portland-Cement aufeinander gekittet. Die Druckflächen sind eben und parallel; sie wurden gleichfalls aus reinem Portland-Cement hergestellt.

Resultate der Prüfung.

1. Aussenbesichtigung.

Lochsteine mit 17 circa 1,5 *cm* weiten Löchern 1 zur Lagerfläche, Format schwach 25/12/6 *cm*, Flächen eben, Kanten entsprechend scharf, Farbe hellgelb.

2. Scheinbare Dichte.

Die Dichte des Materials beträgt im Mittel aus 2 Versuchen:

$$\gamma = 2,63.$$

3. Gewicht der Steine.

Das Gewicht der Steine beträgt im Durchschnitt aus zwei Wägungen von je 20 Stück

pro Stein: 2,34 *kg*.

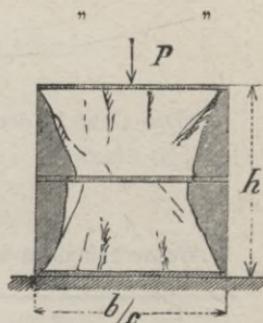
4. Wasseraufnahme und Druckfestigkeit in wassergesättigtem Zustande.

No.	Gewicht der Probestücke					Wasser- aufnahme pro Versuchs- stück	Druck- festigkeit <i>kg</i> pro <i>cm</i> ²
	beim Eintreffen	...Stunden auf heissen Eisenplatten getrocknet	24 Stunden im Wasser gelegen	13 × 24	15 × 24		
Kilogramm							
1	2,295	—	2,820	2,891	2,894	0,599	296
2	2,340	—	2,902	2,984	2,988	0,648	396
3	2,281	—	2,823	2,896	2,898	0,617	373
4	2,270	—	2,717	2,778	2,782	0,512	368
5	2,308	—	2,846	2,917	2,920	0,612	438
Summa:	11,494	—	14,108	14,466	14,482	2,988	1,871
Mittel:	2,299	—	2,821	2,893	2,896	0,598	374

Das Maximum der Wasseraufnahme pro 1 *kg* Steingewicht wurde nach 15 × 24 Stunden erreicht und beträgt im Mittel aus 5 Versuchen 0,261 *kg* d. h. 26,1 Prozent.

5. Resultate der Festigkeitsproben.

Stein No.	Art der Belastung	Abmessungen			Fläche $F = bc$	Bruch- belastung		Bemerkungen
		cm				kg	pr. cm^2	
		b	c	h		total		
1	allmählig gesteigert	11,7	12,0	13,2	140,5	36,8	262,0	Pyramidales Zerfallen.
2		12,0	11,6	13,5	139,2	48,8	350,0	" "
3		11,9	12,2	13,1	145,1	38,0	261,5	" "
4		12,0	11,5	13,0	138,1	44,8	324,0	" "
5		11,6	12,2	13,0	141,5	47,4	334,0	" "
6		11,7	11,9	13,0	139,1	46,4	333,0	" "
7		—	—	—	—	—	—	Fehlerhaft.
8		12,2	12,6	13,1	153,8	41,6	270,0	Material der Steine voll- kommen homogen, feinkörnig bis dicht, stellen- weise Beginn der Sinterung; Farbe hellgelb.
9		11,5	12,0	13,2	138,0	40,4	292,0	
10		11,5	12,1	13,2	139,0	44,0	316,0	
						Summa:	2742,5	kg pro cm^2
						Im Mittel:	304,5	" " "



Zürich, den 16. April 1883.

Für die eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien,

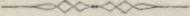
Der Vorstand:

Tetmajer.

Tabellarische Zusammenstellung
der Resultate.

A. Natürliche Bausteine.

Die genaue Bezeichnung der Lage des Steinbruches, resp.
der Verladestation sind dem **Special-Catalog** der Gruppe XVIII der
schweiz. Landesausstellung entnommen.



Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigenthümer (Pächter)
I. Granitartige		
Canton		
1	Wohlen a. d. Reuss	M. Comolli, Bremgarten
Canton		
2	Osogna	Gem. Osogna (M. Antonini in Wasen, Uri)
Canton		
3	Wasenerwald bei Gurtellen	Bezirk Uri
Canton		
4	Collombey, Gemeinde Collombey-Murraz	Société des Carrières de St. Triphon et de Collombey
5	Muguet au Rochey, Gemeinde Monthey	Bréganti & Cie., Monthey
II. Trümmer-		
Canton		
6	Neuenhof im Limmatthal, Station Wettingen	J. Schädler-Widmer
7	Eckwyl bei Mägenwyl	J. Widmer in Othmarsingen
8	Meiengrün, Othmarsingen	J. Ackermann-Wirz in Othmarsingen
9	Mägenwyl im Berg	Jos. Fischer in Dottikon
10	idem	idem

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung Name	Farbe	Härte	Scheinbare Dichte	Vol.- Gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- o/o	Druck- festigkeit in kg pr. cm ² trocken (nass)
Gesteine.							
Aargau.							
Erratische Blöcke	Grobkörniger Gneiss-Granit	hellgrau	—	2,48	2,45	0,5	1418
Tessin.							
Primär	Antigorio-Gneiss	hellgrau	—	2,68	2,68	0,37	1053
Uri.							
ProtoGIN	Gneiss-Granit	hellgrau	—	2,63	—	0,5	1742
Wallis.							
Erratische Blöcke	Gneiss-Granit	grau	—	2,68	2,59	0,4	1360
Erratische Blöcke	Gneiss-Granit	grau	—	2,67	—	0,51	1005
Gesteine.							
Aargau.							
Marine Molasse	Muschelsandstein	gelbl.-grau	—	2,51	2,37	1,9	346
Marine Molasse	Grobk. Muschel- sandstein	grau	—	2,58	2,55	1,5	935
Marine Molasse	Muschelsandstein	grau	—	2,56	—	2,1	863
Molasse	Mittelk. Sandstein	hellgrau	—	2,58	—	3,35	611
Marine Molasse	Grobk. Muschel- sandstein	grau	—	2,61	2,55	1,5	500

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigentümer (Pächter)
11	Mägenwyl im Berg	Jos. Fischer in Dottikon
12	idem	idem
13	Güggenberg, Gemeinde Othmarsingen	Friedrich Marti in Othmarsingen
14	Würenlos am Haselberg (Würenlos)	Jos. Moser in Würenlos
15	Maiengrün bei Mägenwyl	Bernhard Seiler, Mägenwyl
Canton		
16	Lutzenberg bei Rorschach	Bartolome Benziger in Wienachten
17	Lutzenberg, Gemeinde Wienachten	Joh. Bischof in Grub im Dorf (St. Gallen)
18	idem	idem
19	Wienachten	Niederer in Wienachten
20	Lippenrüti, Gem. Wolfhalden, Station Rheineck	Joh. Ulrich Bänziger
21	Scheinenhaus Bühler, Station St. Gallen	Joh. Fisch in Bühler
22	Hargarten, Gem. Stein, Station Herisau	Joseph Longoni in Herisau
Canton		
23	Rappenfuh, Gem. Oberburg bei Burgdorf	Niclaus Mühlethaler Sohn, Kirchberg
24	idem	idem
25	Ostermundigen, Gemeinde Bolligen	Aktiengesellschaft für die Steinbrüche von Ostermundigen

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Vol.- Gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %	Druck- festigkeit in kg pr. cm ² trocken (nass)
	Name	Farbe					
Molasse	Ziemlich feink. Sandstein	grau	—	2,57	2,36	3,5	298
Marine Molasse	Muschelsandstein	grau	—	2,50	2,50	1,9	549
Marine Molasse	Muschelsandstein	grau	—	2,61	—	1,5	649
Marine Molasse	Muschelsandstein	gelbl.-grau	—	2,50	2,50	2,6	632
Marine Molasse	Muschelsandstein	hell- gelbl.-grau	—	2,54	2,39	2,1	389
Appenzell.							
Molasse	Mittelk. Sandstein	grünlich- grau	—	2,62	2,45	2,1	505
A Untere Süss- wassermolasse	Feink. Sandstein	bläul.-grau	—	2,60	2,50	2,6	535
B Untere Süss- wassermolasse	Mittelk. Sandstein	hellgrau	—	2,64	2,49	1,8	755
Unt. Süsswasser Molasse	Mittelk. Sandstein	hellgrau	—	2,64	2,43	2,4	716
Unt. Süsswasser Molasse	Mittelk. Sandstein	grau	—	2,53	2,38	2,5	405
Unt. Süsswasser Molasse	Feink. Sandstein	grau	—	2,75	2,75	0,9	1634
Marine Molasse	Feink. Sandstein	dunkel- grau	—	2,73	2,70	0,27	1398
Bern.							
Molasse	Feink. Sandstein	gelbl.-grau	—	2,50	2,30	5,5	317 (162)
idem	Mittelk. Sandstein	bläul.-grau	—	2,41	2,25	4,2	363 (306)
Marine Molasse	Feink. Sandstein	bläul.-grau	—	2,54	2,21	5,2	325 (191)

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigentümer (Pächter)
26	Ostermundigen, Gemeinde Bolligen	Aktiengesellschaft für die Steinbrüche von Ostermundigen
27	Oberburg an der Emme bei Burgdorf	Joh. Tomi in Oberburg (Gebrüder Lüthi in Burgdorf)
28	idem	idem
29	Hof Harnischgut, Gem. Bolligen, Stat. Schönbühl	Johannes Reber in Bolligen
30	Stockern	Räber in Stockern
31	Ostermundigenberg (Station Ostermundigen)	Jacob Zimmermann
32	idem	idem
33		Thöni, Gebr., in Meiringen
Canton		
34	Macconnens (Glâne), Station Villaz-St. Pierre	François Beaud, Macconnens
35	Chapotey, Gem. Echarlens (Gruyère) Station Bulle	Jules Deschenaux (Joseph Belora, Echarlens)
36	Attalens (Veveyse), Station Palézieux	Michel Carminati, Attalens
37	Rochemard, Gem. Seiry (Broye) Station Estavayer	Ed. Dubey, fils, Seiry
38	Vaulruz (Gruyère)	Maurice Borcard (Alfred Masset, Vaulruz)
39	Ursy (Glâne), Station Vauderens	Gemeinde Ursy (Alphonse Vaucher)
40	Beauregard, Gem. Freiburg	Claude Winkler & J. Fischer, Freiburg
41	idem	idem

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Voll- gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %	Druck- festigkeit in kg pr. cm ² trocken (nass)
	Name	Farbe					
Marine Molasse	Feink. Sandstein	gelbl.-grau	—	2,53	2,31	5,4	306 (181)
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	hell- gelbl.-grau	—	2,54	2,22	5,7	230 (88)
idem	idem	bläul.-grau	—	2,52	2,19	5,8	144 (85,6)
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	gelbl.-grau	—	2,59	2,27	5,5	279 (132)
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	grünlich- grau	—	2,53	2,20	6,3	203
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	gelbl.-grau	—	2,57	2,27	5,3	268 (181)
idem	idem	bläul.-grau	—	2,50	2,28	5,5	327 (185)
		Schiefer					
Freiburg.							
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	graul.-gelb	—	2,54	2,22	6,7	171
Marine Molasse (Grès de Ralligen)	Feink. Sandstein	hellgrau	—	2,67	—	0,59	884
Unt. Süsswasser Molasse (tertiaire Grès d'Attalens)	Mittelkörniger compact Sandstein	grau	—	2,71	2,65	0,8	1629
Marine Molasse	Grobk. Muschel- sandstein	grünlich- grau	—	2,60	2,41	0,96	448
Marine Molasse (Grès de Ralligen)	Sandstein mittl. Korngrösse	grau	—	2,62	2,40	1,7	1101
Marine Molasse	Feink. Sandstein	grau und blau	—	2,51	2,27	5,6	215
Marine Molasse	Feink. Sandstein	gelblich- grau	—	2,52	2,24	5,4	306 (170)
Marine Molasse	Feink. Sandstein	bläul.-grau	—	2,54	2,22	6,0	355 (200)

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigenthümer (Pächter)
Canton		
42	Rooterberg , Gem. Root, Station Gisikon	Ignaz Herzog & Sohn in Root
43	Dierikon am Rooterberg, Station Gisikon	Joseph Meier in Luzern
Canton		
44	Altorf-Reiath , Station Schaffhausen	Wittwe Doll in Altorf
45	Oberhallauer-Berg , Station Neunkirch	Gem. Oberhallau, H. Graf in Oberhallau
46	idem	idem
47	Sewisteinbruch , Gemeinde Schleithelm	Gebrüder Stamm in Schleithelm
48	idem	idem
49	idem	idem
Canton		
50	Wallisberg, Freienbach , Stat. Pfäffikon u. Richtersweil	Gregor Nötzli , Freienbach
Canton		
51	Buchen bei Staad	Valentin Bärlocher in Buchen
52	Bolligen , Stat. Schmerikon	Joseph Feurer in Bolligen
53	Schlipf , Gem. Thal, Stat. Staad	Joh. Conrad Gasser in Buchen b. Staad
54	Oberbolligen , Gem. Jona, Station Schmerikon	Kuster & Murer in Oberbolligen

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Vol- gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %	Druck- festigkeit in kg pr. cm ² trocken (nass)
	Name	Farbe					
Luzern.							
Marine Molasse	Feink. Sandstein	bläul.-grau	—	2,66	2,60	1,40	899 (611)
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	bläul.-grau	—	2,63	2,56	1,95	709 (489)
Schaffhausen.							
Marine Molasse	Muschelsandstein	hellgelb	—	2,27	2,04	4,1	96 (115)
Keuper	Ziemlich feink. Sandstein	hellgelb- lich-grau	—	2,43	2,02	8,1	277 (186)
idem	idem	röthlich- braun	—	2,48	2,22	4,6	427 (270)
Keuper	Mittelk. Sandstein	gelbl.-grau	—	2,49	2,18	5,5	273 (233)
idem	idem	röthl.-grau	—	2,48	2,27	4,6	413 (324)
idem	idem	rothbraun	—	2,51	2,17	6,7	273
Schwyz.							
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	grau	—	2,63	2,48	2,0	697
St. Gallen.							
Molasse	Mittelk. Sandstein	grau	—	2,61	2,32	2,2	536
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	grau	—	2,58	2,38	2,4	611
Molasse	Mittelk. Sandstein	blaugrau	—	2,60	2,38	2,7	568
Molasse	Mittelk. Sandstein	gelbgrau	—	2,55	2,34	3,2	447

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigenthümer (Pächter)
55	Wolfhaag , Gem. Degersheim, Stat. Flawyl	Wittwe Lehner in Wolfhaag
56	Abtwil Station Winkeln	Sekretair Giger in Abtwil, Gaiserwald (B. Stärkle , Bezirksrichter, Winkeln)
57	Oberbollingen , Gem. Jona, Stat. Schmerikon	Wolfgang Meier in Oberbollingen
58	Ulisbach , Gem. Wattwyl	Huldr. Meyer
59	Buchberg bei Buchen, Gemeinde Staad (Rheinthal)	Gemeinde Staad (Valentin Raggenbass)
60	Meyerhof , St. Margrethen	Rüesch & Eugster
61	Vadura-Pfäfers , Gem. Pfäfers, Stat. Ragaz	Ortsgemeinde Pfäfers (Schiefertafelfabrik Engy in Ragaz)
62	Zwischen Ragaz und Dorf Pfäfers , Station Ragaz	Leonh. Weber in Ragaz
63	Scheftenau bei Wattwyl	Mathias Stäheli und J. Zwingli
64	Oberbollingen , Gem. Jona Station Schmerikon	Michael Vogt in Nuolen (Schwyz)
65	Uznaberg , Gem. Uznach, Stat. Schmerikon	Wenk & Kuster in Schmerikon
66	Mels am Seebach und auf dem Kastelshügel	Leonhard Zimmermann & Söhne , Mels
67	idem	idem
68	St. Margrethen	Aug. Rüesch in St. Margrethen
Canton		
69	Weidli am Walchwylerberg, Gemeinde Walchwyl	J. C. Fuog in Zug

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Vol- gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %	Druck- festigkeit in $kg\text{pr.}cm^2$ trocken (nass)
	Name	Farbe					
Mittel-Tertiär	Feinkörnige Nagelfluh	bunt	—	2,71	2,70	0,26	1443
Mittel-Tertiär	Grobkörnige Nagelfluh	bunt	—	—	—	—	—
Molasse	Grobk. Sandstein	röthlich hellgrau	—	2,57	2,40	2,9	573
Unt. Süsswasser- molasse	Sandstein	hell- gelbl.-grau	—	2,55	2,34	4,1	447 (289)
Marine Molasse	Feink. Sandstein	blaugrau	—	2,60	2,55	2,4	689
Unt. Süsswasser- molasse	Grobk. Sandstein	grau	—	2,53	2,36	2,1	583 (415)
Eocen (Flysch)	Kalkiger Thonschiefer	schwarz	2—3	2,76	2,63	0,16	1253 (1109)
Eocen (Flysch)	Kalkiger Thonschiefer	schwarz	—	—	—	—	—
Unt. Süsswasser- molasse	Grobk. Sandstein	grau	—	2,60	2,36	2,3	519 (443)
Molasse	Grobk. Sandstein	hellgrau	—	2,55	2,38	2,6	664
Unt. Süsswasser- molasse	Mittelk. Sandstein	hellgrau	—	2,57	2,46	2,1	785 (632)
Verrucano (Sernifit)	Quarzit- Conglomerat	röthlich	—	2,71	2,62	0,0	953
idem	idem	gelblich- grün	—	2,68	2,57	0,0	1048
Unt. Süsswasser- molasse	Grobk. Sandstein	hellgrau	—	2,52	2,34	3,0	544
Zug.							
Molasse	Feinkörniger Sandstein	grau	—	2,60	2,51	1,0	869

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigentümer (Pächter)
70	Gaissrain, 1 1/2—2 Stunden von Zug	Cajetan Henggeler (Henggeler & Guggenbühl)
71	Gemeinde Walchwyl, Station Zug	Dagobert Keiser in Zug
72	Am Gubel, Menzingen, Station Zug	Joseph Weber am Gubel
III. Kalk-		
Canton		
73	Veltheim, Station Wildegg	Zschokke & Cie. in Aarau
Canton		
74	Laufen im Birsthal (Jurabahn)	Bachofen & Spiess in Basel
75	idem	idem
76	Laufen im Birsthal	Leonhard Friedrich in Basel
77	Reuchenette bei Biel (Station Reuchenette)	Bauunternehmer E. Ritter-Egger in Biel
Canton		
78	La Riondeneire, Gemeinde Châtel St. Denis, Station Palézieux	Erben von Ignace Genoud (Casimir Chillier, Châtel St. Denis)
79	Les Fornys, Gem. La Villette (Gruyère)	Claude Gremion (Pharisaz, Gillard & Cie., Estavannens)

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Vol- gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %	Druck- festigkeit in kg pr. cm ² trocken (nass)
	Name	Farbe					
Unt. Süsswasser Molasse	Mittelk. Sandstein	hellgrau	—	2,56	2,41	1,97	610 (436)
Marine Molasse	Mittelk. Sandstein	bläul.-grau	—	2,66	2,61	1,3	608
Unt. Süsswasser Molasse	Mittelgrobk. Sandstein	hellgrau	—	2,59	—	1,7	605 (529)
Steine.							
Aargau.							
Malm, jurassisch	Oolithischer Kalkstein	hellgelb	5	2,66	2,50	5,1	974
Bern.							
Malm, jurassisch	Weiss- marmorirter, oolith. Kalkstein	hellgelb	4	2,69	2,60	0,9	1076
idem	idem	idem	4	2,70	2,62	0,9	1284
Malm, jurassisch	Oolithischer bis dichter Kalkstein	gelblich- braun	4	2,70	2,70	0,35	1125
Malm, jurassisch	Dichter feingeadert Kalkstein	hellbraun	4—5	2,70	2,70	0,23	1312
Freiburg.							
Malm, jurassisch	Dichter Kalkstein	hellbraun- grau	4	2,71	2,70	0,12	1373
Malm, jurassisch	Dichter marmorirter Kalkstein	hellbräunl. grau	4	2,69	2,65	0,1	1229

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigentümer (Pächter)
80	Grandvillars (Gruyère)	Gemeinde Grandvillars (Pharisaz, Gillard & Cie., Estavannens)
Canton		
81	La Roche, Gem. Couvet	Alphonse Borel (Louis Borel)
82	Vue des Alpes, Mont d'Amin, Gem. Cernier	Gemeinde Cernier (Jean Baptiste Grassi à Cernier)
83	Hauterive (St. Blaise)	Société technique, Neuchâtel
84	Boinot bei Chaux-de-fonds	Joseph Versell
85	Montandon, Val de Travers	Erbschaft von Blanc (Joseph Maulini)
Canton		
86	Hofstetten bei Neuhausen	Albert Buhner in Schaffhausen
87	Gehrenbuch bei Hemmenthal (Schaffhausen)	Christian Leu in Hemmenthal
88	Gaisberg bei Schaffhausen	Fr. Rossi in Schaffhausen
Canton		
89	Oberbuchsiten (Egerkingen)	Gemeinde Oberbuchsiten (Arnold von Arx, in Olten)
90	Solothurn	Gemeinde Solothurn (Bargetzi-Bohrer)
91	Solothurn	Bargetzi-Schmid

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Vol.- Gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %	Druck- festigkeit in kg pr. cm ² trocken (nass)
	Name	Farbe					
Malm, jurassisch	Dichter marmor. Kalkstein	hellbräunl. grau	6—7	2,70	2,70	0	1579
Neuenburg.							
Dogger, jurassisch	Oolithischer Kalkstein	roth	4	2,67	2,67	0	1351
Malm, jurassisch	Dichter Kalkstein	hellbraun	3—4	2,71	—	0,15	1263
Neocomien, jurassisch	Zoogener, oolithischer Kalkstein	gelb	2	2,57	2,50	3,1	474 (228)
Malm, jurassisch	Oolithischer bis dichter Kalkstein	hellbraun	6	2,70	2,70	0,36	1363
Urgonien (Kreideformation) jurassisch	Erdiger oolithischer Kalkstein	gelblich- weiss	1—2	2,54	2,04	10,7	133,9
Schaffhausen.							
Malm, jurassisch	Dichter Kalkstein	hellgelb	3—4	2,68	2,66	1,3	1422
Malm, jurassisch	Dichter Kalkstein	hell- gelblich- grau	4	2,65	2,59	0,7	1386
Malm, jurassisch	Dichter Kalkstein	hellgelb	4	2,70	2,70	0,5	1177
Solothurn.							
Malm, jurassisch	Dichter Oolith- Kalkstein	hellgrau geadert	4—5	2,69	—	0,29	1129,7
Malm, jurassisch	Dichter Nerinäen- Kalkstein (Meerschnecken)	hellgrau	3—4	2,70	2,68	0,30	1084
Malm, jurassisch	Dichter Nerinäen- Kalkstein	hellgrau	4	2,69	2,66	0,37	1034

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigenthümer (Pächter)
92	Lommiswyl	Gemeinde Bellach (Peter Fröhlicher & Cie. in Lommiswyl)
93	idem	idem
94	idem	idem
95	idem	idem
Canton		
96	Bazenheid, Gem. Kirchberg an der Thur (Stat. Bazenheid)	Canton St. Gallen (Joh. Bapt. Moosberger, in Bazenheid)
97	Siten im Fly bei Weesen	Ortsgemeinde Weesen (Heinrich Hösli in Glarus)
98	Isligstein bei Ragaz	Ortsgemeinde Ragaz (G. Koller in Ragaz)
99	Isligstein bei Ragaz	Ortsgemeinde Ragaz (Max Näff in Rheineck)
100	Wallenstatt	Marmorbrüche und Cementfabrik Wallenstatt
101	Gem. Wartau Am Schollberg zwischen Trübbach und Sargans, Verladestation Trübbach	Ortsgemeinde Wartau
102	Libingen bei Mosnang, Station Bütschwil	Steiger & Kuhn in Flawyl
Canton		
103	Villeneuve, Mont Arvel	Berger frères in Villeneuve
104	Agiez, Bezirk Orbe	Chamorel & Southwell in Lausanne
105	idem	idem

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Vol.- Gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %	Druck- festigkeit in kg pr. cm ² trocken (nass)
	Name	Farbe					
Malm, jurassisch	Dichter Nerinäen- Kalkstein	B hellgelb	3—4	2,70	2,66	0,19	1407
idem	idem	C gelb	3—4	2,69	2,67	0,29	1555
idem	idem	D gelb	3—4	2,69	2,67	0,26	1081
idem	idem	E gelb	3—4	2,70	2,68	0,29	1092
St. Gallen.							
—	Kalktuff	gelb	3—4	2,21	1,65	13,4	60,6
Valangien, alpin (Kreideformation)	Echinodermen Kalkstein	graulich- braun	4—5	2,70	2,70	0	1787
Eocenformation, alpin	Dichter Nummuliten- Kalkstein	schwarz m. weissen Adern	4	2,72	2,70	0,26	1146
Eocenformation, alpin	idem	idem	4	2,72	2,70	0,26	1146
Malm, alpin	Dichter Quintner- Kalkstein	schwarz	5—6	2,71	2,71	0,39	1354
Malm, alpin	Dichter Kalkstein	schwarz, weiss geadert	3—4	2,71	2,70	0,8	1207
—	Kalktuff	gelb	—	2,37	1,71	7,4	96,5 (123,4)
Waadt.							
Lias, alpin	Dichte Echino- dernen-Breccie	röthlich- braun	4—5	2,73	2,73	0	932
Urgonien (Kreideformation) jurassisch	Oolithischer erdiger Kalkstein	gelblich- weiss	1—2	2,59	2,30	10,0	148 (62,2)
idem	idem (blancroyal)	idem	2—3	2,59	2,40	9,15	257 (141,8)

Nr.	Lage des Bruches (Verladestation)	Eigentümer (Pächter)
106	Chamblon bei Yverdon	Emile Landry in Yverdon
107	St. Triphon, Gem. Ollon	Société des Carrières de St. Triphon et de Collombey
108	idem	idem
Canton		
109	Murraz, Stat. St. Triphon	Bloch, Bovet & Cie. in Monthey
110	Collombey, Gem. Collombey-Murraz	Société des Carrières de St. Triphon et de Collombey
111	Collombey (Monthey und St. Triphon)	Gemeinde Collombey (P. M. Delavallaz)
112	idem	idem
113	Granges Rive droite du Rhone	Usine de Grandchamps près Veytaux Vaud, Joseph Sollioz & Cie. in Sitten
Canton		
114	Höll, Gem. Neuheim und Menzingen (Station Zug)	Gebr. Joseph Leonz & Joseph Schmid in Baar
Canton		
115	Lägern, Gem. Sünikon (Dielsdorf)	Lägern-Steinbruch-Aktiengesellschaft Regensberg

Geologische Alter	Petrographische Bezeichnung		Härte	Scheinbare Dichte	Vol- gewicht	Wasser- aufnahme in Gewichts- %o	Druck- festigkeit in kg pr.cm ² (nass)
	Name	Farbe					
Neocomien, jurassisch	Fleckiger, späthiger Kalkst.	gelblich- braun	5—6	2,70	2,68	0,3	1075
Lias, alpin	Dichter geadert Kalkstein	schwarz	5—6	2,71	2,67	0	1575
idem	idem	idem	4—5	2,68	2,45	0	960
Wallis.							
Alpin Sekundär- Kalkstein	Dichter Kalkstein, geadert	(St. Anne) dunkel- grau, weiss gewölkt	4—5	2,73	2,70	0,18	960
Sekundär- Kalkstein	Gesprenkelter späthiger Kalkst.	röthlich- grau	4—5	2,71	2,69	0	1520
idem	Späthiger Kalkst. Echinodermen- Breccie	hellgrau	3—4	2,70	2,64	0	1377
idem	idem	dunkel- violett	3—4	2,73	2,66	0	1350
Trias	Dichter weisser Gyps, Alabaster	weiss	2—3	2,28	2,25	—	432,5
Zug.							
—	Kalktuff		—	2,53	1,57	13,7	879
Zürich.							
Malm, jurassisch	Dichter Kalkstein	hellbraun	4	2,67	2,61	0,2	1766

Tabellarische Zusammenstellung
der Resultate.

B. Künstliche Bausteine.



Nr.	Firma	Abmessung in <i>cm</i>	Benennung
I. Handsteine.			
1	Dampfziegelei Heurieth, Aussersihl bei Zürich	25,0 : 12,0 : 6,0	Mauersteine
2	Staats-Bergwerks-Verwaltung Käpfnach bei Horgen	24,5 : 11,8 : 5,5	"
3	J. J. Keller, Ziegeleien Teufen und Neftenbach, Stat. Embrach und Pfungen	24,0 : 11,0 : 6,0	"
4	Mechanische Backsteinfabrik Zürich	24,5 : 11,0 : 6,0	"
5	Thonwaaren- u. Klinkersteinfabrik Tänikon bei Aadorf	25,0 : 12,5 : 5,5	"
6	Ziegelei Albishof in Wiedikon b. Zürich (R. & E. Blattmann)	28,0 : 13,5 : 6,0	"
7	idem	25,0 : 12,0 : 6,0	"
II. Maschinen-			
8	Thonwaarenfabrik Allschwil Passavant-Iselin in Basel Station Basel und St. Ludwig	25,5 : 12,5 : 6,0	Mauersteine
9	idem	25,0 : 12,0 : 6,0	"
10	J. Schmidheini, Ziegelei Heerbrugg u. Espenmoos (Rheinthal) Stat. St. Fiden	25,5 : 12,0 : 6,5	"
11	idem	idem	"
12	Société technique in Neuenburg	27,0 : 9,0 : 5,0	Kaminsteine

Farbe	Scheinbare Dichte	Gewicht pr. Stein	Wasser- aufnahme in Gewichts-%	Druckfestigkeit in <i>kg pro cm²</i>					
				trocken			wassergesättigt		
				Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum	Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum
I. Handsteine.									
röthlichgelb	—	2,55	25,6	190	238	141	123	159	98
roth	1,96	2,50	28,1	254	293	220	232	268	194
rosa	2,38	2,89	11,8	233	261	194	218	265	190
hellgelb	2,48	2,53	24,8	235	282	149	215	261	168
weisslichgelb	2,34	2,56	23,3	192	232	171	216	278	179
hell weisslichgelb	2,19	3,46	31,5	92	195	67	96	118	84
hellgelblich	2,17	2,49	29,3	113	139	90	96	124	69
-Vollsteine.									
roth	2,30	3,50	13,0	294	347	206	264	274	253
röthlichgelb	2,24	2,83	19,2	449	531	388	377	426	335
roth	2,31	3,09	20,0	374	445	316	320	363	249
hellgelb	2,36	2,96	25,1	400	500	232	239	308	179
roth	2,29	2,00	11,4	243	409	136	318	384	220

Nr.	Firma	Abmessung in <i>cm</i>	Benennung beziehungsweise Anzahl und Abmessungen der Löcher
13	Société technique in Neuenburg	21,5 : 10,5 : 5,5	Verblendsteine
14	Ziegel- u. Thonwaarenfabrik Emmishofen (Noppel & Würtemberger) Schiffsstation Constanz	25,0 : 12,0 : 6,0	Mauersteine
15	Ziegelfabrik z. Ziegelhof, Horn bei Rorschach (G. A. Bourry)	25,5 : 12,5 : 6,5	Mauersteine
16	Hector Egger's Ziegelfabrik Nebikon	22,0 : 11,0 : 6,0	Verblendsteine
17	idem	23,0 : 11,0 : 6,5	Hinter- mauerungssteine
18	Dampfziegelei Heurieth, Aussersihl bei Zürich	25,0 : 12,0 : 6,0	Mauersteine
III. Nachgepresste			
19	J. J. Keller, Ziegeleien Teufen und Neftenbach, Stationen Embrach und Pfungen	24,0 : 11,5 : 6,0	Verblendsteine
20	Fd. Curchod & Cie., tuilier, in Bussigny b. Lausanne	26,5 : 12,0 : 6,0	Verblender
IV. Lochsteine.			
21	Ziegelei Dynhard (A. Berlinger)	23,0 : 11,5 : 6,5	17 à 1,0 <i>cm</i> Durchmesser
22	Dampfziegelei Heurieth, Aussersihl bei Zürich	25,0 : 12,0 : 6,0	
23	J. J. Keller, Ziegeleien Teufen und Neftenbach, Stat. Embrach u. Pfungen	24,5 : 11,5 : 6,0	17 à 1,5 <i>cm</i> Durchmesser
24	idem	24,0 : 11,0 : 6,0	17 à 1,5 <i>cm</i> Durchmesser

Farbe	Scheinbare Dichte	Gewicht pr. Stein	Wasser- aufnahme in Gewichts-%	Druckfestigkeit in <i>kg pro cm²</i>					
				trocken			wassergesättigt		
				Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum	Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum
roth	2,25 (2,27*)	2,07 (2,15*)	18,8 (7,9*)	128 (154*)	151 (171*)	90 (109*)	177 (148*)	214 (166*)	143 (133*)
röthlich- gelblich	2,57	3,30	21,8	337	472	208	280	320	224
roth	2,22	3,63	16,9	215	290	171	—	—	—
dunkelroth	2,29	2,48	13,2	261	389	147	183	206	137
roth	2,29	2,66	17,6	227	280	199	207	222	189
hellgelb	2,30	2,70	22,6	285	312	185	219	242	165
Vollsteine.									
dunkelroth	2,34	2,96	9,3	267	324	196	218	322	154
roth	2,34	3,80	—	291	388	190	—	—	—
A. Senkrecht durchlöcherter Steine.									
hellroth	2,59	2,60	22,1	336	431	279	319	367	256
hellgelb	2,32	2,55	26,6	320	376	211	241	279	180
hellgelb	2,35	2,39	20,4	338	383	272	240	302	198
dunkelroth	2,32	2,82	9,3	380	485	210	323	348	269

*) Kontrollversuch mit einer neuen Sendung Steine.

Nr.	Firma	Abmessung in <i>cm</i>	Anzahl und Abmessungen der Löcher
26	idem	25,0 : 12,0 : 6,0	"
27	idem	25,0 : 12,0 : 6,0	"
28	Thonwaarenfabrik Allschwil Passavant-Iselin in Basel Station Basel und St. Ludwig	24,0 : 11,5 : 5,5	"
29	idem	24,0 : 11,5 : 5,5	"
30	Thonwaaren- u. Klinkersteinfabrik Tänikon bei Aadorf	24,5 : 12,5 : 6,2	3 à 2,0 u. 8 à 1,6 <i>cm</i> Durchmesser
31	Ziegelei Albishof i. Wiedikon b. Zürich (R. & E. Blattmann)	28,0 : 13,5 : 6,0	17 à 2,0 <i>cm</i> Durchmesser
32	idem	25,0 : 12,0 : 6,0	14 à 1,5 <i>cm</i> Durchmesser
IV. Lochsteine.			
33	Ziegelei Dynhard (A. Berlinger)	25,0 : 12,5 : 6,5	2 à 3,0 : 2,0 <i>cm</i>
34	Fd. Curchod & Cie., tuilier in Bussigny b. Lausanne	28,0 : 15,0 : 12,0	9 in 3 Etagen à 2,0 : 3,0 <i>cm</i>
35	J. J. Keller, Ziegeleien Teufen und Neftenbach, Stat. Embrach u. Pfungen	23,0 : 11,5 : 5,5	5 à 2,5 : 2,5 <i>cm</i>
36	Staats-Bergwerks-Verwaltung Käpfnach bei Horgen	25,0 : 12,0 : 8,0	4 in 2 Etagen à 1,5 : 3,0 <i>cm</i>
37	J. J. Keller, Ziegeleien Teufen und Neftenbach, Stat. Embrach u. Pfungen	22,5 : 11,5 : 6,0	2 à 3,0 : 3,0 <i>cm</i>
38	Mechanische Backsteinfabrik Zürich	25,0 : 12,0 : 6,0	3 à 2,0 : 2,0 <i>cm</i>

Farbe	Scheinbare Dicke	Gewicht pr. Stein	Wasser- aufnahme in Gewichts-%	Druckfestigkeit in <i>kg</i> pro <i>cm</i> ²					
				trocken			wassergesättigt		
				Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum	Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum
hellgelb	—	2,34	12,5	255	311	193	294	338	271
hellgelb	2,48	2,34	26,1	304	350	261,5	374	438	296
roth	—	2,57	18,7	340	405	284	282	296	268
roth	2,22	2,65	2,6	270	345	212	247	290	211
hellgelb	2,33	2,20	16,2	582	685	411	459	506	380
hell weisslichgelb	2,30	2,44	24,6	214	286	167	227	261	187
hell weisslichgelb	2,28	3,00	29,5	141	177	114	200	226	161
hellgelblich	2,30	2,25	31,7	158	200	112	139	180	112
B. Horizontal durchlöchersteine.									
hellroth	2,63	2,75	19,0	204	257	78	217	251	144
gelb	2,37	2,54	18,9	105	135	74	102	139	62
dunkelroth	2,32	2,13	6,8	136	203	96	190	210	178
roth	—	2,90	22,0	79	95	64	99	109	90
dunkelroth	2,36	2,12	8,5	135	302	105	151	159	145
hellgelb	2,51	2,18	23,4	105	147	71	100	123	48

Nr.	Firma	Abmessung in <i>cm</i>	Anzahl und Abmessungen der Löcher
40	Société technique in Neuenburg	30,0 : 10,5 : 6,0	2 à 2,6 : 3,0 <i>cm</i>
41	idem	31,0 : 11,5 : 4,0	3 à 4,5 : 2,0 <i>cm</i>
42	Thonwaren- u. Klinkersteinfabrik Tänikon bei Aadorf	24,6 : 12,0 : 6,5	2 à 2,5 : 3,5 <i>cm</i>
43	E. Walcher-Luchsinger, Mechanische Backsteinfabrik Schänis	25,0 : 12,0 : 6,0	2 à 0,1 <i>cm</i> Durchmesser
44	idem	25,0 : 12,0 : 6,0	2 à 3 <i>cm</i> Durchmesser
45	idem	24,0 : 11,5 : 6,5	3 à 2,5 <i>cm</i> Durchmesser
46	Hector Egger's Ziegelfabrik Nebikon	24,0 : 12,0 : 6,0	3 à 3,0 : 2,0 <i>cm</i>

V. Cementsteine.

47	Bausteinfabrik Solothurn	24,0 : 12,0 : 6,0	Cementsteine
48	Gesellschaft der Ludw. von Roll'schen Eisenwerke in Choindex	24,0 : 11,5 : 5,5	Schlackensteine
49	Staats-Bergwerks-Verwaltung Käpfnach bei Horgen	25,0 : 12,0 : 6,5	Cementsteine
50	idem	25,0 : 12,0 : 6,5	Cementsteine Verblender
51	Ruge & Cie., Cementsteinfabrik Altstetten bei Zürich	25,0 : 12,0 : 6,0 (" " *)	Cementsteine (" " *)

Farbe	Scheinbare Dichte	Gewicht pr. Stein	Wasser- aufnahme in Gewichts-%	Druckfestigkeit in <i>kg pro cm²</i>					
				trocken			wassergesättigt		
				Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum	Durch- schnitt	Maxi- mum	Mini- mum
roth	2,27	2,80	15,5	162	192	130	96	136	73
roth	2,29	2,21	14,2	122	179	75	109	124	96
roth	2,38	2,12	12,6	80	138	48	82	105	65
hellgelb	2,43	2,14	25,2	90	153	65	104	150	52
roth	2,40	3,00	15,6	437	545	276	231	273	126
roth	—	2,62	13,4	193	244	145	109	122	90
roth	2,40	2,62	15,3	245	416	186	185	250	118
dunkelroth	2,31	2,20	13,1	112	158	90	107	123	93
grau	2,36	3,33	—	70	103	54	—	—	—
grau	2,28	3,55	2,1	290	355	237	177	209	143
gelblichgrau	2,27	4,20	1,9	209	243	174	182	202	166
dunkelgrau	2,40	4,15	2,3	142	175	121	125	149	115
grau (")	2,43 —	4,27 —	3,1 —	308 (291*)	352 (306*)	282 (282*)	186 (237*)	209 (252*)	160 (210*)

V. Cementsteine.

*) Kontrollversuch mit Steinen einer 2. Lieferung.

Specielle Untersuchungen der schweiz. Trümmergesteine.

Nach Abwicklung der mehrfach erwähnten Ausstellungsarbeiten hat der Berichterstatter, behufs schärferer Kennzeichnung der petrographisch-physikalischen Eigenschaften der schweiz. Sandsteine, eine Reihe specieller Untersuchungen eingeleitet, deren Resultate um so wichtiger sind, als sie einerseits die anlässlich der Ausführung der Ausstellungsarbeiten gewonnenen Gesichtspunkte hinsichtlich der Möglichkeit bestätigen, die Frostbeständigkeit eines Materials auf mechanischem Wege zu bestimmen und zahlengemäss auszudrücken, anderseits die Bahnen ebnen, auf welchen voraussichtlich wirksame Conservierungsmittel verwitterungsfähiger, resp. in Verwitterung begriffener Sandsteine zu finden sind.

Die Frage nach einem einigermassen zuverlässigen Verfahren zur Charakterisirung des Beständigkeitsverhältnisses eines Materials ist wohl so alt als die Baukunst selbst. Viele unserer ehrwürdigen Denkmäler der Gothik und Renaissance, aber auch so manche Bauwerke aus jüngst verflossener Zeit würden sicherlich aus anderem Materiale erstellt worden sein, hätte man ihr nachmaliges Schicksal geahnt und über Mittel verfügt, das muthmassliche Verhalten der Materialien bei Einwirkung wechselnder Feuchtigkeit und Frostes zu bestimmen.

Was der Bautechniker in erster Linie bedarf, ist die Entscheidung, ob ein bestimmtes, in einem spec. Anwendungsfalle in Aussicht genommenes Material ohne Gefahr einer vorzeitigen Zerstörung (absolut Beständiges giebt es ja überhaupt nicht) verwendet werden könne, ob bei der Verwendung besondere Vorsichtsmassregeln geboten sind, oder ob die Anwendung des Materials wegen entschiedener Unbeständigkeit sich auf den innern Ausbau zu beschränken habe. In zweiter Linie liegt es im Interesse der Steinindustrie sowie der mit

ihr verbundenen Branchen des Baugewerbes, Mittel zu finden, die ohne Aenderung der Farbe und äussern Beschaffenheit des Materials seine Widerstandsfähigkeit gegen Frost und Witterschäden erhöhen.

Unsere Erfahrungen und anderweitig ausgeführte Frostversuche sprechen unzweifelhaft dafür, dass das gewählte Verfahren die obwaltenden Verhältnisse mit genügender Schärfe und Zuverlässigkeit charakterisirt, und daher auch umgekehrt in den Stand setzt, den Wirkungsgrad eines vorgeschlagenen Conservierungsmittels zu prüfen und zu beurtheilen.

Aus vorstehend Gesagtem möchte bereits zur Genüge hervorgehen, dass es sich lediglich um den mechanischen Vorgang der Frostwirkung handeln kann, wenn wir versuchen, die Beständigkeit eines Materials auf rein mechanischem Wege, zahlengemäss auszudrücken. Alle chemischen Agentien, die die Dauer der Dienstleistung schädlich beeinflussen, seine vorzeitige Zerstörung hervorrufen oder doch beschleunigen können, fallen hier ausser Betracht und bilden Gegenstand einer Erörterung, die von der Wirkung des kristallisirenden Wassers getrennt werden muss. Nachstehende Betrachtungen beziehen sich ausschliesslich auf mehr oder weniger poröse Bausteine, also auf die Trümmergesteine überhaupt, sowie auf die oolithisch-erdigen Kalksteine. Die nennenswerthen Schäden, die durch Wirkung der Kristallisation des Wassers an scheinbar compacten Gesteinsarten beobachtet werden, sind stets auf vorhandene Lager, Adern, nachträglich ausgefüllte Zerklüftungen zurückzuführen, die sich durch Ansehen der Bank erkennen lassen, ohne dass man zu Handstücken seine Zuflucht zu nehmen brauchte.

Die zahlreichen, an kleinern und grössern Objekten aller Art beobachteten Verwitterungserscheinungen lassen sich auf die Wirkung der Kristallisation des capillar festgehaltenen Wassers, der Poreneuchtigkeit zurückführen. Der Vorgang ist folgender:

An Stellen ein und desselben Steines, wo das capillar festgehaltene Wasser der Porenräume durch Zugluft und unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen nicht genügend intensiv verdunsten kann resp. durch Nachsickerung sich erneuert, entsteht eine Lockerung des materialen Gefüges, eine Reduktion der Cohesion durch Expansion des sein Volumen vergrösserten Körpers, hauptsächlich aber durch Erweichen der Kittsubstanz (der Sandsteine) oder der Körpermasse selbst (oolithischen, erdigen Kalksteine). Trifft das durchfeuchtete

Material eine Frostwirkung, so werden an jenen Stellen des Steines, wo die Porenfeuchtigkeit der Oberfläche zunächst sitzt, von Aussen nach Innen fortschreitend kleine Körpertheilchen abgelöst, so oft die Expansionskraft des Eises grösser ist, als die Zugfestigkeit des erweichten Materials. Da nun durch Erweichung der Kittsubstanz beziehungsweise der Grundmasse des Materials selbst Zug- wie Druckfestigkeit gleichmässig alterirt werden, anderseits das Verhältniss von Zug zu Druck für das gleiche Material constant sein muss, so ist klar, dass bei Beurtheilung der Sachlage die bautechnisch ungleich wichtigere, leichter bestimmbare Druckfestigkeit für die Zugfestigkeit substituirt werden kann, so ferne nur dem Verhältnisse beider in der schliesslichen Relation der Frostbeständigkeit gebührend Rechnung getragen wird.

Zur Charakteristik der Frostbeständigkeit eines Trümmergesteines oder eines porösen, oolithisch-erdigen Kalksteins ist es nur nöthig, die Porosität, Fähigkeit der Wasseraufnahme und das Mass des Erweichens in einer gedrängten Form auszudrücken; gleichzeitig die Cohesion des Materials, bei welcher Ablösungen einzelner Körperpartikelchen ausgeschlossen bleiben, durch hinreichende Festigkeitszahlen auszudrücken. Porosität, Fähigkeit der Wasseraufnahme und das Mass der Erweichung gelangen summarisch in der Grösse des Verhältnisses der Festigkeit in wassergesättigtem Zustande zur Trockenfestigkeit voll und ganz zum Ausdrucke. Wir finden mit Rücksicht auf die Gefahr, die im Erweichen des Kittmaterials oder der Grundmasse eines Materials selbst liegt, die Berechtigung, das fragliche Verhältniss als Beständigkeitscoefficient zu definiren und die Qualität, den Werth eines Materials:

1. durch eine angemessene minimale Druckfestigkeit (in trockenem Zustande)
2. durch einen minimalen Beständigkeitscoefficienten

auszudrücken.

Die Feststellung der Grenzwerte für den Festigkeits- und Beständigkeitscoefficienten kann entweder experimental durch Frostversuche, oder in Anlehnung an die Erfahrung erfolgen. Den erstgenannten Weg hat Hauen-schild betreten und die Richtigkeit und Zuverlässigkeit unserer Ausdrucksweise an Kalkoolithen in natürlichem, verfrierbarem und imprägnirtem Zustande nachgewiesen. Wir haben uns mit Rücksicht auf die Unmöglichkeit der Erprobung sämtlicher Species der Gruppe Trümmergesteine, mit Rücksicht auf die

massgebende Bedeutung der directen Erfahrungen, an die letztern angelehnt und darauf unsere Classification der Bausteine basirt.

Bevor wir auf die Begründung der speciellen Qualitätsansätze schreiten, sei gestattet, aus der Reihe der beobachteten Verwitterungserscheinungen einige kennzeichnende Fälle herauszugreifen, an welchen die Rolle, die das capillare Wasser in fraglicher Sache spielt, besonders ausgeprägt erscheint.

Eine ziemlich häufig beobachtete Erscheinung ist die Verwitterung der Balkon- und Hängeplatten stark vorladender Gesimse. Das Regen- oder Schneewasser sickert durch den Stein und sammelt sich in den Poren der untern Steinhälfte. Während die dem Wind und Wetter direct ausgesetzte obere Steinfläche dank der immer wieder eintretenden Trocknung und Erhärtung gut erhalten erscheint, bleibt die Cohaesion des Materials in den wassergesättigten Theilen suspendirt und für die schädliche Frostwirkung empfänglich. Dadurch erklären sich die Ablösungen der untern Flächen der Balkon- und Gesimsplatten; daher das Herabfallen der untern Kiefer der Löwenköpfe auf der Attika des eidg. Polytechnikums, u. d. m.

Eine Reihe von Stützmauern, wahrscheinlich ohne rechte Sickeranlagen, zeigen folgende Verwitterungserscheinungen. Einzelne Binder, die muthmasslich auf die ganze Stützmauerstärke durchgreifen, sind zerstört, lösen sich bei Berührung in Sand auf, während die anliegenden Nachbarsteine angefressen erscheinen. Diese Erscheinung, die Herr Oberingenieur Rob. Moser an den Berner Stützmauern zuerst beobachtet hat, kommt auch bei Backsteinmauern vor, wo jedoch gewöhnlich eine grössere Anzahl in Verband stehender Steine in Abblätterung begriffen erscheinen, während benachbarte Partien vollkommen intact sind. Hier hat man es offenbar mit der combinirten Wasser-Frostwirkung, wie vorher, zu thun. Das Wasser wird durch capillare Canäle der Mörtelfugen oder der Steinmasse aus der Hinterfüllung oder aus dem Wasser, welches gelegentlich auf der rückwärtigen Wandfläche der Mauer abfließt, gesogen festgehalten und bereitet durch Erweichen der Kittsubstanz resp. der Ziegelmasse den Effect der Frostwirkung energisch vor.

Stützmauer-Deckel zeigen oft interessante Verwitterungserscheinungen. Gewöhnlich tritt die Verwitterung an den untern Deckelflächen zwischen Wassernase und Auflagerfläche ein. Am häufigsten beginnt der Steinfrass an der Stossfuge der Deckel und erscheinen sodann in der Regel beide anstossenden Steine von der Fuge weg angegriffen. Fig. 1

und 2 zeigen derartige Verwitterungserscheinungen an Deckeln einer Garten-Mauer in Zürich.

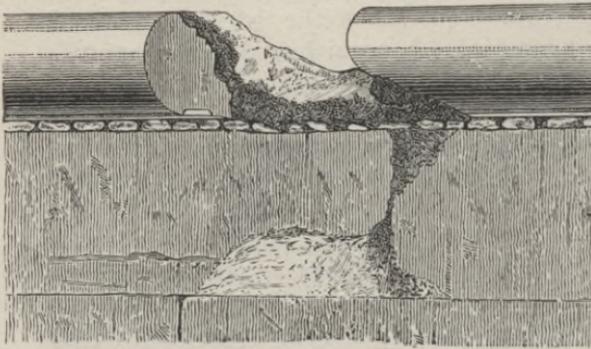


Fig. 1

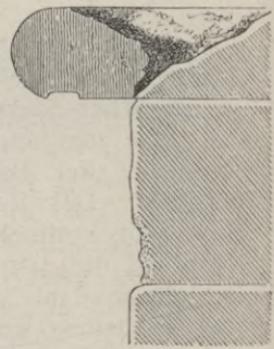


Fig. 2

Durch den Grad der Verwitterung, namentlich durch die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, bietet das Hauptgebäude des schweiz. Polytechnikums besonderes Interesse und reichliches Material zum Studium. Fast sämtliche der vorhandenen Verwitterungsschäden sind durch Erweichen der Kittsubstanz des verwendeten Sandsteins bedingte Frostschäden; einzelne Erscheinungen möchten auch dafür sprechen, dass

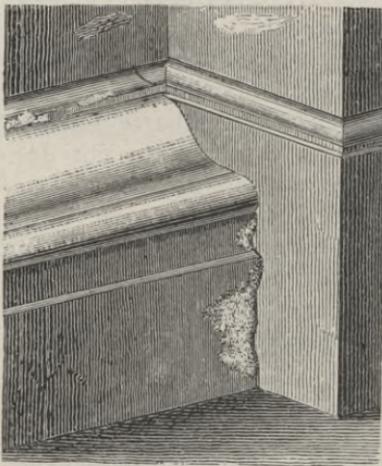


Fig. 3

die feinem Details wahrscheinlich in Folge der zerstörenden Einwirkung der Steinhauerwerkzeuge auch gegen Frostschäden empfindlicher sind, als die kräftigen Gliederungen. Fig. 3 stellt eine der Ecken an den Thüren des Hauptportals dar. Man sieht, die verticale Stossfuge saugt Wasser von den Steinplatten, mit welchen das Podest der Freitreppe vor dem Eingang eingedeckt wurde. Der Stein nimmt capillar Wasser auf, erweicht und verfriert von Aussen nach Innen fortschreitend in der Ausdehnung, als Wasser einzudringen vermag.

Fig. 4 gibt die perspectivische Ansicht einer Ecke vom Mittelbau der Hauptfäçade des Polytechnikums. Der in Fig. 5 und 6 in ursprünglichem und jetzigem Zustande dargestellte Rundstab mit dem anschliessenden Profil zeigt an der Oberfläche, die der Einwirkung von Wind und Wetter direct exponirt ist, nirgends den geringsten Schaden; das Material ist hart und sogar mit einiger Vegetation bewuchert. Die Wassernase ist wenig tief und klein; das abfliessende Wasser wird, statt abzutropfen, an der Wassernase theilweise capillar aufgesogen und netzt mit dem direct durchsickernden Wasser die unter dem Rundstab liegenden, gedeckten Theile des Profils, sie sind fast durchwegs stellenweise bis zur Unkenntlichkeit verwittert, weil hier das Wasser in Folge Durchsickerung sich erneuert und Dank der geschützten Lage des Profils nicht in dem Masse als an der Oberfläche des Rundstabes verdunsten konnte.

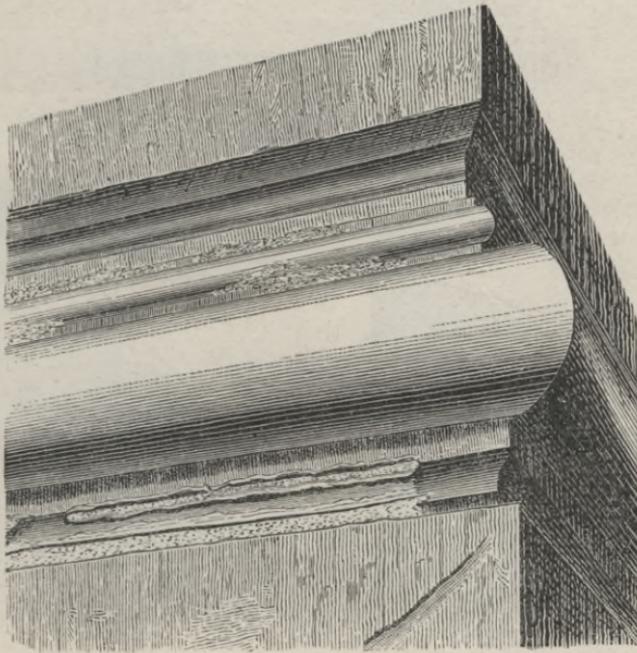


Fig. 4

Fig. 7 und 8 stellen ein Profil über dem Sockel der Hauptfäçade in ursprünglichem und jetzigem Zustande dar.

Man sieht die Fläche, auf der das Wasser rasch abfliessen konnte, intact, während an der untern Partie des

kleinen Rundstabes, von unten aufwärts fortschreitend, die Verwitterung soweit gediegen ist, dass bei einfacher Berührung des Profils das Material oft in widerstandslosen Sand zerfällt.

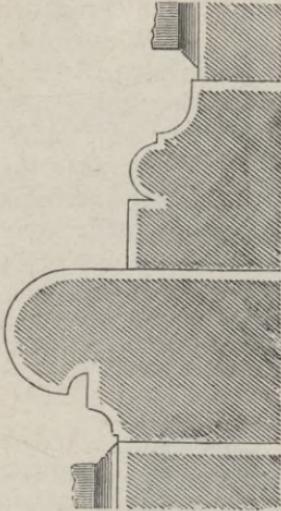


Fig. 5



Fig. 6

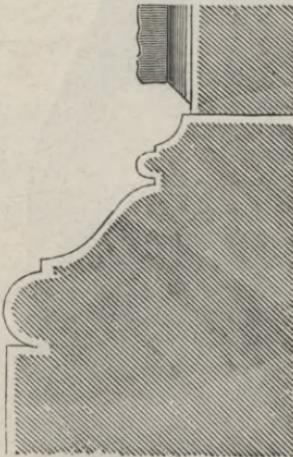


Fig. 7



Fig. 8

Besonderes Interesse bietet Fig. 9. Hier ist das besprochene Sockelgesimse in perspektivischer Ansicht nochmals wiedergegeben. Die Stossfuge der Bossenquadern über dem Gesimse führt das an der Maueroberfläche abfließende Regen-

wasser auf das Profil. In der Ausdehnung, auf welcher sich das abfließende Wasser erstreckt, sieht man das Gesimse gut erhalten, während die anstossenden Theile (vergl. Fig. 10 und 11) desselben stark verwittert erscheinen. Die gleiche Erscheinung wiederholt sich mehrfach an der Façade, so dass man sicher ist, nichts „Zufälliges“ vor sich zu haben. An solchen Stellen, wo capillares Wasser aufgenommen und festgehalten werden konnte, treten auch hier Verwitterungen unverkennbar auf, doch sind sie weder so tief greifend noch so umfassend, als an den benachbarten Stellen. Die Ursache der Conservirung der Gesimspartie unter der Stossfuge lässt

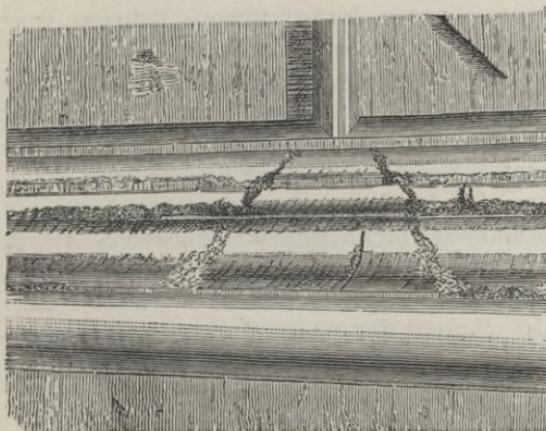


Fig. 9



Fig. 10

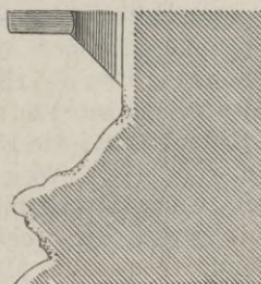


Fig. 11

sich bloß durch die Annahme erklären, dass hier Kalk des Mörtels ausgelaugt und in den Poren des Steines in Form von kohlensaurem Kalk abgelagert wurde, welcher einerseits die Poren füllt, andererseits die Kittkraft der Kittsubstanz erhöht. Für diese Erklärung spricht auch der Umstand, dass die Conservirung wirklich nur oberflächlicher Natur ist, indem an einzelnen, besonders ausgeprägten Stellen die Oberfläche des Profils schalenartig aussieht u. theilweise schon angefressene Partien des Steines deckt.

Aus all' den angeführten Verwitterungserscheinungen, die durch ähnliche, täglich zu beobachtende Beispiele beliebig vermehrt werden können, geht des Bestimmtesten hervor,

dass das Mass des Erweichens des Kittstoffs der Sandsteine, beziehungsweise der Grundmasse oolithisch-erdiger Kalksteine, eine erste und wesentliche Bedingung für den Erfolg der Frostwirkung angesehen werden muss; jede Qualitätsbestimmung eines porösen Materials ohne zahlengemässen Ausweis der Fähigkeit des Erweichens im Wasser hat somit auch nur zweifelhaften Werth.

Hinsichtlich der Verwitterung künstlicher Verblendsteine fehlen uns die nöthigen Erfahrungen; doch scheinen einzelne Beispiele, wie die schon genannte Stützmauer am Zürichberg, diverse Auswitterungen an Bauwerken der Berliner Stadtbahn, insbesondere an Stellen der Pfeiler, welche in der Nähe der Entwässerungen liegen, darauf hin zu deuten, dass hier die Verhältnisse ganz ähnlich liegen müssen.

Kehren wir nun zur Frage der Qualitätsansätze der Trümmergesteine selbst zurück. Zur Controle und Bestätigung der gewonnenen Anschauungen hat der Berichtertatter einige Lieferanten solcher Steine, die bekanntermassen frost- und wetterbeständig sind und anlässlich der Ausstellungsarbeiten in wassergesättigtem Zustande nicht geprüft werden konnten, eingeladen, Material zu nachträglichen Festigkeitsproben einzusenden. Mit verdankenswerther Bereitwilligkeit haben sich denn auch mehrere Lieferanten der aargauischen und appenzeller marinen und untern Süsswassermolasse mit Versuchsmaterial eingefunden und damit zur Klarstellung fraglicher Verhältnisse wesentlich beigetragen.

Neben besagten Festigkeitsproben sind sowohl an den hiezu speciell gelieferten Materialien als auch an sämtlichen von den Ausstellungsarbeiten zurückbehaltenen Bruchstücken der Kategorie „Trümmergesteine“ die wirklichen Dichten, specifischen Gewichte, Porositätscoefficienten und die chemischen Zusammensetzungen ermittelt worden. Letztere sollen die Kittsubstanz, die Ursache ihrer Erweichung, näher kennzeichnen und den Weg bahnen, auf welchem chemisch wirksame Conservierungsmittel zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Frostschäden zweifelhafter Sandsteine zu finden sind. Dass die allgemein verbreitete Anschauung, es seien lediglich Sandsteine mit vorwiegend thoniger Kittsubstanz dem Erweichen und somit den Frostschäden ausgesetzt, keine durchgreifende Bestätigung fand, darf als interessantes Nebenresultat dieser Untersuchungen angesehen werden. In der That erweichen Sandsteine mit kalkiger Kittsubstanz ebenso schnell und leicht und sind damit den Gefahren

der Frostwirkung ebenso ausgesetzt als diejenigen, deren Kittstoff hauptsächlich thoniger Beschaffenheit ist.

Wie nachstehende tabellarische Zusammensetzungen zeigen, sind die Sandsteine auf ihren Gehalt an Kieselsäure (Sand + aufschliessbare SiO_2), Eisenoxyd und Thonerde, kohlen sauren Kalk (Magnesia wurde als Kalk berechnet), sowie an Wasser + Bitumen in der Festigkeitsanstalt quantitativ analysirt worden. Die Bestimmungen erfolgen wie folgt:

Eine ordentliche Durchschnittsprobe entsprechend zer kleinert er Substanz wurde mit verdünnter Salzsäure behandelt, 15 Min. gekocht, abfiltrirt, der Rückstand nass verbrannt und als Sandsubstanz gewogen. Im Filtrat bestimmte man durch Füllung mit kohlen säurefreiem Ammoniak Eisen oxyd + Thonerde zusammen. In besondern Proben sind die Kohlen säure (volumometrisch) und das Wasser + Bitumen bestimmt worden, wobei erstere an Kalk gebunden als kohlen saurer Kalk berechnet wurde. Die Trennung der aufschliessbaren Kieselsäure vom Sande ist blos in einzelnen Fällen durchgeführt worden; die Durchführung dieser ziemlich umständlichen Arbeit lag ausserhalb dem Rahmen der Untersuchung, weil nicht eruirt werden konnte, ob die so bestimmte Kieselsäure als Silicat wirklich die Kittsubstanz bildet.

Zu den vortrefflichsten, durch ihre bekannte und allgemein anerkannte hohe Frost- und Wetterbeständigkeit ausgezeichneten Materialien gehört vor allem die marine Molasse, der Muschelsandstein des Cantons Aargau.

Die uns eingesandten Probekörper zeigen Beständigkeitscoefficienten $\eta = 0,68, 0,866, 0,954, 0,854$.

Die ebenfalls als vorzüglich bekannten Appenzeller Steine konnten leider nur in 3 Sorten geprüft werden. Vergleicht man jedoch die Trockenfestigkeiten der übrigen Nummern, so erhellt zur Genüge, dass die untersuchten Repräsentanten in 2 Fällen in ihrer Trockenfestigkeit ziemlich bedeutend unter den übrigen stehend, die Gruppe der Appenzeller Steine mindestens nicht zu günstig charakterisiren.

Ihr Beständigkeitscoefficient betrug:

$$\eta = 0,864, \quad 0,756, \quad 0,953.$$

Sehr gute Steine liefern einzelne Brüche des Cantons St. Gallen.

So die Bolliger-Brüche; für diese finden

wir	$\eta = 0,855$
Uznach-Schmerikoner-Brüche	$\eta = 0,808$
St. Margarethener-Brüche	$\eta = 0,712$

Sehr gut bewährt gelten die Sandsteine vom Gubel bei Menzingen ($\eta = 0,875$), ferner der ziemlich feinkörnige, gelblich-röthliche Kruper von Schleithelm, welcher wegen seiner Zähigkeit und namhaften Wetterbeständigkeit aus den guten Lagern zu Bildhauerarbeiten benützt wird. Bei fraglichem Material finden wir $\eta = 0,854$; die Kittsubstanz dieses Materials ist vorwiegend kieseliger Natur.

Vergleicht man in nebenstehender Zusammenstellung die Fundorte der Trümmergesteine, deren Beständigkeitscoefficient zwischen 0,7 und 0,6 liegt, so wird man finden, es sind dies unsere weichern Molasse Sandsteine, die Dank ihrer leichten Formbarkeit und massenhaftem Vorkommen mit zu den werthvollsten Bausteinen der Schweiz gehören, bei der Verwendung jedoch schon einige Aufmerksamkeit und Sorgfalt in der Behandlung fordern. Zwischen $\eta = 0,6$ und 0,5 liegen dagegen solche Materialien, die unverputzt nur zum innern Ausbau Verwendung finden sollten, sofern nicht durch Anwendung bestimmter Conservierungsmittel ihre zweifelhafte Frostbeständigkeit erhöht wird.

In Uebereinstimmung mit den practischen Erfahrungen theilen wir nach Massgabe der Fähigkeit, im Wasser zu er härten, die Trümmergesteine in 3, die oolithisch-erdigen Kalksteine in 2 Klassen, nämlich:

	Trümmer- gesteine	ool. Kalk- steine
I. Klasse: minimal. Beständigkeitscoefficient	$\eta = 0,75$	$\eta = 0,75$
II. Klasse: " "	= 0,60	= 0,60
III. Klasse: " "	= 0,50	—

Hauenschild, welcher in neuester Zeit unter Benützung directer Frostwirkungen umfassende Versuche mit Kessler'schen Conservierungsmitteln auszuführen Gelegenheit hatte, bestätigt obige Ansätze direct. Während der von ihm untersuchte Kalkoolith von Riva mit einem Beständigkeitscoefficienten von $\eta = 0,63$ noch entschieden verfriert und nach ca. 10-maligem Gefrieren schon einen nennenswerthen Rückgang des Festigkeits- und Beständigkeitscoefficienten zeigt, zeigt anderseits imprägnirt Coefficienten $\eta = 0,77$ bis 0,92 und tadelloses Verhalten gegen Frost. Folgende Zusammenstellung enthält einen Auszug der Hauenschild'schen Resultate:

	Wasserauf- nahme %	Zugfestigkeit trocken	Zugfestigkeit nass	Coefficient η	Druckfestigkeit trocken	Druckfestigkeit nass	Coefficient η
Nicht imprägnirt .	7,0	11	7	0,64	190	120	0,63
Nach 10maligem Ge- friren	8,5	10	4	0,40	169	85	0,50
Stark imprägnirt mit Aluminium Fluo- Silikat	7,36	39	32	0,83	350	316	0,91
Blossgestrichen mit Aluminium-Fluo- Silikat	7,0	28	24	0,86	200	183	0,92
Imprägnirt mit Ku- pfer-Fluo-Silikat	7,4	32	26	0,81	356	300	0,85
Imprägnirt m. Eisen- Fluo-Silikat . .	7,5	27	20	0,74	275	210	0,77
Imprägnirt mit Blei- Fluo-Silikat . .	6,4	19	17	0,91	230	213	0,92

In folgender Zusammenstellung geben wir die Resultate der speciellen Untersuchungen der schw. Trümmergesteine. Besserer Uebersicht willen sind diesen die früher ermittelten scheinbaren Dichten und Trockenfestigkeiten auf Druck beigegeben. Ebenso sind die Beständigkeitscoefficienten η grösseren-theils aus den Ergebnissen der Ausstellungsarbeiten abgeleitet.

Neu sind die Bestimmungen
 der wirklichen Dichten,
 der spec. Gewichte,
 der Porosität; ferner
 der chemischen Analysen, sowie die Ergebnisse der nachträglichen Festigkeitsversuche. Insbesondere machen wir hier auf die spec. Gewichte aufmerksam; sie sind, weil unabhängig von der Form der Versuchsobjecte abgeleitet, genauer als die in den tabellarischen Zusammenstellungen Seite 3—13 angegebenen Werthe.

Nr.	Lage des Bruches	Eigentümer (Pächter)	Geologisches Alter	Petrographische Bezeichnung
Canton				
1	bei Mägenwyl	J. Widmer	Marine Molasse	Muschelsandstein
2	"	"	"	"
3	"	"	"	"
4	in Othmarsingen	J. Ackermann-Wirz	"	"
5	"	"	"	"
6	bei Mägenwyl	Jos. Fischer	"	"
7	"	"	"	"
8	bei Würenlos	Jos. Moser	"	"
9	bei Mägenwyl	Bernh. Seiler	"	"
Canton				
10	bei Rorschach	Bart. Benziger	Molasse	mittelk. Sandstein
11	bei Wienachten	Joh. Bischof	Unt. Süssw.-Molasse	feink. Sandstein
12	"	"	"	mittelk. Sandstein
13	in Wienachten	Joh. Niederer	"	"
14	Gem. Wolfhalden	Joh. Ullr. Bänziger	"	"
15	"	"	"	"
16	"	"	"	"
17	in Bühler	Joh. Fisch	"	feink. Sandst. (?)
18	bei Herisau	Jos. Longoni	Marine Molasse	feink. Sandstein
Canton				
19	Gem. Oberburg	Nic. Mühlethaler	Molasse	feink. Sandstein
20	"	"	"	mittelk. Sandstein
21	Ostermundigen	Actiengesellschaft	Marine Molasse	feink. Sandstein
22	"	"	"	"
23	Gem. Oberburg	Joh. Tomi	"	mittelk. Sandstein
24	Gem. Bolligen	Joh. Reber	"	"
25	in Stockern	Joh. Räber	"	"
26	Ostermundigen	Jac. Zimmermann	"	"
27	"	"	"	"
Canton				
28	Gem. Echarlens	Jul. Deschenaux	Marine Molasse	feink. Sandstein
29	in Attalens	Mich. Carminati	Unt. Süssw.-Molasse	mittelk. Sandstein
30	in Vaulruz	Maur. Borcard	Marine Molasse	"
31	Gem. Freiburg	A. Winkler & J. Fischer	"	feink. Sandstein
32	"	"	"	"

Farbe	Dichte		Verhältnis	Spezifisches Gewicht	Porosität in %	Wasseraufnahme in %	Chem. Zusammensetzung				Druckfestigkeit trocken kg pro cm ²	Beständigkeits-Coefficient η	
	wirklich	scheinbar					Unlöslich (Sandsubst.)	Thonerde	Eisenoxyd	Kohlensäure-Kalk			Feuchtigkeits
Aargau.													
grau	2,68	2,51	1,08	2,65	1,0	1,9	38,3%	4,0%	58,7%	0,1%	935,0	—	
gelblich	2,66	—	—	2,39	10,5	2,5	31,1	1,5	65,6	3,1	361,5	0,68	
bläulich	2,69	—	—	2,68	0,5	1,6	37,5	2,3	58,7	2,5	1000,0	0,866	
grau	2,67	2,56	—	—	—	2,1	—	—	—	—	863,0	—	
grau	2,68	—	—	2,45	9,0	1,6	25,6	1,6	71,1	1,2	589,2	0,954	
hellgrau	2,67	2,58	1,03	2,40	10,0	3,35	23,0	2,0	76,2	0,3	611,0	—	
grau	2,67	—	—	2,44	9,0	1,6	30,2	1,4	68,2	1,7	422,3	0,884	
hellgrau	2,64	2,50	1,09	2,44	7,5	2,6	25,9	1,4	71,9	0,6	632,0	—	
hellgelblichgrau	2,65	2,54	1,04	2,42	9,0	2,1	27,2	1,1	72,0	0,9	389,0	—	
Appenzell.													
grünlichgrau	2,66	2,62	1,015	2,41	9,5	2,1	75,1	2,5	21,5	0,4	505,0	—	
bläulichgrau	—	2,60	—	—	—	2,6	—	—	—	—	535,0	—	
hellgrau	—	2,64	—	—	—	1,8	—	—	—	—	755,0	—	
"	—	2,64	—	—	—	2,4	—	—	—	—	716,0	—	
grau	2,63	2,53	1,04	2,34	13,0	2,5	83,6	2,5	11,8	1,3	405,0	—	
bläulichgrau	2,62	—	—	2,41	8,0	0,9	84,1	1,8	13,2	1,2	469,5	0,864	
gelblichgrau	2,60	—	—	2,35	12,0	1,8	86,6	1,8	9,9	1,6	389,5	0,756	
grau	2,68	—	—	2,63	2,0	0,9	2,2	28,1	70,2	0,2	1634,0	—	
dunkelgrau	2,73	2,73	1,00	2,70	1,0	0,27	28,6	3,4	65,0	0,4	1398,0	0,953	
Bern.													
gelblichgrau	2,68	2,50	1,07	2,10	21,7	5,5	69,9	4,3	25,1	1,4	317,0	0,512	
bläulichgrau	2,69	2,41	1,11	2,25	17,4	4,2	74,4	3,1	20,7	1,3	363,0	0,844	
bläulichgrau	2,65	2,54	1,04	2,17	18,2	5,2	73,4	4,2	18,8	1,1	325,0	0,595	
gelblichgrau	2,68	2,53	1,06	2,19	13,5	5,4	74,4	3,6	18,9	0,9	306,0	0,591	
hellgelblichgrau	2,60	2,54	1,02	2,17	16,6	5,7	71,3	3,8	25,0	0,5	230,0	0,373	
gelblichgrau	2,62	2,59	1,01	2,23	15,0	5,5	72,4	3,3	23,7	0,8	279,0	0,475	
grünlichgrau	2,68	2,53	1,06	2,16	19,5	6,3	71,0	2,8	25,3	1,7	203,0	—	
gelblichgrau	2,67	2,57	1,04	2,27	15,0	5,3	72,3	3,7	21,3	1,8	268,0	0,676	
bläulichgrau	2,69	2,50	1,07	2,26	16,0	5,5	72,5	3,0	22,8	1,8	327,0	0,567	
Freiburg.													
hellgrau	—	2,67	—	—	—	0,59	74,1	7,1	18,5	1,0	884,0	—	
grau	2,70	2,71	1,00	2,61	3,7	0,80	36,0	2,7	59,1	0,4	1629,0	—	
grau	2,68	2,62	1,022	2,43	9,4	1,70	67,6	4,1	25,9	1,1	1101,0	—	
gelblichgrau	2,74	2,52	1,09	2,23	18,7	5,40	66,9	3,5	27,0	1,3	306,0	0,556	
bläulichgrau	2,79	2,54	1,10	2,17	22,3	6,00	70,5	2,7	25,2	0,4	355,0	0,564	

Nr.	Lage des Bruches	Eigentümer (Pächter)	Geologisches Alter	Petrographische Bezeichnung
Canton				
33	Gem. Root	Ign. Herzog & Sohn	Marine Molasse	feink. Sandstein
34	Gem. Dierikon	Jos. Meier	"	mittelk. Sandstein
Canton				
35	Gem. Oberhallau	H. Graf	Keuper	z. feink. Sandstein
36	"	"	"	"
37	Gem. Schleithem	Gebr. Stamm	"	mittelk. Sandstein
38	"	"	"	"
39	"	"	"	"
Canton				
40	Gem. Freienbach	Gregor Nötzli	Marine Molasse	mittelk. Sandstein
Canton				
41	Buchen b. Staad	Val. Bärlocher	Molasse	mittelk. Sandstein
42	Gem. Bolligen	Jos. Furrer	Marine Molasse	"
43	Buchen b. Staad	Joh. Con. Gasser	Molasse	"
44	Oberbolligen	Kuster & Murer	"	"
45	Wolfhaag bei Degersheim	Wittwe Lehner	Mittel-Tertiär	feink. Nagelfluh
46	Gem. Wattwyl	Huldr. Mejer	Unt. Süssw.-Molasse	feink. Sandstein
47	Buchen b. Staad	Valentin Raggenbas	Marine Molasse	"
48	St. Margarethen	Ruesch & Eugster	Unt. Süssw.-Molasse	grobk. Sandstein
49	Scheftenau bei Wattwyl	M. Stäheli & J. Zwingli	"	"
50	Oberbolligen	Mich. Vogt	Molasse	"
51	Uznach	Wenk & Kuster	Unt. Süssw.-Molasse	mittelk. Sandstein
52	bei Schmerikon Mels	L. Zimmermann & Söhne	Verrucano	Quarzit-Conglomerat
Canton				
53	Gem. Walchwyl	J. C. Fuog	Molasse	feink. Sandstein
54	Gaisrain b. Zug	Cajetan Henggeler	Unt. Süssw.-Molasse	mittelk. Sandstein
55	Gem. Walchwyl	Dagobert Reiser	Marine Molasse	"
56	Am Gubel, Menzingen	Jos. Weber	Unt. Süssw.-Molasse	"

Farbe	Dichte		Verhältniss	Specifisches Gewicht	Porosität in %	Wasseraufnahme in %	Chem. Zusammensetzung					Druckfestigkeit kg pro cm ²	Beständigkeits-Coefficient η
	wirklich	scheinbar					Urälslich (Sandsubst.)	Thonerde	Eisenoxyd + Kalk	Kohlensaur.	Feuchtigkei-		
Luzern.													
bläulichgrau	2,70	2,66	1,015	2,52	9,7	1,4	—	—	—	—	—	899,0	0,681
"	2,73	2,63	1,037	2,48	9,2	1,95	—	—	—	—	—	709,0	0,690
Schaffhausen.													
gelblichgrau	2,54	2,43	1,045	1,96	22,9	8,1	95,4 ⁰ / ₀	2,20 ⁰ / ₀	Spuren	2,1 ⁰ / ₀	—	277,0	0,672
röthlichbraun	2,57	2,48	1,036	2,17	12,5	4,6	90,5	4,70	2,2 ⁰ / ₀	2,4	—	427,0	0,632
gelblichgrau	2,58	2,49	1,035	2,02	21,4	5,5	90,4	5,10	2,9	1,1	—	273,0	0,854
röthlichgrau	2,61	2,48	1,050	2,17	16,9	4,6	88,9	5,40	1,8	2,1	—	413,0	0,784
rothbraun	2,62	2,51	1,044	2,04	21,0	6,7	91,0	4,50	2,0	1,7	—	273,0	—
Schwyz.													
grau	2,76	2,63	1,05	2,48	10,0	2,0	73,2	4,7	22,1	1,4	—	697,0	—
St. Gallen.													
grau	2,65	2,61	1,015	2,28	14,0	2,2	69,7	3,3	26,5	1,3	—	536,0	—
"	2,66	2,58	1,030	2,35	11,7	2,4	79,5	2,3	17,3	1,4	—	611,0	—
blaugrau	2,66	2,60	1,025	2,38	10,6	2,7	70,5	2,7	25,4	0,9	—	568,0	—
gelblichgrau	2,63	2,55	1,030	2,30	12,6	3,2	91,5	1,6	7,0	0,6	—	447,0	—
bunt	2,73	2,71	1,010	2,65	2,9	0,2	89,7	0,9	6,2	2,5	—	1443,0	—
gelblichgrau	2,68	2,55	1,050	2,31	14,0	4,1	88,4	1,5	8,7	1,5	—	447,0	0,646
bläulichgrau	2,66	2,60	1,024	2,51	5,7	2,4	58,3	22,4	20,3	0,6	—	689,0	—
grau	2,65	2,53	1,045	2,33	12,1	2,1	82,4	2,4	14,5	0,4	—	583,0	0,712
"	2,66	2,60	1,024	2,28	14,3	2,3	88,3	2,3	8,5	0,5	—	519,0	0,855
hellgrau	2,62	2,55	1,026	2,43	7,3	2,6	79,4	0,8	17,9	1,3	—	664,0	—
"	2,61	2,57	1,016	2,41	7,7	2,1	83,0	2,4	14,3	1,1	—	785,0	0,808
röthlich	2,73	2,71	1,010	2,58	5,5	0,0	94,3	1,1	3,6	0,6	—	953,0	—
Zug.													
grau	2,61	2,60	1,00	2,53	3,0	1,0	80,8	4,1	17,0	0,5	—	869,0	—
hellgrau	2,68	2,56	1,045	2,32	13,5	1,97	86,9	1,6	11,7	0,2	—	610,0	0,716
bläulichgrau	2,65	2,66	1,00	2,54	4,2	1,30	84,4	3,0	11,5	1,4	—	608,0	—
hellgrau	2,65	2,59	1,025	2,45	5,5	1,70	87,2	1,9	9,1	1,0	—	605,0	0,875

Anschliessend an vorstehende Zusammenstellungen der bisherigen Versuchsergebnisse lassen wir den Entwurf einer Classification der schweizerischen Bausteine folgen. Leider ist es bisher nicht gelungen, neben Verwendbarkeit, Festigkeit, theilweise auch Frostbeständigkeit, die Bildsamkeit durch eine Werthziffer ausgedrückt, in die Classification der natürlichen Bausteine einzuführen. Die angestellten Versuche durch Stossarbeit, welche mehr oder weniger den Bearbeitungskosten proportional zu setzen wäre, die Bildsamkeit auszudrücken, haben derzeit kein brauchbares Resultat ergeben. Aber auch ohne diesen wichtigen Factor hat die vorliegende Classification gegenüber der jetzt bestehenden ohne Zweifel den Vortheil, dass sie den Techniker bei Auswahl seines Constructionsmaterials veranlasst, mehr als dies bisher geschah, neben Festigkeitsverhältnissen jene Eigenschaften zahlengemäss festzustellen, die den Bestand eines Bauwerkes thunlichst zu sichern im Stande sind.

Classification der schweiz. Bausteine.

I. Granitartige Gesteine.

Hierher gehören:

Granit, Gneiss-Granit, Gneiss, Diorit, Syenit, die Porphyre, Glimmerschiefer etc.

1. Qualität.

Polirbar, regelmässig körnig, je nach Gesteinsart wechselnd gut zu bearbeiten; verwendbar zu monumentalen Bauten und Denkmälern jeder Art, zu Treppenstufen, Sockel, Consolen, Säulen etc.

Minimale *Druckfestigkeit* 1000 kg per cm^2 .

2. Qualität.

Nicht polirbar, mittel- bis feinkörnig, relativ gut zu bearbeiten, daher zu Bruch- und Hausteinmauerwerk bei Luft- und Wasserbauten jeder Art, ferner zu Säulen, Consolen, Treppen, Trottoirrandsteinen etc. verwendbar.

Minimale *Druckfestigkeit* 1000 kg per cm^2 .

3. Qualität.

a) Nicht polirbar; mit dem Meissel schwer oder gar nicht zu bearbeiten, somit ausschliesslich nur als Pflaster und Chaussirungsmaterial brauchbar.

Minimale *Druckfestigkeit* 1600 kg per cm^2 .

b) Nicht polirbar, grobkörnig oder porphyrisch, meist gut zu bearbeiten.

Minimale *Druckfestigkeit* 700 kg per cm^2 .

II. Trümmergesteine.

Hierher gehören:

Conglomerate, Breccien, Sandsteine, Schiefer etc.

1. Qualität *Beständigkeitscoefficient* min. $\eta = 0,75$

a) Polirbar, hart, je nach Materialbeschaffenheit wechselnd gut zu bearbeiten. Geschliffen und polirt meist von brillanter Wirkung, daher zu monumentalen Bauten jeder Art, zu Denkmälern, Säulen, Balustern, Treppen, Wanddecorationen, sowie zu Luxusgegenständen, Möbeln etc. verwendbar.

Minimale *Druckfestigkeit* 1000 kg per cm^2 .

b) nicht polirbar, je nach Dichte, Korngrösse und Beschaffenheit der Kittsubstanz wechselnd gut zu bearbeiten. Wegen namhafter Frost- und Wetterbeständigkeit zu Bauten an der Luft wie unter Wasser, zu glattem und bossirtem Quadermauerwerk jeder Art, zu Lagerquadern für Eisenconstructions und Maschinen, zu Treppenstufen, Consolen, Thür- und Fenstereinfassungen, in den weichern aber zähen, feinkörnigen Sorten zu Bildhauerarbeiten verwendbar.

Die minimalen *Druckfestigkeiten* betragen:

für Breccien, Conglomerate, für compacte, harte, mittel- bis feinkörnige Sandsteine überhaupt	1000 kg pro cm^2 .
für Muschelsandsteine (marine Molasse)	500 kg pro cm^2 .
für mittelharte, mittel- bis feinkörnige Molasse, Bunt- und Keupersandsteine	400 kg pro cm^2 .

2. Qualität. *Beständigkeitscoefficient* min. $\eta = 0,6$.

Nicht polirbar, grob- bis feinkörnig, meist mittelhart; ziemlich leicht zu bearbeiten. Wegen befriedigender Wetterbeständigkeit für alle Bauwerke an der Luft, insbesondere für Civilbauten aller Art verwendbar.

Die minimalen *Druckfestigkeiten* betragen:

für jüngere Breccien, Conglomerate, für mittelharte, grob- bis mittelkörnige Sandsteine überhaupt	500 kg pro cm^2 .
für weichere Muschelsandsteine (marine Molasse)	350 kg pro cm^2 .

3. Qualität. *Beständigkeitscoefficient* min. $\eta = 0,5$.

Nicht polirbar, mittel- bis feinkörnig, leicht zu bearbeiten, säg- und drehbar, vorwiegend nur im Hochbau zu verwenden. Wegen zweifelhafter Frost- und Wetterbeständigkeit, unverputzt an der Wetterseite mit grosser Vorsicht, unter Anwendung aller nöthigen Schutzmassregeln zu verarbeiten. Am Sockel, sowie in feinern Details und exponirten Constructionstheilen der Wetterseite ohne Conservierungsmittel nicht anzuwenden. Für den innern Ausbau, für Details, die keiner Abnützung unterworfen sind, für Säulen, Baluster, Thüreinfassung vorzüglich geeignet.

Die minimalen *Druckfestigkeiten* betragen:

für mittelharte Molasse-Sandsteine	350 kg pro cm^2 .
für weiche Molasse-Sandsteine	200 kg pro cm^2 .

Sandsteine unter $\eta = 0,5$ und 200 kg Druckfestigkeit in trockenem Zustande, werden nicht weiter classificirt.

III. Kalksteine.

Hierher gehören:

Alle krystallinisch körnigen Kalksteine (Marmor), die dichten und kreideartigen, oolithischen Kalksteine, der Kalktuff und der Alabaster.

1. Qualität.

Polirbare Marmore und dichte Kalksteine, wechselnd gut zu bearbeiten. Geschliffen und polirt oft von brillanter Wirkung, daher zu monumentalen Bauten jeder Art, zu Denkmälern, Säulen, Baluster, Treppen, Wanddecorationen etc. verwendbar.

Die minimalen *Druckfestigkeiten* betragen:

für die härtern Kalksteine dieser Kategorie	1000 kg pro cm^2 ,
für die mittelharten Kalksteine	800 kg pro cm^2 ,
für den compacten, ungeaderten Alabaster	400 kg pro cm^2 .

2. Qualität.

Nicht polirbare, oolithische bis dichte Kalksteine, je nach der Dichte und Sprödigkeit mehr oder weniger gut zu bearbeiten. Wegen namhafter Frost- und Wetterbeständigkeit zu Bauten an der Luft wie unter Wasser, zu glattem und bossirtem Quadern jeder Art, zu Lagerquadern für Eisenconstructions und Maschinen, zu Treppen, Consolen, Brunnen-trögen u. v. m. verwendbar.

Die minimalen *Druckfestigkeiten* betragen:

für die härtern Kalksteine dieser Kategorie 1000 kg pro cm^2 ,
für die mittelharten Kalksteine 800 kg pro cm^2 ,
für mittelharte, oolithisch-erdige Kalksteine hat
bei einem minimalen Beständigkeits-
coefficienten von $\eta = 0,75$ die minimale
Druckfestigkeit 400 kg pro cm^2
zu betragen.

3. Qualität.

a) Nicht polirbar; mit dem Meissel nur schwer zu be-
arbeiten, somit ausschliesslich nur als Pflaster und Chaussirungs-
material verwendbar.

Minimale *Druckfestigkeit* 1600 kg pro cm^2 .

b) Nicht polirbar, oolithisch-erdig, weich, dreh- und
sägbar. Wegen zweifelhafter Frostbeständigkeit sind die
erdigen Kalkoolithe dieser Kategorie vorwiegend zum innern
Ausbau, für Details ohne Abnützung zu verwenden. An der
Wetterseite sind dieselben durch Anstrich oder Imprägnirung
mit wirksamen Conservierungsmitteln gegen Frostschäden zu
sichern.

Bei einem Beständigkeitscoefficienten min. $\eta = 0,6$
hat die minimale Druckfestigkeit = 200 kg p. cm^2
zu betragen.

Erdige Kalkoolithe unter $\eta = 0,6$ und 200 kg Druck-
festigkeit in trockenem Zustande, werden nicht weiter classificirt.

Resultate der Prüfung künstlicher Bausteine.

In der Reihe der Untersuchungen, welche die eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien seit ihrer Eröffnung zu erledigen hatte, nehmen diejenigen der künstlichen Bausteine, speciell der Erzeugnisse der schweiz. Ziegelfabriken, die untergeordnetste Stellung ein. Die Anträge zur Vornahme der Prüfung von künstlichen Bausteinen waren überaus selten und reduciren sich im Ganzen auf die Feststellung der Druckfestigkeit der Fabrikate von vier schweizerischen und einer rumänischen Ziegelei, sowie der Schlackensteine von Choindez. Selbst anlässlich der Arbeiten für die schweiz. Landesausstellung haben blos 15 Ziegeleien mit zusammen 44 Nummern, die sich auf Hand- und Maschinenvollsteine, sowie auf Lochsteine mit verticalen (Lochsteine) und horizontalen (Hohlsteine) Löchern vertheilen, Antheil genommen, obschon fragliche Arbeiten mit einer sehr namhaften Staatssubvention durchgeführt wurden. Zu eigentlichen Studienzwecken ist die eidg. Festigkeitsanstalt blos ein einziges Mal und zwar durch Herrn Bourry, Ziegeleibesitzer in Horn bei Rorschach benützt worden, welcher in einer grössern Versuchsserie Material seiner verschiedenen Thonschichten verarbeiten und die Unterschiede der Festigkeiten gewöhnlicher Handsteine, Maschinensteine, sowie nachgepresster Verblender feststellen liess. Das passive Verhalten der schweiz. Ziegler in Frage der Prüfung ihrer Erzeugnisse ist einestheils durch die schwierigen Verhältnisse, in welchen sich die Thonindustrie unseres, an natürlichen Baumaterialien aller Art so reichen Landes befindet, wohl erklärlich, anderseits scheinen der Brennstoffmangel, Höhe der Arbeitslöhne, namentlich die Tarifverhältnisse unserer Bahnen dafür zu sprechen, dass unsere Ziegelindustrie blos durch rationellen Betrieb und qualitativ vorzüglicher Waare lebensfähig zu erhalten ist. Lassen wir alle Fragen, die mit der Structur, Porosität, die mit der physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Rohmaterials zusammenhängen und einlässlicher Studien

und Verbesserungen fähig sind, abseits, so treten in eigenstem Interesse Forderungen an den Ziegler, jenen rein mechanisch-constructiven Verhältnissen nachzuforschen, die die Prosperität des Geschäfts in hohem Grade beeinflussen und sich dahin präcisiren lassen, Waaren herzustellen, die bei entsprechenden Festigkeiten minimalen Materialaufwand verbinden. Seitdem unsere Versuche dargelegt haben, dass senkrecht durchlöcherste Steine durchschnittlich wesentlich fester sind als Vollsteine des nämlichen Materials, ist der Werth des Vollsteines als Constructionsmaterial entsprechend gesunken. Wie weit man die Stärke der Löcher steigern kann, wie weit also das Steingewicht, somit der Kohlenaufwand sich reducirern lässt, ist selbst bei der gedrängten Lage, in der unsere Thonindustrie sich befindet, nachzuspüren Niemandem eingefallen. Als Hohlsteine, d. h. Lochsteine, gelocht parallel zur Lagerfläche, tauchten anlässlich der Ausstellungsarbeiten die drolligsten, oft äusserst unzweckmässigen Formen auf und doch kann kaum Zweifel herrschen, dass auch hierfür eine der Thonbeschaffenheit angemessene Manigfaltigkeit der Profilformen existiren muss, für welche die vorgeschriebene Festigkeit durch einen minimalen Materialaufwand zu erreichen ist. Die Wichtigkeit der Structurverhältnisse auf die Beständigkeit des Ziegels gegen Frost und Wetterschäden ist ziemlich allgemein anerkannt, obschon auch hierüber einlässliche, vergleichende Versuche zur Klarstellung der obwaltenden Verhältnisse fehlen. Ohne uns in Details dieser hochwichtigen Angelegenheit einzulassen, constatiren wir mit Vergnügen, dass die ausländische Concurrenz der Fabrikation der Dachsteine in letzten Jahren wesentliche Dienste leistete und unsere Fachmänner zur Vervollkommnung der einheimischen Fabrikate dieser Art angespornt hatte. Diesem Streben verdanken wir den Eggimann'schen, sowie den Passavant'schen Dachstein, die ganz prächtige Dächer geben und Dank ihrer Fabrikationsart einen namhaften Fortschritt repräsentiren. Es ist kaum zu bezweifeln, dass sich unsere Ziegler nun auch mit der Frage der Dichtigkeit d. h. Wasserundurchlässigkeit der Dachsteine mehr befassen werden, als dies bisher geschah. Während auf dem Gebiete der Fabrikation der Dachsteine in der Schweiz namhafte Fortschritte zu verzeichnen sind, bleibt in der Richtung der Fabrikation der Mauersteine ein Stillstand zu constatiren, welcher in ökonomischer Hinsicht keine guten Früchte zu tragen scheint. Es ist zu wünschen, dass die schweiz. Ziegler mehr mit der eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien Fühlung gewinnen,

um die, die Prosperität ihrer Industrie so wesentlich mit beeinflussenden Faktoren einer nähern Prüfung unterziehen zu können.

Auch in rein bautechnischer Hinsicht erreichen die bisher erzielten Resultate die berechtigten Erwartungen nicht. Insbesondere bot sich keine genügende Gelegenheit, um Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Widerstandsfähigkeit künstlicher Bausteine gegen Einwirkung der Atmosphären zu gewinnen und das Abhängigkeitsverhältniss der Würfelfestigkeit zu Prismenfestigkeiten mit Berücksichtigung der in Praxi benützten Mörtelsorten und variablen Prismenhöhen, festzustellen. Mit einem Worte, in Frage der Wahl der zulässigen Materialinanspruchnahme unserer Constructionen in künstlichen Bausteinen bleibt der Anstalt noch ein weites Feld der Thätigkeit offen.

Von der Wirkung des Kalkes in der Ziegelerde.

Der Kalk in unserm bisherigen Prüfungsmateriale kam, entsprechend seinem Vorkommen im Ziegelthone, entweder in Form mehr oder weniger grobkörniger, isolirter Einsprenglinge oder in feinsten, das Material gleichmässig durchsetzender Vertheilung vor. Während ersterer als Aetzkalk in Berührung mit Wasser sich zu Kalkhydrat löschte und durch Volumenvergrösserung die von Producenten wie Consumenten gleich gefürchteten bekannten Erscheinungen hervorrief, wirkte der Kalk in feinsten Vertheilung offenbar aufschliessend auf die im Thone enthaltene Kieselsäure und paralyisirte die dunkelroth färbende Wirkung des Eisenoxyds. Bei genügend gesteigerter Temperatur scheint die Aufschliessung sehr intensiv vor sich zu gehen, wobei die Bildung von Silicaten, ähnlich wie beim Scharfbrand der Cementmergel, nicht ausgeschlossen ist. Thatsache ist, dass, während gargebrannte, nicht gesinterte, kalkarme oder kalkfreie Ziegelthone unter Wasser an Cohäsion mitunter sehr erheblich einbüssen, mit der Zeit sogar völlig zerfallen können, schon bei relativ schwach gebrannten kalkhaltigen Ziegeln eine cementirende Wirkung d. i. eine Steigerung der Festigkeit eintritt, sobald dieselben unter Wasser gesetzt werden.

Das Material der ersten Versuchsreihe, an der wir zahlenmässig die cementirende Wirkung des Kalkes im Ziegelthone nachweisen konnten, hat die mechanische Backsteinfabrik in Wiedikon bei Zürich geliefert. Diese, durch ihre Thätigkeit um die Hebung der Thonindustrie in der Ostschweiz verdiente

Fabrik baut ein Thonlager ab, welches im wesentlichen aus 3 mächtigen, völlig horizontal gelagerten Schichten (Ziegelei in Binz) besteht, die nach Prof. Dr. Bolley die folgenden Zusammensetzungen besitzen:

Schichte:	obere:	mittlere:	untere:
Beschaffenheit:	fett, gelb	mager, blau	fett, blau
Kieselsäure:	43,5 0/0	41,2 0/0	39,5 0/0
Thonerde:	9,7	12,1	11,4
Eisenoxyd:	12,9	8,0	10,8
Kohlensaurer Kalk:	23,9	33,4	29,3

Bei Anlass einer Arbeit des Herrn Prof. Dr. Lunge sind Analysen des anstossenden Thonlagers (im Thiergarten), auf welchem die neue Ziegelfabrik der Gesellschaft errichtet wurde, ausgeführt worden. Die Schichten dieses Lagers liegen nicht mehr so regelmässig, wie die erstgenannten, indessen kann kein Zweifel sein, dass sie gleichen Alters sind. Nach Lunge ist die Zusammensetzung der wichtigsten Schichte folgende: (Wir geben hier nur einen Auszug der Analysen wieder).

Schichte:	obere:	untere (3. Schicht):
Beschaffenheit:	fett, gelb	fett, blau
Kieselsäure:	42,39 0/0	38,25 0/0
Thonerde:	18,16	12,44
Eisenoxyd:	3,66	0,73
Kohlensaurer Kalk:	23,68	27,80

Obschon die vorliegenden chemischen Analysen in einzelnen Stoffen sehr weit auseinander liegen, so kann doch mit Sicherheit angenommen werden, dass die Fabrik in ihrer regelrechten Mischung über 25 0/0 kohlen-sauren Kalk, also eine Kalkmenge verarbeitet, deren Brauchbarkeit zur Ziegelfabrication man in Frage stellen möchte. Thatsächlich verhält sich die Sache anders. Die untere Schicht des Thonlagers in Binz wurde bereits vor mehreren Jahrhunderten unter dem Namen „Lochlehm“ ausgebeutet und auch zur Dachsteinfabrication verwendet. Solche Dachsteine existiren heute noch (z. B. vom Siechenhause St. Jacob an der Sihl in Zürich.) Scharf gebrannte Steine der Backsteinfabrik Wiedikon sind wiederholt mit sehr gutem Erfolg sogar zu Wasserbauten verwendet worden, (so in der Milchfabrik zu Cham; zur Wölbung eines Betriebscanales der Maschinenfabrik von Rieter in Töss; zu Wasserreservoirien in Zürich, Winterthur, Basel etc.)

Die Erfahrungen der Fabrik stimmen mit den schätzbaren Mittheilungen des Herrn Olschewsky völlig überein. Das kalkhaltige Material steht im Feuer ganz gut, so lange die Ofentemperatur jene Grenzen nicht überschreitet, bei welchen die erdig-körnige Structur des Schwachbrandes in eine porcellanartige, immerhin poröse, mehr oder weniger scharfe Masse überzugehen beginnt. Bis an diese Grenze muss die Temperatur gesteigert werden, da sonst die Steine, wie Beispiele aus der Praxis lehren, durch Temperaturwechsel, sowie durch wechselnde Nässe und Frostwirkung gern abblättern. (Stützmauer am Garten beim Spiegelhof am Zürichberg.) Bei noch gesteigerter Temperatur tritt jedoch leicht ein Drücken und Versetzen der Steine auf; sie verlieren, ohne eigentlich zu klinkern, die Form. Alle Erfahrungen stimmen auch darin überein, dass die Führung des Feuers viel Geschick und grosse Achtsamkeit des Brenners verlangt.

Die Feststellung der cementirenden Wirkung der aufgeschlossenen resp. verbindungs-fähigen Kieselsäure gelingt regelmässig; man hat bloss darauf zu achten, dass zur Probe in lufttrockenem und in wassergesättigtem Zustande gleichmässig gebrannte Steine Verwendung finden. Folgende Zusammenstellung gibt in tabellarischer Form eine Uebersicht über fragliche Verhältnisse und bedarf keiner näheren Erläuterung. Wir bemerken nur, dass bei der dritten Versuchsserie mit Lochsteinen der mechanischen Backsteinfabrik in Zürich für die Druckprobe in lufttrockenem Zustande durchweg schärfer gebrannte Ziegel als für die Wasserprobe verwendet wurden. Erstere hatten eine ausgesprochen grünlich-gelbe, die letzteren vorwiegend eine röthlich-gelbe Farbe. Die Structur sämmtlicher Steine war annähernd die gleiche.

Die Zahlenwerthe der nachstehenden Tabelle sprechen in unzweideutiger Weise die cementirende Wirkung der durch den Kalk aufgeschlossenen Kieselsäure aus und scheinen die Hinfälligkeit der oft laut gewordenen Ansichten über den Werth kalkreicher Thone zur Ziegelfabrikation zu widerlegen. Ueber den technischen Werth der Kalkwirkung im Ziegelthone müssen wir uns so lange eines bestimmten Urtheils enthalten, als die im Zuge befindlichen, auf die Dauer mehrerer Jahre ausgedehnten Untersuchungen nicht vollständig abgeschlossen sind, obgleich aus den bisherigen Ergebnissen hervorgehen möchte, dass durch künstliche Kalkzuschläge zu Thonerde und zu kieselsäurereichen Ziegelerden Steine mit vorzüglicher Eignung für Wasser- und Cloakenbauten, Kanäle und Wasserreservoirs etc. etc. gewonnen werden können.

Nr.	Firma	Bezeichnung Format	Farbe	Structur	Mittleres Steingewicht <i>kg</i>	Scheinbare Dichte	Wasserauf- nahme in Gew. %	Druckfestigkeit in <i>kg pro cm²</i>						Bemerkungen
								lufttrocken			wassergesättigt			
								Mittel	Maxi- mum	Mini- mum	Mittel	Maxi- mum	Mini- mum	
1	Mechanische Backsteinfabrik Zürich	Lochsteine mit 17 Löchern à 1,5 <i>cm</i> ; Format 25 : 12 : 6 <i>cm</i>	hellgelb, bei schärfer gebrannten Steinen grünlich	ziemlich compact, homogen. Tendenz zur Sinte- rung, bei schärfem Brand por- zellenartig	2,34	2,63	26,1	304,5	350,0	206,1	374,0	438,0	296,0	Während 180 Tagen abwechselnd 14 Tage im Wasser, 14 Tage im Freien gelagert (auch Winter über). 180 Tage im Freien gelagert. Während 6 Wochen 24 Stunden lange erhitzt, hierauf 48 St. im Wasser gelagert. 180 Tage im Freien im Wasser gelagert (während des Winters 3 Mal vereist). Schwach gebrannte Steine. Chemische Analysen dieses Materials liegen nicht vor.
2	"	Sämtl. Steine der Versuchsserien Nr. 3-7 gehören der nämlichen Lieferung an.	"	—	2,63	26,1	255,0	311,0	193,0	294,0	338,0	269,0		
3	"			2,39	—	29,7	311,6	347,0	275,0	309,0	344,0	267,0		
4	"			—	—	—	297,5	336,0	259,5	—	—	—	—	
5	"	Sämtl. Steine der Versuchsserien Nr. 3-7 gehören der nämlichen Lieferung an.	"	"	—	—	—	323,7	405,2	244,6	—	—	—	
6	"				—	—	—	336,5	373,9	263,8	—	—	—	—
7	"				—	—	—	305,0	332,0	265,0	—	—	—	—
8	Ziegelei Albishof, Wiedikon b. Zürich	Lochst. mit 17 Löchern à 2,0 <i>cm</i> Form. 28 : 13,5 : 6,0	weisslich- gelb	erdig- körnig	3,00	2,28	29,5	141,0	177,0	114,0	200,0	226,0	161,0	Schwach gebrannte Steine. Chemische Analysen dieses Materials liegen nicht vor.
9	Société technique in Neuenburg	Vollsteine Format 27 : 9 : 5 <i>cm</i>	roth	"	2,00	2,29	11,4	243,5	409,0	135,8	318,0	384,0	220,0	
10	"	Verblender, Vollsteine Form. 2,15 : 10,5 : 5,5 <i>cm</i>	"	"	2,07	2,25	18,8	128,2	151,0	89,0	177,0	202,0	143,0	

Classification künstlicher Bausteine.

Die Manigfaltigkeit der Anordnungen sowie die vielen, die Steinqualität beeinflussenden Factoren machen die Classification künstl. Bausteine zu einer besonders schwierigen Aufgabe und sind wohl Ursache, dass sämtliche derzeit bekannte Classificationen kaum der Erwähnung werth sind. Sie laufen auf die Feststellung der Festigkeitsverhältnisse für bestimmte Qualitätsclassen hinaus und ordnen die Steine einfach nach der Grösse ihres Tragvermögens ohne jegliche Rücksicht auf ihre sonstigen Beschaffenheiten, die wohl mehr als die Festigkeit, die Eignung zur Verwendung in gegebenem Falle bestimmen. Nach den bestehenden Classificationen rangirt ein unhomogener, geaderter oder gefleckter, mit einem Worte ein ganz ordinärer Hintermauerungsstein Dank seiner hohen Trocken-Festigkeit vor dem schönen, homogenen, gleichmässig gefärbten Verblender; er kann bei einer zweifelhaften Verwendbarkeit zu Bauten unter der Erde vor einem Steine rangiren, der durch die Fähigkeit im Wasser zu erhärten, zu Bauten aller Art, insbesondere in feuchter Atmosphäre oder unter Wasser verwendbar und damit besonders werthvoll erscheint. Auf Farbe, Structur, Widerstandsfähigkeit gegen Einwirkung der Atmosphäralien, insbesondere des Frostes, ist etwelche Rücksicht nirgends genommen, und doch sind dies Factoren, deren Berechtigung im Rahmen einer sachgemässen Classification kaum Jemand beanstanden wird. Allerdings liegen die Verhältnisse beim künstlichen Baustein keineswegs so einfach und naheliegend als bei dem natürlichen Baustein und wird deshalb wohl auch kaum gelingen, allen berechtigten Factoren gebührend Rechnung zu tragen. Was man in einer Classification der Bausteine zunächst anzustreben hat, ist, die quantitative Feststellung jener Eigenschaften, welche nach dem Stande unseres heutigen Wissens einen Stein zur Verwendung in gegebenem Anwendungsfalle geeignet erscheinen lassen, damit an Hand dieser Feststellungen jeder Baubeflissene sein Material zweckentsprechend auszulesen und zu verwenden im Stande ist. Hat beispielsweise Jemand eine Stützmauer, die Wind und Wetter ausgesetzt, den schädlichen Einflüssen der capillaren Durchfeuchtung unterworfen ist, in Backsteinen herzustellen, so soll die Classification es gestatten, das Material möglichst correct zu wählen; sie soll Anleitung geben, nach welchen Richtungen hin den Stein zu prüfen, und welche Summe von Eigenschaften

derselbe aufweisen müsse, um möglichst rationell verwendet zu werden. Eine Classification, die diesen Anforderungen genügt, hat ihre Berechtigung und wird sowohl dem Baugewerbe, als der Thonwarenindustrie überhaupt gute Dienste leisten.

Ob es je gelingt eine Classification in dem skizzirten Umfange herzustellen, ist nicht zu entscheiden. Soviel ist indessen gewiss, dass wir heute noch sehr weit vom Ziele unserer diesbezüglichen Wünsche stehen, und vorliegendes Material zu den ersten Grundlagen derselben kaum genügt.

Ueber die Frost- und Wetterbeständigkeit künstlicher Bausteine liegen ziemlich umfassende Erfahrungsergebnisse vor, allein das aufgespeicherte Material im Sinne unserer Arbeit zu verwenden, ist deshalb nicht möglich, weil zur Zeit der Verwendung desselben in der Regel gar keine, oder doch ganz einseitige Prüfungen vorgenommen wurden, die keine Schlussfolgerungen gestatten. Auch sind die Ursachen des vorzeitigen Ruins der Backsteine sehr mannigfaltig und im voraus schwer zu erkennen. In der Regel findet die Zerstörung durch eine der folgenden Ursachen statt:

- 1) Erweichen der Masse des Steines durch capillar festgehaltenes Wasser und nachherigem Hinzutritt kräftiger Frostwirkungen.
- 2) Ablättern der Steine von lamellarer Structur (bei trocken erzeugten Steinen und relativem Schwachbrand), durch wechselnde Trockenheit und Nässe.
- 3) Ablättern der Steine durch auswitternde Salze (schwefelsaures Kali und Natron).
- 4) Zerstörung der Steine durch Volumenvergrößerung, sich allmählig löschender Kalkeinsprenglinge oder Oxydation von Schwefelmetallen.

Zweifellos ist das Mass der Fähigkeit des Erweichens im Wasser, sowie die lamellare Structur von der grössten Wichtigkeit für den Bestand des Materials; insbesondere sind relativ schwach gebrannte Steine mit lamellarer Structur für die combinirte Wasser-Frostwirkung sehr empfänglich. Dass Festigkeitsproben in wassergesättigtem Material für die Kennzeichnung der fraglichen Verhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung sind, liegt auf der Hand. Das Verhältniss der Festigkeit in wassergesättigtem Zustande zur Trockenfestigkeit, also unser „Beständigkeitscoefficient“ (η) bringt auch bei der Prüfung des Werthverhältnisses künstlicher Bausteine die Porosität, Fähigkeit der Wasseraufnahme, die Fähigkeit und das Mass des Erweichens der Masse

summarisch zum Ausdrucke und erscheint somit auch hier als berechtigter Qualitätsmesser.

In folgender Zusammenstellung geben wir ein Bild über die bisher an schweiz. Ziegelmaterial bestimmten Werthe

Nr.	Firma	Farbe der Steine	Vollsteine		Lochsteine		Mittel η
			Hand- Steine	Masch. Steine	vertic. gelocht	horizo. gelocht	
1	Courchod & Co. in Bussigny .	gelb	—	—	—	1,06	1,06
2	Dampfziegelei Heurieth in Ausser- sihl	röthl- gelb	0,65	—	—	—	} 0,72
	Dampfziegelei Heurieth in Ausser- sihl	hell- gelb	—	0,77	0,75	—	
3	Hector Egger's Ziegelfabrik, Nebikon	roth	—	0,91	—	0,95	0,93
	Hector Egger's Ziegelfabrik, Nebikon	dunk- roth	—	0,70	—	—	0,70
4	J. J. Keller in Teufen (Ct. Zürich)	rosa	0,93	—	—	—	—
	J. J. Keller in Teufen (Ct. Zürich)	dunk- roth	—	0,82	0,85	{1,40 1,12	{0,83 1,26
5	Mechanische Backsteinfabrik Zürich	gelb- lich	0,91	—	{1,15 1,26	0,95	1,07
	Mechanische Backsteinfabrik Zürich	roth	—	—	0,83	—	0,83
6	Passavant-Iselin in Basel . .	roth	—	0,90	0,91	(0,60)	0,90
	Passavant-Iselin in Basel . .	röthl- gelb	—	0,84	0,79	—	0,82
7	J. Schmiedheini, Ziegelei Heer- brugg	roth	—	0,86	—	—	0,86
	J. Schmiedheini, Ziegelei Heer- brugg	gelb	—	0,60	—	—	0,60
8	Société technique in Neuen- burg	roth	—	{1,31 1,38	—	(0,89) 1,03	1,24
9	Staatsbergwerk Käpfnach (Zürich)	roth	0,92	—	—	1,25	1,08
10	Thonwaren- und Klinkerfabrik Tänikon	weissl. gelb	1,12	—	1,06	1,15	1,11
11	Ziegelei Albishof in Wiedikon .	gelb- lich	1,04 0,85	—	{1,42 0,88	—	{1,23 0,86
12	Ziegelei und Thonwarenfabrik Emishofen	gelb- lich	—	0,83	—	—	0,83
13	Ziegelei Dynhardt (A. Berlinger) Winterthur	hell- roth	—	—	—	1,06	1,00
14	Walcher-Luchsinger in Schännis	roth	—	—	0,95	{0,53 0,56 0,76	{0,55 0,76

des Coefficienten η . Man sieht in einzelnen Fällen eine merkwürdige Uebereinstimmung des fraglichen Coefficienten für Erzeugnisse der gleichen Ziegelei. Mit der Thonsorte, der Mischung verschiedener Thonsorten, sowie mit der Intensität des Brandes variirt naturgemäss auch der Werth von η . Die Variation ist ziemlich bedeutend und gewährt dadurch den Vortheil eines relativ scharfen Urtheils.

Auf Grund vorstehend entwickelter Anschauungen basirt die folgende Classification der Backsteine.

1. Qualität.

Minimaler Beständigkeitscoefficient $\eta = 0,9$.

Hierher gehören:

a) **Verblendsteine** mit homogener Masse, gleichartiger Farbe, geradlinigen und scharfen Kanten, ebenen Flächen und übereinstimmenden Abmessungen. Die minimale Druckfestigkeit hat zu betragen:

für <i>Maschinenvollsteine</i>	250 kg pro cm^2
für <i>Lochsteine</i>	300 kg pro cm^2 .

b) **Gewöhnliche Mauersteine** mit angemessen scharfen Kanten und ebenen Flächen; sie sind wegen namhafter Widerstandsfähigkeit in durchfeuchtetem Zustande zu allen Bauten an der Luft wie unter Wasser verwendbar. Die minimale Druckfestigkeit hat zu betragen:

für <i>Handsteine</i>	200 kg pro cm^2
für <i>Maschinensteine</i>	250 kg pro cm^2
für <i>Lochsteine</i>	300 kg pro cm^2 .

2. Qualität.

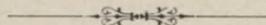
Beständigkeitscoefficient η zwischen 0,5 bis 0,9.

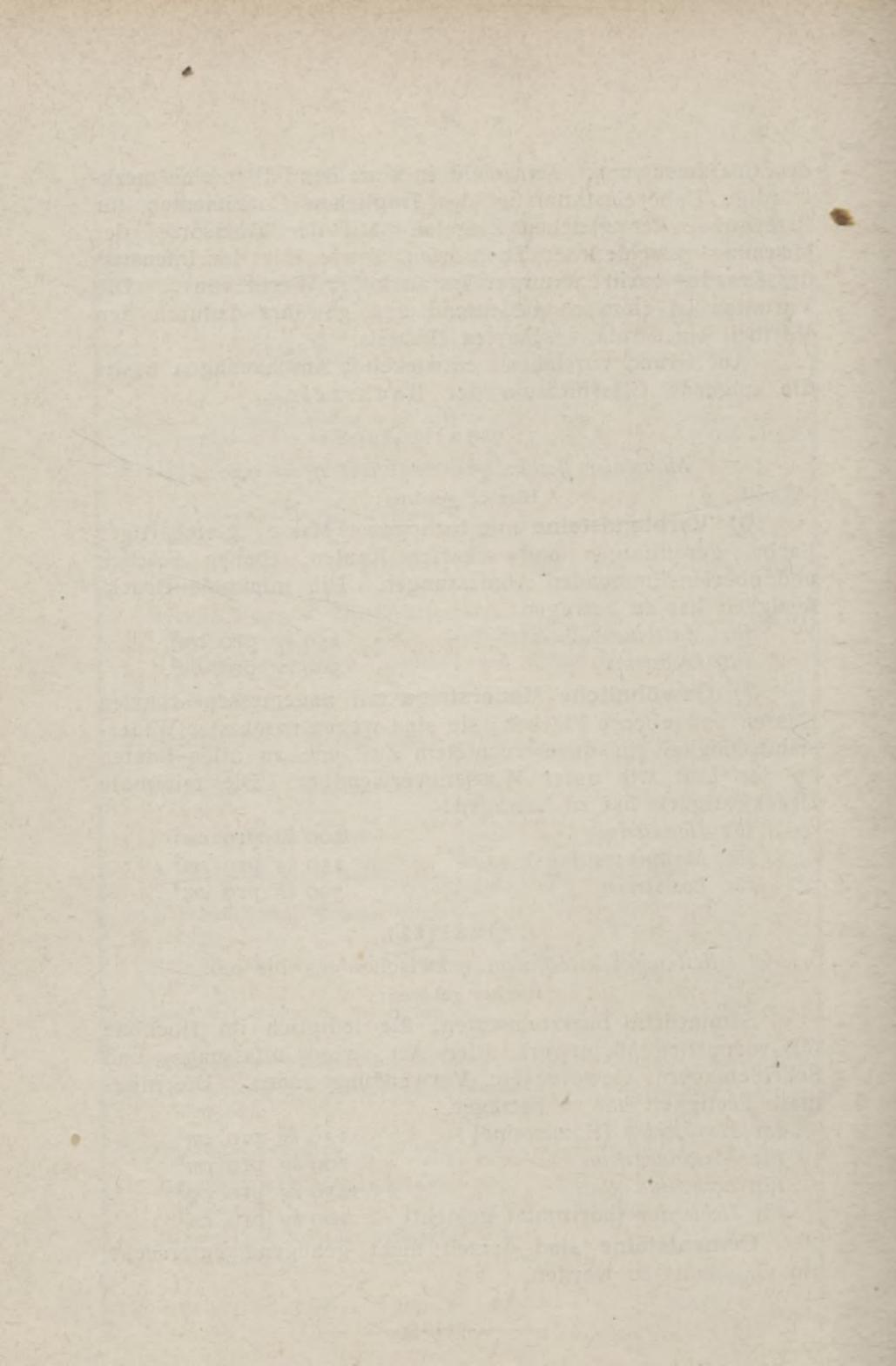
Hierher gehören:

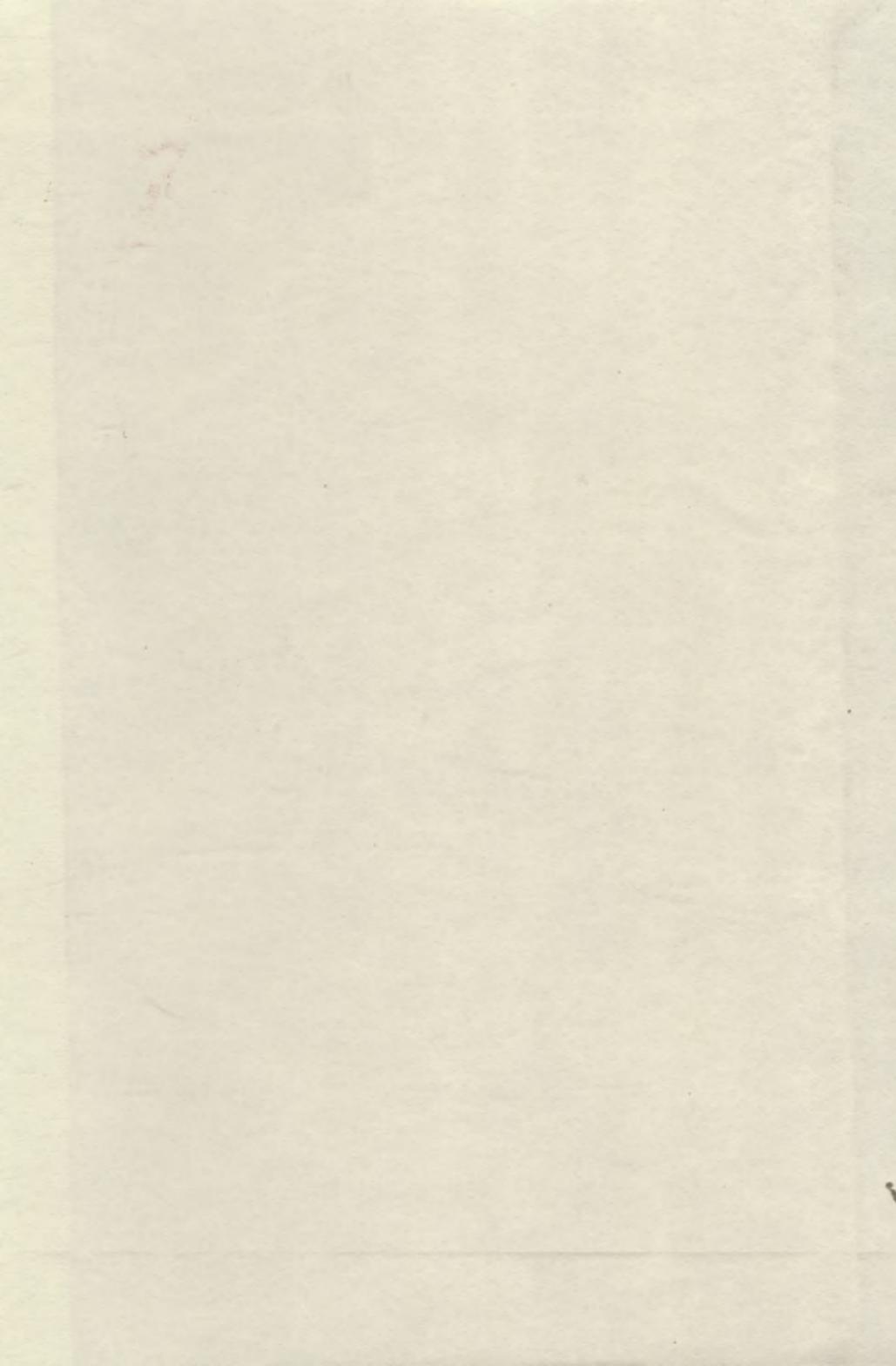
Sämmtliche Backsteinsorten, die lediglich im Hochbau für verputztes Mauerwerk aller Art, wie Umfassungs- und Scheidemauern, Gewölbe etc. Verwendung finden. Die minimale Festigkeit hat zu betragen:

für <i>Handschlag</i> (Handsteine)	150 kg pro cm^2
für <i>Maschinensteine</i>	200 kg pro cm^2
für <i>Lochsteine</i>	250 kg pro cm^2
für <i>Hohlsteine</i> (horizontal gelocht)	100 kg pro cm^2 .

Cementsteine sind derzeit nicht genügend untersucht, um classificirt zu werden.







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351664

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294702

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351934

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000315785

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351935

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000315786

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351936

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000315787