

der Etschbuchtgegend, welches sozusagen im Triplex confinium der Einflussbereiche der drei Stauungscentren Adamello, Cima d'Asta und Recoaro-Insel liegt.

August Rosiwal. Ueber einige neue Ergebnisse der technischen Untersuchung von Steinbaumaterialien. Eine neue Methode zur Erlangung zahlenmässiger Werte für die „Frische“ und den „Verwitterungsgrad“ der Gesteine.

Schon vor einem Jahre hatte ich Gelegenheit, in der Sitzung vom 19. April 1898 einige neue Resultate derjenigen Untersuchungen zu besprechen, welche durch die Nutzanwendung der neuen Methode der Härtebestimmung durch Schleifen¹⁾ im Zusammenhalte mit der geometrisch-optischen Gesteinsanalyse²⁾ bei der technischen Qualitätsbestimmung natürlich vorkommender Steinbaumaterialien gewonnen wurden.

Diese Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf die Feststellung desjenigen Wertes für die Durchschnittshärte eines Gesteines, welche demselben auf Grund seiner mineralogischen Zusammensetzung zukommen sollte. Ich nenne diesen Härtewert die theoretische Härte. Seine Berechnung gründet sich auf die durch früher vorgenommene Untersuchungen gewonnenen Maße für die Durchschnittshärte der petrographisch wichtigsten Minerale. Aus diesen Härtezahlen findet man bei ziffermässig ermittelter mineralogischer Zusammensetzung des Gesteins die theoretische Härte in der nachfolgenden einfachen Weise.

A. Die theoretische Härte gemengter Gesteine.

Dieselbe stellt eine Summe von Theilproducten dar, welche aus dem Volumsantheile jedes Bestandminerales im ganzen Gesteine und der diesem Minerale eigenthümlichen Durchschnittshärte gebildet sind.

Besteht also das Gestein aus den Mineralen *A*, *B*, *C* u. s. w. und bezeichnen $p_1, p_2, p_3 \dots$ ihre mit Hilfe der geometrischen Gesteinsanalyse gefundenen Relativantheile im Gesteinsvolumen, so dass

$$p_1 + p_2 + p_3 + \dots = 1$$

sind ferner die zugehörigen bekannten Durchschnittshärten der einzelnen Bestandtheile h_1, h_2, h_3 u. s. w., so ist die theoretische Härte:

$$H = p_1 h_1 + p_2 h_2 + p_3 h_3 + \dots = \sum p_n h_n$$

Diese theoretische Methode der Härtebestimmung wird, da ihr die Härtewerte der vollkommen frischen und unveränderten Mineralbestandtheile zugrunde gelegt werden, fast immer höhere Werte für

¹⁾ A. Rosiwal. Neue Untersuchungsergebnisse über die Härte von Mineralien und Gesteinen. Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1896, S. 475—491.

²⁾ A. Rosiwal. Ueber geometrische Gesteinsanalysen. Ein einfacher Weg zur ziffermässigen Feststellung des Quantitätsverhältnisses der Mineralbestandtheile gemengter Gesteine. Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1898, S. 143—175.

die Härte des gemengten Gesteines liefern, als der thatsächlich abgeführte Versuch als Durchschnittshärte des Gesteines ergibt; sie stellt den idealen Zustand der absolut unveränderten Mineralcombination vor, welche das untersuchte Gestein bildet.

B. Die „Frische“ der Gesteine.

Der Vergleich der thatsächlich durch den directen Versuch gefundenen Maßzahl für die Durchschnittshärte eines Gesteines mit dessen theoretisch ermittelter Härte gibt ein zahlenmässig auszu-drückendes Criterium für dessen Frische. Durch die fast niemals fehlenden Wirkungen der secundären Umwandlung und der atmosphärischen Verwitterung stellt sich der erstere Wert niedriger als der theoretisch gefundene Härtebetrag.

Als Maß für die Frische der Gesteine (F) stelle ich das Verhältniß der gefundenen effectiven Härte (h) zur theoretischen Härte (H) auf:

$$F = \frac{h}{H}$$

Ihr Maximalbetrag kommt daher der Einheit gleich, und zwar dann, wenn ganz unverändertes Material vorliegen würde.

C. Der „Verwitterungsgrad“.

Derselbe ist charakterisirt durch die Einbusse an Härte, welche das Gestein erlitten hat. Setzt man diese Einbusse ins Verhältniß zur theoretischen Härtezahl, so erhält man den zahlenmässigen Wert für den Verwitterungsgrad (V) nach der Formel

$$V = \frac{H-h}{H}$$

Ihren Maximalwert erreicht die Verwitterung bei vollständiger Auflösung des Zusammenhangs des Gesteines durch Zerfall desselben in Grus und Sand, bezw. thonige Umwandlungsproducte, wodurch die effective Härte auf Null sinkt und der Verwitterungsgrad die Einheit erreicht.

Es ist naturgemäss, dass sich der Grad der Frische und jener der Verwitterung für jede Materialprobe gegenseitig zur Einheit ergänzen müssen, so dass stets die Relation herrscht

$$F + V = 1.$$

Für technische Zwecke empfiehlt es sich, beide Grössen in Procenten auszudrücken. Durch obige Definition der Begriffe für Frische und Verwitterungsgrad ergeben sich zahlenmässig auszudrückende Werte als Maß für eine bisher nur ganz beiläufig mit allgemeinen, von subjectiver Auffassung abhängigen Worten darstellbar gewesene wichtige Eigenschaft der Gesteine.

Um diese Maße aber mit bestimmten Qualitätsbegriffen zu verbinden und diese selbst stufenweise zu gliedern, empfehle ich die folgende Eintheilung.

D. Eintheilung der Gesteine nach ihrem Erhaltungszustande.

Rang- stufe	Bezeichnung	Frische		Verwitterungsgrad	
		absolut	in Procenten	absolut	in Procenten
I	Vollkommen frisch	0·9—1·0	90—100	0·0—0·1	0—10
II	Hochgradig frisch	0·8—0·9	80—90	0·1—0·2	10—20
III	Sehr frisch	0·7—0·8	70—80	0·2—0·3	20—30
IV	Mittelfrisch	0·6—0·7	60—70	0·3—0·4	30—40
V	Halbfrisch	0·5—0·6	50—60	0·4—0·5	40—50
VI	Halbverwittert	0·4—0·5	40—50	0·5—0·6	50—60
VII	Stark verwittert	0·3—0·4	30—40	0·6—0·7	60—70
VIII	Brüchig verwittert	0·2—0·3	20—30	0·7—0·8	70—80
IX	Hochgradig verwittert	0·1—0·2	10—20	0·8—0·9	80—90
X	Gänzlich verwittert	0·0—0·1	0—10	0·9—1·0	90—100

Nur die fünf ersten Stufen kommen bei der Qualitätsfeststellung von Gesteinsproben für eine Verwendung derselben als tragende Baubestandtheile in Betracht. Hierbei zeigt sich, dass nur in den seltensten Fällen der dem Idealzustand nahekommende Rang vollkommener Frische beibehalten erscheint, und dass selbst anerkannt vorzügliche Bausteine schon in den Stufen II bis III rangiren, weil der nahezu absolute Mangel jeder Umwandlungsproducte selbst in grossen Quadern aus sehr tiefgehenden Aufschlüssen noch nicht erreicht wird.

Der Erhaltungszustand, welcher in den Verwitterungsstufen VII—X seinen Ausdruck findet, fällt nur mehr — von ländlichen Utilitätsbauten untersten Ranges abgesehen — in den technischen Verwendungsbereich des Schüttungsmateriales; er gibt den Zustand an, in welchem sich die unter der Humusdecke befindliche sogenannte „Schwarte“ der anstehenden Gesteinsmassen befindet.

Die im Vorangehenden gegebene Definition und Eintheilung des Erhaltungszustandes von Steinbaumaterialien gilt zunächst für anogene Gesteine, da deren primäre Zusammensetzung mittels der geometrisch-optischen Gesteinsanalyse unschwer erkannt und gemessen werden kann. Schwieriger gestaltet sich die Nutzanwendung des Gesagten für klastische Gesteine, bezw. Sedimentärgesteine im allgemeinen, weil bei diesen die Function des Bindemittels ausschlaggebende Bedeutung erlangt und dieses selbst, namentlich bei dichten Gesteinen, manchmal schwer bezüglich seiner mineralogischen Natur und Härte gesondert in rechnerischen Calcul gezogen werden kann, was für die vorangehende Bestimmung des theoretischen Härtewertes natürlich unumgänglich nothwendig erscheint. Indessen liefert die mikroskopische Untersuchung in der grösseren Mehrzahl der Fälle auch hier die nöthige Grundlage. Bei stark porösen Gesteinen muss das Maß der Porosität direct bestimmt und mitberücksichtigt werden,

um diese durch die Gesteinsbildung, also primär vorhandene Discontinuität der Masse nicht in den Verwitterungsgrad, der doch nur die secundäre Massenauflockerung ausdrücken soll, mit einzubeziehen.

Die vorangehenden allgemeinen Darlegungen sollen nun durch specielle Beispiele näher erläutert werden.

E. Beispiele.

1. Beispiel. Syenit vom Plauenschen Grunde bei Dresden.

Die theoretische Härte berechnet sich wie folgt:

Mineralbestandtheile	Antheile im ganzen Gesteinsvolumen p_n	Durchschnittshärte der einzelnen Bestandtheile ¹⁾ h_n (Korund = 1000)	Teilproducte $p_n h_n$
Quarz	0.060	117.0	0.060 117.0 = 7.0
Orthoklas u. Mikroklin	0.325	39.6	0.325 39.6 = 12.9
Oligoklas	0.360	35.5	0.360 35.5 = 12.8
Hornblende	0.198	26.6	0.198 26.6 = 5.3
Augit	0.008	66.0	0.008 66.0 = 0.5
Apatit	0.011	6.4	0.011 6.4 = 0.1
Titanit	0.021	50.8	0.021 50.8 = 1.0
Magnetit	0.017	36.4	0.017 36.4 = 0.6
Zusammen	1.000	—	$H = \sum p_n h_n = 40.2$

Die theoretische Härte dieses Gesteines beträgt somit $40.2/_{100}$ der Korundhärte. Durch den directen Versuch wurde gefunden:

1. Probe $40.6/_{100}$ Korund }
 2. " $36.8/_{100}$ " } Mittelwert: $38.7/_{100}$ Korund,

somit stellt sich die Frische der untersuchten Probe auf

$$F = \frac{h}{H} = \frac{38.7}{40.2} = 0.96 \text{ oder } 96 \text{ Procent}$$

und der Verwitterungsgrad

$$V = \frac{H-h}{H} = \frac{40.2-38.7}{40.2} = 0.04 \text{ oder } 4 \text{ Procent,}$$

diese Probe illustriert also den ziemlich seltenen Fall eines vollkommen frischen Erhaltungszustandes (Rang I).

2. Beispiel. Feinkörniger Granitit von Mrač bei Konopischt in Böhmen.

¹⁾ Dieselben sind nach neueren Beobachtungen zum Theile etwas kleiner (um circa $8\frac{1}{2}$ Procent) als die in der Abhandlung „Neue Untersuchungsergebnisse über die Härte von Mineralien und Gesteinen“ a. a. O. enthaltenen Zahlenwerte.

Theoretische Härte:

Mineralbestandtheile	Antheil p_n	Härte h_n	$p_n h_n$	
Quarz	0.295	117.0	0.295	117.0 = 34.0
Orthoklas u. Mikroklin	0.272	39.6	0.272	39.6 = 10.7
Oligoklas	0.288	35.5	0.288	35.5 = 10.1
Biotit	0.144	4.0	0.144	4.0 = 0.6
Apatit	0.001	6.4	0.001	6.4 = 0.0
Zusammen	1.000	—	$H = \sum p_n h_n = 55.4$	

Die theoretische Härte beträgt somit $55.4^{0/100}$ Korund.

Für dieses Gesteinsvorkommen liegen aus verschiedenen Tiefen und Stellen des in grossen Steinbrüchen aufgeschlossenen Gangstockes Proben vor, deren directe Härtebestimmung nach Massgabe der örtlichen Lage der Entnahmestellen der Proben sehr verschiedene Werte ergab.

Berechnet man aus den in der folgenden Tabelle enthaltenen Maßzahlen der Härte nach den gegebenen Regeln die Frische und den Verwitterungsgrad der einzelnen Probestücke, so zeigt sich sehr deutlich der Einfluss der Tiefenlage auf die Frische des gewonnenen Materials, wie es ja in der Natur der Sache liegt, die hier ihren zahlenmässig fassbaren Ausdruck findet.

Entnahmestellen der Probestücke	Tiefe unter der Terrain- oberfläche Meter	Effective (gemessene) Härte h	Frische $F = \frac{h}{H}$	Verwitte- rungsgrad $V = \frac{H-h}{H}$	Er- haltungs- stufe
		$^{10/100}$ Korund	in Procenten		
„Blauer“ Pflasterstein der Tiefe:					
Hauptbruch { Mitte östlich . westlich	24	47.6	86	14	II
	20	45.3	82	18	II
	15	44.8	81	19	II
Bruch { an der Bahn { Mitte östlich .	} 10 - 15	42.7	77	23	III
		41.2	74	26	III
Aus den oberen Theilen der Brüche:					
Grau umgefärbte Steine Bräunlich umgefärbte Steine (ausgesucht min- dere Sorte	} 6-10	38.2	69	31	IV
		33.6	61	39	IV
Oberflächenmaterial:					
Grosse Blöcke an der Oberfläche	0	28.8	52	48	V
Verwitterte Brocken im Eisenbahn-Einschnitte	0	19.7	35	65	VII

Man ersieht aus dem Inhalte der vorstehenden, sehr beredten Tabelle, dass das stark bis brüchig verwitterte Material der Oberfläche und Schwarte dort, wo es zur Auswitterung grösserer Blöcke kommt, selbst schon technisch brauchbare halbfrische Sorten enthalten kann, die ja zur ersten, meist localen Benützung von ähnlichen Vorkommnissen gewöhnlich den Anlass geben. Mit dem Tieferlegen der Bausohle durch rationell betriebene Steinbruchsanlagen verbessert sich die Qualität rasch durch das Anritzen minder verwitterter, bzw. umgewandelter Gesteinslagen. Im vorliegenden Beispiele bilden schon die in die Kategorie IV des Erhaltungszustandes fallenden Sorten ein gutes, dem Mittelwerte der Mauthausener Steine nahezu gleichkommendes Pflasterungsmaterial, wie die ziffermässige Ermittlung der übrigen, hiefür massgebenden Festigkeitsgrössen ergeben hat, trotzdem deren Frische unter 70 Procent des absoluten Wertes bleibt und diese Proben nur als mittelfrisch bezeichnet werden können. Die hochgradig frischen Lagen übertreffen die Mauthausener Granite um 25—30 Procent an Güte.

3. Beispiel. Grobkörniger Zweiglimmergranit von Gmünd, Niederösterreich.

Die mineralogische Zusammensetzung, nach der geometrischen Gesteinsanalyse wie in den vorigen Fällen ermittelt¹⁾, ergibt folgende Berechnung der theoretischen Härte:

Mineralbestandtheile	Antheil p_n	Härte h_n	$p_n h_n$
Quarz	0·319	117·0	0·319 · 117·0 = 37·3
Orthoklas + Mikroklin (= ca. $\frac{2}{3}$ der Gesamtfeldspäthe)	0·412	39·6	0·412 · 39·6 = 16·3
Oligoklas (= ca. $\frac{1}{3}$ der Feldspäthe)	0·207	35·5	0·207 · 35·5 = 7·3
Muscovit und Biotit	0·062	4·0	0·062 · 4·0 = 0·3
Zusammen . .	1·000	--	$H = \sum p_n h_n = 61·2$

Die theoretische Härte beträgt somit 61·2⁰/₁₀₀ der Korundhärte. Die Mittel- und Extremwerte der untersuchten Proben ergeben folgende Resultate für die Frische dieses Gesteines:

¹⁾ Vergleiche die eingangs angegebene Abhandlung über geometrische Gesteinsanalysen.

	Gemessene Härte h	Frische $F = \frac{h}{H}$	Verwitterungsgrad $V = \frac{H-h}{H}$	Erhaltungs- stufe
Gmünd, härteste Sorte	45·7	0·75	0·25	sehr frisch III
Mittelwert	39·5	0·65	0·35	mittel frisch IV
weichste Sorte	32·0	0·52	0·48	halb frisch V

Alle Sorten dieses bekannten Granites stehen in Wien als Quadermaterial in ausgedehntester Anwendung. Sie werden von dem folgenden Gesteine an Qualität bedeutend übertroffen.

4. Beispiel. Granitähnlicher Quarzglimmerdiorit von Požar bei Konopischt in Böhmen.

Nach Analogie der vorhergehenden Beispiele berechnet sich dessen theoretische Härte aus nachstehenden Daten:

Mineralbestandtheile	Antheil p_n	Härte h_n	$p_n h_n$
Quarz . .	0·327	117·0	38·2
Plagioklas .	0·512	35·5	18·2
Orthoklas	0·045	} 39·6	} 2·4
Mikroklin .	0·015		
Biotit .	0·086	4·0	0·3
Erz (Magnetit)	0·008	36·5	0·1
Apatit .	0·007	6·4	} 0·1
Chlorit	0·005	1·1	
Zusammen .	1·000	—	$H = \sum p_n h_n = 59·3\%_{100}$ Korund

Auch hier liegen aus verschiedenen Lagen der dortigen ausgedehnten Steinbruchsareale Proben vor, deren Härte- und Frischevariationen bei gleichbleibender Zusammensetzung die folgende Tabelle veranschaulicht:

Granitähnlicher Quarzglimmerdiorit von Požar	Gemessene Härte h	Frische $F = \frac{h}{H}$	Verwitterungsgrad $V = \frac{H-h}{H}$	Erhaltungs- stufe
Lom od Aujezd .	58·9	0·99	0·01	} vollkommen frisch I
Bruch I { .	57·4	0·97	0·03	
	55·0	0·93	0·07	} hochgradig frisch II
Bruch Douby . .	49·8	0·84	0·16	
„ III, Starý lom	47·4	0·80	0·20	
„ II, Rovina (II Qualität aus der „Schwarte“)	39·4	0·66	0·34	mittel frisch IV

5. Beispiel. Porphyrtiger Augitdiorit von Pecerad bei Konopischt, Böhmen¹⁾.

Die theoretische Härte berechnet sich wie folgt:

Mineralbestandtheile	Antheil p_n	Härte h_n	$p_n h_n$
Hornblende . . .	0·444	26·6	11·9
Augit . . .	0·206	66·0	13·6
Plagioklas . . .	0·341	35·5	12·2
Titanit . . .	0·004	50·8	0·2
Magnetit . . .	0·005	36·4	0·2
Zusammen . . .	1·000	—	$H = \sum p_n h_n = 38·1\%_{00}$ Korund

Gemessene Härte 37·0 und 37·7, Mittelwert $h = 37·35$, daher die Frische $F = 37·35 : 38·1 = 0·98$, der Verwitterungsgrad $V = 0·02$; das untersuchte Gestein ist also vollkommen frisch (Stufe I).

Die vorangehenden Beispiele dürften für die Darlegung der praktischen Bedeutung der zahlenmässigen Festlegung des Erhaltungszustandes von krystallinischen Massengesteinen genügen. Insbesondere die Beispiele 2 und 4 zeigen die Nutzenanwendung für die Taxirung der Materialgüte in verschiedenen Lagen eines und desselben Vorkommens.

Die folgenden Beispiele sollen dasselbe Verfahren für einige Sedimentgesteine erläutern.

6. Beispiel. Krystallinischer Kalk von Primersdorf, Niederösterreich.

Zusammensetzung: Kalkspath 100 Procent

Theoretische Härte: Calcit (Mittelwert) $H = 4·5\%_{00}$ Korund

Gemessene Härte der Probe: $h = 3·8\%_{00}$ Korund.

Frische: $F = 3·8 : 4·5 = 0·844$.

Verwitterungsgrad: $V = 0·156$.

Erhaltungszustand: Hochgradig frisch (Stufe II).

7. Beispiel. Stark poröser Leithakalk von St. Margarethen, Ungarn. Probe von minderer Qualität.

Zusammensetzung:

Organogener Kalk	0·714
Porosität	0·286
	1·000

Für die Härte des organogenen Kalkes darf zumeist nur ein Theilbetrag der Calcithärte in Rechnung gestellt werden, welche

¹⁾ Man vergleiche: Ueber geometrische Gesteinsanalysen a. a. O. S. 151.

sehr von der Structur der gesteinsbildenden Organismen abhängig ist. Compacte Schalenbruchstücke, Lithothamnienrasen u. s. w. erreichen den Vollbetrag der Calcithärte, ja bei Beimengung von Resten Kieselsäure absondernder Organismen kann sich die Härte solcher „Kalksteine“ noch über jene des Calcits erheben.

Im vorliegenden Falle kann nach analogen Beobachtungen an anderen Leithakalken blos $\frac{3}{4}$ der Calcithärte für den organogenen Kalk in Rechnung gestellt werden.

Theoretische Härte: $H = 0.714 \times 4.5 \times \frac{3}{4} = 2.40/_{00}$ Korund.

Gemessene Härte der Probe: $h = 1.21/_{00}$ Korund.

Frische: $F = 1.21 : 2.4 = 0.50$

Verwitterungsgrad: $V = 0.50$.

Erhaltungszustand: Halb frisch bis halb verwittert (Stufe V—VI).

8. Beispiel. Neogener Kalksandstein von Wallsee in Niederösterreich. „Krystallisirter Sandstein von Perg“

Zusammensetzung:

Quarzfragmente .	38.5 Procent
Feldspathfragmente .	30.8 „
Kalkspathbindemittel	30.7 „

100.0 Procent des Volumens.

Theoretische Härte also nach früheren Werten für die Härte der Einzelbestandtheile: $H = \sum p_n h_n = 0.385 \times 117 + 0.308 \times 37.5 + 0.307 \times 4.5 = (45.0 + 11.5 + 1.4) = 57.9/_{00}$ Korund.

Gemessene Härte der Probe: $h = 38.8/_{00}$ Korund.

Frische: $F = 38.8 : 57.9 = 0.67$.

Verwitterungsgrad: $V = 0.33$.

Erhaltungszustand: Mittelfrisch (Stufe IV).

9. Beispiel. Cretacischer Wiener Sandstein. Feste Bank am Nordwestabhang des Buchberges, Klosterneuburg. Rechte Thalseite des Grabens gegen den Haschhof. Feinkörnig, von quarzitischem Aussehen.

Zusammensetzung:

Quarzfragmente	0.610
Glauconitkörner	0.021
Glimmerblättchen	0.002
Bindemittel	0.367
	<hr/>
	1.000

Das Bindemittel ist kieselig, unter dem Mikroskop als amorphe Kieselsäure mit eingelagerten zahllosen winzigen Blättchen eines chloritischen Minerals erkennbar. Für die Härte desselben ist also ein Mittelwert ($14.7/_{00}$ Korund) aus der Opalhärte ($28.3/_{00}$ Korund) und Chlorithärte (Aggregat $1.1/_{00}$ Korund) einzusetzen.

Theoretische Härte:

entfallend	{	Quarz . . .	$0.610 \times 117.0 = 71.4^{0/100}$	Korund
		Glaucorit	$0.021 \times 1.5 = 0.0^{0/100}$	"
		Glimmer . .	$0.002 \times 4.0 = 0.0^{0/100}$	"
		Bindemittel	$0.367 \times 14.7 = 5.4^{0/100}$	"
			$H = \sum p_n h_n = 76.8^{0/100}$	Korund

Gemessene Härte der Probe:

Parallel zum „Lager“	$52.4^{0/100}$	Korund
Senkrecht zum Lager	$60.3^{0/100}$	"
Mittelwert ¹⁾	$57.7^{0/100}$	Korund

Frische: $F = 57.7 : 76.8 = 0.751$

Verwitterungszustand: $V = 0.249$.

Erhaltungszustand daher sehr frisch (Stufe III).

10. Beispiel. Cambrischer Grauwackensandstein von Richenburg in Ostböhmen. Dunkelgrauschwarze, feste Probe.

Zusammensetzung:

Quarzfragmente	0.228
Feldspathfragmente	0.380
Glimmerfragmente	0.152
Bindemittel	0.240
	1.000

Das Bindemittel umfasst ein feines Zerreibsel von winzigen Quarz- und Feldspathpartikeln, die durch ein kieseliges Cement verbunden sind. Es muss seiner Substanz nach partiell zu Quarz, partiell zu Feldspath gestellt werden, was am zutreffendsten nach dem Mengenverhältnisse der grösseren Fragmente dieser beiden Minerale zu geschehen hat; somit ist für die Berechnung der theoretischen Härte folgende Zusammensetzung massgebend:

Quarz	{	Fragmente	0.228	
		Im Bindemittel $0.240 \frac{228}{608} = 0.088$		0.316
Feldspath	{	Fragmente	0.380	
		Im Bindemittel $0.240 \frac{380}{608} = 0.152$		0.532
		Glimmer (Biotit)	0.152	1.000

¹⁾ Der Mittelwert bei Schiefergesteinen muss stets so berechnet werden, dass der Härte senkrecht auf die Richtung der planparallelen Structurfläche doppeltes Gewicht beigemessen wird, also oben

$$h_m = \frac{1}{3} (2 \times 60.3 + 52.4) = 57.7.$$

Hieraus folgt die theoretische Härte mit:

$$H \quad \Sigma p_n h_n = 0.316 \times 117 + 0.532 \times 37.4^1) + 0.152 \times 4.0 \\ = 37.0 + 20.0 + 0.6 = 57.6^{0/100} \text{ Korund.}$$

Gemessene Härte der Probe: $h = 41.1^{0/100}$ Korund.

Frische: $F = 41.1 : 57.6 = 0.71$.

Verwitterungsgrad: $V = 0.29$.

Erhaltungszustand: Sehr frisch (Stufe III).

Nach den gegebenen Beispielen 6—10 dürfte auch für andere Sedimentgesteine der Gang einer Untersuchung des Erhaltungszustandes derselben genügend beleuchtet sein.

Anschliessend an die Untersuchungsergebnisse über die Frische, bzw. den Erhaltungszustand der Gesteine seien im Folgenden noch die Resultate derjenigen Versuchsreihen angeführt, welche ich zum Zwecke der Ermittlung der gegenseitigen Beziehungen der für die technische Nutzanwendung der Gesteine in Betracht kommenden Festigkeitsgrössen bisher durchzuführen Gelegenheit hatte.

Den speciellen Anlass hiezu gab die genaue Untersuchung der auf der Domaine Konopischt Sr. k. u. k. Hoheit des durchl. Herrn Erzherzogs Franz Ferdinand im intensiven Abbaue stehenden Steinbaumaterialien (Granite und Diorite) hinsichtlich der zahlenmässigen Ermittlung aller für die verschiedenen technischen Verwendungsarten massgebenden Qualitätsfactoren. Die von mir ermittelten Werte beziehen sich daher in erster Linie auf krystallinisch-körnige Massengesteine, speciell auf granitische und verwandte Gesteine.

Die ermittelten Wechselbeziehungen sind vorerst rein empirischer Natur, basirt auf die Zahlenwerte der Versuche, und können, da für manche der wichtigsten Eigenschaften (Härte, Abnützbarkeit) noch die absoluten Masseinheiten mangeln, nicht in allgemeiner Form ausgedrückt werden.

Es musste daher die tabellarische Wiedergabe specieller Werte, welche das Resultat des graphischen Ausgleiches der Beobachtungsdaten bilden, als nächstliegendes Ziel ins Auge gefasst werden. Für die Zwecke einer exacten Beurtheilung der Qualität sind auch diese Ergebnisse vielfach von massgebendem Belange.

F. Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und Härte.

Da die Härte zunächst und wesentlich vom Mineralbestande des Gesteines abhängig ist, so können nur gleichartige, d. h. ähnlich zusammengesetzte Gesteine miteinander in Vergleich gesetzt werden, also beispielsweise nur Grauite untereinander, die quarzfreien Syenite und Diorite für sich u. s. w.

¹⁾ Mittlere Feldspathhärte (37.5), da Orthoklas (39.6) und Plagioklas (35.5) in den Fragmenten vertreten sind.

Bezüglich der genannten beiden Gruppen haben die Untersuchungen ergeben, dass die Druckfestigkeit bei gleicher Härte mit der Korngrösse abnimmt, dass also innerhalb derselben Gesteinsfamilie wieder Kategorien je nach der Korngrösse unterschieden werden müssen.

Die nachfolgende Tabelle trägt den genannten Gesichtspunkten Rechnung. Sie ist durch die graphische Zusammenfassung aller von mir bisher untersuchten Gesteinsproben, an denen sowohl die Druckfestigkeit, als gleichzeitig die Härte bestimmt wurde, entstanden, auf deren Details an diesem Orte nicht weiter eingegangen werden kann. Zu bemerken bleibt noch, dass sehr feinkörnige Granite bezüglich ihrer aus der Tabelle nach der ermittelten Härte ableitbaren Druckfestigkeit zwischen den mittelkörnigen Graniten und den dioritischen Gesteinen rangieren.

Im Allgemeinen lässt sich noch sagen, dass mit Abnahme der Korngrösse und des Quarzgehaltes bei sonst frischen Gesteinen eine Annäherung an die hohe Druckfestigkeitsrelation der quarzfreien Gruppe I stattfindet. Die Verminderung des Grades der Frische drückt natürlicherweise den Druckfestigkeitswert bedeutend herab.

Relation zwischen Druckfestigkeit und Härte :

Härte (Promille der Korundhärte)	Druckfestigkeit (kg pro cm ²)		
	I Diorite und Syenite	II Mittelkörnige Granite	III Grobkörnige Granite
25	1200	800	550
30	1600	1000	700
35	2050	1250	830
40	2600	1600	1100
45	3000	2000	1400
50	—	2400	1700
55	—	2800	2000

G. Beziehungen zwischen Bohrfestigkeit und Druckfestigkeit.

Die Bohrfestigkeit eines Gesteines wird nach Ržih a durch die Anzahl der Meterkilogramme Arbeit ausgedrückt, welche die Erbohrung eines Kubikcentimeters des Bohrlochvolumens erfordert. Sie ist, wie ich vor Jahren experimentell nachweisen konnte, eine Function der Bohrlochweite. Die Bohrfestigkeit für das Bohrkaliber von 1 cm nannte ich *reducirte Bohrfestigkeit* und brachte sie für alle Meisselbohrungen, die das volle Kreisprofil aufschliessen, als Vergleichsmaßstab in Vorschlag ¹⁾. Es wäre damit dem Antrage Prof. Ržih a's auf der Dresdener Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungs-

¹⁾ Näheres hierüber in A. Rosiwal, Beitrag zur Kenntnis der Bohrfestigkeit der Gesteine, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Architektenvereines, Jahrg. 1891.

methoden für Bau- und Constructionsmaterialien im Jahre 1886, welcher als Conferenzbeschluss normirt, dass die Gesteine nach einheitlichen Principien auf ihre Bohr-, resp. Gewinnungsfestigkeit zu untersuchen seien¹⁾, entsprochen und ein einfach zu ermittelnder, dabei aber ungemein wichtiger Qualitätsfactor allgemein in den Bereich der technischen Prüfungsmethoden aufgenommen.

Die von mir bisher abgeführten Bohrfestigkeitsbestimmungen der Gesteine von bekannter Druckfestigkeit ergaben — abermals durch graphischen Ausgleich der Beobachtungsergebnisse — das im Nachfolgenden tabellarisch geordnete, zahlenmässige Abhängigkeitsverhältnis, welches in diesem Falle für Gesteine aller Art Giltigkeit besitzt.

Relation zwischen Druckfestigkeit und Bohrfestigkeit:

Reducirte Bohrfestigkeit <i>mkg</i> pro cm^3 des 1 <i>cm</i> weiten Bohrloches	Druckfestigkeit
10 <i>mkg</i>	170 <i>kg</i> pro cm^2
20 "	350 " " "
30 "	520 " " "
40 "	690 " " "
50 "	860 " " "
60 <i>mkg</i>	1030 <i>kg</i> pro cm^2
70 "	1200 " " "
80 "	1370 " " "
90 "	1560 " " "
100 "	1720 " " "
110 <i>mkg</i>	1880 <i>kg</i> pro cm^2
120 "	2020 " " "
130 "	2150 " " "
140 "	2270 " " "
150 "	2350 " " "
160 <i>mkg</i>	2430 <i>kg</i> pro cm^2
170 "	2500 " " "
180 "	2660 " " "
190 "	2630 " " "

Die in der Tabelle enthaltenen Werte für die Druckfestigkeit als Function der Bohrfestigkeit sind, wie angegeben, graphisch erhaltene Mittelwerte. Innerhalb eines Schwankungsbereiches von ± 50 Atmosphären kommen sie normal bohrfesten oder, kürzer bezeichnet, normalfesten Gesteinsproben zu.

¹⁾ Vgl. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der kgl. techn. Hochschule in München von J. Bauschinger, XXVI. Heft, S. 34

Auch hier wird sich der Einfluss der wechselnden Zusammensetzung und Korngrösse, insbesondere aber der Erhaltungszustand (die Frische) bei gleich zusammengesetzten Gesteinen bemerkbar machen und des öfteren Werte für die Bohrfestigkeit liefern, welche theils über, theils unter den in der Tabelle enthaltenen Mittelwerten liegen.

Ich nenne diejenigen Materialproben, welche eine grössere als die angegebene, ihrer Druckfestigkeit entsprechende mittlere Bohrfestigkeit zeigen, übernormal bohrfest oder kurz überfest bezüglich ihrer Bohrfestigkeit; sie sind im Gegensatze dazu unternormal druckfest oder minderfest bezüglich ihrer Druckfestigkeit. Hiezu gehören manche Proben poröserer Kalksteine, deren Bohrfestigkeit 10 bis 50 Procent über, bezw. deren Druckfestigkeit 10 bis 50 Procent unter den oben angegebenen durchschnittlichen Relativzahlen liegen kann.

Im Gegensatze dazu weisen manche durch höhere Verwitterungsgrade wesentlich in der Bohrfestigkeit beeinträchtigte Materialien (z. B. Gmünder Granit) noch eine relativ weniger herabgedrückte Druckfestigkeit auf; sie sind minderfest bezüglich ihrer Bohrfestigkeit, bezw. überfest hinsichtlich ihrer Druckfestigkeit.

Die speciellen Beispiele hiefür sollen anlässlich der Wiedergabe der graphischen Darstellungen über die, obigen Tabellen zugrunde liegenden Beobachtungsreihen geboten werden. Aus ihnen erhält man noch speciellere Anhaltspunkte für eine Taxierung der nach der Bohrfestigkeitsprobe zu erwartenden Druckfestigkeitsgrösse als sie schon durch die Durchschnittswerte der obigen Tabelle gegeben wird.

H. Beziehungen zwischen der Abnützbarkeit und Druckfestigkeit.

Die Abnützbarkeit wurde von Prof. Bauschinger im Jahre 1884 als Qualitätskriterium für die Verwendung von Constructionsmaterialien zu Pflasterungszwecken, Bodenbelag etc. aufgestellt und wird nach einer von ihm herrührenden Methode an einem Apparate mit rotirender Gusseisendrehscheibe durch den Volumsverlust in Cubikcentimetern bestimmt, welchen Probepplatten (zumeist Würfel von 7 *cm* Kantenlänge) durch die Abscheuerung vermittelst genau bestimmter Quantitäten Smirgel erleiden.

Als normale Beanspruchung dienen je 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe, ein Umdrehungsradius von 49, bezw. 50 *cm* bis zum Mittelpunkte der Würfelfläche des Probekörpers und die Beschickung der Schleifscheibe mit je 20 Gramm Naxos-Smirgel Nr. 3 für je 10 Umdrehungen der Scheibe. Dabei werden die Probekörper durch einen Hebel mit Gewichten so an die rotirende Scheibe gedrückt, dass sie unter einem Drucke von 30 bis 40 *kg* stehen¹⁾.

¹⁾ Mittheilungen aus dem mechan.-techn. Laboratorium der kgl. technischen Hochschule in München. Heft 11 und 18.

Die Untersuchungsmethode Prof. Bauschinger's wurde von der Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructionsmaterialien als Norm angenommen, und werden demgemäss in allen solchen Prüfungsstationen zahlreiche Bestimmungen der Abnützbarkeit von Steinbaumaterialien mit Hilfe des Bauschinger'schen Apparates vorgenommen.

Ich möchte hier nur kurz darauf hinweisen, dass die im Grundprincipe ganz ausgezeichnete Methode Bauschinger's an einem Hauptfehler leidet, dem Umstande nämlich, dass die Abscheuerung der Probekörper durch Smirgel erfolgt, dessen Schleifwert je nach der Qualität ein ungemein variabler ist, so dass jeder zeitliche Wechsel der im Handel vorkommenden Sorte auch andere Werte für die Abnutzung ergeben muss. Die Unbeständigkeit der Qualität selbst derselben Nummer für Messungszwecke, um die es sich hier handelt, ist nach meinen Untersuchungen der Naxos-Smirgelsorten, welche ich vor Jahren vorzunehmender Gelegenheit hatte, am besten durch die gefundenen Härtewerte für verschiedene Marken derselben illustriert, welche ich hier beifüge:

Sorte	Härte in ‰ der Korundhärte		Schleifwert beim Abschleif einer Bergkrystallplatte (Korund — 1000)
	direct	Mittelwerte nach mehreren Methoden	
I	625	665	990
II	714	792	353
III	428	410	585
IV	479	477	599
V	320	313	507
a	471	433	466
b	494	586	610

Diese Erkenntnis bestimmt mich, die gegenwärtig übliche Bestimmung der Abnützbarkeit für wesentlich reformbedürftig zu halten, und habe ich einen darauf hinielenden Vorschlag, welcher alle Abnutzungswerte von Gesteinen auf die Abnutzungszahl des reinen Quarzes (Bergkrystalls) als Vergleichsmaßstab zurückführt, in Ausarbeitung.

Hier sollen noch jene Zahlenrelationen Berücksichtigung finden, welche mit der gewöhnlichen Smirgelbeschickung des Bauschinger'schen Apparates erlangt wurden, und welche von mir auf einem indirecten Wege durch den Vergleich mit Gesteinen von bekannter Abnutzungszahl und gemessener Druckfestigkeit erhalten wurden. Die ziffermässigen Einzelwerte, aus denen die Beobachtungsreihe besteht, müssen späterer Publication vorbehalten bleiben, und erscheint nur das Ergebnis des Ausgleiches aller dieser Beobachtungen durch die folgende Tabelle illustriert:

Relation zwischen Abnützbarkeit und Druckfestigkeit:

Abnützbarkeit des trockenen Probekörpers nach Bauschinger für 200 Touren der Dreh- scheibe	Normale Druckfestigkeit für Granite (kg pro cm ²)	Normale Druckfestigkeit für Kalk- und Sandsteine (kg pro cm ²)
3 cm ³	2600	—
4 "	2100	2430
5 "	1740	2150
6 cm ³	1450	1900
7 "	1230	1690
8 "	1050	1500
9 "	910	1350
10 "	800	1230
11 cm ³	—	1130
12 "	—	1050
13 "	—	975
14 "	—	900
15 "	—	830
16 cm ³	—	780
17 "	—	720
18 "	—	670
19 "	—	620
20 "	—	580

Auch hier gilt das bezüglich überfester und milderfester Gesteinstypen Gesagte analog wie bezüglich der Wechselbeziehungen zur Bohrfestigkeit. Gegenüber den Graniten u. s. w. sind alle weicheren Kalk- und Sandsteine mit Rücksicht auf ihre relativ grosse Abnützbarkeit, welche durch ihre Structur und materielle Beschaffenheit bedingt wird, als überdruckfest zu bezeichnen, und musste in dem Ausgleichsgraphicon für diese in allen Festigkeitsarten so stark variablen Gesteinsgruppen eine besondere Linie der Durchschnittsrelation construirt werden, welche in der dritten Columne obiger Tabelle ihren ziffermässigen Ausdruck findet.

I. Beziehungen zwischen Wasseraufnahme, Porosität und Druckfestigkeit.

Das Maß der Porosität der Gesteine wird am besten an möglichst flachen Probesplittern von ein paar Gramm Gewicht ermittelt, welche unter der Luftpumpe mit Wasser gesättigt werden. Aus der mit Hilfe der analytischen Wege genau bestimmten Wasseraufnahme in Promille des Gewichtes ergibt sich, wie bekannt, durch Multiplication mit der Dichte das Maß der Porosität in Promille des Volumens.

Um ganz genaue Werte zu erhalten, evacuieren ich die Gesteinsplittler zuerst in absolutem Alkohol, koche die Proben hierauf in destillirtem Wasser durch circa 2—3 Stunden und wäge die wasser-

gesättigten Splitter nach dem Erkalten unter Beobachtung aller erforderlichen Vorsichten. Das Trockengewicht wird nach ca. 2 stündigem Belassen der Proben im Luftbade von 100—120° C. bestimmt.

Für sehr wenig poröse Gesteine aller Art erhielt ich die folgende durchschnittliche Druckfestigkeit:

Relation zwischen Wasseraufnahme und Druckfestigkeit:

Wasseraufnahme in Promille des Gewichtes	Normale Druckfestigkeit
1‰	2650 kg pro cm ³
2 "	2350 " " "
3 "	2065 " " "
4 "	1820 " " "
5 "	1620 " " "
6‰	1440 kg pro cm ²
7 "	1280 " " "
8 "	1150 " " "
9 "	1000 " " "
10 "	900 " " "

Dagegen ergibt sich bei stärker porösen Gesteinen ein Durchschnitt, welcher höhere Werte der Druckfestigkeit als normal erscheinen lässt, wie folgende Tabelle zeigt, welche die Mittelwerte des von mir construirten graphischen Ausgleiches der Beobachtungen an 49 verschiedenen Sandsteinproben gibt, deren Druckfestigkeit und Porosität von Prof. A. Hanisch bestimmt wurde¹⁾.

Relation zwischen Druckfestigkeit und Porosität bei Sandsteinen:

Porosität Raumprocente	Normale Druckfestigkeit
3%	1400 kg pro cm ³
5 "	1175 " " "
10 "	820 " " "
15 "	600 " " "
20 "	475 " " "
25 "	400 " " "
30 "	350 " " "

Die Natur des Bindemittels spielt bei Sandsteinen bei allen Festigkeitsgrößen die wichtigste Rolle, bewirkt daher auch in dieser Gesteinsgruppe die grössten Abweichungen einzelner Fälle von dem Durchschnittswerte grösster Versuchsreihen. Es werden daher über feste wie minderfeste Proben recht häufig zur Untersuchung

¹⁾ A. Hanisch, Resultate der Untersuchungen mit Bausteinen. Wien 1892.

gelangen; ob eine specielle Probe eine Tendenz in diesem oder jenem Sinne erwarten lässt, zeigt in der Regel die mikroskopische Gesteinsanalyse. Für die erste Orientirung wird obige Tabelle auf Grund der so einfachen Bestimmung der Porosität gewiss gute Dienste leisten, und den älteren primitiven Verfahren (z. B. ob ein Wassertropfen rascher oder langsamer aufgesaugt wird, oder der Bestimmung der stets unvollständigen Wasseraufnahme von Probewürfeln) vorzuziehen sein. Für Granite und verwandte Massengesteine gibt die erste Tabelle, wie ich mich wiederholt überzeugt habe, sehr zuverlässige Resultate.

Nähere Details über die im Vorstehenden auszugsweise angegebenen numerischen Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Festigkeitsgrößen, beziehungsweise wesentlichen Eigenschaften von Steinbaumaterialien muss ich mir für eine eingehendere Darstellung meiner Studien über die zweckmässigste Art der technischen Gesteinsuntersuchungen vorbehalten.

Es erübrigt zum Schlusse noch, an einigen Beispielen zu zeigen, bis zu welchem Grade aus den bekannten Ermittlungen einiger der genannten Festigkeitsgrößen für eine bestimmte Materialsorte auf das Maß der übrigen geschlossen werden kann.

K. Beispiele über die Ermittlung unbekannter Festigkeitsgrößen.

1. Berechnung der Druckfestigkeit.

I. Beispiel: Feinkörniger Granit von Kamenitz, Ostböhmen.

Gegeben: Härte = $43.5^{0/100}$ Korund
 Reducirte Bohrfestigkeit = 98.2 mkg
 Abnützbarkeit 4.99 cm^3
 Wasseraufnahme = $2.63^{0/100}$ des Gewichts.

Aus den Tabellen zu lit. *F*, *G*, *H* und *I* folgen für die Druckfestigkeit je die Werte:

Nach der Härte ¹⁾ . . .	2380 Atm.
„ „ Bohrfestigkeit	1700
„ „ Abnützbarkeit	1740
„ „ Wasseraufnahme .	2160 „
Berechneter Mittelwert	$7980 : 4 = 1995 \text{ Atm.}$

Bei Abführung der Druckfestigkeitsprobe gefunden: 2105 Atm.

Die untersuchte Gesteinsprobe war daher überdruckfest bezüglich der Bohrfestigkeit und Abnützbarkeit, minderfest bezüglich der Härte und normalfest bezüglich ihrer Wasserabsorption.

¹⁾ Hierbei wurde der Mittelwert zwischen den, mittelkörnigem Granite und Dioriten entsprechenden Beträgen zur Interpolation benutzt, d. i. für $h = 40 \dots 2100 \text{ Atm.}$, für $h = 45 \dots 2500 \text{ Atm.}$ gibt für $h = 43.5$. 2980 Atm.

2. Beispiel. Grobkörniger Gmünder Granit. Probe halbfrisch, von minderer Qualität.

Gegeben: Härte 37‰ Korund
 Reducirte Bohrfestigkeit = 29 *mk*
 Abnützbarkeit $11\cdot33\text{ cm}^3$
 Wasseraufnahme $12\cdot66\text{‰}$ des Gewichts.

Es folgen nach den gegebenen Tabellen für die Druckfestigkeit:

Nach der Härte	940 Atm.
" " Bohrfestigkeit	500
" " Abnützbarkeit ¹⁾	910
" " Wasseraufnahme	700 "
Berechneter Mittelwert .	
	3050 : = 762 Atm.

Bei Abführung der Druckfestigkeitsprobe gefunden: 915 Atm.

Die untersuchte Probe war daher überdruckfest bezüglich der Bohrfestigkeit und Wasseraufnahme, normalfest bezüglich der Härte und Abnützbarkeit.

2. Berechnung der Härte.

3. Beispiel. Festester dioritischer Granit (Quarzglimmerdiorit) von Požar bei Konopischt, Böhmen.

Gegeben: Druckfestigkeit direct = 2300 Atm.
 Reducirte Bohrfestigkeit = 133·3 *mk*
 Abnützbarkeit = 3·6 *cm*³
 Wasseraufnahme = 1·73 ‰ des Gewichts.

Die Berechnung muss hier wie in den folgenden Fällen auf dem Mittelwege durch die Druckfestigkeit erfolgen also:

Druckfestigkeit direct	2300 Atm.
" äquiv. der Bohrfestigkeit	2100
" " " Abnützbarkeit	2250 "
" " " Wasseraufnahme	2400 "
Mittelwert	
	2260 Atm.

Dieser Druckfestigkeit entspricht nach Tabelle lit. *F* eine Normalhärte für mittelkörnigen Granit von 48·3 ‰ Korund. Da das Gestein aber schon makroskopisch als sehr quarzreich kennbar ist, müssen die Härtewerte für grobkörnige, beziehungsweise quarzreiche Granite mitbenutzt werden. Dann liefert die Tabelle

für Härte 50	2050 Atm. (Mittelwert aus 1700 und 2400)			
" 55	2400	(")	2000	2800)

¹⁾ Für die Relation zwischen Abnützbarkeit und Druckfestigkeit muss in Anbetracht des nur halbfrischen Zustandes der untersuchten Granitprobe ein Mittelwert zwischen den für frische Granite und für Sandsteine giltigen Relationen benutzt werden, also: Aequivalente Druckfestigkeit für frischen Granit 720 Atm., für Sandsteine 1100 Atm.; im Mittel 910 Atm.

Es stellt sich also die berechnete Härtezahl auf mindestens	53 ‰ Korund
Unter Zugrundelegung der Relativzahlen für grobkörnige, beziehungsweise quarzreiche Granite allein aber auf	59.3 ‰
Gefunden wurden durch den directen Versuch	58.9 ‰

Die Berechnung der Härte eines Gesteines aus den Maßzahlen der übrigen Festigkeitswerte dürfte indessen selten vorgenommen werden, da der directe Versuch einfach und schnell zum Ziele führt.

3. Berechnung der Bohrfestigkeit.

4. Beispiel. Sehr fester Augitdiorit von Pecerad bei Konopischt, Böhmen.

Gegeben: Druckfestigkeit direct = 2226 Atm.
 Härte = 37.4 ‰ Korund
 Abnützbarkeit = 3.61 cm³
 Wasseraufnahme = 1.91 ‰ des Gewichts.

Der Mittelwert des für die Benützung der Tabelle lit. G notwendigen Argumentes der Druckfestigkeit stellt sich auf:

Druckfestigkeit direct	2226 Atm.
äquiv. der Härte (Diorit)	2314 ‰
" " Abnützbarkeit	2300 ‰
" " Wasseraufnahme	2320 ‰
<hr/>	<hr/>
Mittelwert	2290 Atm.

Dieser Druckfestigkeit entspricht nach der Tabelle eine für Granite u. s. w. normale reducirte Bohrfestigkeit von 155 *mkg.*
 Die directe Messung ergab 198 ‰

Diese grosse Differenz ist durch die ausserordentliche Zähigkeit des vorliegenden Diorites erklärt, welche Gesteinsfamilie mit den Gabbrogesteinen und ähnlichen die charakteristische Eigenschaft, stark überbohrfest (zähe) zu sein, theilt.

5. Beispiel. Mittelkörniger Granit von Neuhaus, Oberösterreich.

Gegeben: Druckfestigkeit direct = 1735 Atm.
 Härte = 38.6 ‰ Korund
 Abnützbarkeit = 4.27 cm³
 Wasseraufnahme = 3.21 ‰ des Gewichts.

Hieraus berechnet sich der Mittelwert der Druckfestigkeit mit:

Druckfestigkeit direct	1735 Atm.
" äquiv. der Härte	1500 ‰
" " Abnützbarkeit	1980 ‰
" " Wasseraufnahme	2000 ‰
<hr/>	<hr/>
Mittelwert	1804 Atm.

Dieser Druckfestigkeit entspricht nach der Tabelle eine
reducirte Bohrfestigkeit von . 104·5 *mkg.*
Die directe Messung ergab 98·3 „

Die Gesteinsprobe war also etwas unternormal bohrfest,
nach der directen Druckfestigkeitsgrösse (1735 Atm.) aber, welcher
100·5 *mkg* Normalbohrfestigkeit entsprechen, nahezu normalfest.

4. Berechnung der Abnützbarkeit.

6. Beispiel. Granit von Mauthausen, Oberösterreich. Probe
eines gewöhnlichen Pflasterungswürfels.

Gegeben: Druckfestigkeit direct = 1560 Atm.

Härte = 37·7‰ Korund

Bohrfestigkeit 103·6 *mkg*

Wasseraufnahme = 3·08‰ des Gewichts.

Der Mittelwert der Druckfestigkeit berechnet sich daraus mit:

Druckfestigkeit direct	1560 Atm.
äquiv. der Härte	1440
„ „ Bohrfestigkeit .	1785
„ „ Wasseraufnahme	2045
<hr/>	
Mittelwert	1707 Atm.

Dieser Druckfestigkeit entspricht nach der Tabelle lit. G
eine normale Abnützungszahl von 5·08 *cm*³
Die Messung ergab 4·61 „

Das Probematerial war also überfest bezüglich seines Wider-
standes gegen Abnützung, beziehungsweise minderfest bezüglich
der dieser äquivalenten Druckfestigkeit.

7. Beispiel. Granit von Gmünd, Niederösterreich. Halbfrisch.
(Vergl. Beispiel 2, Seite 222.)

Gegeben: Druckfestigkeit direct 915 Atm.

Härte = 37‰ Korund

Reducirte Bohrfestigkeit = 29 *mkg*

Wasseraufnahme = 12·66‰ des Gewichts.

Hieraus berechnet sich der Mittelwert der Druckfestigkeit mit:

Druckfestigkeit direct	915 Atm.
„ äquiv. der Härte	940 „
„ „ Bohrfestigkeit .	500 „
„ „ Wasseraufnahme	700 „
<hr/>	
Mittelwert	766 Atm.

Dieser Druckfestigkeit entspricht nach der Tabelle lit. H
eine normale Abnützungszahl von 10·5 *cm*³
Die Messung ergab 11·3 „

8. Beispiel. Leithakalk von Kaisersteinbruch. Sehr feste Probe.

Gegeben: Reducirte Bohrfestigkeit = 63·1 *mk*g.
Porosität = 8·6% des Volumens.

Für die Relation zur Abnützbarkeit ergibt sich folgendes Druckfestigkeitsmittel:

Nach der Bohrfestigkeit (Tabelle G).	1090 Atm.
Porosität (Tabelle I 2.) . . .	900
Mittelwert .	995 Atm.

Dem entspricht nach Tabelle II eine Abnützbarkeit von 12·7 *cm*³

Nach Hanisch schwankt die Abnützbarkeit des Kaisersteins von 10·15 bis 26·4 *cm*³; der Mittelwert beträgt 18·4 *cm*³. Die untersuchte Probe gehört also einer gegen Abnutzung sehr widerstandsfähigen Sorte dieses vielverwendeten Baumaterials an.

In den vorstehenden Beispielen dürfte zur Genüge gezeigt sein, welche Anwendung die abgeleiteten zahlenmässigen Relationen für praktische Fälle gestatten, und welche Erleichterung in der Beurtheilung der Gesamtqualität von Constructions-Steinmaterial sie gewähren, wenn auch nur einige der massgebenden Festigkeitsgrössen direct erhoben wurden. Einer systematischen Messung aller massgebenden Eigenschaften sollen diese Mittheilungen ebenso das Wort reden, wie alle übrigen bisher von mir gegebenen Beiträge zu einer auf wissenschaftlich verbreiteter Basis erfolgenden Qualitätsuntersuchung der natürlich vorkommenden Steinbaumaterialien.

Literatur-Notizen.

G. De Angelis d'Ossat. Seconda Contribuzione allo studio della fauna fossile palaeozoica delle Alpi carniche. Memorie d. R. Accad. d. Lincei. Vol. III, Roma 1899, pag. 4.

Als ein weiterer Beitrag zur Kenntnis der fossilen Einschlüsse in den palaeozoischen Ablagerungen auf der italienischen Abdachung der karnischen Hauptkette reiht sich die vorliegende Arbeit den früheren, in den Jahrgängen 1896, pag. 158 und 1897, pag. 87 dieser Verhandlungen referirten Mittheilungen desselben Autors über devonische und carbonische Korallen und Bryozoen an. Ausser einigen obersilurischen und unterdevonischen Formen, welche zwischen den Alpen Monument und Val di Collina aufgefunden wurden, beschreibt der Autor insbesondere eine oberdevonische Fauna der bei der oberen Promos Alpe in der Fortsetzung des Pizzo di Timau anstehenden Clymenienkalke, woselbst auch Referent (Verh. 1894, pag. 118) das Auftreten von Clymeniendurchschnitten beobachtet hatte.

Die namhaft gemachten Arten sind folgende:

<i>Phacops</i> (<i>Trimeroccephalus</i>)	<i>anophthalmus</i> n. nom. Frech
	<i>carintiacus</i> Frech.
* <i>Clymenia</i> (<i>Cyrtoclymenia</i>)	<i>angustiseptata</i> Mstr. sp.
	<i>laevigata</i> Mstr. sp.
	cf. <i>Dunkeri</i> Mstr. sp.