

bringen können. Wenn schon das besser zu vermeidende Wort „Blähen“ gebraucht wird, so ist aus praktischen Rücksichten zu verlangen, daß auch eine Erklärung beigefügt wird, um nicht falschen Auffassungen und dann falschen Maßnahmen Eingang zu verschaffen.

(Im Vortragssaale waren am 28. März 1916 nebst vielen Tafelskizzen über ober- und unterirdischen Gleitbewegungen mit Sohlenauftrieb auf recht- und widersinnigen vorgebildeten Rutschflächen und ohne solche, der Aufpressungen von nachgiebigem Liegenden in ebenem Gelände (St. Jodok am Brenner), dem Schema der Auftreibungen im Culebra-Einschnitt im Panamakanal, der Frostauftriebe von Gleisen bei Tauwetter, der Bildung verschiedener und zahlreicher Rutschflächen über- und nebeneinander, Rutschflächenformen an Hängen und in unterirdischen Abbauen (Unterstein usw.), der Darstellung eines Ödometers einschließlich der Versuchsergebnisse und der Quell- und Entquell-Druck-Kurven, noch Tafeln [über Volumsänderungen, Manteldrücke usw.] Skizzen, Pläne, Bilder und Photographien ausgestellt: Über Gleitbewegungen und Auftreibungen bei Geländeneigungen von 6 bis 7° von der Ungarischen Nordostbahn, Linz—Budweis (Ebener Einschnitt mit tiefen am Bach auslaufenden Trennungsflächen), Bebra—Hanau (in basaltischen, sehr beweglichen Tonen) und am Plattensee, letztere beide mit Bruchscholleneinsinkungen und Aufpressungen, bzw. Aufrichtungen von Nachbarschollen, der Auftriebe an der südüngarischen Küste und der Küste des Schwarzen Meeres nächst Odessa, des Sohlenauftriebes in festen kristallinen Schiefen im Simplon, der (erfolglosen) Halb- und Ganzbetonierung des Sohlstollens in der Druckstrecke des Karawankentunnels sowie der Firstsenkungen im Karawankentunnel, der Firstsenkungen, Seitendrücke und Sohlenauftriebe im Czernitzer- und Lupkower Tunnel u. v. a.)

A. Rosiwal. Neuere Ergebnisse der Härtebestimmung von Mineralien und Gesteinen. — Ein absolutes Maß für die Härte spröder Körper.

Vor fast 25 Jahren ist der Vortragende mit Untersuchungen über die Härte von Mineralien und Gesteinen beschäftigt gewesen, welche die zahlenmäßige Ermittlung dieser Festigkeitsart bezweckten.

Als Resultate dieser ersten Versuche, die Härte spröder Körper durch Schleifen zu bestimmen, hat derselbe einige Jahre später eine Zusammenstellung der durchschnittlichen Flächenhärte sowohl von Mineralien als auch von gemengten Gesteinen veröffentlicht¹⁾.

Der Versuchsanordnung lag das Toulasche Prinzip der Härtebestimmung zugrunde: eine bestimmte (gewogene) Menge des Schleifmittels bis zur Unwirksamkeit zu zerreiben. Den hierbei erlittenen Volumsverlusten der Probekörper ist die Härte umgekehrt proportional.

Die Ausarbeitung der Versuchsmethode führte den Vortragenden damals zur Aufstellung einer bestimmten Abschliffnorm insbesondere für die präzise Ermittlung der Gesteinhärten, wie sie von ihm in die technische Materialprüfung eingeführt wurde. Es konnte hierbei nicht der jedesmaligen bloßen Schätzung überlassen bleiben, in welchem Zeitpunkte die „Unwirksamkeit“ des Schleifmittels eingetreten war, sondern es wurde ein für allemal die gleiche Abschliffzeit von 8 Minuten allen Versuchen zugrunde gelegt und dafür

¹⁾ Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. Wien, 1896, pag. 475—491.

das Quantum des Schleifmittels (reines Korundpulver von 0·2 mm Korngröße) sehr klein gewählt (für jeden Versuch 100 mg), damit das Toulasche Prinzip möglichst gewahrt blieb. Die so gewonnenen Maßzahlen für die Härte waren Relativwerte, ausgedrückt in Promille der durchschnittlichen Härte des Korunds, welche vom Vortragenden als Vergleichsmaßstab eingeführt und gleich 1000 gesetzt wurde. Als durchschnittliche Abnutzungszahl für Korund wurde im Jahre 1892 bei obiger Versuchsanordnung der Wert von 6·14 mg ermittelt und sein äquivalentes Abschliffvolumen von 1·55 mm³ seither allen Härteverhältniszahlen zugrunde gelegt.

Diese Methode hat durch zwei Jahrzehnte hindurch bei den zahlreichen vom Vortragenden an der k. k. geol. Reichsanstalt ausgeführten Spezialuntersuchungen von Steinbaumaterialien auf einfachem Wege die zuverlässigsten Resultate ergeben. Es liegt kein Grund vor, von ihr abzugehen, wo es sich um die technische Qualitätsbestimmung von Hartsteinen handelt, für deren wichtigste Eigenschaft — wenn man von den Abnutzungsmaschinen absieht — keine andere Methode bisher ein genaues Maß der Härte im mineralogischen Sinne zu liefern vermochte.

Wie späterhin gezeigt wurde, war es sogar möglich, aus den einzelnen nach dieser Methode gefundenen durchschnittlichen Härtewerten der gesteinsbildenden Minerale die theoretische Härte eines zusammengesetzten Gesteins auf Grund des durch die optische Gesteinsanalyse¹⁾ ermittelten volumetrischen Anteiles der einzelnen Mineralkomponenten zu berechnen und dadurch die Basis für eine verlässliche zahlenmäßige Ermittlung der „Frische“ oder des Verwitterungsgrades der untersuchten Gesteinsproben zu gewinnen²⁾.

Vor zwei Jahren hatte der Vortragende Veranlassung, einige Edelsteinhärten, über welche eigene Beobachtungen aus früherer Zeit vorlagen³⁾, einer Kontrolle der damaligen Härtezahlen durch neue Versuche zu unterziehen⁴⁾. Hierbei wurden auch die neueren künstlichen Schleifmittel (Karbokorundum, später Alundum) vergleichsweise in Anwendung gebracht. Diese Versuche führten in weiterer Folge zu einer Revision der für die Glieder der Mohs'schen Härteskala im Jahre 1892 ermittelten und 1896 bekanntgemachten Maßzahlen, deren Relativgröße seinerzeit, insbesondere bei den niederen Härtegraden 1—5, mehrfach nur auf indirektem Wege aus den Abschleifen mit anderen Schleifpulvern (Smirgel, Dolomit) berechnet worden war. Es wurde hierbei ein konstantes Verhältnis zwischen dem Wirkungsgrade dieser Pulver und demjenigen des Normalkorundpulvers angenommen, eine Voraussetzung, welche, wie die späteren Versuche lehrten, nur innerhalb enger Grenzen, d. h. für Probekörper mit nicht zu großen Härte-differenzen statthaft ist.

Werden aber Minerale von geringer Härte mit einem stark „brisanten“ Schleifmittel, wie es das Normalkorundpulver ist, bloß

¹⁾ Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1898, pag. 143—175.

²⁾ Ebenda 1899, pag. 204—225.

³⁾ Monatsblätter des Wissensch. Klub in Wien, 17. Jahrg. 1895, pag. 20 u. 21.

⁴⁾ „Über edle Steine“. Vortrag gehalten im Ver. zur Verbr. naturw. Kenntnisse in Wien, 54. Bd. 1913/14, pag. 446 u. 447.

durch einen kürzeren Versuchszeitraum (8 Minuten) der Abnutzung unterzogen, so bleibt nicht nur das Toulasche Prinzip unerfüllt, sondern es kommt auch der Größe der Schlißfläche des Versuchskörpers ein mitbestimmender Einfluß auf die Abschiffmenge zu.

Bei den Härtebestimmungen an Gesteinen, wo man die Herstellung der Versuchskörper ganz in der Hand hat, wurde daher seit Jahren eine normale Flächengröße von 4 cm^2 allen Probeabschliffen zugrunde gelegt. Abweichungen von derselben, welche zwischen 3 und zirka $5\frac{1}{2} \text{ cm}^2$ liegen, haben selten einen größeren Einfluß als ± 2 Prozent, eine Korrektur, welche von den zufälligen Beobachtungsfehlern meist verdeckt wird. Für die Mineralproben hingegen, wo man aus Mangel an anderem Material zuweilen zur Benützung kleinerer Stücke gezwungen ist, ist diesem Einflusse sorgfältig Rechnung zu tragen. Zu diesem Zwecke wurden eigene Versuchsreihen für den 8-Minuten-Abschliff durchgeführt, deren Ergebnisse die Grundlagen für eine entsprechend genaue Flächenkorrektur geliefert haben. Sie wird schon sehr beträchtlich bei Abnahme der Schlißfläche von 3 auf 2 cm^2 , wo sie bei minder harten Mineralen auf $+ 20\%$ steigen kann; noch kleinere Versuchsflächen sind daher, wenn es sich nicht um Sklerite handelt, von der Härtebestimmung mittelst des normalen, oberwähnten Korundabschliffes auszuschließen.

Die in der Tabelle der Härteskala vom Jahre 1896 a. a. O. angeführten Zahlen wurden nun zum erheblichen Teil an viel kleineren Versuchsflächen gewonnen. Diese Werte wurden ausgeschaltet und jetzt neue Maßzahlen für alle Härtestufen teils durch Repetition, teils durch Verwendung ganz anderer Versuchskörper gewonnen.

Die Resultate dieser neuen Härtebestimmung nach einheitlicher Methode sind in der Tabelle pag. 142—143 verzeichnet. Alle binnen 8 Minuten erzielten Gewichts- bzw. Volumsverluste sind auf die Normalfläche von 4 cm^2 und den Abschliß durch Normalkorundpulver reduziert.

Von den zahlreichen Einzelbeobachtungen, welche den Maßzahlen der Tabelle zugrunde liegen, seien an dieser Stelle die wichtigsten angegeben und nach den Gliedern der Mohsschen Skala in Reihe gestellt.

1. Talk.

a) Dichter, weißer Talkschiefer, „Edeltalk“ von Mautern. Schieferung wenig ausgesprochen.

1. Abschliß, annähernd \perp Schieferung .	5642 mg
2. Abschliß, schräg zur Schieferung	6562
3. Abschliß, Richtung nicht feststellbar	5436
4. Abschliß, normal zu 3, Längsbruch?	3965 „

Mittelwert 5401 mg

Spez. Gewicht = 2.782; daher . . . 1936 mm^3

b) Grünlicher, dichter Talkschiefer; Schieferung deutlich.
Mautern?

1. Abschliiff, parallel dem Hauptbruch	6163 mg
2. Abschliiff, parallel dem Längsbruch	4741 "
3. Abschliiff, parallel dem Querbruch	4196 "
	<hr/>
Mittelwert	5033 mg
Spez. Gewicht = 2·815; daher	1788 mm ³
Hieraus mittlerer Abschliiff für Talk aus <i>a</i> und <i>b</i>	1862 mm ³

2. Steinsalz.

Farblose Spaltungsstücke ¹⁾.

a) Würfelfläche.

1. Probe	1887 mg
2. Probe	2009
3. Probe . . .	1988
4. Probe, 1. Fläche	2082 "
4. Probe, 2. Fläche	2115 "
	<hr/>
Mittelwert	2016 mg
Spez. Gewicht = 2·16; daher	933 mm ³

b) Oktaederfläche.

1. Probe	1875 mg
4. Probe, 1. Abschliiff	1673 "
4. Probe, 2. Abschliiff	1725 "
	<hr/>
Mittelwert	1758 mg
bezw.	814 mm ³

3. Kalzit.

a) Spaltungsfläche (10 $\bar{1}1$).

α) Doppelspat, 1. Probe	1520 mg
2. Probe	1394 "
3. Probe	1451
4. Probe	1486
5. Probe	1951 "
	<hr/>
Mittelwert	1560 mg

β) Farbloser Kalzit; Aachen.

1. Probe, 1. Abschliiff	1560 mg
1. Probe, 2. Abschliiff	1587
1. Probe, 3. Abschliiff	1564 "
2. Probe	1586 "
	<hr/>
Mittelwert	1574 mg

¹⁾ Das Abschleifen erfolgte unter Benetzung mit gesättigter NaCl-Lösung statt Wasser.

γ) Gelblicher, durchsichtiger Kalzit, Fundort?

1. Abschliiff .	1485 mg
2. Abschliiff .	1570 "
	<hr/>
Mittelwert	1527 mg

Aus vorstehenden 10 Abschliiffen an reinen Kalziten folgt für die Rhomboëderfläche ein

Mittelwert von	1560 mg
Spez. Gewicht = 2·72; daher	576 mm ³

δ) Weißer Gangkalzit, Fundort? Spaltflächen etwas gebogen!

1. Abschliiff	1311 mg
2. Abschliiff	1446 "
3. Abschliiff	1361 "
	<hr/>
Mittelwert	1373 mg
Spez. Gewicht = 2·724; daher	504 mm ³

ε) Spaltungsstücke aus sehr grobkörnigem Marmor von Friedeberg (Öst.-Schlesien). Spaltflächen zwillingsgestreift!

1. Probe	1282 mg
2. Probe	1187 "
3. Probe	1304 "
	<hr/>
Mittelwert	1258 mg
Spez. Gewicht = 2·711; daher	464 mm ³

Aus den beiden Fällen δ und ε ist der Einfluß der Kristallstock- und Zwillingsbildung deutlich erkennbar; sie sind für den Vergleich der Flächenhärten nicht mehr zu benützen.

b) Rhomboëder (0112).

Kalzit, Aachen; 1. Abschliiff	898 mg
2. Abschliiff	853
3. Abschliiff	889 "
	<hr/>
Mittelwert	880 mg
bezw.	323 mm ³

c) Basisfläche (0001).

α) Doppelspat, 1. Abschliiff	890 mg
2. Abschliiff	924 "
3. Abschliiff	917 "
	<hr/>
Mittelwert	910 mg

β) Farbloser Kalzit, Aachen.

1. Abschliiff	814 mg
2. Abschliiff	882 "
3. Abschliiff	802 "
	<hr/>
Mittelwert . . .	833 mg

Vorstehende 6 Beobachtungen geben für die Endfläche einen

Mittelwert von	871 mg
bezw.	320 mm ³

d) Säulenfläche (10 $\bar{1}$ 0).

α) Doppelspat, 1. Abschiff	1079 mg
2. Abschiff	1094 "
3. Abschiff	. 1110 "
Mittelwert	<u>1094 mg</u>

β) Farbloser Kalzit, Aachen.

1. Abschiff	1058 mg
2. Abschiff.	1108 "
3. Abschiff.	. 1175 " ¹⁾

Mittelwert	<u>1114 mg</u>
------------	----------------

Mittelwert der ersten 5 Beobachtungen	1090 "
bezw.	401 mm ³

e) Säulenfläche (11 $\bar{2}$ 0).

α) Doppelspat, 1. Abschiff	796 mg
2. Abschiff	781 "
3. Abschiff	. 794 "
Mittelwert	<u>790 mg</u>

β) Gelblicher, durchsichtiger Kalzit; Fundort?

1. Abschiff	769 mg
2. Abschiff	763 "
3. Abschiff	. 747 "

Mittelwert	<u>760 mg</u>
------------	---------------

Mittelwert aller 6 Beobachtungen	775 "
bezw.	285 mm ³

f) Aggregate.

α) Feinkörniger, weißer Marmor, wie Carrara.

1. Probe, 1. Abschiff	846 mg
1. Probe, 2. Abschiff	867 "
2. Probe, 3. Abschiff	858 "
2. Probe, 4. Abschiff	863 "
1. Probe, 5. Abschiff	862 "
1. Probe, 6. Abschiff	898 "
1. Probe, 7. Abschiff	852 "
1. Probe, 8. Abschiff	. . 885 "

Mittelwert	<u>866 mg</u>
------------	---------------

Spez. Gewicht = 2.712; daher	319 mm ³
------------------------------	---------------------

¹⁾ Wegen Kantenabsplitterung etwas zu groß.

β) Feinkörniger Marmor, ähnlich wie α.

1. Abschliiff	929 mg
2. Abschliiff	1016 "
3. Abschliiff	932 "
4. Abschliiff	1011 "
5. Abschliiff	965 "
	<hr/>
Mittelwert	971 mg
Spez. Gewicht = 2·713; daher	358 mm ³

γ) Sehr feinkörniger weißer Marmor.

1. Abschliiff	945 mg
2. Abschliiff	835 "
3. Abschliiff	928 "
4. Abschliiff	906 "
5. Abschliiff	887 "
	<hr/>
Mittelwert	900 mg
Spez. Gewicht = 2·718; daher	331 mm ³

δ) Andere Proben von kristallinischem Kalk:

Carrara-Marmor	925 mg
Weißer Marmor, plattig	827 "
Lichtgrauer Marmor ¹⁾ , körnig,	
1. Abschliiff	730 "
2. Abschliiff	698 "

Der Mittelwert der zuerst angeführten 20 Beobachtungen an kristallinen Kalken

beträgt	902 mg
das mittlere Abschliiffvolumen daher	332 mm ³

Hierdurch ist eine recht genaue Grundlage für die Durchschnittshärte des Kalzits gewonnen.

Sie ergibt sich außerdem annähernd aus dem Mittelwerte der unter *a* bis *e* gefundenen mittleren Flächenabschliiffe wie folgt:

a) (10 $\bar{1}$ 1), Mittel α, β, γ	1560 mg
b) (01 $\bar{1}$ 2)	880
c) (0001)	871
d) (10 $\bar{1}$ 0)	1090
e) (11 $\bar{2}$ 0)	775 "
	<hr/>
Durchschnittlicher Abschliiff	1035 mg
bezw.	380 mm ³

Hierin prädominiert noch immer der Einfluß des Härteminimums der Spaltungsfläche.

¹⁾ Dieser Marmor ist härter, also nicht reiner Kalk.

4. Flußspat.

a) Spaltungsfläche (111).

α) Blaßgrüner Fluorit von Schönbrunn, Sachsen, Spaltungsstücke.

1. Probe, 1. Abschiff	1262 mg
1. Probe, 2. Abschiff	1257
1. Probe, 3. Abschiff	1223 "
2. Probe, 4. Abschiff	1219 "
2. Probe, 5. Abschiff	1190 "
2. Probe, 6. Abschiff	1187 "

Mittelwert

 1229 mgSpez. Gewicht = 3·174; daher 387 mm³

β) Fluorit, grün, Westmoreland, N. H.

1. Abschiff	1205 mg
2. Abschiff	1272 "
3. Abschiff	1280 "
4. Abschiff	1226 "

Mittelwert

 1246 mgSpez. Gewicht = 3·186; daher 391 mm³Hieraus Mittelwert aus 10 Abschiffen
für die Spaltungsfläche 389 mm³

b) Würfelfläche (100).

α) Fluorit von Schönbrunn.

1. Probe, 1. Abschiff	1192 mg
1. Probe, 2. Abschiff	1172
1. Probe, 3. Abschiff	1194
2. Probe, 4. Abschiff	1190
2. Probe, 5. Abschiff	1177
2. Probe, 6. Abschiff	1178 "

Mittelwert

 1184 mgbezw. 373 mm³

β) Fluorit, grün, Westmoreland, N. H.

1. Abschiff	1041 mg
2. Abschiff	1078
3. Abschiff	1188
4. Abschiff	1200 "

Mittelwert

 1127 mgbezw. 354 mm³Mittelwert für die Würfelfläche aus α und β 363 mm³

5. Apatit.

Großer, farbloser Kristall vom Zillertal.

a) Basisfläche (0001).

1. Abschliiff	966 mg
2. Abschliiff	1128 "
3. Abschliiff	1076 "
4. Abschliiff	. 1066 "
Mittelwert	1057 mg
Spez. Gewicht = 3·174; daher	333 mm ³

b) Säulenfläche (10 $\bar{1}$ 0).

1. Abschliiff	659 mg
2. Abschliiff	703 "
3. Abschliiff	. . 658 "
Mittelwert	673 mg
bezw.	212 mm ³

6. Orthoklas.

a) Hauptspaltungsfläche (001).

 α) Adular vom Zillertal.

1. Probe	177·3 mg
2. Probe, 1. Abschliiff	158·4 "
2. Probe, 2. Abschliiff	163·6 "
2. Probe, 3. Abschliiff .	161·4 "
2. Probe, 4. Abschliiff	167·1 "
3. Probe	. 155·9 "
Mittelwert	163·9 mg

 β) Orthoklas, gelblich, aus Pegmatit.

1. Abschliiff	177·0 mg
2. Abschliiff	169·6 "
3. Abschliiff	156·8 "
4. Abschliiff	. 146·8 "
Mittelwert . .	162·5 mg
Mittelwert für die Basisfläche (10 Abschliiffe)	163·4 "
Spez. Gewicht = 2·55; daher	64·1 mm ³

b) Längsfläche (010).

 α) Adular vom Zillertal.

1. Abschliiff	106·3 mg
2. Abschliiff	120·5 "
3. Abschliiff	. 118·0 "
Mittelwert	114·9 mg

β) Orthoklas, gelblich, aus Pegmatit.

1. Probe, 1. Abschiff	100·1 mg
1. Probe, 2. Abschiff	100·7 "
2. Probe, 1. Abschiff	102·3 "
2. Probe, 2. Abschiff	98·9 "
Mittelwert	<hr/> 100·6 mg

γ) Karlsbader Zwilling, Schönwehr.

1. Abschiff	117·0 mg
2. Abschiff	115·6 "
3. Abschiff	112·0 "
Mittelwert	<hr/> 114·9 mg
Mittelwert für die Längsfläche (10 Abschiffe)	109·1 mg
bezw.	42·8 mm ³

c) Querfläche (100).

Karlsbader Zwilling, Schönwehr.

1. Abschiff	105·2 mg
2. Abschiff	101·4 "
3. Abschiff	97·3 "
Mittelwert	<hr/> 101·3 mg
bezw.	39·7 mm ³

d) Senkrecht zu 001 und 010.

Orthoklas, gelblich, aus Pegmatit.

1. Abschiff	73·7 mg
2. Abschiff	75·9 "
3. Abschiff	77·2 "
Mittelwert	<hr/> 75·6 mg
bezw.	29·6 mm ³

7. Quarz¹⁾.

a) Basisfläche (0001).

4 Bergkristalle von verschiedenem Querschnitt ergaben folgende auf 4 cm² reduzierte Abschiffmengen:

-
- ¹⁾ 1. Probe. Platte von 8 cm² Fläche.
 2. Probe. Amethyst, ca. 2 cm² Querschnitt, 1·5 cm² (10 $\bar{1}$ 1).
 3. Probe. Platte von 9·3 cm² Fläche.
 4. Probe. Kristall von 3·75 cm² Querschnitt (0001) und 4·25 cm² Säulenfläche.
 5. Probe. Kristall von 2 cm² Säulenfläche.
 6. Probe. Citrin, Fläche 3 cm².
 7. Probe. Kristall vom Habachtal, zwei R-Flächen von 3 und 3·7 cm².

1. Probe .	28·0 mg	4. Probe .	27·1 mg
1. Probe .	28·5 "	4. Probe .	26·2 "
2. Probe .	29·9 "	4. Probe .	29·7 "
3. Probe .	27·0 "	4. Probe .	28·7 "
4. Probe .	28·5 "	4. Probe .	31·1 "
4. Probe .	27·8 "	4. Probe .	29·6 "
4. Probe .	28·3 "	4. Probe .	28·7 "
4. Probe .	28·4 "	4. Probe .	28·0 "
Mittelwert obiger 16 Abschleife			29·09 mg
Spez. Gewicht = 2·65; daher			10·98 mm ³

b) Prismenfläche (10 $\bar{1}$ 0).

5. Probe .	35·2 mg	4. Probe .	33·8 mg
5. Probe .	33·2 "	4. Probe .	35·4 "
5. Probe .	33·6 "	4. Probe .	33·7 "
4. Probe .	32·3 "	4. Probe .	33·9 "
4. Probe .	32·7 "	4. Probe .	34·1 "
Mittelwert obiger 10 Abschleife			33·79 mg
bezw.			12·75 mm ³

c) Rhomboëderfläche (10 $\bar{1}$ 1).

2. Probe (Amethyst), 1. Abschleif	38·2 mg	
2. Probe (Amethyst), 2. Abschleif	38·6 "	
6. Probe (Citrin), 1. Abschleif	39·8 "	
6. Probe (Citrin), 2. Abschleif . . .	41·0 "	
7. Probe (Bergkristall), 1. Abschleif	40·6 "	
7. Probe (Bergkristall), 2. Abschleif	41·5 "	
7. Probe (Bergkristall), 3. Abschleif	40·1 "	
7. Probe (Bergkristall), 4. Abschleif	38·7 "	
Mittelwert aus 8 Abschleifen		39·8 mg
bezw.		15·0 mm ³

8. Topas.

a) Basisfläche (001).

α) Spaltfläche eines Geschiebes, Brasilien.

1. Abschleif	45·2 mg
2. Abschleif	43·7 "
3. Abschleif	41·8 "
4. Abschleif	47·0 "

β) Spaltplatte eines hellweingelben Kristalls, Schneckenstein.

1. Abschleif	44·7 mg
2. Abschleif	44·6 "
3. Abschleif	46·4 "
4. Abschleif	45·9 "

Mittelwert aus 8 Abschleifen 44·9 mg
 Spez. Gewicht = 3·53; daher . . . 12·7 mm³

b) Prismenfläche (110).

α) Säulenförmiger Kristall, Brasilien.

1. Abschliiff	26·8 mg
2. Abschliiff	30·0 "
3. Abschliiff	32·0 "
4. Abschliiff	31·6 "

β) Kristall von San Diego, Kalifornien.

1. Abschliiff	32·3 mg
2. Abschliiff	33·8 "
3. Abschliiff	30·0 "
4. Abschliiff	34·5 "
5. Abschliiff	35·5 "
6. Abschliiff	35·0 "
Mittelwert aus 10 Abschliiffen	32·1 mg
bezw.	9·1 mm ³

9. Korund.

Der Ermittlung der im Jahre 1896 mitgetheilten Durchschnittshärte des Korunds, welche als Vergleichsmaßstab für die relative Härte der anderen Minerale eingeführt wurde, lagen die folgenden Beobachtungen zugrunde.

Da das Toulasche Prinzip beim Korund nahezu vollständig erfüllt ist, entfällt die Flächenkorrektur der Probestücke. Die Abschliiffe mit Smirgel wurden mit der damaligen Reduktionszahl (Tabelle a. a. O. pag. 480—481 = 0·695) in äquivalente Korundabschliiffe umgerechnet.

α) Haarbrauner Demantpat, China (?).

Absonderungsfläche nach (10 $\bar{1}1$).

Mittel aus 6 Beobachtungen ¹⁾.

$$\frac{1}{6} (9·5 + 6·45 + 6·15 + 6·55 + 13·7 + 13·8) \quad 9·36 \text{ mg}$$

β) Korund von Ceylon, licht graugrün.

Mittel aus 3 Abschliiffen.

$$\frac{1}{3} (6·2 + 6·15 + 6·21) \quad 6·19 \text{ mg}$$

γ) Sapphir, Ural.

Basisfläche, Mittel aus 4 Abschliiffen.

$$\frac{1}{4} (2·0 + 2·8 + 2·05 + 2·9) \quad 2·44 \text{ mg}$$

$$\text{Säulenfläche} \quad 2·8 \text{ mg}$$

δ) Gelber Sapphir, Ceylon.

$$\text{Pyramidenfläche} \quad 3·1 \text{ mg}$$

$$\text{Mittelwert der drei Sapphirflächen} \quad 2·78 \text{ mg}$$

$$\text{Durchschnittszahl} \quad 6·11 \text{ mg}$$

$$\text{Spez. Gewicht} = 3·95, \text{ daher Abschliiffvolumen} \quad 1·55 \text{ mm}^3$$

¹⁾ Die bedeutenden Differenzen infolge unvermeidbarer Abschülferungen beim Schleifen der Absonderungsfläche.

Der ersten Berechnung lag ein durchschnittlicher Abschleiß von 4.3 *mg* durch Smirgel, das sind 6.14 *mg* durch Korund zugrunde, was fast genau dasselbe Abschleißvolumen ergibt.

Alle späteren Härtebestimmungen wurden auf diese Korundzahl von 1.55 *mm*³ bezogen.

Die damals geringe Anzahl der Korundproben führte anlässlich der eingangs erwähnten Edelstein-Härtebestimmungen zu einer Revision dieser Zahl als Härtemaßstab durch zahlreiche Versuche an noch anderen Korundprobestücken und mit verschiedenen Schleifmitteln. An dieser Stelle soll nur ein Auszug aus den langen Versuchsreihen gegeben werden, welcher bloß die mit Normalkorundpulver und jene mit einer bestimmten Naxos-Smirgelsorte vom genau ermitteltem Schleifwert 0.667 (für Korund) erhaltenen Abschleißzahlen enthält. Es sind durchwegs (auch an den alten Probestücken α — δ) neu abgeführte Versuche; sie sind der Übersicht halber in den nachstehenden Tabellen pag. 130—133 zusammengestellt, welche die verwendeten Korundproben nach den Ergebnissen ihrer Härteprüfung in Gruppen angeordnet enthalten.

Wie ersichtlich gemacht, lassen sich die Resultate dieser Versuche in drei Gruppen bringen:

	Abschleiß <i>mm</i> ³		
	Min.	Max.	Mittel
A. Edelkorund. (Mittleres spezifisches Gewicht 4.00)	0.530	0.753	0.623
B. Gemeiner Korund und frischer Demantpat. (Mittl. spez. Gew. 3.93)	1.245	2.267	1.700
C. Demantpat, unfrisch. (Mittl. spez. Gewicht 3.86)	2.832	4.220	3.380

Hieraus einen richtigen Durchschnittswert für die Korundhärte abzuleiten fällt schwer, denn der resultierende Mittelwert jeder größeren Versuchsreihe ist ganz abhängig von dem Anteile, den jede einzelne dieser Gruppen an der Gesamtzahl der Probekörper hat. Bei allen aus zahlreichen Zwillinglamellen zusammengesetzten Korunden erhöhen sich die Abschleißzahlen ganz bedeutend: Es wird der Abschleiß und damit das Härteergebnis mehr von der Textur der Zwilling- (bzw. Absonderungs-) Blätter infolge deren leichterem Abschleifung beim Schleifen als von der molekularen Kohäsion abhängig, d. h. die Abnutzbarkeit tritt an die Stelle der Härte im mineralogischen Sinne. Für diese letztere können also nur die am Edelkorund gefundenen Zahlen maßgebend sein.

Es ist ferner ersichtlich, daß die in die dritte Gruppe zusammengestellten Versuchskörper (zumeist Geschiebe) wegen ihrer Auflockerung durch die Verwitterung kein einwandfreies Material mehr bilden; sie müssen ausgeschieden werden. Soll also von einer Durchschnittshärte des Korunds mit Rücksicht auf die technische Seite der Härteuntersuchungen in Zukunft noch als Vergleichsmaßstab für Relativhärtezahlen Gebrauch gemacht werden, so be-

Tabelle der Korund-Abschliffe.

Nr.	Probe und Schlißfläche	Spez. Gewicht (20° C)	Abschliff in mg durch		Mittelwerte	
			Smirgel	Korund	mg	mm ³
1	A. Edelkorund. (Sapphir.) Kristall vom Ural. (Probe γ). (0001) (11 $\bar{2}$ 0)	3·99	1·9	(2·85) ¹⁾	2·25	0·565
			1·2	(1·8) 2·1		
2	Großer Kristall, (Sternsapphir), Miask. (0001) (11 $\bar{2}$ 0)	4·00	1·7	(2·55) 2·1	2·32	0·580
			1·4	(2·1) 2·15	2·12	0·530
3	Kristall, Miask (?) \perp (10 $\bar{1}$ 1)	4·01	1·6 1·65	(2·4) (2·47) 2·65	2·51	0·626
4	Sapphir, Spaltplättchen, Ural. \parallel (10 $\bar{1}$ 1)	4·01	1·85 2·1	(2·77) (3·15) 3·15	3·02	0·753
5	Sapphir, Ural. (Geschiebe Nr. 1). Richtung unbestimmt	4·00	1·9 1·75	(2·85) (2·62) 2·5	2·66	0·665
6	Gelber Sapphir, Ceylon. (Probe δ). (22 $\bar{4}$ 1)	3·98	2·0 1·55 .	(3·0) (2·32) 2·4	2·57	0·646
	Mittelwert für Sapphir (6 Proben mit 9 Flächen, 22 Abschliffe)	4·00			2·491	0·623

¹⁾ Die Abschlißzahlen in () sind aus den nebenstehenden Smirgelabschliffen berechnet.

Nr.	Probe und Schlißfläche	Spez. Gewicht (20° C)	Abschliff in mg durch		Mittelwerte	
			Smirgel	Korund	mg	mm ³
7	B. Gemeiner Korund und Demantpat. Kristall, grünlichgrau, säulenförmig, Madagaskar. (1120)	3·96	4·2 2·35 2·55	(6·3) (3·52) (3·82) 6·1 4·9	4·93	1·245
8	Kristallsäule, grünlichweiß, abgerollt. Birma. (Geschlebe Nr. 2). Nahe (1120)	3·95	6·3 4·1 .	(9·45) (6·15) 8·5	8·08	2·032
9	Korund von Ceylon, licht graugrün. (Probe β). Neue Fläche (1011)	3·93	5·9 5·75	(8·85) (8·62) 9·25	8·91	2·267
10	Demantpat, grünlichgrau, Mitchell, N. C. Spaltrhomboëder. (1011)	3·90	.	5·52 6·95		
11	Desgl. (1011)	3·90	.	6·0	6·16	1·580
12	Demantpat, dunkelblaugrau, Birma. (0001) (1011)	3·96	3·9 4·0 .	(5·85) (6·0) 6·6	6·15	1·553
			5·5 3·75 .	(8·25) (5·62) 7·65	7·17	1·810
13	Korundgeschlebe, Birma. Nr. 3. Weiß. Nahe (1011)	3·92	4·8 4·3	(7·2) (6·45) 6·55	6·73	1·717

Nr.	Probe und Schlifffläche	Spez. Gewicht (20° C)	Abschliff in mg durch		Mittelwerte	
			Smirgel	Korund	mg	mm ³
14	Korundgeschiebe, Birma. Nr. 5. Braun, zum Teil bläulich. (10 $\bar{1}$ 1)	3·88	3·15 3·85	(4·72) (5·77) 6·6	5·70	1·469
15	Korundgeschiebe, Birma. Nr. 6 wie 5. Nahe (10 $\bar{1}$ 1)	3·95	4·2 3·75	(6·3) (5·62) 5·9	5·94	1·504
16	Korundgeschiebe, Birma. Nr. 9. Lichtbraun, spätig. Wenig schräg zu (10 $\bar{1}$ 1)	3·94	5·4 4·35	(8·1) (6·52) 6·85	7·16	1·817
	Mittelwert für gemeinen Korund (10 Proben mit 11 Flächen, 32 Abschliffe)	3·93			6·69	1·70
17	C. Unfrischer Braun- korund. Brauner Demant- spat, China? (Probe α). Neue Fläche (10 $\bar{1}$ 1)	3·86	12·2 9·35	(18·3) (14·02) 16·5	16·27	4·220
18	Korundgeschiebe, Birma. Nr. 4. Braun, unfrisch. Schräg zu (10 $\bar{1}$ 1)	3·87	7·7 6·4	(11·55) (9·6) 11·7	10·95	2·832
19	Korundgeschiebe, Birma. Nr. 7. Braun. Wenig schräg zu (10 $\bar{1}$ 1)	3·89	8·55 7·2	(12·82) (10·8) 10·6	11·41	2·928

Nr.	Probe und Schlißfläche	Spez. Gewicht (20° C)	Abschliff in mg durch		Mittelwert	
			Smirgel	Korund	mg	mm ³
20	Korundgeschiebe, Birma. Nr. 8. Braun, unfrisch. Schräg zu (10 $\bar{1}$ 1)	3·83	8·1 7·8	(12·15) (11·7) 11·63	11·83	3·090
21	Korundgeschiebe, Birma. Nr. 10. Lichtbraun, stark verwittert. (10 $\bar{1}$ 1)	3·87	9·1 9·4	(13·65) (14·1) 16·7	14·82	3·832
	Mittelwert für braunen Geschiebekorund (5 Proben, 15 Abschliffe)	3·86			13·06	3·38
	Durchschnittswert für alle 21 Proben (69 Abschliffe)	3·93			6·62	1·685
	Alter Wert aus 4 Proben (14 Abschliffe)				6·11	1·55

rechnet sich dieselbe aus den gefundenen Mittelwerten für die beiden Gruppen *A* und *B* mit

$$K = \frac{1}{2} (0·62 + 1·70) = 1·16 \text{ mm}^3.$$

Dieser Wert stellt die aus der obigen Versuchsreihe resultierende neue Korundzahl vor, welche an die Stelle des alten Wertes von 1·55 mm³ zu treten hat und als Durchschnittsmaß für alle Korundarten vom spez. Gewicht über 3·90 gelten kann.

Die neuen relativen Härtezahlen, verglichen mit Korund = 1000 werden also zu den bisherigen Vergleichswerten im Verhältnisse

$$1·16 : 1·55 = 0·748 \text{ oder}$$

sehr nahezu wie 3:4 stehen.

Ein absolutes Maß für die Härte.

Die oftmalige Wiederholung der Härtebestimmung an so vielen Mineralen und Gesteinen bei derselben, stets gleich bleibenden Versuchsanordnung legte den Gedanken nahe, den mechanischen Arbeitsaufwand zu messen, welcher für jeden derartigen Versuch beim Abschleifen der Probekörper geleistet wird.

Ist diese Arbeitsgröße bekannt, so gibt ihre Relation zu der dadurch erzielten Leistung, d. i. zur Größe des Abschliffvolumens des untersuchten Körpers, ein Maß für dessen Härte, welches unabhängig

von jedem Vergleichsmineral die Härte in absoluten Maßeinheiten auszudrücken ermöglicht.

Wie Arbeitsgrößen, die aus freier Hand geleistet werden, gemessen werden können, habe ich schon anlässlich der Bestimmung der Bohrfestigkeit von Gesteinen durch Schlagmeißelbohrung mittels Handfäustels dargetan¹⁾. Hier liegen die Verhältnisse noch weit einfacher. Es gilt die Größe der Schleifarbeit zu ermitteln, welche in der Überwindung des Reibungswiderstandes beim Abschleifen auf dem während eines Versuches vom Probekörper zurückgelegten Weg besteht. Sie setzt sich nur aus den beiden Faktoren

$$\text{Kraft } (P) \times \text{Weg } (s)$$

zusammen, welche während der Dauer eines Versuches ihre Wirkung auf den Probekörper durch Vermittlung des Schleifpulvers ausüben.

1. Wegmessung.

Von obigen beiden Faktoren ist der letztere leichter zu bestimmen. Es zeichnet sich der Weg des Probestückes bei den kreisförmigen Bewegungen während des Abschleifens auf der Unterlage²⁾ durch den Schleifschmand selbst auf, und es bedarf nur häufiger Abmessungen des variablen Durchmessers der Kreisschlingen, um den Durchschnittswert für eine solche Kreisbewegung festzustellen. Die Ermittlung der Tourenzahl per Minute durch wiederholtes Abzählen der Kreisbewegungen beim Schleifen ist ebenso einfach, und es zeigt sich, daß diese für einen und denselben mit der Arbeit vertrauten Experimentator nur wenig schwankt. Der ganze Vorgang läßt sich mit dem Schrittmaß für Längenmessungen vergleichen, das zwar individuell verschieden ist, aber leicht festgestellt werden kann und dann, wie bekannt, zwar nicht Präzisions- aber doch praktisch gut verwendbare Streckenmessungen gestattet. Wie weit sind dagegen alle sklerometrischen und sonstigen Härtmessungen von der Fehlergrenze, die dort nur 1 bis 2% beträgt, noch entfernt!

Die Messungen der Weglänge des Probekörpers, die ich auf diese Art wiederholt und zu verschiedenen Zeiten vornahm, ergaben folgendes Resultat:

Mittlerer Durchmesser der Schleifkreise	$d =$
a) Mittel aus 13 Beobachtungen	8.55 cm
b) Mittel aus 15 anderen Beobachtungen	7.61
Mittlere Tourenzahl pro Minute	$n =$
a) für die erste Beobachtungsreihe	165
b) für die zweite Beobachtungsreihe (12 Messungen)	173.7

¹⁾ Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines 1891, pag. 115.

²⁾ Es wurden als solche stets nur Spiegelglasscheiben von 25 bis 30 cm quadratischer Abmessung benützt.

Hieraus berechnet sich die mittlere Weglänge, welche der Probekörper beim Abschleifen zurücklegt, mit

$$\begin{array}{rcl} a) d\pi n = 0.2686 \times 165 & = & 44.32 \text{ m} \\ b) d\pi n = 0.2391 \times 173.7 & = & . 41.53 \text{ „} \\ & & \hline & \text{im Mittel mit} & 42.9 \text{ m} \end{array}$$

pro Minute.

In der Normal-Versuchszeit von 8 Minuten ist
daher der Weg $s = 343 \text{ m}$

2. Kraftmessung.

Die Größe der auf den Probekörper einwirkenden Horizontalkraft P , welche den Reibungswiderstand überwindet und dadurch den Abschleiß bewirkt, berechnet sich nach bekannten mechanischen Prinzipien aus dem Produkte von Normaldruck (N) und Reibungskoeffizient (f)

$$P = N \cdot f$$

worin

$$f = \tan \rho,$$

wenn ρ der Reibungswinkel für die gleitende Bewegung ist.

Der senkrecht auf die Unterlagsplatte ausgeübte Druck beim Schleifen ist leicht zu bestimmen, wenn man die Schleifglasplatte auf eine kleine Dezimalwaage legt und nach ihrer Austarierung den ganzen Versuch auf dieser Waage ausführt, wobei von Zeit zu Zeit bei ununterbrochenem gleichmäßigem Abschleife durch aufgelegte Gewichte die Größe des Druckes direkt durch Wägung gefunden werden kann. Vielfache Wiederholungen der Abwägung des Druckes geben einen sehr verlässlichen Durchschnittswert. Auch dieser ist sozusagen ein persönlicher Faktor des Ausführenden, der sich nahe gleich bleibt, wie die folgenden Messungen zeigen, die während der Abschleife verschiedener Probeminerale willkürlich vorgenommen wurden.

a) Abschleiß von Talkschiefer,	
1. Mittel aus mehreren Wägungen.	675 g
2. Mittel aus mehreren Wägungen.	690 „
3. Mittel aus 8 Wägungen	698 „
4. Mittel aus 7 Wägungen	744 „
b) Abschleiß von Kalzit,	
5. Mittel aus 5 Wägungen	762 „
6. Mittel aus 7 Wägungen	643 „
7. Mittel aus 7 Wägungen	681 „
c) Abschleiß von Orthoklas,	
8. Mittel aus 8 Wägungen	691
d) Abschleiß von Quarz,	
9. Mittel aus 6 Wägungen	715 „
10. Mittel aus 7 Wägungen	673 „
e) Abschleiß von Topas,	
11. Mittel aus 7 Wägungen	644 „
12. Mittel aus 4 Wägungen	. 680 „
Durchschnitt aller Mittelwerte . . .	691 g

Die extremen Einzelwerte, die beobachtet wurden, waren 610 und 800 *g*. Es ergibt sich somit für die weitere Berechnung ein Mittelwert für den Normaldruck von

$$N = 0.69 \text{ kg.}$$

3. Reibungswinkelmessung.

Der zweite Faktor, der Reibungskoeffizient, wird durch Messung des Reibungswinkels der Probekörper auf der verwendeten Glasunterlage bestimmt. Er bildet den einzigen veränderlichen, von der untersuchten Mineralart und -fläche abhängigen Faktor bei den Messungen der Schleifarbeit.

Über die Größe von Reibungskoeffizienten liegen in physikalischen und technischen Tabellenwerken nur wenige und auf ganz andere Materialien Bezug nehmende Angaben vor. Der Ermittlung derselben mußte daher für den vorliegenden speziellen Zweck tunlichste Sorgfalt gewidmet werden. Wenn die Versuche hierüber auch noch nicht abgeschlossen sind, so geben doch schon die bisherigen Resultate an den wichtigsten Probestücken der Härteskala eine genügend genaue Grundlage für die Berechnung der Schleifarbeit und zugleich eine Übersicht über den Schwankungsbereich des Reibungskoeffizienten zwischen den Schlißflächen sehr härteverschiedener Minerale und der sich gleichbleibenden ebenen matten Glasunterlage, auf welcher der Abschliß stattfindet.

Die Ablesungen des Reibungswinkels (ρ) erfolgten sowohl für den Maximalwinkel (Ruhezustand f_R) als auch für den Gleitwinkel der gleichmäßigen Abwärtsbewegung (f_B), welcher den maßgebenden Wert für die Berechnung der Schleifarbeit liefert, und zwar in der Regel nach Ablauf der halben Schleifzeit (4 Minuten) auf der nassen, mit der Beschickung versehenen Schleifscheibe durch allmähliche Schiefstellung derselben bis zur Gleitneigung mit Hilfe des Klinometers eines geologischen Kompasses auf Zehntelgrade genau.

Durch oft wiederholte derartige Messungen wurden die in der nachstehenden Tabelle vereinigten Mittelwerte von Mineralreibungskoeffizienten gewonnen, welche für diese bei mineralogischen Untersuchungen bisher kaum beachteten physikalischen Konstanten die ersten verlässlichen Maßzahlen liefern. Jedem der angegebenen Mittelwerte für ρ liegen 6 bis 10, zuweilen noch zahlreichere Einzelbeobachtungen zugrunde, welche für die in der Tabelle angegebenen 26 Winkelgrößen die Zahl von 270 überschreiten.

In Bezug auf die Angaben der Tabelle ist noch folgendes zu bemerken. Es kann der Reibungskoeffizient für den bewegten Probekörper (f_B) auch aus dem Reibungskoeffizienten für die Ruhe (f_R) berechnet werden, wenn, wie dies bei der hier gleichbleibenden Versuchsanordnung für alle untersuchten Körper der Fall ist, ein konstantes Größenverhältnis dieser beiden Koeffizienten vorausgesetzt wird.

Man sieht in der Tat, daß die an den einzelnen Proben gefundenen Werte für $f_B : f_R$, welche in der vorletzten Kolonne der Tabelle angegeben sind, ohne Rücksicht auf die Härte des Versuchsstücks nicht viel um den unten berechneten Durchschnittswert 0.553

I. Tabelle der Reibungswinkel (ρ) und Reibungskoeffizienten ($f = \tan \rho$).

Mohs Härte	Abschliff in 8 Minuten mm^3	Mineral	Fläche	Ruhe		Bewegung		$\frac{f_B}{f_R}$	Mittelwert für f_B
				ρ	f_R		f_B		
9	0.62	Sapphir	0001	19° 7	0.358	12° 6	0.224 198	0.625	0.211
	1.70	Demantspat	1011	22° 3	0.410	13° 1	0.232 227		
8	9.1	Topas	110	24° 9	0.464	13° 6	0.241 256	0.519	0.248
7	11	Quarz	0001	24° 0	0.445	2° 4	0.221 246	0.497	0.234
	15		1011	24° 1	0.447	14° 9	0.266 247	0.596	0.256
6	30	Orthoklas	1 Spaltung	23° 3	0.430	13° 8	0.245 238	0.570	0.241
	64		001	26° 3	0.494	13° 5	0.240 273	0.486	0.256
5	333	Apatit	0001	27° 0	0.510	5° 5	0.276 282	0.542	0.279
4	387	Flußspat	111	31° 8	0.620	17° 3	0.311 342	0.502	0.326
3	332	Kalkspat	Aggregat (Krist.Marmor)	33° 1	0.652	18° 1	0.327 360	0.502	0.344
	576		1011	33° 3	0.657	19° 6	0.357 363	0.544	0.360
2	933	Steinsalz	100	32° 4	0.634	21° 9	0.402 350	0.634	0.376
1	1860	Talk	Aggregat	38° 2	0.787	25° 2	0.470 435	0.597	0.452
Durchschnittswert für das Verhältnis $f_B: f_R$								0.553	

schwanken. Es kann dieser sonach zur Berechnung des Reibungskoeffizienten der Bewegung aus demjenigen für die Ruhe dienen, indem für jeden gefundenen Wert von f_R

$$f_B = 0.553 f_R$$

gesetzt wird. Diese berechneten Zahlen für f_B sind in der gleichen Kolumne unter die direkt beobachteten gesetzt (liegende Zahlen). In der letzten Kolumne ist der Mittelwert aus diesen beiden Maßzahlen für f_B ersichtlich gemacht.

Die Messungsergebnisse der Tabelle lassen nicht nur sofort erkennen, daß der Reibungskoeffizient eine Funktion der Härte ist, was ja zu erwarten stand, sondern auch in welchem Maße und innerhalb welcher Grenzwerte derselbe beim Abschleif der verschiedensten Minerale und Gesteine, die ja von den Härtegliedern der Mohs-Skala umspannt werden, schwanken kann. Er steigt von den Mindestwerten der härtesten Körper (Korund, $f_R = 0.36$, $f_B = 0.21$) auf den doppelten Betrag (Talk, $f_R = 0.79$, $f_B = 0.45$) bei den weichsten Mineralen. Für die gesteinsbildenden harten Minerale bis einschließlich des Feldspats (Mohs 6 bis 8) sind die Reibungskoeffizienten der Bewegung nahezu gleich und können mit sehr angenähert $f_B = 0.25$ in Rechnung gestellt werden, was für die häufig vorkommende technische Prüfung von Hartgesteinen eine erwünschte Vereinfachung bedeutet. Innerhalb dieser Gesteinsgruppe sind auch die neuen absoluten Härtezahlen den Abschleifen invers proportional.

Es genügen übrigens die an den wenigen (13) untersuchten Mineralfächern gefundenen Versuchszahlen schon, um mit Hilfe eines graphischen Ausgleiches derselben noch zahlreiche Werte für die Reibungskoeffizienten zu erhalten, wenn man diese zur Größe des bei der Härtebestimmung gefundenen Abschleifes in direkten Bezug bringt. Hierüber soll Ausführlicheres seinerzeit mitgeteilt werden, wenn die im Gange befindlichen ergänzenden Untersuchungen vollendet sind. Aus den Resultaten der Tabelle I sind so die nachstehenden Zahlen für f_B (Tabelle II) ermittelt worden, welche deshalb schon jetzt erhöhten Wert beanspruchen, weil sie durch ihre Benützung die jedesmalige spezielle Ermittlung des Reibungskoeffizienten ersparen, wodurch die in Rede stehende Methode der Härtebestimmung ihre Einfachheit bewahrt.

II. Ausgeglichene Reibungskoeffizienten bei nassem Abschleif.

Abschleif in 8 Minuten <i>mm</i> ³	f_B	Abschleif in 8 Minuten <i>mm</i> ³	f_B	Abschleif in 8 Minuten <i>mm</i> ³	f_B
5	0.238	50	0.254	300	0.308
10	0.242	60	0.256	400	0.328
15	0.246	70	0.257	500	0.346
20	0.248	80	0.259	600	0.362
25	0.249	90	0.261	700	0.369
30	0.250	100	0.263	900	0.376
40	0.252	200	0.285	1860	0.452

Alle Zwischenwerte ergibt die Proportional-Interpolation hinlänglich genau.

4. Die Schleifarbeit (S).

Dieselbe setzt sich aus den vorgenannten Faktoren zusammen (pag. 134)

$$S = P \cdot s = N \cdot s \cdot f_B$$

Substituiert man in diesem Produkte die im vorstehenden gefundenen Werte, so erhält man die aufgewendete Schleifarbeit in Meterkilogramm.

Hiervon sind als konstante Faktoren für alle angeführten Versuchsreihen, die ich selbst ausgeführt habe, einzusetzen:

$$N = 0.69 \text{ kg} ; s = 343 \text{ m}$$

$$\text{somit } S = 237 \cdot f_B \text{ Meterkilogramm.}$$

Der Betrag der Reibungskoeffizienten f_B ist nach Maßgabe des Abschliffes für jeden Einzelfall aus der vorangehenden Tabelle II zu substituieren.

5. Das absolute Härtemaß.

Als absolutes Härtemaß stelle ich diejenige Größe der Schleifarbeit, ausgedrückt in Meterkilogrammen auf, welche der Abschliff von einem Kubikzentimeter des Probekörpers erfordert.

Dieser Betrag wird aus dem tatsächlichen Abschliff durch Proportionalberechnung gefunden.

Das absolute Härtemaß wird somit durch den Arbeitsaufwand dargestellt, welchen die Überwindung der Kohäsion eines Körpers erfordert, um die Volumseinheit desselben durch Abschliff abzutragen. Es bildet als Maßstab ein Analogon zu der von v. Řziha zuerst definierten Bohrfestigkeit¹⁾ (Meterkilogramme Bohrarbeit pro 1 cm^3 erbohrtes Volumen) und zu der von mir aufgestellten Zermalmungsfestigkeit²⁾ (Meterkilogramme Schlagarbeit pro 1 cm^3 zermalmtes Volumen), welche das Maß für die Zähigkeit spröder Körper liefert.

Das absolute Härtemaß kann für jede Methode des Abschleifens benützt werden, sofern diese es ermöglicht, den Betrag der Schleifarbeit verlässlich zu messen.

Für die vorliegende Methode ergeben sich nun die neuen Härtezahlen aus der geschilderten Bestimmung der Schleifarbeit und dem erzielten Abschliffe, wie es im folgenden an einigen Beispielen erläutert werden soll.

¹⁾ Über die Bohrfestigkeit der Gesteine. Zeitschrift des Österr. Ing.- u. Architektenvereines, 1888, 4. Heft.

²⁾ Die Zermalmungsfestigkeit der Mineralien und Gesteine. Verhandl. d. k. k. geol. R.-A., Wien 1909, pag. 386.

6. Die neuen Härtezahlen.

1. Beispiel. Korund; mittlere Härte für Edelkorund.

a) Schleifarbeit beim 8-Minuten-Abschliff:

$$S = 237 \cdot f = 237 \cdot 0.211 \text{ (Tabelle I)} \\ = 50 \text{ mkg.}$$

b) Erzielte Leistung beim 8-Minuten-Abschliff:

$$\text{Volumsverlust } V = 0.62 \text{ mm}^3.$$

Es folgt die für 1 cm^3 nötige Schleifarbeit — das absolute Härtemaß H — aus der Proportion:

$$H \text{ mkg} : 50 \text{ mkg} = 1 \text{ cm}^3 : V \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3 : 0.62 \text{ mm}^3 \\ H = 50.000 : 0.62 \\ \text{Härte } H = 80.600 \text{ Meterkilogramm.}$$

2. Beispiel. Quarz (Bergkristall), Basisfläche.

a) Schleifarbeit $S = 237 f = 237 \cdot 0.243$ (Tabelle II)
 $= 57.6 \text{ mkg.}$

b) Volumsverlust $V = 10.98 \text{ mm}^3.$

$$H : 57.6 = 1000 : 10.98$$

$$\text{Härte } H = 5250 \text{ Meterkilogramm.}$$

3. Beispiel. Kalzit, Spaltungsfläche.

a) Schleifarbeit $S = 237 f = 237 \cdot 0.358$ (Tabelle II)
 $= 84.9 \text{ mkg.}$

b) Volumsverlust $V = 576 \text{ mm}^3.$

$$H : 84.9 = 1000 : 576$$

$$\text{Härte } H = 147.3 \text{ Meterkilogramm.}$$

4. Beispiel. Talk, Aggregat.

a) Schleifarbeit $S = 237 f = 237 \cdot 0.452$ (Tabelle I u. II)
 $= 107.1 \text{ mkg.}$

b) Volumsverlust $V = 1862 \text{ mm}^3$

$$H : 107.1 = 1000 : 1862$$

$$\text{Härte } H = 57.5 \text{ Meterkilogramm.}$$

5. Beispiel für ein Hartgestein.

Pflastergranit von Schwarzwasser, Österr.-Schlesien.

Für eine bestimmte Sorte dieses Gesteins wurde gefunden:

a) 8-Minuten-Abschliff mit Smirgel 65.7 mg

Der Schleifwert des Smirgel betrug 0.793,
 daher äquivalenter Korundabschliff 82.8 mg

direkter Abschliff mit Korund 82.6 "

Mittelwert 82.7 mg

Spez. Gewicht = 2.63; Abschliffvolumen $V = 31.4 \text{ mm}^3$

$$\begin{aligned} \text{Schleifarbeit } S &= 237 f = 237 \cdot 0.25 \text{ (Näherungswert)} \\ &= 59.2 \text{ mkg} \\ H: 59.2 &= 1000:31.4 \\ \text{Härte } H &= \mathbf{1885} \text{ Meterkilogramm.} \end{aligned}$$

6. Beispiel für ein Weichgestein.

Lithothamnienkalk, Leithakalk, Kaisersteinbruch, Wiener Stufenstein.

Aus den alten, im Jahre 1896 von mir gegebenen Daten folgt folgende Neuberechnung der Härte in absolutem Maße.

Volumsverlust durch 100 mg Korund beim 8-Minuten-Abschliff 313 mm³ 1).

Aus diesem Abschliffe findet man durch Interpolation aus obiger Tabelle II für f den Wert 0.311.

$$\begin{aligned} \text{Sonach Schleifarbeit } S &= 237 f = 237 \cdot 0.311 \\ &= 73.7 \text{ mkg} \\ H: 73.7 &= 1000:313 \\ \text{Härte } H &= \mathbf{235} \text{ Meterkilogramm.} \end{aligned}$$

In dieser Art lassen sich alle in der erwähnten früheren Arbeit angegebenen Gesteinshärten, welche damals durch die Relativzahlen zur Korundhärte = 1000 ausgedrückt wurden, mittels ihrer seinerzeit gemessenen Abschlivvolumina in das neue absolute Maß durch einfache Rechnung übertragen.

Für alle im vorstehenden angegebenen und durch ganz gleichartige Beanspruchung untersuchten Flächen der Minerale der Mohs'schen Härteskala sind die Resultate in der nun folgenden Tabelle zusammengestellt. Sie enthält die Härtezahlen in dem neuen absoluten Maße. Außerdem wurden aber auch direkt aus dem Verhältnisse der Abschlivzahlen die Relativhärten für die neu gefundene Korundzahl (1.16 mm³) berechnet und wieder mit der dieser Zahl entsprechenden durchschnittlichen Korundhärte = 1000 verglichen. Um die neuen Ergebnisse mit den früheren Bestimmungen vergleichen zu können, sind die ersteren auch noch nebenher mit der alten Korundzahl (1.55 mm³) berechnet worden. (Vgl. die verletzte Kolumne der Tabelle.) Endlich sind die relativen Härten auch noch im Vergleiche zur Quarzbasis = 100 angeführt, welche sich als die beste Härtevergleichsfläche für praktische Zwecke erwiesen hat, da nicht nur das Probematerial hierfür in leichter Weise überall beschafft werden kann, sondern auch die Härte des reinen Bergkristalls durch keine derartigen Umstände beeinflusst wird, welche beim Korund so störend wirken. Ich habe daher in den letzten 10 Jahren alle für die Praxis ausgeführten Gesteinshärteprüfungen im Befunde auch noch in Quarzprozenten angegeben²⁾.

¹⁾ Gesteinshärtentabelle, Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1896, pag. 491.

²⁾ Es diene hierfür die alte Quarzdurchschnittszahl von 117⁰/₁₀₀ Korund (Tabelle vom Jahre 1896), was aber besser durch die konstante Basisihärte = 105.5⁰/₁₀₀ Korund (neue Zahl) ersetzt wird.

Tabelle der absoluten und relativen Härte der Glieder der Mohsschen Skala.

Härtegrad nach Mohs	Mineral	Untersuchte Fläche	Abschliff durch 100 mg Korund. $V = mm^3$	Reibungskoeffizient	Absolute Härte pro 1 cm ³ Abschliff. $H = mkg$	Relative Härte nach dem absoluten Maß, verglichen mit der Quarzbasis = 100	Relative Härten nach der Abschleißgröße		
							A. Für Korund = 1000		B. In Quarzprozenten Basis = 100
							nach der neuen	nach der alten	
							Korunddurchschnittszahl		
$V=1.16 mm^3$	$V=1.55 mm^3$								
9	Korund. Edelkorund (Sapphir) Gemeiner Korund und Demantspat Mittelwert beider . . . Braunkorund (Geschiebe)	Mittelwert	0.623	0.211	80600	1535	186.9	} Durchschnitt 1000	1765
		Mittelwert	1.70	0.229	31900	608	683		647
		Mittelwert	1.16	0.220	45000	857	1000		949
		Mittelwert	3.88	0.234	16100	313	343		326
8	Topas	(110)	9.1	0.241	6280	119.6	127.5	170.3	121
		(001)	12.7	0.244	4550	86.7	91.4	122.0	86.6
7	Quarz	(0001)	10.98	0.243	5250	100	105.5	141.0	100
		(1010)	12.75	0.244	4535	86.4	91.0	121.5	86.3
		(1011)	15.0	0.246	3890	74.1	77.4	103.3	73.4
6	Orthoklas	$\frac{1}{001}$	29.6	0.250	2000	38.1	39.2	52.3	37.2
		(100)	39.7	0.252	1503	28.6	29.2	39.0	27.7
		(010)	42.8	0.252	1395	26.6	27.1	35.2	25.7
		(001)	64.1	0.256	947	18.0	18.1	24.2	17.2

	Apatit	(1010) (0001)	212 333	0·288 0·315	322 224	6·13 4·27	5·48 3·48	7·32 4·65	5·19 3·30
4	Flußspat	(100) (111)	363 389	0·321 0·325	210 198	4·00 3·78	3·20 3·01	4·27 3·99	3·05 2·83
3	Kalkspat	(1120) (1010) (0001) (0112) (1011) Mittelwert Aggregat	285 401 320 323 576 380 331	0·306 0·328 0·312 0·313 0·358 0·324 0·314	254 194 231 229 147·3 202 224	4·84 3·70 4·40 4·36 2·81 3·85 4·27	4·07 2·90 3·63 3·59 2·02 3·05 3·51	5·44 3·87 4·84 4·80 2·69 4·08 4·68	3·86 2·74 3·14 3·41 1·91 2·90 3·32
2	Steinsalz	(111) (100)	814 933	0·373 0·379	109 96·3	2·08 1·83	1·42 1·24	1·90 1·66	1·35 1·18
1	Talk	Dichtes Ag- gregat Steatit	1862 2340	0·452 0·490	57·5 49·6	1·09 0·95	0·62 0·50	0·83 0·66	0·59 0·47
1½	(Gips)	$\frac{1}{c}$ (010) Alabaster	1820 3120 3000	0·449 0·532 0·542	58·5 41·9 42·8	1·11 0·80 0·82	0·64 0·37 0·39	0·85 0·50 0·52	0·61 0·36 0·37

7. Bemerkungen zur Härte-Tabelle.

Vergleicht man die Ergebnisse der neuen Härtebestimmungen mit jenen, die im Jahre 1896 von mir bekanntgegeben wurden, so ergeben sich gewisse Differenzen, die einer kurzen Erläuterung bedürfen. Sie sind zum Teil nicht unbeträchtlich, trotzdem dieselbe Hand die Abschleife damals wie heute ausgeführt hat. Über die Ursache dieser Differenzen habe ich mich am Beginne des Vortrages ausgesprochen; es mögen daher hier nur die Einzelfälle erwähnt werden.

9. Korund. Die große Verschiedenheit der Härtezahlen wurde schon oben erörtert (pag. 129—133). Ursache: zu beschränkte Materialauswahl bei den alten Bestimmungen dieser Grundzahl für die Relativhärten.

8. Topas. Die alten Härtezahlen sind etwas zu groß. Ursache: Die damals verwendeten Versuchsflächen, besonders jene der Säule, waren zu klein und wurden die Abschleife direkt in Rechnung gestellt, ohne auf eine Normalfläche reduziert zu werden. Dadurch verringert sich auch der große Härteunterschied zwischen Basis und Säule von damals 1 : 1·70 auf fast die Hälfte 1 : 1·37.

7. Quarz. Die alten und neuen Härtezahlen stimmen für Basis und Säule in Anbetracht der geringen Flächendifferenzen gut überein; die Spaltbarkeit nach *R* findet erst jetzt (die alte Fläche war zu klein, ergab also einen zu großen Härtewert) einen klaren Ausdruck in der bedeutend verringerten Härtezahl.

6. Orthoklas. Die gefundenen geringen Differenzen erklären sich bei der Basis- und Längsflächenhärte aus dem Flächenausmaß. Der alte Wert für die Querfläche (100) war wegen bedeutender Unterschreitung der normalen Flächengröße wesentlich zu groß.

5. Apatit. Die Härte für die Säule stimmt überein; jene für die Basis erscheint nach den neuen Versuchen auffallend gering gegen früher. Hierüber müßten Versuche an noch anderem Probematerial entscheiden.

4. Flußspat. Auch hier wegen einst zu kleinen Versuchsflächen jetzt verringerte Härtezahlen. Der Härteunterschied zwischen Oktaeder- und Würfelfläche ist nach den letzten Versuchen wesentlich geringer befunden worden als früher.

3. Kalkspat. Die Härte-differenzen der verschiedenen Flächen sind nach den neuen Versuchen kleiner als die früher gefundenen. Eine Verschiebung der Härtezahlen fand zu ungunsten der Säule (1010) statt, deren Härte an künstlich angeschliffenen Flächen bestimmt wurde und kleiner als jene der Endfläche ist.

2. Steinsalz. Wie beim Flußspat erscheint auch hier der Unterschied der Härte zwischen Oktaeder- und Würfelfläche verringert. Bei den alten Versuchen war die erstere indirekt (durch Dolomitpulver) bestimmt worden.

1. Talk. Die neu gefundene Härtezahl ($0\cdot83\frac{0}{100}$ K.) ist ein bedeutendes Vielfaches der alten ($0\cdot03\frac{0}{100}$ K.), weil bei der letzteren

im Jahre 1896 für dieses weiche Mineral der Abschleiß nicht wie bei den anderen Probekörpern mit einem Hartschleifmittel (Smirgel, Korund) vorgenommen, sondern mit Dolomitpulver ausgeführt wurde. Damit das Toulasche Prinzip als erfüllt angenommen werden konnte, wurde der dabei noch unzerrieben gebliebene Teil des verwendeten Dolomitpulvers durch Abschlämmen vom Schleifschmand gesondert und in Abzug gebracht. Dadurch wurden aus dem Wirkungsgrade des Dolomits (= $\frac{1}{26}$ Korund) sehr hohe äquivalente Abschleißmengen für Korundpulver berechnet und der so niedrige alte Härtewert des Talks ermittelt. Er ist also nach einem sehr abweichenden Verfahren bestimmt worden; das jetzige Ergebnis gleichartiger Untersuchung rückt ihn den anderen Härtestufen bedeutend näher.

8. Die Härtegrenzen der Gesteine.

Dieselben sind im Wesentlichen schon durch die gefundenen neuen Werte für die Minerale der Härteskala bestimmt. Die kiesel-säurereichsten Gesteine werden daher an der Spitze stehen und die dichten derselben, weil sie durch ihre Textur und Zusammensetzung aus mikrofaserigen Kieselmineralien die Spaltbarkeit des kristallisierten Quarzes ausschalten, diesen sogar an Härte etwas über-treffen.

Sieht man vom Smirgel ab, so dürften noch härtere Gesteine als diese nur in seltenen Typen von stark topasierten oder an Granat und Turmalin sehr reichen Kontaktgesteinen gefunden werden.

Die Gesteinhärte nimmt mit dem fallenden Gehalt an Quarz rasch ab. Für einige in neuerer Zeit untersuchte oder nachgeprüfte Hartgesteine seien die nachfolgenden Maßzahlen angegeben.

Härteste Gesteine.

Über 6000 <i>mk</i> g:	<i>mk</i> g pro 1 <i>cm</i> ³
Naxos-Smirgel	17000—39000
Feuerstein	7900
5000—6000 <i>mk</i> g:	
Lydit	5875
Hornstein, roter, Tithon von Budua	5550
Hornstein, gelber, Böhmen	5100
4000—5000 <i>mk</i> g:	
Limnoquarzit, Mühlstein von La Ferté	4820
Cenomanquarzit, Polička, Böhmen.	4000
2000—3000 <i>mk</i> g:	
Felsophyr, Rännas, Elfdalen	2930
Mikrogranit, Bruchhäuser Steine	2770
Greisen, Schlaggenwald	2620
Turmalingranit (Greisen), Longstone . . .	2530

	<i>mkg pro 1 cm³</i>
Granatquarzfels, Friedeberg	2470
Topasquarzfels, porös, Schneckenstein ¹⁾	2400
Quarzit, porös, Müzzuschlag	2210
Härteste Pflastergranite bis	2200
Turmalinhornfels, Auersberg	2050

1000—2000 *mkg*:

Beste Pflastergranite (1580—2050) Mittelwert	1730
Grauwacke, Wischau, Mähren	1610
Wiener Sandstein, Schotter, hart	1215—1500
Grauwacke, Richenburg, Böhmen	1350
Granit, Mauthausen, II. Güte	1260

Zum Vergleiche seien noch angeführt:

Porzellanhärte (Bisquit-Strichtafel)	2120
Glashärte (720—950) Mittelwert	850

Die Minima der Härte werden bei den wesentlich nur Chlorit, Talk oder Graphit führenden Gesteinen zu suchen sein. Die Kohäsionsminima poröser, lockerer Gefüge und leicht zerreiblicher Sedimente fallen nicht mehr unter den Härtebegriff. Auch bildet die Textur beim Abschleiff von Weichgesteinen einen wesentlichen Faktor: es tritt die Abnützbarkeit an die Stelle der durch die Mineralbestandteile gegebenen Härte. Hier folgen noch einige Beispiele von untersuchten kompakten Gesteinen mit den bisher gemessenen Mindestwerten im neuen Härtemaße. Die Abschleiffe erfolgten parallel zur Schieferungsfläche.

Tonschiefer, Phyllit, Ober-Lindewiese, Schl.	122·0 <i>mkg</i>
Grünschiefer, Chlorit - Aktinolithschiefer, Neumarkt, Steiermark	111·8
Graphitschiefer, Bogenau, Mähren	69·7
Talkschiefer, Zöptau, Mähren	51·5
Gips, schiefrig, Schottwien, N.-Ö.	23·3

Letztere Zahl ist nur ein Abnützungswert.

Die vorstehenden Resultate neuerer Härtebestimmungen durch ein genau geregeltes Abschleiffverfahren werden ergänzt durch noch weitergehende Untersuchungen, welche den Einfluß bestimmter Abänderungen der Abschleiffbeanspruchung in Bezug auf das Schleiffmittel und die Zeitdauer der Einwirkung zum Gegenstande haben. Durch diese Versuche ist es gelungen, für die Größe des Gesamtab-schliffes nach dem Toulaschen Prinzipie auch bei mindest harten Mineralien genaue Maßzahlen zu ermitteln und dadurch die Differenzen aufzuklären, welche den nach verschiedenen Schleiffmethoden

¹⁾ Eine nur wenig topasirierte Probe.

gewonnenen Werten für die relative Flächenhärte der Minerale noch innewohnen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in dem gegenständlichen Vortrage nur kurz angedeutet; sie sind für eine besondere Mitteilung bestimmt, welche auch die vorliegenden Resultate mit den in letzter Zeit von anderen Autoren¹⁾ ermittelten Härtezahlen in speziellen Vergleich bringen soll.

Literaturnotizen.

Wykopaliska Staruńskie (Ausgrabungen von Starunia). Słoń mamut (*Elephas primigenius Blum.*) i nosorożec włochaty (*Rhinoceros antiquitatis Blum. s. tichorhinus Fisch.*) wraz z współczesną florą i fauną. Opracowali: J. A. Bayger, Dr. H. Hoyer, Dr. E. Kiernik, Dr. W. Kulczyński, Dr. M. Łomnicki, Prof. J. Łomnicki, Dr. W. Mierzejewski, Dr. E. Niezabitowski, Dr. M. Raciborski, Dr. W. Szafer, F. Schille. 4^o. S. X—386, mit 1 geolog. Karte und Textabbild. Atlas 2^o, mit 67 Taf. Nakładem Museum im. Dzieduszyckich. Krakau 1914.

Der bekannte, im Jahre 1907 in einer Erdwachs- und Naphthagrube bei Starunia in Ostgalizien entdeckte Kadaver des diluvialen Nashorns sowie die übrigen interessanten Funde wurden endlich einer entsprechenden sorgfältigen Bearbeitung unterzogen und die Resultate in vorliegendem Prachtwerke publiziert.

Die die pleistocänen Funde enthaltenden Ablagerungen des genannten Terrains bestehen aus mächtigen, wechselnd sandigen oder plastischen, verschieden gefärbten und von Erdwachs, Naphtha und Salz durchdrungenen Lehmschichten, die auf dem miocänen Tegel ruhen und sich wahrscheinlich bis in die Tiefe von 40 m verfolgen lassen. Der erste Fund von Mammutresten wurde in Starunia in einer neu angelegten Grube in der Tiefe über 12 m gemacht. Es wurden hier unter anderem gefunden: zwei Stoßzähne, ein Oberkieferfragment mit beiden Backenzähnen, eine vollkommen erhaltene Wirbelsäule, an der einige Wirbel noch mit Haut überzogen waren, ferner alle Knochen des linken Fußes, einige Rippen und behaarte Hautstücke, darunter ein Rest des rechten Ohres und der linken Wange mit der Augenhöhle u. a. Diese Hautreste wurden durch Erdwachs, Naphtha und Salz konserviert. Es handelt sich um ein weibliches Individuum von *Elephas primigenius*.

In der Tiefe zwischen 13—14 m fand man ferner eine mumifizierte rechte Hälfte eines Frosches (*Rana ridibunda*) mit beiden Füßen und in der Tiefe zwischen 14—15 m eine ähnliche Mumie eines Vogels, wahrscheinlich einer Art Kernbeißer (*Coccothraustes coccothraustes*) angehörend. Außer diesen Funden sind auch interessant Knochenreste eines Riesenhirsches (*Cervus euryceros*). Dazu gesellen sich noch Reste von *Equus caballus*, *Cervus capreolus?*, *Bos taurus?*, *Asio otus* (oder *Otus brachyotis*) und *Rana temporaria*.

Der wertvollste Fund, jener des Kadavers von *Rhinoceros antiquitatis* wurde erst später in der Tiefe von 17.6 m gemacht. Von diesem Tiere fand man einen mit behaarter Haut überzogenen Kopf mit beiden vollkommen erhaltenen Hörnern und mit dem linken Ohr. Die übrige mit dem Kopf zusammenhängende Haut mit dem linken Vorderfuß daran hat sich noch in einer Länge von 2.5 m erhalten. Einige dem Skelett angehörende Knochen kamen dann nachträglich zum Vorschein. Der Körpergröße nach ähnelt das Rhinoceros von Starunia, welches einem jungen, aber kräftigen Individuum angehörende, dem rezenten afrikanischen *Rhinoceros simus*.

Alle oben besprochenen Funde begleitete eine mannigfaltige Mollusken- und Insektenfauna, in welcher *Coleoptera* überwiegen, denn dieselben weisen nicht weniger als 180 Spezies auf. Ferner sind hier auch *Odontata*, *Orthoptera*,

¹⁾ V. Pöschl, Die Härte der festen Körper, Dresden 1909. — P. J. Holmquist, „Abnutzungswiderstand der Mineralien der Härteskala“. Geologiska Föreningens i Stockholm, Förhandlingar 1911 und „Schleifhärte der Feldspate“, ebendasselbst 1914.