

bilden an das Vorkommen der rothen Liaskalke erinnernde, unregelmässig begrenzte Partien innerhalb der hangendsten Lagen des weissgrauen Riffkalks; vielleicht entsprechen sie dem von Harada (l. c. pag. 158) angeführten schmutzigen Kalken des M. Clapsaon und der Vetta Ugoi.

Es zeigt sich sonach, dass weitaus die Hauptmasse der mächtigen, undeutlich geschichteten Riffkalke und -Dolomite dieser Region dem Niveau unter den Buchensteiner Schichten entspricht und somit die Zone des *Ceratites trinodosus* und noch tiefere Lagen umfasst.

Wie sich jedoch aus den Verhältnissen am Westgipfel des M. Franza (N Sappada) ergibt, wo ein seinem Alter nach allerdings noch nicht fixirtes Mergelniveau in die Riffmasse eingreift, liegt jedoch die Möglichkeit nahe, dass der oberste Theil der Kalk- und Dolomitmasse local über das Niveau der Buchensteiner und Wengener Schichten hinaufgreift.

Der stratigraphische Umfang dieser grossen Kalk- und Dolomitmassen wäre danach ein schwankender, je nachdem die Buchensteiner und Wengener Facies entwickelt ist oder nicht und daraus resultirt die formelle Schwierigkeit einer unzweideutigen, fixen Bezeichnung derselben.

Dort, wo die weissen, zuckerkörnigen, drusigen Diploporendolomite von den bunten Tuffmergeln der Buchensteiner Schichten überlagert werden, was in dem nördlich der Thalfurche von Sappada im Stock des M. Rinaldo und auf dem M. Cadin die Regel ist, könnte man die ersteren mit dem Spizekalk vergleichen. Wo jedoch, wie auf dem M. Franza, ein Eingreifen von Mergeln stattfindet, wächst die Riffmasse offenbar regional in noch höhere Lagen empor, und müsste — falls jene Mergel sich als dem Niveau der Wengener Schichten angehörig erweisen sollten — am Besten in ihrer Gänze als Schlerndolomit bezeichnet werden.

**August Rosiwal.** Ueber geometrische Gesteinsanalysen. Ein einfacher Weg zur ziffermässigen Feststellung des Quantitätsverhältnisses der Mineralbestandtheile gemengter Gesteine.

Bei dem gewaltigen und ungeahnten Fortschritte, welchen die Einführung des Mikroskopes als wichtigstes Hilfsmittel für lithologische Forschungen in den letzten Decennien bewirkt hat, erscheint es geradezu auffallend, dass das Gebiet der quantitativen optischen Gesteinsanalyse so wenig Beachtung und Pflege finden konnte, während man gleichzeitig hinsichtlich der qualitativen Charakteristik der einzelnen Mineralbestandtheile in Bezug auf neue Untersuchungsmethoden und Forschungsergebnisse von Erfolg zu Erfolg schritt.

Nicht zum geringen Theile trägt daran die vorgefasste Meinung Schuld, dass bei der bekannten Variabilität des Mengenverhältnisses der einzelnen Mineralbestandtheile eines Gesteines die quantitative Feststellung desselben nur wenig Interesse besitze und den für

eine exacte Bestimmung dieses Verhältnisses nach den bisherigen Methoden erforderlichen grossen Zeitaufwand kaum gerechtfertigt erscheinen lasse.

Die zu diesem Zwecke zur Verfügung stehenden Methoden waren auch in der That nicht darnach angethan, zu solchen Bestimmungen besonders zu animiren. Es ist bekannt, dass zur Ermittlung der procentarischen mineralischen Zusammensetzung eines Gesteines bisher nur die folgenden Wege eingeschlagen werden konnten:

1. Die Berechnung aus dem specifischen Gewichte des Gesteines und der zusammensetzenden Minerale, wenn letztere nur in der Zweizahl vorhanden sind. Die Anwendung dieser einfachsten Methode ist auf nur wenige Gesteinstypen beschränkt.

2. Die Sonderung der Mineralbestandtheile eines gewogenen Quantums Gesteinspulver nach ihrer Dichte durch die Benützung specifisch schwerer Flüssigkeiten. Das Nebeneinandervorkommen in ihrer Dichte wenig verschiedener Minerale, die Verwachsung zweier oder mehrerer derselben auch in kleinsten Partikeln, Interpositionen, secundäre Umwandlung etc. machen in vielen Fällen eine genaue ziffermässige Bestimmung auf diesem Wege illusorisch.

3. Die Berechnung des Mengenverhältnisses aus der Bausch-analyse des Gesteines, wenn gleichzeitig die chemische Zusammensetzung jedes einzelnen Mineralbestandtheiles durch eine Partialanalyse des isolirten Gemengtheiles ermittelt wurde. Diese allerdings sehr umständliche und zeitraubende Methode lieferte bisher die sichersten ziffermässigen Werthe.

4. Das mechanische Verfahren, um die Zusammensetzung der Gesteine zu ermitteln, von M. A. Delesse<sup>1)</sup>. Auf einer ebenen Schlißfläche eines gleichmässig zusammengesetzten Gesteines verhält sich die Summe der in der Schnittebene liegenden Flächenantheile der einzelnen Mineralcomponenten, so wie die Summe ihrer Volumina in dem gemengten Gesteine<sup>2)</sup>. Um die Summirung

<sup>1)</sup> Comptes rendus, XXV, Nr. 16, 1847, S. 544.

Annales des mines, 4. Serie, T. XIII, 1848, S. 379.

Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. Paris 1862.

<sup>2)</sup> Delesse gibt in seiner Originalabhandlung hiefür die folgende Begründung: „Angenommen, das von dem Gesteine eingenommene Volumen werde auf ein Coordinatensystem bezogen, und es sei  $f$  die Oberfläche, welche eines der zusammensetzenden Minerale in einer zur  $xy$ -Ebene parallelen Schnittebene einnimmt. Um das Volumen dieses Mineralen in dem Gesteine genau zu erhalten, würde es nöthig sein, die aufeinanderfolgenden Werthe von  $f$  zu kennen, welche in einer Serie unendlich naher, zur  $xy$ -Ebene paralleler Schnittflächen liegen. Das Integral  $\int f dz$  gäbe dann den Ausdruck des gesuchten Volumens.“

„ $f$  ist eine Function von  $z$ , welche bald wächst, bald abnimmt, und selbst durch mehrere Maxima und Minima gehen kann. Wenn man mit  $m$  und  $M$  den kleinsten und grössten Werth von  $f$  bezeichnet, so liegt das Integral  $\int f dz$  immer zwischen den Producten  $mz$  und  $Mz$ , wenn  $z$  die Höhe des betrachteten Gesteinsvolumens bedeutet. Weiterhin werden die Extremwerthe  $m$  und  $M$  umso weniger von einander verschieden sein, je gleichmässiger das Mineral in dem Gesteine vertheilt ist. Es ist leicht, eine solche geometrische Vertheilung desselben zu denken, dass  $f$  für Schnittflächen von gleicher Grösse constant bleibt, dann wäre das Volumen des Minerals durch das Product  $fz$  dargestellt, oder es wäre

der einem bestimmten Minerale zufallenden Flächenantheile vorzunehmen, bediente sich Delesse eines einfach erscheinenden, aber doch sehr mühsamen Verfahrens. Es wird zunächst auf durchsichtigem Papier über der mit Oel möglichst transparent gemachten Schlißfläche eine Nachzeichnung der Grenzen der einzelnen Mineralbestandtheile ausgeführt und die Flächenantheile je nach ihrer Art durch verschiedene Farben übermalt. Die Bestimmung der Flächengrößen erfolgt durch Zuhilfenahme der Waage. Klebt man nämlich die so erhaltene Zeichnung auf Stanniol und zerschneidet dann das ganze mosaikartige Bild mit der Scheere, so kann man die in der Farbe gleichgehaltenen Einzelbestandtheile sondern und nach vorherigem Ablösen der Papierschnitzel vom Stanniol aus der Gewichtssumme der zusammengehörigen Partikel desselben auch die Flächensumme jedes Bestandtheiles bestimmen.

Wenn  $f_1, f_2, f_3$  u. s. w. diese den einzelnen Mineralcomponenten auf der Schlißfläche  $F$  zukommenden Flächenantheile bedeuten, so stellen die Quotienten  $\frac{f_1}{F}, \frac{f_2}{F}, \frac{f_3}{F}$ , u. s. w. auch die Mengenverhältnisse der betreffenden zusammensetzenden Minerale dem Volumen nach dar, und es berechnet sich bei bekannter Dichte  $d_1, d_2, d_3$  u. s. w. der einzelnen Bestandtheile sowie des ganzen Gesteins  $D$  auch das Gewichtsverhältniss derselben leicht aus der Gleichung:

$$\frac{f_1 d_1}{FD} + \frac{f_2 d_2}{FD} + \frac{f_3 d_3}{FD} + \dots = 1.$$

5. Das Verfahren von Delesse wurde in neuerer Zeit, wenn auch nur in vereinzelt Fällen, auf die Mengenbestimmung der in Dünnschliffen enthaltenen Mineralcomponenten angewendet<sup>1)</sup>, und zwar mit umso grösserem Erfolge, als die Anwendung von mit Hilfe des Mikroskopes hergestellten Camera lucida-Bildern weitaus genauere Grenzbestimmungen der Mineralgemenge gestattet, als die primitive directe Copie von einer angeschliffenen Gesteinsfläche. Alle Vortheile der genaueren Bestimmung und Differentirung der Mineralbestandtheile des untersuchten Gesteines, welche die Anwendung des Mikroskopes gestattet, in erster Linie also die Uebertragung des Delesse'schen Verfahrens auf feinkörnige und dichte Gesteine,

mit einem Worte gleich demjenigen eines Cylinders von der Basis  $f$ . Da nun die Höhe  $z$  für alle Bestandtheile gemeinsam gleich ist, so würden die Volumina der verschiedenen Mineralien untereinander im Verhältnisse der Grösse der Basisflächen  $f$  stehen.“

„Wenn man annimmt, dass diese durch eine Serie paralleler Ebenen erhaltenen Durchschnitte nahezu constant sind, so setzt dies einen Fall voraus, welcher in der Natur jedesmal eintritt, wenn das Gestein aus gleichmässig vertheilten Mineralien besteht; infolge dessen wird für dasselbe Gestein das Volumsverhältniss der zusammensetzenden Minerale ungefähr gleich dem Verhältnisse der Flächen sein, welche dieselben in den Schnittebenen besitzen, oder wenigstens ist es gewiss, dass es zwischen dem erhaltenen Maximal- und Minimalwerth dieser Flächen liegt.“

<sup>1)</sup> z. B. von W. J. Sollas in seiner Arbeit über die Granite von Leinster. Transactions of the Irish Academy. Vol. XXIX, Part. XIV, pag. 471.

sind dadurch ermöglicht, und dennoch konnte diese Methode keine allgemeinere Verbreitung finden, offenbar weil die vorhergehende Anfertigung einer Zeichnung und das so umständliche Uebertragen auf Stanniol, die Sonderung und Reinigung der zusammengehörigen Stanniolschnitzel vor deren Wägung u. s. w. wenig Beifall und Nachahmung zu erringen vermochten.

Die Wichtigkeit und Nothwendigkeit für eine wesentlich präcisere technische Qualification von Steinbaumaterialien, als dieselbe in vielen Fällen noch usuell ist, die massgebenden Kriterien aufzustellen, hat mich in meinen daraufzielenden Studien und Untersuchungen auch zu neuerlichen Versuchen in der Richtung veranlasst, ob das von Delesse aufgestellte Princip einer Quantitätsbestimmung der Gesteinsgemengtheile auf geometrischem Wege keiner Vereinfachung fähig wäre. Zunächst waren diese Bestrebungen darauf gerichtet, die Zeichnung der Mineralconturen und die Vermittlung des Stanniols bei der Flächenbestimmung überflüssig zu machen und durch die directe mikroskopische Messung mit Hilfe eines netzförmig getheilten Ocularmikrometers zu ersetzen. Da mir auch diese Methode noch zu zeitraubend erschien, weil ein kaum  $1 \text{ cm}^2$  messendes Flächenstück eines Dünnschliffes selbst bei sehr schwacher (circa 20 facher) Vergrößerung schon eine Zerlegung in 9—16 Partialquadrate zu 100 Flächeneinheiten erforderte, so verliess ich diesen Weg wieder und gelangte des Weiteren dazu, dem Delesse'schen Grundprincipe selbst eine für die Ausführung der Messungen wesentliche Vereinfachung zu geben, welche im Folgenden näher erläutert werden soll.

Nach dem von Delesse gegebenen Principe wurde die Cubatur der in einem Gesteine enthaltenen Mineralbestandtheile auf die Quadratur ihrer in einer schneidenden Ebene gelegenen Durchschnittsflächen zurückgeführt. Diese Quadratur lässt sich nach einfachen Fundamentalsätzen der analytischen Geometrie aber wieder mit Hilfe einfacher Längensummen bestimmen, wenn man dabei von den gleichen Gesichtspunkten ausgeht, welche Delesse gelehrt haben, als er die Reduction des Volumsverhältnisses auf ein Flächenverhältniss vornahm<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Es ergeben sich dann die folgenden Analogieschlüsse zu der vorstehend (S. 144, Anmerkung <sup>2)</sup> angeführten Ableitung von Delesse:

Angenommen, die zu messende Schnittfläche durch das Gestein werde auf dasselbe Coordinatensystem bezogen, stelle also die  $xy$ -Ebene dar, so ist die Oberfläche  $f_1$ , welche eines der zusammenschneidenden Minerale auf dieser Ebene einnimmt, gegeben durch den Ausdruck:

$$f_1 = \int x_1 dy$$

und dementsprechend ist sein Volumen im ganzen Gesteine:

$$v_1 = \int f_1 dz = \int dz \int x_1 dy$$

$x_1$  ist als Function von  $y$  in den Einzeldurchschnitten den durch die Korngrösse der einzelnen Mineralcomponenten bedingten Schwankungen unterworfen. Die Summe aller Einzelwerthe von  $x_1$  für ein gegebenes  $y$  wird aber wieder umso weniger von jener für einen anderen Werth von  $y$  differiren, je gleichmässiger vertheilt die Mineralindividuen im Gestein, also auch ihre Schnittflächen in der

Wir sehen also, dass nach dem Delesse'schen Verfahren als zu messendes Körperelement de facto eine materielle Fläche dient, deren gleichmässige, sehr geringe Dicke  $dz$  als constant angenommen werden kann. Eine solche materielle Fläche stellt jeder Dünnschliff dar, wenn wir voraussetzen dürfen, dass er genügend dünn hergestellt wurde, um alle zu messenden Gesteinsbestandtheile thatsächlich in zwei, bloß wenige Hundertmillimeter entfernten, parallelen Ebenen zu durchschneiden<sup>1)</sup>. An die Stelle dieser materiellen Fläche setze ich nun als zu messendes Körperelement eine materielle Linie, deren Querschnittsdimension theoretisch eine unendlich kleine Fläche  $dy dz$  darstellt, welche als constant zu betrachten ist und deren endliche Längenabschnitte  $x_1, x_2, x_3 \dots$  das Mass für die Relativmenge der einzelnen Mineralcomponenten im Gesteine liefern. An die Stelle des Delesse'schen Gesteinsblattes tritt also ein Gesteinsfaden, ein überaus dünnes Prisma, dem Volumen nach etwa vergleichbar mit dem äusserst dünnen Kern eines minimal dimensionirten Bohrloches, welches wie eine messende Sonde durch das Gestein gelegt wird und in den gemessenen Längenanteilen der Einzelbestandtheile den Relativantheil derselben an der Zusammensetzung des durchhörerten Gesteines anzeigt.

Ich nenne daher diese messende, aus einzelnen homogenen Abschnitten innerhalb der durchfahrenen Mineralkörner bestehende, materielle Linie die Mengen-Indicatrix. Dieselbe zeigt in dem Verhältnisse der Summe der einem bestimmten Minerale zufallenden Durchschnittslängen zu ihrer Gesamtlänge unmittelbar auch zugleich den ziffermässigen volumetrischen Antheil des betreffenden Mineralen in dem Gesteine an, und es ist damit die Ermittlung des Quantitätsverhältnisses von der dritten Dimension direct auf die erste Dimension reducirt.

Es erscheint vielleicht auf den ersten Blick wenig aussichtsreich, bei dieser weitgehenden Reduction der Messungen auch zu

Messungsebene enthalten sind, und je länger die auf der begrenzten Messungsebene liegende Abscisse für jeden Werth von  $y$  gewählt wurde.

Setzt man diese gleichmässige Vertheilung voraus, so ist der Werth  $\Sigma x_i$  für gleich lange Abscissen als constant zu betrachten und die Fläche des zu messenden Minerals in den Schnittebenen gegeben durch

$$f_1 = x_1 \int dy = x_1 y,$$

Das Ordinatenelement  $dy$  ist für alle zusammensetzenden Bestandtheile gleich gross, ebenso die Gesamtordinate  $y$  als Höhe der gegebenen Schnittfläche, so dass sich die Partialflächen der einzelnen Mineralcomponenten verhalten, wie die Grundlinien gleich hoher Rechtecke, also:

$$f_1 : f_2 : f_3 = \begin{matrix} x_1 y & x_2 y & x_3 y \\ = & x_1 & x_2 & x_3 \end{matrix}$$

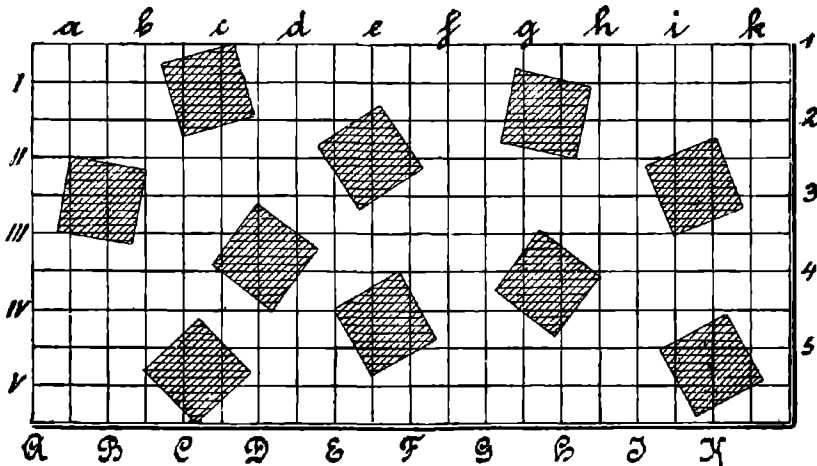
d. h. der Flächenantheil eines bestimmten Mineralen in einer Schnittfläche ist der Summe der Längen seiner Durchschnitte in einer schneidenden Geraden proportional.

<sup>1)</sup> Diese Gesteinsplatte, richtiger dieses Gesteinsblatt eines Dünnschliffes würde ihrer Masse nach bei einer Ausdehnung von ca.  $50 \text{ cm}^2$  und einer Dicke von rund  $0.1 \text{ mm}$  bereits  $5000 \times 0.1 \times 2.6 = 1300 \text{ mg}$  Gewicht (für Granit z. B.) besitzen, also zur Herstellung einer chemischen Bauschanalyse genügendes Material abgeben.

hinlänglich genauen Resultaten zu gelangen, aber eine einfache Betrachtung lehrt, dass bei Anwendung dieses Verfahrens nahezu jeder gewünschte Grad von Genauigkeit erreicht werden kann, jedenfalls aber in Bezug auf das Percentverhältniss der Mineralbestandtheile bei zielbewusster Anwendung fast dieselbe Genauigkeit, als sie beispielsweise die Bauschanalyse abgeschlagener Splitter in Bezug auf die allgemeine chemische Constitution des Gesteines zu bieten vermag.

Es ist leicht einzusehen, dass der Genauigkeitsgrad direct proportional der Länge der gewählten Mengen-Indicatrix und umgekehrt proportional der Korngrösse des Gesteines sein muss. Unter der Voraussetzung einer möglichst gleichmässigen Vertheilung und Korngrösse der Bestandminerale im Gesteine werden wir also für eine auf 1 Procent genaue Messung mindestens eine Gesamtlänge der

Fig. 1.



Indicatrix gleich der hundertfachen Korngrösse wählen müssen und bei nicht einwandfrei gleichmässiger Vertheilung jedenfalls mehrere in verschiedenen Ebenen eines Parallelopipeds (Würfels) gelegenen Indicatricen zur Vermessung zu bringen haben. Für Schiefergesteine von hoher Parallelstructur genügt ein Bündel weniger paralleler, in einer zur Schieferung annähernd senkrecht stehenden Schlibfebene gelegener Mengelinien u. s. w.

Es soll nun an einer Reihe von Beispielen gezeigt werden, in welcher Art die Ausführung der geschilderten Methode vorgenommen wird, und welche unmittelbaren Nutzenwendungen sie gestattet.

1. Um eine Controlle der erreichbaren Genauigkeit zu erhalten, läge zuerst die Aufgabe vor, ein genau bekanntes Flächenverhältniss mit Hilfe der geschilderten Mengenmessung zu bestimmen.

Die in obiger Figur 1 dargestellte Fläche von  $5 \times 10 = 50 \text{ cm}^2$  enthält in beliebiger Vertheilung gezeichnete 10 Quadrate von  $1 \text{ cm}^2$

Grösse. Es ist mit Hilfe der netzförmig vertheilten Mengelinien durch Messung ihrer Schnittlänge durch die zehn schraffirten Quadrate das Flächenverhältniss derselben zur ganzen dargestellten Flächen-grösse zu ermitteln. Die directe Messung und Summirung der von der Mengen-Indicatrix I getroffenen Quadratdurchschnitte liefert 18·6 *mm*; ihre Länge beträgt 100 *mm*, daher das Procentverhältniss der schraffirten Fläche zur ganzen Fläche durch diese eine kurze Linie mit 18·6%, (statt 20%) indicirt würde. Die Summe der ersten fünf Mengelinien I—V gibt infolge der grösseren Länge der messenden Linien (500 *mm*) bereits ein sehr viel genaueres Verhältniss, und zwar 19·5%, welches sich auf Grund der gesammten 20 Messungslinien bei einer totalen Indicatrixlänge von 2 *m* nahezu vollkommen genau mit 19·9% herausstellt, wie die nachfolgende Tabelle der gemessenen Werthe angibt.

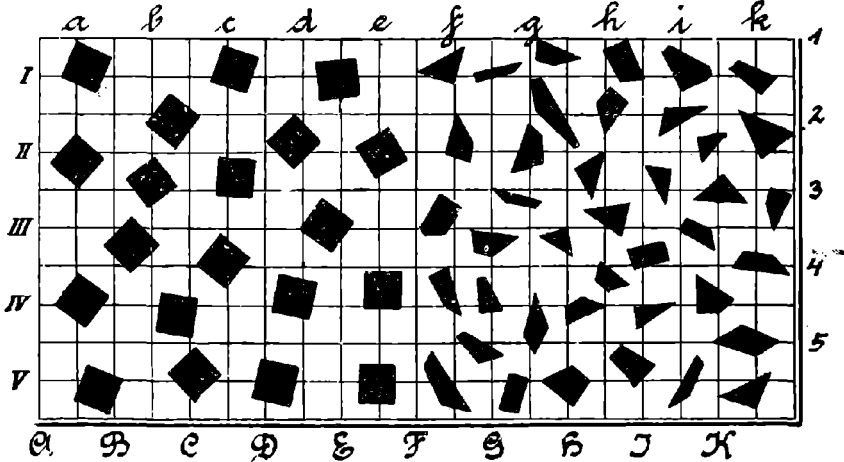
Mengen-Indicatrix, Abschnitte zu 100 <i>mm</i>	Summe der Durchschnittslängen durch die schraffirten Flächen-antheile in <i>mm</i> — % der Länge	Mittelwerthe %	Mengen-Indicatrix, Abschnitte zu 100 <i>mm</i>	Summe der Durchschnittslängen durch die schraffirten Flächen-antheile in <i>mm</i> — % der Länge	Mittelwerthe %
I	18·6	} 19·5	<i>a</i> + <i>b</i>	11·4	} 19·8
II	20·7		<i>c</i> + <i>d</i>	26·0	
III	19·1		<i>e</i> + <i>f</i>	23·7	
IV	18·4		<i>g</i> + <i>h</i>	18·2	
V	20·5		<i>i</i> + <i>k</i>	19·5	
1	0·0	} 19·5	<i>A</i> + <i>B</i>	10·3	} 20·7
2	23·1		<i>C</i> + <i>D</i>	33·1	
3	25·3		<i>E</i> + <i>F</i>	17·3	
4	22·0		<i>G</i> + <i>H</i>	20·7	
5	27·0		<i>I</i> + <i>K</i>	22·1	
Mittel aller vier Messungsreihen			19·9%		

Sieht man von der Randlinie 1 ab, so differiren die erhaltenen Maximal- und Minimalwerthe 33·1 *mm* (*C* + *D*) und 10·3 *mm* (*A* + *B*) sehr wesentlich von dem richtigen Mittelwerthe; es ist dies eine natürliche Folge der in Anbetracht der Dimension der zu bestimmenden Flächenelemente (10 *mm*) nur zehnfach (statt hundertfach) längeren, einzelnen messenden Linien. Ihre Gesammtlänge aber (2 *m* = der 200-fachen Grösse der Elemente) gibt ein ganz richtiges Resultat.

2. In der folgenden Figur 2 wurde dieselbe Aufgabe zur Darstellung und Lösung gebracht. Die linke Hälfte enthält beliebig vertheilte 20 Quadrate von je 25 *mm*<sup>2</sup> Flächeninhalt in einer Gesamtarea von 50 × 50 = 2500 *mm*<sup>2</sup>; daraus ergibt sich wieder ein absichtlich gewähltes Flächenverhältniss von (20 × 25 = 500): 2500 = 20%. Auf der rechten Hälfte wurde dieselbe Fläche, welche links durch Quadrate dargestellt ist, durch 40 unregelmässige, poly-

gonal begrenzte Flächenstücke ausgeschieden. Die verzeichneten Mengenmessungslinien ergeben die folgenden Resultate:

Fig. 2.



Mengen-Indicatrix in je 10 Abschnitten zu 50	Durchschnittslängen	Mittelwerth in Procenten der ganzen Länge	Mengen-Indicatrix in je 10 Abschnitten zu 50	Durchschnittslängen in	Mittelwerth in Procenten der ganzen Länge
I	16.4	} 21.4%	I	18.8	} 22.6%
II	15.4		II	10.0	
III	9.4		III	9.5	
IV	21.3		IV	16.7	
V	20.6		V	16.5	
1	0.0	} 21.0%	1	0.0	} 20.6%
2	6.0		2	11.2	
3	9.7		3	8.0	
4	8.0		4	9.4	
5	0.0		5	13.0	
A	0.0	} 21.2%	A	0.0	} 21.6%
B	5.8		B	8.8	
C	13.7		C	14.2	
D	5.4		D	8.3	
E	8.5		E	8.2	
a	19.4	} 21.6%	a	15.8	} 21.6%
b	9.8		b	10.9	
c	16.0		c	11.8	
d	10.8		d	9.4	
e	15.6		e	15.6	
Mittelwerth		21.2%	Mittelwerth		21.6%

Die gefundenen Flächenverhältnisse sind in beiden Fällen etwas zu gross 21.2% und 21.6%, statt der angenommenen 20%. Es

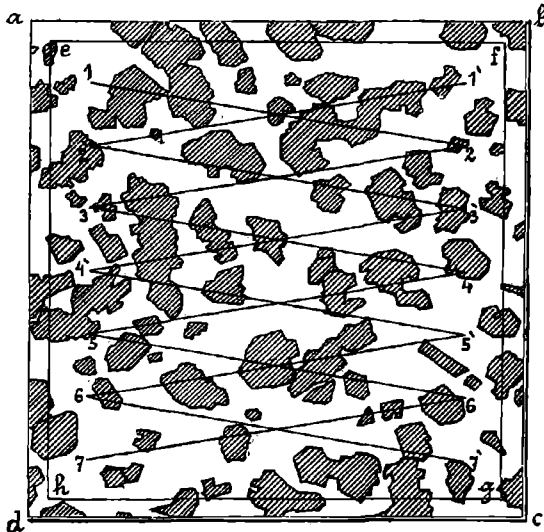


unterliegt kaum einem Zweifel, dass hieran weniger die Unvollkommenheit der Methode, als vielmehr die Ausführung der Zeichnung Schuld trägt und dass der geringe Ueberschuss von 1·2, beziehungsweise 1·6%, bereits den Fehler des Zeichners indicirt.

3. In der nächsten Figur 3 liegt eine der einfachsten Aufgaben vor: Die Bestimmung des Volumsverhältnisses der Einsprenglinge eines Gesteines mit Porphyrostructur zur Grundmasse desselben.

In der nachstehenden Zeichnung ist die Contourirung der bis nahe 1 cm grossen Einsprenglinge von Hornblende in dem feinkörnigen Augitdiorit von Peceraad bei Konopischt in Böhmen dargestellt.

Fig. 3.



Einsprenglinge von Hornblende in dem feinkörnigen Augitdiorit von Peceraad bei Konopischt, Böhmen.

Natürliche Grösse.

In den früheren Figuren wurde ein Netz von sich rechtwinkelig schneidenden, 5 mm von einander entfernten Mengenbestimmungslinien gewählt. Diese gleichmässige Anordnung der Indicatrix-Abschnitte ist jedoch nicht unbedingt nothwendig. Es genügt, irgend eine thunlichst lange Linie zu wählen, oder, weil dies bei der beschränkten Ausdehnung der Schlieffläche gewöhnlich für die gewünschte Genauigkeit nicht ausreichend erscheint, ein System willkürlich angeordneter Linien zu vermessen, deren Summirung die erforderliche Länge der Mengen-Indicatrix liefert. Die Abweichungen der einzelnen Messungsergebnisse von einander werden dann umso geringer sein, je zutreffender die Annahme einer gleichmässigen Vertheilung der Mineralcomponenten im Gesteine erfüllt ist, und je grösser die Gesamt-

länge der untersuchten Serie von Indicatrix-Abschnitten gewählt wurde. Im vorliegenden Falle wurden zunächst zwei Systeme von Zickzacklinien 1—2—3 bis 7 und 1'—2'—3' bis 7' von je 300 mm Gesamtlänge gewählt und ausserdem noch die Seiten der beiden Quadrate *a b c d* und *e f g h* für sich vermessen. Die Abweichungen der vier Mittelwerthe müssen natürlich ziemlich bedeutend sein, da die Indicatrix-Längen bloß 240—300 mm betragen, was bloß der circa 20- bis 30-fachen Korngrösse entspricht. Der Gesamtdurchschnitt für eine Länge der Indicatrix-Summe von 1100 mm ist gewiss auf 1% genau.

Mengen-Indicatrix in je 6 Abschnitten zu 50 mm	Einspreng- linge von Hornblende	Fein- körnige Diorit- Grundmasse	Mengen-Indicatrix	Einspreng- linge von Hornblende	Fein- körnige Diorit- Grundmasse		
1—2	26·8 mm	23·2 mm	4 Ab- schnitte { <i>a b</i> <i>b c</i> zu { <i>c d</i> <i>d a</i> 65 mm	32·7 mm	32·3 mm		
2—3	15·9	34·1 "				21·0	44·0 "
3—4	24·0	26·0 "				20·0 "	45·0 "
4—5	11·0	39·0 "				24·8 "	40·2 "
5—6	21·6	28·4 "					
6—7	14·2	35·8 "					
300 mm = Σ 1—7	113·5 mm	186·5 mm	260 mm Σ <i>a b c d a</i>	98·5 mm	161·5 mm		
1. Mittelwerth in } Volumprocenten }	37·8%	62·2%	3. Mittelwerth in } Volumprocenten }	37·9%	62·1%		
1'—2'	19·0 mm	31·0 mm	4 Ab- schnitte { <i>e f</i> <i>f g</i> zu { <i>g h</i> <i>h e</i> 60 mm	24·2 mm	35·8 mm		
2'—3'	23·0 "	27·0 "				16·5 "	43·5 "
3'—4'	19·0 "	31·0 "				20·6 "	39·4 "
4'—5'	13·6 "	36·4 "				23·4 "	36·6 "
5'—6'	21·5 "	28·5 "					
6'—7'	7·6 "	42·4 "					
300 mm = Σ 1'—7'	103·7 mm	196·3 mm	240 mm = Σ <i>e f g h e</i>	84·7 mm	155·3 mm		
2. Mittelwerth in } Volumprocenten }	34·6%	65·4%	4. Mittelwerth in } Volumprocenten }	35·3%	64·7%		

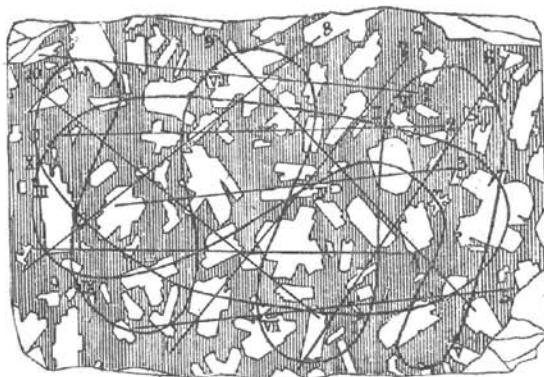
Das Mittel aus sämtlichen Werthen wird gefunden, indem man die vier erhaltenen Partialsummen 113·5 + 103·7 + 98·5 + 84·7 400·4 mm zur Länge der Indicatrixsumme = 1100 mm in's Verhältniss setzt. Dies gibt für den Gehalt an Hornblende-Einsprenglingen  $\frac{400·4}{1100} = 36·4\%$  und 63·6% für die Diorit-Grundmasse.

Dasselbe Gestein wurde einer Messung direct auf der Schliefffläche unterzogen, wodurch die Ungenauigkeiten der Contourgrenzen in der erläuternden Zeichnung Fig. 3 vermieden erscheinen. Die gefundenen Resultate sind die folgenden:

Mengen- Indicatrix 6 Abschnitte zu 50 mm	Grosse Einsprenglinge von Hornblende		Mengen- Indicatrix 6 Abschnitte zu 50 mm	Grosse Einsprenglinge von Hornblende	
	Durchschnitts- länge in mm			Durchschnitts- länge in mm	%
1	16·4	32·8	a	15·4	30·8
2	17·5	35·0	b	16·0	32·0
3	21·2	42·4	c	20·0	40·0
4	19·0	38·0	d	20·8	41·6
5	18·5	37·0	e	22·6	45·2
6	14·5	29·0	f	24·0	48·0
1. Mittel	107·1	35·7	2. Mittel	118·8	39·6

Mittel aus sämtlichen Werthen 225·9 mm in 600 mm Indicatrix-Länge — 37·6% Hornblendekristalle und restliche 62·4% feinkörnige Diorit-Grundmasse. Die Zeichnung der Fig. 3 ist also mit einem Fehler von 1·2% zu Ungunsten der Grösse der Einsprenglinge behaftet.

Fig. 4.



Einsprenglinge von Labradorit im Diabasporyphyr von Morea (Porfido verde antico).

Natürliche Grösse.

4. In der vorstehenden Figur 4 ist ein weiteres Beispiel für die Aufgabe der Bestimmung des Volumsverhältnisses der Einsprenglinge eines Gesteins mit Porphyristructur zur dichten Grundmasse desselben gegeben.

Die Zeichnung stellt eine Pause einer angeschliffenen Fläche an einem Handstücke von Porfido verde antico von Morea dar und geben die in ganz beliebiger Richtung gewählten 10 geradlinigen Indicatricen 1—10 die in der folgenden Tabelle enthaltenen Mengenabschnitte für die Einsprenglinge des epidoti-

sirten und kaolinisirten Labradorites an, woraus das Volumsverhältniss derselben zu jenem der aphanitischen Grundmasse  $36.0\% : 64.0\%$  resultirt.

Es ist übrigens nicht einmal nöthig, die Mengen-Indicatrix geradlinig zu wählen. Die in derselben Figur ganz beliebig eingezeichnete Schleifenlinie liefert dieses Verhältniss fast identisch mit  $36.1\% : 63.9\%$  und soll demonstrieren, dass die Form und Lage der Indicatrix vollständig irrelevant für das Ergebniss der Messung bleibt, wenn nur ihre Länge den Anforderungen der beabsichtigten Genauigkeit entspricht. Natürlich beschränkt sich diese Freiheit in der Wahl auf gleichmässig und richtungslos körnige Massengesteine oder solche Schichtgesteine, welche wenigstens in einzelnen mächtigen Bänken eine richtungslose Anordnung ihrer Mineralcomponenten aufweisen.

Mengenmessungen zu Fig. 4.

Geradlinige Indicatrix in Einzel-Abschnitten zu 50 mm	Porfido verde antico		Extremwerth	Krummlinige Indicatrix in zusammen- hängenden Ab- schnitten zu 50 mm	Porfido verde antico		Extremwerth
	Labradorit- Ein- spreng- länge in mm	Aphanitische Grund- masse in mm			Labradorit- Ein- spreng- länge in mm	Aphanitische Grund- masse in mm	
1	21.6*	28.4	max.	X—I	22.0	28.0	—
2	18.0	32.0	—	I—II	22.8	27.2	—
3	20.0	30.0	—	II—III	19.6	30.4	—
4	21.1	28.9	—	III—IV	15.4	34.6	—
5	10.0*	40.0	min.	IV—V	18.1	31.9	—
6	16.0	34.0	—	V—VI	16.0	34.0	—
7	15.0	35.0	—	VI—VII	16.2	33.8	—
8	21.7	28.3	—	VII—VIII	27.3*	22.7	max.
9	20.0	30.0	—	VIII—IX	10.5*	39.5	min.
10	16.4	33.6	—	IX—X	12.6	37.4	—
500 mm = $\Sigma$ 1—10	179.8	320.2	—	500 mm = $\Sigma$ X—X	180.5	319.5	—
Antheile im Ge- steine in Volum- procenten	36.0%	64.0%		Antheile im Ge- steine in Volum- procenten	36.1%	63.9%	

Die dargestellte Zeichnung der Fig. 4, welche die Details der vorgenommenen Messungen illustriren soll, gibt übrigens wieder nur ein annäherndes Bild der wirklichen Schlifffläche am Handstücke. Nimmt man dieselben Messungen unmittelbar auf der Schlifffläche vor, indem die sich schneidenden einzelnen Mengenlinien, deren Lage im Allgemeinen zweckmässig so anzuordnen ist, dass möglichst verschiedene Stellen der Schlifffläche durch dieselben getroffen werden, in weisser oder rother Farbe mit der Reissfeder direct auf die polirte Fläche gezogen werden und summirt man die einzelnen Durchschnittslängen, so ergibt sich ein zuverlässigeres Resultat, als obige, nur zur Klarlegung des Gesagten angefertigte, für die effective Messung ganz unnöthige Zeichnung.

Die folgende Tabelle gibt diese directen, ohne Zuhilfenahme irgend welcher anderer Behelfe als Massstab und Zirkel in der Zeit von kaum einer Stunde gewonnenen Resultate zweier, von einander unabhängiger Messungsreihen auf derselben Schnittfläche.

**Porfido verde antico von Morea <sup>1)</sup>.**

Directe Messung auf der Schlißfläche.

Mengen-Indicatrix in 8 Einzel- Abschnitten zu 50 mm	Einsprenglinge von Labradorit		Extremwerth	Mengen-Indicatrix in 10 Einzel- Abschnitten zu 50 mm	Einsprenglinge von Labradorit		Extremwerth
	Summe der Durchschnitte in mm				Summe der Durchschnitte in mm		
<i>a</i>	19·5	39·0	max.	<i>A</i>	20·2	40·4	min.
<i>b</i>	16·7	33·4		<i>B</i>	18·3	36·6	
<i>c</i>	26·0	52·0		<i>C</i>	22·5	45·0	
<i>d</i>	22·4	44·8		<i>D</i>	22·5	45·0	
<i>e</i>	18·9	37·8		<i>E</i>	16·3	32·6	
<i>f</i>	18·7	37·4		<i>F</i>	13·0	26·0	
<i>g</i>	14·7	29·4		<i>G</i>	27·1	54·2	
<i>h</i>	13·9	27·8		<i>H</i>	15·1	30·2	
400 mm = $\sum a-h$	150·8	—		<i>I</i>	21·8	43·6	
Mittelwerth: Labradorit	150·8 : 400 =	37·7		<i>K</i>	11·6	23·2	
Rest: Aphanitische Grundmasse		62·3		500 mm = $\sum A-K$	188·4	—	
				Mittelwerth: Labradorit	188·4 : 500 =	37·7	
				Rest: Aphanitische Grundmasse		62·3	

5. Nach Art der vorstehend detaillirten Untersuchung ist es leicht, mit ungemein geringem Zeitaufwande durch die Messung etlicher, auf der Schnittfläche eines Gesteines ad libitum gezogener Linien direct und auf makroskopischem Wege die procentuelle mineralogische Zusammensetzung eines grobkörnigen Gesteines zu ermitteln. Ist die Schnittfläche rauh, so genügen einfache Bleistiftlinien von bestimmter Länge als Messungsbasis und Zirkel nebst Massstab besorgen unmittelbar die Summirung der den einzelnen Bestandelementen zufallenden Durchschnittslängen. Auf diese einfache Weise ist es leicht möglich, auch an klastischen Gesteinen den

<sup>1)</sup> Delesse gibt auf Seite 8 in seiner Abhandlung vom Jahre 1862 die Resultate dreier von ihm untersuchten Varietäten des Porfido verde antico in nachstehender Zusammenstellung:

	Nr. 12	Nr. 13	Nr. 14
			reich an Labrador
Grünlicher Labrador	43	42	54
Grüne Grundmasse	57	58	46

Ihm lagen somit durchwegs einsprenglingsreichere Varietäten als die oben untersuchte Platte vor.

Gehalt an einzelnen Mineral- oder besonderen Gesteinstrümmern, oder (wie es schon Sorby 1856 gethan hat<sup>1)</sup> in organogenen Gesteinen die Menge der gesteinsbildenden Organismen ziffermässig festzustellen. Einige Beispiele hiefür sind in der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten, welche mit Hinweglassung der Zwischenwerthe der vorgenommenen Messungsreihen bloß die Resultate derselben enthält.

a) Diabas-Mandelstein von Listice in Böhmen.

Gehalt an Mandel-Mineralen (vorwiegend Calcit). 10 Indicatrix-Abschnitte von je 100 mm Länge ergaben als Totalsumme der geschnittenen Mandelräume 154.3 mm; es besteht daher das Gestein aus:

	Volumprocenten
Calcit- etc. Mandeln . . . . .	15.4
Feinkörnigem graugrünen Diabas	84.6
Summe	<hr/> 100.0

b) Magnesit (Pinolit) von Admont, Steiermark.

Es war der Gehalt an beigemengter schwarzer Thonschiefer-Zwischenmasse zu bestimmen.

12 Indicatrix-Abschnitte von je 100 mm Länge ergaben 138.1 mm als Gesamtlänge der durchschnittenen Thonschieferpartien; somit besteht das Gestein aus:

	Volumprocenten
Weissem Magnesit . . . . .	88.5
Schwarzem Thonschiefer als Zwischenmittel	11.5
Summe	<hr/> 100.0

c) Leithaconglomerat von Lindabrunn in Niederösterreich.

Es wurde die Menge der über 3 mm grossen Gerölle in einem grossen Gesteinswürfel bestimmt, u. zw. gesondert die Menge der Sandstein- und Schiefergerölle und jene der Kalk-, Dolomit- und Rauchwacken-Einschlüsse. Fünf je 200 mm lange Indicatrix-Abschnitte ergaben 97.6 mm Durchschnittslängen durch Sandstein- und 188.4 mm Durchschnittslängen durch Kalkgeschiebe. 714.0 mm Durchschnittslänge entfielen auf das Bindemittel. Die Zusammensetzung stellt sich daher auf:

	Volumprocente
Sandstein- und Schiefergerölle . . . . .	9.8
Kalk-, Dolomit- und Rauchwackengerölle . . . . .	18.8
Mittelkörniger Kalksandstein als Bindemittel	71.4
Summe	<hr/> 100.0

<sup>1)</sup> Philosophical Magazine, XI, 1856, pag. 21.

d) Breccien-Marmor (Brocatello) von Buccari, Ungar. Küstenland.

Es war der Gehalt an eckigen Fragmenten von dichtem, weissen und grauen Kalk in dem Gesteine zu bestimmen. Fünf Indicatrix-Abschnitte zu 200 mm ergaben als Summe der Durchschnitte derselben 607·0 mm; das rothe kalkige Bindemittel lieferte bei der Vermessung 328·5 mm. Die Summe beider Durchschnittsgrössen 935·5 mm bleibt hinter der Gesamtlänge der verwendeten Indicatrix (1000 mm) um 64·5 mm zurück. Bei einem zu raschen Messungsvorgange ist dies öfters zu gewärtigen und wären daher die hieraus folgenden Mengenverhältnisse 60·7% : 32·9% mit einem Manco von 6·4% behaftet. Drückt man aber die erhaltenen Längen in Procenten der gemessenen Summe (935·5 mm) aus, so liefert das resultirende Procentverhältniss, im obigen Falle also

Kalkfragmente : Rothem Kalkbindemittel = 64·9% : 35·1%  
nahezu dieselben Zifferwerthe, welche eine tadellos genaue Messung ergeben würde.

Eine einwandfreie Wiederholung der Vermessung dieses Gesteins auf derselben Schlißfläche ergab nämlich:

	Volumprocente
Fragmente von weissem und grauem Kalk	66·5
Rothes Kalkbindemittel	33·5
Summe	100·0

Die Differenz beider Messungen — 1·6% ist durch die Variation in der Anordnung der Breccienbestandtheile verursacht.

e) Rhätischer Lithodendronkalk (Adnether „Tropfenmarmor“).

Die benützte Schlißfläche lag senkrecht zur Richtung der Korallenäste. Zehn Indicatrix-Abschnitte zu je 100 mm ergaben als Summe der Korallendurchschnitte 312·9 mm; somit besteht die untersuchte Gesteinsprobe aus:

	Volumprocenten
Weissem Korallenkalk	31·3
Hellrother Zwischenfüllmasse von dichtem Kalk.	68·7
Summe	100·0

f) Rother Crinoidenmarmor vom Sandling, Oberösterreich.

Eine 1000 mm lange Indicatrix schloss auf:

	Durchschnitte	Volumprocente
Durchschnitte von weissen Crinoidenstielgliedern	243 mm	24·3
In dunkelrothem, feinkörnigen bis dichten Kalk		75·7
Summe	. . .	100·0

g) Lithothamnienkalk von Mannersdorf am Leithagebirge.

Sieben Abschnitte einer 1000 mm langen Mengen-Indicatrix ergaben 377·8 mm als Durchschnittssumme durch Lithothamnienrasen und Bruchstücke derselben; somit besteht das Gestein aus:

	Volumprocenten
Lithothamnien	37·8
Organische Zerreibsel verschiedener Art und dichter Kalk	62·2
Summe	100·0

Aehnliche Beispiele für die Nutzenanwendung der gegebenen Methode schon auf makroskopischem Wege sind in grosser Zahl leicht zu beschaffen. Die angegebenen Fälle mögen für's Erste genügen. Sind mehr als zwei Mineralcomponenten zu bestimmen, so ändert dies gar nichts an der Sachlage, wie folgende Muster zeigen sollen.

#### 6. Porfido rosso antico. Aegypten.

Die auf makroskopischem Wege direct auf der Schlißfläche vorgenommene Mengemessung ergab folgende Werthe:

Mengen-Indicatrix 8 Einzelabschnitte zu 50 mm	Porphyrisch ausge- schiedene Krystalle von Oligoklas	Kleine Einsprenglinge von Hornblende	Rothe felsitische Grundmasse
1	8·8 mm	} 0·8 mm	
2	8·8 " } 17·6%		
3	9·5 " } 18·4%		
4	8·9 " } 22·0%		
5	11·7 " } 18·3%		
6	10·3 " } 2·3 "		
7	10·4 " } 2·3 "		
8	7·9 " } 2·3 "		
400 mm = $\Sigma$ 1—8	76·3 mm 19·1%	8·2 mm = 2·0%	Restbetr. 78·9% <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Delesse fand 1862: Röthlicher Oligoklas 11%; Amphibol 2%; rothbraune Grundmasse 87%. Ihm lag daher eine an Feldspath-Einsprenglingen wesentlich ärmere Varietät dieses Gesteines vor.

Die beiden gemessenen Probestücke von Porf. rosso ant. und Porf. verde ant. wurden mir durch die Güte des Herrn Professors F. Toula aus der petrographischen Sammlung der k. k. techn. Hochschule in Wien zur Verfügung gestellt.

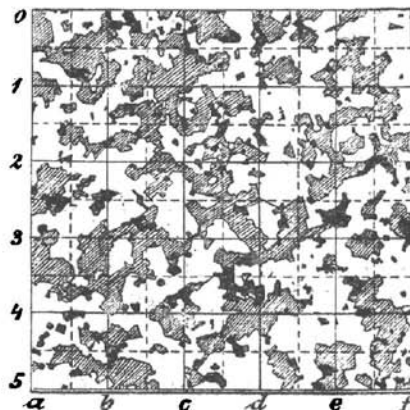


7. Quarzporphyr. Val Maggiore bei Predazzo.  
Makroskopische Mengennmessung bei raschem Verfahren.

Mengen-Indicatrix 7 Abschnitte zu 100 mm	Einsprenglinge				Rothefelsitische Grund- masse mit kleinen Ein- sprenglingen unter 0.3 mm. Gr.	Gemessene Summe <sup>1)</sup>
	Quarz	Feld- spathen	Biotit	Horn- blende		
1	7.6 mm	17.3 mm	4.0 mm	—	63.0 mm	91.9 mm
2	9.5 "	18.6 "	3.0	3.0 mm	62.4 "	96.5
3	10.0 "	12.7 "	4.0	—	69.0 "	95.7
4	8.4 "	14.0 "	4.9	—	66.0 "	93.3 "
5	7.3 "	18.7	3.9	—	68.0 "	97.9 "
6	17.5 "	14.5	2.7 "	} 1.0 "	65.0	99.7 "
7	9.9 "	15.0 "	3.4 "		63.0 "	92.3 "
100 mm — $\Sigma$ 1—7	70.2 mm	110.8 mm	25.9 mm	4.0 mm	456.4 mm	667.3 mm
In Proc. der ge- messenen Summe von 667.3 mm	10.5%	16.6%	3.9%	0.6%	68.4%	Vol.-Proc. 100

8. Quarzglimmerdiorit („Granit“) von Požar bei Bene-  
schau, Böhmen.

Fig. 5.



Quarzglimmerdiorit von Požar bei Benešchau, Böhmen.

Natürliche Grösse.

Weiss: Feldspathe; schraffirt: Quarz; schwarz: Biotit.

<sup>1)</sup> Die Summation der Durchschnittslängen durch die Bestandtheile gleicher Art mit den Zirkelspitzen ergab hier insgesamt kleinere Werthe, als der Gesamtlänge der Indicatrix entspricht. Solche Abweichungen treten umso häufiger ein, je mehr und kleinere Bestandtheile separat vermessen werden und je länger das betreffende Stück der Indicatrix gewählt wurde. Dieselben werden natürlich im positiven oder negativen Sinne ausfallen, je nachdem der Beobachter bei rascher Vornahme der Messung Fehlerquellen in der genauen Einstellung der Grenze der zu messenden Mineralschnitte unterliegt. Das Schlussresultat weicht i. d. R. nur um einige Zehntelprocente von den bei rigorosem, also auch wesentlich zeitraubenderem Vorgange erhaltenen Zahlenwerthen ab. (Man vgl. S. 157 d.)

In der vorstehenden Fig. 5 ist eine nach einer Pause verfertigte Skizze der Vertheilung der drei Hauptbestandtheile dieses Gesteines dargestellt.

Das in der Figur angegebene System von netzförmig angeordneten Indicatrix-Abschnitten wurde sowohl in der Zeichnung, als auch unmittelbar auf der Schlißfläche vermessen. Die Differenzen sind wieder auf Rechnung des mangelhaften Copierverfahrens bei Herstellung der Zeichnung zu setzen und entfallen für die eigentliche Messung ebenso wie die Zeichnung selbst. In der gegenüberstehenden Tabelle sind die gemessenen Werthe zum Vergleiche nebeneinander gesetzt, um wieder zu illustriren, welche Mängel der alten Delesseschen Methode, die der vermittelnden Zeichnung nicht entralhen kann, abgesehen von ihrer Umständlichkeit auch in merito, anhaften müssen.

Nach den Messungsergebnissen auf nachstehender Tabelle würde für die grösste Indicatrixlänge von 1100 mm die Zeichnung mit einem Fehler von  $-1.4\%$  Quarz,  $+0.6\%$  Feldspath und  $+1.0\%$  Glimmer behaftet sein. Die auf der Schlißfläche beobachteten Schwankungen der einzelnen Mittelwerthe für Quarz ( $31.8-34.9\%$ ), Feldspath ( $58.0-59.4\%$ ) und Biotit ( $6.8-10.0\%$ ) geben zugleich die Schwankungen in der mineralogischen Zusammensetzung, beziehungsweise in der Vertheilung der Bestandminerale des Gesteines an.

#### 9. Granit von Eibenstein bei Gmünd, Niederösterreich.

Die makroskopische Mengenbestimmung der Hauptbestandtheile dieses grobkörnigen Gesteines ergab nach der geschilderten Methode auf dem Wege directer Vermessung von Bleistiftlinien auf der matten Schlißoberfläche eines Probewürfels die folgenden Resultate:

	Quarz	Feldspath	Muscovit + Biotit
In 926 mm Indicatrix .	295.5 mm	572.7 mm	57.8 mm
Antheil im Gesteine, Volum- procente	31.9%	61.9%	6.2%

Die beiden Glimmerminerale stehen annähernd im Verhältnisse Muscovit : Biotit = 2 : 3 (vergl. Fig. 6, Nr. 1).

#### 10. Granitit von Mauthausen, Oberösterreich (Wiener Pflasterstein).

Makroskopische Untersuchung auf der polirten Schlißfläche eines Probewürfels. Mittelkörnig (1-6 mm Korngrösse),

	Quarz	Mikroclin + Orthoklas	Oligoklas	Biotit
In 404.2 mm Indicatrix	126.8 mm	93.2 mm	153.8 mm	30.4 mm
Antheil im Gesteine, Volum- procente .	31.4%	23.1%	33.0%	7.5%
	Feldspathe	61.1%		

Die Feldspathe sind vorwiegend triklin; die kaolinisirten Oligoklasen herrschen vor; der Mikroclin überwiegt bedeutend den Orthoklas (vergl. Fig. 6, Nr. 2).

## Granitähnlicher Quarzglimmerdiorit von Požar.

Mengen-Indicatrix in Abschnitten zu 50 mm	Durchschnitte in Millimetern						Mengen-Indicatrix. Punktirte Linien zu 50 mm	Durchschnitte in Millimetern auf der Zeichnung Fig. 5		
	Quarz		Feldspathe <sup>1)</sup>		Biotit			Quarz	Feldspathe	Biotit
	Zeichnung Fig. 5	Schliff- fläche	Zeichnung	Schliff	Zeichnung	Schliff				
0	16·6	16·2	23·9	29·6	4·5	4·2	0—1	14·0	32·5	3·5
1	20·4	20·0	28·2	28·2	1·4	1·8	1—2	12·7	38·8	3·5
2	10·3	11·6	32·4	33·3	7·3	5·1	2—3	8·0	22·6	9·4
3	24·7	27·5	22·4	19·4	2·9	3·1	3—4	14·0	32·7	9·3
4	17·8	15·0	26·0	31·3	6·2	3·7	4—5	16·5	29·1	4·4
5	11·7	14·6	36·2	33·0	2·1	2·4				
300 mm = $\sum 0-5$	101·5	104·9	174·1	174·8	24·4	20·3	250 mm = $\sum 0-5$	65·2	160·7	24·1
1. Mittelwerth Volumprocentef	33·8	34·9	58·0	58·3	8·2	6·8	3. Mittelwerth Volumprocentef	26·1%	64·3%	9·6%
a	17·8	19·0	28·3	28·1	3·9	2·9	a—b	15·0	32·0	3·0
b	18·9	18·8	25·1	26·9	6·0	4·3	b—c	20·0	29·2	0·8
c	12·8	15·5	28·6	29·0	8·6	5·5	c—d	18·2	22·3	9·5
d	13·9	12·2	26·0	28·5	10·1	9·3	d—e	12·1	35·6	2·3
e	15·7	14·0	30·0	31·9	4·3	4·1	e—f	22·2	24·1	3·7
f	8·5	16·4	36·5	29·5	5·0	4·1				
300 mm = $\sum a-f$	87·6	95·9	174·5	173·9	37·9	30·2	250 mm = $\sum a-f$	87·5	143·2	19·3
2. Mittelwerth Volumprocentef	29·2	32·0	58·2	58·0	12·6	10·0	4. Mittelwerth Volumprocentef	35·0	57·3	7·7
Mittelwerth für 600 mm Indi- catrix	189·1 31·5	200·8 33·5	348·6 58·1	348·7 58·1	62·3 10·4	50·5 8·4	Mittelwerth für 500 mm Indicatrix der Zeichnung	152·7 mm 30·6%	303·9 mm 60·8%	43·4 mm 8·6%
Mittelwerth für 2 andere Serien von je 500 mm Indicatrix auf der Schliff- fläche	— — — —	164·0 32·8 158·9 31·8	— — — —	292·9 58·6 297·2 59·4	— — — —	43·1 8·6 43·9 8·8	Totales Mittel für 1100 mm Indicatrix der Zeichnung	341·8 mm 31·1%	652·5 mm 59·3%	105·7 mm 9·6%
Totales Mittel für 1600 mm a. d. Schlifffläche	— —	523·7 32·5	— —	938·8 58·7	— —	137·5 8·6				

1) Weit vorwiegend Plagioklas.

Die Uebertragung der Methode auf die mikroskopische Untersuchung ist ungemein einfacher Natur, und es sind hiebei nur einige wenige Vorsichtsmassregeln in Anwendung zu bringen, welche sich für den Mikroskopiker von selbst ergeben.

Hat man es mit Dünnschliffen eines grobkörnigen Gesteines zu thun, so ist darauf zu achten, dass ein einzelner Dünnschliff von der gewöhnlichen Grösse (circa  $2 \times 2 \text{ cm}$ ) für die Ermittlung eines richtigen Durchschnittswerthes des Mengenverhältnisses der Gesteinsbestandtheile zumeist nicht ausreichen wird. Die Korngrösse von  $5 \text{ mm}$  bedingt beispielsweise für eine auf 1 Procent genaue Messung eine Länge der Mengen-Indicatrix von mindestens  $500 \text{ mm}$ . Die Entfernung zweier benachbarter Abschnitte des Indicatrix-Systems muss jedenfalls mindestens eine Korngrösse betragen, da sonst dieselben Individuen zweimal zum Durchschnitte kommen, was im Allgemeinen zu vermeiden ist. Die Grösse des Dünnschliffes gestattet im gegebenen Beispiele also nur ein netzförmiges System von  $4 \times 4$ , im günstigsten Falle  $5 \times 5$  Linien-Abschnitten zu  $2 \text{ cm}$  Länge, also 320 bis  $500 \text{ mm}$  Gesamt-Indicatrix, was nicht oder nur knapp zureichend erscheint. Die Vermessung eines zweiten Schliffes ist daher hier notwendig, die eines dritten behufs Controlle der gleichmässigen Vertheilung der Bestandtheile wünschenswerth.

Bei gleichmässig vertheilten, feinkörnigen Gemengtheilen ist aber ein einziger Dünnschliff stets ausreichend, da die Zahl der möglichen Indicatrix-Abschnitte mit der Abnahme des Kornes zunimmt und beispielsweise bei  $1 \text{ mm}$  Korngrösse in einem einzigen Dünnschliffe von der angenommenen Fläche schon eine netzförmige Anordnung von  $20 \times 20 = 400$  Abschnitten zu  $20 \text{ mm}$  Länge, also  $8000 \text{ mm}$  Messungslänge zur Verfügung stehen, während die Genauigkeit der Messung auf 1% bloss  $100 \text{ mm}$  Länge der Indicatrix erheischt. In einem solchen Falle genügen 5–6 circa  $20 \text{ mm}$  lange Linien, die auf der Schlifffläche beliebig gezogen werden, für die Messung. Bei noch feinerem Korn oder mikroskopischer Grösse der Bestandtheile nimmt die erforderliche Länge noch beträchtlich weiter ab.

Zur Orientirung u. d. M. pflege ich diese Mengelinien mit Tinte oder Tusch über das Deckglas zu zeichnen und messe nun u. d. M. mit Hilfe des Ocularmikrometers, welches zweckmässig als Netzmikrometer in Verwendung gelangt, diesen ober dem Schliffe aufgetragenen Orientierungslinien entlang. Die Länge des Ocularmikrometers ( $10 \text{ mm}$ ) dient dabei als Massstab für eine Section und werden die einzelnen Mineraldurchschnitte nach ihrer Länge, welche die Unterabtheilungen des Mikrometers (1 oder  $\frac{1}{2} \text{ mm}$ ) messen, in Rechnung gestellt. Durch Zehntelschätzung der Unterabtheilungen des Ocularmikrometers kann man schon für jede einzelne Section eine Messungsgenauigkeit von 1% erreichen. Die effective Länge einer solchen Section im Dünnschliffe hängt natürlich von der gewählten Vergrößerung ab, kommt aber für die Messung selbst gar nicht in Betracht. Schliesslich wird die Länge der Mengen-Indicatrix durch Summation aller Mikrometer-Sectionen längs derselben erreicht und das Verhältniss der Durchschnittssummen für jeden Gesteinsbestand-

theil zur vermessenen Gesamtlänge <sup>1)</sup> gibt das gesuchte Volumsverhältniss im Gesteine.

Diejenigen Minerale, beziehungsweise Krystalle derselben, welche wegen ihrer geringen Grösse nicht von beiden Oberflächen des Dünnschliffes geschnitten werden, dürfen natürlich auch nicht mit ihrer vollen Dimension in die Messung einbezogen werden; es würde sonst ihr berechneter Antheil im Gesteine zum Nachtheile der sie umschliessenden Bestandtheile zu gross ausfallen. Die erforderliche Reduction ergibt sich naturgemäss durch das Verhältniss der Dicke des betreffenden Einschlusses zur Schliffdicke an derselben Stelle.

Ein zweiter Weg, der statt des vorbesprochenen Auftheilens der Indicatrix in aneinandergereihte Sectionen von Ocularmikrometerlänge und Abmessung aller davon geschnittenen Mineralindividuen gewählt werden kann, besteht in der successiven Längenmessung aller von der Indicatrix geschnittenen Minerale derselben Art. Hiernach wären also z. B. zunächst alle Quarzdurchschnitte, sodann alle Feldspathe derselben Art, später die Glimmer, Accessorien u. s. w., jedes Mineral für sich, längs der Indicatrix, Durchschnitt für Durchschnitt abzusuchen und die Schnittlängen zu addiren. Dieses Verfahren führt noch rascher zum Ziele, doch verursachen kleine Uebersehen oft ein Manco in der Summe, analog wie es bei allzu raschem Messungsvorgange auch beim makroskopischen Verfahren eintritt (vergl. oben S. 159), und es ist hinsichtlich der Genauigkeit daher wohl der erste, etwas unständlichere Weg vorzuziehen, weil die Summe der 10 Partes einer Mikrometerlänge mit einem einzigen Blick im Gesichtsfelde übersehen und leicht controllirt wird.

Die für eine solche Mengennmessung unter dem Mikroskope erforderliche Zeit kann sich auf einige Stunden belaufen, wenn bei grobkörnigen Gesteinen lange Strecken zu durchmessen sind. Dann aber ist es wohl besser, das Verfahren bezüglich der Hauptbestandtheile auf makroskopischem Wege auf einer Schlifffläche auszuführen und der Messung durch das Mikroskop bloss einzelne Bestandtheile (Accessorien, die entweder in geringer Menge oder nur in mikroskopischer Grösse auftreten) vorzubehalten.

Auf die Vortheile einer solchen ziffermässig durchgeführten mikroskopischen Analyse eines Gesteines braucht hier nicht weiter hingewiesen werden. Es möge daher genügen, einige Beispiele anzuführen, welche die Resultate einzelner dergleichen Messoperationen geben und damit den erzielten Erfolg einer zwei- bis dreistündigen Messoperation am Dünnschliffe illustriren sollen.

11. Beispiel. In dem vorgenannten granitähnlichen Quarz-glimmerdiorit von Požar (Nr. 8, S. 159, 161) soll der Gehalt an Feldspathen näher untersucht und das Mengenverhältniss der beteiligten Arten: Oligoklas, Orthoklas und Mikroklin festgestellt werden. Die Gesamtmenge an Feldspathen betrug nach der makroskopischen Messung auf einer Schlifffläche 58.7 Volumprocente des Gesteins. In 100 Partes des Ocularmikrometers (10 Mikrometer-

<sup>1)</sup> Ausgedrückt in Mikrometer-Einheiten (Ocularmillimetern).

längen) waren enthalten: 50·92 Oligoklas, 4·48 Orthoklas und 1·5 Mikroklin = 56·9 Partes Feldspathe. Der vermessene Dünnschliff war also durch eine anscheinend weniger feldspathreiche Stelle geführt, wie der grosse Schliff am Handstücke. Das gegenseitige Mengenverhältniss der beteiligten Feldspathe ist aber durch das Procentverhältniss im Dünnschliffe vollständig sicher ermittelt.

Ausserdem wurden in denselben 100 Partes des Ocularmikrometers die bei der makroskopischen Untersuchung unbeachtet gebliebenen Accessorien bestimmt, und zwar 0·65 p. Apatit, 0·49 p. Chlorit und 0·30 p. schwarzes Erz (Magnetit). Somit stellt sich die mineralogische Zusammensetzung des genannten Gesteines ziffermässig wie folgt dar:

#### Quarzglimmerdiorit von Požar.

	Volumprocente
Quarz	32·5
Oligoklas	50·9
Orthoklas	4·5
Mikroklin	1·5
Biotit	8·6
Chlorit	0·5
Apatit	0·7
Erz	0·3
Summe	99·5

Die fehlenden 0·5% sind den Feldspathen zuzuschlagen.

12. Beispiel. Amphibolgranitit von Dubowa bei Skutsch in Böhmen (Wiener Pflasterstein).

Die Messung wurde in 24 Sectionen zu 10 Partes mit Hilfe von Zehntel- und Zwanzigstelschätzung derselben ausgeführt und ergaben sich die folgenden Antheile der zusammensetzenden Minerale, welche in den Hauptbestandtheilen in Fig. 6, Nr. 4 graphisch dargestellt sind.

#### Amphibolgranitit von Dubowa.

Mineralbestandtheile	Durschnittssumme in Partes	Volumprocente im Gesteine
Quarz .	42·05	17·5
Orthoklas .	10·40	4·3
Mikroklin	51·15	21·3
Plagioklas	94·60	39·5
Biotit .	30·00	12·5
Hornblende	9·75	4·1
Apatit	0·30	0·1
Titanit	1·75	0·7
Summe	240·00	100·0

Der Kalifeldspath ist, wie die obige Messung erwies, ebenso wie im Granitite von Mauthausen (vgl. Seite 160) und so vielen anderen „Orthoklas“-Gesteinen ganz vorwiegend als Mikroklin entwickelt.

## 13. Syenit vom Plauenschen Grunde bei Dresden.

Ein einzelner Dünnschliff ergab bei der Vermessung von fünf Indicatrix-Abschnitten von zusammen 255 Partes die folgenden Antheile an zusammensetzenden Mineralen (vgl. Fig. 6, Nr. 5):

Mineral- componenten	Summe der Durch- schnitte in Partes	Volumprocente des Gesteines
Quarz	15·80	6·2
Orthoklas .	85·30	33·4
Plagioklas	94·70	37·1
Hornblende	44·15	17·3
Augit	1·95	0·8
Apatit	2·85	1·1
Titanit.	5·50	2·2
Magnetit	4·45	1·75
Epidot (secundär)	0·20	0·10
Calcit	0·10	0·05
Summe	255·00	100·00

Da die Gesamtlänge der Mengen-Indicatrix jedoch bloß 70 *mm* betrug, so liefert diese Messung in Anbetracht der durchschnittlichen Korngrösse von circa 2—5 *mm* der Hauptbestandtheile für diese bloß einen ersten ziffermässigen Näherungswert. Derselbe ist aber auch ohne Vermessung neuer Dünnschliffe leicht so zu corrigiren, dass man auf 1% genaue Schlussresultate erhält. Am zugehörigen Handstücke selbst wurde durch Auftragen weisser Indicatrixlinien eine makroskopische Mengemessung der Hornblende improvisirt<sup>1)</sup>, welche in 610 *mm* Indicatrix 120·9 *mm* Hornblendedurchschnitte lieferte, was einem Antheile von 19·8% Hornblende im Gesteine entspricht. Die Messung des Mengenverhältnisses der übrigen Bestandtheile entzog sich der Ermittlung auf diesem Wege, da die Feldspathe untereinander auf makroskopischem Wege nicht mit Sicherheit auseinanderzuhalten sind. Berücksichtigt man aber den Umstand, dass die Accessorien und der bloß in geringer Menge vorkommende Quarz keine wesentliche Aenderung in ihrer procentuellen Antheilnahme erfahren können, und vertheilt man die Differenz der makroskopisch richtiger, weil mit Hilfe einer entsprechenden Indicatrixlänge gefundenen Hornblendemenge gegen jene im Dünnschliffe, d. h.  $19·8 - 17·3 = 2·5\%$  proportional als Minus auf die anderen Bestandtheile, so ergibt sich der corrigirte Mineralbestand dieses Gesteines in nachstehendem Verhältnisse:

<sup>1)</sup> Es ist hiezu nicht unbedingt eine Schlifffläche nöthig, sondern es können die betreffenden Mengenlinien unmittelbar auf der Bruchfläche des Handstückes aufgetragen und die Durchschnitte besonders auffallender Bestandtheile (hier der Hornblende) vermessen werden. Natürlich muss dabei die wahre Länge der Indicatrix unter Berücksichtigung der Unebenheiten in Rechnung gestellt werden.

Mineralbestandtheile	Volumprocenta	
	im Dünnschliffe	im Handstücke
Quarz	6·2	6·0
Orthoklas	33·4	32·4
Plagioklas	37·1	36·0
Hornblende	17·3	19·8
Augit	0·8	0·8
Apatit	1·1	1·1
Titanit	2·2	2·1
Magnetit	1·75	1·7
Secundäre Minerale	0·15	0·1
Summe	100·00	100·05

14. Beispiel. Der im Beispiele 3 hinsichtlich des Mengenverhältnisses der porphyrtig ausgeschiedenen Hornblende makroskopisch untersuchte Augitdiorit von Pecerad bei Konopischt in Böhmen wurde u. d. M. auf die quantitative mineralogische Zusammensetzung seiner feinkörnigen Grundmasse untersucht. Dieselbe ergab das folgende Procentverhältniss ihrer Bestandtheile:

Feinkörnige Grundmasse des Augitdiorites von Pecerad.

	Volumprocente
Plagioklas <sup>1)</sup>	46·1
Hornblende	20·2
Augit	32·9
Titanit	0·6
Magnetit	0·2
Summe	100·0

Die grossen Hornblendekristalle erwiesen sich u. d. M. als einflussreich und eine Vermessung ihrer Durchschnitte ermöglichte die Ausscheidung der folgenden Bestandtheile hinsichtlich ihres Antheiles im Volumen der Einsprenglinge:

Charakteristik der Hornblende-Einsprenglinge.

	Volumprocente
Plagioklas	14·0
Hornblende.	84·7
Augit	0·3
Magnetit.	1·0
	100·0

Um nun die procentuelle Zusammensetzung des ganzen Gesteines zu erhalten, müssen in das (S. 153) eruirte Mengenverhältniss der Einsprenglinge zur Grundmasse 37·6 62·4% die betreffenden

<sup>1)</sup> Inbegriffen sehr kleiner Mengen von Mikroklin und Quarz.



Substitutionen gemacht werden; es ergeben sich dann folgende Antheile der zusammensetzenden Minerale im Gesteine:

### Augitdiorit von Pecerad:

	In den Einsprenglingen	In der Grundmasse	Summe im ganzen Gesteine
Plagioklas	$.0140 \times 37.6 = 5.3\%$	$0.461 \times 62.4 = 28.8\%$	$34.1\%$ ( $34.8\%$ )
Hornblende	$0.847 \times 37.6 = 31.8\%$	$0.202 \times 62.4 = 12.6\%$	$44.4\%$ ( $42.8\%$ )
Augit	$.0003 \times 37.6 = 0.1\%$	$0.329 \times 62.4 = 20.5\%$	$20.6\%$ ( $21.5\%$ )
Titanit	—	$0.006 \times 62.4 = 0.4\%$	$0.4\%$ ( $0.4\%$ )
Magnetit.	$0.010 \times 37.6 = 0.4\%$	$0.002 \times 62.4 = 0.1\%$	$0.5\%$ ( $0.5\%$ )
Summe	$37.6\%$	$62.4\%$	$100.0\%$

Ein grösserer Probewürfel von demselben Gesteine, welcher für sich auf seinen 6 Seiten bezüglich des Procentverhältnisses von Einsprenglingen zur Grundmasse untersucht wurde, lieferte hiefür das Zahlenverhältniss von  $35.1 : 64.9\%$ . Dasselbe bringt in einem einzelnen Falle jene Variabilität der Zusammensetzung zum Ausdrucke, welcher Massengesteine innerhalb desselben Aufschlusses (Steinbruches) unterliegen können. Die dieser Vertheilung entsprechende Zusammensetzung des Gesteines ist in obiger Tabelle in ( ) Zahlen enthalten und in Fig. 6, Nr. 6, dargestellt.

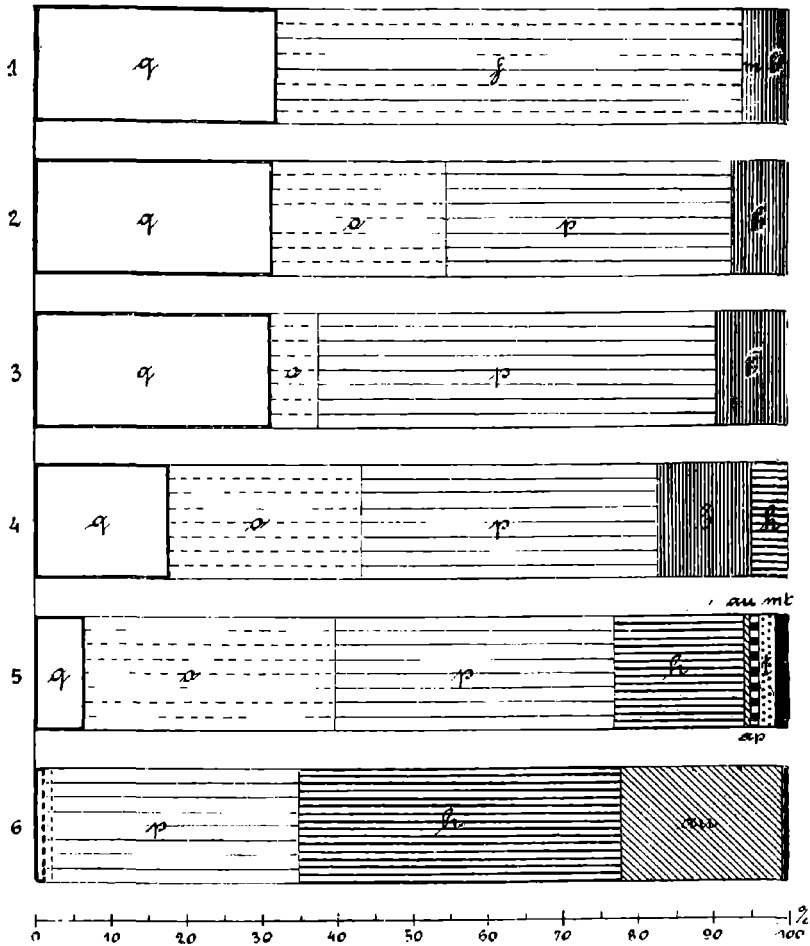
Eine vergleichende graphische Darstellung der in den Beispielen Nr. 9, 10, 11, 12, 13 und 14 gefundenen Resultate ist in der un-  
stehenden Figur 6 enthalten. Dieselbe soll andeuten, in welcher Weise eine in Bezug auf die mineralogische Constitution eines Gesteines präciser gefasste Charakteristik desselben durch die Anwendung der beschriebenen Methode ermöglicht wird und in jene Form gebracht werden kann, welche auch ausserhalb der petrographischen Fachkreise stehenden Beurtheilern sozusagen in technisch gangbarer Lesart die angestrebte Materialkenntniss vermittelt.

Die Vortheile dieser relativ einfachen Methode der ziffermässigen Quantitätsbestimmung der Mineralcomponenten eines Gesteines liegen aber auch für subtilere Untersuchungen auf lithologischem Gebiete klar zu Tage. Ein derartiges Beispiel möge lehren, welche Nutzanwendung in dieser Hinsicht die mikrometrische Mengemessung ermöglicht.

#### 15. Beispiel. Petrographische Charakteristik eines Vorkommens von Hornblende-Augitgneiss bei Frischau in Mähren.

In diesem Hornblendeschiefergesteine (Amphibolgneiss) sind makroskopisch hellgrüne, sehr feinkörnige, scharf begrenzte Lagen von geringer Mächtigkeit zu bemerken. Ein senkrecht zur Schieferung hergestellter Dünnschliff zeigte ausserdem bandartige Grenzlagen von vermittelnder mineralogischer Beschaffenheit. Es soll der ziffermässige Ausdruck für die in den einzelnen Schichtlagen stattfindende Variation der Gesteinscomponenten gefunden werden.

Fig. 6.



Graphische Darstellung der quantitativen mineralogischen Zusammensetzung einiger Tiefengesteine.

Im Masstabe von 1 mm = 1 Volumprocent.

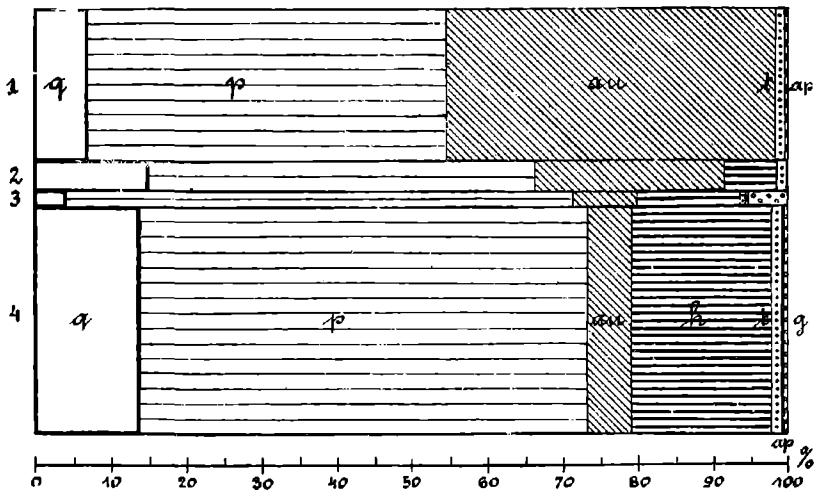
1. Grobkörniger Granit von Eibenstein, Niederösterreich. (Beispiel 9.)
2. Granitit von Mauthausen, Oberösterreich. (Beispiel 10.)
3. Quarzglimmerdiorit von Požar bei Bencechau, Böhmen. (Beispiel 11.)
4. Amphibolgranitit von Dubowa bei Skutsch, Böhmen. (Beispiel 12.)
5. Syenit vom Plauenschen Grunde bei Dresden. (Quantitätsverhältniss in einem Dünnschliffe.) (Beispiel 13.)
6. Porphyrtartiger Augitdiorit von Pecerad bei Konopischt, Böhmen. (Beispiel 14.)

q Quarz; f = Feldspathe; o Kalifeldspathe; p - Plagioklas; m = Muscovit;  
b = Biotit; h = Hornblende; au = Augit; ap = Apatit; t = Titanit; mt = Magnetit.

In Folge der feinkörnigen Structur dieses Schiefergesteines ist die Mengennmessung an einem einzigen Dünnschliffe durchführbar. Bei der Durchsicht u. d. M. liessen sich die folgenden vier scharf begrenzten Hauptlagen unterscheiden:

I. Eine 20 mm mächtige Lage von Augitgneiss. Dieselbe besteht aus circa 24—26 wechselnden feineren Lagen, welche abwechselnd reicher und ärmer an lichtgrünem Augit (Malakolith) sind. Ausser diesem findet sich, von dem accessorischen Titanit abgesehen, kein weiterer gefärbter Mineralbestandtheil vor. Die Vermessung der quer über die Lagen gezogenen Mengen-Indicatrixabschnitte ergab als durchschnittliche Zusammensetzung dieser Lage von reinem Augitgneiss die in der unten folgenden Tabelle unter I. angegebenen Procentantheile.

Fig. 7.



Graphische Darstellung der Zusammensetzung eines Handstückes von Hornblende-Augitgneiss von Frischau in Mähren.

1. Augitgneiss. — 2. Uebergangslage. — 3. Feldspath- und granatreiche Zwischenschicht. — 4. Hauptgestein: Hornblendegneiss.

q = Quarz; p = Plagioklas; au = Augit (Malakolith); t = Titanit; ap = Apatit; g = Granat.

II. Eine 4 mm mächtige Uebergangslage in das Hauptgestein, welche durch das Eintreten von Hornblende und die Abnahme des Malakoliths charakterisirt ist.

III. Eine 1,5 mm mächtige, feldspathreiche, durch zahlreiche winzige Interpositionen von Granat röthlich gefärbte Zwischenschicht an der Uebergangsschicht II gegen das Hauptgestein.

IV. Als Hauptgestein: Hornblendegneiss mit geringem Antheil von Augit. Derselbe enthält die vorigen, circa 25 mm mächtigen Gesteinslagen als Zwischenschichten eingeschlossen und zeigt ausser einer wenig ausgesprochenen lagerhaften Anordnung der Hornblende im Umriss des Handstückes keine weitere Variabilität seiner Bestandtheile.

**Mineralogische Zusammensetzung der verschiedenen Lagen des Augit- und Hornblende-Augitgneisses von Frischau in Mähren.**

Gesteinslage	Quarz	Plagioklas und etwas Orthoklas	Hornblende	Augit (Malakolith)	Titanit	Apatit	Granat	
	In Volumprocenten der Gesteinslage							
I. 20 mm mächtige Lage gebändertem reinem <b>Augit- (Malakolith-) Gneiss</b>	6·8	47·5		43·9	1·2	0·6	—	100%
II. 4 mm mächtige <b>Ueber- gangslage</b> in dem Hornblende-Augit- gneiss	14·9	51·2	6·9	25·3	1·6	0·03	0·04	100%
III. 1·5 mm mächtige, feld- spathreiche <b>Zwischen- lage</b> an der Ueber- gangsschichte (II) ge- gen den Hornblende- Augitgneiss	3·9	67·2	13·7	8·6	0·8	0·3		100%
IV. Hauptmasse des Ge- steines: <b>Hornblende- Augitgneiss</b>	13·7	59·4	18·7	5·9	1·4	0·2	0·7	100%

Die nächstliegende und bereits von Delesse betonte Anwendung der geometrischen Gesteinsanalyse besteht in der Möglichkeit, die chemische Zusammensetzung des Gesteins ohne eine specielle chemische Analyse desselben zu bestimmen, analog wie die später so erfolgreich verfeinerte optische Untersuchung einzelner Bestandtheile, namentlich der Feldspathe, einen in vielen Fällen geradezu präcisen Aufschluss über deren chemische Constitution gestattet. Wegen der bedeutenden Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung der wichtigsten gesteinsbildenden Minerale liefern die Resultate dieser Berechnungen, ohne Untersuchung der speciell im vorliegenden Gesteine vorhandenen Zusammensetzung derselben, aber nur Näherungswerthe. In der nachfolgenden Tabelle ist ein derartiger Versuch bezüglich einiger der oben gegebenen Beispiele: Granitähnlicher Quarzglimmerdiorit von Požar, Syenit vom Plauenschen Grunde und Augitdiorit von Pecerad gemacht, welcher unter Zugrundelegung der Analyse an analogen Mineralvorkommnissen eine nicht unbefriedigende Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der von Herrn Vorstand v. John im Laboratorium unseres Institutes gütigst ausgeführten Bauschanalyse der betreffenden Gesteine liefert.

## Chemische Zusammensetzung der Mineralbestandtheile.

Mineral	Dichte	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe O (+ Mn O)	Ca O	Mg O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O (Flüht- verlust)	Andere Bestand- theile
		P r o c e n t e										
Quarz	2·65	100·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Orthoklas Oligoklas <sup>1)</sup> , Andesin <sup>2)</sup>	2·59	64·7	18·4	—	—	—	—	16·9 (14·0)	— (2·9)	—	—	—
	2·60	61·0	24·2	1·66	—	3·91	—	0·95	7·65	—	—	—
	2·65	59·8	25·5	—	—	7·0	—	—	7·7	—	—	—
Biotit <sup>3)</sup>	3·01	40·1	16·8	11·8	10·9	1·0	9·6	4·0	2·0	—	3·8	—
Hornblende	{ a <sup>4)</sup> b <sup>5)</sup>	3·29	40·0	7·7	10·5	14·4	10·3	11·5	2·5	—	1·5	—
Augit <sup>6)</sup>	3·22	41·0	14·3	7·8	5·4	12·6	14·0	1·5	1·7	—	0·26	0·8 Ti O <sub>2</sub>
	3·30	53·7	0·8	—	10·3	22·0	12·9	—	—	—	0·4	—
Apatit	3·16	—	—	—	—	53·0	—	—	—	42·0	—	5·0 (Cl+F)
Titanit <sup>7)</sup>	3·48	34·4	2·4	5·8	—	26·0	—	—	—	—	—	31·2 Ti O <sub>2</sub>
Magnetit	5·20	—	—	69·0	31·0	—	—	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> Für den Granit und Quarzglimmerdiorit von Požar und den Syenit vom Plauenschen Grunde. Aus dem Gneiss von Rothenburg; Rammelsberg, Mineralchemie, S. 573, Nr. 11, nach Streng.

<sup>2)</sup> Ab, An, für den Augitdiorit von Peccrad.

<sup>3)</sup> Mittel aus drei Analysen des Biotites im Freiburger Grauen Gneiss. Rammelsberg, Mineralchemie 1875, S. 523.

<sup>4)</sup> Im Zirkonsyenit von Fredrikswärn, Norwegen. Rammelsberg, S. 417, Nr. 10b.

<sup>5)</sup> Von Wolfsberg, Böhmen. Rammelsberg, S. 418.

<sup>6)</sup> Eisenreicherer Diopsid, Tunaberg. Mittel zweier Analysen von Erdmann. Rammelsberg, S. 387, 388, Nr. 2, 9.

<sup>7)</sup> Vom Plauenschen Grunde bei Dresden.

Die den Berechnungen zugrunde gelegte Zusammensetzung der Mineralbestandtheile ist in der vorstehenden Tabelle enthalten. Mit Hilfe der gewählten Analysenresultate für dieselben, berechnet sich die chemische Zusammensetzung des Gesteines in der bekannten Weise durch Multiplication der Procentantheile jedes Mineralen im Gesteine mit seinem Gehalt an dem betreffenden chemischen Bestandtheile und Addition der gleichartigen chemischen Constituenten.

Die Resultate der durchgeführten Berechnung sind in der auf Seite 173 und 174 folgenden Zusammenstellung enthalten. Die Differenzen gegen die thatsächlich vorgenommenen Bauschanalysen schwanken um circa 1%, wie es nach dem Genauigkeitsgrade der Mengenberechnung und mit Rücksicht auf die Wahl der Mineralanalysen nicht anders erwartet werden kann.

Wenn man berücksichtigt, dass diese auf circa 1 Procent genauen Näherungswerthe für die chemische Zusammensetzung eines Gesteines auf Grund der Messungsarbeiten weniger Stunden erhältlich sind, so dürfte denselben ein zum mindesten orientirender Werth umsoweniger abzusprechen sein, als die Ergebnisse der directen chemischen Analyse -- wenn nicht besondere Vorsichten bei der Entnahme des Probematerials beobachtet werden -- leicht nahezu ebenso grossen Fehlergrenzen unterliegen. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn nicht Durchschnittsproben grosser Quantitäten des Gesteines, sondern Splitter von wenigen Gramm Gewicht abgeschlagen und analysirt werden, wo also der Einfluss der von der örtlichen Lage abhängigen Variabilität des Mineralbestandes so gross werden kann, dass ihm gegenüber die Präcision der quantitativen Analyse gegenstandslos wird, wie ja die Resultate von Parallelanalysen aus verschiedenen Lagen desselben Gesteines i. d. R. beweisen.

In vielen Fällen gelangt man durch den Vergleich der mittelst der geometrischen Analyse des Mineralbestandes erhaltenen Resultate mit jenen einer nebenher durchgeführten Bauschanalyse dazu, einen sehr präzisen Einblick in die chemische Zusammensetzung der einzelnen Bestandtheile zu erhalten, ohne diese selbst zum Gegenstande von Partialanalysen gemacht zu haben. Die Differenzen der berechneten gegen die gefundenen Werthe geben dafür den Fingerzeig. So zeigt das Beispiel 4 der Tabelle sofort, dass der für die Berechnung zugrunde gelegte Oligoklas aus dem Gneiss von Rothenburg nicht jenem entspricht, welcher im rothen Granite von Požar (Trojak) enthalten ist. Die abnorm grosse Differenz der Kieselsäure ( $- 2.4\%$ ), mit welcher jene der Thonerde ( $+ 1.2$ ) und des Kalkes ( $+ 0.3$ ) in entgegengesetztem Sinne parallel gehen, zeigt deutlich an, dass ein weniger basischer Oligoklas im Granite sein muss, denn nur so ist das Plus von  $2.4\%$   $Si O_2$  der directen Bestimmung zu erklären.

In ähnlicher Weise werden sich die Resultate der geometrischen Gesteinsanalyse in jenen Fällen nützlich erweisen, wo es gilt, die unbekanntes Zusammensetzung eines einzelnen Gesteinsbestandtheiles (z. B. der Glasbasis) aus der bekannten Zusammensetzung der übrigen Bestandtheile und der vorgenommenen Bauschanalyse des ganzen

## Resultate der geometrischen Analyse einiger Gesteine.

Mineral-Bestandtheile										Chemische Zusammensetzung											
Quarz	Orthoklas und Mikroklin	Oligoklas	Biotit	Horblende	Augit	Apatit	Titanit	Magnetit	Zusammen	Si O <sub>2</sub>	Ti O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe O (+ Mn O)	Ca O	Mg O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Glühverlust	Zusammen
<b>1. Quarzglimmerdiorit von Požar.</b>																					
In Volumprocenten:										Aus der mineralogischen Zusammensetzung berechnet:											
32.5	6.0	50.9	8.6 (- 0.5 Chlorit)	—	—	0.7	—	0.3	99.5	71.1	—	15.1	2.5	1.3	2.5	1.0	1.9	4.1	0.3	—	99.8
In Gewichtsprocenten (D = 2.67):																					
32.3	5.8	50.8	10.2	—	—	0.8	—	0.6	100.5	71.1	—	15.1	3.8	1.3	3.5	1.0	6.0	4.1	0.3	—	99.8
Directe chemische Analyse (v. John)										70.86	—	16.20	1.14	2.47	3.84	0.36	1.68	3.58	0.16	0.60	100.89
Differenz der berechneten gegen die bestimmten Werthe										+0.2	—	-1.1	+1.4	-1.2	-1.3	+0.6	+0.2	+0.5	+0.1	-0.6	—
<b>2. Syenit vom Plauenschen Grunde.</b>																					
In Volumprocenten:										Aus der mineralogischen Zusammensetzung berechnet:											
6.0	32.4	36.0	—	19.8	0.8	1.1	2.1	1.7	99.9	57.4	0.8	15.8	5.4	4.4	5.8	2.8	6.1	3.2	0.5	0.4	102.1
In Gewichtsprocenten (D = 2.73):																					
5.8	30.7	34.3	—	23.3	1.0	1.3	2.7	3.2	102.3	57.4	0.8	15.8	9.8	4.4	8.1	2.8	8.71	3.2	0.5	0.4	102.1
Directe chemische Analyse (Zirkel)										59.83	Spur	16.85	—	7.01	4.43	2.61	6.57	2.44	—	1.29	—
Differenz der berechneten gegen die bestimmten Werthe										-1.6	—	-1.0	+2.8	—	+0.9	+0.2	-0.5	+0.8	+0.5	0.9	—

## Resultate der geometrischen Analyse einiger Gesteine.

Nr. 5 u. 6

Verhandlungen.

Mineral-Bestandtheile										Chemische Zusammensetzung											
Quarz	Orthoklas und Mikroklin	Oligoklas(4) Andesin (3)	Biotit	Hornblende	Augit	Apatit	Titanit	Magnetit	Zusammen	Ti O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe O (+ Mn O)	Mg O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Glühverlust	Zusammen		
<b>3. Augitdiorit von Pecerad.</b>																					
In Volumprocenten:										Aus der mineralogischen Zusammensetzung berechnet:											
—	—	34·8	—	42·8	21·5	—	0·4	0·5	100·0												
In Gewichtsprocenten ( <i>D</i> = 3·02):																					
—	—	30·0	—	45·8	23·4	—	0·5	0·8	100·5	49·4	0·5	14·4	4·1	5·2	13·2	9·4	0·7	3·1	—	0·2	100·2
													9·3		22·6		3·8				
Directe chemische Analyse (John)										48·66	—	15·35	2·73	6·59	15·26	8·73	0·86	1·97	0·16	0·70	100·0
													9·32		23·99		2·83				
Differenz der berechneten gegen die bestimmten Werthe										+ 0·7	+ 0·5	- 1·0	+ 1·4	- 1·4	- 2·0	- 0·7	- 0·2	+ 1·1	—	- 0·5	—
<b>4. Rother Granit von Požar (Trojak).</b>																					
In Volumprocenten:										Aus der mineralogischen Zusammensetzung berechnet:											
31·1	31·8	33·1	4·0	—	—	—	—	—	100·0												
In Gewichtsprocenten ( <i>D</i> = 2·62):																					
31·4	31·5	32·9	4·6	—	—	—	—	—	100·4	73·7	—	14·5	1·1	0·5	1·3	0·4	4·9	3·6	—	0·2	100·2
													1·6		1·7		8·5				
Directe chemische Analyse (v. John)										76·08	—	13·30	1·11	0·98	0·96	0·16	4·33	3·37	0·20	0·30	100·79
													2·09		1·12		7·70				
Differenz der Rechnung gegen die Analyse										- 2·4	—	+ 1·2	0·0	- 0·5	+ 0·3	+ 0·2	+ 0·6	+ 0·2	—	- 0·1	—

174



Gesteines abzuleiten. Man erspart sich dann zum mindesten die Sondernung und chemische Partialanalyse einer der Gesteinscomponenten.

Ihre vorwiegende Nutzenanwendung findet die neue Methode aber auf dem Gebiete der technischen Gesteinsuntersuchung. Nicht nur, dass sie in dem ziffermässig fassbaren Wechsel der Gesteinszusammensetzung ohnweiters den Ausdruck der Ursache vieler Qualitätsdifferenzen liefert, es bietet die Kenntniss des procentuell ausgedrückten Mineralbestandes auch die Handhabe zur Berechnung theoretischer Festigkeitsgrössen, deren Vergleich mit den tatsächlich gefundenen Werthen einen neuen Qualitätsmassstab liefert. Ich habe schon am Schlusse einer früheren Abhandlung über die Härte der Mineralien und Gesteine darauf hingewiesen<sup>1)</sup>, dass es möglich sei, auf Grund der von mir ermittelten Durchschnittshärten der petrographisch wichtigsten Minerale, die Durchschnittshärte eines bestimmten Gesteines aus der Art und relativen Menge seiner Mineralcomponenten im voraus zu berechnen. Beispiele dieser Art seien für eine nächste Mittheilung vorbehalten, welche eine Anzahl neuer Erfahrungen über die zweckmässigste Art der Gesteinsuntersuchung mit Rücksicht auf deren technische Nutzenanwendung des Näheren erörtern und durch die einschlägigen Beobachtungsergebnisse beleuchten soll.

### Literatur-Notizen.

**Dr. Sc. Maria M. Ogilvie.** Die Korallen der Stramberger Schichten. Siebente Abtheilung der „Palaeontologischen Studien über die Grenzschichten der Jura- und Kreideformation im Gebiete der Karpathen, Alpen und Apenninen. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch), 1896 u. 1897, S. 73—282. Text in 8<sup>o</sup>, Atlas Taf. VII.—XVIII. in Folio.

Die vorliegende Arbeit bildet eine Fortsetzung der „Palaeontologischen Studien“ v. Zittel's „Ueber die Grenzschichten etc.“ Sie schliesst sich als 7. Abtheilung an die bisher erschienenen Arbeiten v. Zittel's (über die Cephalopoden und Gastropoden), G. Böhm's (über die Bivalven), Cotteau's (über die Echiniden) und Möricke's (über die Crustaceen) an.

Es ist nicht das erste Mal, dass die Verfasserin mit einem Werke über Korallen in die Oeffentlichkeit tritt; die systematischen Ergebnisse ihrer vergleichenden Studien über fossile und recente Korallen sind bereits früher in einer grossen Abhandlung „Microscopic and systematic Study of Madreporarian Types of Corals“ in *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 187, pp. 83—345, London 1896, veröffentlicht worden und mehrere kleinere Publicationen (Microscopic and systematic study of Madreporarian Types of Corals, in *Proceedings of the Royal Society*, vol. 59, November 1895; — *Recent Work on the Madreporarian Skeleton*; *Zoolog. Anzeiger* Nr. 521, 1897) beziehen sich auf dieselbe Arbeit. Es würde hier zu weit führen, wenn auf den reichen Inhalt des erstgenannten grossen Werkes eingegangen werden sollte; deshalb sei nur hervorgehoben, dass dasselbe in zwei grossen Abschnitten: 1. die mikroskopische Structur der Skelettheile und 2. die Phylogenie der Corallen auf Grund ihrer Skeletstructure behandelt und mit zahlreichen Abbildungen im Texte erläutert.

In der vorliegenden Arbeit über die Stramberger Korallen werden die allgemeinen Resultate jener Untersuchungen soweit recapitulirt, als es zur Begründung der von der Verf. vorgenommenen systematischen Aenderungen nothwendig

<sup>1)</sup> Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1896, S. 475—491.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [1898](#)

Autor(en)/Author(s): Rosiwal August

Artikel/Article: [Ueber geometrische Gesteinsanalysen: ein einfacher Weg zur ziffermässigen Feststellung des Quantitätsverhältnisses der Mineralbestandtheile gemengter Gesteine 143-175](#)