Die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers und der Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und optischem Achsenwinkel der Glimmer.

Von

E. Zschimmer in Jena.

(Mitteilung aus dem Großherzogl. Sächs. mineralogischen Institut.)

Mit 17 Figuren im Text.

I. Die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers.

Einleitung.

Auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Linck, unternahm ich es, die Vorgänge bei der Verwitterung des Biotit in chemischer und physikalischer Richtung zu untersuchen und die Beschaffenheit der Zersetzungsprodukte festzustellen.

Bei der Verwitterung wird der Biotit gebleicht und geht in silberglänzende, gewöhnlich dem Muscovit verglichene Plättchen über, die Zirkel [1]), wie folgt, beschreibt:

„Bei der Umwandlung des Glimmers handelt es sich einerseits um eine bloße Bleichung, welche vorwiegend nur auf einer Auslaugung des Eisengehalts zu beruhen scheint, andererseits um eine Entstehung von Chlorit und begleitenden Substanzen. Im ersteren Falle geht das Braun von dem Rande aus in Grün über, welches dann allmählich durch ganz blasse Töne zu Silbergrau werden kann . . . . . Bei diesem Prozeß bleiben, wenigstens lange Zeit hindurch, die optischen Eigenschaften erhalten, nur der Pleochroïsmus erleidet natürlich eine merkliche Abschwächung . . . . Ein solcher sekundär gebleichter Biotit darf selbstverständlich nicht mit Muscovit verwechselt werden.“

Rosenbusch [2]) charakterisiert den Verlauf und das Endresultat der Umwandlung in folgender Weise: „Die Verwitterung

---

1) Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1893, Bd. I, S. 335.
2) Elemente der Gesteinlehre, Stuttgart 1898, S. 72 und 465.

nimmt dem Lepidomelan den fast metallischen Glanz auf der Spaltfläche und die elastische Biegsamkeit und führt ihn über in weichen grünen Chlorit von grünlich-grauem Strich, oft unter gleichzeitiger Bildung von Karbonaten und Pistazit. Geht man von einer Normalformel des Lepidomelan aus, so wäre dieser Verwitterungsvorgang schematisch etwa darzustellen durch die Gleichung:

$$2\left\{\begin{matrix} H_2\,K\,Al\,Fe_2\,Si_3\,O_{12} \\ Fe_2\,Si\,O_4 \end{matrix}\right\} + 2\,H_2O + 4\,CO_2$$

$$= \left\{\begin{matrix} H_4\,Fe_3\,Si_2\,O_9 \\ H_4\,Fe_2\,Al_2\,SiO_9 \end{matrix}\right\} + 3\,FeCO_3 + 5\,SiO_2 + K_2CO_3 + 2\,O.$$

Sofort mit beginnender Verwitterung scheidet sich Eisenoxydhydrat in großer Menge aus und überzieht und durchdringt alle Gemengteile des Gesteins . . . . . Der Biotit selbst behält seine Gestalt, wird aber mehr oder weniger vollständig gebleicht und muscovitähnlich oder talkähnlich. Die Verwechselung mit Talk ist um so leichter, als das Mineral sich wie dieser fettig anfühlt."

Eine ebenfalls recht typische Schilderung des Bleichungsprozesses will ich nicht verfehlen hier noch wiederzugeben. Bei der Beschreibung des „Brander Gneißes" erwähnt A. Sauer [1]) folgendes über die Verwitterungserscheinungen:

„Die großen Differenzen der Glimmeranalysen insbesondere in der Menge des Eisenoxyduls dürften es erklären, daß diese Biotite in verschiedenen Teilen des Gebietes sich überaus verschieden gegen die Verwitterung verhalten, bald auffällig schnell ausbleichen, bald in bereits zersetztem Gneißgrus ihre rabenschwarze Färbung bewahren . . . . Meist nimmt der Biotit bei eintretender Verwitterung eine grünliche Färbung an, unter gleichzeitiger Ausscheidung von Rutil, ... zuletzt nimmt er eine silberglänzende Farbe an und ist dann kaum von ursprünglichem Muscovit zu unterscheiden."

Die Angaben über die Verwitterung des Glimmers scheinen demnach nach zwei Richtungen hin auseinanderzugehen, indem nämlich die einen von Chloritisierung, die anderen von Bleichung reden, ohne daß diese Vorgänge je einer genaueren Untersuchung unterworfen worden wären.

Diese Untersuchung ist es nun, welche ich im folgenden durchzuführen suche.

---

1) Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Sachsen, Sekt. Brand, S. 6.

Physikalische Untersuchung.

Das Material zu nachfolgenden Untersuchungen bildet der Biotit des Granitits vom Schneidemüllerskopf bei Ilmenau im Thüringer Wald. In dem dicht an der Straße von Manebach nach Stützerbach gelegenen Steinbruche war sowohl frisches als in der Verwitterung begriffenes Material leicht zu sammeln.

Das frische Gestein ist ziemlich grobkörnig. Rabenschwarzer Biotit und fleischroter Orthoklas neben grauem Plagioklas treten gegenüber dem spärlicher vorhandenen Quarz als Hauptgemengteile hervor. Die Dicke der Glimmerkrystalle beträgt meist 3 mm bei einem Durchmesser von 2—3 mm. Sie lassen sich leicht aus dem Gestein isolieren und sind ziemlich spröde.

Durch die Verwitterung wird das Gestein aufgelockert und zerbröckelt vollkommen zu gröberem und feinstem Grus. Dabei nimmt der Biotit eine rotbraune oder tombakbraune Färbung an; letztere behält er auch noch im feinsten Grus, sofern derselbe am Gehänge und besonders an feuchten, vor Wärme und direktem Sonnenlicht geschützten Stellen lagert. Die vollständig gebleichten, messinggelb oder silberweiß erscheinenden Glimmerplättchen finden sich nur in der bröckeligen Kruste von losen der Sonnenhitze ausgesetzten Granitblöcken.

Die mikroskopische Untersuchung von 3 Schliffen verschieden zersetzten Gesteins zeigt, daß primärer Muscovit vollkommen fehlt.

Die Biotitkrystalle des frischen Granits sind nach der Basis gut begrenzt. Sie schließen reichliche Mengen Magneteisen ein; daneben blutrote Eisenglanzplättchen auf den Spaltrissen und nur sehr vereinzelt auch Rutilnadeln. Der Pleochroïsmus in Schnitten senkrecht zu o P {001} ist sehr stark: parallel zur Spaltungsfläche dunkelgrün, senkrecht dazu gelblich-braun.

Mit fortschreitender Zersetzung häufen sich die Rutilnadeln. Der Eisenglanz erscheint in einzelnen Fetzen, mit Magneteisen verwachsen, auf den Spaltrissen. Zuweilen tritt als Neubildungsprodukt ein chloritähnliches Mineral auf. Der Pleochroïsmus in Schnitten senkrecht zur Basis wird dunkelbraun parallel zur Spaltrichtung — gelbbraun normal zur Spaltrichtung.

In noch stärker verwittertem Gestein ist der Glimmer aufgeblättert und stark verbogen. Der lebhafte Pleochroïsmus verschwindet; die senkrecht zu o P {001} schwingenden Strahlen sind farblos-gelblich, die parallel zur Basis schwingenden Strahlen

hellbraun. Dickere und dünnere Rutilnadeln treten in großer Menge auf. Ebenso sind kleine Magneteisenpartikel unregelmäßig (staubartig) in den Krystallen verteilt. Neben Flocken und Wolken von Eisenoxydhydrat sind selten noch Reste von Eisenglanz zu beobachten. Oefter finden sich stark pleochroïtische chloritische Produkte in paralleler Verwachsung mit den Glimmerlamellen.

Die Analyse des frischen Gesteins ergab folgende Resultate

	Prozente	Molek.-Prop.
SiO_2	62,408	10350
Al_2O_3	16,791	1646
Fe_2O_3	4,540	284
MgO	2,440	606
CaO	5,388	964
FeO	0,259	36
K_2O	2,643	281
Na_2O	3,732	602
H_2O	0,796	442
CO_2	1,566	355
	100,536	

Der vorliegende Granitit vom Schneidemüllerskopf stimmt mit dem von H. R. Müller[1]) untersuchten Granit vom Langebachsgrund (NO und O vom Schneidemüllerskopf) überein.

Müller hat den frischen Biotit bereits näher untersucht und giebt folgende Beschreibung desselben[2]):

„Der Glimmer besitzt eine Härte von 2,5 und eine Dichte von 3,01. Nach dem Erhitzen nimmt er eine messinggelbe Farbe an, und man bemerkt an ihm sowohl vor- wie nachher schwachen Magnetismus; vor dem Lötrohr schmilzt er an den Kanten zu einem schwarzen Glase. Das Glühlicht ist gelbrot und nach Auslöschung der gelben Flamme schwach violett. Das höchst fein zerriebene Pulver reagiert schwach alkalisch, und es konnten in der wäßrigen Lösung mittels eines größeren Spektroskops Kalium, Natrium sowie Lithium nachgewiesen werden. Außer den bei der quantitativen Zusammensetzung angegebenen Bestandteilen wurden noch Spuren von Titansäure, Phosphorsäure und Mangan gefunden, die jedoch vielmehr von Einschlüssen im Glimmer herrühren, als daß sie dem Glimmer selbst angehörten.‘

1) „Die Granite des Langebachsgrundes bei Ilmenau.“ Diss. Jena 1882.

2) l. c. S. 20.

Die Analyse des Biotits ergab nach MÜLLER folgende Zusammensetzung:

	Prozente	Molek.-Prop.
SiO_2	38,79	63 445
Fe_2O_3	23,45	14 674
Al_2O_3	8,25	8 088
FeO	10,68	14 854
CaO	0,88	1 574
MgO	8,50	21 092
K_2O	4,92	4 254
H_2O	4,10	22 778
	99,57	

Aus dieser Analyse[1]) versucht MÜLLER eine Formel zu berechnen und kommt dabei zu folgendem Resultat:

„Was die Stellung dieses Glimmers anbelangt, so ist wegen des hohen Gehaltes an Magnesia Grund genug vorhanden, ihn als Magnesiaglimmer anzusehen, er könnte indessen aber auch wegen des daneben reichlich auftretenden Eisenoxyduls als ein Uebergang zu den Eisenglimmern betrachtet werden. Nach den von TSCHERMAK aufgestellten Formeln ließ sich vorliegender Glimmer nicht berechnen.“ Einer analogen Formel von RAMMELSBERG entsprechend ergiebt die Berechnung MÜLLER's:

$$3\,K_4SiO_4 + 21\,(Mg, Ca, Fe)_2\,SiO_4 + 13\,(Al, Fe)_4\,Si_3\,O_{12}.$$

Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, daß obige Analyse keine Glimmeranalyse, sondern die eines Gemenges von Glimmer und Einschlüssen im wesentlichen oxydischer Eisenerze darstellt und somit nicht ohne weiteres als Grundlage für die Berechnung einer Formel dienen kann. Wir sehen daher zunächst von der näheren Diskussion ab und kommen erst später darauf zurück.

Bei der Untersuchung der Umwandlungsvorgänge in den Glimmern ging ich von der Annahme aus, daß die Glimmerplättchen von gleichem specifischen Gewicht auch physikalisch und chemisch nahezu gleiche Umwandlungsstadien darstellen. Es erschien daher am einfachsten, zur Untersuchung der Aenderung der physikalischen Konstanten sowie der chemischen Zusammensetzung die Gesamtmasse des frischen und zersetzten Biotits nach dem specifischen Gewicht in einzelne Portionen innerhalb möglichst enger Grenzen zu trennen, um geeignetes Material für die Untersuchung zu erlangen.

---

1) l. c. S. 21.

Fernerhin erschien es geboten, um möglichst homogenes Material zu bekommen, den Glimmer möglichst zu zerkleinern und andererseits zur genaueren optischen Untersuchung recht große Spaltplättchen von kontinuierlich abnehmendem specifischen Gewicht herzustellen.

Zur Gewinnung größerer Mengen reinen Glimmers ist der Umstand von Vorteil, daß Glimmer in trockenem Zustande nur sehr schwer zu feinem Pulver verrieben werden kann. Es bewährte sich daher folgendes Trennungsverfahren am besten: Das bis auf Graupenkorngröße zerkleinerte Gestein wurde mit THOULET'scher Lösung in zwei Portionen getrennt, von denen die eine aus glimmerreichem Material bestand. Dieses wurde feiner zerstoßen und nochmals getrennt. Das damit gewonnene, stark glimmerhaltige Produkt wurde in einer flachen, fast ebenen, großen Reibschale mit breitem Pistill so weit verrieben, bis bei häufigem Absieben alle Partikel durch ein Sieb von 0,37 mm Maschenweite gingen.

Danach war Glimmer von Feldspat oder Quarz getrennt und bis auf ihn fast alles zu feinem Pulver zerrieben. Durch Abschlemmen und nachherige Trennung mit THOULET'scher Lösung erhält man den reinen Glimmer, gemengt mit Magneteisen, welches durch Ueberrollen über Glanzpapier und Ausziehen mit dem Magneten leicht entfernt wird.

Aus 3 kg Granit wurden auf diese Weise 250 g reinen Glimmers gewonnen.

Die physikalische Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung folgender Konstanten:

Specifisches Gewicht, Brechungsindices, Absorption, Lage der optischen Achsenebene, optischer Achsenwinkel, Dispersion der optischen Achsen.

Das specifische Gewicht wurde in THOULET'scher, zum Teil auch in KLEIN'scher Lösung, mit der WESTPHAL'schen Wage bestimmt.

Die Dispersion der optischen Achsen ließ sich am besten bei gewöhnlichem Gaslicht im Mikroskop bei starker Vergrößerung beobachten.

Zur Bestimmung der Brechungsindices bietet sich als die bequemste und zugleich für Glimmer genaueste Methode die Messung der Grenzwinkel der totalen Reflexion. Hierbei ist es von vornherein ausgeschlossen, von stark absorbierten Strahlen die Grenzwinkel zu messen, da bei diesen eine allmähliche

Abnahme der Lichtintensität des reflektierten Strahlenkegels die Beobachtung der Grenzkurven unmöglich macht. Es bleibt die Messung der Brechungsindices daher auf die schwächer absorbierten Strahlen beschränkt.

Von den zur Messung dienenden Instrumenten stand mir ein Krystallrefraktometer neuester Konstruktion nach Abbe-Pulfrich zur Verfügung, dessen Anwendbarkeit noch möglich ist bei Flächen von etwa 1 qmm Größe, sofern sie gut plan sind [1]). Es kam daher in erster Linie darauf an, Präparate mit möglichst planen Flächen und von entsprechender Größe zu erhalten. Wie schon die mikroskopische Untersuchung der Krystalle im Gesteinsdünnschliff vermuten läßt, ist dies aber mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Die direkte Benutzung von Spaltplättchen ist ausgeschlossen, da die Krystalle in der Basis wellenförmig gekrümmt sind. Schleifen und Polieren mit Smirgel und Wasser oder auch nur mit Wasser auf der Glasplatte führt eher zur Zerstörung der Krystalle als zur Erzeugung planer Flächen — infolge der hervorstehenden Feldspat- und Quarz- etc.-Einschlüsse. Nur durch sehr vorsichtiges trockenes Schleifen auf einer matten, ebenen Glasplatte und leichtes Polieren auf Leder mit Pariser Rot gelangte ich nach oft wiederholten Versuchen zum Ziel (von etwa 60 Plättchen gelang es, 7 brauchbare Präparate herzustellen).

Aus dem Grenzwinkel i der totalen Reflexion und dem Brechungsexponenten N der Halbkugel des Abbe-Pulfrich'schen Krystallrefraktometers berechnet sich der Brechungsexponent n der untersuchten Platte nach der Formel:

$$n = N \sin i$$ [2]).

Zur Bestimmung der Hauptbrechungsindices doppelbrechender Krystalle stellte man nach dem bisher üblichen Verfahren auf die Umkehrlagen der Grenzkurven ein und erhielt somit an allen Krystallflächen die Hauptbrechungsindices, bei zweiachsigen im allgemeinen noch einen zweiten mittleren Wert neben α, β, γ.

Durch dieses Verfahren erscheint aber die Möglichkeit der Anwendung des Krystallrefraktometers in doppelter Hinsicht beschränkt.

Einmal ist es, beiläufig bemerkt, nur möglich, Brechungs-

---

1) Vergl. Eppler, Groth's Zeitschr., Bd. XXX, S. 122, 1898.

2) Czapski, „Krystallrefraktometer nach Abbe." Zeitschr. für Instrumentenkunde, 1890, S. 250.

indices zu messen, die kleiner sind als diejenigen der zwischen Krystallfläche und Halbkugel befindlichen Flüssigkeiten. Daher wird die oberste Umkehrlage einer Grenzkurve oft nicht mehr zu beobachten sein, da sie über der Grenzkurve der Grenzflüssigkeit liegt. Aber zwischen dieser oberen Umkehrlage und der tiefsten ist meist noch ein gutes Stück der Grenzkurve zu messen.

Ferner sind die Umkehrlagen bei weniger guten und besonders bei kleinen Platten schwer aufzufinden und genau einzustellen, während es bei weitem weniger Schwierigkeiten macht, eine beliebige Stelle der Grenzkurve scharf einzustellen, da man nur das Fernrohr und die Blende zu bewegen hat.

Beide Umstände, insbesondere aber der letztere, legten den Versuch nahe, aus Messungen von Grenzwinkeln zwischen den Umkehrlagen die Hauptbrechungsindices zu berechnen. Inwiefern dies möglich ist, erkennen wir am besten aus der Betrachtung der Beziehungen zwischen den gemessenen Grenzwinkeln der totalen Reflexion und den gesuchten Brechungsindices [1]).

Da bei Krystallen die Wellenfront im allgemeinen nicht senkrecht zum Strahl steht, so ist zwischen Strahl und Wellennormale, zwischen Strahlengeschwindigkeit und Normalengeschwindigkeit, insbesondere bei den Erscheinungen der totalen Reflexion wohl zu unterscheiden.

Die Normalengeschwindigkeit ist es, welche wir aus dem reciproken Wert $\frac{1}{n}$ des Brechungsexponenten erhalten, und nur dann, wenn Strahl und Normale zusammenfallen, ist $\frac{1}{n}$ zugleich die Strahlengeschwindigkeit.

Die Normalengeschwindigkeit ist es daher auch, welche wir durch die Messung der Grenzwinkel nach der Formel

$$n = N \sin i$$

als reciproken Wert von n bekommen.

Aber diese Normale, deren Geschwindigkeit wir durch den Grenzwinkel der totalen Reflexion messen, fällt (im allgemeinen) nicht in die untersuchte Krystallfläche [2])!

---

1) Vergl. Liebisch, Phys. Krystallographie, 1. Aufl. 1891, S. 415 ff., und Liebisch, Neues Jahrb., 1885, Bd. II, S. 181 ff.

2) Vergl. Liebisch, Neues Jahrb. f. Min. etc., 1885, S. 181 ff.

Ebensowenig fällt auch der Radius der Indexfläche[1]), welchen wir direkt messen, in die Grenzebene: die gemessenen Werte von n haben also für die Richtungen in der untersuchten Platte gar keine direkte Bedeutung — ausgenommen zwei Werte einer Grenzkurve, nämlich die Umkehrlagen. Die Werte $n = N \sin i$ in den Umkehrlagen geben die Normalengeschwindigkeiten in der Durchschnittrichtung von Platte und Einfallsebene: Strahl und Normale fallen beim Maximum und Minimum des Grenzwinkels zusammen und liegen beide in der Grenzebene.

Daraus folgt aber, daß an beliebigen Krystallflächen die Messung auf die direkte Beobachtung der Grenzwinkel in den Umkehrlagen beschränkt bleiben muß, denn alle gemessenen Zwischenwerte würden für die zu untersuchende Fläche selbst keine Bedeutung, jedenfalls zur Berechnung keine praktische Bedeutung haben.

Sobald aber die Grenzebene der totalen Reflexion eine Symmetrieebene der Indexfläche wird, dann tritt der specielle Fall ein, daß alle Wellennormalen, deren Geschwindigkeiten durch die Werte $n = N \sin i$ bestimmt sind, in der Krystallfläche selbst liegen und mit den Radien der Indexfläche in der Grenzebene zusammenfallen.

Da die Schnittkurven in den Symmetrieebenen der Indexfläche aber Ellipsen sind, so folgt, daß die an optischen Symmetrieebenen gemessenen Werte, $n = N \sin i$, sich wie Radien einer Ellipse verhalten, deren Achsen je zwei Hauptbrechungsindices sind.

Messen wir also auf optischen Symmetrieebenen beliebige Radien der Schnittellipsen der Indexfläche, so müssen sich daraus die Hauptbrechungsindices, d. h. die Achsen der Ellipse, berechnen lassen.

Um die Berechnung jedoch möglichst zu vereinfachen, messen wir drei beliebige, aber je um 45° voneinander entfernt liegende Grenzwinkel. Die gemessenen Werte der Brechungsindices seien N_0, N_1, N_2, die gesuchten Hauptbrechungsindices A, B. Setzt man dann:

$$\frac{1}{N_0^2} = n_0;\ \frac{1}{N_1^2} = n_1;\ \frac{1}{N_2^2} = n_2;\ \text{und}\ \frac{1}{A^2} = a;\ \frac{1}{B^2} = b,$$

so folgt:

$$\left.\begin{matrix} a \\ b \end{matrix}\right\} = \tfrac{1}{2}\left\{ n_0 + n_2 \pm \sqrt{(n_0 + n_2 - 2\,n_1)^2 + (n_0 + n_2)^2} \right\}$$

1) d. h. der Fläche, deren Radien die Brechungsindices direkt angeben.

Da diese Formel meines Wissens nicht bekannt ist, so gebe ich nachstehend die Ableitung derselben an.

Die Mittelpunktsgleichung der Ellipse in rechtwinkligen Koordinaten ist, wenn A zur X-Achse, B zur Y-Achse gewählt wird,

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = ax^2 + by^2 = 1,$$

unter Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnung.

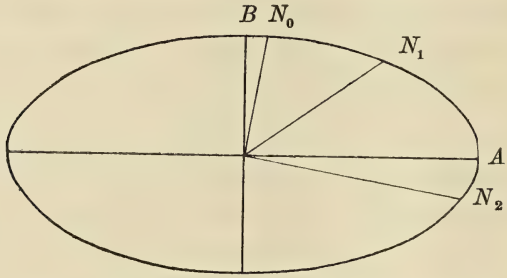

Fig. 1. Zur Berechnung der Formel für die Hauptbrechungsindices.

Sind die Winkel:

$N_0 : B = \varphi_0$; $N_1 : B = \varphi_1$; $N_2 : B = \varphi_2$ (Fig. 1),

so lautet die Ellipsengleichung für den Endpunkt von N_0:

$$\sin^2 \varphi_0 = \frac{n_0 - b}{a - b}; \text{ (I)}$$

ebenso für N_2:

$$\sin^2 \varphi_2 = \frac{n_2 - b}{a - b} = \cos^2 \varphi_0, \text{ (II)}$$

da $\varphi_2 - \varphi_0 = 90^0$.

Endlich für den Punkt N_1 ist die Ellipsengleichung:

$$\sin^2 \varphi_1 = \frac{n_1 - b}{a - b} = \sin^2 (\varphi_0 + 45^0),$$

oder weiter entwickelt:

$$\sin \varphi_0 \cos \varphi_0 = \frac{n_1 - b - \frac{1}{2}(a - b)}{a - b} \text{ (III)}$$

Aus (I) + (II) folgt:

$$a - b = n_0 + n_2 - 2b \text{ (IV)}$$

Aus (I) × (II) = (III)^2 folgt:

$$b = \frac{n_0 + n_2}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(n_0 + n_2 - 2n_1)^2 + (n_0 - n_2)^2} \text{ (V)}.$$

Beide Gleichungen (IV) und (V) führen aber zu der oben gegebenen Formel.

Nach dieser Formel, deren Ausrechnung übrigens weit komplizierter erscheint, als sie ist, erhält man demnach aus einem beliebigen Grenzwinkel und zwei davon um 45° bezw. 90° entfernt liegenden Werten die Hauptbrechungsindices. Inwieweit die berechneten Werte mit den direkt gemessenen Hauptwerten übereinstimmen, soll zunächst an einer Quarzplatte parallel zur optischen Achse und einer Barytplatte parallel einer Symmetrieebene — o P{001} — untersucht werden.

Die Resultate der Messungen, sowie die Angabe der gemessenen und berechneten Brechungsindices sind im folgenden zusammengestellt. Alle Messungen gelten für Na-Licht.

Quarz ∥ ∞ R {10 $\bar{1}$ 0}

I. Gemessene Brechungsindices.

Azimut	Grenzwinkel der totalen Reflexion	Brechungsindices
0°	55° 13½′	1,5527 = ε
90°	54° 45½′	1,5439 = ω
30°	55° 5′	1,5501 = N_0
75°	54° 47′	1,5444 = N_1
120°	54° 52′	1,5460 = N_2
60°	54° 51½′	1,5458 = N_3
105°	54° 46½′	1,5442 = N_4
150°	55° 6½′	1,5505 = N_5

II. ω berechnet.

	berechnet	gemessen	Differenz
Aus N_0 N_1 N_2	1,5437	1,5439	— 0,0002
Aus N_3 N_4 N_5	1,5436	1,5439	— 0,0003

III. ε berechnet.

Aus N_0 N_1 N_2	1,5522	1,5527	— 0,0005
Aus N_3 N_4 N_5	1,5527	1,5527	± 0

Baryt ∥ o P {001}.

I. Gemessene Brechungsindices.

Azimut	Grenzwinkel der totalen Reflexion	Brechungsindices
0°	60° 42′	1,6485 = γ
90°	60° 2′	1,6377 = β
30°	60° 29′	1,6450 = N_0
75°	60° 3½′	1,6381 = N_1
120°	60° 13′	1,6407 = N_2
60°	60° 10½′	1,6400 = N_3
105°	60° 5′	1,6385 = N_4
150°	60° 32′	1,6458 = N_5

II. β berechnet.

	berechnet	gemessen	Differenz
Aus N_0 N_1 N_2	1,6376	1,6377	— 0,0001
Aus N_3 N_4 N_5	1,6377	1,6377	± 0

III. γ berechnet.

Aus N_0 N_1 N_2	1,6481	1,6485	— 0,0004
Aus N_3 N_4 N_5	1,6482	1,6485	— 0,0003

Um die Fehlergrenzen des Instruments zu erkennen, vergleicht man am besten die Messungen am Quarz mit den sehr genau bekannten Brechungsindices [1]), wie sie von Rudberg bestimmt sind:

	Rudberg	Zschimmer	Differenz
ω	1,5442	1,5439	— 0,0003
ε	1,5533	1,5527	— 0,0006

Da beim Baryt der optische Achsenwinkel sehr schwankend und damit auch die Brechungsindices nicht konstant sind, so kann eine Vergleichung der letzteren nur beiläufig von Wert sein. Nachstehend sind meine Werte mit den von Heusser [2]) gemessenen zusammengestellt:

	Heusser	Zschimmer	Differenz
β	1,6375	1,6377	+ 0,0002
γ	1,6480	1,6485	+ 0,0005

Man ersieht also aus der Vergleichung der Differenzen, daß die direkt gemessenen Werte ebenso genau sind (auf 3 Decimalen), wie die berechneten Hauptbrechungsindices — vorausgesetzt natürlich genaue Orientierung der Grenzebene. Letztere Bedingung war beim Baryt gut erfüllt; es betrug die Neigung der angeschliffenen Basis zur natürlichen Spaltfläche des Prismas:

$$(001) : (110) = 89^{\circ}\, 50'.$$

Beim Quarz ergab die Betrachtung des optischen Mittelbildes ebenfalls genaue Orientierung der angeschliffenen optischen Symmetrieebene.

Zur Messung des optischen Achsenwinkels war ich genötigt eine mikroskopische Methode zu wählen, da die Plättchen nur 0,3—1 mm Durchmesser haben.

Bezeichnet nun d den halben Abstand der Achsenpole in beliebigem Maß, Ea den halben scheinbaren Achsenwinkel in Luft und k eine von der Beschaffenheit des Linsensystems abhängige Konstante — „Mallard'sche Konstante" — so gilt, wie zuerst von Abbe [3]) nachgewiesen und weiterhin von Mallard [4]) für den hier speciell vorliegenden Zweck gezeigt wurde, die Beziehung:

$$\sin Ea = k \,.\, d.$$

1) Groth, Phys. Krystallographie, 3. Aufl., 1894, S. 456.

2) Ebenda, S. 297.

3) „On the estimation of aperture in the microscope". Journal of the Royal microscop. Society, 9th March 1881, p. 395. — „Ueber die Bedingungen des Aplanismus der Linsensysteme". Carl's Rep. d. Exp.-Phys., Bd. XVI, 1881, S. 303.

4) Bull. Soc. minér., T. V, 1882, p. 77.

Um das Achsenbild zu erzeugen, benutzte ich ein starkes Objektiv (Brennw. 1,86 mm; num. Apertur 0,74) nebst entsprechendem Kondensor (num. Apertur 1,4) und ein für mikroskopische Achsenwinkelmessungen von Herrn Dr. S. Czapski[1]) neu konstruiertes Okular, über dessen Konstruktion ich Herrn Dr. Czapski nachfolgende Mitteilung verdanke: „Der Apparat ist eine Art Achsenbilder-Okular (Fig. 2). Er besteht aus einem in den Tubus des Mikroskops einsetzbaren — und gegen Drehungen in der üblichen Weise durch ein in den oberen Tubusrand eingreifendes Stiftchen gesicherten — etwa 9 cm langen Rohr, das an seinem unteren Ende eine in Hülse verschiebbare Amici-Bertrand'sche Linse, darüber in der festen Hülse einen Analysator *A* und über diesem wiederum eine kleine Irisblende *I* enthält. Letztere ist mittels des oben aus dem Tubus herausragenden Knöpfchens *k* zu manipulieren. (Die Bewegung des Knöpfchens wird auf den Mechanismus der Iris durch ein in das Hauptrohr eingestecktes Hilfsrohr übertragen).“

„In eine tellerförmige Ausdehnung *T* am oberen Ende des Rohres läßt sich die Meßvorrichtung nebst Okular einstecken und darin mit mäßiger Reibung drehen, so daß die Messungen in jedem Azimut ausgeführt werden können.“

„Die Meßvorrichtung ist ein dem vorliegenden Zweck entsprechend vereinfachtes Okularschraubenmikrometer. In einem parallelepipedischen Kasten *K* ist ein Faden mittels Zahn und Trieb (Knopf *K*, Fig. 2,$_1$) beweglich. Seine Lage wird an einer mit Nonius versehenen Teilung *M* auf 0,05 mm genau abgelesen. Diese Ablesung von außen hat sich als merklich vorteilhafter erwiesen als die unmittelbare Ablesung an einer im Gesichtsfeld des Okulars angebrachten Mikrometerskala, wie sie anfänglich angewendet wurde.“

„In den Kasten *K* ist von oben eine Schiebehülse *S* eingesetzt, die in ihrem oberen Teil von einem kurzen weiteren Rohr *R* umgeben ist. In erstere wird das — beiläufig ziemlich starke — Okular *O* (Fig. 2,$_1$) eingesetzt und behufs Einstellung auf den Meßfaden verschoben. Das kurze weitere Rohr *R* giebt

---

1) Herrn Dr. Czapski gestatte ich mir an dieser Stelle für die in zuvorkommendster Weise gewährte Unterstützung verbindlichsten Dank auszusprechen.

einer nach Entfernung des Okulars dort aufzusetzenden Lupe *L* Halt“ (Fig. $2,_2$).

„Diese Lupe, nach dem Typus der Brücke'schen, mit positiver Vorder- und negativer Augenlinse, hat einen so großen

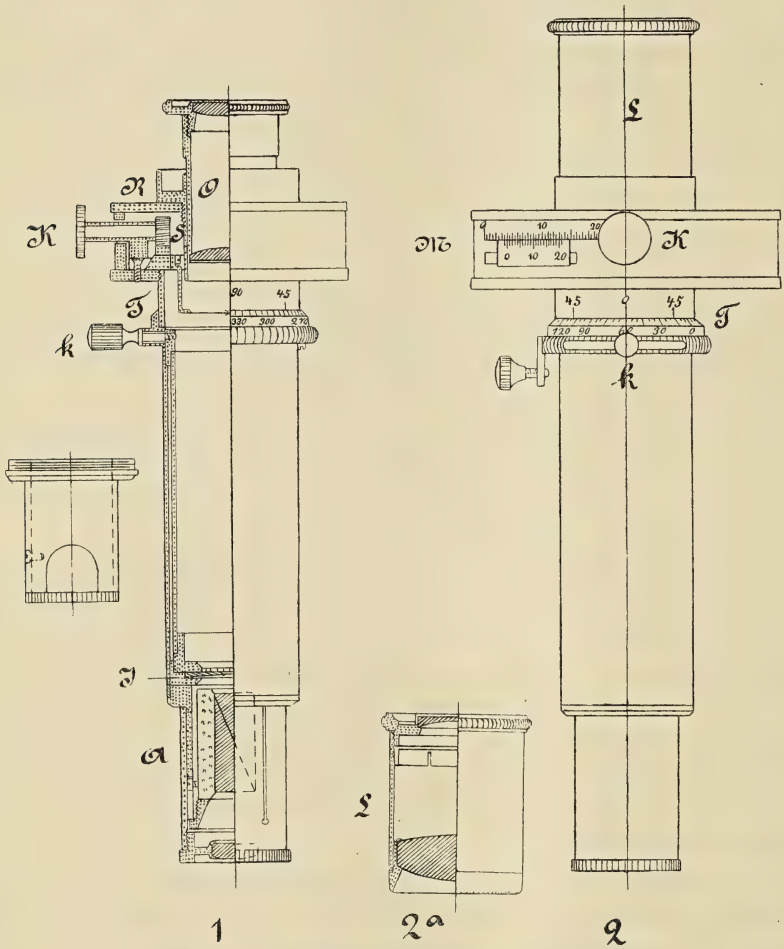

Fig. 2. Achsenbilderokular nach Czapski.

Fokalabstand, daß sie, an der angegebenen Stelle aufgesetzt, ein deutliches Bild der Iris *I* und des in ihr enthaltenen Krystallbildes giebt.“

„Eine nähere Erläuterung des Zwecks dieser Einrichtung und der Vorzüge, die sie nach meiner Ansicht vor der von

F. Becke vorgeschlagenen Meßvorrichtung darbietet, gebe ich in einem der nächsten Hefte der Zeitschrift für Krystallographie. Czapski."

Die Mallard'sche Konstante

$$k = \frac{\sin Ea}{d}$$

wurde durch Messung von 2 Ea im Achsenwinkelapparat und d im Mikroskop an 5 Platten bestimmt. Es ergab sich dabei für Na-Licht folgendes Resultat:

Substanz	Ea	d in mm	k
Kalisalpeter	3° 47′	0,125	0,5279
Sanidin (Eifel)	13° 0′	0,463	0,4859
Aragonit	15° 24′	0,500	0,5311
Borax	29° 22′	0,925	0,5302
Bittersalz	39° 5′	1,213	0,5197

Daraus erhält man im Mittel:

$$k = 0{,}519.$$

Berechnet man damit die Achsenwinkel zurück, so folgt:

d	2 Ea berechnet	2 Ea gemessen	Differenz
0,125	7° 26′	7° 34′	— 0° 48′
0,463	27° 48′	26° 0′	+ 1° 48′
0,500	30° 4′	30° 48′	— 0° 44′
0,925	57° 22′	58° 44′	— 1° 22′
1,213	78° 2′	78° 10′	— 0° 8′

Bei unscharfen Achsenbildern kann die Abweichung demnach bis gegen 2° betragen und dürfte somit nicht viel größer sein, als bei direkten Messungen im Achsenwinkelapparat.

Unter Anwendung der S. 556 ff. beschriebenen Methoden habe ich an 13 Spaltplättchen die nachfolgend zusammengestellten Resultate erhalten.

Bezüglich der Bestimmung der Brechungsindices möchte ich nur bemerken, daß bei der geringen Abweichung der ersten Bisectrix von der Normalen auf o P des Glimmers bei Messung der Grenzwinkel auf dieser Fläche die Genauigkeit der oben beschriebenen Beobachtungsmethode keine Beschränkung erfährt.

Die Beobachtungen der Lage der optischen Achsenebene wurden unter Zuhilfenahme von Schlagfiguren sorgfältigst wiederholt und nachgeprüft.

Spezif. Gewicht D	Brechungsindices (Na-Licht) α	β	γ	Scheinbarer optischer Achsenwinkel in Luft (Na-Licht) 2 Ea	Lage der optischen Achsenebene	Farbe im durchfallenden Licht	Farbe im reflektierten Licht	Einschlüsse
3,068	1,590	absorbiert		?	?	dunkelgrün	pechschwarz	Eisenglanz, etwas Magneteisen.
3,060	1,591	„		13° 36′ ρ < ν	∥ ∞ P̄ ∞	„	„	desgl.
3,039	1,590	„		16° 24′ ρ < ν	∥ ∞ P̄ ∞	grün	„	Magneteisen, vereinzelt Eisenglanz.
3,017	1,592	„		17° 10′ Disp.?	∥ ∞ P̄ ∞	„	dunkelbraun	Magneteisen, Eisenhydroxyd.
2,864	?	?	?	23° 10′ ρ < ν	∥ ∞ P̄ ∞	grünlich-hellbraun	dunkelbraun-bronzefarbig	Vereinzelt große, breite Rutilnadeln.
2,837	?	?	?	24° 46′ ρ < ν	?	„	gelbbraun-bronzefarbig	Magneteisen, Eisenhydroxyd, Rutil in reichlicher Menge.
2,800	?	?	?	30° 6′ ρ < ν	∥ ∞ P̄ ∞	blaß-grünlich-braun	messinggelb	desgl.
2,749	1,576	1,587	1,617	?	?	„	„	Reichliche Mengen breiter und feiner Rutilnadeln. Etwas Magneteisen und Eisenhydroxyd.
2,740	?	?	?	30° 6′ Disp.?	?	grünlich-hellbraun	grau-silberweiß	Reichliche Mengen Rutilnadeln.
2,726	?	?	?	21° 44′ Disp.?	⊥ ∞ P̄ ∞	braungelb	hellbraun-bronzefarbig	Eisenglanz. Rutil sehr vereinzelt.
2,684	1,579	1,613	1,613 ber. 1,618 gem.	[1]18° 42′ ρ < ν	⊥ ∞ P̄ ∞	hellbraun	dunkelbraun-bronzefarbig	Magneteisen, etwas Eisenglanz, vereinzelt breite Rutilnadeln.
2,672	?	?	?	20° 56′ ρ < ν	⊥ ∞ P̄ ∞	gelbbraun	dunkel-messinggelb	Eisenglanz, etwas Magneteisen.
2,622	1,577	1,606	1,606 ber. 1,627 gem.	[2]17° 10′ Disp.?	∥ ∞ P̄ ∞	braungelb	hellbraun-bronzefarbig	Vereinzelt größere Rutilnadeln.

1) 2 Va = 11° 24′. 2) 2 Va = 10° 40′.

Aus Ea und dem mittleren Brechungsexponenten β wurde der wahre optische Achsenwinkel 2 Va berechnet. Aus diesem Werte wurde dann mit Hilfe von α (kleinster Brechungsindex) und β der größte Brechungsindex γ zurückberechnet.

Bei der oben gegebenen Zusammenstellung sind alle Daten nach dem specifischen Gewicht angeordnet. Mit dieser Anordnung läßt sich jedoch noch nicht viel thun hinsichtlich der Erkenntnis des Zusammenhanges von chemischer Umwandlung und Aenderung der physikalischen Konstanten, sie kann nur die Bedeutung einer ersten Uebersicht haben: denn zweifellos wird das specifische Gewicht des Glimmers durch die Einschlüsse ganz bedeutend verändert und zwar wohl stets erhöht. Während reiner Biotit im specifischen Gewicht zwischen 2,8—3,2 schwankt, haben die Einschlüsse — Rutil 4,2—4,6, Eisenglanz 4,5—5,3 und Magneteisen 4,9—5,2 — alle viel höheres Gewicht, als der Glimmer.

Den sichersten Anhalt für die Beurteilung des Grades der Zersetzung dürfte wohl die Farbe der Glimmerplättchen bieten, und daran zeigt sich eben, daß in der Anordnung nach dem specifischen Gewicht, je nach der Menge und Art der Einschlüsse, sehr stark zersetzte Plättchen vor frischeren vorausgehen. Ich lenke auf diesen Punkt die Aufmerksamkeit besonders deshalb, weil davon die richtige Deutung aller Resultate, namentlich der analytischen Untersuchung abhängt.

Die Vergleichung der optischen Achsenwinkel und der Farbe der Plättchen zeigt auf den ersten Blick, daß mit zunehmender Bleichung der optische Achsenwinkel vergrößert wird. Demnach dürften sich, nach Farbe und Achsenwinkel geordnet, die Glimmerplättchen noch am besten in der natürlichen Reihenfolge der Umwandlung darstellen. Man wird aber auch sogleich bemerken daß dies nicht ohne weiteres geschehen darf, da auffallenderweise bei einigen Glimmern in mittlerem Stadium der Zersetzung die optischen Achsen bald parallel, bald senkrecht zur Symmetrieebene liegen und dabei doch naheliegende Werte des optischen Achsenwinkels gemessen worden sind. Man muß die Glimmer erster Art daher aus der Reihe ausscheiden und neben die übrigen Plättchen an die entsprechende Stelle setzen.

Ich stelle nun im folgenden die Resultate in der eben bezeichneten Reihenfolge zusammen:

Glimmer II. Art.

Farbe im reflektierten Licht	Farbe im durchfallenden Licht	2 Ea	2 Va	α	β	γ	D
pechschwarz	dunkelgrün	—	—	1,590	absorbiert		3,068
„	„	13° 36′	—	1,591	„		3,060
„	grün	16° 24′	—	1,590	„		3,039
dunkelbraun	„	17° 10′	—	1,592	„		3,017
hellbraun-bronzefarbig	braungelb	17° 10′	10° 40′	1,577	1,606	1,627 gem. 1,606 ber.	2,622
dunkelbraun-bronzefarbig	grünlich-hellbraun	23° 10′	—	—	—	—	2,864
gelbbraun-bronzefarbig	„	24° 46′	—	—	—	—	2,837
messinggelb	blaß-grünlich-braun	30° 6′	—	—	—	—	2,800
„	„	—	—	1,576	1,587	1,617	2,749
grau-silberweiß	grünlich-hellbraun	30° 6′	—	—	—	—	2,740

Glimmer I. Art.

Farbe im reflektierten Licht	Farbe im durchfallenden Licht	2 Ea	2 Va	α	β	γ	D
dunkelbraun-bronzefarbig	hellbraun	18° 42′	11° 24′	1,579	1,613	1,618 gem. 1,613 ber.	2,684
dunkel-messinggelb	gelbbraun	20° 56′	—	—	—	—	2,672
hellbraun-bronzefarbig	braungelb	21° 44′	—	—	—	—	2,726

Aus unserer Zusammenstellung erhalten wir nun folgendes Bild der Umwandlungsvorgänge bei der Bleichung des frischen Biotits, soweit sich dieselben auf die physikalischen Eigenschaften beziehen:

1) Das specifische Gewicht des Glimmers nimmt allmählich ab. Die äußersten Grenzen — wenn wir die Einschlüsse berücksichtigen — sind etwa:

D = 3,0 für den frischen Biotit,
D = 2,6 für den gebleichten Glimmer.

2) Die Farbe wandelt sich etwa nach folgender Skala um:

pechschwarz,
dunkelbraun,
dunkelbraun-bronzefarbig,
hellbraun-bronzefarbig,
gelbbraun-bronzefarbig,
dunkel-messinggelb,
messinggelb,
grau-silberweiß.

3) Die Farbe der parallel zur Spaltungsrichtung schwingenden Strahlen geht von Dunkelgrün allmählich in braune und gelbliche Töne über, der Pleochroïsmus und die Absorption werden also schwächer.

4) Der optische Achsenwinkel wird mit zunehmender Bleichung vergrößert; er wächst von etwa

$$2\,Ea = 13^0 \text{ für frischen Glimmer bis}$$
$$2\,Ea = 30^0 \text{ für gebleichten Glimmer}$$

und hat sich demnach um ca. 17^0 geändert.

5) Die Stärke der Lichtbrechung nimmt ab, wie schon der Glanz der Glimmerplättchen deutlich zeigt. Und zwar nehmen alle 3 Hauptbrechungsindices ab, doch, wie es scheint, β stärker als γ, so daß der Achsenwinkel größer wird. Wie die zurückberechneten Werte von γ zeigen, ist die Genauigkeit der Messung wohl nur auf 2 Decimalen anzunehmen. Dementsprechend wären die beobachteten Grenzwerte der Lichtbrechung etwa folgende:

α	Differenz	β	Differenz	γ	Differenz
1,59	0,01	1,61	0,02	1,63	0,01
1,58		1,59		1,62	

6) Von besonderem Interesse ist aber die Lage der optischen Achsenebene. Wie wir sehen, steht diese nicht mit der Aenderung der optischen Konstanten in Beziehung, sonst müßte ja der optische Achsenwinkel über ein gewisses Maximum hinaus wieder abnehmen, zu Null werden, um dann bei stetig fortschreitender chemischer Veränderung des Glimmers in der Ebene senkrecht zu $\{010\}$ von neuem zu wachsen. Da dieses aber nicht der Fall ist, sondern vielmehr äußerlich gleich stark zersetzte Glimmer mit nahezu gleichen optischen Konstanten entgegengesetzte Lage der optischen Achsenebene zeigen, so schließe ich daraus auf eine durch die Verschiedenheit der physikalischen Verhältnisse (Wärme, Licht, Konzentration der Lösungen etc.) bedingte Verschiedenheit in der vor sich gehenden Aenderung der Krystallstruktur des Glimmers.

Wie ich später zeigen werde, beruht die Verschiedenheit der Lage der optischen Achsen überhaupt nicht in chemischer Verschiedenheit der Glimmer I. und II. Art, sondern, wie ich annehme, in Verschiedenheit der Krystallstruktur. Dadurch wird es aber wahrscheinlich, daß auch bei der Umwandlung des Biotits gleichzeitig beide Modifikationen entstehen

können: Je nach den physikalischen Umständen behält der Glimmer II. Art seine ursprüngliche Krystallstruktur, oder er lagert sich um und liefert damit Glimmer I. Art.

Ob in der eben geschilderten Umwandlung des Biotits ein Bildungsprozeß zu erblicken ist, dessen Endprodukte noch Glimmer — sei es II. oder I. Art — zu nennen sind, darüber kann erst die chemische Untersuchung Aufschluß geben. Hier kann nur das Resultat der physikalischen Untersuchung dahin zusammengefaßt werden, daß durch den Vorgang der Bleichung aus dem Biotit Produkte entstehen, deren optische Eigenschaften sich im Sinne einer Umwandlung des Biotits in ein dem Kaliglimmer ähnliches Mineral geändert haben.

Chemische Untersuchung.

1. Mikroskopische Beschaffenheit der analysierten Proben.

Die Gesamtmasse des aus dem Granitit vom Schneidemüllerskopf gewonnenen Biotits wurde in Portionen getrennt, welche je etwa 0,01—0,03 im specifischen Gewicht differierten, und daraus die Proben für die Analyse gewählt, wie aus nachstehender Uebersicht zu ersehen ist:

Specif. Gewicht	Differenz	Nr. der Analyse
3,101		
	0,027	I
3,074		
	0,060	—
3,014		
	0,020	II
2,994		
	0,051	—
2,943		
	0,016	III
2,927		
	0,063	—
2,864		
	0,020	IV
2,844		
	0,020	—
2,820		
	0,010	V
2,810		
	0,017	—
2,793		
	0,022	VI
2,771		

Das Material zu den Analysen I—VI wurde mikroskopisch untersucht, und zwar wurden bestimmt: der optische Achsenwinkel, die Lage der optischen Achsen und ihre Dispersion, ferner die Einschlüsse und das Mischungsverhältnis der in den Portionen vorhandenen verschiedenen Arten von Plättchen. Letzteres wurde, annähernd wenigstens, ermittelt durch Abzählen gut gemischter

Proben von etwa 60—80 Plättchen. Das Resultat der mikroskopischen Untersuchung ist im Folgenden zusammengestellt.

Die optischen Achsenwinkel sind nach der S. 562 ff. beschriebenen Methode bei gewöhnlichem Gaslicht gemessen.

I.

D = 3,101—3,074.

Gemenge von:

a) 45 % Glimmerplättchen mit Einschlüssen von Magneteisen und Eisenglanz;

b) 55 % einschlußfreien Glimmerplättchen.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
30° 4′	Sehr reich an Magneteisen und Eisenglanz.
28° 32′	„ „ „ „ „ „
22° 28′	Geringe Menge von „ „ „
20° 44′	Einschlußfrei.
21° 42′	„
17° 56′	„

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlußführend 2 Ea = 27° 1′

b) Einschlußfrei 2 Ea = 21° 47′.

Der Glimmer ist pechschwarz, zum Teil dunkelbraun-bronzefarbig, im durchfallenden Licht dunkelgrün gefärbt und zeigt starken Glasglanz. Die Farbe des Pulvers ist rötlich-grau.

II.

D = 3,014—2,994.

Gemenge von:

a) 57 % Glimmer mit Magneteisen und Eisenhydroxyd (Eisenglanz, Rutil);

b) 43 % einschlußfreiem Glimmer.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
28° 32′	Viel Magneteisen und Eisenglanz.
25° 28′	„ „ „ und Eisenhydroxyd.
22° 28′	„ „ „ „ „
11° 56′	Magneteisen, Eisenhydroxyd, Rutil.
25° 30′	Einschlußfrei (vereinzelt Rutil und Eisenglanz).
23° 58′	„ „ „ „ „
19° 26′	„ „ „ „ „

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlußführend 2 Ea = 22° 28′

b) Einschlußfrei 2 Ea = 22° 58′.

Die Glimmerplättchen sind braunschwarz, zum Teil dunkelbronzefarbig, im durchfallenden Licht moosgrün oder gelblichbraun und zeigen Glasglanz. Das Pulver ist hell bräunlich-grau.

III.

D = 2,943—2,927.

Gemenge von:

a) 40 % Glimmer mit Magneteisen, Eisenhydroxyd (und Rutil);

b) 50 % einschlußfreiem Glimmer (mit Rutil);

c) 10 % Chlorit [1]).

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
17° 10′	Sehr viel Magneteisen und Eisenhydroxyd.
17° 56′	Magneteisen und Eisenhydroxyd (Rutil).
23° 12′	„ „ „
28° 32′	Eisenglanz, Rutil.
30° 4′	Magneteisen und Eisenhydroxyd (Rutil).
28° 32′	Einschlußfrei.
31° 38′	„ (mit Rutil).
40° 4′	„

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlußführend 2 Ea = 23° 23′

b) Einschlußfrei (mit Rutil) 2 Ea = 33° 25′.

Die Farbe der Plättchen ist bräunlich-dunkelgrau, im durchfallenden Licht grünlich-braun, gelblich-braun oder blass gelblich-grün; der Glanz ist ziemlich stark (Perlmutterglanz), die Farbe des Pulvers gelblich-bräunlichgrau.

IV.

D = 2,864—2,844.

Gemenge von:

a) 47 % Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Rutil;

1) Mit Sicherheit nicht zu bestimmen; ich schließe aus der intensiv blaugrünen Farbe (gegenüber den mehr bräunlich gefärbten Glimmern), daß Chlorit vorliegt.

b) 24 % einschlußfreiem Glimmer;
c) 2 % Chlorit[1]).

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
39° 26′	Reichliche Mengen Rutilnadeln, Eisenglanz.
28° 32′	„ „ „ Eisenhydroxyd.
28° 32′	Eisenglanz, Eisenhydroxyd, Rutil.
28° 32′	Einschlußfrei.
27° 0′	„ (etwas Eisenglanz).
25° 30′	„

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:
a) Einschlußführend 2 Ea = 32° 10′
b) Einschlußfrei 2 Ea = 27° 2′.

Die Plättchen sind dunkel silbergrau-bräunlich gefärbt, im durchfallenden Licht hellbraun, gelblich-braun oder blaß grünlich und zeigen metallartigen Glanz. Das Pulver ist dunkel gelblich-grau gefärbt.

V.

D = 2,810—2,820.

Glimmer mit Rutil, Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
39° 26′	Viel Rutil; Eisenglanz und Eisenhydroxyd.
37° 50′	„ „ „ „ „
37° 50′	„ „ „ „ „
31° 38′	„ „ „ „ „
27° 0′	Fast einschlußfrei.
25° 30′	Viel Rutil; Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

Mittelwert des optischen Achsenwinkels:
a) Einschlußführend 2 Ea = 34° 27′
b) Einschlußfrei 2 Ea = 27° 0′.

Die Plättchen sind bräunlich-silbergrau gefärbt, im durchfallenden Licht gelblich-braun oder blaß grünlich und zeigen metallartigen Glanz. Das Pulver ist hell gelblich-grau gefärbt.

In dieser Portion fand ich zum ersten Male einen Glimmer I. Art und zwar nur ein Plättchen, welches mit Sicherheit die

1) Vergl. die Anmerk. S. 572.

Lage der optischen Achsen senkrecht zur Symmetrieebene erkennen ließ, und dessen Achsenwinkel zu

$$2\,Ea = 22^0\ 28'$$

gemessen wurde ($\varrho < \nu$). Wenngleich die Auffindung mehrerer solcher Plättchen I. Art durch die Schwierigkeit, die Lage der optischen Achsen mit Sicherheit zu bestimmen, beschränkt ist, so darf man doch wohl schließen, daß sich Glimmer I. Art nur sehr vereinzelt in dieser Portion vorfinden.

VI.

D = 2,793—2,771.

Glimmer mit Rutil, Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
41° 2′	Viel Rutilnadeln, Eisenhydroxyd.
39° 26′	„ „ „
36° 18′	Reichliche Menge dicker und dünnerer Rutilnadeln, Eisenglanz und wenig Eisenhydroxyd.
36° 18′	Reichliche Mengen dicker und dünnerer Rutilnadeln (sehr vereinzelt Eisenglanz und Eisenhydroxyd).
33° 10′	Reichliche Mengen dicker und dünnerer Rutilnadeln, Eisenglanz und wenig Eisenhydroxyd.
27° 44′	Fast einschlußfrei (etwas Eisenhydroxyd).
27° 0′	Viel Rutil, etwas Eisenglanz.

Mittelwert des optischen Achsenwinkels:

$$2\,Ea = 34^0\ 25'.$$

Die Plättchen sind hell silbergrau, im durchfallenden Licht blaß grünlich-braun oder blaß gelblich-grün bis farblos und zeigen metallartigen Glanz. Die Farbe des Pulvers ist licht gelblich-grau.

Auch bei dieser Portion ließ sich an einem fast einschlussfreien Plättchen mit Sicherheit die Lage der optischen Achsenebene senkrecht zur Symmetrieebene nachweisen. Der optische Achsenwinkel dieses Glimmers I. Art wurde gemessen zu

$$2\,Ea = 27^0\ 0',$$

die Dispersion ist $\varrho < \nu$.

Um nun eine Uebersicht über das optische Verhalten der in den analysierten Portionen I — VI enthaltenen Glimmerplättchen zu bekommen, stelle ich die gewonnenen Resultate im folgenden kurz zusammen:

No.	Specif. Gewicht im Mittel	2 Ea der einschlußfreien Plättchen im Mittel		2 Ea der einschlußführenden Plättchen im Mittel		2 Ea Mittelwert für alle Plättchen	Glanz	Farbe		Farbe des Pulvers
		II. Art	I. Art	II. Art	I. Art			im reflektierten Licht	im durchfallenden Licht	
I.	3,09	21° 47′	—	27° 1′	—	24° 14′	starker Glasglanz	pechschwarz, dunkelbraun-bronzefarbig	dunkelgrün	rötlich-grau
II.	3,00	22° 58′	—	22° 28′	—	22° 28′	Glasglanz	braun-schwarz, dunkel bronzefarbig	moosgrün, gelblich-braun	hell bräunlich-grau
III.	2,94	33° 25′	—	23° 23′	—	27° 8′	Perlmutter-glanz	bräunlich, dunkelgrau	grünlich-braun, gelblich-braun, blaß gelblich-grün	gelblich bräunlich-grau
IV.	2,85	27° 2′	—	32° 10′	—	29° 29′	metallartiger Glanz	dunkel bräunlich-silbergrau	hellbraun, gelblich-braun, blaß grünlich	dunkel gelblich-grau
V.	2,82	27° 0′	22° 28′	34° 27′	—	II. Art: 33° 12′ I. Art: 22° 28′	„	bräunlich, silbergrau	gelblich-braun blaß grünlich	hell gelblich-grau
VI.	2,78	—	27° 0′	34° 25′	—	II. Art: 34° 25′ I. Art: 27° 0′		hell silbergrau	blaß grünlich-braun, blaß gelblich-grün bis farblos	licht gelblich-grau

Vergleichen wir die Mittelwerte der optischen Achsenwinkel, so zeigt sich eine Zunahme mit abnehmendem specifischen Gewicht. Nur die beiden ersten Portionen folgen dieser Gesetzmäßigkeit nicht, ebenso weichen auch die Glimmer I. Art in Portion V und VI davon beträchtlich ab. Vergleicht man aber bei I und II die an homogenen Plättchen gemessenen Werte, so erscheint es wahrscheinlich, daß für I der optische Achsenwinkel doch geringer ist als für II, insbesondere da ja die Differenz von ca. 2° — wie oben S. 565 gezeigt wurde — schon durch Beobachtungsfehler allein bedingt sein kann. Von dieser Abweichung abgesehen, führt die mikroskopische Untersuchung der Glimmerplättchen in den analysierten Portionen also zu demselben Resultat wie die genauere physikalische Untersuchung der oben S. 566 ff. beschriebenen Plättchen.

b) Analytische Resultate:

Die qualitative Analyse des untersuchten Glimmers ergab, wie auch Müller [1]) konstatiert hat, die Abwesenheit von Fluor. Alle Portionen enthalten außer den wesentlichen Bestandteilen des Glimmers noch Titansäure und Mangan in geringen Mengen.

Der Gang der Analyse war der bei Silicaten übliche. Das Wasser wurde nach der Sipöcz'schen Methode [2]), das Eisenoxydul in der mit FH im Kohlensäurestrom aufgeschlossenen Probe bestimmt.

	I	Analyse von Müller	II	III	IV	V	VI
Specifisches Gewicht im Mittel	3,09	3,01	3,00	2,94	2,85	2,82	2,78
	%	%	%	%	%	%	%
SiO_2	32,746	38,79	35,382	35,693	33,930	35,880	36,873
Al_2O_3	14,786	8,25	15,628	17,849	16,018	18,878	21,210
Fe_2O_3	23,535	23,45	16,265	18,614	17,750	14,974	11,965
MgO	10,250	8,50	12,303	11,826	13,529	13,660	12,339
CaO	3,086	0,88	1,592	2,222	1,851	1,338	1,784
FeO	5,355	10,68	8,064	4,640	3,685	3,686	3,633
K_2O	4,299	4,92	5,342	3,271	3,294	2,249	2,364
Na_2O	—	—	0,218	0,394	—	—	—
H_2O	3,792	4,10	5,381	5,816	7,801	7,734	7,636
TiO_2	1,852	—	0,807	0,144	1,227	1,247	1,611
Summe	99,701	99,57	100,982	100,469	99,085	99,646	99,415

1) l. c. S. 12.

2) Sitzungsber. der K. K. Akademie Wien, Bd. LXXVI, Heft 1, S. 51

Molekularproportionen:

	I	Analyse von Müller	II	III	IV	V	VI
Specifisches Gewicht im Mittel	3,09	3,01	3,00	2,94	2,85	2,82	2,78
SiO_2	54 305	63 445	58 675	59 193	56 267	59 502	61 149
Al_2O_3	14 499	8 088	15 318	17 499	15 704	18 508	20 794
Fe_2O_3	14 728	14 674	10 177	11 657	11 108	9 370	7 487
MgO	25 434	21 092	30 529	29 345	33 571	33 895	30 617
CaO	5 521	1 574	2 848	3 975	3 311	2 394	3 191
FeO	7 448	14 854	11 216	5 808	5 125	5 127	5 053
K_2O	4 573	5 234	5 683	3 480	3 504	2 393	2 573
Na_2O	—	—	352	636	—	—	—
H_2O	21 067	22 778	29 894	32 311	43 339	42 966	42 423
TiO_2	2 317	—	807	180	1 535	1 560	2 016

Wenn wir nun versuchen, die oben zusammengestellten Analysen auf bestimmte Formeln zu berechnen, so sind folgende Umstände wohl zu beachten:

1) Jede unserer Analysen giebt die chemische Zusammensetzung eines Gemenges verschiedener Mineralien, resp. von deren Zersetzungsprodukten an. Im wesentlichen kommen hier in Frage: Glimmer in verschiedenen Stadien der Zersetzung und Einschlüsse von Magneteisen, Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Rutil.

2) Eine Formel für den frischen Biotit — wenn sie nicht rein empirisch sein soll — setzt die Annahme bestimmter Formen der darin enthaltenen Silicate voraus. Da nun die Tschermak'sche Theorie wohl immer noch die anschaulichste Vorstellung über die Zusammensetzung und die Beziehungen der Glimmermineralien giebt, so halte ich mich zunächst an die von Tschermak gegebene Biotitformel, nach welcher der Biotit aus den beiden Silicaten $K = (K, H)\,Al\,Si\,O_4$ und $M = (Mg, Fe)_2\,Si\,O_4$ besteht.

Tschermak nimmt an, daß in dem K-Silicat nur die Verhältnisse:

$$H : K = 2 : 1,\ 1 : 1,\ 1 : 2$$

bestehen und für die verschiedenen Glimmerarten charakteristisch sind. Insbesondere unterscheiden sich danach die von Tschermak angenommenen Biotitarten:

Lepidomelan $x\,K_2\,H_4\,Al_6\,Si_6\,O_{24} + y\,(Mg, Fe)_{12}\,Si_6\,O_{24}$

Meroxen $x\,K_3\,H_3\,Al_6\,Si_6\,O_{24} + y\,(Mg, Fe)_{12}\,Si_6\,O_{24}$

Anomit $x\,K_4\,H_2\,Al_6\,Si_6\,O_{24} + y\,(Mg, Fe)_{12}\,Si_6\,O_{24}$

Der von mir untersuchte Biotit — ein Glimmer II. Art — müßte also entweder Meroxen oder Lepidomelan sein oder, wenn wir mit GROTH [1]) die Existenz von Uebergangsgliedern der K-Silicate annehmen, eine Mischung der beiden Glimmerarten darstellen. Was die Zersetzungsprodukte des frischen Biotits angeht, so steht nach der Theorie zu erwarten, daß sich die Silicate K und M resp. ihr Verbindungsverhältnis in bestimmter Weise verändern werden. Da dieser Prozeß aber allmählich vor sich geht, so können wir natürlich nicht erwarten, Formeln mit einfachen rationalen Verhältniszahlen zu erhalten, abgesehen davon, daß in jeder Portion ein Gemenge von reinen Glimmern verschiedener Zusammensetzung vorliegt.

Unter diesen Gesichtspunkten versuche ich nun die Resultate der Analysen darzustellen, jedoch ist noch über die Berechnung folgendes zu bemerken:

Die untersuchten Glimmer schließen Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Magneteisen ein, daher ist es unumgänglich, wenigstens angenähert das Verhältnis der eingeschlossenen Mengen zum reinen Glimmer zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurden etwa 50—60 einschlußführende Plättchen jeder Portion mikroskopisch untersucht und die Mengenverhältnisse abgeschätzt. Das Mittel aus den so gefundenen Mischungsprozenten ist in nachfolgender Berechnung angegeben.

Bezüglich der Titansäure wurde angenommen, daß dieselbe für SiO_2 eintritt, wenn Rutileinschlüsse fehlen, anderenfalls wurde die Gesamtmenge als Rutil in Anrechnung gebracht.

I.

D = 3,09.

Das analysierte Material bildet ein Gemenge von ca. 45 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Magnetit neben ca. 55 Proz. einschlußfreiem Glimmer. In den einschlußführenden Plättchen ist Magneteisen nur in minimalen Mengen vorhanden, dagegen erscheinen die Plättchen mit Eisenglanz (und etwas Eisenhydroxyd) so reichlich erfüllt, daß anzunehmen ist, der Gehalt an Eisenoxyd in dieser Form betrage 50 Proz. Daraus ist aber zu schließen, daß sich in den analysierten Sub-

1) Tab. Uebersicht der Mineralien, 1898, S. 129, Anm.

stanzen ca. 20 Proz. Fe_2O_3 in Form von freiem Eisenoxyd resp. -hydroxyd befinden.

Die Berechnung geht davon aus, daß alle Kieselsäure und, bei Abwesenheit von Rutil, auch die TiO_2 im Glimmer enthalten ist. Im übrigen sind diejenigen Gemengteile, welche bei den einzelnen Silicaten als Ausgangspunkt für die Rechnung gedient haben, durch ein Sternchen (*) kenntlich gemacht.

In Molekularproportionen:

	$SiO_2 + TiO_2$	Al_2O_3	$MgO + CaO$	FeO	K_2O	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	56 622	14 499	30 955	7 448	4 573	21 067	14 728
$(K, H)_6 Al_6 Si_6 O_{24}$	28 998	* 14 499	—	—	4 573	9 926	—
$(Mg, Ca)_2 Si O_4$	15 477,5	—	* 30 955	—	—	—	—
$Fe_2 Si O_4$	3 724	—	—	* 7 448	—	—	—
$H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$	* 8 422,5	—	—	—	—	4 211	4 211
Summe	56 622	14 499	30 955	7 448	4 573	14 137	4 211
Rest	0	0	0	0	0	6 930	10 517

Nach dieser Berechnung bleiben also übrig:

16,806 Proz. Fe_2O_3
1,247 „ H_2O

in Form von Eisenglanz und Eisenhydroxyd. Wenn wir das spezifische Gewicht des Eisenglanzes zu 5 annehmen, so würde sich für den analysierten Glimmer ohne Eisenglanz der durchschnittliche Wert D = 2,9 ergeben.

Für dieses Gemenge aber ergiebt die obige Berechnung angenähert die Formel:

I) $2\,(KH_3)_6\,(Al_7\,Fe_2)_6\,Si_6\,O_{24} + [(Mg, Ca)_4\,Fe]_{12}\,Si_6\,O_{24}$.

Analyse von Müller.

D = 3,01.

Da Müller[1]) Angaben über Natur und Menge der Einschlüsse in dem von ihm untersuchten Materiale nicht macht, so ist man mit der Berechnung der Analyse vor eine recht schwierige Aufgabe gestellt. Der hohe Gehalt an Kieselsäure deutet auf Quarz-Einschlüsse, während der vergleichsweise große Gehalt an FeO, wie ich hier vorgreifend erwähne, auf einen frischen Biotit, und doch wieder das reichlich vorhandene Eisen

1) l. c. S. 20.

oxyd auf Eisenglanz als Einschlußmineral hindeutet. Wenn ich daher nachstehend eine Berechnung der Analyse versuche, so bin ich mir wohl bewußt, daß das Silicat $H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$ wohl etwas zu hoch, der Gehalt an Eisenglanz dagegen zu niedrig bestimmt sein wird.

In Molekularproportionen:

	SiO_2	Al_2O_3	$MgO + CaO$	FeO	K_2O	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	63 445	8 088	22 666	14 854	5 234	22 778	14 674
$(K, H)_6 Al_6 Si_6 O_{24}$	16 176	* 8 088	—	—	5 234	2 854	—
$(Mg, Ca)_2 Si O_4$	11 333	—	* 22 666	—	—	—	—
$H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$	25 696	—	—	—	—	* 12 848	12 848
$Fe_2 Si O_4$	7 427	—	—	* 14 854	—	—	—
Summe	60 632	8 088	22 666	14 854	5 234	15 702	12 848
Rest	2 813	0	0	0	0	7 076	1 826

Vorstehende Berechnung, bei welcher

1,696 Proz. SiO_2 als Quarz,

2,918 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd

1,273 „ H_2O } und Wasser

auszuscheiden sind, ergiebt also die Formel:

$$2(KH_3)_6(Al_2Fe_3)_6Si_6O_{24} + [(Mg,Ca)_3Fe_2]_{12}Si_6O_{24},$$

welche, unter Berücksichtigung des oben über die Beschaffenheit des frischen Glimmers und die Menge des Eisenoxyds Gesagten zu Gunsten des Kaliums in dem Muscovitmolekül zu verbessern wäre und damit der Formel des Lepidomelans:

$$1{,}674\,(K_2H_4)_6(AlFe)_6Si_6O_{24} + [(Mg,Ca)_3Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$$

nahekommt. Würde man letztere annehmen, so blieben als Rest:

7,953 Proz. SiO_2 als Quarz,

11,282 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

2,216 „ H_2O }

II.

D = 3,00.

Das analysierte Material besteht aus ca. 57 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und sehr wenig Magnetit neben 43 Proz. einschlußfreiem Glimmer. In den einschlußführenden Plättchen sind etwa 25 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd ent-

halten, so daß nach dieser Schätzung in der gesamten Portion ca. 14 Proz. solcher Einschlüsse anzunehmen sind, also weniger als in No. I.

In Molekularproportionen:

	$SiO_2 + TiO_2$	Al_2O_3	$MgO + CaO$	FeO	$K_2O + Na_2O$	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	59 482	15 318	33 377	11 216	6 035	29 894	10 177
$(K, H)_6 Al_6 Si_6 O_{24}$	30 636	* 15 318	—	—	6 035	9 283	—
$(Mg, Ca)_2 Si O_4$	16 688,5	—	* 33 377	—	—	—	—
$Fe_2 Si O_4$	5 608	—	—	* 11 216	—	—	—
$H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$	* 6 549,5	—	—	—	—	3 275	3 275
Summe	59 482	15 318	33 377	11 216	6 035	12 588	3 275
Rest	0	0	0	0	0	17 336	6 902

Die vorstehende Berechnung ergiebt einen Rest von
11,030 Proz. Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
3,120 „ H^2O } und Wasser
und führt zu der Formel:

(II) $1{,}668\,(K_2H_4)_6\,(Al_9Fe_2)_6\,Si_6O_{24} + [(Mg, Ca)_3Fe]_{12}\,Si_6O_{24}$.

III.

D = 2,94.

Diese Portion bildet ein Gemenge von 40 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und sehr wenig Magnetit nebst Rutil und von 60 Proz. einschlußfreiem Glimmer. Die Menge der Einschlüsse von Eisenglanz und Eisenhydroxyd beträgt etwa 33 Proz. der einschlußführenden Plättchen, also ca. 13 Proz. des analysierten Materials, während Magnetit nur sehr vereinzelt erscheint.

In Molekularproportionen:

	SiO_2	Al_2O_3	$MgO + CaO$	FeO	$K_2O + Na_2O$	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	59 193	17 499	33 320	5 808	4 116	32 311	11 657
$(K, H)_6 Al_6 Si_6 O_{24}$	34 998	* 17 499	—	—	4 116	13 383	—
$(Mg, Ca)_2 Si O_4$	16 660	—	* 33 320	—	—	—	—
$Fe_2 Si O_4$	2 904	—	—	* 5 808	—	—	—
$H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$	* 4 631	—	—	—	—	2 315	2 315
Summe	59 193	17 499	33 320	5 808	4 116	15 698	2 315
Rest	0	0	0	0	0	16 613	9 342

Nach vorstehender Berechnung sind als Einschlüsse vorhanden:

0,144 Proz. TiO_2 Rutil
14,917 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
2,984 „ H_2O } und Wasser.

Die Formel, welche daraus folgt, ist aber:

(III) $2{,}025\,(K_2H_8)_6(Al_8Fe)_6Si_6O_{24} + [(Mg, Ca)_{11}Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$.

IV.

D = 2,85.

Das Material bildet ein Gemenge von 74 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Rutil neben 26 Proz. einschlußfreiem Glimmer. In den einschlußführenden Plättchen war die Menge der Einschlüsse auf etwa 20 Proz. zu schätzen, wonach sich für die gesamte Portion ca. 15 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd ergeben würden.

In Molekularproportionen:

	SiO_2	Al_2O_3	$MgO + CaO$	FeO	K_2O	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	56 267	15 704	36 882	5 125	3 504	43 339	11 108
$(K, H)_6Al_8Si_6O_{24}$	31 408	* 15 704	—	—	3 504	12 200	—
$(Mg, Ca)_2SiO_4$	18 441	—	* 36 882	—	—	—	—
Fe_2SiO_4	2 562,5	—	—	5 125	—	—	—
$H_6Fe_6Si_6O_{24}$	* 3 855,5	—	—	—	—	1 927,8	1 927,8
Summe	56 267	15 704	36 882	5 125	3 504	14 128	1 928
Rest	0	0	0	0	0	29 211	9 180

Nach obiger Berechnung bleibt ein Rest von

1,227 Proz. TiO_2 als Rutil
14,670 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
5,258 „ H_2O } und Wasser

und sie führt zu der Formel:

(IV) $1{,}679\,(K, H_4)_6(Al_8Fe)_6Si_6O_{24} + [(Mg, Ca)_7Fe]_{12}Si_6O_{24}$.

V.

D = 2,82.

In dieser Portion sind einschlußfreie Glimmerplättchen sehr selten, das Material besteht zum größten Teil aus Glimmer mit ca. 10 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

In Molekularproportionen:

	SiO_2	Al_2O_3	$MgO + CaO$	FeO	K_2O	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	59 502	18 508	36 289	5 127	2 393	42 966	9 370
$(K, H)_6 Al_6 Si_6 O_{24}$	37 016	* 18 508	—	—	2 393	16 115	—
$(Mg, Ca)_2 SiO_4$	18 144,5	—	* 36 289	—	—	—	—
$Fe_2 SiO_4$	2 563,5	—	—	* 5 127	—	—	—
$H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$	1 778	—	—	—	—	839	839
Summe	59 502	18 508	36 289	5 127	2 393	16 954	839
Rest	0	0	0	0	0	26 012	8 531

Nach vorstehender Berechnung enthält der Glimmer
1,247 Proz. TiO_2 als Rutil
13,407 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
4,682 „ H_2O } und Wasser
und die Formel lautet:

$$(V)\ 1{,}873\ (K\,H_7)_6\,(Al_{22}\,Fe)_6\,Si_6\,O_{24} + [(Mg, Ca)_7\,Fe]_{12}\,Si_6\,O_{24}.$$

VI.

D = 2,78.

Diese specifisch leichteste Portion enthält keinen einschlußfreien Glimmer, sondern besteht aus einem Glimmer mit ca. 10 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

In Molekularproportionen:

	SiO_2	Al_2O_3	$MgO + CaO$	FeO	K_2O	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	61 149	20 794	33 808	5 053	2 573	42 423	7 487
$(K, H)_6 Al_6 Si_6 O_{24}$	41 588	* 20 794	—	—	2 573	18 221	—
$(Mg, Ca)_2 SiO_4$	16 904	—	* 33 808	—	—	—	—
$Fe_2 SiO_4$	2 526,5	—	—	* 5 053	—	—	—
$H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$	130,5	—	—	—	—	65	65
Summe	61 149	20 794	33 808	5 053	2 573	18 286	65
Rest	0	0	0	0	0	24 137	7 422

Wie oben stehende Berechnung zeigt, bleiben
1,611 Proz. TiO_2 als Rutil
11,861 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
4,345 „ H_2O } und Wasser

und lautet die Formel:

$$(VI)\ 2{,}147\,(K, H_7)_6\,(Al_{45}\,Fe)_6\,Si_6\,O_{24} + [(Mg, Ca)_{20}\,Fe_3]_{12}\,Si_6\,O_{24}.$$

Die Resultate der Berechnung sind nun in nachfolgender Uebersicht zusammengefaßt, und zwar zunächst angeordnet mit abnehmendem specifischen Gewicht:

No.	D	Formel: K-Silicat	Formel: M-Silicat	In Form von Einschlüssen
I	3,09	$2\,(KH_3)_6(Al_7Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_4Fe]_{12}Si_6O_{24}$	16,806 Proz. Fe_2O_3 1,247 „ H_2O
Analyse von MÜLLER	3,01	$1{,}674\,(K_2H_4)_6(AlFe)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_3Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	7,153 „ SiO_2 11,282 „ Fe_2O_3 2,216 „ H_2O
II	3,00	$1{,}668\,(K_2H_4)_6(Al_9Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_3Fe]_{12}Si_6O_{24}$	11,030 „ Fe_2O_3 3,120 „ H_2O
III	2,94	$2{,}025\,(K,H_4)_6(Al_8Fe)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_{11}Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	0,144 „ TiO_2 14,917 „ Fe_2O_3 2,809 „ H_2O
IV	2,85	$1{,}679\,(K,H_4)_6(Al_8Fe)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_7Fe]_{12}Si_6O_{24}$	1,227 „ TiO_2 14,670 „ Fe_2O_3 5,258 „ H_2O
V	2,82	$1{,}873\,(K,H_7)_6(Al_{22}Fe)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_7Fe]_{12}Si_6O_{24}$	1,247 „ TiO_2 13,407 „ Fe_2O_3 4,682 „ H_2O
VI	2,78	$2{,}147\,(KH_7)_6(Al_{45}Fe)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_{20}Fe_3]_{12}Si_6O_{24}$	1,611 „ TiO_2 11,861 „ Fe_2O_3 4,345 „ H_2O

Durch die optische und mikroskopische Untersuchung wurde schon gezeigt, daß die Dichte des Glimmers mit zunehmender Veränderung seiner ursprünglichen Eigenschaften abnimmt, und mit dieser Abnahme der Dichte ist auch, wie die vorstehende Uebersicht erkennen läßt, die chemische Veränderung im großen und ganzen verknüpft. Da die Werte für D aber nicht das mittlere specifische Gewicht des in den analysierten Portionen befindlichen reinen Glimmers sein können, weil beträchtliche Mengen anderer Mineralien, namentlich von Eisenglanz, eingeschlossen werden, so können diese Werte auch nicht ohne weiteres den Grad der Zersetzung bestimmen. Das wahre specifische Gewicht läßt sich aber aus den Werten D annähernd berechnen, sobald die Dichte Δ der hauptsächlich eingeschlossenen Körper bekannt ist. Denn wenn p % an Einschlüssen vom spezifischen

Gewicht Δ vorhanden sind und (100—p) % reiner Glimmer von der mittleren Dichte x, so hat man die Beziehung

$$\frac{100}{D} = \frac{p}{\Delta} + \frac{100-p}{x}$$

woraus folgt:

$$x = \frac{\Delta \,.\, D\,(100-p)}{\Delta \,.\, 100-p \,.\, D}$$

Da nun das Wasser großenteils als hygroskopisch anzunehmen ist und somit hauptsächlich Eisenglanz, von der mittleren Dichte $\Delta = 5$ ca., das specifische Gewicht verändert, so berechnen wir nach obiger Formel die mittlere Dichte x des reinen Glimmers der Portionen unter der Voraussetzung, daß nur p % Fe_2O_3 als Eisenglanz eingeschlossen sind.

Nach den so berechneten wahren mittleren specifischen Gewichten sind nun in nachfolgender Tabelle die Formeln nochmals angeordnet:

No.	D berechnet	D gefunden	Formel K-Silicat	Formel M-Silicat	Einschlüsse von Fe_2O_3 %
Analyse von MÜLLER	2,87	3,01	$1{,}674\ (K_2H_4)_6(Al_2Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_3Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	11,282
II	2,86	3,00	$1{,}668\ (K_2H_4)_6(Al_9Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_6\ Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	11,030
I	2,87	3,09	$2\ (K_2H_6)_6(Al_7Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_8\ Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	16,806
III	2,73	2,94	$2{,}025\ (K_2H_8)_6(Al_{16}Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_{11}\ Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	14,917
IV	2,65	2,85	$1{,}679\ (K_2H_8)_6(Al_{16}Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_{14}\ Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	14,670
V	2,64	2,82	$1{,}873\ (K_2H_{14})_6(Al_{44}Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_{14}\ Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	13,407
VI	2,62	2,78	$2{,}147\ (K_2H_{14})_6(Al_{90}Fe_2)_6Si_6O_{24}$	$[(Mg,Ca)_{13,3}Fe_2]_{12}Si_6O_{24}$	11,861

Die berechneten specifischen Gewichte dürften mit einer Unsicherheit von 0,01 wohl behaftet sein, und daher kann der Glimmer No. II auch zwischen No. I und den von MÜLLER untersuchten Biotit gestellt werden, ohne daß damit die Anordnung nach abnehmendem specifischen Gewicht gestört wird.

Da die Reihenfolge nach abnehmender Dichte nun diejenige ist, welche der Aufeinanderfolge der Zersetzungsstadien am wahrscheinlichsten entspricht, so giebt die obige Tabelle ein Bild von den bei der Bleichung des frischen Biotits vor sich gehenden chemischen Prozessen.

Der vollkommen frische Glimmer ist aller Wahrscheinlichkeit nach ein Lepidomelan, der das Muscovitsilicat K und Olivinsilicat M im Verhältnis 2 : 1 gebunden enthält, während Thonerde zur Hälfte durch Eisenoxyd und Magnesia im Verhältnis 3 : 2 durch Eisenoxydul vertreten ist. Die ursprünglich vorliegende Verbindung läßt sich demnach wohl durch folgende Formel wiedergeben:

$$2\ (K_2 H_4)_6 (Al_2 Fe_2)_6 Si_6 O_{24} + (Mg_3 Fe_2)_{12} Si_6 O_{24}$$

und lautet in der TSCHERMAK'schen abgekürzten Bezeichnungsweise:

$$2\ K + M.$$

Die Tabelle zeigt nun auf das deutlichste, daß dieses Verhältnis im wesentlichsten dasselbe bleibt; selbst bei dem am stärksten zersetzten Glimmer No. VI ist es immer noch 2,141 : 1, also fast 2 : 1. Wenn auch Schwankungen zwischen 1,67 : 1 und 2,37 : 1 vorhanden sind, so können diese das Resultat im allgemeinen nicht ändern, denn die Berechnung kann nicht vollständige Sicherheit gewähren, weil einerseits die vorhandenen Einschlüsse und andererseits die chemische Verschiedenheit des analysierten Gemenges von Glimmern in verschiedenen Zersetzungsstadien die richtige Deutung der Analysen erschweren.

Die chemische Veränderung des Glimmers vollzieht sich also je innerhalb der Moleküle K und M und zwar in folgender Weise:

1) Das Kalium nimmt zu Gunsten des Wasserstoffs in dem Muscovitsilicat ab, jedoch scheint es, als ob die Verbindung dieser beiden Radikale einer Aenderung ihres ursprünglichen Verbindungsverhältnisses noch den relativ größten Widerstand entgegensetzt: denn erst in dem dritten Glimmer der obigen Reihe steigt der Quotient H : K auf 6 : 2, dann tritt Erhöhung auf 7 : 2 bis 8 : 2 ein, und nur am Ende der Reihe findet eine starke Zunahme auf 14 : 2 statt.

2) Das Eisenoxyd, welches in dem frischen Biotit die Thonerde zur Hälfte ersetzt, tritt sehr bald aus der Verbindung K aus. Wenn in dem Glimmer No. II das Verhältnis von $Al_2 O_3 : Fe_2 O_3$ schon den Wert 9 : 2 annimmt, während es in dem folgenden Silicat noch 7 : 2 ist, so möchte ich diese Unregelmäßigkeit dem Umstande zuschreiben, daß für No. II das

Verhältnis K : M = 1,67 : 1 zu Ungunsten des Eisenoxyds etwas zu niedrig gefunden wurde. Im übrigen erkennt man aber aus der Tabelle, daß Fe_2O_3 in dem K-Silicat allmählich abnimmt und zuletzt fast vollständig verschwindet.

Wie die Einschlüsse von Fe_2O_3 in der obigen Uebersicht zeigen, krystallisiert das frei gewordene Eisenoxyd zunächst als Eisenglanz aus; da nun fortwährend neue Mengen von Eisenoxyd ausgeschieden werden, dieses aber nur allmählich hydratisiert und fortgeführt wird, so ist eine Anhäufung des Eisenglanzes in den mittleren Gliedern der Reihe und danach erfolgende Abnahme desselben wohl verständlich.

3) Aehnlich wie das Eisenoxyd verhält sich auch das Eisenoxydul in dem M-Silicat. Es tritt allmählich aus der Verbindung aus, allerdings nicht so leicht, wie jenes. Dieser Umstand deutet darauf hin, daß die Verbindung von Magnesia und Eisenoxydul in dem Olivinsilicat M nur verhältnismäßig schwer gelöst wird, und auch zuletzt noch bestehen bleibt, wenn das Eisenoxyd schon fast vollkommen aus dem K-Silicat ausgetreten ist.

Das Endergebnis vorstehender Betrachtung ist somit: Der Biotit wird durch die Bleichung **nicht** zu Muscovit umgewandelt, sondern vorher wie nachher bleibt die Verbindung eines Thonerdesilicats K mit einem thonerdefreien Silicat M bestehen. Dagegen vollzieht sich innerhalb dieser beiden Silicate ein Umwandlungsprozeß, der so aufzufassen ist, daß die Verbindung $(K, H)_6 \overset{\text{III}}{Fe}_6 Si_6 O_{24}$ aus dem K-Molekül ausgelaugt, und daß das Kalium des Thonerdesilicats durch Wasserstoff ersetzt wird, während gleichzeitig aus dem Olivinmolekül M die Verbindung $\overset{\text{II}}{Fe}_2 Si O_4$ allmählich verschwindet. Von diesen Prozessen vollziehen sich die beiden ersteren schneller als der letztere, und zum Schluß bleibt ein Silicat von der Formel

$$2\ H_6 Al_6 Si_6 O_{24} + Mg_{12} Si_6 O_{24}$$

zurück. Alle Uebergangsglieder von diesem letzten Produkt der chemischen Umwandlung bis zum frischen Biotit lassen sich demnach so auffassen, daß der Wasserstoff dieser Verbindung durch Kalium, die Thonerde durch Eisenoxyd und die Magnesia durch Eisenoxydul vertreten werden, ohne daß die Struktur des Glimmermoleküls verändert wird.

Durch dieses Resultat dürfte die Tschermak'sche Theorie von neuem gestützt werden — sofern sie sich auf Biotit bezieht. Im übrigen gewinnt man aus den obigen Untersuchungen wohl die Auffassung, daß die Silicate K und M thatsächlich in fester, ja sogar in festerer Verbindung stehen als ihre konstituierenden Bestandteile, und daß, ebenso wie das ganze Biotitmolekül, auch die Silicate K und M ihre Struktur bei der Umwandlung unveränderlich beibehalten.

II. Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und optischem Achsenwinkel der Glimmer.

Die Thatsache, daß der optische Achsenwinkel und das specifische Gewicht der Glimmer innerhalb weiter Grenzen variieren können, dürfte sich wohl in erster Linie durch die ebenfalls sehr verschiedene chemische Zusammensetzung erklären. Insbesondere legt die Beobachtung, daß Magnesiaglimmer im allgemeinen sehr kleinen, Alkaliglimmer dagegen sehr großen Achsenwinkel zeigen, den Gedanken nahe, daß die Größe des optischen Achsenwinkels geradezu eine Funktion der chemischen Zusammensetzung sei.

Dagegen läßt das Verhalten des Anomits einerseits und der Lepidolithe zweiter Art[1]) andererseits wohl schließen, daß die Lage der optischen Achsenebene eine durch die chemische Zusammensetzung allein nicht zu erklärende Eigenschaft sei. Hintze[2]) wendet sich daher gegen die Abtrennung des Anomits als selbständiges Glied von den Biotiten zweiter Art, indem er bemerkt: „Auch der Anomit kann nicht als selbständiges Glied abgetrennt werden; die „anomale" Lage der optischen Achsen ist schwerlich von einer wesentlichen chemischen Verschiedenheit abhängig." Gerade deshalb erscheint mir aber die Vereinigung

1) Scharizer, Groth's Zeitschrift, Bd. XII, S. 5; Bd. XIII, S. 464. — Bauer, Poggend. Annalen, 1869, S. 138, 364.

2) Handbuch der Mineralogie, Leipzig 1897, Bd. II, S. 532.

des Anomits mit den übrigen Biotiten nicht zulässig, denn da keine chemische Verschiedenheit besteht, so muß als die Ursache der anomalen Lage der optischen Achsen doch wohl eine Verschiedenheit in der Krystallstruktur angenommen werden. Die Anomite und die Biotite zweiter Art würden sich demnach verhalten wie zwei Reihen dimorpher Substanzen.

Um nun eine etwa vorhandene gesetzmäßige Beziehung zwischen dem optischen Achsenwinkel und den an der chemischen Zusammensetzung der Glimmer beteiligten Elementen aufzudecken, wurde eine graphische Darstellung der Molekularproportionen und der zugehörigen Werte des optischen Achsenwinkels für jedes einzelne Element entworfen. Diese zeigte aber, daß hauptsächlich drei Gruppen von Elementen von wesentlichem Einfluß auf die Größenänderung der optischen Achsenwinkel sind:

1) Die Alkalien nebst Fluor } wirken vergrößernd auf
2) Eisenoxydul (inkl. Mn O) } den optischen Achsenwinkel;
3) Magnesia (inkl. Ca O, Sr O, Ba O) } wirken verkleinernd auf den optischen Achsenwinkel.

Somit handelt es sich um die Abhängigkeit einer physikalischen Konstanten von den drei Variablen:

1) $\{K_2O + Na_2O + Li_2O + Fl\} = K.$
2) $\{FeO + MnO\} = Fe.$
3) $\{MgO + CaO + SrO + BaO\} = Mg.$

Es erschien daher zweckmäßig, die neuerdings von Lang [1]) und danach von Becke [2]) mit Vorteil benutzte graphische Darstellung auf die vorliegenden Verhältnisse zu übertragen.

Die Darstellung aller möglichen Verhältnisse dreier variabler Größen H, K, L durch bestimmte Punkte in der Ebene geschieht hiernach in folgender Weise: Man trägt auf zwei Höhenlinien des gleichseitigen Dreieckes nach den Ecken hin vom Schwerpunkt aus die Größen

---

1) Tschermak's Mitteilungen, Bd. XIII, S. 160.
2) F. Becke, Gesteine der Columbretes. Tschermak's Mitteil., Bd. XVI, S. 155 ff., 308 ff., 1896.

$$a = \frac{H-L}{H+K+L} \text{ und } b = \frac{K-L}{H+K+L}$$

als Koordinaten der Punkte auf, die ein bestimmtes Verhältnis H : K : L graphisch darstellen sollen. Als positiv zählt man die Strecken a und b vom Schwerpunkt aus nach den Ecken hin (Fig. 3).

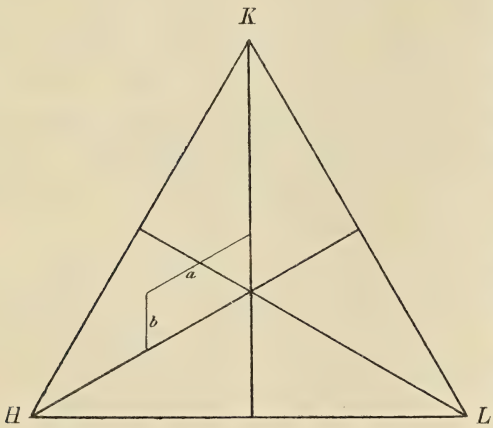

Fig. 3. Erläuterung der graphischen Darstellung der Beziehung zwischen 2 Ea und der chemischen Zusammensetzung.

Setzen wir also an Stelle H, K, L die Molekularproportionen für Alkali + Fluor, Eisenoxydul und Magnesia, so ergiebt sich folgendes Dreieck:

In den Eckpunkten stehen Analysen, die nur je eine der drei Elementgruppen enthalten. Im Schwerpunkt stehen die Analysen, welche gleich viel von den dreien enthalten. Endlich liegen die Analysen, denen eine Gruppe fehlt, auf den drei Seiten des Dreieckes verteilt (Fig. 3).

Wenngleich schon der erste Versuch einer graphischen Darstellung des vorliegenden Analysenmaterials [1]) im großen und ganzen eine gesetzmäßige Beziehung erkennen ließ, so zeigten sich doch bei einigen Glimmern ungewöhnlich große Abweichungen im Achsenwinkel.

Da bei ihren Analysen aber stets kein Eisenoxydul angegeben war, so wurde angenommen, daß die Abweichungen auf die fehlende Bestimmung von FeO zurückzuführen sei: ausgehend von der Thonerde und Magnesia, wurde daher FeO für den Rest

1) Aus Hintze, Handbuch der Mineralogie, Leipzig 1897, Bd. II, Tschermak, Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch., Abt. II, Bd. LXXVI, Juli 1877, S. 47 und Groth's Zeitschrift entnommen

der Kieselsäure als Fe_2SiO_4 berechnet[1]). In einem Falle[2]), wo FeO zu hoch war, wurde diejenige Menge, welche nicht an den Rest der Kieselsäure gebunden sein konnte, abgezogen — unter der Annahme, daß Einschlüsse von Magneteisen den hohen Eisengehalt bedingten.

So ließen sich die augenfällig starken Unregelmäßigkeiten beseitigen, und mit Hilfe der graphischen Darstellung ergab sich ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen dem optischen Achsenwinkel und der chemischen Zusammensetzung der Glimmer.

Die Uebersicht über das aus der Litteratur benutzte Material geben die nachfolgenden Tabellen. Sie enthalten die Angabe der Molekularproportionen der Analysen nebst zugehörigen Bestimmungen des specifischen Gewichts, des scheinbaren optischen Achsenwinkels in Luft und der Dispersion. Fernerhin sind die zur graphischen Darstellung erforderlichen Größen:

$$K = K_2O + Na_2O + Li_2O,$$
$$Fe = FeO + MnO,$$
$$Mg = MgO + CaO + SrO + BaO,$$
$$f = \frac{Fe - Mg}{K + Fe + Mg},$$
$$k = \frac{K - Mg}{K + Fe + Mg},$$

nebst Angabe der zugehörigen Achsenwinkel zusammengestellt.

Alle Daten sind angeordnet nach steigendem Achsenwinkel und zwar in drei Gruppen: 1) Glimmer erster Art (No. 1—19), 2) Glimmer zweiter Art (No. 20—28) und 3) Glimmer mit kleinem Winkel ohne Angabe der Lage der optischen Achsen (No. 29—41).

---

1) No. 39 in den folgenden Tabellen, braunschwarzer Glimmer mit kleinem Achsenwinkel.

2) Diese Berechnung kann auf Genauigkeit dann allerdings keinen Anspruch erheben, da nicht bekannt ist, wie viel Fe_2O_3 die Thonerde vertritt.

Litteraturangabe, Analysen-No.	Name	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	FeO	K_2O	Na_2O	Li_2O	Fl	H_2O	Specif. Gewicht	Scheinbarer Achsenwinkel in Luft	Dispersion	No.
Tsch. 6	Biotit (Anomit), Monroe, U. S. A.	67 678	16 147	1 352	52 307	8 234	9 585	2 500	—	Spur	12 167	2,846	12° 40′	$\rho > \nu$	1
„ 5	Biotit (Anomit), Baikalsee	66 334	16 941	451	59 330	6 787	9 117	2 371	—	8 263	7 611	2,87	14° 12′ (Mittel)	$\rho > \nu$	2
Hintze 25	Muscovit (Pyknophyllit), Aspang, Oesterr.	81 078	28 794	1 489	6 625 2 236 Ca O	709	6 936	5 387	—	—	25 712	2,796	25° 6′	?	3
„ 92	Muscovit, Nord Carolina, U. S. A.	75 290	33 000	1 477	4 615	—	3 543	2 274	—	3 632	30 333	?	35°	?	4
„ 17	Muscovit, Freiberg i. S.	77 512	31 922	970	5 707	911	11 032	—	—	—	19 722	?	38 1/2°	?	5
„ 45	Muscovit (Phengit.), Graubünden	79 137	25 451	1 101	5 707	9 110	10 830	2 742	—	—	19 000	2,873—2,916	52°	$\rho > \nu$	6
„ 56	Muscovit (Margarodit), Dublin, Irland	72 089	30 804	4 631	2 804 2 469 Ca O	—	11 393	2 323	—	—	30 167	?	53° 8′	?	7
„ 54	Muscovit (Margarodit), Schottland	75 338	29 069	5 213	4 218 1 413 Ca O	— 30 Mn O	7 383	3 661	—	—	29 389	2,825	67° 5′	?	8
„ 93	Muscovit (Chromglimmer), Montgomery Cty, Maryland U. S. A.	70 000	33 873	645	7 767 841 Ca O	—	9 745	1 323	—	—	37 612	?	68° 16′	?	9

Tsch. 1	Muscovit (Damourit), Bengalen	75 572	36 000	595	943 376 Ca O	1 780	9 372	1 000	633	790	28 056	2,831	68° 54′	$\rho > \nu$	10
Hintze 87	Muscovit, Ouro Preto, Süd-Amerika	77 113	?	?	1 985	—	8 404	2 097	—	—	26 111	2,78	69—70°	$\rho > \nu$	11
„ 57	Muscovit (Margarodit), Wicklow, Irland	74 145	30 520	2 998	2 233 1 950 Ca O	—	10 542	2 048	—	—	34 556	2,793	70° 4′	?	12
„ 35	Muscovit, Meran, Tirol	75 092	36 853	—	422 161 Ca O	1 641	10 979	1 936	—	—	22 889	2,93	ca. 72° (berechnet aus 46° 14′ in Oel)	?	13
„ 22	Muscovit, Schüttenhofen, Böhmen	72 420	35 981	1 370	— 358 Ca O	765 353 Mn O	9 117	—	1 233	—	30 556	2,835	70° 58′	?	14
„ 50	Muscovit, Rubislaw, Schottland	71 444	32 216	131	819 1 914 Ca O	3 839 339 Mn O	9 660	1 371	—	—	50 666	?	72° 15′	?	15
„ 58	Muscovit (Margarodit), Wicklow, Irland	74 028	29 589	2 935	1 787 —	—	13 191	—	—	—	29 550	?	72° 18′	?	16
„ 23	Muscovit, Schüttenhofen, Böhmen	73 100	36 118	397	— 323 Ca O	1 029 353 Mn O	11 808	339	1 233	1 000	34 168	2,854	73° 52′	?	17
„ 113	Muscovit, Massachusetts U. S. A.	77 976	36 108	300	645	— 1 483 Mn O	10 425	484 (Na_2O + Li_2O)	?	2 737	21 666	2,859	75° 0′	?	18
„ 110	Muscovit, Connecticut U. S. A.	73 282	32 049	2 972	—	5 424	8 516	952	700	4 895	21 389	2,898	75° 38′	?	19

Mg = MgO + CaO + SrO + BaO	Fe = FeO + MnO	K = K_2O + Na_2O + Li_2O + Fl	f = Fe—Mg / K + Fe + Mg	k = K—Mg / K + Fe + Mg	Scheinbarer Achsenwinkel in Luft	No.
52,307	8,234	12,085	— 60,683	— 55,381	12° 40′	1
59,330	6,787	19,751	— 61,190	— 46,093	14° 12′ (Mittel)	2
8,861	0,709	12,323	— 38,103	+ 16,182	25° 6′	3
4,651	—	9,449	— 32,814	+ 34,370	35°	4
4,753	1,280	11,032	— 20,351	+ 36,794	38 1/2°	5
5,707	9,110	13,572	+ 11,986	+ 27,768	52°	6
5,293	—	13,716	—	—	53° 8′	7
	5,855 berechnet		+ 2,262 berechnet	+ 33,880 berechnet		
5,631	0,0300	11,044	—	—	67° 5′	8
	— 10,425 berechnet		+ 17,780 berechnet	+ 19,950 berechnet		
8,608	—	11,068	— 43,748	+ 12,502	68° 16′	9
1,319	1,780	11,162	+ 3,233	+ 69,021	68° 54′	10
1,985	—	10,501	— 15,898	+ 68,205	69°—70°	11
4,183	—	12,590	—	—	70° 4′	12
	5,870 berechnet		+ 7,450 berechnet	+ 37,130 berechnet		
0,583	1,641	12,915	+ 6,990	+ 81,282	ca. 72° (berechnet aus 46° 14′ in Oel)	13
0,358	1,118	10,350	+ 6,428	+ 84,492	70° 58′	14
2,733	4,178	11,031	+ 8,054	+ 46,249	72° 15′	15
1,787	—	13,191	— 11,931	+ 76,140	72° 18′	16
0,223	1,382	14,380	+ 7,250	+ 88,562	73° 52′	17
0,645	1,483	13,646	+ 5,313	+ 82,420	75° 0′	18
—	5,424	15,063	+ 26,475	+ 73,524	75° 38′	19

Zu S. 595.

Mg = MgO + CaO + SrO + BaO	Fe = FeO + MnO	K = K_2O + Na_2O + Li_2O + Fl	f = Fe—Mg / K + Fe + Mg	k = K—Mg / K + Fe + Mg	Scheinbarer Achsenwinkel in Luft	No.
64,890	5,730	8,725	— 74,560	— 70,790	0—4°	20
55,790	11,760	13,761	— 54,710	— 51,750	7° 51′	21
67,490	1,878	32,832	— 64,200	— 33,910	15° rot.	22
40,550	20,510	9,493	— 28,400	— 44,020	20°	23
—	18,620	64,527	+ 22,390	+ 77,600	50° 25′	24
1,886	11,540	40,680	+ 17,840	+ 71,700	55—60° 55 1/2° Mittel	25
—	1,293	86,693	+ 1,469	+ 98,530	67° 19′	26
5,657	—	11,060	— 33,840	+ 32,320	68° 35′	27
—	2,370	63,125	+ 3,619	+ 96,380	84° 1′	28

Litteraturangabe	Name	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	FeO	K_2O	Na_2O	Li_2O	Fl	H_2O	Specif. Gewicht	Scheinbarer Achsenwinkel in Luft	Dispersion	No.
HINTZE 44	Biotit (Meroxen), Moravicza, Ung.	66 600	15 480	1 583	6 489	5 730	8 128	597	—	—	19 889	2,75	0—4°	$\rho < \nu$	20
TSCH. 9	Biotit (Meroxen), Vesuv	65 173	16 618	300	54 320 1 467 CaO	10 930 833 MnO	8 287	790	—	4 684	22 334	2,86	7° 51′	$\rho < \nu$	21
„ 14	Biotit (Phlogopit), Pennsylvania U. S. A.	72 023	13 490	100	67 490	1 878	8 575	2 097	—	22 160	5 111	2,779	15° rot.	$\rho < \nu$	22
„ 7	Biotit (Meroxen), Tschebarkul, Sibirien	63 831	14 147	3 404	40 550	20 510	8 638	855	—	Spur	4 944	3,004	20°	$\rho < \nu$	23
„ 12	Zinnwaldit Zinnwald	76 070	22 058	413	—	16 150 2 472 MnO	11 130	677	10 930	41 790	5 056	?	50° 25′	$\rho > \nu$	24
HINTZE 12	Zinnwaldit (Kryophyllit) Rockport, Mass. U. S. A.	88 656	16 441	1 223	1 886	11 100 438 MnO	13 990	—	13 530	13 160	—	2,909	55—60° 57 1/2° Mittel	?	25
„ 16	Zinnwaldit (Polylithionit) Grönland	98 485	12 324	—	—	1 293	5 713	12 310	30 140	38 530	—	2,81	67° 19′	?	26
„ 76 G. Z. VII 17	Muscovit (Fuchsit), Syssert, Ural	76 567	29 127	1 270 2 309 Cr_2O_3	5 657	—	11 060	—	—	—	30 111 (flüchtige Bestandteile)	2,88	68° 35′	$\rho > \nu$ (II. Art ?)	27
HINTZE 9 G. Z. IX 253	Lepidolith. Schüttenhofen, Böhmen	81 690	24 775	—	—	1 168 1 201 MnO	14 730	565	17 930	29 900	9 778	2,81	Na: 84° 1′ Rot.: 83° 16′	$\rho < \nu$	28

Litteratur-angabe	Name	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	FeO	K_2O	Na_2O	Li_2O	Fl	H_2O	Specif. Gewicht	Scheinbarer Achsen-winkel in Luft	Dispersion	No.
HINTZE 38	Glimmer von Eibenstock („Protolithionit" SANDB.)	64 743	23 099	3 817	2 407 1 395 CaO	17 246	9 053	1 145	11 300	—	18 055	2,98	vollkommen einachsig	?	29
„ 80	„Haughtonit" (Schottland)	59 154	17 598	4 499	3 722 2 504 CaO	25 118 2 825 MnO	9 862	6 145	—	—	17 778	3,13	nahezu einachsig	?	30
„ 111	Manganophyll (Schweden)	68 590	15 706	2 916	32 928	— 7 641 MnO	12 160	3 371	—	25 790	25 667	?	„	?	31
„ 11	„Pseudobiotit" KNOP. (Kaiserstuhl)	59 369	14 284	7 021	59 851	—	3 085	—	—	—	55 777	?	angenähert einachsig	?	32
„ 12	„	59 900	15 471	6 558	53 305	—	3 085	—	—	—	63 890	?	„	?	33
„ 153	Biotit (St. Laurence New York U. S. A.)	74 310	10 657	—	71 712	431	8 936	613	267	—	35 445	2,791—2,793	klein, manche Stücke scheinbar einachsig	?	34
„ 10	„Barytbiotit" KNOP. (Kaiserstuhl)	59 420	18 451	1 646	70 321 455 SrO 4 468 BaO	—	6 670	1 629	—	—	—	2,97	nur wenig deform. Kreuz	?	35
„ 124	Phlogopit (Bengalen)	63 183	14 291	—	58 486 642 BaO	9 082	9 479	5 548	—	—	2 722	?	Oeffnung kaum wahrnehmbar	?	36
„ 127	„Siderophyllit", verändert (Colorado)	56 733	16 206	12 609	3 325 859	19 798 1 285 MnO	6 915	2 306	—	421	25 222	?	äußerst kleiner Winkel	?	37
„ 13	Biotit (Vogesen)	68 325	12 127	3 774	47 220 2 916 CaO	8 840	8 447	2 065	733	5 579	16 111	?	kleiner Winkel	?	38
„ 3	Biotit (Baden) (braunschwarz)	55 721	14 706	3 123	28 834 6 011 CaO	26 829 1 776 ber.	8 010	823	—	—	25 445	?	„	?	39
„ 6	Biotit (Baden)	62 461	18 422	4 055	24 119	21 251	9 500	3 096	—	—	12 945	3,042	„	?	40
„ 14	Biotit, Weiler (Elsaß)	60 713	14 961	3 198	41 712 4 848 CaO	11 572	7 413	—	—	1 052	27 501	?	ziemlich kleiner Winkel	?	41

Mg = MgO + CaO + SrO + BaO	Fe = FeO + MnO	K = K_2O + Na_2O + Li_2O + Fl	f = $\frac{Fe-Mg}{K+Fe+Mg}$	k = $\frac{K-Mg}{K+Fe+Mg}$	Scheinbarer Achsenwinkel in in Luft	No.
3,802	17,246	10,198	+ 43,030	+ 20,470	vollkommen einachsig	29
6,226	27,943	16,007	+ 43,280	+ 19,490	nahezu einachsig	30
32,928	7,641	15,531	— 45,070	— 31,010	„	31
59,851	—	3,085	— 95,100	— 90,200	angenähert einachsig	32
53,305	—	3,085	— 94,530	— 89,060	„	33
71,712	0,431	9,549	— 89,290	— 76,080	klein, manche Stücke scheinbar einachsig	34
75,244	—	8,299	— 90,070	— 80,130	nur wenig deform. Kreuz	35
59,128	9,082	15,027	— 60,120	— 52,980	Oeffnung kaum wahrnehmbar	36
4,184	21,083	9,221	+ 49,000	+ 14,610	äußerst kleiner Winkel	37
50,136	8,840	10,512	— 59,430	— 57,020	kleiner Winkel	38
34,845	26,829	8,833	—	—	„	39
	17,760 ber.		— 27 809 berechnet	— 42,338 berechnet		
24,119	21,251	12,596	— 4,948	— 19,880	„	40
46,560	11,572	7,413	— 53,380	— 59,730	ziemlich kleiner Winkel	41

Die nach den oben zusammengestellten Daten erhaltene graphische Darstellung (Fig. 4—14c) zeigt nun: 1) den Einfluß der Elementgruppen $\{K_2O + Na_2O + Li_2O\}$ (Fig. 4 u. 9), $\{Fl\}$ (Fig. 5 u. 10), $\{FeO + MnO\}$ (Fig. 6 u. 11), $\{MgO + CaO + SrO + BaO\}$ (Fig. 7 u. 12), ferner $\{K_2O + Na_2O + Li_2O\} + \{Fl\}$ (Fig. 8 u. 13) auf die Größe des optischen Achsenwinkels; 2) die Abhängigkeit der Größe des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung als Funktion der drei Variablen: $K = \{K_2O + Na_2O + Li_2O\}$, $Fe = \{FeO + MnO\}$, $Mg = \{MgO + CaO + SrO + BaO\}$ (Fig. 14a—14c).

Wir wenden uns nun im folgenden zur Besprechung der graphischen Darstellung dieser Verhältnisse.

A. Einfluß der einzelnen Elemente auf die Größe des optischen Achsenwinkels.

Nehmen wir das oben schon erwähnte Resultat, so müßte mit steigendem Achsenwinkel eine Zunahme von K und Fe und eine Abnahme von Mg zu erwarten sein. Um die Bestätigung dieser Gesetzmäßigkeit aus der vorliegenden graphischen Darstellung zu erkennen, muß man aber wohl beachten, daß die Wirkung der drei Gruppen K, Fe, Mg durchaus nicht äquivalent zu sein braucht, und daß andererseits auch der absolute Wert der Größen K, Fe, Mg für die hervorgebrachte Aenderung des optischen Achsenwinkels insofern von Bedeutung sein kann, als eine einfache Proportionalität nicht zu bestehen braucht und die ersten eintretenden Moleküle von K, Fe oder Mg eine größere oder geringere Einwirkung auf den Achsenwinkel ausüben als die späteren. Demnach können bei steigendem Achsenwinkel sehr wohl alle drei Elementgruppen zunehmen; ja es kann ein Element, welches vergrößernd wirkt, sogar fallen, wenn dafür ein entgegengesetzt wirkendes stark abnimmt oder ein im gleichen Sinne wirkendes eine starke Zunahme zeigt.

Mit Berücksichtigung dieser Beziehungen ergiebt nun die Betrachtung der Kurven für die Glimmer II. Art, welche weniger kompliziert sind, Folgendes (Fig. 4—8):

Wenn wir die Kurven im einzelnen betrachten, so scheint es mit der gesetzmäßigen Beziehung zwischen dem optischen Achsenwinkel und den wesentlich wirksamen Elementgruppen recht schlecht bestellt zu sein, denn alle Kurven verlaufen im Zickzack. In der That beweist dies aber — nach den vorhergehenden Bemerkungen — zunächst nichts gegen das Bestehen eines gesetzmäßigen Zusammenhanges, nur ist derselbe nicht so einfach, wie man geneigt ist anzunehmen (vergl. S. 599 ff.). Werfen wir einen Blick auf die Kurve für K_2O (Fig. 4), so begegnen wir sogleich einer bemerkenswerten Erscheinung: wir finden eine auffällige Unstetigkeit der Kurve da, wo die Achsenwinkel der Zinnwaldite und eines Chromglimmers[1]) eingetragen sind; dasselbe erkennen wir auch an der Kurve für Fluor (Fig. 5) und dementsprechend an der Kurve für $K_2O + Fl$ (Fig. 8). Das Gemeinsame in dem unregelmäßigen Verlauf dieser

1) Lage der optischen Achsenebene nach Hintze Handbuch d. Min., Leipzig 1897, Bd. II, S. 626, Analyse LXXVI, wahrscheinlich II. Art wegen der starken geneigten Dispersion.

drei Kurven ist aber ein übermäßig starkes Anwachsen des K_2O + Fl-Gehaltes gegenüber den Werten des scheinbaren Achsenwinkels. Betrachten wir zugleich auch die Kurve für MgO (Fig. 7), so zeigt sich gleichfalls an der Stelle, wo Zinnwaldite und Chromglimmer stehen, die stärkste Unstetigkeit: ein neuer Beweis für das anomale Verhalten dieser beiden Glimmerarten gegenüber den anderen Glimmern II. Art. Hieraus und sicherer noch aus den später zu betrachtenden Figuren (14 a—14 c)

Fig. 4. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen K_2O-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

läßt sich schließen, daß Zinnwaldite und Chromglimmer überhaupt nicht in die Reihe der übrigen Glimmer II. Art hineingehören und daher auch vorläufig von der näheren Betrachtung auszuschließen sind.

Verfolgen wir jetzt den Verlauf der einzelnen Kurven, so gelangen wir zu nachstehenden Resultaten:

1) Der Kaligehalt (Fig. 4) steigt mit wachsendem Achsenwinkel, jedoch zwischen 15° und 20° fällt er wieder. Ganz

ebenso steht es mit dem Fluorgehalt (Fig. 5), nur sinkt derselbe zwischen 15° und 20° noch stärker. Dementsprechend verhält es sich natürlich mit dem Gehalt an K_2O + Fl (Fig. 8) in derselben Weise.

2) Mit dem MgO-Gehalt (Fig. 7) nimmt der optische Achsenwinkel dagegen ab. Wir finden die niedrigsten Werte desselben bei hohem Magnesiagehalt und umgekehrt. In dem

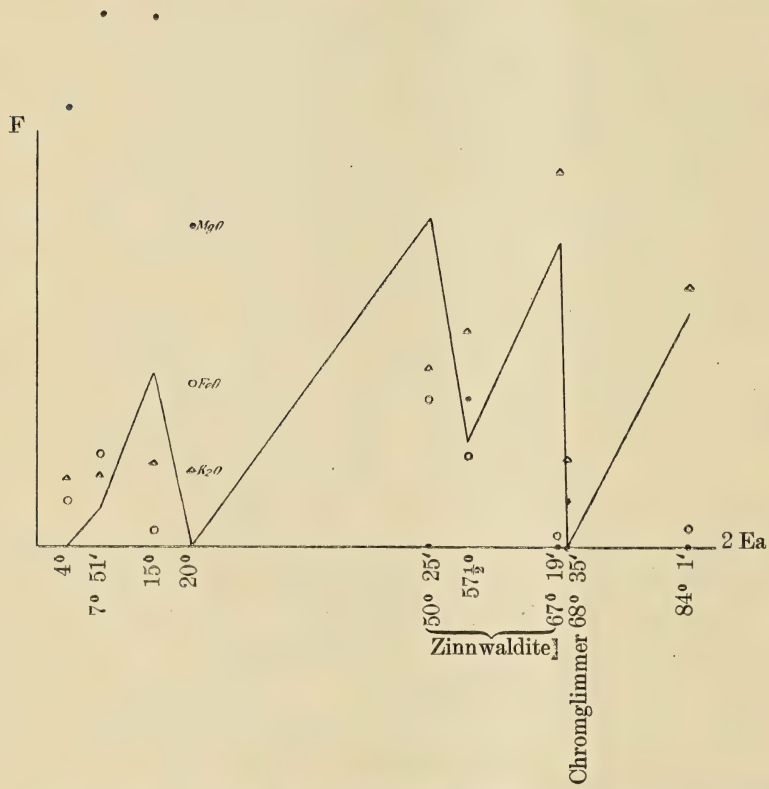

Fig. 5. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen F-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Intervall 4°—7° 51′ steigt die Kurve allerdings mit wachsendem Achsenwinkel, und zwischen 15° und 20° findet ein sehr starkes Fallen statt bei nur geringer Erhöhung von 2 Ea.

3) Die Kurve für Eisenoxydul (Fig. 6) zeigt abwechselnd Steigen und Fallen mit wachsendem Achsenwinkel: bald folgt sie dem Kalium und Fluor, bald verläuft sie im entgegengesetzten Sinne.

Gerade die zuletzt besprochene Kurve für FeO zeigt, daß wir ohne die gleichzeitige Berücksichtigung aller Kurven zusammen zu keinem Resultat gelangen werden.

Vergleichen wir daher zunächst die Kurven für K_2O + Fl und MgO (Fig. 8 u. 7), so erkennen wir an der Stelle, wo K_2O + Fl stark fallen, eine noch stärkere Abnahme der

Fig. 6. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen FeO-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Magnesia, während der optische Achsenwinkel sich um ein Geringes vergrößert hat — von 15° bis 20°. Wir erblicken hierin nur die Bestätigung der im übrigen geltenden Beziehung, daß der optische Achsenwinkel dem Gehalt an K_2O + Fl proportional, dem Gehalt an MgO dagegen umgekehrt proportional ist, indem wir die Vergrößerung von 2 Ea trotz des Fallens beider Kurven der stärkeren Wirksamkeit der Magnesia gegenüber dem Kali zuschreiben.

Wenn nun zwischen 4° und 7° 51′ K_2O + Fl zwar steigt, dafür aber auch der Magnesiagehalt zunimmt, so läßt sich wohl schließen, daß FeO, welches beträchtlich zunimmt, die Vergrößerung des Achsenwinkels bedingte. Andererseits, wenn zwischen 7° 51′ und 15° K_2O + Fl sehr stark wachsen und dazu MgO noch abnimmt, so ist die nur geringe Zunahme des

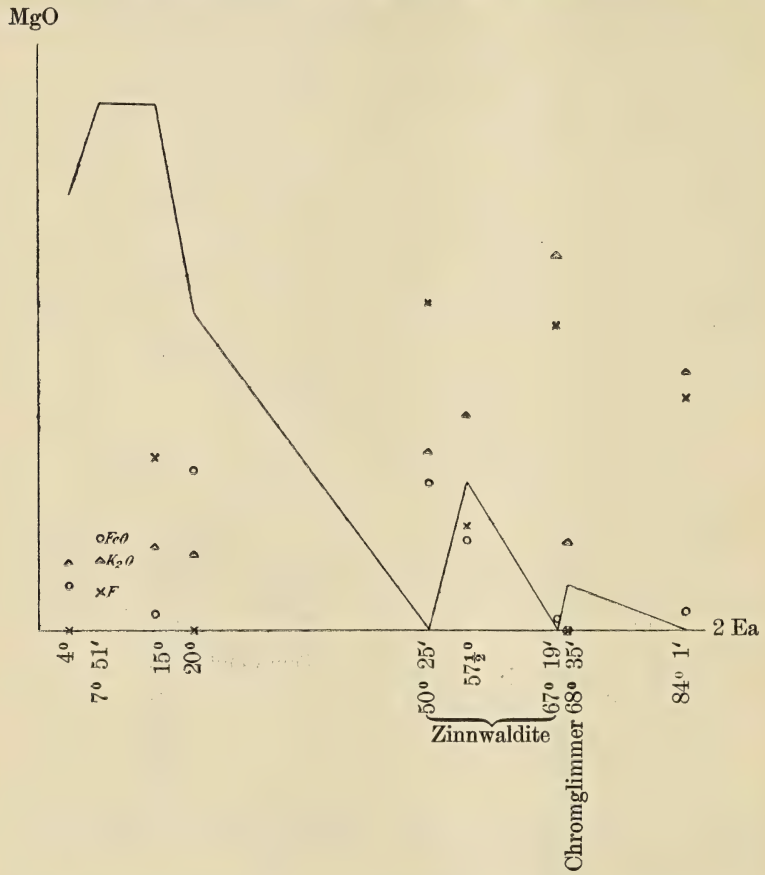

Fig. 7. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen MgO-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Achsenwinkels wohl auf Rechnung der Abnahme des FeO-Gehaltes zu schreiben, d. h. der optische Achsenwinkel wächst proportional dem FeO-Gehalt und sinkt daher, wenn dieser abnimmt. Fernerhin bemerken wir, daß zwischen 15° und 20° FeO stark wächst. Vorher, bei der Vergleichung von K_2O + Fl und MgO allein, welche ja beide fallen, haben wir die trotzdem stattfindende Vergrößerung des optischen Achsenwinkels einer

stärkeren Wirksamkeit des MgO zugeschrieben, — jetzt erkennen wir aber, daß es wohl hauptsächlich der wachsende Eisenoxydulgehalt ist, welcher den Achsenwinkel vergrößert.

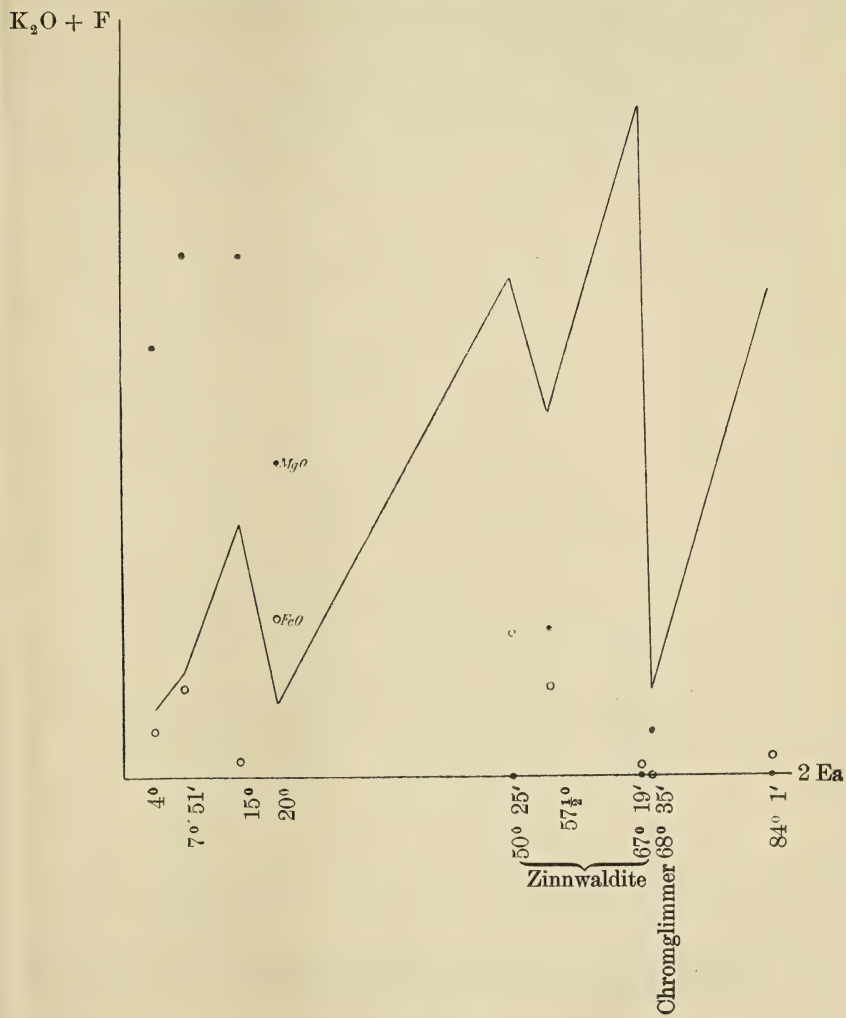

Fig. 8. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen (K_2O + F)-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Betrachten wir endlich noch den Glimmer mit dem höchsten Achsenwinkel (84° 1′), so zeigt sich deutlich, daß dieser seinen großen Achsenwinkel dem hohen Gehalt an K_2O + Fl und dem Fehlen von MgO verdankt.

Aus alledem ergiebt sich also das Resultat, daß der optische Achsenwinkel proportional dem Gehalt an K_2O + Fl sowie FeO, aber umgekehrt proporportional dem Gehalt an MgO zunimmt.

Wir wenden uns nun zu den Kurven für die Glimmer I. Art (Fig. 9—13).

Aus der Betrachtung der einzelnen Kurven können wir hier nur das eine ersehen, daß zu keinem der Elemente, für sich ge-

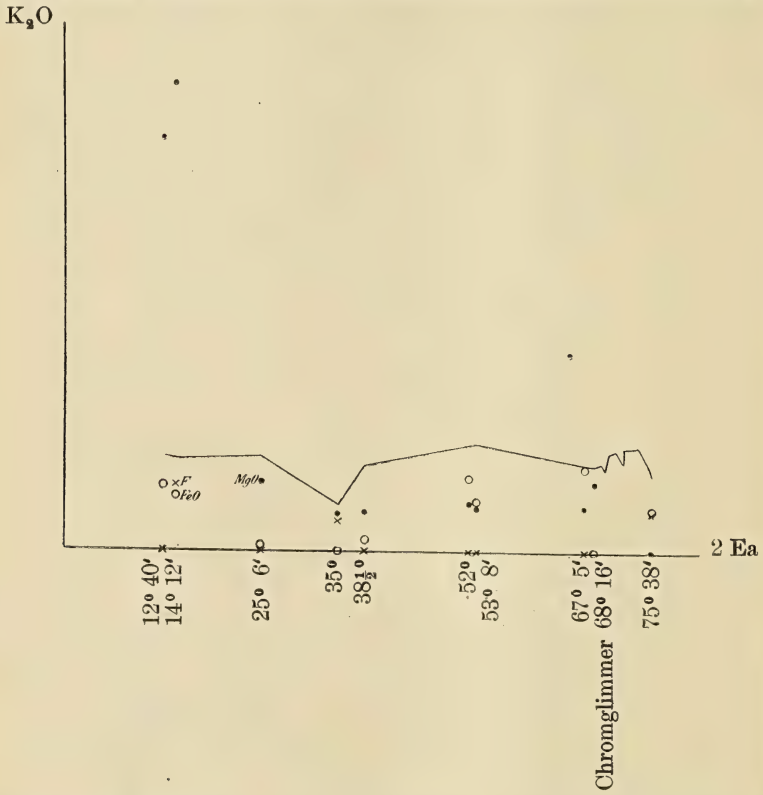

Fig. 9. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen K_2O-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

nommen, der optische Achsenwinkel in deutlich zu erkennender gesetzmäßiger Beziehung steht: ausgenommen vielleicht die Kurve der Magnesia, welche uns den ersten Anhaltspunkt in dieser Richtung giebt. Wir erkennen an dieser Kurve (Fig. 12), daß auch bei den Glimmern I. Art der optische Achsenwinkel umgekehrt proportional dem MgO-Gehalt zunimmt. Daher ist es wohl naheliegend, anzunehmen, daß auch zum K_2O + Fl-Gehalt und zu FeO der Achsenwinkel in der-

selben Beziehung steht, wie bei den Glimmern II. Art, und daraufhin die Kurven aller Elemente zu vergleichen:

Zwischen 12° 40′ und 14° 12′ steigt K_2O + Fl stark, aber FeO fällt, und MgO wächst.

Dies beweist aber nichts gegen die Annahme, daß mit FeO der Achsenwinkel steigt und mit MgO fällt, denn es kann ja der Einfluß von K_2O + Fl oder vielmehr von Fl allein (da K_2O

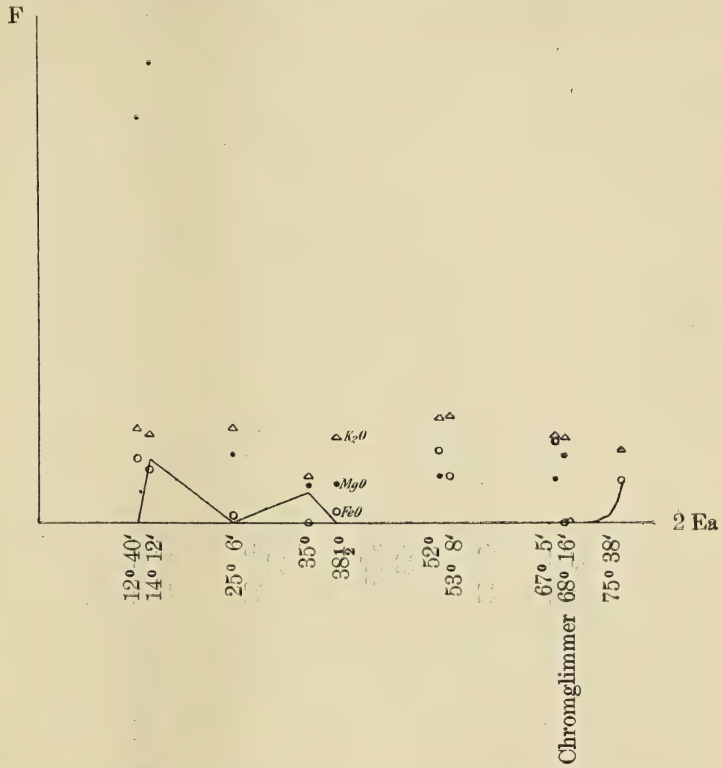

Fig. 10. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen F-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

selbst etwas sinkt) so stark sein, daß die entgegengesetzte Wirkung von MgO und dem fallenden FeO übertroffen wird.

Während der Achsenwinkel von 14° 12′ bis 25° 6′ zunimmt, fallen K_2O + Fl und FeO. Wenn trotzdem der Achsenwinkel vergrößert wird, so liegt dies an der auffallend starken Abnahme des MgO-Gehaltes; aucn von 25° 6′ bis 35° fallen K_2O + Fl und FeO, aber es fällt auch MgO beträchtlich: daher kann wohl 2Ea immer noch steigen, weil MgO stärker wirkt, oder aber, wie vorher, weil das steigende Fl trotz

fallenden K_2O und FeO den Achsenwinkel vergrößert. Von 35^0—$38\frac{1}{2}^0$ steigen K_2O + Fl und FeO und fast unmerklich auch MgO, ebenso von $38\frac{1}{2}^0$—53^0 8′: daraus erkennen wir wiederum die Bestätigung der oben gemachten Erfahrung, daß K_2O + Fl und FeO den Achsenwinkel vergrößern.

Von 53^0 8′ an bis zum höchsten Wert des Achsenwinkels bei 75^0 38′ werden die Kurven sehr unstetig, doch läßt der allgemeine Verlauf der K_2O + Fl- und der MgO-Kurve wohl

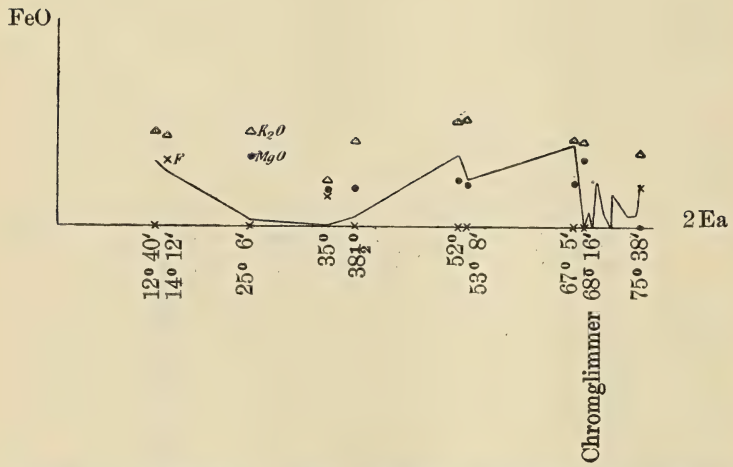

Fig. 11. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen FeO-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

noch deutlich erkennen, was wir im übrigen schon konstatiert haben: daß auch bei den Glimmern I. Art der optische Achsenwinkel proportional dem Gehalt an K_2O + Fl sowie FeO und umgekehrt proportional dem Gehalt an MgO zunimmt.

Die Wirkung des Eisenoxyduls auf die Aenderung des optischen Achsenwinkels wurde schon von Tschermak[1]) hervor-

1) Sitzber. d. K. K. Akad. d. Wiss., II. Abt., Bd. LXXVI, Juli 1877, S. 47.

gehoben. TSCHERMAK giebt nachfolgende Uebersicht der Glimmergruppe, wo + f Zunahme und — f Abnahme des Eisenoxyduls mit steigendem Achsenwinkel bedeutet:

I. Art.	II. Art.
Anomit + f	Meroxen — f
Lepidolith	Lepidomelan
Muscovit + f	Phlogopit — f
Paragonit	Zinnwaldit + f

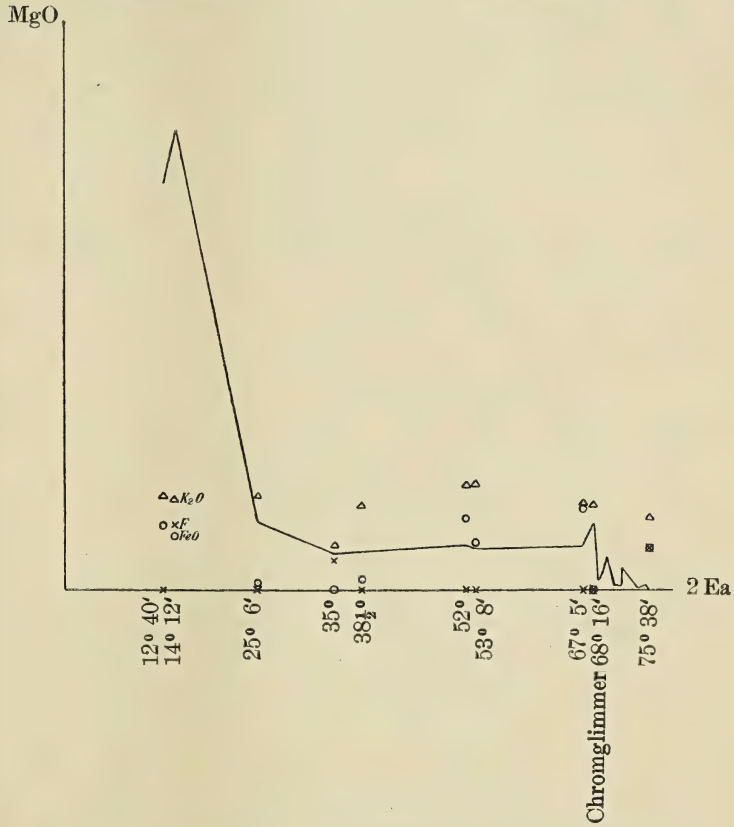

Fig. 12. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen MgO-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Wir ersehen daraus für Glimmer I. Art dasselbe Resultat, wie es die oben besprochenen Kurven ergeben, — das entgegengesetzte bei Glimmern II. Art, ausgenommen den Zinnwaldit. Man darf aber aus der Betrachtung des Eisenoxydulgehalts allein nicht auf die entgegengesetzte Wirkung desselben schließen, da es doch unwahrscheinlich ist, daß alle anderen Elemente wirkungslos sind.

B. Der optische Achsenwinkel als Funktion der chemischen Zusammensetzung der Glimmer.

Was zunächst die Ausführung der oben (S. 589 ff.) beschriebenen graphischen Darstellung anbetrifft, so wurden die Glimmer I. Art, II. Art und solche mit kleinen Winkeln ohne bestimmte Angabe und mit fraglicher Orientierung der Achsenebene getrennt in Fig. 14a—14c dargestellt. Bei den letztgenannten Glimmern ist die Kurve der Glimmer II. Art

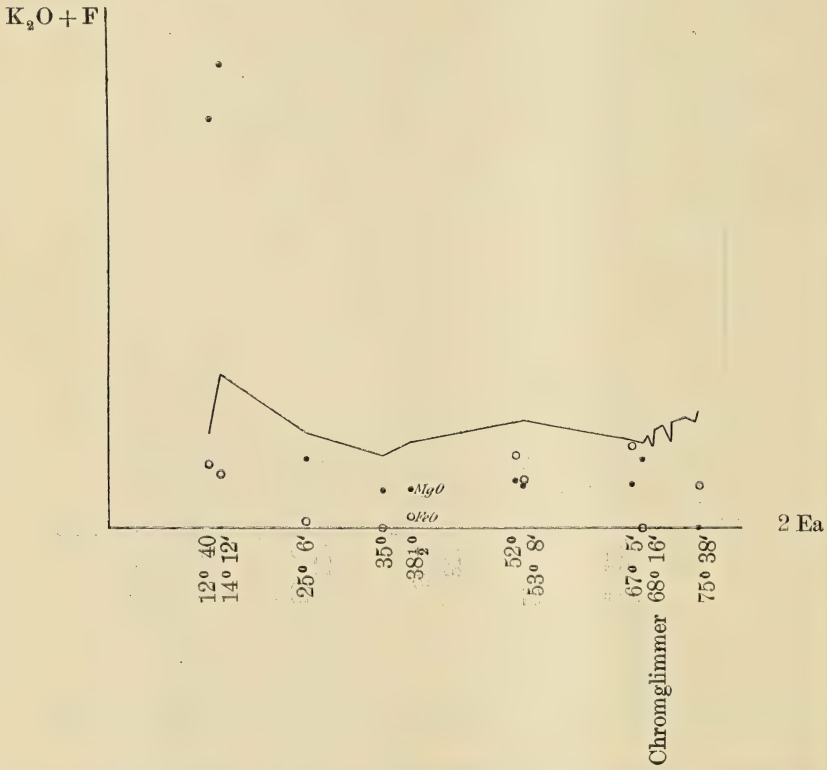

Fig. 13. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen (K_2O + F)-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

eingezeichnet, da sie mit diesen wohl zumeist übereinstimmen dürften. In den Figuren steht die K-Fe-Linie vertikal, so daß die Analysenpunkte mit abnehmendem MgO- und wachsendem K_2O-FeO-Gehalt von links nach rechts vorrücken. Ueber dem Dreieck erscheinen auf der horizontalen Linie die Vertikalprojektionen der Analysenpunkte, deren Abscissen, von der Mg-

Ecke aus, gemessen $= {}^3/_2 \frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$ sind. Senkrecht dazu auf der Ordinate sind die scheinbaren optischen Achsenwinkel aufgetragen und durch eine Kurve verbunden, welche somit den scheinbaren optischen Achsenwinkel 2 Ea als Funktion jenes Quotienten darstellt.

Von einer graphischen Darstellung der Abhängigkeit der gemessenen Achsenwinkel von der chemischen Zusammensetzung wird man aber — welcher Art sie auch sei — eine vollkommene Regelmäßigkeit nicht erwarten dürfen, sie wird vielmehr ein nur angenähert richtiges Bild der thatsächlichen Verhältnisse geben können: denn Glimmerkrystalle sind fast immer mechanisch und optisch wie auch chemisch inhomogen [1]). Bei den in der Litteratur vorliegenden Daten wird darauf aber zumeist nicht genügend Rücksicht genommen: man analysiert eine größere Menge von Krystallen oder einen großen Glimmerkrystall, bestimmt aber oft nur an einem einzigen Spaltplättchen die optischen Konstanten. Nur dann aber könnte eine vollkommene Uebereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungsresultaten stattfinden, wenn die so gemessenen Achsenwinkel etc. dem analysierten Material wirklich an allen Stellen entsprechen würden. Wenn wir diesen Mangel vieler Beobachtungen berücksichtigen, so ergeben sich aus der graphischen Darstellung (Fig. 14a—14c) folgende Resultate:

1) Im allgemeinen nähern sich bei allen Glimmern die Analysenpunkte innerhalb des Dreiecks der K-Fe-Linie mit steigendem Achsenwinkel. In welchem Verhältnis die Achsenwinkel mit wachsender Annäherung an die K-Fe-Linie steigen, zeigt das „Vertikalbild“ über dem Dreieck. Da die hier von der Mg-Ecke aus abgetragenen Abscissen $= {}^3/_2 \frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$ sind, so ergiebt sich als allgemeiner analytischer Ausdruck für die Abhängigkeit des scheinbaren optischen Achsenwinkels 2 Ea von der chemischen Zusammensetzung:

$$2\,Ea = f\left\{\frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}\right\}.$$

Damit dürfen wir uns wohl begnügen, da unsere Daten ja nur angenäherte Richtigkeit haben.

---

1) Ganz abgesehen von den Einschlüssen, die oft mit dem Glimmer zusammen analysiert werden.

2) Die Vergleichung der Kurven für Glimmer I. und II. Art zeigt, daß bei nahezu gleichem Verhältnis $\frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$

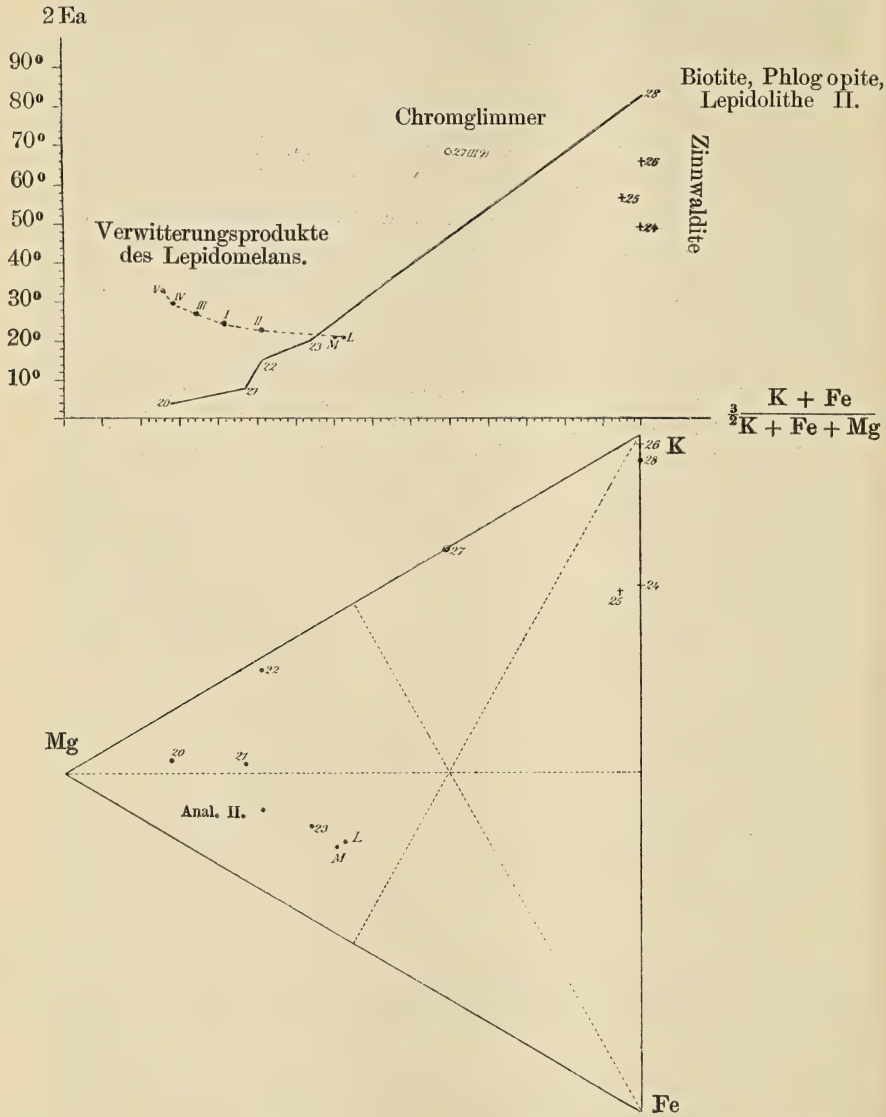

Fig. 14a. Glimmer II. Art: Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung.

die Achsenwinkel auch annähernd gleiche Werte haben: die Lage der optischen Achsen ist durch dieses Verhältnis d. h. durch die wesentlichen Bestandteile der chemischen Zu-

sammensetzung somit nicht bestimmt. Wir bedürfen also zur Erklärung der wechselnden Lage der optischen Achsenebene einer anderen, nicht in chemischer Verschiedenheit beruhenden

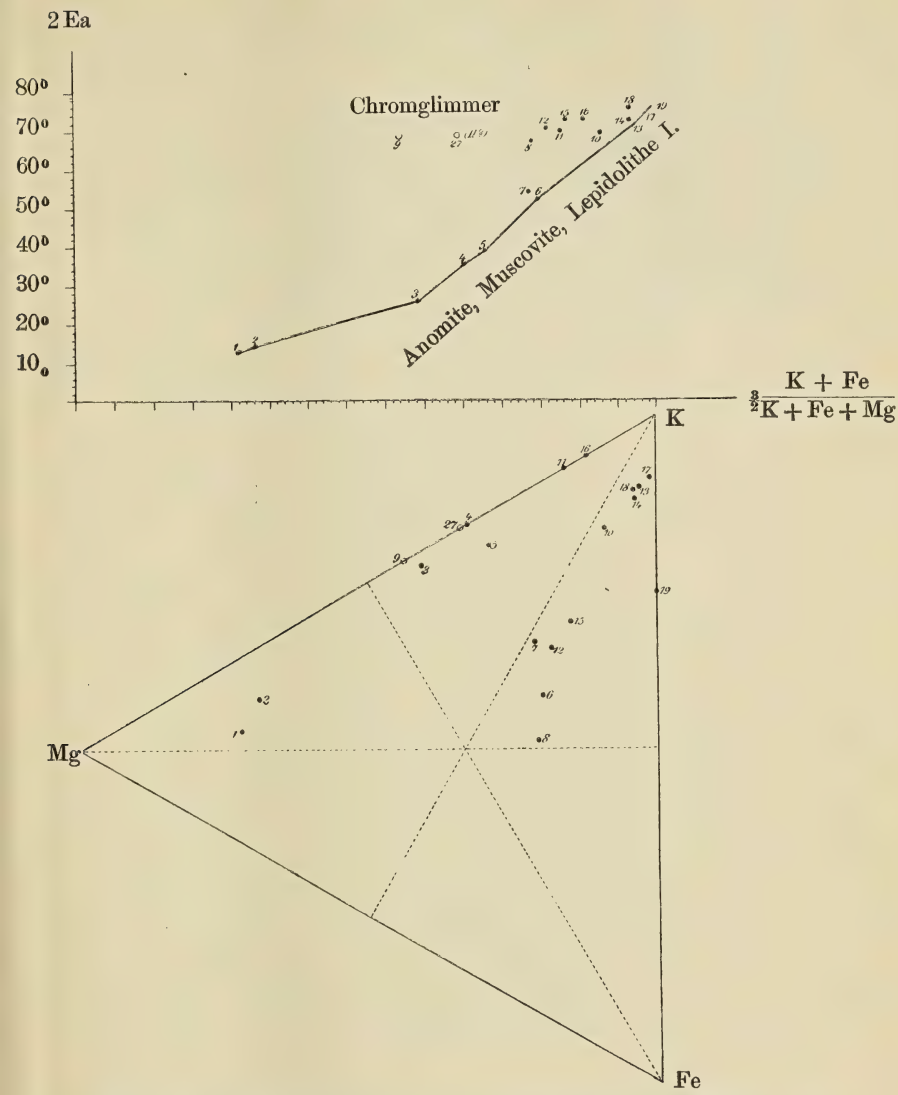

Fig. 14b. Glimmer I. Art: Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung.

Ursache, und ich nehme daher an, daß die Glimmer I. und II. Art sich verhalten wie zwei Reihen dimorpher Verbindungen.

3) Unter den Glimmern II. Art zeigen die Zinnwaldite[1]) so starke Abweichungen im Achsenwinkel, daß ihre

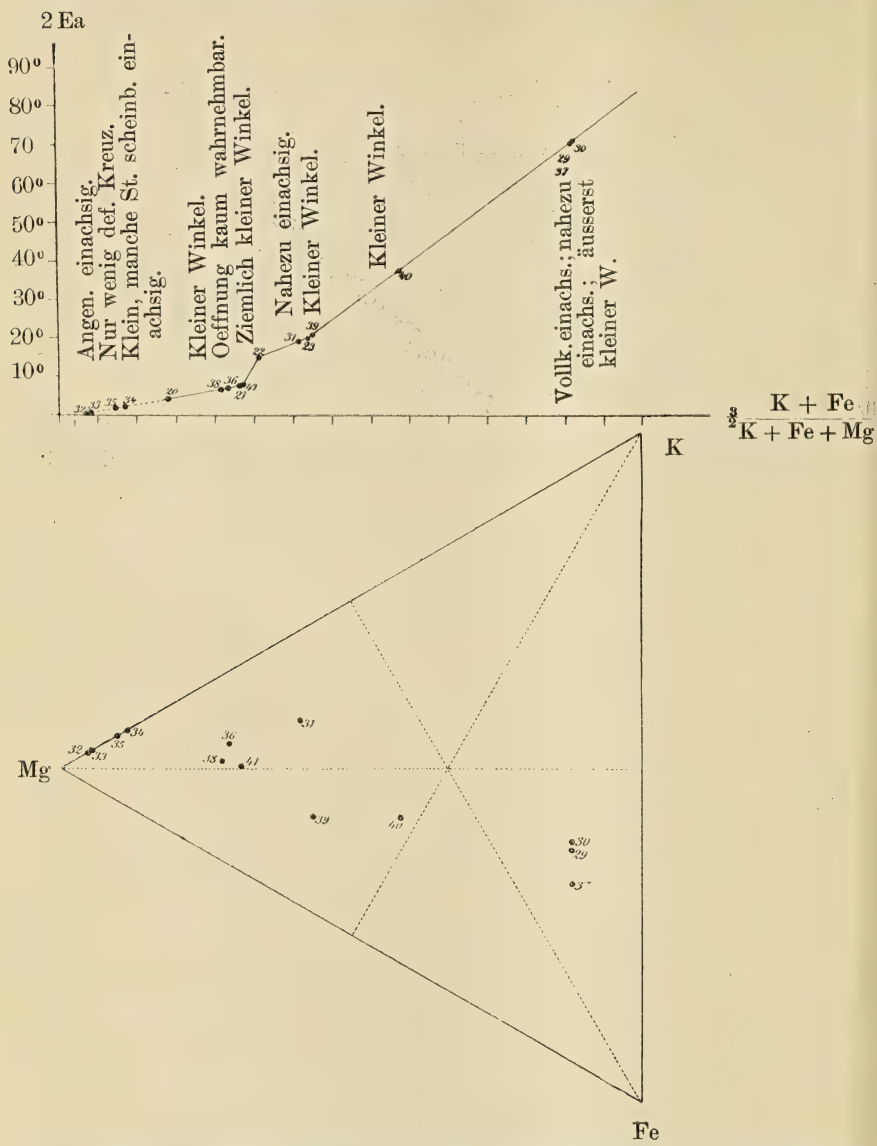

Fig. 14c. Glimmer mit kleinem Achsenwinkel: Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung.

Zugehörigkeit zur Reihe der Biotite, Phlogopite und Lepidolithe zweiter Art wohl ausgeschlossen erscheint. Da nun der Zinn-

1) Vergl. Fig. 14 a.

waldit nach den Beobachtungen von BAUMHAUER [1]) und WILK [2]) auch Aetzfiguren zeigt, die wesentlich verschieden sind von denen des Biotits und Muscovits, und zwar von triklinem Charakter, so dürfte die Annahme, daß der Zinnwaldit triklin krystallisiert, das abweichende optische Verhalten am einfachsten erklären.

4) In der Darstellung der Glimmer mit kleinem Achsenwinkel und fraglicher Lage der optischen Achsenebene wurden die Analysenpunkte auf die Kurve der Glimmer II. Art, zu denen sie wohl meist zu rechnen sind, projiziert.

Entsprechend den allerdings unbestimmten Angaben über die Größe des Achsenwinkels nehmen auch diese Glimmer im allgemeinen die von der Theorie verlangte Stellung ein (Fig. 14c).

Ausgenommen sind jedoch drei Glimmer (No. 29, 30, 37 auf Fig. 14c), welche sehr hohen Achsenwinkel haben müßten und dennoch als fast einachsig beschrieben sind. Was zunächst das abnorme Verhalten des Glimmers No. 37 — veränderter „Siderophyllit", Colorado — anbetrifft, so findet es vielleicht seine Erklärung darin, daß dieser an Magnesia arme Glimmer kein eigentlicher Biotit, sondern ein schon mehr dem Zinnwaldit genäherter Eisenglimmer ist. Diese Annahme gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man das Verhalten von No. 29 — „Protolithionit" von Eibenstock — in Betracht zieht.

Dieser von SANDBERGER [3]) in genetische Beziehung zum Zinnwaldit gebrachte Glimmer wird von SCHRÖDER [4]) zwischen TSCHERMAK's Anomite und Zinnwaldite oder zu den Lithion-Eisenglimmern von Rammelsberg gestellt. Auch in unserer graphischen Darstellung zeigt er ein dem Zinnwaldit entsprechendes Verhalten (vergl. S. 612), d. h. der optische Achsenwinkel befolgt nicht die Gesetzmäßigkeit der übrigen Glimmer II. Art. Wenn endlich noch der zum „Haughtonit" (Heddle) gehörige schottische Glimmer No. 30 der Erklärung seines abnormen Verhaltens bedarf, so steht wohl auch für diesen Glimmer der

---

1) Neues Jahrb. f. Min. etc., 1876, S. 1.

2) GROTH's Zeitschr., Bd. VII, S. 187.

3) GROTH's Zeitschr., Bd. XIII, S. 409: Zinnwaldit entsteht aus Protolithionit durch Zersetzung desselben.

4) Erläut. Sekt. Eibenstock, Bl. 145, 1884, S. 6.

Annahme nichts im Wege, daß er ebenso wie die beiden vorigen zu den magnesiumarmen Eisenglimmern gehört und daher das optische Verhalten des Zinnwaldits zeigt.

5) Wenn sich am Ende der Kurve für Glimmer I. Art die Abweichungen häufen, so kann dies keine wesentliche Bedeutung haben, da einerseits die Kurve ja eine willkürliche Verbindung bestimmter Punkte darstellt und daher vielen Werten noch näher gebracht werden könnte, und da andererseits solche Abweichungen bei der Inhomogenität des untersuchten Materials von vornherein zu erwarten sind.

Dagegen stehen zwei Chromglimmer weitab von den übrigen Glimmern, und einer von ihnen mit fraglicher Lage der Achsenebene würde auch in die Kurve der Glimmer zweiter Art nicht passen [1]). Daraus scheint nun hervorzugehen, daß die Chromglimmer außerhalb der Reihe der übrigen Glimmer I. oder II. Art stehen, d. h. von diesen, gleich dem Zinnwaldit, krystallographisch verschieden sind.

Aus den oben besprochenen Beziehungen zwischen dem optischen Verhalten und der chemischen Zusammensetzung ergeben sich aber auch Gesichtspunkte für die naturgemäße Systematik der Glimmergruppe, deren Durchführung freilich die Berücksichtigung aller geometrischen und physikalischen Eigenschaften dieser Mineralien erfordern würde. Indem ich hiervon Abstand nehme, gebe ich nachstehend die aus meinen Untersuchungen folgende Gliederung der Glimmergruppe:

I. Monokline Glimmer.

Reihe der Glimmer erster Art	Chemische Zusammensetzung	Reihe der Glimmer zweiter Art
Anomit	Magnesia-Eisenglimmer	Lepidomelan Meroxen Phlogopit
Muscovit Paragonit Lepidolith	Alkaliglimmer	Lepidolith

II. Trikline Glimmer.

	Eisenglimmer (Eisenmagnesia-glimmer)	Zinnwaldit

1) Vergl. Fig. 14b.

Die Chromglimmer gehören zu keiner dieser beiden Gruppen von Glimmern, doch dürfte ihre Zugehörigkeit zu den eigentlichen Glimmermineralien wohl kaum zweifelhaft sein.

III. Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und optischem Achsenwinkel bei den Verwitterungsprodukten des Magnesiaglimmers.

Es entsteht nunmehr die Frage, welche Stellung dem frischesten Glimmer des von Müller und von mir untersuchten Vorkommens in der graphischen Darstellung der Glimmer zweiter Art zukommt, und ob der theoretisch anzunehmende frische Lepidomelan

$$2\,(K_2H_4)_6(AlFe)_6Si_6O_{24} + (Mg_3Fe_2)_{12}Si_6O_{24}$$

in die Reihe der Glimmer zweiter Art hineinpaßt. Außerdem dürfte es auch von Interesse sein, die Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung der gesamten Reihe des frischen und durch die Verwitterung gebleichten Lepidomelans in derselben Weise graphisch darzustellen. Daher gebe ich zunächst in nachstehender Tabelle die Werte für Mg, Fe, K und f, k, nach steigendem Achsenwinkel geordnet, an:

Mg = MgO + CaO	Fe = FeO	K = K_2O + Na_2O	f = $\frac{Fe-Mg}{K+Fe+Mg}$	k = $\frac{K-Mg}{K+Fe+Mg}$	Scheinbarer Achsenwinkel in Luft	Analyse No.
22,666	14,854	5,234	— 18,280	— 40,780	?	Analyse von Müller
33,377	11,216	6,035	— 43,772	— 54,019	22° 43′	II
30,955	7,448	4,573	— 54,698	— 61,389	24° 24′	I
33,320	5,808	4,116	— 63,620	— 67,532	28° 24′	III
36,882	5,125	3,504	— 69,778	— 73,003	29° 36′	IV
36,289	5,127	2,393	— 70,986	— 77,215	33° 12′	V
33,808	5,053	2,573	— 69,402	— 75,386	34° 25′	VI
25,981	17,381	7,242	— 16,995	— 37,032	?	frischer Lepidomelan

In der That stellt sich nun durch die graphische Darstellung eine gesetzmäßige Beziehung zwischen dem optischen Achsenwinkel und der chemischen Zusammensetzung des frischen Lepidomelans und seiner Verwitterungsprodukte heraus, und es ergiebt die Betrachtung der Fig. 15 und 14a folgende Resultate:

1) Aus Fig. 15 ist ersichtlich, daß die Analysenpunkte innerhalb des Dreiecks sich in einer anfangs unmerklich gekrümmten Kurve anordnen, die dann im Punkt IV nach der

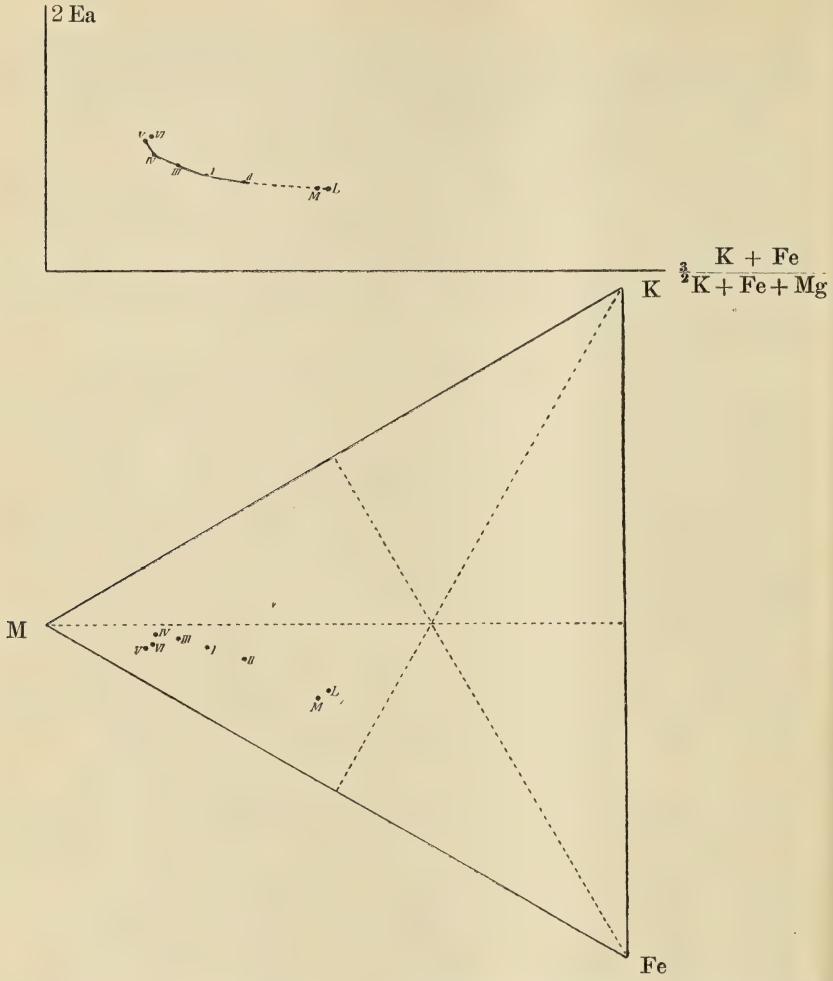

Fig. 15. Lepidomelan vom Schneidemüllerskopf und dessen Verwitterungsprodukte: Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung.

Mg-Fe-Linie des Dreiecks hin scharf umbiegt. Dies bedeutet aber folgendes: Bei fortschreitender Verwitterung nehmen die Werte:

$$f = \frac{Fe - Mg}{K + Fe + Mg} \text{ und } k = \frac{K - Mg}{K + Fe + Mg}$$

ab. In welcher Weise die Abnahme erfolgt, zeigt nachstehende Tabelle für die Differenzen der Werte f und k:

Analyse No.	Differenzen der Werte f.	Differenz der Werte k.
frischer Lepidomelan		
	+ 1,285	+ 3,748
Analyse von MÜLLER		
	+ 25,492	+ 14,000
II		
	+ 10,926	+ 7,370
I		
	+ 8,922	+ 6,143
III		
	+ 6,158	+ 5,471
IV		
	+ 1,208	+ 4,212
V		
	— 1,584	— 1,829
VI		

Die Tabelle zeigt, daß im allgemeinen beim Beginn der Verwitterung die Abnahme der Werte f schneller erfolgt als die Abnahme der Werte k, während am Ende des Prozesses k stärker abnimmt als f. Mit anderen Worten: Anfangs tritt bei der Verwitterung das Eisenoxydul schneller aus, gegen das Ende des Prozesses das Kali. Unregelmäßiges Verhalten zeigen nur die Analysenpunkte der MÜLLER'schen Analyse und meiner Analyse VI. Zu letzterer war leider nicht genügend Material zu erhalten, alle Bestimmungen sind an einem Minimum von Substanz ausgeführt und daher weniger zuverlässig als die der übrigen Analysen. Immerhin lassen die Differenzen zwischen IV und VI und auch zwischen V und VI noch deutlich erkennen daß zum Schlusse das Kali schneller abnimmt als FeO.

Vergleichen wir ferner die Quotienten

$$f : k = (Fe—Mg) : (K—Mg)$$

in nachfolgender Uebersicht bei gleicher Reihenfolge der Analysen wie oben:

Analyse No.	$\frac{f}{k} = \frac{Fe—Mg}{K—Mg}$	Analyse No.	$\frac{f}{k} = \frac{Fe—Mg}{K—Mg}$
Frischer Lepidomelan	0,459	III	0,942
Analyse von MÜLLER	0,448	IV	0,956
II	0,810	V	0,919
I	0,891	VI	0,921

so sehen wir, daß durch die Verwitterung das Verhältnis (Fe—Mg) : (K—Mg) dem Werte 1 : 1 nahegebracht wird, die Verbindungslinie der Analysenpunkte nähert sich daher asymptotisch der Höhenlinie durch die Mg-Ecke des Dreiecks.

2) Fig. 15 zeigt weiterhin, wenn man das Vertikalbild betrachtet, daß der optische Achsenwinkel der frischen und zersetzten Glimmer eine Funktion des Quotienten

$$(K + Fe) : (K + Fe + Mg)$$

ist. Er wächst aber nicht wie bei der Reihe der frischen Glimmer II. Art der optische Achsenwinkel mit zunehmenden Werten dieses Quotienten, sondern er nimmt proportional $\frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$ ab. Der analytische Ausdruck für diese gesetzmäßige Beziehung ist daher

$$2\,Ea = f\left\{\frac{1}{(K + Fe) : (K + Fe + Mg)}\right\}$$

oder:

$$2\,Ea = f\left\{\frac{K + Fe + Mg}{K + Fe}\right\}.$$

Wenn der Punkt No. VI außerhalb der Kurve liegt, so darf dies aus den oben schon erörterten Gründen nicht befremden, der entsprechende Analysenpunkt innerhalb des Dreiecks ist eben nicht genau genug bestimmt.

3) Da der optische Achsenwinkel des von Müller untersuchten Glimmers und des frischen Lepidomelans nicht bekannt ist, so habe ich die Kurve Fig. 15 nach ihrem wahrscheinlichen Verlauf rekonstruiert und entnehme der graphischen Darstellung die Werte

$$2\,Ea = 20^0—21^0 \text{ ca.}$$

für beide Glimmer. Die in Fig. 14a übertragene Kurve zeigt nun, daß der so ermittelte Näherungswert für 2 Ea in die Kurve der Glimmer II. Art wohl hineinpaßt, während mit zunehmender Zersetzung die Punkte sich immer weiter von der Kurve entfernen.

4) Durch dieses Resultat vermehren sich aber die Gründe, welche die Unregelmäßigkeiten in dem Verlauf der Kurven für die Glimmer II. und I. Art erklären, um einen — vielleicht um den bedeutungsvollsten: denn geringer noch als die Möglichkeit, vollkommen homogenes Material optisch und chemisch zu untersuchen, ist die Garantie für vollkommene Frische. Besonders für die Glimmer I. Art (Fig. 14b) dürfte dieser Um-

stand von Bedeutung sein und uns am besten erklären, warum am Ende der Kurve so viele Punkte zum Teil recht beträchtlich abweichen und zwar immer nach der Seite hin, wohin bei eintretender Zersetzung die Punkte wandern.

Resultate.

Faßt man nochmals kurz die Resultate der vorliegenden Arbeit zusammen, so ergiebt sich mit Bezug auf den ersten Teil der Arbeit:

1) Die Umwandlung des Magnesiaglimmers, welche man als Ausbleichung bezeichnet, ist ein Vorgang, der niemals Produkte liefert, die mit Kaliglimmer identisch sind;

2) die Bleichung beruht vielmehr zuvörderst in einer Ausscheidung des Eisenoxyds, erst späterhin in einer Ausscheidung des Eisenoxyduls;

3) neben diesen Eisenausscheidungen geht auch das Kalium verloren und wird durch Wasserstoff ersetzt; und zwar tritt anfangs Eisenoxydul, gegen das Ende des Verwitterungsprozesses Kali schneller aus der Verbindung aus;

4) mit fortschreitender Bleichung findet eine Abnahme des specifischen Gewichts statt;

5) ebenfalls mit fortschreitender Bleichung und abnehmendem specifischen Gewicht verschwindet die Absorption und der Pleochroïsmus, während damit eine Zunahme des optischen Achsenwinkels und Abnahme der Hauptbrechungsindices Hand in Hand gehen, wobei es auch vorkommen kann, daß neben den Glimmern II. Art Glimmer I. Art entstehen.

Mit Bezug auf den zweiten Teil aber wurden folgende Resultate erlangt:

6) Kali, Fluor und Eisenoxydul wirken vergrößernd auf den optischen Achsenwinkel, Magnesia dagegen verkleinernd. Im großen und ganzen erscheint der optische Achsenwinkel nach der Formel:

$$2\,Ea = f\left\{\frac{(K_2O + F) + FeO}{(K_2O + F) + FeO + MgO}\right\}$$

von der chemischen Zusammensetzung abhängig;

7) Zinnwaldite und Chromglimmer zeigen ein anomales Verhalten und dürften vermutlich andere Krystallstruktur besitzen

Aus dem dritten Teil endlich ersieht man folgendes:

8) Die optischen Achsenwinkel des frischen Biotits und seiner Verwitterungsprodukte stehen ebenfalls zur chemischen Zusammensetzung in gesetzmäßiger Beziehung, die sich durch die Formel:

$$2\,Ea = f\left\{\frac{(K_2O + F) + FeO + MgO}{(K_2O + F) + FeO}\right\}$$

allgemein ausdrücken läßt;

9) da dieser Ausdruck dem sub 6 genannten reciprok ist, so nimmt in der graphischen Darstellung jener gesetzmäßigen Beziehungen die Kurve für die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers entgegengesetzten Verlauf wie die Kurve für die Glimmer II. Art;

10) die Abweichungen der gemessenen Werte des Achsenwinkels von den durch die Beziehung

$$2\,Ea = f\left\{\frac{(K_2O + F) + FeO}{(K_2O + F) + FeO + MgO}\right\}$$

theoretisch ermittelten Werten sind hauptsächlich durch bereits eingetretene Verwitterung der untersuchten Glimmer zu erklären.