

DIE MINERALIEN
DER
SYENITPEGMATITGÄNGE

DER
SÜDNORWEGISCHEN
AUGIT- UND NEPHELINSYENITE

VON
W. C. BRÖGGER.

MIT ZAHLREICHEN CHEMISCH-ANALYTISCHEN BEITRÄGEN

VON
P. T. CLEVE U. A.

MIT 38 TEXTILLUSTRATIONEN, 27 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN
UND 2 GEOLOGISCHEN KARTEN.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1890.

35. Astrophyllit, Scheerer.

1848. P. C. Weibye, Karsten u. v. Dechen's Arch. **22**, 532.
 1849. — Neues Jahrb. f. Min. S. 772.
 1854. Th. Scheerer, Berg- und Hüttenm. Zeit. **13**, 240.
 1862. A. Des Cloizeaux, Man. d. Min. S. 497.
 1863. E. Pisani, Compt. rend. **56**, 846.
 — G. Tschermak, Neues Jahrb. f. Min. S. 550.
 1864. Th. Scheerer, Pogg. Ann. **122**, 409.
 1867. A. Des Cloizeaux, Rec. d. sav. étrang. **18**, 549.
 1868. A. Kennigott, Uebers. d. min. Forsch. 1862—65, S. 128.
 1870. A. E. Nordenskiöld, Öfvers. af Kgl. Sv. Vet. Akad. Förhandl. S. 564.
 1875. C. F. Rammelsberg, Handb. d. Min.-Chem. S. 674.
 1877. G. A. König u. H. Bücking, diese Zeitschr. **1**, 423.
 1878. W. C. Brögger, ebenda **2**, 278.
 1888. Michel Lévy et A. Lacroix, Les miner. d. roches p. 156.

Der Astrophyllit wurde wahrscheinlich zuerst im Jahre 1844 von P. C. Weibye »im grobkörnigen Syenit« auf der Insel »Lamöskjär« (= Låven) entdeckt. Weibye nannte das Mineral »brauner Glimmer«; er beschrieb auch die ersten Krystalle und lieferte unvollkommene Abbildungen derselben; da seine krystallographischen Beobachtungen und namentlich seine Messungen wie gewöhnlich ganz unzuverlässig waren, sollen sie hier nicht näher erwähnt werden.

Später (1854) beschrieb Scheerer das Mineral näher unter dem Namen Astrophyllit als selbständige Species; diese Bezeichnung bezieht sich auf die in verschiedener Weise strahligen und sternförmigen Aggregate und auf die blättrige, glimmerähnliche Spaltbarkeit; in seiner späteren Abhandlung (1864) lieferte er eine Abbildung und einige wenige unvollkommene Messungen der von ihm beobachteten Krystalle, welche er als monosymmetrisch auffasste, während Weibye dieselben als tetragonal oder rhombisch und Des Cloizeaux auf Grund seiner optischen Untersuchungen das Krystallsystem als rhombisch angesehen hatte. Scheerer machte schon auf die geringe Aehnlichkeit mit den Glimmermineralien und auf die mögliche Verwandtschaft mit einem Mineral der Pyroxengruppe oder mit Anthophyllit aufmerksam; G. Tschermak meinte sogar, dass der Astrophyllit als eine Pseudomorphose nach Anthophyllit zu betrachten wäre, eine Auffassung, welche nur aus der damals unvollkommenen Kenntniss des immerhin ziemlich seltenen Minerals herrühren konnte.

Etwas ausführlichere Mittheilungen über die krystallographischen Verhältnisse des Astrophyllit gab zuerst A. E. Nordenskiöld, welcher den-

selben für rhombisch hielt; nachdem später zuerst König und Bücking den Astrophyllit von Colorado als monosymmetrisch angesehen hatten, lieferte ich endlich (1878) eine ziemlich detaillirte Untersuchung über die krystallographischen und optischen Verhältnisse des norwegischen Astrophyllit und suchte dabei zu beweisen, dass er dem asymmetrischen System angehörig sein müsse. Da in dieser Abhandlung auch in hinreichend ausführlicher Darstellung die frühere Literatur über das Krystallsystem des Astrophyllit referirt war, darf hier auf diese Abhandlung hingewiesen werden.

Nach der an dieser Stelle dargelegten Auffassung sind die Astrophyllitkrystalle in den meisten Fällen tafelförmig ausgebildet nach einer vorherrschenden Fläche (als $\{001\}0P$ aufgefasst), nach welcher die Krystalle auch vollkommen spaltbar sind. Aus den beiden Messungen leitete ich das asymmetrische Axenverhältniss

$$a : b : c = 0,2268 : 1 : 0,2908$$

$$\alpha = 93^{\circ} 52', \quad \beta = 90^{\circ} 27', \quad \gamma = 89^{\circ} 44\frac{1}{2}'$$

ab.

Ich habe seitdem eine ziemlich grosse Anzahl Krystalle von Astrophyllit gemessen und dabei gefunden, dass jenes Axenverhältniss nicht genau sein kann. Selbst die am besten messbaren Krystalle mit schön spiegelnden Flächen geben so wenig übereinstimmende Resultate, dass es fast unmöglich scheint, ein ganz genaues Axenverhältniss aus den Messungen abzuleiten. Wichtiger aber ist es, dass meine damals aufgestellte Erklärung des Krystallsystems des Astrophyllit als asymmetrisch mir nach der Durchmusterung eines grösseren Materiales kaum mehr haltbar erscheint.

Diese Auffassung war theils auf Messungen, namentlich des Winkels der besten Spaltfläche zu einer Fläche, welche als (010) aufgefasst wurde, theils auf optische Untersuchungen begründet. Was die Messungen betrifft, so muss ich Folgendes bemerken: Der entscheidende Winkel $c' : b$ (als (004):(010) aufgefasst) $= 93^{\circ} 52'$ war nur an einem einzigen Krystall gemessen, und die Fläche b trat an diesem Krystall als ganz schmale, einfache Fläche auf. Später habe ich aber an einem grossen Material von Krystallen von Eikaholmen die Fläche b ganz allgemein und gross ausgebildet gefunden und habe hier an den besten Krystallen beobachtet, dass diese Fläche an beiden Enden doppelt auftritt, und dass die beiden Flächen an beiden Enden ausspringende Winkel bilden. Da die Messungen in der Regel nur schlecht sind, kann die relativ geringe Abweichung der Messungen gegen c hinten und vorn, rechts und links (nach der gewählten Stellung) nicht zur Annahme eines wirklichen Unterschiedes der Flächen von b berechtigen. Was die übrigen Messungen betrifft, welche mit der Annahme eines asymmetrischen Systems übereinstimmend aufgefasst wurden, so haben neue Messungen an einem grösseren Material ge-

zeigt, dass die Unterschiede zwischen den Messungen der Spaltfläche zu verschiedenen mit dem gleichen Parameterverhältniss versehenen Pyramidenflächen durch alle Uebergänge ausgeglichen werden, so dass wirkliche Unterschiede kaum vorhanden sind. Wenn deshalb wirklich das Krystallsystem des Astrophyllit von der rhombischen Symmetrie abweicht, so müssen jedenfalls die Abweichungen zu klein sein, um goniometrisch an den für genaue Messungen wenig geeigneten Krystallen sicher festgestellt werden zu können.

Es fragt sich dann, ob durch die optischen Untersuchungen, zuerst von Bücking, später von mir, eine Abweichung von der rhombischen Symmetrie als bewiesen angesehen werden kann; dies ist aber entschieden nicht der Fall.

Der Beweis für den asymmetrischen Charakter des Astrophyllit sollte nach den genannten Untersuchungen darin liegen, dass nach den Beobachtungen nicht nur die Bisectrix, sondern auch die Axenebene schief und asymmetrisch zu der vollkommenen Spaltungsfläche liegen sollte; diese Schiefe wäre nach meinen Messungen mittelst der Groth'schen Spiegelmethode in einer Richtung $2^{\circ} 4\frac{1}{2}'$ — $3^{\circ} 49\frac{1}{2}'$, in der darauf senkrechten Richtung $0^{\circ} 24'$ — $2^{\circ} 7'$, ohne Correctionen für die Krümmung der Platten; die Abweichung von der Normalen der Spaltfläche wäre also in beiden Richtungen nur klein.

Es ist nun zuerst zu bemerken, dass die Art, wie die Spiegelmethode an dem (1878) benutzten, dem Fuess'schen Universalapparate angehörigen Axenwinkelapparate angewendet wurde, keine sehr genauen Resultate liefern konnte, indem die Methode selbst in dieser Ausführung nicht ohne bedenkliche Fehlerquellen ist.

Auch abgesehen davon beweisen die Beobachtungen dennoch keineswegs eine ursprüngliche Asymmetrie. Die Platten nach der Spaltungsfläche sind nämlich immer mehr oder weniger gekrümmt und die Krystalle zeigen sich immer auf dieser Fläche geknickt, oft zerbrochen. Offenbar sind die Astrophyllitkrystalle nach ihrer Bildung ganz gewöhnlich durch mechanische Gewalt, während der Bewegung der noch nicht vollständig erstarrten Gangmassen, gekrümmt und zerbrochen worden. Es ist aber eine hinreichend bekannte Thatsache, dass die optischen Verhältnisse derartigen mechanischen Aenderungen durch Druck, Biegung etc. gegenüber sehr empfindlich reagiren. Eine Krümmung einer Astrophyllitplatte von $0^{\circ} 9'$ — $0^{\circ} 47'$, wie sie in meinen Platten bestimmt wurde, bedeutet deshalb nicht, dass die auf der Spaltebene auftretende Bisectrix der Krümmung wegen nur um den genannten Betrag von der zur Plattenebene senkrechten Lage abweichen könnte, wenn das Mineral sich nicht an und für sich asymmetrisch verhält; vielmehr dürfte es viel wahrscheinlicher sein, dass eine Krümmung von $0^{\circ} 9'$ — $0^{\circ} 47'$ einer bei weitem grös-

seren Abweichung der Bisectrix von der Normallage entsprechen müsse.

Für die rein secundäre Beschaffenheit der asymmetrischen Lage der Bisectrix sprechen mehrere Umstände. Erstens, dass die Grösse der Abweichung von einem rechten Winkel innerhalb relativ weiter Grenzen variirt, nämlich in der einen Richtung zwischen $2^{\circ} 4\frac{1}{2}'$ und $3^{\circ} 49\frac{1}{2}'$, in der anderen darauf senkrechten Richtung zwischen $0^{\circ} 21'$ und $2^{\circ} 7'$. Noch deutlicher zeigt sich dies in Dünnschliffen senkrecht zur Hauptspaltungsfläche, theils parallel der Zone $g : c$, theils senkrecht zu dieser Zone. Man beobachtet hier in den Dünnschliffen in der That in grosser Ausdehnung parallele Auslöschung und nur ganz local eine kleine Abweichung von der parallelen Auslöschung, eben an solchen Stellen, welche deutlich eine Krümmung zeigen.

Erinnern wir uns, dass z. B. an dem unzweifelhaft rhombischen Leukophan (siehe unten) in den peripherischen Theilen der Schnitte senkrecht zur Verticalaxe eine noch grössere Abweichung von der durch die rhombische Symmetrie geforderten Lage der Axenebene stattfindet, welche hier ganz sicher auf secundäre Einflüsse zu beziehen ist, so sehen wir leicht ein, dass die ganz geringe und nicht constante Abweichung der optischen Verhältnisse des Astrophyllit von den Forderungen des rhombischen Krystallsystems unmöglich als entscheidender Beweis gegen die Zugehörigkeit des Astrophyllit zum rhombischen Systeme angenommen werden kann, wenn nicht ausserdem andere, zwingendere Beweise vorliegen, was aber keineswegs der Fall ist.

Es kommt zwar häufig vor, dass die Astrophyllitkrystalle in ihrer Ausbildung hinsichtlich der Flächenvertheilung einen monosymmetrischen oder asymmetrischen Habitus besitzen; dies ist aber nicht durchgehend der Fall, indem manche Krystalle eine rhombische Flächenvertheilung zeigen. Ausserdem ist die Flächenvertheilung der weniger symmetrisch ausgebildeten Krystalle auch genauer betrachtet ebensowenig asymmetrisch, als rhombisch, indem sehr häufig die Parallellflächen zu den in den verschiedenen Oktanten auftretenden Flächen fehlen, sodass die Astrophyllitkrystalle dann auch nicht die centrische Symmetrie des asymmetrischen Krystallsystems, sondern eine ganz regellose Flächenvertheilung zeigen.

Auch die häufig zu beobachtenden einspringenden Winkel (bei gleichartiger Lage der Spaltebene durch den ganzen Krystall) scheinen nur auf Flächenstreifung und unregelmässiger Ausbildung, nicht auf Zwillingsbildungen zu beruhen; sie kommt in ähnlicher Weise ja häufig bei den Glimmermineralien vor.

Nach den gesammten Beobachtungen des mir jetzt vorliegenden grösseren Materiales von Astrophyllitkrystallen kann ich deshalb meine frühere Auffassung, dass der Astrophyllit asymmetrisch sei, nicht mehr aufrecht

halten. Ebenso wenig kann ich denselben als monosymmetrisch ansehen. Obwohl ich streng genommen das Krystallsystem des Astrophyllit als unentschieden ansehen muss, scheint es mir nach der Erwägung aller Beobachtungen am wahrscheinlichsten, dass derselbe dem rhombischen Krystallsystem angehört: wenigstens scheinen mir keine Thatsachen bestimmt gegen diese Auffassung zu sprechen.

Ausserdem scheint es mir berechtigt, aus Gründen, welche aus dem Folgenden hervorgehen, eine andere Aufstellung der Astrophyllitkrystalle als meine frühere, zu wählen. Es soll nunmehr die vollkommene Spaltungsfläche nicht mehr als Basis, sondern als vorderes Verticalpinakoid $\{100\}$ und die Makroaxe der vorigen Stellung als Verticalaxe genommen werden.

Ferner haben mir die Beobachtungen an einem grösseren Materiale gezeigt, dass die Pyramide, welche die häufigste und in der Regel auch die vorherrschende ist, nicht die bei der vorigen Aufstellung als Grundpyramide genommene Fläche i , sondern die Pyramide l ist. Ich nehme deshalb diese als Grundpyramide, um so mehr, weil dieselbe sich dadurch als Grundform auszeichnet, dass sie fast tetragonale Symmetrieverhältnisse in ihren Winkeln zeigt.

Als Grundlage für die Berechnung des Axenverhältnisses benutze ich folgende Messungen an einem ganz kleinen, nur ca. 2 mm grossen, aber theilweise vorzüglich ausgebildeten Krystalle von Eikaholmen:

$$\begin{aligned} (203):(100) &= 29^{\circ} 30' \\ (111):(100) &= 45 \quad 54 \end{aligned}$$

woraus man erhält:

$$a : b : c = 4,0098 : 1 : 4,7556.$$

Auf dies Axenverhältniss bezogen erhalten die beobachteten Formen folgende Zeichen:

$$\begin{array}{ll} a^*) = \{100\}_{\infty} \bar{P}_{\infty} & z = \{166\} \check{P}_6 \\ n = \{655\}_{\frac{6}{5}} \bar{P}_{\frac{6}{5}} & q^{**}) = \{011\} \check{P}_{\infty} \\ l = \{111\} P & \beta = \{1.0.50\}_{\frac{1}{50}} \bar{P}_{\infty} \\ \lambda = \{677\} \check{P}_{\frac{7}{6}} & g = \{203\}_{\frac{2}{3}} \bar{P}_{\infty} \\ i = \{344\} \check{P}_{\frac{4}{3}} & o = \{110\}_{\infty} P. \\ x = \{122\} \check{P}_2 \end{array}$$

Ausser diesen Formen führte Nordenskiöld auch noch eine Anzahl anderer an; die Fläche h Nordenskiöld's $= \{433\}_{\frac{4}{3}} \bar{P}_{\frac{4}{3}}$ ausgenommen, dürften aber die übrigen von ihm aufgestellten Formen, welche nicht im obenstehenden Verzeichniss aufgeführt sind, wohl überhaupt kaum am Astro-

*) In der früheren Abhandlung als c bezeichnet.

***) Frühere Abhandlung b .

phyllit vorkommen, ebensowenig wie die von ihm gezeichneten Figg. 10 und 12 keiner der beim Astrophyllit vorkommenden Combinationen entsprechen; so viel ich beim Durchmustern des Astrophyllitmaterials des Reichsmuseums beobachten konnte, fanden sich auch dort keine derartig ausgebildeten Krystalle, dagegen zwei ähnlich aussehende der gewöhnlichen Combination mit sehr verzerrter Ausbildung, welche zwar sehr leicht in der von Nordenskiöld angenommenen Weise aufgefasst werden könnten, trotzdem aber in der That nur die gewöhnlichen Formen zu zeigen scheinen. Ich wage deshalb die Flächen f , e , d , r , p und m Nordenskiöld's nicht als selbständige, beim Astrophyllit auftretende Formen zu betrachten.

In der That zeigen nämlich die Astrophyllitkrystalle, in soweit dieselben mir bekannt sind, in der Regel nur drei Hauptzonen: die Zone $[(203):(100)]$ und die Zone $[(100):(111)]$ resp. $[(100):(1\bar{1}1)]$; sehr selten ist noch ausserhalb dieser Zonen die Fläche $\{110\} \infty P$ vorhanden.

Die wichtigsten Winkel sind aus dem obenstehenden neuen Axenverhältniss berechnet.

	Berechnet:	Gemessen:
$a : h = (100):(433)$	$37^{\circ} 44\frac{1}{2}'$	$37^{\circ} 17' - 36^{\circ} 21'$ (Nordenskiöld)
$a : n = (100):(655)$	$41 \ 21\frac{1}{2}$	$40 \ 0 - 41 \ 0$ (approx.)
$a : l = (100):(111)$	$*45 \ 54$	$*45 \ 54$ (beste Messung)
		$44 \ 3 - 46 \ 5$
$a : \lambda = (100):(677)$	$50 \ 17$	$48 \ 0 - 50\frac{1}{4}$
$a : i = (100):(344)$	$53 \ 22$	$51 \ 35 - 53 \ 50$
$a : x = (100):(122)$	$64 \ 9$	$62 \ 34 - 65 \ 49$
$a : z = (100):(166)$	$80 \ 49\frac{1}{2}$	$79 \ 11 - 81 \ 0$
$a : q = (100):(011)$	$90 \ 0$	91 ca. (approx.)
$b : l = (010):(111)$	$45 \ 21$	—
$c : l = (001):(111)$	$81 \ 30$	—
$o : a = (110):(100)$	$45 \ 17$	45 ca. (approx.)
$q : q = (011):(01\bar{1})$	$23 \ 45$	—
$g : a = (203):(100)$	$*29 \ 30$	$*29 \ 30$ (beste Messung)
		$29 \ 2 - 31 \ 30$
$a : \beta = (100):(1.0.50)$	$84 \ 37$	$84 \ 22 - 85 \ 54$
$g : l = (203):(111)$	$47 \ 17$	$47 \ 1$ (beste Messung)

Ob in der That die Flächen von β als $\frac{1}{3}P \infty$ oder als eine naheliegende Form aufzufassen sind, ist unmöglich sicher zu entscheiden; die besten Messungen gaben: $85^{\circ} 25'$, $84^{\circ} 37'$ (I); $85^{\circ} 4'$, $85^{\circ} 14'$ (II); $85^{\circ} 6'$, $84^{\circ} 53'$, $85^{\circ} 0'$, $84^{\circ} 51'$ (III); $85^{\circ} 54'$, $84^{\circ} 54'$, $85^{\circ} 53'$ (IV); $84^{\circ} 22'$, $85^{\circ} 36'$, $85^{\circ} 45'$ (V); $84^{\circ} 50'$, $85^{\circ} 19'$ (VI); Mittel = $85^{\circ} 10'$, alle diese Messungen an verschiedenen Winkeln oben und unten, vorn und hinten an sechs verschiedenen Krystallen von Eikaholmen ausgeführt. Das Mittel entspricht näher dem

Zeichen $\frac{1}{6}P\infty$, welches für den Winkel (100):(1.0.60) erfordert $85^{\circ}30\frac{1}{2}'$, aber die besten Messungen liegen näher der Form $\frac{1}{5}P\infty$.

Sämtliche Flächen sind parallel ihrer Combinationskante mit der Hauptspaltungsebene (100) stark gestreift (siehe Taf. IX Fig. 7), was die Güte der Messungen sehr beeinträchtigt. Die Fläche a (100) selbst ist parallel der Combinationskante mit g (203) fein gestreift, wodurch die Orientierung auch in Bruchstücken ohne Endflächen erleichtert wird. Die Flächen sind oft stark glänzend, die Spaltungsfläche (100) immer gut spiegelnd, jedoch wegen ihrer geknickten und gekrümmten Beschaffenheit in der Regel schlecht messbar. In der Pyramidenzone erhält man oft fast continuirliche Bänder statt deutlich getrennte Reflexe.

Die oben genannten Formen bilden nun folgende Typen der Ausbildung.

1) Vorherrschend nach der Verticalaxe ausgezogene Krystalle.

Bei diesen Krystallen, welche gewöhnlich zugleich tafelförmig nach dem Makropinakoid sind, herrschen die Pyramidenflächen als seitliche Begrenzung vor: am Ende findet man entweder nur die Flächen von $\frac{2}{3}P\infty$ (siehe Taf. IX Fig. 1 und 2) oder ausserdem die Flächen von $\frac{1}{5}P\infty$ mehr oder weniger ausgebildet (Taf. IX Fig. 3) oder diese letzten Flächen allein (Fig. 7). Häufig findet man sowohl in der Pyramidenzone als in der Domenzone Wiederholung der Flächen mit ein- und ausspringenden Winkeln (siehe Fig. 4).

Durch allmähliche Verkürzung nach der Verticalaxe (siehe Fig. 9) gehen die Krystalle dieses Typus in diejenigen des folgenden über.

2) Nach der Makrodiagonale ausgezogene Krystalle.

Dieselben sind fast immer von {100} und {1.0.50} begrenzt, an beiden Seiten, wenn die Seitenflächen erhalten sind, von Pyramiden (i oder l vorherrschend*). Sehr selten kommen auch die Prismenflächen {110} ∞P als einzige Seitenbegrenzung vor. Die Figuren 5, 10 und 11 zeigen, wie derartig begrenzte Krystalle bald als dickere und breitere, bald als ganz dünne lange Stäbe ausgebildet sind. Die von Scheerer**) und König beschriebenen Krystalle gehörten diesem Typus an.

Sehr häufig findet man von einem Centrum ausstrahlend zahlreiche Massen mit derartigen langen, nach der Makrodiagonale ausgezogenen Stäben hübsche Rosetten bildend (siehe Taf. IX Fig. 8).

Derartige nach der Makrodiagonale ausgezogene Krystalle, wie die Fig. 10 dargestellte, zeigen nun sehr häufig auf den Spaltungsflächen ein-

*) In den Figuren steht i angegeben, obwohl l häufiger ist.

**) Scheerer's Fläche $K = a$, $T = \beta$, $\mu = l$, x vielleicht $= o$.

springende, auf den β -Flächen ausspringende Winkel, wie die Taf. IX Fig. 44 und 45 dargestellten idealen Figuren. Der einspringende Winkel ist niemals genau messbar, häufig jedoch 20° — 25° , an einem guten Krystall ca. 23° . Wenn diese Verwachsungen, wie es mir wahrscheinlich dünkt, Zwillinge sind, könnten sie entweder solche nach einem ganz flachen oder nach einem spitzen Makrodoma sein; $\{504\}5\bar{P}\infty$ fordert für den einspringenden Winkel $22^{\circ} 50'$. In anderen Fällen findet man aber auch ganz andere Winkel, als solche zwischen 20° — 25° ; die genauere Bestimmung dieser Bildungen muss ich deshalb unentschieden lassen.

Diese scheinbare Zwillingbildung wiederholt sich nun mit parallelen Zonenaxen viele Male, so dass schliesslich bisweilen vollkommen cylindrische Stäbe (ich habe solche von ca. 1—2 cm Dicke bei 8 cm Länge beobachtet) resultiren (siehe Taf. IX Fig. 43). Bisweilen sind diese cylindrischen Stäbe nur zur Hälfte oder weniger ausgebildet, bisweilen zeigen sie in ihrer ganzen Länge einspringende Winkel oder Rinnen etc. Da der Durchschnitt derselben nach dem Brachypinakoid die strahlige, sternförmige Gruppierung der von diesem Centrum ausstrahlenden Spaltblättchen zeigt, gab diese cylindrische Ausbildung ursprünglich zum Namen des Minerals Veranlassung.

Spaltbarkeit. Der Astrophyllit zeigt eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach dem Makropinakoid der oben gewählten neuen Aufstellung; die Spaltblättchen sind spröde, nicht elastisch biegsam, wie bei den Mineralien der Glimmergruppe. Eine ganz unvollkommene Theilbarkeit wird bisweilen auch nach der basischen Fläche, welche nicht als Krystallfläche auftritt, beobachtet.

Die Schlagfigur des Astrophyllit ist, soviel mir bekannt, früher nicht untersucht worden; dieselbe lässt sich mittels eines kleinen Steenstrup-schen Apparates jedoch sehr leicht darstellen und ist überaus charakteristisch. Die Schlagfigur wird immer nur von zwei fast rechtwinklig gekreuzten Strahlen gebildet; ihr kleinerer Winkel, welcher 84° bis 85° gemessen wurde, wird von der Verticalaxe halbirt. $\frac{1}{4}\check{P}\infty$ würde $80^{\circ} 8'$ fordern; obwohl die beobachteten Werthe ein wenig grösser sind, dürfte es wohl wahrscheinlich sein, dass die Strahlen der Schlagfigur, welche senkrecht auf (100) zu stehen scheinen, diesem Doma entsprechen (siehe Taf. IX Fig. 42).

Durch diese charakteristische Schlagfigur unterscheidet sich der Astrophyllit sehr wesentlich von allen Mineralien der Glimmergruppe, bei welchen sich durchgehend eine Theilung nach drei oder sechs Strahlen unter 120° , resp. 60° Winkel findet.

Die optischen Verhältnisse sind früher von Des Cloizeaux, Bücking und mir untersucht worden. Die Axenebene ist nach der oben gewählten Aufstellung parallel der Basis, die spitze (positive) Bisectrix parallel der

Makroaxe; die stumpfe (negative) Bisectrix tritt also normal (oder nahezu normal) zur Spaltebene aus. Der stumpfe Axenwinkel, in Oel gemessen, zeigt bedeutende Variationen; ich fand Zahlen zwischen $114^{\circ} 37\frac{1}{2}'$ bis $123^{\circ} 28'$, $2E$ (in Luft) ca. 160° . Die Dispersion ist $\rho > v$ (um die stumpfe Bisectrix natürlich umgekehrt $v > \rho$). Der wahre Axenwinkel wurde von Des Cloizeaux auf ca. 77° geschätzt. Die Brechungsexponenten wurden von Michel-Lévy und Lacroix* bestimmt zu: $\alpha = 1,678$, $\beta = 1,703$, $\gamma = 1,733$, $\gamma - \alpha = 0,055$.

Körperfarbe lebhaft orangegelb, goldgelb bis tief bronzebraun oder orangebraun, selten bis braunschwarz; Glanz auf der Spaltungsfläche oft sehr stark, fast halbmatt. Die Absorption und der Pleochroismus sind ziemlich stark und auch im Dünnschliffe deutlich und oft recht kräftig hervortretend; wie ich früher nachgewiesen habe, sind die Strahlen, welche senkrecht zur Spaltungsebene schwingen, am stärksten absorbiert (Unterschied von den Glimmermineralien, ausgenommen die Glimmer der Manganophyllreihe), und zwar ist die Absorption für:

$$\begin{array}{ccc} a & > & b & > & c \\ \text{tief orangeroth} & & \text{orangegelb} & & \text{citrongelb.} \end{array}$$

Betreffs der optischen Verhältnisse darf übrigens auf meine frühere Abhandlung hingewiesen werden.

Härte = 3 — 4. Spec. Gew. = 3,3 — 3,4; nach Pisani = 3,324, etwas verschieden nach der Frische und nach dem Vorkommen.

Die chemische Zusammensetzung des Astrophyllit wurde zuerst von Scheerer (I) untersucht; unter seiner Leitung führten ausserdem besonders Meinecke (II) und Sieveking (III) an derselben Substanz Analysen aus. Eine weitere (IV) wurde auch ungefähr gleichzeitig von F. Pisani publicirt; später veröffentlichte Rammelsberg (1875) noch eine neue Analyse (V). Diese sämtlichen Analysen waren an verschiedenen Vorkommnissen aus der Gegend des Langesundfjords (Brevik) gemacht; dann publicirte (1877) G. A. König eine Untersuchung (VI) des amerikanischen Vorkommens von El Paso, Colorado. Da alle älteren Analysen selbstverständlich nicht hinreichend genau sein können, und da auch die späteren erheblich von einander abweichen, schien es mir sehr wünschenswerth, eine neue Analyse unter Benutzung der verbesserten modernen analytischen Methoden zu erhalten; eine solche (VII) wurde dann gütigst von Herrn H. Bäckström ausgeführt. Für diese Analyse wurde sorgfältig gereinigtes, absolut reines und frisches Material aus Krystallen von dem Vor-

*) Dieselben Verfasser geben auch an, dass man in Schnitten parallel der Spaltungsebene »des macles rectilignes multiples, parallèle au clivage facile, ne s'éteignant pas simultanément d'une façon rigoureuse« sehen sollte; in fehlerfreien Platten habe ich nichts Derartiges bemerkt.

kommen des Inselchens Eikaholmen benutzt, ein Material, welches gewiss entschieden besser als die bis jetzt analysirten Vorkommnisse gewesen sein dürfte.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
<i>SiO</i> ₂	32,21	32,35	33,71	33,23	33,19	34,68	33,02
<i>TiO</i> ₂	8,24	8,84	8,76	7,09	7,96	13,58	11,11
<i>ZrO</i> ₂	—	—	—	4,97	—	2,20	3,65
<i>Al</i> ₂ <i>O</i> ₃	3,02	3,46	3,47	4,00	1,88	0,70	0,98
<i>Fe</i> ₂ <i>O</i> ₃	7,97	8,05	8,51	3,75	9,27	6,56	2,53
<i>FeO</i>	21,40	18,06	25,21	23,58	23,56	26,10	21,76
<i>MnO</i>	12,63	12,68	10,59	9,90	10,01	3,48	11,96
<i>CaO</i>	2,11	1,86	0,95	1,13	1,63	0,42	1,26
<i>MgO</i>	1,64	2,72	0,05	1,27	1,90	0,30	0,92
<i>Na</i> ₂ <i>O</i>	2,24	4,02	3,69	2,51	3,86	2,54	2,77
<i>K</i> ₂ <i>O</i>	3,18	2,94	0,65	5,82	5,96	5,01	5,78
<i>H</i> ₂ <i>O</i>	4,41	4,53	4,85	1,86	—	3,54	3,47
<i>F</i>	—	—	—	—	—	—	0,97
<i>Ta</i> ₂ <i>O</i> ₅ ?	—	—	—	—	—	0,80	—
	<u>99,05</u>	<u>99,51</u>	<u>100,44</u>	<u>99,11</u>	<u>99,22</u>	<u>99,91</u>	<u>100,18</u>
							— 0,44
							<u>99,77</u>

Die Uebereinstimmung der Analysen ist, wie man sieht, nur unvollkommen; dies dürfte betreffs der älteren gewiss in den damaligen analytischen Methoden seinen Grund haben, betreffs der neueren vielleicht z. Th. in der mehr oder weniger frischen und reinen Beschaffenheit der Substanz.

Was die vier ersten Analysen betrifft, so dürfte die Trennung der Oxydationsstufen des Eisens, die Trennung der Alkalien, die Bestimmung der Titansäure etc. wenig zuverlässig sein. In der Analyse V Rammelsberg's ist weder Wasser noch Zirkonerde bestimmt. Es blieben deshalb nur die beiden Analysen König's und Bäckström's, welche einen genaueren Vergleich gestatten dürften. Die Quotientenzahlen der beiden Analysen sind:

	VI.		VII.	
<i>SiO</i> ₂	0,5780		0,5502	
<i>TiO</i> ₂	0,1697	} 0,1877	0,1389	} 0,1689
<i>ZrO</i> ₂	0,0180		0,0300	
<i>Al</i> ₂ <i>O</i> ₃	0,0068	} 0,0478	0,0095	} 0,0258
<i>Fe</i> ₂ <i>O</i> ₃	0,0410		0,0158	
<i>FeO</i>	0,3656	} 0,4297	0,3026	} 0,5171
<i>MnO</i>	0,0491		0,1689	
<i>CaO</i>	0,0075		0,0226	
<i>MgO</i>	0,0075		0,0230	

Na_2O	0,0409	} 0,0944	0,0447	} 0,1064
K_2O	0,0532		0,0614	
H_2O	0,1966		0,1928	
F	—		0,0508	

Beim Vergleich dieser Analysen sieht man sofort, dass dieselben nicht als Metasalze von SiO_2 , TiO_2 und ZrO_2 (die beiden letzteren ersetzen einander offenbar und können nicht getrennt werden) gedeutet werden können; denn, indem wir uns erinnern, dass bei solcher Deutung $R_2O_3 = 3RO$ ist, würden, dies berücksichtigt, die Quotientenzahlen der beiden Analysen für $RO_2 (= SiO_2, TiO_2, ZrO_2) : RO (= RO + R_2O_3) + R_2O (= Na_2O, K_2O, H_2O)$

VI	0,7657	:	0,8638
VII	0,7194	:	0,8913

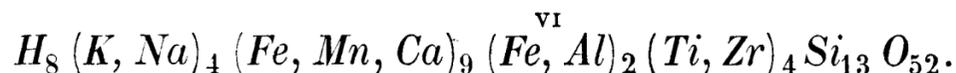
Diese Zahlen entsprechen nicht 4 : 4, sondern in VI ungefähr 7 : 8, in VII eher 7 : 9.

Man sieht sofort, dass bei dieser Deutung zu wenig Säuren vorhanden sind, und dass die Analyse VI entschieden eine saurere Zusammensetzung als VII geben würde.

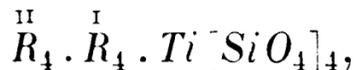
Die von Scheerer, Rammelsberg, Groth u. A. angenommene Deutung des Astrophyllit als aus Metaverbindungen von SiO_2 , TiO_2 und ZrO_2 bestehend, welche ich auch selbst früher für wahrscheinlich hielt, kann demnach kaum aufrecht erhalten werden.

Viel wahrscheinlicher zeigt sich dagegen die von König aufgestellte Deutung desselben als eines Orthosilicates, in welchem TiO_2 und ZrO_2 als Basen vorhanden sind. Der Vergleich der beiden Analysen zeigt, dass RO_2 , R_2O_3 und RO einander ersetzen. Für seine eigene Analyse hat König schon die Berechnung veröffentlicht; eine geringe Modification dieser Berechnung dürfte jedoch nöthig sein, wenn in dem amerikanischen, ebenso wie in dem norwegischen Vorkommen Fluor vorhanden sein sollte. Das Wasser muss sehr fest gebunden sein, denn es geht erst beim Schmelzen vollständig weg; da Bäckström das Wasser direct bestimmte, ist Rammelsberg's frühere Annahme, dass der Astrophyllit an und für sich wasserfrei wäre, gewiss unrichtig. Ferner ist noch zu bemerken, dass der Gehalt an ZrO_2 keineswegs auf beigemengten Zirkon bezogen werden kann; eine Verunreinigung mit Zirkon findet beim norwegischen Astrophyllit kaum je statt, und das benutzte Analysenmaterial war ausserdem auf seine Reinheit sorgfältig geprüft.

Die Berechnung der Analyse Bäckström's auf ein Orthosilicat fordert auch eine befriedigende Erklärung des Fluorgehaltes; die Berechnung giebt das befriedigendste Resultat, wenn angenommen wird, dass das Fluor mit Hydroxyl an eine entsprechende Menge Zr und Ti gebunden sei in Form einer Verbindung

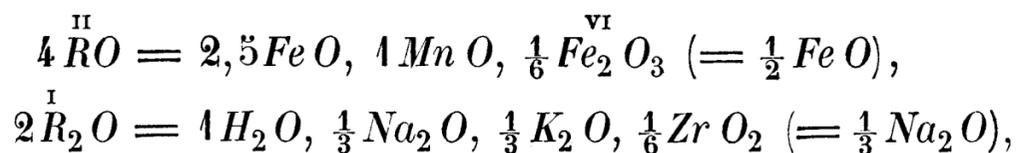


Wenn wir in dem Astrophyllit von Eikaholmen von der geringen Menge der Fluorverbindung absehen und die $R_2 O_3$ -Oxyde als $\overset{I}{R}O$ ersetzend auffassen, so entspricht derselbe ziemlich nahe der einfachen Formel:



in welcher $\overset{II}{R}$ also = Fe, Mn, Ca, Mg (mit ein wenig $\overset{VI}{Fe}_2$ und $\overset{VI}{Al}_2$ als Ersatz),
 $\overset{I}{R} = Na, K, H$.

Berechnet man aus dieser letzten Formel $\overset{II}{R}_4 \cdot \overset{I}{R}_4 \cdot Ti [SiO_4]_4$ die Zusammensetzung des Astrophyllit, unter der Voraussetzung, dass



so erhält man:

$Si O_2$	34,91
$Ti O_2$	11,64
$Zr O_2$	2,95
$Fe_2 O_3$	3,87
$Fe O$	26,13
$Mn O$	10,29
$Na_2 O$	2,99
$K_2 O$	4,60
$H_2 O$	2,62
	100,00

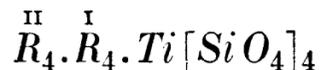
Erinnert man sich, dass statt $Fe O$ kleine Mengen von $Ca O$ und $Mg O$ vorhanden sind*), dass die geringere $Mn O$ -Menge 10,29 durch eine grössere Quantität $Fe O$ ersetzt ist, dass ferner zur berechneten $H_2 O$ -Menge noch eine weitere Menge HO (als nach der oben gemachten Voraussetzung an Zr gebunden) gerechnet werden musste, so sieht man leicht, dass die gefundenen Zahlen nach dieser Formel mit den berechneten ziemlich befriedigend übereinstimmen.

Der Kieselsäuregehalt wurde von König = 34,68 gefunden; dass der von Bäckström gefundene $Si O_2$ -Gehalt in der That etwas zu niedrig ist, dürfte nach Bäckström's Angabe recht wahrscheinlich sein.

Ich möchte es also nach der obenstehenden Auseinandersetzung als wahrscheinlich betrachten, dass die Zusammensetzung des Astrophyllit, ab-

*) In Bäckström's Analyse entsprechen 1,26 $Ca O$ und 0,92 $Mg O$: 1,62 resp. 1,65 $Fe O$, wozu 24,76 $Fe O$, zusammen 25,03 $Fe O$.

gesehen von weniger bedeutenden substituierenden Beimischungen, durch die Formel

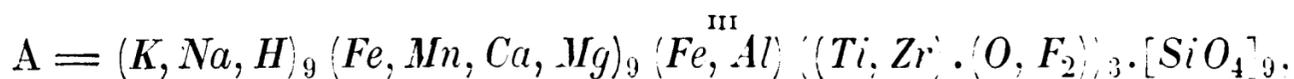


eines Orthosilicates ausgedrückt werden kann.

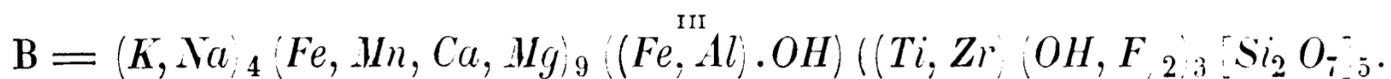
Herr Bäckström hat übrigens selbst noch auf andere Weise versucht, seine Analyse zu deuten, und hat mir diese seine Ansicht mitgetheilt.

»Entweder (A) könnte man *Ti* und *Zr* als in den zweiwerthigen Radicalen (*TiO*) und (*ZrF₂*) gebunden auffassen und das Wasser als direct mit Kieselsäure verbunden ansehen; oder (B) sowohl die vierwerthigen, als die dreiwerthigen Atome könnten mit (*OH*) resp. *F* zu zweiwerthigen Gruppen (*Zr.F₂*), (*Al.OH*) etc. verbunden sein.

Im ersten Falle erhält man die Formel:



im zweiten Falle die Formel:



Die Verbindung A ist also ein Orthosilicat, die Verbindung B ein Salz der Orthodikieselsäure $H_6 Si_2 O_7 = \left\{ \begin{array}{l} H_2 Si O_3 \\ H_4 Si O_4 \end{array} \right\}$

Die beiden Verbindungen erfordern nach den Proportionen, in welchen die einzelnen Bestandtheile im Mineral gefunden wurden:

	A.	B.	Gefunden:
<i>SiO₂</i>	31,92	33,84	33,02
<i>TiO₂</i>	44,67	44,43	44,44
<i>ZrO₂</i>	3,84	3,65	3,65
<i>Al₂O₃</i>	0,97	0,93	0,98
<i>Fe₂O₃</i>	2,51	2,39	2,53
<i>FeO</i>	22,42	21,40	21,76
<i>MnO</i>	42,32	11,76	44,96
<i>CaO</i>	4,29	4,24	4,26
<i>MgO</i>	0,94	0,90	0,92
<i>K₂O</i>	5,73	6,09	5,78
<i>Na₂O</i>	2,82	2,99	2,77
<i>H₂O</i>	2,87	3,05	3,47
<i>F</i>	4,49	1,07	0,97
	<hr/> 400,49	<hr/> 400,44	<hr/> 400,48

Da bei der unter A angeführten Deutung der berechnete *SiO₂*-Gehalt niedriger als der gefundene ist, dürfte dies bestimmt gegen die erste Deutung sprechen; die Analyse König's stimmt einigermaßen, doch nicht sehr genau mit der zweiten Deutung B, dagegen nicht mit A. Die Deutung B wäre demnach von diesen beiden Auffassungen die wahrscheinlichere.«

Für meine eigene, zuerst angeführte Auffassung, nach welcher der

Astrophyllit ein Orthosilicat wäre, spricht namentlich, dass sich die beiden Analysen König's und Bäckström's dadurch am Einfachsten unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt bringen lassen.

Ueber die Ausführung der Analyse hat mir Bäckström Folgendes mitgeteilt:

»Für die Bestimmung von H_2O , F , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 und Al_2O_3 wurden die bei der Mosandritanalyse (siehe unter Mosandrit) angewandten Methoden benutzt. Da Scheerer besonders hervorhebt, dass »Fluor fehlt«, dürfte es bemerkenswerth sein, dass das in meiner Analyse erhaltene Fluorcalcium beim Erhitzen mit Schwefelsäure eine sehr kräftige Fluorreaction gab. Da ferner Rammelsberg den Astrophyllit als wasserfrei annahm, mag erwähnt werden, dass sowohl bei Ausführung der Wasserbestimmung nach der von mir angewandten Methode, als auch beim Erhitzen im Kolben deutliche Wassertropfen erhalten wurden. Für die Bestimmung des Eisenoxydulgehaltes wurde das Mineral in einer Platinschale mit einem kalten Gemisch von stark verdünnter Schwefelsäure und von an reducirenden Substanzen freier Fluorwasserstoffsäure behandelt, wodurch das Mineral innerhalb zweier Minuten vollständig gelöst wurde; nach Verdünnung mit Wasser wurde mittelst Kaliumpermanganat titirt. Qualitative Proben auf durch H_2S ausfallende Oxyde, wie auf Chlor, gaben negatives Resultat.«

Das Mineral ist in Säuren (ausser in Flusssäure) schwer oder nicht löslich; vor dem Löthrohre schmilzt es leicht.

Vorkommen des Astrophyllit. Der Astrophyllit ist auf den Gängen des Langesundfjords recht verbreitet, obwohl er nur selten in grösserer Masse auftritt. Die einzelnen Vorkommnisse zeigen häufig bestimmt getrennte Typen. So sind die Krystalle von Låven fast durchgehends nach der Verticalaxe ausgezogen und am Ende nur von $\frac{2}{3}\bar{P}\infty$ begrenzt (Taf. X Fig. 4 u. 2). Die Krystalle von Eikaholmen zeigen am Ende vorherrschend die Flächen von β und sind bald nach der Verticalaxe verlängert (Fig. 4, 6, 7), bald etwas kürzer (Fig. 9), öfters aber ungefähr wie Fig. 5 nach der Orthoaxe ausgezogen. An mehreren Vorkommnissen von Arö und den Barkevikscheeren sind strahlige Massen, wie Fig. 8 sie darstellt, häufig, ebenso auf anderen Gängen bei Barkevik die cylindrischen Viellinge (s. Fig. 43).

In der Gegend von Laurvik und Fredriksvärn scheint der Astrophyllit zu fehlen oder ist jedenfalls äusserst selten.

Ausser an den norwegischen Vorkommnissen, wo der Astrophyllit, so viel mir bekannt, ausschliesslich auf den Gängen auftritt, kommt er nach König auch bei El Paso, Colorado, vor; ich habe denselben ferner in Stufen von Kangerdluarsuk (später von Lorenzen beschrieben) und Kassa*) (später von Gürich erwähnt) beobachtet.

*) S. diese Zeitschr. 17, 242.

Der Astrophyllit ist auf unseren Gängen gewöhnlich nach dem Aegirin und vor dem Katapleit, mit welchem er häufig zusammen vorkommt, auskrystallisiert. Die besten Krystalle sind auf alten Drusenräumen gegen Leukophan oder Analcim ausgebildet.

Zersetzungsproducte des Astrophyllit. Der Astrophyllit scheint ziemlich leicht durchgreifenden Umwandlungen unterworfen. Er wird dadurch mürber, matt und leichter biegsam, ohne zu zerspringen, und scheint Wasser aufgenommen zu haben. Durch weitere Zersetzung wird die Farbe chocoladegrau, und selbst dünne Blättchen sind ganz opak undurchsichtig; nur im Dünnschliffe wird er dann noch durchsichtig. Unter dem Mikroskop sieht man in Dünnschliffen dieses Zersetzungsproductes, dass der Astrophyllit unter sehr reichlicher Ausscheidung von Eisenoxydhydrat in eine an und für sich fast farblose Substanz umgewandelt ist; Schliffe nach der Spaltungsfläche zeigen sich fast isotrop, in convergentem Lichte mit einem fast einaxigen Axenkreuz. Schliffe senkrecht zur Spaltungsebene, parallel (010) und parallel (001) des Astrophyllit zeigen sich doppelbrechend mit schwachen Interferenzfarben, parallel der Spaltungstracen auslöschend. Da die Zusammensetzung dieses Zersetzungsproductes nicht näher untersucht werden konnte, ist seine genaue Bestimmung nicht möglich; wahrscheinlich liegt ein eisenarmes Glied der Chloritgruppe vor.

Vergleich des Astrophyllit mit anderen Mineralien. Man hat den Astrophyllit gewöhnlich entweder mit den Mineralien der Glimmergruppe oder mit den Mineralien der Pyroxengruppe (Hypersthen) zusammengestellt.

Mit den Glimmern hat derselbe aber krystallographisch und optisch eigentlich nichts gemeinsam. Wenn z. B. Michel-Lévy und Lacroix anführen: »voisin de la forme monoclinique et pseudo-hexagonal à la façon des micas mt $(1\bar{1}0):(110) = 120^\circ$ «, so ist dies aus der Luft gegriffen. In der That ist nämlich der Winkel der Flächen mt von Michel-Lévy und Lacroix gar nicht 120° (60°), sondern $156^\circ 15'$ ($23^\circ 45'$), und zwei Zonen, deren Zonenaxen 120° (60°) mit einander bilden, wie bei den Glimmern, kommen beim Astrophyllit überhaupt nicht vor. Auch die Schlagfigur ist von derjenigen der Glimmerfamilie verschieden, 4(2)-theilig statt 6(3)-theilig. Die optischen Verhältnisse (namentlich die Lage der spitzen Bisectrix, die Dispersion, der Pleochroismus) sind ganz verschieden von denjenigen der Glimmer. Näher besehen ist es nur die vollkommene Spaltbarkeit, welche an die Glimmer erinnert, nichts weiter.

Auch mit den Mineralien der Pyroxengruppe ist keine einzige überzeugende Aehnlichkeit, welche eine nähere Verwandtschaft andeuten könnte, nachweisbar. Das Axenverhältniss ist gänzlich verschieden und lässt sich nur mit Zwang auf ein Pyroxenverhältniss beziehen, keine einzige Form ist gemeinsam ausser dem Hauptpinakoid und dem (beim Astrophyllit sehr

seltenen) Prisma; die Pyramiden des Astrophyllit lassen sich nicht gut mit den spitzen Pyramiden der Mineralien der Aegirin-Akmitgruppe vergleichen, da ihre Winkel und namentlich die Länge der Verticalaxe zu verschieden sind. Da auch die optischen und chemischen Verhältnisse ganz verschieden sind, finde ich keinen Grund für eine Zusammenstellung des Astrophyllit mit den Pyroxenen.

Nach meiner Ansicht ist der Astrophyllit, so viel wir bis jetzt wissen, eine gänzlich isolirte, selbständige Species ohne Verwandtschaft weder mit den Glimmermineralien noch mit den Mineralien der Pyroxengruppe.
