

6. Beiträge zur Kenntnis der Skapolithe.

Von

Nils Sundius.

In Vol. XV dieser Zeitschrift (S. 1—12) wurde eine kurze Zusammenfassung der damaligen Ergebnisse meiner Studien über den Zusammenhang zwischen optischen Eigenschaften und chemischer Konstitution der Skapolithe gegeben. Durch Zusammenstellung einiger neueren und früheren Bestimmungen von HIMMELBAUER und BORGSTRÖM wurde gezeigt, dass die Abnahme der Lichtbrechung $\left(\frac{\omega + \varepsilon}{2}\right)$ von Mejonit bis Marialith für alle Skapolithe gleichartig verläuft.¹ Die wechselnden Proportionen der vikariierenden Bestandteile (Cl, CO₂, SO₃) üben hier keinen nachweisbaren Einfluss aus (vergl. Diagr. Fig. 1). Da ferner die Gehalte an SiO₂ und Al₂O₃ nur innerhalb engerer Grenzen (SiO₂ von 63,34—38,54, Al₂O₃ von 17,95—32,76 %) wechseln, diejenigen von CaO und Na₂O aber Variationen von 23,98 bis 0 und von 0 bis 14,55 %² zeigen, wurde der Schluss gezogen, dass es die beiden letzteren Oxyde sind, die auf die Lichtbrechung den grössten Einfluss ausüben. Eine Bestimmung der mittleren Lichtbrechung eines Skapolithes gibt also Aufschluss über die Proportion Ma : Me, lässt dagegen die Art der vikariierenden Bestandteile nicht erkennen.

Bei der Doppelbrechung konnten zwei Gruppen ausgeschieden werden. Die eine, die als die Gruppe der »normalen« Skapolithe bezeichnet wurde, zeigt mit der Änderung der Proportion Ma : Me eine rasche Änderung des $\omega - \varepsilon$ von 0,03967 bei Mejonit zu 0,00236 bei Marialith. Hieher gehören diejenigen Skapolithe, die hauptsächlich aus Ma und MeK bestehen. Diese sind in der Natur auch die weitaus verbreitetsten. Die zweite Gruppe, die der »Karbonat-Skapolithe«, umfasst diejenigen Glieder der Serie, die fast ausschliesslich aus Mischungen von MaK und MeK beste-

¹ Von dem abnorm H₂O- und K₂O-haltigen Aarvolds-Skapolithe wird hier abgesehen.

² Diese Zahlen gelten für Cl-Marialit und CO₂-Mejonit. Die Unterschiede gegen den CO₂-Marialit und die SO₃-Verbindungen sind klein.

hen, also kohlen säurereiche Glieder, bei denen CO_2 das Cl fast ausschliesslich ersetzt. Bei dieser Gruppe ändert sich die Doppelbrechung mit abnehmendem Ma-Gehalt bedeutend weniger. Da der Gehalt an CO_2 in der zweiten Gruppe relativ konstant bleibt (CO_2 bei MeK = 4,71, bei MaK = 5,06), kann geschlossen werden, dass die Neigung der Geraden dieser Gruppe durch den Einfluss der Basen allein auf die Doppelbrechung hervor gebracht wird, und aus denselben Gründen wie bei der Lichtbrechung kann ferner gefolgert werden, dass es auch hier die Proportion $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O}$ ist, die den hauptsächlichlichen Einfluss auf die Neigung der Gerade ausüben dürfte. Wäre diese Gerade der CO_2 -Skapolithe genügend bekannt, läge die Möglichkeit vor, ziemlich exakt zu bestimmen, wie gross der Einfluss der erwähnten Basen auf die Doppelbrechung ist. Nun waren nur drei CO_2 -Skapolithe von basischer bis mittlerer Mischung (26—40 % MaK) bekannt. Im Folgenden wird noch einer (MaK = 37) dazu hinzugefügt, der sich der von mir vorläufig gezogenen Geraden gut anschliesst. Jedoch bleibt die saurere Hälfte der Geraden ganz unbesetzt und der Verlauf derselben fort dauernd zum Teil unbestätigt.

Was ohne weiteres gefolgert werden kann, ist aber, dass der steile Ver-

lauf der Geraden der normalen Skapolithe zum grössten Teil der Einwirkung der Proportion $\text{CO}_2 : \text{Cl}$ zuzuschreiben ist. Hier sinkt der CO_2 -Gehalt von 4,71 bei Mejonit bis 0 bei Marialith, steigt der Cl-Gehalt gleichzeitig von 0 bis 4,16 %, während die Zahlen der »festen« Oxyde ungefähr dieselben wie bei den CO_2 -Skapolithen bleiben. Es kann ferner behauptet werden, dass es unter den beiden vikariierenden Verbindungen die Kohlensäure ist, die den hauptsächlichlichen Einfluss ausübt, weil, wie später gezeigt wird, eine wesentliche Ersetzung des Cl durch SO_3 keine nachweisbare gesetzmässige Änderung der Doppelbrechung mit sich führt. Wenn der Verlauf der Geraden der CO_2 -Skapolithe richtig ist, dann würde sich der

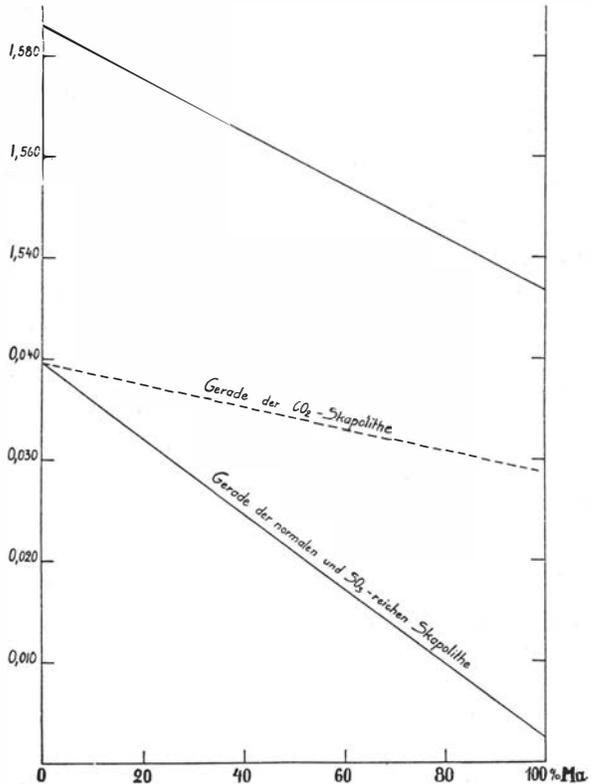


Fig. 1.

Einfluss des CO_2 auf die Doppelbrechung zu dem des $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O}$ wie der Winkel zwischen den Geraden der beiden Gruppen zu dem zwischen der Geraden der CO_2 -Skapolithe und einer Horizontalen durch den Ort des reinen Mejonits verhalten, oder etwa wie 2:1.

Eine Bestimmung der Doppelbrechung eines Skapolithes gibt daher, mit der Stärke der Lichtbrechung des Minerals verglichen, Aufschluss über die Art der vikariierenden Bestandteile insofern als normale Skapolithe und Karbonatskapolithe unterschieden werden können.

Theoretisch könnte man vermuten, dass Übergänge zwischen den beiden Gruppen vorhanden sein sollten. Bisher sind solche nicht nachgewiesen, und es scheint, als ob sie sehr selten sind oder ganz fehlen. Dies dürfte auf die speziellen Verhältnisse bei der Bildung der CO_2 -Skapolithe beruhen, worauf unten näher eingegangen wird.

Beider Zusammenstellung der früheren Arbeit blieb der Einfluss grösserer Mengen von SO_3 im Skapolith auf die optischen Eigenschaften unbekannt. Seit jener Zeit sind an SO_3 -reichen Skapolithen vom Laacher See genaue Bestimmungen von R. BRAUNS ausgeführt worden¹, die eine solche Prüfung ermöglichen. Wie wir sehen werden, verhält sich der SO_3 -reiche Skapolith optisch wie normaler Cl-Skapolith.

Es sollen im Folgenden einige neue Bestimmungen an drei Skapolithen angeführt und besprochen werden, von denen jedoch zwei schon teilweise von GEIJER und BRAUNS untersucht worden sind.

1. *Skapolith aus Nautanen.* Dieser gehört zu den von mir früher besprochenen Lapplands-Skapolithen, von denen nachgewiesen worden ist, dass sie die Produkte pneumatolytischer Lösungen sind, die den in die älteren Porphyry-Leptit-Amphibolitgesteine intrudierten Tiefengesteinsmagmen (Gabbro, wohl auch Granit, Syenit und Diorit-Monzonit) entwichen sind.² Dementsprechend enthalten sie auch Cl, in geringer Menge auch SO_3 . Sämtliche untersuchte Skapolithe von diesen Gegenden sind normale Skapolithe. So auch der Nautanen-Skapolith. GEIJER führt eine Analyse von R. MAUZELIUS an,³ aus der sich die folgende Zusammensetzung berechnen lässt:

¹ Neues Jahrb. 1917, Bd. I, S. 12.

² Das Resultat, zu dem GEIJER in seiner Nautanen-Arbeit kommt, nämlich dass die pneumatolytischen Cl-führenden Emanationen vom umgebenden und wohl auch unterlagernden Granit ausgegangen sind, steht in keinem Gegensatz zu meinen früheren Ergebnissen aus dem Kirunagebiet. Ich finde es jedoch angebracht, zur Diskussion GEIJER's S. 97 die Bemerkung hinzuzufügen, dass a priori erwartet werden kann, dass diejenigen Magmen, die an Cl am reichsten sind, auch die grössten Aussichten haben, autopneumatolytisch verändert zu werden. Dies würde dafür sprechen, dass die allgemein stark skapolithisierten Gabbrogesteine Lapplands, die ich genetisch als zusammengehörig mit den Graniten betrachte, diejenigen sind, die vor allem Cl-beladen gewesen sind. Vom Granit oder Syenit ist mir kein Fall von Skapolithisierung bekannt. Es muss hier aber auch auf das spezielle, selektive Vermögen verschiedener Gesteine, die skapolithbildenden Agentien aufzunehmen, Rücksicht genommen werden. Als eine allgemeine Regel kann gesagt werden, dass dieses Vermögen in weit höherem Masse den Ca-reicheren Gesteinen als den saureren zukommt.

³ G. G. U., Ser. C. Nr. 283 (Årsbok 11, 1917, Nr. 4).

% Ma	ω	ε	$\omega - \varepsilon$	$\frac{\omega + \varepsilon}{\varepsilon}$
38,5	1,575	1,552	0,023	1,5635

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ma} = 29,17 \\ \text{MaS} = 9,38 \\ \text{MeK} = 61,46 \end{array} \right.$

Sp. Gew. = 2,698 (nach MAUZELIUS). An demselben Pulver, an dem die Analyse ausgeführt worden ist, und das mir GEIJER freundlichst zur Verfügung gestellt hat, mass ich mittels Immersion die beiden Brechungs-exponenten, die oben mitgeteilt sind. Im Diagramm Fig. 1 fallen die Orte des Skapoliths etwas unterhalb beider bezüglichen Geraden (Unterschied bei der Doppelbrechung 6 % Ma, bei der Lichtbrechung 4,5 % Ma, im Mittel 5 % Ma).

2. *Skapolith aus dem Gula-Tal, Norwegen.* Der Skapolith tritt hier als mehr oder weniger reichlicher Bestandteil in den Kalksilikatgneisen des Trondhjemer Faltungsgebiets auf, die ausführlich von GOLDSCHMIDT beschrieben worden sind.¹ Durch das freundliche Entgegenkommen von Prof. GOLDSCHMIDT erhielt ich von ihm zur Untersuchung drei skapolithreiche Proben. Aus der am meisten dazu geeigneten gelang es mir mittels Anwendung von Kalium-Quecksilberjodid den Skapolith recht rein zu erhalten. Sp. Gew. ungefähr = 2,715. Die Probe bestand aus den folgenden Mineralien: Diopsidischem Pyroxen, Zoizit, stark grüner Hornblende, Biotit, Skapolith, Quarz, Oligoklas (Ab₃₅), Kalzit, Magnetit. Im Analysenpulver waren spärliche Verunreinigungen (etwa 3–4 Vol-Prozent) von sämtlichen Mineralien, reichlichst jedoch von Quarz und Oligoklas, die zum grössten Teil als anhaftende Splitter oder Einschlüsse im Skapolith auftraten. Der Kalzit wurde jedoch vor der Separation vollständig durch Essigsäure, zuletzt auch durch stark verdünntes HCl aufgelöst. An dem gereinigten Pulver wurden die unter I angeführten Bestimmungen gemacht. Die Bestimmung des CO₂ ist von Doz. K. G. ALMSTRÖM, Uppsala, ausgeführt, nach einer neuen von ihm ausgearbeiteten noch nicht publizierten Mikroanalysenmethode, das CO₂ durch Erhitzen unter Anwendung von Vanadinsäure aus dem Pulver auszutreiben. Die Cl-Bestimmung wurde von Fil. Kand. E. BORNER, Ultuna, der übrige Teil der Analyse von Fil. Dr. N. SAHLBOM ausgeführt. Die Bestimmung der Licht- und Doppelbrechung geschah mittels Immersion und Quarzkeil-kompensator. Mit der ersten Methode erhielt ich im Mittel von drei übereinstimmenden Messungen $\omega - \varepsilon = 0,034$, mittels des Kompensators im Mittel von vier Bestimmungen 0,0365. GOLDSCHMIDT teilt in seiner Kalksilikatarbeit (S. 13) Werte von 0,030 und 0,033 mit.

¹ Vidensk. Selsk. Skrifter: I Mat.-Nat. Kl., 1915, Nr. 10.

	I	a	% Ma	ω	ε	$\omega - \varepsilon$	$\frac{\omega + \varepsilon}{2}$
SiO ₂	48,87	47,20	37	1,585	1,551	0,0353	1,568
Al ₂ O ₃	27,55	27,63					
Fe ₂ O ₃ ¹	0,62	—					
MgO	0,18	—					
CaO	15,65	15,66					
Na ₂ O	nicht best.	5,06					
Cl	0,24	0,24					
So ₃	—	—					
CO ₂	4,16	4,55					
HO ₂	nicht best.	0,31					
	97,27	100,65					

Die Berechnung der Formel geschah direkt aus den Analysenzahlen unter Vernachlässigung der kleinen Gehalte an Fe und Mg. Der etwas zu hohe Analysenwert an SiO₂ beruht auf der Gegenwart von Quarz und Oligoklas im Pulver. Da indessen die unbekanntenen Proportionen, wie teilweise auch der Konstitution der vorhandenen Verunreinigungen eine Berechnung derselben schwer durchführbar machen, habe ich davon absehen müssen. Die dadurch eingeführten Fehler sind jedenfalls klein, insbesondere da die Verschiebungen der Oxyde durch die verschiedenen anwesenden Minerale einander teilweise kompensieren.

Die Berechnung geschah ferner unter Anwendung der von mir vorgeschlagenen Formel $\text{NaHCO}_3 \cdot 3(\text{Na Al Si}_3\text{O}_8)$ für den Karbonatmarialith.² Unter a sind die für die angegebene Formel berechneten Werte angeführt.

Wie auf Grund des geologischen Auftretens des Skapoliths zu vermuten war, ist er ein fast reiner CO₂-Skapolith. Im Diagramme fallen die beiden Orte in die unmittelbare Nähe der beiden bezüglichen Geraden. Der Unterschied beträgt bei der Lichtbrechung 2,5, bei der Doppelbrechung 2,5 % Ma, im Mittel 0. Letztere Gerade, die der CO₂-Skapolithe, ist aber wegen ihres flachen Verlaufes zur praktischen Ausnützung wenig geeignet. Ausserdem ist sie, wie erwähnt, noch unsicher.

Skapolith vom Laacher See. Dieser gehört den von R. BRAUNS untersuchten SO₃-reichen Skapolithen der Auswürflinge des Laacher Seegebietes an.³ Zufolge mehrerer Analysen dieser Skapolithe kam BRAUNS zu der Ansicht, dass in denselben CO₂ fehlt oder nur unbedeutend vorhanden ist. Da infolge Wechsels von Analytikern in Dr. BUCHNER's Laboratorium, wo die CO₂-Analysen BRAUNS' ausgeführt worden waren, keine Aufschlüsse

¹ FeO nicht gesondert bestimmt.

² Diese Formel wurde auch von MAUZELIUS beim Berechnen des Nautanen-Skapoliths als die den Verhältnissen am besten gerecht werdende angewendet. Die entsprechende Formel $\text{NaHSO}_4 \cdot 3(\text{Na Al Si}_2\text{O}_8)$ ist später beim Berechnen der Laacher-See-Skapolithe für den Sulfatmarialith verwendet worden.

³ Neues Jahrb. B. B. 39: 79—125 und l. c. 9—44.

über die bei der CO_2 -Bestimmung verwendete Methode (ob dabei Fluorwasserstoff verwendet worden war) zu erhalten waren, und um die Sache näher zu prüfen, sandte mir Prof. BRAUNS auf mein Ersuchen liebenswürdigst das restierende Pulver des von ihm untersuchten Skapoliths Nr. 18 a. Dasselbe wurde Dr. R. MAUZELIUS zur Analyse überlassen. In dem Pulver wurde gefunden 3,23 % CO_2 . Mit der Zufügung dieses Wertes erhält die von BRAUNS mitgeteilte Analyse die unter I aufgeführte Zusammensetzung. Daraus (unter Versäumung der geringen Verunreinigungen von Fe und Mg) berechnet sich die nebenan aufgeführte Formel. Die dazu gehörenden berechneten Werte der Oxyde sind unter a aufgeführt.

	I	a	% Ma		ω	ϵ	$\omega - \epsilon$	$\frac{\omega - \epsilon}{2}$
SiO_2	43,98	43,23	23	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ma} = 13 \\ \text{MaS} = 10 \\ \text{MeS} = 9 \\ \text{MeK} = 68 \end{array} \right.$	1,5902	1,5597	0,0305	1,5750
Al_2O_3	29,99	29,43						
Fe_2O_3	0,59	—						
MgO	0,14	—						
CaO	18,35	18,74						
Na_2O	3,17 ¹	3,10						
Cl	0,49	0,50						
SO_3	2,28	1,65						
CO_2	3,23	3,25						
$\text{H}_2\text{O } 120-125^\circ$	0,21	0,10						
	102,43	100,00						

Sp. Gew. 2,755 (BRAUNS). Die Brechungsquotienten wurden an einem dafür hergestellten Prisma von BRAUNS als $\omega_{\text{Na}} = 1,5903$, $\epsilon_{\text{Na}} = 1,5593$ gefunden. Eine von mir hergestellte polierte Fläche eines grösseren Korns zeigte distinkte Grenzlinien der Totalreflexion. Ich fand aus denselben $\omega_{\text{Na}} = 1,5901$, $\epsilon_{\text{Na}} = 1,5600$. Das Mittel beider Messungen, die mit einander ganz gut übereinstimmen, ist oben angegeben. Die Orte des Skapoliths fallen im Diagramm in die unmittelbare Nähe der bezüglichen Geraden (angewandte Gerade der Doppelbrechung diejenige der »normalen« Skapolithe). Der Unterschied beträgt bei der Lichtbrechung 2 %, bei der Doppelbrechung 1,5 % Ma, im Mittel fast 0.

Unter Voraussetzung, dass CO_2 in der Analyse zu niedrig ausgefallen ist, berechnete ich die Formel des von BRAUNS chemisch und optisch untersuchten Skapoliths Nr. 8 (S. 101 und 17 der ref. Arbeiten). Es ergab sich dabei $\text{CO}_2 = 3,52$ gegen gefundenes 0,26. Unter I folgt die mit diesem Wert vermehrte Analyse, unter a die für die angeführte Formel berechneten Werte. Die optischen Angaben sind die von BRAUNS an einem geschliffenen Prisma gefundenen.

¹ Hierin 0,67 % K_2O .

	I	a	% Ma	ω	ε	$\omega - \varepsilon$	$\frac{\omega + \varepsilon}{2}$	
SiO ₂	46,59	44,51	33	1,5873	1,5589	0,0284	1,5731	
Al ₂ O ₃	26,33	26,91						MaS = 24
Fe ₂ O ₃	1,31	—						MaK = 9 MeK = 67
MgO	0,52	—						
CaO	15,70	15,70						
Na ₂ O	4,41	4,43						
Cl	Spur	—						
SO ₃	2,06	2,06						
CO ₂ (ber.)	3,52	3,52						
H ₂ O	0,80	0,32						
	101,24	97,45						

Sp. Gew. (BRAUNS) = 2,748.

Die Orte fallen im Diagramm wenig oberhalb beider bezüglichen Geraden (bei der Doppelbrechung wieder bei derjenigen der normalen Skapolithe). Der Unterschied ist bei der Lichtbrechung 8, bei der Doppelbrechung 3 % Ma, im Mittel 5,5 % Ma.

Die für die beiden SO₃-reichen Skapolithe gefundenen Orte stimmen also mit dem gut überein, was für die normalen Skapolithe früher gefunden worden ist. Die Unterschiede zwischen den analytisch und den optisch aus dem Diagramme gefundenen Mischungen sind hier nicht grösser als dort, die Abweichungen der Orte in bezug auf die Geraden zeigen auch keine Gesetzmässigkeit. Es würde sich also nicht ausführen lassen, auf Grund der optischen Eigenschaften normale Skapolithe von SO₃-reichen zu unterscheiden.

Es könnte von Interesse sein, auf Grund des vorliegenden Materials einen Versuch zu machen, den Einfluss der Kohlensäure auf die Doppelbrechung möglichst gesondert zu messen. Dass die sehr hohe Doppelbrechung der Karbonate auf der Gegenwart dieser Verbindung beruht, wird wahrscheinlich, wenn wir die weit niedrigeren Werte der Doppelbrechung anderer Ca-Salze (Sulfate, Silikate) in Betracht ziehen. Dass die verschiedenen Molekularvolumina derselben diese Unterschiede hervorrufen sollten, wird unwahrscheinlich in Anbetracht ihrer relativ geringen Verschiedenheit (Mol. Vol bei Kalzit = 36,8, bei Anhydrit = 46,1, bei Wollastonit = 40,7).¹ Der Unterschied im Mol.-Volumen zwischen Anhydrit und Wollastonit ist sogar grösser als zwischen dem letzteren und dem Kalzit,

¹ E. W. FORD findet in seiner vorzüglichen, neuerdings erschienenen Arbeit über die Fe-, Mg- und Mn-Karbonate, dass die Brechungsquotienten derselben in keiner Relation zu den Molekularvolumina stehen, sondern direkt mit den anwesenden Stoffen und ihrer Anordnung im Molekularnetz wechseln. *Transact. Conn. Akad. of Arts and Science*, Vol. 22, S. 244, 1917.

was jedoch bei den bezüglichen Doppelbrechungen nicht zum Vorschein kommt. Auch Wechsel in Krystallstruktur und Krystallsystem dürfte diese grosse Verschiedenheit zwischen den Karbonaten einerseits und den übrigen Ca-Salzen andererseits nicht erklären können.¹ Für eine derartige steigernde Einwirkung des CO₂ auf die Doppelbrechung sprechen auch die Verhältnisse bei Nephelin und Cancrinit. Aber auch so geringe Mengen wie 1—2 % CO₂, lassen bei den Skapolithen eine deutliche Einwirkung erkennen.

Um dies erkennen zu lassen, wurde das Diagramm Fig. 2 hergestellt. Dasselbe will den mit wachsendem Gehalt an CO₂ gesteigerten Wert des $\omega - \varepsilon$ möglichst gesondert veranschaulichen. Die Konstruktion des Diagramms gründet sich auf die im Anfang dieser Arbeit wiedergegebenen Schlüsse betreffend der Rolle der »festen« und vikariierenden Bestandteile bei der Erzeugung der Doppelbrechung. Der Einfluss des Al₂O₃ und SiO₂ auf die Neigung der Gerade lässt sich überhaupt nicht messen; auf Grund des S. 97 gesagten dürfte derselbe aber gering sein, bleibt aus-

serdem für gleiche Mischungen beider Skapolithreihen derselbe. Eine Bestätigung, dass diese beiden Oxyde ein geringes »doppelbrechendes Vermögen« besitzen, erhält man auch darin, dass in Fig. 2 die Orte der verschiedenen CO₂-Skapolithe sich der Reihe der übrigen Skapolithe gut anschliessen. Für die übrigen Oxyde wurde S. 98 aus der Neigung der beiden Geraden der Fig. 1 gefunden,

dass der Einfluss des CaO : Na₂O sich zu dem des CO₂ : Cl (SO₃) ungefähr wie 1 : 2 verhält. Die von dem Einfluss der beiden ersteren Oxyde befreite Gerade würde demnach im Diagramm Fig. 1 von 0,02645 zu 0,00157 verlaufen. Es lässt sich mit Hilfe dieser Gerade für jede Skapolithmischung die Erniedrigung der Doppelbrechung bestimmen, die eine Elimination des Einflusses von CaO : Na₂O mit sich führen sollte, und auf Grund dieser Werte wurde die Gerade Fig. 2 gezogen. Nach dem S. 97—98 und gleich oben gesagten würde in derselben der theoretisch hergeleitete Einfluss des CO₂ auf die Doppelbrechung ziemlich rein herauskommen.

Die Punkte und Kreuze im Diagramm (Punkte = normale und SO₃-reiche Skapolithe, Kreuze = CO₂-Skapolithe) stellen die Orte derjenigen Skapolithe dar, bei denen der CO₂-Gehalt analytisch mittels sicherer Me-

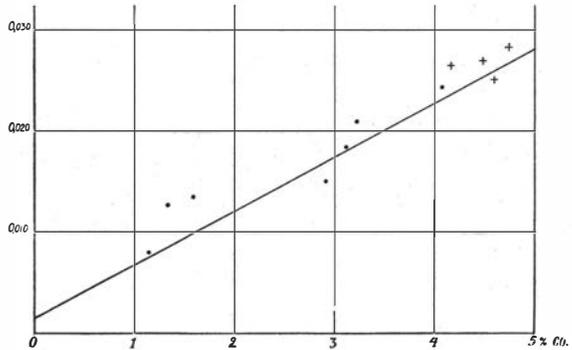


Fig. 2. Diagramm über den Zusammenhang zwischen dem Kohlendioxidgehalt und der Doppelbrechung der Skapolithe.

¹ Vergl. die relativ geringe Verschiedenheit der Doppelbrechung des Kalzits und des Arragonits (0,172 und 0,156) mit der des Anhydrits und des Wollastonits (0,045 und 0,015).

thoden bestimmt worden ist.¹ Die Doppelbrechung wurde in ähnlicher Weise wie bei der Geraden gefunden, nämlich so dass die am Mineral gefundene Doppelbrechung mit einem Betrag, gleich demjenigen, der der analytisch gefundenen Proportion $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O}$ entsprechen sollte, vermindert worden ist. Bei drei von mir untersuchten Skapolithen fehlen Bestimmungen der Alkalien. Es wurde dann von der aus den übrigen Oxyden ermittelten Proportion $\text{Ma} : \text{Me}$ ausgegangen. Dasselbe geschah auch beim Skapolith von Froland, weil hier die Alkalienbestimmung etwas verdächtig ist.

Wie aus den Lagen der Orte der Skapolithe ersichtlich, ordnen sich dieselben recht gut in eine mit wachsendem Gehalt an CO_2 steigende Reihe ein. Rechts zu äusserst in derselben, und sich gut an die normalen Skapolithe anschliessend, liegen die Orte der CO_2 -Skapolithe. Wäre die aus dem Diagramm Fig. 1 hergeleitete Gerade den tatsächlich vorhandenen Verhältnissen entsprechend, würde eine Vermehrung des CO_2 -Gehaltes um 1 % eine Steigerung der Doppelbrechung mit etwa 0,0055 mit sich führen. Die Reihe der durch direkte Bestimmungen ermittelten Punkte liegt durchschnittlich etwas höher als die Gerade, hat aber fast genau dieselbe Neigung. Möglicherweise kann diese höhere Lage auf durchschnittlich etwas zu niedrige Werte der CO_2 -Bestimmungen der Analysen beruhen. Diese Bestimmungen sind zufolge der Schwierigkeit, die Kohlensäure aus dem Pulver hinauszutreiben, am schwersten exakt zu erhalten. In geringem Grade kann, wie aus dem gesagten hervorgeht, die Neigung der Geraden durch die erniedrigende Einwirkung des Cl auf die Doppelbrechung, möglicherweise auch durch die wechselnde Proportion $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ erzeugt sein, der Hauptsache nach dürfte sie aber die Steigerung des $\omega - \varepsilon$ durch das CO_2 wiedergeben.

Der Diskussion der optischen Eigenschaften der Skapolithe seien zuletzt einige kurze Bemerkungen über die Entstehungsweise der CO_2 -Skapolithe hinzugefügt. In genetischer Hinsicht wurde in meiner Kirunarbeit zwei Gruppen unterschieden, die eine solche Skapolithe umfassend, deren Bildung durch pneumatolytisch zugeführte Stoffe bedingt worden ist, und die zweite sich auf solche Skapolithe beziehend, die durch Kontakt- oder tiefere Regionalmetamorphose ohne Zufuhr von fremden Bestandteilen entstanden sind. Die Glieder der ersteren Gruppe sind die verbreitetsten. Sie decken sich mit der oben als normale und SO_3 -reiche Skapolithe bezeichneten Gruppe. In derselben ist die CO_2 -Menge ungefähr von der Grösse, die erforderlich ist, um aus dem CaO -Gehalt Karbonatmejonit zu bilden. Die Mischung $\text{Ma} : \text{Me}$ dürfte hauptsächlich auf der Zusammensetzung des Gesteins, in dem sich der Skapolith gebildet hat, beruhen.

¹ Die verwendeten Skapolithe sind diejenigen, über die in den drei letzten Jahren Bestimmungen von BORGSTRÖM (5 St.), BRAUNS (1 St.), GEIJER (1 St.) und mir (4 St.) veröffentlicht worden sind. Referate finden sich oben und in meinem früheren Aufsätze dieser Zeitschrift.

In die zweite Gruppe gehören die CO₂-Skapolithe. Das hauptsächliche Verbreitungsgebiet derselben sind die aus unreinen Kalksteinen oder Mergeln entstandenen Kalksilikatgneise. Da indessen Kohlensäure auch in Silikatgesteine auf die eine oder andere Weise introduziert werden kann, ist die Möglichkeit zur Entstehung von Skapolith durch rein regionalmetamorphe Vorgänge auch in Eruptivgesteinsderivaten nicht ausgeschlossen. Tatsächlich habe ich auch in einem Schlicke von mittel-schwedischem Granatgneis Skapolith beobachtet, von dem vermutet werden könnte, dass er in der erwähnten Weise entstanden sei. In solchen Fällen könnte die Möglichkeit zur Bildung eines saureren Kohlensäureskapoliths vorliegen. Solche Fällen dürften aber selten sein. Derjenige Skapolith, der in Kalksilikatgneis entsteht, muss aber immer von mehr basischer Mischung sein. Wie S. 210 meiner Kirunaabhandlung hervorgehoben wurde, wird nämlich während der Regionalmetamorphose bei den Skapolithen im Gegensatz zu den Plagioklasen die basische Verbindung gleich leicht oder sogar noch leichter als das saurere Glied der Serie gebildet. Dies geht aus einem Vergleich zwischen den mittels des sp. Gewichtes und den aus den Oxyden ermittelten Molekularvolumina der beiden Verbindungen hervor. Darum finden wir in den Kalksilikatgneisen vom Waldviertel und Gulatal Skapolithe mit 60–63 % Me, während der gleichzeitig gebildete Plagioklas nur 35 % An enthält.

Auch bei Kontaktmetamorphose von unreinen Kalksteinen dürften CO₂-Skapolithe entstehen können. Ein Beispiel hierfür scheint der Skapolith von Pargas zu sein.

Die Vermutung, dass die Skapolithe der Kalksilikatgneise rein regionalmetamorphe Bildungen sind, ergab sich dem Verfasser schon früh auf Grund des durchgehends basischen Charakters derselben. Auch normale Skapolithe vorausgesetzt, müsste die Cl-Menge des Gesteins gering sein, und ein geringer Cl-Gehalt dürfte wohl in allen Gesteinen vorausgesetzt werden können. Dieselbe Vermutung wurde später (mündlich dem Verfasser) von A. HIMMELBAUER ausgesprochen. Durch den Nachweis, dass CO₂ in die Konstitution der Skapolithe eingeht, und dass diese Verbindung das Cl (SO₃) im Marialith der bisher untersuchten Kalksilikatgneise praktisch vollkommen ersetzt, macht aber das Auftreten der Skapolithe in diesen Gesteinen noch besser verständlich und liefert den Beweis für die rein regionalmetamorphe Herkunft derselben.¹

Die Bildung der Skapolithe dürfte sich bei einer relativ hohen Temperatur vollziehen. Dies scheint aus der Art der mit denselben paragenetisch auftretenden Mineralien hervorzugehen. Sie setzt auch einen gewissen Druck voraus, der der Dissoziation der Kohlensäureverbindungen (hauptsächlich CaCO₃, Na₂CO₃ im Mineral wird eher verflüchtigt als dissoziiert) entgegenwirkt. Diejenigen gewöhnlicheren gesteinsbildenden Mine-

¹ Vergl. auch die Erörterung GOLDSCHMIDT's S. 14–19 der ref. Arbeit, wo die Eventualität einer Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Kalksilikatgneise des Trondhjemer Gebiets bei der stattgefundenen Metamorphose diskutiert wird.

rale, die zusammen mit dem Skapolith auftreten und gleichzeitig gebildet worden sind, sind die folgenden: Hornblende, Biotit, Pyroxen (zuweilen allein, gewöhnlich aber zusammen mit Hornblende und Biotit), Epidot-Zoizit, saurere Feldspäte (etwa bis 40% An), Quarz. Diese Mineralassoziation setzt diejenigen Verhältnisse voraus, die für die mittlere Zone GRUBENMANN's auszeichnend sind. Oftmals wenn z. B. der Skapolith zusammen mit Albit auftritt und der Ca-Gehalt des Gesteins zum grossen Teil oder fast vollständig in den Skapolith eingetreten ist, nähern wir uns der oberen Zone. Von keiner Stelle ist mir aber bekannt, dass der Skapolith zusammen mit stärker OH-haltigen Mineralen wie Chlorit und Serpentin auftritt. Die Entstehung des Skapoliths durch Verwitterung oder relativ oberflächliche metasomatische Umwandlungen dürfte ausgeschlossen sein.

Gedruckt 7/8 1918.
