I. Zur Kenntnis des Zusammenhangs zwischen den optischen Eigenschaften und der chemischen Konstitution der Skapolithe.

Von

Nils Sundius.

Der erste Versuch zur Verfolgung des Zusammenhangs zwischen optischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung innerhalb der Skapolithgruppe wurde von A. LACROIX unternommen.[1] Durch Zusammenstellung von Bestimmungen an Skapolithen verschiedener Mischungen zeigte er, dass die Licht- und Doppelbrechung gleichzeitig mit dem Gehalt an Mejonit steigt. Eine ähnliche Zusammenstellung findet sich in ROSENBUSCH, Physiographie d. Min. (3. und 4. Aufl.). Später lieferte A. HIMMELBAUER eine eingehendere Untersuchung der optischen Eigenschaften der Skapolithe[2], in welcher die älteren Resultate auf Grund neuerer Bestimmungen mehr präzisiert wurden. HIMMELBAUER konstruierte für die Licht- und Doppelbrechung theoretische Geraden, von denen diejenige der letzteren Eigenschaft für Bestimmungen in Dünnschliffen geeignet sein sollte. Diese Gerade hat auch in petrographischen Arbeiten Anwendung gefunden.

Seit der Zeit der Arbeit HIMMELBAUERS haben jedoch die Anschauungen betreffs der Skapolithe eine recht wesentliche Änderung erfahren. HIMMELBAUER rechnete noch mit den von TSCHERMAK aufgestellten Verbindungen $Na\,Cl \cdot 3\,Na\,Al\,Si_3\,O_8$ und $Ca\,O \cdot 3\,Ca\,Al_2\,Si_2\,O_8$. Durch BORGSTRÖMS Arbeit[3] wurde indessen dargetan, dass nicht nur Cl, sondern auch CO_2 und SO_3 in die Konstitution der Skapolithe eingehen, und von ihm wird angenommen, dass Oxydmejonit überhaupt nicht existiert. Auf Grund seiner Analysen stellt er folgende Verbindungen auf, die durch seine Analysenberechnungen im allgemeinen eine gute Bestätigung erhalten.

[1] Bull. Soc. Fr. *12:* 357, 1889.
[2] K. Akad. d. Wiss., Math.-Nat. Kl., Sitzungsber., Bd. 119, H. 2, S. 115, Wien 1910.
[3] Z. f. Krist. 54: 238, 1914.

Marialith oder Chlormarialith, $NaCl \cdot 3\,NaAlSi_3O_8$
Sulfatmarialith, $Na_2SO_4 \cdot 3\,NaAlSi_3O_8$
Karbonatmarialith, $Na_2CO_3 \cdot 3\,NaAlSi_3O_8$
Karbonatmejonit, $CaCO_3 \cdot 3\,CaAl_2Si_2O_8$
Sulfatmejonit, $CaSO_4 \cdot 3\,CaAlSi_2O_8$.

Ungefähr gleichzeitig mit der Publikation BORGSTRÖMS erschien die Arbeit von BRAUNS[1] über die Laacher See-Skapolithe, in welcher gezeigt wird, dass diese Skapolithe nur Spuren von Chlor, dagegen reichlich Schwefelsäure enthalten. BRAUNS nimmt an, dass diese im Mejonit gebunden ist, und schlägt für diese Verbindung (Sulfatmejonit BORGSTRÖMS) den Namen *Silvialith* vor.[2]

Dass auch Wasser (oder Hydroxylionen) in der chemischen Konstitution der Skapolithe vorhanden sein kann, könnte man auf Grund der häufigen Anwesenheit dieses Stoffes in den Analysen vermuten, und dies wird auch von GOLDSCHMIDT und BRAUNS aus guten Gründen angenommen. Ersterer fand in einem Skapolith von Aarvoldstal, der ausserdem sehr reich an Kalium ist, bis 6,25 % H_2O.[3] Über die Bindung des Wassers in den Formeln ist jedoch bislang wenig bekannt.

Durch die referierten Untersuchungen dürfte dargetan sein, dass die Skapolithe nicht so einfache Verbindungen sind, wie früher vermutet worden ist. Sie enthalten als vikariierende charakteristische Bestandteile ausser Cl auch CO_2 und SO_3. Ferner können sie beträchtlichere Mengen von Wasser enthalten, wie auch eine grössere Variation in der Proportion Na : K vorhanden sein kann.

Es fragt sich unter solchen Umständen, ob diese Variationen der chemischen Zusammensetzung die optischen Eigenschaften in wesentlicher Weise beeinflussen, oder ob dieser Einfluss nur ein geringer ist, so dass immerhin die Daten HIMMELBAUERS für verschiedene Skapolithvarietäten ohne Einführung von grösseren Fehlern verwendbar sind.

In einer früheren Arbeit über die Gesteine im südlichen Teil des Kirunagebiets, in welchem Gebiet der Skapolith eine ausserordentlich grosse Verbreitung hat, hatte ich Gelegenheit, auf diese Frage einzugehen[4], und konnte schon dort auf Grund des vorliegenden Materials an Analysen und optischen Bestimmungen gewisse Schlüsse ziehen. Spätere Arbeiten

---

[1] N. J., B. B., 39: 79, 1914 (Festschrift MAX BAUER).

[2] Auser dem Silvialith nimmt BRAUNS bei seinen Berechnungen auch folgende Verbindungen an: $Na_2O \cdot 6\,NaAlSi_3O_8$ und $CaO \cdot 3\,CaAl_2Si_2O_8$. Kohlensäure wurde nicht gefunden. Jedoch ist die Darstellung BRAUN's in dieser Hinsicht nicht ganz überzeugend, da es an Angaben fehlt, wie bei der Prüfung auf Kohlensäure verfahren worden ist. Wie BORGSTRÖM hervorhebt, und wie ich auch gefunden habe, ist nämlich dieser Stoff in den Skapolithen sehr fest gebunden und muss beim Behandeln des Pulvers mit Säuren durch Zusatz von Fluorwasserstoff ausgetrieben werden.

[3] Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet, S. 315.

[4] Geologie des Kirunagebietes 4, Vetenskapliga och praktiska undersökningar i Lappland, anordnade av Luossavaara—Kiirunavaara Aktiebolag, S. 214.

haben noch weitere Resultate ergeben, die die dort ausgesprochenen Vermutungen bestätigen, und es sei darum hier nochmals die Frage diskutiert.

Betreffs der chemischen Zusammensetzung der von mir untersuchten Skapolithe sei zunächst bemerkt, dass sämtliche von BORGSTRÖM angegebenen vikariierenden Bestandteile (Cl, CO_2, SO_3) gefunden worden sind und zwar, wo nähere Bestimmungen derselben vorliegen, in solchen Proportionen, dass die erhaltenen Analysenzahlen unter Verwendung der Formeln von BORGSTRÖM mit den aus diesen berechneten Werten gut übereinstimmen. Die Gegenwart eines Oxydmejonites oder -marialithes ist also nirgends notwendig gewesen. Auch betreffs der Metalloxyde ist die Übereinstimmung im allgemeinen eine genügende; nur geben gewisse der von BORGSTRÖM angenommenen Verbindungen (Sulfat- und Karbonatmarialith) bei der Berechnung zu hohe Werte der Alkalien, eine Frage, auf die später (S. 10) eingegangen werden soll. Mit Ausnahme dieser Verbindungen, in denen eine geringe Änderung eingeführt werden wird, lege ich also im Folgenden meinen Berechnungen die oben angeführten Formeln BORGSTRÖMS zugrunde.

Meine frühere Diskussion der optischen Eigenschaften der Skapolithe stützte sich hauptsächlich auf das Untersuchungsmaterial von HIMMELBAUER und BORGSTRÖM, insgesamt 12 chemisch und optisch untersuchte Skapolithe, verschiedener Mischungen. Die Analysen BORGSTRÖMS (fünf Stück) sind vollständig, und die Proportionen der verschiedenen Skapolithverbindungen von ihm berechnet. Die vorherrschenden Verbindungen sind diejenigen des Chlormarialiths und des Karbonatmejonits. Sulfatmarialith tritt in drei Fällen (bis 17 %) und Sulfatmejonit in einem Fall (12 %) auf. Einer der analysierten Skapolithe (Ersby, Pargas) stellt aber einen fast reinen Karbonatskapolith mit 25 % Karbonatmarialith und 75 % Karbonatmejonit dar.

Das Analysenmaterial HIMMELBAUERS ist unvollständiger und enthält grösstenteils keine Bestimmungen von Cl, CO_2 und SO_3. Wie schon BORGSTRÖM gezeigt hat, ist es aber sehr wahrscheinlich, dass wir auch hier mit keinen Oxydmejonitverbindungen zu tun haben. Unter der Voraussetzung, dass anstatt derselben Karbonatmejonit vorliegt, wurden darum die Analysen HIMMELBAUERS von mir auf Chlormarialith-Karbonatmejonit umgerechnet, was jedoch im allgemeinen keine grösseren Änderungen der Proportion Ma : Me mit sich führte.

Die in dieser Weise berechneten Analysen nebst denen von BORGSTRÖM wurden dann in zwei Diagramme für Licht- und Doppelbrechung (Fig. 1, Ordinaten mittlere Lichtbrechung $\left(\frac{\omega + \varepsilon}{2}\right)$ und Doppelbrechung $(\omega - \varepsilon)$, Abszisse Zusammensetzung) eingeordnet. Es zeigte sich da, dass in beiden Diagrammen die Orte der verschiedenen Skapolithe nach der Seite des Mejonits hin recht regelmässig steigende Reihen bildeten. Nennenswertere Ausnahmen von der Regelmässigkeit finden sich bei der

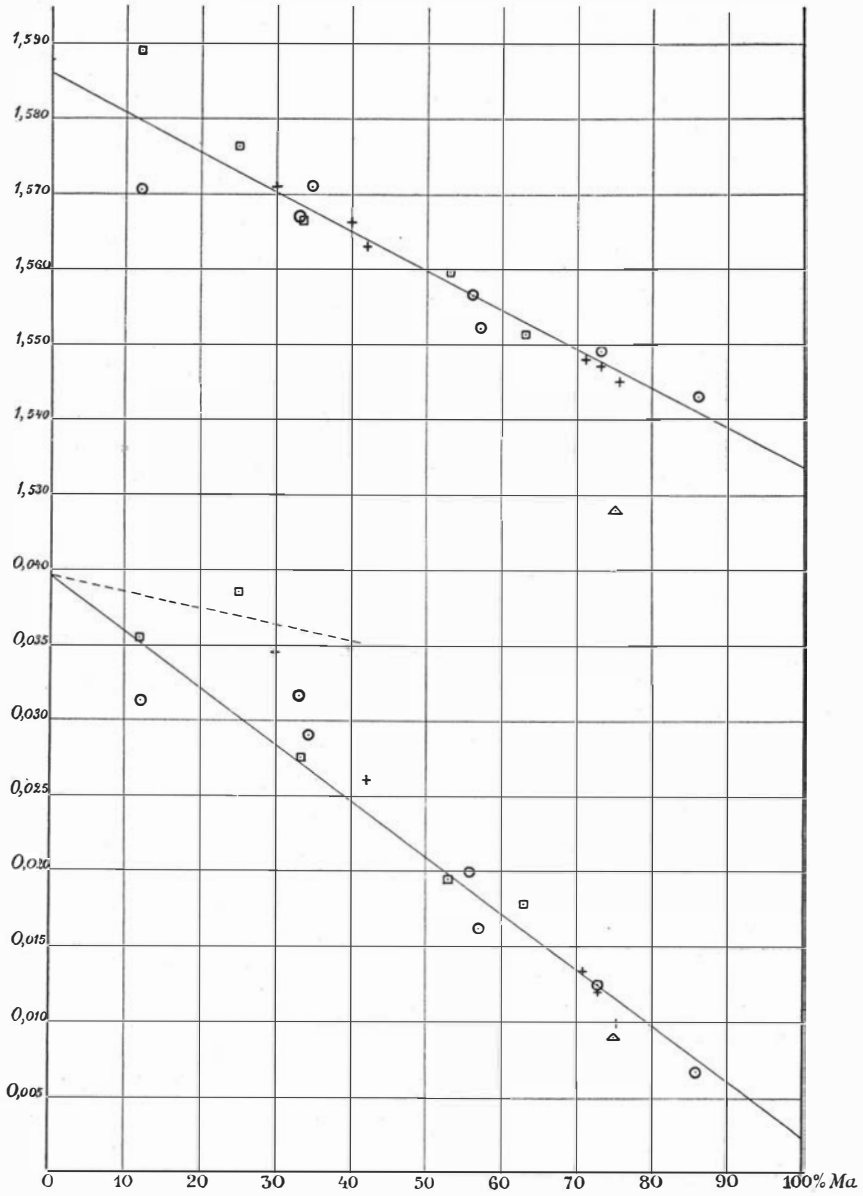

Fig. 1. Diagramme der Licht- und Doppelbrechung der Skapolithe.

○ Bestimmungen von Himmelbauer,
□ » » Borgström.
△ » » Goldschmidt.
+ » » Sundius.

Lichtbrechung nur bei den zwei basischsten Gliedern (Mejonit vom Vesuv), und irgend eine Erklärung für diese Abweichungen kann zur Zeit nicht gegeben werden. Bei der Doppelbrechung sind auch für diese beiden Skapolithe die Abweichungen geringer.[1] Dagegen zeigt hier der Kohlensäureskapolith von Pargas eine im Verhältnis zu den naheliegenden Skapolithen abnorm hohe Doppelbrechung.

Auf Grund dieser Verhältnisse wurden die folgenden Annahmen betreffs der Licht- und Doppelbrechung der Skapolithe ausgesprochen, nämlich betreffs der Lichtbrechung: dass es der Gehalt an Ca O und Na_2O ist, der den wesentlichen Einfluss auf die Stärke dieser Eigenschaft ausübt. Die in kleineren Mengen vorhandenen vikariierenden Bestandteile der Skapolithe (Cl, CO_2, SO_3) haben auf die Stärke der Lichtbrechung einen untergeordneten Einfluss. Wenigstens kann dies mit einiger Sicherheit für Skapolithe, die wie die von BORGSTRÖM analysierten hauptsächlich aus Chlor-Kohlensäure- oder aus kohlensäurereicheren Verbindungen bestehen, ausgesprochen werden. Sehr schwefelsäurehaltige Vertreter der Gruppe liegen im Untersuchungsmaterial nicht vor.

Auch auf die Doppelbrechung dürfte die Menge des vorhandenen Ca O und Na_2O einen wesentlichen Einfluss ausüben, und auch hier hat ein Wechsel in den Proportionen von Cl und SO_3 innerhalb der Grenzen, die von den Analysen von BORGSTRÖM angegeben sind, keine merkbaren Veränderungen dieser Eigenschaft zur Folge. Dagegen scheint die hohe Lage des Kohlensäureskapolithes von Pargas anzudeuten, dass eine grössere Steigerung von CO_2 über die Proportionen hinaus, die durch den Gehalt an Mejonit gegeben sind, eine beträchtliche Steigerung der Doppelbrechung mit sich bringen sollte, und dass also die Kohlensäure für die Doppelbrechung der Skapolithe eine wesentliche Rolle spielen dürfte. Da aber, wie BORGSTRÖM nachweist, und wie ich auch bei meinen Analysen gefunden habe, die Kohlensäure im allgemeinen im Mejonit gebunden sein muss, so wirken dieselbe und der Gehalt an Ca O betreffs der Doppelbrechung in derselben Richtung, und es lässt sich darum im allgemeinen nicht entscheiden, wie gross in der Tat der Einfluss der Kohlensäure ist.

Aus den Koordinaten der Analysenorte wurden die in Fig. 1 dargestellten Geraden der Licht- und Doppelbrechung berechnet.[2] Von denselben wurde die erstere, gemäss den oben angeführten Überlegungen, aus den Orten sämtlicher zwölf Skapolithe berechnet und hat also mit der schon erwähnten eventuellen Ausnahme für abnorm schwefelsäurehaltige Glieder eine allgemeinere Gültigkeit für die Skapolithe.

Bei der Doppelbrechung wurde der Kohlensäureskapolith von Pargas

[1] In der Kirunaarbeit ist im unteren Diagramm der Ort des von BORGSTRÖM untersuchten Skapoliths vom Vesuv etwas fehlerhaft (zu weit nach oben) gezeichnet.

[2] Endpunkte der Geraden:

Ma_{100}	1,53354	0,00236
Me_{100}	1,58614	0,03967

von der Berechnung ausgeschlossen. Die verschiedenen Analysenorte schliessen sich dann mit dieser Ausnahme der erhaltenen Geraden recht gut an, was mir eine gewisse Bürgschaft dafür zu bieten scheint, dass meine Voraussetzung beim Umrechnen der Skapolithe HIMMELBAUERS richtig gewesen ist. Wenigstens kann es nach den angeführten Überlegungen und den im folgenden gewonnenen Erfahrungen als sehr wahrscheinlich angenommen werden, dass unter denselben keine abnorm kohlensäurehaltigen Glieder vorhanden sind. Die in dieser Weise erhaltene Gerade fällt sehr nahe mit der alten von HIMMELBAUER zusammen. Sie kann vorläufig auf Grund des vorhandenen Untersuchungsmaterials nur darauf Anspruch machen, für diejenigen Skapolithe Gültigkeit zu haben, die ich hier als »normale» Skapolithe bezeichnen möchte, und die hauptsächlich aus Cl-Marialith und CO_2-Mejonit bestehen. Betreffs der übrigen Glieder der Gruppe wurde nur die Vermutung ausgesprochen, dass die Gerade der CO_2-reichen Skapolithe etwas höher (oder richtiger mehr horizontal) liegen dürfte.

Bei den obigen Überlegungen muss ferner auch vorausgesetzt werden, dass wir mit Skapolithen von normalem oder geringem H_2O- und K_2O-Gehalt zu tun haben. Wie aus GOLDSCHMIDTS Untersuchung des Aarvoldstaler-Skapoliths hervorgeht, dürfte ein grösserer Gehalt an diesen Stoffen und wohl speziell an H_2O eine starke Herabdrückung der Lichtbrechung zur Folge haben. Dagegen zeigt die Doppelbrechung dieses Skapolithes eigentümlicherweise keine grössere Abweichung von der normalen. Eine derartige Disproportion zwischen Lichtbrechung und Doppelbrechung wäre also das in optischer Hinsicht Eigentümliche für solche abnorm H_2O — K_2O-haltigen Glieder der Gruppe. Eine sichere Beurteilung diesbezüglicher Verhältnisse lässt sich jedoch auf Grund des einzigen untersuchten Falles nicht vornehmen.

Es wurden nun, um die obenstehenden Erwägungen zu prüfen, weitere Untersuchungen von Skapolithen ausgeführt, teils bei der erwähnten Kirunaarbeit, teils auch später an Material aus den Sammlungen der Universität Upsala und der Hochschule in Stockholm. Die Resultate der ersteren Untersuchungen sind schon veröffentlicht worden und sollen darum nur kurz erwähnt werden. An drei Skapolithen, an denen optische Untersuchungen vorgenommen waren, wurden partielle Analysen ausgeführt. Die Resultate sind nachstehend wiedergegeben. Hier und weiter unten wende ich dieselben Abkürzungen wie in meiner früheren Arbeit an, nämlich: Ma = Chlormarialith, Ma S = Sulfatmarialith, Ma K = Karbonatmarialith, Me K = Karbonatmejonit, Me S = Sulfatmejonit.

Fundort	%Ma		ω	ε	ω—ε
Vahåive	42	Ma 36 Ma S 6 Me K 58	1,575	1,550	0,026

Fundort	% Ma		ω	ε	ω—ε
Pahtosvaara	71	Ma 71 Me S 6 Me K 23	1,554	1,541	0,0134
Kalpivaara	75,5	Ma 75,5 Me S 3 Me K 21,5	1,550	1,540	0,0101

Die optischen Bestimmungen geschahen infolge der geringen Korngrösse mittels Immersion und Quarzkeilkompensator und in Tageslicht, sind also von der Genauigkeit, wie sie bei den petrographischen Arbeitsmethoden erhalten werden kann. Die durchschnittlichen Fehler sind bei der Lichtbrechung etwa zu 0,002, bei der Doppelbrechung zu 0,0005 — 0,001 anzusetzen.

Die Analysen zeigen, dass die drei Skapolithe »normale» Cl — CO_2-Skapolithe sind. Aus den Diagrammen, in denen die drei Analysenorte gezeichnet sind, lesen wir auf Grund der Licht- und Doppelbrechung folgende Zusammensetzungen ab: Ma_{40}, Ma_{71}, Ma_{79}. Der Unterschied gegenüber den analytisch gefundenen Zahlen beträgt 2, 0 und 3 % Ma. Wenden wir nur die Gerade der Doppelbrechung an, so sind die entsprechenden Zahlen 5, 1 und 3,5 %. Innerhalb derselben Fehlergrenzen halten sich auch die Ablesungen bei den meisten der von HIMMELBAUER und BORGSTRÖM untersuchten Skapolithe, und nur bei den basischeren Gliedern kommen grössere Abweichungen vor. Bis auf diese Zahlen ist also im allgemeinen die Genauigkeit der optischen Bestimmungen von »normalen» Cl—CO_2-Skapolithen zu schätzen.

Es wurde bei den späteren Untersuchungen eine Untersuchungsmethode angewendet, die aus der folgenden Überlegung hervorgeht. Wenn nämlich die Diskussion betreffs des Zusammenhangs zwischen der chemischen Zusammensetzung und den optischen Eigenschaften richtig gewesen ist, so müssen in den Diagrammen bei »normalen» Cl—CO_2-Skapolithen (möglicherweise auch bei SO_3-reicheren Skapolithen) die aus der Licht- und Doppelbrechung erhaltenen Zahlen der Zusammensetzung einander entsprechen. Bei CO_2-reicheren Skapolithen erhält man bei gegebener Lichtbrechung zu hohe Doppelbrechung. Bei abnorm H_2O- und K_2O-reichen Skapolithen wäre ein ähnliches Verhältnis zu erwarten, jedoch würde hier bei sauren bis mittelsauren Mischungen die sehr niedrige Lichtbrechung vor Verwechslung schützen. Erst bei basischeren Skapolithen würden Schwierigkeiten entstehen, diese beiden Varietäten auseinanderzuhalten.

Unter diesen Gesichtspunkten wurden Messungen an einer Mehrzahl verschiedener Skapolithe vorgenommen. Die meisten derselben, die grösstenteils von den Apatitgängen in Norwegen oder von Lappland herstammten, wo wir nach den bisherigen Erfahrungen normale Cl—CO_2-Skapolithe zu erwarten haben, ergaben Resultate der ersten Art. Einer von diesen Skapolithen, der Olsbo, Froland (Norwegen?) etikettiert war, wurde

einer Analyse unterzogen. Die verwendete Probe, die der Hochschule in Stockholm gehört, besteht aus einem weissen, feinkörnigen Skapolith-Aggregat, in dem makroskopisch keine Verunreinigungen zu entdecken waren. In einem Schliff findet man ein paar Zirkonprismen sowie vereinzelte kleine Moskovitblättchen. Auch Kalcit kommt vor, aber nur in sehr kleinen und spärlichen Körnern, die auf das Analysenresultat nicht merkbar eingewirkt haben können.

Die Analyse, mit Ausnahme der Kohlensäurebestimmung, die ich ausführte, verdanke ich Herrn stud. phil. ERIK JONSSON. Sie folgt unter I:

	I.	*a*
SiO_2	56,82	56,15
Al_2O_3	22,14	22,14
CaO	7,51	6,91
K_2O	0,72	—
Na_2O	7,64	10,34
Cl	2,89	2,88
SO_3	0,22	0,18
CO_2	1,14	1,36
H_2O*	1,08	0,04
S:a	100,12	100,01

* Hygr. Wasser nicht gesondert bestimmt.

Aus den Analysenzahlen berechnet sich die Zusammensetzung zu $Ma_{70} - Ma_{73}$. Unter Zugrundelegung der letzten Formel und unter Einführung des kleinen SO_3-Gehaltes in den Marialith erhalten wir eine Zusammensetzung von $Ma_{71}\ Ma\ S_2\ Me\ K_{27}$, und für diese Formel berechnen sich die unter a angeführten Zahlen.

Die optischen Bestimmungen, die wie früher in Tageslicht mittels Immersion und Quarzkeilkompensator ausgeführt worden waren, hatten die folgenden Werte ergeben: $\omega = 1{,}5516$, $\varepsilon = 1{,}5427$, $\omega - \varepsilon = 0{,}012$. Aus den Diagrammen ergibt sich hiernach bei beiden Geraden die Zusammensetzung Ma_{74}.

Die aus optischen Gründen vermutete Zusammensetzung des Skapolithes hat sich also als genügend richtig erwiesen.

Von den untersuchten Skapolithen zeigten zwei diejenigen Verhältnisse, die für einen grösseren Gehalt an CO_2, eventuell an H_2O (K_2O) kennzeichnend sein sollten.

Diese beiden Skapolithe wurden darum chemisch untersucht. Der eine entstammt einer Probe, die den Sammlungen der hiesigen Universität angehörte, und die Hesselkulla[1] etikettiert war. Der Skapolith bildete kleine, rundliche, gelblichweisse Körner, die zusammen mit schwarzen Kristallen eines Fe-Mg-Silikats (wahrscheinlich Pyroxen) in körnigem Kalkstein eingewachsen waren. Von diesem wurde der Skapolith durch Auslösung mit verdünnter Essigsäure befreit. Eine erneute Behandlung mit Essigsäure wurde nach grobem Pulverisieren der Skapolithkörner vorgenommen, um die letzten Spuren von anhaftendem und eventuell eingeschlossenem Kalcit zu entfernen.

[1] Kleine, stillgelegte Eisengrube in Mittelschweden.

Der andere Skapolith stammt aus dem bekannten Pyroxengneis im Waldviertel her[1], wo ich (bei Mühlfeld) die Probe selbst eingesammelt habe. Die Probe besteht aus einem feinkörnigen kristallinischen Aggregat von Kalkspat, Pyroxen, Plagioklas (etwa An_{35}), Skapolith, Quarz, Hornblende, Biotit, Titanit und Magnetit. Es wurden zwei Versuche zum Separieren des Skapoliths ausgeführt. In dem einen Versuch wurde das grob pulverisierte Gestein zuerst mit kalter, sehr verdünnter Salpetersäure behandelt. Dann wurden die schwereren und leichteren Mineralien durch Anwendung der Toulet'schen Lösung, spez. Gew. ca. 2,75 und 2,67, abgeschieden. Nach wiederholtem Behandeln des feiner zerriebenen Pulvers mit Lösungen dieser Konzentrationen erhielt ich den Skapolith recht rein. Untergeordnete Verunreinigungen bestanden, wie die mikroskopische Untersuchung zeigte, in spärlichen kleinen Quarz-(Feldspat?)Körnern sowie kleinsten, in geringer Menge vorhandenen, anhaftenden Fragmenten der dunklen Mineralien. Die letzten Spuren von Kalcit wurden wieder durch Behandeln mit Salpetersäure weggelöst.

Bei dem anderen Versuch war das Verfahren dasselbe, nur wurde hier statt Salpetersäure Essigsäure verwendet.

Die erzielten Analysenresultate sind nachstehend mitgeteilt. An beiden ausseparierten Pulvern des Waldviertel-Skapoliths wurden Analysen ausgeführt. Das Mittel beider folgt unter *m*.

Betreffs des Verfahrens bei der Bestimmung der Kohlensäure ist zu bemerken, dass dieselbe nach der von VESTERBERG vorgeschlagenen Methode[2] mittels Austreibens des CO_2 durch Säure in Vakuum ausgeführt worden ist. Dabei habe ich wegen der langsamen Zersetzbarkeit des Skapoliths Fluorwasserstoff anwenden müssen. Besondere Proben zeigten, dass dies jedoch nicht störend auf die Analysenresultate einwirkt.

	2	*a*	*b*	*3*	*4*	*m*	*a*	*b*
SiO_2	45,53	45,28	44,99	48,51	48,68	48,60	47,60	47,18
Al_2O_3	28,41	28,45	28,26	27,19	26,95	27,07	26,97	26,74
CaO	17,49	17,15	17,04	15,55	15,72	15,64	14,81	14,68
Na_2O	—	4,07	4,96	—	—	—	5,47	6,64
Cl	0,10	0,12	0,12	0,17	—	0,17	0,15	0,15
SO_3	0,04	—	—	0,02	—	0,02	—	—
CO_2	4,61	4,67	4,64	4,42	4,53	4,48	4,65	4,61
H_2O	—[3]	0,26	—	—	0,23*	0,23	0,38	—
S:a	96,18	100,00	100,01	95,86	96,11	96,21	100,03	100,00

* H_2O oberhalb 100°.

2. Skapolith, Hesselkulla, Schweden.

3 und 4. Skapolith, Waldviertel, Niederösterreich.

[1] Siehe BECKE, T. M. P. M. 4: 365, 1862 sowie BECKE, A. HIMMELBAUER, F. REINHOLD und R. GÖRGEY, T. M. P. M. 32: 185, 1913.

[2] Teknisk Tidskrift, bergsvetenskap, 1910, S. 49.

[3] Zur Bestimmung des Wassers reichte das Analysenmaterial nicht aus.

Der Analysentabelle ist zu entnehmen, dass die Skapolithe *fast reine Kohlensäureskapolithe darstellen.* Die gute Übereinstimmung zwischen den analytisch erhaltenen und den bei den Berechnungen gefundenen Werten von CO_2 gibt ferner an, dass keine nennenswerte Austreibung dieses Stoffes beim Behandeln des Pulvers mit den Säuren geschehen ist.

Die Berechnung der Analysen bereitete einigermassen Schwierigkeiten, weil man, wie am Anfang dieser Arbeit erwähnt wurde, unter Anwendung der Formel $Na_2CO_3 . 3\,Na\,Al\,Si_3O_8$ zu hohe Werte für Na_2O und dementsprechend zu niedrige Werte der übrigen Oxyde erhält. Dies geht aus den unter *b* in der Analysentabelle aufgeführten Zahlen hervor, die unter Anwendung der erwähnten Formel für die Zusammensetzungen $Ma_3\,Ma\,K_{27}\,Me\,K_{70}$ und $Ma_4\,Ma\,K_{36}\,Mc\,K_{60}$ (diejenigen Zusammensetzungen, die sich aus den Analysenwerten herleiten) berechnet worden sind. Zu hohe Werte der Alkalien finden sich auch in den Berechnungen BORGSTRÖMS bei den beiden Skapolithen (Pargas und Laurinkari), die grössere Mengen von MaK und MaS ($Na_2SO_4 . 3\,Na\,Al\,Si_3O_8$) enthalten. Unter den übrigen ist dies der Fall nur bei dem Skapolith von Enterprise, jedoch zeigt dieser chemisch auch andere Abnormitäten (sehr niedrigen Gehalt an Al_2O_3, Gegenwart von 2,37 % MgO), die schwer erklärbar sind. Die Abweichungen bei den Skapolithen von Pargas und Laurinkari werden durch die unter *b* in der folgenden Tabelle angeführten Zahlen veranschaulicht, die diejenigen sind, die bei Berechnung aus den Formeln $MaK_{26}\,MeK_{74}$ (Pargas) und $Ma_{18}\,MaS_{16}\,MeK_{66}$ erhalten werden.[1]

	Pargas	*a*	*b*	*Laurinkari*	*b*	*a*
SiO_2	44,45	44,35	44,07	46,25	46,10	45,92
Al_2O_3	28,06	29,02	28,84	26,50	27,80	27,69
CaO	17,72	18,07	17,96	16,03	16,18	16,11
Na_2O	2,71	3,51	4,37	3,96	4,62	5,14
K_2O	0,29	—	—	0,57	—	—
Cl	0,03	—	—	0,72	0,70	0,70
SO_3	0,00	—	—	1,41	1,40	1,40
CO_2	4,74	4,80	4,77	3,12	3,05	3,04
H_2O	0,85	0,25	—	1,16	0,15	—
Sa	98,85[2]	100,00	100,01	99,72[3]	100,00	100,00

Zur Erklärung dieser Abweichungen könnten mehrere Annahmen gemacht werden. Eine einfache ist diejenige, dass nicht Na_2SO_4 und Na_2CO_3 in die betreffenden Verbindungen eingehen, sondern jedem von diesen Molekeln 6 Molekel von Albit entsprechen. Die Formeln wären dann $Na_2SO_4 . 6\,Na\,Al\,Si_3O_8$ und $Na_2CO_3 . 6\,Na\,Al\,Si_3O_8$ zu schreiben. Dies stände im Einklang damit, dass Na in Marialith einwertig ist. Jedoch geben die Berechnungen unter dieser Annahme konstant zu niedrige Werte für CO_2, im Skapolith vom Laurinkari auch für SO_3. Auch bei anderen An-

[1] Die angeführten Zahlen sind von mir berechnet.

[2] Hierzu $Fe_2O_3 = 0,44$, $MgO = 0,31$.

[3] Hierzu $Fe_2O_3 = 0,13$, $MgO = 0,17$.

nahmen, wie bei derjenigen, dass in Na_2SO_4 und Na_2CO_3 Ca anstatt Na eintreten könnte, oder dass im Marialith Anorthitmolekel statt Albit vorhanden wären, ergeben sich keine besseren Übereinstimmungen. Ich habe daher meinen Berechnungen die Formeln $NaHSO_4 . 3\,NaAlSi_3O_8$ und $NaHCO_3 . 3\,NaAlSi_3O_8$ zugrunde gelegt. Diese Formeln sind diejenigen, die den Verhältnissen am besten entsprechen. Unter Zugrundelegung derselben und unter Beibehaltung der oben angegebenen Verhältnisse Ma: Me berechnen sich die in den Tabellen unter *a* aufgeführten Zahlen.

Durch diese Formeln wird Wasser in die Konstitution der Skapolithe eingeführt. Die in dieser Weise erhaltenen Mengen dieses Stoffes sind wohl nur klein, jedoch könnte auch an eine stärkere Ersetzung der Alkalien durch H_2O gedacht werden. Immerhin können die vorgeschlagenen Verbindungen nicht beanspruchen, den in den Skapolithen allgemein verbreiteten H_2O-Gehalt genügend zu erklären; sie sind nur diejenigen, die die Verhältnisse in Skapolithen mit grossem Ma K- und Ma S-Gehalt am besten zu erklären scheinen.

Nach dieser Diskussion der chemischen Verhältnisse kehren wir zu den optischen Eigenschaften der beiden von mir untersuchten Skapolithe zurück. Die erhaltenen Werte der Licht- und Doppelbrechungen sind nachstehend wiedergegeben. Die Bestimmungen sind bei dem Waldviertelskapolith mittels Immersion und Quarzkeilkompensator und in Tageslicht ausgeführt. Die angegebenen Werte dürften, da Mittelzahlen mehrerer gut übereinstimmenden Messungen vorliegen, eine Genauigkeit von etwa 0,001 besitzen, möglicherweise sind die Fehler bei der Lichtbrechung etwas grösser. Bei dem Skapolith von Hesselkulla waren die Körner gross genug, um Messungen mit Totalrefraktometer (in Na-Licht) zu gestatten. Die Genauigkeit ist hier zu $0{,}0002-3$ anzusetzen.

Fundort	% Ma				
Hesselkulla	30	Ma 3 Ma K 27 Me K 70	1,5880	1,5534	0,0346
Waldviertel	40	Ma 4 Ma K 36 Me K 60	1,583	1,549	0,035

Das spez. Gewicht beträgt für den Hesselkullaskapolith 2,730 und für den Waldviertelskapolith etwa 2,710.

Die beträchtliche Disproportion zwischen Licht- und Doppelbrechung, verglichen mit den Verhältnissen bei Skapolithen mit »normalem« CO_2-Gehalt, geht aus den Lagen der Analysenorte im Diagramm Fig. 1 hervor. An der Geraden der Lichtbrechung lesen wir für beide Skapolithe die Zusammensetzungen Ma_{29} und Ma_{38} ab, die mit den tatsächlichen Verhältnissen gut übereinstimmen. Bei der Geraden der Doppelbrechung ergeben sich die Werte Ma_{13} und Ma_{12}, was eine Abweichung von 17 bezw. 28 % Ma beträgt.

Diese beiden Skapolithe liefern also ein neue Stütze für die Annahme, dass die Kohlensäure eine beträchtliche Rolle für die Doppelbrechung der Skapolithe spielt. Für die Berechnung einer Geraden der Kohlensäure-Skapolithe ist wohl noch das Material zu gering. Den vorhandenen Punkten im Diagramm nach zu urteilen, würde jedoch diese ungefähr wie die gestrichelte Gerade verlaufen. Zieht man diese aus, so gelangt man für Marialith zu einer Doppelbrechung von etwa 0,028—0,029. Es fällt auf, dass diese Doppelbrechung eben diejenige des Cancrinits ist, ein Mineral, das auch chemisch durch seinen CO_2-Gehalt Ähnlichkeit mit dem Kohlensäure-Marialith zeigt.

Wenn diese Gerade der Kohlensäure-Skapolithe einmal endgültig festgestellt ist, dann erhält man ein Mittel, exakter zu bestimmen, wie gross der Einfluss des CO_2 auf die Doppelbrechung ist. Schon jetzt lässt sich jedoch der Schluss ziehen, dass dieser Einfluss ein beträchtlicher ist, wahrscheinlich ein grösserer als diejenigen des CaO und Na_2O.

Das Angeführte gibt auch eine Warnung, ohne weiteres die Doppelbrechung allein als Bestimmungsmittel für die Skapolithe zu verwenden. Nur wenn sich dieselbe im Vergleich mit der Lichtbrechung wie in den Diagrammen Fig. 1 verhält, darf man annehmen, dass ein »normaler» Skapolith vorliegt. Speziell ist eine Prüfung auf die Lichtbrechung bei hoher Doppelbrechung (etwa von 0,028 an, die ungefähre Doppelbrechung des CO_2-Marialiths) notwendig.

Gedruckt 20/11 *1916.*