

7. Mineralogische Notizen.

8. Über einige Minerale des Kalksteinbruches bei Gökom.

Von

Christer Enberg.

I. Einleitung.

Historik.

So früh wie 1746 hat schon der Kalksteinbruch von Gökom Anlass zu einem wissenschaftlichen Aufsatz (1): »Bemerkungen über eine Art eisenhaltiges Zinnerz von Dannemora Kirchspiel in Uppland» gegeben. Der Verfasser des Aufsatzes, der Bergrath SVEN RINMAN, zu der Zeit Auskultant am Bergkollegium, glaubt durch eine Lötrohranalyse den Beweis dafür erbracht zu haben, dass ein Granat (nach seiner sonstigen Beschreibung zu urteilen) Zinn als wesentlichen Bestandteil aufweist. Ja, er schreibt sogar: »Und dürfte wohl dieses Erz auch im Grossen mit Nutzen geschmolzen werden können».

Dies ist die erste Erwähnung von Gökom, die ich in der Literatur habe finden können. Weiter kann man daraus ablesen, dass der Kalksteinbruch schon damals bearbeitet gewesen sein muss. Nach A. ERDMANN (2) wurde der Kalkstein »für den Bedarf der Hochöfen des Ortes verwendet» (d. h. Dannemora).

Anscheinend auf RINMANS Angaben gestützt, geben CRONSTEDT (3) 1758 und WALLERIUS (4) 1772 Gökom als einen Fundort von zinnhaltigem Granat an.

Im Jahre 1807 untersuchte MURRAY (5) »ein grünes Fossil von Gökums Kalksteinbruch«, und gibt eine Analyse des »Fossils«. »Das grüne Fossil«, das später behandelt werden wird, ist ein Vesuvian, und die Stufe MURRAYs befindet sich noch in den Sammlungen des Min.-Geol. Institutes der Universität, Uppsala.

Drei Jahre später, also 1810, erweckte ein Mineral von Gökom das Interesse des portugiesischen Gesandten in Stockholm, J. LOBO DA SILVEIRA (6), und dieser beschreibt es in einem Aufsatz, worin er auch eine

von BERZELIUS ausgeführte Analyse angibt. BERZELIUS hat das Mineral »Loboit» benannt.

Eine dritte Analyse eines Minerals von Gökom wurde 1828 von THOMSON (7) ausgeführt. Er belegt das von ihm analysierte Mineral mit dem Namen »Gökumit», und gibt an, es habe Ähnlichkeit mit Gahnit, wahrscheinlich weil LOBO DA SILVEIRA (l. c.) das von ihm beschriebene Mineral Gahnit nennen wollte.

DANA (8) zitiert die drei erwähnten Analysen unter »Vesuvianit» und gibt an, dass die Minerale aus Gökom in Finnland herkommen sollen. Ausser der Landesverwechslung ist die Analyse THOMSONS wahrscheinlich an einem andradithaltigen Granat ausgeführt worden. Möglicherweise hat aber Professor SVANBERG recht, wenn er in einer handgeschriebenen Note in dem Exemplar von HISINGERS »Versuch einer mineralogischen Geographie von Schweden», das in der Bibliothek des Min.-Geol. Institutes aufbewahrt ist, vermutet: »Hat jedoch nicht dieses Fossil (der Gökumit) durch eine Verwechslung von irgend einer Etikette unrichtigen 'locus' bekommen?»

HISINGER (9) schreibt 1826, dass Gökom »ein durch mehrere Fossilien» bekannter Kalksteinbruch sei, und gibt von dort die Minerale »Tafelspat» (Wollastonit), »Loboit» (Vesuvian) und »Allochroit» (Andradit) an.

A. ERDMANN (2) erwähnt 1850 Gökom in einer Abhandlung über Dannemora und gibt eine kurze Beschreibung des Kalksteinbruches. Aus ihr geht hervor, dass das SW.-liche Vorkommen schon damals wegen »starken Wasserzulaufes» niedergelegt und von der Vegetation überwuchert gewesen ist. Der westlichste Bruch, oder »Löfstabrottet», scheint dagegen zu der Zeit noch nicht niedergelegt, sondern vielmehr für den Bedarf von »Löfsta bruk» bearbeitet zu sein. ERDMANN gibt hier den Kalksteinbruch als Fundort der Minerale Wollastonit, »Loboit» und »körnigen Kalk» an. In seinem »Lärobok i Mineralogien» erwähnt er (10) Gökom als Vorkommen derselben Minerale.

TÖRNEBOHM (11) schreibt, dass »der westlich des Dannemora Sees verbreitete graue oligoklasreiche, etwas hornblendeführende Granit . . . losgerissene Partien» von körnigem Kalkstein einschliesst, und zwar bis zu solcher Grösse, »dass darin Kalksteinbrüche geöffnet worden sind, so z. B. der bekannte bei Gökom», und »dessen Mineralreichtum als eine Kontakterscheinung zwischen dem umgebenden Granit und dem Kalkstein angesehen werden dürfte». Auf seiner Karte hat TÖRNEBOHM den W.-lichsten Bruch als in »Granulit, hellgrau oder rot», den SW.-lichen nahe am Kontakt von Granulit und hornblendereichem Granit, aber als im Granit liegend, bezeichnet.

Aus der Beschreibung (12) des geol. Kartenblatts N:o 43 »Salsta» geht hervor, dass der Kalksteinbruch noch 1871 bearbeitet wurde, und zwar dürfte dieses wahrscheinlich für den westlichen Bruch (Löfstabrottet) gelten.

Heutzutage ist aber schon seit Jahrzehnten auch dieser niedergelegt. In der Beschreibung findet sich die Angabe, dass als Akzessorien Wollastonit und Epidot im Kalkstein vorkämen. Ferner wird eine Analyse des Kalksteins angeführt. Im übrigen ist die Beschreibung von Gökom sehr knapp als Glied der Beschreibung sämtlicher innerhalb des Kartenblatts befindlichen Kalksteinbrüche.

In den Sammlungen des Min.-Geol. Institutes finden sich von alters her gegen zwanzig Stufen von Gökom. Da bis jetzt keine zusammenfassende Beschreibung des Kalksteinbruches und seiner Minerale vorliegt, hat mir Herr Professor BACKLUND den Vorschlag gemacht, eine genauere Untersuchung des Fundorts vorzunehmen. Vorläufig werden eine Reihe von Bestimmungen an einigen Mineralen hier mitgeteilt. Später soll auf die genetischen und feldlichen Zusammenhänge näher eingegangen werden.

Geographische Lage.

Gökom, Gökum oder Gökjom, wie verschiedentlich benannt, ist ein Bauernhof im Kirchspiel Dannemora in Uppsala Län. Der Hof liegt 6 Kilometer SW.-lich von der Kirche von Dannemora und ung. 2 Kilometer NW.-lich von der Haltestelle Järlebo an der Eisenbahn Uppsala-Gävle. Dicht Ö.-lich, aber auch W.- und SW.-lich vom Hof liegen 5—6 Kalksteinvorkommen gruppiert, das W.-liche und SW.-liche innerhalb bzw. auf der Grenze zu Wendels Kirchspiel. Drei dieser Vorkommen sind meines Wissens zu verschiedenen Zeiten bearbeitet worden. Die quartäre Erdbedeckung der Umgegend vom Gökom ist recht bedeutend, was im höchsten Grade das Feststellen der Verbreitung des Kalksteines erschwert oder sogar unmöglich macht. Relativ geringer ist die Bedeckung der Umgebung des SW.-lichen Bruches, dessen Untersuchung ich mich darum zuerst gewidmet habe.

2. Charakteristik des Kalksteines.

Der Kalkstein ist von weisser Farbe, gelegentlich mit einem Stich ins Gelbliche. Er zeigt zufolge verschiedenen Metamorphosengrades hauptsächlich drei Strukturtypen auf.

Der granoblastische Typus ist, mit Ausnahme eines farblosen Glimmers, frei von sonstigen Mineralen. Der Glimmer ist teils vollkommen von Kalzitindividuen umschlossen, teils befindet er sich in den Fugen zwischen den Kalzitkörnern. Eine genaue Bestimmung der optischen Daten des Glimmers ist wegen der geringen Grösse der Individuen, mit dem mir bis jetzt zu Verfügung stehenden Material, noch nicht möglich. Es lässt jedoch

vermuten, dass ein Clintonit vorliegt. Die Körnergrösse des Kalzits variiert. Sie liegt hauptsächlich zwischen 0,5 und 1,5 mm. Die einzelnen Körner sind abgerundet und zum grössten Teil in dünnen Lamellen verzwillingt, ihre Begrenzung gegen einander ist scharf und zeigt einfache Linien. Selten, und schwach ausgebildet, kann man eine Verbiegung der Zwillinglamellen beobachten. Eine anomale Zweiachsigkeit der Kalzitindividuen ist dagegen sehr häufig ausgebildet. Die beiden letztgenannten Phänomene deuten eine schwache tektonische Druckbeeinflussung an. Die kristallographische Orientierung der Kalzitindividuen ist willkürlich, eine »Regelung« kann nicht beobachtet werden.

Stellenweise hat sich die Struktur des Gesteins vergrößert. Die einzelnen Kristalle können Zentimetergrösse erreichen, ohne einen idioblastischen Habitus zu erlangen. Das Gestein hat milchweisse Farbe, ohne durchsichtig zu sein. Unter dem Mikroskop nimmt man eine Intersertalstruktur wahr. Divergentstrahlige angeordnete, langschmale Individuen (Länge oft grösser als 10 mm, Breite etwa $\frac{1}{2}$ mm) machen den Eindruck des Grundgerüsts des Gesteins zu sein. In den Maschen dieses Gerüsts sind die Individuen mehr äquidimensional, und gelegentlich haben sie in mehreren an einander grenzenden Maschen dieselbe kristallographische Orientierung. Es scheint, als ob grössere Individuen die langschmalen in sich eingeschlossen hätten. Sämtliche Kalzitindividuen sind lamellartig verzwillingt. In den langschmalen Individuen haben die Lamellen, die bald der Längsrichtung parallel verlaufen, bald sie überqueren, eine bedeutend kleinere Breite als in den übrigen. Eine Deformation des Gesteins hat deutliche Spuren in der Form verbogener Zwillinglamellen hinterlassen. Dass ein Ausgleich dieser Beanspruchung angefangen hat, kann man an der Neubildung von geradlinigen schmalen Individuen, welche die verbogenen Lamellen durchsetzen, angedeutet finden. Wenn die Umgestaltung der Kristalltracht des Gesteins nicht so weit vorgeschritten ist, wie oben beschrieben, haben die langschmalen Individuen noch keine Zentimeterlänge erreicht, und die wenig markierten Maschen sind nicht mit einheitlichen Individuen ausgefüllt. Sie machen statt dessen ein willkürlich orientiertes Kristallaggregat aus. Anomale Zweiachsigkeit ist auch in diesem Typus des Kalksteins ziemlich häufig.

In den kontaktnahen Teilen ist der Kalkstein oft quarzimpregniert, die Struktur ist dann diffus geworden. Verschiedene Parteien sind in kurzen Abständen von einander teils, wie oben beschrieben, granoblastisch, während andere dagegen eine davon verschiedene granoblastische Struktur aufweisen, in der die einzelnen Kalzitindividuen mit gerundeten Zipfeln in einander verwachsen sind. Der oben erwähnte, weniger deutlich ausgeprägte intersertale Typus kommt auch vor, am häufigsten aber macht der Kalzit den Eindruck angefressen und in Verdrängung begriffen zu sein. Besonders deutlich wird diese Erscheinung, wenn eine Mineralneubildung

schon eingesetzt hat, so z. B. bei den xenoblastischen Granatporphyroblasten, die später erwähnt werden sollen.

In der Beschreibung des geol. Kartenblatts N:o 43 »Salsta» (l. c.) ist eine Analyse des Kalksteins von Gökom angegeben, die hier zitiert wird.

Kohlensaure Kalkerde (CaCO_3)	88,55 %
Kohlensaure Talkerde (MgCO_3)	5,23 %
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,40 %
Unlöslicher Rest (SiO_2 etc.)	5,15 %
	Summe 99,73 %

Der Kartenblattbeschreiber findet darum, dass der Kalkstein »möglicherweise» dolomitisch genannt werden kann.

3. Einige Hauptminerale.

Die auffälligsten Mineralbildungen bei Gökom sind teils ein Granat-Pyroxen-Skarn, teils die direkten Kontaktbildungen an der Grenze Granit-Kalkstein.

Aus dem Granat-Pyroxen-Skarn sind einige Granate und der Pyroxen einer optischen Bestimmung unterworfen worden. Aus dem Granit-Kalkstein-Kontakt wurden Granat, Vesuvian und Pyroxen optisch bestimmt.

Der Brechungsindex wurde in den Fällen, wo es sich als möglich erwies, nach der Minimalablenkungs-Methode an Prismen mittelst Goniometer mit den Wellenlängen

$$(\text{Li}) \quad \lambda = 670,8 \qquad (\text{Na}) \quad \lambda = 589,6 \qquad (\text{Tl}) \quad \lambda = 535,1$$

bestimmt.

Ein Prismen-Monochromator von CARL LEISS wurde benutzt, um einfarbiges Licht zu erhalten.

In den Fällen hingegen, wo es sich wegen Rissigkeit oder starker Lichtabsorption als unmöglich erwies, ein verwendbares Prisma herzustellen, wurde der Brechungsindex nach der Immersions-Methode bestimmt. Der Brechungsindex der Immersions-Flüssigkeit wurde, wenn sie sich als zu hochbrechend für das Totalrefraktometer zeigte, in der Art bestimmt, dass ein Tropfen der Flüssigkeit zwischen zwei in spitzem Winkel auf einem Glaskeil montierte Deckgläser eingeführt und dann nach der Prismenmethode bei Na-Licht gemessen wurde.

Als höher lichtbrechende Immersionsflüssigkeit wurde eine Lösung von Arsentrisulfid in Methylenjodid benutzt. Das Arsentrisulfid wird ziemlich rasch gelöst, wenn es bei 10—15° C. frisch gefällt ist, und das Methylen-

jodid auf einem Glycerinbad konstant bei 110—120° erwärmt wird. Nach neun bis zehn Stunden war soviel Arsentrisulfid gelöst, dass die Flüssigkeit einen Brechungsindex von etwa 1,9 erreichte, was für diese Zwecke genügte.

Die Doppelbrechung ist teils aus den durch Messung erhaltenen Brechungsindizes berechnet, teils ist sie direkt mit dem Kompensator BERREKS bestimmt worden.

Die Achsenwinkelbestimmungen wurden mittels der Universal-Drehtischmethode, teils durch direkte Einstellung der Achsen, teils durch Konstruktion ausgeführt.

Die Auslöschungswinkel wurden zum Teil an Schnitten senkrecht β direkt, zum Teil an Zwillingen und schliesslich auch durch Konstruktion mit Hilfe der bei den Universal-Drehtischmessungen erhaltenen Werte bestimmt.

Das spezifische Gewicht wurde nach der Schwebemethode mittels CLERICIS Lösung und der MOHR-WESTPHALSchen Wage bestimmt. Das spez. Gew. von Flüssigkeit und Mineral wurde erst dann als identisch angesehen, wenn das Mineral, 2 Min. bei 1600 Umdreh./Min. zentrifugiert, schwebend blieb.

a. **Granat.**

Der Granat kann zweckmässig nach seinem Auftreten in zwei Gruppen eingeteilt werden:

Granat im Granat-Pyroxen-Skarn,

Granat im Kontakthof zwischen Granit und Kalkstein.

Das Granat-Pyroxen-Skarn ist ein verhältnismässig feinkörniges, dunkelgrünes Gestein, das von Granatporphyroblasten durchsetzt wird. Das Skarn ist gelegentlich mehr in der Richtung Granatfels oder Pyroxenfels entwickelt. Die die Granatporphyroblasten umgebende Zwischenmasse bildet ein xenoblastisches, feinkörniges Gemenge von Pyroxen, Kalzit und Quarz.

Die Granatporphyroblasten scheinen unter verschiedenen Bedingungen gebildet zu sein. In demselben Dünnschliff können nämlich teils idioblastisch ausgebildete Porphyroblasten von vorwiegendem Andradit-Typus, teils xenoblastisch ausgebildete Individuen von vorwaltendem Grossular-Typus beobachtet werden. Die ältere Bildung ist der »Andradit«, der gelegentlich vom »Grossular« umhüllt wird, während das Umgekehrte nicht vorkommt.

Die nachstehende Tabelle I gibt eine Übersicht der Bestimmungen an den »Andraditen«.

Bemerkung zur Tabelle I und II.

Wenn die Dispersion nicht angegeben ist, wurde der Brechungsindex mittels der Immersions-Methode bestimmt, sonst nach der Prismen-Methode. Das spez. Gew. ist

auf 15° C. korrigiert worden. Die chemische Zusammensetzung ist nach dem Dreieck-Diagramm FORDS (13) für Grossular (CaAl) — Almandin (Fe''Al) — Andradit (CaFe''') angegeben. Für dieses Diagramm hat nämlich der gefundene Wert für Lichtbrechung und spez. Gew. Giltigkeit.

Tabelle I.

N:o	n _{Na} ¹	n _{Li} ¹	n _{Tl} ¹	Disp. Tl-Li	Spez. Gew. ²	Chemische Zusammensetzung in Mol.-%
1.	1,859	1,851	1,869	0,018	3,794	(Ca ₁₇ Fe ₁₆ Ca ₆₇) ₃ (Al ₃₃ Fe ₆₇) ₂ (SiO ₄) ₃₀₀
2.	1,879	1,869	1,891	0,022	3,736	(Ca ₁₀ Fe ₂ Ca ₈₈) ₃ (Al ₁₂ Fe ₈₈) ₂ (SiO ₄) ₃₀₀
3.	1,885	1,874	1,896	0,022	3,774	(Ca ₃ Fe ₇ Ca ₉₀) ₃ (Al ₁₀ Fe ₉₀) ₂ (SiO ₄) ₃₀₀
4.	1,887	1,875	1,896	0,022	3,804	(Ca ₀ Fe ₁₁ Ca ₈₉) ₃ (Al ₁₁ Fe ₈₉) ₂ (SiO ₄) ₃₀₀
5.	1,845	—	—	—	3,827	(Ca ₂₁ Fe ₂₅ Ca ₅₄) ₃ (Al ₁₆ Fe ₅₄) ₂ (SiO ₄) ₃₀₀
6.	1,858	—	—	—	3,832	(Ca ₁₄ Fe ₂₂ Ca ₆₄) ₃ (Al ₁₆ Fe ₆₄) ₂ (SiO ₄) ₃₀₀

¹ Fehlergrenzen bei 1, 2, 3 und 4: 0,001; bei 5 und 6: 0,003.

² » » 0,002.

Die »Andradite« sind unter dem Mikroskop braungrau. Sie sind, wie früher erwähnt, idiomorphisch oder besitzen wenigstens zwei bis drei scharfe kristallographische Begrenzungsflächen. Sie haben nicht selten eine sehr ausgeprägte Zonarstruktur, in der die einzelnen Zonen fein verzwilligt eine anomale Doppelbrechung mit Interferenzfarben von grau I. Ordn. bei 20—30 μ Schlicffdicke zeigen. Relativ spärlich sind Einschlüsse von farblosem Pyroxen und Kalzit. Die Individuen sind wenig rissig.

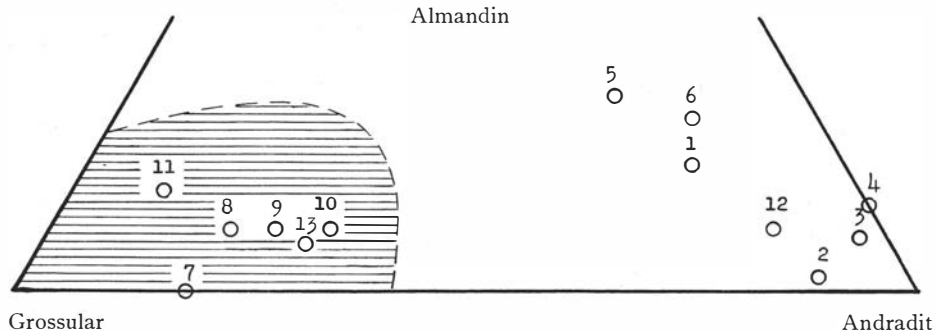
Exakte optische Daten können am »Grossular« wegen der Inhomogenität und der geringen Körnergrösse des mit Salzsäure von Kalzit gereinigten Materials nicht ermittelt werden. Einige Versuche Bestimmungen auszuführen wurden jedoch mit folgendem Ergebnis vorgenommen:

Der Brechungsindex variierte zwischen n_{Na}=1,755 ± 0,003 und n_{Na}=1,801 ± 0,003 (13 Best.) und das spez. Gew. zwischen 3,537 und 3,752 (6 Best.). Diese Werte ergeben dennoch nach FORDS oben erwähntem Diagramm ein deutliches Vorwalten des Grossularanteils. Unter dem Mikroskop ist der »Grossular« augenfällig anders gefärbt als der »Andradit«, und zwar hat er einen rötlich-gelben Ton. Der »Grossular« ist niemals idiomorphisch, sondern stets unregelmässig ausgebildet, sowohl wenn er als Porphyroblast, als auch wenn er als äussere Aureole den idiomorphischen »Andradit« umhüllt oder als Zementationsmasse im Andraditaggregate auftritt. Er besitzt eine ausgesprochene diablatische Struktur und führt Einschlüsse von grünlichem Pyroxen, Kalzit und Quarz.

Die Kontaktphänomene zwischen Granit und Kalkstein dürften etwas variieren, denn ein von mir an Ort und Stelle untersuchter Kontakt scheint nicht denen gleich zu sein, die von den Stufen in den Sammlungen des

Min.-Geol. Institutes repräsentiert sind. Gemeinsam scheint aber eine Granatbildung im Kontakt zu sein und dass der Granit gegen den Kalkstein allmählich feinkörnig, ja beinahe hällflintartig wird, eine Beobachtung, die schon ERDMANN (2) gemacht hat.

Diagramm I.



In dem von mir untersuchten Kontakt hat der Granit eine Körnergröße von $0,017$ — $0,075$ mm (gemessen); er führt spärlich in kleinen Körnern vorkommenden Pyroxen und ist sehr reich an Quarz. Der Plagioklas im Granit hat einen Anorthitgehalt von ungefähr 14 %. Das Gestein ist schwach mit Kalzit imprägniert. Dicht an diesem Granit geschmiegt folgt in der Richtung gegen den Kalkstein ein 5—10 cm breiter Streifen von Grossular-Granat (Tab. II, N:o 7). Zwischen dem Granatstreifen und dem Kalkstein befindet sich weiterhin ein 10—15 cm breites Wollastonitband. Der Kontakt hat also vom Granit gegen den Kalkstein folgendes Aussehen: »Grossular», Wollastonit, Kalkstein.

Im Kalkstein eingeschlossen, in einem Abstand von 1 m etwa und abseits vom Kontakt, wurden Zusammenballungen von Granat von vor-

Tabelle II.

N:o	n_{Na}^1	n_{Li}^1	n_{Ti}^1	Disp. Ti-Li	Spez. Gew. ²	Chemische Zusammensetzung in Mol.-%
7.	1,765	—	—	—	3,556	$(Ca_{81}Fe_0Ca_{19})_3(Al_{81}Fe_{19})_2(SiO_4)_{300}$
8.	1,774	—	—	—	3,631	$(Ca_{72}Fe_8Ca_{28})_3(Al_{80}Fe_{20})_2(SiO_4)_{300}$
9.	1,782	1,772	1,788	0,016	3,640	$(Ca_{67}Fe_8Ca_{25})_3(Al_{75}Fe_{25})_2(SiO_4)_{300}$
10.	1,790	—	—	—	3,648	$(Ca_{61}Fe_8Ca_{31})_3(Al_{69}Fe_{31})_2(SiO_4)_{300}$
11.	1,764	—	—	—	3,640	$(Ca_{77}Fe_{13}Ca_{10})_3(Al_{90}Fe_{10})_2(SiO_4)_{300}$
12.	1,870	—	—	—	3,759	$(Ca_{12}Fe_8Ca_{88})_3(Al_{20}Fe_{80})_2(SiO_4)_{300}$
13.	1,787	1,778	1,794	0,016	3,634	$(Ca_{65}Fe_6Ca_{29})_3(Al_{71}Fe_{29})_2(SiO_4)_{300}$

¹ Fehlergrenzen bei 8, 10, 11 und 12: 0,003; bei 7, 9 und 13: 0,001.

² 0,002.

wiegendem Grossular-Typus (Tab. II, N:o 13) und Vesuvian, von einer kompakten Hülle aus radialstrahligem Wollastonit umgeben, beobachtet. Zu beiden Seiten dieser Wollastonithülle, d. h. sowohl auf der Seite gegen den Granat, als auch gegen den Kalkstein, treten feinkörnige Aggregate von Pyroxen auf.

Ungefähr 20—30 cm vom Kontakt wurde unmittelbar im Kalkstein ein mittelkörniges Aggregat von idioblastischem Granat (Tab. II, N:o 9) von annähernd derselben Zusammensetzung wie der obenerwähnte, Pyroxen mit etwa 50 % Diopsid und 50 % Hedenbergit (siehe Pyroxenbeschreibung) und Quarz angetroffen.

Die Granate N:o 10, 11 und 12 der Tab. II stammen nach der Angabe der Etiketten aus dem Granit-Kalksteinkontakt, während N:o 8 im Auftreten (in Kontakt mit feinkörnigem Granit) eine auffallende Ähnlichkeit mit N:o 7 aufweist. Wollastonit ist aber in keinen von diesen Stufen vertreten, dagegen ist der Granat N:o 11 mit Vesuvian assoziiert. Diese bandförmig im Kontakt auftretenden Granate sind häufig sehr rissig, mit einer Spaltenfüllung aus Quarz und Kalzit.

Das Diagramm I gibt nach FORD ein Bild der chemischen Zusammensetzung der vorhin bestimmten Granate. Es geht hervor, dass die Granate N:o 7—11 und 13 aus dem Kontakt Granit-Kalkstein und die vorhin im Granat-Pyroxen-Skarn als spätere Granatbildung (vgl. S. 262) gedeuteten (im Diagramm schraffiert) einander chemisch nahe stehen. Da aber die »Kontakt-Granate«, wie angenommen, im Zusammenhang mit der Intrusion des Granits gebildet worden sind, würde man annehmen können, dass die jüngere Hülle der Skarn-Granate (Grossular) auch zu jener Zeit gebildet wurde, die älteren Kerne der Skarn-Granate (Andradit) dagegen einer früheren Metamorphosenepoche des Kalksteins angehören. Unerklärt bleibt allerdings dann, dass der Granat N:o 12 (Tab. II), der laut der Etikette aus dem Granitkontakt stammen soll, einen so hohen Andraditgehalt aufweist.

Um eine ungefähre Auffassung von der Genauigkeit der FORDSchen Diagramme zu erhalten, habe ich die aus der Literatur in der Tab. III zusammengestellten Granate in das Diagramm II, teils nach der chemischen Zusammensetzung als Kreuze, teils nach der angegebenen Lichtbrechung und dem spez. Gewicht als entsprechende Kreise, eingeführt.

Aus dem Diagramm II geht hervor, dass die Genauigkeit, mit der die chemische Zusammensetzung aus der kombinierten Lichtbrechung und dem spez. Gewicht bestimmt wird, hinsichtlich der Komponenten Andradit bzw. Grossular als grob zufriedenstellend angesehen werden kann. Der Fehler am Grossulargehalt ist bei den Granaten mit 78—86 Mol.-% Grossular nach dem Diagramm von —5 bis +8 Mol.-%, wenn man eine zu hohe Angabe mit + bezeichnet und eine zu niedrige mit —. Der Fehler am Andraditgehalt ist bei den Granaten mit 63—75 Mol.-% Andra-

Tabelle III.

N:o	n_{Na}	Spez. Gew.	TiO ₂ in Gew.-%	Analytisch gefundene chemische Zusammensetzung in Mol.-%				
				And.	Alm.	Gross.	Pyrop	Spessar
I	1,7545—1,7585	3,597	—	23	$\frac{1}{2}^3$	76	$\frac{1}{2}^3$	—
II	1,844 ¹	3,377	0,17	63	4	31	1 ²	1 ²
III	1,7496	3,611	0,40	3	8	86	2 ²	1 ²
IV	1,760	3,67	1,23	20	5	75	—	—
V	1,865	3,803	—	75	2	23	—	—
VI	1,763	3,633	—	21	—	79	—	—

¹ Vom Verfasser nach der Prismenmethode bestimmt.

² Zu Andradit geführt.

³ Zu Grossular geführt.

Autoren:

I. GOLDSCHMIDT (14)

II. MAGNUSSON (15)

III. GRUBENMANN (16)

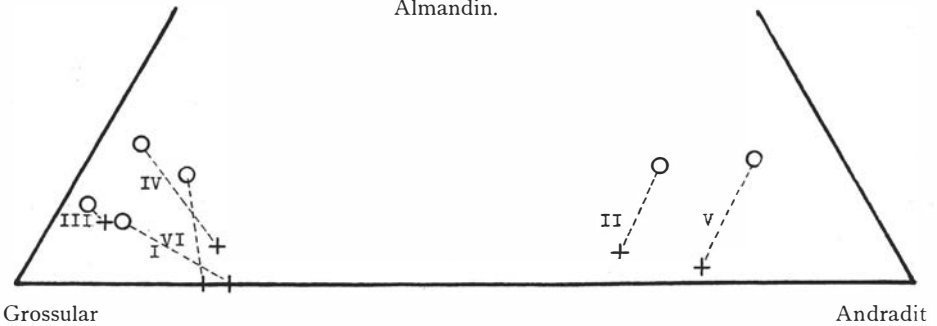
IV. LAITAKARI (21)

V. FORD (Granat 21) (13)

VI. FORD (Granat 7) (13).

Diagramm II.

Almandin.



dit, —1 Mol.-%. Der Almandinfehler ist in beiden Fällen von +2 bis +14 Mol.-% (Durchschnittswert +10 $\frac{1}{3}$ Mol.-%).

Die in den Tabellen I und II angeführten chemischen Formeln der Granate müssen daher so gedeutet werden, dass der Grossulargehalt bei den »Grossularen« mit 13 Mol.-% schwanken kann, der Andraditgehalt bei den »Andraditen« als ziemlich exakt, der Almandinengehalt in beiden Fällen als im Durchschnitt ungefähr 10 Mol.-% zu hoch angegeben betrachtet werden muss.

Da die Formeln der Tabellen eine grössere Variation der Zusammensetzung angeben, so muss eine tatsächliche Variationsbreite der chemischen

Zusammensetzung der Granate des Kalksteins und des Skarns als sichergestellt gelten.

b. **Vesuvian.**

Wie in der Einleitung erwähnt, sind im Anfang des 19. Jahrhunderts Analysen des Vesuvians von BERZELIUS und MURRAY ausgeführt worden. Da die Stufe MURRAYs noch in den Sammlungen des Min.-Geol. Institutes aufbewahrt ist, habe ich die optischen Daten und das spez. Gewicht an diesem Mineral bestimmt.

Da die Brechungsindizes aber sehr niedrig erschienen, habe ich noch eine Bestimmung an einer Stufe, die »Loboit, Gökum« etikettiert war, ausgeführt. Im letzten Falle konnte auch die Dispersion gemessen werden, während es wegen der starken Absorption des grünen ($\lambda_{T1} = 535,1$) und roten ($\lambda_{Li} = 670,8$) Lichtes im erstgenannten Fall nicht gelang. Die Brechungsindizes wurden an einem Prisma mit der brechenden Kante parallel der c-Achse bestimmt.

Die Bestimmungen ergaben:

MURRAYs Vesuvian	»Loboit, Gökum«
$n_{\omega} Na = 1,7049$	$n_{\omega} Na = 1,7084$ $n_{\omega} Li = 1,7039$ $n_{\omega} Tl = 1,7128$
$n_{\epsilon} Na = 1,7087$	$n_{\epsilon} Na = 1,7051$ $n_{\epsilon} Li = 1,7016$ $n_{\epsilon} Tl = 1,7095$
$n_{(\epsilon-\omega)} Na = +0,0038$	$n_{(\epsilon-\omega)} Na = -0,0033$
Spez. Gew. _{.15°} = 3,393	Spez. Gew. _{.15°} = 3,329

MURRAY hat an einer Etikette, die der Vesuvianstufe beigelegt ist, folgende Notiz angebracht: »Grünstein von der grünen Haube auf dem Kalkberg bei Gökum, der von RINMAN erwähnt wird«.

Nachstehend die Analysen von MURRAY (5) und BERZELIUS (6).

MURRAY	BERZELIUS
SiO ₂ = 35,87	36,00
Al ₂ O ₃ = 17,87	17,50
CaO = 34,32	37,65
MgO = 2,78	2,52
Fe ₂ O ₃ = 6,75	5,25
MnO = 0,37	—
Flüchtig = 0,25	0,36
98,15 %	99,28 %
Spez. Gew. = 3,393	3,5432 (17,5°)

Die spez. Gewichtsangabe bei BERZELIUS kann, da sie als sehr hoch angesehen werden muss, noch als fraglich erscheinen.

Der Vesuvian, der mit dem Granat N:o 13 assoziiert ist, wurde im Dünnschliff untersucht. Aus dem Schliff geht hervor, dass der optische Charakter des Vesuvians, der teilweise einen auffällig zonaren Aufbau zeigt, zwischen schwach positiv und negativ schwankt und dass der negative überwiegt. In einigen Zonen ist der Vesuvian isotrop. Die negative Varietät ist unter dem Mikroskop beinahe farblos (sehr schwach gelb), während der isotrope und nach der positiven Seite herüberführende deutlich gelb ist. Darin liegt eventuell die Ursache der stärkeren Absorption des roten und grünen Lichtes (siehe oben) bei der positiven Varietät.

Die Verschiedenheit der optischen Konstanten sowie des spez. Gewichtes lässt eine Variation der chemischen Zusammensetzung vermuten, was ja auch in den beiden Analysen schwach angedeutet wird.

c. Pyroxen.

Der untersuchte Pyroxen kann seinem Auftreten nach in zwei Gruppen geteilt werden:

Pyroxen im Granat-Pyroxen-Skarn (farblos bis grün),

Pyroxen frei im Kalkstein, assoziiert mit Granat (N:o 13, Tab. II) und Quarz.

Im Granat-Pyroxen-Skarn sind die Achsenwinkel und die Auslöschungsschiefen des grünen Pyroxens in fünf Dünnschliffen bestimmt worden. Zwei davon waren granatführend, drei frei von Granat. Der farblose, im Andradit eingeschlossene Pyroxen wurde in einem Dünnschliff näher untersucht. Es wurde hier die Auslöschungsschiefe und die Doppelbrechung (nach BEREK) bestimmt.

Die Genauigkeit der Bestimmungen schwankt mit der Art ihrer Ermittlung. Wenn der Achsenwinkel ($2V_\gamma$) bei dem Austritt beider optischen Achsen direkt am Universal-Drehtisch gemessen werden konnte, dürfte der Fehler kaum $\pm 1^\circ$ ausmachen. Ist er dagegen mittels des WULFFschen Netzes bei einfachem Achsenaustritt konstruiert worden, kann der Fehler $\pm 3^\circ$ betragen. Bei den Auslöschungswinkeln (c/γ) wird der Fehler wegen der oft nicht eindeutigen Richtung der Spaltrisse und des sich dazu addierenden Fehlers bei der Konstruktion $\pm 2^\circ$ betragen können, wenn direkt an Zwillingen gemessen $\pm 1^\circ$.

Mehrere Bestimmungen sind ausgeführt worden; es schwankt beim grünen Pyroxen $2V_\gamma$ zwischen 58° und 65° , gemessen, und 56° und 64° , konstruiert, in den granatführenden Schliffen. Die Auslöschungsschiefe c/γ , sowohl gemessen als konstruiert, in den eben erwähnten Schliffen zwischen 41° und 48° . Eine von den andern Messungen unabhängige Bestimmung der Doppelbrechung (nach BEREK) ergab: $\gamma - \alpha = 0,028$ und $0,029$.

In den von Granat freien Schliffen ist $2V_\gamma = 62^\circ$, gemessen, und schwankt zwischen 59° und 64° , konstruiert. Die Auslöschung c/γ variiert zwischen 45° und 47° , gemessen, und 42° und 49° , konstruiert.

Als innerhalb der Fehlergrenzen liegend können folgende Daten eines schwach pleochroitischen grünen Pyroxens in einem dieser Schliffe angesehen werden:

$$2V_\gamma = 62^\circ$$

$$c/\gamma = 44^\circ$$

$$\alpha_{\text{Na}} = 1,703$$

$$\beta_{\text{Na}} = 1,708$$

$$\gamma_{\text{Na}} = 1,730$$

$$\text{(Daraus berechnet) } (\gamma - \alpha)_{\text{Na}} = 0,027.$$

Nach dem Diagramm von WINCHELL (17) für die chemische Zusammensetzung der Diopsid-Hedenbergit-Reihe würden die Daten 40—50 % Diopsid und 50—60 % Hedenbergit entsprechen.

Bei dem farblosen, im Andradit eingeschlossenen Pyroxen wurden die korrespondierenden Werte von $c/\gamma = 46^\circ$ und $\gamma - \alpha > 0,022$ nebst $c/\gamma = 36^\circ$ und $\gamma - \alpha > 0,024$ gefunden.

Dass ein Pyroxen die oben erwähnte chemische Zusammensetzung hat, kann als sichergestellt angesehen werden. Die übrigen oben aufgezählten Werte des Achsenwinkels, der Auslöschungsschiefe und der Doppelbrechung machen es mit ihren Schwankungen wahrscheinlich, dass eine ziemlich grosse Variationsbreite der chemischen Zusammensetzung des Pyroxens vorliegt. Später wird, wenn dazu nötiges Material eingesammelt worden ist, darauf näher eingegangen werden.

Der frei im Kalkstein auftretende, mit Granat N:o 9 (Tab. II) assoziierte Pyroxen zeigt folgende Daten (Fehlergrenzen wie oben):

$$2V_\gamma = 58^\circ$$

$$c/\gamma = 44^\circ$$

$$\alpha_{\text{Na}} = 1,699$$

$$\beta_{\text{Na}} = 1,702$$

$$\gamma_{\text{Na}} = 1,722$$

$$(\gamma - \alpha)_{\text{Na}} = 0,025 \text{ (nach BEREK bestimmt)}$$

$$(\gamma - \beta)_{\text{Na}} = 0,020 \text{ (» » »)}.$$

Die chemische Zusammensetzung würde nach dem vorhererwähnten Diagramm von WINCHELL 50—60 % Diopsid und 40—50 % Hedenbergit sein.

Es scheint darum, als neigte der im Skarn auftretende grüne Pyroxen zu einem etwas höheren Eisengehalt als der frei im Kalkstein angetroffene.

Der im Andradit eingeschlossene scheint grosse Schwankungen der Zusammensetzung aufzuweisen.

Ein Vergleich von WINCHELLS Diopsid-Hedenbergit-Diagramm mit dem von ESKOLA (18) angegebenen und von VON ECKERMANN (20) bestätigten deutet eine nicht zu unterschätzende Fehlergrenze an. Vielleicht kann die Unstimmigkeit dadurch erklärt werden, dass ESKOLAS Diagramm ausschliesslich auf Pyroxen aus metamorphen Gesteinen basiert ist. Gar zu gross dürfte der Fehler aber nach der Ansicht BARTHS (19) nicht sein.

4. Zusammenfassung.

Eine vorbereitende Untersuchung einiger Minerale aus Gökom ist ausgeführt worden.

Der Verfasser hat es durch seine Bestimmungen wahrscheinlich gemacht, dass der Granat im Skarn keine einheitliche chemische Zusammensetzung aufweist; sie scheint vielmehr innerhalb ziemlich weitere Grenzen zu variieren. Er vertritt die Meinung, dass die Andradit- bzw. Grossularbetonten Granate bei diskontinuierlichen Metamorphosenepochen gebildet sein können, und zwar, dass die Grossularbildung die jüngere ist und wahrscheinlich bei der Intrusion des den Kalkstein umgebenden Granits stattgefunden hat.

Beim Vesuvian scheint auch eine Schwankung der chemischen Zusammensetzung vorzuliegen.

Der Pyroxen des Skarns lässt ebenfalls einen variierenden Chemismus vermuten, und ausserdem scheint er etwas eisenreicher zu sein als der im Kalkstein frei angetroffene Pyroxen.

Das Ergebnis wäre also, dass das Kalksteinvorkommen von Gökom wahrscheinlich diskontinuierlich von nicht immer gleichmässig wirkenden Umwandlungsvorgängen beeinflusst worden ist. Ein weiteres Studium soll diesen Vorgängen gewidmet werden.

Die Untersuchungen sind im Mineralogisch-Geologischen Institut der Universität Uppsala ausgeführt worden. An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit benutzen, meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. H. G. BACKLUND, der mir während der Arbeit mit Rat und Tat zur Hülfe gestanden hat, meinen ergebensten Dank auszusprechen. Ferner bin ich Herrn Staatsgeologen Dr. N. H. MAGNUSSON, der mir freundlichst Material zu einer Granatbestimmung zu Verfügung stellte, und Herrn Präparator AXEL R. ANDERSSON, der mir das Prismenschleifen gelehrt hat, zu Dank verpflichtet.

Literaturangaben.

1. RINMAN, S. Anmärkningar om en art Jernhaltig Tennmalm från Dannemora Sokn i Uppland. Kungl. Vetensk. Akad. Handlingar. Vol. VII, pag. 176. 1746.
2. ERDMANN, A. Dannemora Jernmalmsfält i Uppsala län till dess geognostiska beskaffenhet skildradt. Ett försök. Kungl. Vetensk. Akad. Handlingar. Vol. I, pag. 7. 1850.
3. CRONSTEDT, A. F. Försök til Mineralogie Eller Mineral-Rikets Uppställning, pag. 67. Stockholm 1758.
4. WALLERIUS, J. G. DD Systema Mineralogicum. Tom I, pag. 251. Stockholm 1772.
5. MURRAY, A. Undersökning af ett Grönt Fossil, ifrån Gökums Kalkbrott i Roslagen. Afh. i Fysik, Kemi och Mineralogi af Hisinger & Berzelius. Vol. II, pag. 173. 1807.
6. LOBO DA SILVEIRA, J. Om ett mörkt Olivgrönt Fossil, från Gökum nära Dannemora. Afh. i Fysik, Kemi och Mineralogi af Hisinger & Berzelius. Vol. III, pag. 276. 1810.
7. THOMSON. Ann. of New York. Vol. IX, 1828.
8. DANA, JAMES D. A System of Mineralogy, pag. 197. London 1855; pag. 477. New York 1911.
9. HISINGER, W. Versuch einer mineralogischen Geographie von Schweden, pag. 109. Leipzig 1826.
10. ERDMANN, A. Lärobok i Mineralogien. Stockholm 1853.
11. TÖRNEBOHM, A. E. Beskrivning till Blad 3 av Geologisk Öfversiktskarta öfver Mellersta Sveriges Bergslag, pag. 12. Stockholm 1880.
12. PETTERSSON, A. L. TH. Några ord till upplysning om bladet »Salsta». Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. Aa 43. Stockholm 1871.
13. FORD, W. E. Study of the Relations existing between the Chemical, Optical and other Physical Properties of the Members of the Garnet Group. Am. Journ. of Science. Ser. 4. Vol. 40, pag. 33. 1915.
14. GOLDSCHMIDT, V. M. Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet, pag. 367. Kristiania (Oslo) 1911.
15. MAGNUSSON, N. H. Nordmarks malmtrakt. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. Ca. N:o 13, pag. 12. Stockholm 1929.
16. GRUBENMANN, U. Der Granat aus dem Maigelstal im Buendner Oberland und seine Begleitminerale. (Referat aus dem Festschrift der Dozenten der Universität Zuerich, pag. 18. 1914). Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Vol. I, pag. 297. 1916.
17. WINCHELL, N. H. & A. N. Elements of Optical Mineralogy. Part II, pag. 124. New York 1927.

18. ESKOLA, P. On contact Phenomena between Gneiss and Limestone in Western Massachusetts. Journ. of Geology. Vol. XXX, pag. 272. 1922.
19. BARTH, T. F. W. Optical Properties of mixed Crystals. Am. Journ. of Science. Vol. XIX, pag. 135. 1930.
20. v. ECKERMANN, H. Rocks and Minerals of Tennberg. Geol. Fören. Förhandl. Bd. 45, pag. 511. 1923.
21. LAITAKARI, A. Ueber die Petrographie und Mineralogie der Kalksteinlagerstätten von Parainen (Pargas). Bull. Com. Géol. de Finlande. N:o 54, pag. 69. Helsingfors 1921.

Gedruckt ¹⁶/₃ 1933.

