

11. Mineralogische Notizen.

6. Über einen Zoisit und sein Muttergestein aus dem Hochgebirge von Västerbotten.

Von

Erland Grip.

Bei der Feldarbeit für die kürzlich von den Herren Professoren BACKLUND und QUENSEL herausgegebene geologische Karte des Hochgebirges von Västerbotten wurden einige Stufen eines an anomalen Zoisit reichen Amphibolits gesammelt. Eine chemische Analyse des fraglichen Zoisits wurde ausgeführt, jedoch sie ergab eine Zusammensetzung, die garnicht an irgend ein Mineral mit den gefundenen optisch-physikalischen Eigenschaften erinnerte; es dürfte also sicher eine Verwechslung vorgelegen haben. Herr Professor BACKLUND machte mir dann den Vorschlag, eine Untersuchung des Gesteins und besonders des Zoisits und eine chemische Analyse des letzteren auszuführen. Sowohl der optisch-physikalische, wie der chemische Teil der Untersuchung wurde in dem hiesigen Mineralogisch-Geologischen Institut ausgeführt.

Der Amphibolit ist in Stufen aus drei verschiedenen Fundorten in dem Hochgebirge von Västerbotten untersucht worden: a) Stora Älke im Ammarfjäll; b) Spångtjället, ebenda; c) Niripeive im Soutsfjäll, der W-abhang des Gipfels. Das Gestein ist dunkel graugrün, etwas schieferig, mit grossen Porphyroblasten von Zoisit (bis $2 \times 5 \times 50$ mm) in einer körnigen Zwischenmasse von Hornblende, Plagioklas und Quarz. Stellenweise tritt Granat mit einer Korngrösse von etwa 1,5 mm auf.

Der Zoisit.

Optisch-physikalische Untersuchung. Der Zoisit ist im Gestein äusserst scharf idiomorph der Hornblende gegenüber begrenzt, die niemals in den Zoisit eindringt, aber in ihm als kleine nadelförmige oder unregelmässige Einschlüsse, meist aber mit gerundeten Umrissen vorkommt.

Die Zoisitkristalle sind in langen platten Nadeln nach der c -Axe ausgezogen, sind nach derselben gestreift und liegen im allgemeinen im Gestein gleichmässig orientiert mit $(100) \parallel$ der Verschiebungsebene, zu einer merkbaren Stengligkeit des Gesteins jedoch etwas schiefwinklig. Seine Farbe ist weiss mit einem Stich ins Grüne. Die optische Orientierung ist $\alpha = c$, $\beta = b$, $\gamma = a$.

Im Schnitte $\perp \alpha$, wo die vollkommene Spalttrichtung (010) vorherrscht, ist oft die Auslöschung gerade, aber in manchen Fällen kommt eine Auslöschungsschiefe von 2° vor, und bisweilen kann Zwillingsbildung beobachtet werden. In Schnitte $\perp \beta$ und $\perp \gamma$ ist die Auslöschung gerade.

TERMIER (1, 2) hat zwei Varietäten von Zoisit unterschieden, Zoisit- α und Zoisit- β . In dem ersteren fällt die Axenebene annähernd mit der vollkommenen Spaltbarkeit (010) zusammen und $v > \rho$. In dem anderen sind α und β vertauscht und $\rho > v$. Ein Zoisit von Mont-Pelvas zeigt in einigen Schnitten eine wiederholte Zwillingsbildung nach (010) , woraus folgt, dass das Mineral nicht rhombisch sein kann. Zoisit- α und Zoisit- β sind in Wirklichkeit triklin, scheinen aber infolge wiederholter Zwillingsbildung rhombisch zu sein.

Man dürfte aber die Auslöschungsschiefe des Zoisits erklären können ohne triklone Symmetrie annehmen zu brauchen. Die Zone $[001]$ ist ja sehr flächenreich, und es ist wahrscheinlich, dass eine Vizialebene dieser Zone auftreten kann, die mit (010) einen kleinen Winkel bildet und bisweilen so vollkommen wird, dass sie in den Schnitten dominiert. Der Zoisit bekommt dabei ein Aussehen, als ob er nicht rhombisch wäre, sondern eine niedrigere Symmetrie besässe. Im vorliegenden Zoisit dürfte in mehreren Fällen eine Vizialebene auftreten, die mit (010) einen Winkel von 2° bildet und nach welcher auch Zwillingsbildung vorkommt.

Oft sieht man ein schmales Band quer durch den Zoisit etwa $\parallel (100)$ verlaufen. Es ist unregelmässig entwickelt, oft schlängelnd und zeigt eine Doppelbrechung, die nur halb so gross ist wie die des übrigen Kristallanteils.

Im Amphibolit von St. Ålke sind ausser dem Zoisit noch kleine, oft zwillingsgebildete Mineralkörner zu beobachten, die als Klinozoisit aufzufassen sind. Sie zeigen bisweilen eine schwache Zonarstruktur und sind im allgemeinen mehr äquidimensional ausgebildet als der Zoisit. Ein solcher Zwilling wurde auf dem FEDOROWSchen Universaltisch untersucht. Zwillingsfläche war (100) und die Auslöschungsschiefe $c: \alpha = 5,5^\circ$, $2V_\gamma = 72^\circ$. $v > \rho$. Nach dem Diagramme von MALMQVIST (3) hat ein Klinozoisit mit diesem Axenwinkel einen Gehalt an Fe_2O_3 von 0,4 Gewichtsprozent.

Die Auslöschungslagen wurden mit einer Halbschattenvorrichtung nach MACÉ DE LÉPINAY (4) bestimmt.

1. Lichtbrechungsbestimmungen.

a) mit dem Totalrefraktometer (5, 6): Eine Fläche $\parallel (100)$ wurde geschliffen und poliert. Wegen der Rissigkeit des Minerals und des reich-

lichen Vorkommens von Einschlüssen war es schwer, eine genügend reflektierende Fläche zu erhalten. Die Untersuchung mit Na-Licht ergab:

$$\alpha = 1,7011, \quad \beta = 1,7020, \quad \gamma = 1,7073.$$

b) mit Prisma am Goniometer: Ein Prisma wurde geschliffen, aber da der Zoisit von Hornblendeinschlüssen voll war, konnten keine genaue Lichtbrechungswerte erhalten werden.

2. *Doppelbrechungsbestimmungen.*

a) berechnet: $\gamma - \alpha = 0,0062$, $\gamma - \beta = 0,0053$, $\beta - \alpha = 0,0009$.

b) mit BABINETs Kompensator: $\gamma - \beta = 0,0049$, $\beta - \alpha = 0,0010$.

c) mit BABINET-SOLEILS Kompensator: $\gamma - \beta = 0,0043$.

Die Dicke der Schlicke wurde nach der Methode von CHAULNES bestimmt.

3. *Axenwinkelbestimmungen.*

a) berechnet (aus γ , β , α): $2V_\gamma = 41^\circ 46'$.

b) mit BECKES Zeichentisch gemessen ($\beta = 1,7020$): $2V_\gamma = 37^\circ 12'$.

c) mit dem FEDOROWSchen Universaltisch. Na-Licht eines Monochromators wurde benutzt. In verschiedenen Teilen des Schlickes wechselte der Axenwinkel:

$$2V_\gamma = \begin{array}{l} 32^\circ \\ 34 \\ 38 \\ 41 \\ 48 \\ 50 \\ 56 \end{array}$$

Der Charakter ist positiv. Starke Dispersion $v > \rho$.

4. *Das spezifische Gewicht* wurde mittels Suspension in CLERICIS Lösung und das sp. Gew. der Lösung mit Hilfe der Wage WESTPHALS bestimmt. Mineralkörner, die unter Mikroskop möglichst grösste Reinheit zeigten, ergaben den Wert:

$$D_{21^\circ} = 3,368.$$

Chemische Untersuchung.

Zubereitung des Analysenmaterials: Amphibolit von den drei Fundorten St. Älke, Spångfjället und Niripeive wurde in einer kleinen Steinbrechmaschine zermalmt, in einem Eisenmörser und in einem Achatmörser zerstoßen und darauf gesiebt. Das Material von der Korngrösse 0,10—0,17 mm wurde mit Wasser geschwemmt, um anhaftendes Mehl zu entfernen, das die Trennung erschweren würde.

Die Trennung erfolgte in CLERICIS Lösung durch Zentrifugierung in einer WOLFFSchen Zentrifuge mit Pipettenvorrichtung und schliesslich in einem Scheidetrichter, wobei die Fraktion mit dem sp. Gew. 3,33—3,38 weiter bearbeitet wurde. Mittels eines starken Elektromagneten wurden darauf einzelne Körner von dunklen Mineralen weggeschafft. In einem Achatmörser wurde der Zoisit sodann fein zerrieben.

Analyse: Zwei chemische Parallellanalysen wurden hauptsächlich nach JAKOB (7) ausgeführt und ergaben folgende Werte (Kolonne I und II):

	I	II	Durchschnittszahl	III
SiO ₂	39,51	39,22	39,37	39,51
Al ₂ O ₃	32,48	31,64	32,06	32,40
Fe ₂ O ₃	1,09	1,84	1,47	1,49
FeO	0,15	0,15	0,15	0,15
MnO	0,02	0,02	0,02	0,02
CaO	24,69	24,35	24,52	24,52
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,34	0,39	0,36	0,00
H ₂ O	1,62	2,16	1,89	1,91
	99,90	99,77	99,84	100,00

Die FeO-Bestimmung wurde nur einmal mit etwa 1 gr von unmittelbar vor dem Aufschluss zerriebener Substanz ausgeführt.

Der TiO₂-Gehalt stammt sicher von dem im Gestein fein eingesprengten Titanit, der ein sp. Gew. hat, das nahe dem des Zoisits liegt und der bei dem Separieren sich in die Zoisitfraktion eingeschlichen hat. Angenommen, dass der Titanit die einfachste Zusammensetzung CaSiTiO₅ hat, können wir die Analyse korrigieren, welche auf die Summe 100 umgerechnet, die Werte der Kolonne III ergibt.

Wasserbestimmungen.

- a) Wasserabgabe unter 110°, Erwärmung in Trockenschrank drei Stunden 0,04 %
- b) mit PENFIELDS Rohr, das mit starkem Teklubrenner 1/2 Stunde erhitzt wurde. Das Mineralpulver schmolz in das Glas ein 0,57 %
- c) mit Boraxschmelze, Erhitzung mit starkem Teklubrenner während 10 Minuten 1,62 %
- d) durch Glühen des Mineralpulvers im Platintiegel vor dem Gebläse 1 Stunde. Gewichtsverlust = Wasser 2,16 %

Da nach NORIN (8) der Zoisit fortsetzt, Wasser bis gegen 1000° abzugeben, dürfte die letztgenannte Methode die in diesem Fall zuver-

lässigste sein. Die Gewichtszunahme zufolge Oxydation kann vernachlässigt werden.

Bei Erhitzung vor dem Gebläse bläht das Mineral auf und wird braun.

Die Hornblende.

Optisch-physikalische Untersuchung.

1. *Die Lichtbrechung* wurde nach der Immersionsmethode bestimmt. In einem Schliffphragment, \parallel der Axenebene der Hornblende geschnitten, wurde α , und in einem Korn $\perp \alpha$ wurde γ bestimmt:

$$\alpha = 1,645 \pm 0,003, \quad \gamma = 1,672 \pm 0,003$$

2. *Die Doppelbrechung.* In einem Schnitt \parallel der Axenebene wurde der Gangunterschied mit BEREKS Kompensator gemessen, und die Dicke wurde bestimmt durch Messen des Gangunterschiedes in einem daneben liegenden Zoisitkorn $\perp \alpha$ geschnitten. Da für den Zoisit nach dem oben Ausgeführten $\gamma - \beta = 0,005$ ist, kann für Hornblende berechnet werden:

$$\gamma - \alpha = 0,023.$$

3. *Der Axenwinkel und die Auslöschungsschiefe*, mit dem FEDOROWschen Universalisch bestimmt, gaben in drei Schnitten:

$$\begin{aligned} 2 V_{\gamma} &= 88^{\circ}, & c : \gamma &= 15^{\circ} \\ 2 V_{\gamma} &= 88^{\circ}, & c : \gamma &= 16^{\circ} \\ 2 V_{\alpha} &= 87^{\circ}, & c : \gamma &= 15^{\circ},5. \end{aligned}$$

Der Charakter wurde in konvergentem Licht kontrolliert. Die Axenbilder der Schnitte ungefähr \blacktriangle eine optische Axe zeigte, dass die Hornblende optisch negativ war und einen Axenwinkel sehr nahe 90° liegend hatte. Nach den gefundenen Werten wurde berechnet:

$$\beta = 1,658.$$

4. *Der Pleochroismus:*

$$\begin{aligned} \gamma &= \text{grünblau,} \\ \beta &= \text{olivengrün,} \\ \alpha &= \text{hell gelbbraun.} \end{aligned}$$

5. *Das spezifische Gewicht* wurde bestimmt mittels Suspension von Körnern in der Grösse $0,1$ mm in CLERICIS Lösung, deren sp. Gew. mit

der Wage WESTPHALS gemessen wurde. Um die Grenzen genauer feststellen zu können, innerhalb welcher das sp. Gew. der Lösung grösser und kleiner war als das der Hornblende, wurde nach jeder Änderung der Konzentration der Lösung einige Minuten zentrifugiert. Die Zentrifugalkraft der angewandten Zentrifuge war etwa 325 mal grösser als die Schwerkraft, und ein mechanisches Gleichgewicht zwischen Mineral und Flüssigkeit stellte sich daher sehr schnell ein. Das sp. Gew. der Hornblende war 3,158—3,166, oder als Durchschnittszahl:

$$D_{21^{\circ}} = 3.162.$$

Chemische Zusammensetzung.

Nach dem Hornblendediagramm FORDS (9) entspricht die gefundene mittlere Lichtbrechung $n = 1,658$ der folgenden chemischen Zusammensetzung der Hornblende:

SiO ₂	45,8
Al ₂ O ₃	7,9
Fe ₂ O ₃	4,6
FeO	11,1
MgO	14,7
CaO	11,7
Na ₂ O+K ₂ O	3,1
	<hr/> 98,9

Diese ist also zum Typus gewöhnliche grüne Hornblende zu rechnen.

Der Granat.

Optisch-physikalische Untersuchung. Der Granat ist rosafarben, vollkommen isotrop und zeigt keine Zonarstruktur.

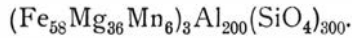
1. *Lichtbrechungsbestimmung.* Da die Kristalle sehr klein und rissig waren, war keine direkte Methode anwendbar, sondern Immersion musste benutzt werden. Als Immersionsflüssigkeit wurde eine Lösung von As₂S₃ in Methylenjodid benutzt (10). Die Lichtbrechung der Flüssigkeit wurde dadurch bestimmt, dass ein Tropfen in den Winkel zwischen zwei zusammengeschmolzene Deckgläser eingeklemmt und am Goniometer die Lichtbrechung des so gebildeten Prismas gemessen wurde. Die Lichtbrechung des Granats war

$$n = 1,778 \pm 0,004.$$

2. *Das spezifische Gewicht* wurde durch Zentrifugieren einer Suspension in CLERICIS Lösung, wie bei der Hornblende beschrieben, bestimmt.

$$D_{21^{\circ}} = 3,981.$$

Das Granatdiagramm FORDS (11) ergab für die gefundenen Werte der Lichtbrechung und des sp. Gew. einen Almandin-Pyrop-Spessartin von der Zusammensetzung



Der Plagioklas.

Der Plagioklas kommt als Ausfüllung zwischen Hornblende und Zoisit vor, ist oft undulös, bisweilen und nur nach dem Periklingesetz verzwilligt. Er wurde mit Hilfe der Universaldrehtischmethode in zwei zwillingslamellierten Individuen bestimmt, und in mehreren Individuen wurde der negative Charakter konoskopisch kontrolliert. Die Plagioklas-Stereogramme und -Diagramme DUPARC-REINHARDS (12) ergaben für die gefundenen Werte eine chemische Zusammensetzung von



Das sp. Gew. dieses Plagioklases ist nach denselben Autoren

$$D = 2,65.$$

Die Zusammensetzung des Amphibolits.

Um eine Vorstellung von der Zusammensetzung des Gesteins zu erhalten, wurden geometrische Analysen mit dem Integrationstisch von LEITZ an Amphiboliten von den drei verschiedenen Fundorten ausgeführt. Die Dünnschliffe wurden mit Flußsäure geätzt und mit Anilinblau behandelt um Quarz und Feldspat von einander besser unterscheiden zu können (13). Die chemische Zusammensetzung der Amphibolite wurde dann aus den geometrischen Analysen und der vorhermittelten Zusammensetzung der Minerale berechnet. Das spezifische Gewicht des Quarzes, Titanits und Magnetits ist der Tabelle ROSENBUSCH-WÜLFINGS (14) entnommen. Die Alkaligehalt der Hornblende wurde als Na_2O gerechnet.

1. *Geometrische Analyse von Amphibolit, St. Älke.*

Sp. Gew. 3,116.

	Sp. Gew.	Vol. %	Gew. %		Norm
Hornblende	3,162	71,0	71,7	Ab+Or	18,34
Zoisit	3,368	14,5	15,6	An	19,46
Quarz	2,65	13,6	11,6		sal 37,80
Titanit	3,48	0,8	0,1		
Magnetit	5,2	0,1	0,2		
		100,0	100,0		
			Mol. prop.		
SiO ₂	50,88		848	Di	{ CaSiO ₃ 17,75
Al ₂ O ₃	10,72		105		{ MgSiO ₃ 11,50
Fe ₂ O ₃	3,67		23	Hy	{ FeSiO ₃ 5,02
FeO	8,04		111		{ MgSiO ₃ 14,50
MgO	10,54		264	Ol	{ FeSiO ₃ 5,94
CaO	12,48		223		{ Mg ₂ SiO ₄ 0,21
TiO ₂	0,37		5	Mt	{ Fe ₂ SiO ₄ 0,10
Na ₂ O+K ₂ O	2,22		35	Il	5,34
H ₂ O	1,09				0,76
	100,01				fem 61,12
					1,09
					100,01

Auvergnose. III. 5. 4. 5.

Berechnetes sp. Gew. 3,127.

2. *Geometrische Analyse von Amphibolit, Spångfjället.*

Sp. Gew. 3,090.

	Sp. Gew.	Vol. %	Gew. %		Norm
Hornblende	3,162	70,7	70,7	Ab+Or	20,96
Zoisit	3,368	9,6	10,3	An	18,90
Quarz	2,65	9,1	7,7		sal 39,86
Plagioklas	2,65	4,2	3,5		
Granat	3,981	4,5	5,7		
Titanit	3,48	1,9	2,1		
		100,0	100,0		
			Mol. prop.		
SiO ₂	49,24		821	Di	{ CaSiO ₃ 16,01
Al ₂ O ₃	11,01		108		{ MgSiO ₃ 10,10
Fe ₂ O ₃	3,40		21		{ FeSiO ₂ 4,48
FeO	9,30		129	Hy	{ MgSiO ₃ 7,50
MnO	0,15		2		{ FeSiO ₃ 3,56
MgO	11,01		275	Ol	{ Mg ₂ SiO ₄ 6,86
CaO	11,55		206		{ Fe ₂ SiO ₄ 3,67
TiO ₂	0,86		11	Mt	4,87
Na ₂ O+K ₂ O	2,52		40	Il	1,67
H ₂ O	0,98				fem 59,12
	100,02				0,98
					99,06

Auvergnose. III. 5. 4. 5.

Berechnetes sp. Gew. 3,150.

3. Geometrische Analyse von Amphibolit, Niripeive.

Sp. Gew. 3,131.					
	Sp. Gew.	Vol. %	Gew. %	Norm	
Hornblende	3,162	86,7	86,4	Ab + Or	11,00
Zoisit	3,368	9,1	9,7	Ne	7,38
Plagioklas	2,65	3,1	2,5	An	15,57
Titanit	3,48	0,9	1,0		
Magnetit	5,2	0,2	0,4	sal	33,95
		100,0	100,0		
			Mol. prop.		
SiO ₂	45,29		755	Di { CaSiO ₃	19,60
Al ₂ O ₃	10,54		103	{ MgSiO ₃	12,60
Fe ₂ O ₃	4,40		28	{ FeSiO ₃	5,68
FeO	9,72		135	Ol { Mg ₂ SiO ₄	13,30
MgO	12,70		318	{ Fe ₂ SiO ₄	6,73
CaO	12,89		230	Pf	0,68
TiO ₂	0,41		5	Mt	6,50
Na ₂ O + K ₂ O	2,91		47		
H ₂ O	1,14			H ₂ O	fem 65,09
		100,00			1,14
					100,18

Palisadose. IV. 1. 2. 2. 2.

Berechnetes sp. Gew. 3,172.

Die zwei ersten Analysen sind je auf Messung von einer etwa 80 cm langen Indikatrix in zwei Dünnschliffen gegründet und die letzte auf Messung einer etwa 32 cm langen Indikatrix in einem Schliff.

Das spezifische Gewicht wurde mit Hilfe der Wage WALKER-LA TOUCHE an Handstücken vom Amphibolit bestimmt.

Ein Vergleich der Amphibolitanalysen mit den von WASHINGTON (15) angeführten Analysen der Subrange Auvergnose und Palisadose zeigt, dass die Zusammensetzung der Amphibolite nahe mit denen der Basalte übereinstimmt. Charakteristisch für die Amphibolite ist deren niedrigen Gehalt an Al₂O₃.

Nach der Mineralfazies-einteilung ESKOLAS (16) und THOROLF VOGTS (17) gehört der vorliegende Amphibolit wahrscheinlich einer Übergangsfazies zwischen Amphibolit- und Epidotamphibolitfazies an. Es scheint nämlich der Zoisit eine selbständige Fazies anzudeuten gegenüber dem Epidot, der gern in der Assoziation Epidotalbitamphibolit auftritt.

Ich will hier die Gelegenheit benutzen, meinem Lehrer, Herrn Professor H. G. BACKLUND, der während der Arbeit mir in liebenswürdiger Weise mit guten Ratschlägen beigestanden hat, meinen besten Dank zu sagen.

Literaturverzeichnis.

1. P. FERMIER. Über eine Zoisitvarietät der metamorphischen Schiefer der Alpen, und über die optischen Eigenschaften des klassischen Zoisits. Zeitschr. für Kryst. 32 (1900), p. 640.
2. ——. Über eine Verwachsung von Epidot und Zoisit und über die krystallographischen Beziehungen dieser beiden Mineralien. Zeitschr. für Kryst. 35 (1902), p. 638.
3. D. MALMQUIST. Studien innerhalb der Epidotgruppe etc. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala. Vol. XXII (1929), pag. 257.
4. M. BEREK. Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universal-drehtischmethoden. Berlin 1924.
5. C. PULFRICH. Das Totalreflectometer. Leipzig 1890.
6. C. VIOLA. Über die Berechnung des Achsenwinkels zweiachsiger Krystalle aus den Grenzwinkel der Totalreflektion. Zeitschr. für Kryst. 32 (1900), pag. 78.
7. J. JAKOB. Anleitung zur chemischen Gesteinsanalyse. Berlin 1928.
8. E. NORIN. Investigation of the thermal dissociation of the hydrated alumosilicates, Prehnite, Zoisite and Epidote. Contribution nr. 5 from the Nyström Inst., Taiyuanfu, Shansi. pag. 14.
9. W. E. FORD. Beiträge zur optischen Kenntnis der Hornblendens. Zeitschr. für Kryst. 54 (1914), pag. 1.
10. H. E. MERWIN. Media of high refraction for refractive index determinations with the microscope etc. Journal of the Wash. Acad. of Sc. 3, 1913, pag. 35—40.
11. W. E. FORD. A study of the relations existing between the chemical, optical and other physical properties of the members of the garnet group. Am. Jour. Sc. 4th series. Vol. XL, 1915, pag. 33.
12. L. DUPARC et M. REINHARD. La détermination des plagioclases. Genève 1924.
13. ROSENBUSCH-WÜLFING. Mikr. Phys. I. 1. 1924, pag. 736.
14. » » » » » pag. 814.
15. H. S. WASHINGTON. Chemical Analyses of Igneous Rocks. U. S. G. S. Prof. pap. 99. 1917.
16. P. ESKOLA. Om mineralfacies. Geol. Fören. Förhandl. 51, 1929, pag. 157.
17. TH. VOGT. Om serier av mineralfacies med eksempler fra Sulitelmafeltet. Norsk Geol. Tidsskr. 10, 1929, pag. 454.

Gedruckt 3/4 1930.

