

## II. ABHANDLUNGEN

### Über die Mineralkluft im Amphibolit von Burgegg, Steiermark

Von Adolf ALKER

Eingelangt am 25. Jänner 1975

Schon NIGGLI und Mitarbeiter (1940) vertraten die Meinung, daß der Mineralinhalt einer Gesteinskluft in enger Beziehung mit dem Umgebungsgestein steht. Wie die Beschreibung der Klüfte von Wernersdorf (ALKER 1954) zeigt, handelt es sich bei den Funden von Burgegg um ähnliche Klüfte mit einer ähnlichen Paragenese.

Die Klüfte liegen in einem Amphibolit, dessen Dünnschliff eine paragastische Hornblende mit gelbgrünen-, oliv- und blaugrünen Pleochroismus zeigt. Als wesentliche Gemengteile sind noch Zoisit und Plagioklas (Oligoklas bis Andesin) zu finden. Granat kommt vereinzelt vor. Quarzkörner füllen Zwickel und sehr zahlreich ist Rutil vorhanden. Der Amphibolit wird oft sehr engscharig von Feldspat-Quarzlagen durchzogen. Der Feldspat dieser Lagen ist durchwegs Oligoklas.

Folgende Mineralien wurden in der Kluft aufgefunden: Feldspat, Quarz und Chlorit. Von Titanmineralien waren Anatas, Ilmenit, Rutil und Titanit vorhanden. Des weiteren konnten Axinit, Calcit, Prehnit, Zoisit und Turmalin geborgen werden.

Der Feldspat ist ein Albit. Aus den  $2\delta$ -Werten der Peaks für  $\bar{131}$  und  $\bar{241}$ , sowie  $\bar{241}$  läßt sich nach BAMBAUER et al. 1967 a auf ein Silicium-Aluminium-Verhältnis von 3,0 schließen und aus der Differenz von  $2\delta\bar{131}$  und  $2\delta\bar{131} = 1,1$ , sowie  $2\delta\bar{241} - 2\delta\bar{241} = 1,8$  ist nach BAMBAUER et al. 1967 b ein reiner Albit mit 0,1 % An abzuleiten. Es besteht hier eine Differenz gegenüber den Messungen mit dem U-Tisch, die einen Anorthitgehalt von 10 % ergeben. Der Albit kommt im Bereich des Tiefalbit nahe an die Peristeritlinie zu liegen. Nach SLEMMONS 1962 herrscht ein Ordnungsgrad von 100. Am Albit von Wernersdorf bestimmte H. HERITSCH 1965 ebenfalls einen Ordnungsgrad von 100, wobei eine merkliche Änderung des Winkels  $2\delta\bar{131} - 2\delta\bar{131}$  bei der Erhitzung auf  $1000^\circ\text{C}$  durch 100 Stunden zu erkennen war. Durch die Temperung wird es zur Homogenisierung des Peristerit gekommen sein. Daß diese Verhältnisse auch auf den Albit von Burgegg zutreffen, ist wahrscheinlich.

Es besteht ein inniger Zusammenhang zwischen dem Si-Al-Verhältnis und den Gitterkonstanten, wie von BAMBAUER und Mitarbeiter (1967) aufgezeigt und durch die Synthese von RAASE & KERN 1969 bestätigt werden konnte.

Für den Albit von Burgegg sind folgende Werte aus der Tafel I von BAMBAUER et al. 1967 a abzulesen:

a	b	c	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
8,141	12,786	7,159	94,25	116,59	87,69	32,70

Eine Abschätzung der Druck- und Temperaturverhältnisse ist schwierig, da es sich ja um ein offenes System handelt und nur Werte geschlossener Systeme bekannt sind. Es sind also Richtwerte, bei denen die Kristallisation vor sich gegangen sein könnte. Als oberster Grenzwert müssen wir die Werte von HERITSCHE 1973 annehmen, der 500—600 ° C als Temperaturbereich für die Koralle bei Drucken von 8—10 Kb angibt.

Nach RAASE 1971 wurde die kleinste Differenz von  $2\delta$  131 und  $2\delta$  131 mit 1,12 bei 370 ° C erhalten. Bei sehr niedrigen Temperaturen kommt es zur Bildung von intermediären Stadien, wie sie FÜCHTBAUER 1950 bekanntgemacht hat.

Nachstehende Analyse des Feldspates aus der Kluft wurde im Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz angefertigt.

Herrn Prof. Dr. H. HERITSCHE, Vorstand des Institutes für Mineralogie und Petrographie der Universität in Graz, möchte ich für die Überlassung der Analysen danken.

SiO <sub>2</sub>	67,17 %	CaO	0,10 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,57 %	Na <sub>2</sub> O	11,49 %
TiO <sub>3</sub>	—	K <sub>2</sub> O	0,10 %
FeO	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,30 %	H <sub>2</sub> O -	0,29 %
MnO	—	H <sub>2</sub> O +	0,71 %
MgO	—	Summe	99,73 %

Daraus errechnet sich ein Albit mit der Zusammensetzung von 98,89 % Albit, 0,55 % Anorthit und 0,56 % Kalifeldspat. Das Verhältnis Si/Al beträgt 3,0. Nach Laves 1960 läßt sich aus dem Verhältnis  $Al/(Al+Si) = 0,25$  eine Bildungstemperatur von 480 ° ableiten.

Die Anwesenheit von verschiedenen Titanmineralien wie Anatas, Ilmenit, Rutil und Titanit macht es möglich, auf die verschiedenen Temperatur- und Druckverhältnisse während ihrer Kristallisation einzugehen.

Mit fallender Temperatur kommen Ilmenit, Rutil und Anatas zur Ausbildung. KOENIGSBERGER in NIGGLI 1940 gibt den Bildungsbereich in den Klüften für Anatas mit 320 ° bis 240 ° C und für Titanit mit 250 ° bis 180 ° C an. Aus der Arbeit von KEESMANN 1966 über hydrothermale Synthesen geht hervor, daß eine stetige Verarmung der Kluftlösung an Na-Ionen und ein gleichsinnig verlaufender Abfall des pH-Wertes stattfindet und dabei vor der Quarzbildung Rutil und Anatas kristallisieren. Eine weitere Ursache der Kristallisation von Anatas nach der Bildung von Rutil kann auch die Änderung der Temperatur der Kluftlösung sein.

Diese beiden Vorgänge sind in der besprochenen Kluft sehr gut zu beobachten, da Rutil und Anatas immer nach dem Albit zur Bildung gelangt sind. Ein Temperaturbereich um 400 ° wird angegeben.

Von SCHUILING & VINK 1967 wurde die Gleichgewichtskurve für die Reaktion  $Calcit + Quarz + Anatas \rightleftharpoons Titanit + CO_2$  experimentell zwischen 340 ° u. 450 ° C bestimmt. Diese erlaubt daher eine Abgrenzung des höchsten Druckes, der in

den Bereich von 200—300 bar fällt. Es scheint wahrscheinlich, daß der CO<sub>2</sub>-Partialdruck sich nur zu einem Bruchteil dem totalen Druck nähert.

Äußerst interessant ist die Verwachsung von Ilmenit mit Rutil, denn dadurch wird ein Überschuß von dargebotenem TiO<sub>2</sub> dokumentiert, wobei zu bemerken ist, daß die Ilmenit tafeln frei von Hämatitentmischungskörpern sind. Ein Geringerwerden des Sauerstoffpartialdruckes kommt der Bildung einer Ilmenit-Rutilparagenese entgegen (WESTRA 1970). Da der Sauerstoffpartialdruck durch eine wässrige Dampfphase gesteuert wird, ist die Änderung des Sauerstoffpartialdruckes verhältnismäßig klein und bei abnehmender Temperatur weist die Tendenz zu einer oxydierten Mineralgesellschaft, wobei Hämatit oder Magnetit als Entmischungskörper zu erwarten wären. Durch den niederen Sauerstoffpartialdruck wurde die Entmischung und Verwachsung in Richtung Ilmenit-Rutil gesteuert.

Bei der Untersuchung des Systems CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — SiO<sub>2</sub> — CO<sub>2</sub> — H<sub>2</sub>O gibt es einen isobar invarianten Punkt, der Aussagen über die P — T — XCO<sub>2</sub> — Stabilitätsbedingungen des Zoisits ermöglicht (STORRE & NIRSCH 1972). Bei geringen Drucken liegt die Gleichgewichtskurve der Reaktion  $2 \text{Zoisit} + 1 \text{CO}_2 \rightleftharpoons 3 \text{Plagioklas} + 1 \text{Calcit} + \text{H}_2\text{O}$  bei einem sehr geringen XCO<sub>2</sub> und ist praktisch temperaturunabhängig. Das Auftreten von Zoisit ist ein Indikator für eine sehr CO<sub>2</sub>-arme und damit sehr H<sub>2</sub>O-reiche Zusammensetzung der Phasen. Dies stimmt in der Weise mit der Naturbeobachtung zusammen, daß in Burgegg bei weiterem Absinken der Temperatur und Zunahme von XCO<sub>2</sub> nach Zoisit, Calcit gebildet wird

Letzten Endes erstarrte der Rest der in die Kluft eingedrungenen Lösung zu einer kugelförmigen Masse, in der hauptsächlich Quarz und Chlorit neben geringen Anteilen von Calcit zur Kristallisation kamen.

Es muß erwähnt werden, daß während des Kristallisationsvorganges in der Kluft die Bedingungen von Druck, Temperatur und Partialdruck öfter gewechselt haben müssen, denn Rekurrenzen in der Ausscheidungsfolge sind zu erkennen.

In die von HERITSCH 1973 publizierte Auffassung von den P—T-Zuständen im Bereich der Koralpe fügen sich die kalkulierten Temperaturen wie folgt ein: Die Eklogit amphibolite und Metagabbros gemeinsam mit den sie umgebenden Gesteinen wurden bei Temperaturen von 500 °—600 ° C geprägt.

Es kann abgeschätzt werden, daß die Bildungsbedingungen in der Kluft von Burgegg maximal bei 400 ° C lagen und ein Absinken bis 180 ° C während der Kristallisation möglich erscheint.

Die Druckverhältnisse erscheinen weniger klar. HERITSCH 1973 gibt für die Koralpe Drucke von 8—10 kb an. Es ist als sicher anzunehmen, daß die Druckbedingungen in den Klüften darunter lagen. Wesentlich für die Kristallisation der vorliegenden Mineralgesellschaft wirkte sich bei sinkender Temperatur der wechselnde H<sub>2</sub>O — CO<sub>2</sub>- bzw. O-Partialdruck aus.

Bei Oberflächenbedingungen bildeten sich dünne, weiße röntgenamorphe Opalüberzüge auf den Klüften.

#### Literatur

- ALKER A. 1954. Kluftminerale von Wernersdorf b. Wies (Steiermark). — Min. Mitt. Jo., 1:1-3.
- BAMBAUER H. U., CORLETT M., EBERHARD E. & VISWANATHAN K. 1976 a: Diagrams for the Determination of Plagioklases using X-ray Powder Methods. — Schweiz. Min. Petrogr. Mitt., 47 (1):334-349.
- , EBERHARD E. & VISWANATHAN K. 1967 b. The Lattice Constants and Rela-

- ted Parameters of „Plagioklases (low)“. — Schweiz. Min. Petrogr. Mitt., 47 (1):351-364.
- FÜCHTBAUER H. 1950. Die nichtkarbonatischen Bestandteile des Göttinger Muschelkalkes mit besonderer Berücksichtigung der Mineralneubildungen. — Heidelb. Beitr. Min. Petro., 2:235-254.
- HERITSCH H. 1965. Kurzbericht über die Untersuchungen von Ordnungszuständen an Feldspäten aus dem Bereich der östlichen Ostalpen. — Anz. math. naturwiss. Kl. Österr. Akad. Wiss., 7:135-138.
- 1973. Die Bildungsbedingungen von alpinotypem Eklogitamphibolit und Metagabbro, erläutert an Gesteinen der Koralpe, Steiermark. — TMPM, 3. F., 19:213-271.
- KEESMANN I. 1966. Zur hydrothermalen Synthese von Brookit. — Z. angew. allg. Chemie, 346:30-43.
- LAVES F. 1960. Al/Si-Verteilungen, Phasen-Transformationen und Namen der Alkalifeldspäte. — Z. Krist., 113:265-296.
- NIGGLI P., KOENIGSBERGER J. & PARKER R. L. 1940: Die Mineralien der Schweizer Alpen. — Wepf, Basel.
- RAASE P. 1971. Zur Synthese und Stabilität der Albit-Modifikationen. — TMPM, 3. F., 16:136-155.
- & KERN H. 1969. Über die Synthese von Albiten bei Temperaturen von 250 bis 705 ° C. — Contr. Mineral. Petrol., 21:225-237.
- SCHUILING R. D. & VINK B. W. 1967. Stability relations of some titanium-minerals (sphene, perovskite, rutile, anatase). — Geochim. Cosmochim. Acta, 31: 2399-2411.
- SLEMMONS D. H. 1962. Observation on Order-Discorder Relations of Natural Plagioklase. — Norsk Geol. Tidsskrift, 42 (2):533-554.
- STORRE B. & NITSCH K. H. 1972. Die Reaktion  $2 \text{Zoisit} + 1 \text{CO}_2 \rightleftharpoons 3 \text{Anorthit} + 1 \text{Calcit} + 1 \text{H}_2\text{O}$ . — Contr. Min. Petrol., 35:1-10.
- WESTRA L. 1970. The role of Fe-Ti-oxides in plurifical metamorphism of alpine age in the south-eastern Sierra de los Filabres, SE Spain. — Akad. Proefschrift Univ. Amsterdam.

Anschrift des Verfassers: Dr. Adolf ALKER, Landesmuseum Joanneum,  
Raubergasse 10, A-8010 Graz.