

Aus dem Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität
Graz

Untersuchungen über eine Umwandlung von Skapolith durch Wasserzutritt, über Alkalifeldspat und Allanit vom Steinbruch Hartner bei Schwanberg, Weststeiermark

Von Haymo HERITSCH

Mit 2 Tabellen und 6 Abbildungen (im Text)

Eingelangt am 20. Februar 1981

Inhalt: Mit Hilfe von Röntgenmethoden und Elektronenstrahlmikroanalysen wird gezeigt: 1. Karbonatskapolith der idealisierten Zusammensetzung $\text{Ca}_2\text{NaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{CO}_3$ wird von den Intergranularen aus durch Wasser in ein Gemenge von extrem eisenarmem Klinozoisit, Plagioklas mit An_{40} und Calcit sonst isochemisch umgewandelt; 2. Alkalifeldspat mit Or_{90} enthält in Parallelverwachsung Plagioklas mit An_{40} und ist vermutlich ident mit dem von DOLAR & KORITNIG 1939 beschriebenen Anorthoklas; 3. Allanit tritt als Kern von eisenreichem Klinozoisit bzw. eisenarmem Epidot auf.

Etwa 2 km westlich von Schwanberg am Fuße der Koralpe, Weststeiermark, befindet sich im Tal der Schwarzen Sulm an der alten Straße zur Gregormichelalm der Steinbruch Hartner, der nun schon seit vielen Jahren stillgelegt ist. Das dort einst gebrochene Gestein ist ein mineralreicher Marmor, über dessen Mineralführung KIESLINGER 1928 und besonders ausführlich MEIXNER 1939 berichteten. Über eine Untersuchung des dort vorkommenden Skapolithes, Alkalifeldspates und Allanites werden im folgenden Mitteilungen gemacht.

Skapolith und seine Umwandlung durch Wasser

MEIXNER 1939:674 hat die in Tab. 1 ausgewiesene chemische Analyse des Skapolithes vom Steinbruch Hartner bekanntgegeben. Schon SHAW 1960:237 hat darauf hingewiesen, daß diese chemische Analyse eine hohe Analysen-Summe und eine zu hohe Kationen-Summe hat. Trotzdem kann diese Analyse unter gewissen Voraussetzungen zu einem angenäherten Überblick ausgewertet werden, wobei zu berücksichtigen ist, daß zur Berechnung von Skapolithanalysen immer gewisse Annahmen gemacht werden müssen. Als Basis wird, wie üblich, ein vollständig durch die Kationen Si und Al erfülltes Gerüst angenommen. Vernachlässigt man die Werte für FeO, MgO und K_2O , so erhält man die in Abb. 1a stehende Formel. Nimmt man jedoch an, daß die Alkaliwerte, die übrigens nicht von MEIXNER 1939 selbst bestimmt worden sind, zu hoch und entsprechend den eingeklammerten Werten zu korrigieren sind, so erhält man die Formel der Abb. 1b. Es wird damit eine sehr große Ähnlichkeit mit der chemischen Analyse des Skapolithes von Pargas, ebenfalls aus Marmor, erreicht, vgl. BORGSTRÖM 1915, zitiert als Nr. XIII bei SHAW 1960.

Tab. 1: Chemische Analyse des Skapolithes von Schwanberg, MEIXNER 1939:674. Die in Klammern gesetzten Werte stellen eine Möglichkeit der Korrektur dieser Werte dar, um eine moderne kristallchemische Formel zu berechnen. Basis der Berechnung ist $(\text{Si} + \text{Al}) = 12,00$

SiO ₂	44,91	Si	6,92	
Al ₂ O ₃	27,94	Al	5,08	12,00
FeO	0,45	Fe ²⁺	0,06	
MnO	tr.	Mg	0,08	
MgO	0,37	Ca	2,94	
CaO	17,76	Na	(0,86)	
Na ₂ O	3,87 (2,87)	K	(0,06)	4,00
K ₂ O	0,45 (0,33)	C	0,91	1,00
CO ₂	4,48			
Cl	0,00			
SO ₃	0,00			
H ₂ O ⁺	0,19			
H ₂ O ⁻	0,12			
100,54 (99,42)				

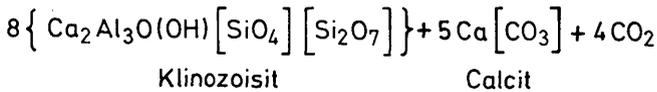
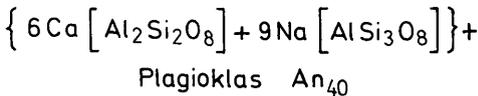
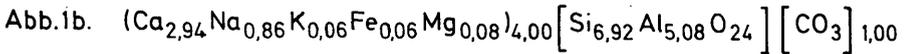
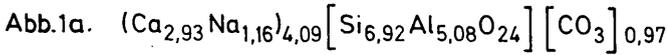


Abb. 1a: Chemische Formel des Skapolithes vom Steinbruch Hartner bei Schwanberg, berechnet aus der chemischen Analyse von MEIXNER 1939 unter Vernachlässigung von FeO, MgO und K₂O.

Abb. 1b: Chemische Formel des Skapolithes vom Steinbruch Hartner bei Schwanberg, berechnet aus der chemischen Analyse von MEIXNER 1939 mit der Annahme $\text{Si} + \text{Al} = 12,00$ und Angleichung der in Tab. 1 eingeklammerten Alkaliwerte.

Abb. 1c: Formelmäßige Darstellung der Bildung der Reaktionszonen, bestehend aus Klinozoisit, Plagioklas und Calcit, durch Zufuhr von Wasser an den Skapolith des Steinbruches Hartner bei Schwanberg.

Nach EVANS et al. 1969 variiert im Bereich $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na} + \text{K})$ zwischen 0,00 und 0,75 die Zusammensetzung der Skapolithe nahezu linear zwischen $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}\text{Cl}$ und zwischen $\text{NaCa}_3\text{Al}_5\text{Si}_7\text{O}_{24}\text{CO}_3$; der vorliegende Skapolith vom Steinbruch Hartner liegt mit $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na} + \text{K}) = 0,72$ bzw. 0,76 in diesem Sinne sehr nahe an der Zusammensetzung $\text{NaCa}_3\text{Al}_5\text{Si}_7\text{O}_{24}\text{CO}_3$.

Allerdings sinkt durch die vorgeschlagene Korrektur die Analysensumme für den Skapolith vom Steinbruch Hartner auf 99,42%. Andere Möglichkeiten wie z. B. Einbau von Fe_2O_3 in das Gerüst ergeben nur geringfügige Änderungen, so daß der Skapolith vom Steinbruch Hartner nach MEIXNER 1939 ein Mischglied mit etwa 75% Mejonit darstellt.

Aus dem von MEIXNER 1939 gegebenen Wert $n_m = 1,570$ folgt in sehr guter Übereinstimmung mit SHAW 1960:253 ein Mischglied mit 70% Mejonit und 30% Marialith; allerdings wäre für $d_n = 0,034-0,036$ ein etwas höherer Mejonitgehalt zu erwarten, wobei hier allerdings zu berücksichtigen ist, daß nach SHAW 1960 eine größere Variationsbreite auftritt. Dasselbe gilt für die Dichte, obwohl der von MEIXNER 1939 angegebene Wert mit $2,726 \text{ g/cm}^3$ durchaus mit der chemischen Zusammensetzung übereinstimmt, SHAW 1960:256.

Die aus geeichten Diffraktometeraufnahmen nach eigenem least-squares-Programm bestimmten Gitterkonstanten

$$\text{sind } (\lambda \text{ CuK } \alpha = 1,54178 \text{ \AA}): \quad a = 12,164 \text{ (4) \AA} \\ c = 7,558 \text{ (3) \AA}.$$

Aus der Literatur sind bei den vielen Ersatzmöglichkeiten in Skapolithen kaum zufriedenstellend Angaben über Gitterkonstanten in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung zu finden. Jedoch ergibt eine Auswertung des Diagramms nach BURLEY et al. 1961 für die Differenz, gemessen mit CuK α ,

$$(2\theta_{400} - 2\theta_{112}) = 3,63^\circ$$

in guter Übereinstimmung einen Gehalt von etwas über 70% Mejonit.

Schon KIESLINGER 1928 hat beobachtet, daß vom Rand her dünne, gerade auslöschende Nadeln eines hoch lichtbrechenden und schwach doppelbrechenden Minerals mit der Orientierung Schwingungsrichtung des größeren Brechungsquotienten immer in der Nadelrichtung in den Skapolith einspießen; er hielt diese Nadeln für ein Mineral der Zoisitgruppe. MEIXNER 1939 bestätigt diese Angaben. Bei der vorliegenden Neuuntersuchung fiel auf, daß diese Orientierung bei Zoisit nicht auftreten kann und daß bei Pseudozoisit das regelmäßige Erscheinen der Schwingungsrichtung des größten Brechungsquotienten in der Nadelrichtung bei beliebiger Betrachtung senkrecht zur Nadelachse nicht möglich ist. Es wurde daher versucht, das Problem mit Hilfe von Elektronenstrahlmikroanalysen zu lösen.

Die Abbildung 2a zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Skapolith und der von den Intergranularen ausgehenden Umwandlungszone, in der die nadelförmige Phase besonders auffällig ist. Die Abb. 2b bringt eine Stelle in stärkerer Vergrößerung mit Elektronenstrahlmikroanalysen der einzelnen Phasen. Damit ist gezeigt, daß die nadelförmigen Kristalle nur Anteil einer gesamten Reaktionszone aus einem Mineral der Zoisitgruppe, aus Plagioklas und Calcit sind.

Die nadelförmigen Kristalle des Minerals der Zoisitgruppe sind außerordentlich eisenarm, wie Vergleichsaufnahmen mit Klinozoisiten aus kristallinen Schiefnern zeigen. Die Erklärung für die abnorme Optik ist schwierig, läßt jedoch auf die Verhältnisse bei extrem eisenarmen Klinozoisiten schließen, denn dieses abnorme Verhalten solcher Klinozoisite ist mehrfach in der Literatur angeführt, z. B. BAMBAUER et al. 1971:62 in dem Diagramm 136-3, DEER et al. 1962:202 und 203, Fig. 46, STRENS 1964:876, STRENS 1966:933, Fig. 3, DE RUDDER & BECK 1964.

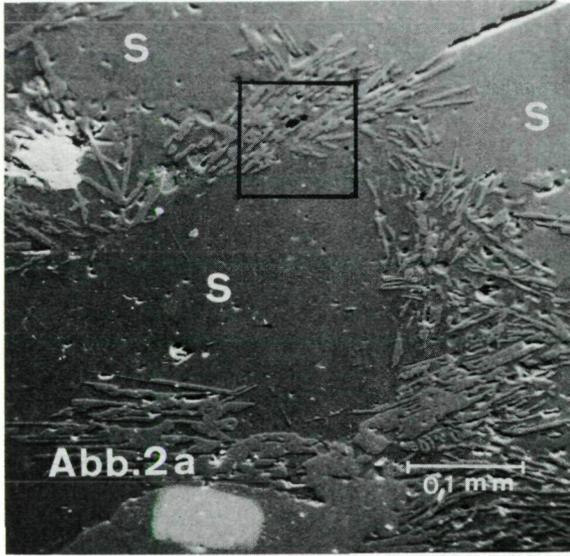


Abb. 2a: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Skapolith, Bezeichnung S (glatte Oberflächen) mit Reaktionszonen (Steinbruch Hartner bei Schwanberg). In diesen Reaktionszonen fällt besonders der stengelige Klinozoisit auf, die Reaktionszonen gehen von den Intergranularen aus. Der eingezeichnete Ausschnitt ist in Abb. 2b vergrößert dargestellt. Das helle Korn am unteren Rand ist Allanit mit Epidotrand, vgl. Abb. 6.

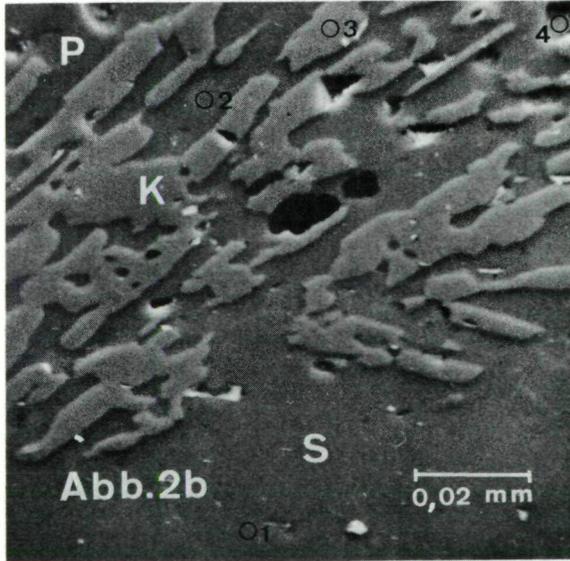


Abb. 2b: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des in Abb. 2a eingezeichneten Ausschnittes. Die beiden schwarzen Körner in der Mitte des Bildes sind Graphit. Abb. 2b Stelle 1 bis Stelle 4 geben die entsprechende Elektronenstrahlmikroanalyse wieder: Stelle 1 ist noch nicht angegriffener Skapolith, Stelle 2 bis Stelle 4 sind Plagioklas mit etwa An_{40} , Klinozoisit und Calcit. S = Skapolith, K = Klinozoisit, P = Plagioklas.

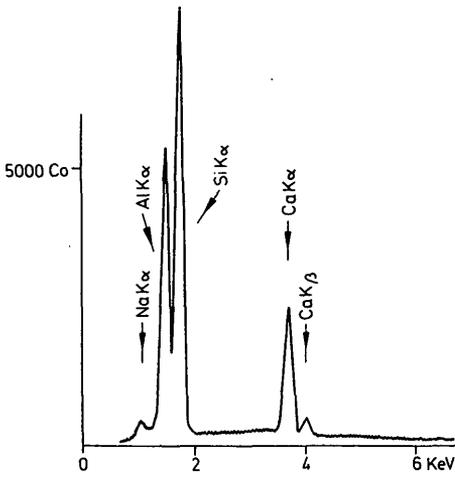


Abb. 2b. Stelle 1 : Skapolith

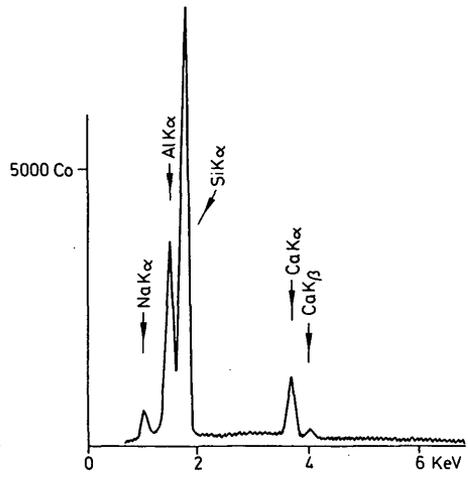


Abb. 2b. Stelle 2 : Plagioklas

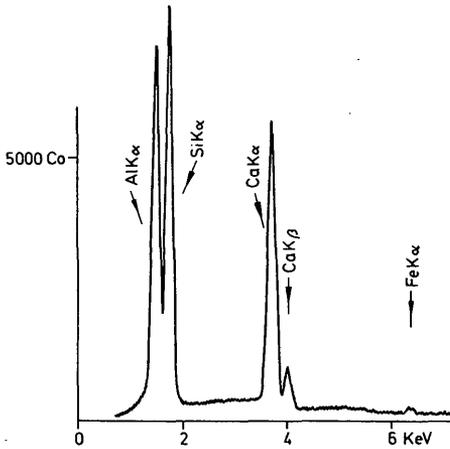


Abb. 2b. Stelle 3 : Klinozoisit

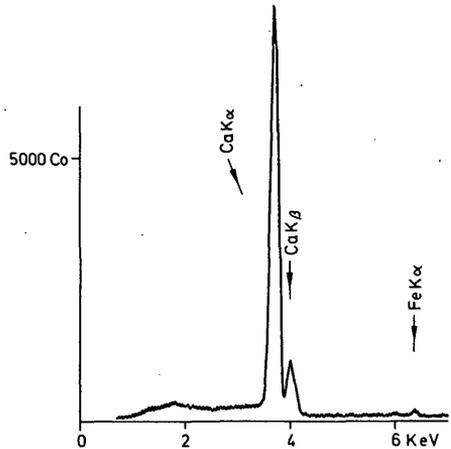


Abb. 2b. Stelle 4 : Calcit

Nimmt man an, daß bei Klinozoisitorientierung im extrem eisenarmen Bereich die Brechungsquotienten n_{β} und n_{γ} sich bis zur Ununterscheidbarkeit annähern, so folgt – wie auch zu beobachten –, daß nur Nadeln mit der Orientierung Schwingungsrichtung des großen Brechungsquotienten in der Nadelrichtung und Nadeln praktisch ohne Doppelbrechung erscheinen können. Bei so kleinen Kristallen ist die Bestimmung eines Brechungsquotienten schwierig, doch dürfte der durchschnittliche Brechungsquotient unter etwa 1,71 (Bestimmung von MEIXNER 1939) bei etwa 1,695 liegen.

Der Plagioklas kann in günstigen Fällen nach der Auslöschungsschiefe mit etwa An_{40} bestimmt werden, was mit der Elektronenstrahlmikroanalyse übereinstimmt, Abb. 2b, Stelle 2. Die Elektronenstrahlmikroanalyse weist das optisch auch erkennbare Karbonat als Calcit aus, Abb. 2b, Stelle 4.

Die Entstehung des Reaktionssaumes ist in der Weise zu deuten, daß von den Intergranularen aus Wasser den Skapolith in die angeführten Mineralien nach einer allgemein bekannten Reaktion umsetzt, vgl. etwa DEER et al. 1962:334. Im vorliegenden Fall ist durch die chemische Analyse des Skapoliths ein guter Überblick über die hier abgelaufene Reaktion zu gewinnen. Man setzt hiezu zweckmäßiger Weise für den Skapolith die vereinfachte Formel an und schreibt nach Abb. 1c die Reaktion, durch die der Reaktionssaum entsteht.

Volumsmäßig entstehen dadurch: 54% Plagioklas An_{40}
39% Klinozoisit
7% Calcit,

was den natürlichen Verhältnissen etwa entspricht, so daß es sich, mit Ausnahme des Hinzutretens von Wasser, um eine isochemische Reaktion handelt, die von den Intergranularen aus eingeleitet wird. Da nicht genügend Wasser hinzutritt, bleibt innerhalb des Reaktionssaumes noch der Skapolith erhalten. Wäre genügend Wasser vorhanden, würde ein Gemenge aus Plagioklas, Klinozoisit und Calcit entstehen, wie in mineralführenden Marmoren aus der Koralpe häufig zu beobachten ist. Vorher muß allerdings der Skapolith unter wasserfreien oder stark wasserdefizitären Bedingungen der Metamorphose entstanden sein. Ein analoger Fall der Rolle des Wassers, das die Auslösung einer Reaktion bewirkt, ist, ebenfalls in der Koralpe, bei der Umwandlung von Gabbro zu Metagabbro bis Amphibolit beschrieben worden, vgl. HERITSCH z. B. 1973, zuletzt 1980.

Die zur Deutung der Bedingungen der Entstehung des beschriebenen Reaktionssaumes heranzuziehende Literatur über einschlägige experimentelle Untersuchungen (z. B. MILLHOLLEN 1974, ORVILLE 1975, GOLDSMITH 1976, ROZEN et al. 1977) ist nicht einheitlich. So schreibt etwa ORVILLE 1969:1096 über die Synthese eines Skapolithes der Zusammensetzung $Ca_3NaAl_5Si_7O_{24}CO_3$, die dem hier beschriebenen Skapolith entspricht, daß sie bei 750° C und 4 kb in Anwesenheit von 1% bzw. 6% Wasser möglich sei, während GOLDSMITH 1976:167 absolute Wasserfreiheit für die Skapolithsynthese fordert. So können aus den derzeit vorliegenden Angaben über entsprechende Experimente keine quantitativen Angaben über Druck, Temperatur, Zusammensetzung der fluiden Phase, stabilisierende Rolle des Na-Anteiles in Skapolith und ähnliches gemacht werden.

Die Reaktionsräume sind nach dem sichtbaren Befund wahrscheinlich durch Wasserzutritt entstanden, möglicherweise genügt aber auch eine Abkühlung und Druckentlastung, um bei geringem Wassergehalt denselben Effekt hervorzurufen.

Alkalifeldspat

Über die oft mehrere Zentimeter großen, rauchgrauen und relativ klaren, unregelmäßig begrenzten Alkalifeldspäte berichten KIESLINGER 1928, MEIXNER 1939 und DOLAR & KORITNIG 1939. Das Originalmaterial ist nicht mehr vorhanden, jedoch konnten die vorliegenden Untersuchungen an altem und neuem Material durchgeführt werden.

Eine optische Untersuchung zeigt, daß in den großen Alkalifeldspäten häufig gut erkennbar Plagioklas mit unregelmäßigen Begrenzungen eingeschlossen ist, daß aber auch die Größe dieser Einschlüsse bis mikroskopisch kaum erkennbar abnehmen kann, vgl. auch DOLAR & KORITNIG 1939:31. Selten kommen Einschlüsse von Calcit vor. Nach der Auslöschungsschiefe läßt sich der Plagioklas mit etwa An_{40} bestimmen, jedoch ist Zonarität zu bemerken. Hervorzuheben ist, daß der Plagioklas in den überwiegenden Fällen mit dem Alkalifeldspat parallel verwachsen ist, wie das auch

Tab. 2: Chemische Analyse des Alkalifeldspates vom Steinbruch Hartner bei Schwanberg, Weststeiermark, nach DOLAR & KORITNIG 1939. Durch die in Klammern gesetzte Änderung läßt sich diese Analyse als Alkalifeldspat mit Einschlüssen von Plagioklas und Calcit berechnen.

SiO ₂	63,60	(63,27)			
Al ₂ O ₃	19,68	(19,79)			
CaO	1,62	(2,12)	Alkalifeldspat	Or ₈₇	80,4
Na ₂ O	2,82	(2,47)	Plagioklas	An ₄₀	18,6
K ₂ O	11,92		Calcit		1,0
Glv.	0,40				
	100,04	(99,97)			

die Abb. 3 ausweist. Die Abb. 4a und 4b bringen ferner an eingeschlossenem Plagioklas und am umgebenden Alkalifeldspat die Elementverteilung für K und für Ca, während Elektronenstrahlmikroanalysen für denselben Plagioklas in Abb. 4c und für den Alkalifeldspat in Abb. 4d (hier ist besonders der geringe Na-Gehalt zu beachten) wiedergegeben werden.

Dieser Befund gab auch Anlaß für eine röntgenographische Untersuchung. Diffraktometeraufnahmen an ausgesucht klarem Material zeigen keine Plagioklaslinien und lassen sich nur monoklin indizieren und es ist auch z. B. der Bereich um 130

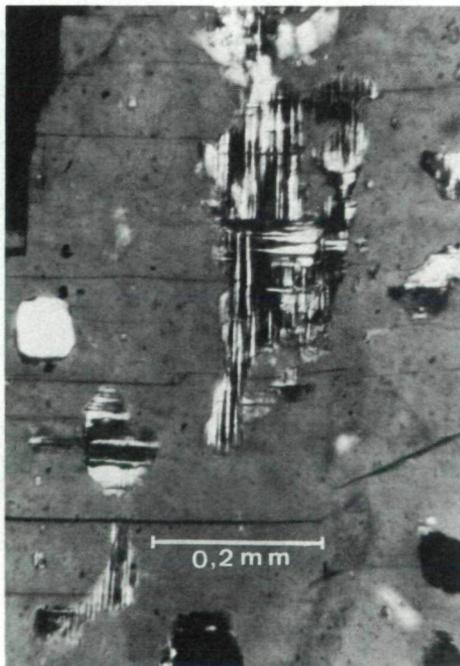


Abb. 3: Unregelmäßig begrenzte Einschlüsse von Plagioklas mit etwa An₄₀ im Alkalifeldspat mit etwa Or₉₀ vom Steinbruch Hartner. Die Spaltung im Alkalifeldspat ist parallel (001), die Plagioklaseinschlüsse sind mit dem Alkalifeldspat parallel verwachsen, was aus den Zwillinglamellen des Plagioklases nach (010) und (001) ersichtlich ist.

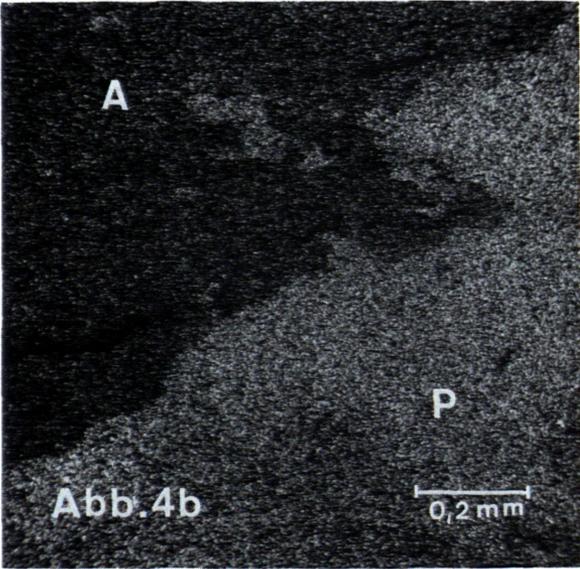
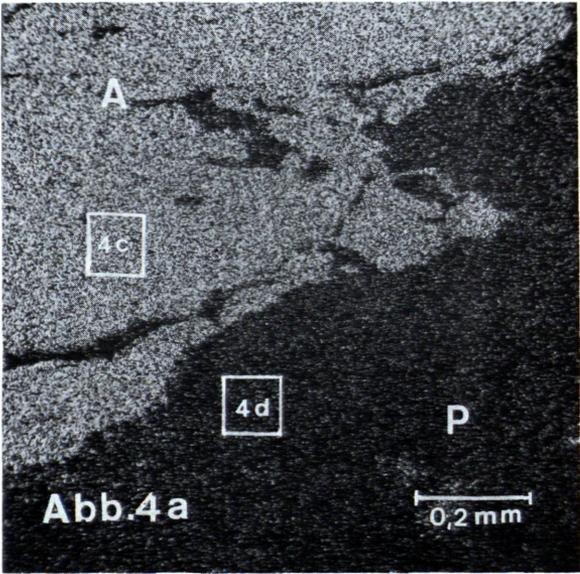


Abb. 4a: K-Verteilung, und Abb. 4b: Ca-Verteilung in Alkalifeldspat mit Plagioklaseinschlüssen, Steinbruch Hartner bei Schwanberg: Am Rand eines größeren Plagioklaseinschlusses finden sich im Alkalifeldspat mehrere kleinere und unregelmäßig begrenzte Plagioklaseinschlüsse. A = Alkalifeldspat, P = Plagioklas.

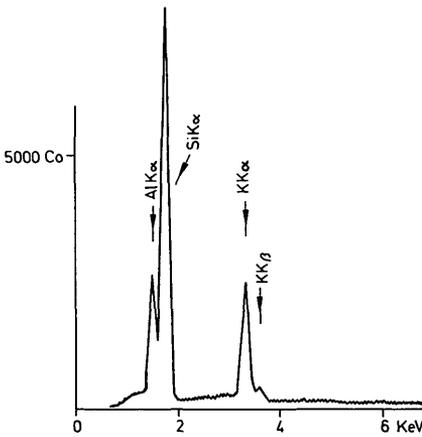


Abb. 4c: Alkalifeldspat

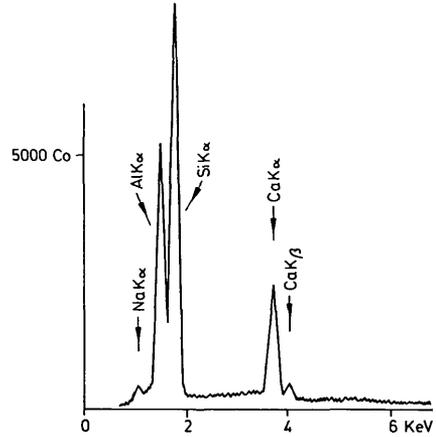


Abb. 4d: Plagioklas

Abb. 4c: Elektronenstrahlmikroanalyse von Alkalifeldspat an der in Abb. 4a markierten Stelle 4c.

Abb. 4d: Elektronenstrahlmikroanalyse von Plagioklas an der in Abb. 4a markierten Stelle 4d.

typisch für monoklinen Kalifeldspat entwickelt. Geeichte Diffraktometeraufnahmen in Verbindung mit einem eigenen least-squares-Programm ($\lambda \text{ CuK } \alpha = 1,54178 \text{ \AA}$):

$$\begin{aligned} a &= 8,557(5) \text{ \AA} \\ b &= 12,977(3) \text{ \AA} \\ c &= 7,204(4) \text{ \AA} \\ \beta &= 115,98(5)^\circ \\ V &= 719,1(7) \text{ \AA}^3 \end{aligned}$$

Eine Bestimmung des Kalifeldspatgehaltes aus der Lage von $\bar{2}01$ gegen 101 von KBrO_3 nach ORVILLE liefert Or_{90} , vgl. SMITH 1974 : 283. Ebenfalls Or_{90} erhält man für die Gitterkonstante a und das Zellvolumen (auch berechnet nach der Formel bei STEWART 1974 : St-8), während die Werte für b und c zwischen Orthoklas und Maximum Mikroklin fallen, jedoch wegen des flachen Verlaufes der Kurven in diesem Bereich keine Aussage über den Or-Gehalt ermöglichen, WRIGHT & STEWART 1968, STEWART 1975.

Aus dem Diagramm, das die Gitterkonstanten b und c mit a korreliert, STEWART & WRIGHT 1974, folgt der für a zu erwartende Wert mit $8,55 \text{ \AA}$, was mit dem beobachteten Wert $a = 8,557 \text{ \AA}$ gut übereinstimmt, so daß kein „anomaler“ Alkalifeldspat vorliegt; weiterhin ist ein etwas größerer Gehalt als Or_{90} abzuschätzen. Sowohl aus dem Diagramm wie auch aus der Gleichung bei STEWART 1975 : St-13 wird $t_{10} + t_{1m} = 0,85$ bestimmt, was in Verbindung mit $\alpha^* = \gamma^* = 90^\circ$ ergibt:

$$\begin{aligned} t_{10} &= t_{1m} = 0,42 \\ t_{20} &= t_{2m} = 0,08 \end{aligned}$$

Eine Precessionaufnahme um die c -Achse zeigt keine Verzwilligung und keine meßbare Abweichung des Winkels γ^* von 90° .

Unter der Voraussetzung, daß keine Verzwilligung unter der Nachweisbaregrenze der Mikrosonde und der verwendeten Röntgenmethoden besteht, handelt es sich um einen Orthoklas, der in der Nähe des Alkalifeldspates Spencer V liegt, vgl. Abb. 5.

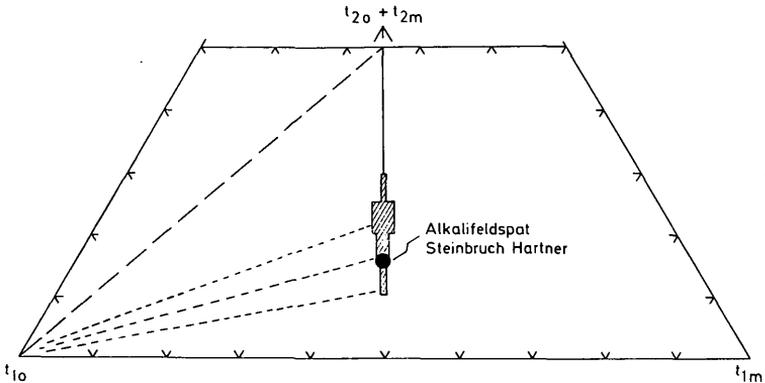


Abb. 5: Im Dreieckdiagramm t_{10} , t_{1m} , $t_{20} + t_{2m}$ kommt der Alkalifeldspat vom Steinbruch Hartner bei Schwanberg in das schraffierte Feld der monoklinen Feldspäte zu liegen. Nach U-Tisch-Daten von DOLAR & KORITNIG 1939 wäre höchstens eine kleine Abweichung nach links möglich.

Eine Bestimmung des Brechungsquotienten $n_{\beta} = 1,522-1,523$ läßt nach SMITH 1974: 386 auf etwa 90 Gewichtsprozent Or schließen.

Die Auslöschungsschiefe auf (010) gegen die Spur von (001) liegt bei etwa 6–8° und steht in Übereinstimmung mit der Angabe von 7–8° bei KIESLINGER 1928; DOLAR & KORITNIG geben 3° an. Der Wert von 6–8° entspricht nach TUTTLE 1952, zitiert auch bei SMITH 1974: 389, der Zusammensetzung von $Or_{80}-Or_{90}$ und auch nach dem Diagramm, das die Gitterkonstanten b und c mit der Auslöschungsschiefe auf (010) in Beziehung setzt, STEWART 1974, 1975: St-28 ist ein Wert von etwa 7,5° zu erwarten. Die Auslöschungsschiefe auf (001) gegen die Spur von (010) ist sehr klein und erreicht wohl nicht den von DOLAR & KORITNIG 1939 angegebenen Wert von 3°. Nach STEWART 1974, 1975: St-27, ist diese Auslöschungsschiefe ein Maß für die Differenz $t_{10}-t_{1m}$ und $t_{10}-t_{1m} = 0$ bedeutet die Auslöschungsschiefe 0°. Allerdings ist diese Größe, auch polysynthetische Verzwilligung nach (010) ruft diesen Summeneffekt hervor, nicht sehr zuverlässig.

Wenn man weiterhin die optischen Angaben über den Alkalifeldspat bei DOLAR & KORITNIG 1939 heranzieht, ist zu berücksichtigen, daß das Originalmaterial nicht zur Verfügung steht. Die genannten Autoren geben einen Achsenwinkel von 2V schwankend zwischen -52° bis -69° mit einem Mittelwert von -59° an. Nach dem Diagramm bei STEWART 1974, 1975, das die Gitterkonstanten b und c mit 2V in Relation setzt, sollte der Wert bei etwa -63° liegen, was also mit der Beobachtung übereinstimmt. Die bei DOLAR & KORITNIG 1939 beobachtete Variation des Achsenwinkels ist im Sinne von STEWART 1975: St-29 aufzufassen.

Eine Interpretation der von DOLAR & KORITNIG 1939 publizierten U-Tisch-Daten läßt eine Deutung als ein sehr leicht trikliner Mikroklin zu, wobei jedoch die Meßgenauigkeit auf Grund des undulösen Auslöschens eingeschränkt erscheint, DOLAR & KORITNIG 1939: 31.

Von demselben, naturgemäß nur geringen, möglichst durchsichtigen Alkalifeldspatmaterial, das für alle Röntgenaufnahmen und Mikrosondenaufnahmen zur Verwendung kam, wurde auch eine flammenphotometrische Alkalibestimmung gemacht:

K_2O 13,55%
 Na_2O 1,38%

entsprechend Or_{87} .

Außerdem zeigen die Zahlen, daß noch einige Prozente Plagioklas oder andere Verunreinigungen in dem ausgesuchten Alkalifeldspat stecken.

In Anbetracht dessen, daß das Originalmaterial von DOLAR & KORITNIG 1939 nicht mehr greifbar ist, scheint es fraglich, ob es sinnvoll ist, die chemische Analyse des von ihnen als „Anorthoklas“ bezeichneten Minerals nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen neu zu interpretieren. Zur Auffassung als Anorthoklas kommen die beiden genannten Autoren dadurch, daß sie das gesamte K und Na sowie fast das ganze Ca (ein Teil des Ca wird auf den zweifellos vorhandenen Calcit verrechnet) in einen einheitlich wesentlich vorhandenen Alkalifeldspat verrechnen. Dabei müssen die beiden Autoren aber Analysenfehler (bei Al_2O_3 0,3%) annehmen. Interpretiert man aber so, wie es an dem Material für die vorliegende Untersuchung zu beobachten ist, daß es sich um Einschlüsse von Plagioklas und Calcit in einem Alkalifeldspat handelt, so muß man ebenfalls Korrekturen an den Analysenwerten vornehmen in dem Sinne, daß CaO zu niedrig und Na_2O zu hoch bestimmt wurden, wie es in der Tab. 2 angegeben ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß es sich bei dem hier untersuchten Material von Alkalifeldspat des Steinbruches Hartner nicht um einen Anorthoklas, sondern um einen Alkalifeldspat (etwa Or_{90}) mit Einschlüssen von Plagioklas (etwa An_{40}) und etwas Calcit handelt. Beim Alkalifeldspat läßt sich eine niedrigere Symmetrie als monoklin nicht in Diffraktometeraufnahmen nachweisen; ebenso ist in Röntgeneinkristallaufnahmen und auch Elektronenstrahlmikroanalysen eine K-Na-Entmischung nicht nachweisbar. Nur U-Tisch-Messungen – von DOLAR & KORITNIG 1939 an allerdings nicht mehr greifbarem Material durchgeführt – lassen eine leichte Triklinität vermuten. Der darstellende Punkt ist im Dreieck t_{TO} , t_{TM} , $t_{\text{ZO}} + t_{\text{ZM}}$ in Abb. 5 zu ersehen. Verzwillingung trikliner Kristalle und Entmischung unter der Nachweisgrenze der verwendeten Methoden ist nicht auszuschließen.

Hinsichtlich der Genese ist keine Aussage über Abkühlungsgeschichte oder ähnliches zu machen. Eine Entmischung eines früher einheitlichen ternären Feldspates scheint schon wegen der variierenden Menge von Plagioklaseinschlüssen und besonders wegen der Einschlüsse von Calcit unwahrscheinlich. Da aber zwischen Alkalifeldspat und Plagioklas vorwiegende Parallelverwachsung besteht, wird man an ein gleichzeitiges Wachstum denken können. Es ist aber auch eine metasomatische Verdrängung des Alkalifeldspates durch Plagioklas mit epitaktischen Effekten durchaus im Bereich der Möglichkeit.

Allanit (Orthit)

Unabhängig von dem nadeligen Klinozoisit in den randlichen Umwandlungszonen von Skapolith beobachtet KIESLINGER 1928 Zoisit und MEIXNER 1939 Klinozoisit in größeren Körnern. Die Untersuchung eines solchen Kornes mit Hilfe der Elektronenstrahlmikroanalyse zeigt einen Kern von Allanit mit radioaktiven und Seltenen-Erden-Elementen. Dieser Kern ist gegen eine randliche Partie von eisenreichem Klinozoisit bis Epidot abgesetzt, Abb. 6. Die optische Achsenebene steht senkrecht zur Längserstreckung, der optische Achsenwinkel ist groß.

Zur Ausführung der Arbeit standen mir die Mittel des Institutes für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz zur Verfügung. Für die schwierig auszuführenden Precessionaufnahmen danke ich auch an dieser Stelle Frau Prof. Dr. E. M. WALITZI, Herrn Dr. P. GOLOB, Zentrum für Elektronenmikroskopie in Graz (Leitung Hofrat Dr. F. GRASENICK), gilt mein Dank für die Betreuung der Herstellung der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen und Elektronenstrahlmikroanalysen sowie für die Interpretationshilfen bei der Allanitaufnahme.

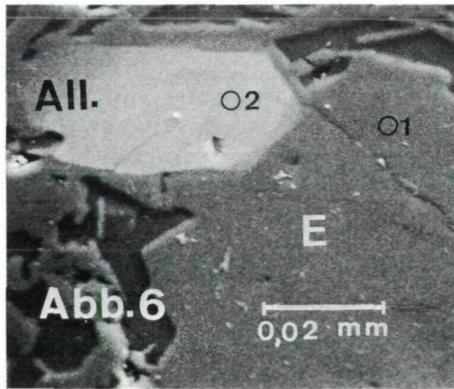
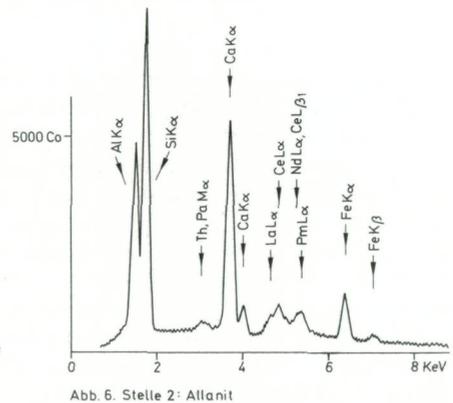
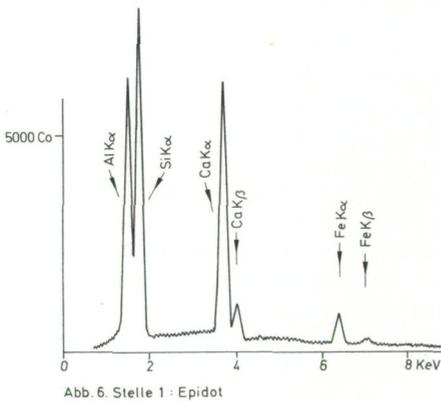


Abb. 6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines selbständigen Klinzoisit-Epidotkornes. Abb. 6, Stelle 1 zeigt, daß eine größere Partie Klinzoisit-Epidot ist, während Abb. 6, Stelle 2 einen deutlich abgesetzten Kern von Allanit (Orthit) ausweist. All. = Allanit, E = Epidot.



Literatur

- BAMBAUER H. U., TABORSZKY F. und TROCHIM H. D. 1971. W. E. TRÖGER: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1 Bestimmungstabellen, 4. Aufl. – Schweizerbart, Stuttgart.
- BURLEY B. J., FREEMAN E. B. & SHAW D. M. 1961. Studies on scapolite. – Canadian Mineralogist, 6: 670–679.
- DEER W. A., HOWIE R. A. & ZUSSMAN J. 1962. Rock-Forming Minerals. Vol. 1 Ortho- and Ring Silicates. – Longmans, London.
- DEER W. A., HOWIE R. A. & ZUSSMAN J. 1963. Rock-Forming Minerals. Vol. 4 Framework Silicates. – Longmans, London.
- DE RUDDER R. D. & BECK C. W. 1964. Clinzoisite from Willsboro Wollastonite Deposit, New York. – Geol. Soc. America, Spec. Pap., 76: 42–43.
- DOLAR-MANTUANI L. & KORITNIG S. 1939. Die Feldspäte von Schwanberg (Steiermark). – Zeitschr. f. Kristallogr., 101: 30–38.

- EVANS B. W., SHAW D. M. & HAUGHTON D. R. 1969. Scapolite Stoichiometry. – *Contr. Mineral. and Petrol.*, 24: 293–305.
- GOLDSMITH J. R. 1976. Scapolites, granulites, and volatiles in the lower crust. – *Geol. Soc. of America Bulletin*, 87: 161–168.
- HERITSCH H. 1972. Die Bildungsbedingungen von alpinotypem Eklogitamphibolit und Metagabbro, erläutert an Gesteinen der Koralpe, Steiermark. – *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 19: 213–271.
- 1980. Einführung zu Problemen der Petrologie der Koralpe. – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum Graz*, 41: 213–248.
- KIESLINGER A. 1928. Geologie und Petrographie der Koralpe, V, Marmorvorkommen im Bereich des Kartenblattes Deutschlandsberg–Wolfsberg. – *Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Klasse, Abt. I*, 137: 101–111.
- MEIXNER H. 1939. Eine Karbonatskapolithparagenese vom Typus Pargas aus dem Sulmtal bei Schwanberg, Koralpe, Steiermark. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 50: 672–689.
- MILLHOLLEN G. L. 1974. Synthesis of Scapolite under magmatic Conditions. – *American Mineralogist*, 59: 618–620.
- ORVILLE P. M. 1975. Stability of scapolite in the system Ab-An-NaCl-CaCO₃ at 4 kb and 750°C. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39: 1091–1105.
- ROZEN O. M., SIDORENKO S. A. & KUZNETSOVA N. N. 1977. Scapolite and Apatite as Indicators of Composition of Volatiles in Metamorphism of the Granulite Complex of the Kola Peninsula. – *Doklady Akad. Nauk SSSR* 237: 441–444, bzw. *Doklady Earth Science Sections (Amer. Geol. Inst.)*, 237: 211–213.
- SHAW D. M. 1960. The Geochemistry of Scapolite. Part I. Previous Work and General Mineralogy. – *J. Petrol.*, 1: 218–260.
- 1960. The Geochemistry of Scapolite. Part II. Trace Elements, Petrology, and General Geochemistry. – *J. Petrol.*, 1: 261–285.
- SMITH J. V. 1974. Feldspar Minerals, vol. 1: Crystal Structure and Physical Properties. – Springer-Verlag Heidelberg–Berlin–New York.
- STEWART D. B. 1974. Optic axial angle and extinction angles of alkali feldspars related by cell parameters to Al/Si order and composition. – In: *The Feldspars*, 145–161. – Ed. W. S. MAC KENZIE & J. ZUSSMAN, Manchester University Press.
- 1975. Lattice Parameters, Composition, and Al/Si Order in Alkali Feldspars, St. 1–22; Optical Properties of Alkali Feldspars, St. 23–30. – In: *Feldspar Mineralogy*, *Min. Soc. America, Short Course Notes, Vol. 2*.
- STEWART D. B. & WRIGHT T. L. 1974. Al/Si order and symmetry of natural alkali feldspars, and the relationship of strained cell parameters to bulk composition. – *Bull. Soc. franç. Minéral. Cristallogr.*, 97: 356–377.
- STRENS R. G. J. 1964. Epidotes of the Borrowdale Volcanic rocks of central Borrowdale. — *Min. Mag.*, 33: 868–886.
- 1966. Properties of the Al-Fe-Mn epidotes. – *Min. Mag.*, 35: 928–944.
- TUTTLE O. F. 1952. Optical Studies on Alkali Feldspars. – *Amer. Journ. of Science*, *Bowen Volume Part I*: 553–567.
- WRIGHT T. L. & STEWART D. B. 1968. X-Ray and optical Study of alkali Feldspar: I. Determination of composition and structural state from refined unit-cell parameters and 2 V. – *Amer. Mineralogist*, 53: 38–87.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Haymo HERITSCH, Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität, Universitätsplatz 2, 8010 Graz, Österreich.