

# Natriumamphibole und Natriumpyroxene als Mineralneubildungen in Sedimenten und basischen Vulkaniten aus dem Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen

VON ELISABETH CH. KIRCHNER \*)

*Salzkammergut*  
*Hallstätter Zone*  
*Permoskyth*  
*Salinar*  
*Metapelite*  
*Metabasalt*  
*Serpentin*  
*Gesteinsanalysen*  
*Mineralneubildung*  
*Mikrosonden-Analysen*  
*Aegirin*  
*Crossit*  
*Krokydolith (Mg-Riebeckit)*

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blätter 94, 95, 96, 97

Schlüsselwörter

## INHALT

Zusammenfassung, Summary . . . . .	250
I. Einleitung . . . . .	250
II. Vorkommen . . . . .	251
II.1. Geologie . . . . .	251
II.2. Mineralfunde . . . . .	251
III. Untersuchungsmethoden . . . . .	253
IV. Beschreibung der einzelnen Lokalitäten . . . . .	253
IV.1. Grabenbach . . . . .	253
IV.1.1. Metapelit . . . . .	256
IV.1.2. Karbonatsilikatgestein . . . . .	256
IV.1.3. Diabas . . . . .	256
IV.2. Mooseck b. Grubach, E Golling . . . . .	257
IV.2.1. Metapelit . . . . .	258
IV.2.2. Diabas . . . . .	258
IV.3. Rigaus—Webing . . . . .	258
IV.3.1. Metapelit . . . . .	258
IV.3.2. Diabas . . . . .	259
IV.4. Wiernern-Auermahd, Grundlsee, Stmk. . . . .	261
IV.4.1. Metasedimente . . . . .	261
IV.4.2. Karbonatsilikatgestein . . . . .	262
IV.4.3. Diabas . . . . .	262
V. Mineralogie . . . . .	262
V.1. Aegirin . . . . .	262

\*) Anschrift der Verfasserin: Dr. ELISABETH CH. KIRCHNER, Institut für Mineralogie und Petrographie Universität Salzburg, Akademiestraße 26, A-5020 Salzburg.

V.2. Mg-Riebeckit . . . . .	265
V.3. Crossit-Glaukophan . . . . .	266
V.4. Kalifeldspat . . . . .	267
V.5. Plagioklase . . . . .	278
V.6. Phengit . . . . .	271
V.7. Chlorit . . . . .	271
V.8. Pumpellyit . . . . .	271
V. 9. Talk . . . . .	271
V.10. Aktinolith . . . . .	271
V.11. Karbonate . . . . .	271
V.12. Pyrophyllit . . . . .	272
V.13. Weitere Minerale . . . . .	272
V.14. Paragenesen . . . . .	272
VI. Diskussion der Genese . . . . .	272
VI.1. Allgemeines . . . . .	272
VI.2. Mineralneubildungen . . . . .	273

### Zusammenfassung

Im Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen finden sich im Bereich der salinären Ablagerungen von Gips und Anhydrit, weniger häufig im Steinsalz Vulkanitkörper eingeschaltet, die ebenso wie unmittelbar an die Vulkanite angrenzende Sedimentgesteine Natriumamphibole und Natriumpyroxene führen.

Die Voraussetzung zur Entstehung dieser Minerale lieferte einerseits eine Regionalmetamorphose mit geringen PT Bedingungen von altalpidischem Alter, andererseits die chemische Vorbedingung, die in die Zeit der Ablagerung der Sedimente und der Extrusion der Vulkanite zurückreicht und durch die salinare Beeinflussung geprägt ist. In diese Zeit ist auch die Bildung der Natriumphasen (Albit oder Analcim) in den Sedimenten zu stellen, die pseudomorph durch Kaliumphasen, wie K-Glimmer und Kalifeldspat ersetzt werden. Es folgt die Bildung der Natriumamphibole während der altalpidischen Regionalmetamorphose.

### Summary

At the stratigraphical lower parts of Northern Calcarian Alps salinar deposits like gypsum, anhydrite and rock salt are widespread. Within those deposits volcanic rocks of mainly extrusive character are found. Sodium amphiboles and pyroxenes growing in diabases as well as in sediments.

The minerals are built during a regional metamorphism of very low to low grade intensity during old alpine metamorphism. The chemical conditions leading to the concentration of sodium within the sediments dates back to the deposition of them and the extrusion of volcanics during which time the influence of salinar solutions was obvious. These sodium rich minerals have been altered pseudomorph by potassiumminerals like K-mica and K-feldspar. During old alpine metamorphism the sodiumamphiboles and sodiumpyroxenes have been built.

### I. Einleitung

Der früheste Hinweis auf das Auftreten natriumhaltiger Silikatminerale innerhalb der Hallstätter Zone findet sich, wie es MELXNER (1951) schon zusammenstellte, bei STROMEYER & HAUSMANN (1832). In dieser Arbeit wird Krokydolith, der damals schon längere Zeit bekannt war, allerdings als „Faseriger Siderit“ bezeichnet worden war, von obigen Autoren richtig erkannt und bezeichnet. Eine eingehendere Arbeit über diese Mineralfundstelle des „Blauguarzes“ am Grabenbach bei Grubach, Golling, wurde 1913 von DOHT und HLAWATSCH veröffentlicht. In dieser Arbeit werden die für diesen Bereich seltenen Minerale „Jadeitaegirin“ und Krokydolith,

die faserige Ausbildung von Riebeckit, mittels chemischer Mineralanalysen bestimmt. Um die Entstehung dieser Minerale erklären zu können, versuchte SCHAUBERGER (1934) die anstehenden Muttergesteine dieser Minerale durch Grabungen zu erreichen. konnte aber nur lose Blöcke feststellen (beschrieben bei SCHAUBERGER, 1959), Neben diesen Arbeiten weist JOHN bereits 1899 auf eine „glaukophanartige“ Hornblende von der Auermahd am Grundlsee hin. Für einen von ZIRKL (1951) beschriebenen „Krokydololith in Anhydrit“ ist der Fundort vermutet, jedoch nicht gesichert; dieser dürfte mit der von SCHAUBERGER (1960) vom Lauffener Erbstollen, S Bad Ischl, beschriebenen Fundstelle von Krokydololith innerhalb der Ischler Lagerstätte ident sein. In jüngerer Zeit wurde einerseits das Crossitvorkommen von Rigaus (MEIXNER, 1971) und andererseits die Aegirin und Krokydolit führenden Gesteine von der Gipslagerstätte Wienern am Grundlsee bekannt (MEIXNER, 1974). Ein Krokydololithfund ähnlicher Paragenese, wie es von Grabenbach bei Golling bekannt wurde, konnte 1978 von MEIXNER aus der Gipslagerstätte Dalaas, Klostertal in Vorarlberg beschrieben werden.

Trotz dieser gehäuften Funde aus dem Bereich des Salinars aus dem Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen war eine genaue mineralogische und petrographische Bearbeitung noch ausständig, eine Lücke, die die vorliegende Arbeit zumindest teilweise zu schließen trachtet.

## II. Vorkommen

### II.1. Geologie

Die Fundpunkte der Na-Pyroxen und Na-Amphibol führenden Gesteine sind an das Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen gebunden. Sie finden sich durchwegs innerhalb der Hallstätter Zone im Sinne von W. SCHLAGER (1967). Wie aus Abb. 1 ersichtlich, finden sie sich fast ausschließlich im Haselgebirge und den Werfener Schichten. Entsprechend der Aufgabenstellung sind geologische Aussagen nicht vorgesehen, es soll hier nur auf die wichtigsten geologischen Übersichts- und Spezialarbeiten, die sich mit den entsprechenden Gebieten befassen, hingewiesen werden: BÖGEL & SCHMID (1976), TOLLMANN (1976), DEL NEGRO (1977), MEDWENTSCH (1957), PLÖCHINGER (1968, 1974, 1976), SCHÄFFER (1977), SCHAUBERGER (1949, 1955), SCHLAGER (1967) und SCHÖLLNERBERGER (1967).

### II.2. Mineralfunde

Natriumpyroxene und Natriumamphibole wurden bislang in drei verschiedenen Gesteinsarten angetroffen und zwar in Metapeliten, Karbonat-Silikatgesteinen und in Metabasiten. Diese drei Gesteinstypen treten regelmäßig in sehr engem Verband miteinander auf (Bereiche in der Größenordnung von Metern bis einigen Zehnm Metern), ohne daß aber eine Abfolge innerhalb dieser Gesteine, aufgrund der tektonischen Beanspruchung, rekonstruierbar wäre; sie sind insgesamt an das Haselgebirge gebunden. Die basischen Vulkanite sind möglicherweise sowohl gangförmig intrudierte oder aber als Lava extrudierte Basalte, wie z. B. die Kissenlavabreccien von der Gipslagerstätte Wienern am Grundlsee (KIRCHNER, 1979). Auch pyroklastisches Gesteinsmaterial (Tuffe) wurde nachgewiesen. Ein Teil der Gesteine, in welchen die in dieser Studie besprochenen Minerale auftreten, dürften aus ihrem ursprünglichen stratigraphischen Verband herausgelöst sein. Sie befinden sich nun als tektonisch eingepreßte Körper innerhalb der permoskythischen Gips- und Anhydritvorkommen bzw. innerhalb des Haselgebirges, einer Breccie von Salz, Ton und Gips-Anhydrit (Abb. 1). Das gehäuften Auftreten der Gesteine immer in Verbindung mit dem Hasel-

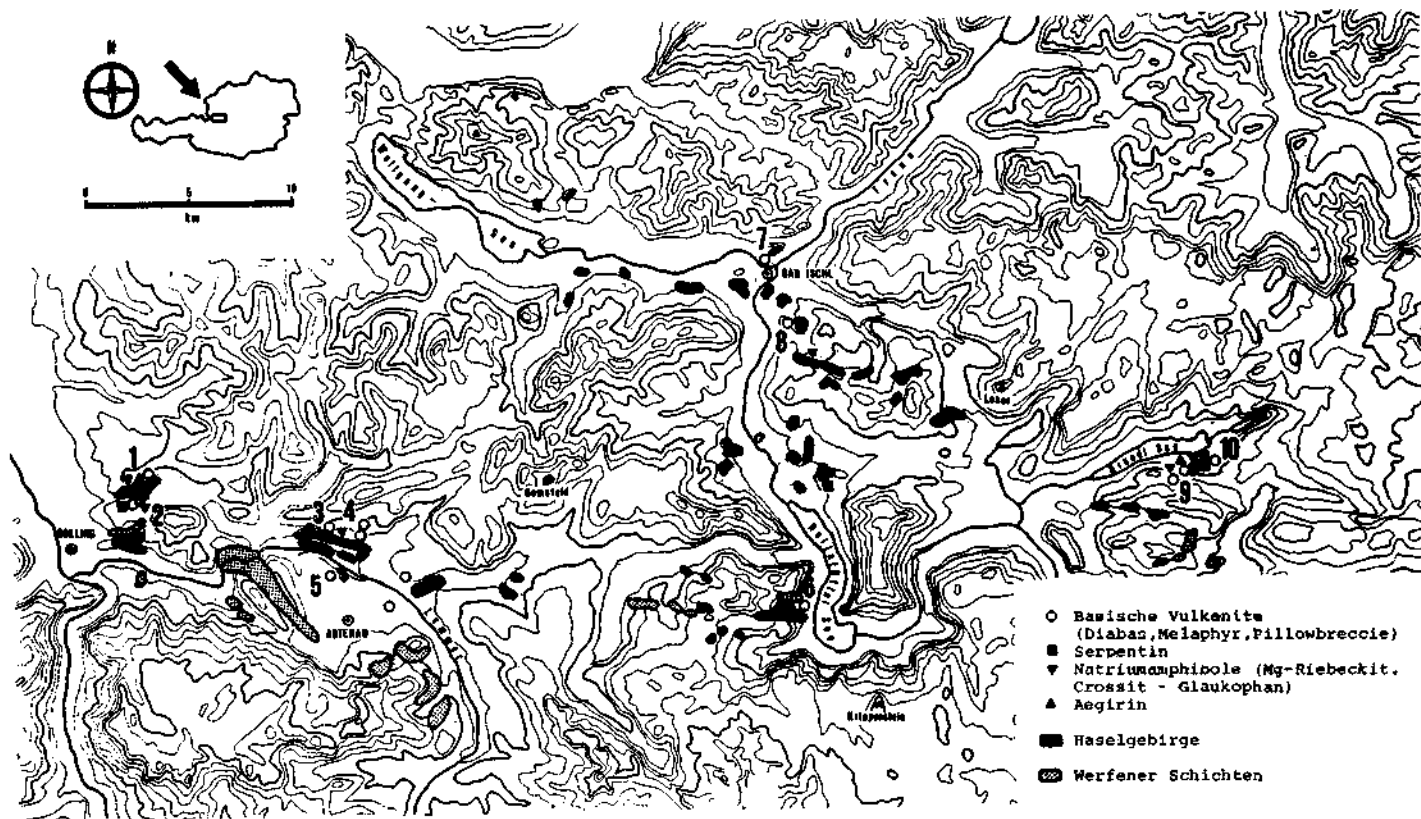


Abb. 1: Lage der Vorkommen von Na-Amphibolen und Na-Pyroxenen im Permoseyth der Nördlichen Kalkalpen.

1 = Grabenbach, Grubach, E von Golling, Salzburg; 2 = Mooseck, Grubach, E von Golling, Salzburg; 3 = Webing, N Abtenau, Salzburg; 4 = Rigaus, N Abtenau, Salzburg; 5 = Grub, N Abtenau, Salzburg; 6 = Hallstatt, OÖ.; 7 = Bad Ischl, OÖ.; 8 = Perneck, SE Ischl, OÖ.; 9 = Auermahd, am Grundlsee, Stmk.; 10 = Wiernern, am Grundlsee, Stmk.

gebirge und insbesondere das Auftreten der Kissenlavabreccien weisen darauf hin, daß trotz des tektonischen Charakters einiger dieser Körper eine primär stratigraphische Bindung zumindest eines Teils der Vulkanite an das Haselgebirge sehr wahrscheinlich ist; als Beispiel dazu sei die Kissenlavabreccie von Wienern am Grundlsee erwähnt (KIRCHNER, 1979). Schon SCHAUBERGER (1949, 1955) und ZIRKL (1957) vertreten diese Meinung.

Im folgenden werden drei Vorkommen von Natriumamphibolen und Natrium-pyroxenen besprochen, deren geographische Lage aus Abb. 1 ersichtlich ist.

1. Grabenbach b. Grubach, E. Golling, Salzburg.
2. Mooseck b. Grubach, E. Golling, Salzburg.
3. Rigaus—Webing, N Abtenau, Salzburg.
4. Wienern—Auermahd, Grundlsee, Stmk.

### III. Untersuchungsmethoden

Neben Dünnschliffuntersuchungen und Streupräparaten zur Bestimmung der optischen Eigenschaften der Minerale wurden die Gesteine phasenanalytisch mit Hilfe eines Röntgendiffraktometers der Firma Siemens untersucht.

Chemische Vollanalysen der Gesteine wurden mit einem Atomabsorptions-Spektrophotometer der Firma Perkin Elmer, Typ 300, ausgeführt; Si, Ti und P wurden photometrisch bestimmt. Die Minerale wurden mit den Mikrosonden der Type ARL-EMX in Heidelberg am Max Planck Institut und am Naturhistorischen Museum, Wien, Mineralogische Abteilung, und auch in Salzburg mit der am Geologischen Institut der Universität Salzburg stehenden Elektronenmikrosonde Microscan V der Firma Cambridge analysiert. Die Korrekturrechnung erfolgte nach der Methode BENCE & ALBEE (1968) für die Messungen an den Geräten ARL-EMX und mit dem Programm MAGIC nach COLBY (1968) für die Messungen am Salzburger Gerät.

## IV. Beschreibung der einzelnen Lokalitäten

### IV.1. Grabenbach

Die im Grabenbach, E vom Gasthof Grubach, E Golling, aufgesammelten Gesteinsproben sind am Nordrand des Gipsstockes Mooseck bei Grubach an der Grenze zu den durch eine tektonische Linie vom Gips getrennten kretazischen Roßfeldschichten aufgeschlossen (PLÖCHINGER, 1968). Die im Grabenbach gesammelten Gesteine liegen also an der N Grenze des Gipsstockes, während mit Mooseck der Bereich der Gips-lagerstätte selbst und der S daran grenzende Raum verstanden wird. Entlang des Grabenbaches ist von W, von der Blauquarzfundstelle ausgehend nach E fortschreitend folgendes Profil zu sehen:

- 8 m Wahrscheinlich Linsen von Karbonatsilikatgestein mit Blauquarzadern und ebensolchen Linsen von grünem Metapelit (nicht anstehend)
- 40 m Gips
- 40 m Metavulkanit
- 80 m grün bis grauer Metapelit  
Gips

#### IV.1.1. Metapelit

Ein hell bis graugrünes linsig zerschertes Metasediment, dessen mechanische Beanspruchung bei der Diagenese erfolgt sein dürfte. Mehr oder weniger senkrecht zu der Scherrichtung ist das Gestein von mit Quarz und Karbonat verheilten Zerrissen durchzogen. Jüngere Quarzgänge gehen durch das ganze Gestein (Abb. 2).

Dieses Gestein führt zwar selbst keine Natriumamphibole oder -Pyroxene, ist aber insofern von Bedeutung, als es immer im Gefolge der Karbonatsilikatgesteine, in denen im gehäuften Maße Aegirin und Mg-Riebeckit auftreten, zu finden ist. Übergänge von Metapelit zu dem Karbonatsilikatgestein konnten zwar nicht im Anstehenden beobachtet, wohl aber in Handstücken gesammelt werden.

Charakteristisch für den Chemismus dieses Gesteins (Tab. 1, Analysen Nr. 8–10) ist ein geringer  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Gehalt, sowie relativ hohe  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und MgO Gehalte und schließlich ein ungewöhnlich hoher Glühverlust, der zum Großteil auf die in feinsten Adern durchziehenden Mg-Fe-Karbonate zurückzuführen ist. Im AKF

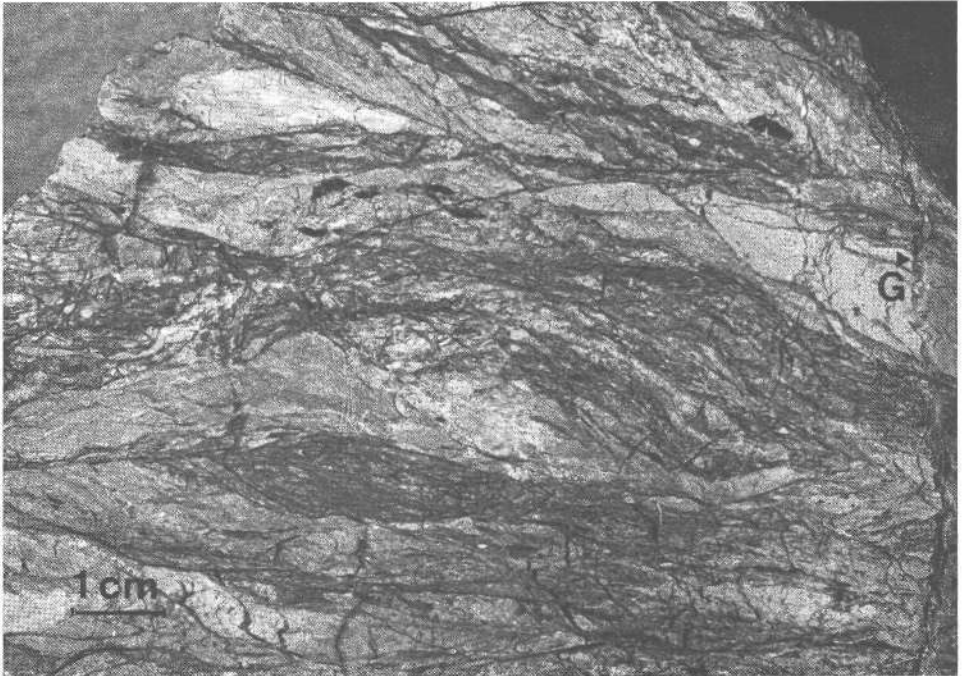


Abb. 2: Hellgrüner Metapelit (polierte Gesteinsoberfläche im Auflicht), Grabenbach. Die mechanische Beanspruchung dürfte in einem späten Stadium der Diagenese erfolgt sein. G = Quarzgang

Diagramm (Abb. 3) fallen die darstellenden Punkte der Metapelite von Rigaus mitten in das große Streufeld der Muskovite z. T. auch der Glaukonite, während die Metapelite vom Grabenbach durch den höheren  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Gehalt von diesen in Richtung der Zusammensetzung des Chlorites abweichen. Einige Referenzpunkte für Muskovit und Illit wurden aus der Arbeit von DEER—HOWIE—ZUSSMAN (1967) übernommen, die Analysen für das Streufeld der Glaukonite wurden den Arbeiten von BURST (1958) und HENDRICKS (1941) entnommen.

Da zur Darstellung im AKF Diagramm die Kenntnis von  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  notwendig ist, wurde aus oben angeführten Analysen ein Durchschnittswert berechnet, der bei den Analysen des Grabenbachs eingesetzt wurde ( $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 1/6$ ).

Die röntgenographische Phasenbestimmung ergab in Übersichtsdiagrammen

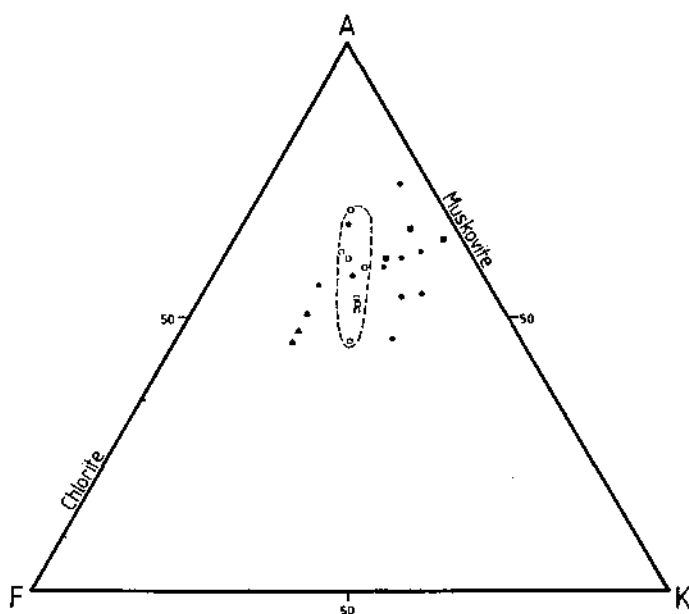


Abb. 3: Analysen der Metapelite im AKF-Diagramm

▶ grüne Metapelite, Grabenbach; ● fleckenreiche Metapelite, Rigaus; □ Glaukonitfeld mit Analysen aus BURST 1958, HENDRICKS 1941; ■ Muskovite und Illite aus DEER-HOWIE-ZUSSMAN 1967

Tabelle 1: Naßchemische Analysen der Metapelite  
Analysen: I. BAUMGARTNER, G. ANDORFER

	Metapelite			Rigaus			Siltton <sup>3)</sup> Metapelit Grabenbach			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	
SiO <sub>2</sub>	51,0	57,4	61,9	62,5	62,9	67,3	59,5	49,0	42,7	39,2
TiO <sub>2</sub>	0,96	0,96	0,81	0,87	0,74	0,63	0,8	0,53	0,55	0,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,9	21,8	18,8	16,8	16,8	11,5	17,8	10,9	12,6	14,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1)</sup>	5,59	3,64	3,82	5,08	5,99	6,77	4,8	10,6	11,5	12,5
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	—	0,37	0,36	0,40
MgO	8,42	3,42	2,99	4,15	2,90	2,25	2,2	8,88	8,92	8,80
CaO	0,05	0,14	0,29	0,15	0,22	0,16	0,4	0,38	0,51	0,27
Na <sub>2</sub> O	0,16	0,75	1,12	1,61	1,74	3,56	0,8	0,04	0,04	0,06
K <sub>2</sub> O	5,93	8,83	6,11	5,25	3,79	5,66	4,2	5,57	6,08	6,43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,12	0,11	0,17	0,19	0,05	0,1	0,25	0,38	0,22
Glühverlust	6,5	2,7	4,3	3,2	4,5	2,43	6,9	13,2	15,9	16,7
CO <sub>2</sub> <sup>2)</sup>							2,0			
	99,63	99,76	100,26	99,79	99,78	100,36	99,5	99,72	99,54	99,39

<sup>1)</sup> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> als Gesamteisen

<sup>2)</sup> CO<sub>2</sub> wurde nicht bestimmt, ist daher im Glühverlust enthalten

<sup>3)</sup> Siltton, Bodensee als Vergleichsanalyse (FÜCHTBAUER & MÜLLER 1970, p. 134)

überwiegend Hellglimmer und Mesitinspat, letzteren in sehr unterschiedlichen Mengen, Schlammproben zeigten, daß zwei verschiedene Schichtsilikate mit Glimmerstruktur vorhanden sind, einmal ein Hellglimmer (2M), (wahrscheinlich Phengit) mit einer Basislinie von 9,96 Å neben einer weiteren, deren (002) Reflex bei 10,4 Å liegt. Bei kleineren Korngrößen (2–6 my) überwiegt mengenmäßig der Anteil des 10,4 Å Glimmers.

Unter dem Mikroskop wurden grüne stark pleochroitische Körner mit einer für Chlorit hohen Doppelbrechung beobachtet. Röntgenographisch konnte Chlorit nur in sehr geringen Mengen nachgewiesen werden, so daß angenommen wird, daß es sich bei dem 10,4 Å Schichtsilikat um Glaukonit handelt.

Das mikroskopische Bild zeigt weiters eine statistische Verteilung von winzigen Körnchen (0,01 mm und kleiner) von Hämatit bzw. Limonit, so daß die von Tröger (1969) angegebene Umwandlung von Glaukonit zu Phengit, Chlorit und Hämatit zumindest teilweise abgelaufen sein könnte. Für die von FREY und HUNZIGER (1973) angegebene Reaktion zur Bildung von Stilpnomelan gibt es bisher keine Hinweise. So findet man neben dem bereits erwähnten Hellglimmer (Phengit) und Mesitinspat noch Quarz und Glaukonit sowie in geringen Mengen Chlorit, Hämatit (Limonit) und ebenfalls röntgenographisch nachgewiesen noch Kalifeldspat.

#### IV.1.2. Karbonatsilikatgestein

Dieses Gestein, das bisher immer an den Übergangszonen vom Gipsstock zu den umliegenden Sedimenten (meist tektonische Grenze) jeweils nur in Blöcken und nie anstehend gefunden wurde, zeigt eine intensive Verfallung im Zentimeter- bis Dezimeter-Bereich, die offensichtlich im noch nicht vollkommen verfestigten Zustand des Sedimentes erfolgte. Die das Gestein zum Großteil aufbauenden Karbonate sind zumeist Mischkristalle der Magnesit-Siderit-Reihe, also Breunnerit bis Pisto-mesit. JARITZ (bis 1975 Betriebsleiter des Gipsbergbaues Wienern/Grundlsee) konnte meßbare Steigerungen des Mg-Gehaltes der Gipse und Anhydrite in der näheren Umgebung der Vulkanitkörper nachweisen (persönliche Mitteilung), sodaß hier ein möglicher Einfluß der Vulkanite auf die Ausscheidung von Mg-Karbonate denkbar wäre. Neben den Karbonaten finden sich in größeren Mengen Quarz, Talk, Mg-Riebeckit und Aegirin; der Mengenanteil der einzelnen Minerale variiert beträchtlich. In Handstückgröße tritt einmal Karbonat als Hauptkomponente neben den anderen erwähnten Mineralen auf, das andere Mal Quarz oder auch Mg-Riebeckit (Abb. 4). Zusätzlich zu den schon erwähnten Mineralphasen wurde noch Chlorit, Phengit, Albit, Kalifeldspat, Antigorit und selten mit Aegirin zusammen ein Mineral der Kaolingruppe festgestellt, ein weiteres selten nachgewiesenes Mineral ist Baryt. Die wichtigsten Erzminerale sind Hämatit und Pyrit neben Spuren von Millerit.

#### IV.1.3. Diabas (Metadolerit)

Im Bereich des Grabenbachs findet sich neben Diabas — der Begriff wird nachfolgend im Sinne STRECKEISENS (1964) als Bezeichnung eines schwach metamorph überprägten Dolerits verstanden — auch Melaphyr, pyroklastisches Material, das im Kleinbereich noch die sedimentäre Struktur erkennen läßt, sowie Breccien der erwähnten Gesteine, neben Serpentin und schließlich eine polymikte Diabas-Kalk-Breccie. Alle Typen zeichnen sich durch eine weitgehende Veränderung des primären Mineralbestandes aus, die den Chemismus der einzelnen Minerale, nicht aber die Struktur des Gesteins erfaßte. In der Folge wird die Bezeichnung Diabas sowohl für fein- als auch grobkörnige Metabasalte verwendet.

Der Mineralbestand des grobkörnigen Typs (Korngröße 0,2–10 mm) unterscheidet



sich vom feinkörnigen (Einsprenglinge 0,4 mm) durch seine ophitische Struktur mit Feldspatformrelikten und Pyroxenformrelikten, welche nunmehr zu Hellglimmer bzw. Crossit umgewandelt sind, wobei die Umwandlung der Pyroxene nicht immer vollständig abgelaufen ist. Der feinkörnige Typ ist porphyrisch aufgebaut mit Feldspat- und Pyroxenformrelikten, die ebenfalls zu Hellglimmer und Chlorit umgewandelt wurden. Er führt keine Na-Amphibole und es fällt der relativ hohe Erzanteil auf, der in kleinsten Körnern von Hämatit und Pyrit regelmäßig im Gestein verteilt ist.

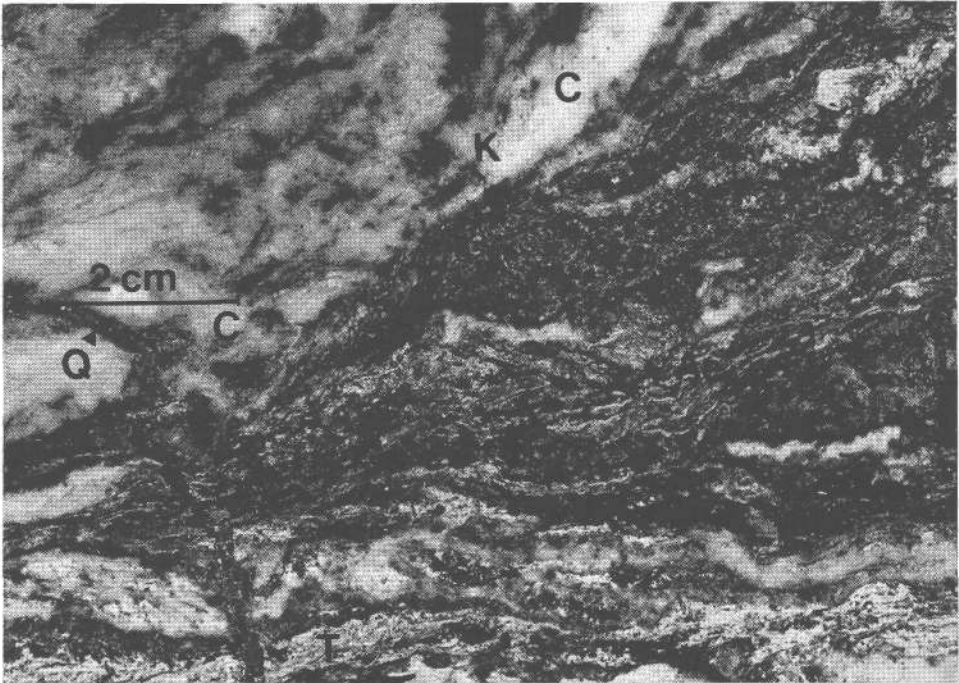


Abb. 4: Karbonatsilikatgestein (polierte Gesteinsoberfläche im Auflicht), mit schlieriger Textur. Grabenbach. — C = Fe-Mg-Karbonat; Q = Quarz; T = Talk; K = Krokydolit; Ae = Aegirin

Chemische Analysen der Diabase von den angeführten Fundpunkten sind in Tab. 2 zusammengestellt. Analyse Nr. 1, 2 und 3 sind Diabase vom Grabenbach. Davon sind Nr. 1 und 3 feinkörnige Typen ohne Na-Amphibol, während Nr. 2 sehr grobkörnig ist und seiner Struktur nach eher als Tiefengestein angesehen werden könnte.

Vergleichende Beobachtungen von Crossit freien und -führenden Diabasen gaben keine Indizien für eine Na-Zufuhr, die Analysen zeigen keine überdurchschnittliche Na, wohl aber K-Gehalte. Neben den Diabasen treten auch Metatuffite auf, die einen lagigen Aufbau von grünblauer Hornblende, Chlorit, Quarz und Titanit zeigen. Blaue Na-Amphibole sind ebenfalls beobachtbar.

#### IV.2. Mooseck b. Grubach, E Golling

Die Lokalität umfaßt alle Fundpunkte innerhalb der Gipslagerstätte Mooseck, SE vom Gasthof Grubach und reicht nach S über diese hinaus.

#### IV.2.1. Metapelit S Mooseck

Im Graben des Kertererbaches S des Gipsbergbaues wurden Rollstücke eines dichten graugrünen schwach metamorphen Sedimentgesteines aufgesammelt, dessen auffälligstes Merkmal helle Körner (Kalifeldspat) von 0,5–1 mm sind, die sich auch zu Lagen verbinden können. Wegen des feinkörnigen Aufbaues waren optische Methoden zur Bestimmung der Mineralphasen nicht mehr ausreichend; die röntgenographische Phasenanalyse ergab Hellglimmer (Phengit), Chlorit, Quarz und in geringen Mengen innerhalb des Gesteins auch Aegirin, der in feinen, den Metapelit durchziehenden Klüften angereichert sein kann.

#### IV.2.2. Diabas

Nicht nur auf der Nordseite des Gipsstockes von Mooseck ist Diabas aufgeschlossen sondern auch auf der Südgrenze desselben im Gefolge einer 15 m mächtigen, sehr stark zersetzten Serpentinlinse. Kleinere Diabasbruchstücke von Dezimeter und Meterbrocken stecken auch inmitten der Gipslagen und werden hin und wieder durch den Gipsabbau freigelegt. Der Diabas ist ein Vertreter des feinkörnigen Typs mit Relikten von Klinopyroxen, der randlich in eine aktinolitische Hornblende umgewandelt wurde, die ihrerseits wieder eine teilweise Umwandlung zu Crossit zeigt. Der Anteil des Crossits ist aber in diesem Gestein weitaus geringer und macht etwa 5% aus, während der Crossitanteil im groben Diabas des Grabenbachs 20–30% beträgt.

Dieser Diabas zeigt gegenüber den anderen erwähnten Metabasiten einen relativ unversehrten Mineralbestand, was auch im Vorhandensein der reliktschen Pyroxene seinen Ausdruck findet.

#### IV.3. Rigaus — Webing

Vom Tagbau Webing der Firma Moldan nach Osten zieht ein Berggrücken, dessen östlicher bewaldeter Kegel, knapp vor Einberg aus Metapelit besteht. Von Haselgebirge umgeben, grenzt dieser, gegen Norden durch eine tektonische Linie getrennt, an Kalke, die von WILLE & JANOSCHEK (1966) als Trias-Jura Kalke ausgeschieden wurden.

##### IV.3.1. Metapelit

Aufgrund seiner isolierten Stellung innerhalb des Haselgebirges und seiner geringmächtigen Verbreitung — er baut eine Bergkuppe von etwa 100 m Durchmesser auf — ist dieser Metapelit bisher weder geologisch noch petrographisch erfaßt worden. Kennzeichnend für dieses Gestein sind weiße Kalifeldspatkörner von 0,5–2 mm, die im Gestein unterschiedlich dicht verteilt sind (Abb. 5). Es ist eindeutig eine Abnahme der Korndichte von unten nach oben festzustellen. Dunkle Lagen und Knollen stellen vermutlich eingeschwemmte sedimentäre Mineralphasen dar, möglicherweise handelt es sich dabei um ehemalige Fe-Mg-Karbonate; die Annahme dieser Mineralgruppe stützt sich auf die Beobachtung, daß durch die Verwitterung anstelle des ursprünglichen Minerals Hohlräume getreten sind, die eine überdurchschnittliche Anreicherung von Fe in Form des Limonits aufweisen.

Crossit findet sich bevorzugt in den mit Eisen angereicherten Lagen oder Hohlräumen. (vgl. Beschreibung von Crossit im glimmerreichen Gestein von Rigaus bei MEIXNER, 1971).

Neben den schon erwähnten Kalifeldspatkörnern sind Phengit und Quarz nachzuweisen, in einigen Fällen auch Pyrophyllit. Die Korngröße des Kalifeldspates innerhalb der weißen Körner ist ungleichbar geringer, als jene der ohnehin schon

feinkörnigen Grundmasse. Im Gesamtgestein findet man neben Crossit und K-Feldspat noch Chlorit, Pumpellyit, Aegirin und Albit. An Erzmineralen überwiegt Pyrit mit Hämatitsäumen. An Kluftmineralbildungen treten Aragonit, neben Epidot und K-Feldspat neben Crossit als untergeordnete Phasen auf.

Insgesamt gesehen handelt es sich bei diesen schwach metamorphen Sedimenten um K- und Al-reiche Gesteine (Tab. 1, Analysen Nr. 1–6), deren Darstellungspunkte im AKF Diagramm (Abb. 3), nach Korrektur für die Na-Amphibole, im Bereich der Muskovite zu liegen kommen. Eine ähnliche chemische Zusammensetzung finden wir z. B. im Siltton vom Bodensee (Tab. 1, Analyse Nr. 7 nach FÜCHTBAUER und

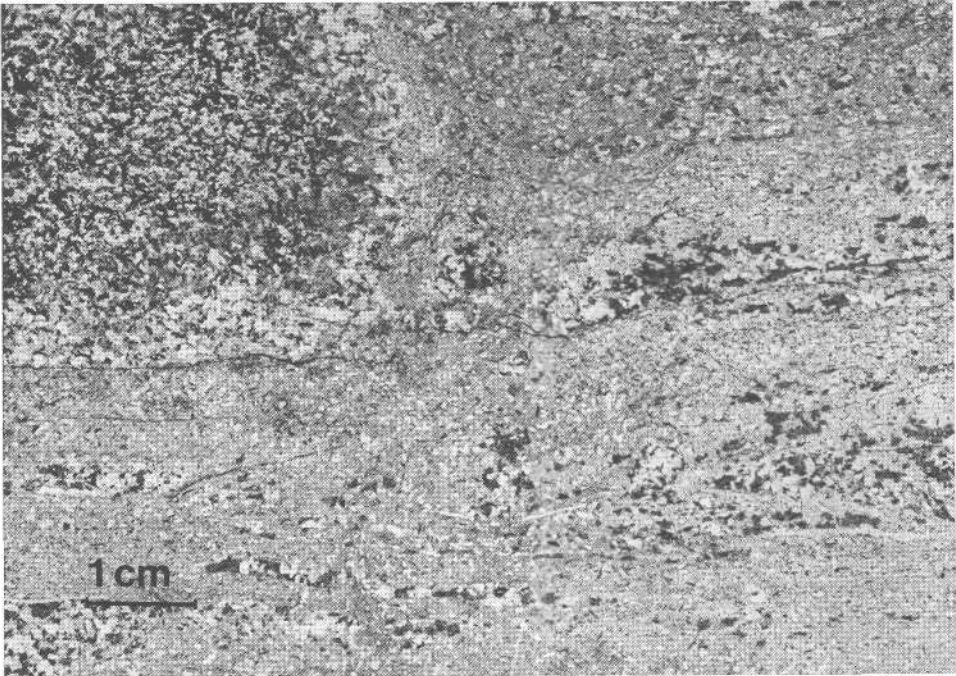


Abb. 5: Metapelit, Rigaus (polierte Gesteinsoberfläche im Auflicht). Weiße Kalifeldspatkörner sind unterschiedlich dicht verteilt, dunkelbraune Lagen und Körner sind nunmehr Limonit, während die schwarzen Stengel Crossite darstellen

MÜLLER, 1970). Die neugesproßten Hellglimmer, Phengite (Tab. 6) zeigen sehr unterschiedliche Kristallisationsgröße, sind überwiegend in S eingeregelt und wachsen durch die hellen Flecken, einer submikroskopischen Verwachsung von Quarz und Kalifeldspate hindurch (Abb. 6). Während die Glimmer eingeregelt liegen, wachsen die Na-Amphibole ungeregelt kreuz und quer.

#### IV.3.2. Diabas

Dieser tritt mit porphyrischer Textur auf, die „Einsprenglinge“ sind nur mehr als Formrelikte ehemaliger Feldspate, und wenn auch seltener, ehemaliger Amphibole bzw. Pyroxene erhalten. Die leistenförmigen Feldspate sind in Phengit, die Amphibole und Pyroxene in Chlorit umgewandelt. Zentimeter große, runde Hohlräume sind

mit wechselndem Gehalt an Fe-Mg-Karbonaten und Quarz gefüllt. Zu der Hohlraum-bildung gehört auch Aktinolith, der in faseriger Ausbildung im Karbonat oder Quarz vorliegt — oder aber der Aktinolith überwiegt und bildet watteähnliche Ballen. Neben diesen Bildungen in den Hohlräumen der Diabase findet man auch auf lokale auf geringmächtige Bereiche (Dezimeter bis Meter) beschränkte Vererzungen von Hämatit und Kupfererzen vor (KIRCHNER, 1977). Die Erze sind an den Vulkanismus gebunden, erfuhren aber bei der Metamorphose eine Mobilisierung und können daher auch in den an die Vulkanite grenzenden Gesteinen vorgefunden werden.

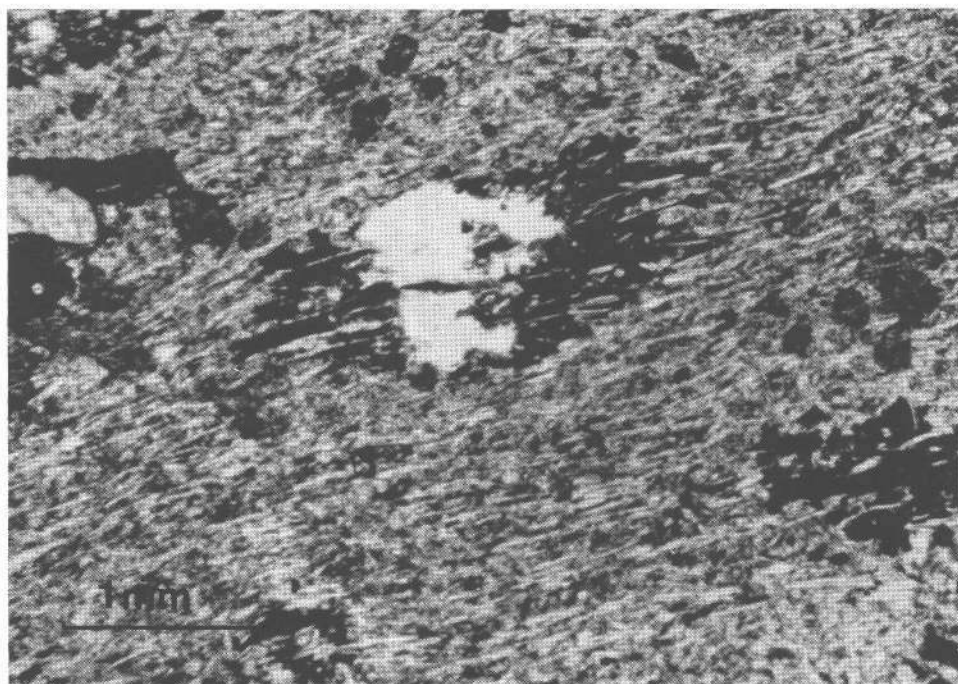


Abb. 6: Metapelite, Dünnschliff, 1 Nicol. Die im Anschliff weiß erscheinenden Körner sind wegen ihrer Feinkörnigkeit undurchsichtig. Eingeregelte Glimmer wachsen durch die weißen Körner hindurch

Die Analysen (Tab. 2, Analysen Nr. 6—8) zeigen unterschiedliche Veränderungen der Diabase, so kann man aufgrund des hohen Glühverlustes und der relativ hohen MgO und FeO Gehalte von Nr. 6 annehmen, daß dieser im Vergleich zu den anderen stärker karbonatisiert wurde (Fe-Mg-Karbonate).

Die Analyse Nr. 5 (Grub) sollte hier deshalb miterläutert werden, da Diabase mit ähnlichen Analyseergebnissen auch von Weibing vorliegen. Bei diesem handelt es sich um feinstes hellgelbgrünes Material, das heute als chloritreicher Rand der Diabase anzutreffen ist. Es ist dies entweder eine ehemalige Tuffitlage, die mit der extrudierenden Lava in Kontakt kam, oder aber der hohlraumreiche glasige Rand der Lava, welcher eine stärkere Veränderung erfahren hat, da er im direkten Kontakt mit den salinaren Lösungen stand.

Tabelle 2: Chemische Analysen von Diabasen

	Grabenbach			Moosegg	Grub	Webing			Auermahd
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	48,6	49,5	52,9	50,8	40,8	46,6	48,4	48,3	45,8
TiO <sub>2</sub>	1,82	1,71	1,09	2,16	2,28	2,14	1,61	2,37	4,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,1	15,2	12,8	15,0	15,4	16,2	16,0	15,6	13,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1)</sup>	9,91	8,30	10,3	9,25	9,8	10,3	8,9	9,06	15,9
MnO	0,15	0,15	0,19	0,19	0,06	0,13	0,17	0,21	0,23
MgO	6,69	5,98	6,01	7,43	16,6	9,1	7,01	7,6	5,59
CaO	6,01	7,26	6,95	3,74	1,11	1,69	7,6	4,15	6,1
Na <sub>2</sub> O	3,24	3,00	4,59	3,06	0,03	2,83	4,17	3,55	4,39
K <sub>2</sub> O	2,1	1,99	0,69	3,37	1,48	3,36	1,62	3,51	0,56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,26	0,10	0,60	0,43	0,57	0,21	0,60	0,60
Glühverlust	4,41	4,65	2,90	4,49	10,6	5,39	3,59	4,53	2,42
	100,25	98,00	98,52	100,09	98,59	98,31	99,28	99,48	99,50
CIPW-Norm <sup>2)</sup>									
Q	—	0,65	1,50	—	7,51	—	—	—	—
C	—	—	—	1,02	14,53	6,72	—	—	—
Or	13,04	12,47	4,30	21,28	9,96	21,53	10,07	21,99	3,44
Ab	28,8	26,91	40,9	27,67	0,29	25,96	31,67	31,85	38,65
An	27,23	25,78	12,94	15,64	3,07	5,05	21,19	17,13	17,24
Ne	—	—	—	—	—	—	2,94	—	—
Wo	1,08	4,43	9,47	—	—	—	7,10	0,23	4,24
En	10,56	15,79	15,77	17,63	47,07	22,49	5,04	1,72	7,96
Fs	3,57	5,24	7,45	4,22	6,15	5,18	1,45	0,36	3,89
Fo	4,87	—	—	1,50	—	1,46	9,33	12,86	4,57
Fa	1,76	—	—	0,40	—	0,37	2,95	2,97	2,46
Mt	5,03	4,66	5,23	4,77	5,38	5,39	4,53	4,64	8,00
Π	3,63	3,44	2,18	4,38	4,93	4,41	3,22	4,77	8,10
Ap	0,55	0,65	0,25	1,52	1,16	1,46	0,52	1,51	1,48
Di	2,07	8,50	18,33	—	—	—	13,58	0,44	8,22
Hy	13,04	16,96	14,35	21,85	53,22	27,67	—	1,87	7,87
Ol	6,63	—	—	1,90	—	1,83	12,29	15,84	7,03

<sup>1)</sup> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> als Gesamteisen

<sup>2)</sup> Für die Berechnung der CIPW-Norm wurde ein Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> Verhältnis von 1 : 2 eingesetzt. Das für die Berechnung der CIPW-Norm verwendete Computerprogramm ist ein von der Universität Bochum übernommenes und in Salzburg adaptiertes Programm — GRNA (General rock norm analysis) MÜLLER & BRAUN 1977

#### IV.4. Wienern — Auermahd, Grundlsee, Steiermark

##### IV.4.1. Metasedimente

Wie 1979 bei KIRCHNER beschrieben, stehen im Liegenden des Vulkanits dunkle Metasedimente an, aber auch im Hangenden desselben im Kontakt mit der sogenannten „grünen Tonschicht“, die neben Phengit und Quarz vorwiegend Chlorit führt. Die dunklen Metasedimente zeigen Übergänge zu graugrünen Typen, von denen ein Teil in grober Breccie vorliegt (Bruchstückgrößen im Dezimeterbereich) die z. T. stark quarzdurchhärtet ist.

#### IV.4.2. Karbonatsilikatgestein

Die Aegirin und Mg-Riebeckit führenden Karbonatsilikatgesteine wurden als lose Blöcke aufgesammelt (MEIXNER, 1974); eine genauere Fundortangabe fehlt. Es kann aber — aufgrund vergleichender Betrachtungen an den am Grabenbach auftretenden ähnlichen Paragenesen vermutet werden, daß auch hier die Gesteine im Grenzbereich von Gipsstock zu den umliegenden Sedimenten einerseits und den Vulkaniten andererseits zu finden sind.

Innerhalb der „grünen Tonschicht“ stecken Karbonatknollen (MEIXNER, 1974), die auf Entfernungen von 10 bis 20 m verfolgbar an die Schichtung gebunden sind. In den Knollen kam es zu Albitneubildungen, ähnlich jenen von MOSTLER (1968) aus Mitterberg und von EXNER & ERKAN (1971) aus Geröllen N Schneeberg, NÖ., beschrieben.

Neben diesen Karbonatgesteinen sind Metavulkanitbruchstücke (Diabas) häufig. Diese Bruchstücke führen durchwegs Na-Amphibole. Hellgrüne Karbonatbruchstücke aus diesen Schichten erbrachten den Nachweis von Aegirin, weiters stammt ein Einzelstück einer Hornsteinlage mit Mg-Riebeckit aus diesem Bereich. Die Summe all dieser Einzelfunde weist darauf hin, daß auch diese „grüne Tonschicht“ als Bildungsbereich für die Karbonatsilikatgesteine in Frage kommt.

#### IV. 4.3. Diabas

Wie erwähnt finden sich in der „grünen Tonschicht“ Metavulkanite in Bruchstücken von Zentimeter bis Dezimeter Größe, die durchwegs Na-Amphibol führend sind; zum Unterschied zu der durch den Untertagebau aufgeschlossenen Kissenslavabreccie, welche keinerlei Hinweise auf derartige Amphibole zeigt, obschon die Bildung von Pumpellyit eine sehr schwache Metamorphose bestätigt (KIRCHNER, 1979).

### V. Mineralogie

#### V.1. Aegirin

Dieser Pyroxen, der schon von DOHT & HLAWATSCH (1913) als Jadeitaegirin von der Blauquarzfundstelle Grabenbach erstmals beschrieben wurde, konnte in dieser Arbeit außer in den Karbonatsilikatgesteinen vom Grabenbach und Grundlsee auch in den Metasedimenten nachgewiesen werden. Während der in den Karbonatsilikatgesteinen Größen im Millimeterbereich erreicht und meist gemeinsam mit Mg-Riebeckit auftritt (Abb. 7), ist er in den Metapeliten so feinkörnig, daß er nur röntgenographisch erfaßt werden konnte. Im Metapelit S von Mooseck findet man ihn neben seiner feinsten Verteilung im Gestein auch als Kluftmineral. In den Klüften ist er gröberkristallin entwickelt. Wegen seiner feinfaserigen, büschelig bis radialstrahlig angeordneten Aggregate einerseits und wegen seines graugrünen bis grünen Pleochroismus andererseits ist er leicht mit Pumpellyit zu verwechseln. Mikrosondenanalysen gibt es vorläufig nur von Aegirin aus den Kalksilikatgesteinen (Tab. 3).

Acmit ist das  $\text{NaFe}^{3+}$  Endglied der Pyroxenmischkristallreihe mit einer braunen Eigenfarbe, während Aegirin die grüne Variante des Na-Pyroxens darstellt und mit seiner chemischen Zusammensetzung zwischen Acmit, Jadeit, Aegirinaugit und Chloromelanit liegt (Abb. 8). Bei der Abgrenzung des Aegirinfeldes gegen Jadeit und Aegirinaugit gibt es verschiedene Meinungen: während CAWTHORN (1974) die Grenze des Aegirinfeldes mit 80 Molprozent Acmit festlegt, wie es auch WASHINGTON & MERWIN (1927) getan haben, legen ESSENE & FYFE (1967) die Grenze des Aegirinfeldes mit 75 Molprozent Acmit fest (Abb. 8). Die chemische Analysen von denen

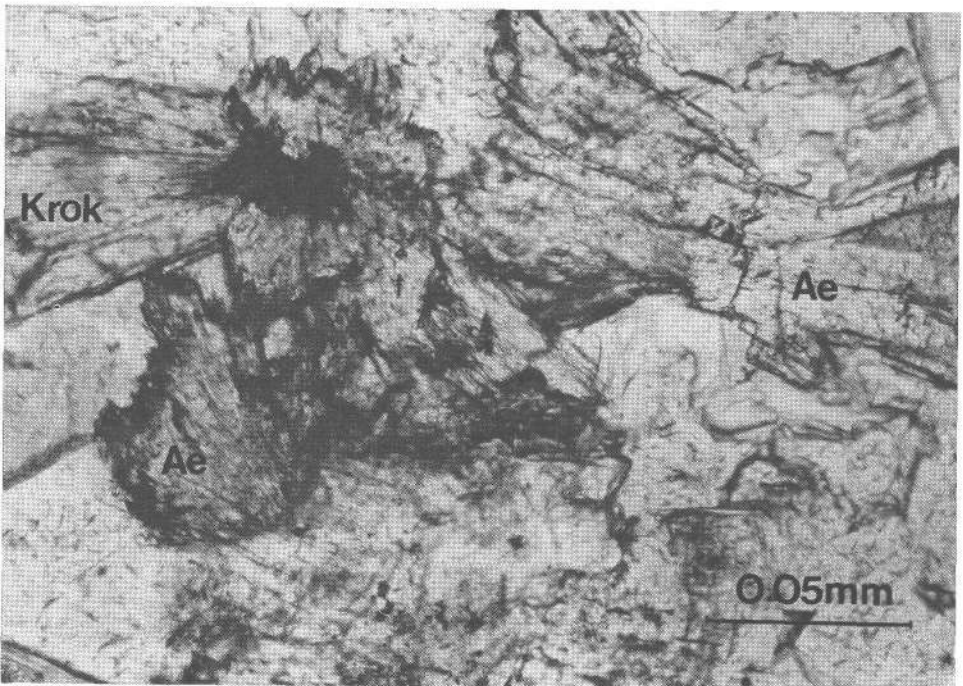


Abb. 7: Aegirin in Karbonat (Dünnschliff, 1 Nicol). Aus Aegirin wächst in feinsten Fasern Krokydololith, hier Mg-Riebeckit

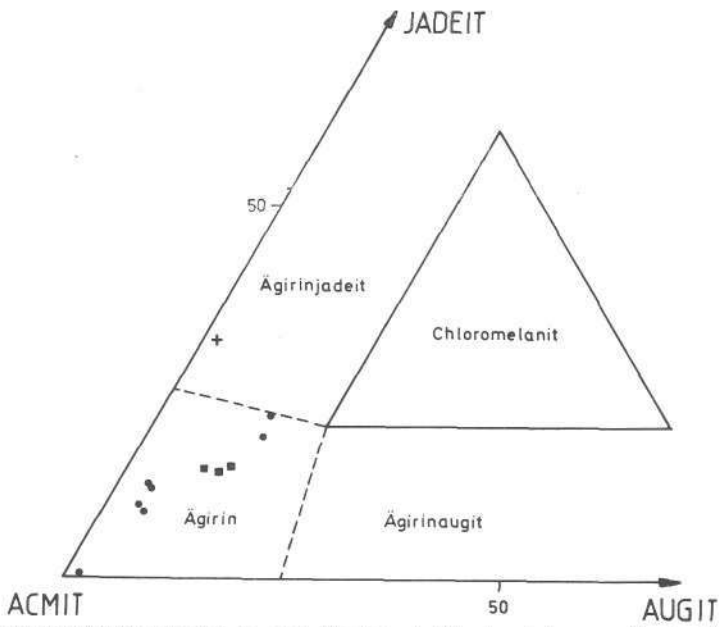


Abb. 8: Zusammensetzung der in den Karbonatsilikatgesteinen auftretenden Aegirine in Molprozent nach ESSENE und FYFE (1967). — ■ Grabenbach, ● Grundlsee, + Jadeitaegirin nach DOHT & HLAWATSCH (1913)

einige ausgewählt und in Tab. 3 dargestellt wurden, weisen auch innerhalb einer Fundstelle beträchtliche Unterschiede auf, vor allem im Gehalt von MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; hervorzuheben ist der relativ hohe Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Gehalt. Die Analyse von DOHT & HLAWATSCH (1913), die hier zum Vergleich angeführt wird, unterscheidet sich von den eigenen Analysen durch den hohen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und niederen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt. (FeO dieser Analyse wurde zu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> umgerechnet um vergleichbare Werte zu erhalten). Die Berechnung der in der Tab. 3 angegebenen Molprozent erfolgte nach CAWTHORN (1974). Für die graphische Darstellung der Molprozent (Abb. 8) wurden die Vorstellungen von ESSENE & FYFE (1967) übernommen.

Tabelle 3

	Jadeit-Aegirin		Aegirin 1 Grundlsee	Aegirin 2 Grundlsee
	Aegirin Grabenbach	nach DOHT & HLAWATSCH		
SiO <sub>2</sub>	51,50	52,60	52,10	54,30
TiO <sub>2</sub>	—	—	0,11	0,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,64	8,51	1,99	4,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,50	23,85	31,40	24,30
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,90	—	0,40	1,11
MnO	0,05	—	—	0,04
MgO	1,63	0,08	0,34	0,15
CaO	1,25	1,38	0,40	1,84
Na <sub>2</sub> O	12,50	13,60	12,60	11,50
K <sub>2</sub> O	—	0,46	0,02	0,02
	99,97	100,48	99,36	98,65
Kationen pro Elementarzelle für 6 Sauerstoffe:				
Si	1,941	1,949	1,992	2,027
Ti	—	—	0,003	0,002
Al	0,206	0,372	0,090	0,181
Fe...	0,780	0,665	0,903	0,674
Cr	0,027	—	0,012	0,033
Mg	0,092	0,002	0,019	0,120
Mn	0,002	—	—	0,001
Ca	0,051	0,055	0,016	0,074
Na	0,913	0,977	0,934	0,835
K	—	0,011	0,001	0,001
Molprozent (nach CAWTHORN 1974)				
Jadeit	14,70	31,90	8,30	18,30
Acmit	76,40	66,20	85,90	66,40
Ca-Ferritschermakit	4,10	—	1,60	5,30
Wollastonit	0,10	1,90	—	1,10
Enstatit	4,70	—	1,10	6,10
Ferrosilit	—	—	2,50	—
Differenz	—	—	0,70	2,90

Die Zusammensetzung des Aegirins weist mit durchschnittlich 18,6 Molprozent den maximalen Jadeitanteil auf. Die Durchschnittsanalysen sind in Tab. 3 angeführt, während in Abb. 8 weitere Analysenergebnisse eingetragen sind. Somit fallen alle im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Analysen in das Feld des Aegirins. Im Gegensatz dazu liegt der Analysenwert von DOHT & HLAWATSCH (1913) im Feld des Aegirinjadeits (von diesen Autoren als Jadeitaegirin bezeichnet). Diese Diskrepanz



der Analysenergebnisse wird auf die verbesserten Analysenmethoden, die nunmehr zur Verfügung stehen, zurückgeführt.

Die optischen Daten des Aegirins werden in Tab. 4 angegeben, sie stehen in sehr guter Übereinstimmung mit den von TRÖGER (1967 und 1971) angegebenen Werten, können jedoch mit den sehr ungenauen Werten von DOHT & HLAWATSCH (1913) nicht in Verbindung gebracht werden.

## V.2. Mg-Riebeckit

Dieses Mineral findet man vorwiegend in feinstfaseriger Ausbildung als Krokydolith, eingewachsen in Quarzen und Karbonaten der Karbonatsilikatgesteine. Er

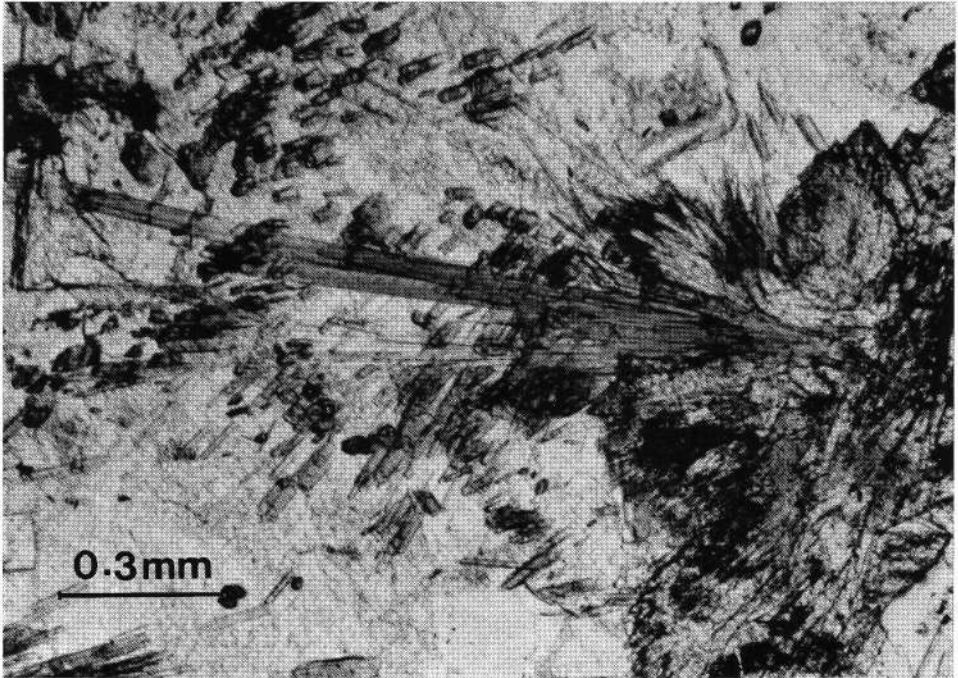


Abb. 9: Mineralbildungen in einem Karbonatsilikatgestein vom Grabenbach (Durchlicht, 1 Nicol). Mg-Riebeckit wächst von Aegirin ausgehend in die Karbonate hinein, Mg-Riebeckitsprossung erfolgt aber auch im Karbonat selbst

wächst bevorzugt aus dem Aegirin heraus, wie es in Abb. 8 und 9 zu sehen ist. Er ist also jünger als Aegirin.

Die chemische Zusammensetzung dieser Na-Amphibole wird in Tab. 5, Nr. 1–3, angeführt und in der Darstellung nach MIYASHIRO (1957) verdeutlicht (Abb. 10). Die optischen Daten gehen aus Tab. 4 hervor, sie stehen im Einklang mit den von BORG (1967) und TRÖGER (1967) angegebenen Werten. Ähnliche Übereinstimmung herrscht zu dem von DOHT & HLAWATSCH (1913) angegebenen Analysenwert (siehe Abb. 10), der auch in das mittlere Mg-Riebeckitfeld fällt.

Die von ERNST (1960) untersuchten Bildungsbedingungen von Mg-Riebeckit sind auf hier entstandene Phasen nicht übertragbar, es kann nur auf die von

WINKLER (1976) angegebenen Paragenesen mit Crossit und Mg-Riebeckit verwiesen werden, die eine schwache Metamorphose anzeigen:

Mg-Riebeckit + Epidot + Albit + Chlorit,

Mg-Riebeckit + Aegirinaugit (oder Aegirin) + Albit + Chlorit,

Chlorit + Albit + Aktinolith + Glaukophan (o. Crossit).

### V.3. Crossit — Glaukophan

Dieser Na-Amphibol mit einer chemischen Zusammensetzung im Grenzbereich Glaukophan zu Crossit (Abb. 10) ist am häufigsten anzutreffen, er findet sich sowohl in Metapeliten als auch in Metavulkaniten.

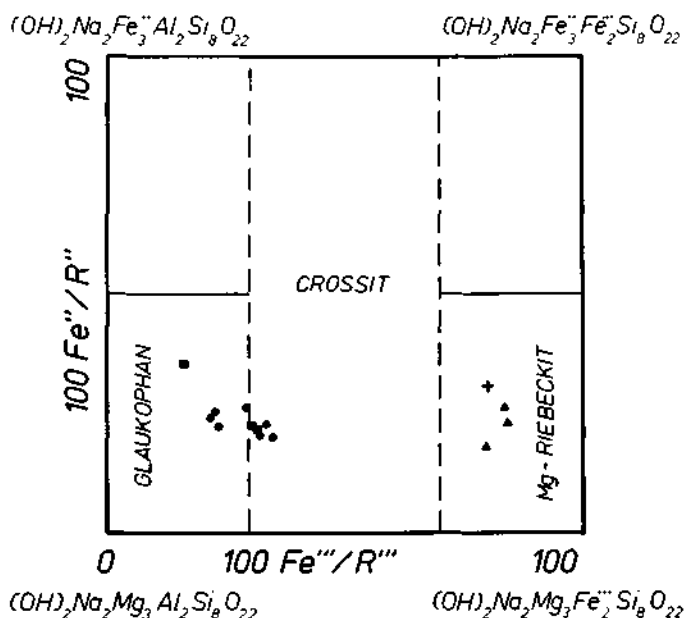


Abb. 10: Darstellungspunkte der Na-Amphibole nach MIYASHIRO 1957

◀ Mg-Riebeckit aus Karbonatsilikatgesteinen; ● Crossite bzw. Glaukophane aus Metasedimenten; ■ Crossite bzw. Glaukophane aus Metabasalten; + Krokydolithanalyse von DOHT & HLAWATSCH (1913) R.. und R... entsprechen der Summe der 2- bzw. 3-wertigen Kationen

Wie aus Abb. 10 ersichtlich ist liegen die darstellenden Punkte der Na-Amphibole an der Grenze von Crossit (von MIYASHIRO (1957) als Subglaukophane bezeichnet) und Glaukophan.

Mössbauerspektren von Crossit wurden von S. HAFNER untersucht: zweiwertiges Eisen verteilt sich über mindestens zwei oktaedrisch koordinierte Gitterplätze. Das Verhältnis  $Fe^{3+}/(Fe^{2+} + Fe^{3+})$  ist 0,38 ( $\pm$  max. 20%). Bei Anwendung dieses Verhältnisses zur Darstellung im Diagramm nach MIYASHIRO (Abb. 10) kommt es

zu einer geringen Verschiebung einiger Darstellungspunkte in Richtung zum Crossitfeld.

Im Metapelit sind Crossite ohne bevorzugte Orientierung gewachsen, ihre Korngröße liegt meist unter 0,5 mm Längserstreckung. Weitaus größere Kristalle bilden sich in Lagen höherer Eisenanreicherungen, wie auch in Klüften und anderen Hohlräumen, in denen Kristallängen von 1–2 cm erreicht werden.

Die optischen Daten der Na-Amphibole sind der Tabelle 4 zu entnehmen (BOEG, 1967).

Tabelle 4: Optische Eigenschaften der Natriumamphibole und Natriumpyroxene

	Crossit Rigaus	Mg-Riebeckit (Krokydolith)	
		Grabenbach	Grundlsee
nX	1.623 farblos	1.658 blau	1.659 blau
nY	1.646 violett	1.662 h. gelb	1.665 h. gelb
nZ	1.648 blau	1.672 violett	1.670 violett
2V	2–10°		
C∧Z	8–16°	C∧X 6–12°	6–12°
	Aegirin, Grabenbach	Aegirin, Grundlsee	
nX	1.753	1.755	
nY	1.793	1.800	
nZ	1.809	1.812	
2V	ca. 65°	ca. 65°	
C∧Z	0–2°	3–5°	

Der Pleochroismus ist sehr schwach und ändert sich nur um Nuancen der hellgrünen Farbe.

An Crossiten, die in Klüften gewachsen sind, kann des öfteren beobachtet werden, daß Mg-Riebeckit terminal in der Z-Achse an Crossitstengel anwächst. Der Übergang von Crossit in Mg-Riebeckit wird wahrscheinlich durch eine Erhöhung des  $fO_2$  bewirkt. Während das gemeinsame Auftreten der beiden Amphibole lediglich an Klüfte gebunden ist, findet man Pyrit mit Anwachssäumen von Hämatit durch das ganze Gestein verteilt. Eine Änderung des  $fO_2$  als Ursache für diese Wachstumsänderung ist in Analogie zu den Beobachtungen an Amphibolen zu sehen (Abb. 11). Zusätzlich zu dem in Tab. 5 angeführten Mineralchemismus der Na-Amphibole wurden an einigen Proben auch F, Cl und P bestimmt. So z. B. an den Proben Nr. 4, 7 und 8. Die Fluorgehalte liegen zwischen 0,18 und 0,23 Gewichtsprozent. Chlor liegt im Durchschnitt bei 0,02 und  $P_2O_5$  schwankt zwischen 0,01 und 0,05 Gewichtsprozent.

Der Einfluß des Chemismus der Ausgangsgesteine auf die Zusammensetzung der Na-Amphibole wurde von COLEMAN (1968) und später von BLACK (1973) sehr anschaulich gezeigt. Die Darstellung  $Na/Na + Ca \times 100$  gegen  $Mg/Mg + Fe \dots \times 100$  (Abb. 12) nach BLACK eignet sich sehr gut zur Demonstration dieses Verhaltens. Abb. 12 zeigt nun die Trennung der Amphibole in Abhängigkeit von den chemisch unterschiedlichen Ausgangsgesteinen, nämlich Metasediment und Metabasalt. BLACK hat noch versucht eine Trennung der bei Hochdruck und der bei Niederdruck entstandenen Amphibole durchzuführen. Den Hochdruckbereichen entsprechen die in Abb. 12 angegebenen Flächen I, während die Flächen II Niederdruck anzeigen. Die Überlappung der Flächen weist auf die Schwierigkeit einer klaren Trennung hin.

Tabelle 5: Mikrosondenanalysen von Natriumamphibolen

	in Karbonatsilikatgesteinen				in Metapeliten Rigaus					in Diabasen Grabenbach		
	Grabenbach		Grundlsee		5	6	7	8	9	10	11	12
	1	2	3	4								
SiO <sub>2</sub>	57,2	56,71	54,9	55,5	58,4	59,5	58,2	57,8	58,8	58,5	59,7	59,9
TiO <sub>2</sub>	0,06	—	0,03	0,03	0,09	0,13	0,09	0,12	0,10	0,31	n.d.	n.d.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,8	2,38	2,1	2,19	7,7	9,45	7,85	8,37	9,27	9,49	8,3	8,76
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,9	14,7	15,4	14,6	6,7	4,9	6,15	6,5	4,31	2,23	4,69	6,03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	0,28	0,16	—	—	—	—	—	0,33	—	—
FeO	6,39	7,6	5,86	4,38	5,27	5,89	5,43	6,04	6,31	9,79	6,78	5,67
MnO	—	—	0,03	0,05	0,03	—	0,02	—	—	0,08	—	—
MgO	10,0	9,62	10,9	11,3	11,4	11,7	11,0	11,3	10,8	9,05	11,1	10,8
CaO	0,03	—	0,75	0,86	0,18	0,08	0,21	0,11	0,04	1,09	1,19	1,45
Na <sub>2</sub> O	6,9	5,42	6,6	6,7	7,5	7,24	7,5	7,34	7,19	6,67	7,07	6,82
K <sub>2</sub> O	0,01	0,52	0,03	0,02	0,02	0,05	0,01	0,01	0,04	0,02	—	—
Summe	97,29	96,95	96,88	95,79	97,29	98,93	96,60	97,59	96,86	97,56	98,78	99,43
Kationen pro Elementarzelle berechnet für 23 Sauerstoffe												
Si	8,138	8,127	7,909	8,000	8,043	8,006	8,064	7,960	8,081	8,064	8,073	8,064
Ti	0,007	—	0,004	0,004	0,009	0,012	0,009	0,012	0,011	0,032	—	—
Al	0,303	0,402	0,357	0,372	1,250	1,499	1,282	1,318	1,501	1,541	1,323	1,321
Fe...	1,601	1,586	1,670	1,584	0,685	0,496	0,641	0,673	0,446	0,324	0,593	0,613
Cr	—	—	0,032	0,019	—	—	—	—	—	0,036	—	—
Fe...	0,763	0,911	0,706	0,528	0,607	0,663	0,629	0,695	0,725	1,036	0,650	0,640
Mn	0,004	—	0,006	0,006	—	—	—	—	—	0,009	—	—
Mg	2,128	2,055	2,340	2,429	2,340	2,347	2,293	2,315	2,213	1,858	2,228	2,235
Ca	0,004	—	0,116	0,133	0,027	0,031	0,017	0,006	0,161	0,172	—	0,174
Na	1,910	1,505	1,844	1,872	1,203	1,889	2,026	1,959	1,916	1,781	1,811	1,852
K	0,002	0,095	0,005	0,003	0,003	0,008	0,002	0,002	0,007	0,003	—	—
Summe	14,856	14,681	14,987	14,948	14,980	14,931	14,987	14,991	14,906	14,860	14,937	14,934

\*) Eisen wurde als FeO gemessen und umgerechnet; Analyse Nr. 12 ist der Arbeit von DOHT & HLAWATSCH (1913) entnommen.

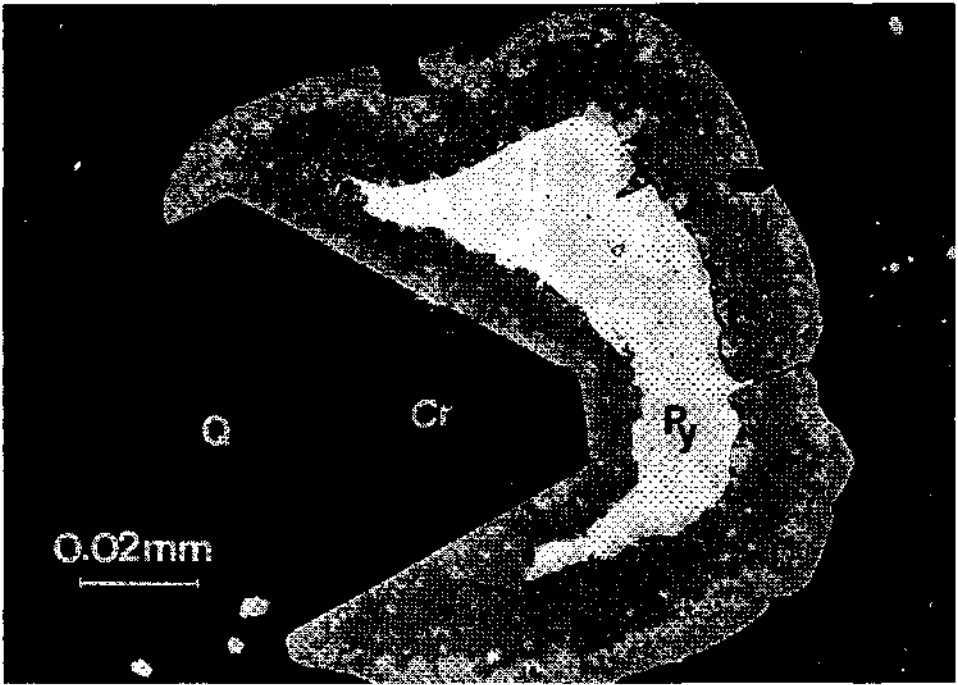


Abb. 11: Crossit mit Quarzkern, umwachsen von hämatitummanteltem Pyrit (polierter Anschlag im Auflicht). Qu = Quarz, Cr = Crossit, Py = Pyrit, H = Hämatit, L = Limonit

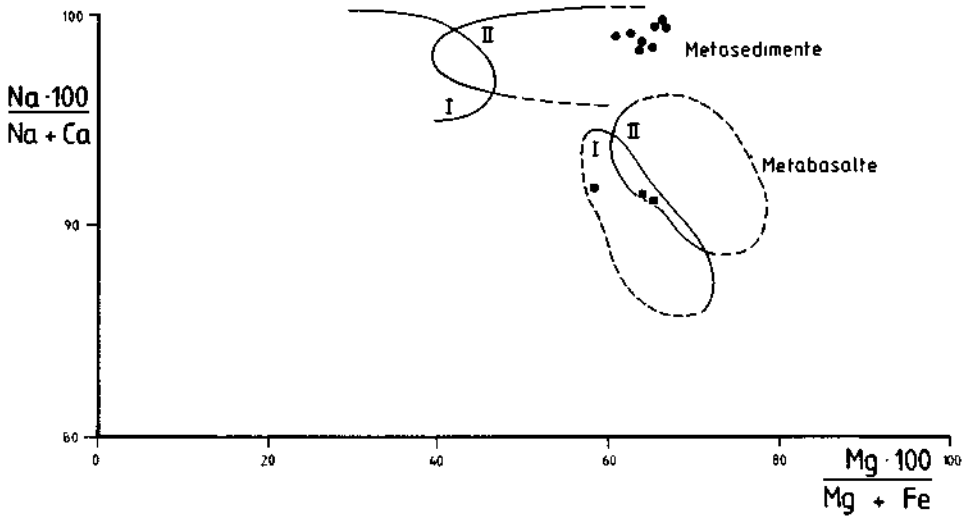


Abb. 12: Darstellung der Na-Amphibole nach BLACK (1973). Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung vom Chemismus der Ausgangsgesteine. ● Na-Amphibole von Rigaus; ■ Na-Amphibole vom Grabenbach

#### V.4. Kalifeldspat

Dieser ist in den Metapeliten und Karbonatsilikatgesteinen als auch in den Metavulkaniten anzutreffen. In den grünen Metapeliten des Grabenbachs ist er nur in der kleinsten Kornfraktion vertreten, daher nur röntgenographisch nachgewiesen. Dagegen gehört er bei den Metapeliten von Rigaus zu den Hauptbestandteilen. Die optische Bestimmung stößt wegen seiner Feinkörnigkeit zwar auf Schwierigkeiten, doch wurde er sowohl röntgenographisch als auch mikroanalytisch bestimmt (Tab. 6). Es handelt sich bei diesem um Pseudomorphosen von Mineralphasen, deren Umriss nicht typisch genug sind, um aus der Form die ehemalige Mineralphase bestimmen zu können. Von anderen Autoren wurden bislang Pseudomorphosen von Kalifeldspat nach Albit (KULKE, 1978) und nach Analcim (GOODWIN, 1973) bekannt.

Tabelle 6: Analysen von Feldspat und Glimmer

	Feldspat		Glimmer	
	Metapelit Rigaus	Karbonatsilikatg. Grabenbach	Metapelit Rigaus	Karbonatsilikatg. Grabenbach
SiO <sub>2</sub>	64,5	63,4	51,7	51,0
TiO <sub>2</sub>	1,24	0,14	0,22	0,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,4	19,6	25,4	26,9
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
FeO <sup>1)</sup>	0,53	0,4	3,08	3,32
MgO	0,07	0,07	4,13	3,53
CaO	0,17	0,18		
Na <sub>2</sub> O	0,51	0,69	0,26	0,25
K <sub>2</sub> O	15,6	15,5	9,66	9,6
	100,02	99,98	94,45	94,83

Kationen pro Elementarzelle berechnet für

	32	32	22	22 Sauerstoffe
Si	11,948	11,734	6,944	6,760
Ti	0,173	0,020	0,023	0,026
Al	3,799	4,276	4,026	4,637
Fe	0,083	0,062	0,346	0,368
Mg	0,019	0,019	0,827	0,698
Ca	0,033	0,036	—	—
Na	0,184	0,247	0,068	0,064
K	3,686	3,660	1,655	1,625

<sup>1)</sup> FeO als Gesamteisen

Durch KULKE (1978) wird auch die Feinkörnigkeit der K-Feldspate dahingehend begründet, daß durch die Volumszunahme von Mikroklin gegenüber Albit diese Änderung des Raumbedarfes durch Bildung einer polykristallinen Mosaikstruktur ausgeglichen wird.

In den Vulkaniten wurde der Kalifeldspat in den Kissenlavabreccien von Wienern am Grundlsee (KIRCHNER, 1979) festgestellt. In dieser finden wir ihn vorwiegend in der äußeren Zone der Pillows konzentriert.

#### V.5. Plagioklasse

In den Vulkaniten findet man vorwiegend Albit bis Oligoklas, häufiger jedoch sind diese in Karbonaten gewachsen, eine Erscheinung, die im salinaren Milieu häufig beobachtet wird (KULKE, 1978). Seine bevorzugte Bildung in Karbonaten

dürfte mit der Pufferwirkung der Karbonate in Zusammenhang stehen (KULKE, 1978).

#### V.6. Phengit

Phengit ist eine der Hauptkomponenten sowohl der Metasedimente und auch der Metavulkanite. In letzteren ist er pseudomorph nach Feldspaten gewachsen. Die Analysen (Tab. 6) zeigen relativ hohe FeO und MgO Gehalte. Der Paragonitanteil (Molprozent Paragonit in Phengit) im Metapelit Rigaus ist mit 10,5 Molprozent ebenfalls hoch im Vergleich zu 3,8—4 Molprozent im Karbonatsilikatgestein vom Grabenbach.

#### V.7. Chlorit

Von dieser Mineralgruppe sind außer von der Kissenlavabreccie von Wienern keine Analysen vorhanden. Der Chlorit tritt in geringen Mengen im grünen Metapelit von Grabenbach auf, auch in Karbonatsilikatgesteinen, aber vor allem in den Vulkaniten wo er pseudomorph nach Olivin bzw. Pyroxen entstanden ist.

#### V.8. Pumpellyit

Neben jenen in den Metavulkaniten von Wienern/Grundlsee festgestellten (KIRCHNER, 1979) wurde noch im Diabas S Ischl (Perneck) Pumpellyit nachgewiesen. Im Metapelit von Rigaus konnte er röntgenographisch nachgewiesen werden.

#### V.9. Talk

Gehäuft tritt er im Gefolge von Serpentinbrocken auf, die tektonisch in die Gipse verfrachtet wurden; hier als Umwandlungsprodukt aus diesen Serpentinrollen. Andererseits in den Karbonatsilikatgesteinen als Reaktionsprodukt von eisenhaltigem Magnesit und Quarz. In diesen Gesteinen bildet er hin und wieder zentimeter bis dezimetergroße Linsen oder Lagen.

#### V.10. Aktinolith

Dieser Ca-reiche Amphibol wurde in einigen Metavulkaniten festgestellt; die Untersuchungen an den Ca-reichen Amphibolen sind noch nicht abgeschlossen. Es soll hier nur der neugebildete Aktinolith angeführt werden, der in den Hohlräumen des Diabas von Webing als Reaktionsprodukt aus Dolomit und Quarz gebildet wurde.

#### V.11. Karbonate

Sowohl in den Metasedimenten als auch in den Metavulkaniten findet man Karbonate einer Zusammensetzung entsprechend der Mischkristallreihe Magnesit-Siderit unter Bevorzugung von Mesitinspat bis Pistomesit. Dolomit bis Braunspat sind ebenfalls vertreten. Dunkelbraune bis schwarze Magnesite wurden in den Gipslagen von Wienern/Grundlsee gefunden; in den Metapeliten vom Grabenbach sind sie im Gestein fein verteilt, treten aber ebenso als Kluffmineral auf, wie es auch in den Metapeliten von Rigaus gefunden wird.

In den Karbonatsilikatgesteinen sind die Karbonate neben dem Quarz Hauptkomponenten — in geringer Menge sind Kalzit, neben Dolomit und der Magnesit-Sideritreihe vertreten. Kalzit findet man auch in kleinerer Menge neben den neugebildeten Aktinolithen der Hohlräume des Diabas von Webing. Aragonit wurde nur als Kluffmineral in Hohlräumen der Metapelite von Rigaus, den Diabasklüften und auch in Hohlräumen des zersetzten Serpentin von Mooseck beobachtet.

## V.12. Pyrophyllit

Pyrophyllit wurde röntgenographisch in den Metapeliten von Rigaus und vom Grundlsee nachgewiesen.

## V.13. Weitere Minerale

Eine weniger häufige Mineralphase ist der Turmalin, der in radialstrahligen Aggregaten am Kontakt zwischen Diabas und Metasediment wächst. Im Metapelite von S Mooseck ist er in feinsten Kristallen in den Klüften verteilt. Antigorit und ein Mineral der Kaolingruppe wurden ebenfalls festgestellt. Accessorisch ist Apatit und Zirkon vorhanden.

Hinweise auf Ilmenit als primäres Erz geben die gehäufteten Auftreten von Leukoxen — die Skelettformen der zersetzten Ilmenite sind dabei noch sehr gut erhalten. Weitere Ti-Phasen sind Rutil und Titanit. Hämatit und Pyrit sind sowohl an die Diabase als auch an Metasedimente gebunden, sie bilden neben ihrem Auftreten im Gestein auch Vererzungszonen in diesen. Neben diesen Erzen sind auch eine Reihe weiterer Erzmineralparagenesen aus dem bearbeiteten Bereich bekannt geworden; erwähnt sei die Pb-Zn-As-Mineralisation von Mooseck und jene Pb-Zn-Cu-Mineralisation von Weibing (PAAR, MEIXNER und RULLMANN, 1978).

## V.14. Paragenesen

In der Folge werden häufige Paragenesen, wie sie in den verschiedenen Gesteinstypen auftreten angeführt:

Metapelite Rigaus:

Na-Amphibol (Crossit) + Hellglimmer (Phengit)

Karbonatsilikatgestein:

Aegirin + Mg-Riebeckit + Quarz

Aegirin + Mg-Riebeckit + Magnesit (Fe-hältig)

Quarz + Talk + Mg-Fe-Karbonat

Diabase:

in Hohlräumen:

Kalzit + Aktinolith + Dolomit + Quarz

in der Grundmasse:

Albit + Na-Amphibol + Chlorit

Pyroxen + Ca-Amphibol + Na-Amphibol

Na-Amphibol + Ca-Amphibol + Albit

Na-Amphibol + Epidot

Pumpellyit + Chlorit + Quarz

Pumpellyit + Chlorit + Epidot + Aktinolith

## VI. Diskussion der Genese

### VI.1. Allgemeines

Die Zielsetzung der Arbeit war die Klärung der Genese der Na-Amphibole und -Pyroxene. Dafür ist vor allem die Kenntnis über die Ausgangsgesteine und der Einfluß des submarinen salinaren Milieus wesentlich. Über die Platznahme der Vulkanite ist eine zusätzliche Arbeit in Vorbereitung, für welche die Probenahme inzwischen auf einen weiteren regionalen Bereich ausgedehnt wurde.

Zudem erhebt sich die Frage, ob die Veränderungen (Mineralneubildungen) auf



eine regionale Metamorphose oder auf lokale Beeinflussungen zurückzuführen sind. Weiteres Interesse liegt darin, Hinweise zu bekommen, zu welcher Zeit die Neubildungen erfolgten.

Eines der hier besprochenen Gesteine wurde mit einer weiter gefaßten Bezeichnung versehen — es handelt sich um ein Karbonatsilikatgestein, das in der üblichen Begriffsbestimmung nicht unterzubringen ist. Seine Genese ist nicht vollkommen geklärt, doch kann es aufgrund seines seltenen Auftretens in nur kleinen Blöcken, jeweils am Kontakt von Sediment, Salinar und Diabas, als ein Reaktionsprodukt aus den eben erwähnten Gesteinen gedeutet werden.

## VI.2. Mineralneubildungen

Zweifelsohne wäre es für die Klärung der Gesamtgenese dieser heute auf engstem Raum nebeneinander auftretenden Gesteinstypen einfacher, wenn sie in ihrer ursprünglichen Lagerung vorlägen. Aber trotz der durch die tektonischen Kräfte verwichenen geologischen Ausgangssituation, kann doch der Versuch unternommen werden, die Bildung der Na-Silikate zu diskutieren.

Im Metapelit Rigaus finden wir sowohl Phengit als auch Kalifeldspat neben Na-Amphibol als Neubildungen. Nimmt man für die Ausgangszusammensetzung der weißen Körner (nunmehr Kalifeldspat und Quarz — Abb. 5) Albit (entsprechend den Vorstellungen von KULKE, 1978) oder Analcim (entsprechend den Vorstellungen von GOODWIN, 1973) an, so kann die Pseudomorphose von Kalifeldspat nach einer der erwähnten Na-Phasen erstens durch eine Verschiebung der Konzentration von Na zu K erklärt werden — entsprechend einer normalen Ausscheidungsfolge von salinaren Sedimenten, zweitens durch Temperaturänderungen, die eine Verschiebung der Grenzen der Stabilitätsfelder von z. B. Albit, Muskovit und Kalifeldspat bei konstanter Konzentration von Na und K bewirkte (KULKE, 1978).

Entsprechend dem Gleichgewichtsaktivitätsdiagramm nach HELGESON (aus KULKE, 1978) vergrößert sich durch Abkühlung das Stabilitätsfeld von Muskovit und Kalifeldspat, so daß dann für eine gegebene Konzentration nur mehr K-Glimmer (Phengit) und Kalifeldspat stabil sind. Für die Bildung von Kalifeldspat aus Analcim macht SURDAM (1972) allein den pH Wert verantwortlich, während GOODWIN (1973) neben den pH-Wert auch die Aktivität des Wassers, die Konzentration von K und Na sowie den  $PCO_2$  zur Klärung ihrer Bildung heranzieht.

Die Na-Amphibole, die in der feinkörnigen Grundmasse von vorwiegend Phengit sproßten, haben das zu ihrer Bildung notwendige Natrium vermutlich aus dem Porenraum des Gesteins bezogen. Diese Vermutung wird durch die Beobachtung unterstützt, daß Pseudomorphosen der ehemaligen Albit bzw. Analcimkörner fast nie in Berührung mit crossitischem Amphibol stehen. Die Reaktion (WINKLER, 1976):

$Chlorit + 4 Albit = 2 Glaukophan (Crossit) + 2 H_2O$  dürfte deshalb zur Amphibolbildung nicht in Frage kommen. Die Albit/Analcimformrelikte sind wahrscheinlich Zeugen der diagenetischen Beanspruchung des Sediments; wogegen crossitische bis glaukophanitische Amphibole einer Metamorphose angehören, die von JÄGER (1979, schriftliche Mitteilung) durch Altersbestimmungen an den Crossiten von Rigaus mit  $103 \pm 9$  m. y. bzw.  $118 \pm 9$  m. y. datiert wurden. Ob die Bildung der Phengite bzw. Kalifeldspate nun einer Metamorphose oder noch der Diagenese zuzuordnen ist, läßt sich allein aus dem Schlibbild und auch nicht aus dem Chemismus aussagen. Altersbestimmungen an diesen Mineralphasen werden weitere Hinweise liefern.

Der in den Metapeliten nachgewiesene Pyrophyllit wurde nur röntgenographisch bestimmt, die Paragenese ist daher nicht sicher anzugeben.

Die Na-Amphibole weisen auf eine Metamorphose hin, die nach den vereinzelt

Proben zu schließen, einen mehrere Kilometer weiten Bereich erfaßte, also regional wirkte. Die Frage ob das umliegende Salinar für die Bildung der Na-Amphibole ausschlaggebend war, hat an Vergleichsbeispielen DEANS schon 1971 behandelt und aufgrund von Vorkommen in Bolivien, der Tschechoslowakei und Südaustralien eine ähnliche Beeinflussung durch das Salinar festgestellt, wie sie in der vorliegenden Untersuchung beobachtet wurde.

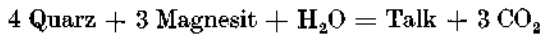
Von den drei bei WINKLER (1976) angegebenen Mineralparagenesen, die für eine sehr schwache Metamorphose charakteristisch sind, tritt hier eine vor allem in den Karbonatsilikatgesteinen auf, nämlich

Mg-Riebeckit + Aegirinaugit (oder Aegirin) + Albit + Chlorit.

Das Stabilitätsfeld des Mg-Riebeckits hängt stark von der Sauerstoffugazität ab (BOYD, 1959, ERNST, 1960). Je höher diese ist, zu desto geringeren Gesamtdrucken wandert die untere Grenze des Mg-Riebeckitfeldes; d. h. seine Entstehung wird durch hohen Sauerstoffpartialdruck gefördert. Überdies ist wie MILTON und EUGSTER (1959) zeigen konnten Mg-Riebeckit auch als authigene Bildung nachgewiesen, also bei sehr niederen Temperaturen stabil.

Die zweite signifikante Paragenese in diesem Gestein besteht aus: Talk + Quarz + Mg-Fe-Karbonat.

Sie dürfte sich nach der Reaktion



gebildet haben (JOHANNES, 1969).

Die Gleichgewichtsdaten dieser Reaktion wurden für verschiedene  $\text{XCO}_2$ -Werte experimentell bestimmt. Aus den Meßergebnissen lassen sich folgende Temperaturen in Abhängigkeit vom  $\text{XCO}_2$  einerseits und dem Druck andererseits ablesen:

$\text{XCO}_2$	1000 bar	2000 bar
0,05	$320^\circ \pm 5^\circ$	$350^\circ \pm 5^\circ$
0,1	$335^\circ$	$372^\circ$
0,2	$340^\circ$	$380^\circ$
0,5	$370^\circ$	$405^\circ$
0,7	$405^\circ$	$432^\circ$

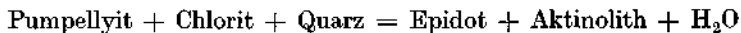
Drei Paragenesen in den Metavulkaniten können für die Bildungsbedingungen des Mineralwachstums Richtwerte geben:

Pumpellyit + Chlorit + Quarz (Grundlsee)

Pumpellyit + Chlorit + Aktinolith + Epidot (S Ischl)

Dolomit + Quarz + Tremolit + Kalzit (Webing bei Abtenau).

Die erste Reaktion weist darauf hin, daß die von NIRSCH (1971) experimentell verifizierte Reaktion



noch nicht abgelaufen ist.

Wie aus den graphischen Darstellungen der Experimente abgelesen werden kann, muß die Temperatur deshalb unter  $345^\circ \text{C}$  gelegen sein, während der Druck (für  $P_{\text{tot}} = p\text{CO}_2$ ) über 2 kb liegt.

Die zweite Paragenese, die im Metabasalt von S Ischl festgestellt wurde, zeigt, daß die eben genannte Reaktion zumindest teilweise abgelaufen sein muß, da Aktinolith und Epidot neben Pumpellyit vorliegen.

Für diesen Fall muß eine Temperatur etwas oberhalb von 345° C bei über 2,5 kb angenommen werden.

Die 3. Paragenese konnte in Hohlräumen des Diabas von Weibing nachgewiesen werden. Teilweise aufgrund von Experimenten und teils nach thermodynamischen Berechnungen wurden die P-T-XCO<sub>2</sub>-Gleichgewichtsdaten der zugehörigen Reaktion

5 Dolomit + 8 Quarz + H<sub>2</sub>O = Tremolit + 3 Kalzit + 7 H<sub>2</sub>O  
 untersucht (SLAUGHTER, KERRICK & WALL, 1975).

Für diese Reaktion können aus den isobaren T-XCO<sub>2</sub>-Gleichgewichtskurven die folgenden Temperaturen abgelesen werden:

XCO <sub>2</sub>	1000 bar	2000 bar
0,55	—	440°
0,72	425°	460°

Der gesamte Bildungsbereich für 1000 bar geht von 315° bis 455° und bei 2000 bar von 440° bis 505° C.

Diese Reaktion findet nach den Autoren nur bei hohen XCO<sub>2</sub>-Werten statt; für 1 kb muß dieser mindestens 0,7 (70 Mol % CO<sub>2</sub>) betragen haben. Bei geringeren XCO<sub>2</sub> entsteht anstelle des Tremolits Talk als Reaktionsprodukt.

Die Experimente von SLAUGHTER, KERRICK & WALL (1975) wurden bei hohen XCO<sub>2</sub>-Werten (größer als 0,55 Mol %) durchgeführt und aufgrund thermodynamischer Berechnungen zu niedrigeren XCO<sub>2</sub> extrapoliert, wobei die Bereiche extrem kleinen Molenbruches von XCO<sub>2</sub> unberücksichtigt blieben.

Es wäre denkbar, daß das Talkfeld bei sehr geringen XCO<sub>2</sub>-Werten (kleiner 0,1) auch bei niedrigen Drucken geschlossen ist und Tremolit + Kalzit wieder aus Dolomit und Quarz bei niedrigen T (kleiner als 400° C) gebildet werden. Bei höheren Drucken dürfte Tremolit + Kalzit + Quarz + Dolomit tatsächlich die stabilere Paragenese gegenüber Talk sein, wie es aus der Koexistenz von Tremolit + Quarz + Dolomit + Zoisit erkennbar ist (HÖCK, 1977, HÖCK & HOSCHEK, 1979). Das Vorhandensein von Epidot oder Zoisit läßt einen geringen XCO<sub>2</sub> Wert annehmen.

Indikatoren des Molenbruches von CO<sub>2</sub> für die hier untersuchten Minerale sind zwar nicht vorhanden, doch sollte bei beginnender Metamorphose eher mit niedrigen XCO<sub>2</sub> zu rechnen sein. Die hier besprochenen Paragenesen kommen in räumlich benachbarten Gebieten vor, sodaß mit einem großen Unterschied von T und P wohl nicht zu rechnen ist. Einigermaßen vergleichbare Temperaturen der diskutierten Paragenesen würden sich aus den experimentellen Daten nur für folgende Bedingungen ergeben:

Bei einem Druck von 2 kb ergeben sich für ein XCO<sub>2</sub> von 0,7 Temperaturen von 432° (Talk Paragenese) und 460° (Tremolit führende Paragenese). Für einen XCO<sub>2</sub>-Wert von 0,5 liegen die Temperaturen bei 405° (Talk) und 438° (Tremolit). Aus zwei verschiedenen Paragenesen erhält man somit Temperaturen, die um 30° C differieren. Es ist dies eine Abweichung, die möglicherweise auf den Eisengehalt der nicht reinen Substanzen in der Natur zurückzuführen sind, wobei der Einfluß einer Gasphase, die zusätzliche Komponenten aufweist (in der Nähe liegendes Salinar) eine generelle Temperaturerniedrigung bewirkt haben könnte.

Der Einfluß des Salinars während der Diagenese und der Metamorphose erfolgte in zwei Ebenen, erstens durch Beeinflussung der fluiden Phase, die die Aktivität des Wassers veränderte, aber auch das H<sub>2</sub>O—CO<sub>2</sub> Gasmisch in unterschiedlicher Weise verringerte und zweitens durch die Mobilisierung der im Salinar selbst vorhandene Elemente wie K und Na während der Metamorphose.

Untersuchungen zur Unterscheidung des unterschiedlichen Einflusses des Salinars auf Mineralreaktionen während der Metamorphose ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

### Dank

Mein besonderer Dank gilt Prof. H. MEIXNER für die Anregung zur Wahl des Themas und für immerwährende Unterstützung bei der Materialbeschaffung. Den Herren Prof. FRASL und Prof. METZ sowie Doz. HÖCK für Diskussionsmöglichkeit und für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Herrn Prof. HAFNER (Marburg) danke ich bestens für die Erstellung und Deutung der Mössbauerspektren des Crossits.

Weiters sei vor allem jenen Herren gedankt, durch deren Hilfe es möglich war methodische Arbeiten durchführen zu können: Herrn Prof. EL GORESY, MPI, Heidelberg und Herrn Doz. KURAT, Naturhistorisches Museum Wien, Mineralogische Abteilung, sowie Prof. FRASL und Doz. HÖCK an deren Mikrosonden die Mineralanalysen durchgeführt werden konnten. Herrn Dr. VETTERS für die Möglichkeit am Zeiss Photomikroskop die Dünnschliffphotos machen zu können. Den Herren Hofrat SCHAUBERGER und Dr. SCHÄFFER sowie Herrn STRASSER und RULLMANN für Geländebegehungen und so manche Hilfe bei der Beschaffung von Probenmaterial. Der Firma MOLDAN und RIGIPS sei für die Erlaubnis gedankt zu jeder Zeit Probenmaterial aus den Abbaugebieten aufzusammeln zu dürfen.

Dem Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich gilt der Dank für die finanzielle Unterstützung durch Projekt Nr. 2877, 2048 bzw. 3342, der Fulbright Commission für die Finanzierung der Reise in die USA.

Die Gesteinsanalysen wurden von Mag. ANDORFER, Mag. BAUMGARTNER, Dr. EXNER, Mag. HERBST und Mag. RUSCHA ausgeführt, dafür sei allen bestens gedankt. Für Röntgenaufnahmen danke ich Mag. RUSCHA, für Zeichenarbeiten Herrn STEYRER und HASSFURTER, für Fotoarbeiten Dr. EXNER und Mag. BURGSTALLER.

### Literatur

- BENCE, A. E. & ALBEE, A. L.: Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. — *J. Geol.*, **76**, 382—403, 1968.
- BLACK, PH. M.: Mineralogy of New Caledonian Metamorphic Rocks. — *Contr. Min. Petr.*, **39**, 55—64, 1973.
- BÖGEL, H. & SCHMIDT, K.: Kleine Geologie der Ostalpen. — 231 S., 100 Abb., Ott-Verlag, Thun 1976.
- BORG, I. Y.: Optical Properties and Cell Parameter in the Glaucophane—Riebeckite Series. — *Contr. Mineral. Petrol.* **15**, 67—92, 1967.
- BOYD, F. R.: Hydrothermal investigations of amphiboles. — In: *Researches in Geochemistry*, J. Wiley, 1959.
- BURST, J. F.: Mineral Heterogeneity in „glaucosite pellets“. — *Am. Min.* **43**, 448—497, 1958.
- CAWTHORN, R. C. & COLLERSON, K. D.: The recalculation of Pyroxene End-Member Parameters and the Estimation of Ferrous and Ferric Iron Content from Electron Microprobe Analysis. — *Am. Min.* **59**, 1203—1208, 1974.
- COLBY, J. W.: MAGIC IV — A computer program for quantitative electron microprobe analysis. — Bell Telephone Labs. Allentown, Pennsylvania etc., *Advances X-ray Analysis*, **11**, 297—315, Plenum Press 1969.
- COLEMAN, R. G. & PAPIKE, J. J.: Alkali Amphiboles from the Blueschists of Cazadero, California. — *Journ. Petrol.*, **5**, 105—122, 1968.
- CORNELIUS, H. P.: Basische Eruptivgesteine aus der Untertrias von Puchberg am Schneeberg (Niederösterreich). — *Anz. Akad. Wissensch. Wien, m. n. Kl.* **9**, 108—110, 1950.

- DEANS, T., GARSON, M. S. & COATS, J. S.: Fenite-type Soda Metasomatism in the Great Glen, Scotland. — *Nature Physical Science*, **234**, 145—147, 1971.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. & ZUSSMAN, J.: *Rock Forming Minerals*. — Vol. 3, 11—20, Longmans, London 1962.
- DEL NEGRO, W.: *Abriß der Geologie von Österreich*. — *Geol. B.-A., Bundesländerserie*, Wien 1977.
- DORT, R. & HLAWATSCH, A.: Über einen aegirinähnlichen Pyroxen und den Krokydolith von Mooseck bei Golling, Salzburg. — *Verh. Geol. B.-A.*, **82**, 79—95, Wien 1973.
- ERNST, W. G.: The stability relations of magnesioriebeckite. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **19**, 10—40, 1960.
- ERNST, W. G.: Stability relations of glaucophane. — *Amer. Journ. Sci.* **259**, 735—765, 1961.
- ESSENE, E. J. & FYFE, W. S.: Omphacite in Californian Metamorphic Rocks. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, **15**, 1—22, 1967.
- EXNER, CH. & ERKAN, E.: Authigene Plagioklase in Kalkgeröllen der Gosauschichten bei Puchberg am Schneeberg (NÖ.). — *Verh. Geol. B.-A.*, **1971**, 153—162, Wien 1971
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G.: *Sedimente und Sedimentgesteine. Sediment-Petrologie*, Tl. II. — 726 S., 326 Abb., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1970.
- GOODWIN, J. H.: Geochemical History of Lake Gosiute. — *Contrib. Geology*, **10**, (Trona issue), 9—13, 1971.
- GOODWIN, J. H.: Analcim and K-Feldpat in Tuffs of the Green River Formation, Wyoming. — *Am. Min.*, **58**, 93—105, 1973.
- HENDRICKS, ST. B. & ROSS, C. S.: Chemical composition and genesis of glauconite and celadonite. — *Am. Min.*, **26** 683—699, 1941.
- HÖCK, V.: Tremolith/Aktinolith- und Diopsid- führende Metasedimente im Bereich Fuscherkarkopf—Hochtor (Mittlere Hohe Tauern). — *Jahresbericht 1976 „Geologischer Tiefbau der Ostalpen“*. (Hochschulschwerpunkt N 25), Publ. Z. A. Meteorologie Geodynamik **221**, 32—42, Wien 1977.
- HÖCK, V. & HOSCHEK, G.: Metamorphism of Calcareous Metasediments in the Hohe Tauern, Austria. — *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **71/72**, Wien 1979.
- JOHANNES, W.: An experimental investigation of the system MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>. — *Amer. Journ. Science*, **267**, 1083—1104, 1969.
- JOHN, C. V.: Über Eruptivgesteine aus dem Salzkammergut. — *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, **49**, 247—258, Wien 1899.
- KIRCHNER, E. CH.: Vorläufige Mitteilung über eine pumpellyitführende Kissenlava von Wienern am Grundlsee, Stmk. — *Geol. Paläont. Mitt.*, **7**, 1—2, Innsbruck 1977.
- KIRCHNER, E. CH.: Pumpellyitführende Kissenlavabreccien in der Gips-Anhydritlagerstätte von Wienern am Grundlsee, Stmk. — *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **26**, 149—162, Wien 1979.
- KULKE, H.: Tektonik und Petrographie einer Salinarformation am Beispiel der Trias des Atlssystem (NW-Afrika). — *Geotekt. Forsch.*, **55**, 1—158, 1978.
- MEDWENTITSCH, W.: Die Geologie der Salzlagerstätten Bad Ischl und Alt-Aussee (Salzkammergut). — *Mitt. Geol. Ges.*, **50**, 134—199, Wien 1957.
- MEIXNER, H.: Über „Salzburger“ Mineralnamen. — *Der Karinthin*, **13**, 6—14, 1951.
- MEIXNER, H.: Zur „Salzburg“-Exkursion der Österr. Mineralog. Gesellschaft, 1.—4. Okt. 1971. — *Der Karinthin*, **65**, 236—250, Salzburg 1971.
- MEIXNER, H.: Über ein Aegirimineral und vulkanischen Auswürflinge aus der Anhydrit/Gipslagerstätte von Wienern am Grundlsee, Stmk. — *Der Karinthin*, **21**, 27—32, Salzburg 1974.
- METZ, P. W. & WINKLER, H. G. F.: Experimentelle Gesteinsmetamorphose VII. Die Bildung von Talk aus kieseligem Dolomit. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **27**, 431—457, Oxford 1963.
- METZ, P. & PUHAN, O.: Experimentelle Untersuchungen der Metamorphose von kieselig-dolomitischen Sedimenten. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, **26**, 302—314, 1970.

- METZ, P. & PUHAN, D.: Korrektur zur Arbeit 1970. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, **31**, 169–170, 1971.
- MIYASHIRO, A.: The chemistry, optics and genesis of the alkali-amphiboles. — *Journ. Fak. Science, Univ. Tokyo, Sec. II*, **11**, 57–83, 1957.
- MILTON, CH. & EUGSTER, H. R.: Mineral Assemblages of the Green River Formation. — In: ABELSON: *Researches in Geochemistry*, 118–150, J. Wiley, New York 1959.
- MOSTLER, H.: Anhydrite and Gypsum in Low Grade Metamorphic Rocks along the Northern Margin of the Grauwackenzone (Tyrol, Salzburg). — *Symposium on the Geology of the Saline Deposits, Hannover* 1968.
- MÜLLER, G. & BRAUN, E.: Methoden zur Berechnung von Gesteinsnormen. — *Clausthaler Tekton. H.* **15**, 126 S., Clausthal-Zellersfeld 1977.
- NITSCH, K. H.: Stabilitätsbeziehungen von Prehnit- und Pumpellyit-hältigen Paragenesen. — *Contr. Min. Petr.*, **30**, 249–260, 1971.
- PAAR, W., MEIXNER, H. & RULLMANN, T.: Vorbericht über eine Dufrenoyisit-Zinkblende-Vererzung im Gips von Grubach (Moosack) bei Golling, Salzburg. — *Der Karinthin*, **79**, 72–78, Salzburg 1979.
- PLÖCHINGER, B.: Die Hallstätter Deckscholle östlich von Kuchl/Salzburg und ihre in das Aptien reichenden Roßfeldschichten-Unterlage. — *Verh. Geol. B.-A.*, **1966**, 80–86, Wien 1968.
- PLÖCHINGER, B.: Gravitativ transportiertes permisches Haselgebirge in den Oberalmer Schichten (Thitonien, Salzburg). — *Verh. Geol. B.-A.*, **1979**, 71–88, Wien 1974.
- PLÖCHINGER, B.: Die Oberalmer Schichten und die Platznahme der Hallstätter Masse in der Zone Hallein–Berchtesgaden. — *N. Jahrb. Geol. Paläont. Abh.*, **151**, 304–324, 1974.
- SABINE, P. A.: The optical properties and composition of the acmitic pyroxenes. — *Miner. Mag.*, **29**, 113–125, 1950.
- SCHÄFFER, G.: Bericht 1976 über Neuaufnahmen im Mesozoikum des Salzkammergutes auf Blatt 96, Bad Ischl. — *Verh. Geol. B.-A.*, **1977**, 90–91, Wien 1977.
- SCHAUBERGER, O.: Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. — *Berg- und Hüttenmännische Monatsb.*, **94**, 1–11, Wien 1949.
- SCHAUBERGER, O.: Die Genese des alpinen Haselgebirges. — *Z. deutsch. Geol. Ges.*, **105**, 736–751, 1955.
- SCHAUBERGER, O.: Ein Beitrag zur Kenntnis des Blauquarz- und Krokydolithvorkommens von Grubach bei Golling. — *Der Karinthin*, **39**, 42–46, Klagenfurt 1959.
- SCHAUBERGER, O.: Melaphyr (Diabas), Tuffit und Krokydolith im Ischler Salzberg. — *Anz. Akad. Wiss. Wien, m. n. Kl.*, **7**, 1–3, Wien 1960.
- SCHLAGER, W.: Hallstätter und Dachsteinkalk-Fazies am Gosaukamm und die Vorstellung ortsgebundener Hallstätter Zonen in den Ostalpen. — *Verh. Geol. B.-A.*, **1967**, 50–70, Wien 1967.
- SLAUGHTER, J., KERRICK, D. M. & WALL, V. J.: Experimental and Thermodynamic Study of Equilibria in the System  $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ . — *Am. Journ. Sci.*, **275**, 143–163, 1975.
- SCHÖLLNERBERGER, W.: Zur Faziesverteilung im Gebiet des Hohen Schrott (E. Bad Ischl Salzkammergut) und die Auflösung der Singereben-Teufingkogel-Deckscholle. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **17**, 73–86, Wien 1967.
- STRECKEISEN, A.: Die Klassifikation der Eruptivgesteine. — *Geol. Rundschau*, **55**, 478–491, 1965.
- SURDAM, R. C. & PARKER, R. D.: Authigenic Aluminosilicate Minerals in the Tuffaceous Rocks of the Green River Formation, Wyoming. — *Geol. Soc. Am. Bull.*, **83**, 689–700, 1972.
- TOLLMANN, A.: Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. — 580 S., 256 Abb., 3 Taf., Deuticke, Wien 1976.
- TRÖGER, W. E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, *Tl. 2, Textband*, 2. Aufl. — 822, S. 259 Abb., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1967.

- TRÖGER, W. E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Tl. 1, Tabellen, 4. Aufl. — 188 S., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1971.
- WASHINGTON, H. S. & H. E. MERWIN,: The Acmitic Pyroxenes. — Amer. Min., **12**, 233—252, 1927.
- WILLE, G. & JANOSCHEK, W. et al.: Stratigraphie und Tektonik der Schichten der Oberkreide und des Alttertiärs im Raum Gosau und Abtenau (Salzburg). — Jahrb. Geol. B. A., **109**, 91—172, Wien 1966.
- WINKLER, H. G. F.: Petrogenesis of Metamorphic Rocks. — Springer, New York 1976.
- ZIRKL, E.: Der Melaphyr von Hallstatt. — Jahrb. Geol. B.-A., **100** 137—176, Wien 1957.
- Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 4. Februar 1980.