

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

Ein feingeschichteter Tuffit vom Rechberg bei Frohnleiten (Steiermark) und die Berechnung seiner Metamorphose in der Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies

Von Haymo HERITSCH

Mit 3 Tabellen und 6 Abbildungen (im Text)

Eingelangt am 5. Februar 1980

Inhalt: In einem feingeschichteten Tuffit vom Rechberg bei Frohnleiten in Steiermark treten auf: a) helle tuffitische Lagen mit spilitischem (Albit, Chlorit, Ilmenit, Magnetit) und tonigem Material sowie b) dunkle Lagen mit vorwiegend tonigem Material (Muskowit und Chlorit) und auch Ilmenit. Der gesamte Gesteinskomplex mit einer Mächtigkeit von über 400 m ist leicht metamorph. Berechnet man die chemisch differenten Lagen auf den Metamorphosezustand der Plattengneise der Koralpe, so ergibt das in den beiden Lagen folgende charakteristische Mineralkombinationen in a) Cyanit + Granat + Biotit + Muskowit und in b) Mikroklin + Granat + Biotit + Muskowit neben Quarz und Accessorien und eventuell Plagioklas (Albit). Die prinzipielle Analogie zu den Plattengneisen wird hervorgehoben.

Einführung

Die im Kristallin der Koralpe besonders auffallenden Plattengneise zeigen einen ausgeprägten Lagenbau. Dabei stehen einander Lagen mit Cyanit + Granat + Biotit + Muskowit und Lagen mit Mikroklin + Granat + Biotit + Muskowit gegenüber. Quarz und Plagioklas sowie Accessorien treten noch hinzu. Nachdem PLATEN & HÖLLER 1966 darauf hingewiesen hatten, daß entsprechend den Verhältnissen in der Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies Cyanit und Mikroklin sich nie direkt berühren, konnte gezeigt werden (HERITSCH 1978), daß eine Erweiterung des ESKOLA'schen A'KF-Dreiecks zu einem Tetraeder A'KFeMg diese Verhältnisse graphisch deutlich macht. Es entsteht auf diese Weise die wichtige Trennfläche Muskowit-Biotit-Granat zwischen den Teiltetraedern Mikroklin-Granat-Biotit-Muskowit und dem Teiltetraeder Cyanit-Granat-Biotit-Muskowit (vgl. HERITSCH 1978: Abb. 2).

Je nachdem, in welchem Teiltetraeder die chemische Zusammensetzung zu liegen kommt, zeigen die einzelnen abwechselnden Lagen des Plattengneises die oben angeführten Mineralkombinationen. Die über die Lagen gemittelte Pauschalzusammensetzung des Plattengneises liegt in der Nähe der Trennfläche Muskowit-Biotit-Granat.

Als Erklärungsmöglichkeit für die geschilderten Verhältnisse ist ein sedimentär angelegter Lagenbau eines feinschichtigen Illit-Chlorit-Tonschiefers mit Einstreuungen von Kalifeldspat, Plagioklas und Quarz in Betracht zu ziehen (HERITSCH 1978).

Es lag nun der Gedanke nahe, aus dem sedimentären Bereich ein Beispiel zu suchen, das einen entsprechenden feinschichtigen Lagenbau aufweist, aber zumindest noch nicht hoch metamorph ist. Da die chemische Zusammensetzung der wesentlichen

Mineralien der Plattengneise bekannt ist, kann dann dieses feinschichtige Sediment auf den Metamorphosezustand der Koralpe umgerechnet werden.

Auf Grund von ausführlichen Diskussionen mit Prof. H. W. FLÜGEL wurde ein Beispiel aus dem Grazer Paläozoikum gewählt, zu dem ich folgende geologische Erläuterung Prof. H. W. FLÜGEL verdanke.

Die bearbeiteten Proben stammen aus dem Mittelabschnitt einer mindestens 350–400 m mächtigen vulkano-klastischen Schichtfolge, die mit ca. 20–30 Grad gegen Westen bis Westsüdwesten verflächend, im Graben südlich Gehöft Herbst südlich der Straße WH-Brandlhof-Schittersdorf (Kartenblatt Passail) aufgeschlossen ist (Abb. 1). Die Folge läßt sich über den Rechbergkogel und Dreihöfen bis in den Raum nördlich Neudorf verfolgen. Sie wird am Kamm südlich Brandlhof von z. T. kalkigen Schwarzschiefern überlagert. Lithologisch analoge Gesteine schalten sich auch im unteren Abschnitt der vulkano-klastischen Folge ein. Das Liegende bilden die Serizitphyllite (= Passailer Phyllite i.e.S.) der Passailer Mulde.

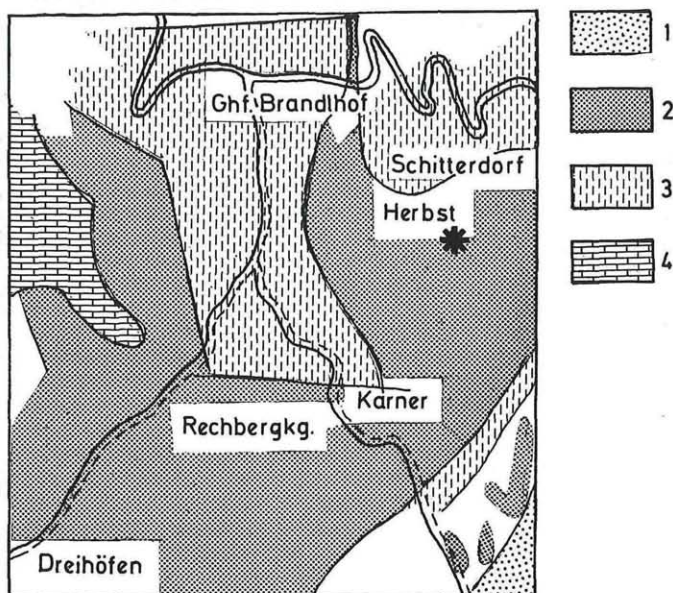


Abb. 1: Geologische Karte des Rechbergkogels, aufgenommen von H. W. FLÜGEL 1: Serizitphyllite, 2: vulkano-klastische Folge, 3: Schwarzschiefer, z. T. kalkig, 4: Kalkschiefer.

Ergebnisse der Untersuchung des feingeschichteten Tuffites vom Rechberg bei Frohnleiten

Für die vorliegende Problemstellung war es notwendig, die schon makroskopisch deutlich unterscheidbaren hellen und dunklen Lagen getrennt zu untersuchen, vgl. Abb. 2.

Die Tabelle 1 bringt das Ergebnis der nach üblichen naßchemischen Methoden ausgeführten Analysen. Aus Dünnschliffbeobachtungen in Verbindung mit Röntgendiffraktometeraufnahmen, erzmikroskopischen Untersuchungen und Elektronenstrahlmikroanalysen an Erzen läßt sich aus der chemischen Analyse der derzeitige Mineralbestand berechnen, Tabelle 2.

Tab. 1: Chemische Analysen der hellen und dunklen Lagen eines feingeschichteten Tuffites vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark.

	Helle Lagen	Dunkle Lagen
SiO ₂	48,54	56,36
TiO ₂	2,65	2,57
Al ₂ O ₃	18,05	17,04
Fe ₂ O ₃	6,63	5,04
FeO	6,18	3,46
MnO	0,01	0,01
MgO	4,52	3,17
CaO	1,04	1,10
Na ₂ O	2,38	0,47
K ₂ O	3,58	5,48
P ₂ O ₅	0,30	0,26
Glv.	5,30	4,64
H ₂ O-	0,79	0,74
	99,97	100,34

Tab. 2: Aus den chemischen Analysen berechnete Mineralbestände der hellen und dunklen Lagen eines feingeschichteten Tuffites vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark.

	Helle Lagen	Dunkle Lagen
Muskowit	30,8	34,5
Chlorit	14,1	9,7
Quarz	17,1	30,5
K-Na-Feldspat	—	12,2
Albit	20,1	—
Ilmenit	3,8	3,8
Anatas	0,7	0,6
Magnetit	2,0	2,0
Fe-Hydroxid	9,5	4,7
Apatit	0,7	0,6
Calcit	1,2	1,4

Im einzelnen ist zum Mineralbestand zu bemerken:

Helle Lagen: Optisch als Albit bestimmte Kristalle mit Albit- und Periklinverzwillingung in Korngrößen bis zu $0,5 \times 1$ mm kommen in manchen Lagen recht häufig vor. Gelegentlich sind nur die Umrissse von Albitkristallen erhalten, und diese selbst sind durch ein granoblastisches Gefüge kleiner Albitkristalle (Durchmesser etwa 0,01 mm) sowie feinblättrigen Muskowit und Chlorit ersetzt. In einigen Lagen konnten Gesteins-trümmer (Durchmesser bis 1,5 mm) gefunden werden, die ein intersertales Gefüge von vielen Albitlamellen zeigen. Außerdem besteht ein Grundgewebe aus Schichtsilikaten von so kleiner Blättchengröße, daß eine hinreichend umfassende optische Identifizierung kaum möglich ist, jedoch weisen Röntgendiffraktometeraufnahmen Muskowit und Chlorit aus. Für die Berechnung des Mineralbestandes in der Tabelle 2 wurde wegen der geringen Färbung (schwacher Pleochroismus, hellgelb und hellgrün) ein Klinochlor nach DEER et al. 1962:142, Nr. 26 angenommen. Es gibt alle Übergänge von Lagen, in denen gut erhaltene Albitkristalle erscheinen, bis zu solchen Lagen, in denen

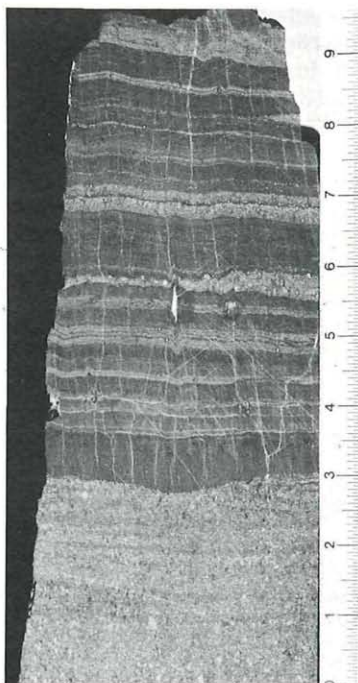


Abb. 2: Feingeschichteter Tuffit vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark. Die hellen Lagen sind reich an Albit und führen vorwiegend spilitisches Material (Mineralbestand in Tab. 2), die dunklen Lagen haben die Zusammensetzung eines Tones mit Ilmeniteinstreuung (Mineralbestand in Tab. 2). Das gesamte Gestein ist leicht metamorph.

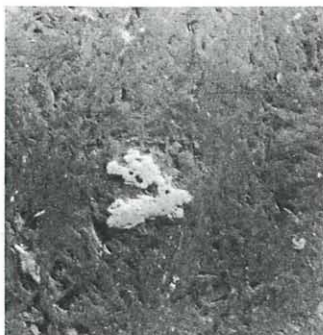


Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Ilmenit-Kornes in heller Lage des Tuffits vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark. Das hellgraue, lappig und löchrig ausgebildete Ilmenit-Korn hat einen Durchmesser von 0,03 mm; dunkelgrau: silikatische Mineralien.

neben dem Grundgewebe mit eingestreuten kleinen Albitkörnern kaum noch Formrelikte nach Albit erahnt werden können.

Bemerkenswert ist das Auftreten von reichlich Erz. Die folgenden Ergebnisse verdanke ich Prof. W. ZEDNICEK: Nach Untersuchungen im Erzmikroskop und mit der Mikrosonde sind die Erze vorwiegend Ilmenit mit meist unregelmäßiger Begrenzung

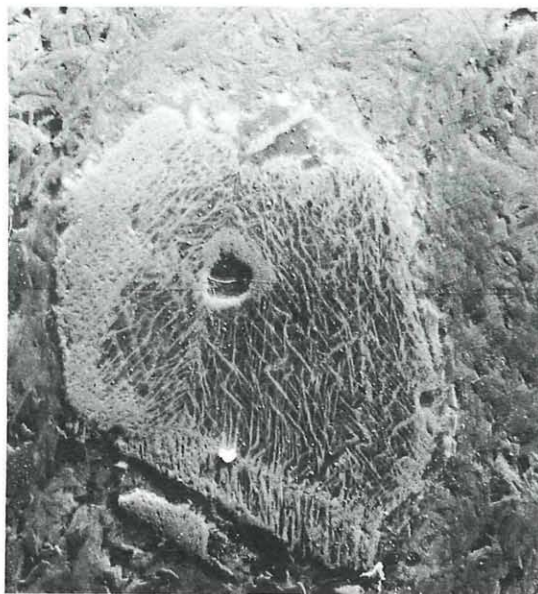


Abb. 4: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines zu tafeligen Anatasaggregaten umgewandelten Ilmenit-Kornes aus heller Lage des Tuffits vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark. Andeutungen von Kristallflächen sind zu beobachten. Durchmesser des pseudomorphisierten Kornes 0,15 mm.

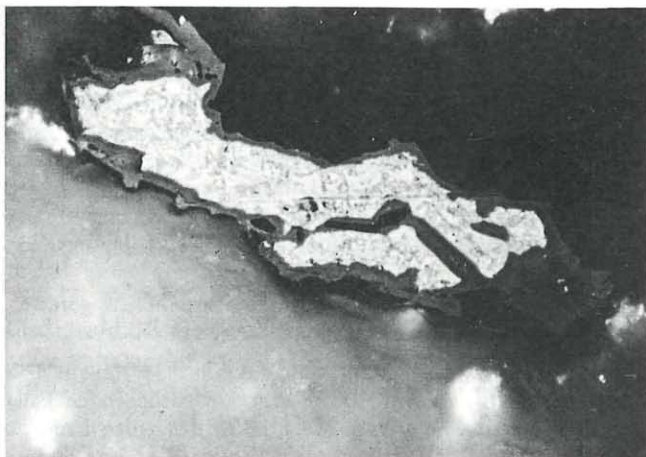


Abb. 5: Erzmikroskopische Aufnahme (Öl) eines unregelmäßigen Magnetit-Kornes, das sekundär randlich in Eisenhydroxid umgewandelt ist, aus heller Lage des Tuffits vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark. Größter Durchmesser des Magnetit-Kornes 0,09 mm.

(Abb. 3), doch können Kristallflächen angedeutet sein. Ein Teil der Ilmenitkörner scheint sekundär, vermutlich in Anatas, zerfallen (Abb. 4) und liefert in der RMA nur mehr Ti. Neben wenig kleinen Ilmenitkörnern (Durchmesser wenige Hundertstel Millimeter) kommen meist große Ilmenitkörner mit Durchmessern bis zu 0,5 mm vor. Als



Abb. 6: Erzmikroskopische Aufnahme (Öl) eines Ilmenitkornes, das Löcherigkeit und Andeutungen von Kristallflächen zeigt, aus dunkler Lage des Tuffites vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark. Größter Durchmesser des Ilmenitkornes 0,05 mm.

weiteres Erz ist noch Magnetit festzustellen, der ebenfalls sekundär vom Rand her in Eisenhydroxid umgewandelt ist (Abb. 5). Daneben ist noch intergranulare Infiltration von Eisenhydroxid zu beobachten.

Nach diesen Beobachtungen waren daher Ilmenit, Magnetit und Eisenhydroxid im zur Zeit bestehenden Mineralbestand in Tab. 2 zu verrechnen.

Dunkle Lagen: Die Korngröße der Blattsilikate, aus Röntgendiffraktometeraufnahmen Muskowit und Chlorit, liegen im Bereich von 0,01 mm und darunter. Für Chlorit wird aus den gleichen Gründen wie in den hellen Lagen derselbe Klinochlor nach DEER et al. 1962: 142, Nr. 26 verrechnet, Tab. 2. Die Körner von Quarz und dem mikroskopisch nur schwer identifizierbaren K-Na-Feldspat erreichen Größen bis zu 0,015 mm Durchmesser. Von besonderem Interesse ist, daß in den dunklen Lagen ebenfalls reichlich (vgl. die TiO_2 -Werte in Tab. 1) Ilmenit erscheint, der in seiner Erscheinungsform (meist unregelmäßig begrenzt und löcherig) Übereinstimmung mit den Ilmenitkörnern der hellen Lagen zeigt (Abb. 6); allerdings werden nur Korngrößen bis zu 0,05 mm erreicht.

Deutung der Genese des feingeschichteten Tuffites vom Rechberg bei Frohnleiten

Helle Lagen: Die Mineralkombination Albit + Chlorit (+ Ilmenit + Magnetit) ist typisch für Spilite (vgl. z. B. AMSTUTZ 1968: 745). Im vorliegenden Fall treten noch Quarz und Muskowit hinzu. Die geringe Mächtigkeit der hellen Lagen, oft nur etwa 1 mm, erfordert ebenso wie das Auftreten scharfkantiger Gesteinstrümmen mit Intersertaltextur der Albitleisten ein Einbringen des vulkanischen Materials innerhalb eines sedimentären Zyklus. Auf alle Fälle verlangen die erwähnten scharfkantigen Gesteinstrümmen, die durch Kristallflächen ebenfalls scharfkantigen Einzelkristalle von Albit und auch die teilweise löcherigen und mit Andeutungen von Kristallflächen versehenen Ilmenitkristalle sowie auch die Magnetitkristalle (vgl. Abb. 2, 3, 4, 5), daß höchstens ein kurzer Wassertransport nach einem Absatz als Asche und Lapilli erfolgte.

Daher sind die hellen Lagen als Tuffitlagen mit einer Mischung aus vulkanischem, d. h. spilitischem und sedimentären Material zu bezeichnen. Eine Vergleichbarkeit mit

dem von ANGEL 1954 beschriebenen spilitischen Tuffit („Waldsteinit“) ist grundsätzlich gegeben.

Mit der Einbringung von spilitischem Material in die hellen Lagen tritt natürlich die gesamte Problematik der Spilitbildung (vgl. z. B. TURNER & VERHOOGEN 1960: 268 ff., AMSTUTZ 1968) in Erscheinung.

Die Entstehung von Spiliten wird im Bereich des Grazer Paläozoikums üblicherweise auf Na-metasomatische Prozesse an ursprünglichen Basalten und Basalttuffen (vgl. ANGEL 1954) im Vergleich mit verhältnismäßig gut erhaltenen Diabasen z. B. des Hochlantsch-Gebietes zurückgeführt. Im Sinne einer solchen Annahme ist zunächst einmal basaltisches Material lagenweise in den Gesteinsstoß eingebracht worden und zwar entweder direkt als Aschenregen oder über schwache Strömungen mit kurzem Transportweg; zum Vergleich können hier etwa Strömungen in einem Wattenmeer dienen. Erst nach Versenkung in die Tiefe erfolgte dann die Na-Metasomatose und gleichzeitig leichte Metamorphose (Anchimetamorphose), wobei einerseits die Plagioklasse in Albit (Spilitreaktion mit Stoffwanderung, z. B. TURNER & VERHOOGEN 1960:268) und andererseits die dunklen Gemengeteile des basaltischen Materials gemeinsam mit sedimentogenen Komponenten zu Chlorit und Muskowit umgewandelt wurden. Es besteht zur Zeit kein Hinweis, diese Auffassung zu Gunsten einer anderen Deutung (z. B. primärer Spilit, TURNER & VERHOOGEN 1960:269, AMSTUTZ 1968) zu verlassen.

Dunkle Lagen: In der chemischen Analyse entsprechen die dunklen Lagen schon auf Grund des sehr hohen K_2O -Gehaltes nicht der mittleren Zusammensetzung von Schiefer-tonen (WEDEPOHL 1969:260f.). Bemerkenswerterweise ist aber die chemische Zusammensetzung des blauen Tones von Estland (BARTH, CORRENS & ESKOLA 1939:180, Gesamtanalyse und Mineralbestand) sehr ähnlich. Durch diese Vergleichsmöglichkeit ist die sedimentogene Entstehung der dunklen Lagen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit gegeben. Auffallend ist, daß auch in den dunklen Lagen reichlich Ilmenit vorkommt, der sich nur durch die kleineren Korngrößen vom Ilmenit der hellen Lagen unterscheidet. In Sedimenten überhaupt ist im allgemeinen der TiO_2 -Wert viel kleiner, als in den dunklen Lagen und CORRENS (zitiert in WEDEPOHL 1978:22-K-2) hat darauf hingewiesen, daß ein hoher TiO_2 -Gehalt in Sedimenten nur durch den Einfluß von vulkanischem Material hervorgerufen wird. Eine Erklärung im vorliegenden Fall ist, da ja anderes vulkanisches Material als Ilmenit offenbar in den dunklen Lagen fehlt (vgl. den extrem niedrigen Na_2O -Wert gegenüber den hellen Lagen), durch die oben erwähnten schwachen Strömungen möglich: Nur sehr kleine Korngrößen werden transportiert, und die großen Plagioklasse und Lapilli kommen nicht in die dunklen Lagen.

Bei der leichten Metamorphose entstehen aus den Tonmineralien feinblättriger Muskowit und Chlorit. Die gleichzeitig ablaufende Na-Metasomatose bleibt für diese beiden Mineralien wirkungslos (vgl. den Muskowit- und Chloridgehalt der hellen Lagen) und äußert sich höchstens im geringen Albitgehalt des K-Na-Feldspates.

Berechnung des Mineralbestandes des feingeschichteten Tuffites vom Rechberg bei Frohnleiten bei Metamorphose in der Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies entsprechend den Plattengneisen der Koralpe

Die Mineralkombination der Plattengneise der Koralpe entspricht innerhalb der Almandin-Amphibolit-Fazies weitgehend der Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies (WINKLER 1967:107, PLATEN & HÖLLER 1966) oder einer medium grade Metamorphose (WINKLER 1976:55ff.). In der ESKOLA'schen A'KF-Dreiecksprojektion der genannten Subfazies fallen die chemischen Analysen der hellen und dunklen Lagen in das Teildreieck Granat-Muskowit-Biotit und sind damit vielen Gneisen der Koralpe ähnlich (HE-

RITSCH 1978). Der tatsächliche Mineralbestand der Gneise der Koralpe kann jedoch durch die Erweiterung auf das $A'KFeMg$ -Tetraeder erklärt werden (HERITSCH 1978: 21). Es wird daher für die Tuffite des Rechberges dieselbe Erweiterung vorgenommen, da ja die Absicht besteht, diese Tuffite auf die Koralpenmetamorphose umzurechnen. Das Ergebnis ist nun, daß die chemische Analyse der hellen Lagen in das Teiltetraeder Cyanit-Granat-Biotit-Muskowit, während die chemische Analyse der dunklen Lagen in das Teiltetraeder Mikroklin-Granat-Biotit-Muskowit zu liegen kommt. Wie im Falle der Koralpe liegen die Projektionspunkte der beiden Analysen also, wenn auch knapp, auf verschiedenen Seiten der wichtigen Trennfläche Muskowit-Granat-Biotit.

Da inzwischen, besonders durch die in Arbeit stehende Dissertation von F. HAYDARI am hiesigen Institut, ein guter Überblick über die chemische Zusammensetzung von Granat und Biotit aus Gneisen der Koralpe vorliegt, ist es auch möglich, den Mineralbestand der im Sinn der Koralpenmetamorphose metamorphosierten feinschichtigen Tuffite des Rechberges zu berechnen. Folgende Werte sind der Bearbeitung HAYDARI, sowie PACHER & RIEPL 1978 zu entnehmen.

Granat, Mittel aus Koralpengneisen:

Almandin	59,6
Pyrop	17,6
Grossular	15,7
Andradit	5,3
Spessartin	1,8

Biotit, Mittel aus Koralpengneisen:

Si	5,590	
Al	2,410	8,00
Al	0,714	
Ti	0,218	
Fe ³⁺	0,390	
Fe ²⁺	1,856	
Mn	0,016	
Mg	2,502	5,70
Ca	0,038	
Na	0,154	
K	1,566	1,76
OH	3,677	

Das Ergebnis der Berechnung der chemischen Analysen der hellen und dunklen Lagen auf den Metamorphosezustand der Plattengneise der Koralpe mit den angeführten Zusammensetzungen von Granat und Biotit ist in Tab. 3 angegeben. Es tritt also in den hellen Lagen Cyanit auf, der nicht nur beim gegebenen Chemismus des Granates verrechnet werden muß; auch bei Annahme eines (in den Koralpengneisen nicht vorkommenden) sehr eisenreichen Granates kann der gesamte Al_2O_3 -Gehalt nicht allein auf Granat verrechnet werden, so daß Cyanit auftreten muß. In den dunklen Lagen kann bei den vorgegebenen Mineralchemismen von Biotit und Granat nicht Cyanit berechnet werden. Allerdings kann hier bei der Annahme eines in den Koralpengneisen nicht beobachteten sehr eisenreichen Granates der Kalifeldspatanteil zum Verschwin-

den gebracht werden. Der Pauschalchemismus der vorliegenden Tuffitlagen entspricht nicht dem Mittel aus den chemischen Analysen von Gneisen der Koralpe bei PACHER & RIEPL 1978 und weicht durch die kleineren Werte für SiO_2 sowie die großen Werte für $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ und MgO und durch den sehr hohen Wert für K_2O in den dunklen Lagen ab.

Tab. 3: Aus den chemischen Analysen berechnete Mineralbestände der hellen und dunklen Lagen eines feingeschichteten Tuffites vom Rechberg bei Frohnleiten, Steiermark, nach Metamorphose in die Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies.

	Helle Lagen	Dunkle Lagen
Quarz	14,7	29,5
Biotit	37,5	25,4
Muskowit	6,0	26,6
Granat	9,5	8,9
Cyanit	6,8	—
K-Na-Feldspat	—	5,3
Albit	19,0	—
Rutil	2,0	2,2
Fe-Erz	3,8	1,5
Apatit	0,7	0,6

Zusammenfassung: Der Lagenbau des feingeschichteten Tuffites vom Rechberg ist so beschaffen, daß bei isochemischer Metamorphose in der Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies innerhalb der Lagen (d. h. also ohne Stoffwanderung zwischen den Lagen) ein Gestein entstehen würde, das mit den Plattengneisen der Koralpe in dem Sinn vergleichbar ist als Lagen mit Cyanit + Muskowit + Biotit + Granat (ohne Mikroklin) und Lagen mit Mikroklin + Muskowit + Biotit + Granat (ohne Cyanit) entstehen und daß Mikroklin und Cyanit sich nicht berühren können. Damit ist eine Unterstützung der Deutung der Plattengneise der Koralpe als Metamorphite, deren Lagen von sedimentärer Herkunft chemisch different sind, gegeben.

Für die Ausführung der Arbeit standen mir die Mittel des Institutes für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz zur Verfügung, die beiden chemischen Analysen sind Mittel aus Parallelanalysen, ausgeführt von W. BEKE, Angestellter des genannten Institutes. Herrn Prof. Dr. H. W. FLÜGEL, Universität Graz, danke ich für die Ausführungen zur geologischen Situation, und Herrn Prof. Dr. W. ZEDNICEK, Universität Graz und ÖAMAG Radenthein danke ich für die Bearbeitung der Erze auch an dieser Stelle.

Literatur

- AMSTUTZ G. C. 1968. Spilites and Spilitic Rocks. – In: HESS H. H. 1968. Basalts. The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition, 2:737–753. – John Wiley, New York – London – Sydney.
- ANGEL F. 1954. Waldsteinit, ein Na-metasomatischer, eisenerzdurchstäubter diabasisch-tonschieferiger Metatuffit aus der Steiermark. – *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 4:440–453.
- BARTH T. F. W., CORRENS C. W. & ESKOLA P. 1939. Die Entstehung der Gesteine. – Springer-Verlag, Berlin.
- DEER W. A., HOWIE R. A. & ZUSSMAN J. 1962. Rock-Forming Minerals, Vol. 3, Sheet Silicates. – Longmans, London.

- HERITSCH H. 1978. Die Metamorphose des Schiefergneis-Glimmerschiefer-Komplexes der Koralpe, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 108:19-30.
- PACHER F. & RIEPL K. 1978. Über die chemische Zusammensetzung von Gneisen und Glimmerschiefern der Koralpe, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 108:45-54.
- PLATEN H. v. & HÖLLER H. 1966. Experimentelle Anatexis des Stainzer Plattengneises von der Koralpe, Steiermark, bei 2, 4, 7 und 10 kb H₂O-Druck. – N. Jb. Miner. Abh., 106:106-130.
- TURNER F. J. & VERHOOGEN J. 1960. Igneous and Metamorphic Petrology, 2. Edit. – Mc. Graw-Hill, New York – Toronto – London.
- WEDEPOHL K. H. 1969. Handbook of Geochemistry, Vol. I. – Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.
- 1978. Handbook of Geochemistry, Vol. II/2. – Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.
- WINKLER H. G. F. 1967. Die Genese der metamorphen Gesteine, 2. Aufl. – Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.
- 1976. Petrogenesis of Metamorphic Rocks, 4. Edit. – Springer-Verlag, New York – Heidelberg–Berlin.

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

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [110](#)

Autor(en)/Author(s): Heritsch Haymo

Artikel/Article: [Ein feingeschichteter Tuffit vom Rechberg bei Frohnleiten \(Steiermark\) und die Berechnung seiner Metamorphose in der Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies. 13-22](#)