

Teilprojekt 15/04:

ZUR ABSCHÄTZUNG VON P,T,X BEDINGUNGEN DER ALPIDISCHEN  
METAMORPHOSE AN HAND KARBONATFÜHRENDER METASEDIMENTE  
DER WESTLICHEN HOHEN TAUERN

G.HOSCHEK, Innsbruck

Die für die Abklärung der metamorphen Bildungsbedingungen der Metasedimente der Westlichen Hohen Tauern wesentlichen Untersuchungen an Mineralparagenesen, Mineralchemismen etc. wurden im abgelaufenen Jahr fortgesetzt (HOSCHEK 1980a, b, c). Für die verbreitetsten Metasedimente, d.h. karbonathaltige Gesteine, wurden an Hand der Mineralverteilung Unterschiede in der höchstmetamorphen Zone erkannt, und zwar in Osttirol: Auftreten von Tremolit, Talk, Diopsid, Granat, Abreicher Plagioklas, Fehlen von Kalifeldspat + Dolomit. Am Westende der Hohen Tauern (Pfitschtal) dagegen: Fehlen von Tremolit, Talk, Diopsid, Granat, Auftreten von intermediärem Plagioklas, Kalifeldspat + Dolomit. In beiden Bereichen tritt verbreitet Biotit + Zoisit auf. Diese verschiedenen Paragenesen sind im wesentlichen nicht auf verschiedene Gesteinschemismen zurückzuführen, da es sich in beiden Gebieten um gleiche Schichtglieder handelt. Da ferner die maximalen metamorphen Temperaturen um etwa 550<sup>o</sup> in beiden Gebieten vergleichbar sind, wurde untersucht, ob die unterschiedliche Mineralverteilung durch andere Faktoren, vor allem unterschiedliche Drucke und Porenflüssigkeiten, verursacht wird.

Basierend auf experimentellen Daten bzw. davon rechnerisch abgeleiteten Mineralstabilitätsbeziehungen, ergibt sich vor allem ein starker Einfluß der metamorphen Porenflüssigkeit auf die Art der gebildeten Mineralparagenesen. Aus Fig. 1 zu entnehmen, daß bei etwa gleicher Temperatur Tremolit + Calcit führende Paragenesen (Bereich A) auf sehr CO<sub>2</sub> arme, Kalifeldspat + Dolomit führende Paragenesen (Bereich B) auf CO<sub>2</sub> reichere Zusammensetzungen beschränkt sind. In beiden Fällen sind bei mittleren CO<sub>2</sub> Gehalten Biotit + Zoisit stabil.

Ein weiterer Hinweis auf die Zusammensetzung der metamorphen Porenflüssigkeit wurde durch Flüssigkeitsuntersuchungen erhalten. Diese wurden durch einen u.a. im Rahmen des eigenen Teilprojektes angeschafften Heiz- und Kühlzusatz zum Mikroskopisch ermöglicht. Die Untersuchungen wurden ausschließlich auf Flüssigkeitseinschlüsse beschränkt, welche in gesteinsbildenden Mineralen auftreten. Hierbei kann im Gegensatz zu Kluftmineralen am ehesten ein Gleichgewicht mit der Mineralparagenese angenommen werden. Andererseits war durch die sehr geringe Größe dieser Einschlüsse (zumeist  $< 10 \mu$ ) bedingt, bis jetzt nur eine relativ geringe Anzahl von Proben vermeßbar.

Eine Auswahl bisheriger Ergebnisse findet sich in Tab. 1. Demnach ergibt sich, daß Proben mit Tremolit sehr CO<sub>2</sub> arme bis freie Flüssigkeitseinschlüsse enthalten, Proben mit Kalifeldspat + Dolomit dagegen erhöhte CO<sub>2</sub> Gehalte. Eine Probe ohne diese Minerale, jedoch mit der verbreiteten Paragenese Biotit + Zoisit, ergab Gehalte zwischen den genannten Probentypen. Die Aussagen der Flüssigkeitseinschlüsse unterstützen somit die vorhin aus experimentellen Daten abgeleiteten Beziehungen zwischen Mineralparagenesen und Porenflüssigkeiten. Generell ergeben sich für den Bereich von Osttirol relativ H<sub>2</sub>O reichere Porenflüssigkeiten als für den Bereich des Hohen Tauern Westendes. Diese Aussage steht im wesentlichen in Übereinstim-

Tabelle 1: Ausgewählte Daten zu Flüssigkeitseinschlüssen aus gesteinsbildenden Mineralen

Nr.	Min.	Anz.	hom T <sub>CO<sub>2</sub></sub>		d <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Vol <sub>CO<sub>2</sub></sub>	X <sub>CO<sub>2</sub></sub>	m T <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	% NaCl	m T <sub>CO<sub>2</sub></sub>	hom T <sub>tot</sub>
1661	Do	15	27, 28.5	L,G	0.63, 0.25	15, 40	0.02, 0.06	—	—	-58.1,-58.5	230, 250
1662	Do	18	25, 28.5	G	0.22, 0.28	15, 30	0.01, 0.04	-2, -4.4	3, 7	-57, -58.1	215, 265
1663	Do	4	—		< 0.1	20, 30	< 0.01	-2, -2.5	3, 4	-58.6	n.b.
1664	Do	5	-, 25	G	< 0.1, 0.22	20, 45	< 0.01, 0.07	-3, -4.5	5, 7	-58.8	n.b.
1617 D	Do	8	—		< 0.1	20, 50	< 0.01, < 0.04	-1, -4	1, 6	—	n.b.
1523	Qu	10	20, 26	L	0.77, 0.71	75, 80	0.47, 0.56	—	—	-57.8,-58.8	245, 270
1523	Do	25	17, 24	L	0.81, 0.73	40, > 80	> 0.17	—	—	-57.8	n.b.
1535	Do	15	17, 28	L	0.81, 0.67	> 70	> 0.39	—	—	-57, -58.6	285
1535	Do	7	-, 25	G	-, 0.22	20	< 0.01, 0.02	-1.3, -2	2, 3	—	220, 230
290	Do	5	27, 29	L	0.70, 0.64	55, 70	0.24, 0.40	-1, -1.5	2	-58.4,-59.5	n.b.
284	Qu	12	-11.7,+5	L	0.90, 1.01	20, 70	0.06, 0.36	-0.2, -4	1, 6	-60,-62.2	230, 297

Die angegebenen Wertepaare stellen den Gesamtbereich dar. L = Liquid, G = Gas.

Paragenesen:

1661: Do, Tr, Ta, Mu, Py  
 1662: Do, Ca, Tr, Ca, Mu, Ch, Zo, Ti, Qu, Py  
 1663: Do, Ca, Qu, Tr, Zo, Mu, Ti, Bi  
 1664: Do, Ca, Qu, Tr, Zo, Mu, Ch, Ti, Bi  
 1617 D: Ca, Do, Tr, Ta, Ch, Mu, Bi, Zo, Py  
 1523: Do, Qu, Bi, Mu, Qu, Kf  
 1535: Do, Ca, Bi, Qu, Kf  
 290: Do, Ca, Mu, Kf  
 284: Ca, Mu, Bi, Qu, Ch, Zo, Pl, Qu, Ti, Gr

Lokalitäten:

} Dorfertal, Hinterbichl, ca. 200 m N Gumbachkreuz  
 } Felbertauernstraße, 1 km N Gruben, Abzweigung Ablab  
 } Pfitschtal, Griesscharte  
 } Pfitschtal, Kematen, Straße Schlüsseljoch, , untere Kehne  
 } Pfitschtal, Kematen, Abzweigung Schlüsseljoch

mung mit den aus Kluftmineralen gewonnenen Daten von LUCKSCHEITER et al. (1980). Daneben finden sich aber auch unterschiedliche Zusammensetzungen der Porenflüssigkeiten in räumlich benachbarten Gesteinslagen mit unterschiedlichen Mineralparagenesen aber etwa gleichen P,T Bedingungen.

Die am W-Ende auftretenden, regional erhöhten  $\text{CO}_2$  Gehalte der metamorphen Porenflüssigkeit, könnten somit durch primär erhöhte Gehalte an Kalifeldspat in Dolomit-führenden Karbonaten bedingt sein. Andererseits könnte die interne Pufferung durch  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$  Mineralreaktionen am W-Ende gegenüber Osttirol sowohl unter geringfügig höheren Temperaturen und oder niedrigeren Drucken erfolgt sein und somit zu höheren  $\text{CO}_2$  Werten geführt haben. Die Abnahme von Biotitaltern von Osten gegen das W-Ende hin (RAITH et al. 1978) könnte eine solche geringere Tiefenlage von Isothermen im W anzeigen. Von den genannten Autoren wird allerdings statt dessen eine stärkere Erosion gegen W angenommen. Schließlich kann als weitere Ursache der erhöhten  $\text{CO}_2$  Gehalte eine Zufuhr aus tieferen Bereichen diskutiert werden (SCHUILLING et al. 1979).

Weiterhin wurde versucht aus den Daten der metamorphen Porenflüssigkeiten metamorphe P,T Bedingungen abzuschätzen. Zur Auswertung der eigenen Meßdaten wurden bevorzugte neuere P,V,T Daten für  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ -NaCl Mischungen von HILBERT (1979) und GEHRING (1980) herangezogen. Die metamorphen Temperaturen wurden einerseits den Angaben basierend auf Sauerstoffisotopenverteilung (HOERNES & FRIEDRICHSEN 1974), andererseits eigenen Messungen von koexistierendem Calcit + Dolomit entnommen. Es zeigt sich, daß innerhalb der höhermetamorphen Zone (Temperatur etwa  $550^\circ$ ) lokale Bereiche mit grobkörnigem Calcit und Dolomit sowie zahlreichen Flüssigkeitseinschlüssen auftreten, wobei der Mg-Gehalt von Calcit z.T. Temperaturen unterhalb von  $400^\circ\text{C}$  anzeigt. Die Bildung dieser Einschlüsse dürfte somit vermutlich über ein Temperaturintervall hinweg erfolgt sein.

Die in Fig. 2 angegebenen Isochoren zeigen für das H.T. W-Ende und für  $\text{CO}_2$  arme Flüssigkeitseinschlüsse (Biotit +

Zoisit Paragenese, Bereich IC), Drucke von 5-6 kb (bei  $T \sim 550^{\circ}$ ) an, für das gleiche Gebiet und  $\text{CO}_2$  reiche Einschlüsse (Kalifeldspat + Dolomit Paragenese, Bereich IB) dagegen niedrigere Drucke von 2-3 kb. Für die Rekonstruktion des metamorphen P,T Entwicklungspfades am W-Ende sind weitere Bedingungen aus Fig. 2 zu ersehen. So dürften Teile der mesozoischen Karbonatgesteine im Pfitschtal das Stabilitätsfeld von Lawsonit durchquert haben, wie aus entsprechenden Pseudomorphosen nach vermutlich Lawsonit in begleitenden Grüngesteinen zu erschließen ist. An weiteren P,T Indikatoren ist z.B. Staurolith am W-Ende gebildet worden. Im gesamten Untersuchungsbereich ist (meist deformierter) Disthen verbreitet. Der Anteil an Celadonit Komponente in Muskovit ist, bedingt durch unterschiedliche Gehalte an z.B. Na, sowie durch unterschiedliche Berührungsparagenesen, großen Schwankungen bis in den Handstückbereich unterworfen. Abgesehen davon, lassen sich in karbonatführenden Metasedimenten des H.T. W-Endes Si-Werte bis ca. 3.45 feststellen, in Osttirol Werte bis ca. 3.55. Aus den exp. Daten von VELDE (1965, 1967), wobei allerdings nicht alle Komponenten natürlicher Phengite (z.B. Na, F, Ti) berücksichtigt sind, lassen sich folgende Mindestdrucke für Si-Werte von 3.45 bzw. 3.55 abschätzen:  
 $300^{\circ}$ : 4.5 - 6 kb;  $400^{\circ}$ : 6 - 7.5 kb;  $500^{\circ}$ : 8 - 9.5 kb.

Bei relativ wasserarmen Porenflüssigkeiten werden diese Angaben noch zu höheren Werten hin verschoben.

Ein schematischer P,T Entwicklungspfad dieser karbonatführenden Metasedimente des H.T. W-Endes ist in Fig. 2 als Kurve I angegeben. Weiterhin sind in Fig. 2 Isochoren für  $\text{H}_2\text{O}$  reiche, Tremolit führende Paragenesen aus Osttirol (Bereich IIA) angegeben. Der angegebene schematische Entwicklungspfad, Kurve II, bezieht sich auf einen Teilbereich von Osttirol, in dem Metasedimente und Metabasalte eine frühalpiner Hochdruckphase mitgemacht haben. Kurve II ist z.T. nach Modellrechnungen von HOLLAND & RICHARDSON (1979) wiedergegeben.

Literatur:

- GEHRIG, M. 1980: Phasengleichgewichte und PVT-Daten ternärer Mischungen aus Wasser, Kohlendioxid und Natriumchlorid bis 3 kb und 550<sup>o</sup> C. Hochschul-Sammlung, Naturwissenschaft Chemie, Band 1, Hochschul-Verlag, Freiburg.
- HILBERT, R. 1979: PVT-Daten von Wasser und von wässrigen Natriumchlorid-Lösungen bis 873 K, 4000 Bar und 25 Gewichtsprozent NaCl. Hochschul-Sammlung Ingenieurwissenschaft, Chemieingenieurwesen, Band 2, Hochschul-Verlag, Freiburg.
- HOERNES, S. & FRIEDRICHSSEN, H. 1974: Oxygen isotope studies on metamorphic rocks of the Western Hohe Tauern Area (Austria).- SMPM 54, 769-788.
- HOLLAND, T.J. & RICHARDSON, S.W. 1979: Amphibole zonation in Metabasites as a Guide to the Evolution of Metamorphic Conditions. Contrib. Mineral. Petrol. 70, 143-148.
- HOSCHEK, G. 1980a: Phase relations of a simplified marly rock system with application to the Western Hohe Tauern (Austria).- Contrib.Mineral.Petrol. 73, 53-68.
- 1980b: Zur Zusammensetzung der fluiden Phase in Metamorphiten der Westlichen Hohen Tauern.- Fortschr.Mineral. 58, Bh.1, 58-59.
- 1980c: The Effect of Fe-Mg substitution on phase relations in marly rocks of the Western Hohe Tauern (Austria).- Contrib.Mineral.Petrol. 75, 123-128.
- LUCKSCHEITER, B. & MORTEANI, G. 1980: Micathermometrical and chemical studies of fluid inclusions in minerals from Alpine veins from the penninic rocks of the central and western Tauern window (Austria/Italy).- Lithos 13, 61-77.
- RAITH, M., RAASE, P., KREUZER, H. & MÜLLER, P. 1978: The Age of the Alpidic Metamorphism in the Western Tauern Window, Austrian Alps, according to Radiometric Dating. In: CLOSS, H., ROEDER, D., SCHMIDT, K.: Alps, Apennines, Hellenides, Schweizerbart, Stuttgart, 140-148.
- SCHUILING, R.D. & KREULEN, R. 1979: Are thermal domes heated by CO<sub>2</sub>-reich fluids from the mantle.- Earth and Planet.Sci.Lett. 43, 298-302.

- VELDE, B. 1965: Phengite micas: synthesis, stability and natural occurrence.- Am.J.Sci. 263, 886-913.
- 1967:  $\text{Si}^{+4}$  Content of Natural Phengites.- Contrib.Mineral.Petrol. 14, 250-258.

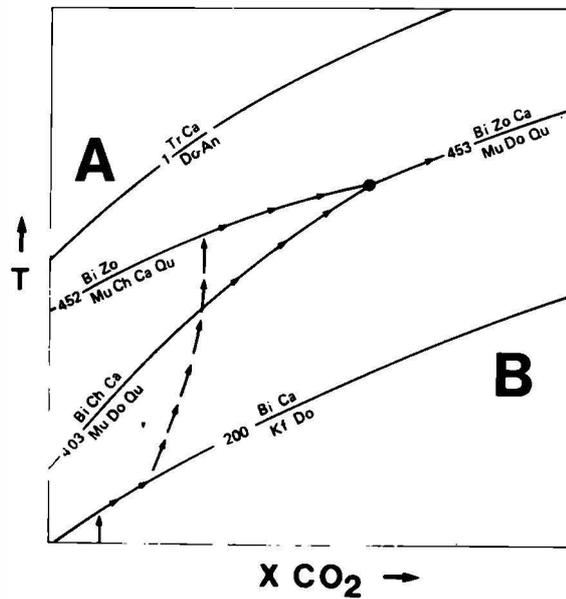


Fig. 1: Schematischer  $T, X_{\text{CO}_2}$  Entwicklungspfad für mergelige Metamorphite der westlichen Hohen Tauern. Bei konstanter Temperatur ist der  $X_{\text{CO}_2}$  Bereich A für Tremolit + Calcit führende Paragenesen bei niedrigeren Werten als Bereich B für Kalifeldspat + Dolomit führende Paragenesen.

Fig. 2: Schematischer  $P, T$  Entwicklungspfad für Metamorphite am W-Ende der Hohen Tauern (I) sowie für die frühalpiner Hochdruckzone in Osttirol (II). Isochorenbereiche für Flüssigkeitseinschlüsse aus II A = Tremolit Paragenesen (Osttirol), I B = Kalifeldspat + Dolomit Paragenesen (Pfitschtal), I C = Biotit + Zoisit Paragenesen (Pfitschtal). Altersangaben und  $P, T$  Punkte der Hochdruckzone nach Modellberechnungen von HOLLAND & RICHARDSON

