

Teilprojekt 15/09 und 15/02:

NEUE GEOCHRONOLOGISCHE UND GEOTHERMOBAROMETRISCHE DATEN
ZUM ABLAUF UND ZUR VERBREITUNG DER KRETAZISCHEN META-
MORPHOSE IM ÖTZTALKRISTALLIN

G.HÖINKES & M.THÖNI, Innsbruck/Wien

1) GEOCHRONOLOGIE (M.Thöni)

Die im Vorjahr begonnenen Rb/Sr-Untersuchungen an Orthogneisen aus der unmittelbaren Altkristallinumrahmung des Schneebergerzuges wurden insbesondere im Hinblick auf die weitere Aufklärung der zeitlichen Einstufung des thermischen Höhepunktes der frühalpidischen Metamorphose fortgesetzt und stehen vor dem Abschluß. Als Ergebnis der Isotopenanalysen werden, im wesentlichen basierend auf einem erweiterten Modell der Schließungstemperaturen in Glimmern (PURDY & JÄGER 1976), für einen SW-NE streichenden, ca. 25 x 15 km großen, ovalen Bereich im südlichen Ötztalkristallin kretazische Temperaturbedingungen von $\geq 550^{\circ}\text{C}$ angenommen. Dieser Bereich weist rein alpidische Glimmeralter auf (im folgenden als "Alpidische Glimmer-Alterszone" = AMA bezeichnet) und stimmt gut mit den auf Grund mineralogisch-petrologischer Daten erarbeiteten alpidischen Temperaturzonierung überein (Fig. 1; vgl. HOINKES 1981).

Ergebnisse

a) Petrographie

Nach dem Glimmerbestand werden die untersuchten Orthogneise in drei Gruppen geteilt (vgl. Carta d'Italia 1:100.000, Blatt Meran):

- aa) Biotitfreie, leukokrate "Muskovitgranitgneise",
- ab) Biotitführende, hellglimmerreiche granitoide Gneise,
- ac) Biotitgranitgneise, z.T. Hellglimmer führend (Tschigot).

Im höher temperierten Bereich ist nur eine Glimmergeneration vertreten. Die häufig mm-großen, grünlichen Schuppen sind selten postkristallin deformiert und nur teilweise gut geregelt. Plagioklase und Kalifeldspäte liegen aus der alpidisch vermutlich heißesten Zone (östliche Texelgruppe) oft als klare Individuen vor; untergeordnete faserperthitische Entmischung wird als Begleiterscheinung der letzten (alpidischen) Abkühlung aufgefaßt. In der unmittelbaren Umgebung zur alpidischen Staurolithzone tritt Kalifeldspat mehr und mehr in Form von cm-großen perthitischen Augen auf, die als voralpidische Relikte interpretiert werden.

b) Isotopendaten

1. Das Schwergewicht lag auf den Rb/Sr-Untersuchungen an Hellglimmern. Fünfzehn Rb/Sr-Alter an grobschuppigen Hellglimmern aus dem alpidisch hoch temperierten Bereich ($\geq 550^{\circ}\text{C}$) streuen zwischen 83 und 100 Mio.J. In der unmittelbar angrenzenden Zone, also der Grenzzone zum Stabilitätsbereich von alpidischem Staurolith, sind die Rb/Sr-Hellglimmeralter deutlich Korngrößenabhängig: die groben Korngrößen ergeben stark streuende Mischalter, während die feinen Korngrößen aus demselben Gestein wesentlich jüngere und z.T. alpidische Alter liefern.
2. Sieben K/Ar-Alter von mit der Rb/Sr-Methode analysierten Hellglimmern liegen zwischen 77 und 85 Mio.J. (Abkühlalter).
3. Die Rb/Sr-Werte der Gesamtgesteine, aus denen die Glimmer separiert wurden, zeigen im Sr-Entwicklungsdiagramm eine ziemlich gute Korrelation von $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ zu $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Das berechnete "Isochronenalter" für 20 Proben liegt bei 436 ± 20 Mio.J. mit einem Initial von 0.71057 ± 0.0028 (im kombinierten COMPSTON-JEFFERY/NICOLAYSEN-Diagramm kalkulierte Maximalalter liegen um 450 Mio.J.). Dieser Wert ist innerhalb der Fehler

mit dem Isochronenalterswert von SATIR (1975) identisch, wenn man beide Datengruppen mit derselben Zerfallskonstante für ^{87}Rb berechnet. Sieben weitere Proben weichen ziemlich stark von der errechneten Geraden (436 Mio.J.) ab, was auf spätere Störung des Rb/Sr-Systems im dm-m-Bereich zurückgeführt wird. Das "Alter" von 436 Mio.J. kann nur im weitesten Sinne, nämlich als letztes durchgreifendes Isotopenhomogenisationsereignis im Großbereich interpretiert werden.

4. An einer Probe wurden acht alternierende, feldspat- bzw. glimmerreiche Lagen (cm-Dicke) mit der Rb/Sr-Methode analysiert. Isochronenalterswerte verschiedener Punkt-kombinationen liegen zwischen 76 und 102 Mio.J., bei einem Mittelwert um 85-90 Mio.J.

DISKUSSION

Auf Grund der guten Korrelation der Isotopendaten mit mineralogisch-petrologischen Ergebnissen kann folgendes Modell entwickelt werden. Mit zunehmender Annäherung an den Bereich alpidischer Amphibolitfazies, d.h. in Richtung zu höheren alpidischen Temperaturen, werden die Rb/Sr-Hellglimmeralter zunehmend jünger. In etwa miteinander vergleichbar für den Grad der Verjüngung sind nur gleiche Ausgangskorngrößen aus demselben Aufschlußniveau. Damit, und aus der Mengenbeziehung von Rb, Sr_{com} und $^{87}\text{Sr}_{\text{rad}}$ kann der Verjüngungsprozeß für den untersuchten Fall im wesentlichen durch zunehmende Diffusion von $^{87}\text{Sr}_{\text{rad}}$ aus dem Hellglimmergitter (Zwischenschichten), entsprechend einem einfachen, korngrößen-abhängigen Diffusionsmodell, bei steigenden Temperaturen erklärt werden.

Daraus folgt:

a) Der Verjüngungsprozeß ist im Untersuchungsgebiet vor allem temperaturkontrolliert. Diese Feststellung gilt für "relativ trockene" und synmetamorph (bezüglich der letzten Überprägung) "nicht intensiv" deformierte Systeme (die verwendeten vagen Ausdrucksweisen stehen absicht-

Tab. 1: Ausgewählte Mikrosondenanalysen von phengitischen Muskoviten

	T 1023		T 1299		T 1066	
	alp. 149/1	var. 146/3	alp. 248/1	var. 250/2	alp. 169/1	var. 170/1
SiO ₂	48.09	45.91	46.49	46.07	46.49	45.93
TiO ₂	0.25	0.37	0.08	0.35	0.20	0.15
Al ₂ O ₃	24.55	31.50	28.40	31.37	29.23	32.55
FeO	9.27	4.32	5.74	4.25	6.11	4.90
MgO	0.75	0.70	1.22	0.97	0.26	0.19
MnO	0.11	0.12	0.04	0.02	0.20	0.12
Na ₂ O	0.08	0.53	0.09	0.43	0.13	0.20
K ₂ O	11.12	10.88	11.11	11.08	11.24	10.99
	94.32	94.33	93.21	94.46	93.90	95.09
Kationen pro 11 Sauerstoff						
Si	3.386	3.151	3.254	3.156	3.237	3.130
Ti	0.014	0.019	0.004	0.018	0.010	0.008
Al	2.038	2.548	2.342	2.533	2.399	2.615
Fe	0.546	0.248	0.336	0.238	0.356	0.280
Mg	0.079	0.072	0.127	0.099	0.027	0.019
Mn	0.007	0.007	0.003	0.001	0.012	0.007
Na	0.011	0.071	0.012	0.057	0.017	0.026
K	0.999	0.953	0.992	0.969	0.998	0.955
	7.084	7.068	7.072	7.072	7.059	7.043

lich in Anführungszeichen, da eine nähere Quantifizierung nicht versucht wurde und außerdem schwer möglich ist).

b) Bei vorwiegend thermischer Überprägung ist die Temperatur für Neueinstellung des Rb/Sr-Systems in Hellglimmer merklich höher als die entsprechende Schließungs-/Öffnungstemperatur (500°C).

c) Für das südliche Ötztaler Altkristallin mag nach den bisherigen regionalen Untersuchungen gelten, daß in der Kreide intensive deformationsinduzierte Austausch- und (Re-) Kristallisationsprozesse nicht durchgreifend wirksam waren. Die alpidische Neueinstellung voralpidischer Mineralalter mag somit wesentlich auf Diffusion und korninterne Ausheilung (recovery), und nur zum Teil auf Re- bzw. Neukristallisation zurückzuführen sein. Die Zuordnung der Einzelminerale zu einem alpidischen bzw. voralpidischen Bestand stellt den schwierigsten Teil der Untersuchungen dar.

d) Die Rb/Sr-Hellglimmeralter zwischen 83 und 100 Mio.J. aus der heißesten Zone werden mit dem letzten thermischen Maximum in Verbindung gebracht; die jüngsten Werte dieser Altersgruppe können das erste Abkühlstadium dokumentieren. Maßgebend für diese Interpretation ist, daß diese Altersgruppe nach unten von eindeutigen Abkühlaltern (85-73 Mio.J.) und nach oben hin durch die korngrößenabhängige, stark streuende Rb/Sr-Hellglimmermischaltersgruppe begrenzt ist.

e) Die Rb/Sr-Kleinbereichsuntersuchungen weisen auf ein thermisches Ereignis (mit "gutem", aber nicht perfektem Sr-Isotopenaustausch im Kleinbereich) hin, das älter als 80 und jünger als 100 Mio.J. ist. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Untersuchungen an den mit der Rb/Sr-Methode analysierten Hellglimmern sind derzeit im Gange.

2) PETROLOGIE (G.Hoinkes)

Im letzten Jahr wurde begonnen, die dioktaedrischen K-Glimmer der Orthogneise, an denen Altersbestimmungen durchgeführt wurden, zu untersuchen.

Der Tschermak (TS) - Austauschvektor: $Mg(Fe)SiAl_{-1}Al_{-1}$ der zwischen Muskovit ($KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$) und Celadonit ($KMgAlSi_4O_{10}(OH)_2$) vermittelt, und besser als "Phengit - Gehalt" bekannt ist, ist ein wichtiger petrogenetischer Indikator (VELDE 1965, GUIDOTTI & SASSI, 1976). Von MASSONNE (1981) wurde die im TS-Vektor kontinuierliche Reaktion:



experimentell untersucht und die Gleichgewichtskurven konstanter "Phengit - Gehalte" in ein P-T-Diagramm eingetragen (Abb. 3). Dieses neue Geobarometer wurde auf Orthogneis - Muskovite der Paragenesen (1) Mus + Ksp + Bio + Qua sowie (2) Mus + Ksp + Qua angewandt, wobei aus Paragenese (1) Maximaldrucke, aus Paragenese (2) jedoch nur Minimaldrucke abgeleitet werden können. Es wurden vorwiegend Orthogneise aus dem Wirkungsbereich der kretazischen Amphibolitfazies, aber auch zwei weitere Proben aus der kretazisch nur retrograd beeinflussten Zone untersucht. Folgende T-Bedingungen der kretazischen Metamorphose können für die verschiedenen Proben angenommen werden:

T 1023	300°C	Paragenese 2
T 1066	450°C	Paragenese 2
T 1318, 1319	500°C	Paragenese 2
T 1366, 1370, 1371	500 - 550°C	Paragenese 2
T 1349, 1357, 1299	550°C	Paragenese 1

Ergebnisse:

a) Mineralchemie

Unter dem Mikroskop zeigt lediglich T 1023 zwei verschiedene Hellglimmergenerationen, während alle anderen Proben nur Hellglimmer einer Generation enthalten.

Die beiden Hellglimmergenerationen aus T 1023 sind chemisch deutlich verschieden, wobei die textuell feinkörnigen, alpidischen Glimmer deutlich phengitischer sind (Tab. 1, Fig. 2). Beide Generationen sind ziemlich konstant zusammengesetzt, während die Hellglimmer des alpidisch höher temperierten Bereiches meist sehr variable Phengitgehalte aufweisen (Fig. 2).

Nur in Probe T 1299 sind die äußersten Ränder der Hellglimmer regelmäßig phengitischer, während in T 1357, T 1318, T 1319 und T 1066 die Hellglimmer eine unregelmäßige fleckige bis streifige Verteilung des Phengitgehaltes zeigen. Diese Beobachtungen sprechen für eine unvollständige Anpassung des Hellglimmer-Chemismus an die P-T-Bedingungen der alpidischen Metamorphose.

Die Hellglimmer der beiden Proben T 1370 und T 1371, die bereits mikroskopisch sehr frische, unregelmäßige Texturen erkennen lassen, sind auch im Phengitgehalt relativ konstant zusammengesetzt (Fig. 2) und werden als alpidisch relativ gut equilibriert gedeutet.

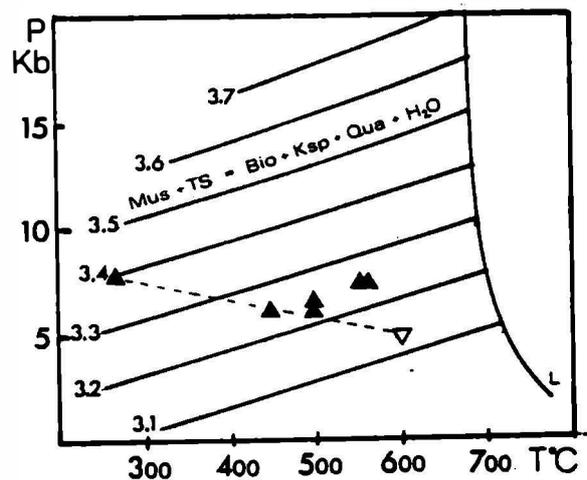


Fig. 2: Phengit-Gehalte der Hellglimmer, ausgedrückt als Si-Gehalte pro Formeleinheit. Kreuze bezeichnen Mittelwerte.

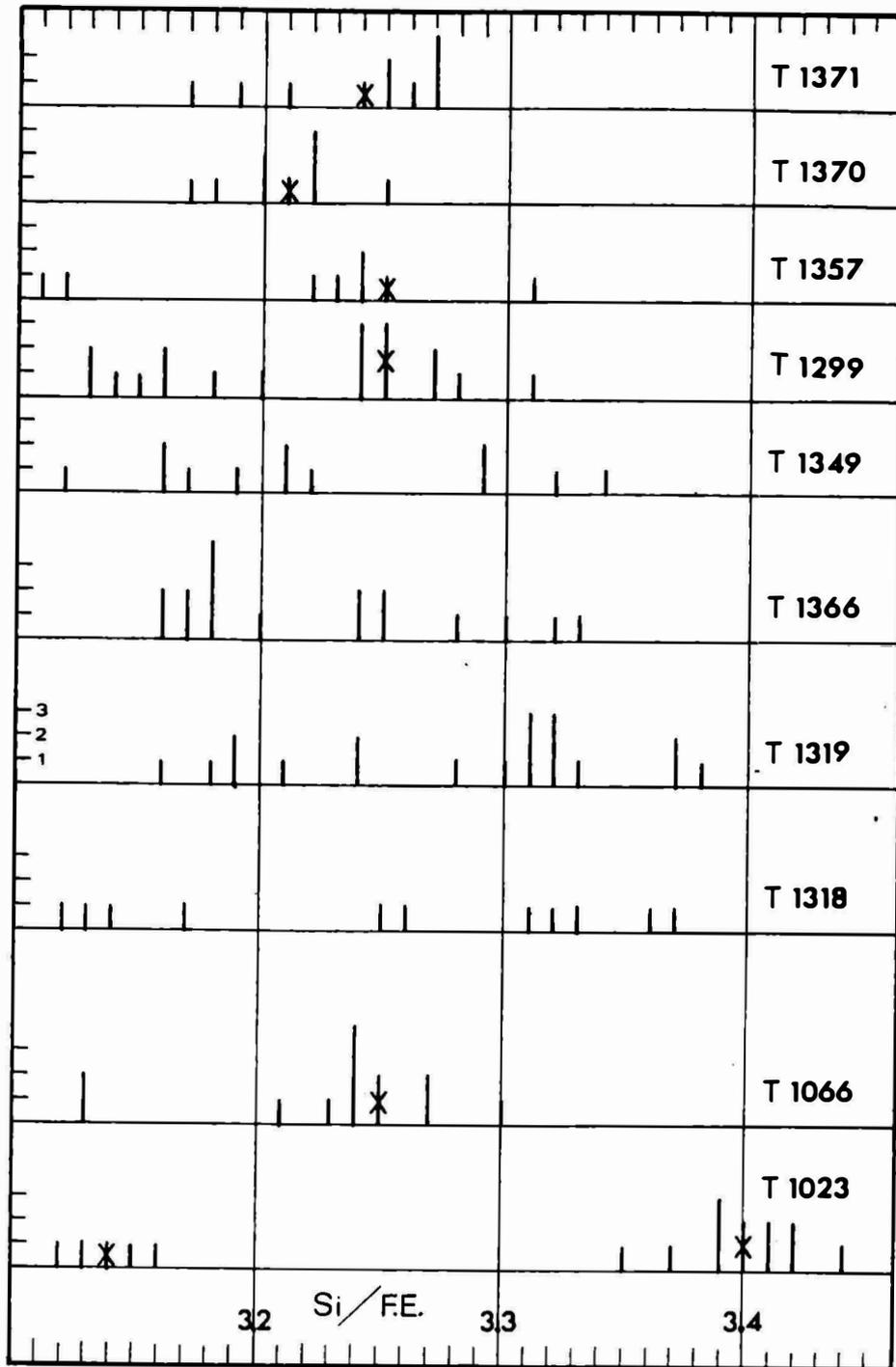


Fig. 3: Phengit-Barometer nach MASSONNE (1981). Volle Dreiecke bedeuten alpidische Bedingungen, das offene Dreieck bedeutet variszische Bedingungen. Die strichlierte Linie verbindet die alpidische und variszische Glimmergeneration in Probe T 1023. Die Gleichgewichtskurven konstanter Phengitgehalte sind mit der Anzahl Si pro Formeleinheit bezeichnet. Mit L ist die Reaktion: $Ksp + Qua + Mus + Phl + H_2O = Schmelze$ bezeichnet.

b) Geobarometrie:

6 Proben wurden für die Geobarometrie ausgewählt:

T 1370 und T 1371 (gut equilibriert)

T 1299 (equilibrierte Säume)

T 1357, T 1066 und T 1023 (markanter Unterschied zwischen phengitreichen und phengitarmen Analysen).

T 1023 ist die einzige Probe, die auf Grund ihrer Herkunft vom NW-Ende des Ötztalkristallins eine klare Trennung in variszische (phengitärmere) und alpidische (phengitreichere) Hellglimmer zuläßt. In Analogie dazu werden die phengitreicheren Hellglimmer der anderen Proben der alpidischen und phengitärmeren der variszischen Generation zugeordnet.

Die Lage dieser Proben im Phengitbarometer (Fig. 3) zeigt Drucke für die alpidische Metamorphose zwischen 6 und 8 kb während aus den Phengitgehalten der variszischen Generation in T 1023 ca. 5 kb abgeleitet werden können.

Die Ergebnisse dieses neuen Phengitbarometers entsprechen mit ihren unteren Grenzwerten (6 kb) ziemlich den Drucken die aus Metakarbonatgesteinen des Schneebergerzuges abgeleitet wurden (HOINKES in print).

Die hohen Drucke von 8 kb, die aus sehr konstant zusammengesetzten Glimmern der geringtemperierten Probe T 1023 ermittelt wurden, scheinen jedoch unrealistisch hoch und können möglicherweise zu einer Korrektur des Phengitbarometers beitragen.

Literatur:

FERRY, J.M. & SPEAR, F.S. 1978: Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and granat.- Contrib.Min.Petrol., 66, 113-117.

GUIDOTTI, C.V. & SASSI, F.P. 1976: Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists.- N.Jb.Miner., Abh.127, 97-142.

- HOINKES, G. 1981: Mineralreaktionen und Metamorphosebedingungen in Metapeliten des westlichen Schneeberger Zuges und des angrenzenden Altkristallins (Ötztaler Alpen).- *Tscherm.Min.Petr.Mitt.*, 28, 31-54.
- 1983: Cretaceous metamorphism of metacarbonates in the Austroalpine Schneeberg Complex, Tirol.- *Schweiz.Min.Petr.Mitt.* (in print).
- MASSONNE, H.-J. 1981: Phengite: Eine experimentelle Untersuchung ihres Druck - Temperatur-Verhaltens im System $K_2O - MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$.- unpubl. Diss.Ruhruniv.Bochum.
- PURDY, J.W. & JÄGER, E. 1976: K-Ar Ages on Rock-Forming Minerals from the Central Alps.- *Mem.Ist.Geol.Min. Univ.Padova*, 30, 1-31.
- SATIR, M. 1975: Die Entwicklungsgeschichte der westlichen Hohen Tauern und der südlichen Ötztalmasse auf Grund radiometrischer Altersbestimmungen.- *Mem.Ist.Geol. Geol.Min.Univ.Padova*, 30, 84 pp.
- VELDE, B. 1965: Phengitic micas: Synthesis, stability and natural occurrence.- *Am.J.Sci.*, 263, 886-913.