

**PETROLOGISCHE UND GEOCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM WESTLICHEN  
ÖTZTAL-STUBAI-KRISTALLIN (KAUNERTAL - LANGTAUFERS)  
Projekte S4705 und S4702**

von

**Franz Bernhard, Georg Hoinkes, Reinhard Kaindl, Christine Lichem,  
Joachim Schweigl, Martin Thöni und Peter Tropper<sup>+</sup>**

**1. Petrographie**

**1.1. Orthogneise**

Die prävariszisch intrudierten Orthogneise im Kaunertal werden von HAMMER (1923) grob in 3 Typen untergliedert: Muskovit-Granitgneis, Augen- und Flasergneis, Biotit-Granitgneis, wobei bereits von HAMMER auf textuelle und mineralogische Variabilität hingewiesen wurde. Diese Klassifizierung läßt sich im Gelände häufig nicht anwenden, da Augentexturen in allen Typen anzutreffen sind, Muskovit-Granitgneise häufig Biotit-führend sind, manche "Augen- und Flasergneise" nur Muskovit enthalten. Auf Grund dieser Erkenntnisse unterscheiden wir die verschiedenen Typen rein nach mineralogischen Gesichtspunkten:

vorwiegend Muskovit-führende Granitgneise  
vorwiegend Biotit-führende Granitgneise  
Zweiglimmergneise  
vorwiegend Hornblende-führende Tonalitgneise  
Klinopyroxen- und Hornblende-führende Granitgneise

Der Klinopyroxen-führende Granitgneis kommt in einem ca. 100 m mächtigen Orthogneiskörper zusammen mit Hornblende- und Biotit-führenden Granitgneisen 1 km südlich Feichten orographisch rechts im Talboden vor.

Dieses von HAMMER (1924) als "Quarzdioritaplit" (jedoch ohne Erwähnung von Pyroxen) beschriebene Gestein, bildet einen etwa 20 m mächtigen Körper innerhalb Pyroxen-freier, Hornblende- und Biotit-führender Granitgneise (Abb. 1), wobei die Übergänge zu diesem kontinuierlich sind. Es enthält die Paragenese: Albit

---

<sup>+</sup> Franz Bernhard, Prof.Dr. Georg Hoinkes, Reinhard Kaindl, Christine Lichem, Mag. Peter Tropper  
Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie, Universität Graz  
Universitätsplatz 2, A-8010 Graz  
Mag. Joachim Schweigl und Univ.-Doz.Dr Martin Thöni  
Institut für Geologie, Universität Wien  
Universitätsstraße 7, A-1010 Wien

( $Ab_{95-98}$ ), Alkalifeldspat ( $Or_{97}$ ), Quarz, Hedenbergit ( $Hd_{70}Di_{20}Ae_7Jd_3$ ), Ferroedenitische Hornblende, Klinozoisit, Titanit, Fluorit und Akzessorien.

Die Pyroxen-Führung resultiert aus einem, im Vergleich zu den übrigen Orthogneisen, CaO-reicheren Gesteinschemismus (Abb. 2).

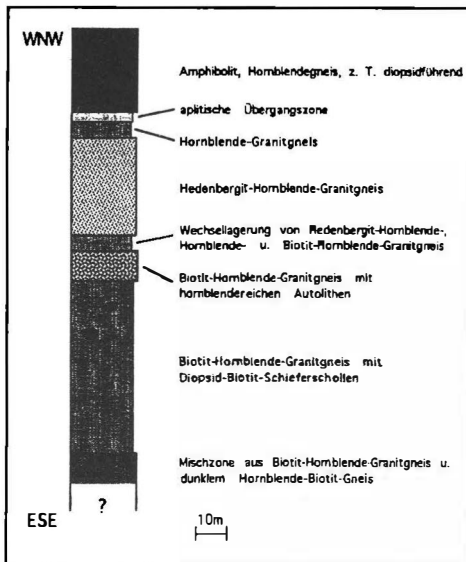


Abb. 1: Profil durch den Granitgneiskörper südlich Feichten.

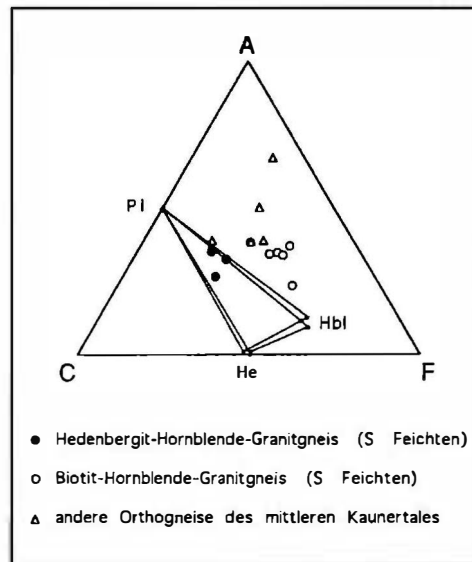


Abb. 2: ACF-Dreieck für Orthogneis des mittleren Kaunertals.

## 1.2. Amphibolite

Amphibolite, teilweise mit Eklogit-Relikten, treten in 2 großen E-W-streichenden Vorkommen im mittleren (südlich Verpeil) und hinteren (Krumpgampen) Kaunertal und in zahlreichen kleineren Zügen konkordant in Paragneisen und Metapeliten auf. Abgesehen von den reliktsichen Eklogit-Paragenesen lassen sich 4 Amphibolittypen auf Grund des Mineralbestandes unterscheiden:

- Amphibol-Plagioklas
- Amphibol-Plagioklas-Biotit
- Amphibol-Plagioklas-Klinopyroxen ± Biotit ± Andradit
- Amphibol-Plagioklas-Granat ± Biotit

Klinopyroxen steht textuell im Gleichgewicht mit Amphibol, wurde nicht in Koexistenz mit Almandin-betontem Granat beobachtet und sein Auftreten ist wahrscheinlich, wie im Falle der Orthogneise, vom Gesteinschemismus abhängig.

## 2. Geochemie

### 2.1. Orthogneise

Die Granitgneise variieren im Chemismus über Granodioritgneise bis hin zu Tonalitgneisen. Die Muskovit-führenden Granitgneise bilden meist kleine Körper in den Randbereichen größerer Orthogneisstöcke. Sie heben sich von den anderen Typen durch deutlich höhere  $\text{SiO}_2$ -Gehalte, durch höhere Rb/Sr-Werte, aber geringere Ba und Zr-Gehalte ab. Der Pyroxen- und Hornblende-führende Granitgneis-Körper südlich Feichten unterscheidet sich markant durch höhere Y- (um 80 ppm) und Zr-Werte (um 500 ppm), (siehe Abb. 3).

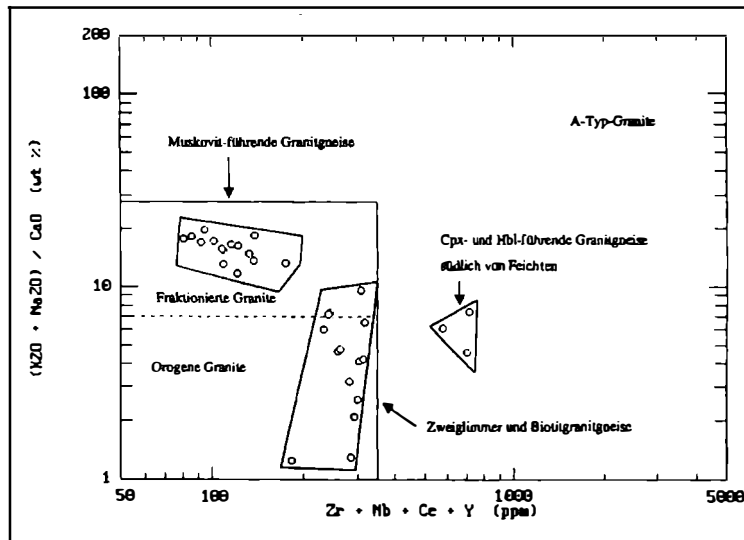


Abb. 3:  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{CaO}$  vs.  $\text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$ -Diagramm nach WHALEN et al. (1987).

Zirkonmorphologie: Typisierungen der Zirkone aus dem kleinen Granitgneiskörper südlich Feichten mit Hilfe des Pupin-Diagrammes zeigen, daß diese als einzige innerhalb der verschiedenen Orthogneiskörper des Kaurntales einen eigenständigen Charakter aufweisen. Alle Zirkone der verschiedenen Orthogneistypen liegen im rechten Teil des Pupin-Diagramms, vorwiegend ist die Pyramide (101) ausgebildet. Die Zirkone des kleinen Granitgneiskörpers südlich Feichten zeigen vorwiegend eine Ausbildung des (100)-Prismas, wohingegen bei den Zirkonen der

anderen Orthogneisstöcke das Prisma (110) dominiert. Dies wird als Hinweis auf eine eigenständige Genese dieses Granitgneises gedeutet.

Auf Grund geochemischer Diskriminierung, zirkontypologischer Klassifikation (PUPIN, 1980) und von O-Isotopen Verhältnissen ( $\delta^{18}\text{O}$ -Werte zwischen 8 und 10, (HOERNES, pers. Mitt.) sind alle Orthogneiskörper dem I-Typ zu zuordnen. Die Muskovit-führenden Granitgneise sind wahrscheinlich Differentiationsprodukte der größeren Orthogneisstöcke (siehe Abb. 3).

Die Nd-Isotopie (Abb. 4) der Muskovit-führenden Granitgneise spricht ebenfalls für Mantelbeteiligung und daher I-Typ-Charakter. Eine genetische Beziehung zu den Paragneisen ist jedenfalls auf Grund der Nd-Isotopie ausgeschlossen (Abb. 4).

Zur Zeit wird untersucht, inwieweit diese weitgehend biotitfreien Muskovitgranitgneise und die grobkörnigen Zweiglimmergranitgneise - Biotitgranitgneise - Augengneise vom isotopengeologischen Standpunkt als gemeinsame oder als genetisch eher getrennte magmatische Suites aufzufassen sind.

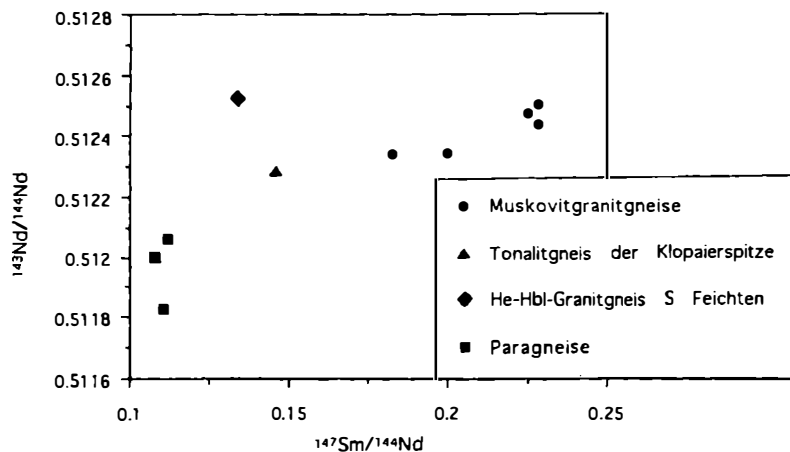


Abb. 4:  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  vs.  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ -Diagramm der Orthogneise und Paragneise des Kautertals (ÖSK).

## 2.2. Amphibolite

Aufgrund der bisher vorliegenden Hauptelementanalysen der Amphibolite können 2 geochemische Gruppen, die mit dem geographischen Auftreten im mittleren und hinteren Kautertal übereinstimmen, unterschieden werden (Abb. 5 und 6).

Daraus werden unterschiedliche Ausgangsgesteine dieser beiden Amphibolitkörper gefolgert, deren Charakter durch weitere geochemische Untersuchungen festgestellt werden soll.

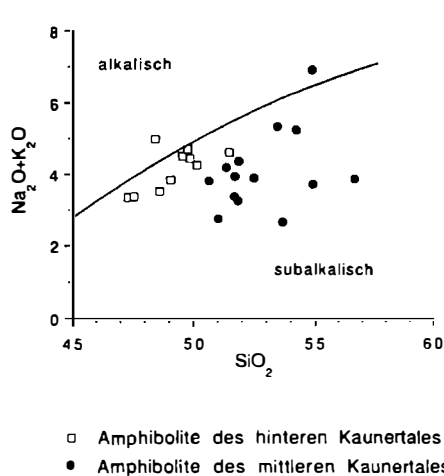


Abb. 5:  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  vs.  $\text{SiO}_2$ -Diagramm der Amphibolite im Kaunertal (OSK), (IRVINE & BARAGAR, 1971).

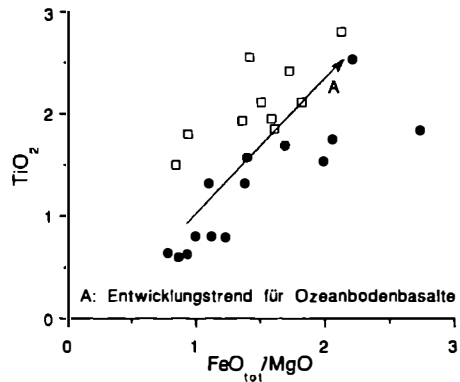


Abb. 6:  $\text{TiO}_2$  vs.  $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{MgO}$ -Diagramm der Amphibolite im Kaunertal (OSK), (MIYASHIRO, 1974). Legende siehe Abb. 5.

### 3. Geothermobarometrie

#### **3.1. Metapelite**

Folgende Kationen-Austausch-Thermometer wurden an koexistierenden Granat-Biotit, Granat-Phengit und Granat-Staurolith-Paaren angewendet. Es wurden durchwegs Randchemismen der Mineralphasen verwendet. Die  $\text{Fe}^{3+}$ -Gehalte von Granat und Biotit wurden mit Mössbauer-Spektroskopie am Institut für Mineralogie und Petrologie der Universität Salzburg gemessen und ergaben für Granat maximal 2 % und Biotit 5 %  $\text{Fe}^{3+}$ -Anteil des Gesamteisens und hat somit keinen nennenswerten Einfluß auf die ermittelten Temperaturen. Diese liegen zwischen 570 und 650 °C (bei 6 kbar). Die Ableitung der P-T-Bedingungen der Gleichgewichtsparagenesen in der Mineralgesellschaft  $\text{Gt} + \text{Sta} + \text{Ky} + \text{Bio} + \text{Mus} + \text{Plg} + \text{Qu}$  mit dem Programm TWEEQU (BERMAN, 1991) ergab  $600 \pm 20$  °C und  $6 \pm 0,5$  kbar (Abb. 7). Diese Bedingungen stimmen gut mit dem petrogenetischen Phasendiagramm von SPEAR & CHENEY (1989) überein. Die Anwendung der Fehlerrechnung mit Hilfe der least-squares-Methode (DACHS, pers. Mitt.) unter Berücksichtigung thermodynamischer und analytischer Fehler erbrachte für die Gt-Bio-Temperatur ca.  $\pm 45$  °C und für die Drucke, die aus der Paragenese  $\text{Gt-Plg} + \text{Ky} + \text{Qu}$  abge-

leitet wurden,  $\pm 0,8$  kbar. Die Anwendung der Gibbs'schen Methode ergab ein Gt-Wachstum bei fallendem Druck und steigender Temperatur, wobei für Granat Kerne P-T-Werte von 7 - 8,5 kbar und 500 - 550 °C errechnet wurden. In einem Paragneis des Fisladtales wurde die als Geobarometer geeignete Paragenese Pyrrhotin + Pyrit + Zinkblende gefunden. Der FeS-Gehalt von 9 - 13 Mol % im ZnS entspricht Drucken von 7 - 10 kbar bei 600 °C (HUTCHISON & SCOTT, 1981; JAMIESON & CRAW, 1987). Die Bedeutung dieser Werte kann nicht genau beurteilt werden, da retrograde Gleichgewichtseinstellung von Fe-haltiger ZnS bei sinkenden Temperaturen zu hohe Drucke am T-Maximum vortäuschen würde.

### **3.2. Metabasite**

Die Anwendung des Granat-Hornblende-Geothermometers von GRAHAM & POWELL (1984) in Amphiboliten ohne Berücksichtigung des  $\text{Fe}^{3+}$  ergibt 650 °C, die Maximaltemperaturen darstellen.

Der Al-Gehalt in Amphibolen aus Tonalitgneisen mit variablen Chemismen zwischen Magnesio-Hornblende und Aktinolith entspricht 6 - 7 kbar nach HOLLISTER et al. (1987).

## **4. Flüssigkeitseinschlüsse**

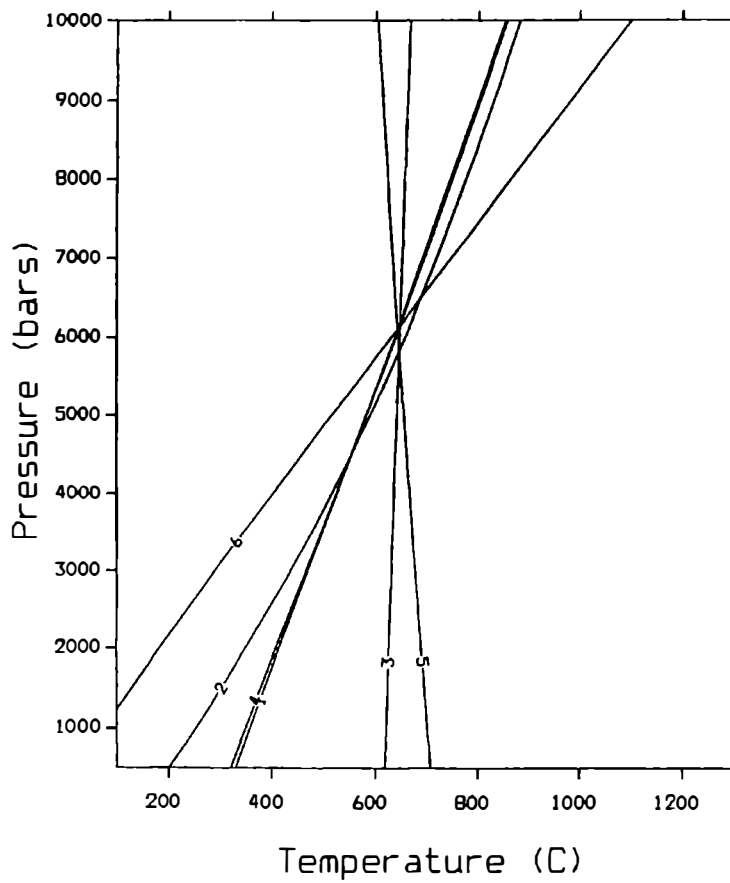
### **4.1. Metapelite**

Auffallende Flüssigkeitseinschlüsse treten im Randbereich von grobkörnigen Granaten und vom Kern zum Rand mit typischen Negativformen in kleinen Granatkörnern auf. Es handelt sich dabei um primäre wässrige Einschlüsse mit NaCl-Gehalten von ca. 3 Gew %. Die  $\text{H}_2\text{O}$ -Aktivität hat daher keinen wesentlichen Einfluß auf die Lage der Reaktionskurven.

### **4.2. Orthogneise**

Aplitgänge in Orthogneiskörpern enthalten Granate die ebenfalls primäre wässrige Einschlüsse mit unterschiedlichen Salzgehalten (Gefrierpunktserniedrigungen von -1 bis -39 °C) führen. Außer NaCl sind vermutlich weitere Salzphasen vorhanden, die den eutektischen Schmelzpunkt erniedrigen.

Ramanspektroskopische Untersuchungen am Institut für Experimentalphysik der Karl-Franzens-Universität-Graz ergaben bisher nur den Nachweis für  $\text{H}_2\text{O}$ . Eine Untersuchung der Salzphasen im gefrorenen Zustand wird demnächst durchgeführt werden. Anwendung der Ramanspektroskopie auf  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ -Modifikation lassen im Falle extrem feinkörniger Ausbildungen eine eindeutige Identifizierung zu. Dadurch wurden  $\mu\text{m}$ -große Sillimanit-Einschlüsse in Andalusit-Blasten entdeckt, die Hinweise auf den P-T-Pfad liefern. Dieser dürfte von hohen Drucken ( $\sim 8$  kbar) und geringeren Temperaturen ( $\sim 500$  °C) zu geringeren Drucken ( $\sim 6$  kbar) und höheren Temperaturen ( $\geq 600$  °C) vom Kyanit - über das Sillimanit - in das Andalusit-Feld verlaufen sein.



- 1):  $\text{Gr} + 2 \text{Ky} + \text{aQz} = 3 \text{An}$
- 2):  $\text{Alm} + \text{Ms} = \text{aQz} + 2 \text{Ky} + \text{Ann}$
- 3):  $\text{Phl} + \text{Alm} = \text{Ann} + \text{Py}$
- 4):  $\text{Alm} + \text{Gr} + \text{Ms} = 3 \text{An} + \text{Ann}$
- 5):  $\text{Py} + \text{Ms} = 2 \text{Ky} + \text{Phl} + \text{aQz}$
- 6):  $\text{Py} + \text{Ms} + \text{Gr} = 3 \text{An} + \text{Phl}$

Abb. 7: Berechnung der Mineralgleichgewichte zwischen den Phasen Gt-Ky-Mu-Bio-Plag-Qu mit Hilfe der TWEEQU Methode (BERMAN, 1991).

## 5. Geochronologie

Die im Rahmen einer Diplomarbeit (SCHWEIGL, in Vorbereitung) durchgeführten Rb/Sr-Untersuchungen am einzigen größeren Tonalitgneisvorkommen des Ötztalkristallins E des Reschenpasses ergaben einen nur schlecht definierten Isochronenalterswert von  $583 \pm 73$  Ma, bei einer initialen Sr-Isotopenzusammensetzung von  $0,7048 \pm 0,0012$  (10 Proben). Die schlechte Linearität der Datenpunkte muß zum Teil sicher der wechselnd intensiven metamorphen Überprägung der Magmatite zugeschrieben werden. Die Gesteine zählen jedenfalls zu den ältesten bisher datierten Intrusivkomplexen im ostalpinen Kristallin. Im Kontaktbereich dieses Tonalitstockes wurden bisher unbekannte Migmatite kartiert, die in ihrem ganzen Erscheinungsbild dem Winnebachmigmatit im nördlichen Ötztalkristallin vollkommen ähnlich sind. Wichtig für die zeitliche Gliederung dieser Abfolge sind grobkörnige Muskovitpegmatite, die sowohl Tonalitgneise (mit Dioritschollen) als auch den Migmatit z.T. eindeutig diskordant durchschlagen. Diese Pegmatite liefern kaledonische Gesamtgesteins-Rb/Sr-Alter (teilweise auch noch für Muskovit), womit das Mindestalter sowohl für den Migmatit als auch für die Tonalitgneise mit etwa 460 Ma anzugeben ist. Eine vorläufige Gesamtgesteinsisochrone im Rb/Sr-System am kleinen Orthogneiskörper südlich Feichten ergibt ein Alter von  $411 \pm 22$  und ein  $Sr_1$  von 0,7096. Die geologische Bedeutung dieses kaledonischen Alters ist noch unklar. Die Rb/Sr-Untersuchungen an Helglimmer-Grobkornfraktionen aus den biotitarmen Muskovitgranitgneisen sollten die Fragen nach dem letzten variszischen Temperaturhöhepunkt in diesem von hohen alpinen Überprägungstemperaturen verschonten Abschnitt des Kristallins weiter aufklären. Da schon bei früheren Untersuchungen (LICHEM, Diplomarbeit in Vorb.) aus dem hinteren Kaunertal kaledonische Muskovitrelikte in diesen Gesteinen gefunden worden waren, kann man annehmen, daß erhöhte Alterswerte zumindest gute Hinweise für den variszischen Metamorphoseablauf liefern. Sechs grobe Helglimmerfraktionen aus dem Bereich der Staatsgrenze liefern Alterswerte zwischen  $354 \pm 7$  und  $372 \pm 5$  Ma. In Übereinstimmung mit ähnlichen Daten aus der Literatur (4 Daten:  $449 \pm 4$  bis  $369 \pm 4$  Ma; THÖNI, 1986) werden diese Alter als Hinweis auf den variszischen Metamorphosehöhepunkt gesehen. Typische Abkühlalter dieser Metamorphose sind jünger als etwa 320 Ma. Sm/Nd-Untersuchungen an mineralreichen Glimmerschiefern aus dem Gebiet oberes Melagtal/Weißseejoch liefern mittlere Krustenverweilalter um 1 - 2 Ga für das sedimentäre Ausgangsmaterial. Die bisher analysierten Granate mit günstigen Sm/Nd-Verhältnissen aus solchen sillimanit- und disthenführenden Glimmerschiefern zeigen Alterswerte zwischen 344 und ca. 330 Ma (Daten in Vorbereitung). In Übereinstimmung mit den oben erwähnten Rb/Sr-Altern an grobkörnigen Helglimmern können diese Werte ebenfalls einen Hinweis auf den letzten variszischen Metamorphosehöhepunkt liefern.

## 6. Literaturverzeichnis

BERMAN, R.G. (1991): Thermobarometry using multi equilibrium calculations: A new technique, with petrological applications. - Canadian Mineral., 29, 833 - 856.



- GRAHAM, C.M., POWELL, R. (1984): A garnet - hornblende - geothermometer: Calibration, testing, and application to the Pelona Schist, Southern California. - *J. Metamorphic Geology*, 2, 13 - 31.
- HAMMER, W. (1923): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Republik Österreich 1: 75000, Blatt Nauders.
- HAMMER, W. (1924): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Republik Österreich 1: 75000, Blatt Landeck.
- HOLLISTER, L.S., GRISSOM, G.C., PETERS, E.K., STOWELL, H.H., SISSON, V.B. (1987): Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calcalkaline plutons. - *Amer. Mineral.*, 72, 231 - 239.
- HUTCHINSON, M.N., SCOTT, S.D. (1981): Sphalerite geobarometry in the Cu-Fe-Zn-S system. - *Economic Geology*, 76, 143 - 153.
- IRVINE, T.N., BARAGAR, W.R.A. (1971): A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. - *Canadian J. Earth Sciences*, 8, 523 - 548.
- JAMIESON, R.A., CRAW, D. (1987): Sphalerite geobarometry in metamorphic terranes: an appraisal with implications for metamorphic pressure in the Otago schist. - *J. Metamorphic Geology*, 5, 87 - 99.
- MIYASHIRO, A. (1974): Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. - *Amer. J. Science*, 274, 321 - 355.
- PUPIN, J.P. (1980): Zircon and granite petrology. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207 - 220.
- SPEAR, F.S., CHENEY, J.T. (1989): A petrogenetic grid for pelitic schists in the system  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-MgO-K}_2\text{O-H}_2\text{O}$ . - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 101, 149 - 164.
- WHALEN, J.B., CURRIE, K.L., CHAPPELL, B.W. (1987): A-type-granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 95, 407 - 419.