

2.2. Metamorphose im niederösterreichischen Moldanubikum – eine Übersicht

Von KONSTANTIN PETRAKAKIS & WOLFRAM RICHTER

Der aktuelle Stand

Die jüngste Erforschungsepoche im Bereich des Niederösterreichischen Moldanubikums beginnt mit intensiven feldgeologischen und petrographischen Untersuchungen an Granuliten von Scharbert (1963, 1964). Scharbert schlug folgende Bedingungen für die Bildung dieser Gesteine vor: $T = 525-710^{\circ}\text{C}$ und $P = 8-10$ kbar. Diese Werte wurden später von Scharbert & Kurat (1974) aufgrund der Fe/Mg-Verteilung zwischen den Mineralphasen und dem Vergleich mit experimentellen Ergebnissen (Fig. 7) auf 760°C und 11 kbar revidiert.

Zaydan & Scharbert (1983) führten vergleichende Untersuchungen an Gesteinen aus dem südlichsten Bereich der Monotonen und der Bunten Serie durch. Sie definierten zwei metamorphe Zonen (S. 182): eine *Crd+Kfs-Zone*², gebildet unter den Bedingungen, $T = 630^{\circ}\text{C}$ und $P = 3$ kbar, und eine *Sil+Kfs-Zone*, für die Bedingungen von $T = 670^{\circ}\text{C}$ und $P = 5$ kbar abgeleitet wurden. Die Werte für die Sil-Kfs-Zone wurden mit Hilfe von Grt-Bi-Geothermometrie und Grt-Plg-Sil-Q-Geobarometrie an **Gneisen** gewonnen und sie gelten seither als repräsentativ für die Metamorphosebedingungen in der Bunten Serie. Sie sind jedoch nicht konsistent mit den systematisch höheren Werten von durchschnittlich 750°C (S. 196), die durch die Anwendung von Grt+Cpx-Geothermometrie an **Amphibolitproben** ebenfalls der Bunten Serie ermittelt wurden.

Hödl (1985) untersuchte den Rehberger Amphibolit und die ihn begleitenden Kalksilikatgesteine aus der Basis der Gföhler Einheit. Er wies darauf hin, daß diese Gesteine durch folgende Paragenesen charakterisiert sind:

- | | | | |
|------|-----------------------|------|----------------------------|
| (1): | Grt + Kpx + Plg + Amp | (2): | Kpx + Plg + Amp |
| (3): | Kpx + Skp + Plg + Cc | (4): | Skp + Plg + Ep + Kpx + Amp |

Die Paragenesen (1) und (2) kennzeichnen ein älteres, höher metamorphes Ereignis, für das er eine weite Temperaturstreuung von $T = 640-750^{\circ}\text{C}$ ermitteln konnte. Bemerkenswert ist jedoch, daß die höheren T-Werte aus der Paragenese (1) stammen. Die Paragenesen (3) und (4) interpretierte Hödl hingegen als das Ergebnis

²Abkürzungen:

Amp=Amphibol, Bi=Biotit, Cc=Calcit, Crd=Cordierit, Dist=Disthen, Do=Dolomit, Ep=Epidot, Grt=Granat, Ilm=Ilmenit, Kfs=Kalifeldspat, Kpx=Klinopyroxen, Mu=Muskovit, Opx=Orthopyroxen, Plg=Plagioklas, Px=Pyroxen, Ru=Rutil, Ska=Skapolith, Sil=Sillimanit, Sta=Staurolith, Q=Quarz.

eines jüngeren, überprägenden Ereignisses, welches durch Temperaturen um $T = 630^{\circ}\text{C}$ charakterisiert wird.

Die Ergebnisse von Hödl können direkt mit jenen von Kuschnig (1986) verglichen werden. Kuschnig untersuchte die Amphibolite aus dem Hangendem der Bunten Serie und stellte eine Zweiphasigkeit der Metamorphose fest. Für das ältere Ereignis, welches durch die Paragenese (1) gekennzeichnet ist, gibt er Temperaturen von $T = 750^{\circ}\text{C}$ an, stellt aber eine weite Streuung der geothermometrischen ermittelten Werte im Bereich von $T = 650\text{-}800^{\circ}\text{C}$ fest. Das jüngere Ereignis verursachte eine partielle Rekristallisation der Gesteine, die zur Bildung von albitreichem Plagioklas und Aktinolith unter Bedingungen von $530\text{-}590^{\circ}\text{C}$ führte.

Petrakakis (1984, 1986a, 1986b, 1988) untersuchte Metapelit- und Quarz-Feldspat-Gneise aus dem südlichen Bereich der Bunten Serie. Diese Gesteine gehören dem HT-Faziestyp

(5): Grt + Bi + Sil + Kfs

(Thompson, 1976) an und weisen untergeordnete migmatische Erscheinungen auf. In solchen Gesteinen aus der Bunten Serie kann Graphit lokal angereichert sein. Der weitere Mineralbestand umfaßt reliktschen Disthen, Rutil, Ilmenit, Apatit und Zirkon. Von grosser Bedeutung ist das Auftreten von Disthen, Muskovit und Kalifeldspat neben Plagioklas und Quarz in Form von Einschlüssen in den Granaten der metapelitischen Gesteine. Sie belegen den Zerfall der Paragenese Muskovit und Quarz im Stabilitätsbereich des Disthens, was, aufgrund von umfassenden petrogenetischen Analysen (Thompson, 1982) nur unter stark reduzierter Wasseraktivität und Bedingungen von $T \geq 700^{\circ}\text{C}$ und $P > 6\text{-}7$ kbar möglich ist (Petrakakis, 1986a, Fig. 8). Ausführliche Mikrosondeanalytik an den Mineralphasen der Gneise ergab einerseits eine weitgehende Homogenisierung der Granate, die spätestens während des Metamorphosehöhepunktes erfolgt sein muß, andererseits Abkühlungsphänomene, die vor allem durch die Granat-Randzonen und die angrenzenden Biotite dokumentiert werden. Die verbreitete Resorption der Granate setzte gleichzeitig mit der Abkühlung ein und überdauert teilweise die Abkühlungsphänomene. Geothermobarometrische Daten aufgrund von Analysen aus nicht "abgekühlten" Mineralbereichen sind konform mit den oben erwähnten paragenetischen und textuellen Beobachtungen und belegen Metamorphosebedingungen im Bereich $T = 700\text{-}770^{\circ}\text{C}$ und $P = 7\text{-}9$ kbar. Die $a_{\text{H}_2\text{O}}$ dürfte zumindest lokal (Graphitführung!) niedrige Werte erreicht haben. Petrakakis (1988) konnte Aktivitäten von weit unter 1.0 ($a_{\text{H}_2\text{O}} \leq 0.5$) nachweisen.

Die tektonische Grenze zwischen der Bunten Serie und der Monotonen Serie wird durch blastomylonitische Gesteine gebildet. Als wichtigste Vertreter ist ein feinkörniges, feinplattiges, scharf gebändertes und stark liniertes Gestein, die sogenannte Granulit-Lamelle (Fuchs & Scharbert, 1979), zu nennen, das dieselbe charakteristische HT-Paragenese (5), wie die Gneise aus der Bunten Serie, führt. Das Besondere an diese Gesteinen ist jedoch ihre blastomylonitische Textur: in einer feinkörnigen, rekristallisierten Matrix aus Feldspat, Biotit, Ilmenit und Rutil treten Zeilen von Diskenquarz und Sillimanit, sowie Porphyroklasten von Granat, Disthen und perthitischem Alkalifeldspat auf. Die Äquivalenz der charakteristischen Paragenese (5) in diesen Blastomyloniten und in den Gneisen der Bunten Serie weist auch auf die Äquivalenz ihrer Bildungsbedingungen hin. Dies wurde durch geothermobarometrische Daten bestätigt (Petrakakis, 1986a). Die Tatsache, daß gerade **diese hoch metamorphe Paragenese im Grenzbereich der Bunten Serie** einer intensiven Deformation unterworfen wurde, weist auf großräumige tektonische Vorgänge **während oder kurz nach** dem Metamorphosehöhepunkt hin. Diese Deformation ist höchstwahrscheinlich

durch Dekompression gekennzeichnet. Ein starkes Argument dafür ist das Auftreten von Opx + Plg-Symplektiten rund um zerfallenden Granat in 3-4 cm großen, amphibolitischen Xenolithen innerhalb der Granulitlamelle (Petrakakis, unpubl. Daten). Der Dekompressionsprozeß ist jedoch nicht nur in der Granulitlamelle nachweisbar. Analoge Symplektite konnte auch in Grt-Amphiboliten aus der Loja beobachtet werden (Petrakakis, 1986a).

Die von Petrakakis (1986a) untersuchten Gesteine weisen neben den Abkühlungserscheinungen auch nachfolgende Rehydratisierungs- und Rekristallisierungsprozesse auf. Besonders auffallend ist die Bildung von **Muskovit-Neoblasten und Chlorit** über ältere Gefügeelemente, sowie die fortdauernde **Instabilität von Cordierit** während dieser Prozesse. Die Menge an neugebildetem Hellglimmer hängt vom lokal variierenden Infiltrationsgrad des Fluid ab. Die paragenetischen und textuellen Merkmale und die geothermobarometrische Daten von "abgekühlten" Mineralphasen deuten auf eine partielle Reequilibrierung der Gesteine unter $T = 530-630^{\circ}\text{C}$ und $P = 2-4$ kbar hin. Dieser Prozeß wurde von Petrakakis (1986a) als Folge einer jüngeren Wiederaufwärmung gedeutet. Es kann jedoch die Möglichkeit des Verweilens der Gesteine in einem höheren Krustenniveau nach der Dekompression und damit die Deutung der Mineralneubildungen als retrograde Erscheinungen nicht ausgeschlossen werden. Die Entscheidung darüber muß einer späteren Interpretation vorbehalten werden.

Högelsberger (1989) beschäftigte sich mit der Untersuchung von Marmoren und Kalksilikatgesteinen der Bunten Serie, die häufig mit Granat-Klinopyroxen-Gneisen wechsellagern. Die ersten beiden Gesteinstypen weisen in Abhängigkeit vom Gesteinschemismus variierende Gehalte an Diopsid, Tremolit, Phlogopit, Skapolith, Plagioklas und Kalifeldspat auf. Interessanterweise beschreibt Högelsberger Proben, die serpentinierte Olivine neben Dolomit, Diopsid, Tremolit und Phlogopit führen. Diese Assoziation interpretiert er als eine invariante Paragenese (unter $P = \text{konst.}$), welche ein HT- Stadium in der Entwicklung der Bunten Serie belegen soll. Druck- und Temperatur-Bestimmungen über dieses Stadium erfolgten hauptsächlich durch Geothermobarometrie an Grt-Kpx-Q-Plg-Kfs-Amp-Bi-führenden Gesteinen (Gneise und Amphibolite). Es wurden $T = 700^{\circ}\text{C}$ und $P = 7$ kbar ermittelt. Högelsberger weist ebenfalls auf die Äquivalenz der P,T- Bedingungen in der Bunte Serie und der Gföhler Einheit aufgrund von vergleichenden geothermobarometrischen Untersuchungen hin. Mit Hilfe von Cc-Do-Geothermometrie, Phasengleichgewichtsanalysen und Untersuchungen an Fluideinschlüssen, besonders in den Marmoren und Kalksilikatgesteinen der Bunten Serie, gibt Högelsberger für das spätere Ereignisses Temperaturen von $T = 500^{\circ}\text{C}$ an.

Petrakakis & Richter (1991) führten vergleichende petrographische Untersuchungen an zahlreichen Proben von Gföhler Gneisen und Px-freien Granuliten durch. Diese Gesteine sind wiederum durch **dieselbe typische Paragenese (5)** charakterisiert, wie die Gneise aus der Bunten Serie. Ebenso können reliktsche Disthen-, Hellglimmer- und Kalifeldspat-Einschlüsse in den Granaten mancher Proben beobachtet werden. "Abkühlungserscheinungen", wie die oben beschriebenen (unpubl. mikroanalytische Daten) sind ebenfalls häufig. In Bezug auf dem Mineralbestand weisen die Gföhler Gneise gegenüber den Px-freien Granuliten eine größere Homogenität auf. Der markante Unterschied zwischen den beiden Gesteinskomplexen ist der Deformationsgrad, der im Falle der Granulite blastomylonitische Charakteristik aufweist. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß textuelle Übergänge vom Gföhler Gneis zum Granulit im Bereich Maria Taferl beobachtet werden konnten. Besonders interessant erscheint die Tatsache, daß lokal (z.B. im Bereich von Steinegg) die feinkörnigen Granulite weitgehende, offenbar nachträgliche Rekristallisationserscheinungen auf-

weisen. Diese sind besonders durch die, im Dünnschliffmaßstab unregelmäßige Anordnung von Biotit und die geraden Korngrenzen und "Trippelpunkte" zwischen den hellen, feinkörnigen Bestandteilen dokumentiert.

Petrakakis (1991) untersuchte die P,T- Bildungsbedingungen von zwei unterschiedlichen, Gesteinen aus der Gföhler Einheit. Der erste Gesteinstyp führt die Paragenese

(6): Grt + Opx + Bi + Plg + Q + Ilm + Ru

und ist ein nicht "granulitisch aussehender", mittelkörniger mafischer Gneis aus dem Bahnhofsgelände Weitenegg. Der zweite Gesteinstyp, ein Amphibolit, stammt aus dem Bereiche S Steinegg und führt die Paragenese

(7): Grt + Cpx + Amp + Plg + Q + Ilm + Ru.

Mit Hilfe einer modernen, durch eine breite Datenbasis gut fundierten geothermobarometrischen Methode (Berman, 1991; Lieberman & Petrakakis, 1991) konnte gezeigt werden, daß diese Gesteine einen Gleichgewichtszustand bei $T = 700-750^{\circ}\text{C}$ und $P = 8$ kbar durchlaufen haben.

Dieses Ergebnis wird durch vorläufige Untersuchungen an Fluideinschlüssen in Px-führenden Granuliten unterstützt (Jawecki, 1991, schriftl. Mitteil.). Aufgrund ihrer Form und Verteilung können zwei Typen von Fluideinschlüssen in Quarzkristallen eines Granulits (Paragenese 6) beobachtet werden, die in verschiedenen Entwicklungsphasen gebildet wurden. Die Einschlüsse vom Typ I bestehen aus $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \pm \text{CH}_4$ und weisen Homogenisierungstemperaturen zwischen -44.1 and $+28.6^{\circ}\text{C}$ auf. Die Einschlüsse vom Typ II sind weit verbreitet und führen H_2O -reiche Fluids niedriger Salinität (< 7.5 Gew.-% NaCl). Zwei der Typ-I-Einschlüsse weisen eine auffallend hohe Dichte von über 0.95 gr/cm^3 auf und liefern Isochoren, deren Anstieg gut mit den oben erwähnten P,T-Bedingungen übereinstimmt.

Vorläufige Ergebnisse über die Metamorphose der Monotonen Serie (Linner, 1991, schriftl. Mitteil.) führen höchstwahrscheinlich zu einer Revision ihrer Bildungsbedingungen. Linner weist auf den migmatischen Charakter der Cordierit-führenden Gneise hin und gibt ihre charakteristische Paragenese mit

(8): Crd + Sil + Bi + Kfs

an. Dementsprechend, liegt die Metamorphosetemperatur über dem Stabilitätsfeld von Muskovit und Quarz. Manche Proben führen reliktsche Kristalle von Disthen und Einschlüsse von Hellglimmer in Cordierit und Plagioklas. Ein Grt + Sil + Bi-Gneis führt reliktschen Staurolit und Disthen. Diese Beobachtungen belegen ein Stadium vor dem Höhepunkt der Metamorphose. Das Auftreten von Hellglimmer in der Gesteinsmatrix führt Linner auf eine spätere Rehydratisierung der Gesteine zurück.

Diskussion

Die oben zusammengefaßten Daten über die Metamorphose im Bereich des NÖ-Moldanubikums sind allgemein und trotz der Mannigfaltigkeit der untersuchten Gesteinstypen konform.

Eine Ausnahme bilden die Ergebnisse von Zaydan & Scharbert (1983) über die Bunte Serie. Ihre Angaben beruhen auf geothermobarometrische Daten von, offenbar, "abgekühlten" Mineralbereichen (z.B. Rand-Rand-Analysen von Granat und angrenzen-

dem Biotit) und dokumentieren lediglich späte Abkühlungsbedingungen. Bemerkenswert ist jedoch die Tatsache, daß Zaydan & Scharbert für ihre Amphibolitproben Temperaturen angeben, die in ausgezeichneter Übereinstimmung mit den Angaben der übrigen Autoren stehen.

Die vorläufigen Daten von Linner über die Monotone Serie weisen ebenfalls auf höhere Temperaturen hin. Die Abwesenheit von Granat in den typischen Cordieritgneisen unterstützt die Annahme niedriger Drucke im Vergleich zu den hangenden Einheiten des NÖ-Moldanubikums.

Ältere Bestimmungen der Metamorphosebedingungen in der Gföhler Einheit (760°C / 11 kbar) stammen aus der Pionierarbeit von Scharbert & Kurat (1973, Fig. 7) und beruhen auf den damals gebräuchlichen Al_2SiO_5 -Trippelpunkt von Althaus (1969). Aus diesem Grunde ist der angegebene Druck um rund 2.5 kbar höher als jener von Petrakakis (1991) ermittelte Wert. Ihre Angabe über die Metamorphosetemperatur wird durch die neuen Daten bestätigt.

Im Hinblick auf die vorhandenen Daten über die Gföhler Einheit soll unterstrichen werden, daß die Daten von Scharbert & Kurat (1973) aus den Granuliten und jene von Petrakakis (1991) aus der Granulit- bzw. Gföhler Gneis-Begleitserie stammen. Darüberhinaus ist noch Folgendes zu bemerken: Die Daten von Petrakakis (1991) stammen, u.a., aus einem mafischen Gneis, der eine granulitfazielle Paragenese führt, jedoch im feldgeologischen Sinn nicht wie ein Granulit aussieht. Andererseits ergeben vorläufige P,T-Bestimmungen an einem Px-freien Granulit aus Sankt Leonhard eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den P,T-Werten aus dem mafischen Gneis und dem Amphibolit (Petrakakis, unpubl. Daten), zeigen also für die prägende Metamorphose idente oder zumindest vergleichbare Bedingungen. Die signifikanten Unterschiede zwischen dem Granulit und Gföhler Gneis, bzw. dem Granulit und dem mafischem Gneis aus Weitenegg sind vielmehr **textureller Natur** und liegen im **Deformationsgrad und nicht im Metamorphosegrad**. Diese Feststellung kann auch auf Gesteine der Bunten Serie ausgedehnt werden. Wie ausgeführt wurde, ist der **Blastomylonit an der Basis der Bunten Serie** im Grenzbereich zur Monotonen Serie ein Gestein, das ebenfalls durch die selbe kritische Paragenese (5) charakterisiert ist, die auch typisch für die weit verbreiteten Paragneise der Bunten Serie ist. Seinem Aussehen nach ist er aber durchaus als "granulitisch" im feldgeologischen Sinn zu bezeichnen, was auch zur Einstufung als "Granulit-Lamelle" geführt hat. Dementsprechend und damit im Bezug auf die texturale Prägung und dem Deformationsgrad ist er demnach mit den Granuliten zu vergleichen, die in **tektonisch höchster Position** innerhalb des NÖ-Moldanubikums auftreten. Somit ist das granulitische Aussehen dieser Gesteine weder an eine bestimmte stratigraphische Position, noch an eine bestimmte Serie gebunden. **Diese Ausführung soll unterstreichen, daß bestehende textuelle Unterschiede von Gesteinen keineswegs gleiche P,T-Bildungsbedingungen ausschliessen.** Dies gilt für die moldanubischen Serien umso mehr, als die Hauptdeformation der Gesteine höchstwahrscheinlich während, oder kurz nach dem Metamorphosehöhepunkt erfolgte.

Die aktuellen Daten über die Metamorphosebedingungen in der Bunten Serie und in der Gföhler Einheit weisen auf eine P,T-Äquivalenz hin, die im Wesentlichen auf die verbreitete charakteristische Paragenese (5) im Px-freien Granulit, im Gföhler Gneis und in den Gneisen der Bunten Serie beruht. Diese Äquivalenz wird innerhalb der Fehlergrenzen ausgezeichnet durch geothermobarometrische Daten unterstützt. Theoretisch weist die charakteristische Paragenese (5) auf vergleichbare und annähernd konstante externe Bedingungen der Metamorphose, wie P, T, a_{H_2O} , a_{CO_2} , a_{CH_4} u.s.f. hin. Bestehende Unterschiede in den berechneten P,T-Bedingungen liegen innerhalb der Unsicherheit der verwendeten geothermobarometrischen Methoden.

Die Äquivalenz der Metamorphosebedingungen in beiden Serien stellen die Unterscheidung beider Serien aufgrund von signifikanten Unterschieden im Metamorphosegrad völlig in Frage. Eine **tektonische Überlagerung** der Bunte Serie durch die lithologisch anders aufgebauten Gföhler Einheit muß als die Folge eines Ereignisses betrachtet werden, welches **vor der prägenden Metamorphose** stattgefunden hat. In Anbetracht des oberproterozoischen Alters der Marmore in der Bunter Serie (Frank et al. 1991) und der nachgewiesenen variszischen metamorphen Prägung vieler Gesteine des Moldanubikums (Van Bremen et al. 1982; Kröner et al., 1988; Carswel & Jamtvei, 1990; Frank et al., 1991), wäre eine **mehrphasige metamorphe und großtektonische Entwicklung** nicht gerade abwegig. Hinweise auf ältere, vorvariszische metamorphe Ereignisse existieren. Petrakakis (1986a) konnte im Granat mancher Gneise der Bunten Serie scharf abgegrenzte, Ca-reiche, reliktsche Kernezone beobachten. Petrakakis & Ntaflos (1991, in Vorbereitung) beschreiben reliktsche Paragenesen, bestehend aus (Fe,Ca)-Granat, Korund, Margarit, Hellglimmer und Zoisit, die in den (Mg,Fe,Ca)-Granaten von Opx-führenden Granuliten eingeschlossen sind. Diese Relikte bzw. Reliktparagenesen müssen älter sein, als die prägende Hauptmetamorphose und es wird weiteren Arbeiten vorbehalten sein, ihre paragenetische und altersmäßige Stellung abzuklären.

In fast allen der oben präsentierten Arbeiten wird eine Abkühlung und partielle Reequilibrierung und Rehydratisierung der Gesteine nach dem Metamorphosehöhenpunkt nachgewiesen. Diese Prozesse sind der Hauptgrund für die teilweise Neueinstellung der Elementverteilungen, die zum Nachweis der Bedingungen der höchsten Metamorphose dienen. Erscheinungen wie diese sind sehr häufig in polymetamorphen Gebieten zu beobachten und stellen eine potentielle Gefahr dar, die zu Fehlinterpretationen bei der Beurteilung der Bedingungen des Metamorphosehöhenpunktes führen können (vergl. Zaydan & Scharbert 1983) und die nur durch sorgfältigste paragenetische Analyse der untersuchten Gesteine vermieden werden kann.

Die oben erwähnten Daten sind gewiß unzureichend um konkrete Vorstellungen über die Entwicklung des NÖ-Moldanubikums abzuleiten. Andererseits können und sollen sie die Grundlage für die Interpretation von Altersdatierungen darstellen. Dies wird umso wesentlicher, je mehr die neuesten geochronologischen Daten zu kontrollierten Aussagen führen. Die verschiedenen, aus Gesamtgesteins-, Kleinbereichs- und Mineralisochronen gewonnenen Altersdaten (Frank et al., 1991), könnten umso besser interpretiert werden, je detaillierter Einsichten über den Ablauf der petrogenetischen Prozesse, die zu den beobachteten Paragenesen führen, in solche Interpretationen einfließen.

Anerkennung

Die Forschungsergebnisse wurden durch die großzügige Unterstützung von FWF, Proj. Nr. S 4709-GEO und J0340-GEO ermöglicht.

Literatur

- Althaus, E.: Der Einfluß des Wassers auf metamorphe Mineralreaktionen.- N. Jb. Min. Mh., 1968, 289-306, Stuttgart 1969.
Berman, R.G.: Generalized consistent thermobarometry: theory and examples.- Canadian Mineralogist, in press, Ontario 1991.

- Carswell, D.A. & Jamtveit, B.: Variscan Sm-Nd ages for the high- pressure metamorphism in the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif, Lower Austria.- Neues Jahrbuch Miner. Abh., 162, 69-78, 1990.
- Frank, W., Scharbert, S., Thöni, M., Popp, F., Hammer, S.: Isotopengeologische Neuergebnisse zur Entwicklungsgeschichte der Böhmisches Masse.- Österr. Beitr. Meteor. Geophys., in press, 1991.
- Fuchs, G. & Scharbert, H.G.: Kleinere Granulitvorkommen im niederösterreichischen Moldanubikum und ihre Bedeutung für die Granulitgenese.- Verh. Geol. B.-A., H. 2, 29-49, Wien 1979.
- Hödl, M.: Petrologie und Geochemie des Rehberger Amphibolites im Niederösterreichischen Moldanubikum.- Diss., Inst. Petrol., Univ. Wien, Wien 1985.
- Högelsberger, H.: Die Marmore und Kalksilikatgesteine der Bunten Serie - Petrologische Untersuchungen und geologische Konsequenzen.- Jb. Geol. B.-A., 132, 213-230, Wien 1989.
- Kröner, A., Wendt, I., Liew, T.C., Compston, W., Todt, W., Fiala, J., Vankova, V., Vanek, J.: U-Pb zircon and Sm-Nd model ages of high- grade Moldanubian metasediments, Bohemian Massif, Czechoslovakia.- Contrib. Mineral. Petrol., 99, 257-266, Berlin (Springer) 1988.
- Kuschnig, K.: Geochemie und Petrologie der Amphibolite der Bunten Serie.- Diss., Inst. Petrol., Univ. Wien, Wien 1986.
- Lieberman, J. & Petrakakis, K.: Generalized consistent thermobarometry: Applications to granulites from W. Alaska and Austria and analysis of uncertainties.- Canadian Mineralogist, in press, Ontario 1991.
- Petrakakis, K.: Polymetamorphe Entwicklung der Bunten Serie, Moldanubikum, N. Ö.- Fortschr. Min., 62, Bh. 1, 185-186, Abstract, Stuttgart 1984.
- Petrakakis, K.: Metamorphism of high grade gneisses from the Moldanubian zone, Austria, with particular reference to the garnets.- Journ. metamorphic Geol., 4, 323-344, London 1986a.
- Petrakakis, K.: Metamorphoseentwicklung in der südlichen Bunten Serie am Beispiel einiger Gneise, Moldanubikum, Niederösterreich.- TMPM, 35, 243-259, Wien 1986b.
- Petrakakis, K.: Hydrobarometrie an metamorphen Gneisen aus der Bunten Serie.- Fortschr. Min., 66, Bh. 1, 122, Abstract, Stuttgart 1988.
- Petrakakis, K.: Metamorphosebedingungen in der Gföhler Einheit.- Österr. Beitr. Meteor. Geophys., in press, Wien 1991.
- Petrakakis K. & Richter, W.: Gföhler Gneise und Granulite aus dem mittleren und südlichen NÖ- Moldanubikum: eine paragenetische und textuelle Gegenüberstellung.- Österr. Beitr. Meteor. Geophys., in press, Wien 1991.
- Scharbert, H. G.: Die Granulite des südlichen niederösterreichischen Moldanubikums, I.- Neues Jb. Min. Abh., 100, 59-86, Stuttgart 1963.
- Scharbert, H. G.: Die Granulite des südlichen niederösterreichischen Moldanubikums, II.- Neues Jb. Min. Abh., 101, 27-66, Stuttgart 1964.
- Scharbert, H. G. & Kurat, G.: Distribution of some elements between coexisting ferromagnesian minerals in Moldanubian Granulite Facies Rocks, Lower Austria, Austria.- TMPM, 21, 110-134, Wien 1974.
- Thompson, A. B.: Mineral reactions in pelitic rocks: I. Prediction of P-T-XFe- Mg phase relations.- Amer. Journ. Sci., 276, 401-425, 1976.
- Thompson, A.B.: Dehydration melting of metapelitic rocks and the generation of H₂O-undersaturated granitic liquids.- Amer. Journ. Sci., 282, 1567-1595, 1982.

- Van Bremen, O., Aftalion, M., Bowes, D.R., Dudek, A., Misar, Z., Povondra, P., Vrana, S.: Geochronological studies of the Bohemian Massif, Czechoslovakia, and their significance in the evolution of Central Europe.- Trans. R. Soc. Edinburgh Earth Sci., 73, 89-108, Edinburgh 1982.
- Zaydan, A. & Scharbert, H. G.: Petrologie und Geochemie moldanubischer Serien im Raume Persenbeug südwestliches Waldviertel.- Jb. Geol. B.-A., 126, 181-199, Wien 1983.

Raum für Notizen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [1991](#)

Autor(en)/Author(s): Petrakakis Konstantin, Richter Wolfram

Artikel/Article: [Metamorphose im niederösterreichischen Moldanubikum -eine Übersicht 13-20](#)