

## **GFÖHLER GNEISE UND GRANULITE AUS DEM MITTLEREN UND SÜDLICHEN NÖ-MOLDANUBIKUM: EINE PARAGENETISCHE UND TEXTURELLE GEGENÜBERSTELLUNG**

**K. PETRAKAKIS und W. RICHTER**

### **Zusammenfassung**

Mehrere Proben von Gföhler Gneis und Granulit aus dem mittleren und südlichen Bereich des NÖ-Moldanubikums wurden in Hinblick auf ihre textuellen und paragenetischen Beziehungen untersucht. Es hat sich gezeigt, daß beide Gesteinstypen demselben Faziestyp Gr+Bi+Sil+Kfs angehören. Darüberhinaus bestehen Ähnlichkeiten in der Art und Verteilung von Einschlüssen (insbesondere von Disthen, Kalifeldspat, Hellglimmer und Quarz) im Granat, die, wie es aus vergleichbaren Verhältnissen in Gneisen aus der südlichen Bunten Serie bekannt ist, Rückschlüsse über die Bildungsbedingungen erlauben. Eine weitere Gemeinsamkeit umfaßt die Rekristallisation, die lokal variieren dürfte. In Bezug auf die Deformation unterscheiden sich beide Gesteinstypen wesentlich voneinander. Die Granulite sind allgemein von einer intensiven Deformation geprägt ("granulitische Textur"). Allerdings konnten auch gut rekristallisierte Typen beobachtet werden. Der Gföhler Gneis weist allgemein eine schwächere Deformation auf, obwohl lokale textuelle Übergänge zur "granulitischen Textur" beobachtet werden konnten. Ein besonderes Merkmal der Gföhler Gneise ist seine migmatische Natur, die besonders im Aufschlußbereich erkenntlich wird.

### **Abstract**

Many samples of Gföhl gneiss and granulite from the central and southern part of the Moldanubian Zone of Lower Austria were compared with reference to their textural and paragenetic features. Both types of rocks show the same metamorphic facies type characterized by the assemblage Gr+Bi+Sil+Kfs. Another common feature of both rock types comprises the distribution of kyanite, K-feldspar, white mica and quartz inclusions in garnet. This marked distribution occurs in gneisses from the southern Bunte Series as well. It allows the conclusion that all three types of rocks exhibit comparable conditions of formation during the main metamorphism. The Gföhl gneiss and the granulites examined here show evidence of a locally variable recrystallization. The main difference between them lies in their degree of deformation. Thus, the granulites are commonly much more deformed with distinct textural features, such as the trains of disc quartz and sillimanite, the porphyroclastic garnet, kyanite and perthite and the fine crystals of the matrix minerals showing strained interfaces. This typical granulitic texture becomes locally obliterated by recrystallization. On the other hand, the Gföhl gneiss is generally less deformed but shows occasionally transitions to typical granulitic textures. Another feature of the Gföhl gneiss is its migmatic nature which is most pronounced at the outcrop scale.

## 1. EINLEITUNG

Gföhler Gneise und Granulite sind ohne Zweifel sehr typische Gesteinsformationen in der südlichen Böhmisches Masse, die schon früh das Interesse von Petrographen und Mineralogen auf sich gezogen haben (stellvertretend seien hier die Arbeiten von Becke 1882 und Becke et.al. 1913 erwähnt). Während die Granulite durch Scharbert (1963, 1964), Scharbert und Kurat (1974), sowie Kurat und Scharbert (1972) eine Neubearbeitung erfahren haben, hat sich der petrographische Kenntnisstand über den Gföhler Gneis seit Becke nicht wesentlich erweitert. So hat sich auch an der Fragestellung der Vergleichbarkeit der beiden Gesteinstypen, die schon Becke aufgeworfen hatte, nichts geändert.

Im Zuge der petrologischen Neubearbeitung des österreichischen Anteils des Moldanubikums im Rahmen des Schwerpunktprojektes haben erste paragenetische und texturale Untersuchungen an zahlreichen Proben der Gföhler Gneise und der Granulite zu einer Gegenüberstellung dieser Gesteine geführt, die klären helfen soll, wo grundlegende Ähnlichkeiten und Unterschiede bestehen.

## 2. DIE GFÖHLER GNEISE

Die untersuchten Proben stammen aus dem Bereich zwischen Krems und Gföhl, dem südlichen und nördlichen Donauufer im Bereich der Wachau und dem Gebiet um Altenburg. Aufgrund von vielen Gemeinsamkeiten mit den "typischen" Gföhler Gneisen sind hier zusätzlich die die Granulite begleitenden Paragneise, die entlang der Straße Wegscheid-St.Leonhard aufgeschlossen sind, mitbesprochen.

### 2.1 Allgemeine Charakteristik

Der Gföhler Gneis ist ein helles Gestein, welches makroskopisch Feldspat, Quarz, Biotit, Granat und selten Sillimanit erkennen läßt. Er ist durch relativ dünne Biotit-Schieferungsflächen gekennzeichnet, die häufig eine Feinfältelung aufweisen. In den meisten Aufschlüssen besitzt der Gföhler Gneis ein migmatisches, häufig nebulitisches Gefüge. Er ist dann durch helle, grobkörnige Leukosome gekennzeichnet, die mit Biotit-reichen Melanosomen alternieren. Typische migmatische Strukturen lassen sich z.B. im Bereich Dürnstein und in den großen Steinbrüchen entlang der Straße Krems-Gföhl beobachten. In den zuletzt genannten Steinbrüchen kann man im Blockwerk vom Gföhler Gneis melanosome Schlieren finden, die reich an Biotit und basischem Plagioklas sind, viel Apatit, Zirkon und Erz sowie gelegentlich Hornblende führen.

Mikroskopische Untersuchungen an 24 Proben ergaben, daß der Gföhler Gneis durch folgende Paragenesen charakterisiert werden kann:

- (1)..... Grt + Bi + Sil + [Ky] + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (2)..... Grt + Bi + Sil + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (3)..... Grt + Bi + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (4)..... Grt + Bi + [Ky] + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru

Die Paragenesen (1) und (2) sind besonders häufig anzutreffen. Die Textur der Gföhler Gneise ist heterogranular. Sie wird durch elongierte, bis etwa 2,5 mm große, manchmal kataklastisch geprägte Feldspat- und Quarzkristalle charakterisiert, zwischen denen eine feinkörnigere Matrix aus denselben Mineralen sowie Biotit, manchmal Granat, Sillimanit und Disthen auftritt (Taf.1b). Die Korngrenzen aller hellen Komponenten sind stark suturiert oder verzahnt. Größere Kristalle weisen optische Inhomogenitäten (undulöse Auslöschung und Polygonisation) auf. In Abhängigkeit vom Deformationsgrad, der lokal variiert, kann es zur Bildung von Feldspatäugen und von Diskenquarzen kommen, die Übergänge zu der typischen, "granulitischen" Textur erkennen lassen (Taf.1,b,c,d). Die Rekristallisation der Gesteine, die ebenfalls lokal variiert, läßt sich besonders schön durch die Entregelung der Biotite erkennen. Von allen Gföhler Gneis-Typen weist der Horner Gneis im allgemein den höchsten Rekristallisationsgrad auf.

## 2.2 Die Mineralphasen

Der Biotit ist braun bis rotbraun und häufig in s mit Sillimanit verwachsen. In einem einzigen Fall (88-GE-13) tritt eine Verwachsung des Biotites mit großen Disthenkristallen auf. Seine Einregelung ist allgemein parallel bis subparallel zur Streckung der hellen Bestandteile. Grobblättriger Biotit tritt gemeinsam mit Fibrolith in den melanosomen Bändern und rund um resorbierte Granate auf. Solche grobblättrige Biotite sind im allgemeinen durch eine Entregelung in Bezug auf das allgemeine s charakterisiert. Diese Beobachtung und die selten auftretende Verwachsung von Biotit mit sekundärem Hellglimmer (88-GE-16, 17) ist ein Hinweis auf eine weitgehende Rekristallisation des Biotites.

Granat weist textuelle Merkmale auf, die - zumindest teilweise - seine reliktsche Natur erkennen lassen. In den meisten Fällen handelt es sich um kleine, gerundete Kristalle, die häufig in den Feldspäten eingeschlossen sind oder innerhalb von s-parallelen Biotit-reichen Bändern auftreten (z.B. 88-GE-11A, 11B, 12, 13, 14, 15). Größere Granate sind stark resorbiert oder atollförmig ausgebildet (z.B. 88-GE-1, 2, 3) und werden von grobblättrigem, entregeltem Biotit, Sillimanit und Kalifeldspat begleitet. Manchmal ist der Granat mit Disthen verwachsen (88-GE-12) und/oder führt Disthen-Einschlüsse. Hellglimmer-Einschlüsse im Granat sind nicht selten zu beobachten (z.B. 88-GE-33/1). Die häufigsten Einschlüsse sind jedoch Quarz, Plagioklas, Ilmenit, Rutil und Apatit. Von den drei untersuchten Proben des Horner Gneises sind zwei durch Relikte von kleinen, gerundeten Granaten, die in Plagioklas eingeschlossen sind, gekennzeichnet. Die dritte, offenbar weniger rekristallisierte Probe, führt größere resorbierte und helizitische Granate, die überdies schöne, sigmoidal angeordnete Einschlüsse (darunter Hellglimmer !) führen (Taf.1,a).

Disthen ist ein häufiger Bestandteil, der allerdings textuell als metastabil gegenüber Sillimanit erkannt werden konnte. Kleinere Disthenkristalle treten häufig als Einschlüsse in Alkalifeldspat auf, jedoch ist der direkte Kontakt zwischen beiden Mineralen durch eine dünne Plagioklashülle unterbunden. Diese Textur wurde auch in Gneisen der Bunten Serie von Zaydan und Scharbert (1983) beschrieben.

Tafel 1: Textuelle Aspekte der Gföhler Gneise; Vergrößerung:  
kurze Rechteckseite c.a. 3.5 mm; gekreuzte Polarisatoren in b,c,d.

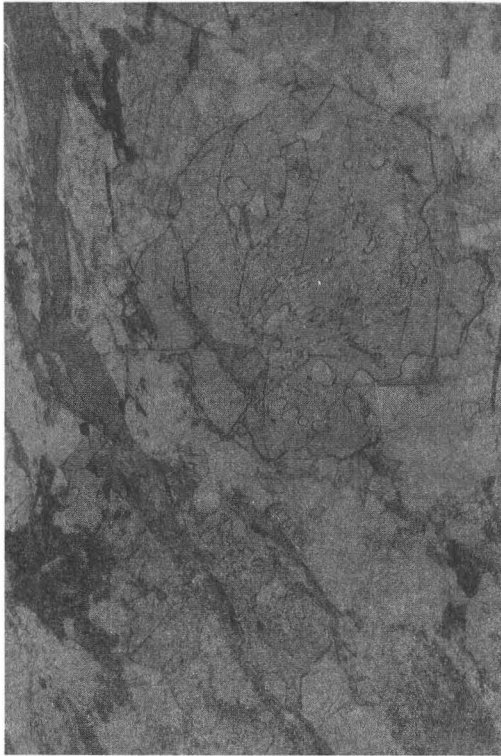
(a) GE-SL-32, Horner Gneis, Altenburg; Gössere, resorbierte Granate mit S-förmigen Anordnung von Einschlüssen im zentralen Bereich. Viele dieser Einschlüsse sind Hellglimmer. Das vorherrschende s wird durch die Fibrolithzüge erkannt. Die s- Flächen fließen die älteren Granate um. Zu bemerken ist auch die schwache Einregelung des Biotits in der Matrix bzw. seine "porphyroblastische" Bildung unmittelbar am kleineren, stark resorbierten Granat an der unteren, linken Bildfläche.

(b) GE-SL-14, Straßenaufschluß Wegscheid-St. Leonhard, die Granulite begleitende Paragneise; Mörtel- ähnliche Textur und Rekristallisation der hellen Gemengteile. Die grösseren, undulös auslöschenden Feldspatblasten sind randlich durch die Deformation in eine viel feinkörnigeren Matrix derselben zerfallen. An der oberen, rechten Bildecke erkennt man Hellglimmer, der nachträglich entlang von kataklastisch beanspruchten Kalifeldspäten sproßt.

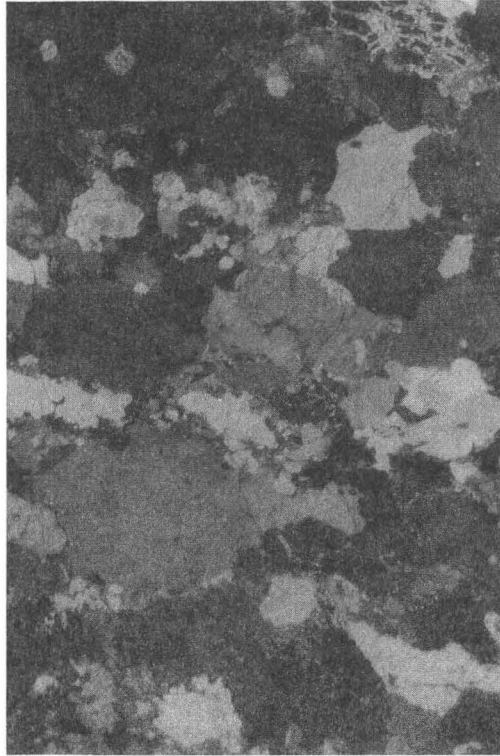
(c) 88-GE-28, Maria Taferl, Gföhler Gneis. Elongation der hellen Bestandteile. Zu bemerken ist die deformationsbedingte Bildung einer feinkörnigen Matrix rund um größere, elongierte Kristalle. Die dichten, feinkörnigen, stark lichtbrechenden Aggregate oberhalb des elongierten Quarzes bestehen aus Sillimattit-Mikrolithen.

(d) 88-GE-29, Maria Taferl, Gföhler Gneis. Textureller Übergang in die typische "granulitische" Textur. Bildung von Diskenquarz.

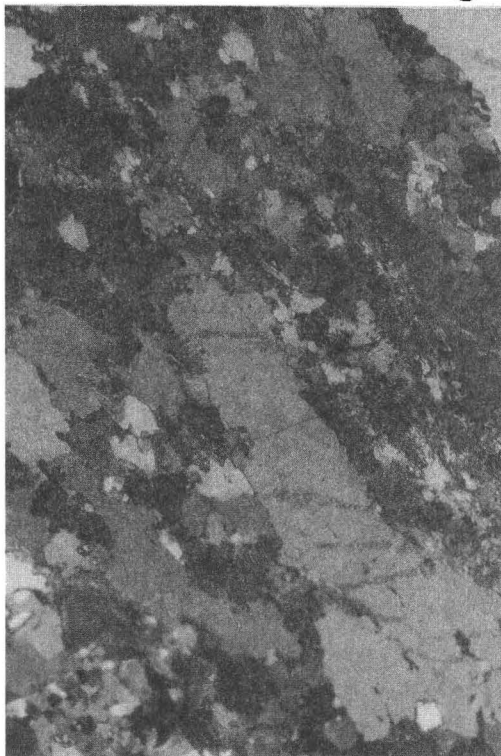
Tafel 1



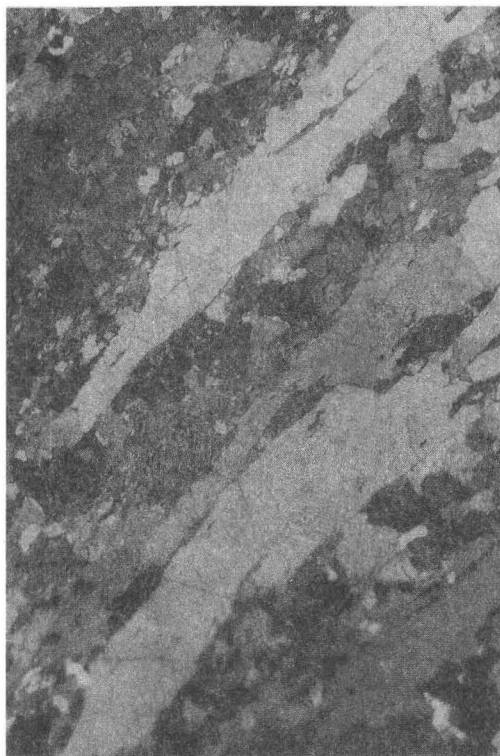
A



B



C



D

Tafel 2: Texturale Aspekte der Granulite; Vergrößerung: kurze Rechteckseite in a und c ca. 3.5 mm; in b ca. 1.5 mm; und d ca. 0.55 mm.

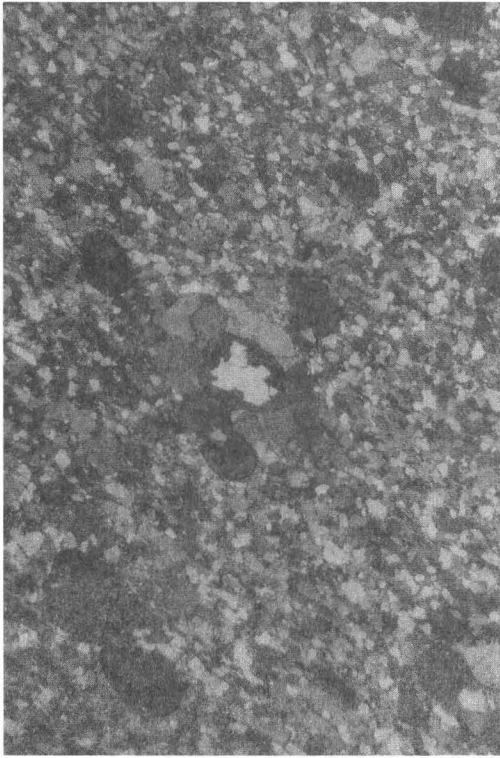
(a) GE-SL-37/3, Steinbruch Steinegg; gekreuzte Polarisatoren. Disthen ummantelt von Granat (bemerke den Innen- und Außenrand !) und grobkristalliner "Reaktionshof" von Feldspat um dem Granat; Die Matrix ist viel feinkörniger und weitgehend rekristallisiert.

(b) GE-SL-34, Steinbruch an der Straße Fuglau-Steinegg. Bildung von feinprismatischem Sillimanit an den Kanten eines älteren Disthenkristalls. Ebenfalls zu bemerken ist die Feinkörnigkeit des Granulits, die straffe Einregelung der Mineralbestandteile (Biotit, Rutil, Erz und Granat sind erkenntlich) und die typischen Diskenquarzzeilen (linke Bildseite).

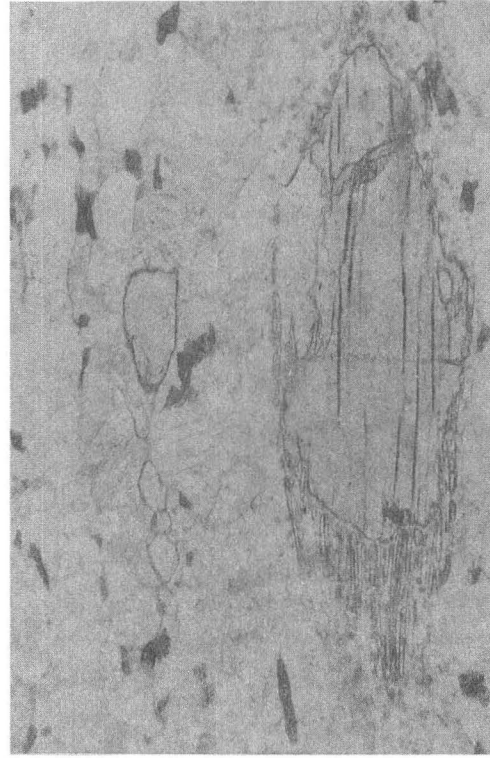
(c) GE-SL-39, Ortstafel Steinegg; parallele Polarisatoren. Übersichtsfoto eines weitgehend rekristallisierten Granulits. Zu beachten die schwache Einregelung des Biotits, die äquigranulare, polygonale Textur und die relativ kleinen, abgerundeten Granate.

(d) GE-SL-39, Steinbruch am Ortseingang von Steinegg; gekreuzte Polarisatoren. Detail aus der Quarz + Feldspatmatrix eines weitgehend rekristallisierten Granulites mit äquigranularer Polygonaltextur und "triple junctions" zwischen Plagioklas (feine Zwillinglamellen sind erkenntlich !), Kalifeldspat und Quarz.

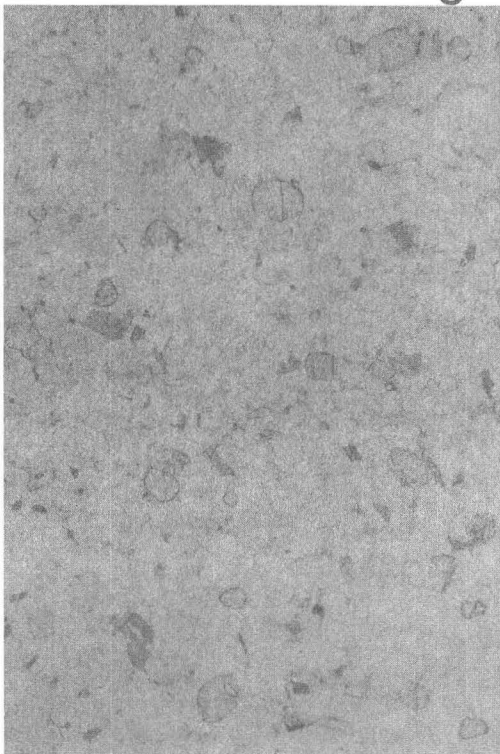
# Tafel 2



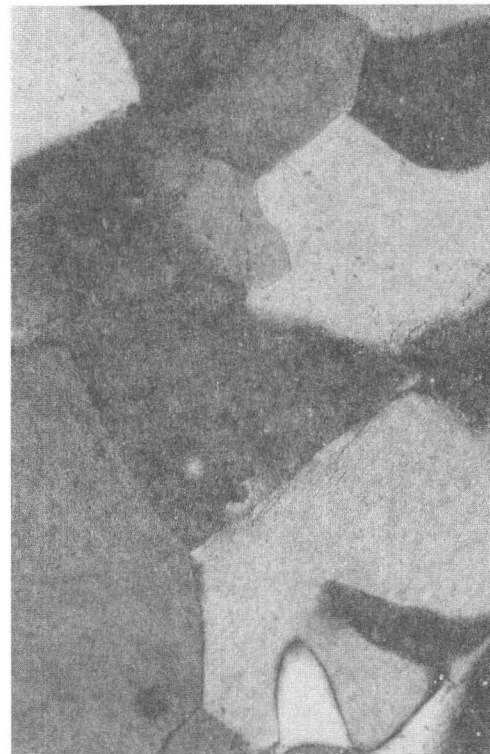
A



B



C



D

Als Matrixkristall weist der Disthen Deformationspolygonisation auf, die von lateraler Auflösung und Umkristallisation zu Fibrolith oder Sillimanit-Mikrolithen begleitet wird. Seltener ist eine Verwachsung von Disthen mit Granat zu beobachten. Im Horner Gneis tritt Disthen nur sehr untergeordnet auf.

Sillimanit ist ein sehr häufiger Bestandteil der Gföhler Gneise. Er tritt in Form von Fibrolith oder Mikrolithen rund um den metastabilen Disthen oder, seltener, in typisch entwickelten Kristallen auf.

Der Alkalifeldspat tritt sowohl in Form von größeren, perthitisch entmischten und elongierten Kristallen, als auch innerhalb der feinkörnigen Matrix auf. Ähnlich verhält sich auch der Plagioklas und der Quarz. Letzterer läßt, wie schon erwähnt, bereichsweise texturale Übergänge zu Diskenquarz erkennen.

Besonders charakteristisch für die Gföhler Gneise ist das häufige Auftreten von Myrmekit und die antiperthitische Entmischung von Plagioklas. Akzessorisch treten im Gföhler Gneis Ilmenit, Rutil, Apatit und Zirkon auf.

Die untersuchten Gföhler Gneise weisen sekundäre Mineralneubildungen in unterschiedlichem Ausmaß auf. Typisch ist die Chlorit-Bildung auf Kosten der Biotite und Granate und der Hellglimmer, der häufig rund um Alkalifeldspat sproßt (Taf.3,a). Bisweilen entwickeln beide Minerale größere Blasten oder rosettenförmige Aggregate, die die älteren Gefügeelemente überprägen.

### **3. DIE GRANULITE**

Die untersuchten Proben stammen aus Aufschlüssen der Dunkelsteiner Granulitmasse und dem Granulit von Wieselburg südlich der Donau, sowie dem Granulitkörper von St.Leonhard.

#### **3.1 Allgemeine Charakteristik**

Die Granulite sind feinkörnige; plattig spaltende Gesteine, auf deren s-Flächen eine gut ausgeprägte Lineation zu erkennen ist. Ihre Farbe variiert zwischen weiß, grau und grau-braun. Sie weisen häufig eine scharf entwickelte Bänderung variierender Mächtigkeit auf, die auf eine abrupte Änderung im Modalgehalt von Biotit zurückzuführen ist. Die Granulite lassen makroskopisch Feldspäte, Biotit, Granat, Sillimanit und Disthen erkennen. Sehr häufig sind Augentexturen zu beobachten, die durch 2-3 mm große Alkalifeldspat- und Granataugen gebildet werden. Die Alumosilikate sind besonders schön in den s-parallelen Spaltflächen der Gesteine zu erkennen. Die Granulite in den Steinbrüchen von Krug weisen häufig diffuse, grünliche "Flecken" auf, die diskordant die straffe Schieferung des Gesteines überwachsen. Sie erwecken makroskopisch den Eindruck einer sekundären Chloritisierung, es handelt sich jedoch, wie im weiteren beschrieben wird, um sekundäre Bildungen von feinstkörnigen Erzphasen zwischen den Mineralkomponenten.



Aus den Granulitgebieten vom Dunkelsteiner Wald, von Wieselburg und von St.Leonhard wurden 31 Proben von hellen Granuliten mikroskopisch untersucht, wobei die vor allem im Dunkelsteiner Wald häufig auftretenden dunklen Px-Granulite nicht einbezogen wurden. Folgende charakteristische Paragenesen treten auf:

- (5).....Grt + Bi + Sil + [Ky] + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (6).....Grt + Bi + Sil + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (7).....Grt + Bi + [Ky] + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (8).....Grt + Bi + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (9).....Grt + Sil + [Ky] + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (10).....Grt + [Ky] + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (11).....Grt + Kfs + Plg + Q + Ilm + Ru
- (12).....Grt + Plg + Q + Ilm + Ru

Im Vergleich zum Gföhler Gneis sind die Granulite mineralogisch bunter zusammengesetzt. Die Paragenesen der Gföhler Gneise sind mit den Paragenesen (5), (6), (7) und (8) der Granulite identisch. Biotit-freie Paragenesen treten nur in den Granuliten auf.

Unter dem Mikroskop kann man zwei extreme Texturtypen unterscheiden: Der erste Typ (z.B. Taf. 2,b) wird durch straffe Regelung von Biotit und Sillimanit, porphyroklastische Kristalle von Granat und augenförmigen, perthitisch-entmischten Kalifeldspäten, Feinkörnigkeit der hellen Gemengteile, die überdies suturierte oder verzahnte Korngrenzen aufweisen, und Ausbildung von Diskenquarz gekennzeichnet (z.B. GE-SL-24, 34; 88-GR-3). Dieser Texturtyp ist äquivalent mit den Gesteinen der s.g. Granulitlamelle (Fuchs und Scharbert 1979, Petrakakis 1986 a,b). Der zweite Typ (Taf.2,c) weist eine weitgehende Rekristallisation auf, die durch entregelte Biotite, Abwesenheit von Diskenquarz, Gleichkörnigkeit und geraden bis leicht gekrümmten Korngrenzen zwischen den hellen Gemengteilen charakterisiert ist (Taf.2,d). Die Mehrheit der untersuchten Granulitproben weist textuelle Merkmale auf, die zwischen diesen extremen Texturtypen liegen. Es lassen sich auch graduelle Übergänge wie z.B. in den Proben GE-SL-37, 38 und 39 erkennen.

### 3.2 Die Mineralphasen

Granat tritt entweder in Form von kleinen abgerundeten Körnern (z.B. GE-SL-39) oder als größere Porphyroklasten, mit Augentexturen und gut entwickelten Druckschatten bzw. Streckungshöfen (z.B. GE-SL-24, 25) auf. Die größeren Kristalle weisen eine kataklastische Überprägung auf (88-GR-9, GE-SL-24, 25) und/oder sind parallel s elongiert (GE-SL-5A/2, 88-GR-3). In beiden Fällen werden sie von s umflossen. In den dadurch entstandenen Druckschatten, Streckungshöfen und Resorptionseinbuchtungen tritt grobblättriger Biotit, manchmal gemeinsam mit Fibrolith, auf. Die üblichen Einschlüsse sind Quarz, Plagioklas, Alkalifeldspat, Biotit, Ilmenit, Rutil und selten auch Hellglimmer und Disthen (GE-SL-20, 25, 38, 39). Hellglimmer- und Alkalifeldspateinschlüsse wurden in einem Granat der Probe

Tafel 3: Texturelle Besonderheiten im Gföhler Gneis und Granulit; Vergrößerung: kurze Rechteckseite in a: ca. 3.5 mm; in c,d ca. 1.5 mm; in b ca. 0.55 mm.

(a) 88-GE-28, Maria Taferl, Gföhler Gneis; gekreuzte Polarisatoren. Porphyroblastischer Hellglimmer sproßt über die stark deformierte Matrix.

(b) GE-SL-20b, Steinbruch nahe Krug; gekreuzte Polarisatoren. Hellglimmer- und Kalifeldspat-Einschlüsse in Granat.

(c) GE-SL-37/2, Steinbruch Steinegg; gekreuzte Polarisatoren. Pseudomorphose von Hellglimmer nach einem in Granat eingeschlossenen Disthen. Im oberen Teil des Hellglimmers sind noch Disthenreste zu erkennen. Zu bemerken ist auch der Außen- und Innenrand des Granats. Feinkörnigere, besser rekristallisierte Matrix.

(d) GE-SL-37/1, Steinbruch Steinegg; gekreuzte Polarisatoren. Große Quarz- und Plagioklas-Einschlüsse in Granat. Der Plagioklas weist eine deutlich erkennbare Zonierung an seinem äußersten Rande auf. Zu bemerken ist auch der Größenunterschied zwischen Einschlüssen und Matrixmineralen, sowie der stark eingebuchtete Innenrand des Wirtgranats.

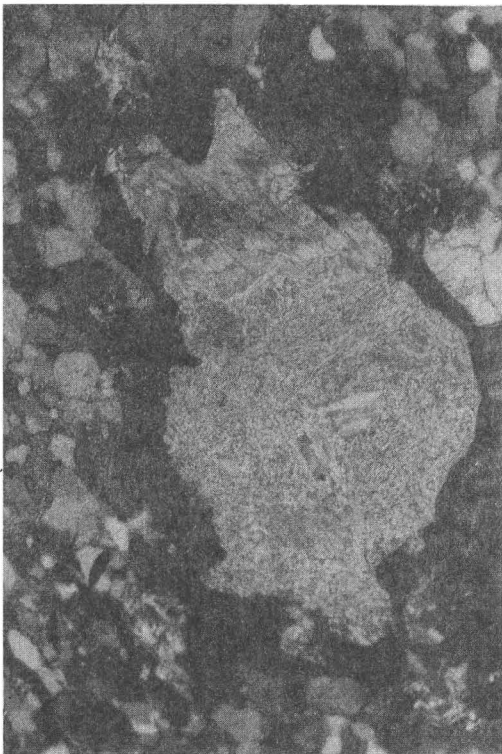
Tafel 3



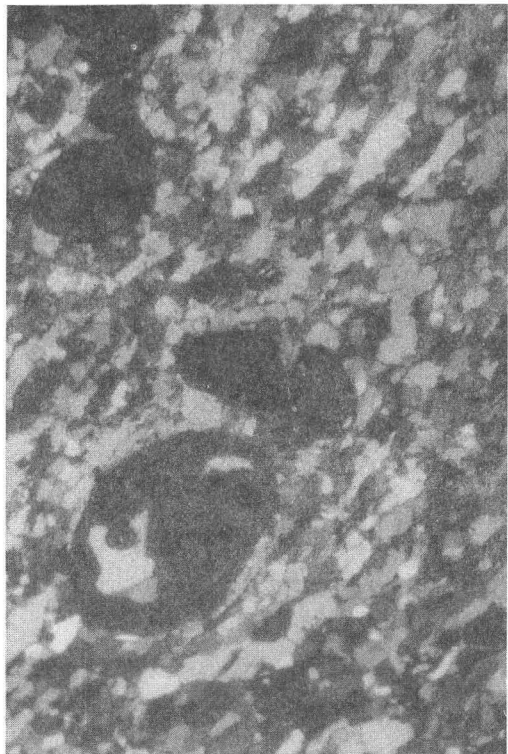
A



B

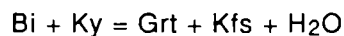


C



D

GE-SL-20B beobachtet (Taf.3,b). Auffallend ist, daß die Feldspateinschlüsse im Granat deutlich größer als die durchschnittlichen Matrixkristalle derselben Art sein können (Taf. 3,b,d). Darüberhinaus weisen die Einschlüsse keine undulöse Auslöschung auf. In manchen Proben findet man besondere Texturen in Zusammenhang mit dem Granat. So, z.B. in den Proben GE-SL-37,38, wo größere Disthenkristalle von einer relativ dünnen Granathülle umschlossen sind. Es kommt auch vor, daß diese Umhüllung nicht allseitig ausgebildet ist, wodurch atollähnliche Granate vorliegen (Taf.2,a, Taf.3,c,d), die an den "Raspberry type garnet" (Bard, 1986) erinnern. Die Kontakte zwischen dem eingeschlossenen Disthen und der Granathülle weisen viele Einbuchtungen auf. In den meisten Fällen sind diese Disthene pseudomorph von Hellglimmer ersetzt (Taf.3,c), was die Vermutung einer jüngeren, statischen Wärmeeinwirkung und partielle Rehydratisierung der Gesteine nahelegt. Rund um die Granathülle tritt eine Biotit-freie, deutlich grobkörnigere, besser rekristallisierte Feldspatmatrix auf (Taf.2,a), die durch gerade oder gekrümmte Korngrenzen charakterisiert ist. Diese Granathof-Bildung steht texturell im Gegensatz zur sonst auftretenden Matrix der Gesteine, die allgemein intensivere Deformationserscheinungen aufweist. Man könnte sie als eine relativ jüngere Reaktionstextur nach der Reaktion



deuten.

Brauner bis rotbrauner Biotit ist feinkörnig ausgebildet und streng parallel *s* eingeregelt. Ausnahmen stellen jene Proben dar, bei denen intensive Rekristallisationserscheinungen auftreten. So beobachtet man z.B. in der Probe GE-SL-39 eine sehr schwache Regelung des manchmal grobkörnig rekristallisierten Biotits (Taf.2,c). Grobkörnige, schwach geregelte Biotite treten auch in den Druckschatten und den Resorptionsbuchten der Granate auf.

Quarz tritt entweder gemeinsam mit den Feldspäten in der feinkörnigen Matrix oder in Form von Diskenquarzen auf. Letztere weisen eine starke deformationsbedingte optische Inhomogenität auf.

Alkalifeldspat und Plagioklas sind hauptsächlich Bestandteile der feinkörnigen Matrix. Gelegentlich beobachtet man augenförmige Alkalifeldspat-Porphyrklasten, die stark perthitisch entmischte sind. Stark entmischte Kalifeldspäte sind häufig als Einschluß im Granat zu beobachten (z.B. GE-SL-4).

Von den beiden auftretenden Alumosilikaten ist der Disthen der ältere (vergl. Scharbert 1971). Er tritt als Einschluß im Granat auf und wird lateral durch Polygonisation in Fibrolith oder Sillimanit-Mikrolithen umgewandelt oder wird vom letzteren überwachsen (Taf.2,b). Der Sillimanit tritt in Form von Fibrolith auf, der in der Regel lange Züge von Kristallaggregaten parallel *s* bildet. Ilmenit, Rutil und Apatit sind häufige Akzessorien, die sowohl als Einschlüsse in Granat als auch in der Matrix auftreten.

An dieser Stelle ist eine jüngere Erzbildung zu erwähnen, die zwischen den Mineralphasen auftritt. Ihr Erscheinungsbild könnte als "Infiltration von erzbildenden

Komponenten" beschrieben werden. Diese Erzbildung charakterisiert die Granulite in den Steinbrüchen von Krug und äußert sich makroskopisch durch die eingangs erwähnten grünlichen "Flecken".

#### 4. SCHLUSSFOLGERUNG

Aus den rein paragenetischen und textuellen Untersuchungen an Gesteinen des Gföhler Gneises und an den Granuliten lassen sich folgende Aussagen ableiten:

(1) Die Gföhler Gneise sind durch vier Paragenesen gekennzeichnet, die auch in den Granuliten zu beobachten sind. Die buntere mineralogische Zusammensetzung der Granulite ist eher auf die Probennahme dieser scharf, im Bereich von cm bis einigen dm, gebänderten Gesteine zurückzuführen. Die scharfe Bänderung der Granulite widerspiegelt höchstwahrscheinlich Prozesse einer metamorphen Differentiation, die möglicherweise auf kleinräumige Gradienten in der Aktivität von Fluids hinweisen. Diese Annahme stützt sich hauptsächlich auf die Tatsache, daß die Bänderung in der Abwechslung von "trockenen" und fluidführenden (Biotit) Lagen besteht. Nach den vorliegenden paragenetischen Untersuchungen gehören jedenfalls beide Gesteine demselben Faziestyp, nämlich



(Thompson 1976), an.

(2) Derselbe Faziestyp konnte von Petrakakis (1986 a,b), für die Paragneise aus der südlichen Bunten Serie ermittelt werden. Demnach können für die prägende Metamorphose in der südlichen Bunten Serie, der Gföhler Einheit und in den Granuliten ähnliche Bildungsbedingungen angenommen werden. Die Betonung liegt auf "ähnlichen Bildungsbedingungen", denn es ist ohne weiteres vorstellbar, daß innerhalb desselben Faziestyps die Granulite die höchst metamorphen und die Paragneise der Bunten Serie die niedriger metamorphen Bildungen darstellen. Verfeinerte phasenpetrologische Untersuchungen (vergl. auch Petrakakis 1990; Beitrag in diesem Heft) sollen hier Klarheit schaffen.

(3) Das, wenngleich auch nicht allzuhäufige, Auftreten von Disthen-, Muskovit- und Alkalifeldspat-Einschlüssen im Granat sowie die allgemein metastabile Natur von Disthen bezüglich des Sillimanits und die partiellen Rekristallisationerscheinungen - insbesondere des Biotits - sind Merkmale, die sowohl in den Granuliten als auch im Gföhler Gneis und in den Paragneisen der südlichen Bunten Serie beobachtet werden können. Petrakakis (1986a, Fig.8) konnte am Beispiel von den zuletzt genannten Gesteinen und aufgrund ähnlicher Einschlußassoziationen im Granat die Metamorphosebedingungen eingrenzen. Die oben beschriebenen Beziehungen lassen die Vermutung zu, daß alle drei Gesteinstypen die metamorphe Prägung entlang eines vergleichbaren P,T-Pfades erfuhren.

(4) Im Bezug auf den Deformationsgrad unterscheiden sich die Gföhler Gneise und die Granulite sehr deutlich voneinander. Die Granulite weisen im allgemei-

nen einen sehr viel stärkeren Deformationsgrad auf. Allerdings gibt es auch Bereiche in den Gföhler Gneisen, die eine deutliche Annäherung an die typische "Granulittextur" aufweisen. Dies äußert sich durch die Ausbildung von porphyroklastischen Augentexturen und von Diskenquarzzeilen in der Gesteinsmatrix.

(5) In beiden Gesteinen kann man in verschiedenem Ausmaß Rekristallisationserscheinungen beobachten. Besonders auffällig sind diese in manchen Granulitproben. Sie werden durch eine Entregelung von Biotit und die Ausbildung von polygonalen, äquigranularen Texturen mit geraden bis schwach gekrümmten Korngrenzen in Quarz- und Feldspat-reichen Lagen charakterisiert. Mit der Rekristallisation ist womöglich eine andere Parallelität zwischen dem Gföhler Gneis und dem Granulit verbunden. Sie besteht auch in den typischen Resorptionerscheinungen an Granat, was auf eine ähnliche polymetamorphe Prägung der beiden Gesteine hinweist.

(6) Migmatische Gefüge charakterisieren in vielen Aufschlüssen das Erscheinungsbild der Gföhler Gneise. Dieses Erscheinungsbild stellt einen markanten Unterschied zu den Granuliten dar, der schon von Becke et al. (1913) hervorgehoben wurde. Ohne Zweifel kommen hier grundlegende Unterschiede im Fluidangebot während der (aufsteigenden?) Metamorphose zum Ausdruck und ohne Zweifel stellt die Klärung der Stellung der Migmatitbildung innerhalb des Metamorphosegeschehens einen wesentlichen Ansatzpunkt zum Verständnis der Entwicklung der beiden Einheiten dar.

#### **DANK**

Die Autoren bedanken sich beim FWF für die großzügige Unterstützung der Projekte Nr. J0340-GEO und S4709-GEO.

#### **5. Literatur**

- Bard, J.P., 1986: Microtextures of igneous and metamorphic rocks. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht/Boston/Lancaster.
- Becke, F., 1882: Die Gneisformation des niederösterreichischen Waldviertels. *TMPM*, **4**, 189-408.
- Becke, F., A.Himmelbauer, F.Reinhold, und R.Görgy, 1913: Das niederösterreichische Waldviertel. *TMPM*, **32**, 186-246.
- Fuchs, G. und H.G.Scharbert, 1979: Kleinere Granulitvorkommen im niederösterreichischen Moldanubikum und ihre Bedeutung für die Granulitgenese. *Verh. Geol. B.-A.*, Jg. **1979**, 29-49.
- Kurat, G. and H.G.Scharbert, 1972: Compositional zoning in garnets from granulite facies rocks of the moldanubian zone, Bohemian Massif of Lower Austria. *EPSL*, **16**, 379-387.
- Petrakakis, K., 1986a: Metamorphism of high grade gneisses from the Moldanubian Zone, Austria, with particular reference to the garnets. *Journ. Metamorphic Geol.*, **4**, 323-344.

- Petrakakis,K., 1986b: Metamorphoseentwicklung in der südlichen Bunten Serie am Beispiel einiger Gneise, Moldanubikum, Niederösterreich. *TMPM*, **35**, 243-259.
- Petrakakis,K., 1990: Metamorphosebedingungen in der Gföhler Einheit. *Österr. Beitr. Met. Geoph.*, dieser Band.
- Scharbert,H.G., 1963: Die Granulite des südlichen niederösterreichischen Moldanubikums, I. *N. Jb. Min., Abh.* **100**, 57-86.
- Scharbert,H.G., 1964: Die Granulite des südlichen niederösterreichischen Moldanubikums, II und III. *N. Jb. Min., Abh.* **101**, 27-66, 210-231.
- Scharbert, H.G., 1971: Cyanit und Sillimanit in moldanubischen Granuliten. *TMPM*, **16**, 252-267.
- Scharbert,H.G. and G.Kurat, 1974: Distribution of some elements between coexisting ferromagnesian minerals in Moldanubian granulite facies rocks, Lower Austria. *TMPM*, **21**, 110-134.
- Thompson,A.B., 1976: Mineral reactions in pelitic rocks: I.Prediction of P-T-X (Fe-Mg) phase relations. *Am. Journ. Sci.*, **276**, 401-425.
- Zaydan,A. und H.G.Scharbert, 1983: Petrologie und Geochemie moldanubischer Serien im Raume Persenbeug (südwestliches Waldviertel). *Jb. Geol. B.-A.*, **126**, 181-199.

Adresse der Autoren:

Univ.Prof. Dr. W. Richter,  
 Dr. K. Petrakakis  
 Institut für Petrologie der Universität Wien  
 Dr. Karl Lueger-Ring 1  
 A-1010 Wien

Manuskript eingegangen am 28.12.1989, in Endform am 30.3.1990