©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band 131	Heft 4	S. 553-562	Wien, Dezember 1988

Die frühalpidische Metamorphose in der Goldeck-Gruppe (Kärnten) – Nachweis anhand von Rb-Sr-Altersbestimmungen und Gefügebeobachtungen

Von ALEXANDER DEUTSCH*)

Mit 11 Abbildungen und 1 Tabelle

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 182, 183, 199, 200

Kärnten
Goldeck-Gruppe
Ostalpines Kristallin
Rb-Sr-Altersbestimmungen
Frühalpidische Metamorphose

Inhalt

Zusammenfassung ... 553
Abstract ... 553
1. Einleitung ... 553
2. Überblick über Geologie und Erforschungsgeschichte ... 554
3. Granat als Metamorphoseindikator ... 554
3.1. Glimmerschiefer nördlich der Linie Rosenheim – Nigglaigraben ... 555
3.2. Glimmerschiefer in den Abschnitten Leßnig – Baldramsdorf und Lind – Amlach ... 557
4. Das Alter der Rekristallisation in der Goldeck-Gruppe ... 559
5. Die Diaphthorese im Ostalpinen Altkristallin ... 560
6. Die geologische Entwicklung der Goldeckgruppe ... 561
Dank ... 561
Literatur ... 562

Zusammenfassung

In der westlichen Goldeckgruppe (Kärnten) kann die Ostalpine Einheit in vier Zonen unterteilt werden:

I) In der liegendsten Zone herrschen posttektonische Gefüge vor. Eine interne Rb-Sr-Mineralisochrone von 75,7 ± 3,7 m.a. (2 σ) zeigt, daß bei der frühalpidischen Metamorphose auch Granat neugebildet wurde. Da das Rb-Sr-Modellalter des Biotites nahezu identisch ist (80,7±0,9 m.a.), können die Glimmeralter nicht als Abkühlalter entsprechend einer Differenz bei den „Schließungstemperaturen" interpretiert werden.

II) Hangend folgt eine Serie aus Marmorzügen und grünschieferfaziellen Schiefern. Diese werden als Phyllonite interpretiert, wobei Gefügeprägung und Metamorphose ebenfalls frühalpidisch sind.

III) Auf diesen Phylloniten lagern wiederum Granatglimmerschiefer auf, in die ein Marmorzug eingeschaltet ist. An der Basis, zur Zone I hin, sind Granat und Biotit häufig stark chloritisiert. Die Granatbildung in Zone III ist variszischen Alters, die Glimmer sind in frühalpidischer Zeit teilweise verjüngt worden (HAWKESWORTH, 1976; BREWER, 1979). Die Gefüge sind größtenteils voralpidisch.

IV) Mit diffusen Übergängen folgen in der hangendsten Zone Quarzphyllite mit paläozoischen Marmoren. Metamorphose und Deformation sind variszisch.

Abstract

The Austroalpine Unit in the western part of the Goldeck group (Carintha) consists of four units, each characterized by different metamorphic overprint and petrofabrics:

I) The lowermost unit displays a posttectonic medium-grade mineral paragenesis, retrograde reactions are totally absent. A very precise internal Rb-Sr isochrone gives evidence that the formation of garnet in these rocks took place 75,7±3,7 Ma (2 σ) ago. As the Rb-Sr model age of biotite from this sample is essentially identical (80,7±0,9 Ma), any interpretation of the mica ages as "cooling ages" corresponding to a fixed interval in "closure temperatures" is excluded.

II) On top of zone I highly deformed schists with intercalations of marbles are found. These rocks are regarded as phyllonites. Deformation and low-grade metamorphism belong to the early Alpine phase.

III) In still higher levels again garnet-mica-schists with a layer of metacarbonates appear. The basal members of this zone III display wide-spread chloritization of garnet and biotite. Wheras mica ages suggest a reopening of isotopic systems during the Alpine orogeny (HAWKESWORTH, 1976; BREWER, 1979), the textures, especially the occurrence of garnet indicate that zone III has mostly retained its Hercynian overprint.

IV) Zone III grades into quartz-phyllites, again paleozoic metacarbonates are embedded (zone IV). There, low-grade metamorphism and fabrics belong to the Hercynian orogeny.

1. Einleitung

Ausgelöst durch Arbeiten im Rahmen des Hochschulschwerpunkt-Programmes S15 wurde im vergangenen Jahrzehnt die Bedeutung der frühalpidischen Gebirgsbildungphase im Ostalpin erkannt und in einen geodynamisch plausiblen Rahmen gestellt (FLÜGEL & FAUPL, 1987).

*) Anschrift des Verfassers: Dr. ALEXANDER DEUTSCH, Institut für Planetologie, Universität Münster, Wilhelm Klemm-Straße 10, D-4400 Münster, BRD.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

In den Rahmengesteinen der SE-Ecke des Tauernfensters gefundene frühalpidische Alterwerte an Glimmern – teils als Neubildungen, teils als Verjüngung variszisch gesproßter Biotite und Muskovite interpretiert – leiteten die Diskussion über die Bedeutung der kretazischen Krustenverkürzung im Ostalpinen Kristallin ein (HAWKESWORTH, 1976; WATERS, 1976). Im Wolfsbergzug zwischen Drautal und Millstätter See belegen Sillimanit-Disthen-Staurolith die intensive Überprägung in der Kreide (WATERS, 1976).

Aus dem Goldeckgebiet lagen bislang nur von einer Lokalität K-Ar- und Rb-Sr-Altersbestimmungen aus dem Kristallin vor, die einen klaren Hinweis auf eine Öffnung der Isotopensysteme in frühalpidischer Zeit geben (HAWKESWORTH, 1976; BREWER, 1970).

In dieser Arbeit soll versucht werden, anhand von Mikrogefügen das Ausmaß des kretazischen Metamorphoseereignisses in den polymetamorphen Gesteinen der Goldeckgruppe festzulegen. Zur Untermauerung der im Gelände entwickelten Arbeitstheorie einer weitreichenden alpidischen Überprägung wurden an einer Schlüsselprobe Rb-Sr-Untersuchungen durchgeführt.

2. Überblick über Geologie und Erforschungsgeschichte

Das Kristallin des Goldecks ist durch eine Vormacht quarzreicher Glimmerschiefer gekennzeichnet, in die Orthogneis- und Amphibolitzüge eingelagert sind (ANGEL & KRAJICEK, 1939; DEUTSCH, 1976). Ein mächtiger Karbonatzug mit Crinoidenresten und Algenlaminationen im Hangenden des Kristallins läßt für diesen Abschnitt der Serien ein altpaläozoisches Eduktalter vermuten. Diese Einstufung ist für die auflagernden Quarzphyllite durch Conodontenfunde in dolomitischen Marmorzügen gesichert (Oberdevon nach mündl. Mitt. H.P. SCHÖNLAUB in H. HEINZ, 1987).

Die Bedeutung des alpidischen Anteils am Metamorphosegeschehen wurde in den Publikationen über die Goldeckgruppe sehr unterschiedlich bewertet.

ANGEL & KRAJICEK (1939) betonten die oft im Gelände erkennbaren Chloritisierungsreaktionen nach Granat, Biotit und Hornblende und bezeichneten das gesamte Ostalpine Kristallin in dieser Region als „diaphthoritisch". Diese Autoren sahen die prograde Metamorphose der auflagernden Quarzphyllite und die *„Diaphthorese"* als gleichzeitig und posttektonisch an. Das diesem Metamorphoseereignis zugeschriebene „Alter der Tauernkristallisation" (= jungalpidisch) beruht jedoch auf einer Fehlbestimmung.

> ANGEL & KRAJICEK (1938) beschrieben Aktinolith im Mineralbestand von posttektonischen Lamprophyren des Goldeckgebietes. Da diese Ganggesteine als jungalpidisch interpretiert wurden, mußten die „Aktinolithsprossung" und die als gleichzeitig angesehene Diaphthorese ebenfalls jungalpidisch sein. Absolute Altersbestimmungen bestätigten zwar das oligozäne Alter dieser alkalibasaltischen Subvulkanite (DEUTSCH, 1984), die blaugrünen Amphibole sind jedoch primärmagmatische, eisenreiche Hastingsite; die Gangesteine sind nicht metamorph überprägt (DEUTSCH, 1980; 1986).

Die Entdeckung eines ungestörten Transgressionsverbandes von Permoskythschichten auf Quarzphylliten am südlichen Rand des Goldeckgebietes durch FRITSCH (1961) belegt, daß die Metamorphose dieses altpaläozoischen Gesteinsverbandes variszisches Alter hat. Die Vermutung desselben Autors, zumindest ein Teil der retrograden Umprägungen sei ebenfalls präalpidisch, bestätigte EXNER (1974): Gerölle aus Konglomeratlagen der permoskythischen „red beds" sind „diaphthoritisch" überprägt.

In zwei umfassenden Arbeiten wurden der zentrale Teil der Goldeckgruppe und die östlichen Ausläufer petrographisch und strukturgeologisch untersucht.

DEUTSCH (1976) hob hervor, daß das Altkristallin der mittleren Goldeckgruppe nicht durchgehend retrograd umgeprägt, also „diaphthoritisch" ist. Vielmehr sind die Bereiche völliger Chloritisierung an Zone starker Durchbewegung gebunden, typischerweise von Zerscherung und Quarzkleinkornbildung begleitet. Eine Neueinstellung von Gleichgewichtsparagenesen unter grünschieferfaziellen Bedingungen wurde nicht beobachtet. Als Grund für die Umprägungen wurde eine Aufheizung in alpidischer Zeit angenommen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam HEINZ (1987) in der östlichen Goldeckgruppe. Dieser Autor betont allerdings die Möglichkeit der variszischen Diaphthorese stärker.

Übereinstimmend wird in beiden Arbeiten die variszische Verschuppung, durch Serienwiederholungen und posttektonische Metamorphose in den hangenden Serien (Quarzphyllite – oberer Anteil der Granatglimmerschiefer) belegt, herausgestrichen.

Eine interessante, wenn auch nicht mit den Naturbeobachtungen zu vereinbarende Konzeption stellt TOLLMANN (1963; 1977; 1987 in FLÜGEL & FAUPL) vor: In der Goldeckgruppe befindet sich die alpidische Hauptüberschiebungsfläche zwischen dem Mittelostalpin und dem Oberostalpin (sensu TOLLMANN). 1963 wurde diese tektonische Grenze erster Ordnung an einem Karbonatzug in den Glimmerschiefern festgelegt, 1977 kam die *„alpidische Hauptbewegung zwischen diesen so weit überschobenen Einheiten in die tektonisch so arg beanspruchten Zonen zwischen Altkristallin und schwach metamorphem Oberbau"* zu liegen (TOLLMANN, 1977, p. 338). Das sicherste Merkmal solcher Tektonik, nämlich Deckenscheider in Form von Spänen mittelostalpinen Mesozoikums, fehlt zwar in der Goldeckgruppe, dafür werden *„Verschuppung der aneinandergrenzenden Komplexe", „Verschleifung unter Diaphthorese der Liegendeinheit"* und *„Ausbildung einer tektonischen Sekundärfazies"* als Zeugen der Überschiebung angeführt. Die Diaphthorese der oberen Partien des Altkristallins wird als alpidisch erachtet.

In dieser Arbeit werden die Resultate der Neuaufnahme der westlichen Goldeckgruppe in den Jahren 1978–1987 vorgestellt. Das Hauptaugenmerk lag auf dem Versuch, variszische und alpidische Metamophose zu trennen, das Alter der Diaphthorese zu finden und daraus ein schlüssiges Modell für die geologische Entwicklung der Goldeckgruppe zu entwerfen.

3. Granat als Metamorphoseindikator

Bei den Dünnschliffuntersuchungen zeigte sich, daß Kristallform, internes Gefüge, die Relation zu Deformationsphasen und der Grad der retrograden Umsetzungen im Granat aus den ziemlich eintönigen sauren Metamorphiten des Altkristallins im Goldeckgebiet für einzelne Profilabschnitte charakteristisch sind. Im Folgen-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

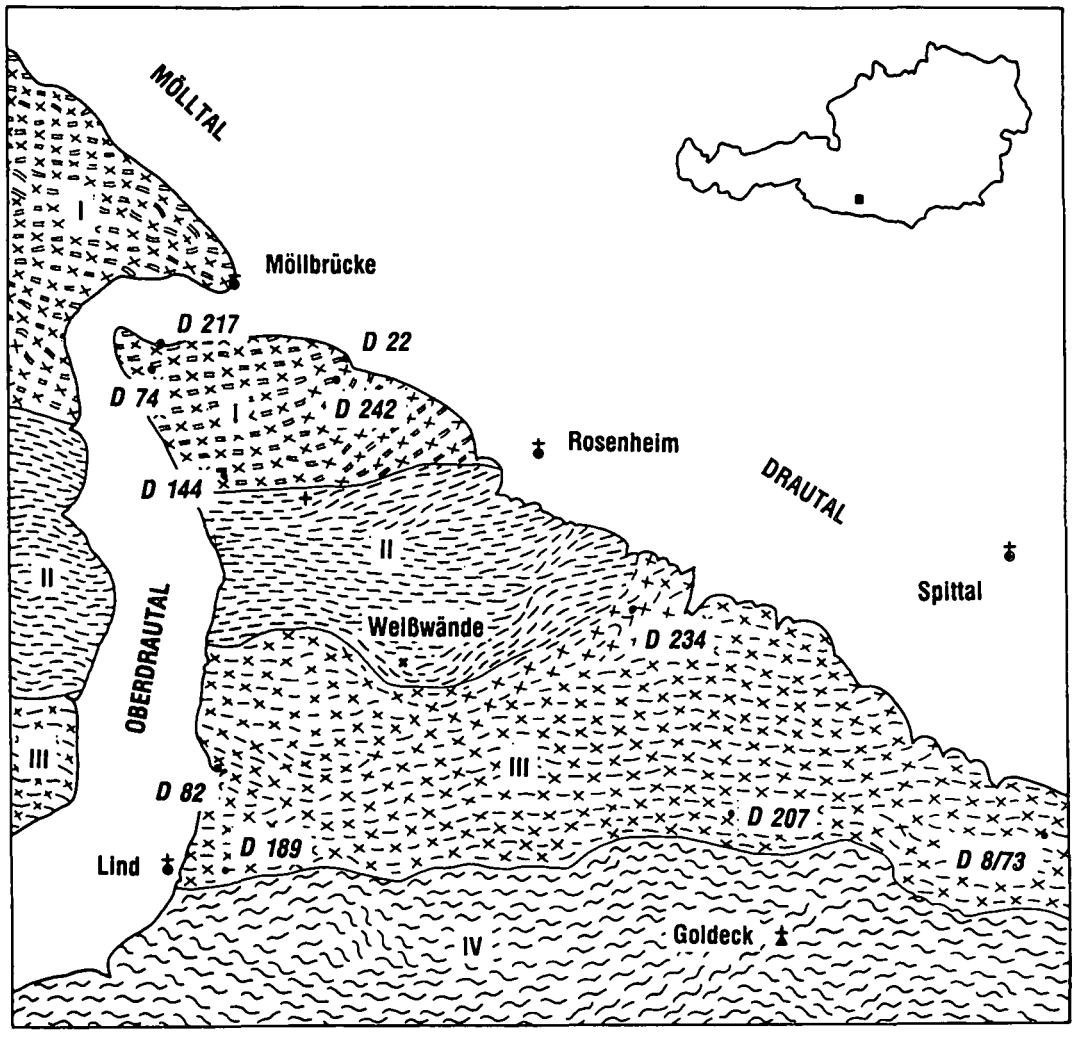

Abb. 1.
Schematische geologische Skizze der mittleren und westlichen Goldeckgruppe und des Ostabfalls der Kreuzeckgruppe. Die Fundpunkte der in diesem Text erwähnten Proben sind eingezeichnet.
I = in frühalpidischer Zeit in Almandin-Amphibolit-Fazies rekristallisiertes Ostalpines Kristallin; II = kretazisch grünschieferfaziell überprägtes Kristallin (Phyllonite); III = Variszische Amphibolitfazies; IV = Quarzphyllite (variszische Grünschieferfazies).
In den Zonen II, III, IV sind paläozoische Marmorzüge eingelagert.

den wird eine Unterteilung der Serien nach solchen Merkmalen vorgestellt und eine Alterszuordnung versucht (Abb. 1).

3.1. Glimmerschiefer nördlich der Linie Rosenheim – Nigglaigraben

Bereits im Gelände fallen die Gesteine dieses Abschnittes durch ihren frischen Habitus, durch millimetergroße Querbiotite und bis zu einem Zentimeter große Granatkristalle auf. Die Texturen variieren innerhalb dieser Zone auf wenigen Metern:

Plattig brechende Paragneise und Glimmerschiefer mit straff in s geregeltem Mineralbestand (Abb. 2; Probe D 22) grenzen an massige, glimmerführende Metaquarzite–Metaarkosen mit nur undeutlich erkennbaren Schieferungsflächen (Abb. 3; D 74). Der Granat hat in diesen Gesteinen vorwiegend idiomorphe Kristallformen (Abb. 3; Abb. 4; D 242). Ebenso wie die quer zu s

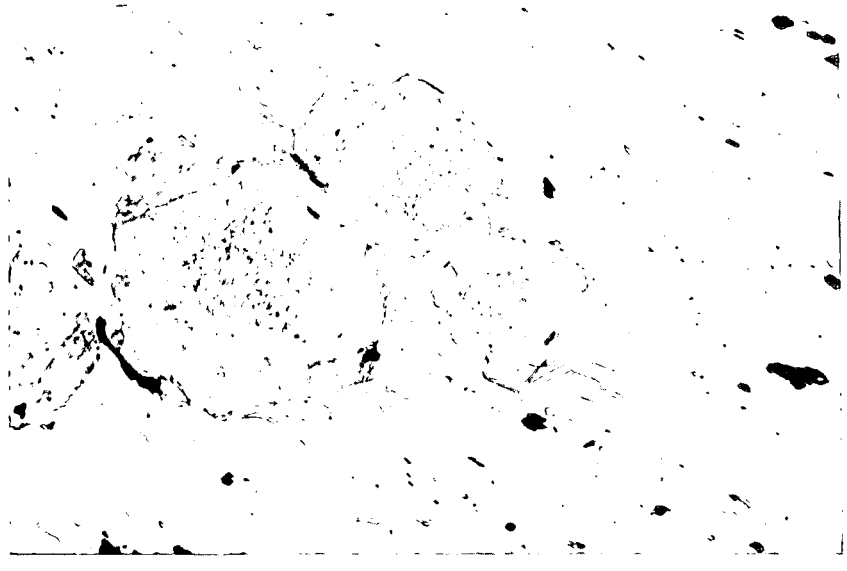

Abb. 2.
D22. Granat-Zweiglimmerschiefer mit Granat II.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

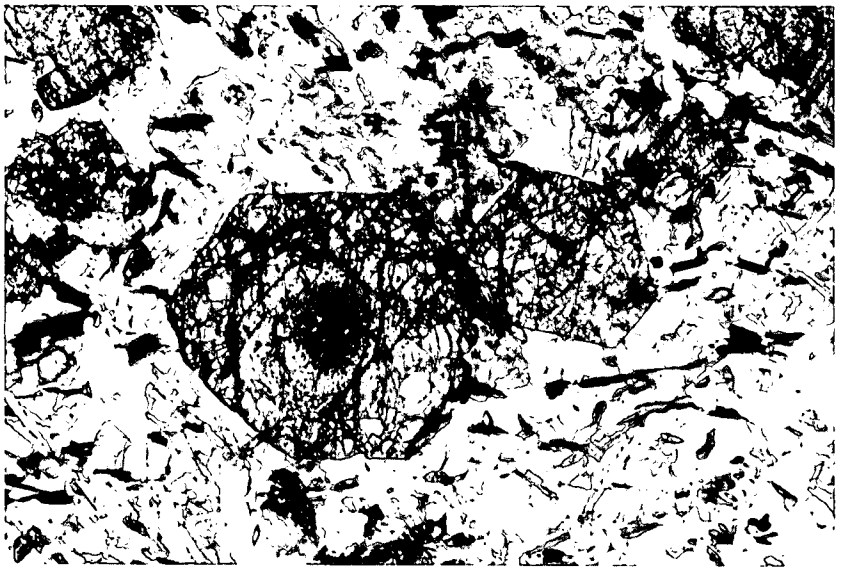

Abb. 3.
D74. Granat-Biotit-Metaquarzit mit GrII.
Im Zentrum von GrII sind trübe Kerne mit Einschlüssen zu sehen, die Relikte von GrI darstellen.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

aufwachsenden Glimmerpakete zeigt er an, daß das Temperaturmaximum jener Metamorphosephase, die zur Rekristallisation unter Bedingungen der beginnenden Amphibolitfazies führte, erst nach dem Ende der Durchbewegung erreicht wurde.

Das Interngefüge der Granatkristalle ist variabel: Meist ist der Granat einschlußfrei (Abb. 4), es treten jedoch auch Formen auf, die das kristalloblastische Gefüge überwachsen (in Abb. 5 durch Quarz abgebildet; D 144). Trübe Kerne (Abb. 2, 3) lassen vermuten, daß

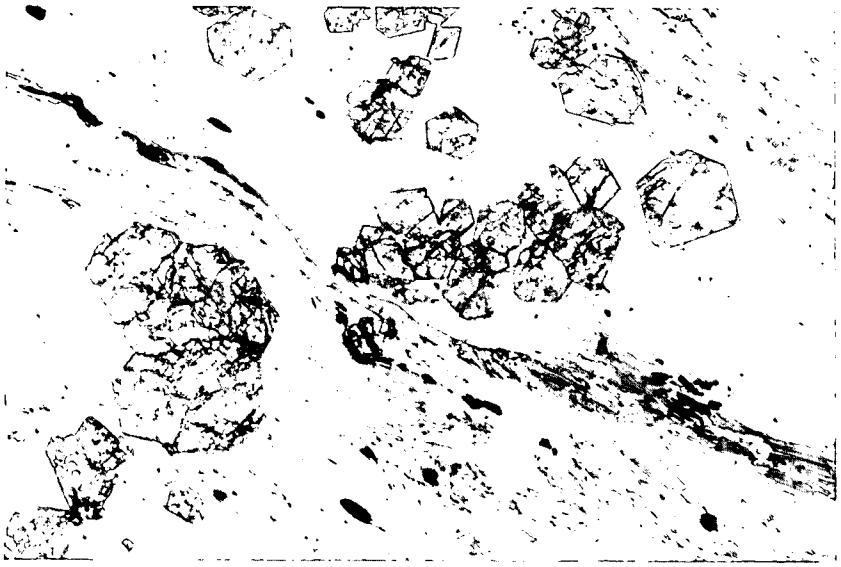

Abb. 4.
D242. Granat-Zweiglimmer-Schiefer mit prograder Chlorit.
Das Wachstum von GrII ist posttektonisch.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

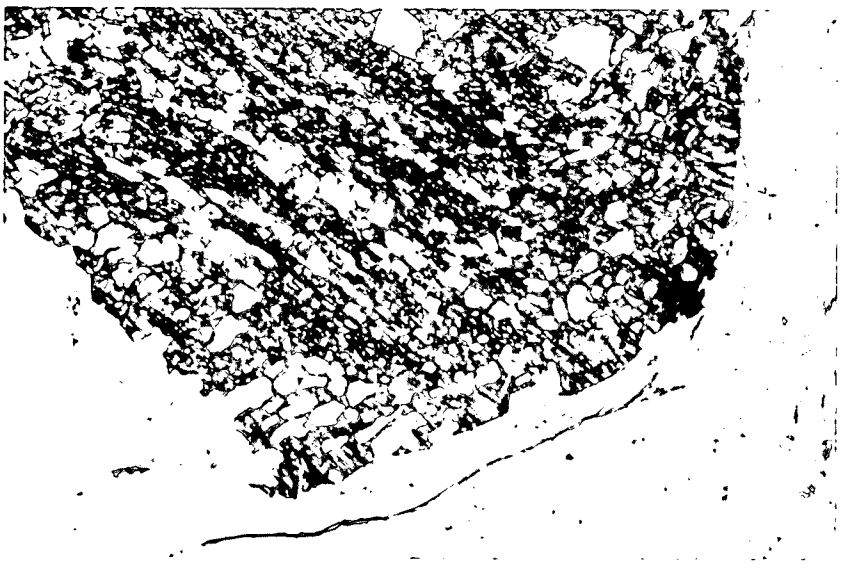

Abb. 5.
D144. Kristalloblastischer Granat-Muskowit-Metaquarzit.
GrII ist gedreht (Einschlußzüge aus Quarz), das Wachstum überdauert jedoch die Bewegung.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

bei der Rekristallisation Granat auf vorhandene, alte Kerne aufgewachsen ist, bzw. daß die Reaktion zur Neueinstellung der Paragenesen nicht vollständig ablief.

Von vereinzelter Mixed layer-Bildung und Chloritisierung entlang später Klüfte abgesehen, sind diese Granate völlig frisch, sie werden in dieser Arbeit als Granat II bezeichnet. Ihr Wachstum und damit die Bildung der Gleichgewichtsgefüge sind frühalpidisch (siehe Kap. 4.). Dieses prograde Kristallin, in dem keinerlei diaphthoritische Umsetzungen gefunden wurden, wird als Zone I bezeichnet.

3.2. Glimmerschiefer in den Abschnitten Leßnig – Baldramsdorf und Lind – Amlach

Dieser Kristallinabschnitt – im Gesteinsbestand mit der Zone I nahezu identisch, sieht man von dem mächtigen Karbonatzug vom Siflitztal in den Raunachgraben ab – entspricht grosso modo ANGEL & KRAJICEK's (1939) Beschreibungen des „diaphthoritischen Altkristallins". Sowohl zu der nördlich angrenzenden Zone II mit phyllonitischen Schiefern als auch zu den hangenden Quarzphylliten (Zone IV) bestehen unscharfe Übergänge; auf diesen Umstand wiesen ANGEL & KRAJICEK (1939), SCHWINNER (1943) und HEINZ (1987) hin. Die Abgrenzung dieser als Zone III bezeichneten Glimmerschieferserie wurde im Gelände beim Erstauftreten von Granat gezogen.

Im Mineralbestand gleichen die Glimmerschiefer und Metaquarzite, aber auch die linsenförmig eingelagerten Metabasite der Zone III den Gesteinen der Zone I. Im Gegensatz zu diesem frischen Kristallin findet man in Zone III auch stark chloritisierte Glimmerschiefer. Die Chloritbildung nach Biotit, Granat und tschermakitischer Hornblende ist von unterschiedlicher Intensität; die „Diaphthorese" ist eindeutig an den Grad der Durchbewegung gebunden: In jenen Glimmerschiefern, die durch scherende Bewegung in flachem Winkel zu den alten Schieferungsflächen verformt wurden (crenulation cleavage), ist Granat weitgehend zersetzt (Abb. 6; D 207). Tritt noch eine posttektonische Klüftung dazu, sind die Gesteine oft flächenhaft chloritisiert (Abb. 7; D 82). Es muß betont werden, daß in Zone III auch völlig frische Gesteine gefunden werden (Kalksilikatschiefer D 189; Abb. 8), dies hauptsächlich in den hangenden Partien dieser Einheit. Vor allem Metaquarzite können kaum von solchen aus der Zone I unterschieden werden (Abb. 9; D 234).

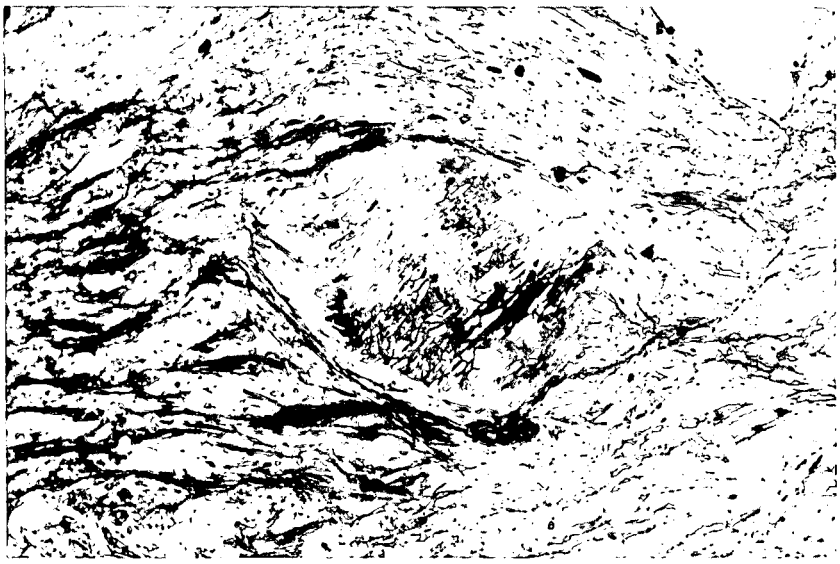

Abb. 6.
D207. Postkristallin zerscherter Granat-Zweiglimmer-Schiefer mit Grl.
Der gedrehte Grl mit Einschlußzügen aus Quarz ist teilweise zu Chlorit zersetzt, Biotit ist nicht angegriffen.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

Abb. 7.
D82. Stark zerscherter Granat-Muskowit-Schiefer.
Grl ist nur mehr reliktisch in Chloritpseudomorphosen vorhanden.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

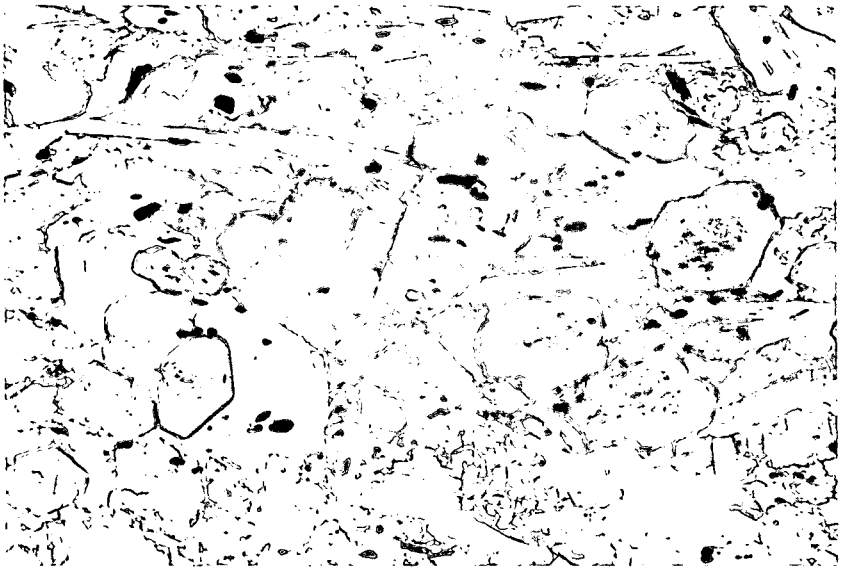

Abb. 8.
D.189. Kalksilikatschiefer mit Chlorit – Hornblende – Quarz – Albit – Muskowit – Granat.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

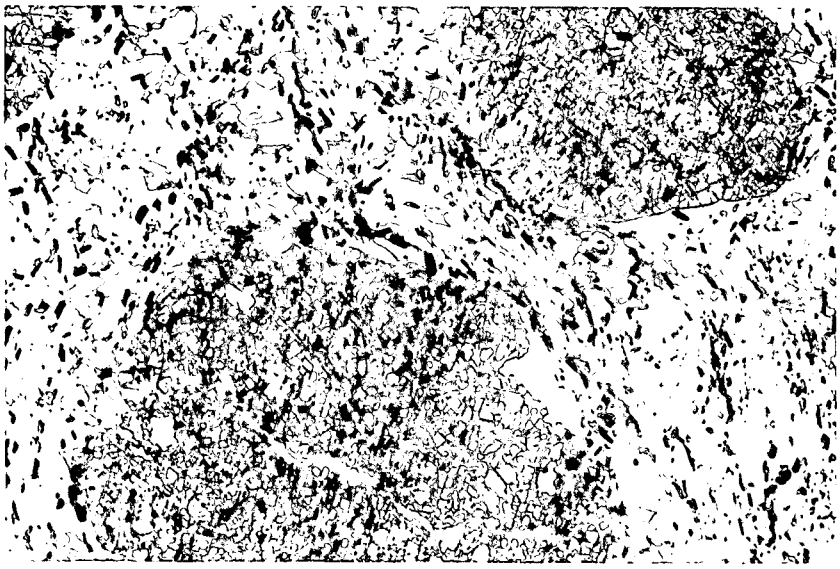

Abb. 9.
D234. Quarzreicher Granat-Zweiglimmer-Schiefer. Grl überwächst ein altes Gefüge aus Ilmenit. An Spaltrissen ist Grl zu Chlorit umgesetzt, diese Umsetzung ist nicht mit Durchbewegung verbunden.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

Die Granate der Glimmerschiefer aus der Zone III sind einschlußreich (Abb. 6,9) oder bilden skelettartige Formen (Abb. 10; B 8/73 aus DEUTSCH, 1977); idiomorphe Kristalle ohne Interngefüge wurden nie gefunden. Die häufig zu beobachtende Verstellung des internen s der Granate (Abb. 6) ist in einigen Gesteinen sicher auf eine Rotation während der alpidischen Durchbewegung zurückzuführen. In Abb. 9 kann man jedoch sehen, daß die Drehung des Granates auch in alpidisch nicht deformierten Metaquarziten bis quarzreichen Granatglim-

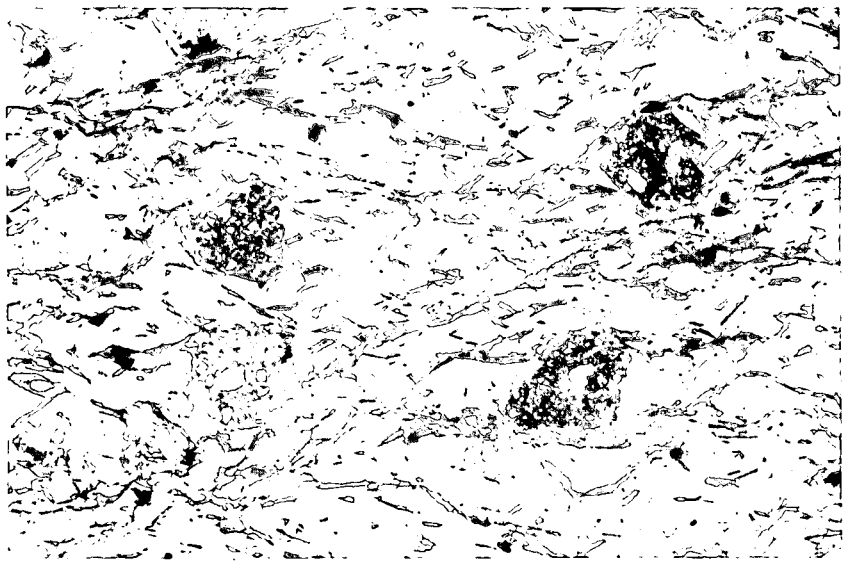

Abb. 10.
D8/73. Typischer quarzreicher Granat-Biotit-Schiefer aus dem variszisch amphibolitfaziellen Kristallin. Die „Diaphthorese" ist selektiv: Trübung der Feldspäte, partielle Chloritisierung des Grl.
Nicols ||; Bildbreite 3,5 mm.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

merschiefern auftritt. Vereinzelte, gut ausgebildete kristallographische Endflächen (vgl. Abb. 9) zeigen, daß das Wachstum dieser voralpidischen Granatgeneration (= Granat I) para- bis postdeformativ erfolgte. Offensichtlich überdauerten auch bei jener Metamorphosephase, die durch die Miteinbeziehung paläozoischer Karbonatzüge der variszischen Gebirgsbildung zugeordnet werden kann, die Metamorphosetemperaturen das Ende der Durchbewegung.

4. Das Alter der Rekristallisation im Kristallin der Goldeckgruppe

Aus den Ostalpen liegt mittlerweile eine große Anzahl absoluter Altersbestimmungen an Glimmern vor (vgl. Zusammenstellung in FRANK et al., 1987). Bei der Interpretation dieser Daten als „Abkühlsalter" wurde immer impliziert, daß das Temperaturmaximum im höher metamorphen Kristallin deutlich älter als die Glimmeralter sein könnte. An einer Probe aus der Zone I sollte nun durch die Analyse des Rb-Sr-Systems untersucht werden, inwieweit der Metamorphosehöhepunkt mit geochronologischen Methoden erfaßt werden kann.

D 217, ein heller granatführender Zweiglimmergneis aus dem Nordportal der Umfahrungsstraße Sachsenburg (Festungsbergtunnel), ist eine für das „frische" amphibolitfazielle Kristallin mit Granat des Typs II repräsentative Probe. Ein ca. 500 g schweres Handstück wurde für die Altersbestimmung aufbereitet. Um Auslaugeeffekte zu vermeiden, wurde bei der Mineraltrennung auf die Verwendung von Schwereflüssigkeit verzichtet. Der unter dem Binokular handausgelesene Granat wurde vor dem Aufschluß mechanisch zerkleinert und dreimal für je 30 sec. mit 2,5N HCl im Ultraschallbad behandelt. Dadurch wurde sichergestellt, daß lose anhaftende Mineralfragmente und schwach gebundene Kationen die Rb-Sr-Analyse nicht verfälschen konnten.

Resultate (Tab. 1)

Granat, der mit Quarz verunreinigte, schwach serizitisierte Oligoklas, das Gesamtgestein und Muskovit liegen exakt auf einer Isochrone (Abb. 11) mit einem Alter von 75,7±3,7 m.a. (2σ-Fehler aus YORK, 1969). Dieses Ergebnis bestätigt die Dünnschliffbeobachtung: An der Grenze Santon/Campan kam es im variszisch amphibolitfaziell metamorphen Kristallin der nordwestlichen Goldeckgruppe zu einer durchgreifenden Rekristallisation unter amphibolitfaziellen Bedingungen. Dabei wurde das Rb-Sr-System neu eingestellt, der Granat II ist eine kretazische Neubildung.

In den Dünnschliffen der Probe D 217 ist die Altersrelation zwischen Biotit und Grant nicht eindeutig zu klären, an einzelnen Stellen überwächst Granat Biotitplättchen. Diese Beobachtung muß bei der Interpretation des Biotitmodellalters (80,7±0,9 m.a.), das innerhalb der 2σ-Fehlergrenzen das Muskovitmodellalter (77,5±8,0 m.a.) überlappt, im Vordergrund stehen. Das in den Alpen häufig angewendete Konzept der Abkühlalter, in dem alle Altersdaten durch diffusiven Verlust des radiogenen Tochterisotops bis zum Unterschreiten von festgelegten Schließungstemperaturen erklärt wurde (PURDY & JÄGER, 1976), steht im Widerspruch zu der Sr-Isotopensystematik in D 217. Das Biotitalter von 80,7 m.a. kann nicht das Unterschreiten der 300±50°C-Isotherme für dieses Kristallinareal bedeuten, wenn als Schließungstemperatur für das Rb-Sr-System in Muskoviten eine Temperatur von 500±50°C angenommen wird (beide T° nach PURDY & JÄGER, 1976).

Das hohe $^{87}Sr/^{86}Sr$-Verhältnis des Biotits in D 217 kann ein Hinweis sein, daß bei der kretazischen Rekristallisation Biotit in mehreren Phasen gebildet wurde, die bei der Aufbereitung des kleinen Gesteinsvolumens vermischt wurden. Dies bedeutet aber, daß der Biotit bei der Abkühlung das radiogene Sr quantitativ zurückgehalten hat.

Eine andere, mit den Resultaten im Einklang stehende Erklärung widerspricht ebenfalls der niedrig angesetzten Schließungstemperatur für dunkle Glimmer. In dem altalpidisch gesproßten Biotit könnten Relikte variszischer Biotite eingebaut sein, die in der Kreide jedoch nicht völlig mit den anderen, Sr-führenden Phasen in D 217 ausgetauscht haben.

Die „Schließung" der einzelnen Phasen und damit das Ende des Strontium-Isotopenaustausches in D 217 ist innerhalb der erreichten analytischen Genauigkeit als gleichzeitig anzusehen und steht mit der schnellen Abkühlung des Altkristallins gegen Ende der Kreidezeit in Zusammenhang (HAWKESWORTH, 1976). Da im Goldecksporn bei Sachsenburg im Gegensatz zum Wolfsbergzug Staurolith in den Paragenesen der alpidischen Almandin-Amphibolit-Fazies generell fehlt (ERTL, 1984), also 550°C nicht erreicht wurden, gibt das Isochronenalter von D 217 vermutlich den Zeitpunkt des Temperaturmaximums an.

Folglich muß auch dem im Fehler identischen Alter des Biotites eine Schließungstemperatur erheblich über 300°C zugeordnet werden.

THÖNI (1982) kam bei einer regionalen Studie im Westabschnitt der Ostalpinen Einheit zu ähnlichen Schlüssen. Es liegt daher nahe, die zahlreichen K-Ar- und Rb-Sr-Glimmeralter um 80 m.a. im Ostalpinen Kristallin entlang der Umrahmung des Tauernfensters in Kärnten und Osttirol (OXBURGH et al., 1976; BREWER, 1970; HAWKESWORTH, 1976; WATERS, 1976; BRACK et al., 1977) einer neuen Bewertung zu unterziehen.

Tabelle 1.
Rb-Sr-Analysendaten des Granatführenden Zweiglimmergneises D217 aus dem Goldeck-Kristallin.
Analysenmethodik nach DEUTSCH & STÖFFLER (1987). Mittelwert für $^{87}Sr/^{86}Sr$ des NBS-Standards SRM 987 $SrCO_3$ mit 130–800 ng Sr: 0,710247±14 ($2\sigma_m$) aus 7 Messungen. Totalblindwerte: 0,05 ng Rb, 0,4 ng Sr.

Probe	Einwaage [mg]	Rb [ppm]	Sr [ppm]	$^{87}Rb/^{86}Sr$*)	$^{87}Sr/^{86}Sr$**)
Gesamtgestein<160 µm	83,7	92,63	195,8	1,371	0,72203± 4
Feldspat + Quarz h.p.	43,4	4,990	120,4	0,1201	0,72074± 8
Granat geätzt h.p.>99,5 % rein	14,22	6,284	45,71	0,3983	0,72114±12
Muskovit h.p.>99,5 % rein	30,9	231,9	184,6	3,642	0,72453± 7
Biotit h.p.>99,5 % rein	31,0	428,3	3,611	357,4	1,13247± 9

*) Fehler aus Doppelmessungen: ±0,5 %.
**) Normalisiert auf $^{88}Sr/^{86}Sr$ = 8,375209.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

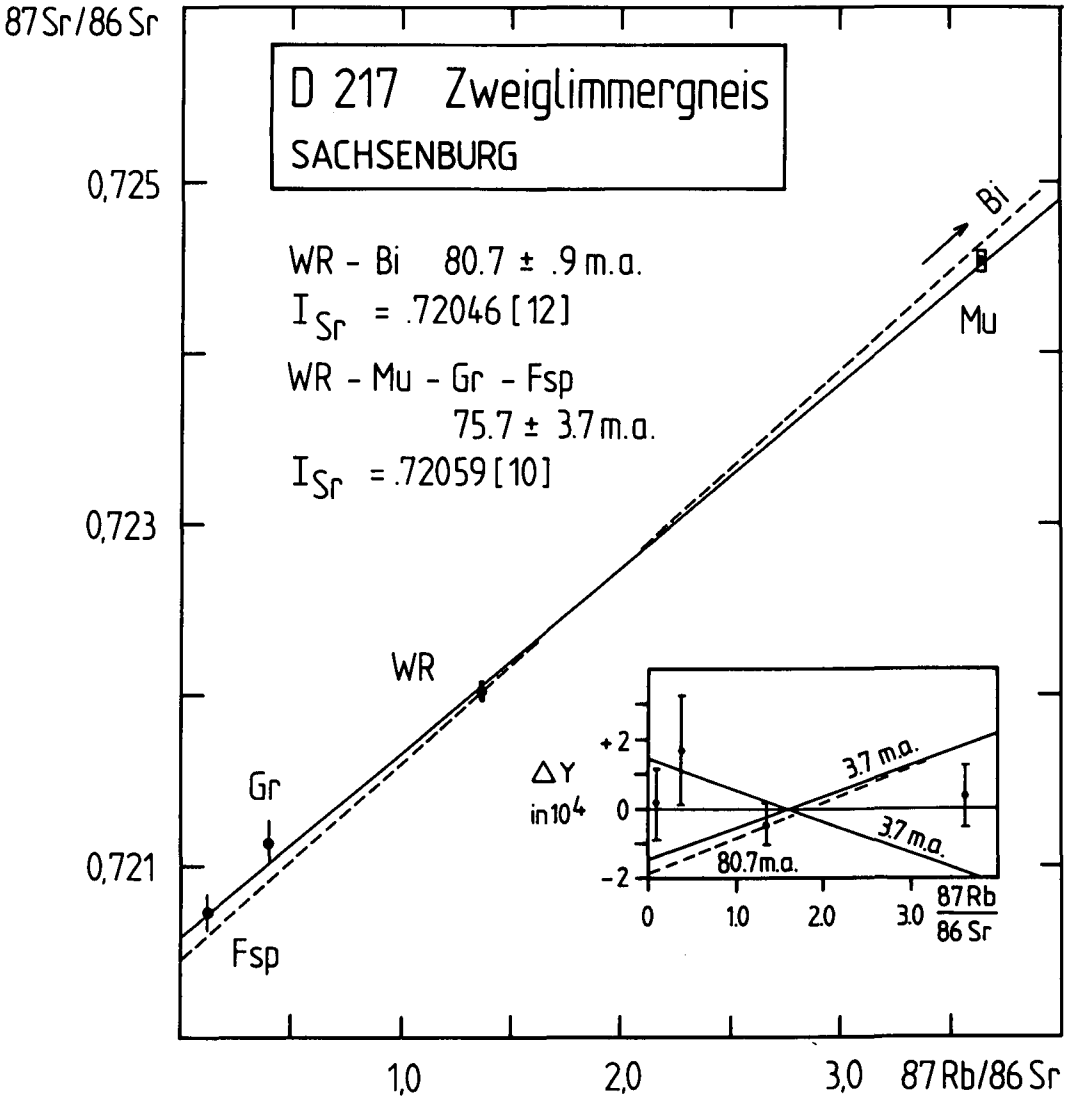

Abb. 11.
Rb-Sr-Isochronendiagramm des granatführenden Zweiglimmergneises D217. Die Ausgleichsgerade Biotit (Bi) – Gesamtgestein (WR) ist gestrichelt gezeichnet. In dem kleinen Diagramm sind die Abweichungen der Meßpunkte mit 2σ-Fehlerbalken von der Regressionsgeraden WR – Muskowit (Mu) – GranatII (Gr) – Feldspat (Fsp) eingetragen, die Einheit sind Zehntelpromille. Die durchgezogenen Linien 3,7 m.a. stellen die 2σ-Fehlerhyperbeln zur Isochrone 75,7 m.a. dar.

5. Die Diaphthorese im Ostalpinen Kristallin

In TOLLMANN's großtektonischem Konzept (1963, 1977, 1987) spielen Diaphthoresezonen eine entscheidende Rolle, da sie als Beleg für Fernüberschiebungen im Ostalpinen Kristallin angesehen werden. Eine differenzierte Diskussion der retromorphen Umsetzung amphibolitfazieller Paragenesen finden wir in FRANK (1987): Chloritisierung und Serizitisierung, beide an eine Penetration der Gesteinskörper mit einer fluiden Phase gebunden, treten in unterschiedlichen Niveaus des Ostalpinen Kristallins auf und sind nicht auf die hangenden Teile beschränkt – eine Verbindung zu großräumigen Deckenbewegungen ist also keinesfalls zwingend.

In den neueren Publikationen über das Goldeckgebiet wurde hervorgehoben, daß die retromorphen Umsetzungen von Granat, Biotit, Feldspat und Hornblende selektiv auftreten und häufig an Zonen starker Durchbewegung gebunden sind (DEUTSCH, 1977; HEINZ, 1987). Der Schlüssel zum Verständnis der Diaphthorese in der Goldeckgruppe liegt jedoch im Westabschnitt, im Gebiet der Weißwände.

In diesem Bereich sind paläozoische Karbonate – eisenschüssige Dolomitmarmore und Bänderkalkmarmore – in dünnblättrige Schiefer eingebettet. Die Karbonatgesteine sind mit jenen identisch, die in Zone III und in der auflagernden Quarzphyllitgruppe (Zone IV) markante Horizonte darstellen (vgl. Beschreibungen in DEUTSCH, 1977, und HEINZ, 1987).

Die Abfolge vom kretazisch rekristallisierten Kristallin bis in Zone III ist beidseitig entlang des Oberdrautales von Sachsenburg nach Lind aufgeschlossen, an der Westflanke, in der Kreuzeckgruppe, fehlen allerdings die charakteristischen Marmorzüge. In diesem Profil folgen hangend zur Zone I auf einen 50–100 m mächtigen Metaquarzitzug Mylonite, die nach wenigen Metern in jene bereits erwähnten Schiefer übergehen (Zone II).

Der Verformungsplan beider Zonen mit mittelsteil gegen Norden einfallenden Achsenebenen ist gleich. Typisch für die Zone II sind Knick- und engständige Ziehharmonika-Falten; im Hangenden der Zone I findet man noch häufig durchgescherte Faltenscheitel, während die tieferen Anteile der Zone I duktil verformt sind.

An der Basis des im Hangenden anschließenden variszisch amphibolitfaziellen Kristallins ist Granat und Biotit weitgehend chloritisiert („Diaphthorite"). Eine ähnlich intensive Umsetzung wurde in Zone III sonst nur entlang geringmächtiger Zonen intensiver Durchbewegung und im Kontakt zu den Marmorzügen beobachtet. Der Übergang von Zone II zud Zone III ist kontinuierlich und reich an s-parallelen Myloniten.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Aufgrund dieser Feldbeobachtungen liegt es nahe, die Schiefer der Zone II als Phyllonite nach variszischen (Granat-)Glimmerschiefern zu interpretieren. Das prägende Metamorphoseereignis mit Bildung von Serizit und Chlorit sowie Quarzrekristallisation wird als etwa zeitgleich mit der Granatbildung in Zone I, also als frühalpidisch angesehen. Im Ostabfall der Kreuzeckgruppe, im Bereich Radlberg – Pirkeben führt diese Metamorphose auch zur Albitblastese; in einigen dieser Feldspataugen sind nahezu unzersetzte Granatkristalle erhalten.

Somit könnte die Zone II den grünschieferfaziellen Bereich der alpidischen Metamorphose darstellen, in dem jedoch reliktisch ältere, höher temperierte Paragenesen auftreten. In der Zone III waren die Temperaturen und die Menge der zutretenden fluiden Phase hingegen für eine durchgreifende Rekristallisation nicht mehr ausreichend. In diesem Zusammenhang muß auch die Herkunft der fluiden Phase diskutiert werden: Alle retrograden Reaktionen – die „Diaphthorese" – sind wasserkonsumierend und können somit nur dort ablaufen, wo genügend H_2O zur Verfügung steht. In Zone I können in frühalpidischer Zeit keine weiträumigen Mineralbildungen unter Freisetzung von H_2O stattgefunden haben, da dieses Kristallin bereits voralpidisch in Amphibolitfazies vorlag. Vermutlich sind jene Fluids, die zur retrograden Mineralneubildung in Zone II führten, auf eine Dehydration der subduzierten Unterostalpinen und Penninischen Einheiten zurückzuführen. Die regionale Verteilung der „Diaphthoresezonen" in der Goldeckgruppe entspricht dem von FRANK (1987) entworfenen Schema, das in weiten Bereichen des Ostalpinen Kristallins in Kärnten und in der Steiermark belegt ist.

Aus Serienvergleichen ist anzunehmen, daß im Goldeckgebiet eine Wiederholung altpaläozoischer Sedimentationsabfolgen vorliegt, die während der variszischen Gebirgsbildung verschuppt wurden. Der Anteil alpiner Dislokationen ist schwer abzuschätzen.

Zone II erinnert im Gesteinsbestand an Zone IV: Die Aufsplitterung der Marmorzüge und die Verteilung der seltenen Metabasitzüge findet man in ähnlicher Art im Tiebelbachgraben westlich der Gemeinde Stockenboi wieder (DEUTSCH, 1977). Es wäre daher auch möglich, daß Zone II eine liegende Großfalte mit verkehrter Schichtfolge darstellt, in die variszisch metamorphe Phyllite und Granatglimmerschiefer eingearbeitet sind; diese Glimmerschiefer liegen nun als frühalpidisch geprägte Phyllonite vor.

Solche Rückfaltungen sind im Schladminger Kristallin durch Arbeiten von HEJL (1984) und SLAPANSKY & FRANK (1987) nachgewiesen – im Goldeckgebiet kann eine Einrollung der höheren Serien unter die Masse des variszisch amphibolitfaziellen Kristallins bislang nur eine Arbeitshypothese sein. Diese Bewegung müßte jedoch bereits zu Beginn der kretazischen Krustenverkürzung stattgefunden haben, da alle Zonen im Goldeckgebiet eine gemeinsame, frühalpidische Metamorphosegeschichte haben. Dies ist durch Glimmeralter in der Zone III belegt: Eine Rb-Sr-Zweipunktisochrone Biotit – Muskovit von 117±12 m.a. (HAWKESWORTH, 1976) und ein K-Ar-Modellalter eines Muskovites derselben Probe von 103±1 m.a. (BREWER, 1970) zeigen bereits das Ende der frühalpidischen Aufheizung an. Diese Glimmer wurden unter Beibehaltung des Gefüges verjüngt. In den basalen Anteilen der Zone I hingegen setzte die Abkühlung erst 20 m.a. später ein.

Diese Temperaturverteilung setzt ein unteres Limit für das Alter einer möglichen Rückfaltung (vgl. FRANK, 1987).

6. Die geologische Entwicklung der Goldeckgruppe

Durch den Nachweis völliger Rekristallisation variszisch metamorphen Ostalpinen Kristallins unter Bedingungen der beginnenden Amphibolitfazies in der Kreide kann die geologische Geschichte der Goldeckgruppe folgendermaßen skizziert werden:

Paläozoische Karbonate und Pelite wurden auf einem kristallinen Basement unbekannten Alters sedimentiert. Vielleicht wird dieser alte Untergrund reliktisch durch Orthogneiszüge und massige, feldspatarme Granatamphibolite repräsentiert. Während der variszischen Orogenese kam es zur Verschuppung der auflagernden paläozoischen Sedimente. Die anschließende Metamorphose, die in den tieferen Einheiten bis zur Staurolithbildung führte (DEUTSCH, 1977) überdauerte die Deformation. Gegen Ende dieser Gebirgsbildungsphase setzten in den höchsten Anteilen des Kristallins Chloritisierungsreaktionen ein.

Der alpidische Zyklus begann mit der Aufarbeitung von Quarzphylliten in permoskythischen „red beds", auf welche die Trias des Drauzuges abgelagert wurde. Durch die Krustenverdünnung in Trias und Jura (FRISCH, 1981) kam es im Kristallin zu einem Ansteigen der Isothermen. Die in der frühen Kreide als Folge der Krustenverkürzung einsetzende Metamorphose (HAWKESWORTH et al., 1975) führte im Kristallin zu einer Verjüngung der Glimmer unter Beibehaltung der variszischen Texturen. Eine schwache Anchimetamorphose in den Permoskythschichten des Drauzuges (NIEDERMAYR et al., 1984) kann als Obergrenze der frühalpidischen Aufheizung angesehen werden. Dort, wo Deformation mit Zutritt von Fluids gekoppelt war, kam es zur Neubildung von niedrig temperierten Mineralparagenesen in variszisch amphibolitfaziellen Gesteinen. Da diese Fluids vermutlich aus den subduzierten Penninischen und Unterostalpinen Einheiten aufgedrungen sind, war diese „Diaphthorese" in den tieferen Bereichen intensiver. In den liegendsten Serien der Goldeckgruppe, die heute bei Sachsenburg aufgeschlossen sind, bewirkte die frühalpidische Phase eine duktile Verformung, die PT-Bedingungen führten zu einer durchgreifenden Rekristallisation der vorvariszisch metamorphen Granatglimmerschiefer unter Neubildung von Granat.

BREWER (1969) vermutet den Höhepunkt dieser Metamorphose bei 105 m.a., in den unteren Serien des Goldeckgebietes dauerten die Mineralneubildungen bis ≈ 80 m.a. an.

Mit dem Aufdringen alkalibasaltischer Schmelzen um 30 m.a. (DEUTSCH, 1984) setzte dann ein Stadium germanotyper Bruchtektonik in dem bereits herausgehobenen Gebirgszug ein.

Dank

Die isotopengeochemischen Untersuchungen wurden am Zentrallabor für Geochronologie der Universität Münster durchgeführt.

Prof. B. GRAUERT und den Mitarbeitern dieser Universitätseinrichtung möchte ich für die Unterstützung bei der Lösung analytischer Probleme danken. Herr P. KUNZ führte die mühevolle Mineralseparation durch, Dipl.-Geol. R. LAKOMY half bei der Erstellung des Manuskriptes. Beiden sei dafür herzlich gedankt.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Literatur

ANGEL, F. & KRAJICEK, E.: Gesteine und Bau der Goldeckgruppe. – Carinthia II, **49**, 26–57, Klagenfurt 1939.

BRACK, W., TROLL, G., KÖHLER, H. & MÜLLER-SOHNIUS, D.: Geochronological investigations in the "Altkristallin" of Eastern Tyrol. – Geodynamics and Geotraverses around the Alps, p. 6, Salzburg – München 1977.

BREWER, M.S.: Excess radiogenic argon in metamorphic micas from the Eastern Alps, Austria. – Earth Planet. Sci. Lett., **6**, 321–331, 1969.

BREWER, M.S.: K-Ar studies in the Eastern Alps. The Oberostalpindecke of Kärnten. – Unpubl. Phil. D. Thesis, Oxford 1970.

DEUTSCH, A.: Geologie und Petrographie der mittleren Goldeckgruppe (Kärnten/Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **120**, 231–294, Wien 1977.

DEUTSCH, A.: Young alpine dykes south of the Tauern Window (Austria): a K-Ar and Sr isotope study. – Contrib. Miner. Petr., **85**, 45–57, 1984.

DEUTSCH, A.: Geochemie oligozäner shoshonitischer Ganggesteine aus der Kreuzeckgruppe (Kärnten/Osttirol). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **32**, 105–124, Wien 1986.

DEUTSCH, A.: Bericht 1987 über geologische Aufnahmen im Kristallin auf Blatt 182 Spittal an der Drau. – Jb. Geol. B.-A., **131**, 464–465, Wien 1988.

DEUTSCH, A. & STÖFFLER, D.: Rb-Sr analyses of Apollo 16 melt rocks and a new age estimate for the Imbrium basin: Lunar basin chronology and the early heavy bombardment of the moon. – Geochim. Cosmochim. Acta, **51**, 1951–1964, 1987.

ERTL, V.: Manuskriptkarte der ÖK 50, Blatt 182 Spittal an der Drau. – Unveröff., Archiv Geol. B.-A., Wien 1984.

EXNER, Ch.: Granitgerölle im Permo-Skyth-Sandstein des Drauzuges bei Stockenboi (Kärnten). – Verh. Geol. B.-A., **1974**, 131–137, Wien 1974.

FRANK, W.: Evolution of the Austroalpine elements in the Cretaceous. – In: H.W. FLÜGEL & P. FAUPL (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 379–406, Vienna (Deuticke) 1987.

FRANK, W., KRALIK, M., SCHARBERT, S. & THÖNI, M.: Geochronological data from the Eastern alps. – In: H.W. FLÜGEL & P. FAUPL (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 272–281, Vienna (Deuticke) 1987.

HAWKESWORTH, C.J.: Rb/Sr Geochronology in the Eastern Alps. – Contrib. Miner. Petr., **54**, 225–244, 1976.

HAWKESWORTH, C.J., WATERS, D.J. & BICKLE, M.J.: Plate tectonics in the Eastern Alps. – Earth Planet. Sci. Lett., **24**, 405–413, 1975.

HEINZ, H.: Geologie der östlichen Goldeckgruppe (Kärnten). – Jb. Geol. B.-A., **130**, 175–203, Wien 1987.

HEJL, E.: Geochronologische und petrologische Beiträge zur Gesteinsmetamorphose der Schladminger Tauern. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **30/31**, 289–312, Wien 1984.

NIEDERMAYR, G., MULLIS, J., NIEDERMAYR,E. & SCHRAMM, J.M.: Zur Anchimetamorphose permoskythischer Sedimentgesteine im westlichen Drauzug, Kärnten – Osttirol (Österreich). – Geol. Rdsch., **73**, 207–221, Stuttgart 1984.

OXBURGH, E.R., LAMBERT, R.St., BAADSGARD, H. & SIMONS, J.G.: Potassium-Argon age studies across the southeast margin of the Tauern Window in the Eastern Alps. – Verh. Geol. B.-A., **1966**, 17–33, Wien 1966.

PURDY, J.W. & JÄGER, E.: K-Ar ages on rock-forming minerals from the Central Alps. – Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, **30**, 1–31, Padova 1976.

SCHWINNER, R.: Paläozoikum in der nordwestlichen Goldeckgruppe (ober Sachsenburg; Kärnten). – Ber. Reichsamt f. Bodenforsch., **1943**, 147–156, Wien 1943.

SLAPANSKY, P. & FRANK, W.: Structural evolution and geochronology of the northern margin of the Austroalpine in the northwestern Schladming crystalline (NE Radstädter Tauern). – In: H.W. FLÜGEL & P. FAUPL (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 244–262, Vienna (Deuticke) 1987.

THÖNI, M.: Der Einfluß der kretazischen Metamorphose im Westabschnitt der ostalpinen Einheit: Interpretation geochronologischer Daten. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **28**, 17–34, Wien 1982.

TOLLMANN, A.: Die Ostalpensynthese. – 156 S., Wien (Deutike) 1963.

TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich. I. Die Zentralalpen. – 766 S., Wien (Deuticke) 1977.

TOLLMANN, A.: The Alpidic evolution of the Eastern Alps. – In: H.W. FLÜGEL & P. FAUPL (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 361–378, Vienna (Deuticke) 1987.

WATERS, D.J.: Structural, metamorphic and geochronological studies in the south-east Tauern. – Unpubl. Ph. D. Thesis, 185 p., Oxford 1976.

YORK, D.: Least squares fitting of a straight line with correlated errors. – Earth Planet. Sci. Lett., **5**, 320–324, 1969.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 30. Juni 1988.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 131

Autor(en)/Author(s): Deutsch Alex

Artikel/Article: Die frühalpidische Metamorphose in der Glockner-Gruppe (Kärnten): Nachweis anhand von Rb-Sr-Altersbestimmungen und Gefügebeobachtungen 553-562