

Teilprojekt 15/02:

NEUE PETROGRAPHISCHE UND GEOCHRONOLOGISCHE DATEN ZUR  
METAMORPHOSE IM BEREICH DER SCHLADMINGER TAUERN

E.HEJL & P.SLAPANSKY, Wien

Geologischer Überblick

Die hangendste Einheit des Radstädter Deckensystems, die weitgehend verkehrt lagernde Quarzphyllitdecke, taucht gegen E unter das Altkristallin der Niederen Tauern ab. Digitationen des Altkristallins und eine großräumige Rückfalte im Bereich der Kalkspitzen komplizieren das tektonische Bild. Die paläozoischen und triadischen Metasedimente der verkehrten Serie im Liegenden des Schladminger Kristallins werden von L.KOBER (u.a. 1938) als eine sedimentär dem Altkristallin auflagernde, tektonisch verkehrte "Art Grauwackenzone" betrachtet, das Schladminger Kristallin selbst wird zum Unterostalpin gerechnet. Dagegen wendet sich A. TOLLMANN (u.a. 1963, 1977) der für eine tektonische Abtrennung der Quarzphyllitdecke vom Schladminger Kristallin eintritt. Nach der Ansicht von E.CLAR (1965, 1973) stellt das Schladminger Kristallin den Stirnteil des Ostalpinen Altkristallins dar, der im Zuge der alpinen Orogenese invertiert und in eine Position unterhalb der Hauptmasse des Altkristallins gebracht wurde. Neuere Arbeiten von G.VOLL liefern Argumente gegen die primäre Verbindung von Altkristallin und unterlagernden Metasedimenten im Bereich Hochwurzen - Schober.

Das Schladminger Kristallin baut sich aus Granit- bis Granodioritgneisen, aus Migmatiten, feinkörnigen Biotit-Plagioklasgneisen, Biotitquarziten, wenig Glim-

merschiefern, sowie Plagioklasgneisen und Amphiboliten (Wechselagerung von sauren und basisch bis intermediären Metavulkaniten, nach A.SCHEDL 1981) auf. An Orthogneisen des Seckauer Kristallins, die denen des Schladminger Kristallins vergleichbar sind, wurden von S.SCHARBERT (1981) Rb-Sr-Gesamtgesteinsalter von 432 bzw. 350 Mio.J. ermittelt.

Im S und E wird das Schladminger Kristallin von Granatglimmerschiefern der Wölzer Serie überlagert. Rb-Sr-Datierungen von Muskowiten aus Pegmatiten der Bretsteinserie ergaben jungvariszische Alter (E.JÄGER & K.METZ, 1971, S.SCHARBERT, pers.Mitt.).

Die Lessacher Phyllonitzone, die sich von Mauternsdorf bis E Lessach verfolgen läßt, ist eine diaphthoritische Bewegungszone mit altpaläozoischen Karbonateinschaltungen. SCHÖNLAUB & ZEZULA (1975) konnten eine silurische Conodontenfauna nachweisen. Das Alter und die Bedeutung der Tektonik dieser Zone, die etwa an der Grenze zwischen den Schladminger Gneisen und den Wölzer Glimmerschiefern liegt, ist noch nicht völlig geklärt.

Das Altkristallin der Niederen Tauern wird im S von den nördlichen Ausläufern der Gurktaler Decke und im N von den Ennstaler Phylliten überlagert. Im NW dünnt es aus, sodaß die Ennstaler Phyllite direkt an die lithologisch ähnlichen Radstädter Quarzphyllite angrenzen.

#### Petrographische Beobachtungen im Altkristallin

Die Gesteine des S c h l a d m i n g e r K r i s t a l l i n s sind durch eine variszische amphibolitfazielle Metamorphose geprägt. Diese ist charakterisiert durch Oligoklas (manchmal Zonarbau), grüne Hornblende, groben Muskowit, Biotit (braun und grün), Granat (z.T. rotiertes  $s_1$ ), sowie Staurolith (nur noch als Pseudomorphosen erhalten). Pegmatit- und Aplitgänge, und die Sprossung grober Feldspäte

weisen auf Migmatitbildung hin. Epidot (z.T. um Orthit) und rel. großer idiomorpher Titanit (z.T. um Rutil) könnten ebenfalls voralpinen Paragenesen angehören.

Im Zuge der alpinen Orogenese wurde diese Metamorphose durch eine teilweise recht intensive Diaphthorose überprägt. Um alte Hornblende bilden sich Randsäume von Aktinolith, es kommen auch reine Aktinolith-amphibolite vor (Aktinolith  $Z \wedge c$  11-16°,  $2V_x$  76-82°). Bei starker Beanspruchung wird Hornblende in Chlorit, Epidot/Klinozoisit und Titanit umgewandelt. Granat wird, beginnend an Rissen, chloritisiert, oft ist er nur noch als Formrelikt erkennbar. Plagioklas entmischt, es bildet sich eine Fülle von Serizit und Klinozoisit, in Amphiboliten auch öfters dichte Aggregate von feinkörnigem Zoisit. Serizitmikrolithen im Plagioklas können weiterwachsen, sodaß das alte Feldspatkorn völlig überwachsen wird und nur noch durch durchscheinende Zwillingslamellen zu erkennen ist. Daneben kommen füllungsfreie polysynthetisch verzwilligte Plagioklase vor (An 30-35 %). Bilden sich in plastisch deformierten Plagioklasen einzelne füllungsfreie Subkörner, so sind diese optisch positiver Albit. Biotit wird zu Chlorit + Erz + Titanit umgewandelt. Parallelverwachsungen von grobem Muskowit und Chlorit kommen häufig vor. Staurolith wird serizitisiert, in den Pseudomorphosen finden sich neben Serizit auch Chloritoid und Chlorit. Stabile Ti-führende Phasen sind Titanit (als kleine Kriställchen, oft zusammen mit Chlorit), sowie Leukoxen (um opake Minerale). In diaphthoritischen Plagioklasgneisen wird auf Kosten von Biotit Stilpnomelan neugebildet. Dieser bildet büschelige Aggregate und ist nicht mehr deformiert. In einem Dünnschliff wurde Stilpnomelan im Berührungskontakt mit Biotit beobachtet. Kleine, manchmal einfach verzwilligte Albite treten als Neubildung auf. Intensive Durchtränkung mit fluiden Phasen führt

vor allem an der Untergrenze des Altkristallins zu einer manchmal sehr starken Durchsetzung mit Karbonat.

Die Diaphthorese ist keineswegs nur an Zonen stärkerer Durchbewegung gebunden: Chloritpseudomorphosen nach Granat, die als gut erhaltene Formrelikte ausgebildet sind, sowie Pseudomorphosen nach Biotit, in denen die Sagenitgitterung sehr gut erhalten ist, weisen vielfach auf statische Bedingungen der Diaphthorese hin.

Aus den petrographischen Beobachtungen kann eine Zweiphasigkeit der retrograden Metamorphose abgeleitet werden. Bei der ersten Phase stellen Aktinolith und Biotit stabile Phasen dar (Biotit scheint z.T. auch neuge sproßt zu sein). Die zweite Phase führt zur Anpassung an Temperaturen unterhalb des Stabilitätsbereiches von Biotit. Diese zweiphasige Diaphthorese wurde bereits von W.DEMMER (1962) (im Kleinarler Kristallin) und von H.P.FORMANEK (1964) beschrieben. Mit K-Ar Altersbestimmungen läßt sich ein alt- und jungalpiner Metamorphoseeinfluß belegen.

Die W ö l z e r S e r i e besteht vorwiegend aus Granatglimmerschiefern, Zweiglimmerschiefergneisen und Glimmerquarziten. Untergeordnet treten auch dünne Amphibolitlagen auf. In weiten Bereichen, z.B. südlich vom Preber oder im Großsölktal ist in den Glimmerschiefern eine intensive Stauchfaltung mit Knickfaltencharakter ausgebildet. Sie ist durch scharfe Scheitel und meist E-W streichende B-Achsen gekennzeichnet. Die Amplitude der Falten liegt im mm- bis cm-Bereich. U.d.M. zeigt sich, daß der Mineralbestand gegenüber dieser letzten durchgreifenden Gefügeprägung als präkinematisch zu bezeichnen ist. Hellglimmer und Biotit werden geknickt, die Granate werden rotiert ( $s_1 \neq s_e$ ). Sekundärer Chlorit tritt oft im Druckschatten von Granat auf. Im Scheitelbereich der Falten ist manchmal eine geringfügige Rekristallisation der Glimmer zu beobachten. Auch eine teilweise Rekristallisation von Quarz und Chlorit ist anzunehmen. Eine alpidische Entstehung

oder Wiederbetätigung dieses Stauchfaltensystems wurde von K.METZ (1971: 163) vermutet.

#### Radiometrische Altersbestimmungen

Es wurden 19 K-Ar Daten an Hellglimmern der Wölzer Serie ermittelt: Sie liegen zwischen 105 und 80 Mio.J. (Maximum bei 86 bis 90 Mio.J.) (siehe Abb. 1). Je ein Hellglimmer aus der Lessacher Phyllonitzzone (Bodenmoosgraben), und aus einem Kalkglimmerschiefer der Gurktaler Decke (NW Murau) liefern Alter von 79 bzw. 90 Mio.J. Nach der geologischen Zeitskala von G.S.ODIN (1982) fallen diese Alter in die Zeitspanne Alb bis tieferes Campan, das deutliche Häufigkeitsmaximum fällt etwa ins Turon und Coniac. Diese Daten sind offenbar als "Abkühlalter" der altalpidischen Metamorphose zu deuten, wobei bis zu diesem Zeitpunkt alpine Deformations- und Rekristallisationsprozesse angedauert haben können.

Hellglimmer aus dem Schladminger Kristallin ergaben vorwiegend jungpaläozoische K-Ar Alter:

- zwei große Pegmatitmuskowite: 340 und 347 Mio.J. (Unterkarbon). Es könnte sich um magmatische Bildungsalter handeln.
- Sechs Hellglimmer (0,42-0,15 mm) aus dem Bereich des Seekarspitz: 281 bis 307 Mio.J.
- zwei Hellglimmer (1,0-0,42 mm) aus dem Bereich des Hochgolling: 265 und 282 Mio.J.

Diese acht Alter fallen nach ODIN (1982) in den Zeitraum Westfal bis Unterperm. Es dürfte sich demnach um Abkühlalter der variszischen Metamorphose handeln. Für die niedrigsten Werte kann auch eine geringfügige alpidische Beeinflussung in Betracht gezogen werden. Als gesichert kann aber gelten, daß die alpidische Metamorphose in weiten Teilen des Schladminger Kristallins bei niedrigeren Temperaturen stattgefunden hat als in den hangenden Wölzer Glimmerschiefern, wo die Hellglimmer durchwegs kretazische Alter ergaben.

- Ein Hellglimmer aus einem stark durchbewegten Muskwitquarzit, der innerhalb eines Plagioklasgneises auftritt (N Hochgolling), ergab ein Alter von 83 Mio. J., was durch altalpidische Verschieferung des hellen Orthogneises mit gleichzeitiger Hellglimmersprossung (Weißschieferbildung) erklärt werden könnte. Das Alter wäre demnach als Bildungsalter aufzufassen.

K-Ar Alter von Biotiten liegen sowohl aus dem Schladminger Kristallin als auch aus den Wölzer Glimmerschiefern vor. Ein Teil der Biotitalter fällt in einen ähnlichen Bereich wie die Hellglimmeralter aus den Wölzer Glimmerschiefern (etwa um 90 Mio.J.), doch streuen die Werte bei den Biotiten stärker (Abb. 1).

- fünf Biotite aus dem Schladminger Kristallin:

276, 194, 94, 93 und 91 Mio.J.

- acht Biotite aus der Wölzer Serie: 132 bis 75 Mio.J.

Zwei Biotite aus den Wölzer Glimmerschiefern und ein Biotit aus dem östlichen Schladminger Kristallin wurden mit Rb-Sr Methode datiert. (Zweipunktisochronen separiertes Mineral - Gesamtgestein). Erwartungsgemäß liegen die Rb-Sr Biotitalter mit 79, 80 und 87 Mio.J. etwas niedriger als der Durchschnitt der K-Ar Hellglimmeralter aus den Wölzer Glimmerschiefern (88 Mio.J.). Sie liegen aber auch niedriger als die meisten K-Ar Biotitalter, wodurch die Annahme von Ar-Überschuß bei den Biotiten bestätigt wird.

Die geochronologischen Untersuchungen im invers lagernden Permomesozoikum wurden fortgesetzt. Die bisher vorliegenden Daten (SLAPANSKY, Jahresbericht 1980) wurden vor allem entlang des Taurachtales S des Tauernpasses zu einem lockeren N-S Profil ergänzt. Die Ergebnisse sind im wesentlichen ähnlich wie die 1980 berichteten:

- es herrscht eine deutliche Abhängigkeit des Modellalters von der untersuchten Korngröße, die kleineren Korngrößen liefern durchwegs jüngere Alter

Abb. 1: Häufigkeitsverteilung kretazischer A-Ar Modellalter von Glimmern aus dem Altkristallin der Niederen Tauern.

Die Proben aus der Wölzer Serie stammen aus folgenden Gebieten:

- Sölkpaßstraße 5 Großsölk bis NW Murau
- aus dem oberen Murtal (W Murau, Ramingstein)
- Südabhänge der Schladminger Tauern zwischen Tamsweg und Krakaudorf.

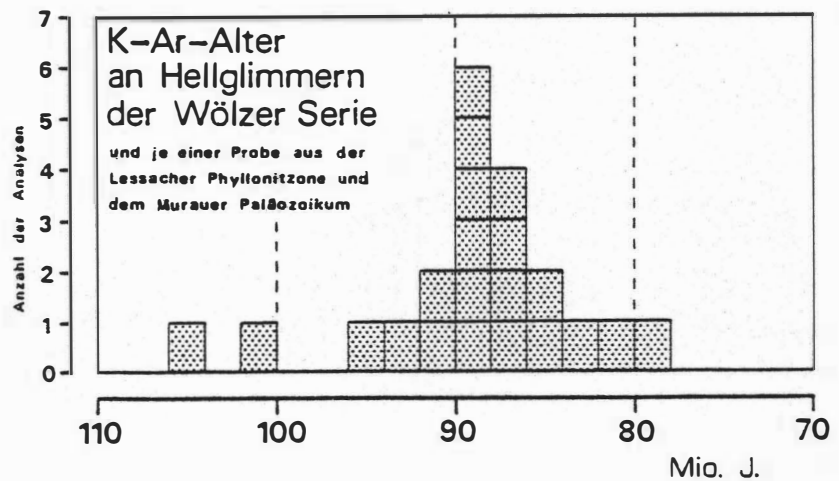
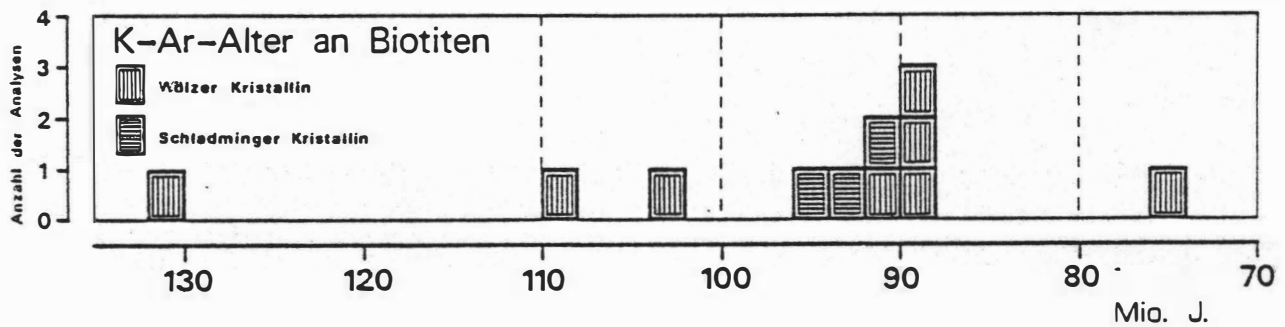


Abb. 3: Übersichtskarte der Schlamminger Tauern mit Probenlokalitäten von K/Ar-Heliumaltern

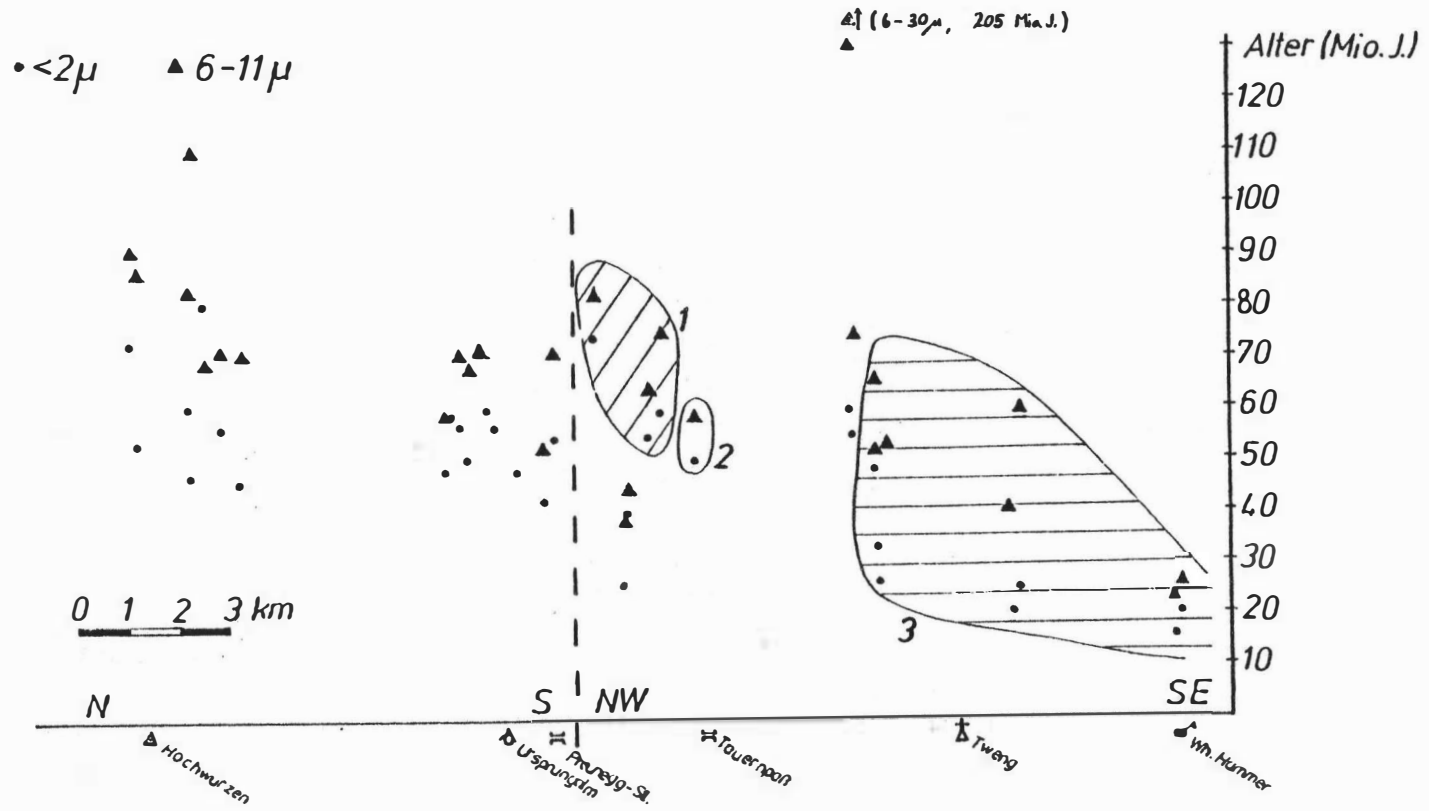


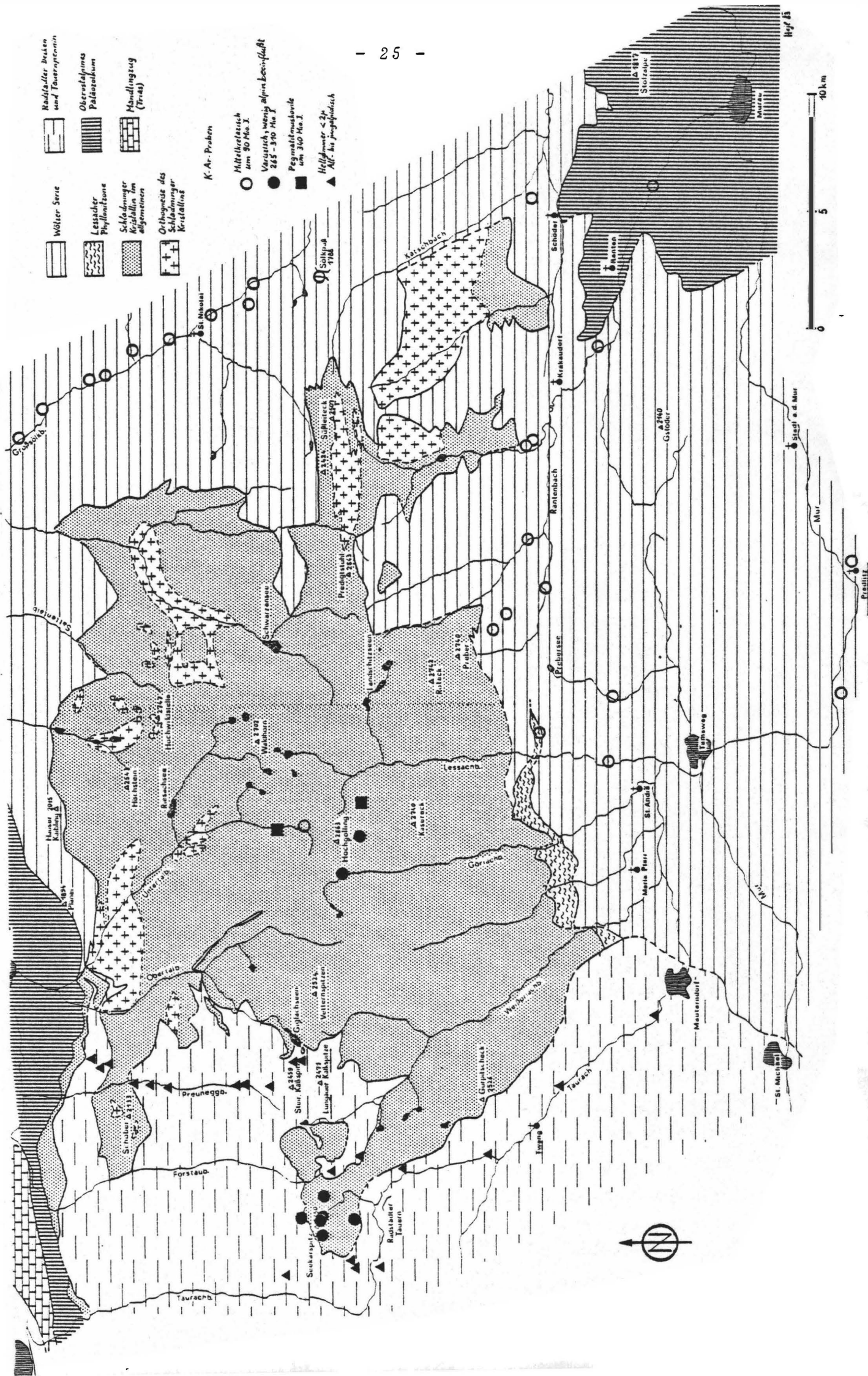
Abb.2: K-Ar Daten aus dem Permoskyth der Quarzphyllitdecke

Anis — " — : 1

Jura der Pleislingdecke : 2

Lantschfeldquarzit der tieferen Radstädter Decken : 3





- im allgemeinen werden die Alter gegen S jünger (Abb. 2). Es handelt sich bei den errechneten Werten um Mischalter, die Daten geben nicht den Zeitpunkt eines geologischen Ereignisses an.

Die Ergebnisse werden als Hinweis auf zweiphasige alpine Metamorphose interpretiert. Die Tauernmetamorphose führt zu Verjüngung der kretazisch kristallisierten Hellglimmer durch teilweisen Verlust des radiogenen Aragon (siehe Jahresbericht 1980). Die Abnahme der Alterswerte gegen S ist ein Hinweis auf eine allmähliche Zunahme der Beeinflussung durch das jüngere Ereignis gegen S. Nördlich Mauterndorf werden (beim Straßenanschnitt beim Wh. Hammer) Werte von 17 bis 27 Mio.J. erreicht, die bereits für die Tauernmetamorphose typisch sind. Es wurde auch in diesen Proben ein geringer Altersunterschied der verschiedenen untersuchten Korngrößen festgestellt.

Der Einfluß der detritären Kerne der metamorph kristallisierten Hellglimmer scheint nach den nun vorliegenden Daten bedeutender zu sein, als im Bericht 1980 angenommen wurde. Bei den kalkulierten Altern von  $> 100$  Mio.J. der  $6-11\mu$  Fraktion dürfte es sich um Mischalter zwischen detritären Glimmeraltern und verjüngten Altern handeln. Separierte detritäre Glimmer aus einem Serizit-Chloritphyllit E Schaidberg (S Tauernpaß) ( $0,06-0,3$  mm, mit Chlorit verunreinigt) weisen noch ein Alter von 205 Mio.J. auf.

Separierte Quarze derselben Probe, die aufgrund des Dünnschliffbefundes durchwegs rekristallisiert sind, zeigten kein radiogenes Argon.

Die Rb-Sr Altersbestimmungen an Permoskythgesteinen lieferten bisher kein befriedigendes Ergebnis. Es wurde versucht, den Zeitpunkt eines Isotopengleichgewichtes zwischen Gesamtgestein und verschiedenen Korngrößenfraktionen ( $< 2\mu$  ,  $2-6\mu$  ,  $6-11\mu$  ) festzustellen. Offenbar ist es aber bei der Metamorphose zu keiner Isotopenhomogenisation zwischen den einzelnen untersuchten Korngrößenfraktionen gekommen. Von 18 berechenbaren Alterswerten liegen nur 7 im Bereich der Streubreite der K-Ar Werte (diese Werte variieren zwischen

30 und 50 Mio.J.). Auffällig ist, daß die Feinfraktionen (insbesondere die Fraktion  $< 2\mu$ ) naturgemäß die hellglimmerreichsten sind, aber auch höhere Sr-Gehalte als die gröberen Fraktionen aufweisen. Dieser erhöhte Sr-Gehalt ist mit keiner im Röntgen-Diffraktogramm erkennbaren, Sr-reichen Mineralphase korrelierbar. Es könnte daher vermutet werden, daß eine (karbonatreiche) fluide Phase bei der jungalpinen ? Metamorphose auch die Sr-Gehalte und Sr-Isotopenverhältnisse der rekristallisierenden Hellglimmer beeinflußt hat. Als Argument dafür kann angeführt werden, daß eine sekundäre Karbonatzufuhr, die im Zusammenhang mit der alpinen Metamorphose steht, an der Basis des Altkristallins weite Verbreitung besitzt. Eine andere Interpretationsmöglichkeit ist, daß es nie zur Einstellung eines Isotopengleichgewichts zwischen detritären und diagenetisch bis metamorph neugesproßten Hellglimmern gekommen ist.

#### Beobachtungen zur Tektonik

Der westliche Ausläufer des Schladminger Kristallins um den Seekarspitz wurde im Maßstab 1 : 10.000 kartiert. Es setzt sich hier die "Metavulkanitserie" (SCHEDL 1981) fort. Unter dem Altkristallin liegt mit verkehrter Schichtfolge Alpiner Verrucano und Trias. Die Abfolge des Alpiner Verrucano beginnt mit einem markanten, bis zu mehreren Zehnermetern mächtigen geröllführenden Horizont, der immer an der Grenze zum Altkristallin auftritt. Dieser läßt sich von SW Seekareck um den Seekarspitz herum bis N Sonntagkarhöhe durchgehend verfolgen und fällt flach bis mittelsteil unter das Kristallin ein. In die Rückfalte der Kalkspitzensynklinale überleitend liegen dieselben Gesteine am Gipfel der Sonntagkarhöhe und sind südlich davon durch große Falten eingefaltet. Im Altkristallin findet sich an der Grenze zum Verrucano ein dm bis m mächtiger Horizont von einem stahlgr<sup>a</sup>uen, intensiv mit Magnetitoktaedern durchsetzten, z.T. phyllitischen Gneis. Dieser kann

zwar nicht so lückenlos verfolgt werden, wie der Geröllhorizont des Alpinen Verrucano, tritt aber auch immer wieder in dieser charakteristischen Position auf. Dieser Gneis kann eventuell als alpin metamorph gewordener postvariszischer Verwitterungshorizont des Altkristallins gedeutet werden. Durch diese beiden Horizonte wird ein Transgressivkontakt zwischen Schladminger Kristallin und Alpinem Verrucano zumindest in diesem Bereich wahrscheinlich. Im nordöstlichen Randbereich des Schladminger Kristallins (Bereich Hochwurz - Schober) wurde dagegen von G.VOLL (1977) ein tektonischer Kontakt zwischen Altkristallin und Verrucano nachgewiesen, da dort der Verrucano mit aufrechter Schichtfolge unter das Altkristallin einfällt.

Deformation im Alpinen Verrucano: Es können prinzipiell zwei Abschnitte unterschieden werden. Die erste Phase führt zu Auswalzung des Gesteins, es gibt Hinweise auf N-S Streckung, metamorphe Stoffwanderungen, treten auf. Diese Phase steht wohl im Zusammenhang mit Subduktion und Deckenüberschiebung. Eine spätere Einengung führt zu Stauchfaltenbildung, oft als Knickfalten ausgebildet. Flach gegen E abtauchende Achsen streichen von 120 (älter) bis 60 (jünger), Vergenz wechselnd. Diese Deformation interferiert mit der Abkühlung, es gibt stellenweise Übergänge zu Bruchschieferung.

Alpidische Deformation im Schladminger Kristallin: Die Deformation ergreift nicht gleichmäßig durchgehend das ganze Altkristallin, sondern ist hauptsächlich auf einzelne Horizonte verstärkter Durchbewegung beschränkt, zwischen denen nur wenig beanspruchte Bereiche liegen, in denen sich ein teilweise noch recht gut erhaltener voralpiner Mineralbestand findet. Vor allem feldspatreiche Gesteine neigen zu kataklastischer Deformation (Feldspäte werden zerbrochen, die Bruchstücke rotiert, Quarz wird plastisch deformiert und rekristallisiert). Es bilden sich Phyllonite und Mylonite, die öfters durch einen hohen Gehalt an Fe-Karbonat

ausgezeichnet sind. In einzelnen Fällen aber können sie von Gesteinen des Alpenen Verrucano weder im Handstück noch im Dünnschliff unterschieden werden. In diesen Fällen kann eine Einschleppung von Alpinem Verrucano in das Altkristallin an Schuppenbahnen nicht ausgeschlossen werden.

#### Schlußfolgerungen

Aufgrund petrographischer und geochronologischer Daten scheint es sicher zu sein, daß die altalpine Metamorphose in den Wölzer Glimmerschiefern bei höheren Temperaturen stattgefunden hat, als in den Schladminger Gneisen.

Eine nordvergente Überschiebung der Wölzer Glimmerschiefer auf das Schladminger Kristallin im Zuge der alpinen Orogenese erscheint wahrscheinlich, da als Alternative die weiträumige Inversion des mittelostalpinen Altkristallins eine unrealistische Lösung darstellt. Da im Grenzbereich der beiden Einheiten derzeit keine detaillierten Untersuchungen vorliegen, können verschiedene Möglichkeiten für den Mechanismus dieser Relativbewegung in Betracht gezogen werden.

Der Höhepunkt der Metamorphose in den Wölzer Glimmerschiefern muß bereits erreicht worden sein, bevor diese in ihre Position über den Schladminger Gneisen gebracht wurden.

Ob die geringer temperierte Metamorphose im Kristallin der Schladminger und Radstädter Tauern (Kleinarler Kristallin, DEMMER 1962) sich überwiegend bereits vor der Hauptüberschiebung, oder, durch die Überlagerung bedingt, danach entwickelt hat, kann derzeit nicht mit Sicherheit entschieden werden.

Für das Schladminger Kristallin ergibt sich damit (im Sinne von E. CLAR) eine Position im ehemaligen Stirnbereich des Ostalpinen Kristallins, der bei der alpinen Gebirgsbildung in Schuppen zerlegt, z.T. invertiert und von der Hauptmasse des Ostalpins überfahren wurde.

Wir danken Herrn Prof.Dr.H.FLÜGEL und Herrn Dr.A.MATURA für die Erlaubnis, unveröffentlichte Karten zu benutzen.

Literatur:

- CLAR, E. 1965: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen.- Verh.Geol.B.Anst. Sdh.G, 11-35.
- 1973: Review of the Structure of the Eastern Alps.- (In:) de Jong & Scholten, (Hrsg.): Gravity and Tectonics, 253-270 (J.Wiley).
- DEMMER, W. 1962: Geologische Neuaufnahme in den westlichen Radstädter Tauern (Kamm östlich des Kleinarltales).- Unveröff.Diss.Univ.Wien.
- EXNER, Ch. 1971: Stilpnomelan im Gneis der Radstädter Tauern.- Der Karinthn, 64, 219-224.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.R. (Bearbeiter): Geologische Karte der Steiermark 1:200.000.- Geol.B.Anst. (Herausgeb.)-Druck in Vorbereitung.
- FORMANEK, H.P. 1964: Zur Geologie und Petrographie der nordwestlichen Schladminger Tauern.- Mitt.Ges.Geol. Bergbaustud. 14, 9-80.
- JÄGER, E. & METZ, K. 1971: Das Alter der Pegmatite des Raumes Bretstein-Pusterwald (Wölzer Tauern, Stmk.).- Min.Petr.Mitt. 51.
- KOBER, L. 1938: Der geologische Aufbau Österreichs.- Springer (Wien).
- MATURA, A. 1973: Geologische Karte der nördlichen Radstädter Tauern zwischen Flachau und Schladming 1:25.000.- Unveröff.Manuskriptkarte, Geol.B.Anst.
- METZ, K. 1971: Das Problem der Grenzzone zwischen Wölzer Glimmerschiefern und Ennstaler Phylliten.- Carinthia II, Sdh.28, 159-166.
- ODIN, G.S. (Hrsg.) 1982: Numerical Dating in Stratigraphy.- (J.Wiley).
- SCHARBERT, S. 1981: Untersuchungen zum Alter des Seckauer Kristallins.- Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud. Österr., 27, 173-188.

- SCHEDL, A. 1981: Geologische, geochemische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Ostalpinen Altkristallin der Schladminger Tauern.- Unveröff.Diss.Univ.Wien.
- SCHEINER, H. 1960: Geologie der Steirischen und Lungauer Kalkspitzen.- Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud. 11, 169-195.
- SCHÖNLAUB, H.P. & ZEZULA, G. 1975: Silur-Conodonten aus einer Phyllitzone im Muralpen-Kristallin (Lungau/Salzburg).- Verh.Geol.B.Anst. 1975, 253-269.
- SLAPANSKY, P. 1981: Mehrphasige Deformation und Metamorphose im Permoskyth der nördlichen Radstädter Tauern.- Hochschulschwerpunkt S 15, Jahresbericht 1980, 20a-20d.
- STEIGER, R.H. & JÄGER, E. 1977: Subcomission on Geochronology: Convention on the Use of Decay Constants in Geo- and Cosmochronology.- Earth and Planetary Sci.Lett., 36, 359-362.
- THURNER, A. 1958: Geologische Karte Stadl - Murau (1:50.000), Geol.B.Anst.Wien.
- TOLLMANN, A. 1963: Ostalpensynthese.- (Deuticke), Wien.  
- 1977: Geologie von Österreich, Bd.I.- (Deuticke, Wien).
- VOLL, G. 1977: Seriengliederung, Gefügeentwicklung und Metamorphose in den nordöstlichen Radstädter Tauern zwischen Forstau- und Preuneggatal.- (In:) H.Bögel (Hrsg.): Geodynamics and Geotraverses around the Alps, Beil.1-2, Salzburg etc., (vervielfältigtes Manuskript).
- ZEZULA, G. 1976: Die Lessacher Phyllonitzone am Südrand der Schladminger Tauern (Lungau, Salzburg).- Unveröff.Diss.Univ.Wien.