

Untersuchungen zum Alter des Seckauer Kristallins

von

S. SCHARBERT

7 Abb., 4 Tab.

Adresse der Autorin:  
Dr. Susanna Scharbert  
Geologische Bundesanstalt  
Rasumofskygasse 23  
A-1031 Wien

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.

27

S. 173–188

Wien, März 1981

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung, Abstract	174
Geologische Situation	174
Das relative Alter	177
Geochronologie	178
Helle Orthogneise	178
Granitgneise östlich des Hochreichart	180
Flasergneise	181
Zweiglimmer-Metagranit (Zinkengranit)	182
Metagranite	184
Die Glimmer	185
Entwicklungsschema des Seckauer Kristallins	187
Dank	187
Literatur	188

## Abstract

Geochronological investigations on rocks and micas from the Seckau crystalline complex, part of the Austroalpine Altkristallin in Styria, have been carried out mainly by the Rb-Sr method. Whole rock analyses of an acid sheet within the paragneisses yielded an age of  $432 \pm 16$  m. y. A weakly deformed granite, according to field observations younger than the well foliated granitic gneisses has an age of about 350 m. y. Rb-Sr cooling ages of muscovites are about 330 m. y., while those of biotites lie about 75 m. y. From this it is concluded that the temperature during alpine metamorphism did not reach the blocking temperature of muscovite. It was in the range between approximately 350 and  $500 \pm 50^\circ$  C.

## Zusammenfassung

Im Seckauer Kristallin, Teil des ostalpinen Altkristallins in der Steiermark, wurden radiometrische Altersbestimmungen an Gesamtgesteinen und wenigen Glimmern durchgeführt. Ein saurer Orthogneis innerhalb der Paragneise ergab ein Alter von  $432 \pm 16$  Mio. J. Für einen Metagranit, der nach Feldbeobachtungen jünger ist als die Granitgneise, wurde ein Alter von ca. 350 Mio. J. abgeleitet. Rb-Sr Abkühlalter von Muskoviten liegen bei 330, von Biotiten bei 75 Mio. J. Die Temperaturen während der alpidischen Metamorphose lagen schätzungsweise zwischen 350 und  $500 \pm 50^\circ$  C.

## Geologische Situation

Das Seckauer Kristallin baut zum Großteil die Seckauer Tauern auf, die im Norden vom Palten- und Liesingtal, im Südosten von der Mur und im Südwesten und Westen vom Pöls- und Triebenbach begrenzt werden (Abb. 1).

Es ist Teil des ostalpinen Kristallins. Es wird im N transgressiv von der Rannachserie überlagert, über die als tektonisch höheres Stockwerk die Grauwackenzone folgt. Die klastische Rannachserie, die K. METZ 1947 altersmäßig dem Semmeringquarzit gleichstellt, lagert dem Seckauer Kristallinsockel sedimentär auf, jedoch ist die Transgressionsfläche und der Grenzbereich Kristallin/Permoskyth stellenweise intensiv durchbewegt und verschiefert.

Die Süd- und Südwestgrenze begleitet eine tektonische Zone (Flatschacher Zug,



Abb. 1: Geographische Skizze der Seckauer Tauern. Eingetragen sind die Probenfundpunkte der untersuchten Gesteine: ● helle Orthogneise, ○ Granitgneise östlich des Hochreichart, ○ Flasergneise, ▲ Zweiglimmer-Metagranit (Zinkengranit), △ Metagranite, + Pegmatit.

Gaaler Schuppenzone) aus Amphiboliten und Gneisen des Gleinalmkristallins, Anteilen des Seckauer Kristallins und der Rannachserie. Abgeschnitten durch die N-S laufende Pölsstörung grenzt das Seckauer Kristallin im Westen an die Wölzer Glimmerschiefer. Seine Fortsetzung findet es im NW im Kristallin des Bösensteinmassivs.

Der Paraschiefer- und Granitgneiskomplex des Seckauer Kristallins streicht im allgemeinen WNW bis NW mit generellem NE Fallen.

Die Paragneise sind durchwegs monotone quarzführende Biotit-Platioklas-Mikroklingsgesteine mit Granat (zonar, oft auch skelettoid), selten Hornblende, reichlich Epidot und Erz. Sie bilden den Rahmen, in dem die Gneise granitischer Zusammensetzung stecken, wobei Paragneise unterschiedlicher Mächtigkeit den Orthogneiskörpern zwischengelagert sind.

Typisch für das Seckauer Kristallin ist die große Masse der granitoiden Gneise, die in einer Fülle unterschiedlicher Typen auftreten. Dabei ist es schwierig, die einzelnen Typen scharf voneinander zu trennen und selbständigen, petrographisch definierten Körpern zuzuordnen, da texturale Übergänge von einem in den anderen Typ bestehen, bei mehr oder weniger gleichbleibender granitoider Zusammensetzung. In der Literatur (K. METZ 1976, H. SCHUMANN 1932, 1934, H. BÖCHER 1927) werden Gneisgranite, augige Granitgneise, Flasergneise, Perlgneise, Augengneise, porphyrische und feinkörnige Granitgneise, migmatische Gneise u. ä. beschrieben. K. METZ 1976 betont, daß Augengneise in porphyrische Granitgneise übergehen, die beide an „massiert auftretende Granitgneiskörper“ gebunden sind. Andererseits stehen die Augen-

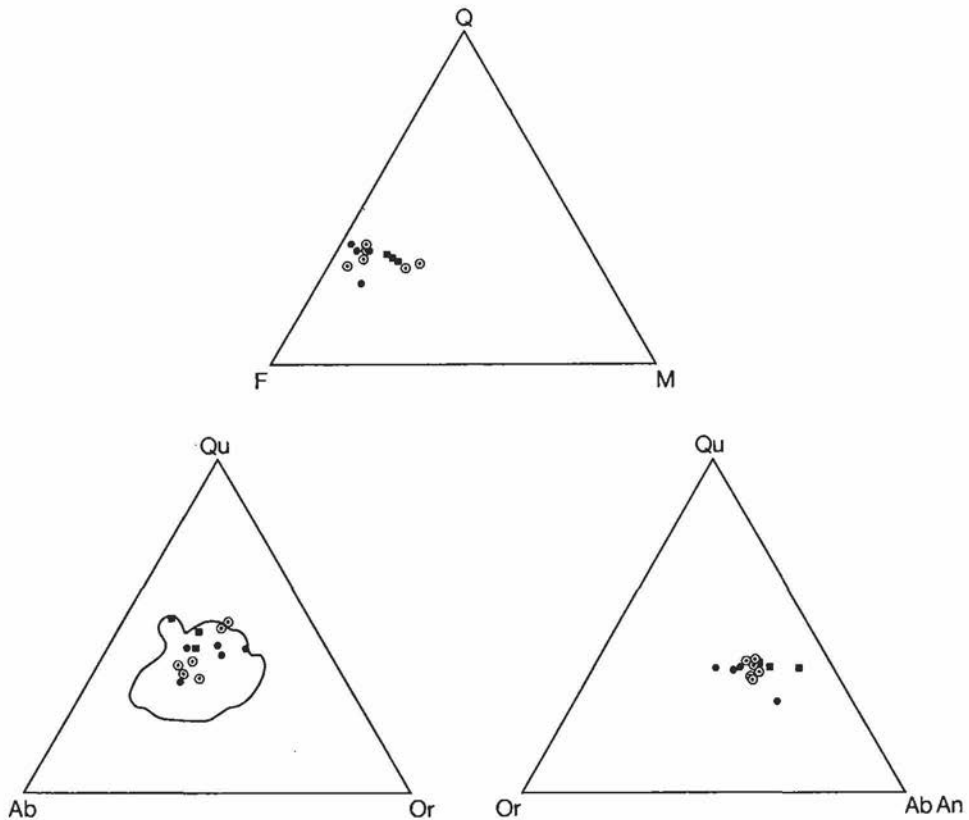


Abb. 2: Darstellung von chemisch untersuchten Gesteinen aus dem Seckauer Kristallin in den Dreiecksdiagrammen QFM, Qu-Ab-Or und Qu-Or-Ab An. Symbole: ● Metagranite s.l., ⊙ Granit-, Flaser- und R-Gneise (nach K. METZ), ■ Paragneise. Alle Gesteinstypen sind in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung sehr ähnlich und liegen im Granitfeld nach H. G. F. WINKLER. Die Granite könnten durch Aufschmelzung von Paragneismaterial entstanden sein.

gneise auch in engem Verband mit Flasergneisen, die sowohl in Gneisgranite als auch in Schiefergneise übergehen können. Mit Recht meint METZ 1976 wohl, daß unter dem Begriff Flasergneise genetisch unterschiedliches Material verstanden wird. Die große Ähnlichkeit im Chemismus verschiedener Granit- s. l., Gneis- und Schiefergneistypen wird in den Diagrammen der Abb. 2 deutlich. Die Analysen stammen aus den Arbeiten von H. BÖCHER 1927 und K. METZ 1976, wobei auf die Darstellung basischer Hornblendegesteine und Pegmatit verzichtet wurde, beide selten und nicht gerade repräsentativ für den Gesteinsbestand des Seckauer Kristallins.

Abgesehen von den petrographischen Unterschieden wird hier eine grobe Unterteilung auf Grund der verschieden starken Vergneisung vorgenommen, und bei den granitoiden Gesteinen Granitgneise mit ausgeprägter Gneistextur und Metagranite mit schwacher bis fehlender Gneistextur unterschieden. Typisch für das Seckauer Kristallin ist eine Überprägung in Grünschieferfazies, die sämtliche Gesteine erfaßt hat. Sie ist im Handstück und noch deutlicher im Schliff zu sehen. Im Gelände sind überdies Verschieferungen, kataklastische Zerknirschungen bis Mylonitisierung entlang junger Störungen zu beobachten.

#### Das relative Alter

W. SCHMIDT 1921 nahm an, daß in dem Paragneiskomplex die Intrusion zweiphasig erfolgte. Die älteren Granite wurden von einer Regionalmetamorphose erfaßt (= Granite mit ausgeprägter Gneistextur), die jüngeren wurden davon verschont. Er spricht von einer „alpinen Tracht“ der Gesteine und schließt daraus auf eine tektonische Durchbewegung während der Alpenfaltung, nimmt aber bei der Dynamometamorphose keine höheren Temperaturen an. Er führt z. B. die Deformation der Quarze auf eine Kaltreckung zurück, eine Ansicht, die spätere Autoren abgelehnt haben. Die in Schliffen immer wieder beobachtbaren Kleinpflaster von Quarzen sprechen immerhin für eine Rekristallisation der Quarze bei Temperaturen der unteren Grünschieferfazies.

R. SCHWINNER 1923 nimmt ebenfalls zwei voralpidische Intrusionsphasen an, hält die Deformation aber für ebenfalls voralpidisch. Auf Grund seiner Untersuchungen am Zinken und Hochreichart beschreibt H. BÖCHER 1927 eine Metamorphose der zweiten Tiefenstufe und eine Orogenese, die Paragneise und Reichartgneise (= Granite mit ausgeprägter Gneistextur) erfaßt hat, wobei der kaum vergneiste Zinkengranit bereits gebildet gewesen sein soll, da er in Gleitbrettern im Orthogneis steckt. Nach Ablagerung der Rannachserie erfolgte eine zweite Orogenese, eine Metamorphose der ersten Tiefenstufe erfaßte Kristallin und Rannachserie.

K. METZ schließt auf Grund der permoskythischen Rannachserie auf ein voralpidisches Alter des Seckauer Kristallins, sieht aber in Teilen granitisierte Rannachserie.

Eigene Geländebeobachtungen führen zu dem Schluß, daß eine ältere Generation von Graniten in ein ?bereits metamorphes Dach eingedrungen ist. Diese älteren Granitoide wurden regionalmetamorph zu Gneisen umgeformt. Es folgte die Intrusion von Granodioriten, die reichlich Paragneisschollen führen, und Graniten sowie Gängen aus Aplit, Granit und selten Pegmatit. Daß die älteren Granite bereits als Gneise vorhanden waren, belegt ein Aufschluß ca. 800 m NNW Pt. 1565, Brandlacke, wo ein Aplitgang Schollen von biotitreichem Flasergneis führt.

Eine spätere Phase verursacht eine Vergneisung der jüngeren Intrusiva, die in den Graniten meist schwach ausgeprägt ist, in den Gängen jedoch eine viel stärkere Auswirkung hatte. In diesen Zyklus fällt die bereits oben erwähnte Metamorphose in

Grünschieferfazies, die zu intensiver Serizitisierung, Füllung der Plagioklase, Epidot- und Chloritbildung etc. geführt hat. Da Kristallin und Rannachserie davon erfaßt wurden, muß sie alpidisches Alter haben.

### Geochronologie

Für die radiometrische Altersbestimmung wurde die Rb-Sr Methode angewandt, zwei Glimmer wurden zusätzlich mit der K-Ar Methode untersucht. Die Proben waren 25–30 kg schwer, zwei lagen knapp darunter. Bei den meisten Gesamtgesteinsproben wurden Rb und Sr mit der Röntgenfluoreszenz ermittelt und daraus das  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  Verhältnis errechnet, nachdem das  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Verhältnis an ungespiketen Proben massenspektrometrisch gemessen worden war (R. J. PANKHURST & R. K. O'NIONS 1973). Bei den KAW Proben wurden Rb und Sr mit der Isotopenverdünnungsmethode massenspektrometrisch bestimmt, das  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Verhältnis aus den gespiketen Proben errechnet. Die Altersdaten basieren auf der  $^{87}\text{Rb}$  Zerfallskonstante  $\lambda = 1.42 \times 10^{-11}$ . Die K-Ar Daten wurden mit folgenden Konstanten berechnet:

$$\lambda_{40\text{K}} = 5.544 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}, \lambda_{40\text{Kc}} / \lambda_{40\text{K}\beta} = 0.117, {}^{40}\text{K} = 0.01167 \text{ Atom-\% K.}$$

Alle Fehler sind  $2\sigma$ .

Der Versuch, für die Isochronendarstellung ähnliche Gesteinstypen zusammenzufassen, die Proben im Gelände aber doch so gestreut zu nehmen, daß ein Gesteinskörper repräsentativ beprobt ist, war, wie später gezeigt wird, durchaus nicht immer zielführend. Unterschiedliches Ausgangsmaterial heute identischer Gesteine, unvollständige Strontiumhomogenisierung während ihrer Bildung und der Einfluß der Metamorphosen mögen die Ursachen sein, daß die Ergebnisse zum Teil nicht befriedigen. Für weitere Untersuchungen empfiehlt es sich, kleinräumigere, homogene Bereiche zu beproben, die wahrscheinlich im Aufschlußbereich, in der Größe weniger Meter liegen.

Die Probenlokalitäten sind in der Abb. 1 eingetragen. Die exakten Fundpunkte können der Datenkartei Geopunkt der Geologischen Bundesanstalt entnommen werden.

### Helle Orthogneise

Am Westrand des Seckauer Kristallins liegt konkordant im Paragneis ein wenige hundert Meter mächtiger Zug von hellen Orthogneisen, der über wenigstens 4 km im Streichen zu verfolgen ist. Diese Gneise sind meist ausgezeichnet geschiefert, sehr zäh und arm an Biotit. Dadurch unterscheiden sie sich sehr deutlich von allen Gneistypen im Inneren des Massivs. Stellenweise sind sie massig struiert, der grobkörnige Biotit ist dann in spärlichen Nestern angereichert, während er in den vergneisten Typen als feine Scheiterchen in s eingeregelt ist. U. d. M. zeigt sich, daß alle Mineralkomponenten xenomorph sind. Alkalifeldspat als Flecken- und Aderperthit überwiegt den polysynthetisch verwilligten, stets gefüllten Plagioklas. Der tritt auch als kleine Einsprenglinge im Mikroklin auf. Biotit ist mittelbraun und führt selten Sagenit. Zonarer Epidot ruft im Biotit pleochroitische Höfe hervor. Chlorit und Muskovit (abgesehen von der Serizitfüllung der Plagioklase) ist selten. Granate treten in Aggregaten auf, die ein Großkorn andeuten, aber aus winzigen unzusammenhängenden Individuen besteht. Der Quarz tritt als größere rundliche Körner oder als klares, kleinkörniges Pflaster auf und weist somit eine recht gute Rekristallisation auf. Abweichend von dem beschriebenen Mineralbestand ist die Probe AB 73, die fast ausschließlich neben Quarz

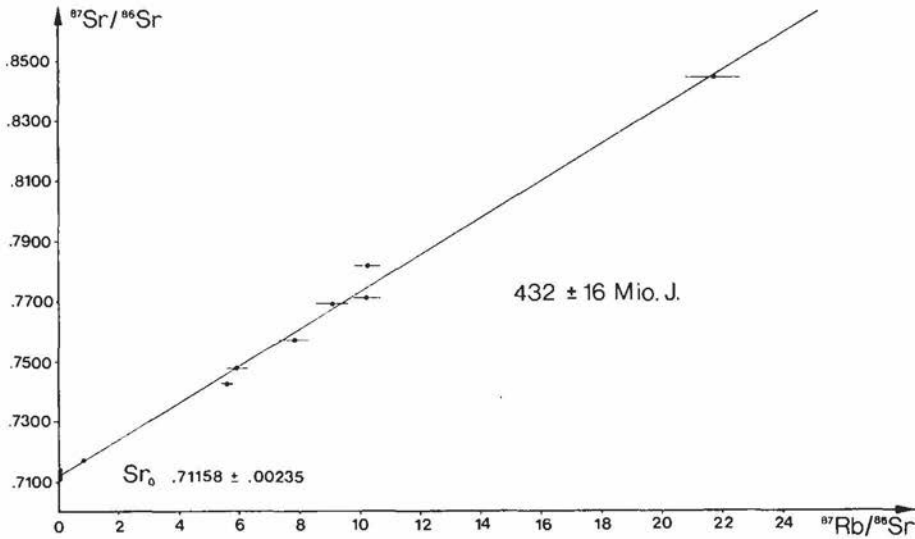


Abb. 3: Sr-Entwicklungsdiagramm der hellen Orthogneise. Das Alter von  $432 \pm 16$  Mio. J. belegt einen altpaläozoischen Magmatismus.

Tab. 1: Rb-Sr Analysendaten der hellen Orthogneise

Probe Nr.	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
AB 73	27.2	98.7	$.799 \pm .034$	$.71719 \pm .00008$
AB 70	99.9	52.2	$5.55 \pm .24$	$.74277 \pm .00010$
AB 43	140	68.4	$5.94 \pm .40$	$.74769 \pm .00012$
AB 44	160	59.8	$7.80 \pm .53$	$.75814 \pm .00012$
AB 3	128	41.3	$9.05 \pm .62$	$.76846 \pm .00012$
AB 69	158	45.0	$10.24 \pm .45$	$.78166 \pm .00014$
Ab 71	121	34.3	$10.27 \pm .45$	$.77127 \pm .00010$
Ab 72	236	31.8	$21.73 \pm .98$	$.84421 \pm .00014$

rundliche Plagioklasse führt; der Mikroklin kommt selten als Zwickelfüllung vor. Die abweichende mineralogische Zusammensetzung schlägt sich auch in den von den Durchschnittswerten abweichenden Rb und Sr Gehalten nieder (Tab. 1).

Die gleichen Gneise wurden in Verbindung mit Paragneisen auch im östlichen Teil des Massivs im Feistritzgraben und im südlichen Randbereich des Bösensteinkristallins gefunden. Zur Altersbestimmung wurden sie nicht herangezogen wegen mangelnder Frische einerseits, andererseits wegen der Entfernung vom hier untersuchten Körper. Die Orthogneise scheinen jedoch ein markanter lithostratigraphischer Horizont im Parakomplex zu sein. Typisch für sie ist ihr geringer Sr Gehalt.

Die 8 Proben (Analysendaten s. Tab. 1) bilden im Sr-Entwicklungsdiagramm eine lineare Anordnung (Abb. 3). Die Steigung der daraus resultierenden Geraden definiert ein Alter von  $432 \pm 16$  Mio. J. Die Abweichung der Probenpunkte von einer Geraden übersteigt den Analysenfehler, sodaß es angebracht ist, nicht von einer Isochrone, sondern einer Errorchrone zu sprechen. Gleichwohl halte ich das Alter für relevant. Dieses kaledonische Datum belegt das zumindest altpaläozoische Alter der Paragneise und die nun auch im Seckauer Kristallin nachgewiesene magmatische Tätigkeit im Or-

doviz/Silur Grenzbereich, die in anderen Teilen des ostalpinen Kristallins wiederholt datiert wurde (vgl. H. P. SCHÖNLAUB & S. SCHARBERT 1978).

#### Granitgneise östlich des Hochreichart

Der Stubalm- und Gotsbach durchneiden einen mächtigen Körper von grobkörnigen Granitgneisen, auf denen die Metasedimente der Rannachserie liegen. In der Literatur werden sie als Reichartgneis (Augengneis), flatschiger Augengneis und Flasergneis mit Mikroklin beschrieben. Das verhältnismäßig glimmerreiche Gestein mit durchwegs porphyrischer Struktur ist stark verschiefert und enthält Feldspateinsprenglinge bis 1.5 cm Größe. Selten führt es Einschlüsse eines fast glimmerfreien, hellen, granatführenden Gneises. Im Dünnschliff fallen große Alkalifeldspate auf, die den feinkörnigen Plagioklas überwiegen. Der Feldspat ist durchwegs xenomorph und enthält Einschlüsse von Plagioklas, der mitunter vom Wirtsmaterial aufgezehrt wird, und kleinfalterige Quarzaggregate. Er ist sehr stark perthitisch entmischt und enthält außerdem ausgedehnte Domänen von verzwilligtem Albit. Manche Individuen erwecken den Eindruck, daß sie als Blasten (weiter)gewachsen sind. Quarze unterschiedlicher Größe sind gelängt und undulös. Mitunter gefälte Züge von Biotit und Serizit umfließen die großen Feldspate und Quarzanhäufungen. Als Akzessorien findet man reichlich Epidot und Titanit (Leukoxen), weiters Zirkon, Apatit und wenig Chlorit. Calcit (bis 2 %) kommt in allen Proben vor, auffallenderweise nicht nur in der Grundmasse, sondern im Alkalifeldspat. H. BÖCHER 1927 leitet ihn von Karbonatlinsen in der unmittelbar auflagernden Rannachserie ab.

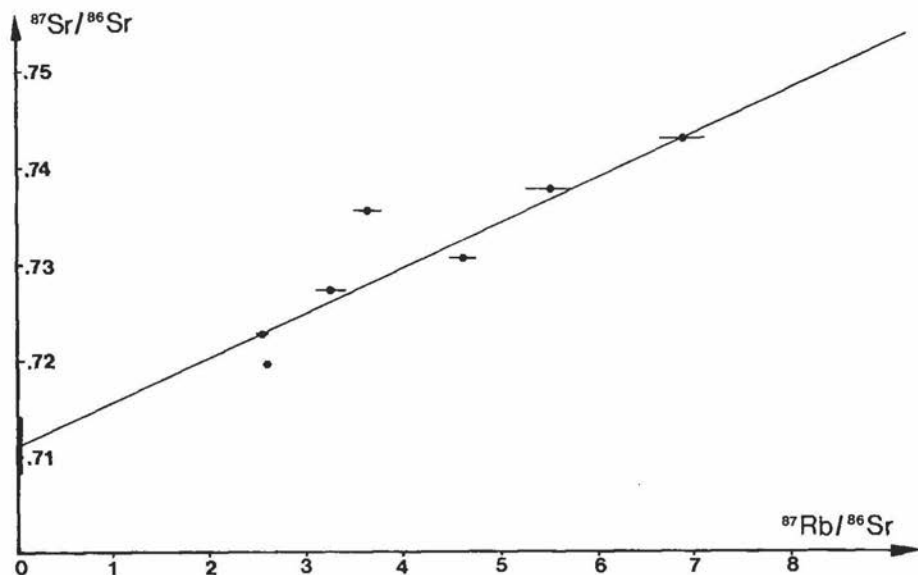


Abb. 4: Sr-Entwicklungsdiagramm der Granitgneise östlich des Hochreichart. Die Probenpunkte streuen. Die Gesteine haben vermutlich zwei Metamorphosestadien durchlaufen. Während der alpidischen Metamorphose wurden sie durch die überlagernden Sedimente der Rannachserie chemisch-mineralogisch verändert, und ihr Sr-Isotopensystem beeinflusst.



Tab. 2: Rb-Sr Analysendaten der Granit- und Flasergneise

Probe Nr.	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Granitgneise östlich des Hochreichart				
AB 38	141	162	$2.52 \pm .08$	$.72275 \pm .00009$
AB 52	142	159	$2.58 \pm .05$	$.71955 \pm .00006$
AB 66	145	131	$3.20 \pm .14$	$.72722 \pm .00010$
AB 54	129	104	$3.61 \pm .14$	$.73547 \pm .00010$
	(130)	(103)	(3.65)	(.73535 $\pm$ .00010)
Ab 36	81.3	51.5	$4.58 \pm .16$	$.73048 \pm .00013$
AB 65	136	71.6	$5.51 \pm .25$	$.73786 \pm .00012$
AB 35	148	63.0	$6.87 \pm .24$	$.74300 \pm .00010$
Flasergneise				
AB 33	90.1	426	$.610 \pm .011$	$.70868 \pm .00008$
AB 40	96.4	448	$.625 \pm .011$	$.70856 \pm .00008$
AB 2	119	174	$1.98 \pm .034$	$.72175 \pm .00008$
AB 34	119	146	$2.38 \pm .04$	$.72429 \pm .00013$
AB 32	116	140	$2.40 \pm .04$	$.72230 \pm .00010$
AB 41	152	117	$3.75 \pm .07$	$.73106 \pm .00009$

Die untersuchten Proben ergeben keine Isochrone (Abb. 4, Tab. 2). Negiert man die Punkte AB 52 und 54, läßt sich ein variszisches Alter errechnen. Mag das Weglassen der Probe AB 52, die aus einem Metagranitareal des südlichen Rannachgraben stammt, gerechtfertigt sein, so besteht kein Grund mit der Probe AB 54 ebenso zu verfahren, die aus dem gleichen Gneiskomplex wie die anderen Proben stammt. Zur Absicherung der Spuren- und Isotopenpendaten wurde die gesamte Probe (35 kg) noch einmal geteilt, gemahlen und analysiert, um einen Aufbereitungs- und Analysenfehler auszuschließen (vgl. Tab. 2).

Die Streuung der Analysenpunkte könnte m. E. folgendermaßen gedeutet werden: Auf Grund der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung war das untersuchte Gestein ursprünglich sicher ein Granit. Er wurde regionalmetamorph umgeprägt (erste Metamorphose der zweiten Tiefenstufe nach H. BÖCHER). Die Alkalifeldspate mit ihren in die Grundmasse fingernden Umrissen lassen auf ein blastisches Wachstum schließen. Es scheint, daß in ihnen nicht nur eine albitische Entmischung, sondern auch eine Albitisierung um sich gegriffen hat. Calcit ist sicher nicht zufällig an den Alkalifeldspat gebunden. Die Vermutung liegt nahe, daß während der alpidischen Metamorphose aus den Sedimenten der transgressiven Rannachserie stammende saline Fluide unter den Bedingungen der Grünschieferfazies bis in den Gneis zirkulierten und chemische Reaktionen bewirkten (Karbonatkristallisation, ? Albitisierung), wobei der Isotopenhaushalt erheblich gestört worden ist.

#### Flasergneise

Unter diesem Begriff zusammengefaßte Gesteine sind relativ glimmerreiche Gneise granitischer Zusammensetzung, häufig mit reichlich Feldspatäugen. Stellenweise sind sie intensiv geschiefert und gestreckt und sind dann reich an Serizithäutchen. Die Alkalifeldspate führen, oft schnurartig aneinander gereiht, kleine gefüllte Plagioklase

und randlich Myrmekit. Die braunen Biotite sind in den stärker geschieferten Typen fein zerrieben, Serizit, zu Zügen angeordnet, ist häufig. Epidot ist reichlich vorhanden. Die Quarze sind gelängt mit verzahnten Korngrenzen.

Die beiden Flasergneise aus dem Gaalgraben und dem Bärental (NW davon) unterscheiden sich von denen aus dem Gebiet des Ingeringgrabens durch das Auftreten einige Millimeter großer Titanite, olivstichiger Biotite und geringer Calcitführung. Deutlich höher ist auch der Gehalt an Sr (Tab. 2). Sie liegen im Sr-Entwicklungsdiagramm weit ab von einer durch die vier restlichen Punkte gedachten Geraden, und man kann mit Recht annehmen, daß es sich hier um einen genetisch anderen Gesteinstyp handelt (Abb. 5).

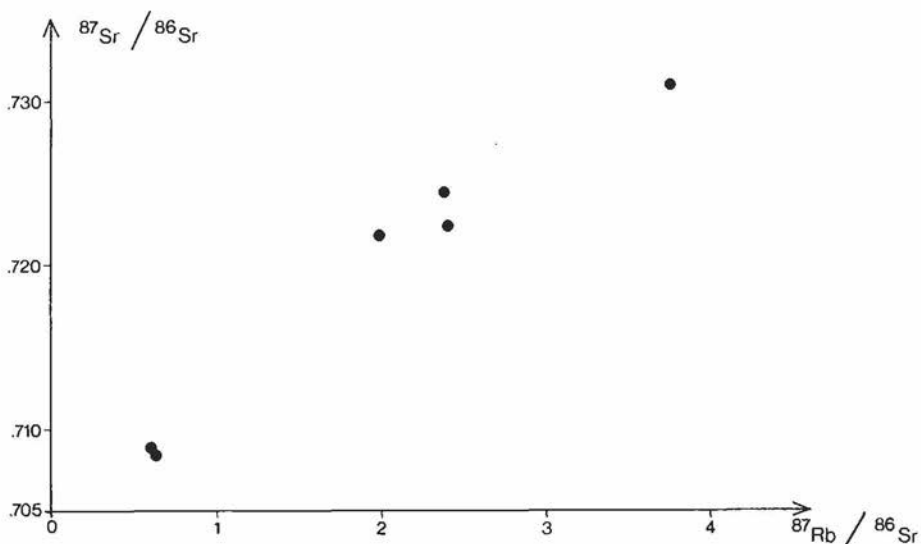


Abb. 5: Sr-Entwicklungsdiagramm der Flasergneise. Die Proben streuen stark, sodaß sich keine Isochrone ergibt.

Aus der oben erwähnten Geraden läßt sich ein Alter von  $340 \pm 110$  Mio. J. errechnen, das kaum einen Aussagewert hat.

#### Zweiglieder-Metagranit (Zinkengranit)

Dieses helle, fein- bis mittelkörnige Gestein ist in der Umgebung des Zinken aufgeschlossen, gleiche Typen, in schmalen Lamellen auftretend, wurden auch im Vorwitzgraben beprobt. Der Plagioklas überwiegt den Alkalifeldspat, ist polysynthetisch verzwilligt und mit Hellglimmer durchsetzt. Zum randlich chloritisierten Biotit tritt Muskovit hinzu.

Drei Proben des Granits liegen auf einer Geraden (Analysendaten s. Tab. 3, rechte Seite der Abb. 6), deren Steigung ein Alter von  $354 \pm 16$  Mio. J. ergibt. Nun soll man eine Gerade durch drei Punkte, die noch dazu aus unterschiedlichen Körpern kommen, nicht Isochrone nennen, doch läßt sich das vorhin genannte Alter durch weitere Daten der Probe KAW 1253 abstützen. Aus der Probe KAW 1253 wurden Biotit und Muskovit isoliert und analysiert, die alpidische bzw. variszische Abkühlalter ergaben (s. unten). Üblicherweise errechnet man Glimmeralter aus einer Zweipunktisochrone,

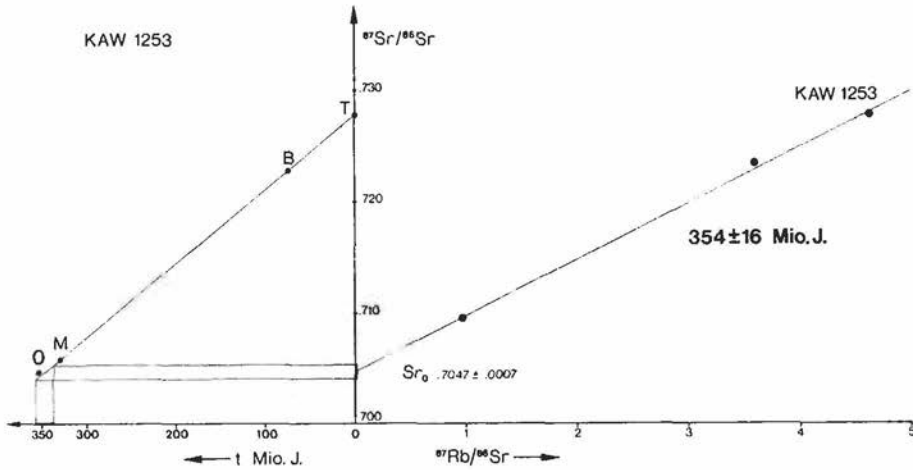


Abb. 6: Sr-Entwicklungsdiagramm des Zweiglimmer-Metagranits (Zinkengranit). Die Isochrone, dargestellt in der rechten Hälfte des Diagramms, definiert ein Alter von  $354 \pm 16$  Mio. J. Das gleiche Alter ergibt sich aus der Entwicklung des Sr-Isotopenverhältnisses der Probe KAW 1253. T, B und M sind das  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Verhältnis heute, zur Zeit der Schließungstemperatur von Biotit und Muskovit, aufgetragen gegen eine Zeitskala. Die Projektion des Schnittpunktes dieser Geraden mit dem Fehlerfeld des initialen Strontiums der Isochrone fällt in einen Zeitraum von ungefähr 350 Mio. J.

Tab. 3: Rb-Sr Analysendaten der Metagranite

Probe Nr.	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Zweiglimmer-Metagranit (Zinkengranit)				
AB 5	37.4	112	$.966 \pm .034$	$.70945 \pm .00008$
AB 4	139	112	$3.59 \pm .14$	$.72328 \pm .00007$
KAW 1253	182	114	4.63	.7277
Metagranite aus dem Feistritzgraben				
AB 12	105	392	$.775 \pm .052$	$.71011 \pm .00010$
AB 13	109	403	$.786 \pm .055$	$.71136 \pm .00006$
AB 14	99.1	293	$.979 \pm .069$	$.71215 \pm .00008$
KAW 1252	131	296	1.288	.7123
AB 11	149	269	$1.598 \pm .110$	$.71410 \pm .00010$
Metagranite aus dem südlichen Rannachgraben				
AB 53	110	267	$1.195 \pm .081$	$.71300 \pm .00010$
AB 68	138	325	$1.224 \pm .056$	$.71246 \pm .00016$
AB 67	131	217	$1.751 \pm .110$	$.71668 \pm .00010$
AB 47	95.0	163	$1.692 \pm .115$	$.71536 \pm .00010$

die durch die  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  und  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  Werte von Glimmer und Gesamtgestein definiert wird. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Abszisse des Sr-Entwicklungsdiagramms ergibt das  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Verhältnis, das das Gestein (und der Glimmer) zu dem Zeitpunkt hatte, als die radiometrische Uhr für den Glimmer zu zählen begann. D. h., es läßt sich das Sr-Isotopenverhältnis des Gesteins KAW 1253 vor 331 und 77 Mio. J. (Abkühlalter des Muskovits bzw. Biotits) errechnen. Aufgetragen gegen eine Zeitskala (linke Seite der Abb. 6) läßt sich durch die Punkte T, B und M (Sr-Zusammensetzung des Gesteins heute, zur Zeit der Abkühlung des Biotits und des Muskovits auf ihre Schließungstemperaturen) eine Gerade ziehen, die außerdem nahe von Punkt 0 läuft, das ist das initiale Sr-Isotopenverhältnis zur Zeit der Bildung des Granits, wie es aus der „Isochrone“ errechnet worden ist. Unter Berücksichtigung des Fehlers von  $\text{Sr}_0$  läßt sich durch Projektion auf die Zeitskala graphisch ein Alter von ungefähr 350 Mio. J. ablesen. Der so abgeleitete Wert stimmt mit dem „Isochronenalter“ überein und beweist, daß letzterer kein Zufallswert ist. Bestätigt wird zugleich das niedere initiale Sr von .7047, das unter dem Wert zur Zeit der Schließungstemperatur des Muskovits liegen muß.

### Metagranite

Die hier untersuchten Gneisgranite wurden auf Grund ihres geographischen Vorkommens in zwei Gruppen geteilt, wobei eine scharfe Trennung in unterschiedliche Typen schwer fällt (Abb. 7). Durch Zunahme der Feldspateinsprenglinge gehen sie fließend ineinander über. Die Proben südlich des Feistritzgrabens sind dunkle, geschieferte Gesteine mit feinkörniger Quarzmatrix, deren Feldspäte größen- und mengenmäßig so zunehmen, daß man sie als echte Gneisgranite bezeichnen kann. Sie gehen aus Schiefergneisen durch Zunahme der idiomorphen Feldspate hervor und haben eine Ausdehnung von etlichen Metern (Ab 12, 13, 14). Die Proben N des Feistritzbaches (KAW 1252 und AB 11) stammen aus einem homogenen Granitareal, das den Bergzug N des Tales aufbaut.

Im südlichen Rannachgraben sind ebenfalls im Meterbereich im Habitus wechselnde porphyrische Granite aufgeschlossen (AB 53, 67, 68). Sie führen feinkörnige Paragneisschollen und stehen im Kontakt mit flaserigen Granitgneisen und Schiefergneisen. Die Aufschlüsse sind von Störungen durchzogen, die Aplit- und Quarzgängchen führenden Granite dann verschiefert und vergrünt. Alle Gesteinstypen zeigen im Mikroskop ähnliche Merkmale: Sie sind kataklastisch und stark serizitisiert. Die Einsprenglinge von Alkalifeldspat sind voll serizitisierter Plagioklaseinschlüsse, der Biotit tritt in kleinen Fetzen auf und ist mitunter mit Chlorit verwachsen. Alle Granite führen Titanit (Leukoxen), als weitere Akzessorien Epidot, Apatit, selten Granat. Abweichend von den Graniten ist das Gestein AB 47 aus dem Rannachgraben: Es ist ein fein- bis mittelkörniges Gestein ohne Einsprenglinge bei sonst gleichem Mineralbestand. Der Alkalifeldspat ist reich an Einschlüssen inklusive Karbonat und hat völlig diffuse Grenzen. Es mag sich um einen gefeldspateten Schiefergneis handeln (R-Gneis nach METZ), da im gleichen Aufschluß ein gleichkörniger, lagenweise augiger Granit vorkommt, in dessen Nachbarschaft der Gneis einen perlgneisartigen Habitus annimmt.

Aus den untersuchten Proben läßt sich keine Isochrone konstruieren (Abb. 7, Tab. 3). Mit Ausnahme der Proben N des Feistritzbaches hat es sich wahrscheinlich nie um homogene Granite in bezug auf das Sr-System gehandelt, sondern um lokale „Granitisationen“, die niemals das Stadium einer gut durchmischten Schmelze durchlaufen haben.

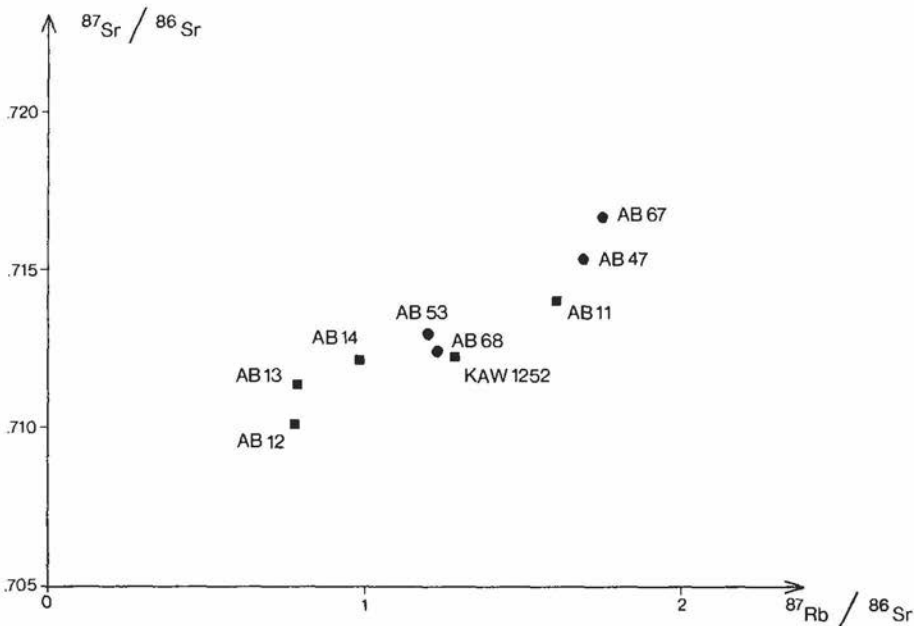


Abb. 7: Sr-Entwicklungsdiagramm der Metagranite. ■ Metagranite aus dem Feistritzgraben, ● Metagranite aus dem südlichen Rannachgraben. Während der Granitbildung wurde kein Isotopengleichgewicht erreicht.

### Die Glimmer

Aus dem Flasergneis AB 2, einem grobkörnigen porphyrischen Metagranit KAW 1252, dem Zinkengranit KAW 1253 und AB 4 und einem Pegmatit, KAW 1225, wurden Biotite und grobkörnige Muskovitfraktionen analysiert. Die Analysendaten und Altersergebnisse sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Die Rb-Sr Daten der Muskovite sind praktisch identisch und liegen bei 330 Mio. J. Da der Granit und der Pegmatit sicher nicht gleichzeitig intrudierten, das Bildungsalter des Granits außerdem mit rund 350 Mio. J. datiert wurde, kann man diese Daten als Abkühlalter nach der Platznahme deuten.

Die Rb-Sr Daten der Biotite liegen zwischen 70 und 77 Mio. J. Der Glimmer der Probe AB 2 mit 70 Mio. J. liegt etwas niedrig und ist kein verlässlicher Alterswert, da er aus einer vielfach überspiketen Probe errechnet wurde. Es ist aber ein Hinweis, daß er in der gleichen Größenordnung liegt. Sein scheinbares K-Ar Alter liegt mit 91 Mio. J. um ca. 20 Mio. J. höher. Der Glimmer enthält möglicherweise Überschußargon oder wurde nicht vollständig verjüngt.

Aus diesen wenigen Daten kann man ableiten, daß die alpidische Metamorphose, die das Seckauer Kristallin erfaßt hat, nicht so hoch temperiert war, daß sie die Muskovite in bezug auf das Rb-Sr System verjüngt hat. Es wurden die Biotite alpidisch verjüngt, und die Temperatur war so hoch, daß das K-Ar Alter eines Muskovits verjüngt wurde (der gleiche Muskovit hat nach einer vorläufigen Untersuchung ebenfalls ein variszisches Rb-Sr Alter). Da die Zeitdifferenz zwischen Biotit- (rund 75 Mio. J.)

Tab. 4: Analysendaten der Glimmer

Probe Nr.	$^{87}\text{Rb}$ ppm	$^{87}\text{Sr}$ rad ppm	% rad	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	rad %	Argon 40 $\text{Ncm}^3 \cdot 10^{-6}/\text{g}$	% K	Alter Mio. J.
Muscovite										
KAW 1225	139	.666	34.77	18.65	79.1	1.0883				329 ± 12
Gesamtgestein	10.04	.122	1.895	91.5	1.12	.7236				331 ± 7
KAW 1253	175	.822	57.8	9.46	207	1.6822				105 ± 4
AB 4							92.8	36.63	8.92	
Biotite										
KAW 1253	326	.375	27.5	14.57	235	.9799				77 ± 4
KAW 1252	233	.247	36.1	6.54	378	1.1105				74 ± 3
AB 2	230	.230	64.1	2.08	1272	1.9782				70
							94.10	28.29	7.91 <sub>5</sub>	91 ± 2

und K-Ar Muskovitalter (105 Mio. J.) hoch ist, und eine so langsame Abkühlung von der Schließungstemperatur des Muskovits auf die Schließungstemperatur des Biotits (ungefähres Temperaturintervall 50–100°) unwahrscheinlich ist, kann der 105 Mio. J. Alterswert auf unvollständige Entgasung oder auf Überschußargon hinweisen. Die alpidischen Rb-Sr Biotitwerte werden daher als Abkühlalter interpretiert.

Die Temperatur während der alpidischen Metamorphose im Gebiet des Seckauer Kristallins lag, den Erfahrungen aus anderen Gebieten vorsichtig folgend (vgl. J. W. PURDY & E. JÄGER 1976), demnach zwischen der Schließungstemperatur von Muskovit für das Rb-Sr und das K-Ar System, also höher als ca. 350° und unter 450–500°C.

#### Entwicklungsschema des Seckauer Kristallins

Die geochronologischen Untersuchungen und feldgeologischen Beobachtungen ergeben, daß im Seckauer Kristallin ein variszisch konsolidiertes Kristallin vorliegt. Seine ältesten Anteile, die Paragneise, haben zumindest altpaläozoisches Alter. Die darin eingelagerten Orthogneise belegen mit  $432 \pm 16$  Mio. J. das im ostalpinen Kristallin verbreitete kryptische „kaledonische Ereignis“ (vgl. H. BÖGEL et al. 1979). Ob den Magmatismus andere orogene Ereignisse (Faltung, Metamorphose) begleitet haben, muß offen bleiben. Die Platznahme von beträchtlichen Massen granitoiden Materials (Granitgneise mit ausgeprägter Gneistextur) muß hingegen während eines orogenen Zyklus stattgefunden haben, der auf Grund der Temperatur- und Druckbedingungen die Bildung weiträumiger Schmelzen ermöglichte. Sie könnten anatektischen Ursprungs sein. Der Chemismus der Paragneise (vgl. Abb. 2) mit seinen geringen Anteilen basischen Materials kommt einer granitischen Zusammensetzung sehr nahe und ist als Edukt der Granitgneise denkbar. Anschließend wurden die Granitoide zu Gneisen deformiert und metamorphosiert. Nach den vorliegenden Daten hat dieses Geschehen vermutlich altvariszisches Alter, da die jüngeren Intrusiva (Zinkengranit) spätestens an der Wende Unter/Oberkarbon ( $354 \pm 16$  Mio. J.) intrudierten, und die regionale Abkühlung auf ca. 500° mit 330 Mio. J. ins Oberkarbon fällt. In dieser jüngeren Phase der Granitbildung erfolgt neben der Platznahme homogener Granite aus gut durchmischten Schmelzen, die aus tiefen Krustenbereichen gefördert worden sind (Zinkengranit mit einem initialem Sr-Verhältnis von .704) eine lokale „Granitisation“ von wolkig und diffus auftretenden inhomogenen Graniten (Bereiche einer lokalen Anatexis?).

Die schwache Vergneisung der Metagranite und die Überprägung aller am Aufbau des Kristallins beteiligter Gesteine fand unter Bedingungen der Grünschieferfazies während der alpidischen Gebirgsbildung statt. Die regionale Abkühlung auf ca. 300° erfolgte vor rund 75 Mio. J.

#### Dank

Die Autorin ist folgenden Personen und Institutionen zu herzlichstem Dank verpflichtet: Frau Prof. E. Jäger und den Angehörigen des Geochronologischen Labors am Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Bern, wo die KAW Proben aus Mitteln des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung untersucht wurden; der Abteilung für Geochronologie der BGR, Hannover, die unter der Leitung von Prof. I. Wendt und H. Kreuzer die K-Ar Bestimmungen durchgeführt hat; den Kollegen des Department of Geology der Universität Oxford, die in großzügiger Weise die Benützung ihres Geochronologischen Labors er-

möglichten. Prof. H. W. Flügel hat aus Mitteln für das Hochschulprojekt N 25 des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich den Aufenthalt in England teilweise finanziert. Frau Doz. E. Kirchner hat die chemischen Analysen mittels Computer verrechnet. Prof. K. Metz hat mich in das Gebiet der Seckauer Tauern eingeführt. Ihm und meinen Kollegen F. Fehleisen, H. P. Schönlaub und A. Daurer danke ich ebenso wie meinem Vater, die ihre Kräfte beim Probensammeln eingesetzt haben. Die Forstverwaltung in Wasserberg und Kalwang erlaubten die Befahrung der Forststraßen.

#### Literatur

- BÖCHER, H., 1927: Zur Geologie des Hochreichart und des Zinken in den Seckauer Tauern. — Mitt. des Naturwiss. Vereins für die Steiermark, 63, 136–149, Graz.
- BÖGEL, H., MORTEANI, G., SASSI, F. P., SATIR, M. & SCHMIDT, K., 1979: The Hercynian and pre-Hercynian Development of the Eastern Alps. Report on a Meeting. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 159, 87–112, Stuttgart.
- FAURE, G., 1977: Principles of Isotope Geology. — 464 S., (John Wiley & Sons), Santa Barbara—London—Sydney—Toronto.
- METZ, K., 1947: Ein Beitrag zur Frage der Fortsetzung des Semmeringmesozoikums nach Westen. — Verh. Geol. B.-A., 1945, 91–103, Wien.
- 1976: Der geologische Bau der Seckauer und Rottenmanner Tauern. — Jb. Geol. B.-A., 119/2, 151–205, Wien.
- PANKHURST, R. J. & O'NIONS, R. K., 1973: Determination of Rb/Sr and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of some Standard Rocks and Evaluation of X-Ray Fluorescence Spectrometry in Rb-Sr Geochemistry. — Chemical Geology, 12, 127–136, Amsterdam.
- PURDY, J. W. & JÄGER, E., 1976: K-Ar Ages on Rock forming Minerals from the Central Alps. — Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova, 30, Padova.
- SCHMIDT, W., 1921: Grauwackenzone und Tauernfenster. — Jb. Geol. Staatsanst., 71, 101–116, Wien.
- SCHÖNLAUB, H. P. & SCHARBERT, S., 1978: The Early History of the Eastern Alps. — Z. dt. geol. Ges., 129, 473–484, Hannover.
- SCHUMANN, H., 1932: Petrographische Begehungen in den Seckauer Tauern. — Anz. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 69, 289–292, Wien.
- 1934: Petrographische Begehungen in den Seckauer Tauern. — Anz. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 71, 145–149, Wien.
- STEIGER, H. R. & JÄGER, E., 1976: Subcommission on Geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. — E.P.S.L., 36, 359–362, Amsterdam.
- SCHWINNER, R., 1923: Die Niederen Tauern: Bisherige Ergebnisse, Aufgaben und Ausblicke der geologischen Erforschung. — Geol. Rundschau, 14, 25–56, 155–163, Berlin.
- WINKLER, H. G. F., 1974: Petrogenesis of Metamorphic Rocks. — 3rd ed., Springer, Berlin.