Rb-Sr-Altersbestimmungen an Gesteinen aus dem Aarmassiv

Autor(en): **Wüthrich, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **56 (1963)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-163030

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

SKA 87.570.90(49

Rb-Sr-Altersbestimmungen an Gesteinen aus dem Aarmassiv

Von **Hans Wüthrich**[1])

Mit 1 Tabelle und 2 Figuren im Text

ABSTRACT

Twelve Rb-Sr age determinations on micas, feldspars and total rocks from the Aare massif in the central Alps are given. The pre-Tertiary Aare massif was metamorphosed during the Alpine orogenesis. The metamorphism is of low grade and increases from northwest to southeast, from practically unmetamorphosed rocks in the north to stilpnomelane-, and chloritoid-bearing rocks in the south (see NIGGLI 1960). With our age determinations on biotite we confirm the petrographic evidence:

We found pre-Alpine biotite ages (for age results see table 1) in the most northern and northwestern regions of the Aare massif, in the «Gasterngranit» and the «Erstfeldergneis». Farther to the south we find intermediate ages in the biotite from the «Mittagfluhgranit» and from the southern part of the «Erstfeldergneis». Still farther south we find an Alpine age in the central Aare granite. All the coarse grained muscovites from the pegmatites show pre-Alpine, Hercynian ages. For the «Mittagfluhgranit» all of the major Rb and Sr bearing minerals and the total rock were analysed. Potassium feldspar and biotite gave intermediate ages of 102 and 54 m.y., whereas the albite gave the unusually high age of 2200 m.y. The total rock gives an age of 256 m.y. The result of the total rock could mean the real age of the intrusion, whereas the high albite age has no geological meaning. Presumably the albite captured the radiogenic Sr^{87} from the potassium feldspars and biotites during the Alpine metamorphism. The total rock age was higher than the age of 190 m.y. which was found at the contact (JÄGER 1962), showing that even total rocks may be open systems with respect to Rb and Sr. It was possible to determine the age of an aplitic schlieren in the central Aare granite by the total rock method with the result of 249 m.y.

Das Aarmassiv ist seit Jahren immer wieder das bevorzugte Arbeitsgebiet des Mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität Bern, so dass es uns naheliegend schien, die bisherigen Untersuchungsergebnisse auch mit Hilfe von Altersbestimmungen nach der Rb-Sr-Methode zu erweitern. Die Proben wurden so gewählt, dass sie einen ersten Überblick gestatten und zeigen, wo und wie man mit unseren Methoden zu geologisch vernünftigen Ergebnissen kommen könnte. Eine genaue mineralogisch-petrographische Beschreibung der einzelnen Proben wird später in einem grösseren Rahmen erscheinen.

METHODISCHES

Die Aufbereitung der Gesteinsproben und die Abtrennung der Glimmer erfolgte im wesentlichen gleich, wie sie JÄGER (1962) beschrieb. Die Feldspäte wurden gravitativ aus der Korngrössenklasse 0,2 bis 0,3 mm (ASTM Nr. 50–80) abgetrennt.

[1]) Mineralog.-Petrograph. Institut der Universität Bern, Laboratorium für Altersbestimmungen.

Als Schwerelösung diente Bromoform, das durch Verdünnen mit Dimethylsulfoxyd (MEYROWITZ u. A. 1959) auf das gewünschte spezifische Gewicht gebracht wurde. Saussuritisierte Feldspäte konnten auf dem Trennmagneten bei maximaler Feldstärke aus dem Konzentrat entfernt werden. Die Reinheit der Feldspatkonzentrate liess sich sehr gut durch Anfärben nach der Methode von READER und MCALLISTER (1957) kontrollieren. Für die Gesamtgesteinsanalyse wurde ein etwa 100 g schweres Handstück im Steinbrecher in erbsgrosse Stücke zerkleinert und dann unter Alkohol im automatischen Achatmörser gut eine Stunde lang gerieben. Der Alkohol verhindert, dass einzelne Stücke während dem Mörsern herausspringen und gewährleistet auch eine gleichmässige Vermahlung des Gutes. Um zu verhindern, dass das feinste Material verloren geht, wurde der Alkohol, den wir vorher auf seine Reinheit geprüft hatten, mit der Probe eingetrocknet.

Die Altersbestimmungen wurden ausschliesslich nach der Rb-Sr-Methode, wie sie ALDRICH u. A. (1956) beschrieben, ausgeführt. Eine kurze Darstellung des Verfahrens und unserer Laboreinrichtungen beschrieb JÄGER (1961). Als Zerfallskonstante des Rb^{87} verwendeten wir $1{,}47 \times 10^{-11}$ Jahre^{-1}.

GEOLOGISCH-PETROGRAPHISCHE ÜBERSICHT UND KURZE BESCHREIBUNG DER PROBEN

Fig. 1 gibt eine petrographisch-geologische Übersicht über das Aarmassiv mit den Lokalitäten der analysierten Proben.

Das Aarmassiv gehört nach der Auffassung der Geologen zu den herzynischen Zentralmassiven der Alpenkette, die während der tertiären alpinen Orogenese tektonisch überprägt, metamorphosiert und aufgepresst wurden. Vereinfacht hätten wir etwa folgende Zonengliederung (E. NIGGLI in J. CADISCH 1953):

1. Die nördliche Granitzone;
2. Die Zone des Zentralen Aaregranits mit seiner alten Schiefer- und Gneishülle.

Der genauere Aufbau ist aus Fig. 1 ersichtlich, dabei ist aber die Altersfolge der Intrusionen petrographisch nur schwierig feststellbar, da Kontakte mit fossilführenden Gesteinen im Aarmassiv äusserst selten sind. Nach E. NIGGLI (1960) hat die tertiäre alpine Metamorphose die Gesteine des Aarmassivs ungleich stark beeinflusst. Wir finden im Norden und Nordwesten des Massivs praktisch unveränderte Gesteine. Nach Süden und Südosten nimmt der Grad der Metamorphose sodann allmählich zu: In einer breiten Zone finden wir neugebildeten Stilpnomelan und in der jungsedimentären Zone am Südrand des Massivs (Urserenmulde) sogar Chloritoid.

Der Gasterngranit

Der Gasterngranit gehört zu der nördlichen Granitzone, der Gastern–Lauterbrunnen–Innertkirchner–Granitzone, deren westlichstes Glied er bildet. Über das Alter dieses Granits steht nur fest, dass er älter als Trias ist, weil er am Kanderfirnabsturz in stratigraphischer Diskordanz von Trias überlagert wird. Entsprechend seiner Lage im Nordwesten des Massivs ist im Gasterngranit ein sehr geringer Einfluss der alpinen Metamorphose zu erwarten. Man findet tatsächlich im Gasterngranit auch noch frische braune Biotite, während im Innertkirchner- und Lauter-

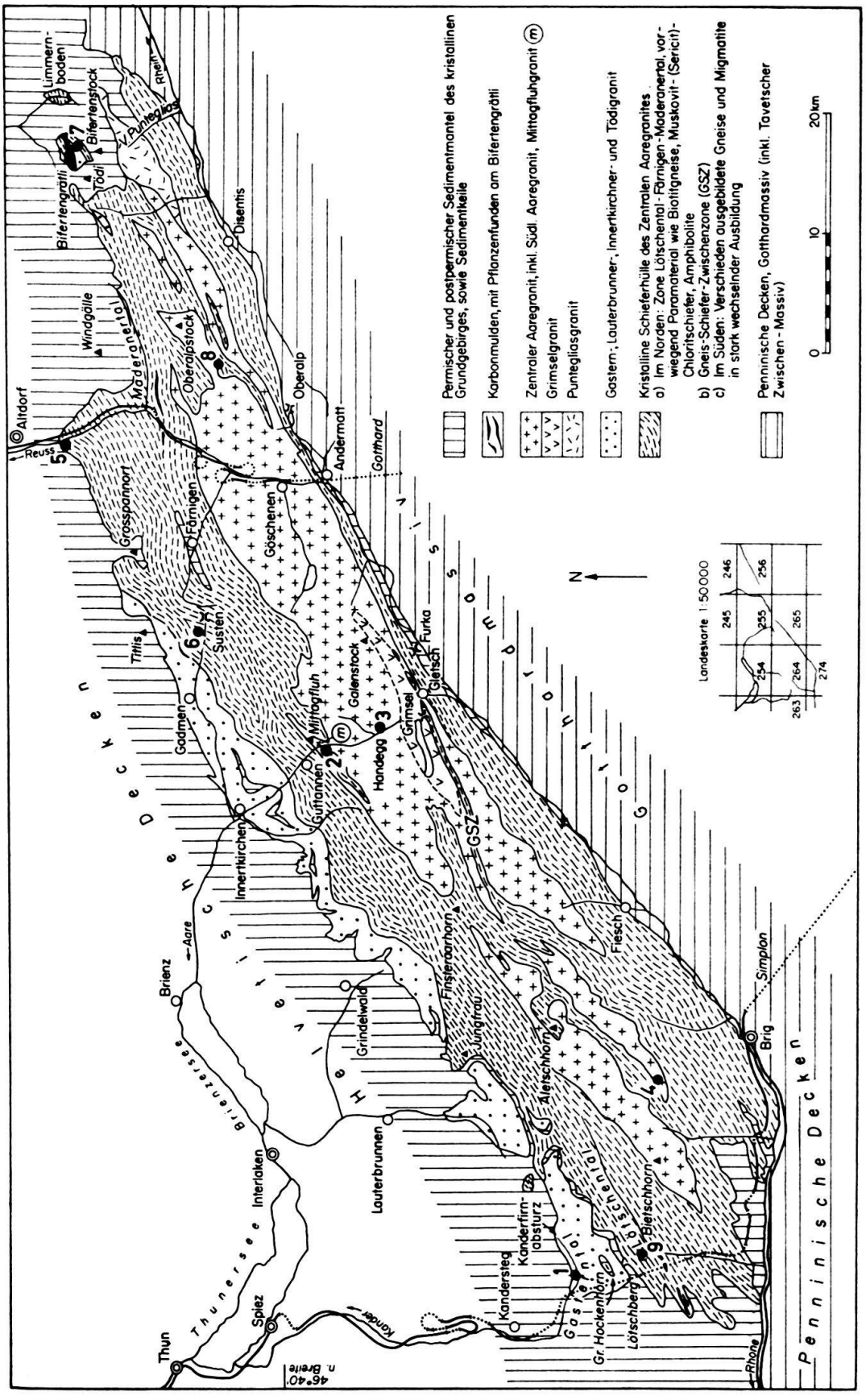

Fig. 1. Petrographisch-geologische Übersichtskarte des Aarmassivs nach HÜGI (1963). Die ungefähre Lage der Fundpunkte der Proben für die Altersbestimmungen ist durch schwarze Punkte dargestellt. Die dazugesetzten Zahlen 1–9 stimmen mit der in Tabelle 1 verwendeten Numerierung überein.

brunnengranit der Biotit durch die alpine Metamorphose stark ausgebleicht und chloritisiert ist. Aus diesen Gründen wählten wir eine Gasterngranitprobe mit möglichst schönen Biotiten und hofften, hier noch ein präalpines Alter zu finden.

Der Zentrale Aaregranit

Der Hauptgranit des Aarmassivs ist der Zentrale Aaregranit, der in einer kristallinen Schieferhülle aus Ortho- und Paramaterial steckt (prätriadisches Grundgebirge). Die Verbandsverhältnisse erlauben keine eindeutigen Schlüsse über das Alter des Aaregranits, da er nirgends mit mesozoischen und tertiären Gesteinen des jungen Sedimentmantels des Aarmassivs in Berührung kommt. Die eine Probe des Zentralen Aaregranits wurde möglichst nahe am Mittagfluhgranit, bei der Räterichsboden-Staumauer, genommen. Eine zweite Granitprobe, an der wir eine Gesamtgesteinsanalyse durchführten, stammt aus dem westlichsten Teil des Massivs, vom Grisighorn. Es ist eine sehr saure, aplitische Randfazies aus dem Primärkontakt gegen die Schieferhülle.

Der Mittagfluhgranit

Der Mittagfluhgranit bildet einen kleinen, dem Zentralen Aaregranit vorgesetzten Stock in der Gegend der Mittagfluh bei Guttannen. Er ist saurer als der Zentrale Aaregranit; man nimmt an, dass es sich um eine wenig jüngere, randliche Nachintrusion handelt. JÄGER (1962) bestimmte das Alter einer Gesamtgesteinsprobe aus dem nördlichen Randgebiet des Gesteins, ebenso untersuchten JÄGER und FAUL (1959) Glimmer des Mittagfluhgranits. Da die Altersbestimmungen an den Glimmern damals als Mischalter gedeutet wurden, und die Bestimmung des totalen Gesteins ein Alter ergab, das sowohl als Intrusions- als auch als Mischalter gedeutet werden konnte, versuchten wir mit der Analyse einer neuen Probe, die mehr aus dem Innern des Granitstocks stammt, Näheres aussagen zu können.

Der Erstfeldergneis

Der Erstfeldergneis ist ein migmatischer Gneis, wechselnd lagig oder verfaltet, mit teilweise ausgebleichtem Biotit. Da die Gneise gegenüber den Schiefern stark überwiegen, wurde früher der Erstfelder-Gneiszug streng von der nördlichen Schieferhülle abgetrennt. Feld- und vor allem Stollenaufschlüsse zeigten aber immer deutlicher, dass zwischen den beiden Zonen keine scharfe Grenze besteht und oft auch Massen vom Typus Erstfeldergneis in der Schieferhülle auftreten können (HÜGI 1956 und mündliche Mitteilung). Man neigt deshalb heute eher dazu, den Erstfeldergneis als Teil der Schieferhülle des Aarmassivs zu betrachten und ihn, wie dies auch in Figur 1 geschehen ist, nicht mehr auszuscheiden. Die Auswahl der Proben erfolgte vor allem auf Grund der Biotitführung, da im Erstfeldergneis fast alle Stadien der Ausbleichung auftreten. Um auch den Einfluss solcher Farbveränderungen auf das Glimmeralter zu erfassen, wählten wir zwei Proben aus: Die eine stammt von Bocki, ob Erstfeld, etwa 20 m unterhalb der Grenze des Gneiszuges gegen den Sedimentmantel. Die Biotite scheinen hier noch sehr frisch und unverändert. Eine zweite Probe mit stark ausgebleichten Biotiten entnahmen wir eher der Zentralpartie des Gneises, an der Sustenstrasse. Wie vor allem auch

Tabelle 1. *Rb-Sr-Altersbestimmungen an Gesteinen aus dem Aaremassiv*

Probe	Gestein	Fundort	Mineral	Rb^{87} ppm	Sr^{87} rad. ppm	% rad.	comm. Sr ppm	Rb-Sr-Alter Mill. Jahre
1	Gasterngranit	Gasterntal unter Hoh. Turm Koord. 622.000/660.725	Biotit	128	0,510	54,2	6,24	271 ± 11
2	Mittagfluhgranit	Tschingelbrücke, Grimselstr. Koord. 165.775/666.000	Gesamtgestein	91,3	0,343	24,8	15,2	256 ± 22
			Biotit	625	0,501	64,0	4,09	54 ± 3
			Mikroklin	195	0,292	27,5	11,1	102 ± 8
			Albit	18,0	0,572	21,7	30,0	2200 ± 250
3	Zentraler Aaregranit	Räterichsboden, Grimselstr. Koord. 667.950/160.650	Biotit	261	0,0708	31,3	2,24	18,5 ± 2
4	Zentraler Aaregranit, aplit. Randfazies	Nordflanke Grisighorn Koord. 137.700/638.550	Gesamtgestein	51,5	0,189	12,7	18,8	249 ± 40
5	Erstfeldergneis	Bocki, ob Erstfeld Koord. 187.825/690.750	Biotit	114	0,501	69,4	3,20	298 ± 12
				112	0,504	66,9	3,60	305 ± 12
6	Erstfeldergneis	Sustenstr. nach Pt. 1946 Koord. 176.325/675.000	Biotit ausgebleicht	65,4	0,163	13,4	15,3	170 ± 27
7	Pegmatit in Tödigranit	Stollen Obersand-Stausee 1 km nach Fenster Ochsenstock Richtung Stausee	Muskowit	317	1,46	82,7	4,42	312 ± 12
8	Pegmatit in Schollenzone N südl. Aaregranit	Zw. Mittelplatte und Etzlihütte Koord. 175.375/698.300	Muskowit	198	0,834	73,5	4,36	287 ± 12
9	Pegmatit in nördl. Schieferhülle	NW Restialp, Lötschental Koord. 138.450/623.200	Muskowit	82,6	0,375	19,1	23,1	309 ± 30

Stollenaufnahmen zeigten, ist diese Ausbleichung der Biotite, die man immer wieder im Aarmassiv beobachten kann, nicht etwa eine Verwitterungsfolge, sondern sie entstand bei der alpinen Metamorphose.

Die Pegmatite

Die Erfahrung zeigt immer wieder, dass die Alter der groben Muskowite der Pegmatite viel weniger durch Metamorphosen beeinflusst werden als die Biotite der umgebenden Gesteine. Die Muskowite der Pegmatite können sehr oft noch das vormetamorphe Alter zeigen, während dieselben Mineralien im Nebengestein ihr Sr^{87} schon abgegeben haben (FERRARA u. A. 1963). Aus diesem Grunde versuchten wir auch möglichst viele frische Pegmatite aus verschiedenen Zonen des Aarmassives zu analysieren, um so ein Minimalalter für die Nebengesteine zu erhalten. Leider sind aber verhältnismässig wenig Gesteine dieser Art bekannt. Der Pegmatit aus dem Tödigranit stammt aus einem Zuleitungsstollen der Kraftwerke Linth-Limmern AG und liegt einige Meter vom Nordkontakt des Tödigranits entfernt als diskordanter Gang im Granit[2]). Der Tödigranit ist einer der wenigen Granite des Aarmassivs, dessen Alter sich geologisch ziemlich gut einstufen lässt, da ein Granitporphyr fossilführendes Oberkarbon durchbricht, aber diskordant an einer Erosions- und Verwitterungsoberfläche von der Trias überlagert wird.

Im Gebiete der Mittelplatte zwischen dem Etzlital und der Val Milà ist der Zentrale Aaregranit in zwei Teilzüge aufgeteilt (HUBER 1948): Den nördlichen Zug bildet der Aaregranit s. str., welcher durch den Giuvsyenit und eine Schollenzone vom südlichen Aaregranit getrennt ist. Diese trennende Schollenzone besteht vorwiegend aus Hornfels-, Amphibolit- und Biotitgneisschollen und ist von einer aplitischen Fazies des südlichen Aaregranits durchadert. Man findet hier auch muskowitführende, pegmatitartige Gesteine, die allerdings nicht eigentliche Gänge bilden, sondern eher Schlieren und Nester. Aus einem solchen Neste stammt auch unsere Probe für die Altersbestimmung. Der dritte von uns analysierte Pegmatit, der des Lötschentals, stammt aus der nördlichen Schieferhülle; es ist ein mehrere Meter breiter Gang östlich der Restialp in Serizitschiefern. Die Probe war leider nicht so frisch wie die beiden vorher beschriebenen, da sie aus einer etwas zerrütteten Felsmasse am oberen Abrissrand einer Sackung stammt.

DISKUSSION DER ALTERSWERTE

Die Ergebnisse der Altersbestimmungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt, wo auch die genauen Fundpunkte aufgeführt sind. Die petrographischen Untersuchungen über die alpine Metamorphose im Aarmassiv ergaben (vgl. E. NIGGLI in J. CADISCH 1953 und E. NIGGLI 1960), dass sich ihr Einfluss von Südosten nach Nordwesten allmählich abschwächt.

Unsere Altersbestimmungen an den Biotiten bestätigten diese Ergebnisse: Ganz im Norden des Massivs konnten, wie zu erwarten war, noch alte, präalpine

[2]) Die Pegmatitprobe wurde im Zuge radiometrischer Stollenaufnahmen von A. STECK gesammelt. Siehe Geol. Längsprofil, Plan V in Bericht über die radiometrischen und geologischen Aufnahmen in den Stollen der Kraftwerke Linth-Limmern AG vom 8. 1. 63 z. H. des Arbeitsausschusses Atombrennstoffe.

Biotite gefunden werden. Mehr im Innern des Aarmassivs zeigten die Biotite Mischalter und die südlichste von uns untersuchte Probe endlich ergab ein alpines Alter von 19 Millionen Jahren. Die Altersbestimmungen an Muskowiten und an Gesamtgesteinen ergaben Werte von 249 bis 309 Millionen Jahren und bestätigten damit die herzynische Granitintrusion im Aarmassiv. Altersbeziehungen zwischen den einzelnen Gesteinen konnten bisher auf Grund der Altersbestimmungen aus folgenden Gründen noch nicht hergestellt werden: Erstens mag die alpine Metamorphose auch Muskowite und Gesamtgesteine noch beeinflusst haben und zweitens sind die Fehlergrenzen noch so gross, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Altern noch nicht eindeutig herausgearbeitet werden können.

Das Alter des Gasterngranits (271 $\pm$ 11 Mill. Jahre) könnte noch etwas zu niedrig sein, da es an Biotiten gemessen wurde: Man konnte nämlich feststellen, TILTON u. A. (1960), dass der Biotit schon bei relativ niedriger Temperatur sein Sr^{87} allmählich abgibt. Wie wir schon früher sagten, kann man im Gasterngranit leicht makrokospisch verschiedene Stadien von «metamorphen» Biotiten finden, die wahrscheinlich bedeutungslose jüngere Mischalter ergäben, ähnlich wie wir es beim Erstfeldergneis beobachten konnten, wo der ausgebleichte Biotit von der Sustenstrasse das Alter von 170 Mill. Jahren ergab. Wir müssen also das hier gefundene Alter als ein Minimalalter der Intrusion betrachten. Weitere Untersuchungen werden uns sicher erlauben, etwas mehr über diesen Granit aussagen zu können.

Die Altersbestimmungen am Mittagfluhgranit zeigten recht interessante Resultate: Es wurden hier möglichst alle Hauptgemengteile, die Rb und Sr enthalten, und das Gesamtgestein analysiert. Dabei ergaben sich sehr verschiedene Werte, für die die alpine Metamorphose verantwortlich sein dürfte. Um die Zahlen zu verstehen, müssen wir uns etwa folgendes Bild vorstellen: Der Mittagfluhgranit bildete seit seiner Intrusion im Spätpalaeozoikum im Hinblick auf Rb und Sr ein geschlossenes System, auch bei der Aufwärmung während der alpinen Metamorphose. Die einzelnen Mineralien waren, wie ja die Neubildung von Stilpnomelan, Epidot usw. zeigt (JÄGER u. A. 1961), kein geschlossenes System mehr, der Austausch erfolgte jedoch auf so kurze Distanz, dass man das Gestein wohl als geschlossenes System betrachten kann. Das aus dem Biotit und dem Feldspat bei der Aufwärmung frei gewordene radiogene Sr^{87} wurde in der nächsten Nachbarschaft in den Plagioklas und wahrscheinlich auch noch in andere Ca-Mineralien eingebaut. Nach dieser Vorstellung wird das Gesamtgesteins-Alter von der Metamorphose nicht beeinflusst, sondern gibt den Zeitpunkt, zu welchem das Gestein eine geochemische Einheit wurde, also z. B. den Zeitpunkt der Differentiation oder der partiellen Anatexis.

Wurden nun während der Metamorphose die Sr-Isotopen völlig ausgetauscht und wurde überall das Sr-Isotopenverhältnis praktisch homogenisiert, so erhalten wir im Gestein von diesem Zeitpunkt an für das «gewöhnliche» Sr ein neues Isotopenverhältnis, das vom Normalwert dann abweicht, wenn das Gestein relativ Rb-reich ist und vor dem Austausch schon längere Zeit existierte. Wir können nun nach folgendem Schema den Zeitpunkt des Austausches bestimmen (COMPSTON u. A. 1959): Wir bestimmen für verschiedene Annahmen des Sr^{87}/Sr^{88}-Verhältnisses des «gewöhnlichen» Sr das zugehörige $Sr^{87}rad./Rb^{87}$-Verhältnis und zwar für alle analysierten Mineralien und das Gesamtgestein. Diese Werte werden in ein Dia-

gramm eingetragen, auf dessen Abszisse die Sr^{87}/Sr^{88}-Werte des «gewöhnlichen» Sr und auf dessen Ordinate die $Sr^{87}rad./Rb^{87}$-Werte linear abgetragen sind. Alle Punkte einer Analyse müssen auf einer Geraden liegen. Schneiden sich nun all diese Geraden in einem Punkte, so bedeutet dies, dass zu einem bestimmten Zeitpunkte eine vollständige Durchmischung der Sr-Isotopen herrschte. Aus dem Verhältnis $Sr^{87}rad./Rb^{87}$ in diesem Schnittpunkt können wir sodann den Zeitpunkt der Durchmischung berechnen.

Fig. 2 zeigt eine solche Darstellung für die vier Analysen des Mittagfluhgranits. Die Geraden schneiden sich nun aber nicht in einem Punkte, was bedeutet, dass die Durchmischung des Sr nie eine vollständige war, was weiter besagt, dass der Biotit und der Mikroklin ihr radiogenes Sr^{87} nie vollständig wieder abgaben.

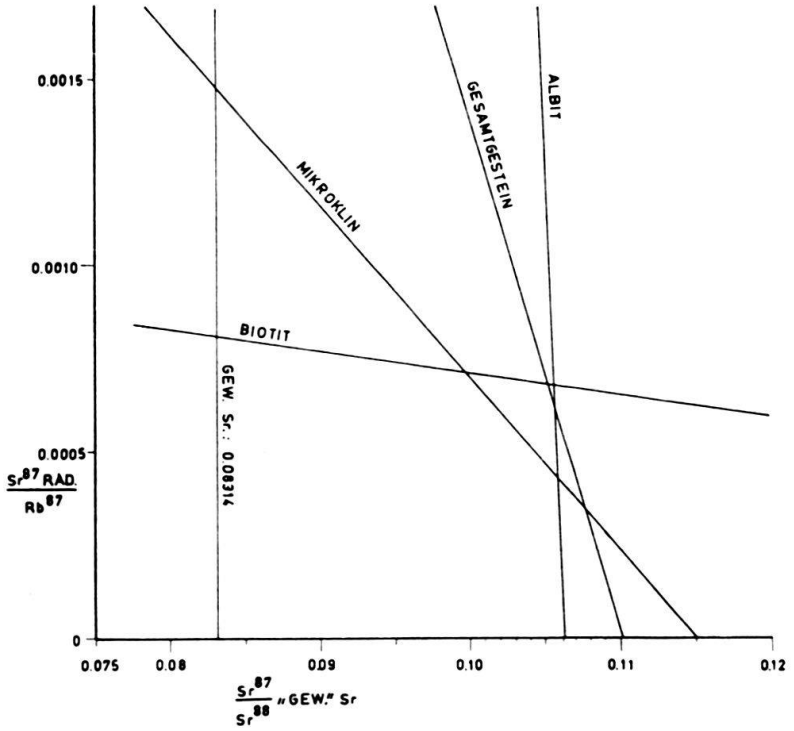

Fig. 2. Das Verhältnis Sr^{87}/Sr^{88} für «gewöhnliches» Sr als Funktion des Verhältnisses $Sr^{87}rad./Rb^{87}$, dargestellt für die analysierten Mineralien und das Gesamtgestein des Mittagfluhgranits.

Die erhaltenen Alterswerte stellen also Mischalter dar, wie ja auch schon JÄGER und FAUL (1959) das damals erhaltene Rb-Sr-Alter von 77 Mill. Jahren als Mischalter deuteten. Aus derselben Überlegung heraus können wir auch das viel zu hohe Alter des Albits verstehen: Das vom Biotit und Mikroklin abgegebene $Sr^{87}rad.$ wurde zum Teil im Albit aufgenommen und ergibt wegen des niedrigen Rb-Gehalts dieses Minerals einen sehr hohen Alterswert, der nicht als geologisches Alter gedeutet werden darf. Eine quantitative Berechnung des Sr-Austausches zwischen allen Mineralien des Mittagfluhgranits können wir heute noch nicht geben, da uns Analysen an Apatit, Epidot und anderen Ca-Mineralien noch fehlen.

Dass auch der Schnittpunkt der drei Geraden von Biotit, Albit und Gesamtgestein für die Berechnung der Metamorphose keine Bedeutung hat, versteht sich aus dem Gesagten.

Dass der Granitstock randlich in bezug auf Rb und Sr offenbar doch kein geschlossenes System war, zeigt das von JÄGER (1962) erhaltene niedrige Altersresultat im Gesamtgestein von 193±21 Mill. Jahren. Unsere Altersbestimmungen wurden an einer Probe im Innern des Stockes gemacht, und wir erhielten ein Resultat von 256±22 Mill. Jahren für das Gesamtgestein, das sich auch bei Berücksichtigung der Fehlergrenzen noch von den 193 Mill. Jahren unterscheiden lässt.

Aus dem letztgenannten Grunde braucht der gemessene Alterswert der aplitischen Randfazies des Zentralen Aaregranites vom Grisighorn (249±40 Mill. Jahre) nicht dem Alterswert der Hauptmasse zu entsprechen. Auch hier werden eine Anzahl weiterer Messungen bessere Resultate ergeben.

Der grüne Biotit des Zentralen Aaregranites bei der Räterichsbodenstaumauer, also nahe dem Mittagfluhgranit, ergibt schon ein eindeutig alpines Alter von 18,5±2 Mill. Jahren, das sehr gut mit dem von JÄGER und FAUL (1959) erhaltenen Wert nach der K-Ar-Methode von 23 Mill. Jahren übereinstimmt.

Die Probe des Erstfeldergneises von der Nordgrenze des Zuges ist alpin sehr wenig beeinflusst und zeigt das Alter der herzynischen Metamorphose, ganz im Gegensatz zum ausgebleichten Biotit von der Sustenstrasse, etwas mehr im Innern des Gesteinszuges, der mit seinen 170 Mill. Jahren offensichtlich ein Mischalter liefert.

Die Pegmatite ergaben alle, wie zu erwarten war, herzynische Alterswerte: Die Messung am Pegmatit aus dem Tödigranit, die ein oberkarbonisches Alter gibt (312±12 Mill. Jahre), bestätigt die Ergebnisse von HÜGI (1941). Er stellt diesen Granit in die Gastern-Lauterbrunnen-Innertkirchner-Granitzone, also zur älteren Granitgeneration des Aarmassivs. Auch der Pegmatit des Lötschentals in der Schieferhülle (309±30 Mill. Jahre) dürfte einer voraaregranitischen Intrusion angehören. Etwas schwerer verständlich scheint uns das Alter des Pegmatits von der Mittelplatte: Wie wir sahen, liegt er in einer stark injizierten, schmalen Schollenzone zwischen zwei Zügen des Zentralen Aaregranites. Wir neigen daher dazu, ihn dem Aaregranit zuzordnen und nicht einer früheren Intrusion, wie die anderen Pegmatite. Das Alter von 287±12 Mill. Jahren scheint uns denn auch leicht niedriger, als das der beiden andern Pegmatite. Bei Berücksichtigung der Fehlergrenzen überschneiden sich die Werte aber, so dass der Unterschied nicht reell zu sein braucht. Da in diesem Gebiet mit einiger Mühe noch weitere Pegmatite zu finden sind, werden die nächsten Messungen zeigen, ob das niedrigere Alter eine Zufälligkeit darstellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die gemessenen Alterswerte gut mit der Annahme vereinbar sind, dass die Eruptivgesteine des Aarmassivs in den herzynischen Zyklus zu stellen sind und dass die voralpidische Metamorphose des Erstfeldergneises ebenfalls herzynisches Alter besitzt. Ferner lassen unsere Werte den Einfluss der alpidischen Metamorphose deutlich erkennen, wobei auch die Zunahme des Metamorphosegrades nach Süden bestätigt werden konnte. – Es ist uns aber nicht gelungen, mit der Rb-Sr-Methode vorherzynische Alter zu finden.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau PD Dr. E. Jäger, die mich in die Methoden der Altersbestimmung einführte und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Herrn Prof. Dr. E. Niggli möchte ich für die vielen Diskussionen und für die Förderung und Kritik dieser Arbeit bestens danken. Ferner gilt mein herzlicher Dank

Herrn Prof. Dr. Th. Hügi, der mir die Proben der Pegmatite aus dem Lötschental und dem Tödigranit überliess. Herr A. Steck verschaffte mir den Zentralen Aaregranit vom Grisighorn, wofür ich ihm auch hier bestens danken möchte. Endlich sei Herrn J. Lüthi und Herrn H. Baethge für die Mithilfe im Labor und bei den Messungen mein Dank ausgesprochen.

Der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Kommission für Atomwissenschaft) ermöglichte durch Kredite die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit, wofür ich ihm zu grossem Dank verpflichtet bin.

BENÜTZTE LITERATUR

ALDRICH, L. T., DAVIS, G. L., TILTON, G. R., and WETHERILL, G. W. (1956); *Radioactive ages of minerals from the Brown Derby Mine and the Quartz Creek granite near Gunnison, Colorado.* Journ. of Geophys. Research., *61*, 215–232.

COMPSTON, W., and JEFFERY, P. M. (1959); *Anomalous 'common strontium' in granite.* Nature., *184*, 1792–1794.

COMPSTON, W., JEFFERY P. M., and RILEY, G. H. (1960); *Age of emplacement of granites.* Nature., *186*, 702–706.

FERRARA, G., HIRT, B., JÄGER, E., and NIGGLI, E. (1962); *Rb–Sr and U–Pb age determinations on the pegmatite of I Mondei and some gneisses from the neighborhood.* Eclogae geol. Helv., *55*/2.

HUBER, W. (1948); *Petrographisch-mineralogische Untersuchungen im südöstlichen Aarmassiv.* Schweiz. Min.-Petr. Mitt., *28*, 555–642.

HÜGI, TH. (1951); *Zur Petrographie des östlichen Aarmassivs und des Kristallins von Tamins.* Schweiz. Min.-Petr. Mitt., *21* 1–120.

– (1956); *Vergleichende petrologische und geochemische Untersuchungen an Graniten des Aarmassivs.* Beitr. zur geol. Karte der Schweiz. NF., *94*.

– (1963); *Geologischer Führer der Schweiz*, Exkursion 19, Grimsel (im Druck).

JÄGER, E., and FAUL, H. (1959); *Age measurements on some granits and gneisses from the Alps.* Bull. Geol. Soc. America, *70*, 1553–1557.

JÄGER, E,, KEMPTER, E., NIGGLI, E. und WÜTHRICH, H. (1961); *Biotit-Varietäten und Stilpnomelan im alpin metamorph überprägten Mittagfluh-Granit (Aarmassiv).* Schweiz. Min.-Petr. Mitt., *41*, 117–126.

JÄGER, E. (1962); *Rb–Sr age determinations on micas and total rocks from the Alps.* Journ. of Geophys. Research., *67*, 5293–5286.

MEYROWITZ, N., CUTTITTA, F., and HICKLING, N. (1959); *New diluent for bromoform in heavy liquid separation of minerals.* Am. Min., *44*, 884–886.

NIGGLI, E. (1953); *In «Geologie der Schweizer Alpen»* von J. CADISCH. Wepf und Co., Basel.

– (1960); *Mineral-Zonen der Alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen.* Intern. Geol. Congr., Copenhagen, Rept. 21st Session, Norden, part *13*, 132–138.

REEDER, S. W., and MCALLISTER, A. L. (1957); *A staining method for the quantitative determination of feldspars in rocks and sands from soils.* Canadian Journ. of Soil Science, *31*, 57–59.

TILTON, G. R. (1960); *Comparison of isotopic dating methods.* Summer Course on Nuclear Geology, Varenna 1960.