Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 62 (1969)

Heft: 2

Artikel: Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen Hellglimmer- und Gesamtgesteinsalterswerke

Autor: Hunziker, Johannes C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163710

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Eclogae geol. Helv.	Vol. 62/2	Seiten 527–542	2 Textfiguren, 3 Tabellen und 1 Tafel (I)	Basel, Dez. 1969

550.53 / 494.44

Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen Hellglimmer- und Gesamtgesteinsalterswerte

von JOHANNES C. HUNZIKER

Mineralogisch-Petrographisches Institut, Sahlistrasse 6, 3012 Bern

ZUSAMMENFASSUNG

An 23 alpinen phengitischen Hellglimmern aus der Monte Rosa-Bernhard- und der Monte Leone-Decke sowie 6 herzynischen Muskowiten aus der Monte Rosa-Bernhard-Decke wie auch an 6 Gesamtgesteinen der Monte Rosa-Decke wurden Rb-Sr-Altersbestimmungen durchgeführt. Die alpinen Hellglimmeralter liegen zwischen 22 M.J. im NE und 40 M.J. im SW des untersuchten Gebietes. Die Kulmination der letzten Phase der alpinen Metamorphose wurde in der Monte Rosa-Decke mit 38 ± 2 M.J. bestimmt. Eine postmetamorphe Dislokation der Deckeneinheiten (SW–NE) von minimal 6 km Sprunghöhe an der Simplon-Centovalli-Störung wird auf Grund des Altenssprunges postuliert (unter der Annahme von konstanter Hebung). Der Altersunterschied zwischen den 8 herzynischen Muskowiten und dem Alter der Gesamtgesteinsisochrone an 6 Graniten der Monte Rosa-Decke, die ein Intrusionsalter von 310 ± 50 M.J. geben, lässt auf ein zweiphasiges herzynisches Geschehen schliessen.

ABSTRACT

Rb-Sr-ages were determined on 23 phengitic alpine micas from the Mte. Rosa-Bernhard and the Mte. Leone-Nappe and on 6 herzynian muscovites of the Mte. Rosa-Bernhard-Nappe as well as on 6 total rock samples of granite from the Mte. Rosa-Nappe. The alpine ages of phengite range between 22 my in the NE to 40 my in the SW of the region. The culmination of the last phase of alpine metamorphism in the Mte. Rosa-Nappe was determined to be 38 ± 2 my. We have strong evidence for a postmetamorphic dislocation of the nappes from SW–NE of more than 6 km. An isochron of 6 total rock samples of granites from the Mte. Rosa-Nappe gives an age of 310 ± 50 my. This is interpreted as the age of intrusion of this granite. The age difference between the total rocks and the herzynian muscovites yields strong evidence for a two phase herzynian event.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 528
1. Problemstellung 528
  a) Alpine Hellglimmer 528
    Alter der alpinen Metamorphose 529
    Altersunterschied Hellglimmer Biotit 529
  b) Voralpine Hellglimmer 529
  c) Intrusion der Mte. Rosa-Granite 529
2. Rb-Sr-Altersbestimmungen 529
  a) Methodisches 529
    Schwierigkeiten in der Interpretation der Phengitalter 531
  b) Resultate 531

3. Interpretation 532
a) Regionale Verteilung der Phengitalter 532
b) Simplon-Centovalli-Störung 532
c) Ausmass und Alter der alpinen Metamorphose 535
d) Hebungsgeschwindigkeit nach der alpinen Metamorphose 537
e) Ausmass und Alter der voralpinen Metamorphose 537
f) Intrusionsalter der Mte. Rosa-Granite 538
4. Gesteinsbeschreibung 539
Literaturverzeichnis 541

Vorwort

In Fortführung der 1966 begonnenen Arbeit «Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen – Biotitalterswerte und ihre Bedeutung für die Abkühlungsgeschichte der alpinen Metamorphose» von J. HUNZIKER und P. BEARTH werden diesmal die Rb-Sr-Resultate an Hellglimmern und Gesamtgesteinen aus demselben Gebiet gezeigt.

Unser Dank gilt vor allem Frl. Prof. Dr. E. JÄGER, auf deren Anregung hin diese Untersuchungen in Angriff genommen wurden und die durch kritische Überprüfung der Arbeit viel zu deren Gelingen beitrug. Für Anregung und Diskussion danken wir den Herren Prof. Dr. E. NIGGLI, Prof. Dr. A. STRECKEISEN, Dr. M. FREY, Dr. J. PURDY, Dr. A. ARNOLD, Bern, Prof. Dr. P. BEARTH, Prof. Dr. E. WENK, Prof. Dr. H. SCHWANDER, Dr. S. GRAESER, Dr. W. B. STERN und R. WETZEL, Basel, ferner Dr. G. DAL PIAZ, Turin. Wertvolle Mitarbeit im Labor verdanken wir Frl. Prof. Dr. E. JÄGER, Herrn Dr. A. ARNOLD, Herrn R. BRUNNER, Herrn A. EGGER, Frl. E. HILTBRAND sowie Herrn E. WENGER.

Frl. Prof. Dr. E. JÄGER, Herr Prof. Dr. P. BEARTH und Herr Prof. Dr. E. NIGGLI besorgten in verdankenswerter Weise die kritische Durchsicht des Manuskripts. Der Schweizerische Nationalfonds und die Basler Forschungskommission des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Universität Basel ermöglichten durch ihre Beiträge das Entstehen dieser Arbeit.

1) Problemstellung

Aus der Arbeit «Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen – Biotitalterswerte und ihre Bedeutung für die Abkühlungsgeschichte der alpinen Metamorphose» von J. HUNZIKER und P. BEARTH (1969), im folgenden kurz Biotitaltersarbeit genannt, ergaben sich zwangsläufig die Hauptproblemkreise für weitere Untersuchungen – alpine Hellglimmer, voralpine Hellglimmer und die Intrusion der Mte. Rosa-Granite.

a) Alpine Hellglimmer

Schon beim Mikroskopieren der untersuchten Gesteine fiel auf, dass oft zwei Generationen von Hellglimmern gemeinsam auftreten. Neben einer grobblätterigen, älteren, weissen Hellglimmergeneration, die auf Grund ihrer Farbe als Muskowit betrachtet wird, tritt als zweite Generation einerseits Serizit auf, andererseits ein grünlicher Glimmer, der nach der Arbeit von S. GRAESER und E. NIGGLI (1966) und H. SCHWANDER et al. (1968) am ehesten als Phengit oder phengitischer Muskowit zu

bezeichnen ist. Vorläufige Röntgenfluoreszenzanalysen des Gesamteisens stützen den vermuteten Unterschied der beiden Glimmergruppen; die voralpinen Muskowite sind alle extrem Fe-arm. Eine mineralchemische Arbeit, die diese Punkte näher beleuchten wird, ist im Gange.

Die alpine phengitische Hellglimmergeneration erlaubt uns, das Alter der letzten Phase der alpinen Metamorphose besser einzuengen, als dies in der Arbeit «Biotitalterswerte und ihre Bedeutung für die Abkühlungsgeschichte der alpinen Metamorphose» geschehen ist. Biotit ergibt ein Minimalalter der Metamorphose (Abkühlung auf 300°C nach der Metamorphose). Nach P. BEARTH (1952) wird Biotit im Monte Rosa-Kristallin oft erst während der Abkühlungsphase der alpinen Metamorphose gebildet. Im Gegensatz dazu wird Phengit schon bei zunehmender Metamorphose gebildet; wir können somit die Kulmination der Metamorphose durch diese beiden Mineralien eingabeln, wie mittels Rb-Sr-Analysen gezeigt werden kann.

Sind wir bei einem Phengit aber sicher, dass er gar während der Kulmination gebildet wurde, so ergibt uns der Altersunterschied Phengit–Biotit ein Mass für die Abkühlungsgeschwindigkeit und somit ein Kriterium für die Hebungsgeschwindigkeit des betreffenden Gebirgsausschnittes nach der alpinen Metamorphose.

b) Voralpine Hellglimmer

Im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes (nach S. GRAESER u. E. NIGGLI (1966) und H. SCHWANDER et al. (1968) in der alpinen Phengit-Zone) sind die Muskowitalter durchwegs voralpin. Im Osten, d.h. gegen den Simplon kommen keine reinen Muskowite mehr vor.

Da wir mit E. JÄGER et al. (1967) annehmen, dass die Temperatur, die notwendig ist, um Muskowit zu verjüngen, um 500°C liegt, können wir zunächst die herzynischen Muskowitalter auf zwei Arten interpretieren. Als primäres Abkühlungsalter nach der Bildung des Gesteins oder als Verjüngungsalter während einer nachfolgenden voralpinen, thermischen Phase. Ausschlaggebend für die Deutung ist das Intrusionsalter der Monte Rosa-Granite.

c) Intrusion der Monte Rosa-Granite

Nach P. BEARTH (1952) ist die Intrusion der Monte Rosa-Granite oberkarbonisch. An Hand einer Gesamtgesteinsisochrone von postgranitisch nicht oder wenig deformierten Graniten der Monte Rosa-Decke sollte abgeklärt werden, ob die herzynischen Muskowite ihr primäres Bildungsalter bewahrt haben oder während einer späteren thermischen Phase verjüngt worden sind. Dabei muss diskutiert werden, ob von einer nachfolgenden Metamorphose gesprochen werden kann oder nicht, da sich auf Grund von geologischen Evidenzen bisher wenig Argumente für eine weitere Metamorphose zwischen Intrusion der Granite und alpiner Metamorphose finden liessen.

2) Rb-Sr-Altersbestimmungen

a) Methodisches

Rb-Sr-Altersbestimmungen wurden an sechs Muskowiten und 14 Phengiten der Monte Rosa-Decke sowie an weiteren 9 Phengiten und phengitischen Muskowiten

der Monte Leone-Decke, des Camughera-Moncucco-Komplexes und der Sesia-Zone durchgeführt. Die Proben stammen aus demselben Gebiet, aus dem von J.C. HUNZIKER und P. BEARTH (1969) schon über Biotitalterswerte berichtet wurde, wenn möglich wurden sogar Hellglimmer aus denselben Proben verwendet. Das Gebiet wird im Osten durch die Simplon-Strasse, im Norden durch das Rhone-Tal, im Westen durch die Matter-Vispa und im Süden durch das Aosta-Tal begrenzt. Da schon in der Biotitaltersarbeit das Methodische kurz gestreift wurde, sei auf diese Arbeit verwiesen und nur die verwendeten Konstanten hier nochmals erwähnt.

Zerfallskonstante	=	$1{,}47 \times 10^{-11}$ Jahre^{-1}
Rubidium 85/87	=	2,591 (Atomverhältnis)
Strontium 88/86	=	8,432 (Atomverhältnis)
Strontium 87/86	=	0,7091 (Atomverhältnis)
Strontium 86/84	=	17,49 (Atomverhältnis)

Der Fehler der unkorrigierten Alter in M.J. wurde wie folgt berechnet:

$$\Delta_x = \pm \frac{a+b}{c \times 100} \times T$$

wobei a = ^{87}Sr gemessen
= ^{87}Sr gewöhnlich + ^{87}Sr Vergleichsisotop + ^{87}Sr radiogen
b = ^{87}Sr gewöhnlich
c = ^{87}Sr radiogen
T = Alter der Probe in Millionen Jahren
Δ_x = Fehler in Millionen Jahren

Bei hochradiogenen Proben wurde ein Minimalfehler von $\pm$ 4% angegeben. Die Fehler sind Analysenfehler und beinhalten nicht die ungenaue Kenntnis der Zerfallskonstante.

Der Ausdruck % radiogen in Tabelle 1 gibt den Anteil von radiogenem am gesamten ^{87}Strontium.

$$\%\,\text{rad.} = \frac{^{87}\text{Sr rad.}}{^{87}\text{Sr rad.} + {}^{87}\text{Sr gewöhnlich}} \times 100$$

Ein seit herzynischer Zeit für Rubidium und Strontium geschlossenes Gesamtgestein weist in alpiner Zeit ein erhöhtes Sr^{87}/Sr^{86}-Verhältnis auf, da es seit der Schliessung des Systems radiogenes Sr gespeichert hat. Im Falle einer alpinen Mineralneubildung oder Umkristallisation steht dieses Mineral in alpiner Zeit mit dem Gestein in Austausch, baut demnach ein erhöhtes Sr^{87}/Sr^{86} ein. Unter der Annahme, dass im Moment der Schliessung des Rb-Sr-Systems des Minerals das Verhältnis Sr^{87}/Sr^{86} in Mineral und Gestein gleich war, können wir mit einer Sr-Gesteinsanalyse den Anteil an überschüssigem Sr^{87} radiogen im Mineral korrigieren. Wir erhalten dadurch den korrigierten Alterswert in der letzten Kolonne von Tabelle 1. Der korrigierte Alterswert für die herzynischen Muskowite (Tabelle 2, letzte Kolonne) wurde durch Korrektur mit dem Initialen Sr^{87}/Sr^{86}-Verhältnis der Gesteine errechnet.

Schwierigkeiten in der Interpretation der Phengitalter

Im Untersuchungsgebiet treten drei Hellglimmersorten scheinbar stabil nebeneinander auf; Muskowit, Phengit und Paragonit. Paragonit scheint sich nach den Untersuchungen von P. BEARTH (1967), E. AN-ZEN, M. ROSS und P. BEARTH (1964), E. AN-ZEN u. A.L. ALBEE (1964), D. LADURON und H. MARTIN (1969) sowohl in den Ophiolithen als auch in Paraschiefern zu finden.

D. LADURON und H. MARTIN (1969) stellten mit der Röntgenmikrosonde fest, dass in Granatglimmerschiefern der Monte Rosa-Wurzel manchmal in einem Glimmerpaket Phengit, Muskowit und Paragonit in Wechsellagerung vorkommen. Die Dicken der einzelnen Glimmerphasen werden kleiner als 50 μ angegeben. Eine solche intime Verwachsung stellt nahezu unüberwindbare Probleme an die Mineralseparation.

Wenn aber wie in unserem Fall der begründete Verdacht besteht, dass verschiedene Glimmerphasen nicht dasselbe Alter haben, sind die Alterswerte solcher Proben unbrauchbar.

Für die Rb-Sr-Bestimmung fällt Paragonit der hohen Strontiumgehalte wegen ausser Betracht. In den von uns analysierten Proben war sicherlich keiner vorhanden, so dass sich das Problem auf Phengit und Muskowit beschränkt.

Dass es sich tatsächlich um Phengit und Muskowit handelt, konnte an Hand einer Röntgenfluoreszenz-Analyse des Gesamteisens nachgewiesen werden. Die alpinen, grünen Phengite haben durchwegs Gesamteisengehalte von 4–7% Fe_2O_3. Die herzynischen, weissen Muskowite enthalten 2–3% Fe_2O_3 Gesamteisen. Die meisten der von uns analysierten Gesteine enthielten nur eine der beiden Hellglimmerphasen. Für die Angaben eines Maximalalters von Phengit einerseits und des voralpinen Alters von Muskowit andererseits sind diese sicher die verlässlichsten Proben. Einige Gesteine führen schon makroskopisch sichtbar zwei Generationen von Hellglimmern nebeneinander. Wenn, wie in einigen Fällen, diese beiden Generationen extrem verschiedene Korngrössen aufweisen (in der Regel ist der Phengit feinkörniger als der Muskowit), können sie leicht voneinander getrennt werden. Schliesslich gab es noch wenige Proben, in denen Phengit neben Muskowit im selben Glimmerpaket vorkommen. Durch intensives Verreiben und Aufspalten einer solchen Phengitfraktion (KAW 403) gelang es, das Alter von ursprünglich 55 M.J. (Mischung von jungem Phengit und altem Muskowit) auf 42 M.J. zu erniedrigen. Dabei stieg das Alter der so erhaltenen hellen Phase entsprechend an. Vernünftigerweise werden solche Proben nicht für die Abklärung eines Maximalalters von Phengit benützt (KAW 403, 413 und 415).

b) Resultate

In Tabelle 1 sind die Rb-Sr-Analysendaten und Altersresultate von 23 alpinen Phengiten und Muskowiten aus den Walliser Alpen aufgezeichnet. In Tabelle 2 findet man die Rb-Sr-Daten von 6 herzynischen Muskowiten der Monte Rosa-Decke und in Tabelle 3 Rb-Sr-Analysendaten von 6 postgranitisch nicht oder wenig deformierten Graniten der Monte Rosa-Decke. Da in den Tabellen nur eine kurze Charakterisierung der Gesteine Platz fand, folgt am Ende dieser Arbeit eine eingehende Fundorts- und Gesteinsbeschreibung der hier erstmalig auftretenden Gesteine.

Für die schon in der Biotitaltersarbeit besprochenen Proben wird auf diese Arbeit verwiesen.

Auf Tafel I sind 31 neue Hellglimmerpunkte aufgetragen sowie noch 18 Punkte von E. JÄGER et al. (1967) und noch ein Punkt von der Arbeit von S. GRAESER und J. HUNZIKER (1968) in der Ivrea-Zone. Schraffierte Punkte entsprechen unkorrigierten Altern. Die neuen Punkte sind auf der Karte durch zwei Kreise, die Literaturpunkte durch einen Kreis markiert.

Die Farbgebung der Punkte geschah ähnlich wie in der Biotitaltersarbeit.

Dunkelrote Punkte	= Hellglimmer unter 16 M.J.
Hellrote Punkte	= Hellglimmer 16–21 M.J.
Dunkelgrüne Punkte	= Hellglimmer 21–26 M.J.
Hellgrüne Punkte	= Hellglimmer 26–31 M.J.
Dunkelblaue Punkte	= Hellglimmer 31–36 M.J.
Hellblaue Punkte	= Hellglimmer 36–40 M.J.
Schwarze Punkte	= Hellglimmer über 200 M.J.

Die Karte Tafel I wurde aus der Biotitaltersarbeit übernommen. Die geologische Grundlage der Karte stammt von P. BEARTH (1965) (Erläuterungen zu Blatt Sion, Geol. Karte der Schweiz 1 : 200 000). Die südlichen Partien wurden nach der Karte von F. HERMANN (1937), die Ostteile der Karte nach J. C. HUNZIKER (1966), B. REINHARDT (1966), R. SCHMID (1968) und H. WIELAND (1966) ergänzt.

3) Interpretation

a) Regionale Verteilung der Phengitalter

Die 23 analysierten Phengite und phengitischen Muskowite haben durchwegs alpine Alter zwischen 21 und 39 M.J. ergeben. Die Gruppierung der Alterswerte auf Tafel I zeigt wieder ungefähr dasselbe Bild wie dasjenige der Biotite. NE der Simplon-Störung haben die Phengite Alter zwischen 15 und 22 M.J. mit einer langsamen Zunahme nach SW bis auf 40 M.J. Im Mittel sind die Phengite 8 M.J. älter als die Biotite desselben Gesteins. Die regionale Änderung der Alterswerte wird wie bei den Biotiten durch zeitliche Differenzen in der Heraushebung des Gebietes erklärt. Der Südwestteil wurde vor dem Nordosten gehoben, kühlte demnach auch früher ab.

b) Simplon-Centovalli-Störung

In der Biotitaltersarbeit wurde ein Alterssprung an der Simplon-Centovalli-Störung beschrieben. Biotite aus Gesteinen nordöstlich der Störung zeigen Alterswerte um 11 M.J., südwestlich davon steigen die Alter rasch auf 20–25 M.J. Die Tatsache, dass die Phengitalter diesen Alterssprung sehr undeutlich mitmachen, und dass wir im kritischen Bereich des Zwischbergentales über keine Hellglimmerdaten verfügen, lässt leider die Angabe eines Maximalalters der Störung nicht zu.

Aus dem Alterssprung von minimal 8 M.J. beim Biotit können wir andererseits eine Verstellung berechnen. S. P. CLARK und E. JÄGER (1969) haben aus der Kombination von Wärmefluss und Isotopendaten Tiefenstufen zwischen 20°C/km und

Tabelle 1. Rb-Sr-Analysendaten und Altersresultate an alpinen Phengiten und Muskowiten aus den Walliser Alpen

KAW No.	Gestein	Lokalität	^{87}Rb ppm	^{87}Sr rad. ppm	% rad.	Sr common ppm	Alter in Millionen Jahren	Korrigiertes Alter M.J.
102	Zwei-Glimmer-Oligoklasgneis	Monte Crestese	97,3	0,0555	4,3	17,7	38,8 ± 17,6	
367	Phengit-Albitgneis	Saas-Fee	151	0,108	19,8	6,3	48,6 ± 4,4	33,1 ± 3,5
369	Zwei-Glimmer-Alkalifeldspatgneis	Pozzuoli, Antrona	213	0,144	14,1	12,7	46,0 ± 6,2	29,7 ± 4,8
371	Zwei-Glimmergneis	Ponte grande, Anzasca	230	0,141	37,6	3,4	41,7 ± 1,8	37,4 ± 1,5
372	Zwei-Glimmer-Alkalifeldspatgneis	Torno Bognanco	271	0,111	23,4	5,3	27,8 ± 2,2	21,1 ± 1,7
374	Zwei-Glimmerschiefer	Almageller-Tal	175	0,160	13,7	14,6	62,2 ± 8,5	39,0 ± 6,7
376	Zwei-Glimmer-Alkalifeldspat-Augengneis	Furggtal Weitsand	197	0,141	17,7	9,5	48,7 ± 5,1	35,4 ± 4,0
377	Augiger Zwei-Glimmer-Alkalifeldspatgneis	Saas-Fee	154	0,105	10,6	12,8	46,4 ± 8,5	34,1 ± 6,5
378	Augengneis von Randa	Randa	292	0,197	31,9	6,1	45,9 ± 2,4	35,4 ± 2,0
393	Zwei-Glimmer-Granat, Turmalin, Beryll führender Pegmatit	Isorno	287	0,108	33,5	3,1	25,6 ± 1,3	23,7 ± 1,1
400	Biotit-Phengitgneis	Nanztal, Dreilärchen	172	0,0853	14,7	7,2	33,7 ± 4,3	21,4 ± 3,4
401	Biotit-Phengitgneis	Nanztal Gebidem	178	0,121	11,6	13,3	46,3 ± 7,7	25,1 ± 6,0
402	Phengit-Albitgneis	Saas-Fee	150	0,100	25,3	4,3	45,4 ± 3,2	34,4 ± 2,6
403	Phengit-Albitgneis	Bordierhütte	324	0,263	41,9	5,3	55,2 ± 2,2	43,6 ± 2,0
			334	0,319	53,1	4,1	65,0 ± 2,5	56,8 ± 2,2
404	Phengit-Quarzit (Trias)	Embd	282	0,167	57,1	1,8	40,2 ± 1,0	33,2 ± 0,9
405	Zwei-Glimmer-Alkalifeldspatgneis	Passo Mte. Moro	213	0,159	12,8	15,7	50,7 ± 7,5	37,9 ± 5,9
406	Zwei-Glimmer-Alkalifeldspatgneis	Schieranco, Antrona	91,0	0,0654	7,8	11,3	49,0 ± 12,4	26,9 ± 9,6
408	Zwei-Glimmer-Oligoklasgneis	Trasquera	122	0,0400	2,4	23,5	22,3 ± 19	
409	Biotit-Phengitgneis	Spitzhörnli, Nanztal	188	0,119	12,4	12,1	43,1 ± 6,5	22,2 ± 5,1
412	Zwei-Glimmer-Albitschiefer	Cap. Mezzalama	139	0,196	3,1	89	95,8 ± 64	
413	Phengit-Albitgneis	Cap. Mezzalama	282	0,244	32,4	7,4	58,8 ± 3,1	45,4 ± 2,6
415	Biotit-Phengitgneis	Arnaz Aosta	122	0,0839	21,0	4,6	46,8 ± 4,1	42,2 ± 3,3
418	Phengit-Albitgneis	Andolla, Antrona	302	0,205	46,7	3,4	45,9 ± 1,5	26,3 ± 1,4

Tabelle 2. Rb-Sr-Analysendaten und Altersresultate an herzynischen Muskowiten der Monte Rosa-Decke

KAW No.	Gestein	Lokalität	^{87}Rb ppm	^{87}Sr rad. ppm	% rad.	Sr common ppm	Alter in Millionen Jahren	Korrigiertes Alter M.J.
86	Zwei-Glimmer-Granit mit Alkalifeldspataugen	Mte. Rosa-Hütte	196	0,718	62,1	6,4	249 ± 10	248 ± 10
91	Granat-Sillimanit-Zwei-Glimmergneis	Camplicioli, Antrona	93,4	0,391	19,5	23,4	284 ± 27	255 ± 22
92	Zwei-Glimmer-Granitgneis	Camplicioli, Antrona	133	0,395	34,8	10,7	202 ± 10	197 ± 8
366	Zwei-Glimmer-Albitgneis	Mattmark	228	0,718	55,2	8,4	214 ± 8	213 ± 8
411	Augiger Zwei-Glimmer-Alkalifeldspatgneis	Cap. Mezzalama	153	0,509	38,5	11,8	226 ± 12	222 ± 12
416	Augiger Zwei-Glimmer-Alkalifeldspatgneis	Brusson Valle d'Ayas	250	0,848	66,7	6,2	230 ± 10	226 ± 10

Tabelle 3 Rb-Sr-Analysendaten und Altersresultate an Gesamtgesteinsproben von nachintrusiv nicht oder wenig deformierten «Graniten» der Monte Rosa-Decke

KAW No.	Lokalität	^{87}Rb ppm	^{87}Sr rad. ppm	% rad.	Sr common ppm	Alter in Millionen Jahren	^{87}Sr/^{86}Sr	^{87}Rb/^{86}Sr	Korrigiertes Alter M.J.
86	Mte. Rosa-Hütte	73,3	0,353	6,3	76,3	327 ± 104	0,757	9,85	
92	Camplicioli, Antrona	60,9	0,350	2,5	195	390 ± 315	0,728	3,21	
369	Pozzuoli, Antrona	77,9	0,357	6,1	74,9	310 ± 110	0,755	10,01	310 ± 50
376	Furggtal, Weitsand	71,2	0,362	6,1	81,1	345 ± 110	0,755	9,03	
411	Cap. Mezzalama	65,5	0,297	3,39	122	310 ± 185	0,734	5,50	
416	Brusson, Valle d'Ayas	81,8	0,388	8,1	64,2	332 ± 82	0,772	13,10	

40 °C/km für das Simplon-Gebiet errechnet. E. JÄGER et al. (1967) haben aus der Altersdifferenz zwischen Biotit und Muskowit (8M.J.) auf eine Abkühlgeschwindigkeit von 25 °C/1 M.J. geschlossen. Zusammengefasst gibt uns dies auch unter der Annahme eines axialen Abtauchens der Simplon-Centovalli-Störung von ca. 30° nach SW (P. BEARTH (1956)) eine postmetamorphe Dislokation der Decken (SW–NE) von minimal 6 km Sprunghöhe bei Annahme von konstanter Hebung.

c) Ausmass und Alter der alpinen Metamorphose

Die ältesten Phengitalter werden nicht nur als Abkühlalter sondern auch als Bildungsalter interpretiert, wobei im folgenden versucht werden soll, die Gründe dafür darzustellen. P. BEARTH (1967) unterscheidet drei Etappen der alpidischen Gebirgsbildung in den Walliser Alpen.

1. Deckenbildung
2. Einengung, begleitet von Rückfaltung und Steilstellung gewisser Deckenteile.
3. Aufwölbung und Heraushebung des Gebirgskörpers.

Dabei korreliert BEARTH die Metamorphose im wesentlichen mit Phase 2. Die Kristallisation begleitet diese Phase zum Teil und überdauert sie. Aus Dünnschliffbeobachtungen geht hervor, dass Phengit oft die Durchbewegung überdauert, also syn- bis postkinematisch gebildet wurde. Nach P. BEARTH (1967) kristallisiert Phengit jedoch vor der Kulmination der Metamorphose, somit auch vor dem Biotit, der in einer retrograden Phase gebildet wurde (Heraushebung des Gebirgskörpers) und der, wie wir in der Biotitaltersarbeit dargelegt haben, die Abkühlung des Gesteins auf 300 °C datiert. Aus dem Umstand, dass das Gebiet der Phengite ins Staurolithfeld der alpinen Metamorphose hineinreicht, schliessen S. GRAESER u. E. NIGGLI (1966) auf Bildungstemperaturen über 450 °C für Phengit. Andererseits haben die Arbeiten von G. HOSCHEK (1967) und S.W. RICHARDSON (1968) ergeben, dass die Grenze Sprödglimmer/Staurolith bei einer vom Druck nur wenig abhängigen Temperatur von ca. 550 °C liegt. Im Monte Rosa-Bernhard-Kristallin befinden wir uns aber noch in der Chloritoid-Zone, also unterhalb 550 °C. Da alpiner Olivin aus Antigorit entstanden ist, muss die Temperatur jedoch 450 °C überschritten haben (N. L. BOWEN and O. T. TUTTLE (1949)). E. JÄGER et al. (1967) konnten an Hand der Übereinstimmung mineralparagenetischer Kriterien mit der Verjüngung von Muskowit zeigen, dass in regional metamorphen Gebieten die kritische Temperatur für die Verjüngung von Muskowit ca. 500 °C beträgt. Die Tatsache dass wir in der Monte Rosa-Decke noch herzynische Muskowite finden, lässt darauf schliessen, dass die Temperatur von 500 °C nicht wesentlich überschritten wurde. Durch Zusammenfassen aller dieser Umstände kommen wir somit zum Schluss, dass der Phengit, wenn nicht die Kulmination selbst, so doch ein Ereignis recht nahe der Kulmination (450–500 °C) der Metamorphose datiert. Somit können wir für die Gegend von Zermatt/Saas-Fee das in Fig. 1 dargestellte Temperatur-Zeitdiagramm der alpinen Metamorphose aufstellen.

Dabei kann die Kulmination der Metamorphose mit 38 ± 2 M.J. recht genau erfasst werden. Nach der Zeitskala von W. B. HARLAND et al. (1964) wäre dies die Grenze Eozän/Oligozän.

Es bleibt noch abzuklären, ob die kritische Temperatur für das Schliessen des Rb-Sr-Systems von Phengit wirklich ein wenig tiefer liegt als diejenige von Muskowit, oder ob wir mit den erhaltenen Phengitaltern die Entstehung von Phengit unterhalb dieser kritischen Temperatur datieren.

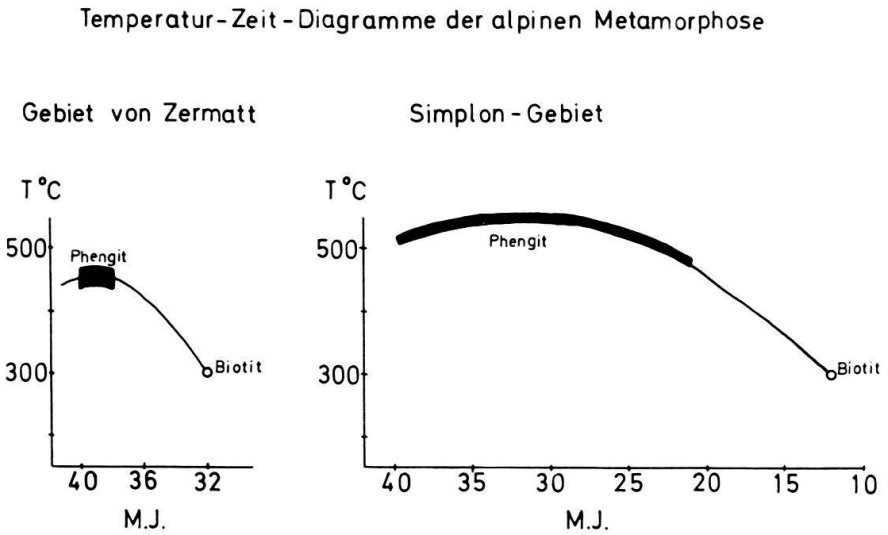


Fig. 1. Temperatur-Zeit-Diagramme der alpinen Metamorphose in der Gegend von Zermatt und im Simplon-Gebiet

Für die Simplon-Gegend kommen wir zu folgendem Temperatur-Zeit-Diagramm während der alpinen Metamorphose (Fig. 1). Gegen das Lepontin nimmt nach S. GRAESER u. E. NIGGLI (1966) und auch nach H. SCHWANDER et al. (1968) der Phengitcharakter des hellen Glimmers bei gleichzeitig zunehmendem Druck und zunehmender Temperatur ab. Am Simplon haben wir reine Abkühlalter von Phengit, diesmal bei Temperaturen unterhalb 550 °C während der letzten Phase der alpinen Metamorphose (ausserhalb der Staurolithisograde). Da wir nicht annehmen, dass die Kulmination der Metamorphose im Simplon-Gebiet 16 M.J. später erfolgte als im nur 25 km entfernten Gebiet von Zermatt/Saas-Fee, muss sich das Mineral Phengit schon während der Kulmination gebildet haben, aber erst beim Abkühlen zum geschlossenen System geworden sein. Der Befund, dass zwischen Zermatt und Simplon die Alterswerte langsam sinken (es handelt sich um Abkühlalter), kann am einfachsten durch folgende Interpretation erklärt werden. Die ältesten Phengitalterswerte sind sowohl Bildungs- wie Abkühlalter. Die kritische Temperatur für Phengit liegt tatsächlich ein wenig tiefer als für Muskowit; denn wir haben ja sogar gleiche Korngrössen bei altem Muskowit und jungem Phengit (ein Korngrösseneffekt ist somit auszuschliessen.). Der Umstand, dass die alpinen Hellglimmer des Monte Rosa-Gebietes phengitisch sind, liefert uns nach B. VELDE (1965) bei bekannter Bildungstemperatur einen Druck von ca. 5 kb, einen Wert, den auch P. BEARTH (1967) als möglich betrachtet.

Bei bloss lithostatischer Belastung würde dies einer Tiefe von ca. 18 km entsprechen, von denen nach P. BEARTH (1967) heute nur noch minimal 6 km nachweisbar sind (2 km der Dent Blanche-Decke + 1 km Mesozoikum + 3 km Mischabel-Rückfalte, d.h. ohne Berücksichtigung einer eventuellen Überdeckung durch höhere Dekkeneinheiten).

d) Hebungsgeschwindigkeit nach der alpinen Metamorphose

E. JÄGER et al. (1967) haben gezeigt, dass im Lepontin Muskowit wie Biotit alpine Abkühlalterswerte ergeben, ferner dass zwischen der kritischen Temperatur von Muskowit (500°C) und derjenigen von Biotit (300 °C) 8 M.J. verstreichen. Daraus haben sie auf eine Abkühlgeschwindigkeit von 25 °C/1 M.J. geschlossen.

Es ist nun naheliegend, dieselbe Rechnung auch für das Gebiet von Zermatt durchzuführen. Der Altersunterschied zwischen Phengit und Muskowit ist hier ebenfalls im Mittel 8 M.J. Wie wir zeigen konnten, muss die kritische Temperatur von Phengit zwar ein wenig tiefer liegen als diejenige von Muskowit; für die folgende Abklärung hat es jedoch – solange die Temperaturen absolut nicht besser fixiert sind – keinen Sinn, 20 °C quantitativ erfassen zu wollen. Es kann somit gesagt werden, dass die Abkühlgeschwindigkeit und somit auch die Hebungsgeschwindigkeit im Gebiet von Zermatt gleich gross wie im Lepontin war.

Die oben diskutierten 18 km Überlastung ergeben bei konstanter Hebung seit der Kulmination der Metamorphose einen Hebungsbetrag von 0,4–1 mm/Jahr, je nachdem ob wir annehmen, dass diese Hebung in 37 M.J. im Westen oder in 16 M.J. im Simplon-Gebiet erfolgte, Werte also, die auch von anderen Autoren als durchaus wahrscheinlich angenommen werden: S. P. CLARK u. E. JÄGER (1969), H. JÄCKLI (1956), C. E. WEGMANN (1957). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei der Betrachtung der Feld- und Labordaten und unter Zuhilfenahme von mittleren Werten für die geothermische Tiefenstufe die vorliegenden Alterswerte durchaus im Einklang sind mit dem Bild des alpinen Geschehens im Untersuchungsgebiet.

e) Ausmass und Alter der voralpinen Metamorphose

Sechs der von uns untersuchten Hellglimmer aus der Monte Rosa-Decke fallen schon mineralogisch aus dem Rahmen, es sind dies die schon mehrmals erwähnten herzynischen, eisenarmen Muskowite.

Mineralogisch fällt auf, dass die Muskowite durchwegs Korndurchmesser über 5 mm haben und von feinkörnigem, grünem, eisenreichem Phengit begleitet werden. Die Alterswerte der Muskowite (siehe Tafel 1 und Tabelle 2) streuen um 230 M.J. Es stellt sich nun die Frage nach der Genese dieser Muskowite, die im Mittel 80 M.J. jünger als die Intrusion der Granite sind, aus denen sie stammen. Dieser Altersunterschied zwingt zur Annahme einer postgranitischen Verjüngung der Muskowite. Wie wir schon auf Seite 529 festgehalten haben, nehmen wir mit E. JÄGER et al. (1967) an, dass die kritische Temperatur für das Rb-Sr-System von Muskowit um 500 °C liegt. Wir müssen somit schliessen, dass im Monte Rosa-Gebiet die Temperatur von 500 °C in permischer Zeit entweder nochmals erreicht wurde, oder aber seit oberkarbonischer bis in permische Zeit (310–230 M.J.) noch nicht abgeklungen war.

Um dieses Problem zu lösen, muss zunächst einmal dessen geologische Seite beleuchtet werden. P. BEARTH (1952 und 1963) stellte in Übereinstimmung mit anderen Autoren folgendes Schema der Evolution der Westalpen auf. Ein polymetamorpher Sockel (Altkristallin) wird von voralpin eventuell schon schwach metamorphem Permocarbon diskordant überlagert, welches seinerseits von Permotrias wieder diskordant überlagert wird. Die beiden Diskordanzen geben uns zwei Bewegungszeiten,

eine karbonische und eine permische Bewegung; darüber hinaus kann festgehalten werden, dass eine schwache postkarbonische aber präalpine Metamorphose nicht auszuschliessen ist. Ausserdem beschreibt P. BEARTH (1952) zwei verschiedene Aspekte des Altkristallins, die wir noch in unser Bild einbeziehen müssten; einerseits einen postgranitisch nicht deformierten Anteil, daneben aber einen postgranitisch deformierten, den er als alpin metamorph betrachtet. Von geologischer Seite ist das Problem nicht restlos zu klären. Eine eventuelle postgranitische, präalpine Vergneisung ist nicht bewiesen; einzig der Hinweis auf eine eventuelle schwache Metamorphose in dieser Zeit. Die bisherigen isotopengeologischen Argumente für eine Metamorphose beschränken sich auf eine Temperaturangabe. Die Muskowite sind permisch verjüngt. Auffallend ist, dass P. BEARTH (1952) unter den postgranitisch nicht oder wenig deformierten Anteilen den Augengneis von Macugnaga aufzählt, dessen Paralleltextur BEARTH zwar als alpin betrachtet, dessen Muskowite aber, obwohl im «S» eingeregelt, ein permisches Alter ergeben, was den Schluss zulässt, dass wir hier eine alte Vergneisung vor uns haben, die alpin überprägt wurde.

Weitere Kriterien können nur Rb-Sr-Gesamtgesteinsanalysen der jüngeren gang- und stockförmigen Granite und der postgranitisch deformierten Anteile liefern. Eine derartige Untersuchung ist im Gange.

f) Intrusion der Monte Rosa-Granite

P. BEARTH (1952) unterscheidet bei den granitischen Gesteinen der Monte Rosa-Decke zwischen postgranitisch nicht oder nur wenig deformierten Gesteinskomplexen mit unverwischtem primärem Intrusionskontakt und Zonen intensiver postgranitischer Deformation und Metamorphose. Auf der Suche nach der primären Magmenbildung der Monte Rosa-Granite war es demnach gegeben, vorerst einmal die postgranitisch undeformierten Gesteine näher zu untersuchen.

An sechs Grossproben von Monte Rosa-Graniten wurden Rb-Sr-Altersbestimmungen durchgeführt. Auf einer Gesamtgesteinsisochrone definieren sie ein Alter

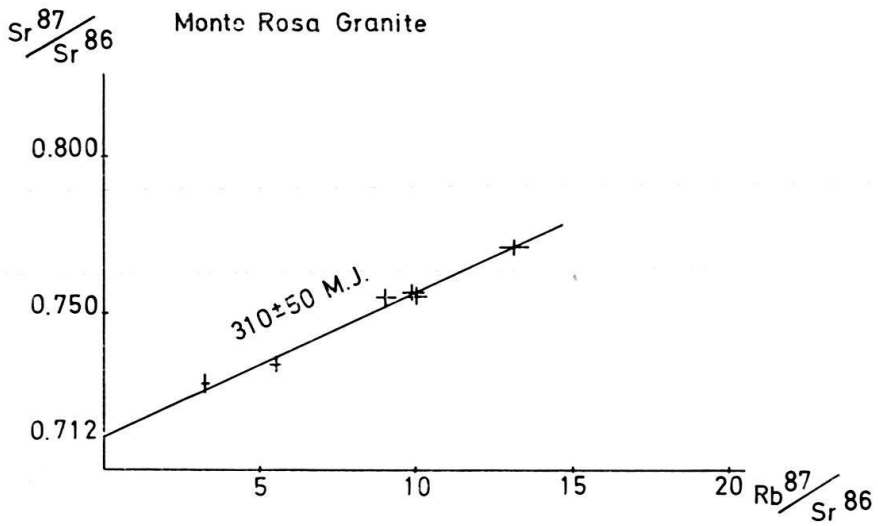


Fig. 2. Rb-Sr-Gesamtgesteins-Isochrone an 6 postintrusiv nicht oder wenig deformierten Graniten der Monte Rosa-Decke

von 310 ± 50 M.J. mit einem für granitische Gesteine durchaus normalen Anfangs-Sr^{87}/Sr^{86}-Verhältnis von 0,712 ± 0,007 (siehe Figur 2 und Tabelle 3).

Ausserdem konnte ein Austausch (Homogenisation) der Rubidium- und Strontium-Isotopen in Kontaktnähe zwischen Granit und prägranitischem Kristallin beobachtet werden. Der relativ grosse Fehler in der Bestimmung des Magmenbildungsalters erklärt sich aus der allgemeinen Rb-Armut der bisher untersuchten Monte Rosa-Gesteine. Der Altersunterschied zu den Muskowiten bleibt aber trotz dieses Fehlers signifikant.

4) Gesteinsbeschreibung

Verwendete Abkürzungen: Lok. = Lokalität
u.d.M. = unter dem Mikroskop
makr. = makroskopisch
d = Korndurchmesser

KAW 86 Monte Rosa-Granit. Biotitgranit, Monte Rosa-Decke.
Lok. 629.000/089.700, kleiner Steinbruch unmittelbar hinter der Monte Rosa-Hütte (SAC).
Probenbeschreibung: E. JÄGER, E. NIGGLI u. E. WENK (1967).

KAW 91 Granatführender Sillimanit-Biotitgneis des prägranitischen Schieferkomplexes, Monte Rosa-Decke.
Lok. 649.500/99.600, Höhe 1350 m, Lago Campliccioli Valle d'Antrona.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 92 Feinkörniger Monte Rosa-Granit.
Lok. 649.500/99.600, Höhe 1350 m, Lago Campliccioli Valle d'Antrona.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 102 Zwei-Glimmergneis der Monte Leone-Decke.
Lok. 112.160/669.670, Felswand unter Naviledo, Isorno.
Probenbeschreibung: J.C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 366 Heller Zwei-Glimmeralbitgneis der Stelli-Zone, Monte Rosa-Decke.
Lok. 640.900/99.600, Höhe 2260 m, Mattmark Saas-Tal. Strasse am Ostufer des Stausees ungefähr auf Kronenhöhe, ca. 500 m südl. der Staumauer.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 367 Permotriadischer Phengit-Albitgneis Monte Rosa-Decke.
Lok. 637.050/104.900, Höhe 1900 m, Steinbruch südl. Saas-Fee.
Makr.: Ein bänderiger stark glimmerhaltiger Gneis mit zwei ausgesprochenen Texturen S 1 diskordant S 2. S 1 Stoffbänderung, S 2 Glimmerregelung. Helle Lagen.
U.d.M. erkennt man als Hauptgemengteile Albit, Quarz und Phengit. Biotit, Epidot und Orthit sind Übergemengteile; Zirkon, Apatit und Erz Nebengemengteile.

KAW 369 Zwei-Glimmeraugengneis (Augengneis von Macugnaga) Monte Rosa-Decke.
Lok. 651.600/100.500, Höhe 1050 m. Steinbruch in Bergsturzblock unterhalb Lago di Antrona. Material eigentlich von Cime di Pozzuoli.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 371 Zwei-Glimmergneis Monte Rosa-Wurzelzone.
Lok. 656.100/93.700, Höhe 500 m, Steinbruch östlich Ponte Grande Anzasca, rechtes Bachufer.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 372 Zwei-Glimmer-Gneis, Monte Leone-Decke.
Lok. 662.200/108.150, Höhe 500 m, Steinbruch östlich Torno-Bognanco.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 374 Zwei-Glimmer-Schiefergneis, Mischabel-Kristallin.
Lok. 643.300/106.100, Höhe 2450 m, Rottalegge, Stollen nach Weiss-Tal, 200 m von Rottalegge, Almageller-Tal.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 376 Zwei-Glimmer-Augengneis des Mischabel-Kristallins.
Lok. 641.900/102.750, Höhe 2140 m, Furgg-Tal Weitsand, linksufriger Weg, Sprengung zur Wegverbreiterung.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 377 Augiger-Zwei-Glimmergneis des Mischabel-Kristallins.
Lok. 638.300/106.900, Höhe 1800 m, Strasse nach Saas-Fee, letzte Kehre.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 378 Augengneis von Randa, Bernhard-Decke (Mischabel-Rückfalte).
Lok. 626.000/105.800, Höhe 1480 m, Steinbruch Randa.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 393 Muskowit-Biotit-Turmalin-Granat-Beryll-Pegmatit aus der Isorno-Serie.
Lok. 670.000/111.950, Höhe 400 m, Isorno.
Makr.: Zwei Generationen von Muskowit und ausgewalzte Biotite und Erzkörner lassen eine alpine Überprägung erkennen.
U.d.M. erkennt man diese Überprägung an den zum Teil stark verbogenen Plagioklas-Lamellen. Der Plagioklas ist teilweise voller Serizit-Einschlüsse. Quarz ist stark undulös auslöschend. Kalifeldspat muss als weitere Hauptkomponente erwähnt werden.

KAW 400 Kleinaugiger, phengitischer Plattengneis, Eisten-Gneis, Monte Leone-Decke.
Lok. 639.550/124.500, Höhe 1480 m. Nanz-Tal, Strasse oberhalb oberster Spitzkehre.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 401 Kleinaugiger, phengitischer Plattengneis, Eisten-Gneis, Monte Leone-Decke.
Lok. 638.400/124.500, Höhe 2300 m, Gebidem, Nanz-Tal, Aushub zur Bergstation der Seilbahn, Briger-Bad-Gebidem.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 402 Permotriadischer Phengit-Albitgneis, Monte Rosa-Decke.
Lok. 637.050/104.900, Höhe 1900 m, Steinbruch südl. Saas-Fee.
Makr.: Dunkle Schollen und Bänder, alte Falten abbildend, im hellen Phengitgneis, mit gleicher Glimmerregelung (S 2) wie der Phengitgneis, aber Stoffdiskordanzen (siehe KAW 367).
U.d.M. erkennt man als Hauptgemengteile Albit, Quarz und Phengit. Biotit, Epidot und Orthit sind Übergemengteile; Zirkon, Apatit, Erz Nebengemengteile.

KAW 403 Heller Phengitgneis des Bernhard-Kristallins.
Lok. 630.700/110.150, Höhe 2900 m, Blöcke von frischem Bergsturz aus 2900 m, auf 2750 m oberhalb Weg nach der Bordierhütte.
U.d.M. erkennt man Quarz (Zeilenquarz, Kalifeldspat, z.T. mit Mikroklingitterung, z.T. perthitisch entmischt. Albit (vollgespickt mit Einschlüssen). Als Übergemengteile kommen Apatit, Biotit, Zirkon und Erz vor.

KAW 405 Zwei-Glimmer-Augengneis von Macugnaga, Monte Rosa-Decke.
Lok. 642.100/94.100, Höhe 2870 m, neuer Steinbruch für Madonnen-Sockel, Passo Mte. Moro.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 406 Zwei-Glimmergneis des Camughera-Lappens.
Lok. 654.800/99.950, Höhe 760 m, neue Strasse von Prabernardo nach Schieranco, Valle d'Antrona.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 408 Flatschiger Zwei-Glimmergneis, Antigorio-Gneis.
Lok. 660.750/118.400, Höhe 1080 m, neue Strasse Varzo-Trasquera.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 409 Kleinaugiger, phengitischer Augengneis, Ganter-Gneis, Monte Leone-Decke.
Lok. 642.100/123.600, Höhe 2600 m, Ostwand Spitzhörnli, Simplon.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 411 Monte Rosa-Granitgneis.
Lok. 624.800/84.800, Höhe 3020 m, oberhalb Rif. Mezzalama, Valle d'Ayas, in Kontaktnähe der Furgg-Zone.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 412 Biotit-Phengitgneis, Furgg-Zone, Monte Rosa-Decke.
Lok. 624.800/84.800, Höhe 3020 m, oberhalb Rif. Mezzalama, Valle d'Ayas, 20 m neben KAW 411.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 413 Phengit-Albitgneis, Furgg-Zone, Monte Rosa-Decke.
Lok. 624.800/84.800, Höhe 3020 m, oberhalb Rif. Mezzalama, Valle d'Ayas, in Wechsellagerung mit KAW 412.
Makr.: Ein heller, plattiger Phengitgneis.
U.d.M. erkennt man als Hauptgemengteile Quarz, Albit, Phengit, Mikroklin. Als Übergemengteile Epidot, Apatit und Granat.

KAW 415 Augiger Phengitgneis, Sesia-Zone, «Gneis Minuti» Typ Arolla.
Lok. 4°42′20″45′42°20″, Cava westlich Case campagnola, Arnaz, Aosta.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 416 Zwei-Glimmer-Augengneis, Scholle von Arceza, Monte Rosa-Gneis.
Lok. 624.050/65.900, Höhe 1150 m, Steinbruch bei Brusson, Valle d'Ayas.
Probenbeschreibung: J. C. HUNZIKER u. P. BEARTH (1969).

KAW 418 Phengit-Albitgneis, Monte Rosa-Decke.
Lok. 647.700/104.750, Höhe 2220 m, Alpe Andolla, Valle d'Antrona.
Makr.: Ein grobgebankter, heller Phengitgneis.
U.d.M. erkennt man Albit, Mikroklin, Quarz und Phengit als Hauptgemengteile; neben Biotit, Granat und Apatit.

LITERATURVERZEICHNIS

BEARTH, P. (1952): *Geologie und Petrographie des Monte Rosa.* Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F. *96.*

– (1956a): *Zur Geologie der Wurzelzone östlich des Ossola-Tales.* Eclogae geol. Helv. *49*/2.

– (1956b): *Geologische Beobachtungen im Grenzgebiet der lepontinischen und penninischen Alpen.* Eclogae geol. Helv. *49*/2.

– (1961): *Contribution à la Subdivision tectonique et stratigraphique du Cristallin de la Nappe du Grand-St-Bernard dans le Valais (Suisse).* Livre à la Mémoire du Professeur Paul Fallot. Soc. Géol. de France.

– (1967): *Die Ophiolithe der Zone von Zermatt/Saas-Fee.* Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F. *132.*

BEARTH, P. und LOMBARD, AUG. (1965): *Notices explicatives Feuille Sion.* Carte Géol. générale Suisse 1:200000, *6.*

BOWEN, N. L. & TUTTLE, O. P. (1949): *The System MgO-SiO_2-H_2O.* Bull. Geol. Soc. America *60.*

CLARK, S. P. & JÄGER, E. (1969): *Denudation Rate in the Alps from Geochronologic and Heat Flow Data* (im Druck).

GRAESER, S. u. NIGGLI, E. (1966): *Zur Verbreitung der Phengite in den Schweizer Alpen; ein Beitrag zur Zoneographie der alpinen Metamorphose.* Etages Tectoniques, Neuchâtel.

GRAESER, S. u. HUNZIKER, J. C. (1968): *Rb-Sr- und Pb-Isotopenbestimmungen an Gesteinen und Mineralien der Ivrea-Zone.* Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. *48*/1.

HARLAND, W. B., SMITH, A. G. & WILCOCK, B. (1964): *The Phanerozoic Time Scale (Holmes Symposium).* Geol. Soc. London.

HERMANN, F. (1937): *Carta geologica delle Alpi nord-occidentali,* 1:200000. Verlag Wepf u. Cie. Basel.

HUNZIKER, J. C. (1966): *Zur Geologie des Gebietes zwischen Valle Antigorio (Prov. di Novara) und Valle di Campo (Kt. Tessin).* Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. *46*/2.

HUNZIKER, J. C. & BEARTH, P. (1969): *Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen-Biotitalterswerte und ihre Bedeutung für die Abkühlungsgeschichte der alpinen Metamorphose.* Eclogae geol. Helv. *62*/1.

HOSCHEK, G. (1967): *Zur unteren Stabilitätsgrenze von Staurolith.* Naturwissenschaften *54.*

JÄCKLI, H. (1956): *Geologische Prozesse in Funktion der Zeit.* Vierteljahrschrift der Natf. Ges. Zürich *101*/4.

JÄGER, E., NIGGLI, E. und WENK, E. (1967): *Rb-Sr-Altersbestimmungen an Glimmern der Zentralalpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. *134.*

LADURON, D. & MARTIN, H. (1969): *Coexistence de Paragonite, Muscovite et Phengite dans un Micaschiste à Grenat de la zone du Mont-Rose (Valle Anzasca, Prov. Novara, Italie)* Ann. Soc. Geol. Belg. *92*/I.

REINHARDT, B. (1966): *Geologie und Petrographie der Monte Rosa-Zone, der Sesia-Zone und des Canavese im Gebiet zwischen Valle d'Ossola und Valle Loana (Prov. di Novara, Italien)*. Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. *46*/2.

RICHARDSON, S. W. (1968): *Staurolite-Stability in a Part of the System Fe-Al-Si-O-H*. J. Petrology *9*/3.

SCHMID, R. (1968): *Excursion Guide for the Valle d'Ossola Section of the Ivrea-Verbano Zone (Prov. Novara, Northern Italy)*. Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. *48*/1.

SCHWANDER, H., HUNZIKER, J. und STERN, W. (1968): *Zur Mineralchemie von Hellglimmern in den Tessiner Alpen*. Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. *48*/2.

VELDE, B. (1965): *Phengite Micas: Synthesis, Stability and Natural Occurrence*. Amer. J. Sci. *263*.

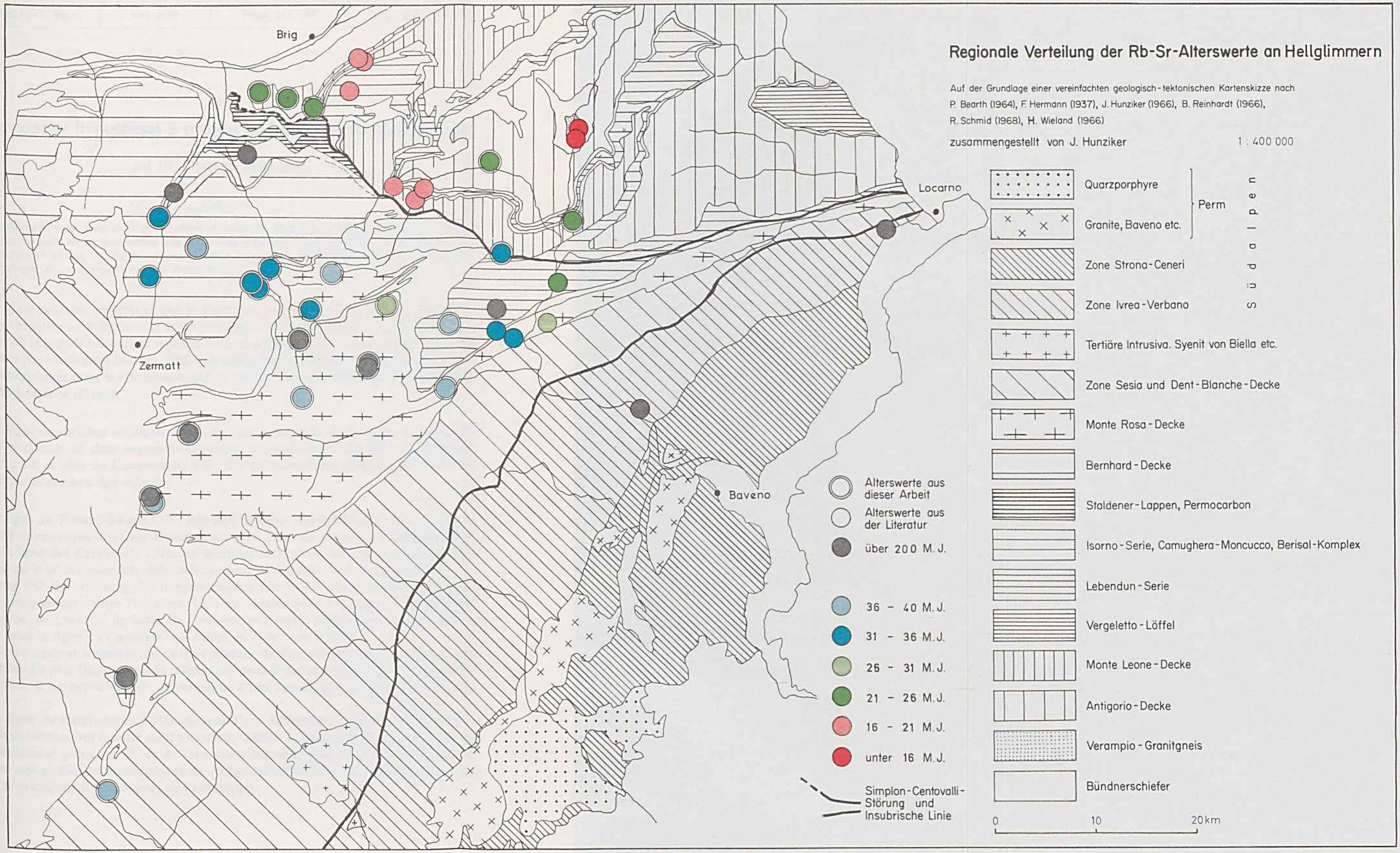
WEGMANN, C. E. (1957): *Tectonique vivante, dénudation et phénomènes connexes*. Rev. Géogr. phys. *2*/1.

WIELAND, H. (1966): *Zur Geologie und Petrographie der Valle Isorno (Novara, Italia)*. Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. *46*/1.

ZEN, E-AN, and ALBEE, A. L. (1964): *Coexistent muscovite and paragonite in pelitic schists*. Amer. Mineral. *49*.

ZEN, E-AN, ROSS, M., BEARTH, P. (1964): *Paragonite from Täsch Valley near Zermatt, Switzerland*. Amer. Min. *49*.

Manuskript eingegangen am 2. Juli 1969.


Regionale Verteilung der Rb-Sr-Alterswerte an Hellglimmern
Auf der Grundlage einer vereinfachten geologisch-tektonischen Kartenskizze nach P. Bearth (1964), F. Hermann (1937), J. Hunziker (1966), B. Reinhardt (1966), R. Schmid (1968), H. Wieland (1966)
zusammengestellt von J. Hunziker
1 : 400 000
Brig
Zermatt
Locarno
Baveno
Alterswerte aus dieser Arbeit
Alterswerte aus der Literatur
über 200 M.J.
36 - 40 M.J.
31 - 36 M.J.
26 - 31 M.J.
21 - 26 M.J.
16 - 21 M.J.
unter 16 M.J.
Simplon-Centovalli-Störung und Insubrische Linie
Quarzporphyre
Granite, Baveno etc.
Perm
Zone Strona-Ceneri
Zone Ivrea-Verbano
Südalpen
Tertiäre Intrusiva. Syenit von Biella etc.
Zone Sesia und Dent-Blanche-Decke
Monte Rosa-Decke
Bernhard-Decke
Staldener-Lappen, Permocarbon
Isorno-Serie, Camughera-Moncucco, Berisal-Komplex
Lebendun-Serie
Vergeletto-Löffel
Monte Leone-Decke
Antigorio-Decke
Verampio-Granitgneis
Bündnerschiefer
0
10
20 km