

Aus der Abteilung für Isotopengeologie, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern, Schweiz

## **Rb-Sr- und K-Ar-Evidenz für eine intensive alpidische Beeinflussung der Paragesteine in Kor- und Saualpe, SE-Ostalpen, Österreich**

**W. Morauf**

Mit 3 Abbildungen

Eingegangen am 3. April 1981;

angenommen am 13. Oktober 1981

### **Zusammenfassung**

Von den Paragesteinen der Kor- und Saualpe werden 30 Gesamtgesteins-Analysen, 21 Rb-Sr-Glimmer-Analysen und 27 K-Ar-Glimmer-Analysen mitgeteilt.

Die Rb-Sr-Altersdaten (Biotit und Hellglimmer) geben ausnahmslos frühalpide Abkühlalter an: 14 Biotite: 72–84 M.J., 7 Hellglimmer: 82–115 M.J.

Die K-Ar-Bestimmungen geben einen deutlichen Hinweis auf Ar-Überschuß bei den 14 Biotiten mit Altersdaten von 76–122 M.J., während dies bei den Hellglimmern mit 80–95 M.J. nicht so deutlich ist.

Gesamtgesteins-Isochronen an drei verschiedenen Gesteinen der Decke (*Pilger und Weissenbach*, 1965) zeigen eine alpidische Öffnung des Rb-Sr-Systems für die Gesteine an. Die Gesteine aus dem Klieningsfenster und die aus dem Wolfsberger-Fenster (*Morauf*, 1980) zeigen keine alpidische Öffnung an. Damit wird der Befund von *Pilger und Weissenbach* (1965), daß die Decke höher metamorph ist als das Liegende, voll bestätigt, sowie transportierte Metamorphose (*Pilger und Weissenbach*, 1971) nachgewiesen.

Stichworte: Rb-Sr-Gesamtgesteins- und Glimmer-Isotopenalter, K-Ar-Glimmer-Bestimmungen, frühalpide Metamorphose, polymetamorphoses Altkristallin, Öffnen des Rb-Sr-Gesamtgestein-Systems, frühalpide Glimmer-Abkühlalter, Saualpe, Kor-alpe, SE-Ostalpen, Kärnten, Steiermark, Österreich.

### **Summary**

*Rb-Sr- and K-Ar-Evidence for Intensive Alpidic Influence of the Paragneisses of Kor- and Saualpe, SE-Eastern Alps, Austria*

On different types of paragneisses from the Kor-alpe and Saualpe, SE-Eastern Alps, 30 total-rock Rb-Sr-analyses have been made, as well as 21 Rb-Sr-analyses on micas and 27 K-Ar-determinations on micas.

Rb-Sr-dates obtained from micas yield all early-Alpidic cooling-ages: 14 biotites: 72–84 m.y.; 7 white micas: 82–115 m.y.

K-Ar-determinations on biotites showed evidence for different amounts of Ar-overpressure with ages ranging from 76 to 122 m.y. With the white micas, the varying overpressure is less important, as the age-values range only from 80–95 m.y. Total-rock Rb-Sr-isochrones on three different rock-types within the nappe (*Pilger and Weissenbach*, 1965) show open Rb-Sr-total-rock system due to the Alpidic metamorphism. However, rocks from the Kliening window and from the Wolfsberg-window (*Morauf*, 1980) yielded undisturbed pre-Alpidic ages. The results reported by *Pilger and Weissenbach* (1965) concerning higher metamorphosed rocks within the nappe lying on less metamorphosed rocks, are therefore confirmed and proof the transported metamorphism (*Pilger and Weissenbach*, 1971).

Keywords: Rb-Sr-total-rock- and mica-isotope-ages, K-Ar-mica-isotope-ages, early-Alpidic metamorphism, polymetamorphic Altkristallin, opening of the Rb-Sr-total rock systems, early-Alpidic mica-cooling ages, Saualpe, Koralpe, SE-Eastern Alps, Carinthia, Styria, Austria.

## 1. Vorwort

Diese Arbeit ist der stark gekürzte zweite Teil meiner Dissertation bei Frau Prof. E. Jäger in Bern. Teil 1 und Teil 3 sind schon erschienen (*Morauf*, 1980, 1981).

## 2. Geographische Lage und geologischer Überblick

### 2.1. Geographische Lage

Die Koralpe und die Saualpe bilden zwei fast N-S laufende Höhenzüge (bis 2100 m) im SE von Österreich. Zwischen Graz und Klagenfurt gelegen bildet die Saualpe den westlichen Teil und die Koralpe den östlichen Teil des Untersuchungsgebietes, das Lavanttal trennt die beiden Einheiten (vgl. Abb. 1).

### 2.2. Geologischer Überblick

#### 2.2.1. Erforschungsgeschichte

Die Geologie und Petrographie der Koralpe und ihrer Gesteine ist von *Beck-Mannagetta* (1949, 1970, mit älterer Literatur) und *Kleinschmidt* und *Ritter* (1976) beschrieben worden.

Für die Saualpe ist dies durch die Mitarbeiter der Arbeitsgemeinschaft der Universitäten Clausthal, Tübingen und Wien mit der Lagerstättenforschung der Alpinen Montanunion (heute VÖEST-Alpine) auf der Basis einer Kartierung 1:10 000 erfolgt. Die Ergebnisse wurden zusammenfassend dargestellt von *Clar et al.* (1963), *Clar* (1975), *Neugebauer* (1970), *Kleinschmidt* (1975, 1979), *Pilger* und *Weissenbach* (1970, 1971), *Weissenbach* (1965) und durch die anderen Autoren des Sonderbandes 1 der Clausthaler Geologischen Ab-

handlungen<sup>1</sup> (*Pilger, Schönenberg und Weissenbach*, Hrsg., 1975, mit älterer Literatur).

### 2.2.2. Geologischer Überblick

Kor- und Saualpe bilden zwei in sich geschlossene Bereiche des ostalpinen Altkristallins, in denen von der Anchizone bis zur Katazone alle Metamorphosegrade vorhanden sind. Die beiden Einheiten werden durch die Lavantaler Störungszone getrennt und gegeneinander verstellt (Sdb.). Der Gesteinsinhalt der beiden Blöcke ist sehr ähnlich (s. unten; vgl. Abb. 1).

In der Phyllitgruppe im S und SW der Saualpe konnte *Neugebauer* (1970) nachweisen, daß in der Phyllitserie altpaläozoische Sedimente und Vulkanite als Ausgangsgesteine vorlagen. Für die höher metamorphen Serien wurden von den Autoren ähnliche Edukte von altpaläozoischem Alter angenommen. Die vorherrschenden Gesteine der Kor- und Saualpe sind Paragneise, die zum Teil Disthen führen (z.B. Disthenflasergneis, Plattengneis), ferner verschiedene Glimmerschiefer mit und ohne Staurolith. Im S beider Komplexe finden sich Gesteine von niedrigem Metamorphosegrad mit Chloritoid und Stilpnomelan (*Kleinschmidt*, 1979; *Kleinschmidt und Ritter*, 1976 u.a.). In beiden Einheiten treten neben verschiedenen Marmoren auch mächtige Amphibolite auf sowie gut erhaltene Eklogitkörper.

In den mächtigen Paraserien sind mehrfache Wiederholungen sehr ähnlicher Ausgangsgesteine und Vergesellschaftungen zu finden. Nach der Ansicht von *Clar et al.* (1963) ist dies auf tektonische Wiederholungen zurückzuführen, und das Resultat einer einheitlichen intensiven variszischen Verschuppung oder Verfaltung. Schuppen mit NE-Vergenz wurde in der Phyllitgruppe ebenso nachgewiesen (*Kleinschmidt und Neugebauer*, Sdb.) wie in den Gneisen (*Weissenbach*, Sdb.).

Durch den Nachweis der Planogelserie als einmaliger Leithorizont, der in den Gurktaler Alpen, der Saualpe und der Koralpe in relativ gleicher tektonischer Stellung ist (*Kleinschmidt*, 1975), ist diese Erklärung nur noch bedingt möglich. Es ergibt sich ja daraus, daß die Gesteinsserien oberhalb und unterhalb der Plankogelserie aus getrennten Bereichen stammen.

Mit Ausnahme des Granitgneises von Wolfsberg, der im Fenster von Wolfsberg auftritt – unter den Gesteinen der Koralpe – fehlen in beiden Teilen granitische Gesteine.

### 2.2.3. Metamorphosen

Altpaläozoische Sedimente und Vulkanite sind nach den Ergebnissen der Bearbeiter (vgl. 2.2.1) mehrfach metamorphisiert worden, wobei nicht nur der Grad der Metamorphose, sondern auch Chemismus, die Stellung im Profil und Unterschiede in der Durchbewegung den Aspekt der Gesteine

---

<sup>1</sup> Im Weiteren als Sonderband angeführt.

beeinflussen. Aus den Arbeiten der schon genannten Bearbeiter kann – etwas vereinfachend – folgende zeitliche Entwicklung für die Prägung der Gesteine zusammengestellt werden:

1a. Anfangs statische Metamorphose von nicht bis schwach verschieferten altpaläozoischen Serien, Bildung von Andalusit;

1b. später mit Durchbewegung und Bildung von Staurolith sowie Disthen nach Andalusit.

2. Eine statische Metamorphose mit neuerlicher Andalusitbildung.

3. Dynamometamorphe Überprägung, die in unterschiedlichem Ausmaße die verschiedenen Gesteine ganz oder zonenweise erfaßt und wieder bis zu Staurolith und Disthen führt. Retromorphe Erscheinungen sind in den tiefsten Einheiten in Zusammenhang mit späten Bewegungen zu beobachten.

4. Bruchtektonik wirkt seit dem Tertiär und hat zu Verstellungen im km-Maßstab geführt (vertikal und horizontal) sowie zu Kippungen (Sdb.).

Von den meisten Bearbeitern wird die gesamte Abfolge mit Ausnahme von Punkt 4 dem variszischen Orogen zugeordnet, wobei die Gesteine der Fenster (*Pilger und Weissenbach, 1965*) nur von Phase 3 und 4 erfaßt wurden. Nur *Weissenbach* nahm eine intensive alpidische Überprägung an. (In: *Pilger und Weissenbach, 1965, 1971*). Spätere Autoren (z.B. *Kleinschmidt et al., 1976; Schönlaub und Scharbert, 1978; Kleinschmidt, 1979*) verlegen die erste Metamorphose in den kaledonischen Zyklus und die zweite in den variszischen Zyklus und verneinen eine intensive alpidische Metamorphose. Dies aus zwei Gründen:

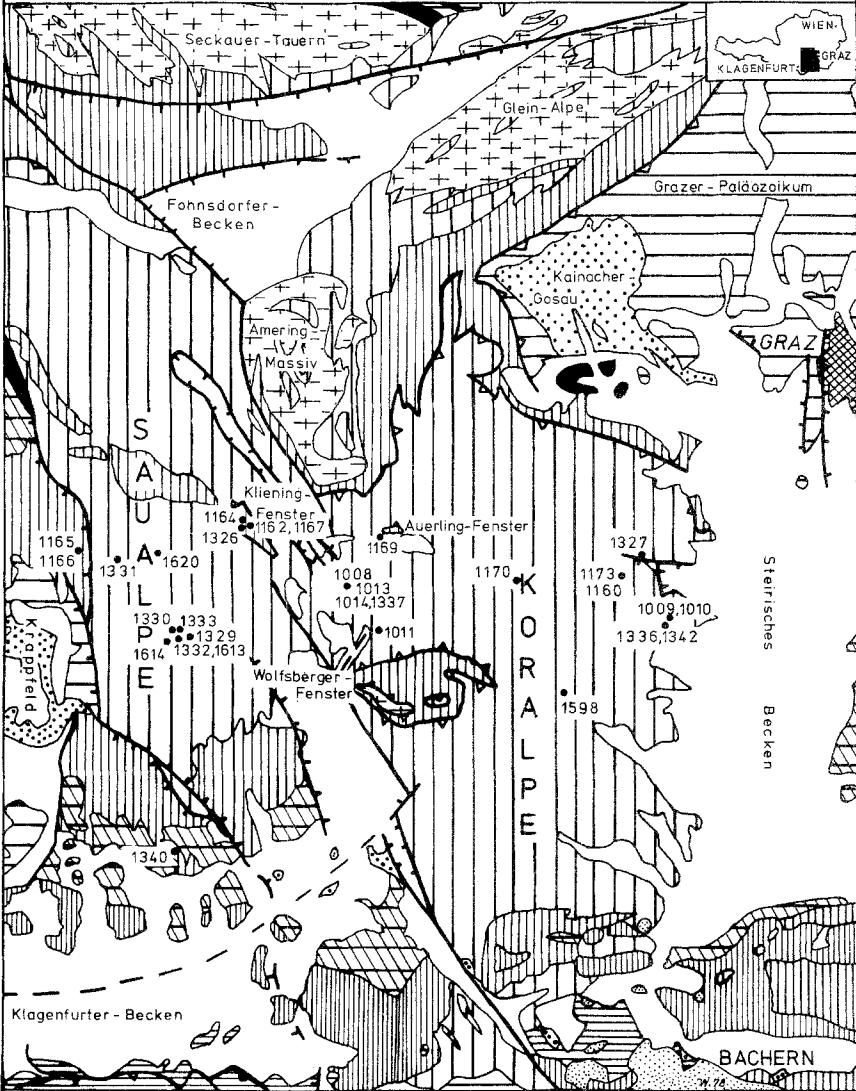
1. Die Typisierung der *p*-, *T*-Abläufe der verschiedenen Orogenesen durch *Zwart* (1969) wies die variszische Metamorphose dem Hochtemperatur/Niederdruck-Typ zu, in dem Disthen nicht wahrscheinlich ist; Disthen und Eklogit sind aber vorhanden.

2. Im SW der Saualpe transgredierte über anchizonaler Magdalensberg-Serie nur diagenetisch beeinflusstes, fossilführendes Westfal (*Riehl-Herwisch, 1965*), oder klastisches Perm (*Kleinschmidt und Seeger, 1975*). Es wird daher angenommen, daß für dieses Gebiet die prägende Metamorphose die variszische war.

*Weissenbach* (Sdb., S. 133) vertritt eine post-permische Metamorphose, da 1. die transgressiven permischen Sedimente Schieferungsflächen und anchizonale Beeinflussung zeigen, und 2. da unter der Magdalensberg-Serie mit dem transgressiven Westfal noch eine Bewegungsfuge vorhanden ist, und damit das rein variszische Alter der prägenden Metamorphose nicht mehr eindeutig bewiesen ist.

Die regionale Stellung der Kor- und Saualpe ist immer noch in Diskussion: *Tollmann* (1977) sieht in diesem Gebiet oberostalpine Anteile (Gurktaler Decke) und mittelostalpine Anteile (Saualpen- und Stubalpen-Decke), deren Trennungslinie im Südteil der Kor- und Saualpe durchziehen müßte. *Clar*

Geologisch-tektonische Übersichtskarte des Arbeitsgebietes u. Umgebung  
mit den Probenpunkten der Paragesteine



LEGENDE:

0 W E 15 km

- |                                   |                                     |                     |                            |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Mesozoikum u. jünger, ohne Gosau  | Paläozoikum, un-, anchi-, epimetam. | Orthogneise         | Probenpunkt mit KAW-Nummer |
| Tert. Intrusiva, nicht gegliedert | Quarzphyllit                        | Zentralalpin i.e.S. |                            |
| Gosau                             | Glimmerschiefer                     | Störungen           |                            |
| Karawanken                        | Paragneise                          | Deckengrenze        |                            |

Karte nach P. BECK-MANNAGETTA (1964, 1966), A. PILGER & N. WEISSENBACH (1965) vereinfacht und verändert von W. MORAUF.

Abb. 1

(1975) spricht von einem zusammenhängenden bis geschuppten oberostalpinen Kristallin.

### 3. Problemstellung

Die isotopengeologischen Untersuchungen sollten zeigen, wieweit alpidisches Geschehen diese Gesteine beeinflusst hat. Die Annahme war, daß beide Komplexe im wesentlichen prae-alpidisch geprägt sind, und daß der Einfluß einer alpidischen Metamorphose nur schwierig, vielleicht nur in Teilbereichen, nachzuweisen sein würde.

### 4. Untersuchte Gesteine und spezielle Beobachtungen

Untersucht wurden folgende Gesteine (vgl. Abb. 1):

Glimmerschiefer	KAW: <u>1165</u> , 1166
Disthenführende Gesteine	
a) Disthenflasergneis	KAW: 1331, <u>1332</u> , 1340, 1613, 1614
b) Disthen-Staurolith-Schiefergneis	KAW: <u>1329</u> , <u>1330</u> , <u>1333</u> , 1620
c) Plattengneis	KAW: <u>1009</u> , <u>1010</u> , <u>1160</u> , 1173, 1327, 1336, 1342, 1598
d) Turmalingneis	KAW: <u>1170</u>
Paragesteine ohne Disthen	
a) Granat-Zweiglimmer-Gneise	KAW: <u>1008</u> , <u>1011</u> , <u>1014</u> , <u>1169</u> , 1337
b) Hornblende-Biotit-Gneis	KAW: <u>1013</u>
Paragesteine des Kliening-Fensters	
a) Granat-Zweiglimmer-Gneise	KAW: <u>1162</u> , <u>1164</u> , 1167
b) Granat-Biotit-Gneis	KAW: 1326

Die Proben, an denen Gesamtgestein und Glimmer untersucht wurden, sind unterstrichen. Von den anderen Proben wurden nur die Gesamtgesteine untersucht.

Aus Gründen der Beschränkung des Umfanges bei der Drucklegung muß auf die Beschreibung der Gesteine verzichtet werden. Der Autor ist gerne bereit, diese Beschreibung auf Anfrage hin zur Verfügung zu stellen. Es werden daher nur solche Beobachtungen mitgeteilt, die für die Interpretation der Alter von Bedeutung sind.

Die petrographische Untersuchung zeigt in allen Proben deutlich starke Hellglimmerbildung und die verschiedenen Stadien der Rekristallisation wie sie von *Weissenbach* (1965), *Neugebauer* (1970), *Beck-Mannagetta* (1970, mit Literatur) u.a. beschrieben wurden. Die sichtbare Hellglimmerbildung läßt sich manchmal mit der Art vergleichen, wie sie in den Westalpen aus den Gebieten mit altalpidischer Metamorphose beschrieben wurde (*Dal Piaz et al.*, 1972). Die untersuchten Hellglimmer zeigen ausschließlich die 2-M-

Modifikation. Aus dem Steinbruch Twimberg liegen Hellglimmer vor, die nach der Methode von *Cipriani et al.* (1968) bei der Auswertung der (060) (331)- Reflexe (*Borg und Smith*, 1969), modifiziert für die Guinier-Kamera nach *Frey* (pers. Mitt., 1975), als Phengite einzustufen sind. Der besondere Gesteinschemismus dürfte dabei die Ursache sein, daß nur in Twimberg Phengite gefunden wurden (vgl. 6.3.).

## 5. Isotopengeologische Untersuchungen

### 5.1. Angewandte Methoden der Isotopen-Bestimmung

Mit der Rb-Sr-Methode wurden 30 Gesamtgesteine, 14 Biotit-Konzentrate und nur 7 Hellglimmer-Konzentrate untersucht, da die anderen Hellglimmer-Konzentrate zu hohe Gehalte an Sr hatten.

14 Biotit-Konzentrate und 13 Hellglimmer-Konzentrate wurden mit der K-Ar-Methode untersucht. Die analytischen Methoden wurden bereits ausführlich beschrieben (*Hunziker*, 1970), so daß auf eine Wiederholung verzichtet wird. Für die Altersberechnungen wurden folgende Konstanten verwendet (*Steiger und Jäger*, 1977):

Rb:  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11}$  Jahre<sup>-1</sup>;  $^{85}\text{Rb}/^{87}\text{Rb} = 2,59265$  Atomverhältnis.

Sr:  $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$  (=  $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 8,3752$ );  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,71014$ ;  
 $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,056584$  Atomverhältnisse.

K:  $\lambda_{e-+}$ ;  $\lambda'_{e-} = 0,581 \cdot 10^{-10}$  Jahre<sup>-1</sup>;  $\lambda_{\beta-} = 4,962 \cdot 10^{-10}$  Jahre<sup>-1</sup>;  
 $^{40}\text{K}$  in K = Atomprozent.

Ar:  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar-Luft} = 295,5$ ;  $^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar-Luft} = 0,184$  Atomverhältnisse.

### 5.2. Ergebnisse der Bestimmungen an Glimmern

#### 5.2.1. Rb-Sr-Daten

Für die Gesteine und Glimmer sind die Analysendaten und die Alterswerte in den Tabellen 3a bis 7a zusammengestellt, geordnet nach Gesteinstypen (vgl. 4). In der folgenden Tabelle 1 sind die Rb-Sr-Alterswerte der Glimmer zusammengefaßt (Alterswerte und Fehler in Millionen Jahren):

Tabelle 1. Zusammenfassung der Rb-Sr-Alterswerte an Glimmern aus Kor- und Saualpe

Gestein	Biotit- alter M.J.	Anzahl Bestim- mungen		Hellglimmer- alter M.J.	Hellglimmer- typ
		Bi	Mu		
Glimmerschiefer, Tabelle 3a	80±3	1	1	(306±440)	Mu
Disthenflasergneis, Tabelle 4a	79±4	1	—	—	Mu
Disthen-Stauroolith-Schiefergneis Tabelle 4a	75–78 ±3 ±6	3	1	86±30	Mu

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Gestein	Biotit- alter M.J.	Anzahl Bestim- mungen		Hellglimmer- alter M.J.	Hellglimmer- typ
		<i>Bi</i>	<i>Mu</i>		
Plattengneis, Tabelle 5a	84±4	1	1	115±15	<i>Mu</i>
Turmalingneis, Tabelle 6a	79±3	1	—	—	<i>Mu</i>
Granat-Zweiglimmergneis, Tabelle 6a	78—80 ±3 ±4	4	1	93±40	<i>Mu</i>
			1	99±50	<i>Mu</i>
			1	92±16	<i>Ph</i>
			1	151±29	<i>Ph</i>
Hornblende-Biotit-Gneis, Tabelle 6a	80±4	1	—	—	
Kliening-Granat-Zweiglimmer-Gneis, Tabelle 7a	72±3	1	—	—	
	77±4	1	—	—	<i>Mu</i>

*Mu* = Muskovit, *Ph* = Phengit.

Alle Glimmeralterswerte sind mit dem jeweiligen Gesamtgestein korrigiert. Das heißt, daß eine Mineral-Gesamtgesteins-Gerade berechnet wurde. Nur der eingeklammerte Alterswert ist nicht korrigiert, da das  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis des Muskovits tiefer ist, als das des Gesamtgesteins (vgl. Tabelle 3a).

### 5.2.2. K-Ar-Daten

In der folgenden Tabelle 2 sind die K-Ar-Modellalterswerte angeführt. Die Analysendaten sind in den Tabellen 3b bis 7b angeführt (Alterswerte und Fehler in Millionen Jahren):

Tabelle 2. Zusammenfassung der K-Ar-Alterswerte der Glimmer aus Kor- und Saualpe

Gestein	Biotit- alter M.J.	Anzahl Bestim- mungen		Hellglimmer- alter M.J.	Hellglimmer- typ
		<i>Bi</i>	<i>Mu</i>		
Glimmerschiefer, Tabelle 3b	80±3	1	1	81±3	<i>Mu</i>
Disthenflasergneis, Tabelle 4b	122±4	1	1	95±3	<i>Mu</i>
Disthen-Staurolith-Schiefer- gneis, Tabelle 4b	76—97	3	3	82—84	<i>Mu</i>
	±3			±3	
Plattengneis, Tabelle 5b	109±3	1	1	83±3	<i>Mu</i>
Turmalingneis, Tabelle 6b	94±3	1	1	81±3	<i>Mu</i>
Granat-Zweiglimmergneis, Tabelle 6b	79—85	4	2	82,85±3	<i>Mu</i>
	±3		2	88±3	<i>Ph</i>



Tabelle 2 (Fortsetzung)

Gestein	Biotit- alter M.J.	Anzahl Bestim- mungen		Hellglimmer- alter M.J.	Hellglimmer- typ
		<i>Bi</i>	<i>Mu</i>		
Hornblende-Biotit-Gneis, Tabelle 6b	89±3	1	—	—	
Kliening-Granat-Zweiglimmergneis, Tabelle 7b	76, 83 ±3	2	2	80, 84±3	<i>Mu</i>

*Mu* = Muskovit, *Ph* = Phengit.

## 6. Interpretation der Glimmeralterswerte

### 6.1. Interpretation der Rb-Sr-Alterswerte an Biotiten

Alle Biotitalterswerte aus Kor- und Saualpe liegen innerhalb eines engen Bereiches von 72 bis 84 M.J. (vgl. Tabelle 1), wobei die Fehlergrenzen überlappen. Es ist somit nur ein möglicher Trend ablesbar:

1. Sowohl in der Korralpe als auch in der Saualpe scheinen die Alterswerte in den Fenstern jünger zu sein als diejenigen aus dem tektonisch Höheren. Es soll hier nur festgehalten werden, daß es beim Granitgneis von Wolfsberg möglich war, die Alterswerte der Glimmer eindeutig als Abkühlalter nach der alpidischen Metamorphose zu erklären (*Morau*, 1980).

2. Scheinen die Biotitalterswerte der Saualpe jünger zu sein als diejenigen der Korralpe.

Mehr läßt sich mit den Rb-Sr-Daten alleine nicht aussagen. Die Biotitalterswerte werden als Abkühlalter verstanden (*Purdy* und *Jäger*, 1976), da einerseits die Überschiebungsbahn zwischen Fensterinhalt und Decke rekristallisiert ist (*Pilger* und *Weissenbach*, 1965), und andererseits im Granitgneis von Wolfsberg Abkühlalter vorliegen (vgl. oben).

### 6.2. Interpretation der K-Ar-Alterswerte an Biotiten

Wie der Vergleich der Rb-Sr-Alterswerte mit den K-Ar-Alterswerten zeigt (vgl. Tabellen 3–7), sind die K-Ar-Alterswerte häufig außerhalb des Fehlers älter als die Rb-Sr-Bestimmungen. Wir müssen daher annehmen, daß die höheren K-Ar-Alterswerte durch Überschuß-Ar verursacht werden, da die am geringsten rekristallisierten Gesteine die größten Unterschiede zeigen. Ähnliches berichtet *Hawkesworth* (1976) für das Gebiet zwischen Saualpe und Tauernfenster.

### 6.3. Interpretation der Rb-Sr- und K-Ar-Alterswerte der Hellglimmer

Die K-Ar-Alterswerte der Hellglimmer liegen zwischen 80 und 95 M.J. (vgl. Tabelle 2), sie sind damit meist jünger als die K-Ar-Bestimmungen an den Biotiten der gleichen Probe. Da jedoch die wenigen Rb-Sr-Alterswerte mit einem sehr großen Fehler behaftet sind (vgl. Tabelle 1), kann nicht ent-

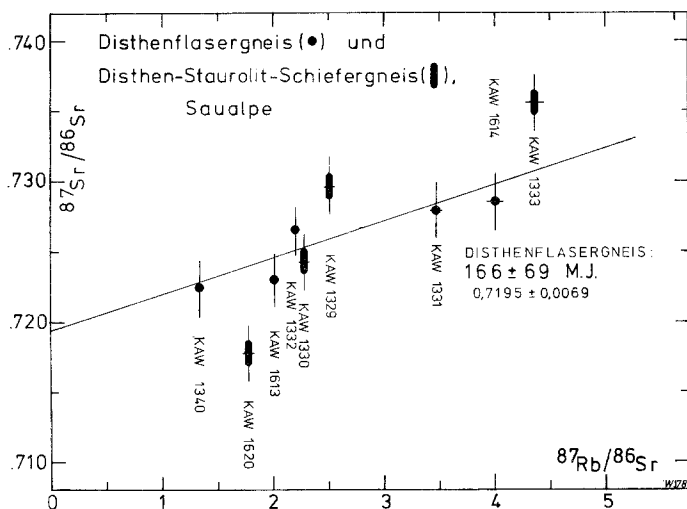


Abb. 2

schieden werden, ob auch die Hellglimmer Ar im Überschuß eingebaut haben. Aber auch bei den Hellglimmern zeigen die gut rekristallisierten Gesteine die jüngsten K-Ar-Alterswerte.

Mit einer Ausnahme, dem einen Phengit, mit  $151 \pm 29$  M.J., aus den Granat-Zweiglimmergneisen, geben alle Hellglimmer auch mit Rb-Sr-Bestimmungen alpidische Alterswerte von 86–115 M.J. Dies ist ein weiterer Hinweis auf die Stärke der alpidischen Beeinflussung, liegt doch nach Purdy und Jäger (1976) die Schließungstemperatur der Hellglimmer bei  $500^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ . Nur dann, wenn die Hellglimmer alpidisch gebildet wurden und diese Temperaturen nicht erreicht worden wären, dann wären es Bildungsalter.

Die eine Ausnahme, der Phengit mit 151 M.J., muß nicht notwendigerweise auf eine ältere Glimmerbildung deuten, eher auf eine unvollständige Sr-Homogenisierung innerhalb des Gesteins. Da das Sr dieses Phengites nur wenig radiogen ist (vgl. Tabelle 6a), ist er auf Unterschiede im initialen  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis sehr empfindlich. Dieser Phengit hat wahrscheinlich Sr mit erhöhtem  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis eingebaut. Zwei Tatsachen stützen diese Interpretation:

1. Es handelt sich um einen Phengit, d.h. mit sehr großer Wahrscheinlichkeit um eine alpidische Bildung.
2. Aus demselben Steinbruch wurde ein anderer Phengit-Alterswert von  $92 \pm 16$  M.J. mit Rb-Sr gefunden.

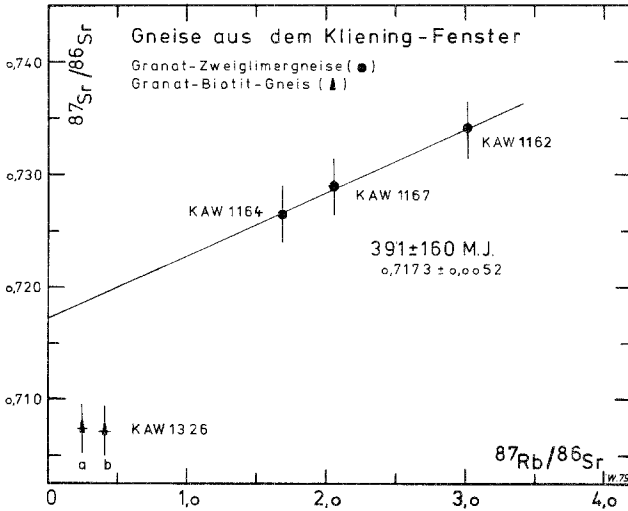


Abb. 3

#### 6.4. Zusammenfassung der Glimmer-Interpretation

Fast alle Alterswerte, die mit beiden Methoden gemessen wurden, sind alpidische Abkühlalterswerte. Die alpidische Metamorphose war in Kor- und Saualpe anscheinend so intensiv, daß prä-alpidische Glimmeralterswerte in Paragesteinen kaum mehr zu finden sind. Variszische Glimmeralterswerte wurden nur in den grobkörnigen Muskoviten der Pegmatite gefunden (Morauf, 1981).

### 7. Interpretation der Rb-Sr-Gesamtgesteinsanalysen

Eine andere Möglichkeit, prä-alpidisches Geschehen in diesem Raume zu erfassen, ist die Untersuchung der Gesamtgesteine mit Rb-Sr. Ganz allgemein sind die Gesteine der Kor- und Saualpe wenig geeignet für Rb-Sr-Untersuchungen, da die Rb/Sr-Verhältnisse niedrig sind und kaum eine Streuung aufweisen.

#### 7.1. Die Gesamtgesteins-Analysen der Gesteine aus der Decke

Die Rb-Sr-Gesamtgesteinsanalysen an den einigermaßen homogenen Plattengneisen der Koralpe und den weniger homogenen, disthenführenden Gneisen

der Saualpe (vgl. Abb. 2) sowie die Analysen der Granat-Zweiglimmergneise des Steinbruches Twimberg wurden als Isochronen berechnet (*Brooks et al.*, 1972).

Die Plattengneis-Proben ergaben  $135 \pm 101$  M.J. mit einem  $^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ -Anfangsverhältnis von  $0,7200 \pm 0,0045$ ; bei den disthenführenden Gesteinen der Saualpe waren nur die Disthenflasergneise verwendbar (vgl. Abb. 2). Der berechnete Wert von  $169 \pm 69$  M.J. und  $0,7195 \pm 0,0069$  für das Anfangsverhältnis überlappt sowohl mit den Plattengneis-Werten, als auch mit denen aus dem Steinbruch Twimberg:  $144 \pm 113$  M.J. bei  $0,7131 \pm 0,0043$ .

Obwohl die Fehler recht groß sind, deuten doch – auch für die Gesamtgesteine – alle Daten auf ein frühalpidisches Öffnen des Rb-Sr-Systems. Dies bedeutet nach den neueren Erkenntnissen, daß in frühalpidischer Zeit nach/während starker Durchbewegung bei tiefen Temperaturen und Anwesenheit von fluiden Phasen, die Rb- und Sr-Transport ermöglichten, in den Gesamtgesteinen die Rb-Sr-Isotopen mehr oder weniger gut homogenisiert wurden. Solche Fälle von Verjüngung des Gesamtgesteins bei derartigen Bedingungen sind zum Beispiel aus der Stirne der Monte Rosa Decke bekannt (*Hunziker*, 1970). Hernach sind noch die Bedingungen der Amphibolitfazies erreicht worden (s. Glimmerinterpretation). Der Nachweis der vollständigen Homogenisation der Sr-Isotopen kann nicht geführt werden. Die Alterswerte zeigen somit keine Phase an, sondern nur, daß das System offen war.

Der Alterswert des vererzten Glimmerschiefers aus dem Bergbau Hüttenberg von  $79 \pm 54$  M.J. (vgl. Tabelle 3a) ist nur ein einzelner Wert und läßt zwei Deutungen zu: Entweder ist die Vererzung im Zusammenhang mit der alpidischen Durchbewegung erfolgt, oder ist mit der tertiären Bruchtektonik in Verbindung zu bringen.

### 7.2. Interpretation der Gesamtgesteins-Analysen aus dem Kliening-Fenster

Obwohl es nur drei Analysen sind, legt das Resultat  $391 \pm 160$  M.J. (vgl. Abb. 3) doch eine prä-alpidische Homogenisierung nahe. Möglich ist eine kaledonische oder variszische Metamorphose, aber keine alpidische.

Vom geochronologischen Standpunkt her ist dieses Ergebnis zu erwarten: Hat doch in sehr ähnlicher Position der Granitgneis von Wolfsberg sein permisches Alter erhalten (*Morauf*, 1980), wobei wohl bekannt ist, daß saure Gesteine viel rascher mit ihrem Rb-Sr-System reagieren als basische Gesteine oder ehemalige Sedimente.

Geologisch stehen wir nun vor der paradoxen Situation, daß dort, wo nur eine Metamorphose nachgewiesen ist (*Pilger und Weissenbach*, 1965), diese Metamorphose eine alpidische Überschiebung verschweift (*Pilger und Weissenbach*, 1965; vgl. 7.1), und nun gerade in diesen Gesteinen ein Hinweis auf prä-alpidisches Geschehen zu finden ist. Es sei aber darauf hingewiesen, daß mehr Proben aus dem Fenster ein anderes Bild ergeben könnten,

wie auch eine noch detailliertere Untersuchung der Gesteine, als die von *Pilger* und *Weissenbach* Neues bringen könnte.

Wie *Weissenbach* (in: *Pilger* und *Weissenbach*, 1970) ein „heißes Bügeleisen“ beschreibt, so stellt sich die Sachlage im heutigen Untersuchungsstand dar: Eine heiße Decke ist auf eine (etwas) kühlere Unterlage aufgefahren. Auf Grund der vorliegenden Daten dürfen wir alpidische Amphibolitfazies annehmen, die das prä-alpidische „Gedächtnis“ in der Decke weitgehend ausgelöscht hat.

### Danksagung

Meinen Dank für Unterstützung und klärende Diskussionen während der ganzen Arbeit möchte ich Frau Prof. *E. Jäger*, Doz. *J. Hunziker* und allen meinen Studienkollegen abstellen. Für wertvolle Diskussionen im Felde danke ich den Professoren *Kleinschmidt* (Darmstadt) und *Thiedig* (Hamburg), Doz. *Frank* (Wien) sowie den Herren Dr. *P. Beck-Mannagetta* (Wien), Dr. *Homann*, cand.phil. *V. Ertl*, Dr. *Auferbauer* (alle Graz), Dr. *Dieber* (Knappenberg, Bergbau) und Dir. *Leitner* (St. Michael/L.). Für die Hilfe bei technischen Dingen im Labor möchte ich stellvertretend für alle im Labor Tätigen Hrn. *Brunner* meinen Dank aussprechen. Den Referenten möchte ich für die konstruktiven Kritiken danken. Die aufwendigen Laborarbeiten wurden zur Gänze vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung getragen. Das Land Steiermark gewährte eine Beihilfe zu den Geländekosten. Der Direktion des Bergbaues Hüttenberg möchte ich für Logis und Betreuung in der Grube danken. Den genannten Stellen möchte ich herzlich für die Unterstützung danken.

### Appendix

#### Probenstellen

Die Gradangaben beziehen sich auf das Netz der Österr. Karte 1:50.000 mit Greenwich als Nullmeridian. Meterangaben beziehen sich auf Adria Normalpegel.

#### Glimmerschiefer

KAW 1165:  $14^{\circ}34'12''/46^{\circ}56'06''$ . Bergbau Hüttenberg, Andreas Kreuz.

KAW 1166:  $14^{\circ}34'12''/46^{\circ}56'06''$ . Bergbau Hüttenberg, Juliuslager.

#### Disthenflasergneis

KAW 1331:  $14^{\circ}37'31''/46^{\circ}55'26''$ . Straßenaufschluß, ca. 1 km E Lölling, auf 113 m orographisch links, aus Faltenschenkel.

KAW 1332:  $14^{\circ}39'46''/46^{\circ}49'19''$ . Moserbach, auf ca. 1430 m, orographisch links, an der Straße zur Reisberger Halt. Aus dem Bereich eines Faltenscheitels.

KAW 1340:  $14^{\circ}39'21''/46^{\circ}42'24''$ . Haimburger Bach, auf 660 m, im Bereich der Klamm, gesprengt, an der orographisch rechten Seite.

KAW 1613:  $14^{\circ}39'46''/46^{\circ}49'19''$ . Moserbach, auf ca. 1435 m, orographisch links, etwa 8 m Abstand zu KAW 1332, aus Faltenschenkel.

KAW 1614:  $14^{\circ}39'45''/46^{\circ}19''$ . Moserbach, loser Block (1,5 m  $\phi$ ) im Bachbett auf ca. 1440 m.

## Disthen-Stauroolith-Schiefergneis

- KAW 1329:  $14^{\circ}42'53''/46^{\circ}49'53''$ . Gr. Moserkogel, Straßenaufschluß, auf 1080 m der Forststraße zur Reisberger Halt.
- KAW 1330:  $14^{\circ}40'18''/46^{\circ}45'49''$ . Reisberger Bach auf 1540 m, etwa 10 m neben dem Bach, alter künstlicher Aufschluß für Wasserrohr.
- KAW 1333:  $14^{\circ}41'07''/46^{\circ}49'25''$ . E-Reisberger Halt, auf 1310 m der Forststraße zur Reisberger Halt.
- KAW 1620:  $14^{\circ}38'46''/46^{\circ}55'40''$ . Westliche Klippitz Törl Straße auf 1220 m, Straßenaufschluß, frisch 1976.

## Plattengneis

- KAW 1009:  $15^{\circ}23'53''/46^{\circ}52'39''$ . Steinbruch Prettnner im W von Gams, mittlere Bruch, Abbaustand 1971.
- KAW 1010:  $15^{\circ}23'53''/46^{\circ}52'39''$ . Steinbruch Prettnner, wie KAW 1009, mit etwa 5 m senkrechtem und 15 m waagrechtem Abstand.
- KAW 1160:  $15^{\circ}10'55''/46^{\circ}54'39''$ . Theußenbach, Steinbruch, Abbaustand 1972.
- KAW 1173:  $15^{\circ}10'55''/46^{\circ}54'39''$ . Theußenbach, Steinbruch, Helle Lage (25 cm).
- KAW 1327:  $15^{\circ}12'25''/46^{\circ}55'29''$ . Kornkneul, alter Steinbruch, östliche Seite.
- KAW 1336:  $15^{\circ}22'05''/46^{\circ}52'32''$ . Gamsbach, Steinbruch Prettnner, Abbaustand 1976.
- KAW 1342:  $15^{\circ}22'05''/46^{\circ}52'32''$ . Gamsbach, Steinbruch Prettnner, 4 m senkrechter und 10 m waagrechter Abstand zu KAW 1336.
- KAW 1598:  $15^{\circ}03'29''/46^{\circ}49'44''$ . Nördlich Glashütten, Steinbruch, Abbaustand 1977.
- KAW 1167:  $14^{\circ}44'48''/46^{\circ}57'13''$ . Kliening-Tal auf ca. 850 m, orographisch rechts, frischer Straßenaufschluß 1972.

## Granat-Biotitgneis aus der Kliening

- KAW 1326:  $14^{\circ}44'25''/46^{\circ}58'06''$ . Klieningtal auf 1000 m, orographisch rechts, Straßenaufschluß in lagigem Gestein, Lage von 50–90 cm Mächtigkeit, frisch 1975.

## Turmalingneis

- KAW 1170:  $15^{\circ}00'58''/46^{\circ}55'36''$ . Hebalpe, nördlich vom Lubachkogel auf 1350 m, künstlicher Aufschluß für Schilift-Pfeilerfundament.

## Granat-Zweiglimmergneis

- KAW 1008:  $14^{\circ}50'47''/46^{\circ}54'32''$ . Steinbruch Twimberg, aus Faltenscheitel.
- KAW 1011:  $14^{\circ}54'02''/46^{\circ}52'24''$ . Steinbruch Gall 1971, Fraßgraben auf 700 m.
- KAW 1014:  $15^{\circ}50'47''/46^{\circ}54'32''$ . Steinbruch Twimberg, Faltenschenkel.
- KAW 1169:  $14^{\circ}52'38''/46^{\circ}56'11''$ . Auerlinggraben, Straßenaufschluß auf ca. 75 cm, orographisch rechts.
- KAW 1337:  $14^{\circ}50'47''/46^{\circ}54'32''$ . Steinbruch Twimberg, Faltenschenkel.

## Hornblende-Biotit-Gneis

- KAW 1013:  $14^{\circ}50'47''/46^{\circ}54'32''$ . Steinbruch Twimberg, 1/2 bis 1 m dicke Lage.

## Granat-Zweiglimmergneise aus der Kliening

- KAW 1162:  $14^{\circ}44'48''/46^{\circ}57'13''$ . Kliening-Tal auf ca. 850 m, orographisch links, frischer Straßenaufschluß 1972.
- KAW 1164:  $14^{\circ}42'56''/46^{\circ}57'12''$ . Kuhgraben auf 1050 m, orographisch rechts, älterer Straßenaufschluß.

Tabelle 3a. Rb-Sr-Analyseresultate von Gesamtgesteinen und Glimmern der Glimmerschiefer, Hüttenberg, Saualpe

Proben Nr. KAW	Lokalität Gesamtgestein/ Mineral Korngröße in $\mu$	$^{87}\text{Rb}$ ppm	$^{87}\text{Sr}$ rad. ppm	% rad. <sup>a</sup>	gew. <sup>b</sup> Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren	Isochronenalter od. korrig. c Glimmer- Alter, Fehler in Mio. Jahren
1165	Andreaskreuz Gesamtgestein	21,71	0,1054	1,47	101,8	0,7205	2,180	341±346	—
1165	Andreaskreuz Biotit 149—177	164,9	0,1902	39,73	4,155	1,178	405,8	81±3	80±3
1165	Andreaskreuz Muskovit 74—149	57,65	0,2517	1,38	258,7	0,7198	2,279	306±440	—
1166	Juliuslager Gesamtgestein	54,20	0,0609	2,20	38,97	0,7259	14,23	79±54	—

<sup>a</sup>rad. = radiogen, <sup>b</sup>gew. = gewöhnliches, <sup>c</sup>korrig. = mit dem Gesamtgestein korrigierter Alterswert.

Tabelle 3b. K-Ar-Analyseresultate von Glimmern der Glimmerschiefer, Hüttenberg, Saualpe

Proben Nr. KAW	Lokalität Mineral Korngröße in $\mu$	$^{40}\text{Ar}$ rad. <sup>a</sup> · 10 <sup>-6</sup> cm <sup>3</sup> / g STP	% rad. <sup>a</sup>	% K	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$ · 10 <sup>3</sup>	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren
1165	Andreaskreuz Biotit 149—177	23,74	52,70	7,39	68,61	624,0	80±3
1165	Andreaskreuz Muskovit 74—149	23,90	90,15	7,36	558,0	3002,0	81±3

<sup>a</sup> rad. = radiogen.

Tabelle 4a. *Rb-Sr-Analyseergebnisse von Gesteinen und Glimmern der Disthenfasergneise und Disthen-Staurolith-Schiefergneise, Saualpe*

Proben Nr. KAW	Lokalität Gestein Mineral Korngröße in $\mu$	$^{87}\text{Rb}$ ppm	$^{87}\text{Sr}$ rad. <sup>a</sup> ppm	%rad. <sup>a</sup>	gew. $^{87}\text{Sr}$ ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren	Isochronalter od. korrig. Fehler in Mio. Jahren
1332	Moserbach A Gesamtgesteine	33,62	0,2550	2,30	156,0	0,7266	2,203	—	—
1332	Moserbach A Biotit 177–250	171,2	0,2020	29,90	6,821	1,013	256,6	83±4	79±3
1613	Moserbach B Gesamtgestein	43,77	0,2785	1,76	223,3	0,7229	2,004	—	—
1614	Moserbach C Gesamtgestein	49,67	0,2278	2,53	126,3	0,7286	4,021	—	—
1331	Lölling Gesamtgestein	40,05	0,2058	2,46	117,7	0,7280	3,479	—	—
1340	Haimburger Bach Gesamtgestein	46,25	0,4277	1,72	352,4	0,7225	1,342	—	—
1329	Grosser Moser- kogel Gesamtgestein	24,99	0,1948	2,68	101,6	0,7295	2,515	—	—
1329	Grosser Moser- kogel Biotit 177–250	131,3	0,1527	21,87	7,857	0,9086	170,9	82±7	75±3
1329	Grosser Moser- kogel Muskovit 177–250	93,70	0,2436	4,19	80,22	0,7409	11,94	183±65	86±30



1330	Reisbergbach Gesamtgestein	45,28	0,2868	1,99	203,1	0,7243	2,280	—	—
1330	Reisbergbach Biotit 53—74	180,0	0,2157	18,77	13,44	0,8739	137,1	84±8	78±5
1333	E'Reisberger Halt Gesamtgestein	51,53	0,3049	3,50	120,90	0,7357	4,356	—	—
1333	E'Reisberger Halt Biotit 250—420	182,0	0,2105	34,26	5,818	1,080	319,8	81±3	77±3
1620	W'Klippitz Törl Straße, auf 1280 m Gesamtgestein	28,83	0,1232	1,06	165,2	0,7178	1,784	—	—

<sup>a</sup> rad. = radiogen, <sup>b</sup> gew. = gewöhnliches, <sup>c</sup> kotr. = mit dem Gesamtgestein korrigierter Alterswert.

Tabelle 4b. K-Ar-Analyseergebnisse von Glimmern der Disthenflasergneise und Disthen-Stauroolith-Schiefergneise, Sauzalpe

Proben Nr. KAW	Lokalität Mineral Korngröße in $\mu$	<sup>40</sup> Ar rad. <sup>a</sup> · 10 <sup>-6</sup> cm <sup>3</sup> / g	% rad. <sup>a</sup>	% K	<sup>40</sup> K/ <sup>36</sup> Ar · 10 <sup>3</sup>	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar	Alter, Fehler in Mio. Jahren
1332	Moserbach A Biotit 177—250	36,43	93,11	7,36	539,0	4289,0	122±4
1332	Moserbach A Muskovit 74—149	32,80	91,00	8,64	526,0	3284,0	95±3

Tabelle 4b (Fortsetzung)

Proben Nr. KAW	Lokalität Mineral Korngröße in $\mu$	$^{40}\text{Ar rad.}^a \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 / \text{g rad.}^a$ STP	% K	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar} \cdot 10^3$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren
1329	Gr. Moserkogel Biotit 177–250	27,40	7,05	130,0	1051,0	97 $\pm$ 4
1329	Gr. Moserkogel Muskovit 177–250	28,02	8,27	241,0	1517,0	84 $\pm$ 3
1330	Reisbergerbach Biotit 53–74	20,46	6,72	690,0	3438,0	76 $\pm$ 3
1330	Reisbergerbach Muskovit 74–149	24,65	7,49	205,0	1302,0	82 $\pm$ 3
1333	E'Reisberger Halt, Biotit 250–420	24,91	7,20	369,0	2204,0	86 $\pm$ 3
1333	E'Reisberger Halt, Muskovit 250–420	25,71	7,66	943,0	5028,0	84 $\pm$ 3

<sup>a</sup> rad. = radiogen.

Tabelle 5a. Rb-Sr-Analyseresultate von Gesamtgesteinen und Glimmern der Plattengneise, Korralpe

Proben Nr. KAW	Lokalität Gesamtgestein/ Mineral Korngroße in $\mu$	$^{87}\text{Rb}$ ppm	$^{87}\text{Sr}$ rad. ppm	%rad. <sup>a</sup>	gew. <sup>b</sup> Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren	Isochronenalter od. korr. <sup>c</sup> Glimmer Alter, Fehler in Mio. Jahren
1009	Gams Gesamtgestein	44,47	0,2298	2,12	153,0	0,7255	2,972	—	—
1009	Gams	93,96	0,2143	5,02	58,3	0,7477	16,47	160±62	115±16
1010	Muskovit, 53—177	46,34	0,2183	2,58	118,7	0,7287	3,991	—	—
1010	Gams Gesamtgestein	81,44	0,1130	12,01	11,92	0,8068	69,85	98±15	84±4
1160	Biotit + Quarz 149—480	44,73	0,2339	2,31	142,6	0,7269	3,207	—	—
1173	Theussenbach Gesamtgestein	22,57	0,1643	1,11	210,5	0,7179	1,096	—	—
1327	S von Kornkneul Gesamtgestein	44,36	0,1780	2,16	115,8	0,7256	3,915	—	—
1336	Gamsbach Gesamtgestein	40,77	0,2384	2,21	152,3	0,7259	2,738	—	—
1342	Gamsbach Gesamtgestein	31,17	0,1827	1,83	140,8	0,7232	2,263	—	—
1598	Glashütten Gesamtgestein	40,61	0,2190	2,20	140,2	0,7261	2,962	—	—

<sup>a</sup>rad. = radiogen, <sup>b</sup>gew. = gewöhnliches, <sup>c</sup>korr. = mit dem Gesamtgestein korrigierter Alterswert.

Tabelle 5b. *K-Ar-Analyseergebnisse von Glimmern der Plattengneise, Koralpe*

Proben Nr.	Lokalität	$^{40}\text{Ar rad}^a \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$	% rad. <sup>a</sup>	% K	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar} \cdot 10^3$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren
1009	Gams Muskovit 53-177	27,36	85,27	8,25	345,0	2007,0	83±3
1010	Gams Biotit + Quarz 149-480	14,77	78,61	3,35	165,0	1382,0	109±3

<sup>a</sup> rad. = radiogen.Tabelle 6a. *Rb-Sr-Analyseergebnisse von Gesamtgesteinen und Glimmern von Paragesteinen aus der Koralpe (ohne Plattengneise)*

Proben Nr.	Lokalität	$^{87}\text{Rb}$ ppm	$^{87}\text{Sr}$ rad. <sup>a</sup> ppm	% rad. <sup>a</sup>	gew. <sup>b</sup> Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren	Isochronenalter od. korr. Glimmeralter, Fehler in Mio. Jahren
1008	Twimberg Granat-Zweigliumergneis Gesamtgestein	32,13	0,09534	1,09	124,6	0,7181	2,638	—	—
1008	Twimberg Granat-Zweigliumergneis Biotit 250-420	132,4	0,1480	65,37	1,129	2,055	1202,0	79±3	78±3
1008	Twimberg Granat-Zweigliumergneis	59,69	0,1408	3,28	59,83	0,7344	10,20	163±101	151±29

1013	Twimberg Hornblende- Biotit-Gneis Gesamtgestein	31,2	0,07549	0,51	213,1	0,7138	1,499	—	—
1013	Twimberg Hornblende- Biotit-Gneis Biotit 250—420	93,66	0,1065	36,29	2,692	1,116	356,2	80±4	80±4
1014	Twimberg Granat-Zwei- glimmergneis Gesamtgestein	31,11	0,9050	1,42	90,26	0,7206	3,526	—	—
1014	Twimberg Granat-Zwei- glimmergneis Biotit 250—420.	137,4	0,1571	49,84	2,276	2,417	618,1	81±3	80±3
1014	Twimberg Granat-Zwei- glimmergneis Phengit 177—250	89,22	0,1466	3,75	54,15	0,7379	16,85	117±63	92±16
1011	Gall, Granat- Zweiglimmergneis Gesamtgestein	31,8	0,1443	1,21	169,6	0,7189	1,914	—	—
1011	Gall Biotit 177—250	132,7	0,1523	46,76	2,49	1,335	544,0	81±3	80±3

Tabelle 6a (Fortsetzung)

Proben Nr.	Lokalität Gesamtgestein/ Mineral Korngröße in $\mu$	$^{87}\text{Rb}$ ppm	$^{87}\text{Sr}$ rad. <sup>a</sup> ppm	%rad. <sup>a</sup>	gew. <sup>b</sup> Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren	Isochronenalter od. korrt. <sup>c</sup> Glimmer Alter, Fehler in Mio. Jahren
1011	Gall Muskovit 177-250	103,6	0,2526	2,07	171,4	0,7250	6,184	171±163	99±50
1169	Auerlinggraben Granat-Zweiglimerneis Gesamtgestein	28,09	0,2070	1,80	162,7	0,7229	1,765	-	-
1169	Auerlinggraben Granat-Zweiglimerneis Biotit 177-250	120,6	0,1388	47,09	2,246	1,342	549,0	81±3	79±3
1169	Auerlinggraben Granat-Zweiglimerneis Muskovit 149-177	79,93	0,1835	3,44	74,07	0,7352	11,03	161±69	93±40
1170	Hebalpe Turmalingneis Gesamtgestein	57,26	0,2610	2,35	155,6	0,7272	3,761	-	-
1170	Hebalpe Turmalingneis Biotit 177-297	247,3	0,2844	45,29	4,945	1,298	511,3	81±3	79±3

<sup>a</sup>rad. = radiogen, <sup>b</sup>gew. = gewöhnliches, <sup>c</sup>korrt. = mit dem Gesamtgestein korrigierter Alterswert.

Tabelle 6b. *K-Ar-Analysendaten von Glimmern aus den Paragesteinen der Koralle (ohne Plattengneise)*

Proben Nr. KAW	Lokalität Mineral Korngröße in $\mu$	$^{40}\text{Ar rad.}^a \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 / \text{g}$ STP	% rad. <sup>a</sup>	% K	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar} \cdot 10^3$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren
1008	Twimberg, Granat-Zweiglimmergneis Biotit 250—490	24,24	92,42	7,66	762,0	3904,0	79 $\pm$ 3
1008	Twimberg, Granat-Zweiglimmergneis Muskovit 177—250	31,34	84,22	8,86	298,0	1872,0	88 $\pm$ 3
1013	Twimberg, Hornblende-Biotit-Gneis, Biotit 250—490	26,52	89,33	7,42	463,0	2771,0	89 $\pm$ 3
1014	Twimberg, Granat-Zweiglimmergneis Biotit 250—490	25,57	92,32	7,475	695,0	3851,0	85 $\pm$ 3
1014	Twimberg, Granat-Zweiglimmergneis Muskovit 177—250	31,57	85,02	8,93	317,0	1973,0	88 $\pm$ 3
1011	Gall, Granat-Zweiglimmergneis Biotit 177—250	24,89	91,38	7,68	647,0	3429,0	81 $\pm$ 3
1011	Gall, Granat-Zweiglimmergneis Muskovit 177—250	17,89	80,58	8,50	250,0	1522,0	82 $\pm$ 3

Tabelle 6b (Fortsetzung)

Proben Nr. KAW	Lokalität Mineral Korngröße in $\mu$	$^{40}\text{Ar rad.}^a \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$ STP	% rad. <sup>a</sup>	% K	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar} \cdot 10^3$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren
1169	Auerlinggraben Granat Zwei- glimmergneis Biotit 177-250	24,95	89,20	7,71	505,0	2737,0	81±3
1169	Auerlinggraben Granat-Zwei- glimmergneis Muskovit 149-177	28,78	78,38	8,44	210,0	1367,0	85±3
1170	Hebalpe Turmalingneis Biotit 177-297	25,47	94,26	6,74	861,0	5155,0	94±3
1170	Hebalpe Turmalingneis Muskovit 74-149	22,87	80,42	6,57	233,0	1509,0	81±3

<sup>a</sup> rad. = radiogen.

Tabelle 7a. Rb-Sr-Analysenresultate von Gesteinen und Glimmern der Klieningneise, Saualpe

Proben Nr. KAW	Lokalität Gesamtgestein/ Mineral Korngröße in $\mu$	$^{87}\text{Rb}$ ppm	$^{87}\text{Sr}$ rad. <sup>a</sup> ppm	% rad. <sup>a</sup>	gew. <sup>b</sup> Sr	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Alter, Fehler in Mio. Jahren	Isochronalter od. korrig. Glimmer- Alter, Fehler in Mio. Jahren
1162	Kliening Gesamtgestein	38,01	0,3045	3,29	129,0	0,7340	3,015	561±170	391±160
1162	Kliening Biotit 177-297	136,7	0,1445	46,48	2,40	1,326	582,1	75±3	72±3



1164	Kuhgraben Gesamtgestein	20,48	0,1989	2,25	124,3	0,7265	1,685	680±597	391±160
1164	Kuhgraben Biotit 177-197	107,7	0,1213	33,37	3,486	1,066	315,9	79±4	77±4
1167	Klienung Gesamtgestein	27,37	0,2499	2,58	135,8	0,7290	2,061	640±490	391±160
1326A	Klienung Gesamtgestein	12,19	-0,1312	-0,39	483,6	0,7073	0,2576	-	-
1326B	Klienung Gesamtgestein	17,03	-0,1255	-0,43	419,0	0,7071	0,4156	-	-

<sup>a</sup>rad. = radiogen, <sup>b</sup>gew. = gewöhnliches, <sup>c</sup>kor. = mit dem Gesamtgestein korrigierter Alterswert.

Tabelle 7b. K-Kr-Analyseresultate von Glimmern der Klienunggneise, Saualpe

Proben Nr.	Lokalität Mineral Korngröße in $\mu$	<sup>40</sup> Ar rad. <sup>a</sup> · 10 <sup>-6</sup> cm <sup>3</sup> /g STP	% rad. <sup>a</sup>	% K	<sup>40</sup> K/ <sup>36</sup> Ar · 10 <sup>3</sup>	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar	Alter, Fehler in Mio. Jahren
1162	Klienung Biotit 177-297	23,69	92,35	7,77	783,0	3865,0	76±3
1162	Klienung Muskovit 177-297	28,07	88,44	8,84	476,0	2557,0	80±3
1164	Kuhgraben Biotit 177-197	24,69	95,35	7,48	1229,0	6363,0	83±3
1164	Kuhgraben Muskovit 177-297	24,30	93,78	7,22	886,0	4757,0	84±3

<sup>a</sup>rad. = radiogen.

## Literatur

- Beck-Mannagetta, P.*, 1949: Bau und Metamorphose der Koralpe (Vorläufiger Bericht). Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl. 86/1, 13–16, Wien.
- 1970: Über den geologischen Aufbau der Koralpe. Verh. Geol. Bundesanst. (Wien) 1970/3, 491–496.
- Borg, I. V., Smith, D. K.* (Hrsg.), 1969: Calculated X-ray patterns for silicate minerals. Mem. Geol. Soc. Amer. 122, 896 S.
- Brooks, C., Hart, S., Wendt, I.*, 1972: Realistic use of two error regression treatments as applied to rubidium strontium data. Rev. Geophys. Spac. Phys. 10/2, 551–577.
- Cipriani, C., Sassi, F., Bassani, C. V.*, 1968: La composizione delle miche chiare in rapporto con le costanti reticolare e col grado metamorfice. Rend. Soc. Ital. Min. Petrol. 24, 3–37, Pavia.
- Clar, E.*, 1975: Die Stellung der Saualpe im Rahmen der Ostalpen. Clausthaler Geol. Abh., Sdbd. 1, 187–198.
- *Frisch, W., Meixner, H., Pilger, A., Schönenberg, R.*, 1963: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), VI, Carinthia II 153/73, 23–51.
- Dal-Piaz, G. V., Hunziker, J. C., Martinotti, G.*, 1972: La zona Sesia-Lanzo l'evaluzione tettonico-metamorfico delle Alpi Nordoccidentali interne. Mem. Soc. Geol. Ital. 11, 433–460.
- Hawkesworth, C. J.*, 1976: Rb-Sr geochronology in the Eastern Alps. Contrib. Min. Petrol. 54, 225–244.
- Hunziker, J. C.*, 1970: Polymetamorphism in the Monte Rosa, Western Alps. Eclogae geol. Helv. 63/1, 151–161.
- Kleinschmidt, G.*, 1975: Die „Plankogelserie“ in der südlichen Koralpe unter Berücksichtigung von Manganquarziten. Verh. Geol. Bundesanst. (Wien) 1975/2–3, 351–362.
- 1979: Die Verteilung von Chloritoid in den südlichen Muralpen (Gurktaler Alpen, Saualpe, Koralpe) und ihre geologische Bedeutung. Clausth. Geol. Abh. 30, 74–94.
- *Ritter, U.*, 1976: Geologisch-petrographischer Aufbau des Koralpenkristallins südlich von Soboth/Steiermark-Kärnten (Raum Hühnerkogel-Laaken). Carinthia II 166(86), 57–91.
- *Sassi, F. P., Zanferri, A.*, 1976: A new interpretation of the metamorphic history in the Saualpenbasement (Eastern Alps). N. Jb. Geol. Paläont. Mh. Jg. 1976/11, 653–670.
- *Seeger, U.*, 1975: Nachweis der Diskordanzfläche Jungpaläozoikum/leicht metamorphes Altpaläozoikum am Griffener Berg (Ostkärnten). Carinthia II 1965(85), 97–102.
- Morauf, W.*, 1981: Rb-Sr- und K-Ar-Isotopenalter an Pegmatiten aus Kor- und Saualpe, SE-Ostalpen, Österreich. Tschermarks Min. Petr. Mitt. 28, 113–129.
- 1980: Die permische Differentiation und alpidische Metamorphose des Granitgneises von Wolfsberg, Koralpe, SE-Ostalpen, mit Rb-Sr- und K-Ar-Altersbestimmungen. Tschermarks Min. Petr. Mitt. 27, 169–185.
- Neugebauer, J.*, 1970: Altpaläozoische Schichtfolge, Deckenbau und Metamorphoseablauf im südwestlichen Saualpen-Kristallin (Ostalpen). Geotekt. Forsch. 35, 23–93.
- Nicolaysen, L. O.*, 1961: Graphic interpretation of discordant age measurements on metamorphic rocks. Ann. N.Y. Acad. Sci. 91, 189–206.
- Pilger, A., Weissenbach, N.*, 1965: Tektonische Probleme bei der Gliederung des Altkristallins der östlichen Zentralalpen. Z. dt. geol. Ges. (Hannover) 116, 447–454 und Verh. Geol. Bundesanst. (Wien), Sonderh. G, 2. Teil, 191–198.

- 1970: Stand und Aussichten der Forschung über Stratigraphie, Tektonik und Metamorphose in der Saualpe in Kärnten. Clausthal. Geol. Abh. 5, 39 S.
- 1971: Der interne Deckenbau der Saualpe (Kärnten, Österreich). Z. dt. geol. Ges. 122, 131–136.
- *Schönenberg, R., Weissenbach, N.* (Hrsg.), 1975: Die Geologie der Saualpe. Clausthal. Geol. Abh. *Sdbd. 1*, 232 S.
- Purdy, J. W., Jäger, E.*, 1976: K-Ar-ages on rockforming minerals from the Central Alps. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova XXX, 31 S.
- Riehl-Herwisch, G.*, 1965: Die postvariszische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 14/15, 229–266.
- Schönlaub, H. P., Scharbert, S.*, 1978: The early history of the Eastern Alps. Z. dt. geol. Ges. 129, 473–484.
- Steiger, R., Jäger, E.*, 1977: Subcommission on geochronology. Convention on the use of decay constant. Earth Planet. Sci. Lett. 36, 359–362.
- Tollmann, A.*, 1977: Geologie von Österreich I, 745 S. Wien: Deuticke.
- Weissenbach, N.*, 1965: Geologie und Petrographie der eklogitführenden hochkristallinen Serien im Zentralen Teil der Saualpe. Diss. Bergakademie Clausthal-Zellerfeld, 206 S.
- Zwart, H. J.*, 1969: Metamorphic facies series in the European orogenic belts and their bearing on the causes of orogeny. Geol. Ass. Canada, Spec. Paper 5, 7–16.

Anschrift des Verfassers: Dr. *W. Morauf*, Abteilung für Isotopengeologie, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern, Erlachstraße 9a/III, CH-3012 Bern, Schweiz.  
Derzeit: Kandlgasse 27, A-1070 Wien, Österreich.