

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

## **Rb-Sr- und K-Ar-Isotopen-Alter an Pegmatiten aus Kor- und Saualpe, SE-Ostalpen, Österreich**

**W. Morauf**

Mit 3 Abbildungen

Eingegangen am 16. August 1979;

angenommen am 24. April 1980

### **Zusammenfassung**

An sieben Pegmatiten aus der Kor- und Saualpe wurden insgesamt 12 Rb-Sr-Gesamtgesteins-Analysen durchgeführt, an Muskoviten aus den Pegmatiten sind 16 Rb-Sr-Analysen und 15 K-Ar-Bestimmungen gemacht worden.

Alle Pegmatite haben zwei Hellglimmergenerationen, die deutlich unterscheidbar sind.

Mit der Rb-Sr-Methode ergeben die großen Muskovite (bis 20 cm  $\phi$ ) in acht Fällen prae-alpidische Alterswerte: 240 bis 265 M. J. Mit der gleichen Methode wird an den Muskoviten der zweiten Generation (bis 3 cm  $\phi$ ) alpidisches Alter bestimmt: 72 bis 122 M. J. Die Rb-Sr-Gesamtgesteins-Analysen deuten auf ein geöffnetes System für Rb-Sr in alpidischer Zeit, vergleichbar mit den Paragneisen (*Morauf*, 1980b).

Die K-Ar-Bestimmungen an den Muskoviten beider Generationen ergeben alpidische Alterswerte; 71–116 M. J. Es ist ein Einfluß der Korngröße auf den Alterswert feststellbar sowie Unterschiede zwischen Kern und Rand bei den Muskoviten der ersten Generation.

Prae-alpidische Mineral-Alter sind im Bereiche der Kor- und Saualpe nur noch in großen Pegmatit-Muskoviten nachweisbar, da durch eine altalpidische druckbetonte Metamorphose (vor 80 M. J.) nicht nur kleine Glimmer verjüngt/gebildet wurden, sondern auch die Gesamtgesteine zum teilweise offenen System für Rb und Sr wurden. Die prägende Deformation muß nach den vorliegenden Daten ebenfalls altalpidisch sein.

### **Summary**

*Rb-Sr and K-Ar Isotopic Ages of Pegmatites from Koralpe and Saualpe, South-Eastern Alps, Austria*

12 Rb-Sr-whole rock analyses on seven pegmatites of the Kor- and Saualpe were performed, as well as 16 Rb-Sr-determinations and 15 K-Ar measurements on the white

micas of these pegmatites. All the pegmatites show clearly two generations of mica growth.

The white mica from the first generation with books up to 20 cm  $\phi$  yielded eight pre-Alpidic Rb-Sr-ages between 240 and 265 my. The second generation of white micas ( $\phi$  up to 3 cm) give Alpidic ages of 72–122 my.

The K-Ar-determinations on white micas of both generations yielded only Alpidic ages within the range of 71–116 my. Both grainsize as well as position in the large grains (core-rim) influence the age value: Smaller grains and rims of first generation muscovite giving younger ages, than the larger grains as well as cores of the first generation.

The Rb-Sr-whole-rock-analyses point to an open system for Rb and Sr during the early Alpidic metamorphism, similar to the paragneisses (Morauf, 1980b). Considering all the data of Kor- and Saualpe (Morauf, 1980 a, b and this paper) it can be shown that 1) pre-Alpidic mineral ages only survived in large pegmatitic muscovites; 2) During the influence of the intensive old-Alpidic metamorphism small pre-Alpidic white micas where not only rejuvenated, but new micas grew and kyanite recrystallized, while the whole rock was partially open for the Rb-Sr-system.

According to the data presented in this paper the main deformation of the area has to be of Alpidic age.

## 1. Vorwort und Problemstellung

Da in den bisherigen Untersuchungen der Glimmer in Kor- und Saualpe nur frühalpidische Alterswerte gefunden werden konnten (vgl. Morauf, 1980 a, b), und auch die Gesteine der Decke (Pilger und Weissenbach, 1965) stark alpidische Beeinflussung zeigen (Morauf, 1980b), stellte sich die Frage, ob wenigstens die Glimmer der Pegmatite noch eine ältere Bildung als das Nebengestein anzeigen. An den großen Pegmatit-Muskoviten von I Mondei (Ferrara et al., 1962) und aus der Moine-Serie (Long und Lambert, 1963) konnte gezeigt werden, daß Rb-Sr-Alterswerte von großen Muskoviten eine recht starke Metamorphose überleben können.

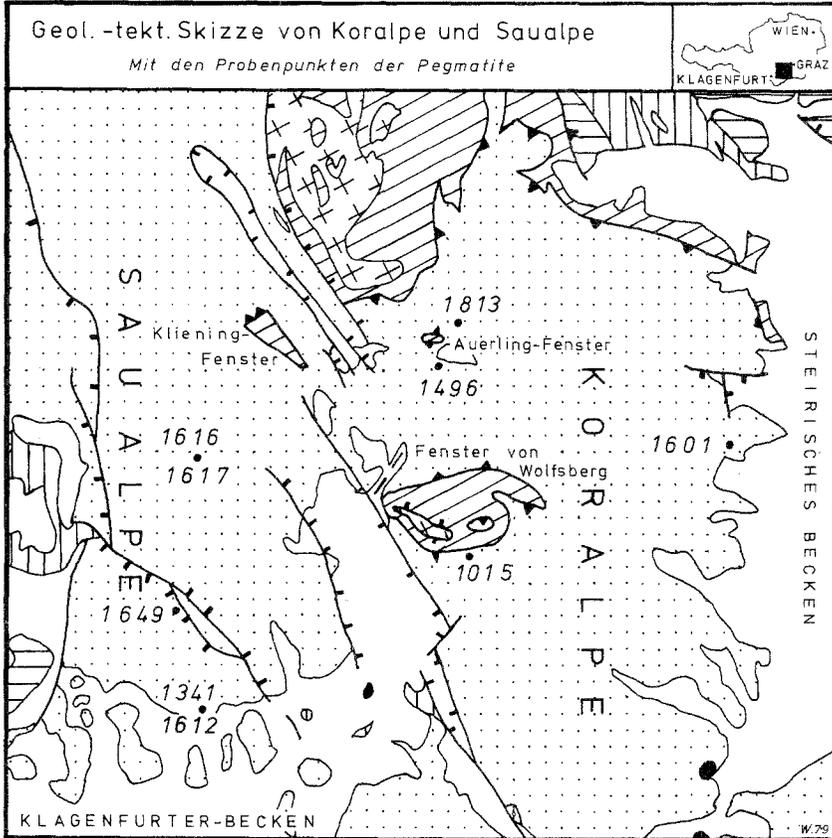
Die Proben wurden nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt:

a) möglichst hohe Rb/Sr-Verhältnisse, b) klar ersichtliche Generationenabfolge und c) möglichst große Glimmer der ersten Generation, die ja die besten Überlebenschancen für das Rb-Sr-System aufweisen (s. oben).

Es wurden die folgenden Pegmatite untersucht, deren Verteilung in Kor- und Saualpe ist in Abb. 1 (geologische Karte des Untersuchungsgebietes) zu sehen:

Lokalität	Probennummer	alpid. Metamorphosegrad (Fazies)
Saualpe:		
Wandelitzen	KAW 1341, 1612 a, b, c	mittl. Grünschiefer
Grafenbach	KAW 1649	Grünsch./Amphibolit
Moserbach	KAW 1616, 1617	mittl. Amphibolit

Lokalität	Probennummer	alpid. Metamorphosegrad (Fazies)
Koralpe:		
Liedl, Packalpe	KAW 1813 a, b, c	Grünsch./Amphibolit
Gamsbach	KAW 1601	tiefe/mittl. Amphibolit
Waldenstein	KAW 1496	tiefe/mittl. Amphibolit
Koralpengipfel	KAW 1015	mittl. Amphibolit



LEGENDE:

- |                         |                                                                 |                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Deckgebirge, ohne Gosau | Kristallin der Kor- u. Saualpe (mit aneiz. zonalem Paläozoikum) | Orthogneis              |
| Gosau                   | Paläozoikum                                                     | Kristallin der Stubalpe |
| Störungen               | •1015 Probenpunkt mit KAW-Nummer                                | Deckengrenzen           |
- 0 W E 15 km Tertiärer Vulkanismus

Abb. 1

Durch die Auftrennung der bis 20 cm großen Glimmerpakete in Rand und Kern bei KAW 1649, 1496 und 1813 wurde versucht, den Einfluß der Metamorphose zu erfassen, die zum Weiterwachsen/Neusplassen der Muskovite führte. Weiters wurde versucht, eine möglichst gute Trennung der zwei Generationen zu erreichen (s. 3.1), um den eventuellen Nachweis eines prae-alpidischen Glimmeralters nicht durch mechanische Mischung der beiden Glimmergenerationen in Frage zu stellen.

## 2. Auftreten und Beschreibung der untersuchten Pegmatite

### 2.1 Allgemeines Auftreten

In den beiden Kristallinkomplexen der Kor- und Saualpe, wie sie in den beiden ersten Teilen dargestellt wurde (vgl. *Pilger, Schönenberg* und *Weissenbach*, Hrsg., 1975), kommen die Pegmatite im Bereiche der Gneise und Glimmerschiefer überall vor. Es ist jedoch eine Häufung im Grenzbereich Gneis zu Glimmerschiefer festzustellen (*Fritsch* et al., 1960; *Meixner*, 1975).

Die Pegmatite treten in dm-mächtigen Gängen und bis zu 100 m dicken Körpern auf, mit Längserstreckung bis zu ca. einem km. (*Beck*, 1931; *Fritsch* et al., 1960; *Kleinschmidt*, 1968; *Neugebauer*, 1970; *Meixner*, 1975.)

Bis zum Nachweis der Deckennatur der beiden Einheiten durch *Pilger* und *Weissenbach* (1965) wurde oft von Pegmatoiden gesprochen, da keine Verbindung zu einem Intrusivkörper innerhalb der Kor- und Saualpe nachweisbar ist (vgl. *Fritsch* et al., 1960, *Beck-Mannagetta*, 1949, *Meixner*, 1975).

### 2.2 Zusammenfassende Charakterisierung

Für den Druck wird nur die Zusammenfassung gebracht, die ausführliche Beschreibung ist in *Morauf* (1979). Es soll darauf hingewiesen werden, daß mit Ausnahme von KAW 1496, 1649 mindestens 35 bis maximal 100 kg Probenmaterial verwendet wurde, um genügend Glimmer der ersten Generation zu erhalten (vgl. 5).

In allen Pegmatiten sind zwei Muskovit-Generationen feststellbar. Die erste Generation ist selten völlig ins *s*-Flächengefüge eingeregelt, während die zweite Generation immer an diese Flächen gebunden ist.

Dies gilt unabhängig von der maximalen Größe der beiden Generationen: Die erste Generation der Muskovite kann von mm bis zu 20 cm  $\phi$  aufweisen; die zweite Generation ist meistens eine bis zwei Zehner-Potenzen kleiner, sie hat daher Größen von 0,03 mm bis ca. 3 cm.

Alle Pegmatite zeigen im Korngefüge deutliche Spuren der Durchbewegung (Verkleinerung des Kornes, ...) und weitgehende bis gute Rekristallisation des Quarzes, der undulös auslöscht.

In den Pegmatiten vom Moserbach, Saualpe, und Gamsbach, Koralpe, tritt Disthen in cm-Kristallen bzw. in Schnüren im *s* der Plattengneis-Tektonik auf. Diese Kristalle bzw. Körner sind syn- bis post-tektonisch kristallisiert. Die routinemäßige Untersuchung der verschiedenen Hellglimmer-Konzentrate (24) mit der Guinier-Kamera nach *DeWolff* (Fe,  $K_{\alpha}$ , 5–8 h) ergab nur Muskovite im Sinne von *Cipriani et al.* (1968). Es konnte kein einheitliches Verhalten in der Variation der  $d(060)$  ( $\bar{3}11$ )-Werte (*Borg* und *Smith*, 1969) zwischen Rand und Kern, oder erster und zweiter Generation festgestellt werden. Alle untersuchten Muskovite sind in der 2-M-Modifikation kristallisiert.

### 3. Isotopengeologische Untersuchungen

#### 3.1 Angewandte Methoden und Konstanten

Die Analysenmethoden für die Rb-Sr und K-Ar-Methode sind bei *Morau*f (1980a) ausführlich beschrieben; es wurden zusätzlich noch folgende Methoden bei der Mineraltrennung angewandt:

Bei den Proben KAW 1813 (Liedl), 1617 (Moserbach) und 1612 (Wandelitzen) wurden die großen Glimmer der ersten Generation von Hand verlesen, zum Teil schon vor dem Brechen gesammelt, oder nach dem Brechen mit der Hand auf  $> 2$  mm gesiebt, ehe die Proben gemahlen wurden. Dadurch sollte erreicht werden, daß gegenseitige mechanische Verunreinigung der Glimmergenerationen möglichst gering blieb.

Bei den Proben, deren erste Generation  $> 2$  cm war (KAW 1813, Liedl, 1649, Grafenbach, 1496, Waldenstein), wurde diese noch weiter aufgetrennt: Mit der Schere wurde bei KAW 1649, 1496 der nicht verbogene Kern vom makroskopisch erkennbar verbogenen Rand getrennt. Bei KAW 1813 wurde der Kern mit einem Loch Eisen (1 cm  $\phi$ ) herausgestanzt, und der Rand wurde dann mit der Schere noch in einen inneren und einen äußeren Rand getrennt, ähnlich wie bei *Long* und *Lambert* (1963).

Zur Berechnung der Alterswerte wurden folgende Konstanten verwendet (*Steiger* und *Jäger*, 1977):

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

Strontium:  $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$  (= 8,3752 für  $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )

$^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,056584$ ;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,71014$ , Atomverhältnisse

Kalium:  $\lambda_{e^-} + \lambda'_{e^-} = 0,581 \cdot 10^{-10}$  Jahre $^{-1}$ ;  $\lambda_{\beta^-} = 4,962 \cdot 10^{-10}$  Jahre $^{-1}$

$^{40}\text{K}$  in  $\text{K} = 0,01167$  Atomprozent

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

Tabelle 1. *K-Ar-Analysendaten von Pegmatit-Muskoviten aus Kor- und Saualpe*

Proben Nr. KAW	Lokalität Mineral Korngröße	$^{40}\text{Ar rad.}^a$ $\times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$ STP	% rad. <sup>a</sup>	% K <sub>2</sub> O	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar} \times 10^3$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Alter Fehler in Mio. J.
1015	Koralmgipfel Muskovit 250–420 $\mu$	27,25	87,69	8,52	441,0	2402,0	80 $\pm$ 3
1496	Waldenstein, Koralpe, Muskovit > 10 cm, Kern	34,24	90,15	8,69	459,0	3001,0	98 $\pm$ 3
1496	Waldenstein, Koralpe, Muskovit > 10 cm, Rand	33,95	89,75	8,77	447,0	2884,0	96 $\pm$ 3
1341	Wandelitzen, Saualpe, Muskovit 250–420 $\mu$	29,30	86,69	8,44	371,0	2221,0	87 $\pm$ 3
1341	Wandelitzen, Saualpe, Muskovit 149–177 $\mu$	28,37	93,40	8,95	881,0	4482,0	79 $\pm$ 3
1649a	Grafenbach, Saualpe, Muskovit > 10, cm, Rand	35,49	94,26	8,92	816,0	5149,0	99 $\pm$ 3
1649a	Grafenbach, Saualpe, Muskovit > 10 cm, Kern	37,94	94,61	8,94	819,0	5490,0	105 $\pm$ 3
1649b	Grafenbach, Saualpe, Muskovit > 10 cm, Rand	35,77	95,80	8,87	1119,0	7044,0	100 $\pm$ 3
1649b	Grafenbach, Saualpe, Muskovit > 10 cm, Kern	39,48	95,86	8,39	973,0	7144,0	116 $\pm$ 4
1617	Moserbach, Saualpe, Muskovit > 2 mm (250–420 $\mu$ )	29,45	66,64	9,10	122,0	855,7	81 $\pm$ 4

Proben Nr. KAW	Lokalität Mineral Korngröße	$^{40}\text{Ar}$ rad. <sup>a</sup> $\times 10^{-6}$ cm <sup>3</sup> /g STP	% rad. <sup>a</sup>	% K <sub>2</sub> O	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar} \times 10^3$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Alter Fehler in Mio.
1601	Gamsbach, Koralpe Muskovit > 480 $\mu$	30,51	88,09	8,97	431,0	2482,0	85 $\pm$ 3
1813a	Liedl, Packalpe, Muskovit > 2 cm, äußerer Rand	30,03	85,06	10,35	388,0	1978,0	71 $\pm$ 3
1813a	Liedl, Packalpe, Muskovit > 2 cm, innerer Rand	30,78	91,09	7,75	641,0	3316,0	79 $\pm$ 3
1813a	Liedl, Packalpe, Muskovit > 2 cm, Kern	31,10	88,22	8,73	416,0	2510,0	89 $\pm$ 3
1813c	Liedl, Packalpe, Muskovit 149–177 $\mu$	30,93	89,45	9,07	492,0	2803,0	85 $\pm$ 3

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

### 3.2 K-Ar-Daten der Muskovite

Die Analysenresultate sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Gegenüberstellung zu den Rb-Sr-Resultaten ist in Abb. 2 zu sehen. Bei den Proben KAW 1813, 1496, 1649 ist eine Abhängigkeit von der ursprünglichen Korngröße der ersten Generation gegeben: Die größeren Glimmer (KAW 1649) zeigen die älteren Alter. In jeder dieser drei Proben ist der Kern älter als der Rand. Die Werte liegen zwischen  $116 \pm 4$  und  $71 \pm 3$  Mio. J. Die größte Altersdifferenz gibt *Liedl* (KAW 1813) mit 18 Mio. J. zwischen Kern und äußerem Rand; die kleinste, *Waldenstein* (KAW 1496), ist mit 2 Mio. J. innerhalb des Fehlers.

Die drei Muskovite der zweiten Generation, die bei KAW 1813 und 1341 untersucht wurden, liefern Alterswerte zwischen 79 und 85 Mio. J. (vgl. Tabelle 1).

Zwei Proben (KAW 1015, 1617) der ersten Generation (Korngrößen < 1 cm) ergeben Alterswerte von 80 und  $85 \pm 3$  Mio. J.; sie liegen damit im gleichen Bereich wie die Muskovite der zweiten Generation (s. oben).

Bei den großen Muskoviten ist in bezug auf den K-Gehalt kein einheitliches Verhalten vorhanden; im gleichen Pegmatit kann einmal der Kern und einmal der Rand K-reicher sein (KAW 1649), bei den anderen beiden Proben

ist der Rand K-reicher. Allgemein liegen die K-Werte recht hoch, sie sind stets höher als 8,4% K<sub>2</sub>O und erreichen im äußeren Rand der Probe KAW 1813 (*Liedl*) 10,35%. Das ist innerhalb des Fehlers ident mit dem Idealwert von 10,14% K<sub>2</sub>O für Muskovite.

### 3.3 Rb-Sr-Daten der Muskovite

Die Analysenresultate sind in der Tabelle 2 zusammengefaßt. Der Vergleich mit den K-Ar-Resultaten ist in Abb. 2 durchgeführt. Von den sechs untersuchten Pegmatit-Muskoviten der ersten Generation (> 5 mm  $\phi$ , mit Rand und Kern 10 Bestimmungen), von verschiedenen Lokalitäten kommend, wurden prae-alpidische Alterswerte gefunden, die im Bereich von 240 bis 265 Mio. J. liegen (vier Körper, acht Bestimmungen). Es sind dies unkorrigierte Alterswerte, da bei der Korrektur mit dem Gesamtgestein in nahezu allen Fällen der Alterswert innerhalb des Fehlers älter wurde. Dies ist ein Hinweis auf eine nicht vollständig erfolgte Neueinstellung der Isotopenverhältnisse.

Der schon primär kleine Muskovit (mm  $\phi$ ) der ersten Generation aus der Probe KAW 1015 (Koralpengipfel) ergibt einen alpidischen Alterswert:  $72 \pm 10$ , ebenso wie der kleine Muskovit der ersten Generation von KAW 1617 (Moserbach):  $86 \pm 23$ .

Diese erste Generation vom Moserbach zeigte ein eigentümliches Verhalten: Nach fünf Minuten Mahlen der 2 mm großen Glimmerpakete in der Achat-Mörsermühle waren nur noch Teile  $< 500 \mu$  vorhanden. Von beiden Pegmatiten liegen die Alterswerte innerhalb des Bereiches von vier der fünf Bestimmungen an Muskoviten der zweiten Generation: 78 bis 92 Mio J. (vgl. Tabelle 2, Abb. 2).

Die eine Bestimmung von KAW 1341 (Wandelitzen, 250–420  $\mu$ ) ergibt einen Alterswert von  $122 \pm 8$  Mio J. und ist damit eindeutig älter als die Muskovite der zweiten Generation und jünger als die erste. Dieser Wert ist sehr wahrscheinlich damit zu erklären, daß zwar keine mechanische Mischung vorlag, wohl aber eine Parallel-Verwachsung oder ein Anwachsrand vorlag und bei der Reinigung der Glimmer nicht abgetrennt werden konnte.

### 3.4 Interpretation der K-Ar und Rb-Sr-Alterswerte der Muskovite

In Abb. 2 sind die K-Ar- und die Rb-Sr-Resultate einander gegenübergestellt. Es geht daraus eindeutig hervor, daß in allen untersuchten Muskoviten (beide Generationen) mit K-Ar keine prae-alpidischen Alterswerte gefunden werden können. Eine Abhängigkeit von der Korngröße ist vorhanden (vgl. 3.2) und deutet dahin, daß die größeren Muskovite in alpidischer Zeit doch nicht ganz verjüngt wurden.

Muskovite aus Pegmatiten der Koralpe und Saualpe

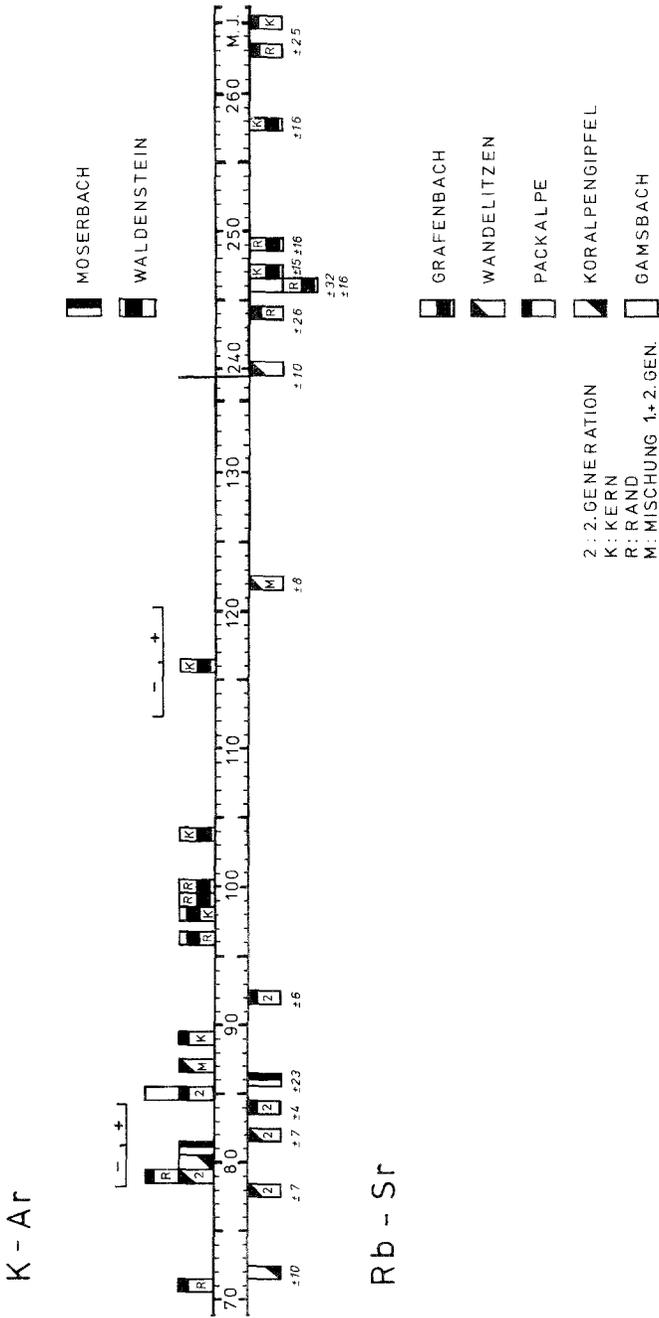


Tabelle 2. Rb-Sr-Analyseresultate von Gesamtgesteinen und Muskoviten von Pegmatiten aus Kor- und Saualpe

Proben Nr. KAW	Lokalität Gesamtgestein/ Mineral Korngröße	$^{87}\text{Rb}$ 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	Isochronenalter od. korr. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Alter, Fehler in Mio. Jahren
1015	Koralmpfjel Gesamtgestein	2,53	0,2031	0,44	659,1	0,7130	0,0395	—	—
1015	Koralmpfjel Muskovit 250—420 $\mu$	143,1	0,1682	3,38	69,24	0,7347	21,14	83 $\pm$ 36	72 $\pm$ 10
1341	Wandelitzen Saualpe, Gesamtgestein	50,99	0,3205	3,89	114,0	0,7386	4,573	—	—
1341	Wandelitzen Muskovit, 250—420 $\mu$ Saualpe	136,8	0,2636	23,14	12,60	0,9240	111,0	135 $\pm$ 8	122 $\pm$ 8
1341	Wandelitzen Muskovit 177—250 $\mu$ Saualpe	126,5	0,1715	15,68	13,28	0,8419	97,38	95 $\pm$ 8	78 $\pm$ 7
1341	Wandelitzen Muskovit 149—177 $\mu$ Saualpe	118,8	0,1684	15,57	13,14	0,8409	92,60	100 $\pm$ 9	82 $\pm$ 7
1612a	Wandelitzen Saualpe Gesamtgestein	77,62	0,2994	7,11	56,28	0,7645	14,10	—	—
1612a	Wandelitzen Saualpe Muskovit > 5 mm	343,7	1,171	74,35	5,81	2,769	604,2	240 $\pm$ 10	—

1612b	Wandelitzen Saualpe Gesamtgestein	85,99	0,3427	7,57	60,18	0,7683	14,61	—	—
1612c	Wandelitzen Saualpe Gesamtgestein	85,76	0,3307	7,29	60,48	0,7660	14,49	—	—
1649	Grafenbach Saualpe Gesamtgestein	49,40	0,1614	7,34	29,38	0,7663	17,19	—	—
1649a	Grafenbach Saualpe, Muskovit > 10 cm, Rand	108,9	0,3827	26,28	15,45	0,9633	72,08	246 ± 16	—
1649a	Grafenbach Saualpe, Muskovit > 10 cm, Kern	111,7	0,3929	28,12	14,46	0,9879	79,03	247 ± 15	—
1649b	Grafenbach Saualpe, Muskovit > 10 cm, Rand	110,4	0,3904	27,30	14,97	0,9769	75,42	249 ± 16	—
1649b	Grafenbach Saualpe, Muskovit > 10 cm, Kern	108,8	0,3985	27,48	15,14	0,9792	73,45	258 ± 16	—
1616	Moserbach Saualpe Gesamtgestein	71,97	0,3377	1,56	306,1	0,7214	2,404	—	—
1617	Moserbach Saualpe Gesamtgestein	17,27	0,2993	1,05	406,9	0,7176	0,4340	—	—
1617	Moserbach Saualpe, Muskovit > 2 mm (250–420 μ)	92,21	0,1791	2,58	97,35	0,7289	9,685	137 ± 104	86 ± 23

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Proben Nr. KAW	Lokalität Gesamtgestein/ Mineral Korngröße	<sup>87</sup> Rb ppm	<sup>87</sup> Sr rad. ppm	% rad. <sup>a</sup>	gew. <sup>b</sup> Sr ppm	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	Alter, Fehler in Mio. Jahren	Isochronenalter od. korr. <sup>c</sup> Glimmer- Alter, Fehler in Mio. Jahren
1601	Gamsbach Koralpe	34,34	0,2107	1,33	224,3	0,7197	1,550	—	—
1601	Gamsbach Koralpe, Muskovit > 480 μ	87,88	0,3071	14,22	26,66	0,8279	33,70	246 ± 32	—
1813a	Liedl Packalpe	42,96	0,1341	2,88	65,06	0,7312	6,751	—	—
1813a	Gesamtgestein Liedl, Packalpe Muskovit > 2 cm, äußerer Rand	96,02	0,3327	16,85	23,62	0,8541	41,56	244 ± 26	—
1813a	Liedl, Packalpe Muskovit > 2 cm, innerer Rand	95,22	0,3564	18,91	22,00	0,8757	44,25	263 ± 25	—
1813a	Liedl, Packalpe Muskovit > 2 cm, Kern	93,37	0,3528	18,83	21,88	0,8749	43,62	265 ± 25	—
1813a	Liedl, Packalpe Muskovit	119,9	0,1862	9,75	24,8	0,7868	49,44	109 ± 21	92 ± 6
1813b	Liedl, Packalpe Gesamtgestein	59,19	0,2307	2,76	116,6	0,7303	5,188	—	—
1813c	Liedl, Packalpe Gesamtgestein.	77,52	0,3240	2,14	213,0	0,7256	3,721	—	—
1813c	Liedl, Packalpe Muskovit 149–177 μ	129,2	0,1772	11,49	19,64	0,8023	67,45	96 ± 15	85 ± 4

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

Die Rb-Sr-Alterswerte ergeben zwei Gruppen:

- a) älter als  $240 \pm 10$  Mio J. für die Muskovite der ersten Generation,
- b) jünger als  $122 \pm 8$  für die Muskovite der zweiten Generation, sowie für die zwei vollständig verjüngten Muskovite der ersten Generation (vgl. 3.3) von KAW 1015 und KAW 1617.

Die Alterswerte der ersten Generation können nur als Minimalalter aufgefaßt werden, da sowohl bei den Rb-Sr- wie auch bei den K-Ar-Alterswerten der Rand immer jünger als der Kern ist (vgl. Abb. 2, Tabelle 1,2) (Purdy und Jäger, 1976). Die Alterswerte der zweiten Generation könnten als Bildungsalter aufgefaßt werden, da durch das Vorhandensein der praealpidischen Alterswerte angezeigt wird, daß die Schließungs-/Öffnungs-Temperatur entweder gerade nicht erreicht wurde, oder nicht lange genug überschritten wurde.

Die beiden alpidischen Rb-Sr-Alterswerte der ersten Muskovit-Generation von KAW 1617 (Moserbach) und KAW 1015 (Koralpengipfel) stammen von feinkörnigen Glimmern; die Probenprodukte liegen innerhalb der Staurolith-II-Isograde (Kleinschmidt, 1979): Sie sind daher als vollständig verjüngt und als Abkühlalter zu erklären.

### 3.5 Rb-Sr-Daten und Interpretation der Gesamtgesteinsanalysen

Von drei Pegmatiten liegen zwei bis vier Gesamtgesteinsbestimmungen vor. Damit wurden Isochronen-Berechnungen versucht:

- a) KAW 1341, 1612 a, b, c von der Wandelitzen (vgl. Abb. 3) ergaben, obwohl vier Analysen vorliegen, nur eine Zweipunkt-Gerade, der ein Alterswert von 198 Mio J. entspricht.
- b) KAW 1813 a, b, c von Liedl, Packalpe, ergeben 130 Mio J. bei einer nur geringen Streuung der Rb-Sr-Verhältnisse.
- c) KAW 1616, 1617 vom Moserbach ergaben 135 Mio J. für die Zweipunktgerade. Alle drei Alterswerte sind *keine* Isochronenalterswerte, da im Falle der Proben von der Wandelitzen und von Liedl ältere Muskovite der ersten Generation vorliegen, und bei den Proben vom Moserbach erst durch vermehrte Bestimmungen nachgewiesen werden muß, daß wirklich eine vollständige Homogenisierung erreicht war. Alle Werte sind als *Mischalter* zu erklären, die keinerlei Bedeutung für die Abgrenzung von tektonischen- oder metamorphen Phasen haben können. Eines kann jedoch mit Sicherheit gesagt werden: Mit zunehmendem Grad der alpidischen Metamorphose nimmt der Wert des Mischalters ab (vgl. Abb. 1).

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß auch in den Gesamtgesteinen der Pegmatite Hinweise auf alpidische Öffnung des Gesamtgesteines für das Rb-Sr-System vorhanden sind.

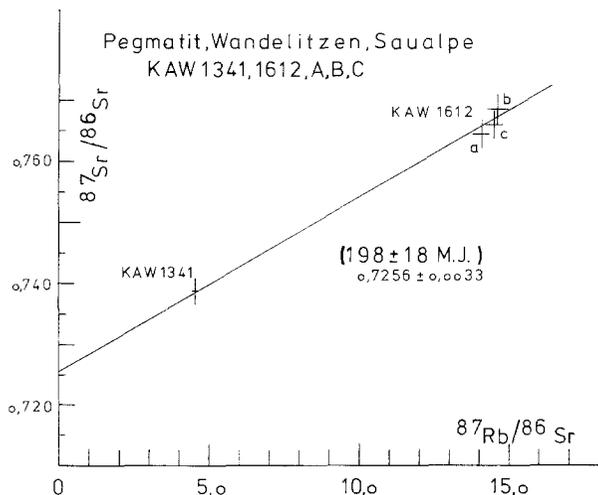


Abb. 3

#### 4. Gesamtinterpretation

Durch die prae-alpidischen Rb-Sr-Muskovitalterswerte an den Glimmern der ersten Generation ist variszischer Mineralbestand in den Pegmatiten nachgewiesen, der wahrscheinlich auch die Feldspäte zu einem Teil umfaßt. Die zweite, kleinere Glimmergeneration ist alpidisch.

Es ist somit in den Pegmatiten möglich gewesen, für das bekannte Bild der mehrphasigen Metamorphose (vgl. *Pilger, Schönenberg und Weissenbach*, Hrsg., 1975) die letzte prägende Phase als alpidisch festzulegen. Damit ist ein Schlüssel für die Entwicklung der Kor- und Saualpe gegeben. Zusammen mit den Daten aus *Morauf* (1980 a, b) läßt sich folgende Abfolge erstellen, die sich vorwiegend auf die Ergebnisse der isotopengeologischen Untersuchungen stützt:

*Prae-alpidische Metamorphose.* Hinweise in den Gesteinen des Kliening-Fensters (*Morauf*, 1980b). Petrograph. Hinweise in *Pilger, Schönenberg und Weissenbach* (1975) u. a. o. aus Decke- und Fenstergesteinen.

*Prae-alpidische magmatische Gesteinsbildung.* Nachgewiesen an den Pegmatiten (diese Arbeit) und durch die permische Gesamtgesteinsisochrone am Granitgneis von Wolfsberg (*Morauf*, 1980a).

*Alpidische Mineralneubildungen.* Nachgewiesen an den Pegmatiten mit den alpidischen Rb-Sr-Alterswerten der zweiten Muskovit-Generation. In den Paragesteinen kann von den Altersdaten her nicht gesagt werden, ob die Glimmer nur verjüngt oder ob es sich um Neubildungen handelt. Doch legen die Resultate an den Pegmatiten nahe, daß auch in den Paragesteinen alpidisches Mineralwachstum stattfand. Dazu kommt ja, daß

auch in den Paragneisen ein Öffnen des Gesamtgesteins-Rb-Sr-Systems wahrscheinlich ist (Morau, 1980b).

*Alpidische Tektonik.* Der Nachweis der prae-alpidischen Bildung der ersten Muskovit-Generation in einem Pegmatit (Gamsbach, vgl. Tabelle 2), der voll von der Plattengneistektonik erfaßt wurde, sowie der Hinweis, daß die Plattengneise in alpidischer Zeit ein offenes System für Rb-Sr gewesen sind (Morau, 1980b), legen den Schluß nahe, daß die Plattengneise ihre strukturelle Prägung in alpidischer Zeit erfahren haben müssen.

Nach der Durchbewegung waren jedenfalls noch die Bedingungen für die Neu-/Rekristallisation von Disthen gegeben (vgl. 2.2). Ein Vergleich mit dem Bittescher Gneis, wie er in letzter Zeit von Beck-Mannagetta (1976) erwogen wurde, dürfte damit nicht mehr möglich sein.

Wenn Schließungstemperaturen (Jäger, 1973; Pudry und Jäger, 1976) akzeptiert werden und übertragbar sind, so kann als Temperaturabschätzung für die alpidische Metamorphose mindestens 350°C angegeben werden, wobei 500°C nur in den zentralen Teilen der Kor- und Saualpe überschritten wurden. Daraus ist aber kaum ein hoher Thermogradient abzuleiten; da im Wolfsberger Granitgneis 3-T-Hellglimmermodifikation vorliegt (Morau, 1980a), die nach Frey et al. (in Vorbereitung) auf höheren Druck bei tieferen Temperaturen hinweist, dürfte es sich eher um eine druckbetonte alpidische Metamorphose handeln. Dabei ist durchaus ein Auffahren eines heißen Paketes auf eine kühlere Unterlage wie es Weissenbach (in Pilger und Weissenbach, 1970) postuliert hat, möglich. Für eine statische druckbetonte Metamorphose ist wohl kaum genügend Überlagerung anzunehmen, sicher nicht mehr als 10 km, was für Temperaturen bis > 500°C bei normalem Thermogradient nicht ausreicht. Zusammenfassend bestätigen wir in den wesentlichen Punkten Weissenbach: Intensive alpidische oberkretazische Metamorphose mit transportierter Wärme; wobei im Detail die Abgrenzung alpidische gegen voralpidische Kristallisation erst durch gezielte petrographische Neubearbeitung möglich ist.

### Danksagungen

Es ist mir eine sehr angenehme Pflicht, Frau Prof. E. Jäger, Doz. J. Hunziker und meinen Studienkollegen von ganzem Herzen für die Unterstützung während der Arbeit sowie die zahllosen Diskussionen zu danken, ohne die diese Arbeit noch nicht fertig wäre. Die spezielle Unterstützung im Chemie-Labor durch meinen Studienkollegen lic. min. petr. P. Stille sei dankend erwähnt. Den Rezensenten danke ich für die konstruktiven Vorschläge. Diese Arbeit ist im Rahmen eines Projektes des „Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung“ durchgeführt worden.

## Literatur

- Beck, H.*, 1931: Geologische Karte der Republik Österreich, 1:75.000, Blatt Hüttenberg-Eberstein (5253). Geol. Bundesanst. (Wien).
- Beck-Mannagetta, P.*, 1949: Die wurzellose, venitische Metamorphose des Korallenkristallins. Anz. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. 86, 10–12.
- 1976: Über Bau und Entwicklung der Ostalpen mit Ausblick auf Westungarn. Acta Geol. Akad. Sci. Hungaria 20, 125–134.
- Borg, I. Y., Smith, D. K.* (Hrsg.), 1969: Calculated X-ray powder patterns for silicate minerals. Mem. Geol. Soc. Amer. 122, 896 S.
- Cipriani, C., Sassi, F. P., Bassani, C. V.*, 1968: La composizione delle miche chiare in rapporto con le costanti reticolare e col grado metamorfico. Rend. Soc. Ital. Min. Petrol. XXIV, 3–37.
- Ferrara, G., Hirt, B., Jäger, E., Niggli, E.*, 1962: Rb-Sr and U-Pb-age determinations on the pegmatite of I Mondei. Eclogae Geol. Helv. 55,2, 443–450.
- Frey, M., Jäger, E., Hunziker, J.*: In Vorbereitung.
- Fritsch, W., Meixner, H., Pilger, A., Schönenberg, R.*, 1960: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten). I. Carinthia II 150(70), 7–27.
- Jäger, E., Metz, K.*, 1971: Das Alter der Pegmatite des Raumes Bretstein-Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark). Schw. Min. Petr. Mitt. 64, 413–416.
- Jäger, E.*, 1973: Die alpine Orogenese im Lichte der radiometrischen Altersbestimmung. Eclogae Geol. Helv. 66/1, 11–21.
- Kleinschmidt, G.*, 1968: Der geologische Aufbau der südlichen Saualpe in Kärnten im Grenzbereich von Phyllit- und Glimmerschiefergruppe. Diss. Univ. Tübingen, 151 S.
- 1979: Die Verteilung von Chloritoid in den südlichen Muralpen (Gurktaler Alpen, Saualpe und Koralpe) und ihre geologische Bedeutung. Clausth. Geol. Abh. 30, 74–94.
- Long, L. E., Lambert, R. St. J.*, 1963: Rb-Sr-Isotopic ages from the moines series. In: The British Caledonides (*Johnson, M. R. W., Stewart, F. H.*, Hrsg.), S. 217–247, Edinburgh.
- Meixner, H.*, 1975: Minerale und Lagerstätten im Bereiche der Saualpe, Kärnten. Clausth. Geol. Abh. Sdbd. I, 199–217.
- Morauf, W.*, 1979: Isotopengeologische Untersuchungen an Gesteinen der Koralpe und Saualpe, SE-Österreich. Unveröff. Diss. Univ. Bern, 1979.
- 1980a: Die permische Differentiation und die alpidische Metamorphose des Granitgneises von Wolfsberg, Koralpe, SE-Ostalpen, mit Rb-Sr- und K-Ar-Isotopenbestimmungen. Tschermarks Min. Petr. Mitt. 27, 169–185.
- 1980b: Rb-Sr- und K-Ar-Evidenz für eine intensive alpidische Beeinflussung der Paragesteine aus Kor- und Saualpe, SE-Ostalpen, Österreich. Tschermarks Min. Petr. Mitt. (In Vorbereitung.)
- Nicolaysen, L. O.*, 1961: Graphic interpretation of discordant age measurements on metamorphic rocks. Ann. N. Y. Acad. Sci. 91, 189–206.
- Neugebauer, J.*, 1970: Alt-paläozoische Schichtfolge, Deckenbau und Metamorphoseablauf im südwestlichen Saualpen-Kristallin (Ostalpen). Geotekt. Forsch. 35, 23–93.
- Pilger, A., Weissenbach, N.*, 1965: Tektonische Probleme bei der Gliederung des Altkristallins der östlichen Zentralalpen. Z. dt. geol. Ges. 116, 477–454. 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. *Clausth. Geol. Abh.* 5, 39 S.
- Pilger, A., Schönenberg, R., Weissenbach, N.* (Hrsg.), 1975: Die Geologie der Saualpe. *Clausth. Geol. Abh. Sdbd. I*, 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.
- Steiger, R., Jäger, E.*, 1977: Subcommission on geochronology. Convention on the use of decay constants. *Earth Plan. Sci. Lett.* 36, 359–362.
- Tröger, W. E.* (Hrsg.), 1971: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1, 4. Aufl. Bestimmungstabellen, 188 S. Stuttgart: Schweizerbart.
- Weissenbach, N.*, 1965: Geologie und Petrographie der eklogitführenden hochkristallinen Serien im zentralen Teil der Saualpe. *Diss. Bergakademie Clausthal*, 206 S.

Anschrift des Verfassers: Dr. *W. Morauf*, Department of Earth Sciences, The University, Leeds, LS2 9JT, Great Britain.