

Rb - Sr UNTERSUCHUNGEN GRANITOIDER GESTEINE DES MOL DANUBIKUMS
IN ÖSTERREICH

von

Susanne Scharbert +)

(eingelangt am 9. April 1987)

Zusammenfassung

Die mit der Rb - Sr Methode datierten Granite vom Typ Weinsberg, Mauthausen und Eisgarn intrudieren im österreichischen Anteil des Moldanubikums der Böhmisches Masse Paragneise der Monotonen Serie. Der grobkörnige Weinsberger Granit mit porphyrischen Mikroklinen und der feinerkörnige Mauthausener Granit sind I-Typ Granitoide mit niedrigem Sr-Initial von $.7063 \pm 2$ bzw. $.70730 \pm 13$. Die Alter sind innerhalb des Fehlers gleich und betragen 349 ± 4 bzw. 353 ± 5 Mio.J. Die Schmelzen werden aus der Unterkruste mit niedrigen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnissen abgeleitet. Die Mischung mit sedimentärem Krustenmaterial erhöht das Initial des Weinsberger Granits auf $.7088 \pm 11$.

Der Eisgarner Granit, der aus aufgeschmolzenem Krustenmaterial entstanden ist, hat ein Alter von 316 ± 7 Mio J. und ein Initial von $.7147 \pm 7$. In ihn ist ein jüngerer Granit mit niedrigerem Sr-Initial eingedrungen. In die bereits abgekühlten älteren Granite ist ein Granitstock intrudiert, dessen Platznahme und Vergreisung mit 311.6 ± 1.4 Mio J. ($\text{Sr}_0 .7055 \pm 4$) datiert wurde.

Abstract

The most prominent granites of the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif in Austria have been dated by the Rb - Sr method. The coarse grained Weinsberg granite with porphyric microclines and the finer grained Mauthausen granite are within limits of errors of the same age (349 ± 4 and 353 ± 5 m.y. resp.). Due to the low initial Sr of $.7063 \pm 2$ and $.7073 \pm 13$ they must have originated from a source in the lower crust characterised by low $^{87}/^{86}$ Sr values. Mixing with sedimentary material raised the initial Sr value of Weinsberg granite to $.7088 \pm 11$.

Eisgarn granite is a postorogenic granite of anatectic origin with an age of 316 ± 7 m.y. and an initial of $.7147 \pm 7$. Late stages of magmatism are a biotite granite intruding Eisgarn type and a greisenised granite stock (311.6 ± 1.4 m.y., $\text{Sr}_0 .7055 \pm 4$) occurring in the older granites, probably documenting the phase of uplift and deep faulting.

Einleitung

Im österreichischen Anteil des Moldanubikums treten großräumige Granitmassen in den einförmigen Paragneisen der Monotonen Serie auf. Der variszische Südböhmische Pluton ist kein einheitlicher Granitbatholith, sondern besteht aus altersmäßig, chemisch und genetisch unterschiedlichen Granitkörpern. Die Gliederung in die Hauptgranittypen geht auf GRABER (1933) und WALDMANN (1951) zurück. Demnach wird

+) Anschrift der Verfasserin:
Dr. Susanne Scharbert
Geologische Bundesanstalt
Rasumofskygasse 23, A-1030 Wien

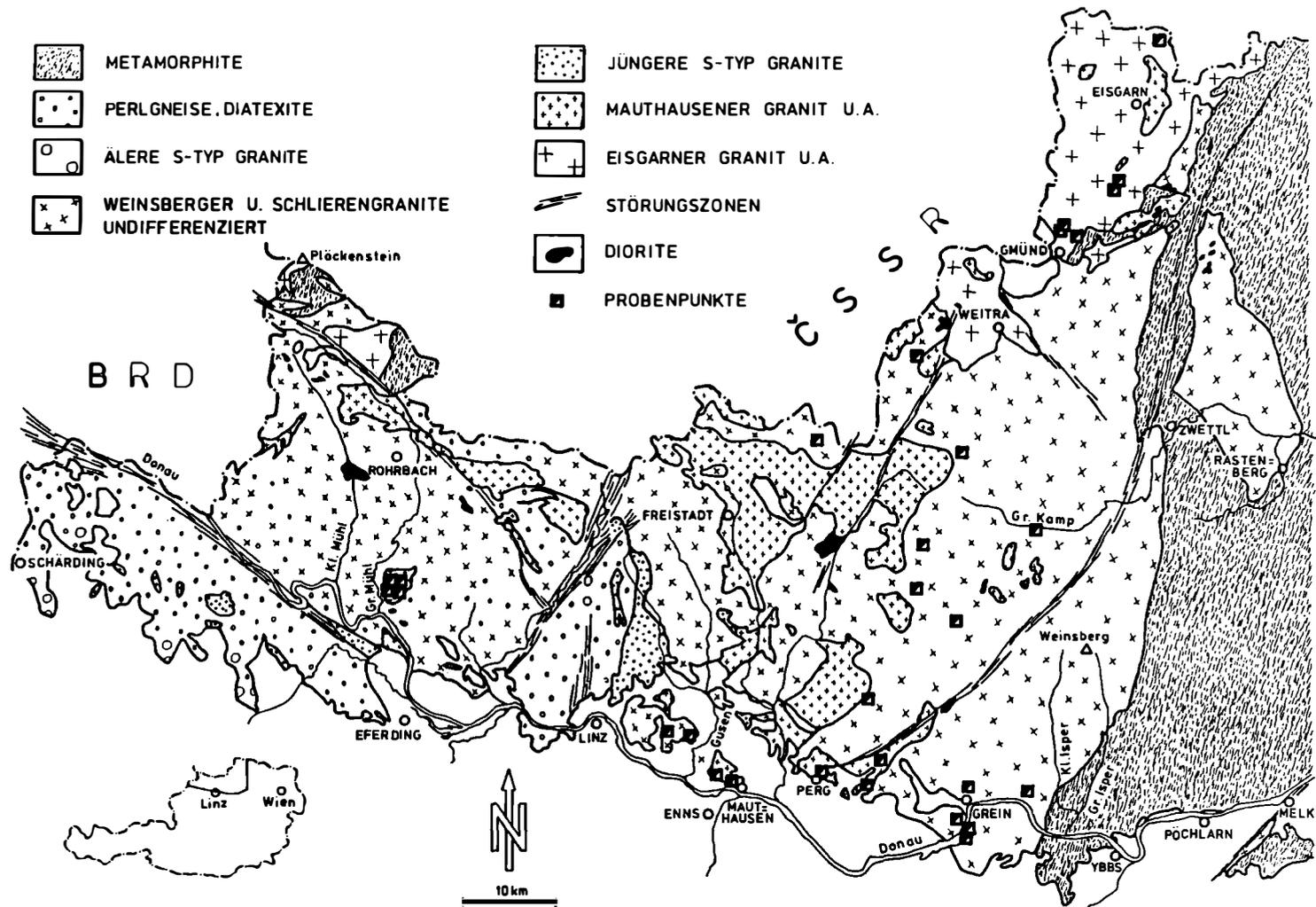


Abb.1: Vereinfachte geologische Karte der Granitareale des südlichen Moldanubikums im westlichen Waldviertel und im Mühlviertel mit den Probenentnahmestellen (nach STEYRER 1986).

der älteste, grobkörnige Weinsberger Granit von mittel- bis feinkörnigen Graniten vom Typ Mauthausen intrudiert. Jüngster ist der Zweiglimmergranit vom Typ Eisgarn, der den Südteil des zentralmodanubischen Plutons einnimmt.

Eine moderne Gliederung der granitischen Magmatite geben FINGER & HÜCK (1987). Sie unterscheiden synorogene mittelkörnige S-Typ und grobkörnige I-Typ (Weinsberger und Schlierengranit mit porphyrischen Kalifeldspaten) Granitoide von spät- bis postorogenen Granitoiden. Diese jüngere Gruppe unterteilen die Autoren in fein- bis mittelkörnige Zweiglimmergranite vom S-Typ, fein- bis mittelkörnige Biotitgranite vom I-Typ (Mauthausener Granit, Freistädter Granodiorit u.a.) und grobkörnige Zweiglimmergranite mit porphyrischem Kalifeldspat vom S-Typ (Eisgarn Granit).

Geologische Kurzbeschreibung der untersuchten Granittypen

Ihre Verteilung im österreichischen Teil der Böhmisches Masse ist der vereinfachten geologischen Skizze der Abb.1 zu entnehmen.

Die synorogene Natur des Weinsberger Granits und des mit ihm genetisch zusammengehörigen Schlierengranits (FINGER, 1984) ist im Mühlviertel westlich der Rodl-Störung weitaus ausgeprägter als in seinen östlichen Verbreitungsgebieten. Im westlichen Mühlviertel, das FUCHS (1976) als Bavarikum abtrennt, sind diese grobporphyrischen Granitoide mit oft undeutlichen Grenzen zum Nebengestein in den NW streichenden Gebirgsbau eingeregelt. Gegen Osten wird das Gefüge deutlich weniger gut geregelt, die Grenze zu den im Waldviertel NNE streichenden Gneisen der Monotonen Serie ist ein scharfer Intrusivkontakt. Die komplexe Entstehung des Weinsberger Granits läßt sich schon an der Art der Einschlüsse ablesen: magmatogene Schollen dioritischer bis granodioritischer Zusammensetzung, besonders reichlich in amphibol- (und pyroxen-)führenden Schlierengranit sind für I-Typ Granitoide charakteristisch. Einschlüsse von Paragneis und restitischen (?) Kinzigiten, die aus Granat, Cordierit, Biotit, Sillimanit und Plagioklas bestehen, sind typisch für S-Typ Granitoide und sprechen für die Aufarbeitung von sedimentärem Material (WHITE & CHAPPEL, 1977).

Der Mauthausener Granit und andere fein- bis mittelkörnige Granite treten in kleinen Stöcken und zahllosen Gängen auf, die auch den Weinsberger Granit reichlich durchschlagen. Ihre im Vergleich zum Weinsberger Granit geringe Korngröße und massige Ausbildung verleitet oft dazu, sie alle zum Granit vom Typ Mauthausen zu stellen trotz textueller, mineralogischer und chemischer Unterschiede. Der Mauthausener Granit s. str. ist ein mittelkörniger Granit mit bis zu 1 cm großen Alkalifeldspaten und ist im allgemeinen nur biotitführend.

Der Eisgarn Granit mit seinen leistenförmigen Feldspaten ist ein sehr charakteristischer Bestandteil des langgestreckten zentralmodanubischen Plutons, dessen Achse in NE Richtung in der generellen Streichrichtung verläuft. Eisgarn Granit ist fast ausschließlich auf das nördliche Waldviertel beschränkt und wird auf tschechoslowakischem Gebiet von Granittypen abgelöst, die in einer feinerkörnigen Grundmasse häufig leistenförmig Alkalifeldspatporphyroblasten führen. Als kleiner Körper ist der Eisgarn Granit s.str. nochmals WSW Jihlava aufgeschlossen. Weitere Vorkommen auf österreichischem Gebiet sind westlich von Weitra und in der Zone des Böhmer Waldes im Mühlviertel aufgeschlossen. Typisch sind für diesen Granit sein schlieriges Aussehen, das durch die fast monomineralische Anhäufung von Mikroklim oder Quarz zustande kommt, und Biotitbutzen. Der Gehalt von Andalusit und reichlich primärem Muskovit weisen ihn als anatektisch gebildeten Granit aus.

Bisherige Altersuntersuchungen

Obwohl die in dieser Arbeit untersuchten Granite zu den charakteristischen Intrusiva der Böhmisches Masse in Österreich gehören, liegen nur wenige Altersunter-

Tab. 1: Rb - Sr Analysendaten der moldanubischen Granite

Probe	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Lokalität	System Mil	Länge	Breite
Weinsberger Granit								
5/84	280	143	5.68 ₆	.73451 ± 13	Herkunft unbekannt			
6/84	268	144	5.40 ₉	.73334 ± 9	Stbr Korninger, Naarntal	ÖK 34	851500	5355760
17/85	349	91.0	11.19	.76242 ± 10	" Fripress, Plochwald	ÖK 17	844200	5384960
17a/85	157	31.9	14.40	.77768 ± 12	" " "	"	"	"
22/85	290	117	7.20	.74199 ± 7	ESE Königswiesen	ÖK 35	941165	5363500
28/85	206	317	1.88 ₈	.71575 ± 13	Stbr N Pulgarn	ÖK 33	830125	5351450
3/84	219	146	4.35 ₈	.73090 ± 6	E Mitterschlag	ÖK 18	941570	5383375
18/85	206	175	3.42 ₂	.72660 ± 11	N Unterweißenbach	ÖK 34	857985	5369800
18/85 MiE	300	294	2.95 ₈	.72440 ± 10				
18/85 MiG	309	265	3.37 ₉	.72624 ± 10				
19/85	211	163	3.76 ₈	.72760 ± 10	Unterweißenbach	ÖK 34	857325	5367740
21/85	189	239	2.29 ₈	.72014 ± 5	Stbr Gloxwald	ÖK 53	948335	5345020
27/85	218	174	3.65 ₅	.72627 ± 6	" Weingraben	ÖK 33	832450	5351000
31/85	227	148	4.46 ₉	.73056 ± 7	N Arbesbach	ÖK 18	948300	5375240
32/85	187	212	2.56 ₄	.72190 ± 6	Nebelstein, NEK 8 32-37 m	ÖK 17	936979.38	5395011.24
20/85	182	181	2.92 ₄	.72299 ± 6	NE Grein	ÖK 53	942170	5346360
23/85	148	183	2.34 ₇	.72482 ± 11	W Donaubrücke Grein	ÖK 53	939990	5341550
24/85	161	135	3.45 ₅	.72730 ± 12	Stbr Stombauleitung, Ar-	ÖK 53	939770	5340950
24/85 MiK	300	292	2.99 ₃	.72516 ± 14	dagger			
24/85 MiH	294	243	3.51 ₂	.72777 ± 15				
24/85 MiG	293	215	3.97 ₂	.72966 ± 10				
26/85	189	152	3.60 ₇	.72719 ± 9	Stbr Pichler SW Grein	ÖK 53	939270	5342620

Mauthausener Granit

13/84	215	323	1.93 ₃	.71706	± 4	Stbr Poschacher, Perg	ÖK 34	846790	5342620
3/85	224	303	2.14 ₆	.71803	± 10	" " "	" "	"	"
11/85	231	231	2.900	.72192	± 10	Stbr Wr. Städtische Granit- Werke Mauthausen	ÖK 51	837530	5345635
16/84	237	212	3.25 ₅	.72382	± 4	Stbr Poschacher, Gusen	ÖK 33	834600	5347320
16/85	241	203	3.46 ₂	.72491	± 6	Stbr Schärldinger Granit- industrie, Gusen	ÖK 33	834525	5346975
29/85	323	127	7.42	.74456	± 13	Stbr Falkenauer	ÖK 52	851000	5346190
30/85	217	258	2.45 ₁	.71937	± 15	Stbr E Münzbach	ÖK 34	853630	5348850

Feinkorngranite

4/84	198	345	1.66 ₈	.71469	± 9	SW Sandl	ÖK 17	843320	5377550
17/84	255	238	3.11 ₇	.72219	± 4	Stbr Strombauleitung, Ardagger	ÖK 53	939770	5340950
18/84	168	285	1.71 ₅	.71732	± 3	Stbr Gloxwald	ÖK 53	948335	5345020
25/85	262	173	4.39 ₃	.72843	± 12	Stbr Pichler SW Grein	ÖK 53	939275	5342620
15/84	152	402	1.095	.71221	± 3	Stbr Schrems	ÖK 5	955970	5406350
43/85	222	278	2.31 ₈	.71688	± 8	Nebelstein, NEK 7 49-50 m	ÖK 17	936133.04	5393919.68

Plöckinger Granit

14/86	66.0	356	.537	.70876	± 10	Stbr Resch, Kleinzell	ÖK 31	799150	5368150
15/86	63.7	413	.448	.70703	± 9		ÖK 31	799450	5368350
16/86	63.2	418	.439	.70719	± 7		ÖK 31	799675	5367735
17/86	69.6	406	.498	.70756	± 11		ÖK 31	799565	5367560
18/86	62.7	412	.441	.70721	± 9	Stbr Poschacher	ÖK 31	798950	5367430
19/86	59.3	413	.416	.70692	± 11		ÖK 31	799400	5367150

Eisgarner Granit

AB 178	354	62.2	16.6 ₄	.78972	± 18	Stbr Herschenberg	ÖK 5	952435	5406425
AB 180	367	67.9	15.7 ₀	.78658	± 10	" "	" "	"	"

Tab. 1: Fortsetzung

Probe	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Lokalität	System Mil	Länge	Breite
AB 182	371	63.9	17.0 ₀	.79376 ± 9	Stbr Kirchenwald	ÜK 5	952675	5405970
AB 182/KF	496	134	10.8 ₁	.76279 ± 11				
AB 182/Ap	(8.5)	(52.2)	.47 ₇	.71780 ± 25				
M	377	66.5	16.5 ₇	.78827 ± 14	Mondteich	ÜK 5	952665	5405210
AB 176	340	83.0	11.9 ₇	.76948 ± 6	Stbr Falkendorf	ÜK 5	957250	5411600
AB 177	330	77.6	12.4 ₂	.77039 ± 13	" "	" "	" "	" "
AB 177/KF	460	165	8.1 ₂	.75026 ± 6				
AB 177/Ap	(5.6)	(63.9)	.25 ₆	.7156 ± 16				
A 1	338	81.8	12.1 ₆	.76760 ± 9	Stbr Falkendorf	ÜK 5	956870	5411165
F 1	353	81.2	12.7 ₁	.77014 ± 11	" "	" "	" "	" "
F 2	343	79.5	12.5 ₉	.77123 ± 11	" "	" "	" "	" "
4/86	375	62.3	17.6 ₁	.79260 ± 14	Hirschenschlag, HOK 3	"	963270	5427779
5/86	391	63.7	17.9 ₉	.79503 ± 28	" HOK 3 131-132,7 m	"	"	"
6/86	406	55.6	21.4 ₃	.81013 ± 14	" HOK 4 74-74,5 m	"	963356	5426807
25/86	392	69.6	16.5 ₀	.79119 ± 9	" HOK 3 31-32 m	"	963270	5427779
27/86	398	58.9	19.8 ₃	.80511 ± 7	" HOK 4 92-94 m	"	963356	5426807
28/86	388	59.1	19.2 ₀	.80238 ± 14	" HOK 4 114-115 m	"	"	"
29/86	404	64.3	18.4 ₁	.79914 ± 11	" HOK 1 47-48 m	"	963122	5427752
30/86	355	68.1	15.2 ₃	.78395 ± 16	" HOK 1 94.6-95.4 m	"	"	"
31/86	393	67.9	16.9 ₅	.79102 ± 18	" HOK 1 134-135 m	"	"	"
C 1	364	47.4	22.4	.81359 ± 12	Čeřinek SW Jihlava, CSSR			
C 3	355	46.7	22.2	.81363 ± 8	" " " "			

Roter Biotitgranit

7/86	272	106	7.48	.73827 ± 50	Hirschenschlag	HOK 2	UK 5	963624	5428205
13/86	289	110	7.65	.73794 ± 16	"	HOK 2	"	"	"
20/86	315	108	8.48	.74155 ± 10	"	HOK 2	"	"	"
21/86	291	98	8.61	.74308 ± 18	"	HOK 2	"	"	"
22/86	307	105	8.53	.74187 ± 16	"	HOK 2	"	"	"
23/86	282	113	7.27	.73686 ± 45	"	HOK 2	"	"	"
24/86	271	109	7.2	.73710 ± 36	"	HOK 2	"	"	"

Greisen Nebelstein

44/85	298	190	4.57 ₆	.72608 ± 18	NEK 9	155-156 m	UK 17	936044.66	5393847.26
33/85	309	149	6.05 ₁	.73257 ± 13	NEK 12	103-104 m	"	936976.99	5395013.77
34/85	300	185	4.69 ₁	.72632 ± 12	NEK 9	148-149 m	"	936044.66	5393847.26
35/85	303	133	6.67 ₂	.73528 ± 14	NEK 9	126-129 m	"	"	"
36/85	296	49.2	17.5 ₉	.78380 ± 23	NEK 10	112-113 m	"	936976.99	5395013.77
37/85	325	44.6	21.3 ₈	.80005 ± 17	NEK 12	48-49 m	"	936976.99	5395013.77
38/85	333	50.8	19.1 ₈	.79007 ± 8	NEK 2	37-39 m	"	937064.08	5394886.09
39/85	318	13.0 ₈	72.7	1.02755 ± 20	NEK 5	42-43 m	"	936392.02	5393910.83
40/85	323	18.2 ₀	52.7	.93942 ± 10	NEK 7	80-82 m	"	936133.85	5393919.68
41/85	319	11.3 ₀	85.1	1.08626 ± 12	NEK 3	16-17 m	"	936274.95	5393953.84
42/85	322	12.3 ₇	78.1	1.04991 ± 19	NEK 1	38-39 m	"	936362.96	5393922.53

suchungen vor. JÄGER et al. (1965) geben U/Pb Einzelalter von Zirkonen und Rb/Sr Alter von Biotiten und Kalifeldspaten des Weinsberger und Mauthausener Granits an. Glimmeralter verschiedener Granittypen sind in einem Zwischenbericht der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover (1967) erwähnt.

Jüngere Daten liegen aus dem bayerischen Anteil des Moldanubikums vor. Dem Weinsberger Granit entspricht dort der Kristallgranit I, der von KÜHLER & MÖLLER-SOHNIOUS (1986) mit 349 ± 11 Mio. J. datiert wurde (Rb/Sr). Nach der Textur und der Spurencemie ist der Eisgarnier Granit ein Pendant zum Falkenberger Granit, den WENDT et al. (1987) mit 311 ± 4 Mio. J. ebenfalls mit der Rb-Sr Methode datiert haben.

Die Rb - Sr Analysen

Die Probenlokalitäten und Analysendaten aller untersuchten Gesteine sind der Abb.1 und der Tabelle 1 zu entnehmen. Das meiste Material stammt aus Steinbrüchen, seltener von frischen Straßenaufschlüssen oder Bohrungen. Natürliche Aufschlüsse sind wegen der mindestens seit dem Tertiär wirkenden Verwitterung unbrauchbar. Vom Weinsberger Granit wurden 50-90 kg schwere Proben genommen, doch war nicht in allen Fällen so viel halbwegs frisches Material zu gewinnen. Die Probenmenge der feinerkörnigen Granite lag zwischen 10 und 20 kg. Rb und Sr wurden mit der Isotopenverdünnungsanalyse bestimmt. Die Proben wurden mit einem gemischten Spike direkt gespiked. In den meisten Fällen war $^{84}\text{Sr} > 99\%$ angereichert, bei wenigen Analysen 80 %. Die Isotopenverhältnisse wurden auf einem VG MM30 Festkörpermassenspektrometer gemessen. Zur Berechnung der Konzentrationen und der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnisse wurden die von STEIGER & JÄGER (1977) angegebenen Konstanten verwendet. Die Altersberechnung (Zerfallskonstante $\lambda^{87}\text{Rb} = 1.42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$) erfolgte nach der Isochronenmethode von YORK (1969) mit einem Programm von McSAVENEY in FAURE (1977), wobei alle Analysenpunkte im Sr-Entwicklungsdiagramm gleich gewichtet wurden (Modell 1). Die Fehler am Alter sind 2σ Fehler, auf $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ wird ein Fehler von 1 % angenommen, bei den $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnissen wurde der Fehler als 2σ Standardfehler des Mittelwertes angegeben.

Der Weinsberger Granit

Die untersuchten Proben stammen aus dem Granitareal östlich der Rodlstörung (westlich davon ist der Weinsberger und besonders der Schlierengranit Sr-reicher und Rb-ärmer). Sie schwanken in ihrer Korngröße, ohne ihren typischen Habitus zu verlieren. Der grobkörnige porphyrische Biotitgranit, der aus einer Schmelze kristallisiert ist (KURAT, 1965) enthält außer den Mikroklineinsprenglingen kleine Alkalifeldspate in der Grundmasse und fast überall sekundären Muskovit. Südwestlich von Grein enthält der Granit Granat, der durch Reaktion mit in der Nachbarschaft aufgeschlossenen Paragneisen entstanden ist. Auf den ersten Blick sind die Isotopendaten verwirrend, da alle Proben zusammengekommen keine Gerade im Sr-Entwicklungsdiagramm definieren. Auf Grund der Rb und Sr Konzentrationen und spärlicher geologisch-petrographischer Hinweise lassen sich drei Gruppen unterscheiden.

Sechs Proben liegen auf einer Isochrone, die ein Alter von 349 ± 4 Mio. J. und ein initiales Sr-Verhältnis von $.70636 \pm 24$ ergibt (Abb.2). Vier Proben gehören zu den Rb-reichsten und Sr-ärmsten Graniten. Eine Probe ist ein Kinzigit, der zusammen mit der Probe mit dem größten Rb/Sr Verhältnis vorkommt. Wir müssen daraus schließen, daß dieser basische Restit mit der Granitschmelze isotopisch im Gleichgewicht gestanden ist. Die sechste Probe hat das kleinste Rb/Sr Verhältnis und weicht im Rb- und Sr-Gehalt sehr stark von den durchschnittlichen Werten aller Granitproben ab. Sie wurde jedoch zur gleichen Granitsuite gestellt, da sie im Mischungsdiagramm (s.u.) das Sr-reiche Endglied einer Mischungsreihe darstellt. Selbst wenn die zwei Punkte mit dem höchsten und niedrigsten Rb/Sr Verhältnis weggelassen werden, ändert sich am Alter innerhalb der Fehlergrenze nichts.

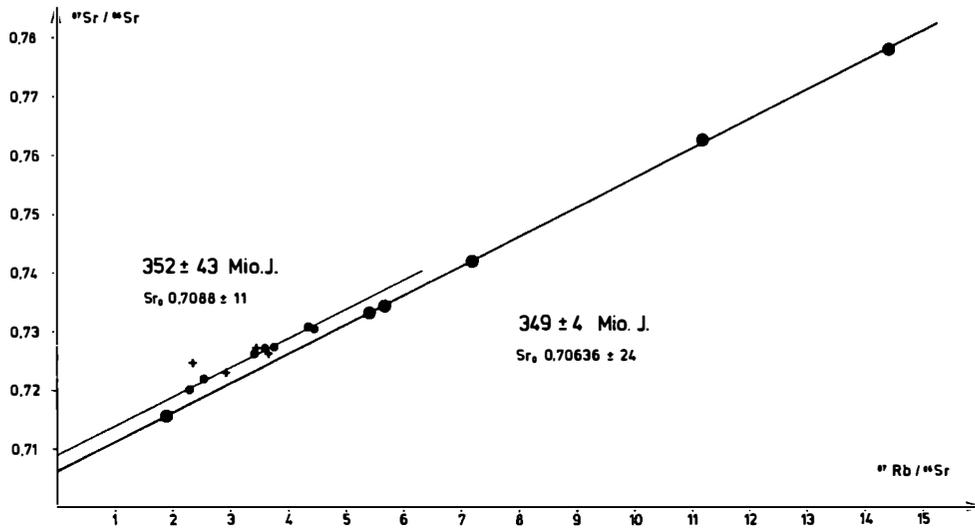


Abb.2: Isochronendiagramm des Weinsberger Granits. Große Kreise: "unkontaminierter" Granit mit einem Alter von 349 ± 4 Mio.J. und einem Initial von $.70636 \pm 24$. Kleine Kreise: mit Paramaterial kontaminierter Granit, seine Errorchrone ergibt ein Alter von 352 ± 43 Mio.J. und ein erhöhtes Initial von $.7088 \pm 11$. Kreuze: Proben aus dem Kontaktbereich.

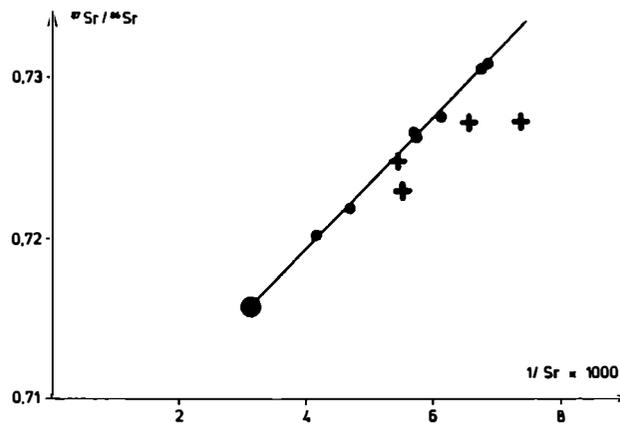


Abb.3: Mischungsgerade im Diagramm $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ gegen reziproke Sr-Gehalte des kontaminierten Weinsberger Granits. Großer Kreis: Probe 28/85, die Sr-reichste Probe der unkontaminierten Probensuite. Kleine Kreise: Mischungen zwischen Material der Zusammensetzung von Probe 28/85 und einer radio-generen, Sr-armen Komponente aus Paramaterial. Kreuze: granatführende Proben aus dem Kontaktbereich von Paragneisen.

Die zweite Gruppe von Weinsberger Graniten ist Rb-ärmer und hat eine geringe Variationsbreite im Rb/Sr Verhältnis. Sie wurde auf Grund des Mischungsdiagrammes (Abb.3) ausgeschieden. Im Diagramm $1/\text{Sr}$ gegen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (FAURE, 1977) liegen die Proben auf einer Geraden, d.h. sie stellen Mischungen zwischen einem Sr-reichen und einem Sr-armen Endglied mit unterschiedlichen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnissen dar, wobei das Sr-reiche von der Zusammensetzung der Probe 28/85 anzunehmen ist, die zugleich auf der Isochrone der ersten Gruppe liegt. Sind die Rb Gehalte von Proben jedoch gleich oder sehr ähnlich, wird die Gerade von der unterschiedlichen Sr-Konzentration bestimmt und täuscht eine Mischungslinie vor. Im hier beschriebenen Fall unterscheiden sich die Rb Gehalte um maximal 40 ppm, es ist nicht ganz eindeutig, ob tatsächlich eine echte Mischungslinie vorliegt. In der Isochronendarstellung der Abb.2 liegen die Punkte über der Isochrone von 349 Mio.J. Eine daraus errechnete Errorchrone ergibt ein Alter von 352 ± 43 Mio.J. mit einem deutlich höheren Sr-Initial von $.7088 \pm 11$.

Die dritte Gruppe zeigt eindeutig den Einfluß des Nebengesteins auf den Isotopenhaushalt des Granits. Sie ist in der Umgebung von Grein a.d. Donau aufgeschlossen. Die Proben haben den geringsten Rb-Gehalt von allen untersuchten Weinsberger Typen. Drei Proben streuen um die Errorchrone der zweiten Gruppe und wurden zur Altersberechnung dazugenommen. Läßt man sie weg, bleibt das Alter im Fehlerbereich gleich. Die vierte Probe (23/85) liegt weit über der Errorchrone. Sie wurden in 12 m Entfernung vom Kontakt mit Paragneisen genommen, die dort massiv rekristallisiert sind. Sie enthält Granat und Muskovit. Nebulose und eckige dunkle Schollen, letztere mit Pegmatitummantelungen, sind im Aufschluß zu beobachten. Hier hat die intrudierende Schmelze Nebengestein aufgenommen, und das Isotopenverhältnis des Granits kommt dem der Paragneise sehr nahe. Proben in einiger Entfernung zur Kontaktzone zeigen wieder den typischen granitischen Habitus, führen aber reichlich Granat. Nordöstlich von Grein stammt Probe 20/85, die makroskopisch keine Nebengesteinsbeeinflussung zeigt, jedoch so wie die anderen eine systematische Änderung im initialen Sr-Verhältnis. Die hier beschriebenen Proben liegen nicht auf der Mischungslinie der Abb.3, Punkt 23/85 (die kontaktnächste) nur zufällig, wohl aber auf einer Mischungslinie initiales Sr-Verhältnis (bezogen auf 352 Mio.J.) gegen $1/\text{Sr}$ (Abb.4). Die kontaktnächste Probe wird offensichtlich vom Isotopenverhältnis des Nebengesteins dominiert.

Proben 24/85, 26/85 und 20/85 liegen auf einer Geraden, die wieder durch die Sr-reichste Probe 28/85 läuft (Sr 317 ppm, $\text{Sr}_0 .7063$). Diese Zusammensetzung kann demnach als Endglied einer Mischungsreihe zwischen granitischer Schmelze mit niederem Initial und einer radiogeneren Sr-armen Teilschmelze (hauptsächlich durch Abbau von Biotit?) aus dem Nebengestein gedeutet werden. Der Mischungsfaktor nimmt mit wachsender Entfernung vom Kontakt ab.

Die Streuung der Sr-Initialwerte der zweiten Probengruppe (Abb.4) ist nicht systematisch, sie zeigt lediglich die Inhomogenitäten der Strontiumzusammensetzung in der Schmelze.

Bisher wurden Mikrokline an zwei Proben untersucht (s. Tab.1). Der Rb-Gehalt der Einsprenglinge und der Mikrokline der Grundmasse liegt unabhängig vom Rb-Gehalt der Gesamtgesteine bei 300 ppm. Sr ist im Kalifeldspat gegenüber dem Gesamtgestein konzentriert (nach vorläufigen Untersuchungen enthält auch Plagioklas weitaus weniger Sr als Mikroklin). Die Einsprenglinge sind Sr-reicher als die Feldspate der Grundmasse, der Sr-Gehalt nimmt vom Kern zur Hülle ab. Analysendaten liegen recht gut auf Isochronen, sind wegen des geringen spreads mit einem großen Altersfehler behaftet (Abb.5). Die Alter von 325 Mio.J. datieren eine schwer faßbare Schließungstemperatur, die Korngrößen abhängig ist und umso tiefer liegt, je langsamer die Abkühlung vor sich geht (MISRA & VENKATASUBRAMANIAM, 1977). Sie dürfte ungefähr im Schließungstemperaturbereich von Biotit ($\sim 300^\circ \text{C}$) liegen.

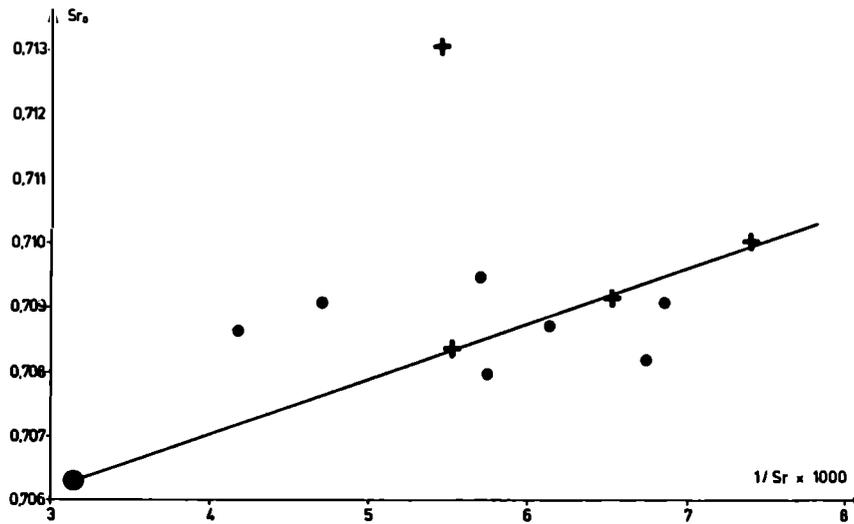


Abb.4: Diagramm reziproke Sr-Werte gegen initiale $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnisse vor ca. 350 Mio.J. Symbole wie in Abb.3. Aus der Mischungslinie ist die Kontamination von granitischer Schmelze mit niedrigem Initial mit einer Komponente mit höherem Initial abzuleiten. Die kontaktnächste Probe 23/85 hat mehr oder weniger die Zusammensetzung (das Initial) der Paragneise.

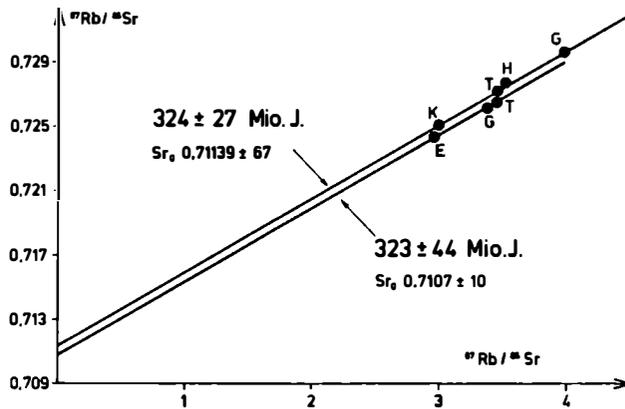


Abb.5: Mikroklone der Proben 18/85 und 24/85 dargestellt im Isochronendiagramm. Die Daten geben Abkühlalter an. T Gesamtgestein, E Mikrokloneinsprengling, K und H Kern bzw. Hülle eines Einsprenglings, G Mikrolin der Grundmasse.

Der Mauthausener Granit

Nach seiner Plagioklasvormacht (RICHTER, 1965) ist der Mauthausener Granit nach der Nomenklatur von STRECKEISEN (1974) ein Monzogranit. Die Proben aus den Steinbrüchen in der Umgebung von Mauthausen haben eine sehr geringe Streuung im Rb/Sr Verhältnis. Vom Zentrum aus nimmt der Sr-Gehalt nach E und W ab; auf eine Distanz von 12 km sinkt er nach W um ca. 30 %, das Rb nimmt um 10 % zu (Tab.1). Die Untersuchung von 5 Proben mit einer maximalen Streuung im Rb/Sr Verhältnis ergaben ein Alter von 362 ± 7 Mio.J. mit einem Initial von .70701. Dieses Ergebnis widerspricht völlig allen Geländebeobachtungen, wonach die sogenannten Feinkorngranite stets den Weinsberger Granit durchschlagen und Schollen des älteren Granits in allen Stadien der Auflösung führen. Weitere Proben aus dem Granitkörper von Mauthausen - Perg, der sich nach NE erstreckt und z.T. von Störungen begrenzt ist, sind feinkörnig und führen gegen den Kontakt Muskovit. Makroskopisch unterscheiden sie sich dadurch von den Graniten um Mauthausen. Die sieben Proben (Tab.1, Abb.6) ergeben ein Alter von 353 ± 5 Mio.J. mit einem Sr_0 von $.70730 \pm 13$. Sie sind innerhalb des Fehlers altersgleich mit dem Weinsberger Granit, haben aber ein etwas höheres Sr-Initial. Feinkorngranite anderer Vorkommen zeigen, daß sie mit der Schmelze des Mauthausener Granits s.str. nichts zu tun haben.

Um die Widersprüche zwischen geologischen Geländebefunden und Isotopendaten zu klären, wurde versucht, den Plöckinger Granit im westlichen Mühlviertel (Abb.1) zu datieren. Er intrudiert als kleiner Stock in Weinsberger und Schlierengranit. Der Granit ist so homogen in seiner Chemie, daß der Versuch nicht zielführend war (Tab. 1, Abb.6). Er ist außerdem hydrothermal stark verändert: die Biotite sind chloritisiert, die Feldspate kaolinisiert. Das niedrige $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnis könnte ebenfalls auf eine sekundäre Veränderung hinweisen.

Nach den vorliegenden Ergebnissen sind Mauthausener Granit s.str. und Weinsberger Granit innerhalb der Fehlergrenze gleich alt. Die Versteilung einer jüngeren Mauthausener Isochrone mit gleichem Initial, die ein Alter entsprechend dem Weinsberger Granit vortäuscht, könnte nur durch Rb Verlust oder Zufuhr von radioemem Sr zustande gekommen sein, und beides müßte mit einem konstanten Faktor geschehen sein, um die Punkte wieder auf eine Gerade zu bringen. Das ist ein sehr unwahrscheinlicher Vorgang. Stoffaustausch läßt sich auch nicht nachweisen. Es müssen daher zwei Schmelzen nebeneinander existiert haben, die gleichzeitig auskristallisiert sind. Es wird zu prüfen sein, ob die Feinkorngranite, die Weinsberger Granit durchschlagen oder in Einschlüssen führen, alters- und isotopenmäßig mit dem Mauthausener Granit in Verbindung stehen.

Der Eisgarner Granit

Der langgestreckte Körper des Eisgarner Granits ist chemisch sehr homogen. Ein leichtes Gefälle im Sr-Gehalt vom Zentrum gegen S und N bei leichter Rb-Zunahme ist feststellbar (Tab.1). Der Granit hat ein Rb - Sr Alter von 316 ± 7 Mio.J. und ein initiales Sr-Verhältnis von $.7147 \pm 7$ (Abb.7). Um einen größeren Spread der Rb/Sr Verhältnisse im Sr-Entwicklungsdiagramm zu erzielen, wurden Apatite und Mikrokline von zwei Proben analysiert, die das Alter besser absichern sollten. Auch hier zeigt sich, daß Kalifeldspate beträchtliche Mengen Sr einbauen. Interessanterweise zeigen sie nicht die beim Weinsberger Granit beobachtbare Verjüngung. Die Streuung der Analysenpunkte um die Gerade und der hohe Initialwert bekräftigen die Interpretation, daß hier ein S-Typ Granit vorliegt, bei dessen Bildung durch Anatexis (SCHARBERT, 1966) von Paramaterial keine perfekte Isotopenhomogenisierung stattgefunden hat.

Nahe der tschechischen Grenze wurde ein rötlich gefärbter Biotitgranit erbohrt, der den Eisgarner Granit intrudiert. Er ist kein Differentiationsprodukt des Eisgarner Granits, da die Analysenpunkte (Abb.7) unter den Werten des Eisgarner Granits liegen und auf ein niedrigeres Initial deuten. Er ist außerdem Rb-ärmer und Sr-reicher als der ältere Magmatit (Tab.1).

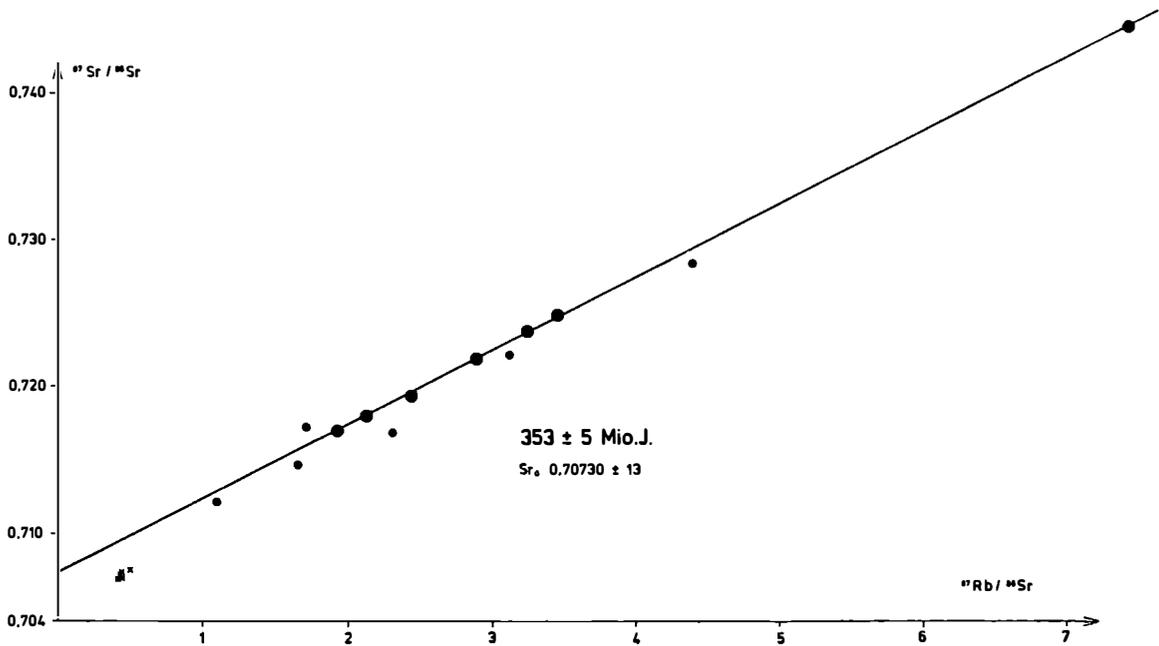


Abb.6: Isochronendiagramm des Mauthäuserer Granits (große Kreise). Die Gerade definiert ein Alter von 353 ± 5 Mio.J. mit einem Initial von $.70730 \pm 13$. Kleine Kreise: Feinkorngranite von verschiedenen Lokalitäten, Kreuze: Plöckinger Granit.

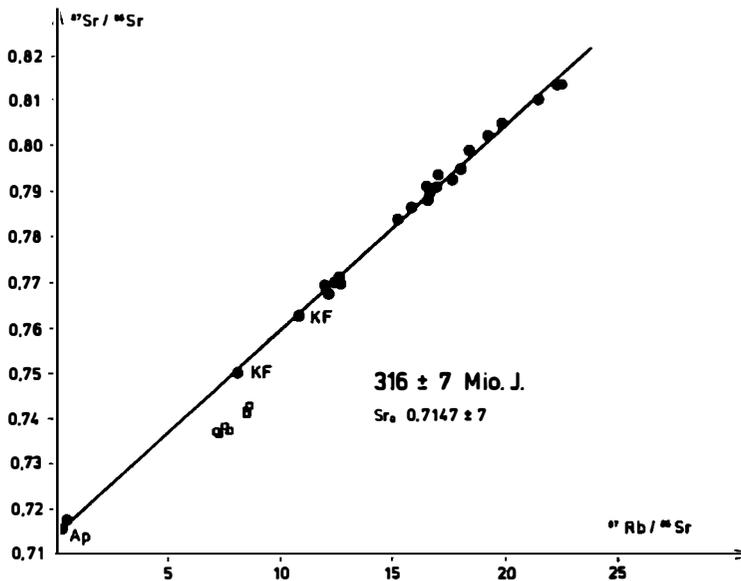


Abb.7: Sr-Entwicklungsdiagramm des Eisgarner Granits. Die Gerade ergibt ein Alter von 316 ± 7 Mio.J., das hohe Initial von $.7147 \pm 7$ weist das Gestein als anatektisch entstandenen S-Typ Granit aus. KF Mikroklin, Ap Apatit, offene Quadrate: roter Biotitgranit, der den Eisgarner Granit intrudiert.

Der Greisen vom Nebelstein

Im Zuge von Prospektionsarbeiten wurde SW von Weitra in einem Gebiet, das von Weinsberger und Feinkorngranit aufgebaut wird, eine Intrusivfolge erbohrt, deren ausführliche petrologische und geochemische Beschreibung von R. GÖD & F. KOLLER in diesem Heft erscheint. Das zur Datierung verwendete Material umfaßt Zweiglimmergranit mit abnehmenden Mengen Biotit, Muskovitgranite und grobschuppige Muskovitflatschengranite mit auffallenden Magnetitklumpen. Die Stärke der Alteration bis hin zur Vergreisung nimmt von unten nach oben zu. Dabei verschwindet der Biotit, statt dessen bildet sich Magnetit, Muskovit kristallisiert auf Kosten von Alkalifeldspat, zuletzt verschwindet der Plagioklas. Der Rb-Gehalt bleibt in allen Umwandlungsstadien praktisch konstant, der Sr-Gehalt hat im Muskovitflatschengranit auf ein Zehntel des ursprünglichen Gehalts abgenommen (Tab.1). Die Proben aller Gesteinstypen liegen auf einer Isochrone (Abb.8) mit einem Alter von 311.6 ± 1.4 Mio.J. und einem Initial von $.7055 \pm 4$. Die Zahl datiert m.E. den Zeitpunkt der Alteration und der Vergreisung, zu dem sich die neue Sr-Chemie eingestellt hat. Zeitlich wird dieser Vorgang eng mit der Platznahme zusammenfallen. Die Intrusion erfolgte in sicherlich bereits abgekühltes Nebengestein; die mitgeführten Fluida haben in den kontaktnächsten Dachpartien des Stocks die intensivsten Mineralumsetzungen bewirkt, wo auch die Schwermetallsulfide angereichert worden sind.

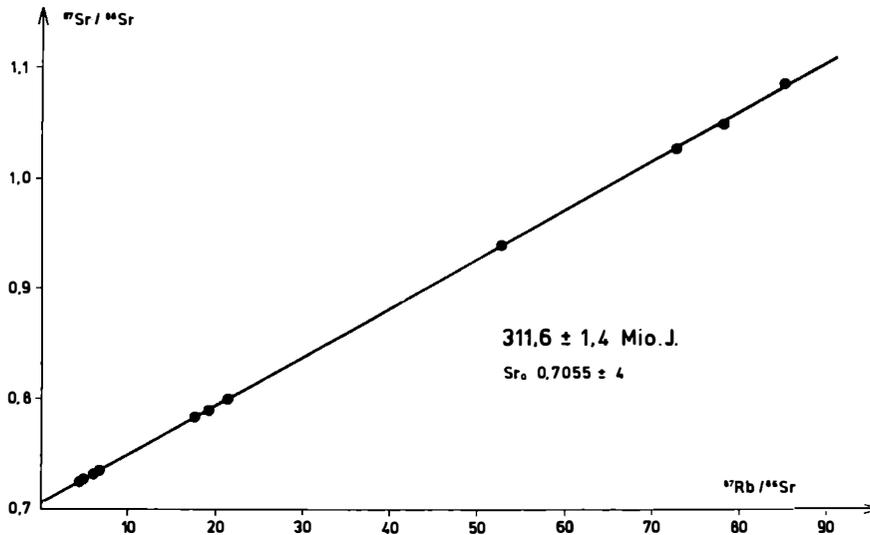


Abb.8: Isochrone des Greisengesteins vom Nebelstein. Alle Proben von \pm unveränderter bis stark veränderter mineralogischer Zusammensetzung ergeben ein Alter von 311.6 ± 1.4 Mio.J., das die Vergreisung unmittelbar nach der Intrusion datiert.

Das niedere Initial ist ungewöhnlich für eine späte Intrusion mit geochemischen Kriterien, die für einen S-Typ Granit sprechen (mündliche Mitteilung F. KOLLER). Es gibt dafür drei Erklärungsmöglichkeiten:

- 1) Der Wert von $.7055$ entspricht tatsächlich dem initialen Sr-Isotopenverhältnis, wie ihn S-Typen selten haben (FLOOD & SHAW, 1977).
- 2) Austausch von radiogenem Sr während der Vergreisung gegen Sr mit niedrigen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnissen unbekannter Herkunft. Dabei könnten Fluida aus der

Unterkruste/Mantel lokal Krustenmaterial aufgeschmolzen haben. Durch diese Interaktion trägt der Intrusivstock Merkmale von I-Typ (niedriges $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Mo Vererzung) und S-Typ Magmatiten.

- 3) Rotation einer jüngeren Isochrone mit höherem Initial, wobei - Rb bleibt konstant - bei einem Teil der Proben Sr entfernt (das wären aber im beschriebenen Fall die Sr-reichen), bei den Sr-armen Proben oberhalb des Drehpunktes Strontium zugeführt worden sein müßte. Der Fall scheint wegen der komplizierten Stoffverschiebung am wenigsten plausibel.

Auf Grund der Rb- und Sr-Chemie der besterhaltenen Gesteinstypen ist ein stofflicher Zusammenhang mit dem Eisgarner Granit nicht wahrscheinlich.

Diskussion

Der Weinsberger Granit hat nach den vorliegenden Untersuchungen ein Bildungsalter von 349 ± 4 Mio.J. Die Herkunft der Schmelze ist aus einem Reservoir mit niederen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnissen abzuleiten. Auf Grund des Initialwertes von .7063 ist sedimentäres Krustenmaterial weitgehend auszuschließen. Die begleitenden Diorite, Einschlüsse von dioritischer Zusammensetzung, der Gehalt an Hornblenden und Pyroxenrelikten (letztere vor allem im Schlierengranit) weisen auf ein Edukt basischerer Zusammensetzung hin. Unveröffentlichte Einzeldaten von Dioriten haben ähnlich niedrigere $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werte. Alle diese Indizien weisen darauf hin, daß das Reservoir des frühvariszischen I-Typ Granitoide, zu denen nach vorliegenden Ergebnissen auch der Mauthausener Granit gehört, in der Unterkruste zu suchen ist, die - bei welchen geodynamischen Vorgängen auch immer - auch aus Manteldifferenzialen aufgebaut worden ist. Die Entstehung dieser Unterkruste muß nicht in Zusammenhang mit der variszischen Tektogenese gesehen werden, da nach T.C. LIEW (mündliche Mitteilung) Neodymdaten der moldanubischen Intrusiva Krustenverweilzeiten von mehr als einer Milliarde Jahren haben. Die von KÖHLER & MOLLER-SOHNIOUS (1986) postulierte einheitliche Unterkruste mit niedrigen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnissen wird durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt und kann über den ganzen Bereich der Monotonen Serie der Moldanubikums nachgewiesen werden.

Welche komplizierten petrologischen Prozesse während der variszischen Gebirgsbildung zu granitischen Schmelzen geführt haben, ist auf Grund der vorgelegten Daten nicht abzuleiten. Sicher nachzuweisen ist, daß stellenweise Material der Oberkruste an der Schmelze beteiligt gewesen ist. Bedeutende Volumina des Weinsberger Granits, sie führen auch im Gelände immer wieder Einschlüsse von Paragneisen und Granat, haben ein erhöhtes initiales Sr-Verhältnis von .7088. Es liegt zwischen dem Unterkrusteninitial der Isochrone und dem Initial der Probe in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Paragneisen, das in das Feld der Krustengesteine nach KÖHLER & MOLLER-SOHNIOUS (1986) fällt. Bei der Mischung von I-Typ Schmelze und Krustenmaterial hat kein perfekter Isotopenaustausch stattgefunden, wie Abb.2 und 3 zeigen. Beim gleichaltrigen Mauthausener Granit mit einem Initial von .7073 ist ebenfalls eine Beimengung von Krustenmaterial anzunehmen. Cognate Dioritschollen weisen aber ebenfalls auf Teilschmelzen aus der tiefen Kruste hin.

Es muß auf Grund der gleichen Altersdaten von Weinsberger und Mauthausener Granit angenommen werden, daß lokal zwei Schmelzen gleichzeitig kristallisiert haben. Die im Gelände beobachtete Intrusionsabfolge Weinsberger - Mauthausener Granit ist entweder wegen des geringen Altersunterschiedes mit der Datierung nicht faßbar, oder eben nur an wirklich jüngeren Feinkorngraniten beobachtet worden. Eine andere Möglichkeit ist, daß bei unterschiedlich hohem Wassergehalt (und unterschiedlich hoher Temperatur?) Schmelzen bzw. Kristall-Schmelzgemische sich mechanisch verschieden verhalten. Letztlich ist auch zu überlegen, ob der Weinsberger Granit über längere Zeit in einem hohen Temperaturbereich verblieben ist, in dem ein Isotopenaustausch des Sr innerhalb des Granits stattgefunden haben kann. Eine Verweildauer von ca. 25 Mio. J. erniedrigt das Initial dann auf ungefähr .704, was im großen und ganzen doch recht unwahrscheinlich ist.

Gegen Nordosten, in den Raum nordwestliches Waldviertel und Tschechoslowakei wird die Metamorphose, die bis zur Migmatitbildung und Anatexis führt, jünger (unveröffentlichte Daten). Damit stimmt das Alter des Eisgarner Granits mit 316 ± 7 Mio.J. und einem Initial von .7147 überein. Eine letzte Phase magmatischer Aktivität wird durch die Intrusion eines Greisen mit 311 Mio.J. und einem Initial von .7055 in ältere Granite datiert. Sie steht vermutlich im Zusammenhang mit Tiefenbrüchen und der Heraushebung einzelner Blöcke, die bereits abgekühlt waren.

An Hand des gegenwärtigen Kenntnisstandes ist es schwierig, die Entstehung der Granite in ein geodynamisches Modell einzubauen. Solch ein Versuch kann erst nach Vorliegen zahlreicher Isotopendaten (Sr, Nd, Pb) und geochemischer Kriterien aus einem überregionalen Blickwinkel unternommen werden.

Danksagung

Für die Aufbereitung der Proben sei Herrn J. Zagler, Frau M. Jelenc für die sorgfältige Arbeit im Chemielabor herzlichst gedankt. Diskussionen mit meinen Kollegen M. THÖNI, F. FINGER, F. KOLLER, O. THIELE, G. PESTAL und R. GÖD waren immer anregend. Letzterem verdanke ich, daß die Fa. MINEREX Probenmaterial von Bohrkernen für die Datierung zur Verfügung gestellt hat. Herr T. SPRITZENDORFER hat dankenswerterweise die Ausführung der Zeichnungen übernommen, Dr. F. HAYDARY die Koordinaten abgelesen. Die Mikroklinproben wurden an der Abteilung für Isotopengeologie des Mineralogischen Instituts der Universität Bern gemessen; für die freundliche Aufnahme und jegliche Unterstützung danke ich Frau Prof. E. Jäger und ihren Mitarbeitern besonders herzlich. Gedankt sei auch allen Steinbruchbesitzern und ihren Arbeitern, die mit lebhafter Neugier bei der Probenahme geholfen haben.

Literatur

- FAURE, G. Principles of Isotope Geology. - John Wiley & Sons, New York, 1977.
- FINGER, F.: Zur Anatexis im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl. - Diss. naturw., Univ.Salzburg, 1984.
- FINGER, F.: Die synorogenen Granitoide und Gneise des Moldanubikums im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). - Jb.Geol.B.-A., 128, 1986.
- FINGER, F. & HÖCK, V.: Zur magmatischen Entwicklung des Moldanubikums in Oberösterreich. - Jb. Geol. B.-A., 129, 1987.
- FLOOD, R.H. & SHAW, S.E.: Two "S-Type" granite suites with low initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios from the New England Batholith, Australia. - Contrib.Mineral. Petrol. 61, 1977.
- FUCHS, G.: Zur Entwicklung der Böhmisches Masse. - Jb. Geol. B.-A., 119, 1976.
- v. GAERTNER, H.R., HARRE, W., KREUZER, H., LENZ, H. & MOLLER, P.: Datierungsbericht Nr.5/67, Bundesanstalt für Bodenforschung; Zwischenbericht über K/Ar und Rb/Sr Datierungen von Gesteinen aus dem ostbayerisch-österreichischen Kristallin, 1967.
- GRABER, H.V.: Die Intrusionsfolge im südlichen Moldanubischen Grundgebirge. - Zentralblatt Min.Pal., Abt. B, 1933.
- JÄGER, E., GRONENFELDER, M., GRÜGLER, N. & SCHRÖLL, E.: Mineralalter granitischer Gesteine aus dem österreichischen Moldanubikum. - Tschermaks Min.Petr.Mitt. 10, 1965.
- KÖHLER, H. & MOLLER-SOHNUS, D.: Rb - Sr Altersbestimmungen und Sr-Isotopensystematik an Gesteinen des Regensburger Waldes (Moldanubikum NE-Bayern) - Teil 2: Intrusivgesteine. - N.Jb.Min.Abh., 155, 1986.
- KURAT, G.: Der Weinsberger Granit im südlichen österreichischen Moldanubikum. Tschermaks Min.Petr.Mitt. 9, 1965.
- MISRA, N.K. & VENKATASUBRAMANIAM, V.S.: Strontium diffusion in feldspars - a laboratory study. - Geochim. Cosmochim. Acta, 41, 1977.
- RICHTER, W.: Petrologische Untersuchungen am Mauthausener Granit im österreichischen Moldanubikum. - Tschermaks Min.Petr.Mitt. 10, 1965.
- SCHARBERT, S.: Mineralbestand und Genesis des Eisgarner Granits im niederösterreichischen Waldviertel. - Tschermaks Min.Petr.Mitt. 11, 1966.
- STEIGER, R.H. & JÄGER, E.: Subcommittee on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. - Earth Planet. Sci.Letters 36, 1977.
- STRECKEISEN, A.: Classification and nomenclature of plutonic rocks. - Geol. Rdsch. 63, 1974.
- WALDMANN, L.: Das außeralpine Grundgebirge Österreichs, in Geologie von Österreich (SCHAFFER, F.X., Hrsg.). - 2. Auflage, Deuticke, Wien 1951.
- WENDT, I., KREUZER, H., MOLLER, P. & SCHMID, H.: Gesamtgesteins- und Mineraldatierungen des Falkenberger Granits. - Geolog. Jb., Reihe E, 1986.
- WHITE, A.J.R. & CHAPPEL, B.W.: Ultrametamorphism and granitoid genesis. - Tectonophysics, 43, 1977.
- YORK, D.: Least square fitting of a straight line with correlated errors. - Earth Planet. Sci.Letters 5, 1969.