Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 85 (1992)

Heft: 2

Artikel: Vergleichende Sm-Nd- und Rb-Sr-Untersuchungen an Bergeller Geröllen aus der Gonfolite Lombarda ("Südalpine Molasse) und an Bergeller und Novate Granitoiden des Ursprungsgebietes

Autor: Oschidari, Huschang / Ziegler, Urs R.F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-167011

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 10.12.2025

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

Eclogae geol. Helv. 85/2: 375–384 (1992)

0012-9402/92/020375-10 $ 1.50 + 0.20/0
Birkhäuser Verlag, Basel

Vergleichende Sm-Nd- und Rb-Sr-Untersuchungen an Bergeller Geröllen aus der Gonfolite Lombarda („Südalpine Molasse") und an Bergeller und Novate Granitoiden des Ursprungsgebietes

Von HUSCHANG OSCHIDARI und URS R.F. ZIEGLER [1])

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegenden isotopengeochemischen Rb-Sr- und Sm-Nd-Untersuchungen an Bergeller Geröllen aus der Gonfolite Lombarda Gruppe und an Plutoniten der Bergeller und Novate Intrusionen aus dem Anstehenden bestätigen deutlich die Herkunft der untersuchten Gerölle aus dem Dach der Bergeller Intrusionssequenz. Die kalkalkalischen Bergeller wie auch die Novate Gesteine müssen als Mischungen verschiedener Mantel- und Krustenendglieder angesehen werden. Die Bergeller Gesteine bilden einen zusammenhängenden Mischungstrend im ε_{Nd}-ε_{Sr} Diagramm. Die Novate-Gesteine fallen nicht auf diesen Trend, was auf einen vom Bergell verschiedenen Ursprung deutet. Beim krustalen Endglied sowohl des Bergells als auch der Novate Intrusion handelt es sich um präexistierendes kontinentales Krustenmaterial mit $T_{(DM)}$ Modellaltern > 1 Ga.

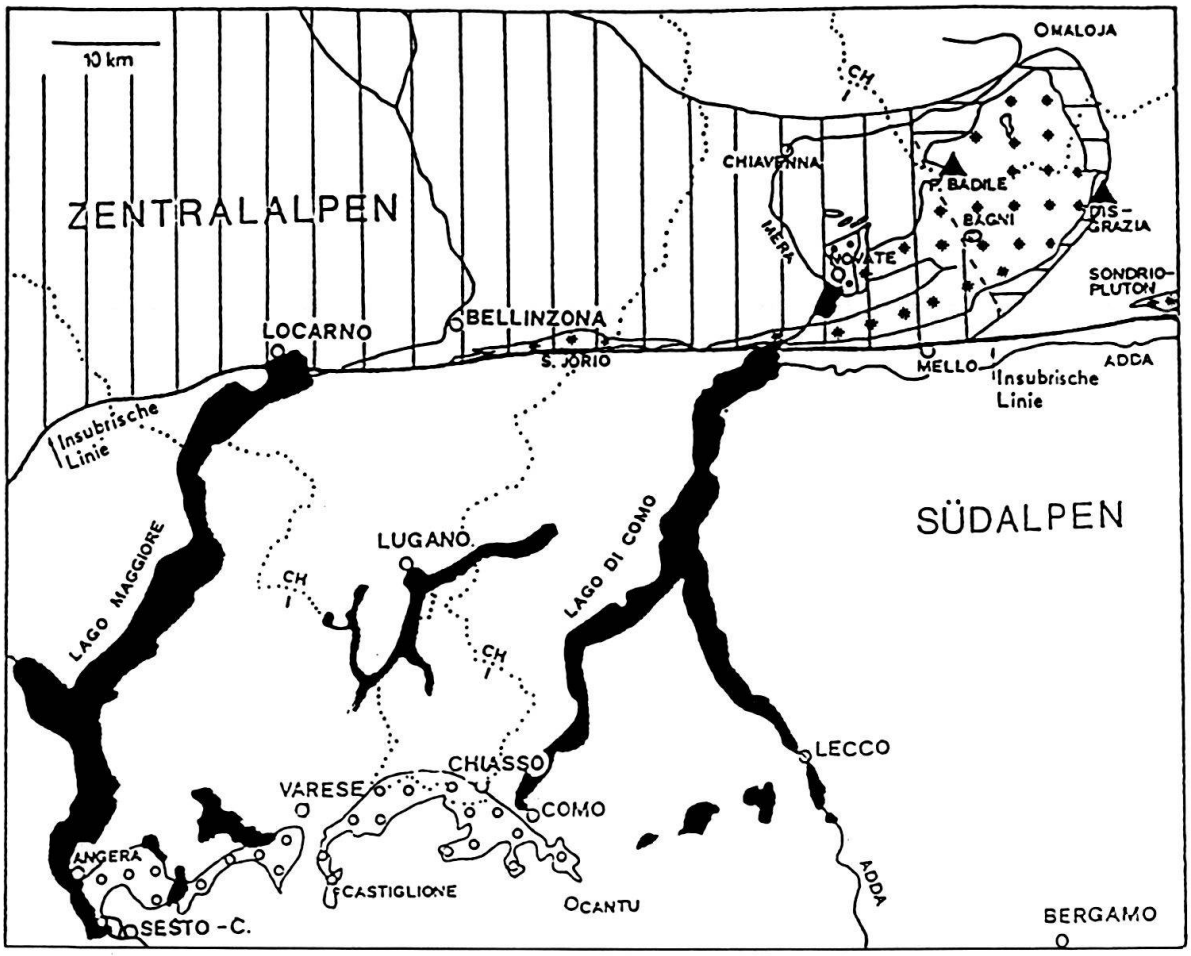
ABSTRACT

Rb-Sr and Sm-Nd studies on boulders from the Gonfolite Lombarda Group and on samples from their Bregaglia source area confirm that the analysed boulders are derived from the roof of the Bregaglia intrusive sequence. The calc-alkaline Bregaglia and Novate plutonites represent mixtures between mantle- and crustal endmembers. The Bregaglia samples form a continuous mixing trend in an ε_{Nd} vs. ε_{Sr} plot, while the Novate samples do not plot on this trend. This indicates that the Bregaglia and Novate magmas are derived from different source regions. In the Novate as well as in the Bregaglia intrusions the crustal end member must be derived from pre-existing continental crust with $T_{(DM)}$ model ages > 1 Ga.

1. Einführung

Die kalkalkalische Bergeller Intrusion durchschlägt den penninischen und unterostalpinen Deckenstapel nördlich der insubrischen Linie zwischen Bellinzona und dem Oberengadin (Trommsdorff & Nievergelt 1983) (Fig. 1). Sie besteht überwiegend aus Granodiorit, Tonalit und, untergeordnet, basischen Frühdifferentiaten. Am Westrand des Bergeller Plutons findet man einen Leukogranitkörper, der als Novate-Granit bezeichnet wird. Der Novate-Granit tritt nicht nur als Granitstock auf, sondern auch in der Form mächtiger Gänge, die sein Rahmengestein durchschlagen. Für das Alter der Intrusionen erhielten frühere Bearbeiter U-Pb Alter von 32 Ma für den Bergeller Tonalit, 30–31 Ma für den Bergeller Granodiorit und 26 Ma für den Novate Granit (Gulson & Krogh 1973; Köppel & Grünenfelder 1975; von Blanckenburg 1990). Gesteine aus den höheren Stockwerken dieser Intrusionen wurden während der Hebung der Alpen abge-

[1]) Labor für Isotopengeologie, Universität Bern, Erlachstrasse 9a, CH-3012 Bern



Bereich der amphibolitfaziellen, tertiären Metamorphose in den Zentralalpen

Kontaktmetamorphose am Ostrand des Bergells

Tonalite s.l. und Granodiorite des Bergeller Plutons und von Sondrio

Novate-Granit (jüngste grössere Intrusion des Tertiärs)

Gonfolite Lombarda s.l. ("Südalpine Molasse")

Fig. 1. Vereinfachte geologische Skizze des Arbeitsgebietes mit den Sedimenten der Gonfolite Lombarda Gruppe s.l. und den oligo-miocaenen Intrusiva (nach Giger 1991).
Geological sketch map showing the occurrences of the sediments of the Gonfolite Lombarda Group s.l. and of the Oligo-Miocene intrusions (after Giger 1991).

tragen und südwärts verfrachtet (Wagner et al. 1977). Grössere Gerölle finden sich in den oligo-miocaenen Sedimenten der Gonfolite Lombarda Gruppe (Gunzenhauser 1985; Gelati et al. 1988; Giger 1991), die am morphologischen Südrand der Alpen aufgeschlossen sind. Die feinere Fraktion wurde bis weit in die Poebene und das Adriagebiet transportiert (Gunzenhauser 1985).

In den letzten Jahren haben geochemische und isotopengeochemische Untersuchungen verschiedener Bearbeiter (Kagami et al. 1985; Reusser 1987; Diethelm 1989; von Blanckenburg et al. 1988 und in press; von Blanckenburg 1990) an den anstehenden Bergeller- und Novate-Gesteinen aus dem Ursprungsgebiet eine Deutung der komplexen Entstehungsgeschichte dieser Intrusiva ermöglicht.

Kagami et al. (1985) publizierten erstmals $T_{(Depleted\ Mantle)}$-Modellalter > 1 Ga für diverse periadriatische Plutone.

Reusser (1987) und Diethelm (1989) präsentieren mit Hilfe geochemischer Untersuchungen ein zweistufiges Differentiationsmodell, in welchem aus primären basaltischen Schmelzen Hornblendite und Hornblende-Gabbros durch Kumulatbildung entstanden sind, bevor aus der Restschmelze unter Assimilation von partiell aufgeschmolzenem Krustenmaterial und durch fraktionierte Kristallisation die restlichen Bergeller Intrusiva hervorgegangen sind.

Von Blanckenburg et al.(1988 und in press) und von Blanckenburg (1990) schlugen für die Genese der Bergeller Gesteine mittels isotopengeochemischer Untersuchungen (Rb-Sr, Sm-Nd, O) ein kombiniertes Quellenkontaminations- und AFC-(Assimilation and Fractional Crystallization) Modell vor.

Ziel dieser Arbeit ist es nun anhand von Geröllen die höheren, heute erodierten Stockwerke der Bergeller Intrusion zu beproben, diese in das Gesamtbild über das Bergell zu integrieren und vorhandene Wissenslücken über deren isotopengeochemische Entwicklung zu schliessen. Zur weiteren Verbreiterung der Datenbasis über die Gesteine des Ursprungsgebietes wurden sowohl vom Bergeller als auch vom Novate Pluton einige Proben mitanalysiert. Die Resultate der geochemischen Untersuchungen an diesen Geröllen finden sich in Oschidari (1991).

2. Probenmaterial und Methodik

Insgesamt wurden an 17 sehr frischen Grossproben (> 30 kg) Sm-Nd Analysen durchgeführt. Neben 5 Granodioritgeröllen (KAW 2017, KAW 2933, KAW 2942, KAW 3125, KAW 3139) wurden 3 Tonalitgerölle analysiert (KAW 2481, KAW 2486, KAW 2936). Diese 8 Proben wurden aus der Como-Formation (Oberoligocaen-Aquitanien) der Gonfolite Lombarda entnommen. Aus dem Anstehenden des Ursprungsgebietes wurden 4 Bergeller Tonalite (KAW 2399, KAW 2623, KAW 2624, KAW 2625) und 5 Novate Granite (KAW 2620, KAW 2621, KAW 2928, KAW 2930, KAW 2932) untersucht. Der genaue Fundort der untersuchten Gesteine findet sich in Tabelle 1.

Die Rb-, Sr-, Sm- und Nd-Konzentrationen wurden mit Isotopenverdünnung bestimmt (s. z. B. Jäger 1979). Als Spikes dienten hochangereichertes ^{87}Rb, ^{84}Sr, ^{150}Sm und ^{145}Nd. Die Sr- und Nd-Isotopenzusammensetzung wurde an ungespiktem Probenmaterial bestimmt. Die Rb-Messungen wurden auf einem AVCO Festkörper-Massenspektrometer in einer Dreibandkonfiguration (Ta-Re-Ta) durchgeführt, die Sr, Sm und Nd Messungen auf einem VG-Sector Festkörper-Massenspektrometer in Einband- (Sr: Ta; Sm: Re) bzw. Dreiband Konfiguration (Nd: Re-Re-Re). Die analytischen Fehler betragen $+/-1\%$ für das $^{87}Rb/^{86}Sr$- und das $^{147}Sm/^{144}Nd$ Verhältnis. Die Sr Isotopenverhältnisse wurden auf ein $^{86}Sr/^{88}Sr$ Verhältnis von 0.1194 normalisiert, die $^{143}Nd/^{144}Nd$ Verhältnisse auf $^{146}Nd/^{144}Nd = 0.72190$. Messungen des Sr Standards NBS-987 während dieser Studie ergaben einen durchschnittlichen $^{87}Sr/^{86}Sr$-Wert von $0.710193 +/- 0.000012$ (1 sigma). Messungen des Nd Standards La Jolla, die während der Messperiode gemessen wurden, ergaben einen durchschnittlichen $^{143}Nd/^{144}Nd$ Wert von $0.511843 +/- 0.000017$ (1 sigma). Die Berechnung der Modellalter und der ε-Werte wurden analog den Angaben von de Paolo (1988) durchgeführt. Dabei verwendeten wir folgende Konstanten:

Tabelle 1

PROBE	CH-Koordinaten	Formation	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Mess-Fehler ± 2 Sigma	Sr ppm	Rb ppm	$\varepsilon_{Sr}(26)$ vor 26 Ma	$\varepsilon_{Sr}(30)$ vor 30 Ma
BERGELLER GERÖLLE									
GRANODIORIT									
KAW2017	721.750/76.450	Como	2.083	0.712338	± 0.000012	345.98	248.94		98.66
KAW2933	722.600/76.250	Como	2.605	0.713448	± 0.000009	310.43	279.39		111.26
KAW2942	722.600/76.250	Como	2.532	0.711729	± 0.000015	276.70	242.08		87.30
KAW3125	726.100/73.650	Como	3.880	0.713445	± 0.000008	190.61	255.45		103.51
KAW3139	691.900/65.550	Como	1.769	0.710856	± 0.000008	344.97	210.83		79.52
TONALIT									
KAW2481	695.900/70.200	Como	1.387	0.709152	± 0.000010	195.76	93.81		57.65
KAW2486	692.800/65.720	Como	0.711	0.707474	± 0.000020	267.55	65.79		37.91
KAW2936	722.600/76.250	Como	1.824	0.711113	± 0.000013	286.42	180.54		82.84
AUS DEM URSPRUNGSGEBIET									
BERGELLER-TONALIT									
KAW2399	754.550/115.81		0.605	0.710681	± 0.000006	411.58	86.05		84.08
KAW2623	774.180/122.00		0.736	0.710003	± 0.000007	317.37	80.74		73.66
KAW2624	772.950/121.55		0.903	0.710039	± 0.000008	292.39	91.19		73.17
KAW2625	770.750/120.40		0.613	0.709816	± 0.000013	704.79	149.18		71.75
NOVATE-GRANIT									
KAW2620	756.050/121.25		1.356	0.710503	± 0.000011	299.37	140.24	78.11	
KAW2621	757.350/122.90		1.443	0.710103	± 0.000011	325.41	162.31	71.97	
KAW2928	755.250/121.28		1.366	0.709725	± 0.000006	305.77	144.39	67.01	
KAW2930	754.780/121.70		0.646	0.710022	± 0.000006	528.95	118.13	75.00	
KAW2932	755.250/121.28		2.073	0.711373	± 0.000011	214.42	153.56	86.70	

Tabelle 1. Ergebnisse der Rb-Sr Untersuchungen. *Rb-Sr results.*

$\lambda^{87}Rb = 1.42 \times 10^{-11}$ (Steiger & Jäger 1977); $^{85}Rb/^{87}Rb = 2.59265$; $\lambda^{147}Sm = 6.54 \times 10^{-12}$; $^{147}Sm/^{144}Nd_{(heute)}$ des Chondritic Uniform Reservoir (Chur) = 0.1967; $^{143}Nd/^{144}Nd_{(Chur\ heute)} = 0.51264$; $^{147}Sm/^{144}Nd_{(heute)}$ des abgereicherten Mantels (DM) = 0.2136, $^{143}Nd/^{144}Nd_{(DM\ heute)} = 0.51315$; angenommenes $^{87}Sr/^{86}Sr_{(heute)}$ der Gesamterde Bulk Earth (B.E.) = 0.7045; $^{87}Rb/^{86}Sr_{(B.E.\ heute)} = 0.0827$.

3. Resultate

Die Rb-Sr Messresultate sind in Tabelle 1, die Sm-Nd Ergebnisse in Tabelle 2 aufgeführt. Die Bergeller Tonalitgerölle weisen Nd Konzentrationen zwischen 15 und 19 ppm und die Granodioritgerölle etwas höhere Nd-Gehalte zwischen 20 und 29 ppm auf. Auch in den Sm-Gehalten zeigt sich derselbe Trend, indem die Sm-Gehalte der Tonalitgerölle mit 3 bis 4 ppm unter den Sm-Gehalten der Granodioritgerölle mit 4 bis 6 ppm Sm liegen. Der daraus abzuleitende Fraktionierungstrend wird auch von den resultierenden $^{147}Sm/^{144}Nd$ Verhältnissen nachgezeichnet, ist doch eine Zunahme des Verhältnisses vom Tonalit zum Granodiorit deutlich festzustellen. Eine Betrachtung der Rb- und Sr-Gehalte der untersuchten Gerölle zeigt deutlich höhere Rb-Gehalte für die Granodiorit-Gerölle (210–280 ppm) als für die Tonalitgerölle (93–181 ppm). Die Sr-Gehalte liegen bei beiden Gesteinsgruppen im selben Bereich (195–346 ppm), wobei sich allerdings eine Tendenz zu höheren Sr-Gehalten bei den Granodioritgeröllen abzeichnet. Die Änderung der $^{87}Rb/^{86}Sr$- wie auch der $^{147}Sm/^{144}Nd$-Verhältnisse ist auf den zunehmenden Fraktionierungsgrad von Tonalit und Granodiorit zurückzuführen, was mit den geochemischen Untersuchungen von Oschidari 1991 übereinstimmt.

Die Bergeller Tonalite aus dem Ursprungsgebiet zeigen interessanterweise ein von den Geröllen abweichendes Bild. Mit 21 bis 54 ppm Nd und 4 bis 6 ppm Sm liegen ihre Sm- und Nd-Gehalte ausserhalb des Bereichs für Tonalitgerölle, aber innerhalb des für die Granodioritgerölle festgestellten Bereichs. Die $^{147}Sm/^{144}Nd$ Verhältnisse der im Ursprungsgebiet anstehenden Tonalite liegen generell jedoch trotzdem in demjenigen Bereich, in welchen auch die $^{147}Sm/^{144}Nd$ Verhältnisse der Tonalitgerölle fallen. Die Betrachtung der Rb- und Sr-Werte der Tonalite aus dem Ursprungsgebiet zeigt eine deutliche Abreicherung der Rb-Gehalte gegenüber den Tonalitgeröllen. Die Sr-Gehalte der Tonalite aus dem Ursprungsgebiet sind gegenüber den Tonalitgeröllen jedoch stark angereichert. Die resultierenden $^{87}Rb/^{86}Sr$ Verhältnisse der Tonalite aus dem Ursprungsgebiet liegen tendenziell unter den $^{87}Rb/^{86}Sr$ Verhältnissen der Tonalitgerölle und zeigen somit auch den generell weniger differenzierten Charakter der Gesteine des Ursprungsgebietes an.

Die Novate-Proben heben sich bereits durch ihre niedrigen Sm- und Nd-Gehalte deutlich von den Bergeller Proben ab, liegen deren Nd-Gehalte doch zwischen 8 und 13 ppm, bei Sm-Gehalten zwischen 1 und 3 ppm. Die Rb-Gehalte der Novate Proben (140–163 ppm) liegen zwischen den für Bergeller Granodiorite und Tonalite erhaltenen Werten. Die Sr-Gehalte derselben Gesteine fallen mit > 299 ppm in den Bereich für Bergeller Granodioritgerölle oder Tonalite aus dem Ursprungsgebiet.

Ein Vergleich mit den Resultaten von von Blanckenburg (1990) zeigt, dass die Rb-, Sr-, Sm- und Nd-Konzentrationen dieser Studie im gleichen Bereich wie seine Resultate liegen, wobei jedoch festgestellt werden kann, dass die Tonalitgerölle deutlich in das Sm- und Nd-arme Ende der Gehaltsvariation im Ursprungsgebiet zu fallen kommen. Die $^{147}Sm/^{144}Nd$ Verhältnisse dieser Studie liegen ebenfalls innerhalb des in der Literatur festgestellten Bereichs.

Tabelle 2

PROBE	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	Mess-Fehler ± 2 Sigma	Nd ppm	Sm ppm	$\varepsilon_{Nd}(26)$ vor 26 Ma	$\varepsilon_{Nd}(30)$ vor 30 Ma	Modellalter $T_{(DM)}$	Modellalter $T_{(DM)}$ ($^{147}Sm/^{144}Nd = 0.12$)
BERGELLER GERÖLLE									
GRANODIORIT									
KAW2017	0.118649	0.512189	± 0.000009	20.34	3.99		-8.58	1555 Ma	1578 Ma
KAW2933	0.106385	0.512189	± 0.000003	27.36	4.82		-8.53	1378 Ma	1578 Ma
KAW2942	0.113803	0.512246	± 0.000005	28.87	5.43		-7.45	1394 Ma	1486 Ma
KAW3125	0.117601	0.512188	± 0.000005	21.22	4.13		-8.59	1540 Ma	1579 Ma
KAW3139	0.108891	0.512271	± 0.000030	27.48	4.95		-6.94	1292 Ma	1445 Ma
TONALIT									
KAW2481	0.131698	0.512419	± 0.000006	16.58	3.61		-4.14	1377 Ma	1205 Ma
KAW2486	0.126521	0.512401	± 0.000035	15.13	3.17		-4.47	1327 Ma	1235 Ma
KAW2936	0.117432	0.512294	± 0.000011	18.57	3.61		-6.52	1370 Ma	1408 Ma
AUS DEM URSPRUNGSGEBIET									
BERGELLER-TONALIT									
KAW2399	0.130610	0.512263	± 0.000015	25.59	5.53		-7.18	1644 Ma	1458 Ma
KAW2623	0.134903	0.512327	± 0.000008	21.76	4.86		-5.95	1610 Ma	1354 Ma
KAW2624	0.131717	0.512235	± 0.000021	22.25	4.85		-7.73	1717 Ma	1503 Ma
KAW2625	0.082322	0.512307	± 0.000010	53.42	7.28		-6.14	990 Ma	1387 Ma
NOVATE-GRANIT									
KAW2620	0.123055	0.512175	± 0.000020	8.40	1.71	-8.90		1654 Ma	1600 Ma
KAW2621	0.117911	0.512126	± 0.000011	12.27	2.39	-9.84		1643 Ma	1680 Ma
KAW2928	0.129502	0.512180	± 0.000010	9.43	2.02	-8.83		1771 Ma	1592 Ma
KAW2930	0.123424	0.512140	± 0.000008	7.95	1.62	-9.59		1720 Ma	1657 Ma
KAW2932	0.147183	0.512157	± 0.000006	8.77	2.13	-9.34		2291 Ma	1629 Ma

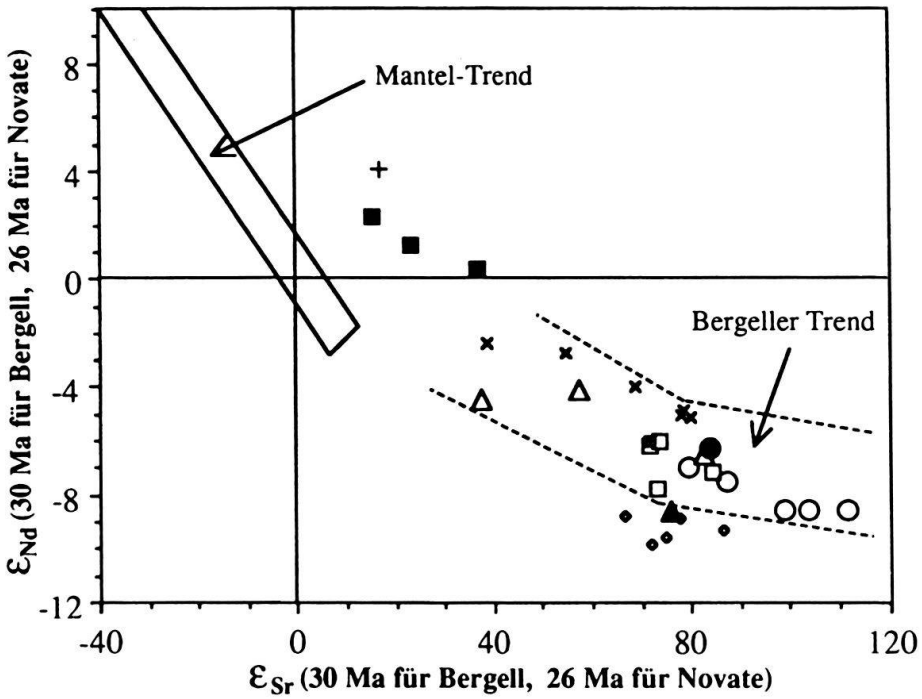
Tabelle 2. Ergebnisse der Sm-Nd Untersuchungen. *Sm-Nd results.*

Die auf das Intrusionsalter zurückgerechneten $\varepsilon_{Nd}(t)$-Werte der Granodioritgerölle liegen zwischen − 6.9 und − 8.6. Die Tonalitgerölle weisen Werte zwischen − 4.1 und − 6.6 auf. Auch hier liegen die $\varepsilon_{ND}(t)$-Werte der anstehenden Tonalitproben aus dem Ursprungsgebiet mit Werten zwischen − 5.9 und − 7.8 näher bei den Granodioritgeröllen als bei den Tonalitgeröllen. Ein Vergleich mit von Blanckenburgs (1990) Daten zeigt, dass seine Daten tendenziell generell etwas tiefer sind als die in dieser Arbeit gemessenen Werte. Die $\varepsilon_{ND}(t)$-Werte der Novate Proben heben sich mit Werten zwischen − 8.8 und − 9.9 deutlich von den Bergeller Proben ab. Die $\varepsilon_{Sr}(t)$-Werte der Tonalitgerölle liegen zwischen 37 und 83, während die anstehenden Tonalite aus dem Ursprungsgebiet Werte zwischen 71 und 85 aufweisen. Die Werte von von Blanckenburg (1990) liegen hier mit Grössen zwischen 38 und 81 im selben Bereich. Die Granodioritgerölle zeigen mit Werten zwischen 79 und 112 einen deutlichen Trend zu höheren $\varepsilon_{Sr}(t)$-Werten als die untersuchten Tonalite. Die für den Novatepluton berechneten $\varepsilon_{Sr}(t)$-Werte liegen zwischen 67 und 87. Hypothetische $T_{(DM)}$ Modellalter für die Granodiorit- und Tonalitgerölle liegen zwischen 1.3 Ga und 1.5 Ga. Die Modellalter der anstehenden Tonalite aus dem Ursprungsgebiet streuen über einen weiten Bereich von 1 Ga bis 1.7 Ga. Die Modellalter der Novateproben liegen mit Werten zwischen 1.6 und 2.3 Ga deutlich über den Bergeller Modellaltern.

Berechnet man $T_{(DM)}$ Modellalter mit einem $^{147}Sm/^{144}Nd$ Verhältnis von 0.12 für durchschnittliche kontinentale Kruste nach Liew & Hofmann (1988, Tab. 2), so liegen diese bei den Bergeller Gesteinen zwischen 1.2 Ga und 1.6 Ga, während sie bei den Novate-Gesteinen zwischen 1.5 Ga und 1.7 Ga liegen. Die Modellrechnung mit dem krustalen $^{147}Sm/^{144}Nd$ Durchschnittswert von 0.12 führt, wie auch die Berechnung mit den effektiven $^{147}Sm/^{144}Nd$ Verhältnissen, zu Modellaltern im Bereich der von Liew & Hofmann (1988) berechneten $T_{(DM)}$ für die kontinentale Kruste des herzynischen Faltengürtels Zentraleuropas.

4. Diskussion

Die allgemein hohen hypothetischen Modellalter (> 1 Ga, siehe Tab. 2) geben einen deutlichen Hinweis auf eine starke Beteiligung alter kontinentaler Kruste am Ausgangsmaterial der kalkalkalischen Bergeller und Novate Gesteine. Dieser Hinweis wird durch die ε_{Sr}-ε_{Nd} Darstellung (Fig. 2) deutlich bestätigt, indem die gemessenen Proben in diesem Diagramm eine Position weit entfernt vom Mantle Array im Bereich alter krustaler Gesteine einnehmen. Des weiteren kann, wie aufgrund der höheren Modellalter und der unterschiedlichen geochemischen Eigenschaften bereits vermutet werden musste, mit Fig. 2 gezeigt werden, dass die Novateschmelzen nicht auf dem Bergeller Trend liegen. Ein vollständiges Bild ergibt sich aber erst durch die Integration der Daten von von Blanckenburg (1990) und Kagami et al. (1985) in das ε_{Sr}-ε_{Nd} Diagramm. Es zeigt sich deutlich, dass die analysierten Bergeller Tonalit- und Granodioritgerölle zusammen mit den anstehenden Aequivalenten des Ursprungsgebietes und den basischen Frühdifferentiaten einen von den Novateproben verschiedenen Trend ergeben. Die genaue Betrachtung dieses Trends deutet trotz der wenigen publizierten Granodioritdaten aus dem Ursprungsgebiet darauf hin, dass die Granodioritgerölle (mit Ausnahme der von von Blanckenburg 1990 analysierten Aplite und Pegmatite) zu den am weitesten entwickelten



Diese Arbeit

- □ Tonalit aus dem Ursprungsgebiet
- △ Tonalit-Gerölle
- ○ Granodiorit-Gerölle
- ◆ Novate Granit aus dem Ursprungsgebiet

Daten aus v. Blanckenburg (1990) und Kagami et al. (1985) (aus dem Ursprungsgebiet)

- + Basaltischer Gang
- ■ Kumulatische Hornblendite und Hornblendegabbros
- ▪ In-situ kristallisierter Gabbro
- × Tonalite
- ● Granodiorit
- ▲ Novate Granit

Fig. 2. ε_{Nd} versus ε_{Sr} Diagramm für die untersuchten Bergeller und Novate Gesteine. Integriert sind auch die Daten von Kagami et al. (1985) und von Blanckenburg (1990).

ε_{Nd} versus ε_{Sr} diagram for the analysed Bergell and Novate samples. The results of previous studies of Kagami et al. (1985) and von Blanckenburg (1990) are shown for comparison.

Phasen der Bergeller Intrusionssequenz gehören könnten, welche im Ursprungsgebiet nicht mehr aufgeschlossen sind.

Von Blanckenburg (1990) schlug für die Genese der Bergeller Sequenz ein kombiniertes Quellenkontaminations- und AFC (Assimilation and Fractional Crystallization) Modell vor, analog den Ideen von Davidson & Harmon (1989) und Chen et al. (1990) für die kleinen Antillen und den Luzon Inselbogen. Dabei soll zuerst die Quelle der Bergeller Magmen im Mantel durch subduzierte, durch Meerwasserkontakt umgewandelte, ozeanische Kruste kontaminiert worden sein. Dies würde einerseits den vorhandenen Versatz der ε_{Sr}-Werte der basischen Frühdifferentiate vom Mantelbereich weg in Richtung höherer Werte erklären und andererseits die von von Blanckenburg (1990) für diese Gesteine beschriebenen erhöhten $\delta^{18}O$-Werte begründen. Erst danach soll dann beim Aufstieg der

Bergeller Magmen ein AFC-Prozess stattgefunden und zu den heutigen Isotopenzusammensetzungen geführt haben. Die in der vorliegenden Untersuchung für die Bergeller „Spätdifferentiate"(Tonalite, Granodiorite) erhaltenen Resultate fügen sich gut in das von von Blanckenburg vorgezeichnete AFC-Modell ein. Die ε_{Sr}- und ε_{Nd}-Werte der Novate-Intrusion liegen im Bereich anderer Periadriatika (vgl. Zusammenstellung in von Blanckenburg 1990). Die Tatsache, dass die Novate-Proben eindeutig nicht auf den Bergeller Trend fallen, deutet darauf hin, dass im Raume des Bergells und des Novate Plutons mehr als nur zwei Mischungsendglieder zur Verfügung standen.

5. Schlussfolgerungen

Zusammen mit den petrographischen und geochemischen Untersuchungen bestätigen die vorliegenden Rb-Sr und Sm-Nd Untersuchungen an Bergeller Geröllen aus der Gonfolite Lombarda Gruppe und an Plutoniten der Bergeller und Novate Intrusionen aus dem Anstehenden des Ursprungsgebietes deutlich die Herkunft der untersuchten Gerölle aus den höheren Stockwerken der Bergeller Intrusionssequenz. Die kalkalkalischen Bergeller wie auch die Novate Gesteine müssen als Mischungen zwischen Mantel- und verschiedenen Krustenendgliedern angesehen werden. Die Bergeller Gesteine bilden einen zusammenhängenden Trend. Die Novate Gesteine fallen nicht auf diesen Trend, was auf einen vom Bergell verschiedenen Ursprung deutet. Aufgrund berechneter hypothetischer Mantelseparationsalter (T_{DM}) muss es sich beim kontaminierenden Krustenmaterial sowohl des Bergells als auch der Novate Intrusion um präexistierendes kontinentales Krustenmaterial mit $T_{(DM)}$ Modellaltern > 1 Ga handeln.

Verdankungen

Die Autoren möchten sich bei Prof. E. Jäger, M. Giger und Prof. D. Bernoulli für die kritische Durchsicht des Manuskripts bedanken. C. Kapp und W. Munardi stellten uns freundlicherweise einige Gesteinsproben zur Verfügung. F. v. Blanckenburg sei für verschiedene anregende Ideen gedankt. Das Projekt hat von einer teilweisen Finanzierung durch den Schweizerischen Nationalfonds profitiert.

LITERATURVERZEICHNIS

VON BLANCKENBURG, F.C. 1990: Isotope geochemical and geochronological case studies of Alpine magmatism and metamorphism: the Bergell intrusion and Tauern window. Diss. ETH Zürich No. 9258.

VON BLANCKENBURG, F., STILLE, P., DIETHELM, K. & REUSSER, E. 1988: Variation of the initial Nd-, Sr-ratios in the Bergell intrusive sequence (E central Alps). Chem. Geol. 70, 4.

VON BLANCKENBURG, F., FRUEH-GREEN, G., DIETHELM, K. & STILLE, P. im Druck: Nd-, Sr-, O-isotopic and chemical evidence for a two-stage contamination history of mantle magma in the Central-Alpine Bergell intrusion. Contrib. Mineral. Petrol. im Druck.

CHEN, C.H., SHIEGH, Y.N., LEE, T., CHEN, C.H. & MERTZMANN, S.A. 1990: Nd-Sr-O isotopic evidence for source contamination and an unusual mantle component under Luzon Arc. Geochim. cosmochim. Acta 54, 2473–2483.

DAVIDSON, J.P. & HARMON, R.S. 1989: Oxygen isotope constraints on the petrogenesis of volcanic arc magmas from Martinique, Lesser Antilles. Earth planet. Sci. Lett. 95, 255–270.

DE PAOLO, D.J. 1988: Neodymium Isotope Geochemistry. An Introduction. Springer, Berlin.

DIETHELM, K. 1989: Petrographische und geochemische Untersuchungen an basischen Gesteinen der Bergeller Intrusion. Diss ETH Zürich.

GELATI, R., NAPOLITANO, A. & VALDISTURLO, A. 1988: La „Gonfolite Lombarda". Stratigrafia e significato nella evoluzione oligo-miocena del margine sudalpino. Riv. ital. Paleont. (Stratigr.) 94, 285–332.

GIGER, M. 1991: Geochronologische und petrographische Studien an Geröllen und Sedimenten der Gonfolite Lombarda Gruppe (Südschweiz und Norditalien) und ihr Vergleich mit dem alpinen Hinterland. Unpubl. Diss. Univ. Bern.

GULSON, B.L. & KROGH, T.E. 1973: Old lead components in the young Bergell massif, south-east Swiss Alps. Contrib. Mineral. Petrol. 40, 239–252.

GUNZENHAUSER, B.A. 1985: Zur Sedimentologie und Paläogeographie der oligo-miocänen Gonfolite Lombarda zwischen Lago Maggiore und der Brianza (Südtessin, Lombardei). Beitr. geol. Karte Schweiz. NF 159.

JÄGER, E. 1979: Introduction to geochronology. In: Lectures in Isotope Geology (ed. by Jäger, E. & Hunziker, J.C.). Springer, Berlin, 13–26.

KAGAMI, H., FISCHER, H. & STEIGER, R.H. 1985: Nd and Sr evidence for the crustal origin of the western Periadriatic plutons. Abstract, Terra cognita, 5, 324.

KÖPPEL, V. & GRÜNENFELDER, M. 1975: Concordant U-Pb ages of monazite and xenotime from the Central Alps and the timing of the high temperature alpine metamorphism, a preliminary report. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 55, 129–132.

LIEW, T.C. & HOFMANN, A.W. 1988: Precambrian crustal components, plutonic associations, plate environment of the Hercynian Fold Belt of central Europe: Indications from a Nd and Sr isotopic study. Contr. Mineral. Petrol. 98, 129–138.

OSCHIDARI, H. 1991: Geochemie und Isotopengeochemie an den tertiären Bergeller Plutoniten aus der südalpinen Molasse und dem alpinen Hinterland. Unpubl. Diss. Univ. Bern.

REUSSER, E. 1987: Phasenbeziehungen im Tonalit der Bergeller Intrusion (Graubünden, Schweiz/Provinz Sondrio, Italien). Diss. ETH Zürich.

STEIGER, R.H. & JÄGER, E. 1977: Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. Earth planet. Sci. Lett. 36, 359–362.

TROMMSDORFF, V. & NIEVERGELT, P. 1983: The Bregaglia (Bergell) Iorio intrusive and its field relations. Mem. Soc. geol. ital. 26, 55–68.

WAGNER, G.A., REIMER, G.M. & JÄGER, E. 1977: Cooling ages derived by apatite fission-track, mica Rb-Sr and K-Ar dating: The uplift and cooling history of the Central Alps. Mem. Ist. Geol. Mineral. Univ. Padova 30, 3–25.

Manuskript eingegangen am 20. März 1991
Revision angenommen am 5. Februar 1992