Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =

Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 42 (1962)

Heft: 2

Artikel: Die Verteilung von U-Th, Na, K und Ca im Rotondogranit

Autor: Rybach, Ladislaus / Hafner, Stefan / Weibel, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-32678

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: 09.12.2025

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

Die Verteilung von U-Th, Na, K und Ca im Rotondogranit*)

Von Ladislaus Rybach, Stefan Hafner und Max Weibel (Zürich)

Mit 9 Textfiguren

Zusammenfassung

Die γ-Aktivität, sowie der Na₂O-, K₂O- und CaO-Gehalt verschiedener Proben des Rotondogranits wurden bestimmt. Aus der γ-Aktivität der Proben wurde der U-Th-Gehalt ermittelt. Das westliche Hauptmassiv des Granitstocks weist im Vergleich zu den übrigen granitischen Gesteinen des Gotthardmassivs (z. B. Fibbia- und Gamsbodengneis) eine deutlich erhöhte γ-Aktivität sowie einen ausgesprochen geringen CaO-Gehalt auf. Der Kern des westlichen Hauptmassivs ist ärmer an U-Th und etwas ärmer an Na. Der östliche Ausläufer des Rotondogranits, der sogenannte "Lucendro-" und der sogenannte "Tremolagranit", unterscheiden sich bezüglich ihres U-Th-Gehalts vom eigentlichen Rotondogranit. Ihre Werte sind denjenigen des Fibbiagneises sehr ähnlich.

Abstract

The γ -activity as well as the Na₂O, K₂O and CaO contents of several samples of the Rotondo granite were measured. The U-Th contents of the samples were determined from the γ -activity. The western part of the main granite mass shows a clearly higher γ -activity as well as a considerably lower CaO content than the other granitic rocks of the Gotthard massif (e. g. Fibbia and Gamsboden gneiss). The core of the main western granite mass is poorer in U-Th and slightly poorer in Na. The eastern extension of the Rotondo granite, the so-called "Lucendro" and "Tremola" granites, differ in their U-Th-contents from the Rotondo granite s. s.; these contents are similar to those of the Fibbia gneiss.

1. Einleitung

Seit einiger Zeit hat sich erwiesen, dass der Rotondogranit — ein Biotit-Albitgranit des Gotthardmassivs — eine Reihe von Merkmalen aufzeigt, die ihn von den übrigen granitischen Gesteinen des Massivs, wie Fibbiagneis, Gamsbodengneis, Medelsergranit, absondern. Solche Merkmale sind zum Beispiel die auffallend schwache Überprägung nach

^{*)} Erscheint gleichzeitig als "Beiträge zur Geologie der Schweiz, Kleinere Mitteilungen Nr. 28".

der Granitbildung oder die durchwegs scharfen Kontakte zum Nebengestein. Vielleicht ein besonders charakteristisches Kennzeichen ist das Zirkon-Alter einer Granitprobe vom Chüebodenhorn (vgl. Tab. 1).

Die Sonderstellung des Rotondogranits in den Zentralalpen schien uns Berechtigung zu geben, die γ -Aktivität und die Verteilung des Na₂O-, K₂O- und CaO-Gehalts im Granitkörper etwas gründlicher zu untersuchen. Es bestand dabei die Hoffnung, weitere Tatsachen zu gewinnen, die sich für die Diskussion über Alter, Entstehung sowie Verhältnis des Granits zu den übrigen granitischen Gesteinen des Gotthardmassivs oder zu irgendwelchen Granitkörpern als wertvoll erweisen könnten. Über die Problematik, die mit Alter und Entstehung des Rotondogranits verbunden ist, wurde an anderer Stelle ausführlich berichtet (siehe S. 169—207 dieses Bandes).

Tabelle 1. Zirkon-Alter in granitischen Gesteinen des Gotthardmassivs. Mittel der U²³⁸/Pb²⁰⁶-, U²³⁵/Pb²⁰⁷- und Pb²⁰⁷/Pb²⁰⁶-Alter (nach Grünen-Felder, 1962).

Rotondogranit	150·10 ⁶ a
Fibbiagneis	$325 \cdot 10^6 \text{ a}$
Gamsbodengneis	$285 \cdot 10^{6} \text{ a}$
Medelsergranit	315·10 ⁶ a

2. Wahl der Gesteinsproben

64 über das Rotondomassiv möglichst gleichmässig¹) verteilte Proben wurden ausgewählt. 52 Proben stammen aus dem westlichen Hauptmassiv, 12 aus dem östlichen, schmalen Ausläufer, nämlich 8 aus dem sogenannten "Lucendrogranit" und 4 aus dem sogenannten "Tremolagranit" an der St. Gotthardstrasse. An 33 Proben wurde flammenphotometrisch der K₂O- und Na₂O-Gehalt und titrimetrisch der CaO-Gehalt bestimmt. Die Messwertdichte beträgt 2,2 Proben/km² für die Radioaktivitätsmessungen und 1,1 Proben/km² für die chemischen Analysen. Über die Fundorte und über die Auswahl für die Analyse geben Fig. 7—8 und Tab. 3 Aufschluss.

Da es praktisch nicht möglich war, an jedem Fundort ganz frisches Material zu erhalten, wurde der "Verwitterungsgrad²)" am Handstück abgeschätzt und der Probe ein Index (a—d, je nach der Stärke der Anwitterung) beigegeben (vgl. Tab. 3).

¹⁾ Soweit es die Begehbarkeit des Massivs erlaubte.

²) Besser "Anwitterungsgrad". Alle Proben erscheinen im Dünnschliff unzersetzt.

3. Messung der y-Aktivität

Die γ-Radioaktivität (Totalaktivität, $\alpha_{\rm tot}$) der Gesteinsproben wurde etwa5 Wochen nach erfolgter Pulverisierung mit der von Rybach (1961) beschriebenen Szintillometeranordnung gemessen. Die Restaktivität $\alpha_{\rm r}$, welche man nach Abzug des vom Kaliumgehalt der Probe herrührenden Strahlungsanteils erhält, wurde (wie allgemein üblich) in *Uranäquivalent*-Einheiten (ppm eU) ausgedrückt. Für die Korrektur der chemisch nicht analysierten Proben wurde mit dem K_2 O-Mittelwert sämtlicher Proben des Granits gerechnet; der hier eingeschlagene Weg blieb also genau derselbe wie derjenige in Rybach und Hafner (1962), im Gegensatz zu Leible (1959), der den K_2 O-Gehalt anhand von Modalanalysen zu ermitteln versuchte. Die Resultate sind in den Kolonnen 6 bis 8 von Tab. 3 zu finden. Die Genauigkeit der angeführten Werte beträgt im Mittel $\pm 2\%$, was durch Messung der entsprechenden Impulszahl bei einem Signal-/Rauschverhältnis von rund 7:1 erreicht wurde.

Die Uranäquivalent-Werte sind deutlich höher als die tatsächliche Urankonzentration und sind etwas niedriger als der Thoriumgehalt. Um genaue Angaben machen zu können, sollte die Messapparatur auch für Thorium geeicht werden; zudem sollte noch das Th/U-Verhältnis in jeder Probe bekannt sein. Über die Strahlungsanteile des Urans und des Thoriums in derselben Probe lässt sich in erster Näherung folgendes sagen:

Die totale γ-Aktivität der Probe setzt sich zusammen gemäss

(1)
$$\alpha_{\text{tot}} = f_{\mathbf{U}} \cdot c_{\mathbf{U}} + f_{\mathbf{Th}} \cdot c_{\mathbf{Th}} + f_{\mathbf{K}}^{\bullet} \cdot c_{\mathbf{K}}, \text{ oder}$$

(2)
$$\alpha_{\text{tot}} - f_{\mathbf{K}} \cdot e_{\mathbf{K}} = \alpha_{\mathbf{r}} = f_{\mathbf{U}} \cdot e_{\mathbf{U}} + f_{\mathbf{Th}} \cdot e_{\mathbf{Th}}.$$

Hier bedeuten c_U , c_{Th} und c_K die Uran-, Thorium- und Kalium-Konzentrationen in ppm bzw. %; f_U , f_{Th} und f_K die entsprechenden Eichfaktoren in cpm/g, ppm bzw. %. Gleichung (2) kann man folgendermassen schreiben:

$$\frac{\alpha_{\rm r}}{c_{\rm Th}} = f_{\rm U} \frac{c_{\rm U}}{c_{\rm Th}} + f_{\rm Th}.$$

Mit den Annahmen, dass

- a) für sämtliche Gesteinsproben $c_U/c_{Th} \cong konst \cong 1/3,2$ (Keevil, 1944), ferner
- b) für die verwendete Apparatur (welche ein integrales γ -Spektrum misst) $f_{Th} \cong \frac{1}{2} f_U$ ($f_U = 0.075 \text{ cpm/g, ppmU}$) gilt,

erhalten wir

(4)
$$c_{Th} \simeq 16.4 \alpha_r$$
, und auf ähnliche Art

(5)
$$c_{\rm U} \simeq 5.12 \alpha_{\rm r}$$
.

Dies bedeutet, dass zum Beispiel eine Probe mit $\alpha_r = 2,00$ cpm/g (was 26,6 ppm eU entspricht), etwa 10,2 ppm U und 32,8 ppm Th enthält.

4. Chemische Bestimmungen

Die einzelnen pulverisierten Gesteinsproben wurden systematisch bis auf eine Menge von etwa 0,5 g verjüngt, in einem Stahlmörser weitgehend zerkleinert und schliesslich in einer Achatschale fein zerrieben. Als Analyseverfahren dienten die Schnellmethoden nach Weibel (1961).

- a) Aufschluss. Je 100 mg der Gesteinspulver wurden mit HF und HClO₄ in Platintiegeln aufgeschlossen. Die überschüssige Flusssäure wurde durch zweimaliges Abrauchen mit Perchlorsäure verdrängt.
- b) Na_2O und K_2O -Bestimmung. Vor der flammenphotometrischen Messung wurden die zwei- und mehrwertigen Kationen mittels Ammoniak und Ammoncarbonat ausgefällt. Die alkalischen Lösungen wurden mitsamt dem Niederschlag in Poliäthylenfläschehen über Nacht stehen gelassen und darauf die überstehende, klare Lösung für die definitive Messung abgenommen. Das EEL-Flammenphotometer Modell A (Evans Electroselenium Ltd.) wurde mit Lösungen von 12 mg Na₂O und 12 mg K₂O pro Liter auf Vollausschlag gestellt. Für die Flamme wurde im Gegensatz zu Willgallis (1957), der mit Leuchtgas arbeitete Propangas verwendet. Um die Schwankungen der Galvanometermarke zu verhindern, wurde der Gasdruck mit Hilfe von Druckreduzierventilen auf rund 400 mm WS konstant gehalten. Der Luftdruck betrug 0,68 atü.

Jeder Aufschluss wurde zweimal wiederholt, grobe Fehler sind dadurch ausgeschlossen. Die Reproduzierbarkeit beträgt auf diese Weise 0,05 Gew.%, das heisst rund ein Rel.% des betreffenden Mittelwertes (siehe auch Mehnert und Willgallis, 1957).

c) CaO-Bestimmung. Calcium wurde titrimetrisch mit Komplexon III (EDTA) 0,01 m bestimmt. Als Indikator diente HHSNN (2-Hydroxy-4-sulfo-1-naphtylazo-3-naphtoesäure). Durch Zugabe von NaOH wurde der pH auf 13 gebracht, so dass Al und Mg nicht mehr störten. Der Einfluss von Fe und Ti wurde mit Triäthanolamin ausgeschaltet.

Die CaO-Bestimmungen wurden an der zweiten Aufschlussserie wiederholt; der mittlere Fehler beträgt hier etwa 0,02 Gew.% (rund 5% des bestimmten Wertes).

5. Diskussion

a) Einfluss der Verwitterung

In den Figuren 1 bis 4 sind die chemisch, beziehungsweise radiometrisch bestimmten Werte eingezeichnet. Sie sind nach dem Verwitterungsgrad der betreffenden Gesteinsprobe geordnet. Die Indizes a bis d bedeuten: a = sehr frisch, b = frisch, c = rel. frisch, d = angewittert.

Danach ist der Streubereich des U-Th beziehungsweise des Ca für frische und verwitterte Proben etwa gleich gross (Fig. 1 und 2). Bei Na und K nimmt die Streuung mit zunehmendem Verwitterungsgrad etwas

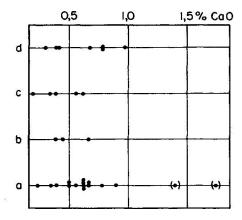


Fig. 1. Gesteinsverwitterung und CaO-Gehalt. Sämtliche untersuchten Proben sind eingetragen.

(·): Gneisschollen.

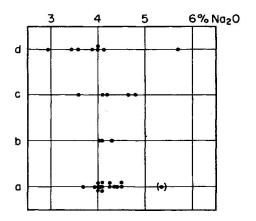


Fig. 3. Gesteinsverwitterung und Na₂O-Gehalt. Sämtliche untersuchten Proben sind eingetragen.

(·): Gneisscholle.

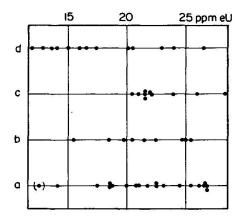


Fig. 2. Gesteinsverwitterung und U-Th-Gehalt. Die Proben aus dem westlichen Hauptmassiv sind eingetragen.

(·): Gneisscholle.

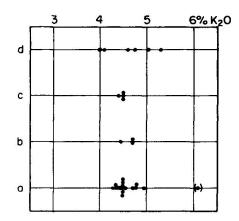


Fig. 4. Gesteinsverwitterung und K₂O-Gehalt. Sämtliche untersuchten Proben sind eingetragen.

(·): Gneisscholle.

zu (Fig. 3 und 4). Die Mittelwerte verändern sich jedoch praktisch nicht. Zu ähnlichen Resultaten gelangten Mehnert und Willgallis (1961) im Falle des Na und K.

b) Die Verteilung der U-Th-, Na₂O-, K₂O- und CaO-Gehalte

In Fig. 5 bis 7 sind die Na₂O-, K₂O- und CaO-Gehalte des Granits gegeben. K₂O und CaO verteilen sich praktisch zufällig über die Fläche. Der Granitstock weist bezüglich dieser Elemente keinen Zonarbau auf. Die CaO-Werte sind im Vergleich zu anderen granitischen Gesteinen des Gotthardmassivs ausserordentlich klein. Dies entspricht der Tatsache, dass der Albit des Granits oft überhaupt keinen Anorthitgehalt hat (0%, vgl. Grünenfelder und Hafner, 1962). CaO dürfte darum ein ungefähres Mass für den Granatgehalt der Granitprobe sein. Die Feststellung, dass das Calcium überall etwa mit der gleichen Häufigkeit auftritt, deckt sich mit der Feldbeobachtung, dass der Granatgehalt ein sehr charakteristisches Kennzeichen des Granits ist und sich keineswegs etwa nur auf Kontaktregionen beschränkt.

Die Na₂O-Verteilung des Granits ist leicht zonar; im innersten Kern des Rotondomassivs ist der Durchschnitt der Werte etwas geringer (Fig. 7). Immerhin fällt auf, dass sich der Na₂O-Gehalt gegen den Granitkontakt hin nirgends deutlich erhöht. Dasselbe gilt für die nach Niggli

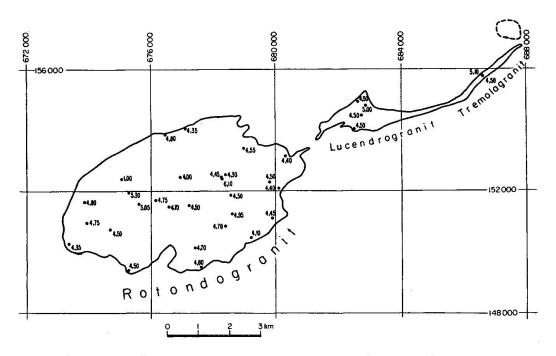


Fig. 5. K₂O-Gehalte einiger Proben des Rotondogranits in Gew. %.

berechneten k-Werte (Tab. 3). Die Werte — etwa 9 analysierte Proben liegen innerhalb 200 Meter von der Kontaktgrenze — geben somit keine Hinweise für die Existenz einer natriumreichen, aplitischen Randfazies

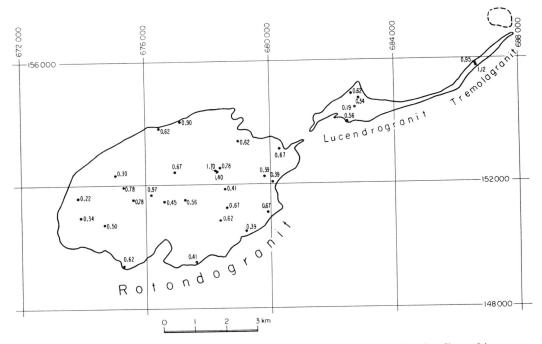


Fig. 6. CaO-Gehalte einiger Proben des Rotondogranits in Gew.%.

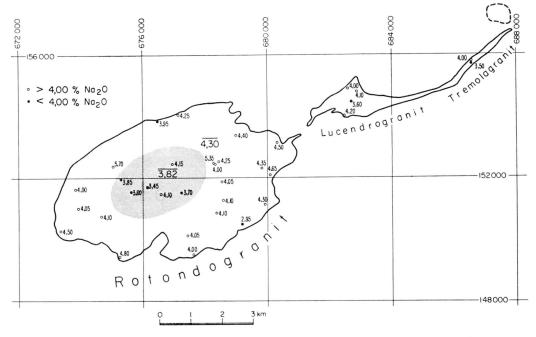


Fig. 7. Na₂O-Gehalte einiger Proben des Rotondogranits in Gew.%. Die dunkle Fläche markiert den etwas Na-ärmeren Kern. Mittelwert im Kern: 3,82%, in der Randzone: 4,30%.

im Sinne zum Beispiel Sonders (1921, S. 341). Die früher mehrfach geäusserte Annahme, dass der Granit eine Natriumzufuhr in die Gesteine der Tremolaserie (südlich des Rotondogranits gelegene Paragesteinsserie) verursacht habe (Hezner, 1909; Niggli, 1929), findet vorläufig keine Bestätigung. Mehrere in Kontaktnähe gelegene Proben haben hingegen einen leicht erhöhten Gehalt der Summe der Alkalien.

Fig. 8 zeigt den aus der γ -Aktivität berechneten Uran-Thoriumgehalt des Rotondogranits. In der regionalen Verteilung der Aktivität spiegelt

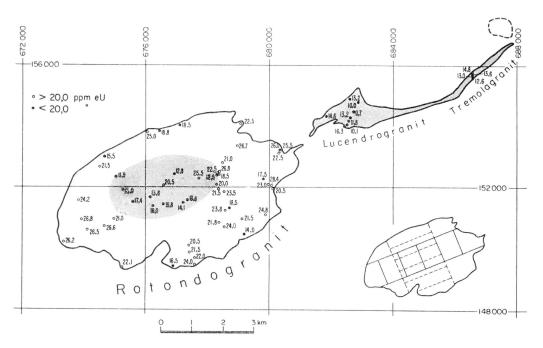


Fig. 8. Uran-Thoriumgehalte einiger Proben des Rotondogranits in ppm eU. Die dunkle Fläche markiert den deutlich U-Th-ärmeren Kern. Mittelwert im Kern: 17,0 ppm eU, in der Randzone 22,4 ppm eU. Im Kärtchen rechts ist das Netz eingezeichnet, das für die Bildung der Mittelwerte der Fig. 9 verwendet wurde.

sich ein deutlicher Zonarbau des Granitstocks wider. Fig. 9a und 9b geben ein Längs- und ein Querprofil durch das Massiv. Man beachte die Zunahme der γ -Aktivität und somit des Uran-Thoriumgehalts gegen die Randgebiete des Granits hin. Die Zonarverteilung entspricht sehr weitgehend derjenigen verschiedener in ähnlicher Hinsicht untersuchter Granitmassive: die vier kanadischen Batholite des Bourlamaque-Granodiorits, des Elzevir-Granodiorits, des Cheddar-Granits (Ingham und Keevil, 1951) und des Round-Lake-Granits (Slack and Whitham, 1951), ferner der Malsburger Granit im Südschwarzwald (Leible, 1959), haben

ganz ähnliche Kernpartien verhältnismässig niedriger Aktivität. Der Verteilung ist möglicherweise noch der Einfluss der morphologischen Verhältnisse überlagert. Eine deutliche Abhängigkeit der γ -Aktivität der Proben von der Meereshöhe (verschiedene Erosionsniveaus) konnten wir allerdings nicht feststellen (im Gegensatz zu Leible, 1959).

Die obengenannte Zonarstruktur bestimmt auch die statistische Verteilung der Radioaktivität im Granitkörper. Die Ansichten von Jeffreys (1952, S. 277) und Ahrens (1954), die eine logarithmische Verteilung im Sinne des III. Peirsonschen Gesetzes angegeben haben, konnten in unserem Falle nicht bestätigt werden.

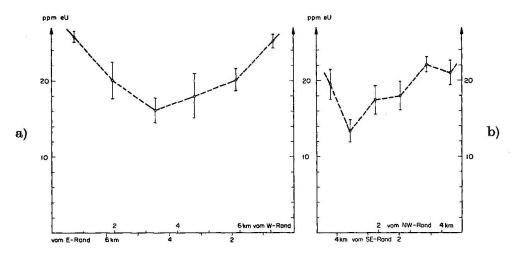


Fig. 9. U-Th-Profile durch das Rotondomassiv: a) West-Ost-Profil, b) Nord-Süd-Profil. Die Punkte sind Mittelwerte der Proben, welche in die Flächen des in Fig. 8 rechts unten angegebenen Netzes fallen. Die senkrechten Striche geben die mittleren Fehler an.

Über die Verteilung im Gefüge lässt sich folgendes sagen³): Anhand der zur Verfügung stehenden Daten über die durchschnittlichen Urangehalte gesteinsbildender Mineralien in Graniten (Larsen und Phair in Faul, 1954, S. 75; Picciotto, 1950), ferner anhand des von Grünenfelder und Hafner (1962) bestimmten Werts des Zirkons in der Chüebodenhorn-Probe lässt sich berechnen, dass mindestens die Hälfte der Aktivitätsträger intergranular vorhanden sein muss.

Die Radioaktivität des Rotondogranits ist im Vergleich zu anderen granitischen Gesteinen des Gotthardmassivs ausserordentlich hoch. Der

³⁾ Die gefügeanalytischen Daten des Rotondogranits siehe in GRÜNENFELDER und Hafner (1962, Tab. 1).

Granit zeichnet sich von den Gesteinen herzynischen Alters, wie Fibbiaund Gamsbodengneis deutlich ab (vgl. Tab. 2). Wir sehen darin einen
weiteren Hinweis, dass der Rotondogranit mit den erwähnten herzynischen Granitgneisen vielleicht weniger verwandt ist, als es bisher angenommen wurde (vgl. auch Grünenfelder und Hafner, 1962). Die
Proben R 23 und R 24 (Tab. 3) betreffen die von Hafner (1958, S. 264)
angeführten Gneisschollen im Zentrum des Granitstocks. Dieser Gneiskörper besitzt scharfe Kontakte zum Granit. Die Probe R 24 ist nach
Mineralgehalt, Struktur und Textur dem Fibbiagneis sehr ähnlich. Die
Ähnlichkeit wird durch den hohen CaO-Gehalt beider Proben sowie
durch den niedrigen U-Th-Gehalt von Probe R 24 unterstrichen.

Tabelle 2. Uran-Thorium-Gehalte von granitischen Gesteinen des Gotthardmassivs (siehe auch Rybach und Hafner, 1962).

	$(\mathrm{U}+\mathrm{Th})_{\mathrm{ppm}\mathrm{eU}}$	Pro- ben- zahl	Gew % Na ₂ O	Gew % K ₂ O	Gew % CaO	Pro- ben- zahl
Rotondogranit (Kern) ,, (Randzone) Lucendrogranit Tremolagranit Fibbiagneis	17,0 22,4 12,6 13,5 16,0	11 39 8 4 6	3,82 4,30 3,98 3,75 4,00	4,45 4,62 4,80 4,70	0,56 0,43 1,04 1,40	26 4 2 3

Interessant sind die γ -Aktivitätswerte des "Lucendrogranits" und des "Tremolagranits". Die beiden Granite sind bezüglich ihrer Aktivität eher dem Fibbiagneis ähnlich als dem Rotondogranit (Fig. 8 und Tab. 2). Würden sie mit Sicherheit einen Ausläufer des Rotondogranits darstellen, so sollte ihre Aktivität mindestens die Intensität der Randzone des Rotondomassivs erreichen, wie dies zum Beispiel bei einem ganz ähnlichen Ausläufer des Bourlamaque-Batholits der Fall ist. Immerhin haben Sonder (1921) und Hafner (1958) darauf hingewiesen, dass Lucendro- und Tremolagranit petrographisch dem Rotondogranit sehr gleichen, sich aber vom Fibbiagneis deutlich unterscheiden.

Die Arbeit wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes des "Arbeitsausschusses für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente" durchgeführt. Wir danken den Herren Professoren Th. Hügi, F. de Quervain sowie den Herren F. Waldner und Dr. M. Grünenfelder herzlich für ihre freundliche Mithilfe.

Tabelle 3. Radioaktivität, U-Th-, Na₂O-, K₂O- und CaO-Gehalte einiger Gesteinsproben des Rotondo-, Lucendro-und Tremolagranits. Analytiker: L. Rybach und M. Weibel.

$K = Mol.$ $K_{2O} + K_{2O}$					0,3915			0,4289		0,4226		10 mm	0,4197	and the second s	0,4356		0,4416		0,4446
OaO-Gehalt %.weD ni					0,67			1,74		1,40			0,50		0,34		0,22		0,62
K ₂ O-Gehalt %.web ni					4,40			6,10	9	4,45		-	4,50		4,75		4,80		4,80
Mag-Gehalt %.wəĐ ni				_	4,50			5,35		4,00			4,10		4,05		4,00		3,95
tätivitäkseA Ue mqq ni		20,2	26,0	25,5	22,5	18,5		22,5	,	12,5	21,0		26,6	26,2	8,92		24,5	25,0	18,8
Restaktivität «, (spm/g)		1,543	1,953	1,911	1,712	1,421		1,710		0,953	1,591		2,013	1,991	2,047		1,824	1,899	1,426
TetivitalatoT (S/mqo) 30420		1,812	2,225	2,180	1,965	1,690		2,060		1,219	1,860		2,272	2,260	2,320	200	2,100	2,168	1,702
төөМ төdü өdöН		2260	2580	2580	2570	2810		2760		2760	2390		2600	2440	5260		2200	2480	2700
мерапірлооЖ	-	676.680/152.110	680.390/153.150	680.390/153.150	680.410/153.150	678.420/152.600		678.280/152.550	_	678.280/152.550	674.970/150.980		674.670/150.740	674.100/150.640	673.880/151.000		673.850/151.630	676.230/153.730	676.580/153.920
Verwitterungs- grad	tmassiv	q	ပ	ದೆ	ದೆ	ದ		ದ		ස	ပ		ಡ	q	ದೆ		ಡ	q	ಡ
Makroskopische Merkmale	Proben aus dem westlichen Hauptı	grobkörnig	aplitisch	Normaltyp	quarzreich	Normaltyp	Scholle, stark vergneist,	quarzarm, biotitreich	Scholle, vergneist,	biotitreich	Normaltyp	biotitreich, leicht ver-	gneist	feinkörnig	Normaltyp	feinkörnig, leicht ver-	gneist	Normaltyp	Normaltyp
Nr. der Probe	ben a	67	17	18	19	21	23		24	-	50	51		52	53	54		55	56
	Pre	껖	R	ĸ	24	R	R		24		召	召		出	出	껖		ĸ	<u> </u>

Tabelle 3 (Forts.)

$k = Mol.$ K_{2O} $W_{32}O + K_{2O}$	0,4024	0.3818	0.4048		0.4049	0,3999		0.4447	0.4302			0.3889	0.4431					0.4775			0 4307	20160	0.3837	0,4226
CaO-Gehalt %.web ni	0.90	0.62	0.67		0.62	0.78		0,56	0.45			0.50	0.67					0.39		7	0.41	1	0.39	0,41
K ₂ O-Gehalt %.web ni	4.35	4.50	4,45		4,55	4,30		4,50	4,70			4.35	4.95					4.10	ì		4.60		4.40	4,50
HadəD-OzaN %.wəD ni	4.25	4.80	4,30	,	4,40	4,25		3,70	4,10			4.50	4.10					2.95			4.00	î	4.65	4,05
tätivittaseA Ue mqq ni	18,5	22,1	24,8	22,5	26,7	8,97	25,6	14,1	19,8	21,5	15,5	26,2	20.8	18.5	22.0	21.5	,	14.0	24,0	16.0	24.0	20.0	28.4	23,5
Hestaktivitäk (8/mqs) 2	1,400	1,669	1,865	1,692	2,000	2,013	1,933	1,078	1,493	1,619	1,181	1,968	1,570	1,396	1,651	1,631	W.	1,072	1,799	1.210	1.803	1.501	2,120	1,784
tätivitzlalatoT (g\mqs) _{sos}	1,650	1,928	2,121	1,961	2,261	2,260	2,205	1,337	1,763	1,888	1,450	2,218	1,855	1,665	1,920	1,900		1,308	2,088	1,479	2.068	1,770	2,373	2,040
төэМ төdü өйöН	2880	2700	2000	2740	2820	2760	2660	2690	2450	1840	2010	2575	2720	2720	2420	2690		2280	2390	2140	2290	2640	2400	2810
nətanibrooX	677.180/153.980	675.220/149.400	679.900/151.100	679.340/154.290	678.960/153.260	678.450/152.820	676.850/152.260	677.400/151.660	676.690/151.450	674.600/152.650	674.730/152.850	673.350/150.280	678.670/151.260	678.760/151.290	677.630/149.710	677.425/149.930		679.250/150.490	678.560/150.680	676.270/151.470	677.630/149.490	677.270/151.600	680.150/152.100	678.560/151.820
Verwitterungs-	ස	ပ	Q	q	ශ්	ಹ	q	ಹ	,a	q	q	ಹೆ	ස්	q	ဎ	ပ		ъ	ຍ	q	p	ಹೆ	ပ	ದೆ
Мактовкорівсhе Метктвіе	Normaltyp	Normaltyp	Normaltyp	Normaltyp	leicht vergneist	feinkörnig	grobkörnig	grobkörnig	grobkörnig	aplitisch	grobkörnig	quarzreich	grobkörnig	Normaltyp	aplitisch	relativ grobkörnig	feinkörnig, deutlich	vergneist	Normaltyp	Normaltyp	aplitisch	Normaltyp	aplitisch	Normaltyp
Mr. der Probe	57	67	89	69	02	7.1	72	73	47	79	08	81	148	166	177	244	254		383	453	461	462	509	658

589 1,330 17,5 4,35 4,50 0,39 0,4051 322 1,552 20,5 4,05 4,70 0,39 0,4332 781 1,512 20,1	0,980 12,8 4,15 4,00 0,67 1,551 20,5 21,0 6 6 1,260 1,260 1,612 21,5 1,612 21,5 1,636 21,5 1,736 23,0 1,736 23,0 1,736 <td< th=""><th></th><th></th></td<>		
		0,912 1,044 1,145 1,320 1,640	
2.200 2580 0.080 2700 2.140 2800	(2.460 2300 (2.000 2380 (2.940 2800 (2.940 2800 (2.940 2450 (2.940 2450 (2.930 2200 (2.150 2460	52.370 1960 51.740 2200 51.950 2000 51.540 2020 50.800 2620	54.910 2740 54.330 2690 54.060 2450 54.080 2450 54.120 2495 54.500 2680 54.740 2963 55.950 2005 55.950 2005
a 677.850/152.200 b 677.330/150.080 d 678.340/152.140	d 676.950/152.460 c 680.150/152.000 a 678.430/152.940 d 676.930/149.450 c 679.160/150.940 d 680.050/152.150		a 682.620/154.910 b 681.850/154.330 c 682.520/154.060 c 682.530/154.080 c 682.550/154.120 c 682.600/154.220 c 682.790/154.500 c 682.910/154.740 c 682.910/155.925 b 686.725/155.955 a 686.650/155.850
	Normatyp, etwas vergeeist aplitisch Normaltyp feinkörnig biotitreich Normaltyp aplitisch	Normaltyp Normaltyp grobkörnig Normaltyp Normaltyp	L 12 Normaltyp L 450 aplitisch L 451 Normaltyp L 452 Normaltyp L 454 Normaltyp L 456 Normaltyp L 456 Normaltyp L 509 biotitreich, leicht ver- gneist T 178 leicht vergneist T 1254 Normaltyp T 1363 leicht vergneist T 1363 leicht vergneist
	R 900 R 979 R 990 R 994 R 1043	R 3871 Norma R 5291 Norma R 5431 grobkë R 6551 Norma G-H Norma Proben aus dem	L 12 L 450 L 451 L 454 L 456 L 456 L 509 T 178 T 1254

Literaturverzeichnis

SMPM = Schweiz. Mineralog. und Petrogr. Mitteilungen.

- AHRENS, L. H. (1954): The lognormal distribution of the elements. Geochim. et Cosmochim. Acta 5, 49—73.
- FAUL, H. (1954): Nuclear Geology, New York.
- Grünenfelder, M. (1962): Mineralalter von Gesteinen aus dem Gotthardmassiv. SMPM 42, 6—7.
- Grünenfelder, M. und Hafner, S. (1962): Über das Alter und die Entstehung des Rotondogranits. SMPM 42, 169—207.
- Hafner, S. (1958): Petrographie des südwestlichen Gotthardmassivs (zwischen St.-Gotthardpass und Nufenenpass). SMPM 38, 255—362.
- HEZNER, L. (1909): Petrographische Untersuchungen der kristallinen Schiefer auf der Südseite des St. Gotthards (Tremolaserie). N. Jb. Min. etc. 27, 157—218.
- Ingham, W. and Keevil, N. (1951): Radioactivity of the Bourlamaque, Elzevir, and Cheddar Batholits, Canada. Bull. Geol. Soc. Amer. 62, 131—148.
- JEFFREYS, H. (1952): The Earth, Cambridge.
- KEEVIL, N. (1944): Thorium-uranium ratios in rocks and minerals. Amer. J. Sci. 242, 309—321.
- Leible, O. (1959): Die Verteilung der Radioaktivität, der Thorium- und Urangehalte im Malsburggranit (Südschwarzwald). Z. Erzbergb. u. Metallhüttenw. 12, 234—237.
- MEHNERT, K. R. und WILLGALLIS, A. (1957): Zum Alkalihaushalt der Granitisation im Schwarzwald an Hand flammenphotometrischen Reihenanalysen. N. Jb. Miner., Abh. 91, 104—130.
- (1961): Die Alkaliverteilung im Malsburger Granit (Südschwarzwald). Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg 5, 117—139.
- Niggli, P. (1929): Die chemisch-mineralogische Charakteristik der metamorphen Paragesteinsprovinz am Südrande des Gotthardmassivs. SMPM 9, 160—187.
- Picciotto, E. (1950): Distribution de la radioactivité dans un granite. Comptes rend. 230, 2282—2284.
- Rybach, L. (1961): Radiometrische Untersuchungen in der Misoxer Muldenzone. SMPM 41, 85—102.
- Rybach, L. und Hafner, S. (1962): Radioaktivitätsmessungen an Gesteinen des St. Gotthard-Profils. SMPM 42, 209—219.
- SLACK, H. and WHITHAM, K. (1951): A Further Investigation of the Radioactivity of the Round Lake and Elzevir Batholits. Trans. Am. Geophys. Union 32, 44—48.
- Sonder, R. (1921): Untersuchungen über den Differentiationsverlauf der spätpaläozoischen Granitintrusionen im zentralen und westlichen Gotthardmassiv. SMPM 1, 323—391, und Diss. Univ. Zürich.
- Weibel, M. (1961): Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse. SMPM 41, 285—294. Willgallis, A. (1957): Beiträge zur flammenphotometrischen Alkalianalyse von Gesteinen. Z. für analyt. Chem. 157, 249—257.
 - Institut für Geophysik und Institut für Kristallographie und Petrographie der ETH, Zürich.
 - Manuskript eingegangen am 4. Juli 1962.