Radioaktivität einiger Schweizergesteine

Autor(en): **Hirschi, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **1 (1921)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-1604

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Radioaktivität einiger Schweizergesteine.

Dritter Teil.

(Schluß.)

Von

H. Hirschi, Braunwald (Glarus).

Der folgenden Zusammenstellung B, über den relativen Radiumgehalt der untersuchten Gesteine, soll wiederum ein Beispiel vorangeschickt werden, wie sich aus der gemessenen Aktivität der Gesteinslösungen eine Ueberschlagsrechnung über den vorhandenen Radiumgehalt durchführen läßt. Bei Relativmessungen, d. h. bei Benutzung eines wohldefinierten Vergleichspräparats, ist zwar eine solche Rechnung nicht notwendig. Jedoch gibt sie einen Einblick in die nicht einfachen Verhältnisse, welche den Messungen zugrunde liegen, so daß deren Kenntnis allfälligen Meßfehlern begegnen kann und eine gewisse kritische Betrachtung der Meßresultate ermöglicht.

Annahmen: Die in der Ionisierungskammer gemessene Zerstreuung, die natürliche abgezogen, betrage 70 Volt pro Stunde, die Kapazität des Elektrometersystems sei 5,0 cm, das zylindrische Ionisationsgefäß habe einen Durchmesser von 14 cm und eine Höhe von ebenfalls 14 cm, und der Inhalt sei rund 2 Liter. Die Wartezeit für die Bildung der Ra-Emanation werde auf 8 Tage, diejenige zwischen dem Quirlen und der Messung auf 4 Stunden angesetzt. Ferner sei das Luftvolumen der ganzen Apparatur (Quirlflasche [exklusive Flüssigkeitsvol.], Ionisationsgefäß, Schläuche, Gebläse, Vorlagen usw.) 3,5 Liter, das Volumen der Lösung 0,5 Liter. 1 „Curie" Emanation unterhalte ohne Zerfallsprodukte einen maximalen Strom von $2{,}75 \times 10^6$ ESE.

Die Ueberschlagsrechnung hat dann folgendes zu berücksichtigen:

a. Während 8 Tagen Wartezeit hat sich 0,7631 der Gleichgewichtsmenge Emanation gebildet nach der Formel $1-e^{-\lambda t}$,

wo λ die Zerfallskonstante der Ra-Emanation ist. (Für die Ra-Emanation gibt es Exponentialtabellen, aus denen für irgend eine Zeit die gebildete oder zerfallene Gleichgewichtsmenge abgelesen werden kann.)

b. Den Zerfall an Emanation von nahe 3 % während vier Stunden Wartezeit.

c. Die Verteilung der Emanation in der Apparatur während dem Quirlen, welche u. a. abhängig ist von der Löslichkeit der Emanation in der Gesteinslösung. (In unserem Fall sei das Löslichkeitsverhältnis in Luft und Flüssigkeit 1 : 0,2. Das ganze Volumen der Apparatur als Luftvolumen berechnet sich dann zu $3{,}5 + (0{,}5 \times 0{,}2) = 3{,}6$ Liter, und das Ionisationsgefäß von 2 Liter schließt folglich den $\frac{2{,}0}{3{,}6 + 2{,}0}$ten Teil des ganzen Luftvolumens ein.)

d. Die Reduktion des gemessenen Gesamtstromes auf den von der Ra-Emanation allein bewirkten, wobei die durch die Kammerwände aufgefangene α-Strahlung und der damit verbundene Ionisationsausfall in der Duane-Laborde-Korrektur ergänzt wird.[1]

e. Schließlich noch ein weiterer Verlust an Ionisationsstrom von etwa 15 %, da selbst bei Anlegung stärkster elektrischer Felder nicht alle gebildeten Ionen zur Stromleitung

---

[1] Die Ra-Emanation ist hier mit drei α-strahlenden Zerfallsprodukten im Gleichgewicht. Sie nimmt aber mit mehr als $^1/_4$ am Ionisationsstrome teil, weil die Zerfallsprodukte an den Wänden der Ionisationskammer niedergeschlagen sind, daher nur einseitig α-Strahlen aussenden können, während die Emanation als freies Gas allseitig ionisierende α-Strahlen emittieren kann, die nur in der Nähe der Wände und Elektrode einen Teil ihrer Reichweiten einbüßen. Diese Einbuße wird durch die Duane-Laborde-Korrektur dargestellt. Diese lautet für die Emanation ohne Zerfallsprodukte: $i = i_\infty (1 - 0{,}517 \frac{O}{V})$, wo i der gemessene Strom, i_∞ der Sättigungsstrom (Stromäquivalent), O die Oberfläche der Ionisationskammer in cm^2, V deren Volumen in cm^3 bedeuten. Für genaue Absolutmessungen ist noch ein Korrektionsglied für Druck und Temperatur einzuführen. Der Duane-Laborde-Faktor wird für die oben genannten Dimensionen der Ionisationskammer 0,779, als multiplikativer Faktor = 1,27. Gegenüber den Zerfallsprodukten nimmt die Emanation mit etwa 0,32 an der α-Ionisation teil, weshalb der gemessene Strom mit $1{,}27 \times 0{,}32 =$ rund 0,4 zu multiplizieren ist.

herangezogen werden, sondern zum Teil Rekombination eingehen, bevor sie die Elektrode erreichen.[1]

Für $i_{gemessen} = 70$ Volt/Stunde lautet daher die Ueberschlagsrechnung in multiplikativen Faktoren:

$$i_{corr.} = 70 \overset{(a)}{\times} 1{,}31 \overset{(b)}{\times} 1{,}03 \overset{(c)}{\times} 2{,}8 \overset{(d)}{\times} 0{,}4 \overset{(e)}{\times} 1{,}176 = 124{,}4 \text{ Volt/Stunde.}$$

In elektrostatischen Einheiten (ESE) $= \frac{5 \times 124{,}4}{300 \times 3600} = 5{,}76 \times 10^{-4}$.

Da nun $2{,}75 \times 10^6$ ESE = 1 „Curie" Emanation ohne Zerfallsprodukte im Gleichgewicht mit 1 gr Radium ist, läßt sich aus den gefundenen ESE der Gehalt an Radium ohne weiteres finden. Aus obigem Zahlenbeispiel ergibt er sich zu $2{,}095 \times 10^{-10}$ gr Radium. Dieser Wert ist noch durch die Grammzahl verwendeten Gesteinspulvers zu dividieren, um den Radiumgehalt pro gr Gestein zu haben.

Der Radiumgehalt der untersuchten Gesteine ist ein außergewöhnlich hoher, wenn man bedenkt, daß dieser bei den Graniten bisher im Mittel zu $2{,}5 \times 10^{-12}$, bei den Syeniten zu zirka $2{,}7 \times 10^{-12}$ und allen übrigen Eruptivgesteinen unter 2×10^{-12} gr pro gr Gestein gefunden wurde. Die hier vorliegenden Gesteine sind aber unter der Voraussetzung eines hohen Radiumgehaltes gesammelt worden. Die dabei wegleitend gewesenen Annahmen, auf welche wir an anderer Stelle zurückkommen werden, haben sich somit bewährt. Die befolgten Meßmethoden sind im zweiten Teil dargelegt; sie wurden mit aller Vorsicht unter stets konformen Bedingungen durchgeführt, und die heute bekannten praktischen Erfahrungen sind berücksichtigt worden.

Um zu zeigen, daß trotz dem relativ geringen Gehalt an radioaktiven Stoffen die Gesteine doch ganz gewaltige Summen von Atomen dieser Substanzen beherbergen, sind in der Zusammenstellung B die pro gr Gestein vorhandenen Atome Radium und Uran angeführt. Zu ihrer annähernden Berechnung diente die Loschmidsche Zahl $6{,}061 \times 10^{23}$ Atome

[1] Dies gilt vornehmlich für diejenigen Ionen, die in einer α-Strahlbahn (Flugbahn) liegen, deren Richtungsaxe mit der Richtung des elektrischen Feldes in der Ionisationskammer zusammenfällt, mit andern Worten deren zugehöriger α-Korpuskel senkrecht auf eine Elektrodenfläche zufliegt. In diesem Falle vollzieht sich die entgegengesetzt gerichtete Wanderung positiv und negativ geladener Ionen nach den Elektroden hin auf einer Bahn, die mit der maximalen Ionenkonzentration zusammenfällt, sodaß auf dieser auch das Maximum für Rekombination erreicht wird (Kolumnensättigung).

pro Grammatom. Die so berechneten Zahlen geben ein deutliches Bild von einer selbst bei den feinsten chemischen Arbeiten und spektroskopischen Untersuchungen vernachlässigten Welt, in welche vorläufig nur durch die elektrometrischen Messungen eingedrungen werden kann. Aber wir verstehen nun auch, welch enorme Atommengen der verschiedensten nicht aktiven Elemente in den Gesteinen anwesend sind oder sein können, ohne daß wir heute praktisch in der Lage sind, diese zu erkennen oder gar quantitativ zu ermitteln, wobei wir davon absehen wollen, welch ungeheure Gesteinsmassen eventuell aufbereitet werden müßten. Es ergaben sich deutliche Differenzen in den Radiumwerten, je nachdem mit Flußsäure/Salzsäure oder mit Alkalikarbonaten aufgeschlossen wurde, und zwar lieferte die erstere Methode stets die kleinern Werte. Joly und Fletcher z. B. fanden solche Diskrepanzen auch zwischen der Schmelzmethode (fusion method) und der Lösungsmethode (solution method). Die Aufschlußmethode mit Flußsäure sollte unzweifelhaft dieselben Resultate ergeben, wie diejenige mit Alkalikarbonaten, sofern die Lösungsrückstände bei der erstern Behandlungsweise äußerst sorgfältig abfiltriert und ebenfalls mit Alkalikarbonaten aufgeschlossen werden. Aber auch zwischen den Resultaten der bewährten Schmelzmethoden einerseits und den Lösungsmethoden anderseits ist eine Uebereinstimmung zu finden, sofern die Schmelzung einmal in freier Luft und dann erst nach einer bestimmten Wartezeit im Vakuum vorgenommen wird (Verfahren Ebler z. B.), bei der Lösungsmethode dagegen gesorgt ist, daß durch ausgiebiges Schütteln und Quirlen (Verfahren von Mache und Bamberger [1. c.]) der hartnäckigen Okklusion der Emanation durch die zum Teil kolloidalen, oft Niederschläge führenden Gesteinslösungen begegnet wird. Durch Joly,[1] Fletcher,[2] Büchner,[3] Holthusen,[4] Ebler,[5] Mache und Bamberger,[6] Gockel,[7] Becker und Jannasch[8] u. a. sind die verschiedenen Methoden kritischen Betrachtungen unterworfen worden und kann daher auf diese

[1] Phil. Mag. **18**, 1909; **22**, 1911; **23**, 1912.
[2] Phil. Mag. **20**, 1910; **21**, 1911; **23**, 1912.
[3] Jahrb. f. Rad. u. Elektr., **X**, 1913.
[4] Abhandl. d. Heidelberger Akad., **16**, 1912.
[5] Zeitschr. f. Elektrochem., **18**, 1912.
[6] l. c.
[7] Sammlung Vieweg, Heft 5.
[8] Jahrb. f. Rad. u. El., 1915.

Zusammenstellung B.

Gesteinsprobe (Die römischen Zahlen entsprechen denjenigen der Gesteine im I. Teil)	Radium p. gr Gestein × 10^{-12} gr [1]				Uran pro gr Gestein ×10^{-5} gr	Atome Radium pro gr Gestein × 10^{11} [3]	Atome Uran p. gr Gestein × 10^{17}	Verwendete Substanzmenge getr. b. 110°	Wartezeit f. Erholung d. Emanation d = Tage h = Stunden
	Aufschluß m. Alkalikarbonaten: Saure Lösg.	Aufschluß m. Alkalikarbonaten: Alk. Lösung	Total	Aufschluß mit Flußsäure [2]					
								gr	
Kalisyenit vom Val Val (III)				11,07	3,25	2,97	8,25	19,396	8 d 1½ h
Kalisyenit, Giufstöckli (IIa)				9,44	2,77	2,53	7,04	20,173	4 d 3 h
idem (reich an Radiohalos, Orthit usw.) (II b)	20,98	1,25	22,23		6,54	5,96	16,61	20,000	4 d 1 h 6 d ½ h *
Kalisyenit v. Val Giuf (IV)	8,55	1,67	10,22		3,00	2,74	7,62	20,000	4 d ½ h 6 d 1 h *
Hauptgranit nahe der Radiumquelle bei Disentis (V)				10,57	3,11	2,83	7,90	19,949	3 d 21 h
Granitgang nahe d. Quelle (VI)				8,81	2,59	2,36	6,58	20,161	5 d 2 h
Tertiäre Intrusivgesteine im Bergell: Hauptgranit v. P. Badile (VII)	6,54	2,40	8,94	7,05	2,63 2,07	2,39 1,89	6,68 5,26	10,000 20,201	4 d 0 h 4 d 21 h * 8 d 0 h
idem v. P. Murtaira (XI)				10,02	2,95	2,68	7,49	20,146	5 d 1 h
Granit v. Cacciabella (XIV)	10,66	1,29	11,95		3,51	3,20	8,92	20,000	3 d 20 h 4 d 19 h *
Porphyrart. Biotitgranit Gang in VII (X)				17,16	5,05	4,60	12,83	20,064	4 d 0 h
Biotitgranit Gang i. VII (IX)				8,97	2,64	2,40	6,71	20,093	4 d 0 h
Basisches Ganggestein am Albignagletscher (XII)				17—17,75	5—5,22	4,65	12,98	20,073	5 d 1 h
Granodiorit am Castello-Gletscher (XIII)	5,23	0,94	6,17		1,81	1,65	4,64	20,000	4 d 0 h 4 d 19 h *

[1] Die zu den Radiumwerten gehörenden, korrigierten Ionisationsströme in Volt/Stunden werden gefunden durch Multiplikation mit 0,807 (Mittelwert Vergleichspräparate).
[2] Die Flußsäurewerte entsprechen Minimalwerten. da geringe Rückstände oder Niederschläge nicht zu vermeiden waren.
[3] Loschmidsche Zahl = $6{,}061 \times 10^{23}$ Atome pro Grammatom.
* Wartezeit für die alkalische Lösung.

Temperaturen der Lösungen 15—18° C; atmosphärischer Druck im Mittel 645 mm. Kapazität: 5,03 cm für II-Faden-Instrumen (nach Wulf), 5,01 cm für I-Faden-Instrument. Empfindlichkeit: 1 Skalenteil = 1,294, bezw. 0,400 Volt. Aufladespannung 200—230 Volt. Dimensionen der Ionisationskammer: Durchmesser = 13,8 cm, Höhe = 13,8 cm, Inhalt 2 Liter. Inhalt der Quirlflaschen ± 2 Liter.

Vergleichspräparate.

Vergleichserz	Radium pro gr Erz $\times 10^{-7}$ gr	Uran %	Aufgelöste Erzmenge getrocknet bei 110°	Radiumgehalt der verwendeten Vergleichslösung $\times 10^{-10}$ gr [1]	Ionisationsstrom korrigiert Volt/Stunde pro 1×10^{-12} gr Ra.	Mischflüssigkeit
Uraninit, reinster, v. Morogoro, Ostafrika	2,5296	74,4	0,9505 gr	2,4044	0,844 0,850	Dest. Wasser [2]
			0,3102	7,8468	0,793	Gesteinslösung (X)
			idem	0,7846	0,811	- (IX)
			idem	3,1387	0,820	- (IIb) sauer
			0,1860	4,7049	0,8055 *	- (VII) sauer
					Mittel 0,807	

[1] Ra/U-Verhältnis = $3{,}4 \times 10^{-7}$.

* Besonders sorgfältige Messung.

[2] Trotz größerer Löslichkeit der Emanation in dest. Wasser höhere Ionisationswerte gegenüber Gesteinslösung als Mischflüssigkeit. Dieser Widerspruch erklärt sich durch die größere Okklusion der Em. in den z. T. kolloiden Gesteinslösungen.

Forscher verwiesen werden. Welche der Methoden am zweckmäßigsten und zuverlässigsten ist, ließe sich dadurch erweisen, daß man eine Reihe verschiedenartigster Gesteinsproben zuerst nach einer Schmelzmethode auf Radium untersuchen und alsdann die erhaltenen Schmelzen durch Auflösen nochmals nach einer Lösungsmethode prüfen würde. Ein Auflösen der Schmelzen ist ohnehin für Thoriumbestimmungen unerläßlich.

Die Zusammenstellung B führt zur Schlußfolgerung, daß im Aaremassiv und im tertiären Bergellergranitmassiv eine radiumreiche Gesteinszone durchzieht. Im Aaremassiv ist diese Zone von Weber (l. c. pag. 162—167) topogr. auf größere Erstreckung festgelegt. Bezüglich Radiumgehalt scheint sie im Gebiet des P. Giuf den Höhepunkt zu erreichen, um sowohl nach Westen als nach Osten hin im Verband mit einer chemischen Differentiation des ursprünglichen Intrusivmagmas an Radium ärmer zu werden, trotzdem der Kieselsäuregehalt zunimmt. Im Gotthardtunnel streicht die der Kalisyenitzone vom Giuf entsprechende Gesteinsserie zwischen 1100—1600 m vom Nordportal durch.[1] Joly[2] ermittelte den Radiumgehalt der „grobkörnigen, gneisigen Granite" zu $8{,}3 \times 10^{-12}$ (1279,5 m), $7{,}9 \times 10^{-12}$ (1520 m), $9{,}9 \times 10^{-12}$ (1600 m) und an der Kontaktstelle mit den Gesteinen der Ursernmulde zu $14{,}1 \times 10^{-12}$ (1900 m). Diese Radiumwerte von Joly lassen sich sehr gut mit denjenigen für die Giufsyenite gefundenen vergleichen und erklären überdies den abnormal hohen Temperaturgradienten, der in dieser radiumreichen, daher wärmespendenden Zone im Gotthardtunnel beobachtet wurde. Da in den Giufsyeniten sich die Accessoria mit seltenen Erden (spez. Orthit und Zirkon) lokal oft stark anreichern, vielfach als Folge von fluidalen und dynamisch-texturellen Vorgängen, so ist es begreiflich, daß hier der Radiumgehalt, der doch vornehmlich an diese erstausgeschiedenen Accessoria gebunden ist, großen Schwankungen unterworfen ist. Nur das Verarbeiten großer Gesteinsstücke kann für eine bestimmte Fundstelle einen brauchbaren Mittelwert für den Radiumgehalt geben. Im Bergellermassiv ist der Radiumgehalt im allgemeinen hoch, besonders in den sauren kalireichern Randzonen. Den maximalen Wert erreicht er in-

[1] Stapff, Geolog. Profil des St. Gotthard in der Axe des großen Tunnels während des Baues (1873—1880) aufgenommen, m. Text, 1880.

[2] Phil. Mag. **18**, 1909; **23**, 1912.

dessen in ausgesprochen basischen Ausscheidungen und nachträglichen basischen Nachschüben. Es macht den Eindruck, daß sowohl diese tertiären Granitmassen als auch das der Giufsyenitzone entsprechende Intrusivmagma aus beträchtlichen Tiefen emporgedrungen ist, vielleicht aus dem Niveau des Druckgleichgewichts an der Unterseite des „Sials" im Sinne Wegener, oder der Scheerzone im Sinne Heim. Dieses Niveau könnte in etwa 80—100 km Tiefe vermutet werden. Daß in diesem Niveau mit seinen stetig labilen physikalischen Verhältnissen auch die dort liegenden Magmaherde nicht zur Ruhe kommen, ist einleuchtend.

Der Vergleich der Zusammenstellungen A und B ergibt keine befriedigende Uebereinstimmung zwischen Aktivität der Gesteinspulver und dem wirklichen Radiumgehalt, auch wenn man vom Thoriumgehalt und gewissen Zufälligkeiten absieht. Man vergleiche das Rechnungsbeispiel, das oben für A gegeben ist. Wie sich herausstellte, liegt der Grund dieser ungenügenden Uebereinstimmung zwischen A und B — die Werte in A sind gegenüber denjenigen in B zu gering —, in der Methode, nach welcher die Gesteinspulverpräparate hergestellt wurden. Bei dem Aufschwemmen des feinen Gesteinspulvers mit Alkohol fallen die schweren Bestandteile rascher zu Boden wie die leichten Stäubchen von Quarz, Feldspath usw., die nachher eine inaktive Oberflächenschicht bildend die von unten kommende α-Strahlung teilweise absorbieren. Diese Aufschwemmethode ist also nur für homogenes Material zu empfehlen, wie es das Uranoxyd und der Orthit darstellten, während für Gesteinspulver die Pastamethode vorzuziehen ist (siehe II. Teil). Für die Schichten, welche auf den Boden der Ionisationskammer zu liegen kommen, genügt auch ein festes Pressen des Pulvers mit einem glatten Gegenstand (Glasplatte z. B.). Die aktivst befundenen Gesteinspulver weisen immerhin doch den größten Radiumgehalt auf, so daß die durchgeführten elektrometrischen Messungen an Gesteinspulvern dennoch dem orientierenden Zwecke dienten, in welchem Sinne sie unternommen wurden.

Aus der Zusammenstellung C geht hervor, daß der Uran-Radiumgehalt nur ganz oberflächlich gesprochen mit dem Kieselsäuregehalt steigt und fällt. Dagegen ergibt sich eine befriedigendere Proportionalität zwischen SiO_2 und Uran-Radium, wenn die Kieselsäure in gebundene und

Zusammenstellung C.

(Geordnet nach dem K_2O-Gehalt.)

Gestein	Radium pro gr Gestein $\times 10^{-12}$ gr	SiO_2 %	K_2O %	Ra. bestimmt von
Quarzporphyr, Großumstadt Odenwald . .	26,1	74,66	8,68	Büchner
Kalisyenit vom Giufgebiet (Schweiz) . . .	9,4—22,2	61,15	7,64	Hirschi
Vesuvlava von 1631	7,8	47,71	7,46	Joly
Vesuvlava von 1906	16,0	48,28	7,25	Joly
Hornblendesyenit vom Plauenschen Grund	15,85	59,80	6,57	Hirschi
Granit von Hauzenberg, Bayerischer Wald	14,8	72,50	6,46	Büchner
Trachyt, Phlegräische Felder	6,8	55—60,3	5—9,1	Joly
Trachyt, Ischia	6,0	56,7—61,9	6—7,6	Joly
Syenit von Plauen, b. Dresden	3,7	62,49	4,65	Büchner
Tephrit, Kaiserstuhl	6,1—10,0	50,0	4,58	G. Meyer
Tinguáitporphyr, Katzenbuckel, Odenwald .	7,1	48,28	4,43	Büchner
Tertiärer Granit, Bergell (XI) [1]	10,0	70,28 [2]	4,32	Hirschi
Ganggestein im tertiären Granit, Bergell (XII)	17—17,75	44,86	3,77	Hirschi
Obsidian, Insel Ascension	1,6	71—72,7	2,4—3,9	Joly
Granitgneis vom Tauerntunnel	1,8	72,0	2,9	Mache und Bamberger
Granit Musgrave Penin, Auckland-Inseln .	1,01	73,56	2,9	Farr und Florance
Granit, tertiärer, Bergell (VII) [3]	7,05—8,94	67,5	2,6	Hirschi
Bimstein, Krakatau	4,5	68,5—69,4	1,8—2,3	Joly
Schlacke vom Stromboli	3,5	51,0	2,0	Joly
Lava des Kraters Kilauea	3,9	48,6—50,0	0,4—1,8	Joly
Pechstein von Meißen	3,0	73,12	1,15	Büchner
Gabbro, Radautal	3,3	49,6	0,81	Büchner
Diabas, Köditz, Fichtelgebirge	1,0	43,79	0,78	Büchner

[1] Dieser Granit entpricht chemisch genau den Graniten vom Staat Georgia, analysiert von T. L. Watson (H. S. Washington, U. S. Geological Survey, prof. paper 99. Washington 1917, pag. 174/5).

[2] Die im chem. Laboratorium von Dr. M. Weilenmann, Zürich ausgeführte Analyse lautet: SiO_2 70,28 — Al_2O_3 17,84 — Fe_2O_3 1,12 — FeO Spuren — CaO 2,24 — MgO 0,46 — Na_2O 3,01 — K_2O 4,32 — Glühverlust 0,68.

[3] Diese römischen Zahlen korrespondieren mit denjenigen der mikroskop. Beschreibungen im I. Teil.

freie (Quarz) getrennt und überdies der **Kaligehalt** berücksichtigt wird. (Kalium ist radioaktiv, β-Strahler). Die wenigen Beispiele, die vorläufig in Tabelle C gegeben werden können, zeigen dies sehr klar. Die an SiO_2 reichsten Gesteine sind meist nicht die reichsten an Radium, wohl aber die kalireichsten, während die kaliarmen Gesteine durchweg auch arm an Radium sind, mag oft der Kieselsäuregehalt sein wie er will. Im großen gesprochen liegt für die verschiedensten petrographischen Provinzen in den kalireichen Eruptiva (Kali-Reihe hinab bis etwa 45 % SiO_2, umfassend spez. die quarzsyenitischen, syenitischen und monzonitischen Magmen) ein ursprünglicher Schmelzfluß vor, welcher die größten Mengen Uran und wohl auch Thorium in sich aufnahm. Naturgemäß müssen die rein lokalen Anreicherungen dieser letztern Elemente in gewissen basischen Ausscheidungen saurer Gesteine, ferner in den pneumatolytisch-hydrothermalen Absätzen gewisser Ganggesteine und diese begleitenden Spalten usw. unter besondere Gesichtspunkte gestellt werden. Daß gerade die jungen Eruptivmassen vom Bergell und Vesuv so reich an Radium sind, ist auffällig: In einer spätern Arbeit wird auf die Beziehungen zwischen geologischem Auftreten, chemischem Bestand und Uran-Thoriumgehalt der Gesteine näher eingetreten werden. Vielleicht, daß sich letzterer in den Rahmen der in der chemischen Petrographie üblichen Projektionsmethoden einfügen läßt und ferner über den Zusammenhang verschiedener Magmaherde, deren chemische und geophysikalische Wandlungen Anhaltspunkte gefunden werden.

Der Hornblendesyenit vom Plauenschen Grund (in typischer Ausbildung bezogen von Firma A. Jahn, Plauen) wurde mit in die Radiumbestimmungen einbezogen, weil er in seiner chemischen Zusammensetzung sehr mit dem Giufsyenit übereinstimmt, worauf schon Fr. Weber (l. c.) hingewiesen hat und daher in ihm ein Kontrollbeispiel für die Beziehung zwischen chemischer Zusammensetzung des Gesteins und dessen Radiumgehalt vorlag. Das erhaltene Kontrollresultat ist bemerkenswert. Typisch für die beiden genannten Syenite ist die reichliche Anwesenheit von Orthit und Titanit in großen Individuen, die sich im Hornblendesyenit vom Plauenschen Grund besonders ausgesprochen lokal (schlierig) anreichern, im normalen Gestein dagegen weniger gesichtet werden als im normalen Giufsyenit.

Hinsichtlich Zusammenstellung C muß noch bemerkt werden, daß die den Werken Rosenbusch[1] und Washington[2] entnommenen chemischen Daten kaum genau mit den Gesteinsproben übereinstimmen können, welche für die Ermittlung des Radiumgehaltes Verwendung fanden. In den zahlreichen Arbeiten über den Radiumgehalt von Eruptivgesteinen sind letztere leider nur ausnahmsweise (z. B. durch Mache und Bamberger [l. c.]) durch chemische und mikroskopische Analyse präzisiert worden. In den für die Tabelle C gewählten Beispielen sollte aber immerhin eine genügende Uebereinstimmung bestehen zwischen den Gesteinsproben, welche einerseits für die chemische Analyse, anderseits für die Radiumbestimmung dienten. Daß der Radiumgehalt bei den verschiedenen Forschern nach verschiedenen, nicht immer gleichwertigen Methoden ermittelt wurde, darf nicht übersehen werden.

Diese Bemerkungen erinnern daran, daß es wünschenswert und wichtig ist, daß die zur Bestimmung von radioaktiven Stoffen verwendete Methode ausführlich skizziert und das benützte Material mikroskopisch und chemisch genau dokumentiert werde, ansonst jede genaue Bestimmung dieser radioaktiven Stoffe illusorisch ist. Die dieser Arbeit noch fehlenden chemischen Gesteinsanalysen werden in einer folgenden Arbeit nachgeholt.

Für absolute Altersbestimmungen nach der Bleimethode dürfte sich in dem dynamisch wenig beeinflußten Giufsyenitmassiv wohl geeignetes Material finden, aus welchem sich die an Uran-Radium reichen Accessoria in größerer Menge gewinnen lassen. Eine Voraussetzung ist nur die, daß der Thoriumgehalt darin gegenüber Uran sehr gering sei, damit nicht wegen dem stabilen Endprodukt der Thoriumreihe Unsicherheiten entstehen.

Hat die Giufsyenitintrusion ein Alter von beispielsweise 100 Millionen Jahre, so würde in dem Gestein mit 1 gr Uran zirka $1{,}3 \times 10^{-2}$ Uranblei (RaG) verknüpft sein. Der Urangehalt der genannten Accessoria wird etwa von der Größenordnung 10^{-3} gr pro Gramm Mineral sein.

In den so außergewöhnlich frischen und dynamisch unveränderten tertiären Bergellerintrusiva kann dagegen seit der

[1] Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre, II. Auflage.

[2] H. S. Washington, Chemical Analysis of igneous Rocks, Prof. Paper 99, Washington 1917.

Intrusion leider nur wenig RaG aus dem Uran entstanden sein. Wenn mit einer Million Jahre gerechnet wird, ergibt sich pro gr Uran nur etwa $1{,}3 \times 10^{-4}$ gr RaG. Ein kg Uran würde also nur 0,13 gr RaG liefern. Diese Menge wäre für eine Atomgewichtsbestimmung, die zur Kontrolle von RaG unerläßlich ist, noch zu gering. Hier wird vielleicht ein genaues Studium des Uran/Thoriumgehaltes der Accessoria und der von ihnen erzeugten Radiohalos leichter zu einem Ziele führen. Für absolute Altersbestimmungen von Mineralien bezw. Gesteinen ist dieser Weg schon von verschiedenen Forschern beschritten worden.

Inhaltsübersicht.

I. Teil.

Einleitung.

Petrographisch-mikroskopische Untersuchungen.

1. Basischer Syenit von Val Val, am Fuße des Giufstöckli, östliches Aaremassiv.
2. Normaler Kali-Syenit idem.
3. Normaler Kali-Syenit mit gelben Feldspäten idem.
4. Normaler Kali-Syenit vom Val Giuf.
5. Hauptgranit oberhalb der radioaktiven Quelle im Val Placi bei Disentis.
6. Granit nahe der radioaktiven Quelle im Val Placi bei Disentis.
7. Hauptgranit vom Piz Badile, Bergell.
8. Basische Schliere im Haupttypus 7.
9. Biotitgranit im Haupttypus 7.
10. Porphyrartiger, basischer Biotitgranit im Haupttypus 7.
11. Granit vom P. Murtaira (P. Mortara) bei Casaccia, Bergell.
12. Ganggestein im grobkörnigen Hauptgranit, westlich Cima di Castello, am Albigna-Gletscher, Bergell.
13. Granodiorit, gangförmig im grobkörnigen, porphyrartigen Bergeller-Granit, westlich vom Cima di Castello.
14. Granit vom Cacciabella-Paß, Bergell.

Allgemeines über Radiohalos (pleochroitische Höfe).

Beobachtungen an Radiohalos in den Kali-Syeniten 1—4.

idem der tertiären Bergeller-Granite.

idem an den Graniten von Disentis.

Bemerkungen zu den Tabellen.

Nachtrag betreffend eine Arbeit von Hövermannn, über pleochroitische Höfe im Biotit, Hornblende und Cordierit usw. Neues Jahrb. für Mineralogie usw. B. B. XXXIV.

Tabellen.

Mikrophotographische Tafeln und Erklärungen.

Korrekturen: pag. 223 Mitte: als solche in den radioaktiven Kernen enthalten sind, — statt „nicht" enthalten sind.

pag. 224 oben 0,057 statt „0,049 mm".

II. Teil.

1. Allgemeines über die Struktur der Atome und die Radioaktivität.
2. Elektrometrische Meßmethoden. Allgemeines.
3. Aktivitätsmessungen an Gesteinspulvern.
4. Apparatur und Meßanordnung für Aktivitätsmessungen an Gesteinspulvern mit Skizze.
5. Lösungsmethode für Radium- und Thoriumbestimmungen mit zwei Skizzen.

Korrekturen: pag. 547 unten: Diese positiven und negativen Ladungen entsprechen ... anstatt „negativen" und „elementaren" Ladungen.

pag. 558: Die Atomgewichte von ThEm, RaEm, ThX, Ra, MsTh, $MsTh_2$ usw. sind durch Setzfehler 2 Einheiten zu niedrig, vgl. pag. 557.

pag. 561: Die Gleichgewichtsmengen von Uran sind in der Reihe rechts um tausend Einheiten zu klein, lies also RaEm $= 1{,}9 \times 10^{-6}$ mgr usw. Vergleiche auch Radioaktive Konstanten nach dem Stand von 1920 von Stefan Meyer im Jahrb. für Rad. u. El. 1920.

pag. 563 obere Hälfte: Emanation statt „Emination".