

Zeitschrift:	Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band:	4 (1924)
Heft:	1
Artikel:	Radioaktivität der Intrusivgesteine des Aarmassivs
Autor:	Hirschi, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-6398

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: 27.01.2026

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

Radioaktivität der Intrusivgesteine des Aarmassivs.

Von *H. Hirschi*, Spiez.

Einleitung.

Unter den Arbeiten, welche größere Gebirgsteile hinsichtlich ihres Gehalts an radioaktiven Stoffen behandeln, stehen in erster Linie diejenigen von Mache und Bamberger,¹⁾ Joly,²⁾ Poole.³⁾ Die erstere Arbeit ist deswegen von besonderem Wert, weil sie die verwendeten Meßmethoden sehr genau umschreibt und überdies einige chemische Analysen der untersuchten Gesteine berücksichtigt.

Studien, welche den Gehalt an radioaktiven Stoffen in Beziehung bringen mit der chemischen Zusammensetzung des Gesteins, sind über wenige Gesichtspunkte allgemeiner Art nicht hinausgelangt. Z. B. wurde konstatiert, daß der Uran-Thoriumgehalt mit zunehmender Basizität der Gesteine fällt und hat dies an den verschiedenen Gesteinfamilien durch den mittlern Gehalt an diesen Elementen dargelegt (Strutt, Eve, Joly, Büchner, Fletcher u. a.). Daß aber der Gehalt an Uran (bezw. Ra) und Thorium in einem engen petrogenetischen Abhängigkeitsverhältnis zum Kalium als zur Kieselsäure steht, wurde vom Verfasser festgestellt.⁴⁾

Den Gehalt der Eruptiva an radioaktiven Stoffen in Beziehung zu bringen mit der chemischen Differentiation des Magmas bzw. den petrogenetischen Vorgängen in ihrem Abhängigkeitsverhältnis zu den geophysikalischen Faktoren, ist unseres Wissens noch nicht unternommen worden. Wir werden aber sehen, daß der gemessenen Radioaktivität eines Gesteins nur dann ein tieferer Sinn und Wert innewohnt, wenn neben der chemischen Zusammensetzung die Petrogenese mit ihr verknüpft wird, m. a. W. auch die physikalischen Bedingungen, unter welchen das

¹⁾ Sitzungsber. Wien, Bd. CXXIII, Abt. II a, Febr. 1914.

²⁾ Phil. Mag. 18, 1909; 23, 1912.

³⁾ Phil. Mag. 40, 1920.

⁴⁾ Diese Zeitschrift Bd. I.

Stammagma differenzierte, intrudierte oder extrudierte und erstarrte, berücksichtigt werden, ebenso die nachträglichen Veränderungen durch pneumatolytisch-hydrothermale und dynamische Vorgänge. Geschieht dies, dann wird sicherlich die Petrographie im Gehalt an radioaktiven Stoffen ein neues, feines Rüstzeug für die Lösung ihrer wichtigsten Probleme gewinnen.

Um Gesetzmäßigkeiten zwischen der chemischen Zusammensetzung der Gesteine und deren Gehalt an radioaktiven Stoffen feststellen zu können, dürften vorerst nur solche Eruptivgesteine berücksichtigt werden, die seit Erstarrung chemisch unverändert blieben, d. h. ursprüngliche Magmafraktionen darstellen.

Die äußerst kleinen Mengen radioaktiver Stoffe in den Gesteinen (von lokalen Anreicherungen abgesehen) haben vielleicht eine viel konstantere Verteilung innerhalb einer gewissen Magmafraktion, wie die durch die chemische Analyse ermittelten Elemente. Dies würde uns in den Stand setzen, die einzelnen Magmafraktionen eines Magmaberdes auseinander zu halten und vielleicht räumlich und zeitlich weit auseinander liegende Vorgänge und die dabei wirksam gewesenen geophysikalischen Faktoren vergleichen zu können. Dies soll später deutlicher zum Ausdruck gelangen.

Diese Studie, die als ein noch schüchterner Schritt in Neuland aufgefaßt sein will, beschäftigt sich zuerst mit den wesentlichen Intrusivmassen des engen Aaremassivs, den Hauptintrusivkörpern einerseits und ihren gangbildenden Differentiationen andererseits. Letztere Gruppe wird erst später behandelt werden, zumal die bezüglichen chemischen Analysen und radioaktiven Messungen noch nicht abgeschlossen sind. Die allgemeinen Schlußfolgerungen über die Verteilung der radioaktiven Stoffe im eruptiven Aaremassiv und die Beziehungen zum Chemismus der Gesteine sollen daher ebenfalls erst in einem späteren Abschnitt gegeben werden.

Bedauerlich bleibt, daß das Aarmassiv chemisch nur so lückenhaft erforscht ist. Der östliche Teil ist im Gebiet des Piz Giuf und nördlich Disentis-Truns chemisch bearbeitet worden, im zentralen Teil im Oberwallis (bei Oberwald), Oberhasle (Grimselstraße) und Sustengebiet. Um sich aber auf chemische Grundlagen stützen zu können, wurden deshalb in erster Linie die chemisch definierten

Gesteinsmassen zu den radioaktiven Messungen herangezogen.

Hienach werden die untersuchten Hauptintrusivmassen örtlich getrennt in
nördliche Granitzone — Gastern-Innertkirchnergranit —,
zentrale Granitmasse — Guttannen-Gletsch —,
westliche Granitmasse — Bietschhorn —,
östliche Hauptgranitmasse — Puntaiglas-
granit —,
Kalisyenit am Piz Giuf.

Nur innerhalb der zentralen Granitmasse sind chemische Analysen und radioaktive Messungen systematisch durchgeführt worden, während in den übrigen Gebieten eine derartige Bearbeitung noch zu erfolgen hat. Wenn deshalb einige Meßresultate auch aus den noch nicht systematisch untersuchten Teilen vorausgeschickt werden, geschieht dies, um die Resultate der zeitraubenden Arbeiten nicht zu lange aufzuschieben. Für das Reußtal, wo schon durch Joly ein zum Aarmassiv gehörendes System chemisch nicht analysierter Gesteine aus dem Gotthardtunnel auf Radioaktivität untersucht sind, dann im westlichen und östlichen Flügel des Aarmassivs, ist indessen die systematische Bearbeitung im Gange. Weiter sind die Intrusivkerne des Gotthard- und Bergellermassivs systematisch in Angriff genommen. Wie erforderlich, wird den auf Radioaktivität untersuchten Gesteinen eine kurze geologische, chemische und petrographische Beschreibung vorausgeschickt.

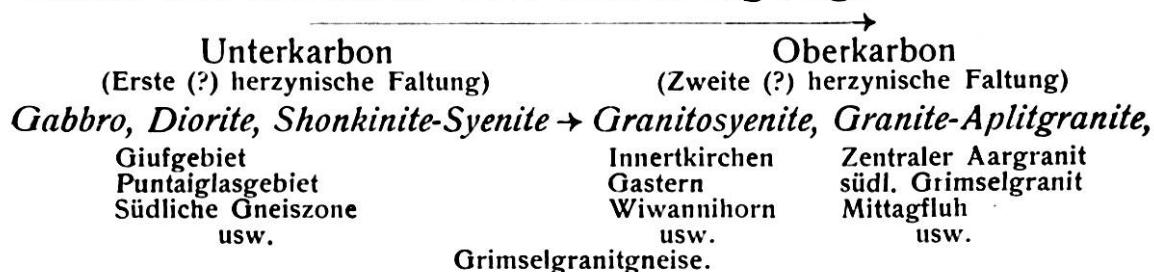
Für die Ausführung einiger Gesteinsanalysen und die Überlassung noch nicht veröffentlichter Analysen aus dem Aarmassiv ist Verfasser dem mineralogisch-petrographischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, besonders Prof. Niggli, zu großem Dank verpflichtet.

Nördliche Granitzone des Aarmassivs. Innertkirchner-Gasternganit.

Geologisches. Lotze, besonders aber E. Hugi und E. Truninger haben festgestellt, daß der Innertkirchner- und Gasternganit aus demselben Magmaherd stammen und genetisch zusammengehören. Der vielleicht etwas jüngere Gasternganit ist als mächtiger Stock tief hinein entblößt, während bei Innertkirchen nur das obere Niveau der zu-

meist resorptions- und schollenreichen Granitintrusion aufgeschlossen ist. Seit dem Erscheinen der Geologie der Schweiz von Heim (1921/22), welche das Aarmassiv auf Grund sämtlicher damals vorhandenen Literatur behandelt und auf welche hier verwiesen wird, sind nur noch die Studien von E. Hugi⁵⁾ und Max Huber⁶⁾ erschienen.

Schema über Intrusions- bzw. Erstarrungsfolge im Aarmassiv.



Chemismus der nördlichen Granite.

Der Innertkirchner-Granit ist von Lotze analysiert (I). Ein besonders frischer Granit von der äußern Urweid wird durch die noch unveröffentlichte Analyse II des mineralogisch-petrographischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich, charakterisiert. Vom Gasterngranit sind in der Literatur die Analysen III, von Fellenberg⁷⁾ zitiert, und IV, eine Analyse von Truninger,⁸⁾ zu finden.

	I	II	III	IV
SiO ₂	66.70	66.88	67.87	67.62
TiO ₂	.81	1.14		
Al ₂ O ₃	16.62	13.39	15.96	15.60
Fe ₂ O ₃	2.45	.30	1.65	1.42
FeO	2.36	4.48	3.02	2.68
CaO	1.89	1.73	1.73	1.86
MgO	.89	2.67	1.40	1.02
K ₂ O	4.40	3.47	4.26	3.86
Na ₂ O	2.98	3.82	3.72	3.12
Glühv.	2.14	H ₂ O +110 -110	1.64 .08	Glühv. bis 120°
			.80	.28
		P ₂ O ₅	.14	
		MnO	.02	
		C ₂ O	.61	

⁵⁾ Zur Petrographie und Mineralogie des Aarmassivs. Eclogae Vol. XV, 1920. — Das Aarmassiv, ein Beispiel alpiner Granitintrusion. Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges. 1922.

⁶⁾ Intrusion und Kontakterscheinungen im Oberhasle. Jahrb. d. Phil. Fakultät II d. Univ. Bern, Bd. II, 1922.

⁷⁾ Beiträge zur geolog. Karte d. Schweiz, Liefg. 21, 1893.

⁸⁾ Geolog.-petrogr. Studien am Gasterngranit, Diss. Bern, 1922.

Der Chemismus der nördlichen Granite (Randfacies, z. T. epimetamorph) entspricht also im allgemeinen granito-syenitischem bzw. quarzsyenitischem Magma.

Petrographische Beschreibung.

(Vergl. auch Lotze und Huber I. c.)

Innertkirchnergranit von der äußern Urweid.

(Analyse II)

Makroskopisch: Mittelgrobkörnig, bläulichgrau, mit vereinzelten Einsprenglingen von weißem Kalifeldspat. Reichlicher Biotit, metallisch glänzend, rötlichbraun oder weißgrau (ausgebleicht). Pyrit sichtbar, Quarz tritt nicht hervor, Feldspäte der Grundmasse sind bläulichgrau.

Mikroskopisches: Struktur hypidiomorph, Plagioklase idiomorph gegenüber Quarz, oft auch gegen Orthoklas. Kalifeldspäte, den Plagioklasen etwas untergeordnet, sind als Orthoklas und Mikroperthit entwickelt, führen reichlich Einschlüsse von Biotit und Quarztropfen. Plagioklase — Alb it bis Oligoklas — erheblich serizitisiert und getrübt. Zwillingslamellierung nicht so scharf und verbreitet wie im zentralen Aaregranit. Biotit meist feinblättrig und stark oder total ausgebleicht zu Muscovit. Chloritisierung stark zurücktretend. α und β dunkelrotbraun, α lichtrötlichbraun, $\beta \geq c$. Radiohalos um grünliche oder schwarze Kerne haben vom Kernrand eine Breite von 0,016—0,02 mm. Epidotartige Kerne mit hoher Brechung und niederer Interferenz, Durchmesser 0,025—0,06 mm, sind von Höfen von 0,013 mm Breite begleitet. Die Halos sind nach außen stark verschwommen. Quarz in auffallend verzahnten Aggregaten, stark undulös bis streifig. Calcit reichlich als kleine, fetzige Aggregate, spez. neben Quarz und als Ausscheidungen in den Plagioklasen. Zirkon häufig, aber nicht von Radiohalos umsäumt. Apatit ist seltener, Titanit recht selten. Erze vorwiegend Pyrit. Pinit und Turmalin fehlen in diesem Granit.

Gasterngranit aus dem Lötschbergtunnel,

7020 m vom Nordportal.

(Vergl. die ausführliche Beschreibung des Gasterngranits durch Truninger I. c.)

Makroskopisches: Mittelgrobkörnig, Grundfarbe weiß bis grau, besonders charakteristisch durch die wohl-

ausgebildeten, rötlichbraun schimmernden, dunkeln, bis 5 mm messenden Biotittäfelchen. Weiße bis schwach grünliche Feldspäte treten neben den etwas trüben, grauen Quarzfeldern nicht besonders hervor.

Mikroskopisches: Struktur hypidiomorph, Plagioklase, oft auch Orthoklas und Perthit gegenüber Quarz scharf idiomorph. Reiner Orthoklas nur spärlich anwesend. Perthit, mit Adern oder kristallographisch orientierten Flecken und Streifen von Albit, hat wolkige Partien, die als Mikroklinsubstanz zu deuten sind. Wie im Innertkirchner-Granit so fehlen auch hier der im zentralen Aargranit so schön entwickelte Mikroklin mit Gitterung und die scharfen perthitischen und mikroperthitischen Bilder. Die Plagioklase, idiomorph gegenüber Kalifeldspat, entsprechen reichlich lamelliertem Albit bis Oligoklas-albit. Zonarstruktur ist verbreitet, Serizitisierung, ausgenommen die sauren Ränder, intensiv. Biotit ist recht frisch, nur wenig Ausbleichungsstreifen und Chloritbildung. c und b dunkelkastanienbraun bis rotbraun, a lichtrötlich-gelb, $b \geq c$. Eingeschlossene, grünliche Zirkone sind ohne Radiohalos, dagegen finden sich letztere um unregelmäßige, grünliche Aggregate unbestimmbarer Natur. Hofbreite 0,01—0,018 mm, nach außen verschwommen. Muskovit nur vereinzelt. Quarz, größere Felder undulös, füllt Zwischenräume scharf aus. Apatit ziemlich reichlich, seltener dagegen ist Zirkon. Titanit wurde im untersuchten Schliff nicht beobachtet, auch Rutil und Calcit nicht. Magnetit ziemlich häufig, besonders an Biotit geknüpft.

Zentraler Aaregranit zwischen Guttannen und Gletsch.

Geologisches.

Hinsichtlich der geologischen und auch petrographischen Verhältnisse kann auf die erschöpfende Zusammenfassung in Heims Geologie der Schweiz verwiesen werden. Seither ist unsere Kenntnis über das engere Aarmassiv bereichert worden durch B. v. Swiderski,⁹⁾ Fr. Weber,¹⁰⁾ E. Hugi,¹¹⁾ M. Huber¹²⁾ und W. Fehr.¹³⁾

⁹⁾ La partie occidental de l'Aar, Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz, Lief. XLVII, 1919.

Hier wollen wir zunächst nur hervorheben, daß die zwischen Guttannen und Gletsch liegende, granitische Zone bekanntlich keinen gleichförmigen, „zentralen Aaregranit“ bildet, sondern, entsprechend der zeitlich nicht einheitlichen Intrusion und infolge Differentiationsvorgängen, aus verschiedenen Granitvarietäten aufgebaut wird. Vom typischen Aaregranit müssen besonders die sog. Grimselgneise (Granitgneise, Augengneise) zwischen Spitallamm und Totensee und die südliche Granitmasse zwischen letzterm und Gletsch ausgeschieden werden. Die erstern, welche besonders im Gebiet des Grimselsees von zahlreichen Gangbildungen durchsetzt sind, können, es sei hier vorweggenommen, als teilweise resorptionführende, etwas ältere Differentiation und Erstarrungshülle des aargranitischen Magmas aufgefaßt werden; ähnlich wie die Syenitmassen im östlichen Aarmassiv. Eine Zone von gneisigen Einlagerungen konstatierte Fehr an der Paßhöhe, welche eine Abtrennung der Granitmasse südlich der Paßhöhe als „südlicher Grimselgranit“ (nach Fehr) berechtigt. Ob diese letztere Granitmasse, die petrographisch vom normalen Aargranit abweicht, eine selbständiger Tealintrusion darstellt (nachträglicher Randerguß nach Hugi), oder nur tektonisch aus ihrem früheren Verband losgerissen wurde, soll hier noch nicht beantwortet werden.

Chemismus.¹⁴⁾

Dieser ist für die Granitmasse zwischen der Mittagfluh und Spitallamm, angesichts dieser großen Masse, eine verhältnismäßig einheitliche.

¹⁰⁾ Spezialkarten des östlichen Aarmassivs (Tödi-Vorderrheintal) No 100—102 (1924).

¹¹⁾ I. c. Pneumatolytisch-hydrothermale Wirkungen alpiner Granitintrusionen, Eclogae geologicae Helv., Vol. XVI, 1921, und Vol. XVII, 1922. — Über einige Gesteins- und Mineralvorkommisse der Wasserstollen des Kraftwerkes Amsteg, Schw. Min. und Petrogr. Mitt., Bd. III.

¹²⁾ I. c.

¹³⁾ Injektions- und Intrusiverscheinungen im zentralen Teil der südlichen Gneise des Aarmassivs, Schweiz. Mineralog. und Petrogr. Mitt. Bd. II, 1922. Diss. Bern 1922.

¹⁴⁾ Nach Drucklegung dieser Arbeit erfolgte die Einsendung der wichtigen Studie von Prof. Niggli „Der Chemismus der zentralen Aaregranite“, welche noch in diesem Bande Aufnahme findet und auf welche verwiesen wird.

Zentraler Aargranit und -Gneis zwischen Guttannen und Gletsch.

	Mittagfluh bei Guttannen	Handeggfall	Gelmergasse bei Handegg	Stockstege Rätherichsboden	Spitallamm	„Grimselgneis“ direkt südlich Grimselsee	Maienwang nahe Paßhöhe
	¹⁵⁾	¹⁵⁾	¹⁶⁾	¹⁶⁾	¹⁶⁾	¹⁶⁾	¹⁶⁾
SiO ₂	73.79	73.88	77.04	73.48	64.65	65.46	75.39
TiO ₂	Sp. .40	.26	.44	1.06	1.06	1.06	.29
P ₂ O ₅	Sp. .10	.18	.08	.23	.35	.35	.19
Al ₂ O ₃	14.01	13.54	11.97	13.04	16.37	15.78	12.97
Fe ₂ O ₃	.00	.05	1.01	1.24	1.63	2.99	.95
FeO	1.62	1.68	.86	1.33	2.92	3.39	1.27
MnO	.04	.05	.07	.04	.14	.08	.09
MgO	.04	.33	.02	.21	1.10	.50	.07
CaO	.45	1.00	.58	1.31	3.26	3.14	.53
Na ₂ O	4.30	3.66	3.23	4.11	4.92	1.82	3.01
K ₂ O	5.12	5.38	4.35	4.64	3.08	4.69	5.13
H ₂ O + 110	.40	.37	.29	.35	.70	.52	.46
H ₂ O - 110	.00	.00	.00	.02	.00	.16	.02
BaO							.07
Analytiker	Dr. J. Jakob		Frau Dr. Parker	Dr. Jakob	Frau Dr. Parker	Dr. Jakob	

Aus diesen tabellarisch zusammengestellten Analysen neuern Datums — die älteren wurden wegen Unsicherheiten weggelassen — ergeben sich für die Zone Mittagfluh-Spitallamm folgende Mittelwerte:

Werte nach Niggli

SiO ₂	74.70	si	434				
TiO ₂	.27						
P ₂ O ₅	.09						
Al ₂ O ₃	13.10	al	45	k	.47		
Fe ₂ O ₃	.92			mg	.08		
FeO	1.35						
MnO	.06	fm	12				
MgO	.13						
CaO	.75	c	4.5				
Na ₂ O	3.66						
K ₂ O	4.92	alk	38.5				

Diese Mittelwerte sprechen für engadinitisches bis aplithgranitisches Magma im Sinne Niggli. Das Gleiche gilt für den sog. südlichen Grimselgranit zwischen Paßhöhe und

¹⁵⁾ Max Huber, l. c.

¹⁶⁾ Noch nicht veröffentlichte Analysen des Mineralog. und Petrogr. Institutes der Eidgen. Techn. Hochschule Zürich.

Gletsch [si 457, al 46.5, fm 12, c 3.5, alk 38, k .51, mg .16]. Etwas niedrig bleiben c und mg.

Die sog. Grimselgneiszone, zwischen Spittallamm und Paßhöhe, fällt auch chemisch aus dem Aargranit heraus und könnte etwa den granodioritischen Magmatypen zugeordnet werden, sofern nicht Resorptionen und nachträgliche chemische Veränderungen berücksichtigt werden müßten

[si $\frac{259}{283}$, al $\frac{38}{40}$, fm $\frac{21.0}{24.5}$, c $\frac{14}{14.5}$, alk $\frac{27}{21}$, k $\frac{0.29}{0.62}$, mg $\frac{0.31}{0.13}$]

Wir werden hierauf bei Besprechung von Radiumgehalt und der chemischen Zusammensetzung noch zurückkommen. Die Granitvarietäten der Mittagfluh, Gelmergasse, Maienwang sind eine mehr aplitische Facies des Aargranits.

Petrographische Beschreibungen.

Der Aargranit an der Grimselstraße ist schon so oft beschrieben worden, daß hier eine kurze Zusammenfassung, zugeschnitten und ergänzt, für den Zweck dieser Studie genügen mag.

Zentraler Aargranit zwischen Mittagfluh und Spittallamm.

Makroskopisch unter sich sehr ähnlich sind die Granitvarietäten von der Mittagfluh, Gelmergasse, Rätherichsboden einerseits und diejenigen von Schwarzbrunnenbrücke und Handeckfall andererseits.

Die ersten sind grauweiß, mittelgrobkörnig, spärlich gefleckt durch schwarzgrüne, kleinschuppige Biotitaggregate und Epidot. Die Feldspäte treten nicht besonders hervor. Wie überall im zentralen Aargranit fehlen größere Biotitindividuen. Der Mittagfluhgranit, mit etwas mehr pegmatitischem Habitus, unterscheidet sich von den beiden andern in der Ausbildung der Quarzkörper. Dieser führt große, klare Körner, die beiden andern dagegen fast ausschließlich den sog. Sandquarz (Mörtelquarz). Typisch für alle ist die schwache Lilafärbung des Quarzes. Eine schwach flaserige Textur ist verbreitet.

Mikroskopisch erkennt man die Bedeutung der Kalifeldspäte, unter welchen besonders der schön gegitterte Mikroklin und Mikroklinmikroperthit quantitativ gegenüber Perthit und Mikroperthit mit scharfen Albitadern und -Streifen hervortreten. Reiner

Orthoklas fehlt bis auf Spuren. Die Plagioklase entsprechen Alb it und Alb it o l i g o k l a s mit enger Lamellierung, sind gegenüber Quarz und Orthoklas oft idiomorph. Die meist nach kristallographischen Ebenen des Wirtes orientierten Serizitschüppchen sind auffällig wohl ausgebildet, verhältnismäßig groß und vorwiegend in den zentralen Teilen der Plagioklase angereichert, obgleich die Feldspäte des Aargranits hier nirgends zonaren Aufbau erkennen lassen. Die Serizitbildung dürfte zu einem wesentlichen Teil sehr frühen Ursprungs sein. Ob für die prächtigen perthitischen und mikroperthitischen Erscheinungen Entmischung infolge großer Druckänderungen verantwortlich zu machen ist, bleibt eine offene Frage. Eine nachträgliche Alkalizufuhr kann zur Erklärung dieser Erscheinung dagegen schwerlich herangezogen werden. Biotit bildet durchwegs nur kleine Schüppchen und Fetzen, und ist arm an Einschlüssen. b und c dunkelolivengrün bis schwarzgrün, a lichtgrünlichgelb bis grünlichstrohgelb. Chloritisierung unter Ausscheidung von Titanit ist reichlich vorhanden. Radiohalos sind nicht zu beobachten. Quarz, als sog. Sandquarz, recht rein, zu Inseln und Schnüren zusammengeschart, ohne undulöse Auslöschung, im Gegensatz zu den größern Quarzkörnern, die stark undulös bis streifig auslöschen. Zirkon und Apatit sind spärlich vorhanden. Orthit fetzen messen nicht selten $0,25 \times 0,5$ mm, sind oft stark zersetzt, wobei Pistazit und Magnetit auftreten. Unter den reichlichen Epidotausscheidungen ist Pistazit gegenüber Klinozoisit und Zoisit fast stets vorherrschend. Die hauptsächlichste Epidotbildung fällt augenscheinlich noch in die Verfestigungsperiode des Gesteins.

Granit von Schwarzbrunnenbrücke und Handeckfall.

Entspricht dem typischen Aargranit. Der erstere ist etwas reicher an feinschuppigem Biotit und seidenglänzenden Häuten aus Serizit und Epidot, wodurch die Textur etwas flasrig-schiefrig wird. Der Quarz, schwach lila farbig, ist als Sandquarz entwickelt; größere Körner treten nur ganz vereinzelt auf.

Mikroskopisches: Struktur hypidiomorph. Kalifeldspäte vorwiegend als Perthit und Mikroperthit entwickelt, untergeordnet als reiner Orthoklas und

Mikroklin mikroperthit. Verbreitet sind Einschlüsse von Plagioklas und Biotit. Die Plagioklase fallen unter Albit bis Oligoklas. Biotit tritt auch hier stark zurück, b und c olivengrün, a hellgelb, erscheint mechanisch stark deformiert, ist reichlich umgewandelt zu Chlorit, Serizit u. s. w.. Radiohalos sind abwesend. Apatit und Zirkon spärlich und meist an Biotit gebunden. Orthit und Titanit ebenfalls spärlich vorhanden. Für den Quarz gilt das Gleiche wie bei den zuletzt beschriebenen Graniten.

Grimselgranitgneise zwischen Spittalamm und Paßhöhe.

Diese mehr melanokratische Gesteinszone ist verhältnismäßig sehr einheitlich und wird an der Grimselstraße nur beim Grimselsee von gangförmigen Intrusionen (granitisch-porphyrische, aplitische und lamprophyrische) unterbrochen. Mit zunehmendem Gehalt an gefärbten Gemengteilen kommen schiefrig-flasrige Textur und porphyrische Struktur mehr und mehr zum Ausdruck. Dies ist besonders der Fall südlich vom Grimselsee, woselbst auch eine deutliche Lineartextur auftritt. Die Kalifeldspäte, welche als Augen, flache Linsen oder mehr idiomorphe Formen entwickelt sind, messen bis 3 und mehr cm. Da sie oft quer zur Schieferung ausgebildet sind, kann letztere nicht allein auf Druck zurückgeführt werden (Protoklase). Hier sind wahrscheinlich die Feldspateinsprenglinge teilweise unter nachträglicher Alkalizufuhr gewachsen.

Mikroskopisches: In der Spittalamm herrschen die Kalifeldspäte Orthoklas, Mikroperthit und Mikroklin mikroperthit über die Plagioklase. Der Mikroklin zeigt schöne Gitterung, die scharfen, schönen perthitischen Bildungen sind die den Aargranit charakterisierenden. Die Plagioklase sind meist Albit mit feiner Lamellierung, untergeordnet sind wiederum die Übergangsglieder zum Oligoklas, vornehmlich Oligoklas albit. Der hohe Ca-Gehalt der Analysen fällt daher hauptsächlich auf Epidot und Calcit. Im Gegensatz zu den Kalifeldspäten führen die Plagioklase viele Einschlüsse, wie Serizit (z. T. kristallographisch orientiert), Epidot, Apatit, Zirkon. Nur eine äußere Zone ist meist frei von Einschlüssen. Reichlicher Biotit als kleine Schüppchen und Fetzen ist mit Muscovit schlierenförmig zusammengeschart. b und c dunkelolivengrün, a grünlichstrohgelb bis bräunlichstrohgelb,

$b \geq c$. Radiohalos sind in den vorliegenden Schliffen nicht zu beobachten, doch erwähnt sie Weber¹⁷⁾ um Orthit. Umwandlung zu Chlorit, unter Ausscheidung von Titanit, ist sehr verbreitet und Weber meldet Pseudomorphosen nach Hornblende. Epidot, namentlich Pistazit und Titanit, sind reichlich. Orthit ist seltener, zeigt Übergänge zu gewöhnlichem Epidot. Calcit, auch in größern Fetzen, liegt oft neben chloritisiertem Biotit. Apatit in schönen Leisten, Stränge aus Granataggregaten sind verbreitet, ebenso Pyrit und Magnetit.

Granit aus der Resorptionszone am Totensee.

Makroskopisch zeigt dieser ein vom normalen Aargranit recht abweichendes Bild. Er ist ziemlich grobkörnig, massig bis schwach schlierig. Dunkelfarbige Grundmasse aus graphitschwarzen, feinschuppigen Biotitaggregaten mit Muscovit vermengt, welche lichtgraue bis weiße, vielfach scharf begrenzte Feldspatindividuen und schwach lilagefärbte Quarzflecken umhüllt. Epidot- und Chloritfärbung fehlt.

Mikroskopisches: Struktur hypidiomorph, Textur etwas flaserig. Gegenüber den Plagioklasen sind hier die Kalifeldspäte untergeordnet. Orthoklas (mikroperthitisch) oft mit Plagioklas verwachsen. Ausscheidung von Albitsubstanz, auf kluftartigen Systemen, ist nicht so scharf wie im zentralen Aargranit. Mikroklin mit deutlicher Gitterstruktur tritt stark zurück. Unter den Plagioklasen dominiert der Albit gegenüber den Mischtypen bis zum Oligoklas. Schöne, oft feinste Zwillingslamellierung nach Albitgesetz, weniger nach dem des Periklins; Zertrümmerungserscheinungen verbreitet. Serizitisierung relativ schwach. Biotit, in kleinen Schüppchen, ist zusammen mit viel Epidot, Titanit und Muscovit zu Strängen und Schlieren vereinigt. $b \geq c$. Radiohalos fehlen, die Chloritisierung ist nur mäßig verbreitet. Titanit und Epidote sehr reichlich. Quarz als kleine Körner zu Flecken und Schlieren gruppiert, zeigt große Reinheit und nur sehr schwache undulöse Auslöschung. Orthit erscheint in großen, zonaren, idio-

¹⁷⁾ Kali-Syenit des Piz Giuf und Umgebung und seine Ganggefolgeschaft. Beiträge zur Geologie der Schweiz; neue Folge, XIV. Lief., 1904, pag. 165.

morphismen Kristallen von $0,6 \times 0,2$ mm. Zirkon und Apatit häufig, Pyrit selten, Magnetit sehr spärlich.

Südlicher Grimselgranit zwischen Gletsch und Paßhöhe.

Makroskopisch z. T. auffällig grobkörnig, etwas flaserig, lichtfarbig, von schwarzen und silberglänzenden Glimmerhäuten durchsetzt. Chlorit- und Epidotfärbung fast fehlend. Quarz in großen Feldern als Sandquarz entwickelt, schwach lilafarbig.

Mikroskopisches: Struktur hypidiomorph, Textur etwas schlierig-flaserig. Orthoklas und Mikoperthit, von oft ovaler bis rundlicher Umgrenzung, sind umflossen von Serizit-, Chlorit- und Biotitschüppchen, tragen oft Merkmale von Zertrümmerung und sind von Quarzschnüren durchzogen. Die Perthitbildungen sind nicht so charakteristisch wie im zentralen Aargranit und es fehlt der Mikroklin mit Gitterstruktur. Die Plagioklase sind auffallend von saurer, reiner Randzone umschlossen, während der innere Teil stark getrübt ist durch Serizitisierung. Hauptplagioklas ist der Alb it, Übergänge zu Oligoklasalbit sind diesem untergeordnet. Biotit ist als größere und kleine Fetzen entwickelt, Chloritisierung ist nur wenig zu beobachten. α und β dunkelolivengrünbraun, α bräunlichstrohgelb. Radiohalos fehlen, ebenso Einschlüsse wie Zirkon. Muscovit und Serizit und besonders Epidot (spez. Pistazit) sind reichlich zugegen, der Pistazit in größeren Körnern. Quarz vorwiegend in kleinen Körnern, größere Körner löschen undulös aus. Titanit ist verbreitet, Apatit und besonders Zirkon sind sehr spärlich vorhanden, Orthit wurde nicht beobachtet. Erze sehr wenige.

Westliches Aarmassiv.¹⁸⁾

Bietschhorngranit vom Jägihorn, nahe der Klubhütte des S. A. C.

Die Gesteinsprobe stammt aus der zentralen Partie des gegen die Lonza hin versinkenden granitischen Kerns des Aarmassivs. Dieser Kern trägt teilweise, wie die untersuchte Probe, randlich-aplitischen Habitus. Die Bietschhorn-Jägihorngranitmasse liefert Gesteine, die makroskopisch von

¹⁸⁾ Vergl. H. Huttenlocher, Mitt. der Naturf. Ges. Bern 1921 u. Jahrb. der Phil. Fakultät II, Bern, 1921. B. v. Swiderski, I. c.

zentralen Aargranitvarietäten im Oberhasle an der Grimselstraße (Gelmergasse, Handeck, Schwarzbrunnenbrücke, Mittagfluh) und Reußtal (besonders Gurtnellen) nicht zu unterscheiden sind.

Das westliche eruptive Aarmassiv ist chemisch noch sehr wenig erforscht. Für die Granite können in der Literatur nur die nachfolgenden zwei Analysen von Prof. Duparc gefunden werden.¹⁹⁾ Analyse I entspricht dem Granit vom Westgrat des Bietschhorns, II einem Granit vom Fuße des Aletschhorns.

	I	II		I	II
SiO ₂	75.40	76.28	MgO	.32	.42
Al ₂ O ₃	13.38	13.19	K ₂ O	4.59	4.32
Fe ₂ O ₃	.35		Na ₂ O	3.93	4.18
FeO	.99	1.23	H ₂ O		.12
CaO	1.28	.88	Glühv.	.51	.39

Auf große Entfernung hat also der Granit im westlichen Aarmassiv sehr uniforme chemische Zusammensetzung. Diese hat wiederum eine besonders große Übereinstimmung mit derjenigen des Handeckgranits.

Makroskopisch ist der vorliegende Granit vom Jägihorn durchaus ähnlich dem Mittagfluhgranit, ziemlich grobkörnig, von lichter Färbung, hervortretend ist der glasklare, deutlich lilafarbige Quarz in großen Körnern, neben mehr mattglänzenden Feldspäten, und spärlichen Flecken aus schwarzgrünen Glimmeraggregaten und Epidot.

Mikroskopisch wird die Aufmerksamkeit sofort auf den Orthoklas (Perthit und Mikroperthit) mit selten schöner Perthitbildung gelenkt. Die Albitausscheidungen, im Großen und Ganzen parallelverlaufende, scharfe Adern und Inseln bildend, tragen quer zu den Adern Zwillingsstreifung nach dem Albitgesetz und zwar ist diese Streifung im ganzen Orthoklasindividuum einheitlich gerichtet. Auch die Albitadern verschiedener Orthoklase tragen eine unverkennbare Parallelität untereinander. Die Annahme einer Entmischung der Kalifeldspäte infolge Druckänderungen liegt daher nahe. Mikroklin mit Gitterstruktur ist nicht zu beobachten. Die Plagioklase erweisen sich in der Hauptsache als Albit, weniger als Albitoligoklas, und zeigen reichlich Zwillingslamellierung nach Albit, selten nach

¹⁹⁾ v. Fellenberg. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz, Liefg. 21.

Periklin. Der Biotit scheint in zwei Generationen aufzutreten, als größere, fast vollständig in Chlorit umgewandelte Fetzen und als kleine, frische, stark pleochroitische Schüppchen, b und c dunkelolivengrün, a grünlichstrohgelb. Die letztern bilden oft Nester im Kern von Plagioklasen oder sind in Adern angereichert, welche bisweilen den Orthoklas durchsetzen. Die großen Biotitfetzen sind teilweise erfüllt von Radiohalos, entweder um größere epidotartige Kerne, oder um sehr kleine gelbliche, unbestimmbare Aggregate. Die Höfe um die letztern sind kräftiger und breiter, 0,01—0,016 mm. Um sicher bestimmbarer Zirkon, $0,015 \times 0,032$ mm messend, ist ein Hof kaum sichtbar. Im frischen Biotit sind um die Zirkone keine Höfe zu konstatieren. Im vorliegenden Schliff fand sich kein Orthit, dagegen ist dieser verbreitet in oft großen Kristallen ($0,27 \times 0,75$ mm) im Granit vom Breitlauihorn, vom Triftkessel u. s. w. Der Quarz bildet gerne Nester aus größeren und kleinen, sich lappig durchdringenden Körnern. Die erstern zeigen gebrochen-undulöse Auslöschung.

Östliches Aarmassiv.

Kalisyenit aus dem Piz Giuf - Gebiet.

Über diese interessante Intrusivmasse ist von Fr. Weber (l. c.) in jeder Hinsicht ausführlich berichtet worden, ferner kann auf die zusammenfassenden Darlegungen des Verfassers^{19a)} hingewiesen werden.

Puntaiglasgranit (Biotit-Amphibol-Granit) von Val Puntaiglas.

Geologisches. Dieses so charakteristische, massive, grobporphyrtartig struierte Gestein wird von Weber genetisch in Zusammenhang gebracht mit den Syenitzügen des Giufgebietes. Es handelt sich um gleichaltrige Differentiationsprodukte einer zusammenhängenden Magmazone, aus deren Magmarest später der eigentliche Aargranit hervorging. Dem Puntaiglasgranit und Kalisyenit entsprechen wohl im zentralen Aarmassiv die sog. Grimselgneise und die Injektionen (besonders die Shonkinit) in den sog. südlichen Gneisen zwischen Gletsch und Oberwald. Im westlichen Aarmassiv findet Weber (l. c.) ein Analogon zu den Grimselgneisen im

^{19a)} Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich, 1920 u. Bd. I dieser Zeitschrift.

Belalpgneis, sodaß wir die im östlichen Aarmassiv so klar und mannigfaltig entwickelten Differentiationen — ältere Erstarrungen als der Hauptaargranit — bis ins westliche Aarmassiv ausklingen sehen. Diesen Erstdifferentiationen gemeinsam ist ein außergewöhnlicher Titanitgehalt.

Der Chemismus des normalen Puntaiglasgranits wird durch die folgende Analyse gegeben²⁰⁾:

	Werte n. Niggli ²¹⁾			Werte n. Niggli	
SiO ₂	66.08	si	271	CaO	3.33
TiO ₂	1.29			Na ₂ O	3.36
Al ₂ O ₃	11.63	al	28	K ₂ O	5.29
Fe ₂ O ₃	1.44			H ₂ O -110°	0.06
FeO	2.94			H ₂ O +110°	0.86
MgO	2.56	fm	30	P ₂ O ₅	.83
					mg .52

entspricht also dem Magmatypus syenitgranitisch.

Makroskopisch ist der normale Puntaiglasgranit mit seinen großen Kalifeldspateinsprenglingen genügend bekannt, dagegen sind die mikroskopischen Beschreibungen wenig eingehende geblieben.

Das mikroskopische Bild erinnert sofort an dasjenige des Kalisyenits vom Giufgebiet. Besonders sind die gefärbten Gemengeenteile Biotit, Hornblende, Titanit von auffälliger Übereinstimmung. Die Feldspateinsprenglinge sind Orthoklas, untergeordneter ist Mikroklin, beide oft mikroperthitisch, letzterer mit schöner Gitterstruktur. Zonarstruktur ist hier wie auch bei Plagioklasen sehr deutlich, ebenso Druckstreifung. Unter den vielen idiomorphen Einschlüssen in den Kalifeldspäten sind Plagioklase, Biotit, Hornblende u. s. w. Die den Kalifeldspäten untergeordneten Plagioklase entsprechen vornehmlich Albite bis Oligoklas. Die basischen Glieder sind fast vollständig getrübt (serizitiert) und zeigen nur wenig Zwillingsstreifung. Biotit in größern und kleinen Tafeln und Fetzen ist frisch erhalten, nur Spuren von Chloritisierung. b und c dunkelolivengrün bis braungrün, a lichtgrünlichstrohgelb. Einschlüsse von Apatitprismen und Titanit sind sehr reichlich, weniger von Zirkon. Einzelne Biotitindividuen sind erfüllt von radioaktiven

²⁰⁾ Vierteljahresschrift der Naturf. Ges. Zürich, 1916 (Grubemann, Hezner).

²¹⁾ Petrogr. Provinzen der Schweiz, Heimfestschrift, Naturf. Ges. Zürich, 1919. Gesteins- und Mineralprovinzen, Bd. I, 1923, p. 175.

Kernen mit Radiohalos, welche an Schönheit denjenigen im Giufsyenit oft sehr nahe kommen. Die kräftigsten Höfe liegen um grünliche bis gelblichgrüne Zersetzungprodukte (?) mit oft sehr schwacher Doppelbrechung, schwächere umsäumen klarere, rundliche, meist grünliche Kerne, und noch schwächere begleiten rötlichbraune, trübe, rundliche Körner, deren Relief dem Titanit, deren Doppelbrechung dem Zirkon gleicht (Xenotim?). Um bestimmbare Zirkone sind meist keine oder nur äußerst schwache Höfe. An Kernen und Halos wurden u. a. folgende Beobachtungen gemacht:

Kern	mm	Halo	mm
zeisiggrün, schwach doppelbr.	0.02 × 0.02	kräftig	0.034 breit
gelblichgrünbraun	0.015 × 0.01	"	0.034—0.036
grünlichgelb, zersetzt	0.025 × 0.025	"	0.034—0.036
grün	0.02 × 0.01	"	0.032 helle, ringförm. Innenzone 0.01 mm
grün, rundlich, zirkonartig	0.025 × 0.04	"	0.02—0.027
grünbraun	0.02 × 0.015	"	0.027 dunkelste Ringzone b. 0.015 mm v. Kernrand
dunkel	0.005	"	0.022
rötlichbraun, rundlich	0.065	schwach	0.01

Hornblende vornehmlich nach der Prismenzone streng idiomorph, oft Zwilling bildend, σ blaugrün, τ olivengrün, ν lichtgelblichgrün. Auslöschungsschiefe $c:c$ 16—18°. Einschlüsse wie beim Biotit. Radiohalos sind häufig, aber erreichen nie die Breite und Intensität wie im Biotit. Meist sind die Kerne gelbgrüne Aggregate (0,02—0,04 mm), Hofbreiten bis 0,025 mm. Quarz löscht stark undulös oder streifig aus, ist ziemlich rein, als letzte Ausscheidung ist er stark verzahnt. Titanit in großer Menge, meist schön idiomorph und deutlich pleochroitisch. Epidote (Pistazit > Zoisit) als Aggregate und idiomorphe Formen sehr reichlich, ebenso Apatit in Kristallen bis zu 0,5 mm, oft getrübt durch ein stahlblaues Pigment. Zirkon tritt stark zurück, bildet vornehmlich klare, etwas grünliche, ovale Körner und Nadeln. Orthit liegt nur spärlich vor, ist aber teilweise in gewöhnlichen Epidot umgewandelt. Radioaktive, rötlichbraune oder grünliche, oft trübe und rissige Körner sind vielleicht Xenotim oder Monazit. Mikrochemische Reaktionen würden entscheiden. Pyrit und Magnetit sehr spärlich.

Über die radioaktiven Meßmethoden.²²⁾

Der Uran-Radiumgehalt wurde teilweise auch nach der Schmelzmethode ermittelt. Dabei diente ein horizontaler elektrischer Heraeusofen, der bequem Temperaturen bis 1000° gestattete. Das außen und innen glasierte Einsatzrohr hatte eine Länge von 75 cm, einen innern Durchmesser von 3 cm, und ragte zu beiden Seiten des Ofens ca. 21 cm heraus. Dies genügte, um die Enden während des Schmelzprozesses kühl zu halten, wodurch deren luftdichte Abschlüsse aus Kautschuk und Pizein nicht gefährdet wurden. Das eine Ende war durch eine mit Kapillare versehenen Glaskapsel, deren Kragen, mit etwas Kautschukisolierband umwickelt, satt in das Rohr hineinpaßte, abgeschlossen und durch Pizein völlig luftdicht gemacht. Durch diesen eine plane Glasfläche tragenden Abschluß konnte der Schmelzprozeß verfolgt und nach Vollendung ein schwacher Luftstrom durch die Kapillare eingeleitet werden. Das andere Ende war durch Gummistopfen mit Glasrohr abgeschlossen. Die Schmelzschildchen aus 0,3 mm starkem Reinnickelblech messen 29×190 mm. Die ganze Apparatur, Schmelzrohr, Trockenröhre mit Hg-Manometeraufsatzen und Ionisierungsgefäß (5 Liter Inhalt) wird vor dem Schmelzprozeß durch eine Gaedekapselpumpe auf wenige mm Druck gebracht. Das Vakuum blieb während der Schmelzung ziemlich gut erhalten. Um möglichst viel Substanz auf einmal in den Nickelschildchen unterbringen zu können, wurden die Gesteinsproben zuerst in offener Luft über dem Gebläse mit Li- oder K-Natriumkarbonat (1 : 4, bzw. 1 : 1) gründlich aufgeschlossen, bis gar keine Gase mehr sich entwickelten und die Schmelze ruhig und klar geworden, was nach einer Stunde Schmelzdauer erreicht war. So konnten 6—7 gr Gestein mit der sechsfachen Karbonatmenge auf einmal verarbeitet werden. Die Schmelze blieb darauf während wenigstens einem Monat im Exsiccator zur Erlangung des Gleichgewichtszustandes. Nach einstündiger Schmelzung, wobei die Schmelze im Vakuum ins Sieden kam, wurde die Kapillare am einen Ende des Schmelzrohres geöffnet und ein schwacher Luftstrom (Außenluft!)

²²⁾ Ergänzung zu früheren Arbeiten des Verfassers in Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges. Zürich LXV (1920), und Bd. I dieser Zeitschrift.

eingeleitet, welcher die im Schmelzrohr frei gewordene Ra-Emanation nach dem großen Ionisationsgefäß transportierte. Die Herstellung des Atmosphärendruckes in der Apparatur erforderte ca. 7 Minuten, eine Gefährdung des Schmelzrohres ist daher ausgeschlossen. Das Volumverhältnis Ionisationsgefäß/Schmelzrohr und Verbindungsteile beträgt 5 : 0,6, die im Schmelzrohr angesammelte Emanation wird also ziemlich vollständig übergeführt. Ein vorteilhaftes Moment im Schmelzverfahren nach Joly fällt allerdings weg, nämlich die Kohlensäureentwicklung beim Aufschließungsprozeß vor der Messung. Die sich entwickelnde Kohlensäure reißt die Ra-Emanation mit sich aus der Schmelze. Dagegen hat das vom Autor verwendete Verfahren wiederum den Vorzug, daß die Emanation im Vakuum ausgetrieben wird und es frägt sich, ob das Vakuum die Emanation nicht ebensogut aus der Schmelze herausschafft wie die Kohlensäure. Ferner kommen das Kohlensäurereservoir und der Natronkalk von Joly in Wegfall. Die glühend aus dem Schmelzrohr gezogenen Nickelschiffchen, welche zum Schutze des ersten gegen überkochende Schmelze mit dünnem Nickelblech umhüllt werden, lassen bei rascher Abkühlung die Schmelzmasse leicht los, und kann letztere z. B. nochmals für die Lösungsmethode verwendet werden. Für die Thoriumbestimmung sind aber 6—7 gr Gesteinspulver ungenügend infolge des schwachen Ionisationseffektes der Thoremanation. 20—50 gr Gestein sollten für genauere Thorbestimmung in Lösung gebracht sein. Als Testpräparate dienten Schmelzen mit einem Zusatz von Uranpecherz mit bekanntem Radiumgehalt. Das Erz (Morogoro-Pechblende mit 74,4 % Uran) wurde, nach Zusatz von etwas Salpetersäure, in konzentrierter Salzsäure unter schwachem Erwärmen in Lösung gebracht und mit angesäuertem Wasser verdünnt. Von der Testlösung wurde eine dem Radiumgehalt des zu untersuchenden Gesteins entsprechende Menge mit der Schmelze verschmolzen. Gegenüber der Lösungsmethode, wie solche besonders von Mache und Bamberger (l. c.) entwickelt wurde, haben die sonst so eleganten Schmelzmethoden den großen Nachteil, daß sie nur 6—8 gr Gesteinspulver — allerdings im Gleichgewicht sich befindend — auf einmal verwenden lassen und ferner, daß die Schmelzen von verschiedenen Gesteinen, je nach ihrer chemischen Zusammensetzung, die Ra-Emanation ungleich

leicht abgeben. Die Resultate von verschiedenen zusammengesetzten Schmelzen sind daher nicht direkt vergleichbar. Dann wurde auch konstatiert, daß ein und dieselbe Schmelze nicht immer gleiche Resultate lieferte. In der Lösungsmethode können dagegen die gleichen Lösungen wiederholt zu Kontrollmessungen verwendet werden und die sauren Lösungen geben noch einige Wochen nach ihrer Herstellung recht gut übereinstimmende Resultate. Überdies sind diese Lösungen direkt für die Thoriumbestimmung bereit. Dies veranlaßte den Autor, wieder zur Lösungsmethode zurückzugreifen, wie sie von Mache und Bamberger und vom Verfasser sowohl für Radium als für Thorium beschrieben worden ist. Statt birnförmige Quirlflaschen wurden nunmehr konische Flaschen, sog. Filtrierflaschen ohne Ansatz, von $1\frac{1}{2}$ Liter Inhalt, verwendet, in welchen ein wirksameres Ausschütteln ermöglicht wird. Sowohl die Schmelzmethode als die Lösungsmethode schließen eine Unvollkommenheit in sich, auf die noch nirgends hingewiesen wurde. Bei beiden Methoden werden nämlich die Zirkone wenig oder nicht aufgeschlossen, obgleich gerade diese Accessoria stark radioaktiv sein könnten. Selbst nach $1\frac{1}{2}$ stündigem Schmelzen mit K—Na-Karbonat war Zirkon, entgegen den Angaben in der Literatur, nur wenig angegriffen. Auch Flußsäure greift ihn bekanntermaßen kaum an, während die ihn zersetzende Schwefelsäure nur in bestimmten Verfahren verwendet werden darf. Vom Autor aus den Gesteinslösungen erhaltene Zirkonrückstände sollen Gegenstand einer besondern Studie sein. Die beim Aufschließen mit Karbonaten sich ausscheidende Kieselsäure kann ruhig abfiltriert und vernachlässigt werden, da diese, wenn gründlich mit heißem Wasser ausgewaschen, kaum noch Radium und Thorium enthält, wie Versuche dargetan haben. Die abfiltrierte Kieselsäure kann mit Flußsäure abgeraucht werden, in den Rückständen findet man Zirkon und Quarzsplitter. Durch Auflösen der Kieselsäure in der alkalischen Lösung (siehe Mache und Bamberger) wird diese zu stark gesättigt, wodurch sich bald Niederschläge einstellen, welche einerseits das Ausquirlen der Emanation beeinträchtigen, andererseits das Ausfällen des schwerlöslichen Radiumkarbonats — Anlagerung an kolloide Teilchen — begünstigen können. Solche Niederschläge, welche mit Salzsäure behandelt wurden, zeigten nicht zu vernach-

lässigenden Radiumgehalt. Noch bleibt zu erwähnen, daß die Lösungen vor der Erholungszeit nicht durch Auskochen von der Emanation befreit wurden, sondern durch kräftigen Luftstrom (Wasserstrahlpumpe) und gründliches Schütteln. Ein kleiner Unterdruck zur Kontrolle der Dichtheit der Quirlflasche wird alsdann durch die Wasserstrahlpumpe hergestellt. Dünnwandige Flaschen sind zu vermeiden. Die verwendeten Chemikalien wurden selbstverständlich auf allfälligen Gehalt an Radium und Thorium geprüft. Als Testpräparat für die Thoriumbestimmung diente ein Thoriumnitrat, das einerzeit auch von Mache und Bamberger Verwendung fand, worüber Verfasser in Band I dieser Zeitschrift schon berichtete. Die Thoriummessungen erfolgten nach der von Mache und Bamberger (l. c.) beschriebenen Methode. Das Elektrometer war ein Wulf'sches Einfadeninstrument, das Ionisationsgefäß eine Zinkkugel von 5 Liter Inhalt. Der von der Wasserstrahlpumpe durchgesogene Luftstrom, welcher an geeichtem Kapometer verfolgt werden konnte, betrug 80 Liter pro Stunde.

Elektrometrische Resultate.

An Gesteinspulvern.

Diese Messungen haben mehr orientierende Bedeutung, da sie zu sehr von allerlei störenden und zufälligen Faktoren abhängig sind. Die Aktivität (Ionisationseffekt) einer Gesteinspulveroberfläche, z. B. von 67 cm^2 , ist in den meisten der vorliegenden Fälle so gering, daß sie nur einen Bruchteil der natürlichen Streuung der Elektrometerapparatur erreicht. Infolgedessen müssen die Messungen an Gesteinspulvern längere Zeit (1—2 Stunden) durchgeführt werden, um einen etwas brauchbaren Mittelwert zu liefern. Die vor und nach jeder Messung zu ermittelnde natürliche Streuung kann daher bedeutende Schwankungen aufweisen, wodurch die auf Aktivität entfallende Differenz unsicher würde. Als Meßinstrument diente ein Zweifadenelektrometer nach Wulf mit aufsetzbarer Ionisationskammer von 1 Liter Inhalt, von Günther und Tegetmeyer, Braunschweig. Die einsetzbare Ringschale zur Aufnahme des Gesteinspulvers hatte eine Nutzfläche von 67 cm^2 . Da die Kammer mit zwei Hähnen versehen ist und luftdichten Abschluß ermöglicht, kann für den Fall, daß die Laboratoriumsluft durch Emanation verseucht sein sollte, vermittelst einer Luftpumpe

die Luft der Ionisationskammer durch Außenluft ersetzt werden. Für die Aktivitätssmessungen an Gesteinspulver, die nur zur Orientierung dienen, genügt, wenn eine stets gleiche Menge (z. B. 15 gr) feinen Pulvers über die ganze Ringschale gleichmäßig ausgebreitet und flachgepreßt wird.

Die nachfolgenden Werte bedeuten Mittelwerte des Ionisationseffekts der Gesteinspulver (67 cm^2 α -satte Schicht) in Volt pro Stunde, bei einer Kapazität der Apparatur von 3,8 cm und einer Aufladespannung zwischen 260 und 280 Volt. Eine Umrechnung des Effekts in statische Einheiten ist hier unterblieben.²³⁾

Granit	von Gastern und Innertkirchen	2 Volt/Std.
"	Mittagfluh	8.5 "
"	Schwarzbrunnenbrücke	2 "
"	Handeck	1.7 "
"	Gelmergasse	3 "
"	Rätherichsboden	4 "
" -gneis	Spitallamm	3 "
"	südlich Grimselsee	2 "
"	Totensee	2.5 "
"	zwischen Gletsch und Paßhöhe	3 "
"	Jägihorn	6 "
"	Puntaiglas	8 "
Kalisyenit	Piz Giufgebiet	10 "
Reines U_3O_8 , 0.15 cm^2 berechnet auf 67 cm^2	26530	"

Meßresultate an den Gesteinslösungen und -Schmelzen.

(Vergleiche Tabelle.)

Bei relativ so geringen Aktivitäten, die überdies von Gesteinsprobe zu Gesteinsprobe wechseln können, sollten eigentlich Proben von nicht unter 20 gr in Anwendung kommen. Wie oben bemerkt ist, gilt dies ganz besonders für die Thoriumbestimmung nach der Zirkulationsmethode. Wenn indessen hier doch nur 10—13 gr Gesteinspulver

²³⁾ Die Berechnung der Aktivität eines Gesteinspulvers auf Grund des Gehaltes an Uran-Thorium geschieht nunmehr nach der $R^{5/3}$ -Beziehung, wo R die Reichweite der verschiedenen α -Strahlen bedeutet. (Stefan Meyer, Inst. für Radiumforschung Wien, Mitt. 130.) Das ältere Berechnungsverfahren, wie es vom Verfasser in Bd. I dieser Zeitschrift entwickelt wurde, ist entsprechend zu vervollständigen. Die Protaktinium-Reihe mit 7 α -Strahlern, welche mit 3 % von der Uran-Reihe abzweigt, darf nur entspr. diesen 3 % in die Aktivitätsberechnung eingeführt werden.

Verwendung fanden, durfte dies nur unter Aufwand von großer Sorgfalt und Kontrollmessungen gewagt werden. Daß die radioaktiven Messungen an Gesteinen weiterer Ver vollkommnung und Abklärung bedürfen, wird man sich stets vor Augen halten müssen. Spätere Arbeiten sollen darüber berichten.

Nördliche Granite (Gastern-Innertkirchen).

Vom Gasternmassiv liegen Messungen über den Radiumgehalt vor von Poole (l. c.). Dieser findet für den Gasterngranit 4235—6415 m vom Nordportal zwischen 2 und $2,9 \times 10^{-12}$ g Ra pro g Gestein, bei 3978 m nur $1,3 \times 10^{-12}$, für Aplite bei 4180—4200 m und Quarzporphyre (?) bei 4010 m je $2,5 \times 10^{-12}$.

Diese Werte weichen um fast 100 % von den nunmehr vorliegenden ab. Die chemischen Analysen und mikroskopischen Befunde am Gasterngranit, sowie die anderweitigen Radiummessungen im Aarmassiv lassen die Werte von Poole wohl etwas niedrig erscheinen. Wichtig ist dagegen das allgemeine Resultat von Poole, daß in der südlichen Partie des Tunnels die Radioaktivität des Granits größer ist wie im nördlichen Teil. Die Südgrenze des Gasterngranits entspricht mehr der Randzone des ursprünglichen Granitstocks, während der nördliche Teil vielleicht dem zentralen Teil desselben angehört. Der Radium- und Thoriumgehalt des Gastern- und Innertkirchnergranits ist nahezu gleich. Die magma-genetische Zusammengehörigkeit dieser beiden Granitintrusionen kommt also auch darin zum Ausdruck. Entsprechend der mehr randlichen Facies des Innertkirchnergranits ist der Ra- und Th-Gehalt in diesem etwas größer wie im Kern des Granitstocks im Lötschbergtunnel. [Das Uran und seine Verbindungen wandern während den pneumatolytisch-hydrothermalen Prozessen leicht aus dem noch nicht völlig erstarrten Magma an dessen Peripherie, um sich randlich oder in Gängen, Kluftsystemen u. s. w. anzureichern, in Gesellschaft von Kalium.] Wir werden darauf noch zurückkommen.

Zentraler Aargranit zwischen Guttannen und Gletsch.

In die zentrale Granitzone fallen eine Reihe radioaktiver Messungen an Graniten aus dem Gotthardtunnel

von Joly (l. c.). Die aarmassivischen Granite reichen vom Nordportal bis 1900 m. Der Radiumgehalt ist nach Joly im Mittel aus 11 Proben $6,9 \times 10^{-12}$ g (Max. 11,1, Min. 3,8), der Thoriumgehalt $1,85 \times 10^{-5}$ g (Max. 3,2, Min. 0,9) pro g Gestein. Sofern wir die Zone Spitalamm-Totensee ausscheiden, die Gründe dazu sollen noch erörtert werden, ergibt sich an der Grimselstraße ein Mittelwert an Radium aus 7 Proben von $6,6 \times 10^{-12}$ g pro g Gestein (Max. 12,1, Min. 4,2), an Thorium $1,8 \times 10^{-5}$ (Max. 2,4, Min. 1,2). Die annähernde Übereinstimmung der Mittelwerte aus dem Gotthardtunnel und der Grimselstraße darf nicht unmittelbar zu Schlußfolgerungen dienen. Der Radiumgehalt gipfelt im Aargranit an der Grimselstraße in dessen nördlichen Randfacies, im Gotthardtunnel am Südrand gegen die Ursernmulde. Im Reußtal ist die nördliche Randfacies bei Gurtellen zu erwarten, wo sehr radioaktive, aplitische Gesteine angetroffen werden. Die ausgeschiedene gneisige Zone zwischen Spitalamm und Totensee, aus welcher zwei Messungen mit dem relativ hohen Radiumwert von 9,1 und $12,9 \times 10^{-12}$ g pro g Gestein stammen, führt wenig Thorium, $0,6-0,9 \times 10^{-5}$ g. Wie überdies die petrographisch-geologischen Beobachtungen nahelegen (siehe auch Weber, l. c.), kann diese Zone, welche vornehmlich von Grimselgneisen eingenommen wird, wie bereits oben angedeutet ist, einer praeargranitischen Erstarrung (Differentiation) zugeordnet werden, welche von der Hauptintrusion im Oberkarbon (?) chemisch und strukturell beeinflußt wurde. Mit der Alkalizufuhr würde dann auch eine Einwanderung von Uran stattgefunden haben. Wir werden später zu erörtern haben, in welcher Weise Uran und Thorium sich hinsichtlich ihrer Verteilung auf gewisse Magmafraktionen unterscheiden. Schmelzpunkt, Löslichkeit, Atomvolumen, Lebensdauer ist bekanntlich bei diesen beiden Elementen recht verschieden.

Der südliche Grimselgranit an der Maienwang trägt den mittleren Ra-Gehalt von $6-6,4 \times 10^{-12}$ g, unterscheidet sich aber vom nördlichen Hauptgranit im niedern Thoriumgehalt $1,2-1,3 \times 10^{-5}$ g. Auf Grund dieses Resultats könnte der südliche Granit sehr wohl als eine zeitlich selbständiger Intrusion gedeutet werden, mit einer resorptionsreichen, kontaktmetamorphen Zone am Totensee, wodurch auch der hohe Radiumgehalt daselbst erklärlch würde.

Westliches Aarmassiv.

Vorerst kann hier nur eine radioaktive Messung aufgeführt werden. Noch fehlen Messungen am südlichen Granit (Wiwannigranit²⁴⁾ n. Huttenlocher,²⁵⁾ granit de Baltschieder und porphyr de Baltschieder n. Swiderski²⁶⁾). Der untersuchte **Bietschhornganit** (granit de l'Aar n. Swiderski) ist von randlichaplitischem Charakter und dementsprechend ist der Radiumgehalt hoch: $8,2 \times 10^{-12}$, während der Thoriumgehalt von $2,3 \times 10^{-5}$ dem des Aargranits zwischen Guttannen und Spitalamm gleichkommt.

Östliches Aarmassiv.

In einer früheren Arbeit des Verfassers (Band I dieser Zeitschrift) sind einige Radiumwerte aus dem Gebiet von Disentis und Piz Giuf veröffentlicht worden. Außer neuen Bestimmungen der Radium- und Thoriumwerte am **Giufsyenit** sind hier nur die am sog. **Puntaiglasgranit** gewonnenen Resultate beigefügt. Die Radium- bzw. Thoriumwerte sind hoch, Ra $5,4-11,6 \times 10^{-12}$, Th $2,8-4,4 \times 10^{-5}$ g pro g Gestein. Wie oben bemerkt wurde, sind indessen im östlichen Aarmassiv systematische Messungen im Gange. Aus den chemischen und radioaktiven Data des Giufsyenits und Puntaiglasgranits läßt sich zunächst annehmen, daß beide Gesteine offenbar älter sind, wie die zentrale Aargranit-intrusion, und daß speziell der Kalisyenit vom Giufgebiet durch letztere Veränderungen erlitten haben muß.

Wir wollen aber mit solchen Schlußfolgerungen zu warten, bis weitere radioaktive Resultate vorgelegt werden können, denn besonders in diesem Teil des Aarmassivs, mit seiner reichlichen Differentiation, kann nur eine, alle Magmafraktionen berücksichtigende Arbeit Erfolg haben.

Fortsetzung folgt später.

Spiez, Juni 1924.

²⁴⁾ Dieser entspricht nach den neusten Beobachtungen des Verfassers wahrscheinlich identischen Bildungen in der südlichen Gneiszone zwischen Gletsch und Oberwald, im Piz Giufgebiet, bei Innertkirchen u. s. w.

²⁵⁾ I. c.

²⁶⁾ I. c.

Tabelle

	Radium pro g Gestein $\times 10^{-12}$ g	Uran pro g Gestein $\times 10^{-5}$ g	Thorium pro g Gestein $\times 10^{-5}$ g (saure Lösung)	Substanz- menge getrocknet bei 110° in g	Wartezeit für Erholung der Ra- Emanation in Tagen saure L basi sche L
Zentrale Aargranite an der Grimselstraße					
Mittagfluh (am Fuße dieser im Grünwald)	9.5 (SLi) 12.1 (f)	3.6	2.1	6.358 11.605	7
Schwarzbrunnenbrücke . . . (direkt östl. 400 m von dieser)	5.9 (SLi) 4.2 (a)	1.2	2.4	6.353 11.869	9 5
Handeckfall (unterhalb Tunnel)	4.0 (SLi) 4.2 (Li) 4.6 (a)	1.2	1.4 ?	6.440 6.440 6.785	7 11
Gelmergasse (700m NW P.1731 Hinterstock)	* 7.5 (a)	2.2	2.0	13.373	8 8
Rätherichsboden (bei Stockstege)	* 5.3 (a)	1.6	2.4	11.085	9 10
Spitallamm (direkt westlich Punkt 1981 an der Straße)	* 7.2 (f)	2.1	0.8—0.9	11.710	5
Südlich Grimselsee . . . (Grimselgranitgneis)	7.3 (Li) 9.1 (a)	2.1 2.2	0.6 ?	6.247 6.771	8 9
Totensee	12.9 (a)	3.8	0.9	12.184	6 7
Maienwang (oberste Kehre nahe Paßhöhe)	* 6.0 (a)	1.8	1.2	10.335	6 9
Maienwang (erste östl. Kehre ob Gletsch)	6.4 (a)	1.9	1.3	10.061	8 9
Östliches Aarmassiv Granit-Syenit					
Normal. Puntaiglasgranit Val Puntaiglas	5.4 (a)	1.6	4.4	12.400	7 6
Kalisyenit vom Giufstöckli(Westabhang)	11.6 (a)	3.4	2.8	10.521	6 6
Westliches Aarmassiv Granit					
Bietschhorngranit Jägihorn nahe Klubh. S.A.C. (östlich vom Bietschhorn)	8.2 (a)	2.4	2.3	11.275	10 7
Nördliche Granitzone					
Gasterngranit 7200 m NS Lötschbergtunnel	5.4 (SLi) 4.1 (a)	1.2	1.4	6.963 11.190	6 7
Innertkirchner Granit . . . feinkörnig, äußere Urweid	* 4.8 (a)	1.4	1.7	11.212	5 6
Fettgedruckte Werte gelten als sicherer.					

(a) Aufschluß mit Na-K-Karbonat | Lösungs- | (SLi) Aufschluß mit Na-Li-Karbonat Schmelzmethode
(Li) " " Na-Li- | methode | Chemische Analyse vom selben Handstück
(f) " " Flußsäure | | (?) Messung fraglich da zu geringe Substanzmenge
Die in den Gesteinen mit Uran und Thorium im Gleichgewicht vorhandene Gewichtsmenge aller radioaktiven Zerfallsprodukte findet sich im Jahrb. für Rad. und Elektronik, Bd. XIX, Heft 4 (St. Meyer, Radioaktive Konstanten nach dem Stand von 1923).

Apparaturkonstanten:

Kapazitäten:

Zweifadeninstrument mit Ionisationskammer, Kugelform, Inhalt 5 Liter = 5.75 cm.

Einfadeninstrument mit Ionisationskammer, Kugelform, Inhalt

5 Liter = 6.4 und 4.7 cm.
(6.4 cm für Thoriumbestimmung)
(4.7 cm „ Ra-Bestimmung)

Empfindlichkeit:

Zweifadeninstrument: 1 Skalenteil = 1.48 Volt, Spannungsbereich 260—280.

Einfadeninstrument: 1 Skalenteil = 0.32 Volt, Spannungsbereich 175—180.

Testpräparate:

Für Radiumbestimmung: Pechblende von Morogoro mit 74.4 % Urangehalt.

Verwendete Vergleichslösungen: $1.472 \cdot 10^{-10}$ g Ra.
 $7.363 \cdot 10^{-11}$ g Ra.
 $5.318 \cdot 10^{-10}$ g Ra.

(Effekt der Vergleichslösungen im Mittel = 0.92 V/Stunde pro $1 \cdot 10^{-12}$ g Ra, berechnet auf Gleichgewicht und ganzes Emanationsvolumen, bei Kapazität 5.75 cm.)

Für Thoriumbestimmung: Thoriumnitratsalz vom Jahre 1912 (siehe Mache und Bamberger I. c. und Vierteljahresschrift Zürcher Naturf. Ges. 1920, p. 570). Vergleichslösung entsprech jeweils 0.00036 g Thorium im Gleichgewicht.

(Effekt pro 0.00036 g Th im Mittel = 9 V/Stunde, Zirkulationsgeschw. 80 Liter Luft pro Stunde, Kapazität 6.4 cm.)