

Verbreitung des Berylliums und der Berylliumminerale in den Schweizer Alpen

Autor(en): **Hügi, Theodor**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **36 (1956)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28503>

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.

Verbreitung des Berylliums und der Berylliumminerale in den Schweizer Alpen

Von *Theodor Hügi* (Bern)

Gemessen an der Zahl bisher in den Schweizer Alpen gefundener Berylliumminerale, gehören diese zu den selteneren. Die im Laufe der Jahre bekannt gewordenen Funde sind zuletzt in PARKER (1954) registriert und zusammenfassend beschrieben worden. Es handelt sich um folgende 8 Minerale: Bavenit, Bazzit, Bertrandit, Beryll, Chrysoberyll, Gadolinit, Milarit und Phenakit. Die in den letzten Jahren gemachten und die aus früheren Jahren nicht allgemein bekannt gewordenen Funde zeigen aber, dass Berylliumminerale doch verbreiteter sind, als dies früher gemeinhin angenommen wurde. Einige Minerale, wie Milarit und Bazzit, treten durchaus nicht in einem so engen Fundbezirk auf, wie man dies auf Grund der früheren Funde allein annehmen musste.

Ein neuer Milaritfund im Gotthardmassiv und an Gesteinen des Aarmassivs spektrographisch ermittelte Be-Werte (siehe HÜGI 1956) gaben Veranlassung, einmal zusammenfassend über die Funde, das Auftreten und die Bildung von Berylliummineralen der Schweizer Alpen zu berichten.

Funde von Berylliummineralen

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht der schweizerischen Funde von Berylliummineralen und über das Auftreten, soweit zuverlässige Angaben vorliegen. Leider sind diese in den vorhandenen Beschreibungen nicht immer vollständig, insbesondere für geochemische Überlegungen wären vielfach genauere Angaben über die Beziehungen zum Nebengestein sehr erwünscht. In der Tabelle 1 wurden die Berylliumminerale in der Reihenfolge ihrer Bedeutung angeführt. Berylliummineralfundstellen sind in einer Übersichtsskizze (Fig. 1) und auf Blatt 4 der Geotechnischen Karte der Schweiz 1:200 000 dargestellt (siehe NIGGLI und

Tabelle 1. *Beryllium-Mineralien in den Schweizer Alpen*

Mineral	Funde Nr. 1-39 in Fig. 1 eingetragen)	Auftreten
Beryll $2[\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot \text{H}_2\text{O}$ häufig mit Cs, Rb, Li, Na, Cr, V, Sc!	Tessin: Gegend von Castaneda u. V. Calanca, 1; Osogna, 2; Cla- ro, 3; bei Bellinzona, 4; Locar- no, 5; Ponte Brolla, 5a; V. Verzasca, 6-8	in Pegmatiten
	Bergellermassiv: verschied. Funde im Anstehenden und in Moränen, 9 (nach STAUB (1924) handelt es sich um folgende Einzel- funde: Monte del Forno, Tor- rone Orientale, Passo Casnile, Punta Pioda, Passo Caccia- bella, oberste Westgrat des Cengalo, Westgrat des Pizzo Trubinasca sowie in Blöcken der Bergellergletscher und der Bondasca)	in Pegmatiten versch. Ausbildung
Sc-Beryll (Bazzit) ¹⁾	Aarmassiv: Handeck, 10 Kastelhorn, 11 Puntegliasgebiet, 12	Zentraler Aaregranit südl. Aaregranit Aplitgranit
	Gotthardmassiv: M. Prosa, 13	Granit (etwas pegma- titisch)
	Mont-Blanc-Massiv	Granit (ohne Fund- ortsangabe)
	Penninische Region: Frunthorn, 14; P. Scharbo- den, 15 und b. Faido, 16 Fianell, 17 ALTMANN (1946)	als Kluftmineral in Granitaplit an Serizitschieferlagen und Adern gebund.
	Aarmassiv: ob. V. Strem, 18; Weitenalpkehle, 19; Wiler- flühe b. Gurtnellen, 20; Stollen Oberaar-KW-Grimsel, 21	als Kluftmineral im Zentralen Aaregranit, Pegmatit

¹⁾ Siehe HUTTENLOCHER, HÜGI und NOWACKI (1954) sowie BERGERHOFF und NOWACKI (1955).

Mineral	Funde (Nr. 1-39 in Fig. 1 eingetragen)	Auftreten
Milarit $2 [\text{KCa}_2\text{Be}_2\text{Al}(\text{Si}_2\text{O}_5)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Aarmassiv: Giuv-, P. Ault-Gebiet, 22; Druntobel, 23; Blauberg St., 24; Rhonegl., 25 Ablaufstollen KW-Grimsel, 26 Stollen Oberaar-Wasserschloss, 27 Gotthardmassiv: V. Cristallina, 28; NW vom P. Cristallina (Gl. de Puzetta), 29	als Kluftmineral im Zentr. Aaregranit, Syenit als Kluftmineral im Grimselgranit als Kluftmineral im Cristallinagranit
Phenakit $6 [\text{Be}_2\text{SiO}_4]$	Aarmassiv: b. Reckingen, 30; Muttbach, 31; Galenstock, 32; Rientallücke, 33 Gotthardmassiv: Gerental, Unterwasser, 34; M. Prosa, 35	südl. Gneise (Bergsturz) als Kluftmineral im Zentr. Aaregranit als Kluftmineral in altkrist. Gneisen? als Kluftmineral in Aplitgranit
Chrysoberyll $4 [\text{BeAl}_2\text{O}_4]$	Passo Cadonighino, 36	im Dolomit
Bavenit $4 [\text{Ca}_4\text{BeAl}_2\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_2]$ Bertrandit $4 [\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2]$ Gadolinit $2 [\text{Be}_2\text{FeY}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$	Gotthardmassiv (Einzelfunde): V. Nalps (P. del Lai blau), 37 Fibbia, 38 Felsriff in Gl. de Nalps, 39	als Kluftmineral in Streifengneis als Kluftmineral in Fibbiagranit als Kluftmineral in Streifengneis

DE QUERVAIN 1938). Am verbreitetsten ist zweifellos Beryll (inkl. Sc-Beryll = Bazzit), der an mehr als 30 Lokalitäten nachgewiesen wurde. Nachher folgen Milarit mit 17 und Phenakit mit 7 Fundstellen. Die übrigen, wie Chrysoberyll, Bavenit, Bertrandit und Gadolinit, gelang es bis jetzt nur an je einer Lokalität festzustellen. Da all diese letzterwähnten Mineralien bis jetzt in den Schweizer Alpen nur in Form kleiner bis

kleinster Kriställchen auftraten, so ist damit zu rechnen, dass sie vielleicht gelegentlich auf Stufen übersehen worden sind. Da die Tabelle 1 auch neue Funde enthält, so sei dazu ergänzend folgendes bemerkt:

Beryll: Anlässlich einer Exkursion des Mineralogisch-petrogr. Institutes Bern (Juni 1943) fand Dr. H. GRUNAU²⁾ in einem Muskovitpegmatitgang mit Turmalin südlich von Lavertezzo, im Bett der Verzasca, in der Mitte desselben einen Beryllkristall (Fund 6). Das losgelöste Bruchstück zeigt hellbläuliche Farbe, ist teils durchsichtig, teils milchig-trüb und misst 25 mm (in Richtung der c-Achse) und 10 mm im Querschnitt.

Herr Prof. Dr. E. WENK hatte die Freundlichkeit, mir die von ihm entdeckten Beryllpegmatitvorkommen in der Val Verzasca bekannt zu geben. Hinsichtlich Grösse und Ausbildung übertreffen diese Berylle die vorhin erwähnten aus dem gleichen Tale. Für die Erlaubnis, die neuen Fundstellen hier zu nennen, danke ich dem Genannten bestens. Es handelt sich um folgende, bis jetzt in der Literatur nicht erwähnte Beryllfundstellen: Valle Verzasca, neuer Steinbruch am Flussbett ober-

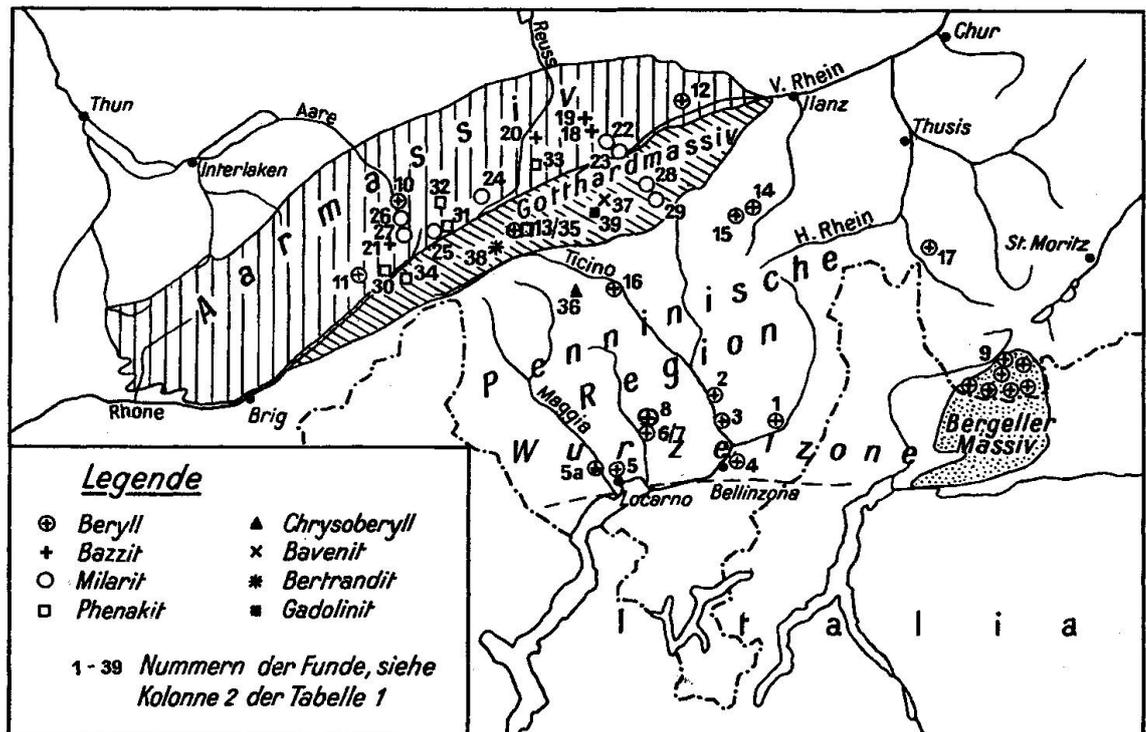


Fig. 1. Übersichtsskizze der Berylliummineralfundstellen in den Schweizer Alpen.

²⁾ Für die Überlassung der Probe und für die verschiedenen Angaben sei dem Finder der beste Dank ausgesprochen.

halb der Wasserfassung zwischen Corippo und Lavertezzo, Koord. 708.45/122.9, Pegmatit reich an klarem, flächenreichem Beryll und Turmalin. Dieses Beryllvorkommen 7 liegt im gleichen engeren Gebiet, wie der oben erwähnte Fund 6 (vgl. Fig. 1 und Tabelle 1). Val Agro, Strasse Lavertezzo-Cognora, Koord. 708.4/124.35, Pegmatit mit bis 5 cm breiten und 20 cm langem, trübem Beryll und Turmalin. Zudem soll Beryll auch in der Schlucht von Ponte Brolla vorkommen.

Im Puntegliasgebiet fand der Verf. 1949 am Ostausläufer des Piz Posta bialla, bei Koord. 714 300/182 100, Beryll in einem Aplitgranit. Die hellblauen Beryllnadeln erreichen Längen von 5–10 mm, bei einem Querschnitt von einigen mm. Die sich durchkreuzenden Nadeln treten in einem leicht pegmatitisch entwickelten, quarzreichen Nest des Aplitgranites auf. Die spektrographische Untersuchung dieses Berylls ergab neben den Hauptbestandteilen (Be, Al, Si) die Anwesenheit folgender Nebenbestandteile: Ba, Ca, Mg, Sr (= Gehalte zwischen ca. 1000–100 ppm), ferner Cr, Fe, Sc und Sn (= Gehalte kleiner bis sehr viel kleiner 100 ppm). Dieser Beryll ist Sc-arm. Grössere Sc-Gehalte zeigt dagegen der Bazzit oder Sc-Beryll, und zwar nach HUTTENLOCHER, HÜGI und NOWACKI (1954) für den Bazzit von V. Strem ca. 3% Sc.

Milarit: Dieses erstmals von KENNGOTT (1870) beschriebene Mineral hat seine eigene Geschichte. Der Strahler GIACHEN FIDEL CAVENG fand 1868 in der Val Giuf (heutige Schreibweise Giuv) ein bisher unbekanntes Mineral, das durch KENNGOTT den Namen Milarit erhielt, nach dem angeblichen Fundort V. Milar. Um seinen Fund den andern Strahlern geheim zu halten, gab Caveng die Val Milar (heute Val Milà genannt) als Fundort an (vgl. MAISSEN 1955). Milarit galt dann lange Zeit als ein wasserhaltiges K-Ca-Al-Silikat, gemäss einer seinerzeit ausgeführten Analyse (siehe TREADWELL, 1892). Im Rahmen einer grösseren Untersuchung an Be-Mineralien prüfte GEDNEY auch Milaritmaterial vom Val Giuv spektrographisch und fand dabei Be. Die von GONYER anschliessend durchgeführte chemische Analyse (vgl. Tabelle 2) führte zur Aufstellung der neuen Milaritformel, nämlich: $K_2Ca_4(Be_4Al_2Si_{24})O_{60} \cdot H_2O$, die erstmals in einer Arbeit von PALACHE (1931) mitgeteilt wurde. Lange Zeit galt Milarit als ein seltenes und nur im Giuv-Gebiet vorkommendes Mineral. Erst in den letzten Jahren ist Milarit auch an andern Stellen des Aarmassivs und neuerdings auch im Gotthardmassiv gefunden worden (PARKER 1954).

Wie HUTTENLOCHER (1952) bereits mitteilte, kam im Ablaufstollen der Zentrale Grimsel der Kraftwerke Oberhasli AG. durchsichtiger, glasglänzender Milarit zum Vorschein. Hexagonales Basispinakoid (0001)

und Bipyramide ($10\bar{1}1$) sind gut entwickelt, während man in der geriefen Prismenzone die Prismen ($10\bar{1}0$) und ($11\bar{2}0$) erkennt. Milarit sitzt dem zersetzten, kavernösen Grimselgranit auf. Dieser bildet das Nebengestein einer grösseren Kristallkluft, die 4 m in der Länge misst, eine Aufweitung von 15 cm zeigt und von weniger gut entwickelten, kleineren Klüften begleitet wird. Die vorherrschenden Mineralien dieser Kluff sind Bergkristall, Adular, Chlorit und etwas Apatit. Der bisher wohl grösste, je gefundene Milarit stammt aus dem Stollen Oberaar-Wasserschloss, westlich des Grimselpasses, und wurde durch Herrn Ing. KLAINGUTI sichergestellt. Dieser zur Hauptsache von Chlorit überzogene Milarit weist als Formen das hexagonale Prisma und das Basispinakoid auf, wobei die Prismenlänge 39 mm, der Querschnitt 14 mm betragen (vgl. Fig. 2, Taf. I.).

Bisher galt Milarit als alpinotypes Mineral, doch wurde nach HEIDE (1953) Milarit auch ausserhalb der Alpen, und zwar im Granit von Henneberg bei Wurzach (Thüringen) gefunden. Begleitminerale sind Bavenit, Bertrandit sowie Beryll. Leider ging das von VOGEL gesammelte Belegmaterial bei der Zerstörung des Mineralogischen Institutes 1945 endgültig verloren, und seither sind in dem Hennebergergranit nur noch erneute Funde von Bavenit und Bertrandit gemacht worden.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang noch, dass die Strukturbestimmungen durch BELOV und TARKHOVA (1949) und ITO et al. (1952) sowie PASHEVA und TARKHOVA (1953) an Milaritmaterial aus dem Giuvgebiet vorgenommen worden sind.

Der neueste Milaritfund ist im Herbst 1954 durch Herrn O. LUCEK, Meiringen, im Gebiet des P. Cristallina, also wiederum im Gotthardmassiv, gemacht worden. Nach den vom Finder erhaltenen Angaben, die hier bestens verdankt seien, handelt es sich um eine Kluff in einem Felsriff auf ca. 2800 m Höhe des Gl. de Puzetta. Dieser Gletscher gehört zum P. Cristallina-Massiv und befindet sich nordwestlich von P. 3109 m, P. Placidus a Spescha genannt. An der besagten Stelle wurde vorgängig des Milaritfundes Quarz (chloritbestäubt) und Adular ausgebeutet. Das Nebengestein zu dieser Kristallkluff bildet der Cristallinagranit. Das uns von der letzten Ausbeutung 1954 übergebene Material wurde geprüft, und es konnte dabei insbesondere auf Grund morphologischer und spektrographischer Daten Milarit nachgewiesen werden. Das anfänglich zur Verfügung stehende Material reichte bei weitem nicht aus für eine chemische Bestimmung, doch liessen sich K, Ca, Be, Al und Si eindeutig als Hauptbestandteile im Spektrogramm nachweisen, welches im übrigen mit einer Vergleichsaufnahme von Milarit aus dem V. Giuv

übereinstimmte. Bei dem neuen Fund handelt es sich um kleine, meist ganz mit Chlorit bestäubte Milaritsäulchen. Diese sitzen Quarzkristallbruchstücken auf. An den Milaritkriställchen sind hexagonales Prisma und Basispinakoid ausgebildet. Insgesamt fand Herr LUCEK 6 Quarzkristallscherben mit aufgewachsenem Milarit. Die vom Mineralogisch-petrographischen Institut Bern erworbene Stufe (siehe Fig. 3) ist mit etwa 50 kleinen und kleinsten Milaritkriställchen besetzt. Die grössten Individuen messen 2—3 mm in der Prismenachse und 0,5 mm im Querschnitt. Die meisten Milarite sind jedoch erheblich kleiner und morphologisch schlecht ausgebildet. Im Rahmen der Kluftmineralparagenese stellt Milarit die jüngste Bildung dar, ist also später als Quarz ausgeschieden worden. Tabelle 2 enthält die bisher an Berylliummineralien ausgeführten Analysen.

Tabelle 2. *Berylliummineral-Analysen*

	Beryll			Milarit	
	1 (55) ³	2 (56)	3 (54)	4 (52)	5 (53)
SiO ₂	64,99	65,25	63,64	71,66	70,81
Al ₂ O ₃	17,17	18,41	19,19	4,68	4,34
Fe ₂ O ₃	0,97	2,03	5,00	—	1,53
MgO	0,31	0,00	1,16	—	0,00
CaO	0,16	0,00	Sp.	11,70	11,42
BeO	12,89	13,03	(Be ₂ O ₃ 9,94)	5,24	4,25
Na ₂ O	1,08	0,38	—	0,46	1,17
K ₂ O	0,29	0,32	—	4,91	5,34
MnO	—	0,00	—	—	—
TiO ₂	—	0,00	—	—	0,00
H ₂ O ⁺	1,62	0,60	1,07	1,02	1,20
H ₂ O ⁻	0,00	—	—	0,05	0,00
	99,48	100,02	100,00	99,72	100,06
Spez. Gew.	—	—	—	—	2,551
Analytiker	J. JAKOB	J. Jakob	L. DUPARC	F. A. GONYER	J. JAKOB

Legende

- 1 Beryll, Cresciano, Tessin, JAKOB (1938)
- 2 Beryll, Bondasca, Bergell, STAUB (1924)
- 3 Beryll, Mont-Blanc-Massiv, DUPARC-MRAZEC (1892)
- 4 Milarit, Giuvgebiet, Graubünden, PALACHE (1931)
- 5 Milarit, Piz Ault, V. Strem, Graubünden, DE QUERVAIN-FRIEDLAENDER (1942)

³) Nummern in Klammern = Analysennummer in DE QUERVAIN-FRIEDLAENDER (1942).

Auftreten der Berylliumminerale

Nach Angaben der letzten Kolonne in Tabelle 1 treten Berylliumminerale in den Schweizer Alpen teils als Kluftminerale, teils im Gesteinsverband auf.

Kluftminerale stellen zweifellos junge Bildungen dar, also solche, welche während des Tertiärs im Zusammenhange mit dem Hochstau der Alpen und dem damit verbundenen Aufreißen des Gesteinsverbandes entstanden sind. Die Herkunft des Berylliums soll weiter unten diskutiert werden. Bei den im Gesteinsverband auftretenden Berylliumminerale sind Granite, Aplitgranite und Pegmatite bevorzugte Trägergesteine. Die Berylliumminerale verteilen sich auf das Bergellermassiv, die Zentralmassive (Aar-, Gotthard- und Mont-Blanc-Massiv), die penninische Region (Deckengebiete des Nord-Tessin, des Bündnerlandes) und die Wurzelzone. Hinsichtlich Alter der Gesteine müssen wir unterscheiden zwischen den granitischen Gesteinen des Bergellermassivs, die im Tertiär gebildet worden sind, und den Graniten der Zentralmassive, die im Verlaufe der herzynischen Orogenese s. l. empordrangen. Die Pegmatite der penninischen Region dürften im wesentlichen tertiäres Alter haben, insbesondere diejenigen der Wurzelzone. Nach den Beobachtungen von KÜNDIG (1926) in der Gebirgskette zwischen Val Calanca und Misox tritt Beryll in jungen Pegmatiten auf, während die alten, prätriadischen dieses Mineral nicht führen.

Auftreten und Bildungsweise der Berylliumminerale erscheinen erst im richtigen Licht, wenn wir Be-Gehalte von Gesteinen mit in unsere Betrachtungen einbeziehen. Die Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung von spektrographisch bestimmten Be-Werten. Diese, an Graniten und Ganggesteinen des Aarmassivs ermittelten Daten sind den Analysentabellen über Spurenelemente in HÜGI (1956) entnommen. Dort wo die Be-Werte verschiedener Granitproben variieren, gibt die Tabelle 3 die gefundenen Minima- und Maximawerte. Die niedrigsten Be-Gehalte liegen für Aarmassivgranite um 5 ppm, sind also ähnlich wie der von MASON (1952) angegebene Durchschnittswert für die gesamte Lithosphäre von 6 ppm. Der errechnete Durchschnittswert für Aarmassivgranite beträgt 5 ppm Be (vgl. Tabelle 3) und für die Gesamtheit der bei HÜGI (1956) berücksichtigten Granite resultierte der gleiche Wert. Nach neuesten Untersuchungen an Graniten durch SANDELL (1952) ergibt sich ein Durchschnittswert von 3 ppm Be. SANDELL hat Be nicht spektrographisch, sondern fluorometrisch bestimmt und gibt darauf basierend für die obere Lithosphäre einen durchschnittlichen Be-Gehalt von 2 ppm

an. Interessanterweise zeigen der Zentrale Aaregranit und der Puntegliasgranit erhöhte Be-Gehalte. Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, sind in Gebieten, in denen diese Granite anstehen, tatsächlich Beryllfunde gemacht worden. Auch der Berylliumminerale-führende Grimselgranit hat einen im Vergleich zum Granitdurchschnitt erhöhten Be-Gehalt. In dem arealmässig recht unbedeutenden Mittagsfluhgranit und im kontaminierten Innertkirchnergranit, die beide auch bis 8 ppm Be enthalten können, ist bis heute kein Berylliummineral entdeckt worden. Im übrigen sei betont, dass der Innertkirchnergranit unter den verschiedenen Aarmassivgraniten eine Sonderstellung einnimmt. Er weist in petrochemischer Hinsicht recht grosse Schwankungen auf, wie dies zuletzt bei HÜGI (1956) näher ausgeführt worden ist. Der erhöhte Be-Gehalt des Mittagsfluhgranites steht mit der Regel im Einklang, wonach kieselsäurereichere Granite Be-reicher sein sollen, als die basischeren (siehe hierzu Fig. 15 in HÜGI, 1956). Der Puntegliasgranit dagegen weist bereits bei einem SiO_2 -Gehalt von 66,08% einen Be-Wert von 15 ppm auf. Dieser Befund und neuere Daten nach SANDELL (1952) dagegen zeigen, dass höhere Be-Gehalte auch in basischeren Graniten möglich sind. Hervorgehoben seien ferner die Be-Gehalte der Ganggesteine des Altkristallinkomplexes (präherzynisch), die bis 15 ppm gehen. Dieser Be-Gehalt wurde in einem Muskovitaplit mit Turmalin gefunden, der

Tabelle 3. *Berylliumgehalte einiger Gesteine des Aarmassivs*

	Be in ppm	
Granite:		
Gasterngranit	um	5
Innertkirchnergranit		5—8
Tödigranit	um	5
Zentraler Aaregranit		5—8
Mittagsfluhgranit		8
Grimselgranit		5
Puntegliasgranit		15
Aarmassivgranite (Durchschnitt)		5
Ganggesteine:		
Aplite, Pegmatite (wenig mineralisiert)		5
Muskovitaplit		15
Zum Vergleich:		
Granite (Durchschnitt)	3	(64 Proben aus USA, Kanada, Afrika, nach SANDELL, 1952)
Obere Lithosphäre (Durchschnitt)	2	(nach SANDELL, 1952)
Lithosphäre	6	(nach MASON, 1952)

am Weg von Fafleralp nach dem Schwarzsee (Lötschental) bei Koord. 631 300/142 500 in dünn geschiefertem Serizit-Chloritschiefer aufsetzt. Die mitgeteilten Zahlen der Tabelle 3 dürften zur Genüge zeigen, dass im Aarmassiv sowohl in präherzynischen und herzynischen Eruptivgesteinen überdurchschnittliche Be-Gehalte auftreten. Es ist daher anzunehmen, dass es in granitischen Lösungen von magmatischer oder migmatischer Abkunft während verschiedener geologischer Epochen zu einer gewissen Be-Anreicherung kam. Ähnliches darf für andere Bereiche der Schweizer Alpen angenommen werden, in denen Berylliumminerale vorkommen. Wir sind also keineswegs berechtigt, die An- bzw. Abwesenheit von Berylliummineralen mit Gesteinen eines ganz bestimmten Alters in Verbindung zu bringen. Bekanntlich gehört Be zu den typisch lithophilen Elementen. Im Verlaufe gesteinsbildender Vorgänge kann Be in das Kristallgitter von Silikaten eingebaut werden. Be vermag dabei Si zu ersetzen. Andererseits tritt aber Be zusammen mit Si auf, wie im Beryll und andern Berylliummineralen. Dabei handelt es sich meist um relativ spätmagmatische Lösungen, in denen sich Be anzureichern vermochte. Aus solchen pegmatitischen oder auch hydrothermalen Lösungen konnten sich dann Berylliumminerale abscheiden. Es sind dies die erwähnten Beryllvorkommen der Pegmatite und Granitaplite. Wie ist aber das Auftreten von Be in Gesteinen ohne sichtbare Berylliumminerale zu erklären? Hier müssen wir an den oben erwähnten Ersatz von Be-Si denken. Bei den relativ kleinen Be-Gehalten genügt bereits ein Be-Einbau in verhältnismässig kleinem Umfange. RANKAMA und SAHAMA (1950) stellen sich beispielsweise vor, dass im K-Feldspat gleichzeitig La^{+3} das K^{+1} und Be^{+2} das Si^{+4} ersetzen. Eine weitere Ersatzmöglichkeit wäre die von Be-Al. WICKMAN (1943) postulierte für Niedertemperatur-Feldspäte eine Substitution vom Typ $CaAl_2Si_2O_8 - Y(Be, Al)Si_2O_8$. Es wird aber nötig sein, vermehrt Feldspäte auf den Gehalt an Be, seltenen Erden und andern Nebenbestandteilen hin zu untersuchen, um diese Hypothese weiter zu verifizieren. Gehaltsbestimmungen an seltenen Elementen in Mineralen des alpinen Raumes kommt zudem auch eine gewisse praktische Bedeutung zu. Es würden solche Untersuchungen einen Beitrag zur Suche nach Rohstoffquellen der in der Technik immer mehr begehrten seltenen Elemente liefern.

Das Auftreten von Be in Eruptivgesteinen kann z. B. durch den teilweisen Ersatz von Si durch Be erklärt werden. Um aber über die Verteilung des Elementes Be ein klareres Bild zu erhalten, müssen nicht nur Mineralien, sondern auch möglichst viele Gesteine daraufhin untersucht werden.

Bildung der Berylliumminerale

Es ist gezeigt worden, dass die Berylliumminerale auf zwei verschiedene Arten vorkommen können: im Gesteinsverband oder als Kluftmineral.

Granite und zugehörige Ganggesteine, die Beryll führen, bildeten sich während der herzynischen oder der alpinen Gebirgsbildungsphase. Sowohl die während der herzynischen Phase in Zentralmassiven emporgedrungenen Granite, wie auch die jungen des Bergellermassivs, mussten einen Be-Gehalt besessen haben, der mindestens stellenweise die Beryllbildung ermöglichte, wie etwa in pegmatitischen und aplitischen Gängen oder Nestern. Als alte (herzynische) Beryllbildungen gelten die des Aarmassivs, Gotthardmassivs, Mont-Blanc-Massivs. Als junge Beryllbildungen mögen diejenigen der Pegmatite des Bergells und der Tessiner Wurzelzone gelten. Die übrigen Beryllite, die in Pegmatiten penninischer Deckeneinheiten des Tessins und in Graubünden vorkommen (Osogna, Claro, V. Verzasca, V. Calanca und Fianell[?]), mögen auch als alte Bildungen angesehen werden, die u. U. während der alpinen Gebirgsbildung und der damit verbundenen, intensiven Umarbeitung der Gesteine im penninischen Raum umgelagert worden sind.

Wie sind nun aber die Be-Kluftminerale entstanden? Zweifellos in analoger Weise wie andere Kluftminerale, also durch Absatz aus niedrigtemperierten, wässrigen Lösungen. Wenn wir uns daran erinnern, dass Aarmassivgranite, selbst die an Berylliumminerale freien, mindestens rund 5 ppm Be enthalten, so kann das Nebengestein einer Kluft als Be-Quelle in Betracht gezogen werden. In den bisher bekannt gewordenen Kluftmineralparagenesen treten Berylliumminerale mengenmässig im allgemeinen stark zurück. Es handelt sich vorwiegend um Einzelkristalle oder um Gruppen kleiner Kristalle. Der prozentuale Anteil am Gesamtkluftinhalt dürfte kaum den Wert von rund 1% überschreiten. Die Berylliumminerale der alpinen Zerrklüfte liessen sich auf diese Weise als junge Bildungen deuten, wobei unter anderem aus alten, herzynischen Gesteinen das seinerzeit fixierte Be herausgelöst und zum Aufbau verwendet wurde. Andererseits wäre es denkbar, dass im Tertiär das Be in Form hydrothormaler Lösungen aus grösserer Tiefe zugeführt worden wäre. Diese alternative Frage stellt sich ja bei der Deutung von alpinen Zerrklüften immer wieder. Für den Fall einer Quarzzerrkluft in einem Aplit des Grimselgebietes gelang es nun zu zeigen, dass die aus dem Nebengestein herausgelöste SiO_2 -Menge nicht vollauf genügt, um die angetroffene Quarzkristallmenge zu erklären

(HÜGI, 1956, S. 68). Leider fehlen uns über die gemachten Berylliummineralfunde die nötigen präzisen Daten, um analoge Berechnungen zu machen wie im erwähnten Falle dieser Aplit-Zerrkluft. Immerhin sei folgende Überschlagsrechnung angestellt. Der auf Seite 502 aufgeführte Milaritkristall aus dem Stollen Oberaar-Wasserschloss wiegt 12 g, enthält bei einem angenommenen BeO-Gehalt, gemäss Tabelle 2, von rund 5% = 0,2 g Be. Auf eine Tonne Grimselgranit entfallen nach Tabelle 3 5 g Be. Sofern dieser gefundene Milarit der einzige oder zumindest grösste der zugehörigen Zerrkluft war, dann würde bereits die vollständige Auslaugung von rund 50 kg Grimselgranit genügt haben, um das in dem besagten Kristall enthaltene Be zu liefern. Die Grössenordnung von 50—100 kg zersetzten Gesteins für eine kleine bis mittlere Zerrkluft scheint uns nicht zu hoch gegriffen. Bei der oben erwähnten Aplit-Zerrkluft von $4 \times 2 \times 0,15$ m betrug die Masse des zersetzten Nebengesteins 10 000 kg. Die 100 kg zersetzten Grimselgranites würden bereits die doppelte Milaritmenge, d. h. rund 24 g, ergeben haben. Bisherige Spurengehaltsbestimmungen an unzersetzten und zersetzten Gesteinen einer Kristallkluft zeigen, dass die Gehalte im ausgelaugten, kavernösen Gestein niedriger oder ähnlich sind wie im unveränderten Gestein. Oft gelingt es aber nicht, reines, zersetztes Nebengestein zu gewinnen, da in den feinsten Hohlräumen, also ausserhalb der Zerrkluft selbst, bereits kleinste Klufftmineralien zum Absatz gelangten. Dies kann im Nebengestein für solche Elemente leicht zu hohe Werte vortäuschen, die für Mineralien der Zerrkluft charakteristisch sind. All die gemachten Beobachtungen sprechen aber dafür, dass bei den in Aarmassivgesteinen ermittelten Be-Werten von 5 ppm und z. T. mehr, das zur Bildung der Mineralien Bazzit, Milarit, Phenakit, Bavenit, Bertrandit und Gadolinit erforderliche Be ganz aus dem Nebengestein s. l. stammt.

Die in den weiter oben erwähnten alpinen Zentralmassiven vorkommenden Berylliummineralien sind auch in andern Graniten angetroffen

Tabelle 4. *Berylliummineralien granitischer Gesteine*

Schweizer Alpen	Beryll allein oder neben Milarit, Bavenit, Bertrandit, Bazzit, dazu auch Phenakit, Gadolinit
Granit von Baveno	Beryll, Bavenit, Gadolinit, Bazzit ⁴⁾
Granit von Henneberg, b. Wurzach, i. Thüringen	Beryll, Milarit, Bavenit, Bertrandit

⁴⁾ Sofern mit Schweizer Bazzit identisch!

worden, wie dies aus der Tabelle 4 hervorgeht. Die darin enthaltenen Angaben entstammen den Arbeiten von FAGNANI (1953) und HEIDE (1953).

So gesehen bilden die im alpinen Raum gefundenen Berylliumminerale keine Besonderheit, sondern scheinen vielmehr eine Beiparagenese granitischer Gesteine darzustellen, der eine grössere Verbreitung zukommt.

Literatur

- ALTMANN, J. (1946): Die Eisen- und Manganerze in der Trias des Ferreratales. Unveröffentlichte Diplomarbeit der Eidg. Techn. Hochschule Zürich.
- BELOV, N. V. and TARKHOVA, T. N. (1949): Crystal structure of Milarite. Doklady Acad. Sci. USSR, vol. 69, pp. 365—368, und in: Trudy Inst. Krist., Akad. Nauk, USSR, vol. 6, 1951, pp. 83—140.
- BERGERHOFF, G. und NOWACKI, W. (1955): Über die Kristallstruktur des Bazzit und ihre Beziehungen zu der des Beryll. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 35, S. 410—421.
- DUPARC, L. et MRAZEC, L. (1892): Recherches sur la protigine du Mont Blanc et sur quelques granulites filoniennes qui la traversent. Arch. Sc. phys. et nat. Troisième période, t. XXVIIe, pp. 659—677.
- FAGNANI, G. (1953): Il berillo nei minerali del granito di Baveno. Soc. Ital. Sci. Nat. Milano, vol. 92, pp. 1—9.
- HEIDE, F. (1953): Berylliumminerale vom Henneberg bei Wurzach i. Thüringen. Chemie der Erde, 16. Bd., S. 295—296.
- HÜGI, TH. (1956): Vergleichende petrologische und geochemische Untersuchungen an Graniten des Aarmassivs. Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N. F., 94. Lfg.
- HUTTENLOCHER, H. (1952): Von Granit, Gneis und Kristallen an der Grimsel, in: Über die Grimsel, Festgabe an die Teilnehmer der Vers. der Schweiz. Naturf. Ges. in Bern 1952, S. 7—26.
- HUTTENLOCHER, H., HÜGI, TH. und NOWACKI, W. (1954): Röntgenographische und spektrographische Untersuchungen an Bazzit. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 34, S. 502—504.
- ITO, T., MORIMDO, N. and SADANAZA, R. (1952): The crystal structure of Milarite, Acta Cryst., vol. 5, pp. 209—213.
- JAKOB, J. (1938): Drei Analysen von Beryll. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 18, S. 607—609.
- KENNGOTT, A. (1870): Mittheilungen an Professor G. Leonhard [über das neue Mineral Milarit]. N. Jb. für Mineralogie, Geologie etc. Jg. 1870, S. 80—81.
- KÜNDIG, E. (1926): Beiträge zur Geologie und Petrographie der Gebirgskette zwischen Val Calanca und Misox. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. VI, S. 1—101.
- MAISSEN, P. F. (1955): Mineralklüfte und Strahler der Surselva. Univ.-Verlag Freiburg (Schweiz).
- MASON, B. (1952): Principles of geochemistry, New York-London.
- NIGGLI, P. und DE QUERVAIN, F. (1938): Geotechnische Karte der Schweiz 1:200 000, hg. von der Geotechn. Komm. der SNG., Blatt 4 + zugehöriges Erl.-Heft.

- PALACHE, CH. (1931): On the presence of Beryllium in Milarite. *Am. Min.*, vol. 16 pp. 469—470.
- PARKER, R. L. (1954): *Die Mineralfunde der Schweizer Alpen*, Wepf & Co., Basel.
- PASHEVA, Z. P. and TARKHOVA, T. N. (1953): On the crystalline structure of Milarite. *Doklady Acad. Sci. USSR*, vol. 88, pp. 807—810.
- DE QUERVAIN, F. und FRIEDLAENDER, G. 1. Nachtrag zu: *Chemismus schweizerischer Gesteine*. *Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Serie*, XIV.
- RANKAMA, K. and SAHAMA, TH. G. (1950): *Geochemistry*. Chicago.
- SANDELL, E. B. (1952): The Beryllium content of igneous rocks. *Geochimica et cosm. acta*, vol. 2, pp. 211—216.
- STAUB, R. (1924): Zur Kenntnis der Bergeller Berylle. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. IV, S. 364—367.
- TREADWELL, F. P. (1892): Über die Zusammensetzung des Milarites. *N. Jb. für Mineralogie, Geol. etc.* Jg. 1892, Bd. I, S. 167—168.
- WICKMAN, F. E. (1943): Some aspects of the geochemistry of igneous rocks and of differentiation by crystallization. *Geol. Förenin. Förhandl.* Bd. 65, pp. 371—396.

Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität Bern.

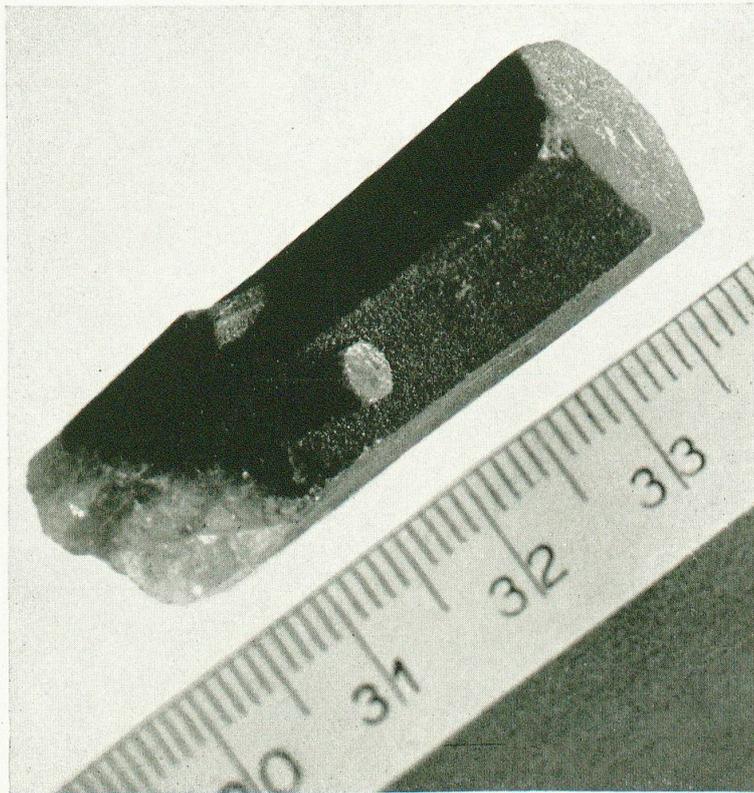


Fig. 2. Milaritkristall aus dem Stollen Oberaar-Wasserschloss der Kraftwerke
Oberhasli AG. (westlich Grimselpasshöhe)⁵⁾.

↓ a



Fig. 3. Nadlig ausgebildete Milaritkristalle (dunkel, Pfeile a, b, c), die dem hellen
Bergkristaall ufgewachsen sind. Fundort: Felsriff auf 2800 m Höhe, Gl. de Puzetta,
nordwestlich P. 3109 m des P. Crystallinamassivs (Kt. Graubünden)⁵⁾.

⁵⁾ Die photographischen Arbeiten besorgten in verdankenswerter Weise die
HH. A. SOMMER und H. BÜHLMANN.