

Verh. Geol. B.-A.	Jahrgang 1978	Heft 3	S. 267-272	Wien, Dezember 1979
Proceed. 3 rd ISMIDA (Leoben, Oct. 7-10, 1977)			S. 93-98	Wien, Dezember 1979

Untersuchungen über die Geo- und Biogeochemie von Beryllium und anderen Spurenelementen in den Hohen Tauern

Von A. BÜHLING, C. CARL, W. HERR und P. NEY^{*)}

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

*Osterreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 152, 153*

Schlüsselwörter

*Hohe Tauern
Beryllium
Geochemie
Biogeochemie
Unt. Schieferhülle/Zentralgneise
Umweltgeologie
Photonenaktivierungsanalysen*

Bevor man für irgendein Spurenelement im Rahmen des Umweltschutzes noch zulässige Gehalte in Böden, Gewässern, Pflanzen und landwirtschaftlichen Erzeugnissen festlegt, müssen seine natürlichen Konzentrationen in größeren, nicht anthropogen beeinflussten Gebieten bekannt sein. Die dort beobachteten Höchstwerte können, wenn sie bisher zu keinen erkennbaren Schäden geführt haben, als untere Grenzwerte für Kulturlandschaften gewählt werden.

Unter speziellen Bedingungen sind Beryllium und seine Verbindungen außerordentlich giftig (1) (2). Als sehr zweckmäßig für eine Untersuchung der Wechselwirkung des Berylliums mit der Umwelt bot sich das Gebiet der Hohen Tauern (Österreich) an. Dort sind zahlreiche, wenn auch nur sehr kleine Vorkommen von Berylliummineralen bekannt geworden, deren Verteilung eine von NIEDERMAYR und KONTRUS veröffentlichte Karte zeigt (3).

Diese Vorkommen liegen im Grenzbereich Untere Schieferhülle/Zentralgneise. Ihre Häufung an einigen Stellen ließ vermuten, daß dort nicht nur besonders günstige minerogenetische Bedingungen herrschten, sondern auch für unser umweltbezogenes Thema interessante Gebiete mit überdurchschnittlich hohen Gehalten an Beryllium vorliegen. Um dies zu überprüfen, entnahmen wir in den letzten 4 Jahren über 800 Gesteinsproben in dem etwa 80 × 25 km großen Gebiet und bestimmten ihre Gehalte an Beryllium.

Wir benutzen dazu die Methode der Photonaktivierungsanalyse (4) (5). Bei dieser löst die hochenergetische Gamma-Strahlung des Radioisotops ¹²⁴Sb (E_γ = 1.69 MeV) die Kernreaktion ⁹Be (γ, n) 2α aus. Das emittierte Neutron wird mit einer geeigneten Meßapparatur nachgewiesen. Da keine Gesteine untersucht wurden, die jeweils mehr als 3% an Deuterium, Bor, Silber oder Uran enthielten, waren Störungen ausgeschlossen und eine hohe Selektivität des Analysenverfahrens gegeben. Die Methode arbeitet zerstörungsfrei und die Proben lassen sich für weitere Analysen verwenden.

Zur Zählung der freigesetzten Neutronen dienen 8 empfindliche ¹⁰BF₃-Zählrohre, die in einem 1 m³ großen Graphitblock mit Paraffinmantel um den Probenhalter angeordnet sind.

^{*)} Anschrift der Verfasser: Universität Köln, D 5 Köln, Zülpicher Straße 49.

$^9\text{Be} (\gamma, n)$ - Messapparatur

Graphit - Neutronenmoderator (1m^3),
8 BF_3 - Zählrohre ($2''\varnothing$), Abschirmung aus
Beton ($\rho = 2,5$), boriiertem Wasser und Paraffin

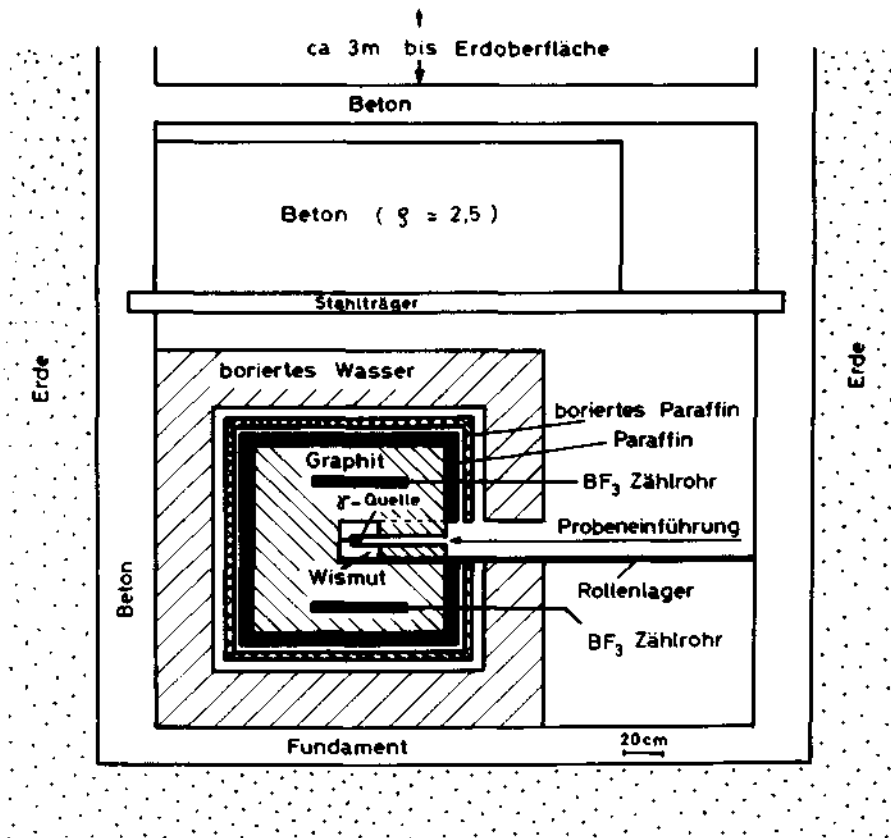


Abb. 1

Zur Abschirmung der Höhenstrahlung ist das Beryllometer von 3000 l borhaltigem Wasser und einem weiteren Paraffinmantel umgeben, so daß der Untergrund auf etwa 10 cpm gedrückt wird. Bei 10 g (= 6 ml) körniger Probenmasse und einer Meßzeit von 100 min entspricht dies einer Bestimmungsgrenze von etwa 20 ppb Beryllium (2σ) bei einer 1.7 Ci-Gamma-Quelle. Bild 1 zeigt die Meßapparatur.

Unsere Untersuchungen bestätigten zunächst die Vermutung, daß in der Nachbarschaft mehrerer Vorkommen von Beryllium-Mineralen größere Gesteinskörper mit anomal hohen Be-Gehalten auftreten. Es sei daran erinnert, daß der Erdkrustendurchschnitt für Be bei 2.8 ppm liegt. Das folgende Bild zeigt die ungefähre Lage dieser Beryllium-“Anomalien” mit den jeweils auftretenden Gehalten.

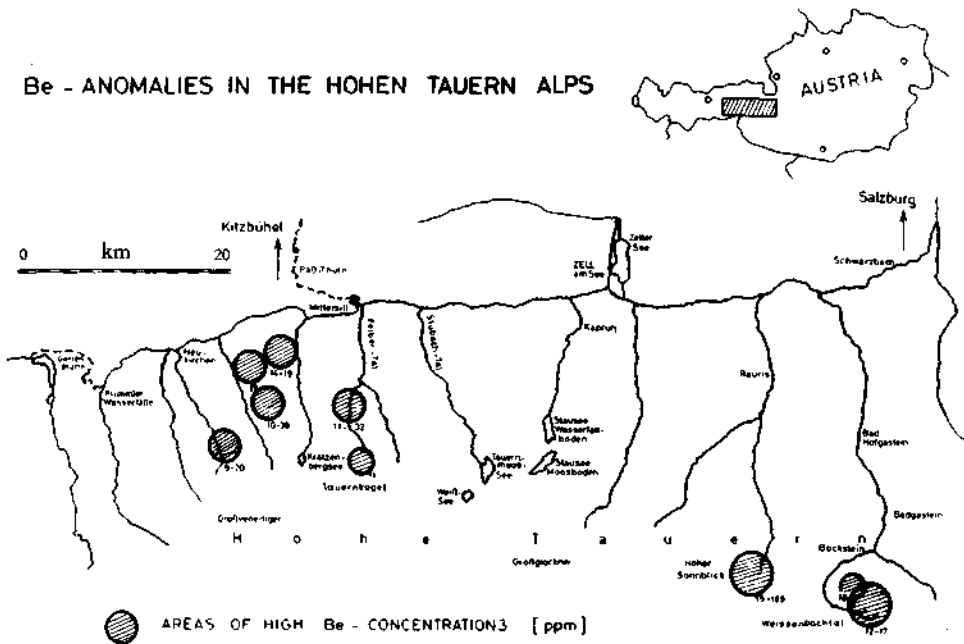


Abb. 2

Infolge der besonderen örtlichen geologischen Lagerungsformen der berylliumreichen Gesteine, der Landschaftsformen und vor allem der glazialen Überprägung der Hohen Tauern konnten sich auf ihnen nur an wenigen Stellen mächtigere autochthone Böden entwickeln. Dies war u. a. der Fall im hinteren Weißenbachtal im Hinterland von Bad Gastein, wo sich beim Punkt 2200 auf einer Verebnung des Schafbühels auf dem dort allein anstehenden Granosyenitgneis mit 12 bis 17 ppm Be – der hohe Be-Gehalt war übrigens bereits von GROHMANN (6) erkannt worden – ein deutliches Bodenprofil entwickelt hatte. Seine einzelnen Horizonte und ihre Kornfraktionen zeigen unter sich recht ähnliche Be-Gehalte, die auch nur wenig unter denen des Ausgangsgesteines liegen. Trotz reichlicher Niederschläge scheint das Beryllium relativ wenig bzw. schwer mobilisiert zu werden. Übrigens sind sowohl im Granosyenitgneis und seinen Hauptgemengteilen als auch in den aus ihm entstandenen Böden die leichten Seltenen Erden angereichert und die schweren Seltenen Erden abgereichert.

Wir entnahmen Proben der auf diesem Boden wachsenden Pflanzen und bestimmten die Be-Gehalte ihrer Aschen. Die Werte liegen durchwegs niedrig – unter 2 ppm –, sind jedoch bei den relativ berylliumreichen Heidelbeeren dreifach höher als bei solchen aus dem Fichtelgebirge und Bayerischen Wald mit geringeren Be-Gehalten im Boden bzw. Ausgangsgestein.

In der erwähnten Verebnung entspringt ein Bächlein, in dem mehrere Arten von Wassermoosen wachsen. Diese erwiesen sich als ganz ausgesprochene Sammler von Spurenelementen, die sie aus dem an sich sehr elektrolytarmen Wasser aufnehmen. Wir stellten die in der folgenden Tabelle gezeigten Elementgehalte in der Asche solcher Moose fest, unter denen besonders die erstaunliche Anreicherung von Uran bis auf 1,5% der Moosasche auffällt. Man ist bei so hohen Gehalten fast verlockt, ein „Moss-Mining“ zu erwägen.

Tabelle 1: Gehalte von Spurenelementen

in der Asche von Wassermoosen P. 2200 Weißenbachtal/Salzburg		in der Erdkruste (Durchschnitt)
Lanthan	68 ppm bis 204 ppm	30 ppm
Beryllium	10 ppm bis 27 ppm	2.8 ppm
Uran	65 ppm bis 1.5 %!!	2.7 ppm
Arsen	46 ppm bis 60 ppm	1.8 ppm
Europium	3 ppm bis 9 ppm	1.2 ppm
Gold	7.7 ppb bis 28 ppb	4 ppb

Nun zurück zu den Beryllium-Anomalien der Hohen Tauern! Zunächst zeigte sich, einen früheren Befund von CARDOSO (7) bestätigend, daß wesentlich erhöhte Be-Gehalte nur im „Zentralgneis“ und in Gesteinen der Habach-Serie auftreten. Die vier anderen von FRASL (8) unterschiedenen Serien ließen bis jetzt keine Be-Anomalien erkennen. Das Beryllium tritt in den Hohen Tauern in vier verschiedenartigen Bildungen auf:

1. In bestimmten sauren bis intermediären Metamorphiten sind erhöhte Be-Gehalte regional mehr oder weniger gleichmäßig verteilt und nicht etwa nur an Pegmatoide oder Aplite gebunden; im Gegenteil: Zahlreiche Aplite erwiesen sich als ausgesprochen arm an Beryllium. Das folgende Bild zeigt die Verteilung der Be-Gehalte bei einigen Gesteinstypen.

2. Besonders hohe Be-Gehalte besitzen häufig – allerdings nicht immer! – Biotitite, biotitreiche Gneise und Gesteine mit Biotitporphyroblasten. Auch in einigen der berylliumreichen Gesteine ist das Be zum großen oder größten Teil im Biotit enthalten. Bezeichnenderweise kommt der Smaragd des Habachtales auch in einem Biotitit vor.

3. Die von HÖLL, MAUCHER und Mitarbeitern im oberen Felbertal aufgefundenen, als submarin-vulkanogen gedeuteten bauwürdigen Anreicherungen von Scheelit weisen an einigen Stellen der Profile (9) auch erhöhte Be-Gehalte auf.

4. Bei sämtlichen der eingangs erwähnten kleinen Berylliumvorkommen in den Hohen Tauern dürfte es sich um Bildungen aus metamorph-hydrothermalen Lösungen handeln, deren Inhaltsstoffe letzten Endes lateralsekretionären Ursprungs sind, d. h., aus benachbarten berylliumreichen Gesteinen stammen.

Über die Mobilisierbarkeit bzw. den Transportmechanismus des Berylliums unter hydrothermalen Bedingungen ist noch wenig bekannt. Es steht jedoch fest, daß die Löslichkeit von BeO in reinem überkritischen Wasser beträchtlich ist und etwa in der Größenordnung des SiO₂ liegt (10). Jedenfalls spricht in den Hohen Tauern nichts gegen einen gemeinsamen Transport von Beryllium und SiO₂, während ein Transport des Be als Fluorokomplex wegen der ausgesprochenen Fluorarmut des ganzen Bereiches wenig wahrschein-

Be - DISTRIBUTION IN ROCK-SAMPLES FROM THE REGION "HOHENTAUERN" ALPS

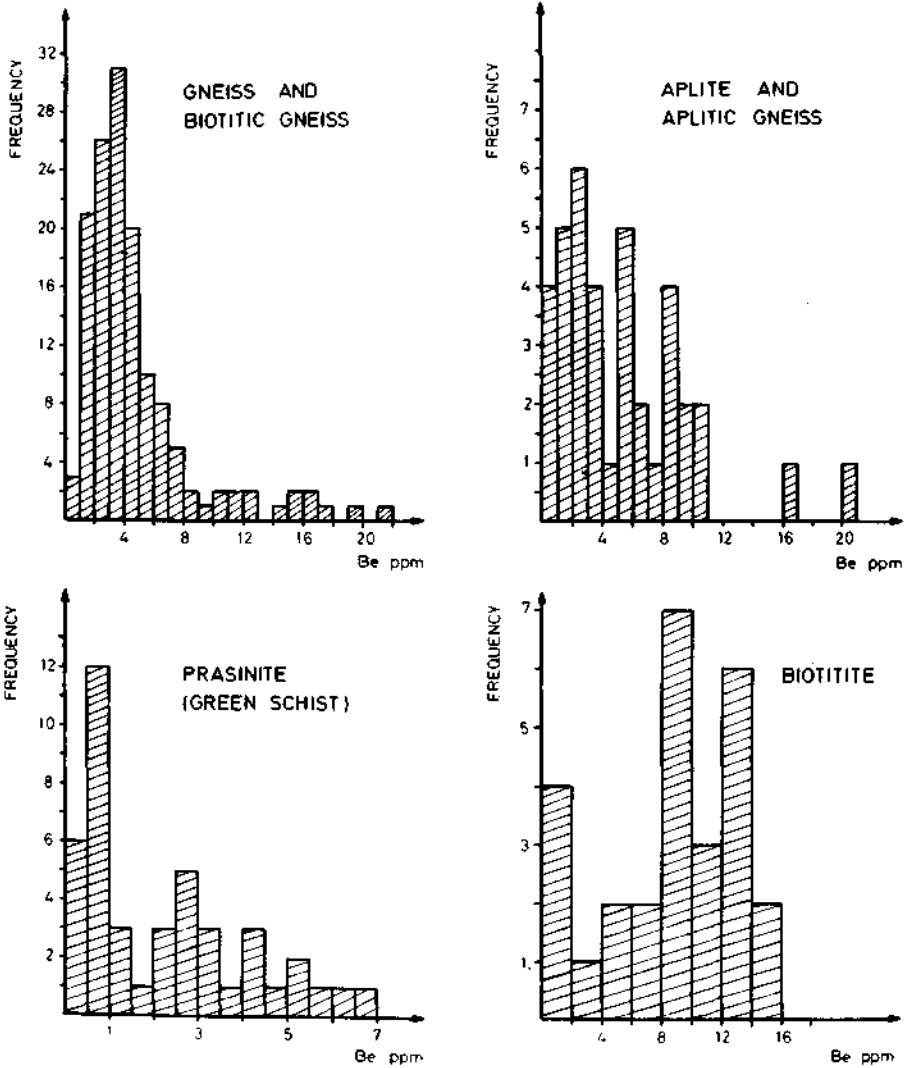


Abb. 3

lich ist. Der Transportmechanismus des Berylliums ist auch wichtig für die Beziehungen zwischen Beryllium- und Wolfram-Mineralisationen.

Wir fanden in den Bildungen 1. Art, den regional verbreiteten berylliumreichen Gesteinen, keine Korrelation zwischen Beryllium und Wolfram; die Wolframgehalte liegen hier fast immer recht niedrig, um etwa 1 ppm. Das Wolfram wurde mittels Neutronenaktivierungsanalyse bestimmt, wobei wegen der störenden Matrixaktivität eine radiochemische Abtrennung des Wolframs durch alkalischen Aufschluß notwendig war. Abgesehen davon, daß sich Beryllium und Wolfram unter den gleichen äußeren Bedingungen in ihrer Mobilisierbarkeit wesentlich unterscheiden werden, ist zu vermuten, daß beide Elemente aus ganz verschiedenen Ausgangsgesteinen stammen. Nach unseren Untersuchungen wurden sie weit häufiger unabhängig voneinander als gemeinsam mobilisiert.

In diesem Zusammenhang sei folgender Befund erwähnt: Mineralklüfte im Gebiet des oberen Maschingraben bei Kolm-Saigurn führen, worüber MÄRZ (11) kürzlich berichtete, reichlich Bertrandit, $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$, aber kaum Scheelit; der chloritische „Kluftsand“ enthielt 169 ppm Be. In ihrem biotitreichen Nebengestein bestimmten wir neben 15 ppm Be auch 30 ppm W. Wir prüften daraufhin die ebenfalls von biotitreichen Gesteinen begleiteten Quarzgänge in dem Prasinitrücken ostwärts von Punkt 2194 auf Wolframmineralisationen. Tatsächlich fanden wir schmale Salbänder und einzelne größere Nester von Scheelit in ihnen, jedoch keinen Bertrandit.

Wir bedanken uns nicht nur bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft für finanzielle Unterstützung und bei Studenten und Freunden unserer Institute für die Mitarbeit bei der Probenahme und Aufbereitung, sondern auch für die vielfältige Hilfe, die uns in Ihrem gastfreundlichen Land zuteil wurde.

Literatur

1. REICHERT, J. K. (1973): Beryllium, ein toxisches Element in der menschlichen Umgebung unter besonderer Berücksichtigung seines Vorkommens in Gewässern. – Vom Wasser, 41. Bd., 209–216 Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr.
2. McQUILLAN, M. K. and T. W. FARTHING: Beryllium. – Endeavour, Jan. 1961, 11–17.
3. NIEDERMAYR, G. und K. KONTRUS (1973): Neue Funde von Phenakit, Bertrandit und Chrysoberyll aus Salzburg, Österreich und über die Verbreitung von Be-Mineralfundstellen in den Ostalpen. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 77, 7–13.
4. QUANDT, U. und W. HERR (1974): Beryllium abundance of meteorites determined by "non-destructive" photon-activation. – Earth and Planetary Science Letters, 24, 53–58.
5. QUANDT, U. und W. HERR (1974): Hochempfindlicher Photoneutronen-Detektor zur „zerstörungsfreien“ Submikro-Analyse von Beryllium. – Nuclear Instruments and Methods 119, 279–285, North Holland Publish. Comp.
6. GROHMANN, H. (1965): Beitrag zur Geochemie österreichischer Granitoide. – Min. Petr. Mitt., 3. F., X, Machatschki-Festband, 436–474.
7. CARDOSO, J. (1973): Zeit- und Schichtgebundenheit des Berylliums im Paläozoikum der Ostalpen und dessen Beziehung zu Wolfram (Scheelit). – Inaug.-Dissertat. Ludwig-Maximilian-Universität München, 43 S.
8. FRASL, G. (1958): Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. – Jahrbuch Geol. B. A. Wien, 101, 324–471.
9. HÖLL, R. (1975): Die Scheelitlagerstätte Felbertal und der Vergleich mit anderen Scheelitvorkommen in den Ostalpen. – Habilitationsschrift der Ludwig-Maximilian-Universität München, 114 S. Verlag der Bayer. Akademie der Wissenschaften.
10. FRANCK, E. U. (1964): Hydrothermale Lösungen im Gleichgewicht mit festen Stoffen. – Ber. Dtsch. Keram. Ges., 41, 43–51.
11. MÄRZ, J. (1977): Bertrandit aus Rauris. – Der Aufschluß, 28, Heft 2, 74–76, Heidelberg.