

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie  
**Band:** 40 (1960)  
**Heft:** 2  
  
**Artikel:** Das Zirkon-Alter des Bergeller Massivs  
**Autor:** Grünenfelder, M. / Stern, T.W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-31148>

### **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>**

## Das Zirkon-Alter des Bergeller Massivs

Von *M. Grünenfelder* (Zürich)<sup>1)</sup> und *T. W. Stern* (Washington, D. C.)<sup>2)</sup>

Mit 1 Textfigur

### Abstract

Lead alpha age determinations were obtained on two zircon samples from the Bergell granite, an intrusive body cross cutting the penninic nappe systems of the southeastern Swiss Alps. Zircon concentrates of  $-30 + 100$  and  $-100 + 200$  mesh size gave ages of  $25 \pm 10$  and  $30 \pm 10$  MY respectively. These data are well supported by the tectonic and stratigraphic control of the area and are within the accepted age limits for the intrusion of the batholith in late Oligocene time.

Die am westalpinen Innenrand auftretenden tertiären, sauren bis intermediären Intrusionskörper bilden seit langer Zeit Gegenstand wichtiger genetischer Fragen (P. NIGGLI, 1950; REINHARD, 1934/35, und WENK, 1956). Im wesentlichen werden zwei Anschauungen für die Entstehung und die Herkunft dieser syn- bis spättektonischen Gesteine vertreten: einerseits das Modell der komplexen, gravitativen Kristallisationsdifferentiation, andererseits der Versuch, granitisches Material durch Anatexis und ultrametamorphe Umwandlung präexistierender Gesteine zu erklären.

Diesen meist nahe der Wurzelzone liegenden granitischen, granodioritischen bis tonalitischen Gesteinen — Adamello, Val Morobbia, Pegmatitgänge des Tessins und des Comerseegebietes — gehört auch der Bergeller Batholith an, dessen geologische Verbandsverhältnisse durch die grundlegenden Arbeiten von CORNELIUS (1915) und STAUB (1918, 1921) bekannt sind. Das Massiv setzt diskordant an den kristallinen, herzynischen oder älteren Kernen und mesozoischen Hüllen der Adula-, Tambo-, Suretta- und Margna-Decke ab und durchbricht die alpine

<sup>1)</sup> Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

<sup>2)</sup> U. S. Geological Survey, Washington D. C.

Deckenstruktur des Gebietes. Der Eruptivstock ist von einem bis 2 km breiten Kontakthof umgeben, in welchem neben endogenen, durch Assimilation bedingten Umwandlungen des Granites zu c- und fm-reicheren bzw. alk-ärmeren Gesteinstypen, kontaktmetamorph mannigfaltig veränderte Nebengesteinsschollen auftreten (siehe auch WEIBEL, 1960).

Eingehende Untersuchungen dieser Kontakterscheinungen und der Gefügeverhältnisse im angrenzenden Granit (Fornogebiet) veranlassten DRESCHER-KADEN (1926, 1939), für die Entstehung des gesamten Massives Granitisation der Nebengesteine mit Stoffzufuhr und nachträglicher Homogenisierung anzunehmen. P. NIGGLI (1950) und R. STAUB (1934) deuteten hingegen das Bergeller Massiv als eine magmatogene, juvenile Bildung subkrustaler Herkunft. Assimilations- und Einschmelzungsstrukturen wären nur lokale und untergeordnete Erscheinungen.

Die zeitliche Stellung der Intrusion ist zunächst durch die Diskordanz der Primärkontakte mit den mesozoischen Bündnerschiefern und Ophiolithen und durch das Auftreten von Bergeller Geröllen (PFISTER, 1921) in Horizonten der jung-oligozänen und miozänen Nagelfluh von Como und Varese gegeben. Tektonisch ist ersichtlich, dass die Intrusion nach der Überschiebung der ostalpinen Decken über die penninischen Einheiten und nach der Steilstellung der Wurzelregion stattgefunden hat (CORNELIUS, 1928; STAUB, 1934), woraus auf ein mittel- bis oligozänes Alter geschlossen werden kann. Neuerdings diskutiert CITA (1957, 1958), ausgehend von mikropaläontologischen Befunden, die stratigraphische Sequenz geröllführender Horizonte in der südalpiner Molasse und stellt im Gebiet von Como das erste Vorkommen kristalliner Bergeller Gerölle an der Grenze Unteroligozän-Mitteloligozän fest. Dementsprechend kann die Intrusion nicht später als im Unteroligozän erfolgt sein.

Für einen metamorphen Ursprung des Bergellergranites sprechen nach DRESCHER-KADEN (1939) nebst gefügeanalytischen Kriterien, die von ihm beobachteten Altersbeziehungen von Mineralkomponenten, so auch der akzessorischen Gemengteile Zirkon und Apatit. Es ist interessant, festzustellen, dass der Zirkon des Granites als Altbestand der Nebengesteine, vor allem der Biotitgneise betrachtet und dessen Umlagerung in neue Wirtskomponenten, Biotit und Feldspat, durch metasomatische Veränderungen primärer Gefüge erklärt wird. Zudem sollen Übereinstimmungen in der äusseren Erscheinungsform der granitischen Zirkone mit jenen der Nebengesteinsschollen ein weiteres Indiz für deren paläosomatische Herkunft sein.

Es ist daher naheliegend, zu fragen, ob nicht durch Altersbestim-

mungen an Mineralien, insbesondere nach der Uran-Blei- und der gewöhnlichen Blei-Methode, chronologische und, dadurch bedingt, genetische Beziehungen von Mineralien dieser Gesteinseinheit eingehender erfasst werden könnten. Wäre der granitische Zirkon tatsächlich ein Restbestand aufgearbeiteter Nebengesteine, so müsste im einfachen Fall, vorausgesetzt ist keine Störung des radioaktiven Gleichgewichtes, die Analyse ein wesentlich höheres Alter für die Kristallisation des Zirkons ergeben. Es liesse sich aber auch anhand festgestellter *diskordanter*  $U^{238}/Pb^{206}$ -,  $U^{235}/Pb^{207}$ - und  $Pb^{207}/Pb^{206}$ -Alter bestimmen (WETHERILL, 1956), ob und möglicherweise auch wann metamorphe Umprägungen alter Zirkone stattgefunden hätten, sei es, dass die Zirkone heterogen struiert wären — Altbestand als Kern, umgeben von Zirkonneubildungen — oder dass ein einheitlicher Altbestand vorläge, in welchem infolge nachträglicher metamorpher Umbildung des Gesteins, Verlust oder Zunahme von Uran, dessen Zerfallselemente oder des stabilen Endproduktes Blei, eingetreten wäre. Andererseits wird die stratigraphische Einengung der Bergeller Intrusion zu berücksichtigen sein, welche etwaige falsche Schlussfolgerungen, die aus den Alterswerten gezogen werden könnten, ausschliessen wird.

Diese Arbeit behandelt vorläufige Resultate. In einem zweiten Teil soll auf die Ergebnisse der massenspektrographischen Analysen eingegangen werden.

Das Zirkonkonzentrat wurde aus dem für den Bau der Staumauer Albigna aufbereiteten Moränenmaterial gewonnen, welches im hinteren Staubeckenbereich auf Albigna, in ca. 2200 m Höhe gebrochen wurde. Altglaziale Fremdüberdeckungen dieses Gebietes sind ausgeschlossen (STAUB, 1944), und da das Einzugsgebiet des Albignagletschers völlig im Bergeller Massiv liegt, stellt das untersuchte Zirkonkonzentrat eine gute Durchschnittsprobe für das Gestein dar, was sich auch aus der mikroskopisch homogenen Beschaffenheit des Konzentrates erkennen lässt.

Der psammitische Feinsand wurde gesiebt und mit Hilfe von schweren Flüssigkeiten und magnetischer Trennung aufbereitet. Die reine Zirkonfraktion wurde wiederholt mit heisser, Pb-freier  $HNO_3$  konz. behandelt. Das Konzentrat enthält meist idiomorphe Kristalle mit häufigster Flächenkombination der Prismen, der Grundpyramide und Ansätzen von ditetragonalen Dipyramiden. 90% der Zirkone sind durchscheinend, einschlussfrei und weisen keinen Zonenbau auf. Der restliche Teil ist hingegen zonar entwickelt und enthält hypidiomorphe, poröse Kerne, von denen radialstrahlig, durch radioaktive Sprengung verursachte Risse

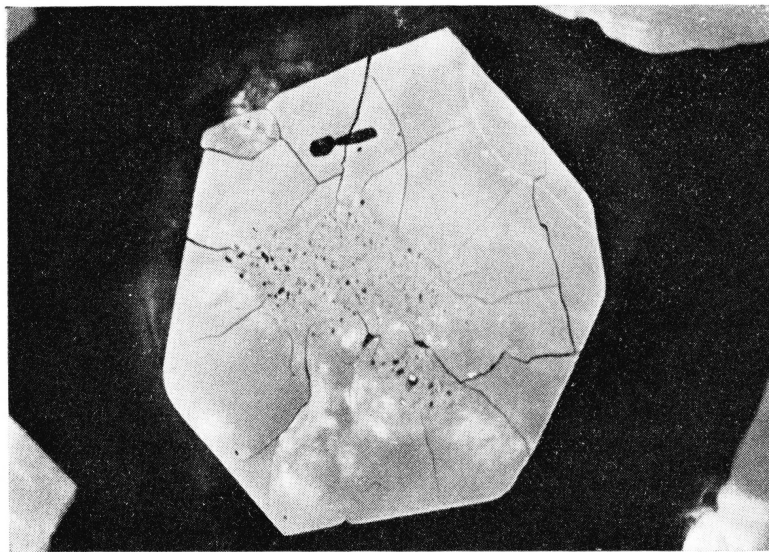


Fig. 1. Hypidiomorpher alter, poröser Zirkonkern mit radialen Sprengungen im Neubestand. Vergr.  $200\times$ .

ausgehen, wie solche von RAMDOHR (1958) beschrieben worden sind (Fig. 1). Einzelne Kristalle enthalten tropfenförmige Einschlüsse von Magnetkies und Kupferkies, andere auch solche von idiomorphem Apatit. Dass derartige Inhomogenitäten — ohne weiteres ist ein Lösungsaustausch infolge der Risse denkbar — gewisse Fehlerquellen in der Bestimmung des Alters hervorrufen, ist nicht zu vernachlässigen, bei der aber immerhin zurücktretenden Anzahl solcher Kristalle nicht bedeutend.

#### **Pb/ $\alpha$ -Methode (Larsen-Methode)**

In der von LARSEN, KEEVIL und HARRISON (1952) beschriebenen und an Zirkon, Xenotim und Monazit angewandten Methode wird zunächst vorausgesetzt, dass im Mineral radioaktives Gleichgewicht herrscht. Es wird auch angenommen, dass alles Blei radiogenen Ursprungs ist und dass das Mineral kein zusätzliches, gewöhnliches Blei enthält. Für die Bestimmung des Alters gilt die Gleichung

$$t = \frac{c \times \text{Pb}}{\alpha} \quad \text{für } t : 0 \text{ bis } 200 \times 10^6 \text{ Jahre}$$

die mit zunehmender Zeit  $t$ , infolge der verschiedenen Zerfallsgeschwindigkeiten von Uran und Thorium, wie folgt korrigiert wird (KEEVIL, 1939; GOTTFRIED u. a., 1959):

$$t_0 = t - \frac{1}{2} kt^2 \quad \text{für } t : 200 \text{ bis } 1700 \times 10^6 \text{ Jahre}$$

und

$$T = t_0 + 3,4 \times 10^{-9} t_0^3 \quad \text{für } t: 1700 \text{ bis } 4000 \times 10^6 \text{ Jahre.}$$

Pb = Bleimenge in ppm,

$\alpha$  = spez.  $\alpha$ -Aktivität in  $\alpha/\text{mg/h}$ .

$c$  und  $k$  sind vom U/Th-Verhältnis abhängige Konstanten, für deren Bestimmung im Einzelfall die Gehalte an Uran und Thorium bekannt sein müssten. Für Zirkon gilt die Approximierung  $\text{Th/U} = 1$  mit  $c = 2485$  und  $k = 1,56 \times 10^{-4}$ . Fehllannahmen würden eine Abweichung im Alter von max. 7% ergeben. Im Vergleich mit Bestimmungen an Zirkonen, für welche das U/Th-Verhältnis analytisch festgestellt war, bestehen, wie LYONS u. a. (1957) zeigen konnten, keine oder nur geringe und innerhalb der Fehlergrenze der Messmethode liegende Unterschiede im Alterswert.

Der Bleigehalt wird spektralanalytisch unter Verwendung eines synthetischen Zirkon-Standards bestimmt (ROSE u. STERN, 1960). Die Resultate weichen gegenüber Isotopenverdünnungsanalysen von Blei im Durchschnitt um max. 5% ab. Für die Messung der spezifischen  $\alpha$ -Aktivität werden meist Durchflusszähler mit Argon als Zählgas verwendet, wobei die Messabweichung vom Mittelwert max. 5% beträgt.

Die an zahlreichen Zirkonproben (GOTTFRIED u. a., 1959) wiederholt bestimmten Alter sind auf 10% des Altersmittelwertes oder auf  $10 \times 10^6$  Jahre reproduzierbar. Somit darf angenommen werden, dass für Einzelbestimmungen die gleichen Fehlergrenzen gelten.

### Pb/ $\alpha$ -Alter des Bergeller Zirkons

Es wurden Durchschnittsproben der Siebfraktionen  $-30 + 100$  und  $-100 + 200$  mesh (DIN 1171  $-10 + 40$ , bzw.  $-40 + 80$ ) analysiert, für welche sich folgende, nahezu übereinstimmende Alterswerte ergaben.

Zirkonfraktion	$\alpha/\text{mg/h}$	$c$	Pb ppm	Pb/ $\alpha$ Alter $\times 10^6$ Jahre
$-30 + 100$ mesh	1133	2485	12,5 (11, 14)	$25 \pm 10$
$-100 + 200$ mesh	1001	2485	13 (12,5, 14)	$30 \pm 10$

Die Altersbestimmung weist, unter den oben erwähnten Voraussetzungen, auf ein oligozänes Alter des Zirkons hin und ordnet sich dementsprechend in das stratigraphische Schema des Bergeller Massivs ein. Die Deutung des Zirkons als unveränderten Altbestand wird infolge

des oligozänen Alters auszuschliessen sein, da in einem solchen Fall eine Pb/ $\alpha$ -Altersbestimmung höhere Werte als das Gesteinsalter liefern müsste. Dies gilt auch dann, wenn Mischungen von altersverschiedenen Zirkonsubstanzen vorliegen würden, worauf HOPPE (1959) neuerdings aufmerksam gemacht hat. Inwiefern der festgestellte, jedoch sehr geringe Zirkonaltbestand das Pb/ $\alpha$ -Alter zu beeinflussen vermag, lässt sich ohne Kenntnis der Uran/Blei-Isotopenverhältnisse nicht bestimmen. Ebenso wird erst durch die Kenntnis der Bleiisotopenverhältnisse die Korrektur für den Gehalt an gewöhnlichem Blei möglich sein und ferner festgestellt werden können, ob, wie TILTON u. a. (1957) zeigen konnten, das Pb/ $\alpha$ -Alter infolge Bleiverlust zu niedrig erscheint.

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass, nebst der Bestimmung der Altersverhältnisse von Akzessorien, anhand der gewöhnlichen Bleiisotope in Feldspäten erkannt werden könnte, welche Bedeutung palinogenen Umwandlungen im Bergeller Granit beizumessen ist.

Die Analysen wurden in den Laboratorien des U. S. Geological Survey's, Washington D. C. ausgeführt. Herrn Harry J. Rose jr. und Frau Nola B. Sheffey sind wir für die spektralanalytischen Bleibestimmungen zu herzlichem Dank verpflichtet. Für die Überlassung des Materials danken wir Herrn Dr. T. Locher bestens.

### Literatur

- CITA, M. B. (1957): Studi stratigrafici sul terziario subalpino lombardo, sintesi stratigrafica della Gonfolite. Ist. Geol. Pal. Univ. Milano, Serie G, publ. no. 97.
- (1958): Litofacies e biofacies della „Gonfolite“ lombarda (1). Boll. Soc. Geol. Ital. Vol. LXXVII, fasc. 1.
- CORNELIUS, H. P. (1915): Geologische Beobachtungen in den italienischen Teilen des Albigna-Disgraziamassivs. Geol. Rdsch. 6.
- (1928): Zur Altersbestimmung der Adamello- und Bergeller-Intrusion. Sitzber. Ak. Wiss., Wien, Bd. 137, Heft 8.
- DRESCHER, F. K. (1939/40): Beiträge zur Kenntnis der Migmatit- und Assimilationsbedingungen sowie der synanthesischen Reaktionsformen. I. Über Schollenassimilation und Kristallisationsverlauf im Bergellergranit. Chemie der Erde, 12.
- DRESCHER, F. K. und STORZ, M. (1926): Ergebnisse petrographisch-tektonischer Untersuchungen im Bergeller Granit. N. Jb. f. Min., Abt. A, Beilagebd. 54.
- GOTTFRIED, D., JAFFE, H. W. and SENFTLE, F. E. (1959): The lead-alpha (Larsen) method of determining the age of igneous rocks from their accessory minerals. U. S. Geol. Surv. Bull. 1097-A.
- HOPPE, G. (1959): Über die Verwendbarkeit der akzessorischen Zirkone zu Altersbestimmungen. N. Jb. f. Min., Bd. 93.
- JÄGER, E. and FAUL, H. (1959): Age measurements on some granites and gneisses from the Alps, Geol. Soc. of America, Bull. vol. 70.



- KEEVIL, N. B. (1939): The calculation of geological age. *Amer. J. of Sc.*, vol. 237.
- LARSEN, E. S. jr., KEEVIL, N. B. and HARRISON, H. C. (1952): Method for determining the age of igneous rocks using the accessory minerals. *Geol. Soc. of Amer. Bull.* vol. 63.
- LYONS, J. B., JAFFE, H. W., GOTTFRIED, D. and WARING, C. L. (1957): Lead-alpha ages of some New Hampshire granites. *Amer. J. of Sc.*, vol. 255.
- NIGGLI, P. (1950): Probleme der alpinen Gesteinsmetamorphose. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. 30.
- PFISTER, M. (1921): Stratigraphie des Tertiär und Quartär am Südfuss der Alpen mit spezieller Berücksichtigung der miozänen Nagelfluh. *Diss. Univ. Zürich.*
- RAMDOHR, P. (1958): Neue Beobachtungen über radioaktive Höfe und über radioaktive Sprengungen. *Abh. Ak. Wiss. Berlin, Kl. Chemie, Geologie und Biologie*, Jg. 1957, Nr. 2.
- REINHARD, M. (1934/35): Über Gesteinsmetamorphose in den Alpen. *Jaarboek Mijnbouwkund.*
- ROSE, H. J. jr. and STERN, T. W. (1960): Spectrochemical determination of lead in zircon for lead-alpha age measurements. *Amer. Min.* vol. 45, Nr. 11 and 12.
- STAUB, R. (1918): Geologische Beobachtungen am Bergeller Massiv. *Vjschr. Natf. Ges. Zürich.*
- (1921): Geologische Karte der Val Bregaglia. *Beitr. Geol. Karte Schweiz, Spez. Karte 90.*
- (1934): Übersicht über die Geologie Graubündens. *Geol. Führer Schweiz, Fasc. III, Basel.*
- (1944): Geologisches vom Malojapass. *Festschrift 124. Jahresvers. Schweiz. Natf. Ges.*
- TILTON, G. R., DAVIS, G. L., WETHERILL, G. W. and ALDRICH, L. T. (1957): Isotopic ages of zircon from granites and pegmatites. *Transac. Amer. Geophys. Union*, vol. 38.
- WEIBEL, M. (1960): Chemismus und Mineralzusammensetzung von Gesteinen des nördlichen Bergeller Massivs. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. 40.
- WENK, E. (1956): Die lepontinische Gneissregion und die jungen Granite der Valle della Mera. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 49, Nr. 2.
- WETHERILL, G. W. (1956a): An interpretation of the Rhodesia and Witwatersrand age patterns. *Geochim. et Cosmochim. acta*, vol. 9.
- (1956b): Discordant uranium-lead ages, I., *Transac. Amer. Geophys. Union*, vol. 37.

Eingegangen: 9. Juni 1960.