Monazit als Kern pleochroitischer Höfe in Biotiten der Tessiner Gneisse

Autor(en): **Schwander, Hans / Wenk, Eduard**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **45 (1965)**

Heft 2

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-35206

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

Monazit als Kern pleochroitischer Höfe in Biotiten der Tessiner Gneisse

Von *Hans Schwander* und *Eduard Wenk* (Basel)*)

Mit 4 Textfiguren und 2 Phototafeln

Abstract

By means of electron microprobe analysis combined with a microscopical study the nuclei of the pleochroic haloes occurring in the biotites of mica schists and gneisses from the Lepontine Alps (Ticino region) are shown to be monazites. Zircon is of common occurrence as well but does not produce haloes in the biotites of those metamorphic and anatectic rocks of Tertiary age. Attention has been drawn to a paragenetic relation: monazite is common in gneisses and schists that are rich in mica and free from epidote; in rocks rich in epidote-minerals monazite is scarce or absent and allanite is a common accessory mineral instead.

Die feinen Einschlüsse, die in Biotiten der Tessiner Gneisse pleochroitische Höfe erzeugen, wurden bisher von den meisten Petrographen als Zirkone aufgefasst. Dies mag auf die Feststellung von MÜGGE (1909, S. 117) zurückgehen: „beim Biotit ist Zirkon wohl zweifellos das häufigste den Hof verursachende Mineral". Die Kleinheit der Körner verunmöglicht in den meisten Fällen eine genaue kristalloptische Bestimmung, und so blieben die Argumente unsicher: die Nuclei der Halos besitzen ein hohes Relief sowie eine hohe Doppelbrechung, und sie scheinen optisch einachsig, sicher aber positiv zu sein. Am Dünnschliff können gute Konoskopbilder nur mit der Ölimmersion und bloss an den sehr seltenen, gut orientierten, grösseren Körnern erzielt werden.

Zirkon ist selten reich an radioaktiven Elementen (HURLEY, P. M. and FAIRBAIRN, H. W., 1957). E. JÄGER et al. (1961) bemerkten in ihrer Beschreibung des Cocco-Gneisses der Tessineralpen: „Zirkon bildet auch dort, wo er in grösseren Körnern vorkommt, keine deutlichen

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Basel.

pleochroitischen Höfe." Auch die mehrere Millimeter grossen Zirkone der präalpidischen pegmatoiden Linsen im Amphibolit von Nibbio (Ivrea-Zone) erwiesen sich als überaus rein und zeigen keine messbare Aktivität. Deshalb sind pleochroitische Höfe um dieses Einschlussmineral, wie schon MÜGGE (1909, S. 119) bemerkte, in tertiären Gesteinen nur ausnahmsweise anzutreffen, in paläozoischen und präkambrischen Gesteinen aber sehr häufig. Auch TRÖGER (1955, S. 203) bestätigt: „Nur in alten, vorjurassischen Gesteinen treten Höfe (um Zirkon) auf." Würde es sich somit bei den radioaktiven Einschlüssen in den Tessiner Biotiten um Zirkone handeln, so ergäbe sich für die Glimmer ein relativ hohes Alter, was zu den übrigen Beobachtungen im Widerspruch stünde. Andere Kriterien, wie die Beziehungen zwischen der Glimmerkristallisation und dem alpidisch geformten Gefüge und besonders die Rb/Sr-Isotopenverhältnisse belegen ein tertiäres Alter. Mit der mineralogischen Frage der Identifizierung der Einschlüsse ist also ein wichtiges geologisches Problem verquickt. Der Sachverhalt musste abgeklärt werden, sobald sich einmal besonders günstiges Material darbot.

Solch eine Gelegenheit ergab sich kürzlich in der steilstehenden Gneisszone im Norden der insubrischen Linie, nordöstlich Locarno — vor allem in den Zonen von Locarno, Contra-Orselina und Mergoscia. Diese wurden früher der Injektionszone der Alpen zugerechnet und im Tessinerbereich als die — seither liquidierten — Wurzeln der penninischen Decken Monte Rosa und Bernhard aufgefasst. Beim Bau der Strassentunnel im unteren Verzascatal wurden in der Zone beginnender Anatexis mesokrate Biotit-Plagioklasgneisse und Glimmerschiefer angeschnitten, die an Amphibolite und Silikatmarmore angrenzen und in Adergneisse übergehen. Es ist nicht bekannt, ob diese alpin metamorphe sedimentogene Serie aus mesozoischen oder aus paläozoischen Ablagerungen hervorging. Dass sie aus beiderlei Gliedern gemischt ist, halten wir für unwahrscheinlich; denn die Verbandsverhältnisse sprechen für eine einheitliche Paragesteinsserie. Sollten also die Marmorzüge und Kalksilikatfelse mesozoischen Ausgangsgesteinen entsprechen, so müsste das gleiche auch für die angrenzenden, dunkeln Gneisse, Glimmerschiefer, Amphibolite und die seltenen Olivinfelse gelten.

Die Biotite dieser Zone — ihre Mineralchemie haben wir vor zwei Jahren untersucht (WENK, SCHWANDER et al., 1963) und in jener Publikation auch ein geologisches Querprofil durch die diskutierte Serie gezeichnet — erweisen sich nun als *auffallend reich an kräftigen pleochroitischen Höfen*, die im Durchschnitt 0,01 bis 0,02 mm breit sind und Kerne der Grössenordnung 0,005 bis 0,2 mm umringen. An diesem frischen

Material konnte die Natur der Nuclei der Halos mit der *Röntgen-Mikrosonde* in ungedeckten Dünnschliffen geprüft werden, und schon die ersten Versuche ergaben einwandfrei, dass es sich um *Monazit* handelt. Neben Apatit lässt sich allerdings auch Zirkon als Einschlussmineral im Biotit nachweisen; Zirkon erzeugt aber keine lichtoptisch erkennbaren Strahlungsschäden am Wirtmineral. Auch Orthit ist sporadisch verbreitet und tritt dann meist in mm-grossen Kristallen auf, die an ihrem Pleochroismus und Zonarbau sowie ihrer Interferenzfarbe und Verzwillingung leicht zu erkennen sind.

Dieses Mal hat also die Sonde, nicht das Mikroskop, auf die richtige Spur geführt, und die systematische optische Untersuchung, die ja ein viel ausgedehnteres Gesteinsmaterial zu erfassen vermag, setzte erst ein, als die neue Methode bereits ergeben hatte, dass keiner der Kerne der Höfe Zirconium enthält. Wir sind seither skeptisch gegenüber Literaturangaben, die Zirkon als Erzeuger von Strahlungsschäden an Biotiten alpin metamorpher Gesteine erwähnen. Unsere Befunde über die bedeutende Rolle des Minerales Monazit stehen jedoch in voller Übereinstimmung mit denjenigen von HUTTON (1947, 1950) und von HIEKE-MERLIN e JUSTIN-VISENTIN (1962) an Material anderer Provenienz.

UNTERSUCHUNGEN MIT DER RÖNTGEN-MIKROSONDE

Die Untersuchung von Einschlüssen in den Biotiten der Tessiner Gneisse, die im vorliegenden Fall senkrecht zu s geschnitten wurden, zeigt zunächst bei der qualitativen Beobachtung folgenden Befund:

Im Gegensatz zu den gesteinsbildenden Hauptkomponenten wie Quarz, Feldspäten und Glimmern erzeugen die Einschlüsse Zirkon und Monazit im Elektronenbild (sowohl absorbed als backscattered electron image) einen starken Kontrast. Kleine Kristallindividuen von einigen μ Durchmesser können auf dem Bildschirm scharf abgebildet werden; die Korngestalt der Monazite lässt sich auf diese Weise besser erfassen als auf dem Lichtmikroskop. Sie ist selten rund, sondern meistens amöbenartig oder schlauch- bis leistenförmig. Es scheint, dass die Monazitsubstanz sich dem zur Verfügung stehenden Platz bei der Ausscheidung anpasste; folglich dürfte es sich um junge Bildungen handeln.

Wie aus den vorangehenden Ausführungen ersehen werden kann, bilden lediglich die *Monazite* pleochroitische Höfe in den Biotiten. Die Halos konnten in keinem Fall auf dem Elektronenbild sichtbar gemacht werden; man darf deshalb annehmen, ihre Bildung sei nur durch die Einwirkung radioaktiver Strahlung und nicht durch Stoffwanderung

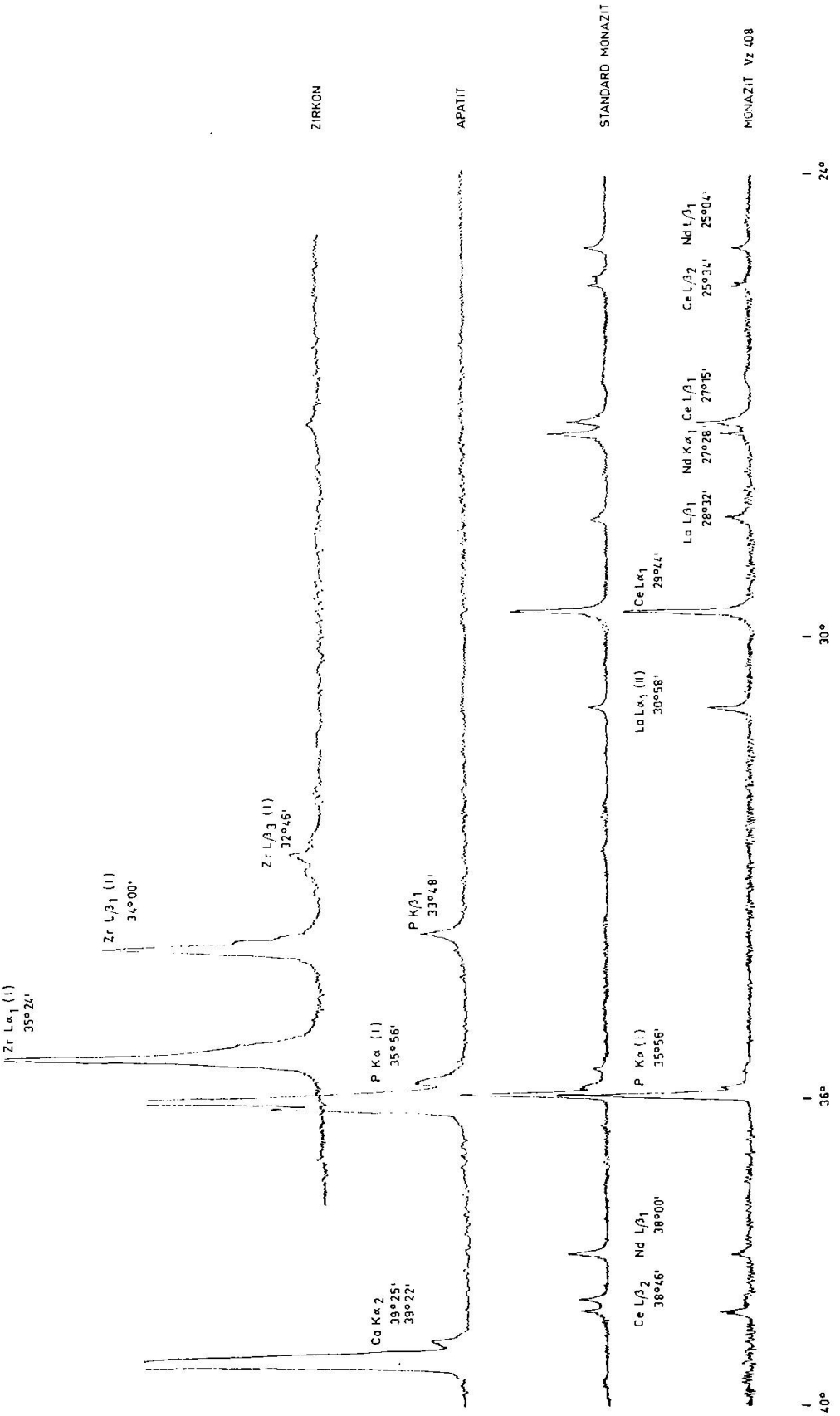


Fig. 1. Röntgenspektren von Apatit, Zirkon und Monazit. Analysatorkristall: Glimmer. $2\text{-}\theta$-Bereich: 24—41°.

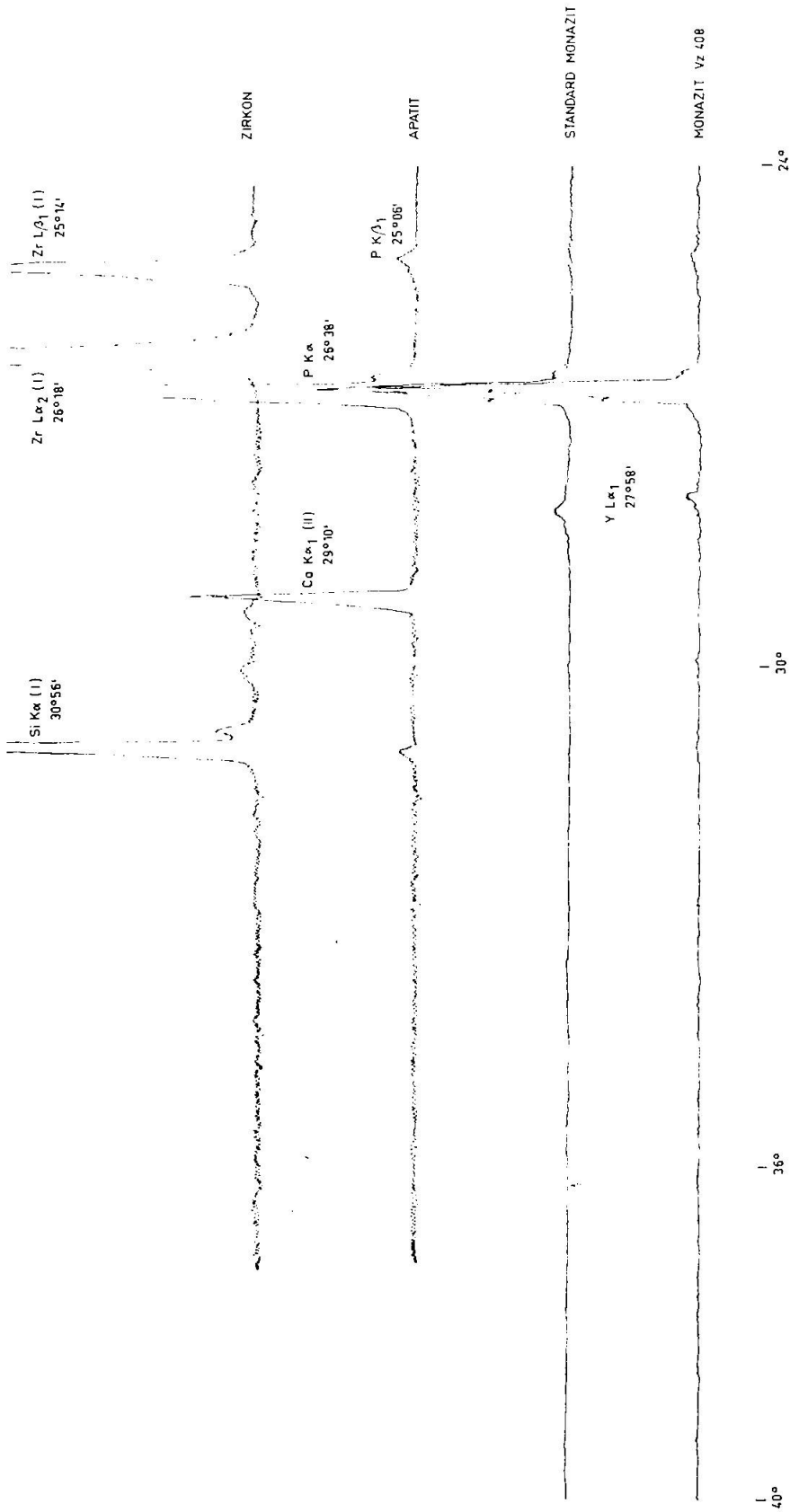


Fig. 2. Röntgenspektren von Apatit, Zirkon und Monazit.
Analysatorkristall: KAP. 2-θ-Bereich: 24—41°.

(Einlagerung von Spaltprodukten aus der Uran-Thoriumreihe) zustande gekommen.

Auf Grund der abgebildeten Röntgenspektren (Fig. 1 und 2) lassen sich die Mineralien Zirkon, Monazit und Apatit eindeutig voneinander unterscheiden. Schon die qualitative Analyse genügt zur Identifizierung.

Zirkon ist sehr oft erstaunlich rein, das heisst es konnten lediglich die Elemente Zr und Si nachgewiesen werden.

Beim Apatit wurde bis jetzt nur die Anwesenheit der beiden Hauptelemente P und Ca geprüft; Halos um Apatit fehlen in allen beobachteten Fällen. Die eventuell vorhandenen akzessorischen Elemente wurden nicht weiter untersucht.

Alle von uns untersuchten Monazite wurden auf Ca geprüft, um eine Verwechslung mit Apatit auszuschliessen. Die Anwesenheit von Ce und anderen seltenen Elementen, wie La, Nd etc., schloss Xenotim ($Y\ P\ O_4$) aus. Wie aus den Spektren ersichtlich ist, wurde ein Monazit aus einem norwegischen Pegmatit zum Vergleich herangezogen. Die Spektren stimmen sehr gut überein.

Wir versuchten auch, abzuklären, welche radioaktiven Elemente in den Monaziteinschlüssen der Tessiner Gneisse vorhanden sind. Vor allem konnten Th und U identifiziert werden; beide treten in wechselnden Mengen als Hauptkomponenten auf. In Fortsetzung dieser Arbeiten soll der Gehalt an Th und U quantitativ erfasst werden.

Die Vorbereitung der Proben war denkbar einfach, indem abgedeckte Dünnschliffe auf der Filzscheibe mit Zinnoxyd poliert wurden. Selbstverständlich war die Oberfläche in keinem Falle eben, doch machte sich nur eine Absorption der Röntgenstrahlen störend bemerkbar, wenn die Einschlüsse zu tief im Wirtkristall drin steckten. Es war auf diese Weise möglich, die stoffliche Zusammensetzung von Körnern zu prüfen, die vorher mikroskopisch untersucht worden waren.

Untersuchungsbedingungen

Röntgen-Mikrosonde Jeol, Typ JXA-3A
Beschleunigungsspannung 25 kV
Strahlstrom 50 μA
Probenstrom 0,3 μA
Elektronenstrahldurchmesser ca. 1 μ
Analysatorkristalle KAP für die Elemente Ca, Si, P und Zr
Glimmer für die Elemente Ca, Si, P, Zr, U, Th und seltene Elemente
LiF für die seltenen Elemente

MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG

Die mikroskopische Untersuchung beschränkt sich auf Dünnschliffe, da noch keine Konzentrate zur Verfügung standen. Somit konnten auf optischem Wege nur gut orientierte Schnitte von grösseren Mikrolithen bestimmt werden. Die Untersuchung bestätigte, dass zwei verschiedene Arten von hochlichtbrechenden und hochdoppelbrechenden Einschlüssen im Biotit auftreten.

Die erste Art, mit relativ höherem Relief, erweist sich in isotropen Schnitten stets als optisch einachsig positiv und löscht in Schnitten maximaler Doppelbrechung (n_γ—n_α 0,045) gerade aus, mit [n_γ] parallel der Elongationsachse c; diese Einschlüsse sind in den untersuchten Gesteinen nie von deutlichen pleochroitischen Höfen umringt. Es handelt sich um *Zirkon*.

Die zweite Art von Einschlüssen besitzt ein etwas niedrigeres Relief und meist eine schwach gelbliche Farbe; sie erweist sich in günstig orientierten Schnitten stets als optisch zweiachsig positiv mit $2V_\gamma \sim 10°$ und zeigt in Schnitten senkrecht [n_α] schiefe Auslöschung in bezug auf Spaltrisse und Elongationsachse. Diese zweite Art von Einschlüssen im Biotit ist stets von kräftigen pleochroitischen Höfen umgeben und stellt *Monazit* dar. Der Halo zeigt, weitgehend unabhängig von der Grösse des Nucleus, eine ähnliche Breite; ein häufig gefundener Mittelwert beträgt 0,017 mm.

Schwache Halos wurden bisweilen um Orthitkörner beobachtet; diese sind aber weder mit Zirkon noch mit Monazit zu verwechseln.

Die zwei Mineralarten Zirkon und Monazit treten häufig zusammen auf, und mit einiger Übung können sie, abgesehen vom unterschiedlichen Relief, oft schon morphologisch unterschieden werden, wie die Fig. 3 und 4 zeigen. Zirkon bildet scharf umgrenzte, frische Körner, die entweder gut gerundet oder idiomorph sind. Schnitte senkrecht zur optischen Achse sind isometrisch und werden oft von tetragonalen Prismen umgrenzt, während Schnitte maximaler Doppelbrechung parallel [n_γ] elongiert sind. Das Korn Vz. 285a in Fig. 3 stellt einen der grössten beobachteten Zirkone dar. Monazit hingegen bildet meistens etwas zersetzte Einschlüsse mit verschwommenen Umrissen und entweder länglicher, bisweilen extrem nadelförmiger oder ganz unregelmässiger, amöbenartiger Gestalt. Besonders fällt auf, dass die optisch isotropen Schnitte — im Gegensatz zum Zirkon — anisometrisch sind. Die Doppelbrechung der Tessiner Monazite ist, wohl infolge ihres metamikten Zustandes, teilweise geringer als jene von Zirkon.

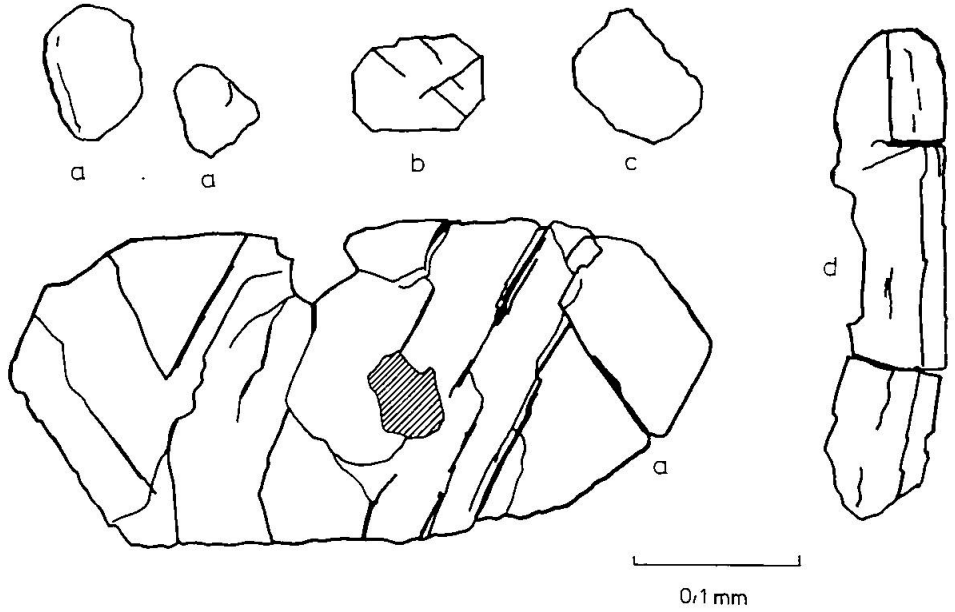


Fig. 3. Zirkone aus Gneissen der Valle Verzasca. Die Körner *a* stammen aus Probe Vz. 285a (Koord. 696.3/132.0); *b* Schnitt senkrecht zur optischen Achse aus Vz. 505 (699.0/130.3); *c* aus Vz. 312 (712.8/117.5); *d* Schnitt maximaler Doppelbrechung $n_\gamma - n_\alpha = 0.045$ aus Probe Vz. 453 (709.3/117.7).

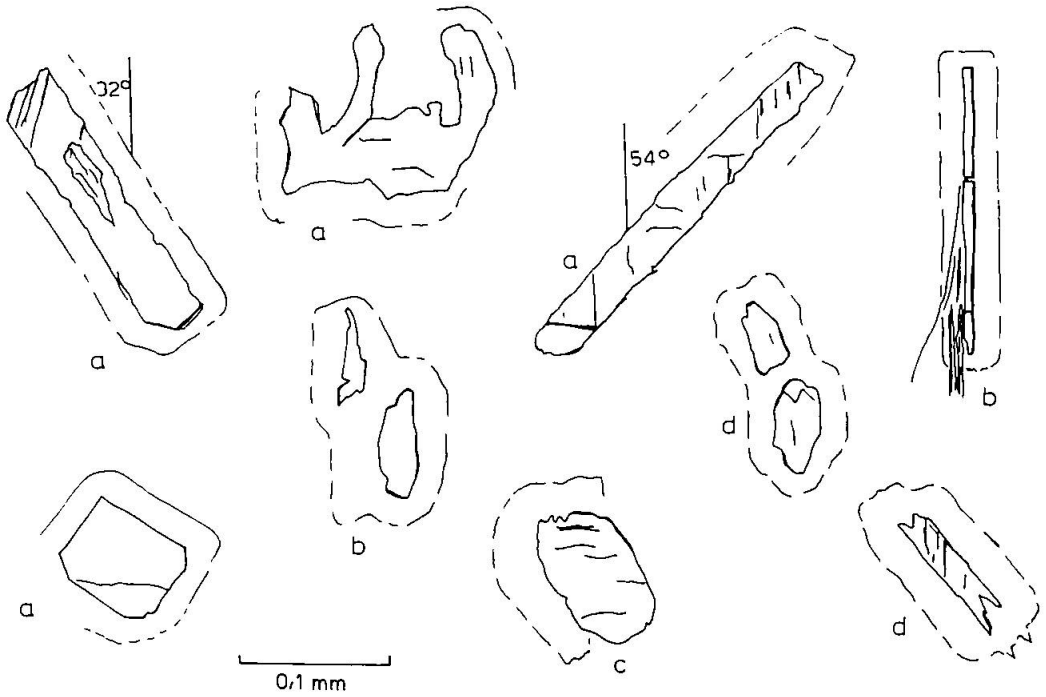


Fig. 4. Monazite mit pleochroitischen Höfen in Biotit aus Gneissen und Glimmerschiefern der Valle Verzasca. Die beiden Körner links oben sind senkrecht zur spitzen Mittellinie geschnitten. Körner *a* aus Probe Vz. 443 (Koord. 709.65/118.6); *b* aus Vz. 455a (709.57/117.93); *c* aus Vz. 434b (708.95/116.6); *d* aus Vz. 408 (708.8/116.5).

Verbreitung: Abgesehen von Apatit, Titanit und Orthit, bildet Monazit unserer Erfahrung nach mehr als die Hälfte der Einschlüsse in den orangegelben bis hellbraunen Biotiten der mesokraten Biotit-Plagioklasgneisse und Glimmerschiefer — also der Paragesteine —, während Zirkon in den hellen, granitoiden Gneissen überwiegt. So tritt Monazit beispielsweise im bekannten hellen Zweiglimmer-Oligoklasgneiss von Brione-Verzasca stark zurück. Dieser Befund trifft zu, auch wenn berücksichtigt wird, dass pleochroitische Höfe und ihre Nuclei in den dunkeloliv- bis schwarzbraunen Glimmern der hellen Kerngneisse schwerer zu erkennen sind als in den lichteren Biotiten und dass Monazit nur im Glimmer festgestellt wurde, während Zirkon auch im Quarz-Feldspatgefüge auftritt. Monazit ist der Erzeuger pleochroitischer Höfe und der dominante, hochlichtbrechende Biotiteinschluss in den Paragneissen (inkl. anatektische Typen) der Verzasca (z. B. Proben Vz. 150, 196, 408, 434, 443, 455, 479, 500, 505), des Maggia-Gebietes, des Calancatales (F. K. Grono 12, 16a, Cal. 9, 16), des Misox (Mis. 9, 33), von Val Bodengo (Bod. 1a, 4, Bl. 1550, 1736a), Valle della Mera und anderen Vorkommen. Die grössten Monazite wurden im Material aus dem Val Bodengo gefunden.

Es wäre jedoch falsch, dem Mineral Monazit einen sicheren Leitwert zur Unterscheidung von sedimentogenen Hüllgesteinen und granitoiden Kerngesteinen beizumessen; denn im Verlaufe der Untersuchung trat mehr und mehr ein paragenetischer Zusammenhang in den Vordergrund: in Proben, die reich sind an Epidotmineralien und Titanit, wird Monazit in Hüll- und Kerngesteinen selten oder setzt ganz aus, während Zirkon durchwegs verbreiteter Übergemengteil bleibt. Es fällt besonders auf, dass die zu den Kerngesteinen zu zählenden, flatschigen Cocco- und Antigorio-Gneisse wie auch der Verampio-Gneiss, die alle reichlich Epidot führen, arm sind an Monazit und an pleochroitischen Höfen, dafür aber reich an Orthit! Cerium und Thorium sind hier also an Epidot gebunden, in epidotfreien Gesteinen aber im Monazit konzentriert. Das gleiche gilt übrigens weiter östlich für die epidotreichen Tonalite und entsprechenden Gneisse des Zuges Iorio-Val Masino-Disgrazia; sie führen Orthit, und erst in den nördlich anschliessenden Zonen, im Migmatitgebiet von Novate und im Bergeller Granit des Forno-Gebietes, treten pleochroitische Höfe wieder deutlich in Erscheinung und lässt sich Monazit nachweisen.

Vor der konsequenten geochemischen Untersuchung ist es verfrüht, ein Urteil über den relativen Reichtum der verschiedenen geologischen Zonen an Cerium abzugeben; denn die sporadisch auftretenden Orthit-

körner sind oft mm-gross, während die vielen winzigen Monazite einen zehn- bis hundertmal kleineren Querschnitt besitzen.

Zwei Aussagen dürfen jedoch heute schon gemacht werden: Die unzähligen Literaturnotizen über Zirkon als Erzeuger von pleochroitischen Höfen in Biotiten alpidischer Gesteine dürften grösstenteils falsch sein; denn der Hauptsünder heisst Monazit. In den Tessiner Alpen ist Monazit hauptsächlich in epidotfreien, glimmerreichen Metamorphiten anzutreffen, selten in den pegmatitischen und granitoiden Bildungen.

Literatur

Hieke Merlin, O. e Justin Visentin, E. (1962): Studio dei componenti accessori nelle rocce del Gran Paradiso, con particolare riguardo ai minerali radioattivi. Mem. Ist. Geol. Mineral. Univ. Padova, XXII, 1961/62.

Hurley, P. M. and Fairbairn, H. W. (1957): Abundance and distribution of uranium and thorium in zircon, sphene, apatite, epidote, and monazite in granitic rocks. Trans. Amer. geophys. Union, 38, p. 939—944.

Hutton, C. O. (1947): The nuclei of pleochroic haloes. Amer. J. Sc., 245, p. 154–157.

— (1950): Studies of heavy detrital minerals. Bull. geol. Soc. Amer., 61, p. 635–716.

Jäger, E., Geiss, J., Niggli, E., Streckeisen, A., Wenk, E. und Wütrich, H. (1961): Rb-Sr-Alter an Gesteinsglimmern der Schweizer Alpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 41, p. 255—272.

Joly, J. (1907): Pleochroic Halos. Philos. Mag., Ser. 6, 13, p. 381—383.

Mügge, O. (1909): Radioaktivität und pleochroitische Höfe. II. Eigenschaften und Vorkommen der natürlichen Höfe. Centralbl. Mineral., Geol., Pal., S. 113—120.

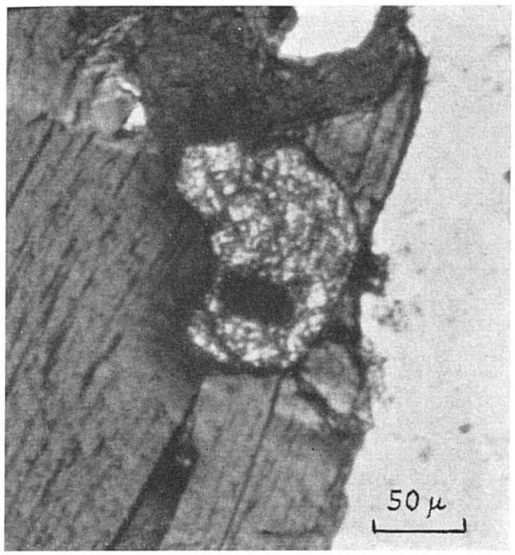
Ramdohr, P. (1958): Neue Beobachtungen über radioaktive Höfe und über radioaktive Sprengungen. Abh. dtsch. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Chem., Geol., Biologie, Jg. 1957, Nr. 2.

Tröger, W. E. (1955): Optische Eigenschaften und Bestimmung der wichtigsten gesteinsbildenden Minerale. In: Freund, H.: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, IV, Teil 1, Mikroskopie der Gesteine, S. 51—319.

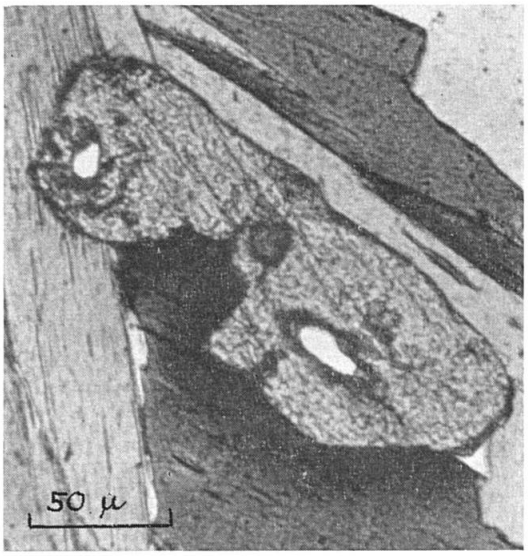
Wenk, E., Schwander, H., Hunziker, J. und Stern, W. (1963): Zur Mineralchemie von Biotit in den Tessineralpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 43, S. 435—463.

Manuskript eingegangen am 15. Juni 1965.

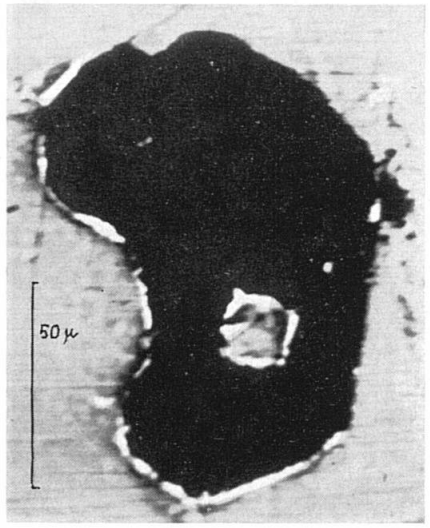
Schweiz. Min. Petr. Mitt.
Band 45, Heft 2, 1965



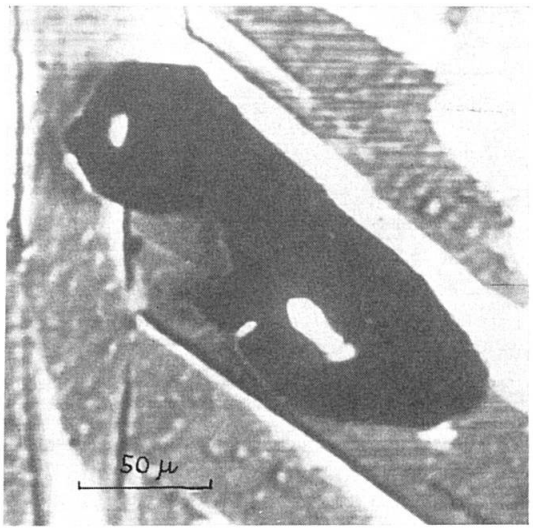
1



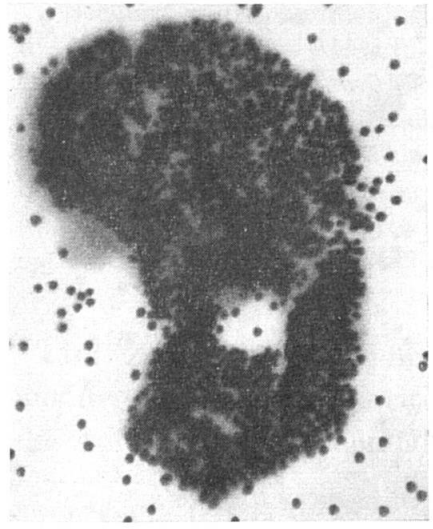
4



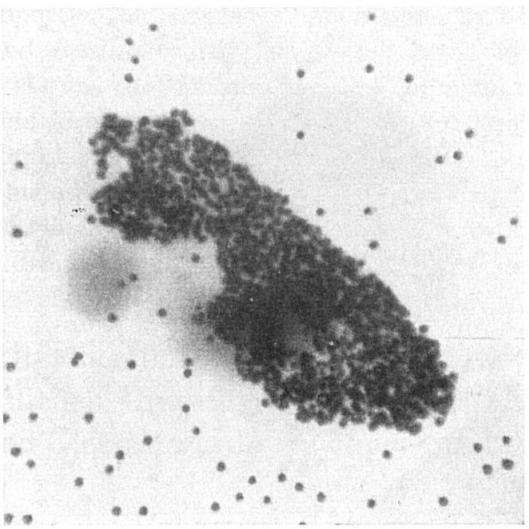
2



5



3

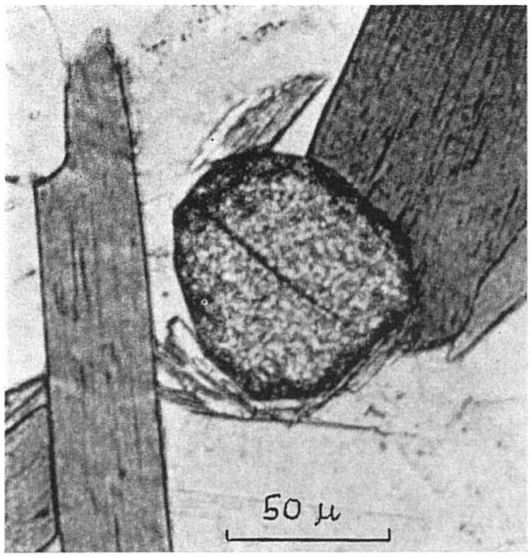


6

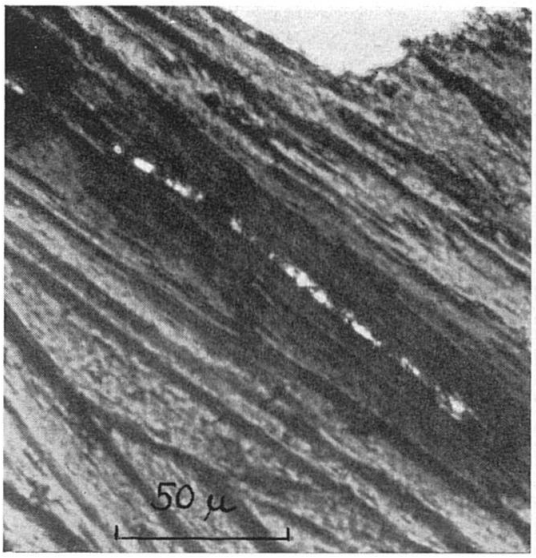
Abb. 1—3. Bod. 4, Monazit aus Biotit-Mikroklinmikroperthit-Plagioklasgneiss, Val Bodengo. 1 Mikrophoto, 2 absorbed electron image, 3 Phosphor-Verteilung.

Abb. 4—6. Bl. 1938, Monazit aus kalifeldspatführendem Muskowit-Biotit-Plagioklasgneiss (745.0/126.0). 4 Mikrophoto, 5 absorbed electron image, 6 Phosphor-Verteilung.

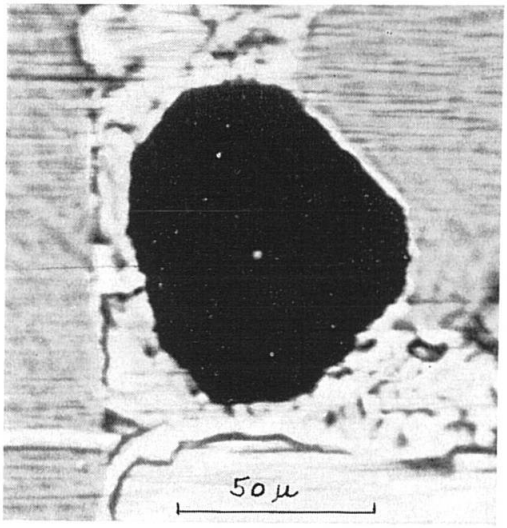
TAFEL II



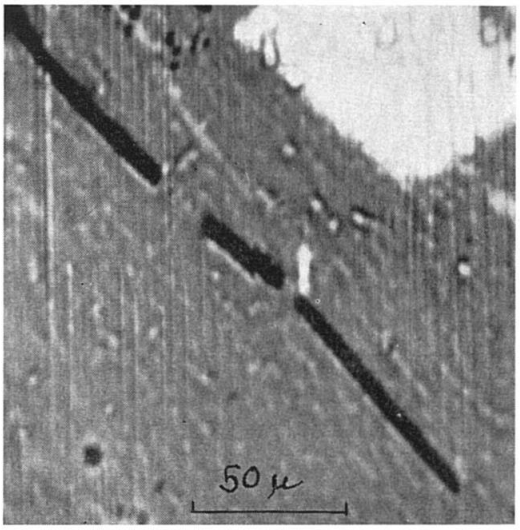
1



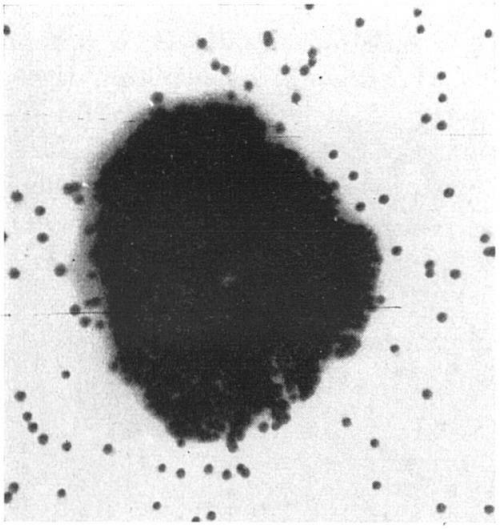
4



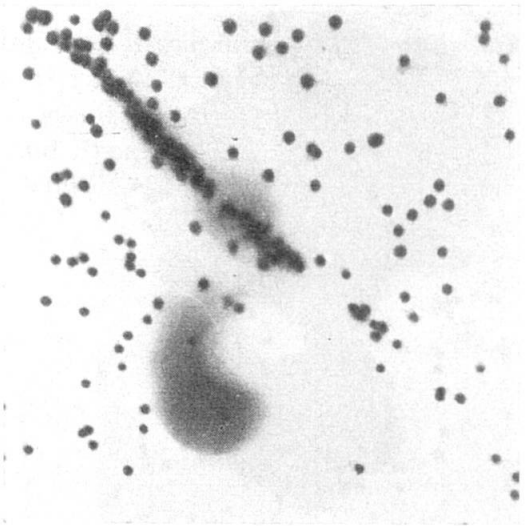
2



5



3



6

Abb. 1—3. Vz. 235, Zirkon aus Granat-Biotit-Plagioklas-Schiefergneiss (702.3/134.9). 1 Mikrophoto, 2 absorbed electron image, 3 Zr-Verteilung.

Abb. 4—6. FK Grono 12, Monazit aus sillimanitführendem Disthen-Muskowit-Biotit-Plagioklasgneiss (730.7/123.7) 4 Mikrophoto, 5 absorbed electron image, 6 Phosphor-Verteilung.