

Die Ausbildung der Zirkone im Granitgneis des Hohen Sonnblicks (Penninikum, Ostalpen) und ihre Aussage zur Gesteinsgenese

H. DÖLZLMÜLLER, F. FINGER, A. SCHERMAIER*)

Mit 5 Abbildungen

Prof. Dr. G. FRASL zum 65. Geburtstag gewidmet

Zusammenfassung

Akzessorische Zirkonkristalle vom „Zentralgneis des Sonnblick-Kernes“, also eines amphibolitfaziell metamorphen variszischen Granits aus dem österreichischen Anteil der penninischen Zone der Ostalpen, wurden separiert und hinsichtlich ihrer lichtmikroskopisch feststellbaren Eigenschaften in Streupräparaten untersucht.

Nachdem die Zirkone typisch magmatische Kristallisationserscheinungen aufweisen, wie zum Beispiel idiomorphen prismatischen Habitus mit regelmäßig idiomorphem Schalenbau im Inneren und orientiert angelagerten Einschlüssen von Apatitkristalliten, steht fest, daß ihr Wachstum im wesentlichen schon im granitischen Edukt des Gneises erfolgte.

Eine darüberhinausgehende Neubildung von Zirkonsubstanz in einer endomagmatischen Bildungsphase und/oder während der alpidischen Regionalmetamorphose hat demgegenüber sichtlich nur eine sehr untergeordnete Rolle gespielt, und es ist dabei höchstens zu minimalen, ungleichmäßig höckerigen An- und Überwachsungen der magmatogenen Kristalle durch niedriger licht- und doppelbrechende Zirkonsubstanz gekommen, welche die primäre Kristallmorphologie jedoch praktisch nicht verdeckt. Letztere ist durchwegs schlank mit großen (110) Prismen und gut entwickelten (101) Pyramidenflächen, was darauf schließen läßt, daß das ursprüngliche magmatische Milieu Eigenschaften einer höher fraktionierten, niedrigtemperierten kalkalkalischen I-Typ Granitschmelze besaß. Dies ist mit bisherigen auf geochemischer Grundlage basierenden Deutungen konsistent, wonach der untersuchte Granitgneis des Hohen Sonnblicks auf einen sauren I-Typ Granit zurückgeht, der im Zuge variszischer Subduktions-Kollisions-Prozesse intrudierte.

Abstract

Accessory zircons have been separated from a granitic orthogneiss of the Austrian Penninic Zone of the Eastern Alps and microscopically investigated. The rock („Zentralgneis of the Sonnblick Nappe“) represents a Variscan intrusive, which has

*) Adresse der Verfasser: Institut für Geowissenschaften der Universität Salzburg, Abteilung Mineralogie, Petrographie und Lagerstättenkunde, Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg, Österreich.

been metamorphosed during the Alpidic orogeny at lower amphibolite facies metamorphic grades.

According to their magmatic growth phenomena (euhedral prismatic crystal forms with idomorphic zoning and orientated inclusions) the zircons are regarded as essentially pre-metamorphic magmatic minerals that crystallized in the Variscan granitic melt. Zircon growth during the Alpidic metamorphic event played no significant role and led to only minimal outgrowth and overgrowth phenomena on the older crystals. The original crystal morphology of the zircons indicates that their Variscan parental magma was probably both mantle and crustal derived, had calc-alkaline I-type affinities, was highly fractionated, and solidified at relatively low temperatures. This information is consistent with earlier geochemical work, which showed the investigated metagranite to be a highly evolved member of a plutonic I-type suite, that was intruded during a Variscan subduction-collision environment.

1. Einleitung

Der typische Zentralgneis des Hohen Sonnblicks (EXNER 1964), welcher in den östlichen Hohen Tauern nördlich des Mölltales einen ca. 20 km langen „Gneiskern“ bildet (Abb. 1), geht im wesentlichen auf einen primär weitgehend einheitlichen, mittel- bis grobkörnigen sauren I-Typ Biotit-Granit zurück, wie sich bei einer ersten großräumigen geochemischen Vergleichsstudie an Zentralgneisen ergab (FINGER & STEYRER 1988). Das granitische Magma dürfte nach den genannten Autoren im Zusammenhang mit variszischen Subduktions-Kollisions-Prozessen über einer bedeutenden paläozoischen Subduktionszone entstanden bzw. aufgedrungen sein.

Nach FRANK et al. (1987) muß mit einer späteren alpidisch metamorphen Überprägung des Gesteins unter Bedingungen der niedrigeren Amphibolitfazies gerechnet werden.

Versuche, die ursprüngliche magmatische Natur und Genese von Orthogneisen mit geochemischen Methoden zu ergründen, sind nun bekanntlich insofern mit Schwierigkeiten verbunden, als man zum Beispiel bei stärker verschieferten Varietäten damit rechnen muß, daß die ursprüngliche Geochemie durch Stoffaustausch während der Metamorphose entscheidende und mengenmäßig schwer erfaßbare Veränderungen erfahren hat.

In der vorliegenden Arbeit wird daher probeweise der Versuch gemacht, mit einer völlig andersartigen, alternativen Methode Informationen über den magmatischen Teil der Gesteinsgenese eines Orthogneises zu erhalten, nämlich mit der Zirkonuntersuchung. Dabei wurde zunächst von der Überlegung ausgegangen, daß im Granitgneis des Sonnblicks noch vormetamorphe, magmatisch gewachsene Zirkone zu finden sein müßten (nämlich wegen der bekannt hohen Stabilität des Minerals gegenüber metamorphen Prozessen), und daß aus Größe, Tracht und Habitus dieser Kristalle noch wertvolle petrogenetische Informationen über die magmatischen Bildungsumstände des Gesteins abgeleitet werden können (zum Beispiel nach den Regeln von PUPIN 1980; vgl. dazu aber auch z. B. FRASL 1963, HOPPE 1963, KÖHLER 1970, FINGER 1987).

Weiters war natürlich von Interesse, ob, inwieweit und in welcher Form ein allfälliges Zirkonneuwachstum während der Metamorphose, dem eine Reihe von

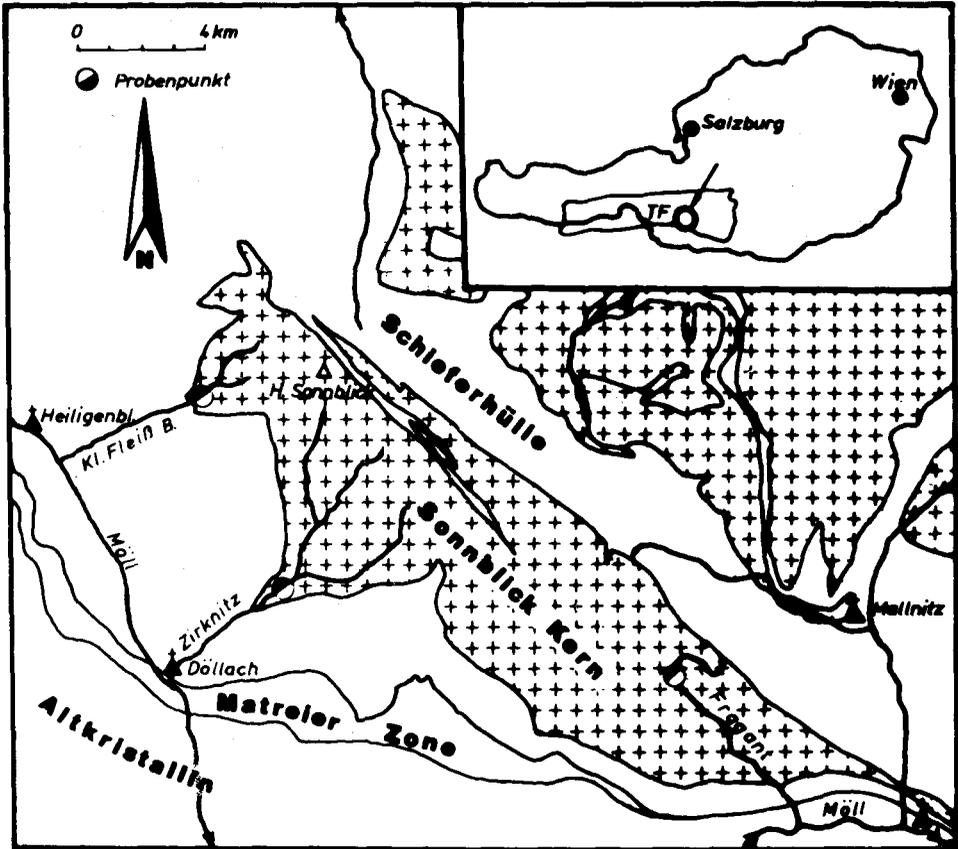


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte des Sonnblickgebietes (vereinfacht nach EXNER 1964) mit Eintragung unserer Probennahmepunkte. Die Einschaltung rechts oben zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes (dicker Kreis) in Österreich bzw. im Tauernfenster (= TF).

Autoren ja fallweise erhebliche Bedeutung beimessen (z. B. NEUBAUER 1987), im vorliegenden Fall mikroskopisch belegbar wäre.

2. Die Ergebnisse der Zirkonuntersuchungen

2.1. Bemerkungen zur Methodik

Den folgenden Beschreibungen liegt die Untersuchung von drei Zirkonstreupräparaten zugrunde, welche aus Gesteinsmaterial von drei kilometerweit auseinanderliegenden Lokalitäten der Kernzone des Sonnblickgneiskörpers gewonnen wurden (Fleißtal, Zirknitztal, Innerfragant – siehe Abb. 1).

Beprobt wurde jeweils der im ganzen Gebiet weitverbreitete und typische, grobkörnige, helle, seltener auch etwas rötliche Granitgneis mit seinen charakteri-

schischen prophyrischen, meist noch gut idiomorphen Kalifeldspaten von 1–2 cm Größe.

Die Zirkone wurden nach den üblichen Methoden der Mineralseparation gewonnen (vorsichtiges Brechen von etwa 1 kg Gestein, anschließendes Sieben und Schwermineralabtrennung mit Tetrabromethan in der Fraktion $< 250 \mu\text{m}$, Magnetscheider etc.; siehe z. B. FRASL 1963) und in Form von Körnerpräparaten, eingebettet in Kanadabalsam, im Durchlicht mikroskopiert. Insgesamt enthielten die für die vorliegende Untersuchung hergestellten Präparate etwa 400 einzelne unzerbrochene Kristalle und daneben auch eine größere Menge an meist einseitig abgebrochenen Zirkonen. Die Ausbildung der akzessorischen Zirkone erwies sich hinsichtlich der lichtmikroskopisch feststellbaren Eigenschaften in allen drei Proben als weitgehend übereinstimmend. Eine Differenzierung der Kristalle nach morphologischen Kriterien in verschiedene genetische Gruppen, wie dies sonst oft bei Granitoiden möglich ist (z. B. MÜLLER 1965, FINGER & HAUNSCHMID 1988), erscheint im Sonnblick-Zentralgneis auf Grund der Einheitlichkeit der einzelnen Zirkone nicht sinnvoll durchführbar zu sein, und es kann eher davon ausgegangen werden, daß im Gestein im wesentlichen nur eine einzige genetisch zusammengehörige Zirkonpopulation vorliegt.

Im folgenden werden die wichtigsten Eigenschaften der Zirkone des Sonnblick-Granitgneises kurz skizziert.

2.2. Kornformen und Abmessungen

In den untersuchten Zirkonstreupräparaten fanden sich unzerbrochene Kristalle zwischen 50 und 250 μm Länge, wobei der weitaus überwiegende Teil allerdings Längen zwischen etwa 80 und 140 μm aufwies. Normalerweise sind die Kristalle dabei etwa 2 bis 4 mal so lang wie breit (vgl. Abb. 2). Die statistische Auswertung der Abmessungen von 300 unzerbrochenen Kristallen ergab eine nach der Methode

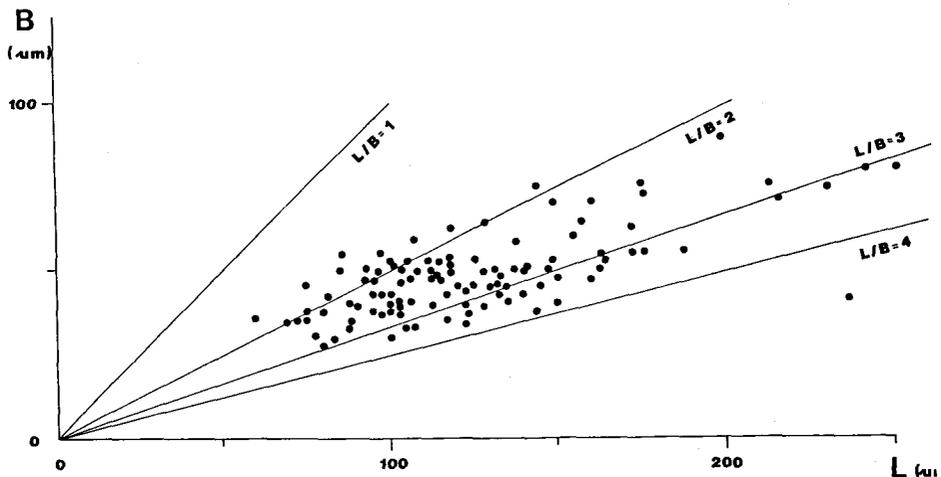


Abb 2: Abmessungen eines repräsentativen Querschnitts von unzerbrochenen Zirkonkristallen des Sonnblick-Granitgneises.

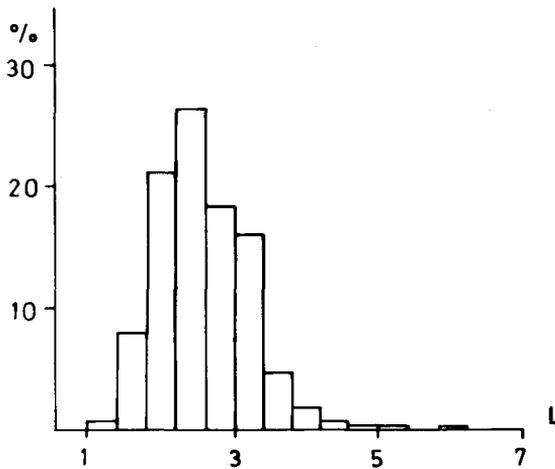


Abb. 3: Längen/Breiten-Häufigkeitsverteilungskurve von 300 unzerbrochenen Zirkonkristallen des Sonnblick-Granitgneises.

von KÖHLER (1968) erstellte Längen/Breiten-Häufigkeitsverteilungskurve mit ziemlich symmetrischem Verlauf und einem relativ schmalen Maximum (Abb. 3). Der rechnerische L/B-Mittelwert ist 2.54. Die mittlere Länge der Körner wurde mit $122 \mu\text{m}$ (± 36), die mittlere Breite mit $48 \mu\text{m}$ (± 14) bestimmt.

Fast alle Kristalle können von der Umrißform her als weitgehend idiomorph bezeichnet werden, und schon dieser Umstand zeigt (ebenso wie der durchwegs schlanke Habitus der Kristalle), daß das Wachstum der Zirkone magmatisch – und damit noch in der variszischen Granitschmelze – erfolgt sein muß (vgl. HOPPE 1963). Vielfach sind die Kristalloberflächen sogar völlig ebennmäßig ausgebildet und die Kristallkanten stechen scharf hervor (vgl. Abb. 5). Nicht selten kommt es aber auch vor, daß stellenweise auf ehemals glatten Außenflächen nachträglich, d. h. endomagmatisch oder auch möglicherweise während der alpidischen Metamorphose, wenige μm dünne Häutchen oder Höckerchen einer niedrig licht- und doppelbrechenden und dabei gleichzeitig meist bräunlich-trüb erscheinenden Zirkonsubstanz aufgewachsen sind („gestörtes Neuwachstum“ sensu HOPPE 1963, KÖHLER 1968). Auffällig ist, daß dieses Neuwachstum bevorzugt an den Pyramidenenden der Zirkone ansetzt, während die Prismenflächen eher davon verschont bleiben. Allerdings finden sich auch Fälle, wo ein ganzer Kristall von einer sehr dünnen und dabei nach außen hin nie eben, sondern mehr oder weniger höckerig-buchtig ausgebildeten Schicht dieser Substanz überzogen ist.

Im großen und ganzen ist jedenfalls das beschriebene „gestörte Neuwachstum“, nachdem es kaum einmal $3 \mu\text{m}$ Dicke übersteigt, mengenmäßig im Vergleich zum idiomorphen Zirkonhauptkörper stets recht unbedeutend, und die ursprünglichen, nämlich durch die magmatische Kristallisation geprägten Abmessungen und Trachten, werden deshalb praktisch nie in nennenswerter Weise verschleiert oder gar verändert.

Nicht geprüft wurde (mangels geeigneter Vergleichszahlen), ob die Anzahl an zerbrochenen Körnern, welche sich in den Präparaten fanden, gegenüber unmetamorphem Graniten signifikant erhöht ist. Eine solcherart häufiger auftretende Kornzerbrechung könnte man auf Grund der alpidischen Deformation, welcher das Gestein sichtlich ausgesetzt war, unter Umständen erwarten (vgl. z. B. KURZE et al. 1980).

2.3. *Tracht*

An den Zirkonen des Sonnblick Granitgneises konnten insgesamt vier verschiedene Kristallflächen identifiziert werden, nämlich die beiden Prismen (110) und (100) und die beiden verschiedenen steilen Pyramiden (211) und (101) (Indizierung nach PUPIN 1980). Welche Kombinationen diese Flächen an den einzelnen Kristallen zeigten, ist aus dem Diagramm in Abbildung 4 zu entnehmen. In diesem Diagramm, das etwas modifiziert (siehe FINGER & HAUNSCHMID 1988) auf eine von PUPIN (1980) publizierte Darstellung zurückgeht, können im Prinzip 49 Trachtformen qualitativ unterschieden werden, und zwar geordnet nach der relativen Größenentwicklung der Zirkonprismen (110) und (100) einerseits (7 Abstufungen senkrecht) und der relativen Größenentwicklung der Zirkonpyramiden (211) und (101) andererseits (7 Abstufungen waagrecht). Mit graphischen Symbolen ist in den entsprechenden Feldern eingetragen, welche Trachtformen im vorliegenden Fall in welcher Häufigkeit gefunden werden konnten.

Aus diesen Eintragungen, die im Diagramm alle rechts oben liegen, ist zu ersehen, daß das typische Trachtmerkmal der gesamten Zirkonpopulation die bevorzugte Ausbildung von (110) Prismen und (101) Pyramiden ist. Bei etwa einem Drittel aller untersuchten Kristalle fanden wir überhaupt die einfache Trachtkombination (110)+(101). Die restlichen Kristalle erwiesen sich als flächenreicher und es bestand entweder die Tracht (110)+(211)+(101), (110)+(100)+(101) oder (110)+(100)+(211)+(101), wobei allerdings regelmäßig weder der (100) noch der (211) Fläche eine größere Wertigkeit zukam (siehe Abb. 4).

Welche genetischen Schlußfolgerungen aus der Trachtausbildung der Zirkone gezogen werden können, wird später noch diskutiert.

2.4. *Erscheinungen im Zirkoninneren*

Im Zirkoninneren waren einerseits diverse Einschlusßmikrolithen sichtbar, andererseits konnte vielfach ein idiomorphes magmatisches Schalenwachstum, also ein Zonarbau erkannt werden. Auffällig war weiters, daß die Kristalle nicht selten eine auf verschiedene Art und Weise angeordnete, feinkörnig und dunkel erscheinende Substanz beinhalten, deren Entstehung vermutlich Prozessen der Metamiktisierung zuzuschreiben ist. Alle diese Erscheinungen sind der sonst guten Durchsichtigkeit der Zirkone etwas abträglich. Eine Eigenfarbe konnte an den klaren Zirkonpartien im Durchlicht nicht festgestellt werden. Im UV-Licht zeigen die Zirkone gelbe Fluoreszenz.

Bei den Einschlusßmikrolithen handelt es sich meist wohl um Apatite, welche in kleinen, aber langen und nadeligen, „bleistiftartigen“ Formen, und in vielen Kristallen sogar in größerer Menge, bevorzugt exakt parallel zu den jeweiligen

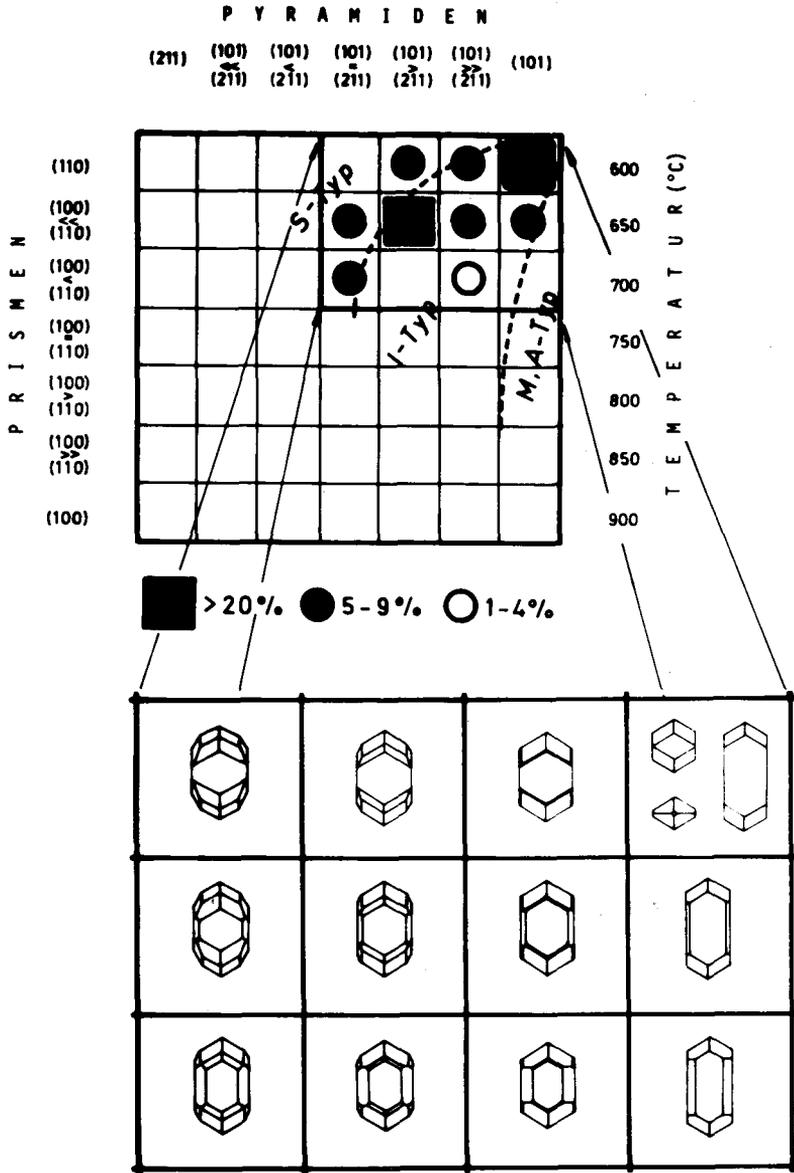


Abb. 4: Diagramm zur qualitativen Unterscheidung häufig vorkommender Zirkontrachtformen (modifiziert nach PUPIN 1980) mit Eintragung der im Sonnblick-Granitgneis verbreiteten Trachten. Eingezeichnet ist weiters mit strichlierten Linien, welche Trachten in S-, I-, M-, und A-Typ Graniten normalerweise auftreten (vgl. PUPIN 1980, 1986, FINGER et al. 1987), sowie die Abhängigkeit der Tracht von der Kristallisationstemperatur (geothermometrische Skala nach PUPIN & TURCO 1972). Weitere Erläuterungen im Text.

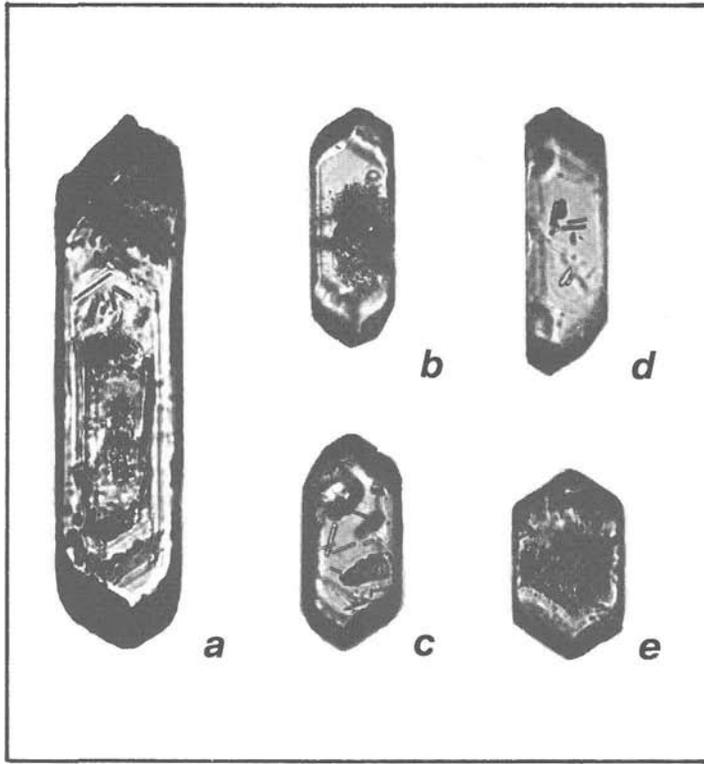


Abb. 5: Einige besonders typische Zirkone aus dem Sonnblick-Granitgneis (Vergrößerung etwa 400fach und bei allen Kristallen gleich).

- 5 a: Langprismatischer, idiomorph zonierter Kristall mit groß entwickelten (110) Prismenflächen und (101) Pyramidenflächen. Der Kristall liegt flach am Prisma (110) auf, sodaß der Spitzenwinkel der (101) Pyramidenflächen bei Frontalansicht etwa 115 Grad beträgt (vgl. FRASL 1963). Höckeriges Neuwachstum setzt an den Pyramiden an und erzeugt im Detail rundlich buchtige Unebenheiten an den Kristallenden. Im Zirkoninneren zeigt sich sehr deutlich ein idiomorpher Schalenbau. Im oberen Drittel des Kristalls sieht man orientiert angelagerte Apatitnadelchen, und zwar parallel zu (101) Wachstumsflächen. Teilweise treten geringfügige Metamiktisierungserscheinungen in Form dunkel und feinkörnig erscheinender Substanz entlang bestimmter Wachstumszonen auf.
- 5 b: Kristall mit Tracht $(100)+(110)+(101)+(211)$, wobei bei den Prismen (110) und bei den Pyramiden (101) an Größe klar dominieren. Augenfällig ist ein länglicher Kern, bestehend aus trüber, dunkel und feinkörnig erscheinender Substanz (vermutlich handelt es sich wie auch bei Abb. 5 e um selektive Metamiktisierung auf Grund einer punktuellen, flächigen oder zonaren Anreicherung strahlender Elemente bzw. auf Grund deren langzeitiger Strahlungswirkung im Zirkon.
- 5 c: Gedrungener Kristall mit großen (110) und (101) Flächen. Das Vorhandensein einer kleineren zweiten Pyramidenfläche, welche steiler ist (211), deutet sich im Umriss an. Ein andersartiger Zirkonkern ist nicht zu sehen, jedoch gibt es zahlreiche „bleistiftförmige“ epitaktische Apatiteinschlüsse, von denen etliche parallel der dem Auge

Wachstumsaußenflächen des Wirts angeordnet sind. Derartig geregelte Einschlüsse von idiomorphen Apatiten werden im Sinn von FRASL (1963) als Fremdmineralanlagerungen an den in der Granitschmelze wachsenden Zirkonkristall und damit also als eine typisch magmatische Wachstumserscheinung interpretiert („Frasl inclusions“, vgl. BARD, 1986).

Zonarbau tritt an etwa einem Viertel aller Kristalle in Erscheinung. Meist ist er mehrschalig und dabei idiomorph und konzentrisch (vgl. Abb. 5 a), zum Teil ist aber auch nur eine einzige, idiomorphe, und dann meist relativ große, zentrale Kernzone im Durchlicht auf Grund von stärkerer Trübung zu erkennen. Aus den kristallographischen Umrissen der einzelnen Zonen ist im allgemeinen klar zu ersehen, daß Habitus und Trachten der Zirkone während des Kristallwachstums vom Kern zum Rand hin weitgehend dieselben blieben, woraus wiederum zu schließen ist, daß die Körner als ganze in einem genetisch zusammenhängenden Kristallisationsprozeß und in einem in den Wesenszügen gleichbleibenden Milieu gewachsen sind. Die inneren Kristallzonen gehen also hier in der Hauptsache nicht auf wesentlich ältere, überwachsene Fremdkerne zurück, wie sonst bisweilen bei Granitzirkonen (vgl. z. B. POLDERVAART & ECKELMANN 1955, HOPPE 1963).

Die feinkörnig und dunkel erscheinende Substanz im Zirkoninneren ist zum Teil unregelmäßig fleckig und in verschiedener Dichte im Zirkon verteilt, häufiger aber entlang ganz bestimmter idiomorpher Wachstumszonen angeordnet. Nicht selten füllt sie auch ganze Kernbereiche von Kristallen, wobei vielfach Umrisse mit angedeuteter Idiomorphie nachgebildet werden (Abb. 5 e). Solche Bilder legen freilich die Interpretation nahe, daß nur ganz bestimmte (und offensichtlich besonders frühestmagmatisch gewachsene Kristallzonen), welche wohl ursprünglich chemisch auf besondere Art zusammengesetzt waren, etwa auf Grund lokal angereicherter strahlender Substanz, selektiv der Metamiktisierung zum Opfer fielen (vgl. KRASNOBAYEV et al. 1974).

am nächsten gelegenen (110) Oberfläche eingelagert und daher an beiden Enden gleich scharf sichtbar sind.

- 5 d: Kristall mit großen glatten (110) Prismenflächen und bemerkenswert polarer bzw. asymmetrischer Pyramidenausbildung (möglicherweise liegt einseitige Wachstumsbehinderung vor, zum Beispiel infolge einer Anlagerung des Zirkons an einen größeren im Magma schwimmenden Kristall, etwa einen Biotit). Am unteren Ende kommen zur flacheren (101) Pyramide rechts große steile Pyramidenflächen (211) hinzu (man beachte die Kristallumrisse). Am oberen Ende sieht man größtmäßig asymmetrisch entwickelte Flächen der Art (101) mit dünner, höckerig aufgewachsener, jüngerer Zirkonsubstanz.
- 5 e: Oberflächlich sehr regelmäßig ausgebildeter gedrungener Zirkon mit breitem (110) Prisma kombiniert mit (101) Pyramidenflächen. Eine subidiomorphe Kernzone zeigt sich durch eine Anhäufung dunkel erscheinender, trüber Substanz. Nach ihren einigermaßen idiomorphen Umgrenzungen (mit Proportionalität zu den Außenmaßen des Kristalls) zu schließen, liegt hier am ehesten eine selektive Metamiktisierung einer besonders zusammengesetzten, frühestmagmatischen Kernzone vor (vgl. auch Abb. 5 b) und nicht ein vormagmatischer Altbestand.

3. Die Aussage der Zirkone zur Gesteinsgenese

Die Zirkone des Sonnblick-Zentralgneises sind also im wesentlichen als vormetamorphe und damit voralpidische Bildungen anzusehen und ihr Wachstum erfolgte zweifellos hauptsächlich im magmatischen Bildungsstadium des Gesteins, das, nach den bisher von anderen Zentralgneiskörpern bekannten Altersdatierungen zu schließen, aller Wahrscheinlichkeit nach in den variszischen Zeitraum (Karbon) fällt (vgl. CLIFF 1981). Eine im großen und ganzen frühmagmatische Kristallisation der Zirkone wird schon durch die weitgehend idiomorphen langprismatischen Formen angezeigt. Als eindeutig magmatische Wachstumserscheinungen sind freilich auch die nicht selten beobachtbaren, idiomorphen, konzentrischen Zonierungen, also der Schalenbau im Korninneren, aufzufassen, sowie die schon genannten vielfach parallel zu den Anwachsflächen des Wirts orientierten „bleistiftförmigen“ Apatiteinschlüsse, welche offenbar Frühstkrystallite sind, die sich in der Schmelze orientiert an die wachsenden Zirkonkristalle angelegt haben (FRASL 1963).

Die Zirkone sind dann, möglicherweise während der alpidischen Regionalmetamorphose, minimal weitergewachsen. Jedenfalls findet sich an vielen Kristallen, und zwar als ungleichmäßig buchtiger Außensaum oder stellenweise höckerig aufgewachsen, eine niedrig licht- und doppelbrechende und gleichzeitig meist bräunlich-trübe Zirkonsubstanz, die als eine metamorphe Zirkonbildung (vgl. HOPPE 1963) in alpidischer Zeit gedeutet werden könnte. Umgekehrt ist aber auch nicht völlig auszuschließen, daß dieses „Neuwachstum“ schon auf eine spät- bis (unmittelbar) postmagmatische, also noch variszische Bildungsphase zurückgeht, jedenfalls sind ähnliche Erscheinungen auch von unmetamorphen Graniten bekannt (vgl. FRASL 1963, HOPPE 1963, KÖHLER 1968, 1971, FINGER 1985, FINGER & HAUNSCHMID 1988). Das gleiche gilt sinngemäß auch für die zu beobachtenden Prozesse der Metamiktisierung.

Das erwähnte Weiterwachsen, obzwar es mitunter zu einer bemerkenswerten Verunebnung der Kristalloberfläche führt, ist mit seiner äußerst geringen Dicke von nur sehr wenigen μm jedenfalls mengenmäßig ohnehin zu gering, um eine wesentliche Veränderung der ursprünglichen Zirkonabmessungen und -trachten zu bewirken, sodaß die beiden letztgenannten Eigenschaften trotzdem in vollem Ausmaß genetische Hinweise auf das frühmagmatische Bildungsstadium des heutigen Sonnblick-Zentralgneises geben.

Die magmengenetisch signifikanten Zirkontrachten, welche im Sonnblick-Zentralgneis eine ganz charakteristische Bevorzugung der Flächen (110) und (101) zeigen, lassen dabei entsprechend den Regeln von PUPIN (1980) auf ein Kristallwachstum in einer relativ niedrigtemperierten kalkalkalischen Granitschmelze des I-Typs schließen (nach dem „Zirkonthermometer“ von PUPIN & TURCO 1972 wären das etwa 600–700° C), und zwar mit einer gemischten Abkunft von Mantel- und Krustenquellen (vgl. Abb. 4). Die Seltenheit von optisch identifizierbarem, restituischem, vormagmatischem Altbestand, also „alten Kernen“ in den Zirkonkristallen spricht weiters für ein weitgehend „reines“ und damit für ein höher evolviertes bzw. fraktioniertes und vom eigentlichen Magmenherd schon weiter weg bewegtes I-Typ Magma.

Daß die Zirkone in ihrer überwiegenden Zahl bereits von Beginn an im Magma gewachsen sind, kann auch aus dem vielfach unmittelbar im Zentrum ansetzenden, idiomorphen magmatogenen Schalenbau abgelesen werden und drückt sich auch in der Längen/Breiten Häufigkeitsverteilungskurve aus (Abb. 3), welche ungefähr einer Normalverteilung folgt (vgl. dazu z. B. LARSEN & POLDERVAART 1957, KÖHLER 1968). Bisweilen beobachtbare „dunkle Kerne“ im Zirkoninneren dürften vor allem wegen ihrer oft angenäherten Idiomorphie in der Hauptsache auch nicht als vormagmatischer Altbestand, sondern eher als frühestmagmatisch kristallisierte Innenzonen zu interpretieren sein, welche auf Grund besonderer chemischer Zusammensetzung später selektiv metamiktisiert wurden. Ihr Auftreten spricht ebenso wie der deutlich sichtbare mehrschalige Zonarbau vieler Kristalle gegen absolut stetige physikalisch-chemische Kristallisationsbedingungen. Umgekehrt zeigt allerdings der Umstand, daß bei solcherart zonierten Zirkonen vom Kern zum Rand eine weitgehende Übereinstimmung in Tracht und Habitus besteht, daß das Zirkonwachstum in einem doch im Prinzip ähnlichen Milieu im Zuge eines genetisch zusammenhängenden und in geologischen Zeitdimensionen gesehen relativ einzeitigen Entwicklungsprozesses erfolgte. Ein intrusives Granitmagma würde derartige Bedingungen modellhaft erfüllen. Auf eine ziemlich rasche Hauptkristallisation und damit auf eine einigermaßen sprunghafte Abkühlung der Granitschmelze (vermutlich im Zuge ihrer Intrusion in kühleres Nebengestein) weisen die durchwegs relativ hohen L/B-Verhältnisse der Körner hin (Abb. 3) und auch die vielfach asymmetrischen bzw. polaren Kristallflächenentwicklungen (vgl. KOSTOV 1973).

4. Schlußfolgerung

Insgesamt stehen die aus den vorliegenden Zirkonuntersuchungen gewonnenen petrogenetischen Erkenntnisse mit den auf gesteinschemischer Basis beruhenden Einschätzungen von FINGER & STEYRER (1988) gut im Einklang, wonach der typische Zentralgneis des Hohen Sonnblicks auf einen I-Typ Granit zurückgeht, welcher im Zuge variszischer Subduktions-Kollisions-Prozesse intrudierte.

Die Untersuchungen legen außerdem insgesamt den Schluß nahe, daß Granitzirkone bei einer nachfolgenden prograden Regionalmetamorphose bis in den amphibolitfaziellen Bereich zumindest in morphologischer Hinsicht normalerweise nicht wesentlich verändert werden (vgl. dazu vor allem auch die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse von FRASL 1963). Die Zirkone solcher Orthogneise spiegeln daher auch mit ihren Trachten und Abmessungen die magmatischen Bildungsbedingungen des jeweiligen Ausgangsmaterials in petrogenetisch auswertbarer Weise wider. Mit zirkonbildenden Prozessen größeren Ausmaßes ist im Bereich niedrig- bis mittelgradiger Regionalmetamorphose im Normalfall also offenbar nicht zu rechnen, schon gar nicht aber mit einem idiomorphen Neuwachstum von Zirkonkristallen in einer dem magmatischen Milieu einigermaßen vergleichbaren Menge und Größe.

Dank

Wir danken Herrn Prof. G. FRASL für die – wie gewohnt – konstruktive kritische Durchsicht des Manuskripts und dem Jubiläumsfonds der österreichischen Nationalbank für finanzielle Unterstützung durch das Projekt 2584 (Leiter G. FRASL).

Literatur

- BARD, J. P.: Microtextures of Igneous and Metamorphic rocks. – Reidel Publ. Comp., 264 p., Dordrecht 1986.
- CLIFF, R. A.: Pre-Alpine history of the Penninic Zone in the Tauern Window, Austria: U-Pb and Rb-Sr geochronology. – *Contrib. Miner. Petr.*, **77**, 262–266, Heidelberg 1981.
- EXNER, CH.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Sonnblickgruppe 1 : 50.000. – Geol. B.-A., 168 S., Wien 1964.
- FINGER, F.: Die synorogenen Granitoide und Gneise im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, **128**, 383–402, Wien 1986.
- : Trachtstudien an akzessorischen Zirkonen als Hilfsmittel zur Klärung verschiedener petrogenetischer Fragestellungen bei Graniten und Gneisen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **129**, 645–646, Wien 1987.
- FINGER, F., FRASL, G., HAUNSCHMID, B., MATL, H. & STEYRER, H. P.: Über die Zirkontrachten in den verschiedenen variszischen Granitoiden der südlichen Böhmischen Masse (Oberösterreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, **129**, 646–647, Wien 1987.
- FINGER, F. & HAUNSCHMID, B.: Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als Beitrag zur Klärung der Intrusionsfolge in Granitgebieten – Eine Studie im nordöstlichen oberösterreichischen Moldanubikum. – *Jb. Geol. B.-A.*, **131**, 255–266, Wien 1988.
- FINGER, F. & STEYRER, H. P.: Granite-types in the Hohe Tauern (Eastern Alps, Austria) – Some aspects on their correlation to Variscan plate-tectonic processes. – *Geotectonica acta*, **2**, 2, 75–87, Paris 1988.
- FRANK, W., HÖCK, V. & MILLER, CH.: Metamorphic and Tectonic History of the Central Tauern Window. – In: FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P.: *Geodynamics of the Eastern Alps*. – Deuticke Verlag, 118 p., Vienna 1987.
- FRASL, G.: Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als eine Routinearbeit des Kristallingeologen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **106**, 405–428, Wien 1963.
- HOPPE, G.: Die Verwendbarkeit morphologischer Erscheinungen an akzessorischen Zirkonen für petrogenetischen Auswertungen. – *Abh. dt. Akad. Wiss. Kl. Bergbau etc.*, **1963**, **1**, 130 S., Berlin 1963.
- KÖHLER, H.: Über Zirkone moldanubischer Granite. – Diss. Univ. München, 140 S., München 1968.
- KÖHLER, H.: Die Änderung der Zirkonmorphologie mit dem Differentiationsgrad eines Granits. – *N. Jb. Miner. Mh.*, **9**, 405–420, Stuttgart 1970.
- KOSTOV, I.: Zircon morphology as a crystallogenic indicator. – *Kristall und Technik*, **8**, 11–19, Berlin 1973.
- KRASNOBAYEV, A. A., POLEZHAYEV, Y. M., YUNIKOV, B. A. & NOVOSELOV, B. K.: Laboratory evidence on radiation and the genetic nature of metamict zircon. – *Geochem. Int.*, **11**, 195–209, Moscow 1974.
- KURZE, M., LOBST, R. & MATHE, G.: Zur Problematik der Unterscheidung von Ortho- und Paragneisen im Erzgebirge. – *Z. angew. Geol.*, **26**, 63–73, Berlin 1980.
- LARSEN, L. H. & POLDERVAART, A.: Measurement and distribution of zircons in some granitic rocks of magmatic origin. – *Miner. Mag.*, **31**, 544–564, London 1957.
- MÜLLER, G.: Akzessorische Zirkone aus Gesteinen der Venediger-Gruppe in den Hohen Tauern und ihre Bedeutung für die Frage der Genese dieser Gesteine. – *Geol. Jb.*, **83**, 497–516, Hannover 1965.
- NEUBAUER, F.: Untersuchungen an Zirkonen des Ostalpinen Grundgebirges zur Lösung geologischer Problemstellungen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **129**, 647–648, Wien 1987.
- POLDERVAART, A.: Zircons in rocks 2: Igneous rocks. – *Am. J. Sci.*, **254**, 521–554, New Haven 1956.
- POLDERVAART, A. & ECKELMANN, F. D.: Growth phenomena in zircons of autochthonous granites. – *Bull. geol. Soc. Amer.*, **66**, 947–948, Boulder 1955.
- PUPIN J. P.: Zircon and granite petrology. – *Contr. Miner. Petr.*, **73**, 207–220, Heidelberg 1980.
- : Magmatic zoning of Hercynian granitoids in France based on Zircon typology. – *Schweiz. miner. petrogr. Mitt.*, **65**, 29–56, Zürich 1985.

-
- PUPIN, J. P. & TURCO, G.: Le zircon accessoire en geothermometrie. – C. R. Akad. Sci. Paris, **274**, 2121–2124, Paris 1972.
- ZIMMERLE, W.: Accessory zircon from a Rhyolite, Yellowstone National Park (Wyoming, U.S.A.). – Z. dt. geol. Ges., **130**, 361–369, Hannover 1975.

Manuskript eingelangt am 30. März 1988