©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

| Jb. Geol. B.-A. | ISSN 0016-7800 | Band **131** | Heft 2 | S. 255-266 | Wien, August 1988 |
|---|---|---|---|---|---|

# Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als Methode zur Klärung der Intrusionsfolge in Granitgebieten – eine Studie im nordöstlichen oberösterreichischen Moldanubikum

Von FRIEDRICH FINGER & BRUNO HAUNSCHMID*)

Mit 8 Abbildungen

*Österreichische Karte 1 : 50.000*
*Blätter 16, 17*

*Oberösterreich*
*Böhmische Masse*
*Granite*
*Zirkonstudien*
*Kristallmorphologie*

**Inhalt**

Zusammenfassung ..... 255
Abstract ..... 255
1. Einleitung ..... 255
2. Der konkrete Musterfall im nordöstlichen oberösterreichischen Moldanubikum ..... 256
3. Die Ergebnisse der Zirkonuntersuchungen ..... 258
3.1. Generelle Bemerkungen zur Vorgangsweise ..... 258
3.2. Die Ausbildung der Zirkone im Weinsberger Granit ..... 260
3.3. Die Ausbildung der Zirkone im Karlstifter Granit ..... 261
3.4. Die Ausbildung der Zirkone im Freistädter Granodiorit ..... 263
3.5. Zusammenfassende Betrachtung ..... 265
4. Schlußbemerkungen ..... 265
Dank ..... 266
Literatur ..... 266

**Zusammenfassung**

Zwei in genetischer Hinsicht zu unterscheidende Gruppen von Zirkonkristallen wurden im Freistädter Granodiorit der südlichen Böhmischen Masse (Oberösterreich) festgestellt.

Eine erste Gruppe bilden die „magmaeigenen" Zirkone, die im wesentlichen vom Keim weg im Magma des Granodiorits kristallisierten. Eine zweite Gruppe von Zirkonen konnte dagegen auf Grund vergleichender mikroskopischer Studien mit solchen Zirkonkristallen korreliert werden, wie sie in den beiden in der unmittelbaren Nachbarschaft des Granodiorits aufgeschlossenen Weinsberger und Karlstifter Granitkörpern vorkommen. Die Zirkone dieser zweiten Gruppe werden deshalb als „übernommene" Fremdkristalle interpretiert, die im Zuge von Nebengesteinsassimilation ins Magma des Freistädter Granodiorits eingeschleppt wurden.

Mit Hilfe der identifizierten übernommenen Zirkone kann auf einfache Weise nachgewiesen werden, daß der Freistädter Granodiorit eine jüngere Intrusion sowohl gegenüber dem Weinsberger als auch gegenüber dem Karlstifter Granitkörper darstellt. Bislang wurde der Freistädter Granodiorit gemeinhin als älter als der Karlstifter Granit eingestuft.

Die Zirkonuntersuchung ist in der hier vorgeführten Weise als Methode zur Altersgliederung von Granitgebieten vor allem in solchen Fällen von großem Nutzen, wo die zeitliche Abfolge der Intrusionen durch die Geländebeobachtung nicht herausgefunden werden kann, z.B. infolge ungünstiger Aufschlußverhältnisse.

*) Anschrift der Verfasser: Dr. FRIEDRICH FINGER, Dr. BRUNO HAUNSCHMID, Institut für Geowissenschaften der Universität Salzburg, Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg.

**Abstract**

**Zircon-xenocrysts as useful indicators of the intrusion sequences in granitoid complexes**

Two genetically distinct groups of accessory zircons have been recognized in the Freistadt Granodiorite from the Southern Bohemian Massif (Upper Austria).

Group 1 are newly formed zircons, which crystallized in the granodioritic magma. Group 2 zircons are xenocrysts derived from granitic country rocks, which were partially assimilated by the granodioritic melt. Due to their specific morphological features group 2 zircons can be clearly correlated to zircons of the adjacent Weinsberg and Karlstift Granites. The identified zircon xenocrysts give evidence, that the Freistadt Granodiorite represents a younger intrusion penetrating the Weinsberg and Karlstift bodies. Previously the Freistadt Granodiorite was generally believed to be older than the Karlstift Granite.

## 1. Einleitung

Daß die morphologische Ausbildung der akzessorischen Zirkonkristalle in ein und demselben granitischen Gestein im allgemeinen auffällig einheitlich und gut definiert ist, jedoch von Granit zu Granit häufig stark variabel, ist eine seit etlichen Jahrzehnten bekannte Tatsache (z. B. CHRUSTSCHOFF, 1886; POLDERVAART, 1956; FRASL, 1963; HOPPE, 1963). Das genannte Phänomen wird gemeinhin damit erklärt, daß die frühmagmatisch kristallisierenden Granitzirkone auf unterschiedliche

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

chemische und physikalische Bedingungen wie Magmentemperatur, Magmenchemie, Abkühlgeschwindigkeit etc. äußerst sensibel reagieren und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Kornabmessungen als auch was die Kristallflächenausbildung (Tracht) betrifft. Die hier herrschenden Gesetzmäßigkeiten sind heute ungefähr bekannt:

So weiß man zum Beispiel, daß sich in kalkalkalischen I-Typ-Graniten bevorzugt Zirkone mit gut entwickelten (101) Pyramidenflächen finden lassen, in peralumischen S-Typ-Graniten hingegen besitzen die steilen (211) Zirkonpyramiden eine vergleichsweise größere Bedeutung (PUPIN, 1980, 1985; FINGER, 1987; FINGER et al., 1987).

PUPIN & TURCO (1972) stellten weiters fest, daß heiße Granitoide verbreitet Zirkonkristalle mit groß ausgebildeten (100) Prismen führen, während es in niedrigertemperierten Schmelzen offenbar eher zu einer bevorzugten Ausbildung des (110) Prismas kommt (siehe dazu auch PUPIN, 1980, 1985).

Darüberhinaus kann als Regel gelten, daß rasch abkühlende Schmelzen in Hochplutonen oder im vulkanischen Milieu überwiegend Zirkone mit hohen Elongationen hervorbringen (vgl. z. B. ZIMMERLE, 1979), während Granitzirkone mit gedrungenem Bau eher für eine langsamere Magmenkristallisation zu sprechen scheinen (KOSTOV, 1973).

Bei derzeit laufenden Zirkonstudien im Granitgebiet der südlichen Böhmischen Masse haben wir die erwähnten Regelmäßigkeiten im großen und ganzen in ähnlicher Weise vorgefunden (eine ausführliche Dokumentation ist für die nächste Zeit geplant). Im Zuge der Arbeiten fiel uns nun aber auch auf, daß viele der bearbeiteten „Granitkörper" nicht nur solche Zirkonkristalle beinhalten, welche vom Keim weg gemäß den obigen Regeln im betreffenden Granitmagma gewachsen sind, sondern in wechselnder Anzahl auch andersartige Zirkone, welche durch untypische Größe, Tracht und Habitus vielfach deutlich von der jeweils recht einheitlich ausgebildeten „magmaeigenen", also für den einzelnen Granit (bzw. sein Kristallisationsmilieu) spezifischen Hauptgeneration abstechen.

Darüberhinaus bemerkten wir gleichzeitig auch, daß diese „fremden" Zirkone in ihren Erscheinungsformen systematisch gerade mit solchen Zirkontypen übereinstimmten, wie sie ebenso in den älteren granitoiden Nachbargesteinen der jeweils untersuchten Granitkörper in großer Verbreitung vorgefunden wurden. Bei den genannten Fremdzirkonen handelte es sich also demnach großteils um aus dem Umgebungsgestein übernommene Zirkone, welche erst durch Kontaminationsprozesse ins Magma gelangten. Während sich aber die Hauptgemengteile des kontaminierenden Gesteins anscheinend weitgehend unkenntlich in der Schmelze verteilen und mehr oder weniger anpassen bzw. auflösen konnten, geben die „übernommenen" akzessorischen Zirkonkristalle auf Grund ihrer enormen Stabilität einerseits, und andererseits auf Grund ihrer betont gesteinsspezifischen Erscheinungsformen offensichtlich wertvolle Hinweise auf Herkunft und Grad der Magmenkontamination.

Abgesehen von dieser wichtigen Nachweismöglichkeit für Kontaminationsprozesse macht aber der Umstand, daß viele intrusive Granite die andersartigen Zirkone von in der Nähe befindlichem älterem Granitmaterial unzerstört und herkunftsmäßig klar zuordenbar ererben, die Zirkonuntersuchung auch für die Altersgliederung von komplexeren Granitgebieten interessant, nämlich insofern, als sich die jüngeren Intrusionen eben vielfach durch die Übernahme der andersartigen Zirkone bestimmter älterer Granitoide verraten.

Dies wird im folgenden an Hand eines praktischen Beispiels demonstriert.

## 2. Der konkrete Musterfall im nordöstlichen oberösterreichischen Moldanubikum

Die hier dokumentierten Untersuchungen betreffen vor allem den sogenannten Karlstifter Granit (KLOB, 1970), der eine Intrusion im Südböhmischen Granitmassiv darstellt und in der Gegend NE von Freistadt auftritt (Abb. 1).

Unter der Bezeichnung „Südböhmisches Granitmassiv" wird nach FUCHS (1980) ein aus verschiedenen Granitintrusionen bestehender Tiefengesteinskomplex von variszischer Alterstellung zusammengefaßt, welcher sich auf österreichischem Staatsgebiet etwa von der Donau zwischen Linz im W und Ybbs im E gegen Norden und von dort weiter in die CSSR erstreckt. Im Osten wird das Granitmassiv von hochmetamorphen Paragneisen, nämlich jenen der sogenannten Monotonen Serie des Waldviertler Gneisgebirges begrenzt. Gegen Westen läßt sich das Intrusivgebiet nicht scharf abgrenzen und geht räumlich gesehen allmählich in einen vor allem aus migmatischen, anatektischen Granitoiden bestehenden Granitisationsgroßraum über (Bavarikum nach FUCHS, 1980; vgl. auch FINGER, 1986; FINGER et al., 1986).

Im Südböhmischen Granitmassiv selbst werden seit Jahrzehnten drei große Hauptgruppen von Granitintrusionen unterschieden (vgl. z. B. GRABER, 1936; KÖHLER, 1948):

❶ **Der Weinsberger Granit**
Bei diesem Gestein handelt es sich um einen sehr grobkörnigen Biotitgranit mit dicht gepackten Kalifeldspatgroßkristallen von etlichen Zentimetern Größe (vgl. z. B. KURAT, 1965; FINGER, 1986). Der Weinsberger Granit gilt als ältester Granittyp im südböhmischen Granitmassiv und er besitzt die räumlich größte Verbreitung (Abb. 1). Seine Intrusion in die Paragneise und Anatexite der Umgebung erfolgte nach SCHARBERT (1987) vermutlich etwa an der Devon/Karbon-Grenze, und zwar allem Anschein nach synorogen am thermischen Höhepunkt der variszischen Regionalmetamorphose (FUCHS, 1962, FINGER, 1986).

❷ **Die Feinkorngranite**
Zu dieser Gruppe werden verschiedene spät- bis postorogene Zweiglimmergranite, Biotitgranite und Biotitgranodiorite zusammengefaßt, denen eine feine bis mittlere Körnigkeit gemeinsam ist (z. B. RICHTER, 1965; FUCHS & THIELE, 1968; KLOB, 1971). Nach dem Geländebefund sind die Feinkorngranite allesamt klar jünger als der Weinsberger Granit. Sie durchsetzen ihn an vielen Stellen mit diskordanten Intrusivkontakten (Abb. 1).

❸ **Der Eisgarner Granittyp**
Dieser Typ gilt als der jüngste Granit des Raumes (vgl. z. B. SCHARBERT, 1966; FUCHS & THIELE, 1968). Er ist ein grobkörniger saurer Zweiglimmergranit mit

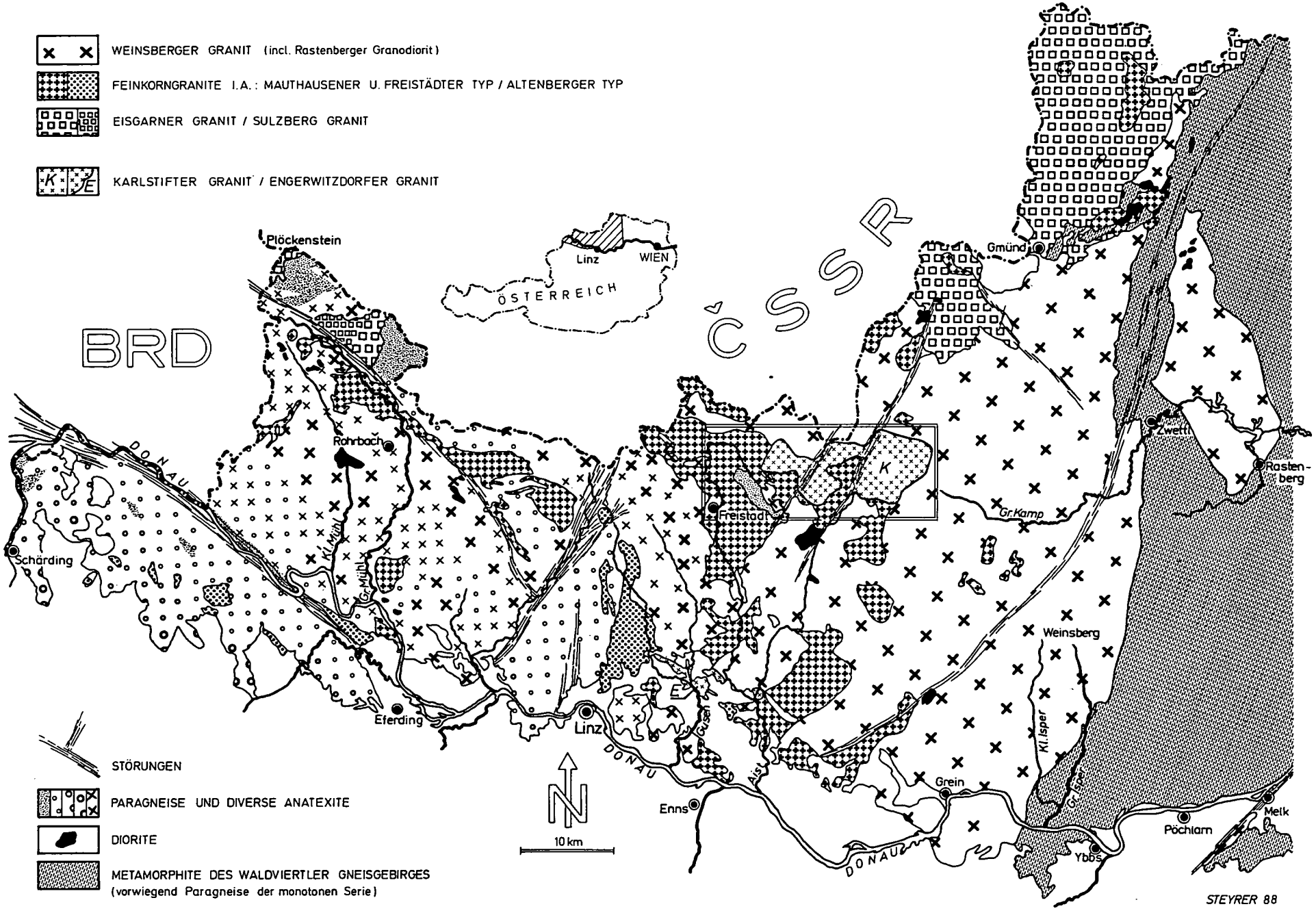



Abb. 1.
Kristallingeologische Übersichtskarte des Südböhmischen Granitmassives (modifiziert nach FUCHS & MATURA, 1976) mit zusätzlichen Eintragungen der Verbreitungsgebiete des Engerwitzdorfer Granits (nach FRASL et al., 1965) und des Karlstifter Granits (nach KLOB, 1970).



©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

charakteristischen flachtafeligen Großkalifeldspaten von 1–2 cm Größe und tritt vor allem im Norden des österreichischen Staatsgebietes auf (Abb. 1).

Die fortschreitende geologische Bearbeitung des Südböhmischen Granitareals in den letzten Jahren und Jahrzehnten hat es nun mit sich gebracht, daß die ursprüngliche grobe Dreigliederung Weinsberger Granit – Feinkorngranite – Eisgarner Granit in zunehmendem Maße zu verfeinern ist. Bereits FRASL (1959), später dann auch FINGER (1984), FINGER et al. (1986) unterschieden etwa innerhalb der Feinkorngranitgruppe mehrere genetisch verschiedenartige Untergruppen (z. B.: spätorogene S-Typ Zweiglimmergranite des Altenberger/Haibacher Typs, postorogene I-Typ Biotitgranite und -granodiorite sowie Zweiglimmergranite des Mauthausener und Freistädter Typs).

Aber auch „neue" Granittypen von erheblicher Verbreitung, welche den drei klassischen Großgruppen bislang überhaupt nicht ohne weiteres zuzuteilen sind, wurden in der letzten Zeit mehrfach entdeckt (z. B. FRASL, 1959; GÖD & KOLLER, 1987; HAUNSCHMID, 1988).

Ein solcher „neuer" Granittyp ist nun auch der Karlstifter Granit, der Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist. Er tritt in der Gegend NE von Freistadt auf (Abb. 1) und wurde von KLOB (1970) benannt und erstmals eingehender beschrieben. Es handelt sich dabei petrographisch gesehen um einen mittel- bis grobkörnigen Biotitgranit mit porphyrischem, 1–2 cm großem Kalifeldspat.

KLOB (1971) stuft den Karlstifter Granit als jünger als den Weinsberger Granit ein, aber außerdem auch als jünger als die gesamte Feinkorngranitgruppe.

Interessant ist dabei nun, daß diese Alterseinschätzung von KLOB aber indirekt im Widerspruch zu den Ansichten anderer Autoren steht:

So wird ein dem Karlstifter Granit petrographisch ähnlicher Granittyp, nämlich der weiter im Süden des Intrusivgebiets auftretende Engerwitzdorfer Granit (Abb. 1), in der Fachliteratur (z. B. FUCHS, 1980) vielfach mit dem Karlstifter Granit parallelisiert, gleichzeitig erweist sich jedoch der Engerwitzdorfer Granit in seinem Verbreitungsgebiet auf Grund der Lagerungsverhältnisse als eindeutig älter als die Feinkorngranitgeneration (FRASL, 1959), wovon wir uns in den letzten beiden Jahren durch mehrere Geländebeobachtungen auch selbst überzeugen konnten.

Hat sich also KLOB in seiner Alterseinstufung des Karlstifter Granits geirrt oder aber ist letztgenannter Granit altersmäßig nicht mit dem Engerwitzdorfer Typ parallelisierbar?

In der vorliegenden Arbeit kann nun mit Hilfe der Zirkonuntersuchung gezeigt werden, daß die Alterseinschätzungen von KLOB tatsächlich nicht zutreffend sind und daß der Karlstifter Granit nicht jünger sein kann als die Feinkorngranitgruppe, insofern, als im Feinkorngranit (bzw. -granodiorit) des Freistädter Raumes („Freistädter Granodiorit") eindeutig ererbte Zirkone des benachbarten Karlstifter Typs auftreten.

Damit steht nun einer unmittelbaren zeitlichen Korrelation der beiden petrographisch ähnlichen Granittypen „Engerwitzdorfer Granit" und "Karlstifter Granit" nichts im Weg.

Unsere neue Alterseinstufung des Karlstifter Granittyps kann übrigens mittlerweile nicht nur mit Hilfe der Zirkone, sondern auch durch den Geländebefund belegt werden (FINGER & HAUNSCHMID, in Vorb.). Allerdings erwies sich die Erbringung des Altersnachweises im Gelände auf Grund des nötigen langen Suchens nach kritischen Feldparametern wie gangförmigen Kontakten oder übernommenen eingeschlossenen Schollen bzw. identifizierbaren Korngruppen des einen im anderen Granit gerade bei den in dieser Gegend herrschenden schlechten Aufschlußverhältnissen im großen und ganzen als ungleich zeitaufwendiger gegenüber der im folgenden vorgestellten relativ einfachen und sicheren Methode der Zirkonuntersuchung.

## 3. Die Ergebnisse der Zirkonuntersuchungen

### 3.1. Generelle Bemerkungen zur Vorgangsweise

Im vorliegenden Fall war also konkret die relative Altersstellung dreier Granite von Interesse (Weinsberger Granit, Karlstifter Granit, Freistädter Granodiorit), welche in der Gegend von Freistadt auf relativ engem Raum auftreten (Abb. 2), wobei der Freistädter Granodiorit einen Vertreter der im ganzen oberösterreichischen Moldanubikum weitverbreiteten Feinkorngranitgruppe darstellt.

Von allen drei genannten Graniten wurden im Untersuchungsgebiet einige Proben genommen (Abb. 2), und zwar einerseits weiter ab von den gegenseitigen Kontakten, um möglichst wenig kontaminiertes Material zur Zirkonuntersuchung zu gewinnen, andererseits auch näher den Gesteinsgrenzen (im 100 m-Bereich), da hier mit einem entsprechenden Auftreten der altersmäßig diagnostischen „übernommenen "Zirkone erfahrungsgemäß am ehesten zu rechnen war. Makroskopisch zeigten sich die drei Granite in den Grenzbereichen nicht auffällig andersartig als sonst.

Die Zirkone der einzelnen Proben wurden nach den üblichen Methoden der Mineralseparation (Brechen und Sieben des Materials, Schwermineralabtrennung, Magnetscheider, etc.) angereichert und in Form von Körnerpräparaten im Durchlicht mikroskopisch untersucht (vgl. dazu etwa G. FRASL, 1963).

Festzuhalten ist an dieser Stelle auch, daß aus verwittertem Probenmaterial die Zirkone leichter zu gewinnen sind als aus frischem, und da der Zirkon von der Verwitterung praktisch unbeeinflußt bleibt, ist also zum Unterschied von den meisten anderen petrographischen Analyseverfahren die Verwendung eines derartigen aufgemürbten Materials sogar eher zu empfehlen (vgl. FRASL, 1963), soferne es einem Granittyp verbandsmäßig und makroskopisch zweifelsfrei zugeordnet werden kann.

Zur graphischen Darstellung der Zirkonmorphologie bzw. ihrer Variationsbreite in einer Gesteinsprobe werden im folgenden drei Diagrammtypen verwendet.

Das Diagramm Länge gegen Breite (Abb. 3) läßt einen unmittelbaren Vergleich der Zirkonabmessungen in den verschiedenen Graniten zu. Verwendet werden dafür selbstverständlich nur unzerbrochene Zirkone.

Das Elongationshistogramm (Abb. 4) gibt die prozentuelle Häufigkeit von Körnern mit bestimmten Länge/Breite- Verhältnissen an. Seit Arbeiten von POLDERVAART und seiner Schule (z. B. LARSEN & POLDERVAART, 1957) weiß man, daß gerade die Elongationen von Zirkonkörnern für einen Granittyp oft recht charakteristisch sind, und zwar im allgemeinen viel mehr als die absoluten Kristallabmessungen (vgl. dazu auch

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

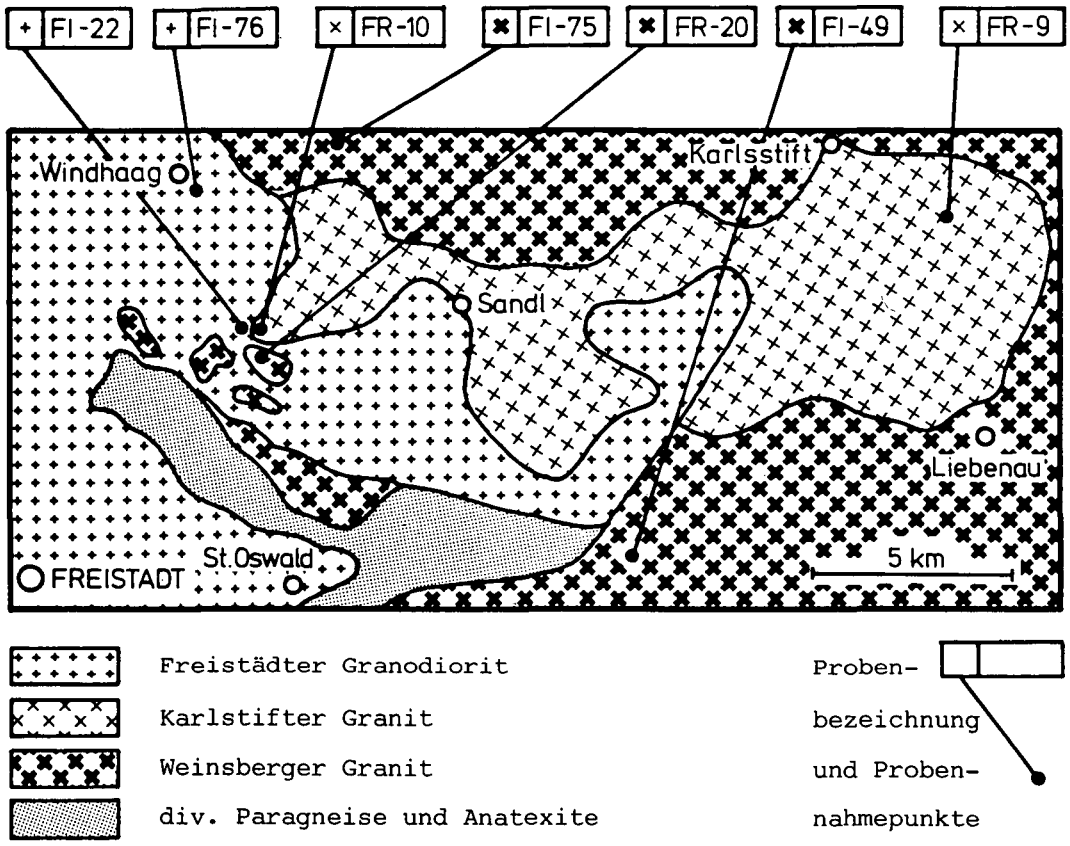



Abb. 2.
Vereinfachte geologische Karte der nordöstlichen Umgebung von Freistadt (zusammengezeichnet nach Vorlagen von KLOB, 1970, und FUCHS & SCHWAIGHOFER, 1980) mit Eintragung unserer Probennahmepunkte.

KÖHLER, 1968). Unseren Elongationshistogrammen liegen jeweils Vermessungen von 300 unzerbrochenen Zirkonkristallen zugrunde.

Schließlich ist ein Diagramm nach PUPIN (1980) hervorragend zur qualitativen Darstellung der in einer Granitprobe auftretenden Zirkontrachtformen geeignet (Abb. 5). Das Diagramm basiert auf einer qualitativen Unterteilung von 49 Trachtformen, geordnet nach unterschiedlichen (relativen) Größenentwicklungen der wichtigen Prismenflächen (110) und (100) einerseits (7

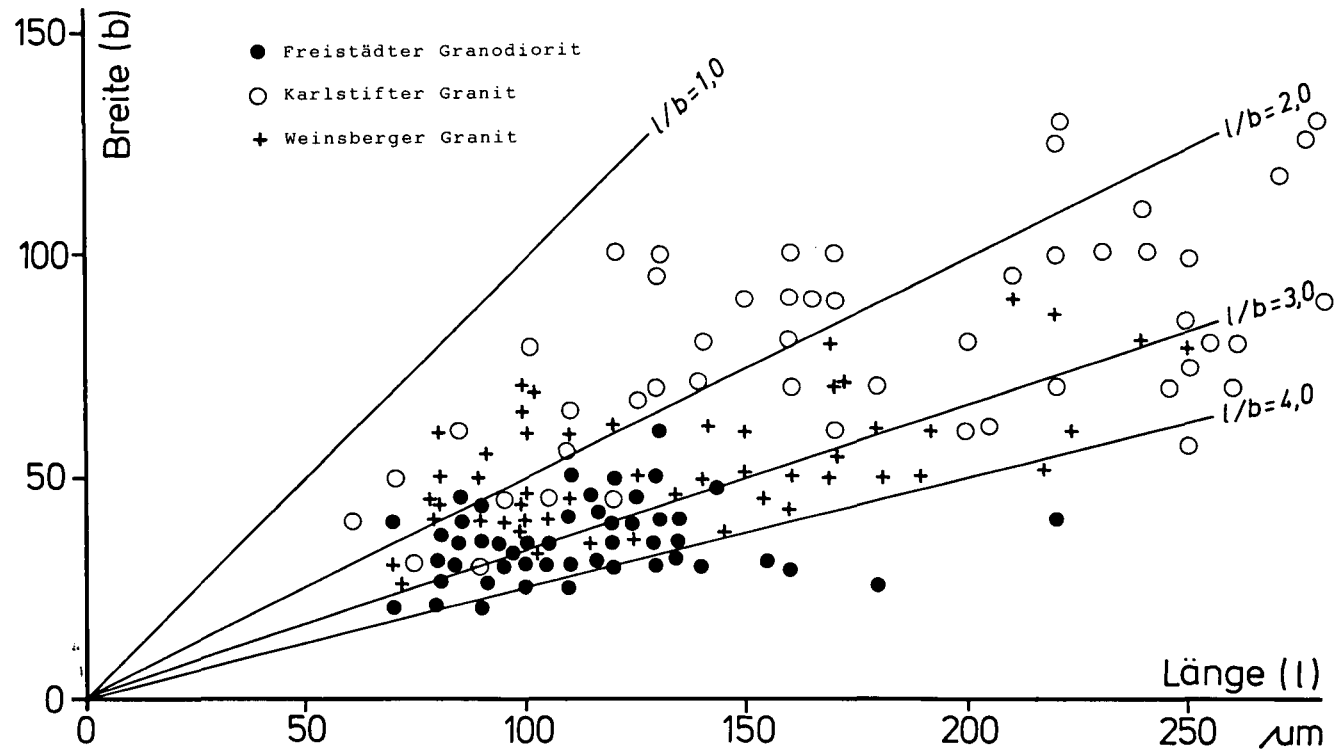



Abb. 3.
Abmessungen von Zirkonen im Weinsberger Granit (Probe FR-20), im Karlstifter Granit (Probe FR-10), und im Freistädter Granodiorit (Probe FI-22), wobei bei letzterer Probe nur die magmaeigenen Kristalle, nicht jedoch die übernommenen Zirkonformen berücksichtigt wurden (siehe Kap. 3.4.).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

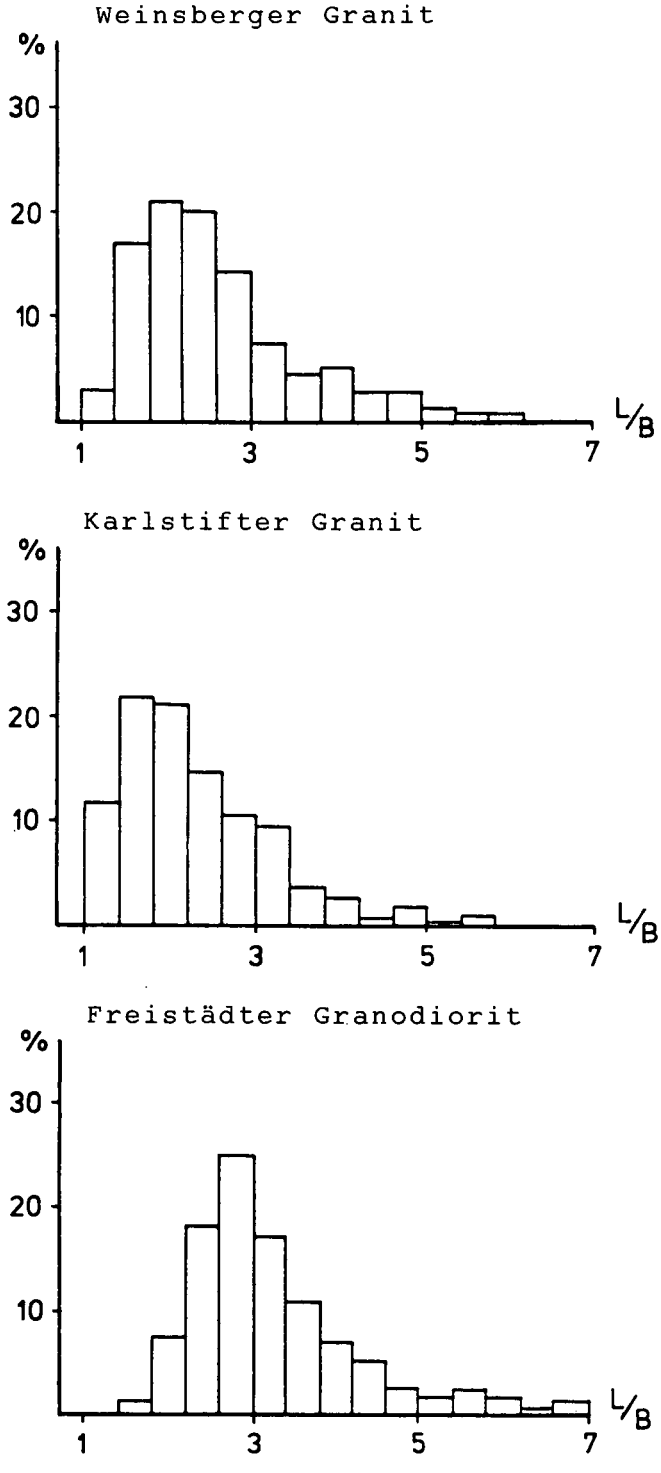



Abb. 4.
Elongations-Histogramme für jeweils 300 Zirkone des Weinsberger Granits (Probe FR-20), des Karlstifter Granits (Probe FR-10) und für 300 magmaeigene Zirkone (siehe Kap. 3.4.) des Freistädter Granodiorits (Probe FI-22).

Zeilen bzw. Abstufungen senkrecht), und der wichtigen Pyramidenflächen (211) und (101) andererseits (7 Spalten bzw. Abstufungen waagrecht).

Im von PUPIN (1980) publizierten Original findet sich daneben noch eine weitere Zeile mit Formen ohne Prisma und eine weitere Spalte mit Formen, welche die (301) Pyramide führen. Beide Zusätze wurden von uns aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen, da derartige Trachten bei unseren Proben niemals gefunden wurden und die untersuchten Kristalle immer nur Kombinationen aus den genannten 4 Hauptflächen (100), (110), (101), (211) zeigten.

Die von PUPIN verwendeten und von uns übernommenen Flächenbezeichnungen sind übrigens nicht dekkungsgleich mit den in früheren Jahren gebräuchlichen Zirkonflächenindizierungen (z. B. FRASL, 1963; HOPPE, 1963), denen u. a. eine um 45 Grad um die c-Achse gedrehte Kristallaufstellung zugrundeliegt. Dies kann unter Umständen zu Mißverständnissen beim Lesen älterer Zirkonliteratur führen.

In dem beschriebenen Basisdiagramm (Abb. 5) kann nun mit graphischen Symbolen eingetragen werden, welche von den jeweils als Muster in Strichzeichnung abgebildeten Zirkonformen sich in welcher prozentuellen Häufigkeit in einer Probe wiedererkennen lassen (Abb. 6), wobei die für unsere Proben eingetragenen Verteilungsmuster jeweils auf der Untersuchung von 150 Zirkonkristallen beruhen.

Neben der Zirkonmorphologie können selbstverständlich auch bestimmte Erscheinungen im Zirkoninneren (z. B. Farbe, Licht-, Doppelbrechung, Zonarbau, Einschlüsse, ältere „Kerne" etc.) sehr gut dabei helfen, um die Zirkone aus verschiedenen Granittypen zu unterscheiden bzw. um ihre Genese näher zu ergründen (vgl. dazu vor allem Arbeiten von FRASL, 1963, HOPPE, 1963, KÖHLER, 1968).

### 3.2. Die Ausbildung der Zirkone im Weinsberger Granit

Vom Weinsberger Granit wurden mehrere Proben von verschiedenen Lokalitäten des Freistädter Raumes untersucht (FI–75: Steinbruch Plochwald ENE Windhaag, FI–49: Straßenaufschluß bei Harrachsthal E St. Oswald, FR–20: Aufschluß nahe Steinbruch Spörbichl SSE Windhaag, vgl. Abb. 2). Die Zirkonkristalle sind in allen diesen Proben weitgehend übereinstimmend ausgebildet. Einige besonders typische Formen zeigen die Abbildungen 7a und 8.

Die meisten Kristalle haben Längsabmessungen von etwa 80 bis 200 µm bei einer Kornbreite zwischen 30 und 60 µm (Abb. 3). Sie besitzen vorwiegend gedrungenen Habitus und sind in den meisten Fällen ca. doppelt bis dreimal so lang wie breit. Das Elongationshistogramm (Abb. 4) läßt dementsprechend ein relativ breites Maximum in diesem Bereich erkennen.

Die Zirkone des Weinsberger Granits sind im allgemeinen weitgehend idiomorph und zeigen dabei glatte Oberflächen und scharfe Kristallkanten. Manchmal sind auf ehedem glatten Flächen aber auch µm-dünne „Häutchen" oder „Höckerchen" einer niedriger licht- und doppelbrechenden und dabei gleichzeitig bräunlich trüben Zirkonsubstanz aufgewachsen, vermutlich während einer spät- oder auch schon postmagmatischen Bildungsphase (gestörtes Neuwachstum nach HOPPE, 1963; KÖHLER, 1968, 1970). Dieses Neuwachstum, das den ganzen Kristall umgeben oder auch nur stellenweise fleckig auftreten kann, führt zwar mitunter zu einer bemerkenswerten Verunebnung der Oberflächen und Kanten, doch ist es mengenmäßig nie so bedeutsam, daß ursprüngliche Zirkonabmessungen oder gar die Trachten der Kristalle dadurch in nennenswerter Weise verändert worden wären.

Im Inneren sind die Zirkone des hiesigen Weinsberger Granits normalerweise farblos und bemerkenswert klar. Lediglich einige kleine dunkle Einschlußmikrolithen treten manchmal in Erscheinung. Nur ganz aus-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

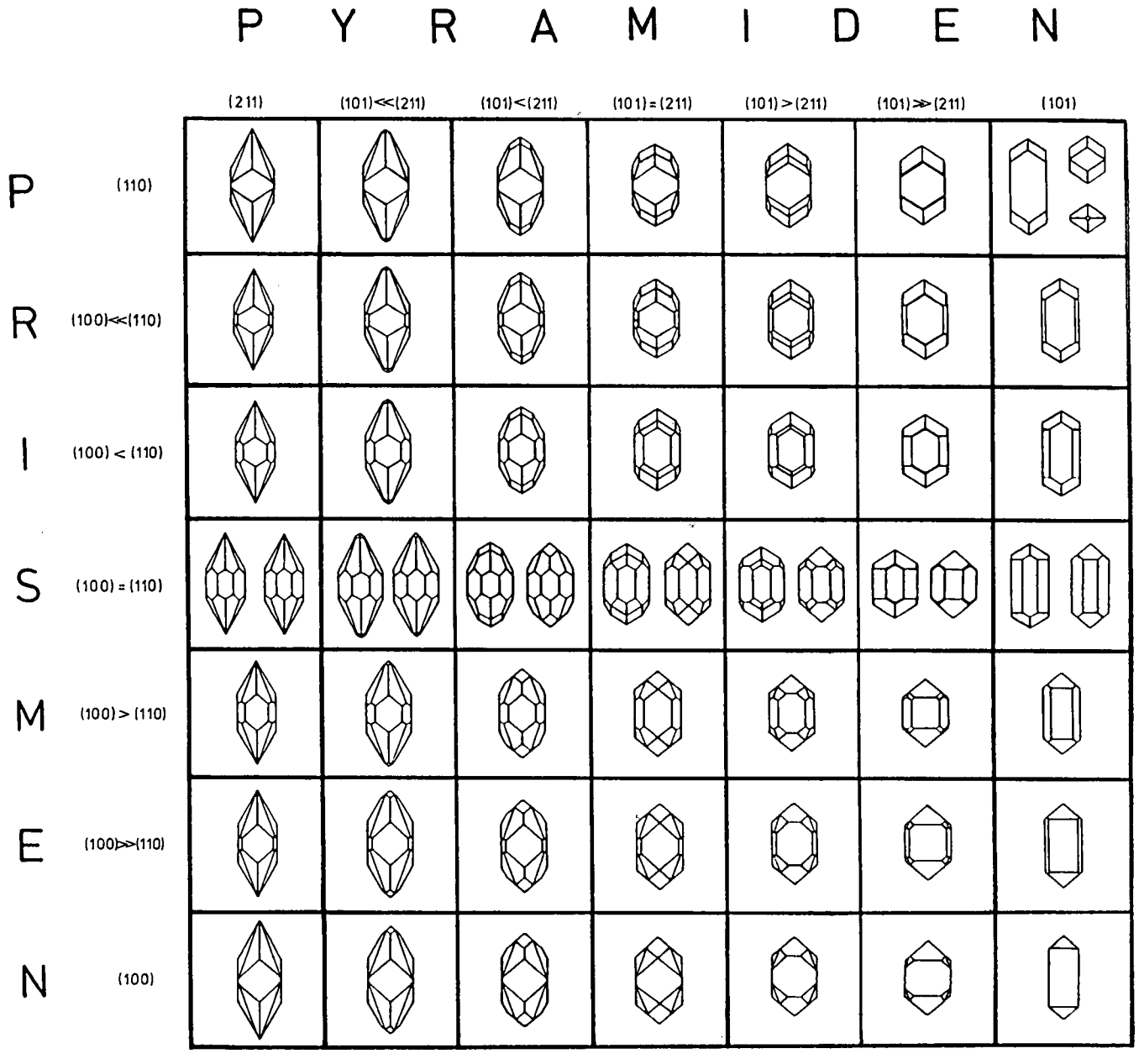



Abb. 5.
Qualitatives Schema zur Unterteilung von Zirkonkristallen nach ihrer Tracht (modifiziert nach PUPIN, 1980).
Weitere Erklärungen dazu im Text.

nahmsweise ist das Zirkoninnere durch einen Zonarbau oder einen älteren Kern einer früheren Wachstumsgeneration stärker getrübt.

Was die Kristallflächenausbildung anlangt, so zeigen sich die Weinsberger Zirkone im allgemeinen flächenreich und mit stets vier bestimmten Flächentypen ausgestattet, nämlich den beiden Prismenarten (110) und (100) und den beiden Pyramiden (211) und (101). Im Diagramm nach PUPIN (Abb. 6a) entsprechen die Kristalle am ehesten Formen in der mittleren und in der davon gleich links liegenden Spalte und hierin wiederum Formen der Zeilen 2 bis 4. Im Durchschnitt ist also das Prisma (110) und die Pyramide (211) etwas größer entwickelt als (100) bzw. (101).

Zur Vermeidung von Mißverständnissen muß an dieser Stelle allerdings bemerkt werden, daß der Weinsberger Granit nicht überall die hier im Freistädter Raum gefundene Art der Zirkonausbildung besitzt, sondern daß dasselbe Gestein überraschenderweise gegen Süden zur Donau hin oder ebenso im westlichen Mühlviertel wieder einen anderen Typ der Zirkonausbildung aufweist (siehe etwa KURAT, 1965; FINGER, 1984, 1986; FINGER et al., 1987), der u. a. durch größere (100) und (101) Flächen gekennzeichnet ist.

### 3.3. Die Ausbildung der Zirkone im Karlstifter Granit

Untersucht wurden zwei Proben aus verschiedenen Fundorten (FR–10: Steinbruch Spörbichl SSE Windhaag, FR–9: Straßenaufschluß ESE Karlstift, siehe Abb. 2). In beiden Vorkommen besitzen die Kristalle eine weitgehend übereinstimmende Ausbildung, die jedoch von jener im angrenzenden Weinsberger Granit deutlich abweicht. Eine Auswahl besonders charakteristischer Kristalle findet sich auf Abb. 7b und 8. Schon in den Abmessungen der Körner zeigen sich gewisse

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

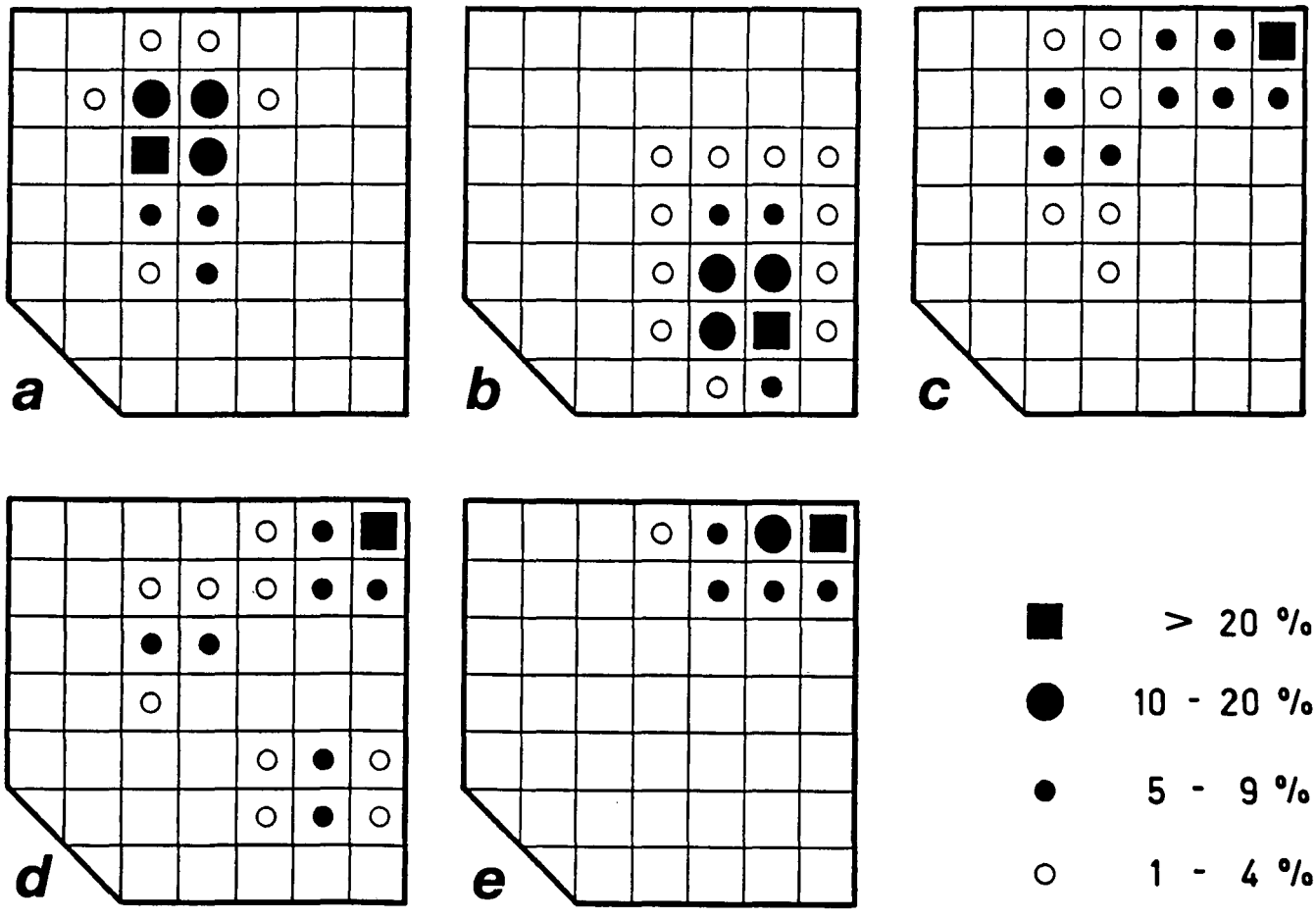



Abb. 6.
Schematische Diagramme zur Darstellung, welche Zirkontrachten in welcher Häufigkeit im
a) Weinsberger Granit (Probe FR-20),
b) Karlstifter Granit (Probe FR-10),
c) Freistädter Granodiorit (Probe FI-76)
und
d) Freistädter Granodiorit (Probe FI-22)
gefunden wurden.
In Abb. 6e sind nur die magmaeigenen (siehe Kap. 3.4.) Kristalle des Freistädter Granodiorits (Probe FI-22) berücksichtigt.
Als Basis für alle schematischen Diagramme der Abb. 6 dient das Diagramm auf Abb. 5 (siehe auch die dort dazugehörigen Erklärungen im Text).

tendenzielle Unterschiede. So sind die Zirkone des Karlstifter Granits im Durchschnitt etwas größer als die Weinsberger Zirkone und sie erreichen nicht selten Kornlängen über 200 µm und Kornbreiten über 80 µm (Abb. 3). Der Habitus der Kristalle ist allerdings ähnlich gedrungen wie jener der Weinsberger Zirkone (vgl. Abb. 3, 4), was in beiden Fällen auf eine eher langsame Magmenkristallisation schließen läßt (KOSTOV, 1973).

Die Zirkonkristalle im Karlstifter Granit sind ebenso wie jene im Weinsberger Granit wieder weitgehend idiomorph und sie besitzen glatte Flächen und scharfe Kanten, sieht man von geringfügigem dünnem Neuwachstum ab, das auch hier in etwa gleicher Weise und Häufigkeit auftreten kann, wie im letzten Kapitel beim Weinsberger Granit beschrieben.

Andererseits fällt aber sofort auf, daß die wenigsten Zirkone des Karlstifter Granits im Korninneren derart klar sind wie im Weinsberger Granit (Abb. 8). Diese deutlich geringere Durchsichtigkeit ist vielfach auf das Vorhandensein unregelmäßig fleckig verteilter dunkler Substanz zurückzuführen, zum Teil auch durch einen sehr charakteristischen Schalenbau bedingt, der störend hervortritt.

Nicht selten beobachtbar sind auch trübe, mehr oder weniger dunkle „Zirkonkerne" (HOPPE, 1963). Sie sind meist ziemlich groß, ungefähr oval geformt und können über 2/3 des Gesamtkornes einnehmen. Ausgesprochen häufig findet man vor allem aber auch kleine Apatitnadeln als Einschlüsse im Zirkoninneren. Weiters fällt auf, daß die Zirkone des Karlstifter Granits oft von radial angeordneten Sprengrissen durchzogen werden, die bevorzugt von den Zentren der Zirkonkristalle ausgehen.

Ein auffälliger Unterschied zwischen den Zirkonkristallen im Weinsberger und im Karlstifter Granit besteht weiters in der Tracht, und er ist so gravierend, daß die Zirkone in beiden Gesteinen eigentlich schon deshalb schwer verwechselbar sind. Während im Weinsberger Granit das Prisma (110) meist größer entwickelt ist als (100) und das Größenverhältnis von flacher zu steiler Pyramide etwa 1 zu 1 oder etwas in Richtung der steilen Pyramide verschoben ist, dominieren im Karlstifter Granit eindeutig Kristalle mit sehr groß ausgebildeten (101) und (100) Flächen, ja es treten hier sogar nicht wenige Körner mit einfacheren Trachten auf, die dem Weinsberger Granit im Freistädter Gebiet völlig fremd

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

sind und bei denen die steile (211) Pyramide oder das (110) Prisma ganz fehlen.

Die Karlstifter Zirkonpopulation entspricht im PUPIN-Diagramm (Abb. 6) insgesamt also vorwiegend Formen im rechten unteren Viertel, was im Vergleich zum Weinsberger Granit auf höhere Magmentemperatur und ein mehr kalkalkalisches Kristallisationsmilieu hinweist (PUPIN, 1980). Die Eintragungen zeigen klar, daß jedenfalls völlig andere Trachten als im angrenzenden Weinsberger Granit vorherrschen.

Bemerkenswert ist, daß sich im Karlstifter Granit praktisch keine Zirkone finden ließen, welche dem Weinsberger Formenkreis, wie er sich aus den untersuchten Proben ergab, eindeutig zuzuordnen wären.

Hat der jüngere Karlstifter Granit vom älteren Weinsberger Granit also keine Zirkone übernommen? Wir meinen, daß zumindest einige der überwachsenen „Zirkonkerne" des Karlstifter Granits auf solche übernommene Zirkone zurückgehen könnten, doch ist der Beweis für deren Zuordenbarkeit zum Weinsberger Granit auf Grund der fortgeschrittenen Umwachsungen hier schwer anzutreten.

### 3.4. Die Ausbildung der Zirkone im Freistädter Granodiorit

Wiederum wurden zwei Proben untersucht. Eine Probe wurde weiter ab vom Karlstifter Granitvorkommen genommen (FI–76: alter Steinbruch in Windhaag), die zweite etwa 30 m vom Kontakt des Freistädter Granodiorits zum Karlstifter Granit (FI–22: Steinbruch Spörbichl SSE Windhaag, siehe Abb. 2).

Schon in der Probe aus dem Windhaager Steinbruch (FI–76) fällt auf, daß die Zirkone eindeutig zwei Gruppen angehören. Einerseits finden sich solche Körner, die im Magma des Freistädter Granodiorits kristallisiert sind. Sie besitzen untereinander weitgehend ähnliche Ausbildung (siehe unten). Andererseits finden sich andersartige „übernommene" Zirkone (etwa 20 %), die eindeutig dem Weinsberger Granit zu parallelisieren sind, indem sie die Merkmale besitzen, welche im vorvorherigen Kapitel für jenen Granit als typisch beschrieben wurden. Bei ihrer Übernahme ins Freistädter Magma fanden zum Teil gar keine sichtbaren Überwachsungen statt. Lediglich einige der „übernommenen" Körner zeigen einen wenige µm-dünnen, niedrig licht- und doppelbrechenden bräunlichtrüben Saum, der mit einiger Wahrscheinlichkeit auf ein Weiterwachsen im Magma des Freistädter Granodiorits zurückgeführt werden könnte. Dieser Saum stört die Erkennbarkeit der ursprünglichen Kristallform aber praktisch nicht.

Demgegenüber sind die magmaeigenen Zirkone des Freistädter Granodiorits wesentlich kleiner und viel schlanker ausgebildet (Abb. 3, 7c und 8). Die Kornlängen bewegen sich meist zwischen 70 und 150 µm, die Breiten liegen zwischen 20 und 50 µm (Abb. 3). Im Normalfall sind die Kristalle auch viel schlanker als jene der beiden anderen Granite. Die Abbildung 4 zeigt deutlich die im Durchschnitt höhere Elongation mit dem Maximum etwa bei 3, was auf eine vergleichsweise raschere Magmenkristallisation hinweist, wie sie im postorogenen Freistädter Granodiorit auf Grund der geologischen Situation (vgl. z. B. FRASL, 1959) auch durchaus zu erwarten ist.

Abgesehen von den äußeren Abmessungen ist auch die Tracht der magmaeigenen Zirkone im Freistädter Granodiorit völlig andersartig als die Zirkontrachten im Weinsberger Granit und im Karlstifter Granit, insofern als Kristalle mit großen (110) und (101) Flächen dominieren. Bei etwa 50 % der Körner besteht überhaupt die einfache Tracht (101) + (110). Bei den übrigen 50 % treten die Flächen (100) und/oder (211) zwar hinzu,

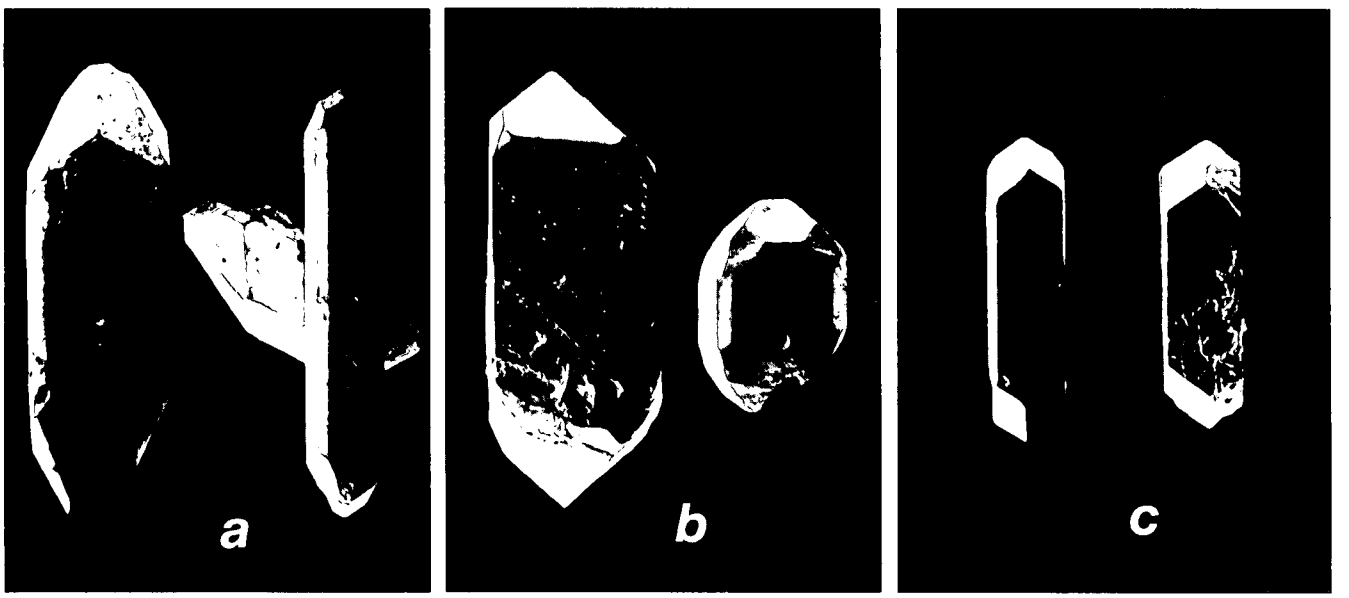
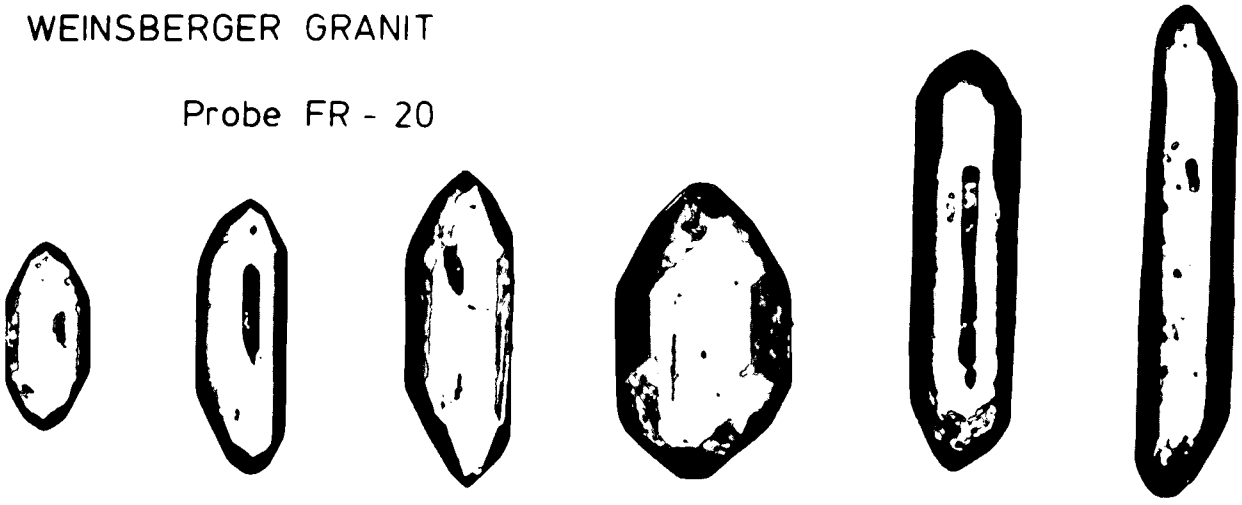



Abb. 7.
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Zirkontypen, wie man sie im
a) Weinsberger Granit des Freistädter Raumes,
b) Karlstifter Granit
und
c) Freistädter Granodiorit (als magmaeigene Zirkone)
verbreitet vorfindet.
Die Vergrößerung ist ca. 300-fach und für alle abgebildeten Kristalle gleich.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

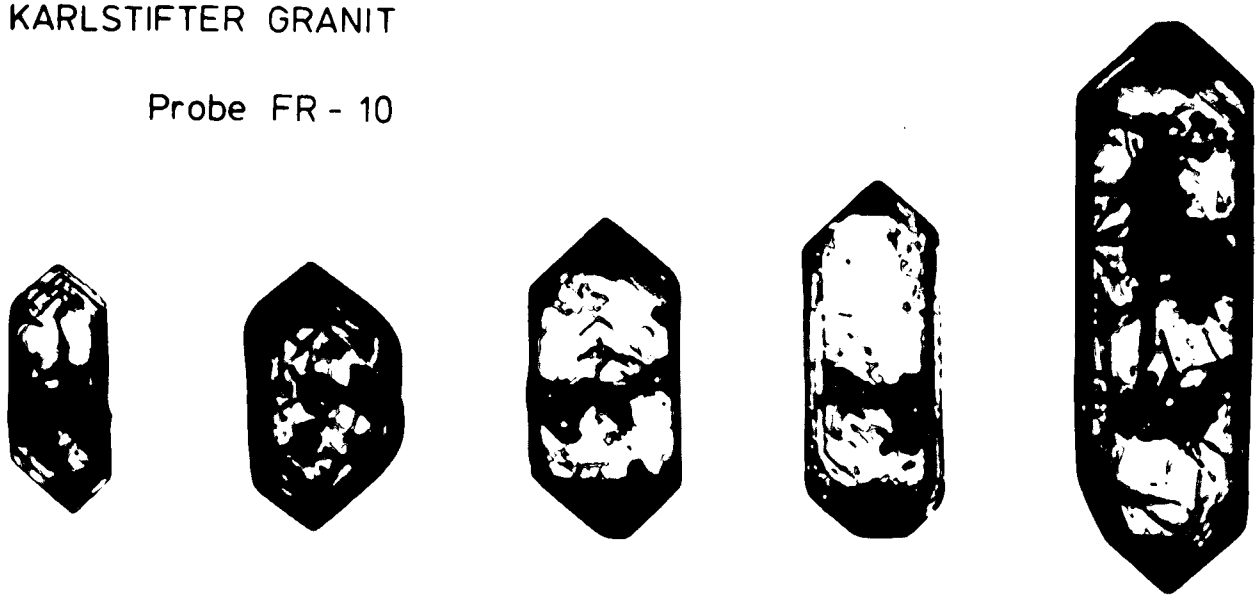
WEINSBERGER GRANIT

Probe FR - 20



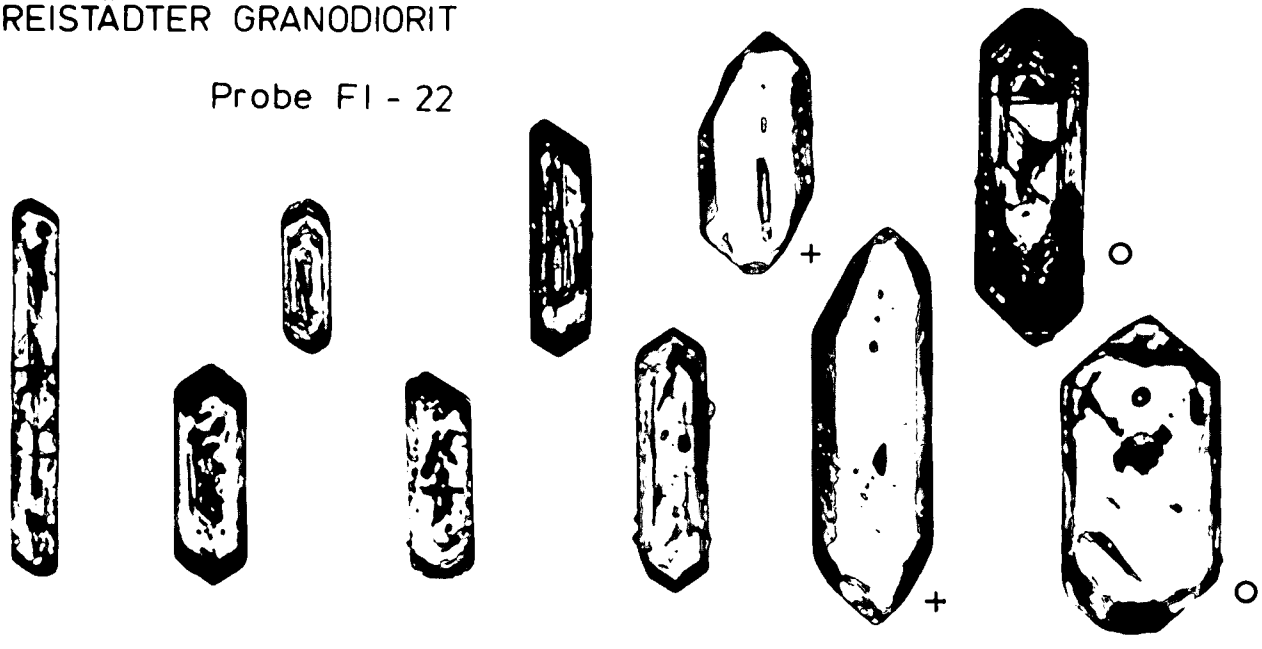
KARLSTIFTER GRANIT

Probe FR - 10



FREISTÄDTER GRANODIORIT

Probe FI - 22



©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

beide bleiben aber im allgemeinen vergleichsweise klein entwickelt. Im PUPIN-Diagramm (Abb. 6e) gleichen die magmaeigenen Zirkone des Freistädter Granodiorits solchen Kristallformen, die sich rechts oben befinden, was nach PUPIN (1980) auf ein niedrigtemperiertes kalkalkalisches Kristallisationsmilieu hinweist.

In ihrem Inneren sind die magmaeigenen Zirkonkristalle des Freistädter Granodiorits normalerweise durch das Auftreten eines feinrhythmischen vielschichtigen Zonarbaues oder durch kleine Einschlüsse getrübt.

Vor allem an den Pyramidenflächen können auch wiederum sehr dünne bräunliche Säume und Höcker spät- oder postmagmatisch aufgewachsen sein (gestörtes Neuwachstum sensu HOPPE, 1963; KÖHLER, 1968, 1970), doch besteht im großen und ganzen weitgehende Idiomorphie bei den Kristallformen.

Die zweite untersuchte Probe vom Freistädter Granodiorit (FI–22), also jene, die vom Steinbruch Spörbichl SSE Windhaag (Abb. 2) nahe des Kontakts zum Karlstifter Granit genommen wurde, zeigt nun in übereinstimmender Ausbildung, wie eben beschrieben, magmaeigene Zirkone des Freistädter Granodiorits, und zwar in einer Häufigkeit von etwa 60 % bis 70 %. Einige ausgewählte typische Formen sind auf den Abbildungen 7c und 8 zu sehen.

Dann finden sich auch wieder aus dem Weinsberger Granit übernommene Zirkone, wie schon im Windhaager Steinbruch. Sie sind durch ihre Abmessungen, ihr klares Korninneres, und wegen der von der steilen Pyramide dominierten Tracht meist einwandfrei erkennbar (vgl. die in Abb. 8 mit Kreuz gekennzeichneten Kristalle). Die übernommenen Zirkone der Weinsberger Art führen in den PUPIN-Diagrammen für beide Proben des Freistädter Granodiorits zur Ausbildung eines Nebenmaximums im Bereich der typischen Weinsberger Zirkontrachten (Abb. 6c, d).

In der Probe aus dem Steinbruch Spörbichl tritt nun aber außerdem in ganz eindeutiger Weise die übernommene Zirkonpopulation des Karlstifter Granits auf, was sich auch deutlich im betreffenden PUPIN-Diagramm äußert (Abb. 6d). Man findet etwa in gleicher Häufigkeit wie Zirkone des Weinsberger Formenkreises die großen gedrungenen einschlußreichen, stark zonierten, oft kernführenden und von opaker Substanz und radialen Kernsprüngen durchsetzten Kristalle der Karlstifter Art mit der typischen Dominanz der (100) und (101) Flächen (vgl. die in Abb. 8 mit Ring gekennzeichneten Kristalle). Auch sie wurden bei der Übernahme ins Magma des Freistädter Granodiorits entweder gar nicht oder doch nur sehr geringfügig weiterumwachsen.

### 3.5. Zusammenfassende Betrachtung

Aus den Zirkonuntersuchungen geht also auf einfachste Weise hervor, daß:

1) Der Freistädter Granodiorit Zirkone des Weinsberger Granits ererbt hat,
2) der Freistädter Granodiorit stellenweise aber auch Zirkone des Karlstifter Granits ererbt hat.

Folglich ist der Freistädter Granodiorit zwingend jünger als die beiden anderen Granittypen.

Die eingangs im Kapitel 2 umrissene Fragestellung, ob der Karlstifter Granit jünger oder älter ist als der Feinkorngranit (Freistädter Granodiorit), ist damit eindeutig zugunsten der letztgenannten Möglichkeit geklärt.

## 4. Schlußbemerkungen

Mit dem vorgelegten Beispiel haben wir zu zeigen versucht, daß die mikroskopische Zirkonuntersuchung (bzw. das Identifizieren von „übernommenen" Zirkonen) sehr gut helfen kann, die relativen Altersbeziehungen zwischen zwei oder mehreren benachbarten Granitintrusionen herauszufinden. Freilich funktioniert die Methode nur, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

1) Die jüngeren Granite müssen in entsprechender Menge kontaminiert sein und von den älteren Graniten ausreichend Zirkonmaterial übernommen haben. Dies ist naturgemäß nur bei Granitvorkommen zu erwarten, die im Aufschlußniveau räumlich nahe beisammen liegen, und zwar in primärmagmatischer Hinsicht und nicht etwa durch allfällige tektonische Vorgänge bedingt.
2) Die Zirkone der beteiligten Granite müssen deutlich unterschiedlich ausgebildet sein, sodaß sie sich im Streupräparat mikroskopisch mit ausreichender Sicherheit auseinanderhalten lassen.
3) Die übernommenen Zirkone müssen weitgehend unzerstört und herkunftsmäßig klar zuordenbar im jüngeren Granit vorliegen. Allfällige Überwachsungen nach der Übernahme der Nebengesteinszirkone ins jüngere Granitmagma dürfen nur so geringfügig sein, daß sie die alten Formen nicht wesentlich verschleiern. Letzterer Punkt ist vor allem in tiefsitzenden anatektischen Bildungsbereichen, oder auch bei sehr heißen Intrusivgraniten nicht immer zufriedenstellend erfüllt: Die übernommenen Zirkone sind dort zwar oft vorhanden, jedoch stark korrodiert und/oder überwachsen worden, sodaß eine sichere Rückschlußmöglichkeit auf die Herkunft zum Teil nicht mehr möglich ist (siehe dazu auch HOPPE, 1963).

Unserer Auffassung nach kann die Suche nach „übernommenen" Zirkonen insgesamt als eine wichtige Methode zur Altersgliederung von Granitgebieten gewertet werden, vor allem wenn man bedenkt, daß sie zum Beispiel auch bei extrem schlechter Aufschlußsituation, wo die Lagerungsverhältnisse der Gesteine im Gelände nicht zu sehen sind, noch sichere Aussagen über die Altersbeziehungen benachbarter Granitintrusionen ermöglichen kann. Schon die Aufsammlung eini-

Abb. 8.
○ Oberes Feld: Beispiele typischer Zirkonformen im Weinsberger Granit des Freistädter Raumes (Probe FR-20).
○ Mittleres Feld: Beispiele typischer Zirkonformen im Karlstifter Granit (Probe FR-10).
○ Unteres Feld: Beispiele typischer Zirkonformen aus der Probe FI-22 (Freistädter Granodiorit, Steinbruch Spörbichl).
Links befinden sich die kleineren magmaeigenen Zirkone des Freistädter Granodiorits. Die vier größeren Kristalle rechts sind übernommene Zirkone, die beiden rechts außen (mit Ringsymbol daneben) stammen offensichtlich aus dem Karlstifter Granit, die zwei links daneben (mit Kreuz gekennzeichnet) aus dem Weinsberger Granit.
Vergleiche die große Ähnlichkeit zu den dortigen Formen im mittleren und oberen Feld.
Die Vergrößerung ist ca. 250-fach und für alle abgebildeten Kristalle gleich.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

ger faustgroßer angewitterter Feldsteine kann unter Umständen zum Erfolg führen.

Ebenso wäre ein erfolgreicher Einsatz bei der wissenschaftlichen Auswertung von granitoiden Bohrkernen denkbar.

Nachdem Zirkone aber bekanntlich auch von metamorphen Veränderungen bis in die Amphibolitfazies hinein weitgehend verschont und als vormetamorphe Relikte erhalten bleiben (vgl. z. B. FRASL, 1963; MARSHALL, 1966; DÖLZLMÜLLER, 1988), bietet sich die Methode ebenso zur Klärung der Intrusionsfolge in Granitgneiskomplexen an, wo infolge von starker Verschieferung und durchgreifender Umkristallisation oft kaum eine Chance darauf besteht, primäre Intrusionsbeziehungen durch Geländebeobachtungen herauszufinden.

## Dank

Unser Dank gilt vor allem Prof. G. FRASL für vielerlei wertvolle Anregungen und Kommentare.

H. MATL und G. SCHUBERT haben uns bei der Mineralseparation und bei der Herstellung der Zirkonstreupräparate unterstützt, H. P. STEYRER hat freundlicherweise beim Zeichnen der Abbildungen und beim Photographieren der Zirkonkristalle geholfen. Die REM-Aufnahmen wurden von W. KRAUTGARTNER durchgeführt.

In finanzieller Hinsicht wurde die vorliegende Arbeit vom Jubiläumsfonds der österreichischen Nationalbank (Projekt 2584, Leiter G. FRASL) und vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt 5600, Leiter V. HÖCK) unterstützt, wofür wir uns ebenfalls bedanken möchten.

## Literatur

CHRUSTSCHOFF, K.: Beitrag zur Kenntnis der Zirkone. – T. M. P. M., **7**, 423–442, Wien 1886.

DÖLZMÜLLER, H., FINGER, F. & SCHERMAIER, A.: Die Ausbildung der Zirkonkristalle im Granitgneis des Hohen Sonnblicks und ihre Aussage zur Gesteinsgenese. – Mitt. Österr. Geol. Ges. Wien (zum Druck eingereicht) 1988.

FINGER, F.: Die Anatexis im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). – Diss. Univ. Salzburg, 217 S., Salzburg 1984.

FINGER, F.: Die synorogenen Granitoide und Gneise im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). – Jb. Geol. B.-A., **128**, 383–402, Wien 1986.

FINGER, F.: 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. & HÖCK, V.: Some new results on the petrogenesis of continental crust in the western Moldanubian zone of Austria. – Publ. Zentralanst. Met. Geodyn., **67**, 13–19, Wien 1986.

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.

FRASL, G.: Bericht 1958 über Aufnahmen auf Blatt Steyregg (33). – Verh. Geol. B.-A., **1959**/3, A23–A27, Wien 1959.

FRASL, G.: Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als eine Routinearbeit des Kristallingeologen. – Jb. Geol. B.-A., **106**, 405–428, Wien 1963.

FRASL, G., FUCHS, G., KURZWEIL, H. THIELE, O., VOHRYTZKA, K.u.E. & ZIRKEL, E.: Übersichtskarte des Kristallins im westlichen Mühlviertel und im Sauwald Oberösterreich. Maßstab 1:100.000. – Wien (Geol. B.-A.) 1965.

FUCHS, G.: Zur Altersgliederung des Moldanubikums in Oberösterreich. – Verh. Geol. B.-A., **1962**, 96–117, Wien 1962.

FUCHS, G.: Das Südböhmische Granitmassiv. – In: OBERHAUSER, R.: Der Geologische Aufbau Österreichs, 701 S., Wien (Springer) 1980.

FUCHS, G. & THIELE, O.: Erläuterungen zur Übersichtskarte des Kristallins im westlichen Mühlviertel und im Sauwald, Oberösterreich. – 96 S., Wien (Geol. B.-A.) 1968.

FUCHS, G. & MATURA, A.: Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmischen Masse. – Jb. Geol. B.-A., **119**, 1–43, Wien 1976.

FUCHS, G. & SCHWAIGHOFER, B.: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 17 (Großpertholz). – Wien (Geol. B.-A.) 1980.

GÖD, R. & KOLLER, F.: Molybdän-führende Greisen in der südlichen Böhmischen Masse. – Mitt. Österr. Miner. Ges., **132**, 87–101, Wien 1987.

GRABER, H. V.: Intrusionsfolge, Mischprodukte und Bewegungsvorgänge am Südrande der Böhmischen Masse. – Verh. Geol. B.-A., **7/8**, 149–163, Wien 1987.

HAUNSCHMID, B.: Geologisch-petrographische Untersuchungen im Bereich Windhaag bei Freistadt. – Dipl. Arbeit Univ. Salzburg, Salzburg 1988.

HOPPE, G.: Die Verwendbarkeit morphologischer Erscheinungen an akzessorischen Zirkonen für petrogenetische Auswertungen. – Abh. Deutsch. Akad. Wiss. Kl. f. Bergbau etc., **1963/1**, 130 S., Berlin 1963.

KLOB, H.: Über das Vorkommen eines porphyrischen Granites im Raume Sandl – Karlstift – Liebenau bei Freistadt im oberösterreichischen Mühlviertel (Granit vom Typ Karlstift). – T. M. P. M., **14**, 311–323, Wien 1970.

KLOB, H.: Der Freistädter Granodiorit im östlichen Moldanubikum. – Verh. Geol. B.-A., **1971**, 98–142, Wien 1971.

KÖHLER, A.: Zur Entstehung der Granite der Südböhmischen Masse. – T. M. P. M., **1**, 175–184, Wien 1948.

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 crystallogenetic indicator. – Kristall und Technik, **8**, 11–19, Berlin 1973.

KURAT, G.: Der Weinsberger Granit im südlichen österreichischen Moldanubikum: T. M. P. M., **9**, 202–227, Wien 1965.

LARSEN, L. H. & POLDERVAART, A.: Measurement and distribution of zircons in some granitic rocks of magmatic origin. – Min. Mag., **31**, 544–546, London 1957.

MARSHALL, B.: The present status of zircon. – Sedimentology, **9**, 119–136, Oxford 1967.

POLDERVAART, A.: Zircons in rocks 2: igneous rocks. – Am. J. Sci., **254**, 521–554, New Haven 1956.

PUPIN, J. P.: Zircon and granite petrology. – Contr. Min. Petr., **73**, 207–220, Heidelberg 1980.

PUPIN, J. P.: Magmatic zoning of Hercynian granitoids in France based on Zircon typology. – S. M. P. M., **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.

RICHTER, W.: Petrologische Untersuchungen am Mauthausner Granit im österreichischen Moldanubikum. – T. M. P. M., **10**, 265–296, Wien 1965.

SCHARBERT, S.: Mineralbestand und Genesis des Eisgarner Granits im niederösterreichischen Waldviertel. – T. M. P. M., **11**, 388–412, Wien 1966.

SCHARBERT, S.: Rb-Sr-Untersuchungen granitoider Gesteine des Moldanubikums in Österreich. – Mitt. Österr. Min. Ges., **132**, 21–37, Wien 1987.

ZIMMERLE, W.: Accessory zircon from a Rhyolite, Yellowstone National Park (Wyoming, U. S. A.). – Z. dt. geol. Ges., **130**, 361–369, Hannover 1975.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 2. Februar 1988.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 131

Autor(en)/Author(s): Finger Fritz [Friedrich], Haunschmid B.

Artikel/Article: Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als Methode zur Klärung der Intrusionsfolge in Granitgebieten - eine Studie im nordöstlichen oberösterreichischen Moldanubikum 255