

**GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM**  
STIFTUNG DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

Bernd Lehmann  
Reimar Seltmann

# **Der Übergangsbereich Pegmatit-/Aplit- in Hydrothermal-Systeme am Beispiel Ehrenfriedersdorf/Erzgebirge**

Abschlußbericht  
zum DFG-Projekt Le 578/7-1 und Se 594/3-1

---

Scientific Technical Report STR95/20

102 Aug. 1995



### **Impressum**

GeoForschungsZentrum Potsdam  
Telegrafenberg A 17  
D-14473 Potsdam

Gedruckt in Potsdam  
Juli 1995

A. 3.7.2  
Pegmatit  
Aplit  
Hydrothermal-Systeme  
Sn-Lagerstätte

Abschlußbericht  
zum DFG-Projekt Le 578/7-1 und Se 594/3-1

# Der Übergangsbereich Pegmatit-/Aplit- in Hydrothermal-Systeme am Beispiel Ehrenfriedersdorf/Erzgebirge

Berichtersteller:

Bernd Lehmann<sup>2</sup> und Reimar Seltmann<sup>1</sup>

unter Mitarbeit von:

Peter Dulski<sup>1</sup>, Heinz Gerstenberger<sup>1</sup>, Bärbel Gottesmann<sup>1</sup>, Günther Hösel<sup>3</sup>, Wolfgang Irber<sup>1</sup>, Volker Lüders<sup>1</sup>, Horst Meyer<sup>4</sup>, Peter Möller<sup>1</sup>, Barbara Pflugbeil<sup>1</sup>, Rainer Thomas<sup>1</sup>, Thomas Schneider<sup>2</sup>, Sten Littmann<sup>5</sup>, Ursula Tägl<sup>4</sup>

Scientific Technical Report STR95/20

- 1) GeoForschungsZentrum Potsdam; 2) TU Clausthal, Institut für Mineralogie;
- 3) Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Bereich Boden und Geologie;
- 4) Zinngrube Ehrenfriedersdorf; 5) TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie





## Zusammenfassung

Das Si-Lagerstätten-System Ebnreit/Modersdorf ist an den in 100-200 m Tiefe unterirdisch aufgeschichteten variszischen Granitstock des Saubergs gebunden. Die hochfraktionierte Granitintrusion mit hohem Intrusionsniveau bei rund 2000 bar stellt einen Askerbereich ("Granitdecken") des "Mittlergebirgischen Teilraums" dar, der nach Ergusszeiten von Granitmatrize und zahlreichen Explorationsbohrungen weitläufig das Gebiet Ebnreit-Anneberg unterlagert. Die

0	Zusammenfassung	3
1	Einleitung	5
2	Petrographie der granitischen Gesteine	8
2.1	Gelände- u. Dünnschliff-Petrographie	8
2.2	Dickschliff-Petrographie: Schmelzeinschlüsse	12
2.3	Dickschliff-Petrographie: Flüssigkeitseinschlüsse	13
3	Geochemie	14
3.1	Allgemeine Charakterisierung	14
3.2	SEE-Verteilungsmuster	28
3.3	Mineralogie und Geochemie der Glimmer	35
3.4	Stabile Isotope	38
3.5	Nd- und Sr-Isotopie	41
3.6	Laugungsversuche	44
4	Literatur	47
5	Anhang	50

Die untersuchten Granitproben haben peralumine Zusammensetzung und gehören zur I-macht-Serie (magnetische Suszeptibilitäten  $\approx 0,1 \times 10^{-3}$  SI-Einheiten). Es handelt sich durchwegs um hochfraktionierte leukokratische /low Ca Granite, wobei die Intrusionssequenz systematische Entwicklungstrends für Ta, Sn, W, F, Cs, U (Anreicherung), sowie Ti, Mg, Ca, Zr, Zr/Hf, ISEE (Abreicherung) aufweist, und die Aplitgänge den höchsten Fraktionierungsgrad zeigen. Für die hydrothermal am geringsten mobilen Elementpaare lässt sich dabei fraktionierte Kristallisation als dominanter petrogenetischer Prozess definieren, während Streumuster für die meisten Elemente eine Überprägung im spät- oder postmagmatischen Bereich anzeigen. Insbesondere zeigt die ausgeprägte SEE-Internfraktionierung (Tetraden-Effekt) die Überprägung durch eine Komplexbildner-reiche Fluidphase bei hoher Temperatur.

Dem hohen Fraktionierungsgrad entspricht auch die chemische Zusammensetzung der Glimmer-Komponente (Protolithionit), mit im Vergleich zur Erzgebirgs-Granit suite extrem niedrigen Ti- und Mg-Gehalten im 1000 bzw. 100 ppm-Bereich. Das Verteilungsmuster von  $\delta^{18}\text{O}$ - und  $\delta\text{D}$ -Werten von Protolithionit und kogenetischem Quarz macht für den Stockscheider eine primär-magmatische Fluidentwicklung ohne externen Beitrag wahrscheinlich.

Die konsistenten  $\epsilon_{\text{Nd}}$ -Werte von Stockscheider-Mineralen mit  $-17,6 \pm 0,6$  (300 Ma) definieren ein paläoproterozoisches Edukt-Material (TDM  $\approx 1625 \pm 72$  Ma,

1	Anfang	1
2	Einleitung	2
3	1. Abschnitt	3
4	2. Abschnitt	4
5	3. Abschnitt	5
6	4. Abschnitt	6
7	5. Abschnitt	7
8	6. Abschnitt	8
9	7. Abschnitt	9
10	8. Abschnitt	10
11	9. Abschnitt	11
12	10. Abschnitt	12
13	11. Abschnitt	13
14	12. Abschnitt	14
15	13. Abschnitt	15
16	14. Abschnitt	16
17	15. Abschnitt	17
18	16. Abschnitt	18
19	17. Abschnitt	19
20	18. Abschnitt	20
21	19. Abschnitt	21
22	20. Abschnitt	22
23	21. Abschnitt	23
24	22. Abschnitt	24
25	23. Abschnitt	25
26	24. Abschnitt	26
27	25. Abschnitt	27
28	26. Abschnitt	28
29	27. Abschnitt	29
30	28. Abschnitt	30
31	29. Abschnitt	31
32	30. Abschnitt	32
33	31. Abschnitt	33
34	32. Abschnitt	34
35	33. Abschnitt	35
36	34. Abschnitt	36
37	35. Abschnitt	37
38	36. Abschnitt	38
39	37. Abschnitt	39
40	38. Abschnitt	40
41	39. Abschnitt	41
42	40. Abschnitt	42
43	41. Abschnitt	43
44	42. Abschnitt	44
45	43. Abschnitt	45
46	44. Abschnitt	46
47	45. Abschnitt	47
48	46. Abschnitt	48
49	47. Abschnitt	49
50	48. Abschnitt	50

## Zusammenfassung

Das Sn-Lagerstättensystem Ehrenfriedersdorf ist an den in 140-200 m Tiefe untertägig aufgeschlossenen varistischen Granitstock des Saubergs gebunden. Die posttektonische nicht-foliierte Granitintrusion mit hohem Intrusionsniveau bei rund 2.000 m stellt einen Apikalbereich ("Granitrücken") des "Mittelerzgebirgischen Teilplutons" dar, der nach Ergebnissen von Gravimetrie und zahlreichen Explorationsbohrungen weiträumig das Gebiet E'dorf-Annaberg unterlagert. Die mehrphasige Sauberg-Subintrusion besteht aus hochfraktioniertem Alkalifeldspat-Protolithionit-Granit mit starker spät- bis postmagmatischer Hochtemperatur-Überprägung und charakteristischer F-Metasomatose. Im Endo-Kontaktbereich zu kambrischen Glimmergneisen treten stark wechselkörnige Randpegmatite mit aplitischen Bereichen auf ("Stockscheider"), im Exokontakt besteht ein nach dem Gefügebild fließender Übergang von hydrothermal überprägten, mehrphasigen leukokraten Aplitgängen zu Sn-(W)-mineralisierten Quarzgängen.

Schmelzeinschlüsse in Quarzen aus dem Stockscheider und Aplit-/Quarzgängen haben deutlich höhere Äquivalent-Wassergehalte als der experimentellen H<sub>2</sub>O-Löslichkeit in einem haplogranitischen Niedrigdruck-System entsprechen und zeigen Solidus-Temperaturen bis < 600°C. Vorläufige E-Mikrosondenanalysen belegen erhöhte Gehalte von F und P im %-Bereich. Die Viskosität der Schmelzen kann auf Werte von bis zu < 10<sup>2</sup> Pa·s (bei 800°C) abgeschätzt werden und ist damit um Größenordnungen niedriger als für normal-granitische Schmelze.

Die untersuchten Granitproben haben peralumine Zusammensetzung und gehören zur Ilmenit-Serie (magnetische Suszeptibilitäten  $\leq 0,1 \times 10^{-3}$  SI-Einheiten). Es handelt sich durchwegs um hochfraktionierte leukokrate *low Ca* Granite, wobei die Intrusionssequenz systematische Entwicklungstrends für Ta, Sn, W, F, Cs, U (Anreicherung), sowie Ti, Mg, Ca, Zr, Zr/Hf,  $\Sigma$ SEE (Abreicherung) aufweist, und die Aplitgänge den höchsten Fraktionierungsgrad zeigen. Für die hydrothermal am geringsten mobilen Elementpaare lässt sich dabei fraktionierte Kristallisation als dominanter petrogenetischer Prozess definieren, während Streumuster für die meisten Elemente eine Überprägung im spät- oder postmagmatischen Bereich anzeigen. Insbesondere zeigt die ausgeprägte SEE-Internfraktionierung (Tetraden-Effekt) die Überprägung durch eine Komplexbildner-reiche Fluidphase bei hoher Temperatur.

Dem hohen Fraktionierungsgrad entspricht auch die chemische Zusammensetzung der Glimmer-Komponente (Protolithionit), mit im Vergleich zur Erzgebirgs-Granitsuite extrem niedrigen Ti- und Mg-Gehalten im 1000 bzw. 100 ppm-Bereich. Das Verteilungsmuster von  $\delta^{18}\text{O}$ - und  $\delta\text{D}$ -Werten von Protolithionit und kogenetischem Quarz macht für den Stockscheider eine primär-magmatische Fluidentwicklung ohne externen Beitrag wahrscheinlich.

Die konsistenten  $\epsilon_{\text{Nd}}$ -Werte von Stockscheider-Mineralen mit  $-17,6 \pm 0,6$  (300 Ma) definieren ein paläoproterozoisches Edukt-Material ( $T_{\text{DM}} = 1625 \pm 72$  Ma,

Das im Lagerstättenystem Ebnethalbedorf ist an den in 140-200 m Tiefe unterirdisch aufgetrennten variastischen Granitstock des Südberges gebunden. Die kontaktische nicht-fällige Granitintrusion mit hohem Intrusionsniveau bei rund 2.000 m stellt einen Aplitkörper ("Granitkörper") des "Mittelschichtigen Teilzonen" dar, der nach Ergebnissen von Gravimetrie und seismischen Explorationsbohrungen wahrscheinlich das Gebiet Ebnethal-Ansbach umschließt. Die mafische Gabbro-Substruktion besteht aus hochfraktioniertem Alkalifeldspat-Granitit-Granit mit stark spär- bis postmagmatischer Hochtemperatur-Übergangung und zirkonhaltiger E-Mittelschicht. Im Ende-Kontaktbereich zu kamptischen Glimmergneisen treten stark wechsellagerte Handgemalte mit spaltigen Bereichen aus ("Sackschiefer"). Im Exokontakt besteht ein nach dem Gefügebild liestrukturierter Übergang von hydrothermal überlagerten, mehrphasigen leucokraten Aplitgängen zu Ebnethal-Mittelschichtigen Quarzgängen.

Formelbestimmungen in Quarz aus dem Sackschiefer und Aplit-Quarzgängen haben deutlich höhere Äquivalent-Wassergehalte als der experimentellen H<sub>2</sub>O-Löslichkeit in einem typischen Nadelgabbro-System entsprechen und zeigen Löslich-Temperaturen bis <math>2800^{\circ}\text{C}</math>. Vorläufige E-Mittelschichtanalysen zeigen erhöhte Gehalte von F und P im E-Bereich. Die Viskosität der Schmelzen kann zur Werte von bis zu <math>10^5</math> Pa $\cdot</math>s (bei <math>800^{\circ}\text{C}</math>) geschätzt werden und ist damit um Größenordnungen niedriger als für normal-gemischte Schmelze.$

Die unterschiedlichen Gabbrotypen haben verschiedene Zusammensetzung und Gehalte zur limitierten (magmatische) Basalquarzite <math>2,0 \times 10^{-2}</math> Si-Einheiten. Es handelt sich durchwegs um hochfraktionierte leucokratische Ca-Granite, wobei die Intraelement systematische Entwicklungstrends für Ta, Sn, W, F, Ca, U (Anreicherung), sowie Ti, Mg, Co, Zr, Zr/Hf, Zr/Sm (Anreicherung) aufweist, und die Aplitgänge den höchsten Fraktionierungsgrad zeigen. Für die hydrothermal am geringsten mobilisierten Elementare lässt sich dabei fraktionierte Kristallisation als dominanter petrogenetischer Prozess definieren, während Strommuster für die meisten Elemente eine Übergangung im spär- oder postmagmatischen Bereich anzeigen. Insbesondere zeigt die ausgeprägte SEE-Intensifikation (Tatbestand) die Übergangung durch eine komplexbildner-reiche Fluidphase bei hoher Temperatur.

Dem hohen Fraktionierungsgrad entspricht auch die chemische Zusammensetzung der Glimmerkomponente (Prothionit), mit im Vergleich zur Erzdegrit-Granitite extrem niedrigen Ti- und Mg-Gehalten im 1000 bzw. 100 ppm-Bereich. Das Verteilungskoeffizient von  $\delta^{18}\text{O}$ - und  $\delta\text{D}$ -Werten von Prothionit und korrespondierendem Quarz weist für den Sackschiefer eine primär-magmatische Fluidentwicklung ohne externen Beitrag wahrscheinlich.

Die konstanten  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von Sackschiefer-Mineralen mit  $-17,6 \pm 0,6$  (300 Ma) definieren ein paläoproterozoisches Edukt-Material ( $T_{DM} = 1825 \pm 72$  Ma).

Minimal-Modellalter). Das Sr-Isotopensystem ist extrem gestört und erlaubt keine geochronologische Aussage.

Das Defizit an radiogenem Sr lässt sich anhand von Laugungsversuchen erklären, die extreme hydrothermale Mobilität für die Komponenten Ca, Ba, Mn, Zn, Sr, Eu, Pb und U zeigen. Die hohe chemische Verfügbarkeit einer ganzen Reihe von inkompatiblen Elementen bei Niedrigtemperatur-Laugung, inklusive der SEE mit Tetradeneffekt im Eluat, deutet auf ein reliktsch im Intergranularraum und in Fluid-Einschlüssen erhaltenes Komplexbildner-reiches silikatisch-wässriges Übergangsfliuid. Diese spätmagmatische F-P-H<sub>2</sub>O-reiche Fluidphase ist zwar *a priori* eine Residual-Bildung aus stark fortgeschrittener fraktionierter Kristallisation des Granit-Gesamtsystems, hat aber durch die Intern-Entwicklung zu extrem depolymerisierter Schmelzstruktur mit entsprechender Mobilität und Komplexierungs-Kapazität einen autonomem Charakter und überprägt metasomatisch den älteren magmatischen Stoffbestand.

Die Probenahme war speziell auf zwei Aufschlussbereiche innerhalb der Granitintrusion (Steckschleider, 3. Schie) sowie im Exobereich (Anlitgang, 3. Schie) ausgerichtet, in denen komplexe Gefügebilder mit pegmatitischen und aplitischen Teilbereichen sowie hydrothermaler Sn-W Mineralisation auftreten. Zur Erfassung des petrologischen Rahmens wurden eine Reihe granitische Gesteinsproben aus der untersten zugänglichen Schie 3. Schie) sowie von verschiedenen Explorationsbohrungen im Raum Ehrenfriedersdorf/Annaberg genommen (Abb. 1, 2). Insgesamt umfasst die Probenahme rund 130 Handstücke bzw. Bohrkerns von jeweils rund 1 kg Gewicht. Die Unterteilproben und Bohrkerns belegen nur die obersten 200 m Granitauflage. Ein tieferer Einblick in das Granitsystem von E'dorf ist nach den gegebenen Aufschluss-Verhältnissen (inkl. sämtlicher Bohrungen) leider nicht möglich.

An den Unterteilungen waren zahlreiche Personen beteiligt. Die einzelnen Arbeitsbeiträge verhalten sich wie folgt:

1. Geländearbeit: B. Saltmann (Porzellan), B. Lehmann und T. Schneider (Clausthal) mit Unterstützung durch H. Moyer und U. Tögl (Zinnere Ehrenfriedersdorf) sowie G. Hoyer (Freiberg)
2. Probenaufbereitung: T. Schneider (Clausthal)

Minimale Abstände. Das S-Isotopensystem ist extrem gestört und zeigt keine geochronologische Aussage.

Das Gestein an der Station 82 lässt sich anhand von Lagerungsverhältnissen erklären. Die extreme Mylonitformale Mobilität für die Komponenten Cu, Zn, Mn, Sr, Ba, Pb und U zeigt. Die hohe chemische Verträglichkeit einer ganzen Reihe von Elementen besteht bei Hochtemperatur-Lösung, während der ZIS mit. Die hohe Mobilität im Fluid deutet auf ein lockeres Intergestein und in Fluid-Einkapselung. Einmalige Komplettierung ist nicht möglich. Überhaupt. Diese experimentelle R-Fraktionierung führt zu einer hohen Fluid-Bindung aus stark feingestrühter Lagerung. Die Lagerung der U-Isotopensysteme, hat zwar die Isotop-Entwicklung zu einem bestimmten Schmelzpunkt mit unterschiedlicher Mobilität und die Lagerung-Kontakte einen unnormalen Charakter und die Lagerung-Kontakte den besten magmatischen Schmelzpunkt.



## 1 Einleitung

Der Übergang vom magmatischen (Kristalle + Schmelze) zum hydrothermalen (Kristalle + wässrige Fluidphase) Zustandsbereich ist eines der elementaren und besonders wenig verstandenen petrologischen *missing links*. Petrographische Hinweise auf diesen Zustand bieten Gefügebilder, wie die in Granitprovinzen verbreitete Aplit-Pegmatit-Assoziation bzw. extreme lokale Gefügevariationen (Jahns & Burnham, 1969), heterogene *two-phase* Granittexturen (Cobbing et al., 1986), *Unidirectional solidification textures* (Carten et al., 1988; Kirkham & Sinclair, 1988) und Fluidisierungstexturen (Seltmann et al., 1991).

Der Granitstock des Saubergs bei Ehrenfriedersdorf bietet ein günstiges Studienobjekt zur Untersuchung des magmatisch-hydrothermalen Übergangsbereichs, da hier die Gesteinsassoziation Pegmatit-Aplit-Hydrothermalbildungen sehr gut untertägig aufgeschlossen ist. Zudem ist das Lagerstätten-/Granitsystem von E'dorf bereits gut - vor allem aus der Sicht der Explorationsgeologie - geologisch untersucht. Der bisherige Kenntnisstand liegt zusammengefasst von Hösel et al. (1994) vor. Die mehrphasige Granitintrusion des Saubergs mit hohem Paläo-Intrusionsniveau (um 2000 m) ist ca. 300-320 Ma alt und Teil der sogenannten "Jüngeren Granite" im Erzgebirge (Tischendorf, 1989). Im Raum E'dorf sind diverse kleinere Apikalbereiche von Granitvorkommen ober- und untertägig aufgeschlossen (Abb. 1), die nach gravimetrischen Detailmessungen und nach den Ergebnissen von rund 250 Explorationsbohrungen die Hochlagen des ausgedehnten "Mittelerzgebirgischen Teilplutons" darstellen, dessen Teufenerstreckung unbekannt ist (Hoth et al., 1991). Der Verlauf der Granit-Hochlagen wird durch die räumliche Verteilung der zahlreichen hydrothermalen Zinnstein-mineralisierten Gangvorkommen im Exo-Kontakt gut nachgezeichnet.

Die Probenahme war speziell auf zwei Aufschlussbereiche innerhalb der Granitintrusion (Stockscheider, 5. Sohle) sowie im Exobereich (Aplitgang, 3. Sohle) ausgerichtet, in denen komplexe Gefügebilder mit pegmatitischen und aplitischen Teilbereichen sowie hydrothermalen Sn-W Mineralisation auftreten. Zur Erfassung des petrologischen Rahmens wurde eine Reihe granitischer Gesteinsproben aus der untersten zugänglichen Sohle (6. Sohle) sowie von verschiedenen Explorationsbohrungen im Raum Ehrenfriedersdorf/Annaberg genommen (Abb. 1, 2). Insgesamt umfasste die Probenahme rund 130 Handstücke bzw. Bohrkerne von jeweils rund 1 kg Gewicht. Die Untertage-Proben und Bohrkerne belegen nur die obersten 200 m Granitteufe. Ein tieferer Einblick in das Granitsystem von E'dorf ist nach den gegebenen Aufschluss-Verhältnissen (inkl. sämtlicher Bohrungen) leider nicht möglich.

An den Untersuchungen waren zahlreiche Personen beteiligt. Die einzelnen Arbeitsbeiträge verteilen sich wie folgt:

1. Geländearbeit: R. Seltmann (Potsdam), B. Lehmann und T. Schneider (Clausthal) mit Unterstützung durch H. Meyer und U. Tägl (Zinnerz Ehrenfriedersdorf) sowie G. Hösel (Freiberg)
2. Probenaufbereitung: T. Schneider (Clausthal)





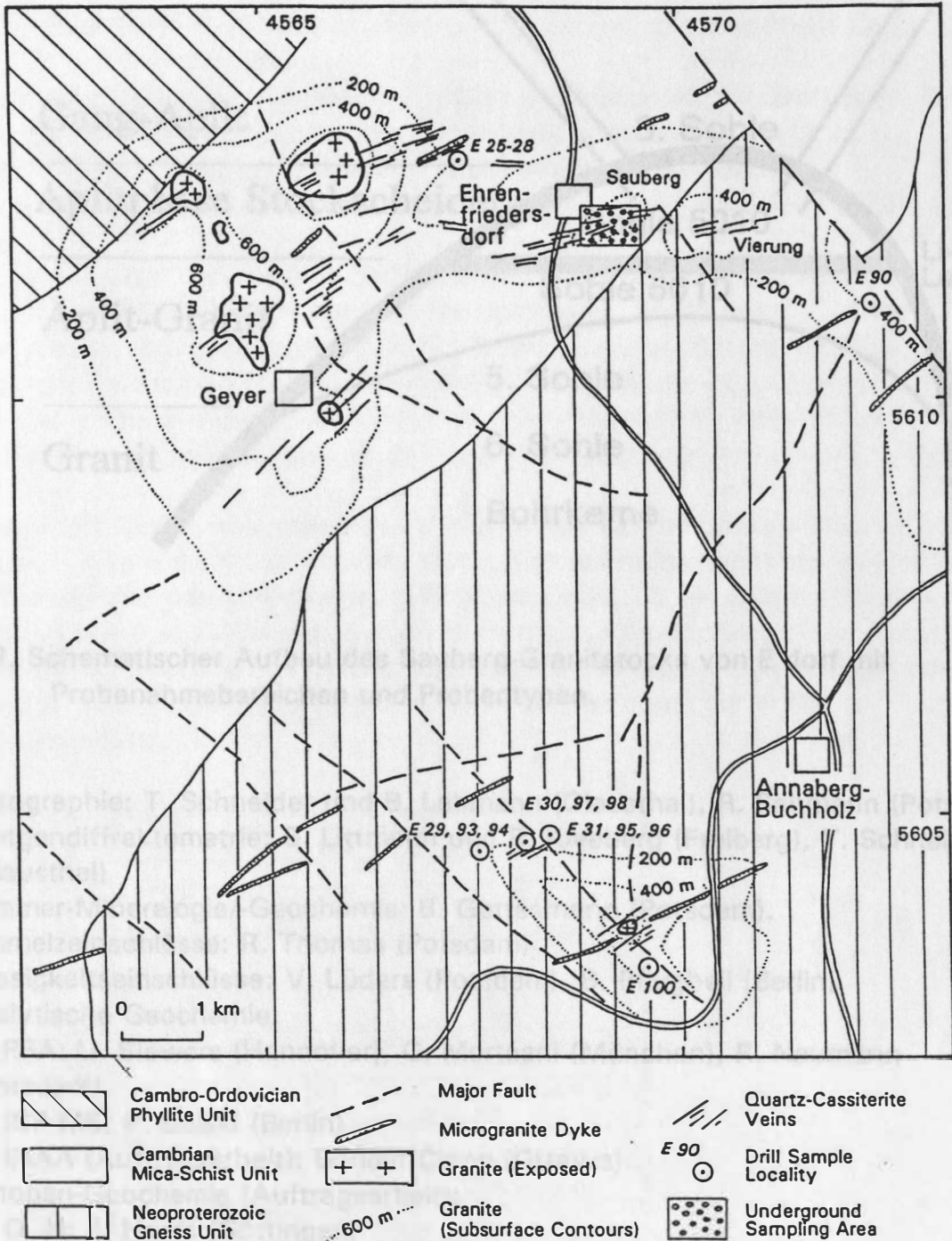


Abb. 1. Geologische Situation und Probenahmebereiche im Raum E'dorf. Granit-Hochlagen kommen übertage in den Granitstöcken der Greifensteine, vom Geyersberg, Ziegelberg und Pflanzgarten (alle nahe bei Geyer) zum Ausdruck, während die Granitrücken vom Sauberg und der Vierung nur untertage aufgeschlossen sind. Generalisiert nach *Geologische Karte des Zinnbergbaugebietes Ehrenfriedersdorf-Geyer 1: 25.000, Freiberg 1993*.

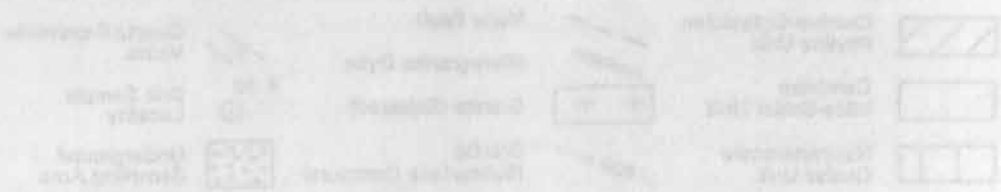
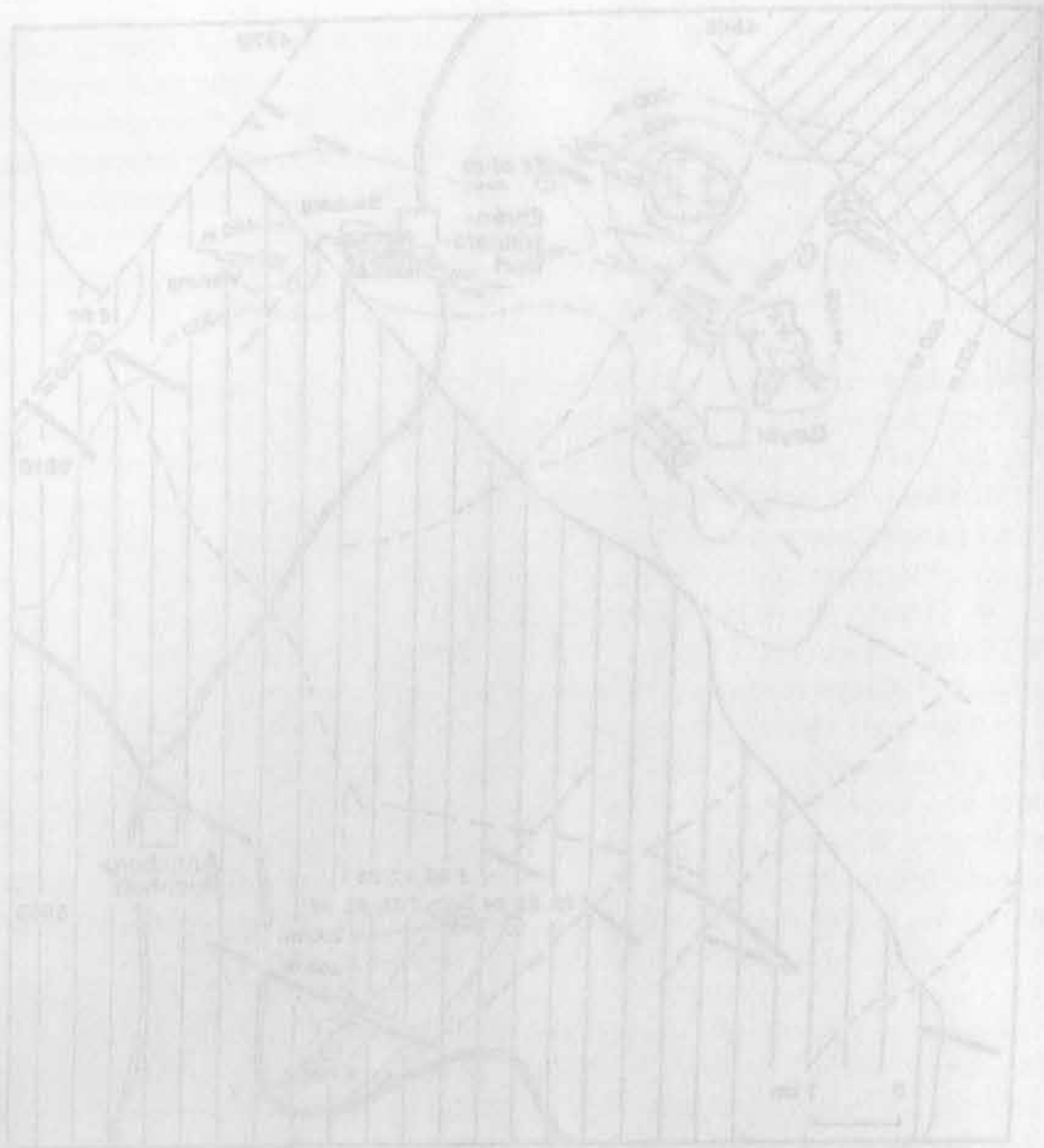


Abb. 1. Geologische Struktur und Potenzialbereiche im Raum Ebst. Grund-  
 Hochlagen können überage in den Grenzflächen der Göttinger,  
 vom Göttinger, Ziegeler und Pflanzger (alle nahe bei Götting) zum  
 Ausdruck, während die Grenzflächen vom Ziegeler und der Vierung nur  
 unzutreffend zugeordnet sind. Generalisierter nach Geologische Karte des  
 Zündergeographischen Erntelandschaft-Geyer 1:25.000, Freiberg 1933.

## 2 Petrographie

## 2.1 Gelände- und Dünnschliff-Petrographie des Sauberg-Granitstocks

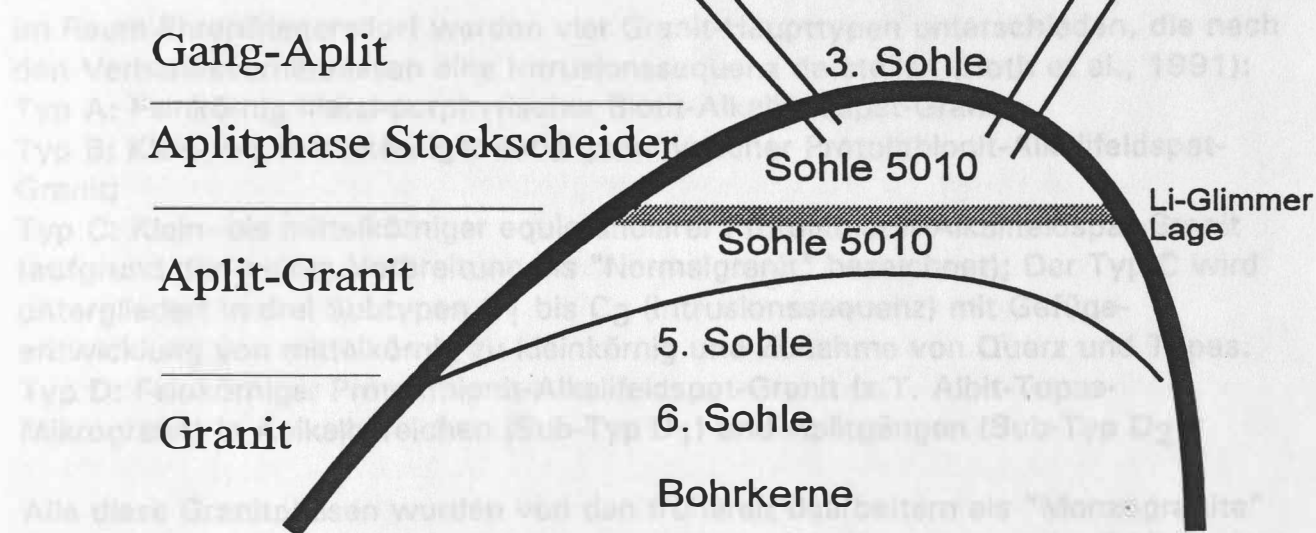


Abb. 2. Schematischer Aufbau des Sauberg-Granitstocks von E'dorf mit Probenahmebereichen und Probentypen.

3. Petrographie: T. Schneider und B. Lehmann (Clausthal), R. Seltmann (Potsdam)
4. Röntgendiffraktometrie: S. Littmann und R. Kleeberg (Freiberg), T. Schneider (Clausthal)
5. Glimmer-Mineralogie/-Geochemie: B. Gottesmann (Potsdam).
6. Schmelzeinschlüsse: R. Thomas (Potsdam)
7. Flüssigkeitseinschlüsse: V. Lüders (Potsdam), B. Pflugbeil (Berlin)
8. Analytische Geochemie:
  - a. RFA: U. Siewers (Hannover), G. Morteani (München), R. Naumann (Potsdam)
  - b. ICP-MS: P. Dulski (Berlin)
  - c. INAA (Auftragsarbeit): Bondar-Clegg (Ottawa)
9. Isotopen-Geochemie (Auftragsarbeit):
  - a. O, H: J. Hoefs (Göttingen)
  - b. Nd, Sr: B. Eglinton (Pretoria)
10. Laugungsversuche: W. Irber, P. Dulski und P. Möller (Potsdam)

Summarische Teilergebnisse wurden bereits in Form verschiedener Vorträge/Poster öffentlich gemacht (Seltmann et al., 1994a und b, 1995; Hösel et al., 1994; Irber et al., 1994). Ein grosser Teil der Gelände-Beobachtungen und der petrographischen und geochemischen Daten ist in der beiliegenden Diplomarbeit von Schneider (1995) dokumentiert. Eine zweiteilige Veröffentlichung ist auf der Grundlage des vorliegenden Berichts mit entsprechender Autorenschaft der verschiedenen Einzel-Bearbeiter geplant.

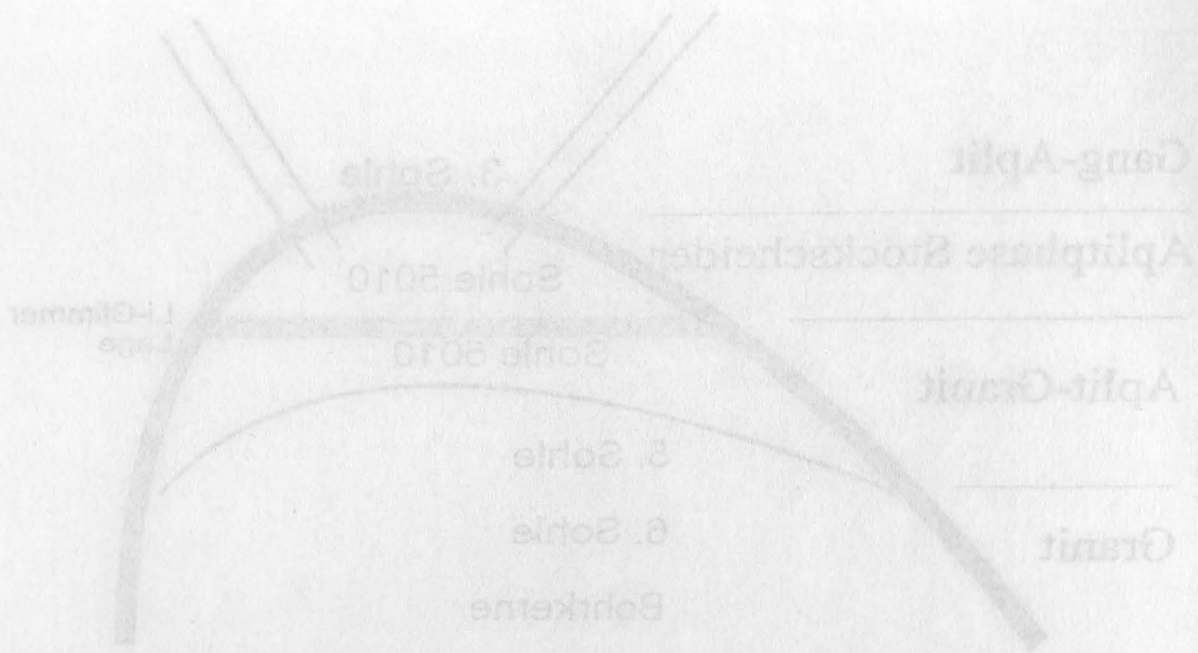


Abb. 2. Schematischer Aufbau des Gauder-Granitstocks von E. Dorf mit Probantennenebenen und Probenorten.

10. Laugungsversuche: W. Iker, P. Dusk und P. Müller (Potsdam)  
 9. Mt. St. B. Ägtingen (Potsdam)  
 8. O. H. J. Hees (Göttingen)  
 7. Isotopen-Geochemie (Auftragsgarantie)  
 6. INAA (Auftragsgarantie: Bondar-Clegg (Ottawa))  
 5. ICP-MS: P. Dusk (Göttingen)  
 4. RFA: U. Bierwies (Hannover), G. Mörner (München), R. Neumann (Potsdam)  
 3. Analytische Geochemie:  
 2. Flüssigkeitsinischüsse: V. Lübbes (Potsdam), B. Pflugbeil (Göttingen)  
 1. Schmelzeinischüsse: R. Thomas (Potsdam)  
 8. Glimmer-Mineralogier-Geochemie: B. Gottsarn (Potsdam) (Göttingen)  
 4. Röntgenfluoreszenz: S. Littman und R. Kleber (Potsdam), T. Schneider (Göttingen)  
 5. Petrographie: T. Schneider und B. Leitmann (Göttingen), R. Seifman (Potsdam)  
 Zusammenfassende Teilegebnisse wurden bereits in Form verschiedener Vorträge/Poster öffentlich gemacht (Seifman et al., 1994 und b., 1995; Hösel et al., 1994; Iker et al., 1994). Ein großer Teil der Gelände-Beobachtungen und der petrographischen und geochemischen Daten ist in der beiliegenden Diplomarbeit von Schneider (1995) dokumentiert. Eine zweiteilige Veröffentlichung ist auf der Grundlage des vorliegenden Berichts mit entsprechender Autorenschaft der verschiedenen Einzel-Berichter geplant.

## 2 Petrographie

### 2.1 Gelände- und Dünnschliff-Petrographie der granitischen Gesteine

Im Raum Ehrenfriedersdorf werden vier Granit-Haupttypen unterschieden, die nach den Verbandsverhältnissen eine Intrusionssequenz darstellen (Hoth et al., 1991):

Typ A: Feinkörnig hiatal-porphyrischer Biotit-Alkalifeldspat-Granit;

Typ B: Klein- bis mittelkörniger serial-porphyrischer Protolithionit-Alkalifeldspat-Granit;

Typ C: Klein- bis mittelkörniger equigranularer Protolithionit-Alkalifeldspat-Granit (aufgrund der weiten Verbreitung als "Normalgranit" bezeichnet); Der Typ C wird untergliedert in drei Subtypen C<sub>1</sub> bis C<sub>3</sub> (Intrusionssequenz) mit Gefügeentwicklung von mittelkörnig zu feinkörnig und Zunahme von Quarz und Topas.

Typ D: Feinkörniger Protolithionit-Alkalifeldspat-Granit (z.T. Albit-Topas-Mikrogranit) in Apikalbereichen (Sub-Typ D<sub>1</sub>) und Aplitgängen (Sub-Typ D<sub>2</sub>).

Alle diese Granitphasen wurden von den früheren Bearbeitern als "Monzogranite" dargestellt, was auf der Zurechnung von Albit zur Plg-Komponente im QAP-Dreieck beruht. Aufgrund der An-Gehalte im Plagioklas von < 5 % rechnen wir den Albit zusammen mit dem K-Feldspat der Alkali-Feldspat-Komponente in der Klassifikation nach Streckeisen (1976) zu. Petrographische Einzelheiten sind von Schneider (1995) dargestellt. Die mineralogische Zusammensetzung ist in Tab. 1 zusammengefasst.

Evolut. Phase	or	ab	qz	Li-mica	mu	to	accessories
<b>Granites</b>							
A (n=3)	30	25	40	5 (bt)	x	x	zr, ru, ap, fl, op
B (n=5)	30	25	35	5-7	x-3	2-5	zr, ap, fl, tu, hm cc, op
C1 (n=5)	25	30-35	35	3-7	x	1-7	zr, ru, ti, ap, fl, tu lx, cl, cc
C2 (n=13)	25	30	35-40	3-5	x-2	x-5	zr, ru, cs, ap, fl, cl cc, op
C3 (n=6)	20-35	30-35	25-40	x-7	x-10	x-5	zr, cs, ap, fl, cl, cc op
<b>Aplitic Granites</b>							
D1 (n=8)	15-25	30-45	30-40	3-5	x-7	1-5	zr, ru, cs, ap, fl, tu clz, cl, cc, op
<b>Aplites from Stockscheider</b>							
D1 (n=4)	25-35	25-30	25-40	x-10	x-10	x-7	zr, ap, fl, tu, tpl, be ph, cl, cc, op
<b>Aplite Dikes</b>							
D2 (n=7)	10-15	25-40	35-45	x	3-10	x-10	zr, ap, fl, tu, wo, tpl lx, cl, op

[albite, apatite, beryl, biotite, calcite, cassiterite, chlorite, clinzoisite, fluorite, hematite, leucosene, muscovite, opaque, orthoclase, phosphorite, quartz, rutile, titanite, topaz, tourmaline, triplite, wolframite, zircon] (x - accessory)

Tab. 1. Modal-Zusammensetzung der verschiedenen Gesteinstypen des Granitsystems von E'dorf.



### 2.1 Gelände- und Dünnschliff-Petrographie der granitischen Gesteine

Im Raum Ehrenriedersdorf werden vier Granit-Haupttypen unterschieden, die nach den Verwandtschaftsverhältnissen einer Intrusivsequenz darstellen (Hehr et al., 1981):

Typ A: Feinkörnig kristall-porphyrischer Biotit-Alkalifeldspat-Granit;  
 Typ B: Klein- bis mittelkörniger euhedral-porphyrischer Frotolithionit-Alkalifeldspat-Granit;  
 Typ C: Klein- bis mittelkörniger euhedraler Frotolithionit-Alkalifeldspat-Granit (aufgrund der weiten Verteilung als "Nomenstronit" bezeichnet); Der Typ C wird untergliedert in drei Subtypen C<sub>1</sub> bis C<sub>3</sub> (intrusivsequenz) mit Gefügeentwicklung von mittelkörnig zu feinkörnig und Zunahme von Quarz und Topas;  
 Typ D: Feinkörniger Frotolithionit-Alkalifeldspat-Granit (s. Tab. 1); Altp-Tops-Mäugler (s. Felsbeschreibung (Subtyp D<sub>1</sub>) und Altp-Tops (Subtyp D<sub>2</sub>)).

Alle diese Gesteine wurden von den früheren Forschern als "Nomenstronit" bezeichnet, was auf die Zurechnung von Altp zur Plg-Komponente im GAF-Diagramm beruht. Aufgrund der An-Ordnung im Felsdiagramm von <math>F\_{10}</math> werden wir den Altp zusammen mit dem K-Feldspat der Alkalifeldspat-Komponente in der Klassifikation nach Streckeisen (1978) als Frotolithionit-Alkalifeldspat-Granit und von Strecheisen (1985) als Granit bezeichnet. Die mineralogische Zusammensetzung ist in Tab. 1 zusammengefasst.

Granit-Typ	SiO <sub>2</sub> (wt.%)	TiO <sub>2</sub> (wt.%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt.%)	FeO (wt.%)	MnO (wt.%)	MgO (wt.%)	CaO (wt.%)	Na <sub>2</sub> O (wt.%)	K <sub>2</sub> O (wt.%)	H <sub>2</sub> O (wt.%)	Summe (wt.%)
Typ A	72.5	0.1	15.2	1.5	0.1	0.1	0.1	4.5	5.5	0.1	99.2
Typ B	71.8	0.1	15.5	1.8	0.1	0.1	0.1	4.8	5.2	0.1	99.8
Typ C	71.2	0.1	15.8	2.1	0.1	0.1	0.1	5.1	4.9	0.1	100.4
Typ D	70.5	0.1	16.1	2.4	0.1	0.1	0.1	5.4	4.6	0.1	101.0

Tab. 1. Mineralogische Zusammensetzung der verschiedenen Granittypen des Granitsystems von E. dorf.

Typ A korreliert mit dem regionalgeologisch bekannten "Zwischengranit", während die Typen B bis D den "Jüngeren Graniten" des Erzgebirges zugehören (Lange et al., 1972). Alle Granittypen sind leukokrat, richtungslos-körnig (nicht foliiert) und haben magnetische Suszeptibilitäten von  $0,02-0,11 \times 10^{-3}$  SI-Einheiten (Schneider, 1995). Damit handelt es sich um Granite der Ilmenit-Serie (Ishihara, 1977).

In allen Proben tritt als charakteristische Nebenkomponente Topas auf, der bereichsweise aufgrund des granoblastisch bis poikiloblastischen Gefüges als spätmagmatische bis postmagmatische Bildung interpretiert werden kann. Spät- bis postmagmatische Prozesse sind für alle untersuchten Granitproben charakteristisch und äussern sich neben der Topas-Blastese in Albitisierung, K-Feldspatisierung, Neubildung von Protolithionit und Muskovit, Quarzblastese, sowie Blastese der akzessorischen Komponenten Zinnstein und Fluorit. Bereichsweise tritt intensive  $H^+$ - und F-Metasomatose mit Alkali-Abfuhr auf (Greisen-Bildung, Feldspat instabil), die zur Bildung der vormals wirtschaftlich wichtigen Zinn-Greisenkörper geführt hat. In einzelnen Topas-Kristallen des Stockscheiders wurden Schmelzeinschlüsse festgestellt (Thomas, mündl. Mittlg.). Die magmatische Bildung von Topas ( $\pm$  Protolithionit) erscheint in granitischen, peraluminen, Ca-armen und F-Li-P-reichen wassergesättigten Schmelzen mit gegenüber dem haplogranitischen System stark reduzierter Solidus-Temperatur nach empirischem und experimentellem Befund möglich (Pichavant et al., 1987). Entsprechend der hohen Gehalte an F (um 4.000 ppm), Li (500-1000 ppm),  $P_2O_5$  (um 0,5 Gew%) und normativem Korund (4-5 Gew%) in der E'dorf-Granitsuite lässt sich für das thermische Minimum einer derartigen Schmelze eine 1-kbar-Solidus-Temperatur um  $650^\circ C$  vermuten (Pichavant et al., 1987), im Vergleich zur haplogranitischen Solidus-Temperatur bei  $720^\circ C$  (Tuttle & Bowen, 1958). Zudem bewirkt der Überschuss an F-Li-P-Al eine dramatische Reduzierung der Viskosität der granitischen Schmelze (Dingwell, 1988), wodurch die Mobilität der Schmelze und insbesondere die Wirksamkeit von Kristall-Schmelze-Fraktionierungsprozessen erhöht werden.

Die schematische Zuordnung der einzelnen Probenahmebereiche zum Granitsystem von Ehrenfriedersdorf in der Grube Sauberg ist in Abb. 2 gegeben. Neben dem granitischen Rahmen wurde zwei petrologische Einheiten lokal detailliert beprobt: 1. Die aplitischen Teilbereiche im Aplit-Pegmatitsystem der Stockscheider-Zone (5. Sohle, Teilsohle 5010); 2. Aplit-Gänge (3. Sohle).

Der Stockscheider ist eine im Scheitelbereich des Sauberger Granitstocks zwischen Granit und Nebengestein diskontinuierlich ausgebildete Pegmatitzone, die im Kernbereich bis zu einigen m mächtig ist und zu den Kuppelflanken hin auf wenige cm Mächtigkeit abfällt. Der Kernbereich des Stockscheiders besteht aus riesenkörnigen (pegmatitischen) und fein- bis mittelkörnigen (aplitischen) Teilbereichen mit der gemeinsamen Mineralassoziaton Quarz-Orthoklas (vereinzelt Mikroklin)-Albit-Protolithionit  $\pm$  Topas  $\pm$  Muskovit (Hauptkomponenten) und akzessorischem Apatit, Zinnstein, Fluorit, Turmalin, Triplit, Beryll, Arsenkies,





Molybdänit, Wolframit. Der Protolithionit bildet bis zu dm-grosse Glimmerpakete, cm-mächtige Säume um granitische Xenolithe, und mm- bis cm-mächtige rhythmische Wechsellagen mit der Aplitphase und mit pegmatitischem Quarz und Feldspat. Eine dm-mächtige horizontale Lage von Protolithionit bildet über einige m Aufschlussfläche einen scharf definierten Trennhorizont zwischen dem liegenden Aplit-Granit und dem Stockscheider im Hangenden. Schlierenartig oder in Wechsellagerung mit den Pegmatit-Grosskristallen des Stockscheiders tritt die aplitische Phase auf. Dieses Material ist nach Gefügebild und Stoffbestand sehr heterogen aufgebaut und repräsentiert ein bereichsweise stark metasomatisch überprägtes Gesteinsspektrum von Protolithionit-Topas-Alkalifeldspat-Granit über Quarz-Muskovit-Topas-Albit-Gesteine bis zu Quarz-Muskovit- und Quarz-Topas-Greisen.

Mit den Stockscheider-Bereichen sind steil stehende Aplitzonen assoziiert, die diffus und als *veinlets* im Stockscheider beginnen und als cm-mächtige Aplitgänge (z.T. mit pegmatitischer Randfazies) vor allem im 10er m-Bereich im Hangenden des Granitkontakts verbreitet sind. Im grösseren Rahmen wurde bei Erkundungsbohrungen die räumliche Beziehung der Aplitgänge zum Granittyp D häufig beobachtet (Hösel et al., 1994). Ein genetischer Zusammenhang, wie in Abb. 3 dargestellt, erscheint wahrscheinlich, wobei das Aufschlussbild mehrfache Wiederholung des Prozessablaufs für die Etappe C anzeigt.

Die Probensuite der Aplit-Gänge (D<sub>2</sub>) repräsentiert einen ca. 9 m langen Gangbereich in der Firste der Gangstrecke 1705E (3. Sohle), der etwa 20-30 m oberhalb des Granitkontakts in kambrischen Quarz-Gneisglimmerschiefern mit 150/85 verläuft. Der ca. 20-40 cm mächtige Gang besteht aus Fsp-pegmatitischen Randbereichen und mindestens zwei Aplitphasen. Der Endokontakt ist durch senkrecht aufgewachsene Albit-Palisaden und bis zu 20 cm lange zepterförmige Kalifeldspat-Kristalle markiert, die idiomorph in Richtung Gangzentrum gewachsen sind und in einer Matrix aus Aplit I liegen. An die hellere Aplitphase I schliesst sich zum Gangzentrum hin mit scharfem oder schlierigem Kontakt eine dunklere Aplitphase II an, in der korrodierte Bruchstücke der randlichen Feldspat-Grosskristalle liegen. Das aplitische Material ist in Gefüge und Stoffbestand sehr heterogen zusammengesetzt und besteht aus den Hauptkomponenten Quarz, K-Feldspat, Albit, Topas, Muskovit. Schachbrettalbit, Silifizierung, Topas-Blastese, Muskovit-/Serizit-Disseminationen, Fluorit-, Apatit-, Zinnstein-Blasten, Chloritisierung belegen intensive hydrothermale Überprägung.

Ein Entwicklungsschema zum Granitsystem von E'dorf ist in Abb. 3 gegeben. Die petrographische Bearbeitung erlaubt die pauschale Aussage, dass die granitischen Gesteine von E'dorf einen hochentwickelten magmatischen Zustand repräsentieren, der im Bereich der haplogranitischen Niedrig-Druck-Minimum-zusammensetzung liegt (Quarz-K-Feldspat-Albit) (Tuttle & Bowen, 1958). Mafische Komponenten wie Biotit treten nur in der frühesten Granitphase auf; Plagioklas hat bis auf reliktsche Kerne Albit-Zusammensetzung. Die Koexistenz von pegmatitischen und aplitischen Bereichen deutet auf interne Entmischung einer wässrigen fluiden Phase. Hydrothermale Überprägung ist in sämtlichen Gesteins-

Molybdän, Wolfram, Der Protolith bildet bis zu dm-große Glimmerpakete, cm-mächtige Säume um granitische Xenolithe und mm- bis cm-mächtige mylonitische Wechsellagen mit der Aplithese und mit pegmatitischen Quarz und Feldspat. Eine dm-mächtige Horizontale Lage von Protolith bildet über einige m Ausmaßfläche einen schief definierten Trennkontakt zwischen dem liegenden Protolith und dem Brockschiefer im Hangenden. Schieferung oder im Wechselagerung mit den Pegmatit-Großkristallen des Stockschiefers tritt die aplithische Phase auf. Dieses Material ist nach Gefügebild und Stoffbestand sehr homogen aufgebaut und repräsentiert ein beträchtliches stark mesomorphes (größtes Gesteinspaket von Protolithinit-Tops-Kalkfeldspat-Granit über Quarz-Muskovit-Tops-Albit-Gesteine bis zu Quarz-Muskovit- und Quarz-Tops-Gneisen.

Mit den Stockschiefer-Bereichen sind stark eroderte Aplithosen assoziiert, die flüßig und als vorderer im Stockschiefer beginnen und als cm-mächtige Aplithosen (z.T. mit pegmatitischer Feldspat) vor allem im Tof in-Bereich im Hangenden des Grenzkontakts verbreitet sind. Im gipsigen Rahmen würde bei Erkundungsarbeiten die räumliche Beziehung der Aplithosen zum Gneistyp D häufig beachtet (Hösel et al., 1984). Ein genetischer Zusammenhang, wie in Abb. 3 dargestellt, erscheint wahrscheinlich, wobei das Aufsichtsbild mehrfache Wiederholung des Prozessbaus für die Ebene C zeigt.

Die Probenzone der Apit-Gänge (D) repräsentiert einen ca. 8 m langen Gangbereich in der Firste der Gangstrecke 1705E/3. Seine Länge beträgt etwa 20-30 m oberhalb des Grenzkontakts in karbolithischen Quarz-Gneisglimmerschiefer mit 150/85 verhält. Der ca. 30-40 cm mächtige Gang besteht aus Fsp-pegmatitischen Bandbereichen und mindestens zwei Aplithosen. Der Endkontakt ist durch senkrecht aufgewachsene Albit-Pakete und bis zu 20 cm lange zopfartige Kalkfeldspat-Kristalle markiert, die lediglich in Richtung Gangzentrum gewachsen sind und in einer Matrix aus Apit liegen. An die höhere Aplithese I schließt sich zum Gangzentrum hin mit schiefem oder schwingendem Kontakt eine dunklere Aplithese II an, in der korrodierte Bruchstücke der randlichen Feldspat-Großkristalle liegen. Das aplithische Material ist in Gefüge und Stoffbestand sehr heterogen zusammengesetzt und besteht aus den Hauptkomponenten Quarz, K-Feldspat, Albit, Tops, Muskovit, Schachtelstein, Silifizierung, Tops-Blastese, Muskovit-6-seit-Quasimantone, Fluorit, Apatit, Zinnstein-Blasten, Chlorifizierung belegen intensive hydrothermale Überprägung.

Ein Entwicklungsschema zum Gneissystem von E'dorf ist in Abb. 3 gegeben. Die petrographische Beschreibung erlaubt die grundsätzliche Aussage, dass die granitischen Gesteine von E'dorf einen hochentwickelten magmatischen Zustand repräsentieren, der im Bereich der niedriggranitischen Niedrig-Druck-Minimum-Zusammensetzung liegt (Quarz-K-Feldspat-Albit) (Tuttle & Bowen, 1958). Mafische Komponenten wie Biotit treten nur in der frühesten Gneissphase auf; Plagioklas hat bis auf feinkristalle keine Albit-Zusammensetzung. Die Koexistenz von pegmatitischen und aplithischen Bereichen deutet auf interne Entmischung einer wässrigen fluiden Phase. Hydrothermale Überprägung ist in sämtlichen Gneissen

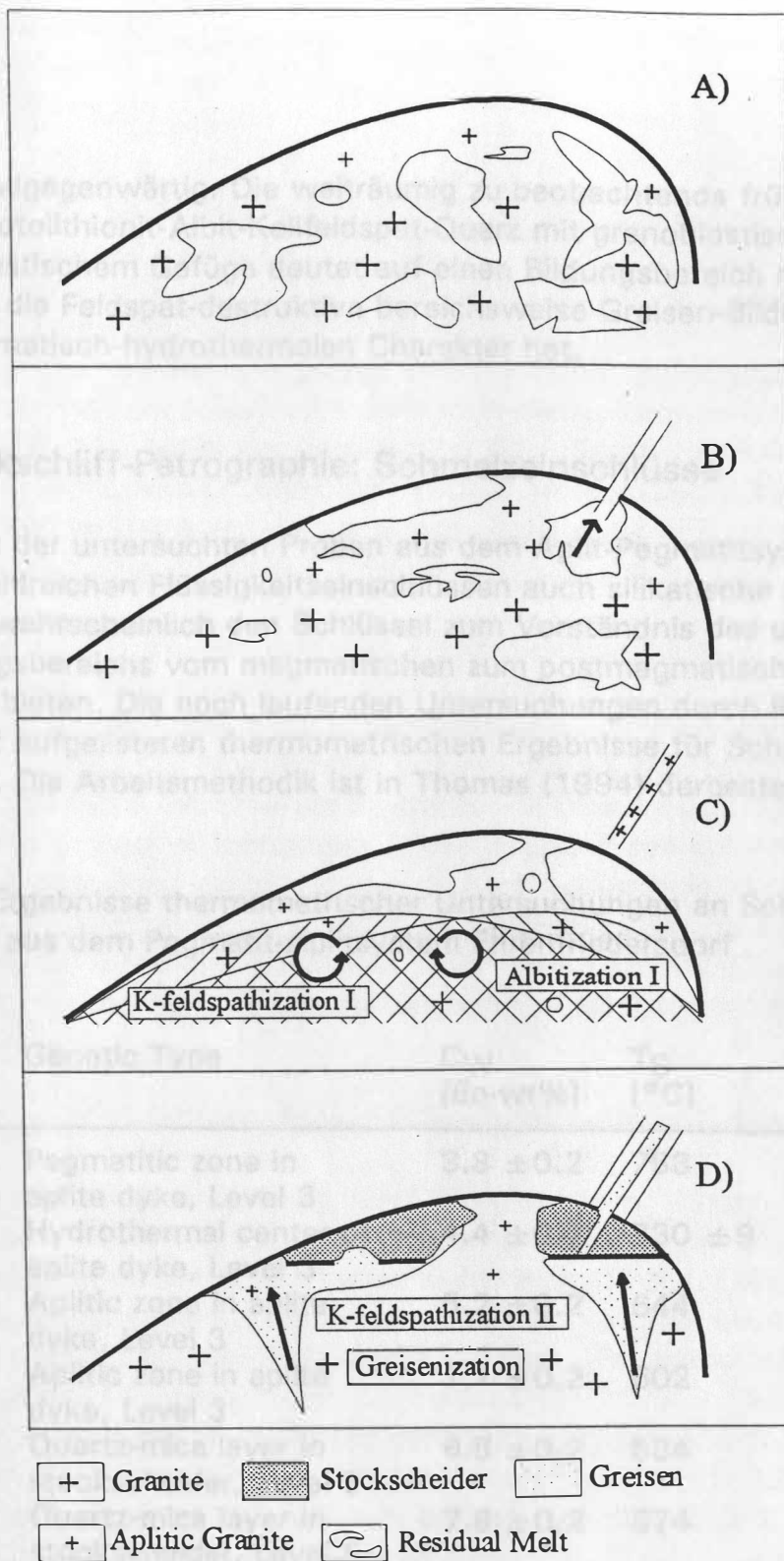
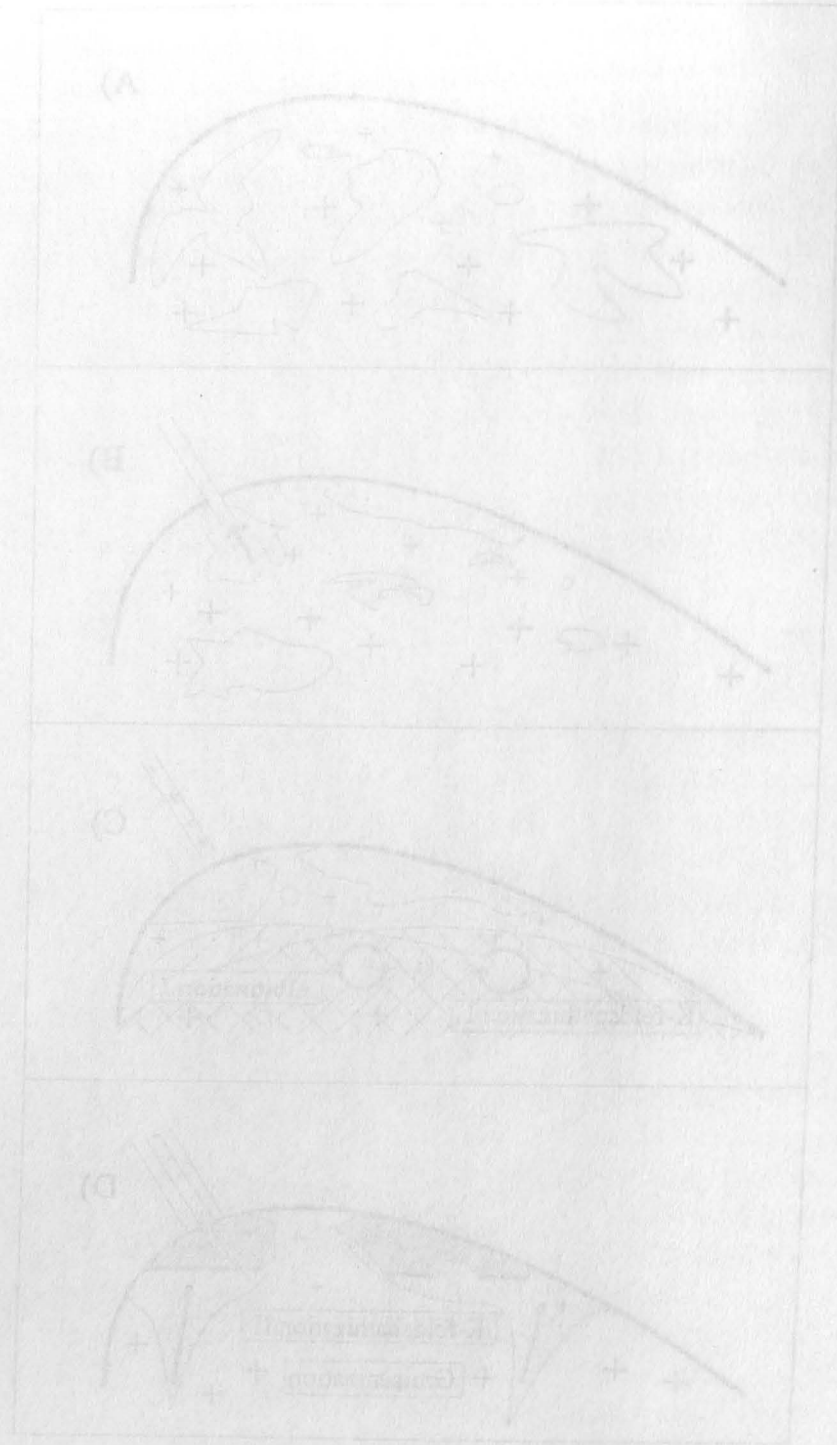


Abb. 3. Petrologisches Modell für den Apikalbereich des Granitsystems von E'dorf.  
 A. Intrusion/Kristallisation hochfraktionierter leukogranitischer Schmelze;  
 B. Hochmobile Restschmelzen sammeln sich im Dachbereich am Nebengesteinskontakt (strukturelle Barriere); Kristallisation aus wassergesättigter Schmelze (Stockscheider) bei zunehmendem Interndruck;  
 C. Aufreißen von Scher-/Fiederspalten im Hangenden des Granitkontakts mit plötzlicher Druckentlastung; Rasche Kristallisation (mikrogranitisches Quenching-Gefüge);  
 D. Spät- bis postmagmatische Überprägung durch intern-entmischte magmatische Fluida.



+ Granite  
 □ Stockwerk  
 □ Granit  
 + Alkalische Granite  
 □ Residual Melt

Abb. 3. Petrogenetisches Modell für den Alkalbereich des Granit systems von E'bon.  
 A. Intrusion/Kristallisation hochfaktionierter leukogranitischer Schmelze;  
 B. Hochmobile Restschmelzen sammeln sich im Dachbereich an Neben-  
 granitkontakt (strukturelle Barriere); Kristallisation aus wasserergänziger  
 Schmelze (Stockschmelze) bei zunehmendem Interndruck;  
 C. Aufreißen von Scher-Feldern im Hangenden des Granitkontakts  
 mit plötzlicher Druckentlastung; rasche Kristallisation (mikrogranitisches  
 Quenching-Gefüge);  
 D. Spät bis postmagmatische Überprägung durch intern-entmischte  
 magmatische Fluide.



-proben allgegenwärtig. Die weiträumig zu beobachtende frühe Mineralassoziation Topas-Protolithionit-Albit-Kalifeldspat-Quarz mit granoblastischem bis poikiloblastischem Gefüge deutet auf einen Bildungsbereich nahe am Solidus, während die Feldspat-destruktive bereichsweise Greisen-Bildung eindeutig postmagmatisch-hydrothermalen Charakter hat.

## 2.2 Dickschliff-Petrographie: Schmelzeinschlüsse

Im Quarz der untersuchten Proben aus dem Aplit-Pegmatitsystem von E'dorf treten neben zahlreichen Flüssigkeitseinschlüssen auch silikatische Schmelzeinschlüsse auf, die wahrscheinlich den Schlüssel zum Verständnis des unmittelbaren Übergangsbereichs vom magmatischen zum postmagmatisch-hydrothermalen Stadium bieten. Die noch laufenden Untersuchungen durch R. Thomas haben die in Tab. 2 aufgelisteten thermometrischen Ergebnisse für Schmelzeinschlüsse erbracht. Die Arbeitsmethodik ist in Thomas (1994) dargestellt.

Tab. 2. Ergebnisse thermometrischer Untersuchungen an Schmelzeinschlüssen in Quarzen aus dem Pegmatit-Aplitssystem Ehrenfriedersdorf

Sample	Genetic Type	C <sub>W</sub> [Eq-wt%]	T <sub>S</sub> [°C]	T <sub>H</sub> [°C]	n
E47	Pegmatitic zone in aplite dyke, Level 3	3.8 ± 0.2	753	938	23
E44c	Hydrothermal center of aplite dyke, Level 3	4.4 ± 0.7	730 ± 9	894	20
E53a	Aplitic zone in aplite dyke, Level 3	5.2 ± 0.2	644	849	10
E53b	Aplitic zone in aplite dyke, Level 3	7.7 ± 0.2	602	717	10
E67a	Quartz-mica layer in stockscheider, Level 5	6.8 ± 0.2	584	734	12
E67b	Quartz-mica layer in stockscheider, Level 5	7.8 ± 0.2	574	685	10
E34	Pegmatitic to katathermal quartz vein (pegm. qtz I, cassiterite, wolframite, quartz II), Greifenstein Addit	8.0 ± 0.5	575 ± 8	670	10
E76	Cross-cutting quartz-adularia vein in stockscheider, Level 5		no melt inclusions determined		

Symbols: C<sub>W</sub> Volatile content of the silicate melt (equivalent water)  
 T<sub>S</sub> Solidus temperature  
 T<sub>H</sub> Homogenization temperature  
 n Number of T<sub>H</sub> measurements

grogen abgegrenzt. Die weitere zu beschreibende frühe Mineralisation  
 Local-Prothionit-Abit-Kaliberg-Quarz mit granoblastischen bis  
 polyblastischen Gängen deutet auf einen Bildungsstadium nahe am Feldspat  
 während die Feldspat-destruktive petrographische Gängen-Bildung eindeutig  
 metamorphisch-hydrothermale Charakter hat.

### 2.2. Diklastit-Petrographie: Schmelzeinschlüsse

Im Querschnitt untersuchten Proben aus dem Abit-Phenaktesystem von Eibach zeigen  
 einen kristallinen Plagioklasen-Einschlüssen auch mikroskopische Schmelzeinschlüsse  
 auf, die wahrscheinlich den Schmelzeinschlüssen zum Verständnis des Umsetzungs  
 Übergangs vom magmatischen zum metamorphischen-hydrothermale  
 Stadium dienen. Die noch laufenden Untersuchungen durch R. Thomas haben die  
 in Tab. 2 aufgeführten thermometrischen Ergebnisse für Schmelzeinschlüsse  
 ergaben. Die Ableitmethode ist in Thomas (1984) dargestellt.

Tab. 2. Ergebnisse thermometrischer Untersuchungen an Schmelzeinschlüssen in  
 Quarzen aus dem Phenaktes-System Eibach

Sample	Geminitz Type	CW (Ep-wt%)	T <sub>B</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)	n
EAY	Perthitic zone in epitaxial dyke, Level 3	3.8 ± 0.2	783	898	23
E44c	Hydrothermal center of epitaxial dyke, Level 3	4.4 ± 0.2	730 ± 8	894	20
E52a	Abit zone in dyke, Level 3	8.2 ± 0.2	644	643	10
E53b	Abit zone in dyke, Level 3	7.7 ± 0.2	602	717	10
E57a	Quartz-mica layer in stockwork, Level 5	6.8 ± 0.2	664	734	12
E57b	Quartz-mica layer in stockwork, Level 5	7.8 ± 0.2	674	688	10
E34	Perthitic to kalschmitt quartz vein (epitaxial, cristalline, well-sorted, quartzite, Gneiss) Abit	6.0 ± 0.6	678 ± 8	670	10
E78	Quartz-vein vein in stockwork, Level 5				

no melt inclusions determined

Symbol: CW  
 T<sub>B</sub>  
 T<sub>H</sub>  
 Homogenization temperature  
 Solidus temperature  
 Volume content of the silicate melt (equivalent water)  
 Number of T<sub>H</sub> measurements

Die Proben in Tab. 2 sind in genetischer Reihenfolge aufgelistet entsprechend der Entwicklungsreihe Granit - Aplit/Pegmatit - Hydrothermalsystem, die durch Zunahme des H<sub>2</sub>O-Äquivalentgehaltes (H<sub>2</sub>O, F, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) charakterisiert ist. Die Präsenz von Schmelzeinschlüssen in dem "Hydrothermalen Zentrum" (E44c) des mineralisierten Aplitgangs von Sohle 6 belegt die ursprünglich magmatische Genese der mit hydrothermale Zinnstein mineralisierten Aplit-/Quarzgänge (siehe Foto in Abb. 12). Noch erstaunlicher ist die Präsenz von reliktschen Schmelzeinschlüssen in Quarz der Probe E 34 aus einem Quarz-Wolframit-Gang. Dieses Material repräsentiert vermutlich einen meta-pegmatitischen Bereich, in dem die Feldspat-Komponente durch Quarz-Blastese ausgelöscht wurde.

Der hohe Äquivalent-Wassergehalt in Schmelzeinschlüssen im Stockscheider und in einem pegmatitisch-katathermale Quarzgang ist deutlich höher als der in einem haplogranitischen System unter den gegebenen pT-Bedingungen lösliche H<sub>2</sub>O-Gehalt und zeigt die Anwesenheit von erhöhten Gehalten von F, P und/oder B in der Restschmelze, wobei erste Elektronen-Mikrosondenanalysen erhöhte F- und P-Gehalte im %-Bereich bestätigen. Diese Situation soll anhand von geochemischer Mikro-Analytik über Ionen-Mikrosonde noch weiter beleuchtet werden (Thomas, in Arbeit). Der Anstieg des H<sub>2</sub>O-Äquivalentgehaltes führt zu einer Erniedrigung der Viskosität der Schmelze auf Werte  $< 10^2$  Pa·s (bei 800°C) und zu drastischer Erhöhung von deren Mobilität im Vergleich zu normal-granitischen Schmelzen.

### 2.3 Dickschliff-Petrographie: Flüssigkeitseinschlüsse

Die kursorische Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen in Quarz und Wolframit (IR-mikroskopisch) von Ehrenfriedersdorf im Rahmen der Diplomarbeit von Pflugbeil (1995) erbrachte deutliche Unterschiede hinsichtlich der Bildungstemperatur und des Lösungs-Chemismus der beiden Minerale (Abb. 4). Die Homogenisierungstemperaturen gasreicher Einschlüsse in Quarz, die vermutlich als Ergebnis von Boiling gebildet wurden, liegen bei bis zu 450°C (Homogenisierung in die Gasphase). Spätere Flüssigkeitseinschlüsse in Quarz homogenisieren bei 320-375°C in die flüssige Phase. Die Salinität der Einschlüsse ist relativ konstant und liegt überwiegend bei 2,5-5 Gew% NaCl-Äquiv. CO<sub>2</sub> oder CH<sub>4</sub> wurden mikrothermometrisch nicht festgestellt.

Primäre Flüssigkeitseinschlüsse in Wolframiten weisen gegenüber denen in Quarz deutlich höhere Salinitäten mit einem Maximum um 12,5 Gew% NaCl-Äquiv. auf. Nur in wenigen Fällen tritt kritisches Homogenisieren auf, die meisten Einschlüsse homogenisieren in die flüssige Phase, wobei das Maximum der Homogenisierungstemperatur bei 380°C liegt. Sekundäre Einschlüsse in Wolframiten haben stark variable Salinitäten zwischen 7,5-22,5 Gew% NaCl-Äquiv. und weisen eine T<sub>H</sub>-Bereich zwischen 210 und 300°C auf.

Die Färbung in Tab. 2 wird in geotektonischer Reihenfolge aufgelistet entsprechend der  
 Untersuchungsreihe Granit - Amphibolit - Hydrothermalismus, die durch  
 Erhöhung des H<sub>2</sub>O-Aktivitätswertes (H<sub>2</sub>O) F. 520 bis 1700, charakterisiert ist.  
 Die Färbung von Quarz-Einschlüssen in dem "Hydrothermalen Zentrum" (ZMZ)  
 der metamorphen Abfolge von Stufe 6 folgt die ursprünglich magnetische  
 Zone der mit hydrothermalen Zonen (metamorphen Amphibolit-Quarz-Einschlüsse  
 nach Abb. 13) nicht erstarbten, die Färbung von reaktiven  
 Quarz-Einschlüssen in Quarz der Stufe 6 ist ein Quarz-Wolfram-Gang.  
 Dieser Material repräsentiert einen meta-ogmatischen Bereich, in dem  
 die Färbungskomponente durch Quarz-Einschlüsse ausgelöst wurde.

Der hohe Aktivitätswert-Wasserwert in Quarz-Einschlüssen im Stockschleier und  
 in einem geotektonischen Quarzgang ist deutlich höher als der in einem  
 hydrothermalen System unter den gegebenen P-T-Bedingungen (folgende H<sub>2</sub>O-  
 Aktivität und zeigt die Anwesenheit von anderen Gasen von F. 5 und über B in  
 der Färbungsreihe, wobei erste Elektronen-Mikroanalysen erhöhte F- und P-  
 Gehalte im 2-Bereich bestätigten. Diese Situation soll anhand von geochemischer  
 Färbungs-Analyse über Ionen-Vitales, da noch weiter beleuchtet werden (Thomas,  
 1987). Der Anstieg des H<sub>2</sub>O-Aktivitätswertes führt zu einer Erhöhung der  
 Viskosität der Schmelze auf Werte < 10<sup>17</sup> Pa/s (bei 800°C) und zu drastischer  
 Erhöhung von deren Viskosität im Vergleich zu normal-ogmatischen Schmelzen.

### 3.3 Diekschicht-Petrographie: Flüssigkeitseinschlüsse

Die kausale Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen in Quarz und Wolframit  
 (Mikroskopisch) von Zentimeter bis im Rahmen der Diplomarbeit von Flügge  
 (1987) erbrachte deutliche Unterschiede hinsichtlich der Bildungsgeschichte und  
 der Lösungs-Geschichte der beiden Minerale (Abb. 4). Die Homogenisierung  
 von Quarz-Einschlüssen in Quarz, die vermutlich als Ergebnis von  
 Erhöhung der Viskosität, liegen bei bis zu 450°C (Homogenisierung in die  
 Schmelze). Spätere Flüssigkeitseinschlüsse in Quarz homogenisieren bei 350-  
 750°C in die flüssige Phase. Die Stabilität der Einschlüsse ist relativ konstant und  
 ist überwiegend bei 2,5-5 Gew% H<sub>2</sub>O oder CO<sub>2</sub> oder CH<sub>4</sub> wurden  
 mikrothermometrisch nicht festgestellt.

Quarz-Flüssigkeitseinschlüsse in Wolframiten weisen gegenüber denen in Quarz  
 deutlich höhere Stabilitäten mit einem Maximum um 12,5 Gew% H<sub>2</sub>O auf.  
 Nur zu wenigen Fällen tritt kausales Homogenisieren auf, die meisten Einschlüsse  
 homogenisieren in die flüssige Phase, wobei das Maximum der Homogenisierung  
 temperatur bei 380°C liegt. Sekundäre Einschlüsse in Wolframiten haben stark  
 variable Stabilitäten zwischen 7,5-22,5 Gew% H<sub>2</sub>O und weisen eine TH-  
 Zone zwischen 210 und 300°C auf.



Diese Ergebnisse entsprechen im wesentlichen dem umfangreichen Datensatz in Thomas (1982), nach dem das Temperaturfeld für die Sn-W-Mineralisation von E'dorf relativ eng im Bereich von 360-420°C liegt (Homogenisierungstemperaturen aus Gas-Flüssigkeits-Einschlüssen in Quarz, Zinnstein, Topas, Wolframit). Starke Salinitäts-Schwankungen deuten auf Entmischungsprozesse der Fluidphase, vermutlich im Zusammenhang mit periodischer Druckentlastung durch tektonische Prozesse.

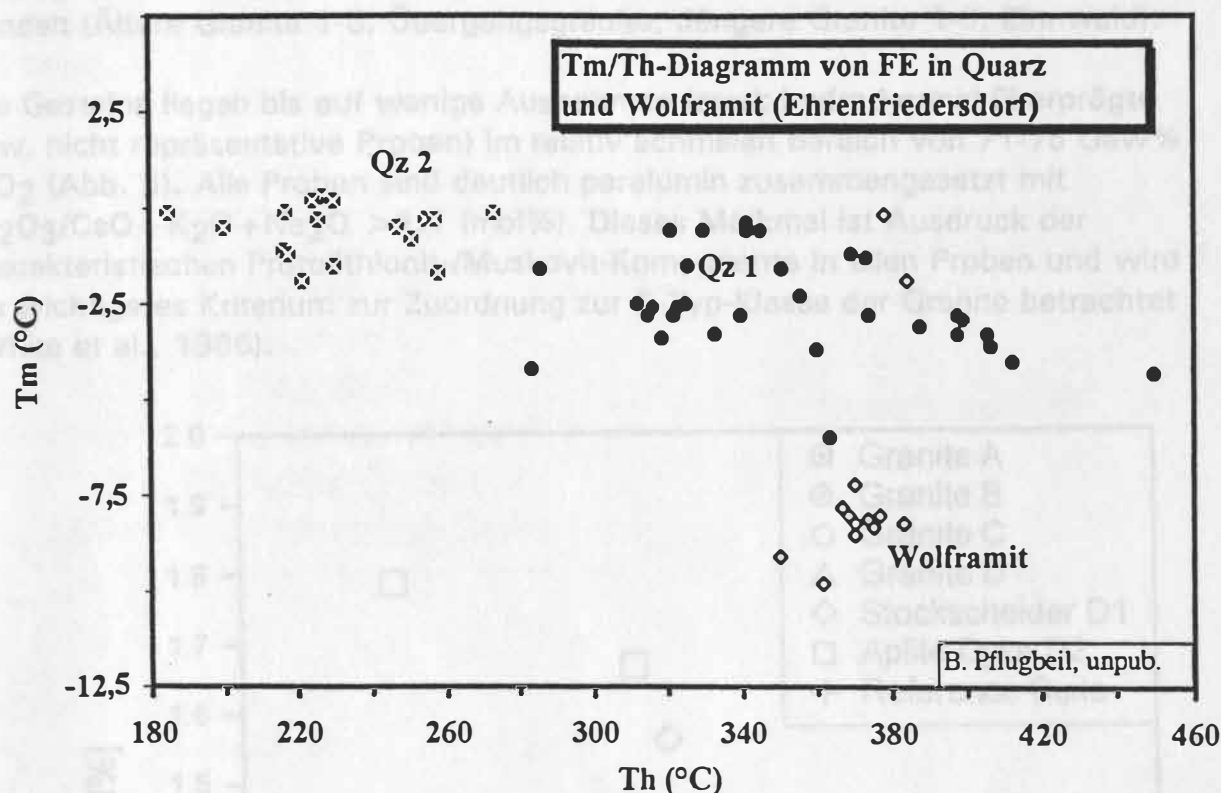


Abb. 4. Schmelz- und Homogenisierungstemperaturen für Flüssigkeitseinschlüsse in Quarz und Wolframit der Probe E 34 (Quarzgang in Gneis-Glimmerschiefer, 50 m vom Granitkontakt, Greifensteinstollen). In der gleichen Probe wurden in Quarz auch Schmelzeinschlüsse mit hohem Äquivalent-Wassergehalt und Solidus-Temperatur bei 575°C festgestellt (siehe 2.2).

### 3 Geochemie

#### 3.1 Allgemeine Charakterisierung

Der geochemische Basis-Datensatz ist im Anhang gegeben. Zusätzliche Daten sind bei Schneider (1995) aufgelistet. Die Spalte M im Anhang bezieht sich auf die Röntgenfluoreszenz-Analytik, die in der BGR Hannover (Dr. U. Siewers) (Schlüssel 2) und im RFA-Labor der Uni München (Prof. Morteani) (Schlüssel 1) erfolgte. Dabei erlaubte die optimale Einstellung der RFA in Hannover bei einigen Elementen

Die Ergebnisse entsprechen im wesentlichen dem untergeordneten Zustand in  
 Thoma (1982), nach dem die Temperatur für die 2N-W-Minimaltemperatur von  
 E-100 nicht im Bereich von 300-400°C liegt. In der Regel sind die  
 aus der Flüssigkeits-Bilanzierung in Gär, Züchtung, Topf, Weizen, Stärke  
 Gärungs-Schwankungen deuten auf einen ungenügenden Zustand der Flüssigkeit,  
 vormalig im Zusammenhang mit profunden Diskontinuitäten durch Zellulose  
 Prozess.

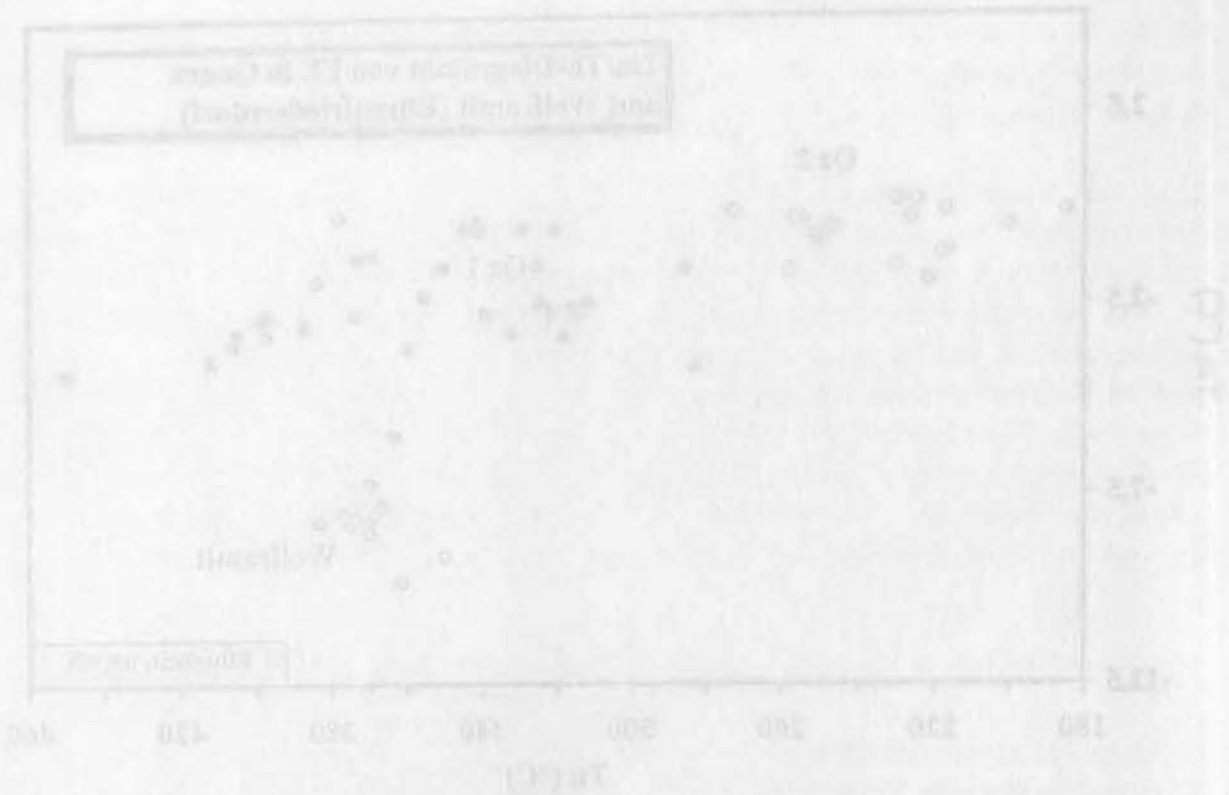


Abb. 4. Betrieb- und Herangehensweise zur Herangehensweise  
 in Gär und Weizen bei E-100 (24-400°C) in Gär  
 Gärungsprozess (E-100) in Gär (Stärke) in Gär  
 gleiche Probe weiter in Gär (Stärke) in Gär  
 Äquivalent-Wasser mit Salze-Temperatur bei 575°C festgelegt  
 (siehe 2.3).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Allgemeine Charakterisierung

Die beschriebene Probe-Gärung ist im Anfang gegeben. Zusätzliche Daten sind  
 von Thoma (1982) entnommen. Die Probe ist im Anfang besteht sich aus die  
 für die Gärungs-Analyse, die in der Gär-Analyse (Dr. U. Ewert) (Schlüssel)  
 ist und im RFA-Labor der LMU München (Prof. M. Thoma) (Schlüssel 1) erfolgt.  
 Dabei ergab die optimale Einstellung der RFA in Hannover bei einigen Elementen

grössere Präzision und niedrigere Bestimmungsgrenzen, die in einigen Variationsdiagrammen für kritische Elemente wie Mg und Sn vermerkt sind.

Die Abb. 5-9 geben allgemeine petrochemische Hintergrundinformation zu den granitischen Gesteinsproben von E'dorf. Die Proben-Klassifikation basiert auf dem petrographisch definierten Schema. Die Diagramme enthalten jeweils Referenzdaten ("Reference Suite") von Tischendorf et al. (1987) und Tischendorf (1989), bei denen es sich um regionale Mittelwerte für die Erzgebirgs-Granitsuite handelt (Ältere Granite 1-3, Übergangsgranite, Jüngere Granite 1-3, Zinnwald).

Die Gesteine liegen bis auf wenige Ausnahmen (stark hydrothermal überprägte bzw. nicht repräsentative Proben) im relativ schmalen Bereich von 71-75 Gew%  $\text{SiO}_2$  (Abb. 5). Alle Proben sind deutlich peralumin zusammengesetzt mit  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} > 1.1$  (mol%). Dieses Merkmal ist Ausdruck der charakteristischen Protolithionit-/Muskovit-Komponente in allen Proben und wird als wichtigstes Kriterium zur Zuordnung zur S-Typ-Klasse der Granite betrachtet (White et al., 1986).

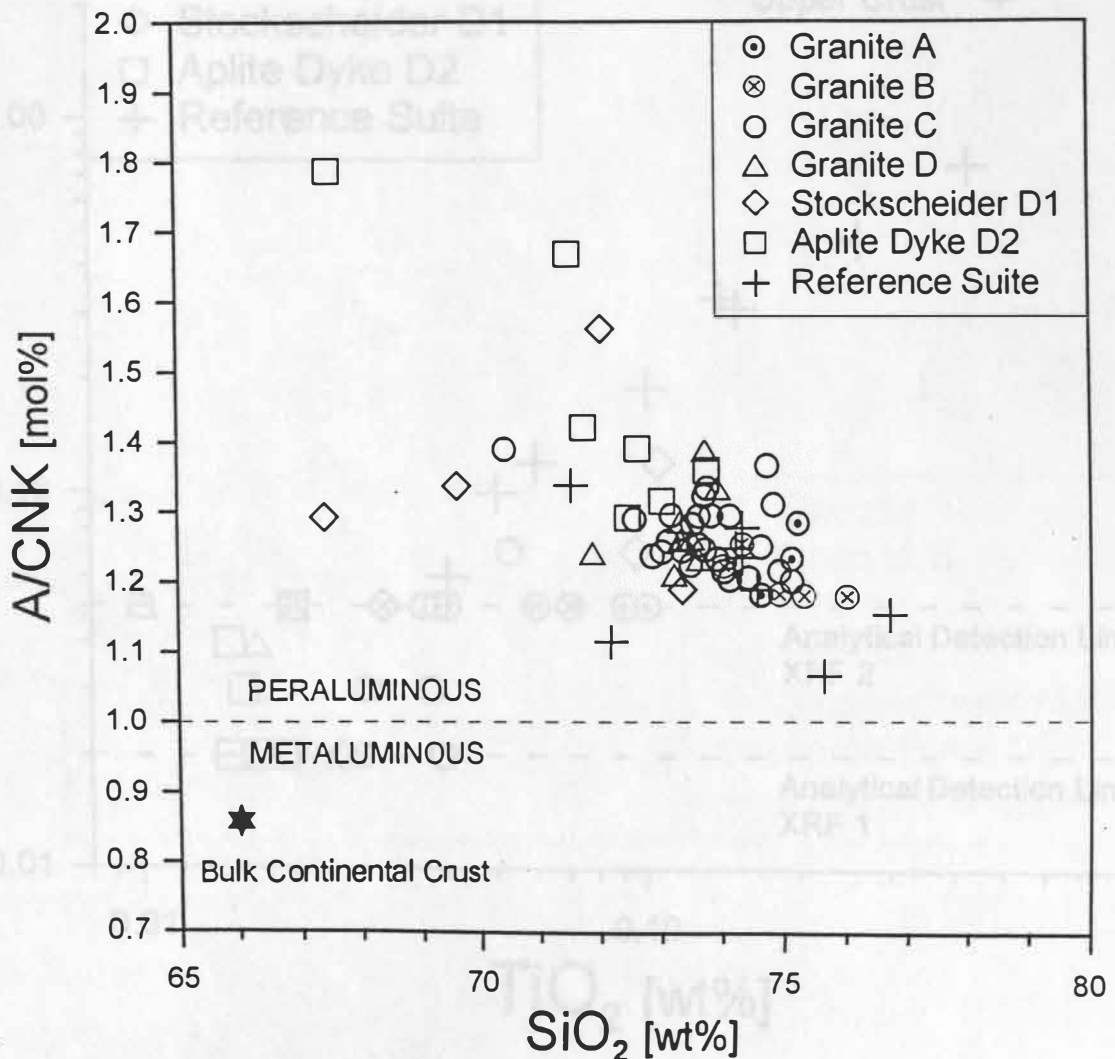


Abb. 5.  $\text{SiO}_2$  vs mol  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  Variationsdiagramm

Variationsdiagrammen für kritische Elemente wie Mg und Sn verwendet sind. Größere Präzision und niedrigere Bestimmungsgrenzen, die in einigen

Die Abb. 5 geben allgemeine petrochemische Hintergrundinformationen zu den granitischen Gesteinsproben von E'dorf. Die Probenklassifikation basiert auf dem petrographisch definierten Schema. Die Diagramme enthalten jeweils Referenzdaten ("Reference Suite") von Tischendorf et al. (1987) und Tischendorf (1988), bei denen es sich um regionale Mittelwerte für die Erzgebirgs-Granite (1988) handelt (Ältere Granite 1-2, Übergangsganit, Jüngere Granite 1-2, Zinnwald).

Die Granite liegen bis auf wenige Ausnahmen (stark hydrothermal übergrigte bzw. nicht repräsentative Proben) im relativ schmalen Bereich von 71-75 Gew.-%  $SiO_2$  (Abb. 5). Alle Proben sind deutlich peralumin zum Vergleich mit  $Al_2O_3 / (CaO + K_2O + Na_2O) > 1.1$  (mol%). Dieses Merkmal ist Ausdruck der charakteristischen Protolith-Muskovit-Komponente in allen Proben und wird als wichtigstes Kriterium zur Zuordnung zur S-Typ-Klasse der Granite betrachtet (Wilke et al., 1986).

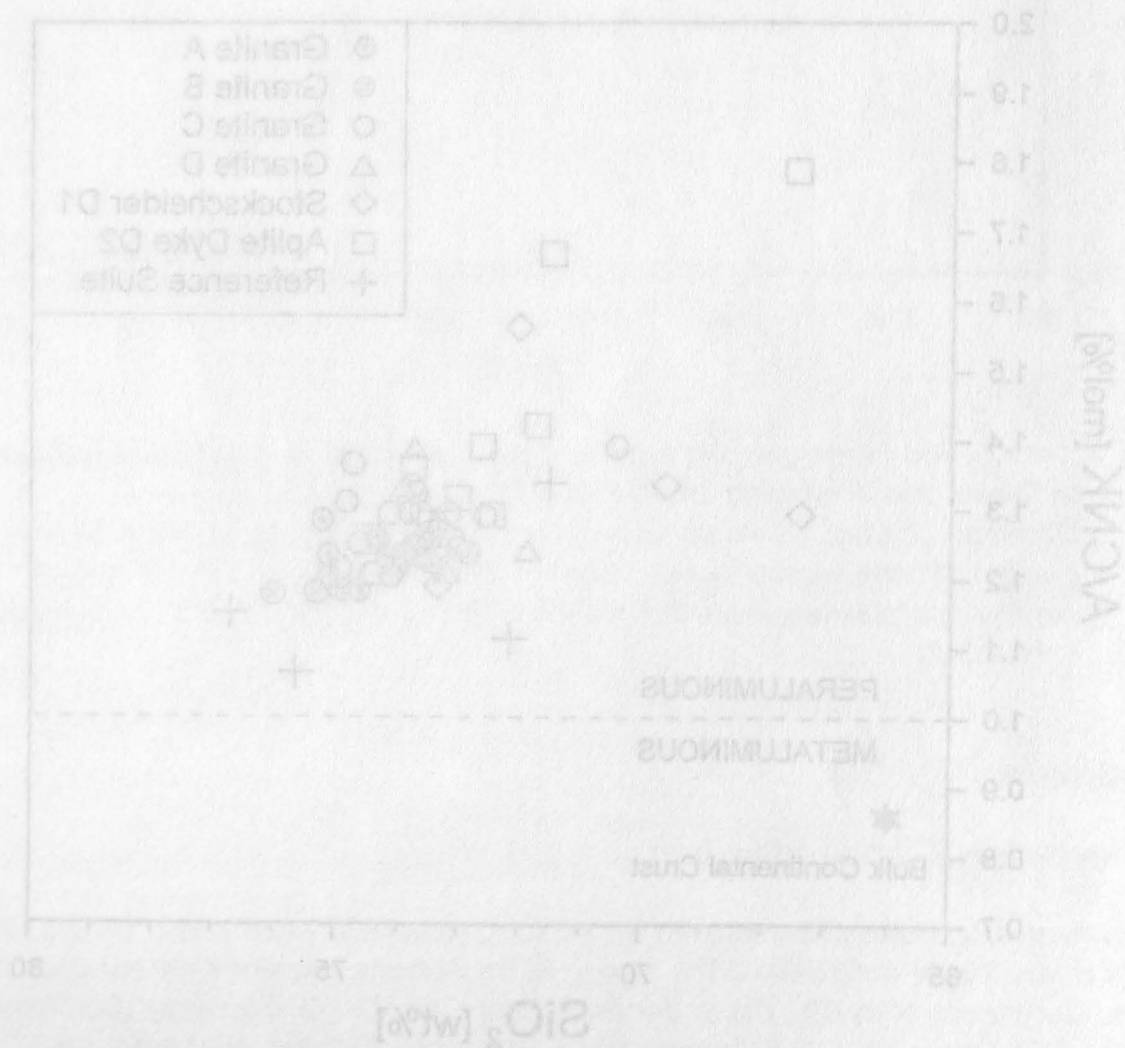


Abb. 5.  $SiO_2$  vs mol  $Al_2O_3 / (CaO + K_2O + Na_2O)$  Variationsdiagramm

Im  $\text{TiO}_2$ -MgO-Diagramm (Abb. 6) wird der extrem niedrige Gehalt dieser in granitischen Systemen kompatiblen Komponenten in der untersuchten Probengruppe deutlich. Trotz der im allgemeinen geltenden hydrothermalen Mobilität von Mg bilden die Mittelwerte der Erzgebirgs-Granitsuite einen klaren Trend, an dessen unterem Ende die Granite aus dem Bereich E'dorf liegen. Dieser Trend, unter Berücksichtigung des weitgehend hydrothermal immobilen Charakters von Ti, belegt den hochentwickelten Zustand des magmatischen Systems von E'dorf. Das scheinbar bei der hydrothermalen Überprägung weitgehend geschlossene Mg-System ist vermutlich Ausdruck der Glimmer-Komponente, die Mg fixiert.

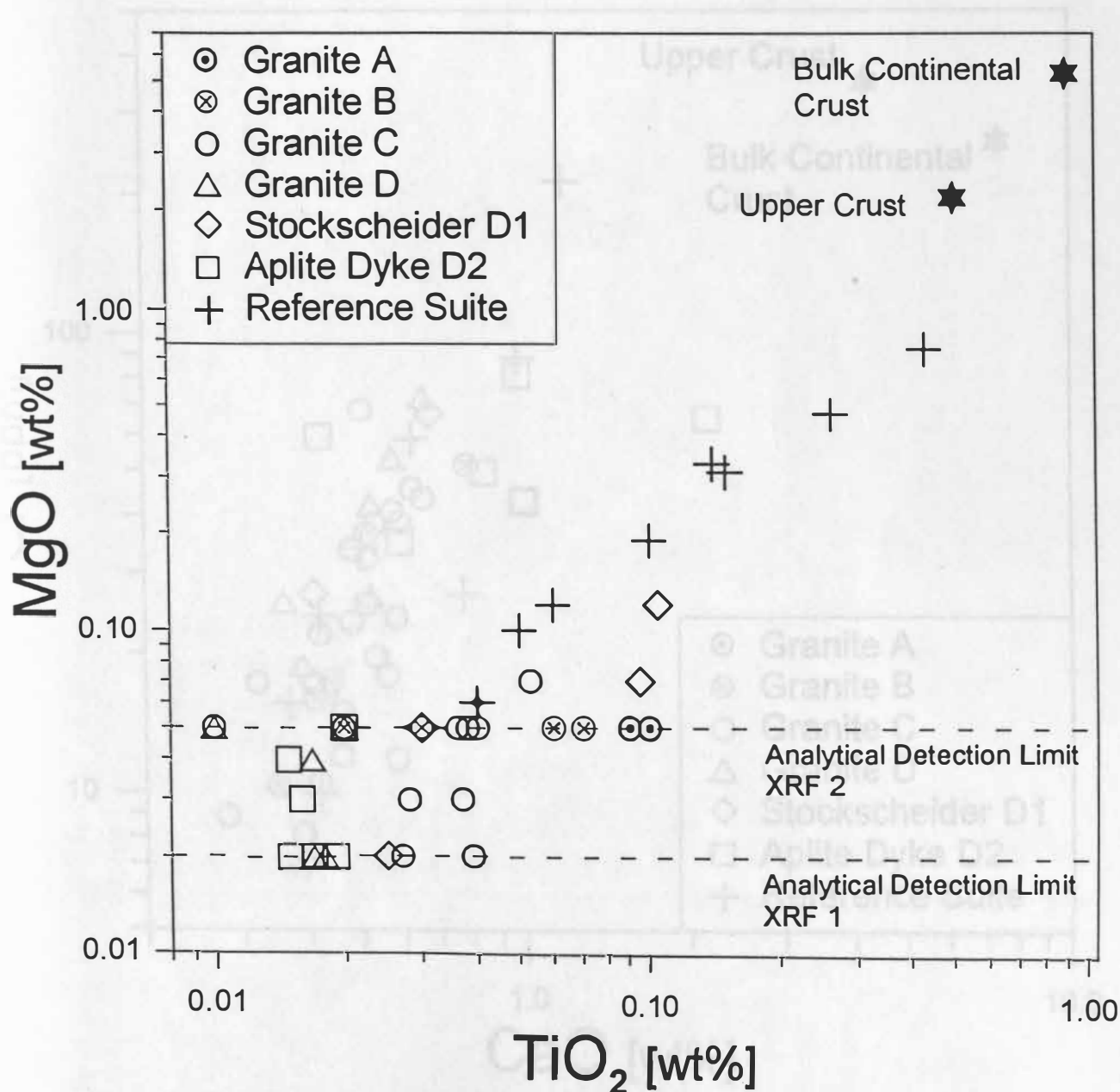


Abb. 6.  $\text{TiO}_2$  vs MgO Variationsdiagramm



Das CaO-Sr-Diagramm in Abb. 7 zeigt für die ebenfalls kompatiblen Komponenten Ca und Sr sehr niedrige Gehalte an, wobei allerdings hier aufgrund der starken Streuung ein zumindest teilweise offenes System vorliegt.

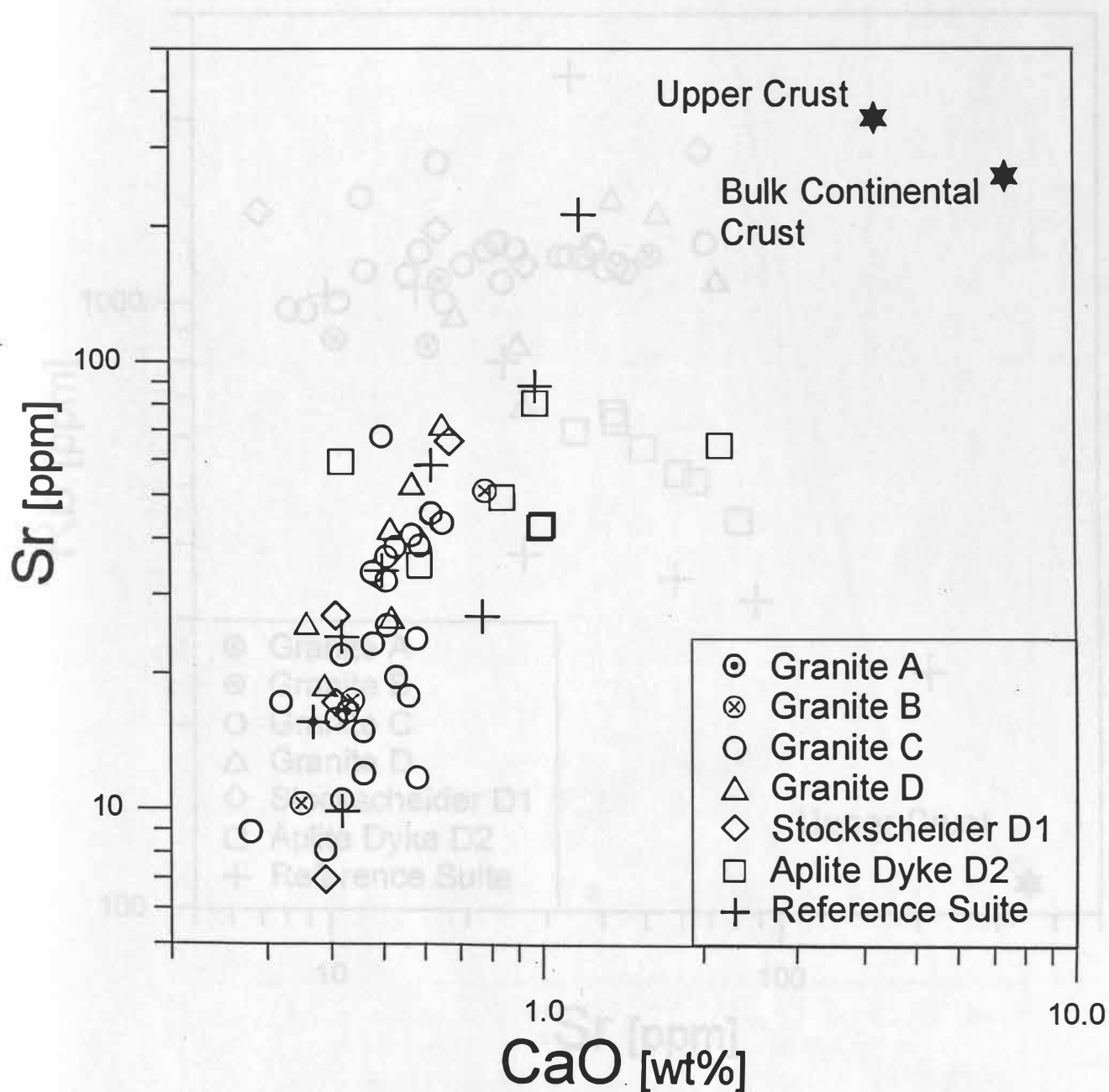
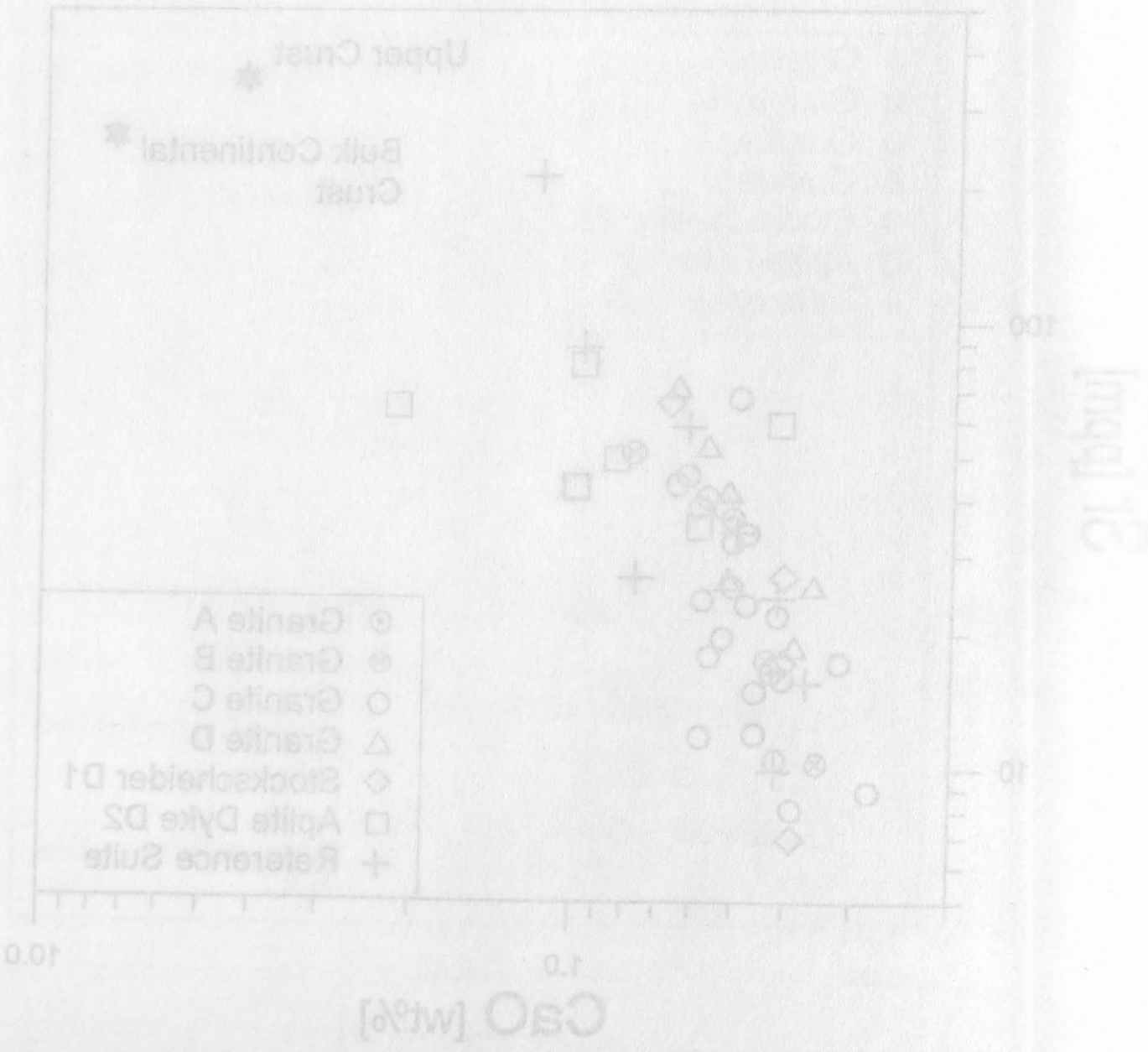


Abb. 7. CaO vs Sr Variationsdiagramm



Das CaO-Si-Diagramm in Abb. 7 zeigt für die ebenfalls kompositen Komponenten Ca und Si sehr niedrige Gehalte an, wobei allerdings hier aufgrund der starken Streckung ein zumindest teilweise offenes System vorliegt.





Im Sr-Rb-Diagramm von Abb. 8 wird das für Sr offene System mit erratischen aber durchgängig niedrigen Sr-Gehalten von 7-80 ppm noch deutlicher, wobei die Gehalte des inkompatiblen (Schmelze) Rb hoch liegen. Die hydrothermale Mobilität des Rb ist hier wahrscheinlich durch den weiten Stabilitätsbereich der Protolithionit-/Muskovit-Komponente eingeschränkt.

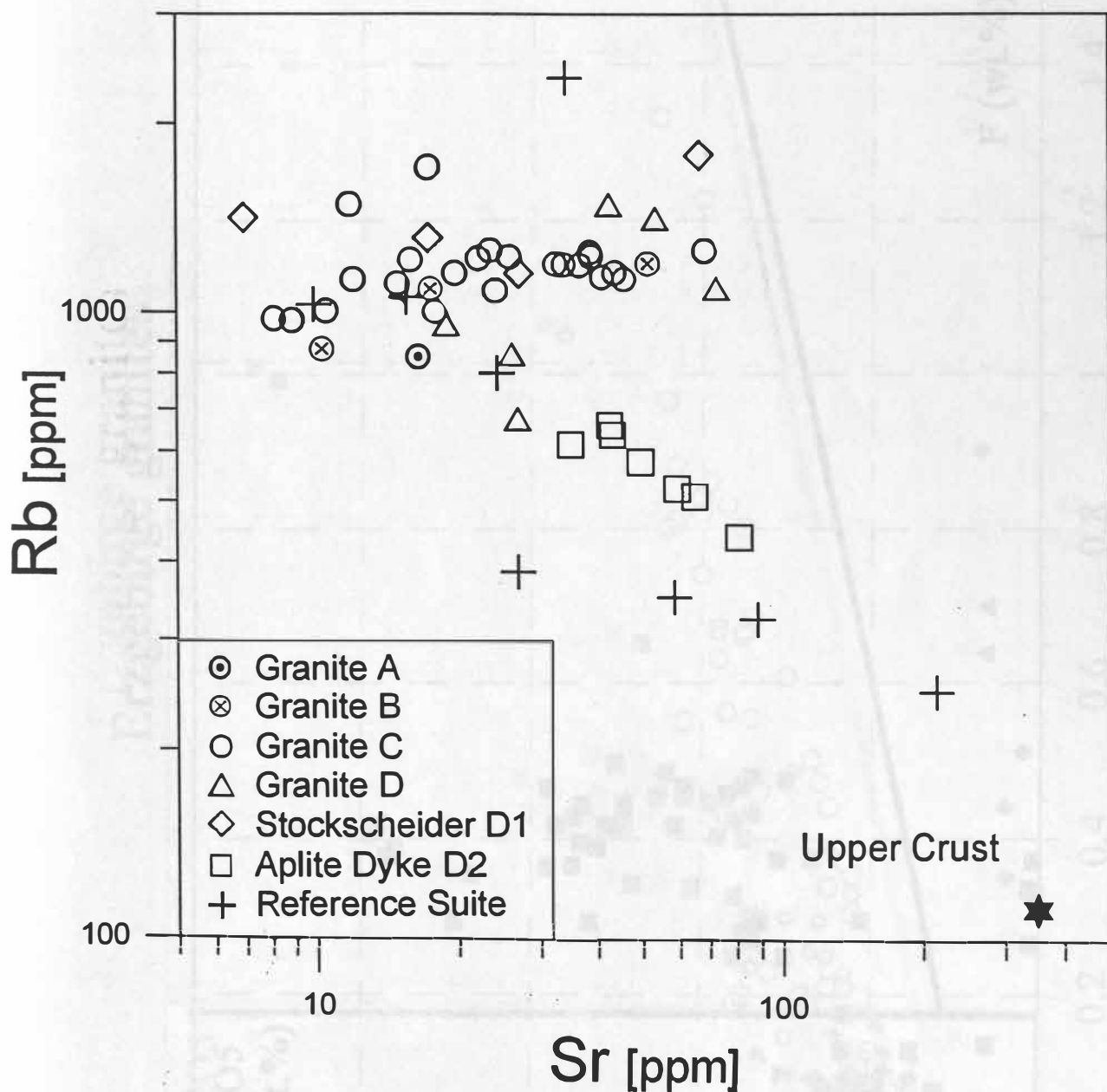


Abb. 8. Sr vs Rb Variationsdiagramm

Das Sr-Isotopiegehalt von Abb. 8 wird als für die offene Zirkonit-Systeme mit angedeuteter  
 - und/oder niedrigen Sr-Gehalten von 1-50 ppm nicht. Durch die  
 - Gebiete des Inkomplexes (Schmelze) für hoch liegen. Die hydrothermale  
 - das für die wasserlöslich durch die wasserlöslichen bei  
 - Fraktionierung-Auswahl-Komponente eingeleitet.

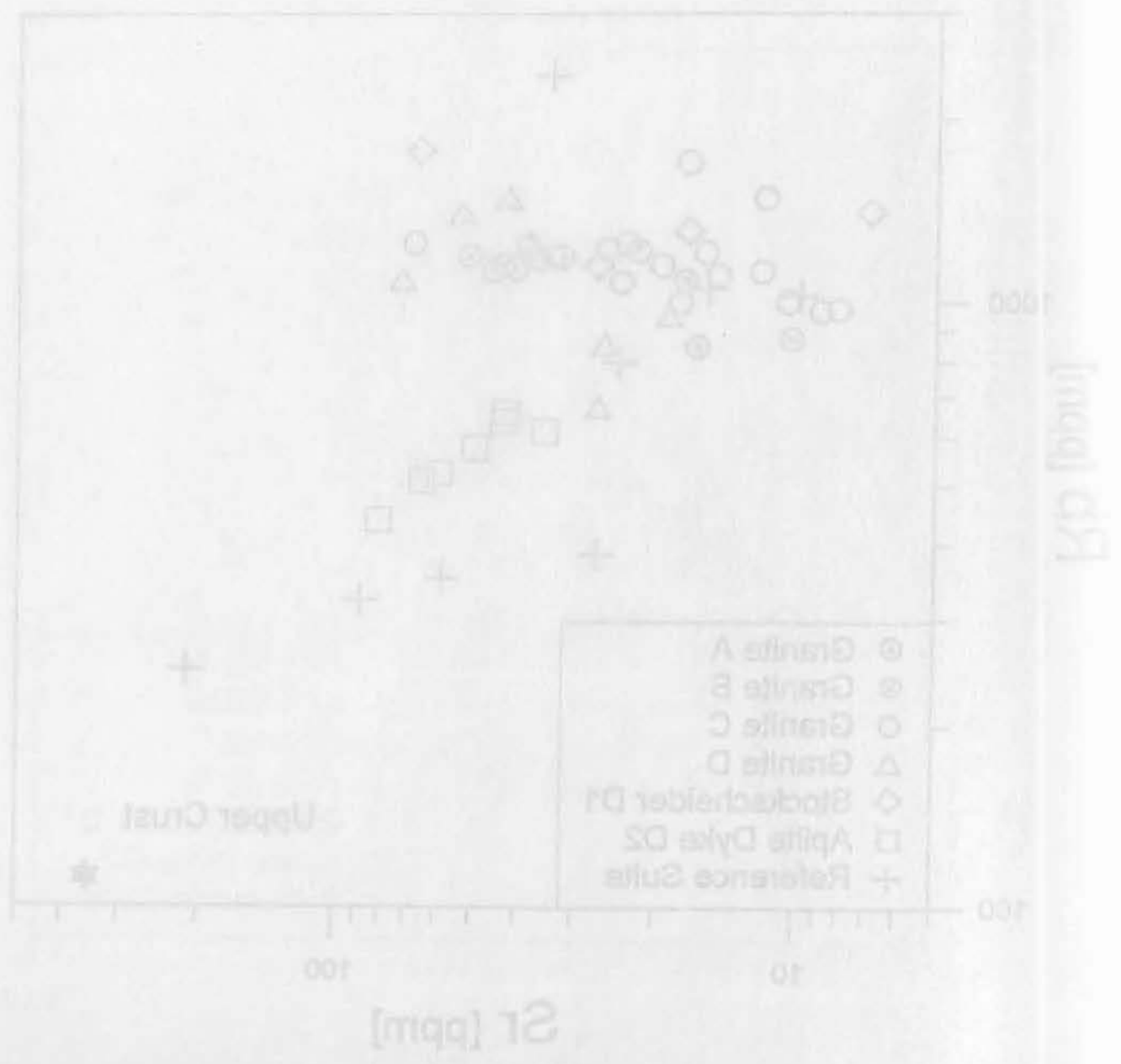


Abb. 8. Sr vs Rb Verteilungsdiagramm

# Erzgebirge granites

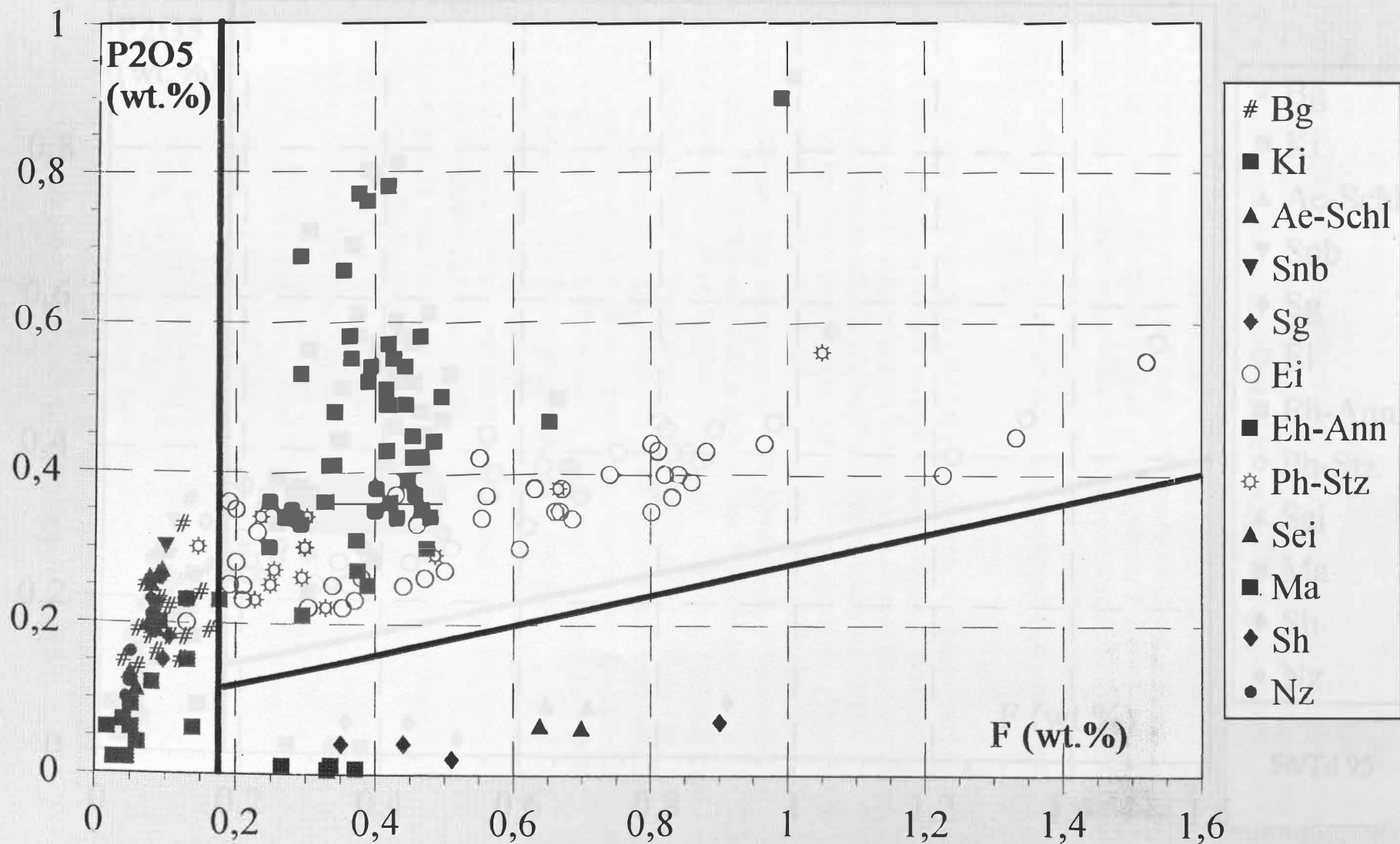
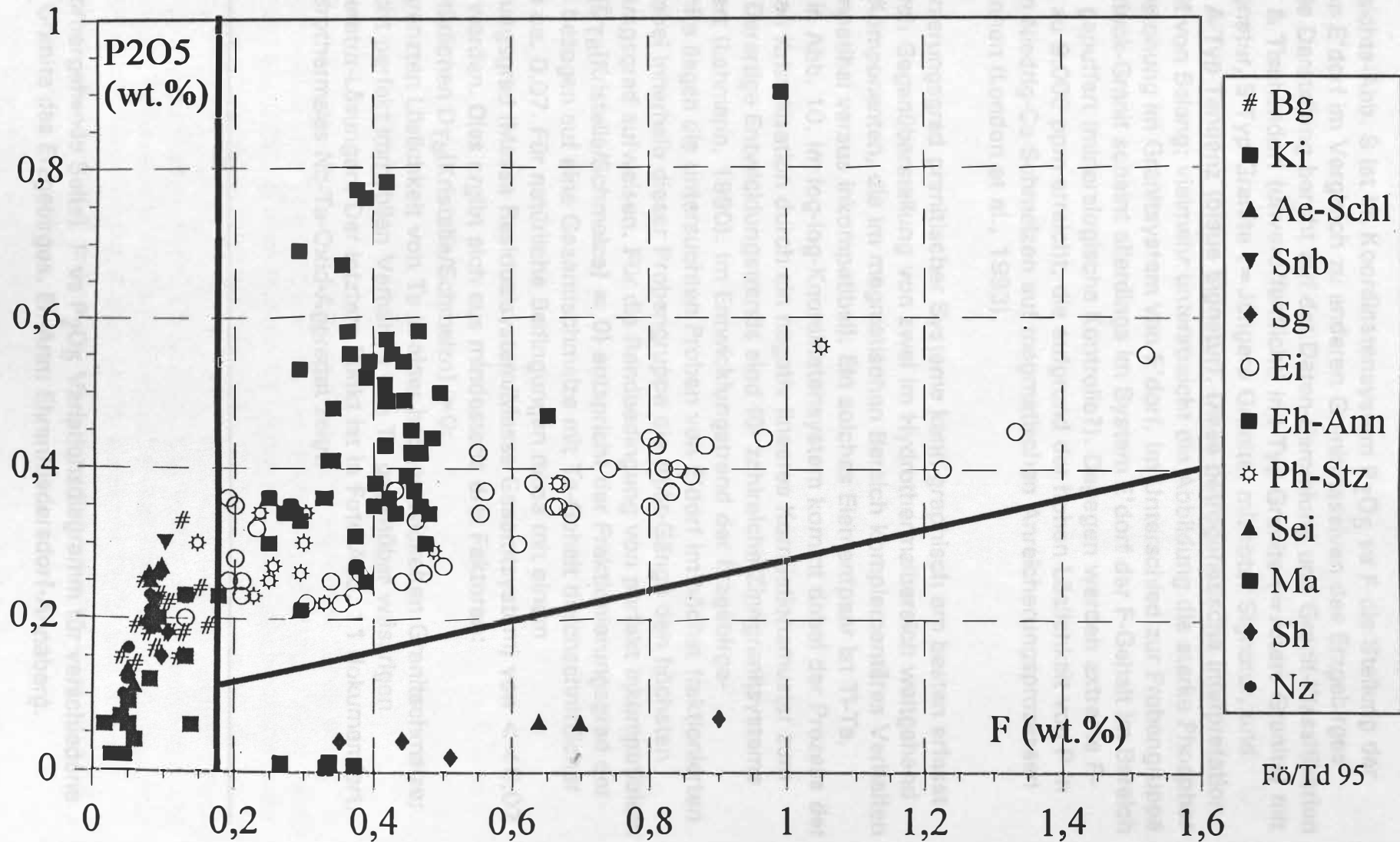
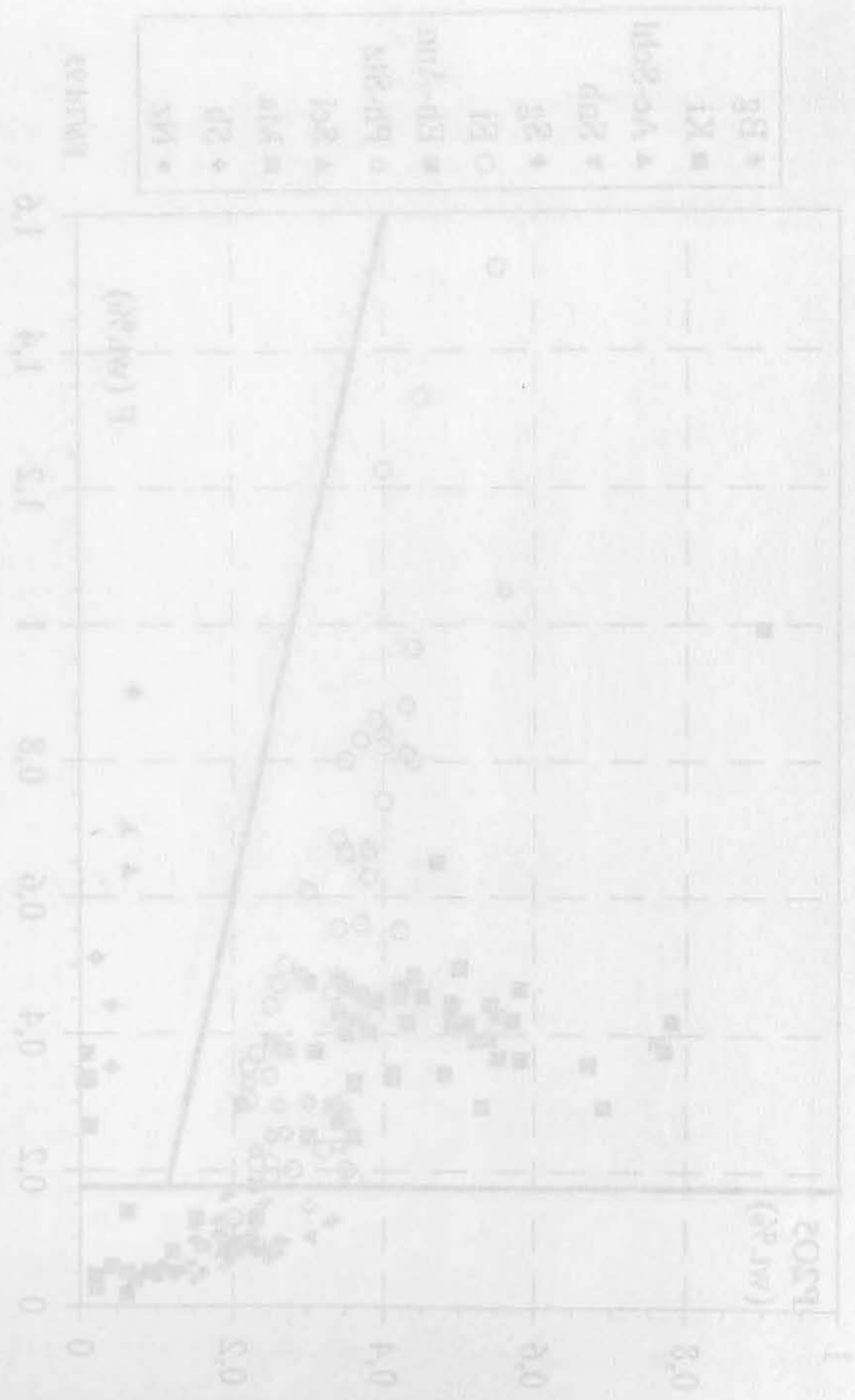




Figure 1: Scatter plot showing the relationship between L302 (Mg<sub>2</sub>O) and L302.

# Erzgebirge granites





Бүлэгчилж өгөгдөл



In der Übersichts-Abb. 9 ist im Koordinatensystem  $P_2O_5$  vs F die Stellung der Gesteine von E'dorf im Vergleich zu anderen Granitmassiven des Erzgebirges gegeben. Die Darstellung beruht auf der Daten-Sammlung und Granit-Klassifikation von Förster & Tischendorf (unveröffentlicht) in I-Typ-Granite (= Ältere Granite) mit violetter Signatur, S-Typ-Granite (= Jüngere Granite) mit roter Signatur, und Granite mit A-Typ-Tendenz (blaue Signatur). Diese petrogenetische Interpretation ist hier nicht von Belang; vielmehr unterstreicht die Abbildung die starke Phosphor- und Fluor-Betonung im Granitsystem von E'dorf. Im Unterschied zur Probengruppe vom Eibenstock-Granit scheint allerdings im System E'dorf der F-Gehalt im Bereich 5.000 ppm gepuffert (mineralogische Kontrolle?). Dagegen werden extreme P-Gehalte bis zu 9.000 ppm erreicht, die aufgrund der hohen Löslichkeit von P in peraluminen Niedrig-Ca-Schmelzen auf magmatischen Anreicherungsprozessen beruhen können (London et al., 1993).

Der Fraktionierungsgrad granitischer Systeme kann graphisch am besten erfasst werden durch Gegenüberstellung von zwei im Hydrothermalbereich weitgehend immobilen Komponenten, die im magmatischen Bereich komplementäres Verhalten zeigen (kompatibel versus inkompatibel). Ein solches Elementpaar ist Ti-Ta, dargestellt in Abb. 10. Im log-log-Koordinatensystem kommt dabei der Prozess der fraktionierten Kristallisation durch ein negativ lineares Korrelationsmuster zum Ausdruck. Derartige Entwicklungstrends sind für zahlreiche Zinngranitsysteme dokumentiert (Lehmann, 1990). Im Entwicklungstrend der Erzgebirge-Bezugsgranite liegen die untersuchten Proben von E'dorf im höchst fraktionierten Bereich, wobei innerhalb dieser Probengruppe die Aplit-Gänge den höchsten Fraktionierungsgrad aufweisen. Für die Randbedingung von perfekt inkompatiblen Verhalten ( $D_{Ta}[Kristalle/Schmelze] \equiv 0$ ) entspricht der Fraktionierungsgrad der Aplitgänge bezogen auf eine Gesamtschmelze mit Ta-Gehalt durchschnittlicher Oberkruste ca. 0,07. Für natürliche Bedingungen muss mit einem Fraktionierungsgrad (Masse Residualsystem/Masse Gesamtsystem) von  $<< 0,07$  gerechnet werden. Dies ergibt sich aus mindestens drei Faktoren:

1. Dem natürlichen  $D_{Ta}[Kristalle/Schmelze] > 0$ ;
2. Der begrenzten Löslichkeit von Ta in einer hochentwickelten Granitschmelze;
3. Dem nicht perfekt immobil Verhalten von Ta gegenüber wässrigen Hochtemperatur-Lösungen. Der letztere Punkt ist in Foto-Abb. 11 dokumentiert, die ein hydrothermales Nb-Ta-Oxid-Aggregat zeigt.

Abb. 9 (vorhergehende Seite). F vs  $P_2O_5$  Variationsdiagramm für verschiedene Granite des Erzgebirges. Eh-Ann: Ehrenfriedersdorf-Annaberg.

der Übersicht-Abb. 9 ist im Koordinatensystem  $P_{2O_5}$  vs  $F$  die Stellung der  
 Gesteine von E' dort im Vergleich zu anderen Granitmassiven des Erzgebirges  
 gegeben. Die Darstellung beruht auf der Daten-Sammlung und Granit-Klassifikation  
 von Fichter & Tschandl (unveröffentlicht) in I-Typ-Granite (= Ältere Granite) mit  
 höherer S<sub>2</sub>-Typ-Granite (= Jüngere Granite) mit hoher S<sub>1</sub>-Typ-Granite, und  
 weist mit A-Typ-Tonstein (siehe S<sub>1</sub>-Typ-Granite). Diese petrographische Interpretation  
 ist hier nicht von Belang; vielmehr unterstreicht die Abbildung die starke Proportio-  
 nal-Flexionierung im Granitssystem von E' dort. Im Unterschied zur Proportio-  
 nal-Flexionierung im System E' dort der F-Grafit im Bereich  
 von Sibirsk-Granit scheint allerdings im System E' dort der F-Grafit im Bereich  
 1.000 ppm geäußert (mineralogische Kontrolle). Dagegen werden extreme F-  
 Gehalte bis zu 8.000 ppm erreicht, die aufgrund der hohen Löslichkeit von R in  
 granitischen Magma-Ca-Schmelzen auf magmatische Anreicherungsprozesse  
 hindeuten können (London et al., 1983).

Die Fraktionierungsgänge granitischer Systeme kann graphisch am besten erfasst  
 werden durch Gegenüberstellung von zwei im Hydrothermalefeld weitgehend  
 unvollständigen Bereichen, die im magmatischen Bereich komplementäres Verhalten  
 zeigen (komplementär versus Inkongruenz). Ein solches Elementpaar ist Ti-Ta,  
 dargestellt in Abb. 10. Im log-log-Koordinatensystem kommt dabei der Prozess der  
 elementaren Kristallisation durch ein negativ lineares Korrelationsmuster zum  
 Ausdruck. Bestimmte Entwicklungstrends sind für zahlreiche Zinn-Granit-Systeme  
 dokumentiert (Lahmann, 1980). Im Entwicklungsstadium der Erzgebirge-  
 Kratergebiete liegen die untersuchten Proben von E' dort im höchst fraktionierten  
 Stadium, wobei innerhalb dieser Proportions die A-Typ-Gänge den höchsten  
 Fraktionierungsgrad aufweisen. Für die Randbedingung von perfekt inkongruentem  
 Verhalten ( $D_{Ti}/D_{Ta}$  Kristall/Schmelze) = 0) entspricht der Fraktionierungsgrad der  
 Abhängigkeit bezogen auf eine Gesamt-Schmelze mit Ta-Gehalt durchschnittlicher  
 Schmelze ca. 0,07. Für ähnliche Bedingungen muss mit einem  
 Fraktionierungsgrad (mit der Molalitäts-Masse Gesamt-System) von  $> 0,07$   
 gerechnet werden. Dies ergibt sich aus mindestens drei Faktoren:  
 1. Dem natürlichen  $D_{Ti}/D_{Ta}$  Kristall/Schmelze  $> 0$ ;  
 2. Der begrenzten Löslichkeit von Ta in einer hochentwickelten Granit-Schmelze;  
 3. Dem nicht perfekt immixten Verhalten von Ta gegenüber Wasser.  
 Fortsetzungslösungen. Der letztere Punkt ist in Foto-Abb. 11 dokumentiert,  
 die ein hydrothermales Nb-Ta-Oxid-Aggregat zeigt.

Abb. 9 (vorhergehende Seite): F vs  $P_{2O_5}$  Variationsdiagramm für verschiedene  
 Granite des Erzgebirges. Ein-Acht-Einheitsort-Anneberg.

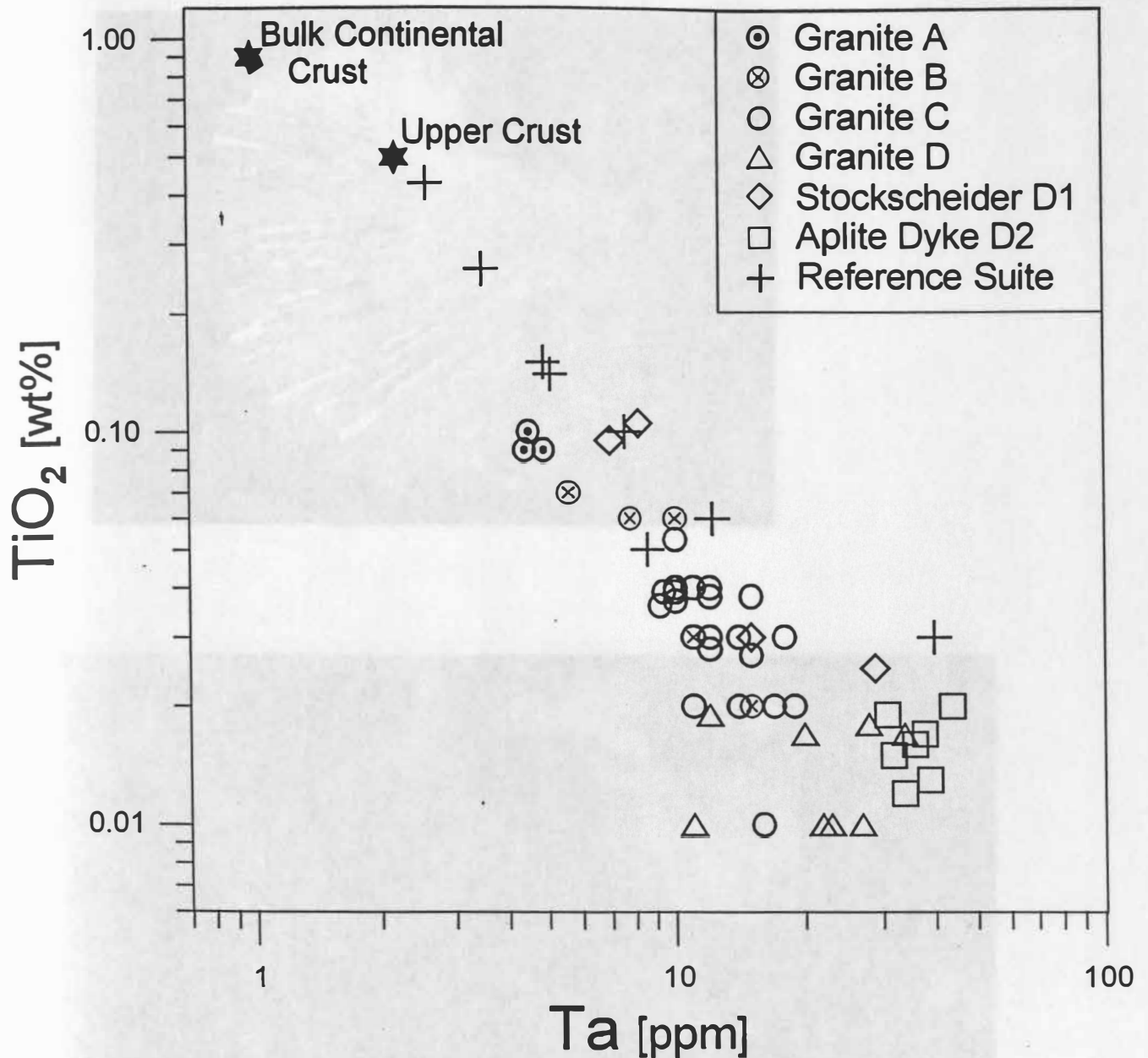


Abb. 10. Ta vs  $\text{TiO}_2$  Variationsdiagramm

Mit diesen bzw. trotz dieser Einschränkungen kann das Element Tantal als "Fraktionierungsindikator" benutzt werden, wie in der Diagrammserie Abb. 13-18 gezeigt. Das Ta-Zr/Hf-Diagramm in Abb. 13 unterstreicht den hochfraktionierten Charakter des gesamten Granitsystems von E'dorf und darin wiederum die höchstentwickelte Position der Aplite-Gänge. In den höchstentwickelten Aplitegang-Proben werden Zr/Hf-Verhältnisse von ca. 10 erreicht. Das Verteilungsmuster entspricht einem Rayleigh-Trend, wie er für Kristall-Schmelze-Fraktionierungsprozesse gilt. Das systematische Verteilungsbild zeigt für die Elemente Ta, Zr und Hf ein weitgehend geschlossenes System an, in dem postmagmatische Umverteilung keine dominierende Rolle spielt.

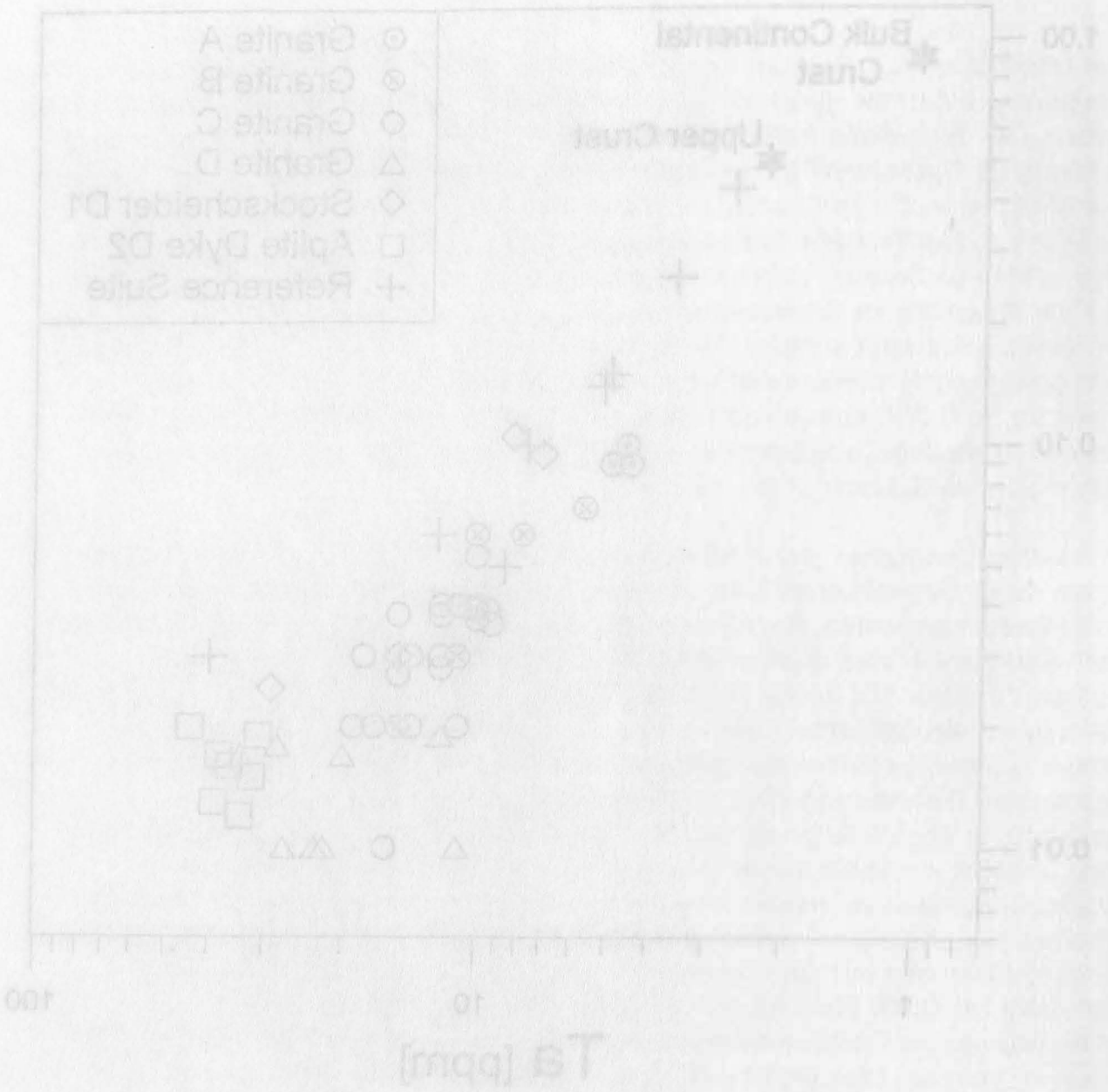


Abb. 10. Ta vs. TiO<sub>2</sub> Variationsdiagramm

Mit diesen bzw. trotz dieser Erhöhrungen kann das Element Tantal als "Fraktionierung Indikator" benutzt werden, wie in der Diagramme Abb. 13-18 gezeigt. Das Ta-ZrH-Diagramm in Abb. 13 unterteilt den hochfoktionierten Charakter des gesamten Gneissystems von E' fort und dann wiederum die h6chst entwickelte Position der Aplit-G6nge. In den h6chst entwickelten Aplitg6ngen werden ZrH-Verh6ltnisse von ca. 10 erreicht. Das Verteilungsmuster entspricht einem fr6hzeitigen Trend, wie er f6r Kristall-Schmelze Fraktionierungsprozesse gilt. Das systematische Verteilungsbild zeigt f6r die Elemente Ta, Zr und Hf ein weitgehend gleichzeitiges System an, in dem bestm6gliche Umverteilung keine dominierende Rolle spielt.

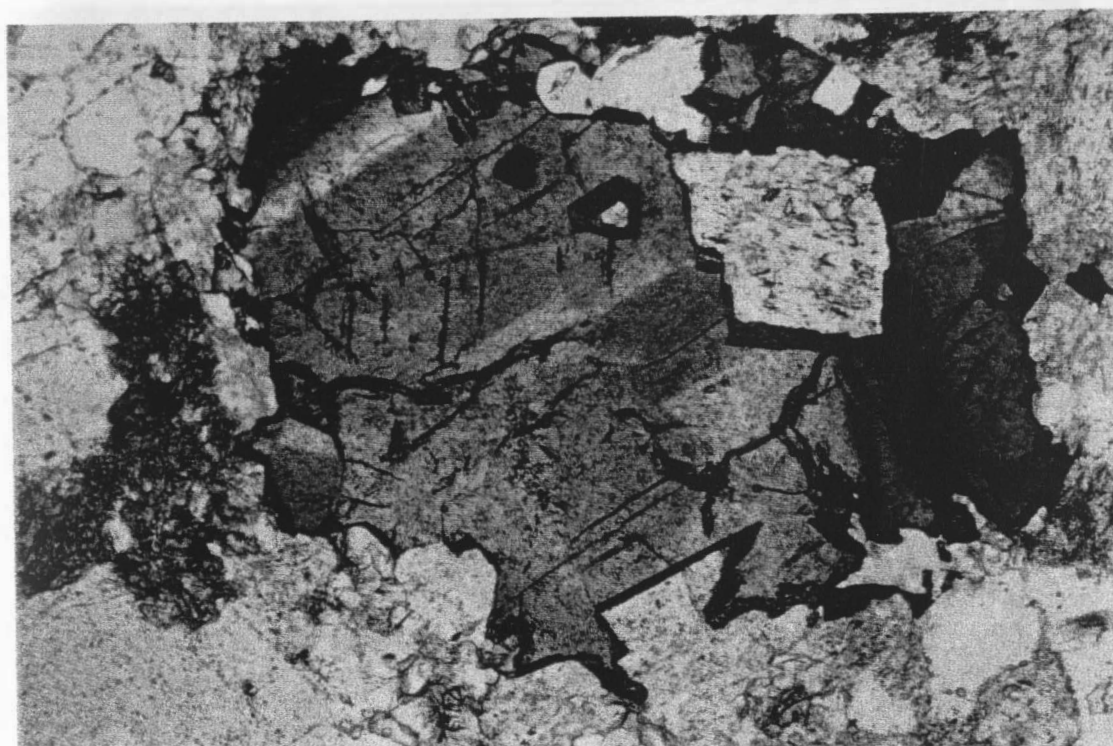
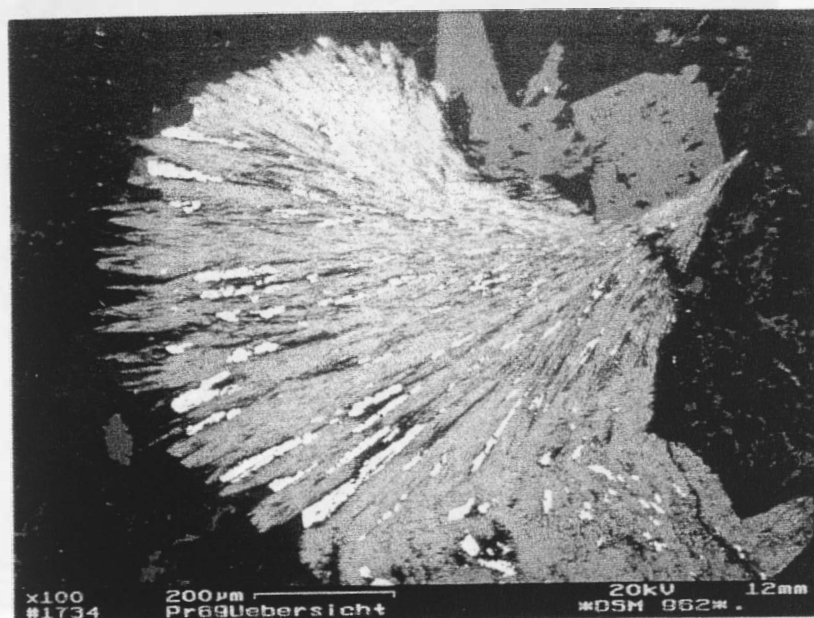


Abb. 11 (oben): REM-EDS-Aufnahme von rosetten-förmigem Nb-Ta-Oxid mit eingelagertem Uraninit (hellste Phase), verwachsen mit Pyrit (dunkelgrau); Probe 69 (Aplitgang).

Abb. 12 (unten): Zonar-gebautes Zinnstein-Aggregat im Kernbereich des hydrothermal überprägten Aplitgangs; Durchlicht, Nic //, 1cm = 100 µm; Probe 44c (Aplitgang).







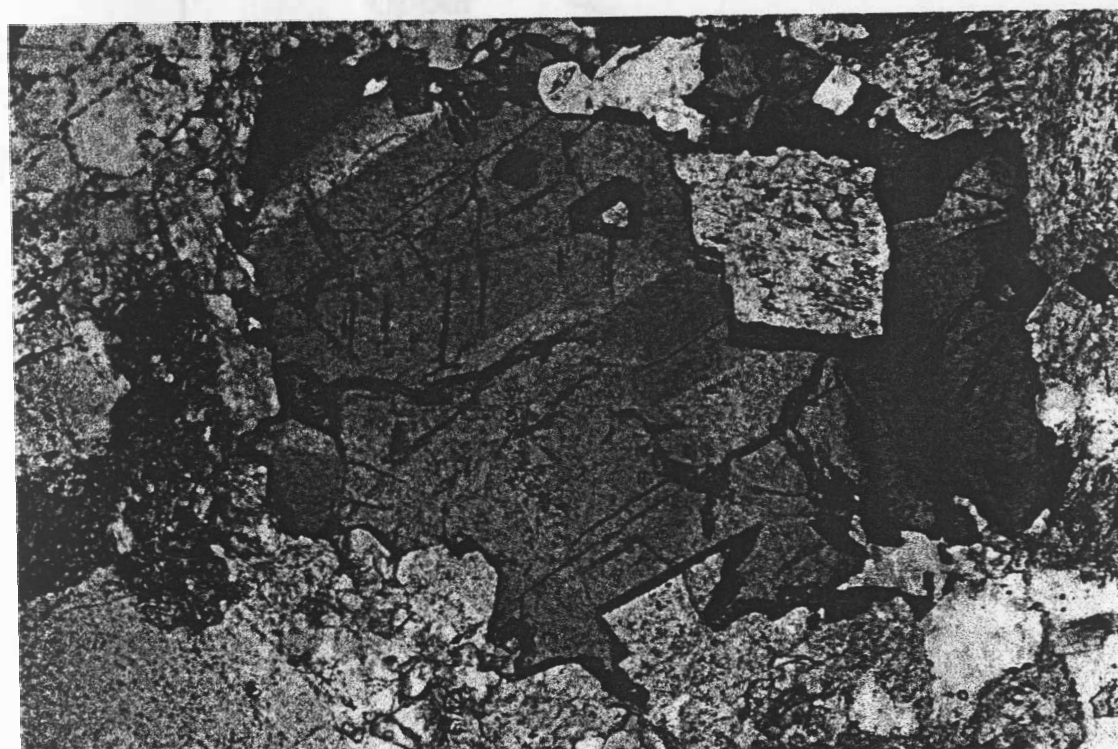
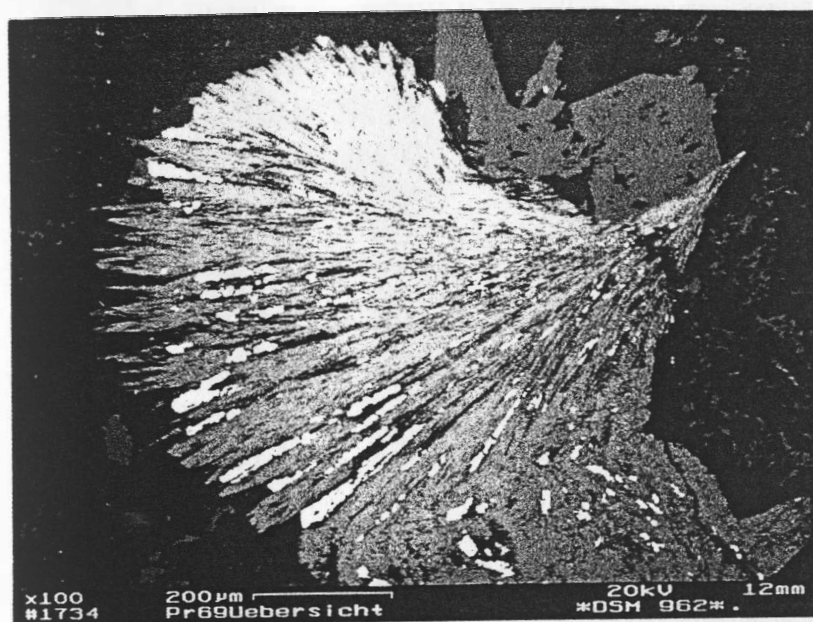


Abb. 11 (oben): REM-EDS-Aufnahme von rosetten-förmigem Nb-Ta-Oxid mit eingelagertem Uraninit (hellste Phase), verwachsen mit Pyrit (dunkelgrau); Probe 69 (Aplitgang).

Abb. 12 (unten): Zonar-gebautes Zinnstein-Aggregat im Kernbereich des hydrothermal überprägten Aplitgangs; Durchlicht, Nic //, 1cm = 100 µm; Probe 44c (Aplitgang).

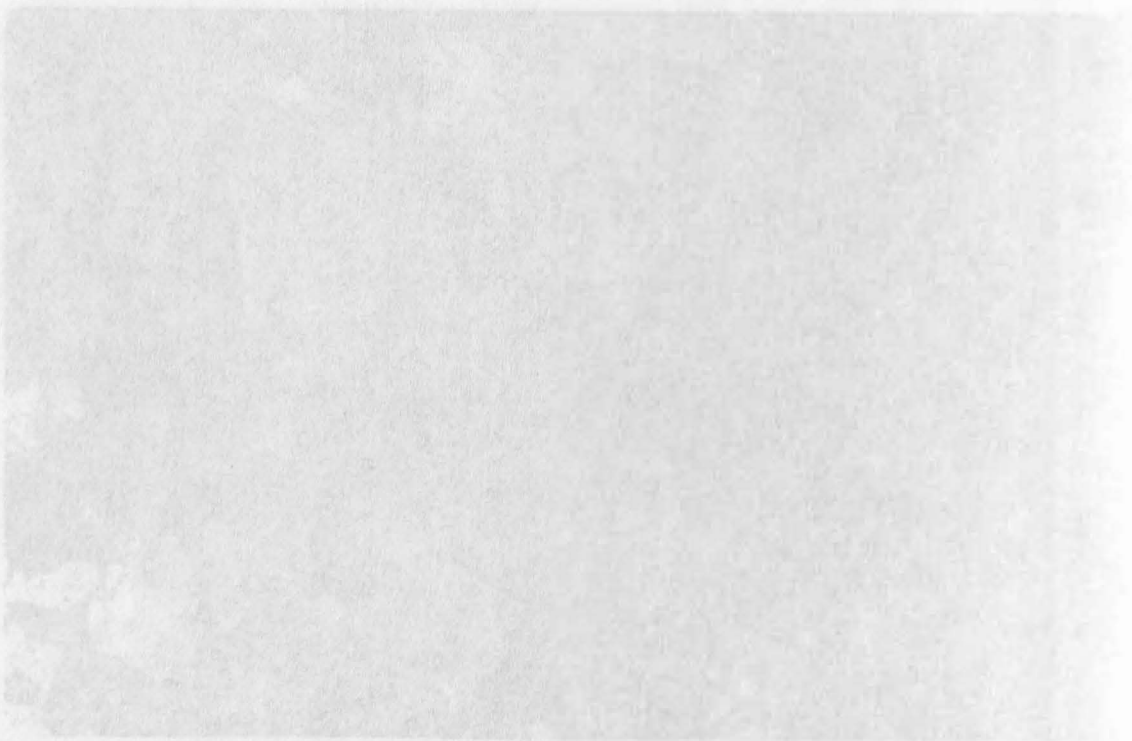


Abb. 11 (oben): REM-EDS-Aufnahme von rosettenförmigem Nb-Ta-Oxid mit eingelagertem Uranin (teilte Phase), verwachsen mit Pyrit (unten links); Probe 59 (Ablgang).

Abb. 12 (unten): Zonar gebaute Zinnstein-Aggregate im Kernbereich des hydrothermal überlegten Ablgangs; Dürchlicht. Nie //, 1 cm = 100 µm; Probe 44c (Ablgang).

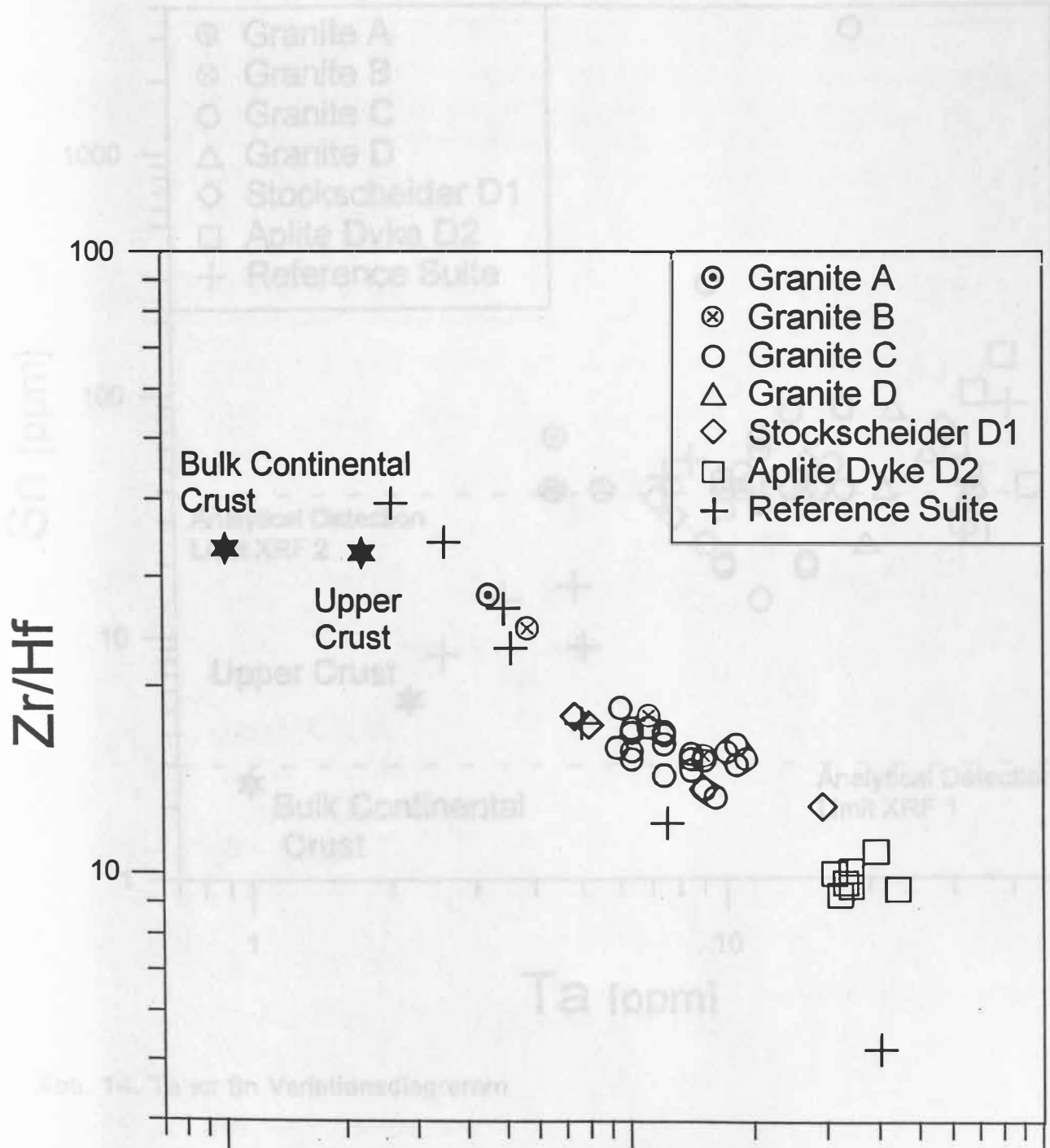


Abb. 13. Ta vs Zr/Hf Variationsdiagramm

Abb. 14 und 15 zeigen die Verteilungskoeffizienten  $K_d$  der seltenen Erden (Zr, Hf, Ta, Nb) in Granitproben und in Apliten. Für beide Elemente zeigt sich ein deutlicher Anreicherungstrend von den Granitproben zu den Apliten. Dieser Anreicherungstrend korreliert mit dem Zr/Hf-Verhältnis, das in den Granitproben höher ist als in den Apliten. Die hydrothermale Löslichkeit von Sn und W nimmt in Form der hydrothermalen Sn-W-Gangminerallösungen zum Ausdruck. In der Aplite D2 ist W im Vergleich zu Sn nur unbedeutend angereichert, während die Sn-Gehalte in der Aplite D2 im Vergleich zu den Granitproben deutlich höher sind. Ergänzend dazu zeigt das W im Aplite D2 eine ausgeprägte Anreicherung in den hochfraktionierten Apliteproben (80-700 ppm W), während die Sn-Gehalte in der Aplite D2 jenen der weniger fraktionierten Granitproben entsprechen.

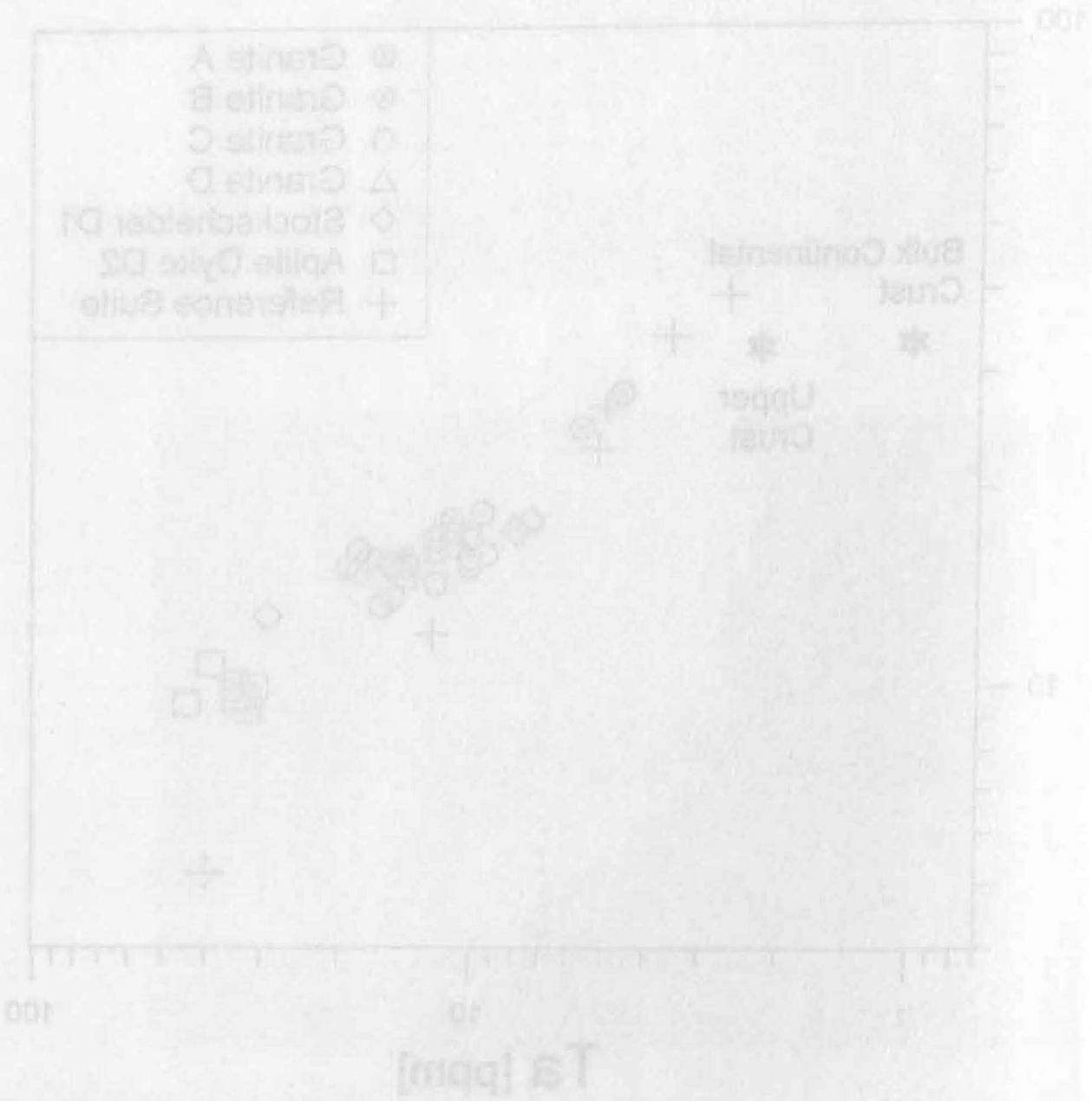


Fig. 13. Td vs Td relationship.

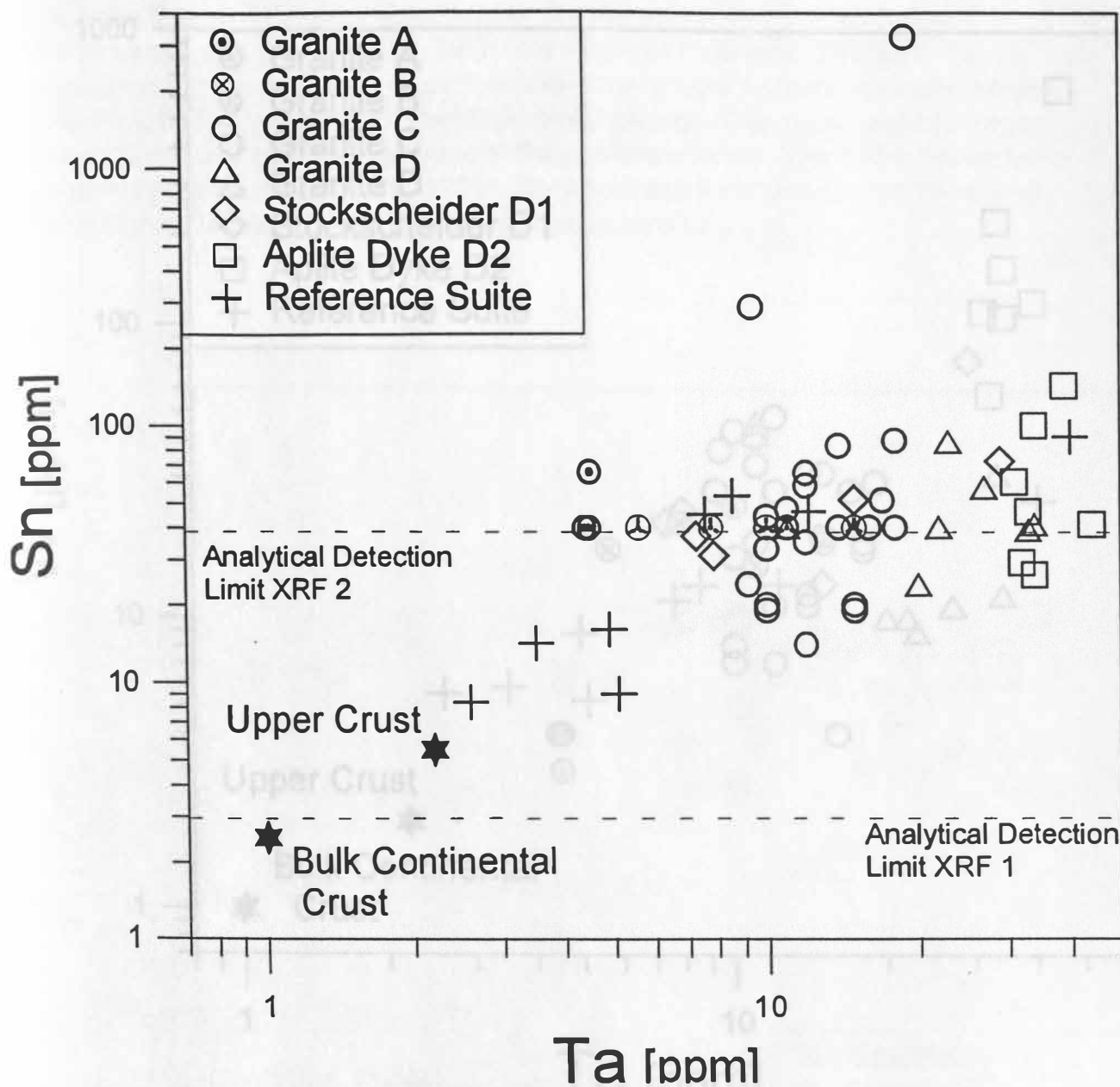


Abb. 14. Ta vs Sn Variationsdiagramm

Abb. 14 und 15 zeigen die Verteilungsmuster der beiden Lagerstättenmetalle Zinn und Wolfram. Für beide Elemente lässt sich ein magmatischer Anreicherungstrend erkennen (positive lineare Korrelation im log-log-Bezugssystem), der mehr oder minder postmagmatisch gestört ist. Die hydrothermale Löslichkeit von Sn und W kommt in Form der hydrothermalen Sn-W-Gangmineralisation zum Ausdruck, wobei W im Raum E'dorf nur unbedeutend angereichert ist und nie bergwirtschaftliche Bedeutung hatte. Komplementär dazu zeigt das W im geochemischen Massstab eine sehr ausgeprägte Anreicherung in den höchstfraktionierten Aplitgang-Proben (60-700 ppm W), während die Sn-Gehalte in der gleichen Probengruppe denen der weniger fraktionierten Granitproben entsprechen

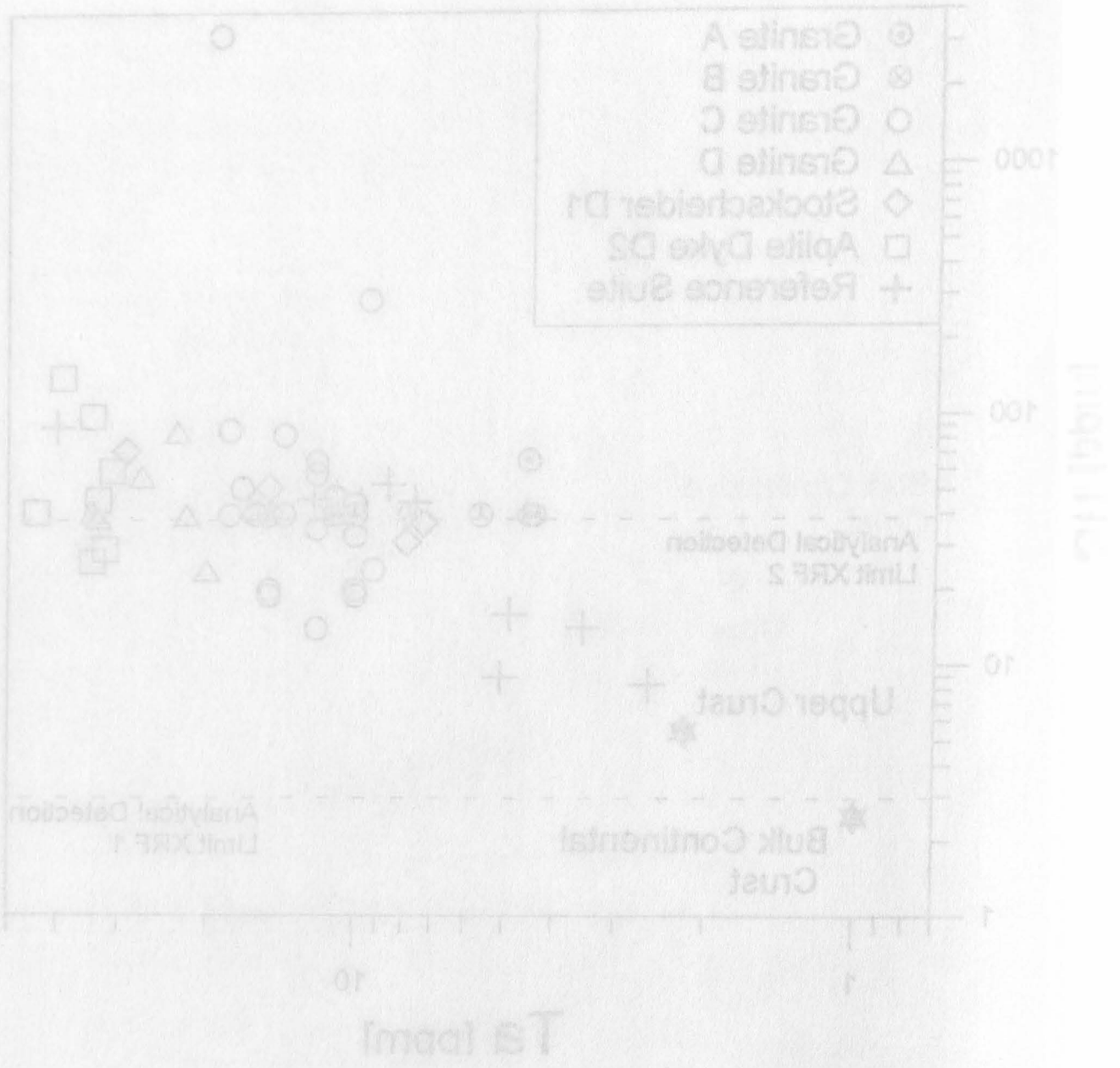


Abb. 14. T2 vs 2n Variationsstromm

Abb. 14 und 15 zeigen die Verteilungsgesetze der beiden Lagerstättenmetalle Zinn und Wismut. Für beide Elemente lässt sich ein negativer Anreicherungsgrad erkennen (positive lineare Korrelation im log-log-Bezugsystem), der nicht oder nur geringfügig gestört ist. Die hydrothermale Löslichkeit von Sn und W kommt in Form der hydrothermalen Sn-W-Gangmineralisation zum Ausdruck, wobei W im Raum E' eher nur einbeidung angeichert ist und die bergwirtschaftliche Bedeutung hatte. Komplexität dazu zeigt das W im geochemischen Maßstab eine sehr ausgeprägte Anreicherung in der höherfunktionalen Aplitgang-Phase (80-700 ppm W), während die Sn-Gehalte in der gleichen Probenreihe dann der weniger fraktionierten Gangproben entsprechen.



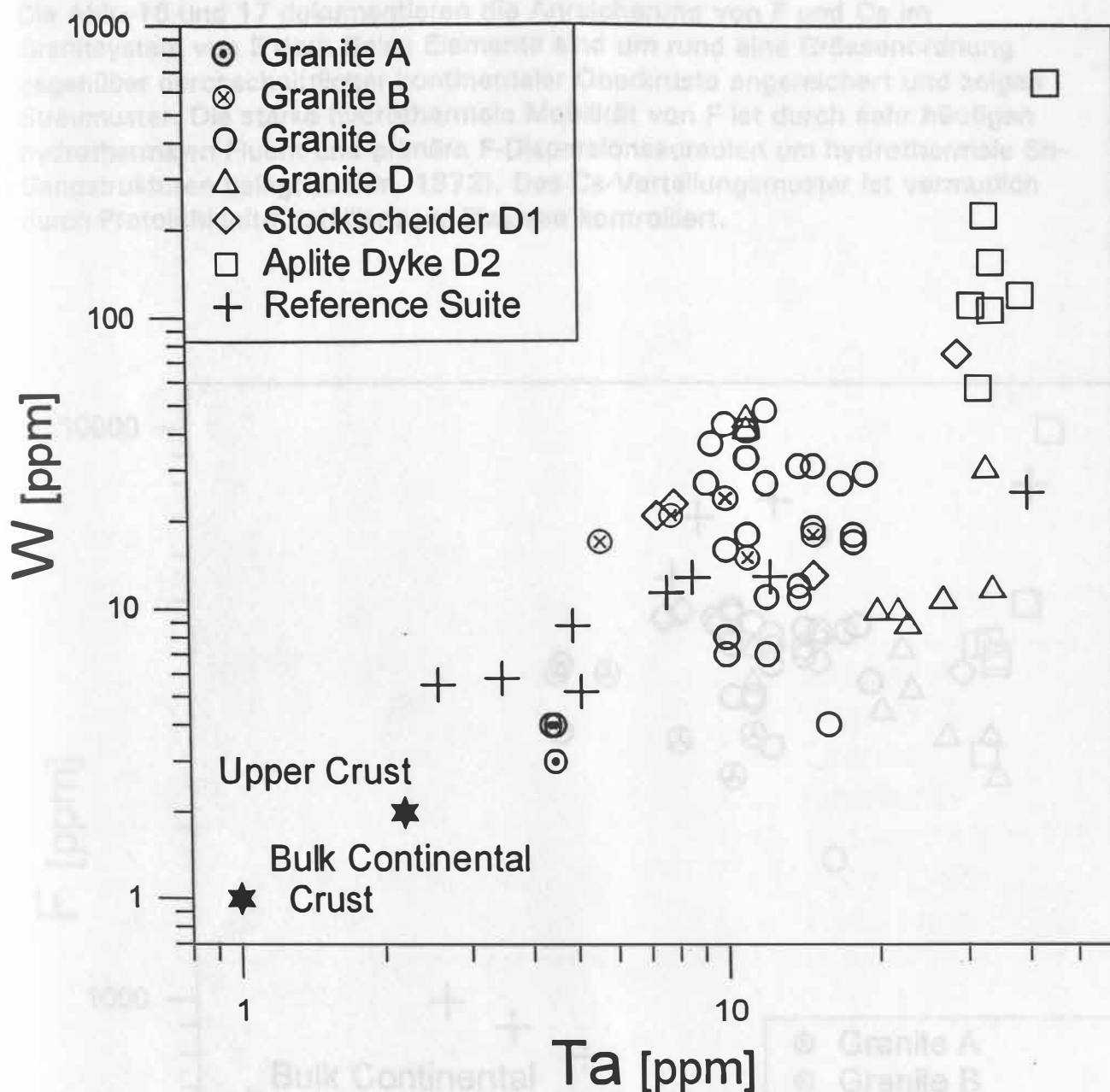


Abb. 15. Ta vs W Variationsdiagramm

und bei 30-200 ppm streuen. Der Vergleich der Abb. 15 und 16 legt nahe, dass Sn unter den in E'dorf gegebenen hoch-hydrothermalen Bedingungen deutlich mobiler war als W. Der umgekehrte Fall eines für Sn weitgehend geschlossenen Systems mit hydrothermalen W-Mineralisation im Exokontakt ist für den Beauvoir-Granitstock/Massif Central dokumentiert (Cuney & Autran, 1987). Die Erklärung dieses Phänomens liegt wahrscheinlich in der Abhängigkeit der hydrothermalen Löslichkeiten beider Metalle vom Oxidationszustand des Systems, wobei der reduzierte Charakter des Ilmenit-Serien-Granitsystems von E'dorf die hydrothermale Mobilität von Sn begünstigt.

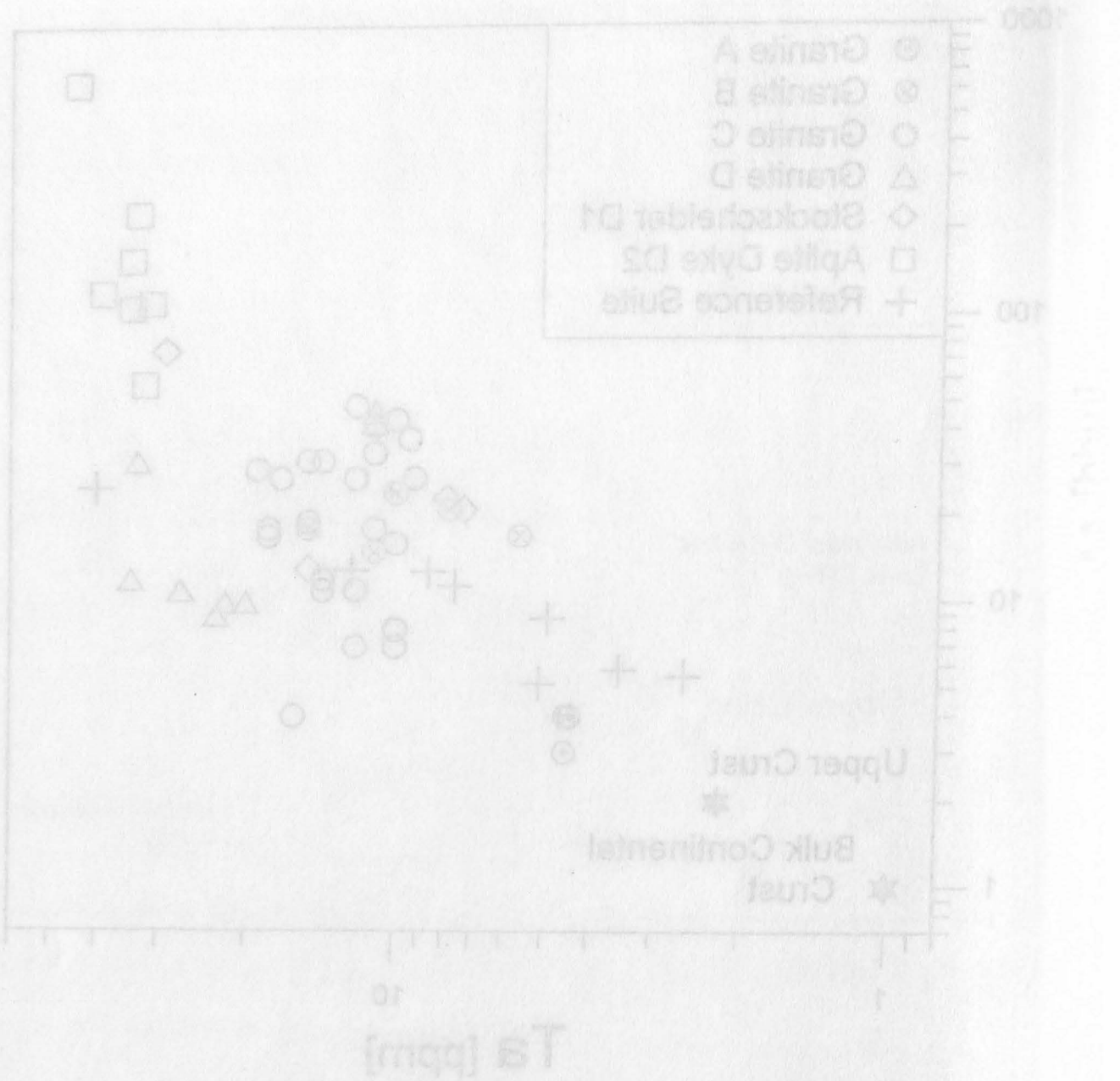


Abb. 15. Ta vs W Variationsdiagramm

und bei 30-200 ppm streuen. Der Vergleich der Abb. 15 und 16 legt nahe, dass  
 in unter den in E'ort gegebenen hoch-hydrothermalen Bedingungen deutlich  
 mobil war als W. Der umgekehrte Fall einer für Sn weitgehend geschlossenen  
 Systems mit hydrothermalen W-Mobilisation im Exkondensat ist für den Bevoor-  
 Granitstockmassiv Central dokumentiert (Coney & Aulay, 1987). Die Erklärung  
 dieses Phänomens liegt wahrscheinlich in der Abhängigkeit der hydrothermalen  
 Löslichkeiten beider Metalle vom Oxidationszustand des Systems, wobei der  
 reduzierte Charakter des limonit-Sauer-Granitsystems von E'ort die  
 hydrothermale Mobilität von Sn begünstigt.

Die Abb. 16 und 17 dokumentieren die Anreicherung von F und Cs im Granitsystem von E'dorf. Beide Elemente sind um rund eine Grössenordnung gegenüber durchschnittlicher kontinentaler Oberkruste angereichert und zeigen Streumuster. Die starke hydrothermale Mobilität von F ist durch sehr häufigen hydrothermalen Fluorit und primäre F-Dispersionsareolen um hydrothermale Sn-Gangstrukturen belegt (Dahm, 1972). Das Cs-Verteilungsmuster ist vermutlich durch Protolithionit-Kristallisation/-Blastese kontrolliert.

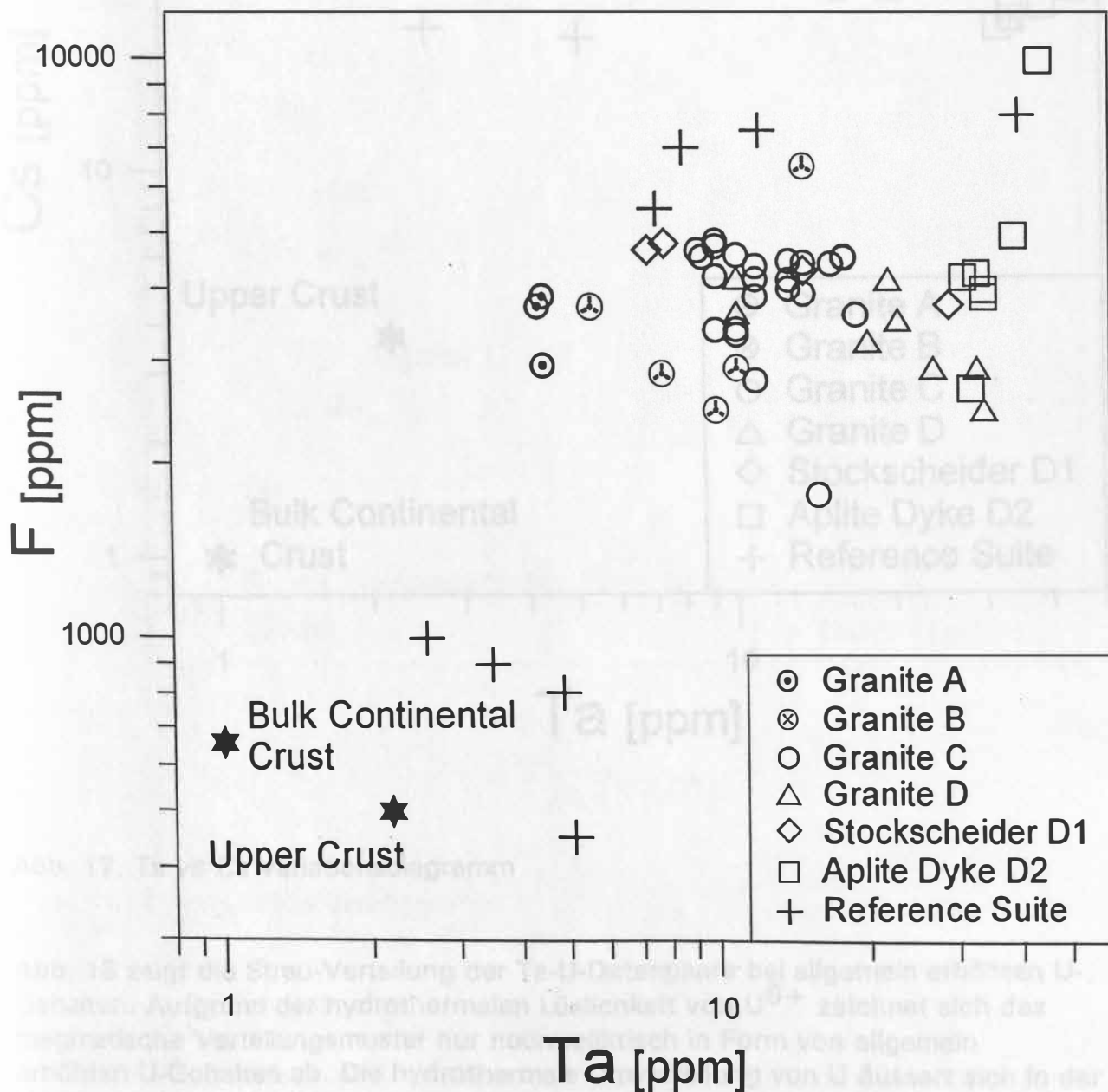


Abb. 16. Ta vs F Variationsdiagramm

Die Abb. 16 und 17 dokumentieren die Anreicherung von F und Cs im  
 System von E' der. Beide Elemente sind im und eine Gleichverteilung  
 gegenüber durchschnittlicher kontinentaler Gneise angereichert und zeigen  
 an. Die starke hydrothermale Mobilisierung von F ist durch sehr häufigen  
 thermischen Fluß und primäre F-Diagenese (Daly, 1973). Der Cs-Verhalten  
 Strukturen zeigt (Daly, 1973). Der Cs-Verhalten an der Verwitterung  
 und Primärverwitterung ist konsistent.

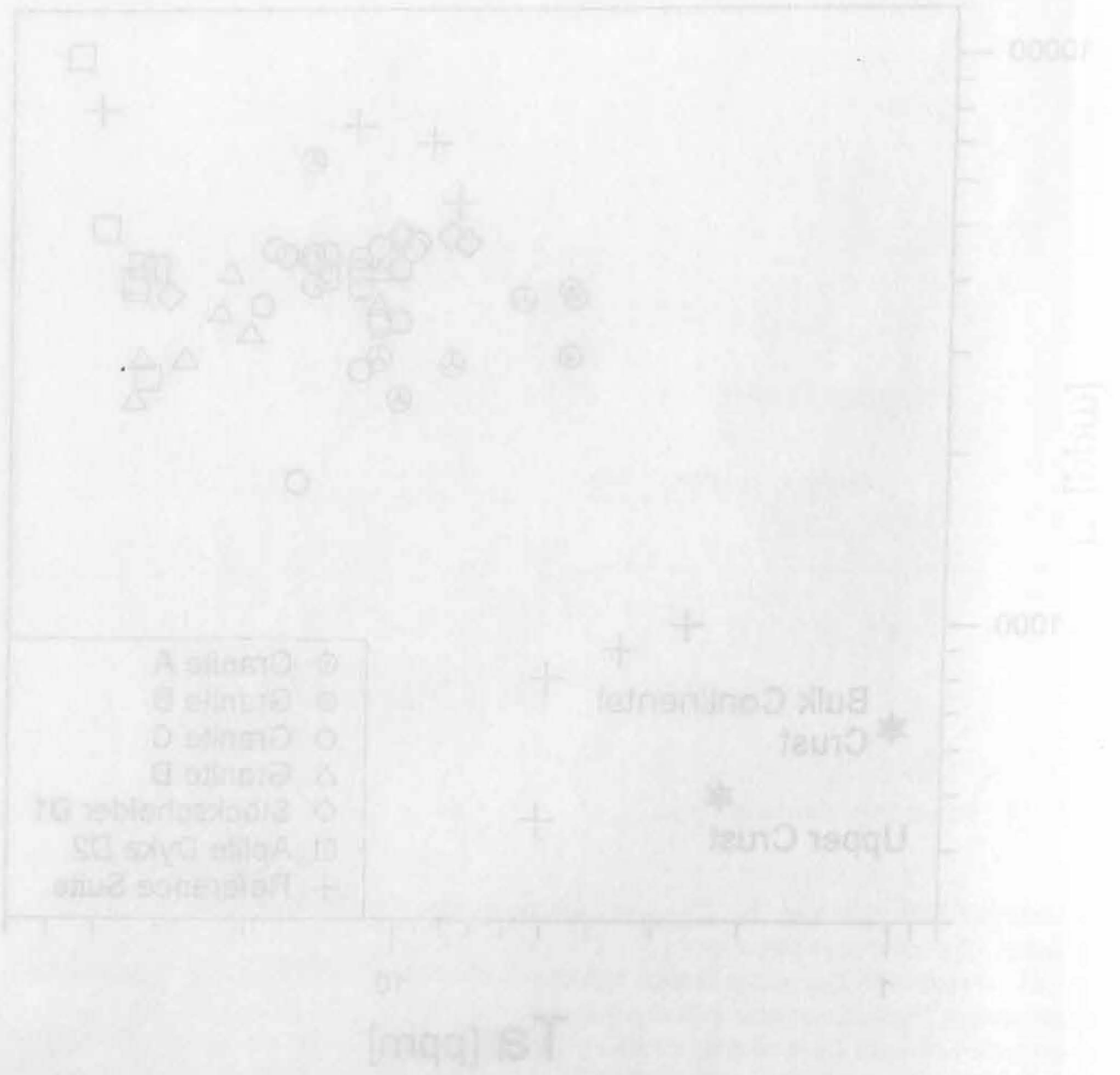


Abb. 16. F vs Cs Verhältnisse

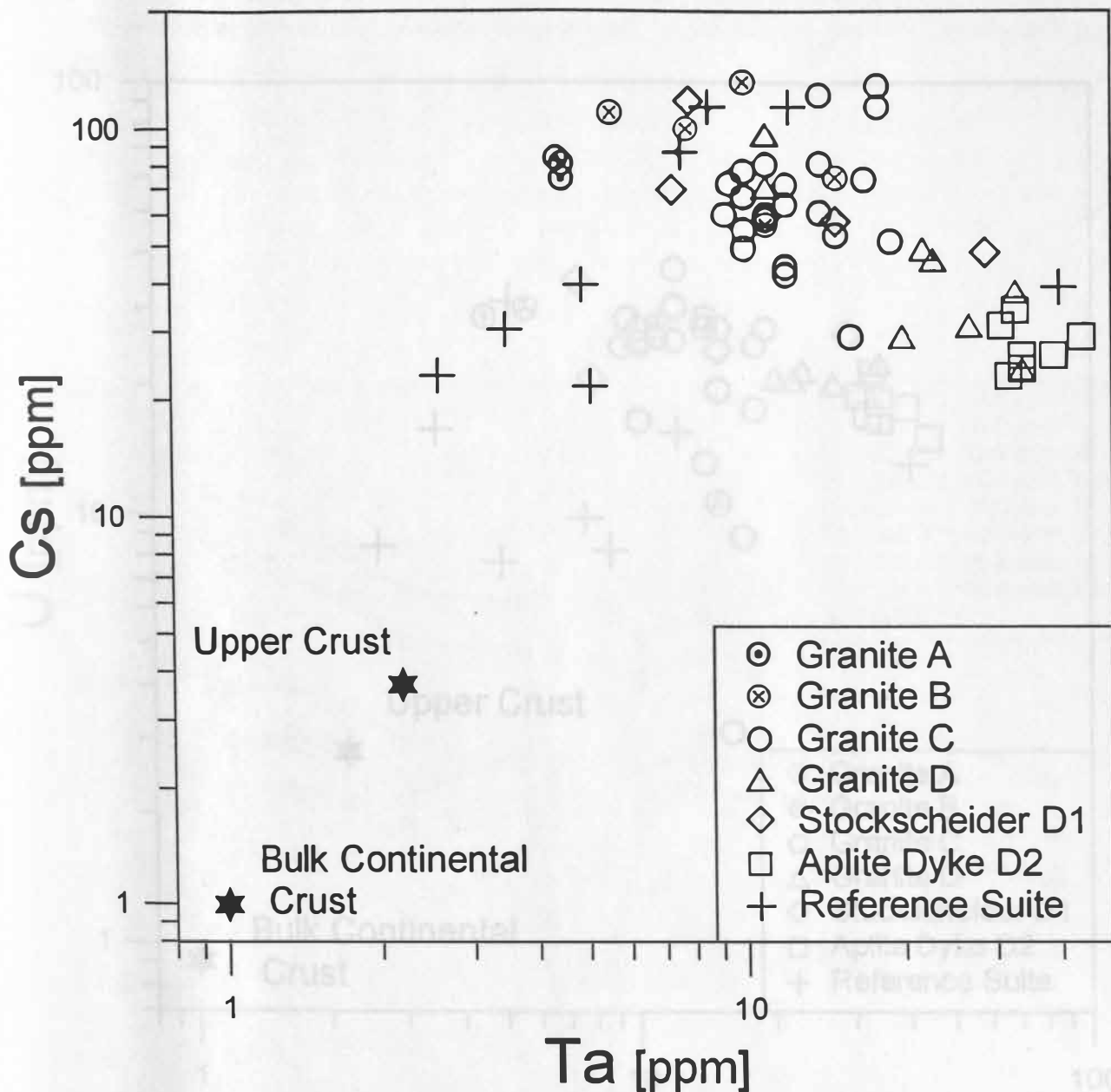


Abb. 17. Ta vs Cs Variationsdiagramm

Abb. 18 zeigt die Streu-Verteilung der Ta-U-Datenpaare bei allgemein erhöhten U-Gehalten. Aufgrund der hydrothermalen Löslichkeit von  $U^{6+}$  zeichnet sich das magmatische Verteilungsmuster nur noch reliktsch in Form von allgemein erhöhten U-Gehalten ab. Die hydrothermale Umverteilung von U äussert sich in der Existenz zahlreicher U-Gang-Lagerstätten im Erzgebirge, deren Bildungsraum und -zeit als Ergebnis der Mobilität von U unter oxidierenden Niedrig-Temperaturbedingungen relativ stark von den Granitintrusionen entkoppelt ist.

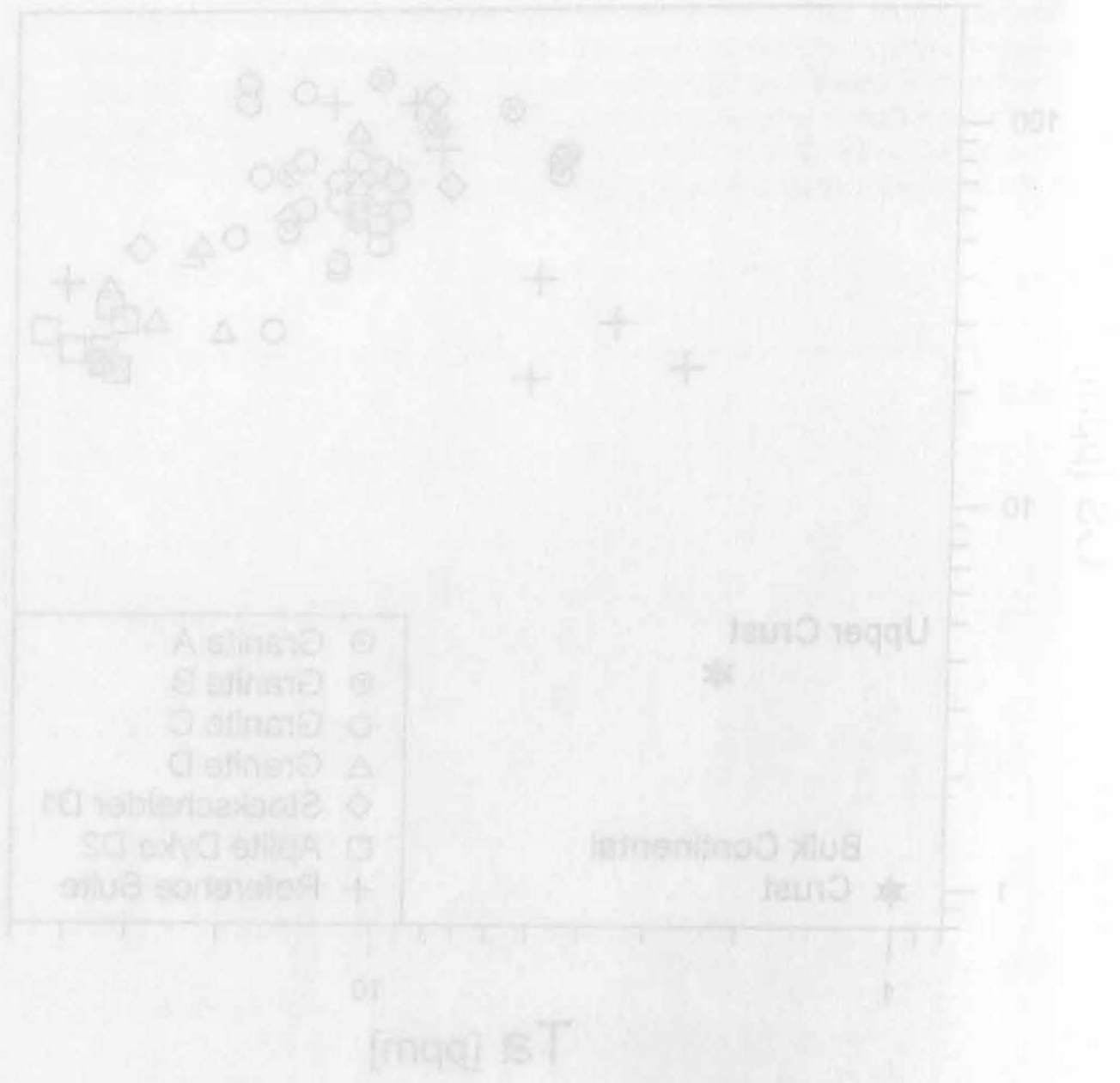


Abb. 17. T2 vs T1 Verhältnisdiagramm

Die 18 zeigt die Streuung der T2-T1-Verhältnisse bei einem erhöhten U<sub>2</sub>-Gehalt. Aufgrund der hydrothermalen Löslichkeit von U<sup>4+</sup> scheint sich die geochemische Verteilungsmuster mit noch erhöhtem U-Gehalt zu ändern. In diesen U-Gehalten ist die hydrothermale Lösung von U<sup>4+</sup> durch die U<sup>4+</sup>-Löslichkeit in U<sup>4+</sup>-Lösungslösungen, deren Bildung und die Ergebnisse der Löslichkeit von U<sup>4+</sup> unter oxidierenden Bedingungen. Die Verteilungsmuster sind relativ stark von den Oxidationsbedingungen abhängig.



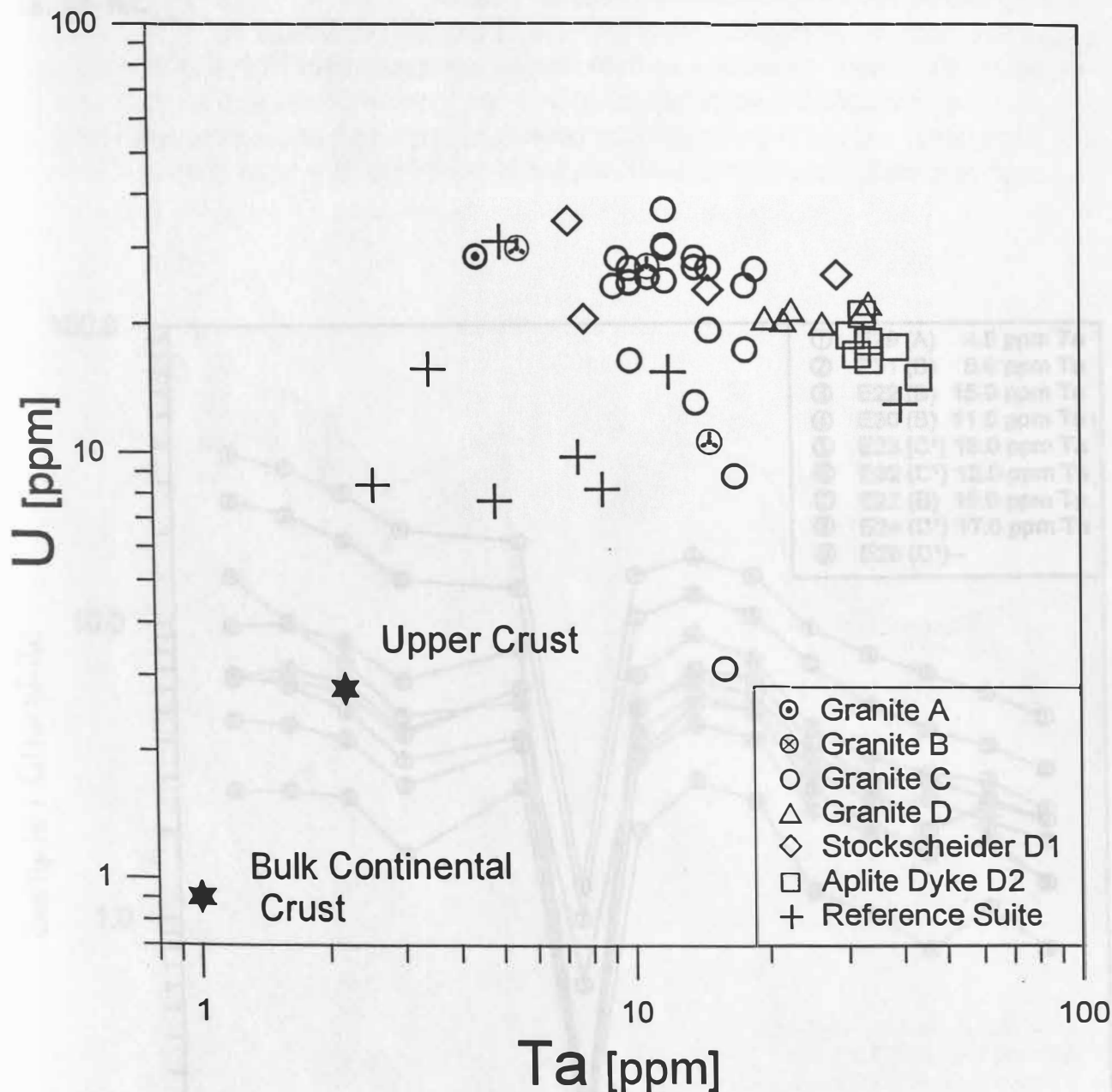


Abb. 18. Ta vs U Variationsdiagramm

### 3.2 SEE-Verteilungsmuster

Die SEE-Gehalte aller Granitproben sind niedrig ( $\Sigma\text{SEE} \leq 20$  ppm). Die Aplitgänge enthalten nur  $\Sigma\text{SEE}$  1-4 ppm und sind damit ähnlich anderen extrem hochfraktionierten Leukograniten. Die SEE-Gehalte korrelieren negativ mit dem Ta-Gehalt (Abb. 19-23), womit grundsätzlich ein Zusammenhang mit magmatischen Fraktionierungsprozessen angezeigt ist. Alle Granit- und Stockscheider-Proben

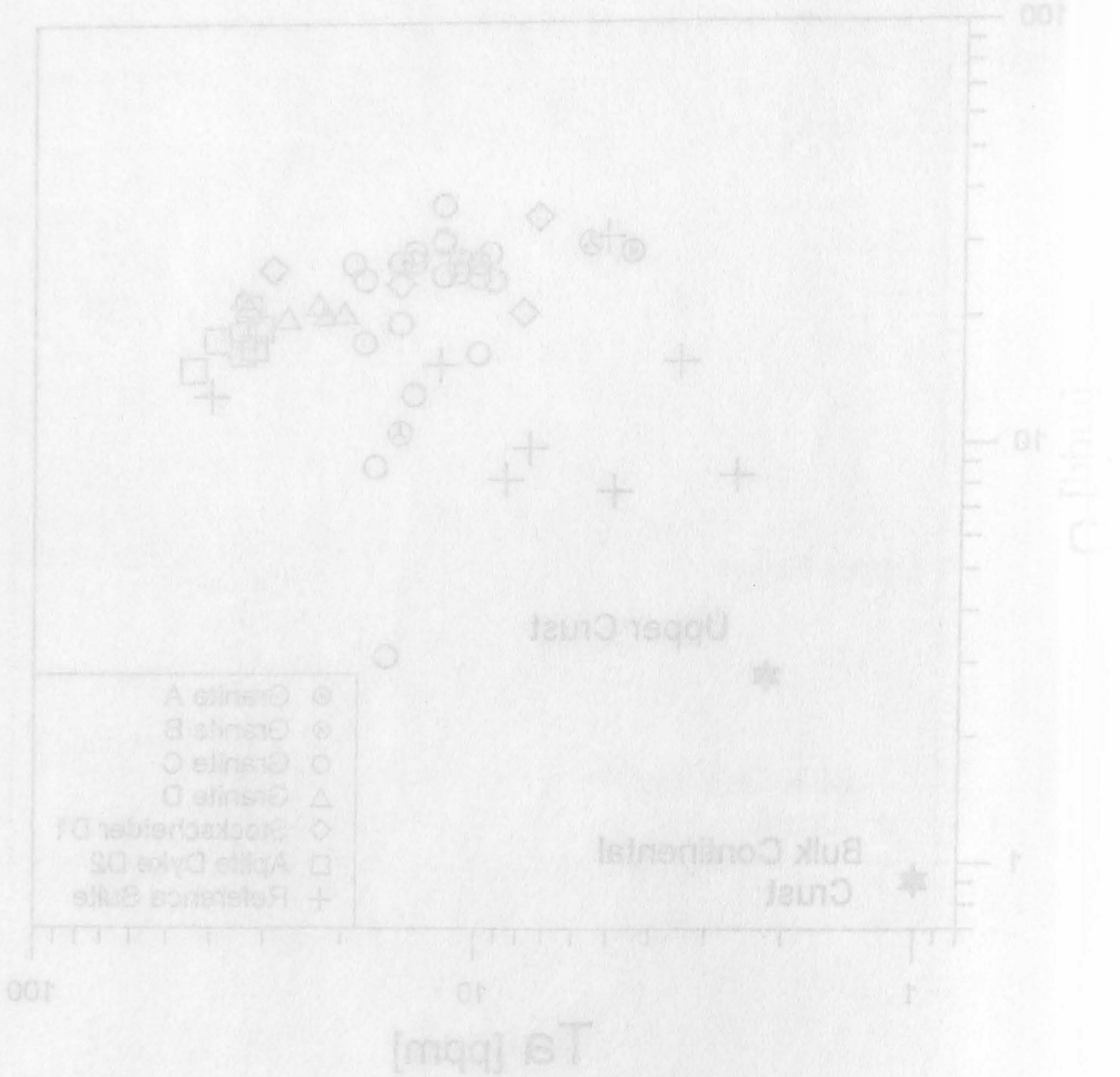


Abb. 18. Ta vs U Verteilungsdiagramm

### 3.2 SEE-Verteilungsmuster

Die SEE-Gehalte aller Granitoiden sind niedrig (SEE  $\leq 20$  ppm). Die Apfingener Granitoiden weisen nur SEE 1-4 ppm auf und sind damit ähnlich anderen extrem hochfaktionierten Leukograniten. Die SEE-Gehalte korrelieren negativ mit dem Ta-Gehalt (Abb. 18-23), wobei grundsätzlich eine Zusammenhang mit metamorphen

haben ein flaches SEE-Verteilungsmuster und zeigen eine ausgeprägte negative Eu-Anomalie mit Eu-Gehalte an oder unterhalb der ICPMS-Nachweisgrenze von 0,02 ppm (Reproduzierbarkeit der ICPMS-Messungen:  $\leq 10\%$ , an der Nachweisgrenze ca. 25 %).

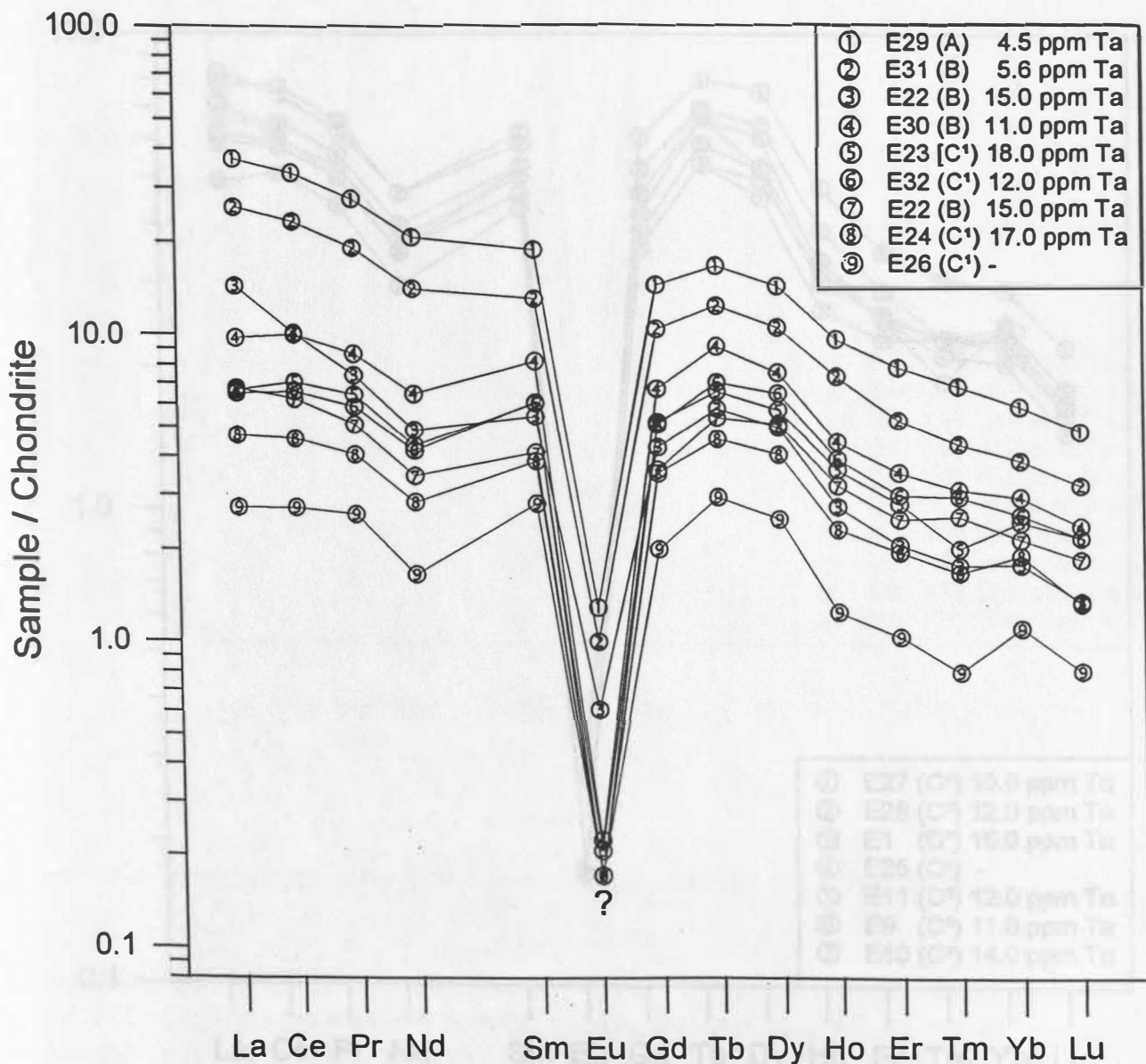


Abb. 19. Chondrit-normierte SEE-Verteilungsmuster für die Granitphasen A bis C1.

haben ein flaches SEE-Verteilungsmuster und zeigen eine ausgeprägte negative Eu-Anomalie mit Eu-Gehalte an oder unterhalb der ICPMS-Nachweisgrenze von 0,02 ppm (Reproduzierbarkeit der ICPMS-Messungen:  $\pm 10\%$ , an der Nachweisgrenze ca. 26 %).

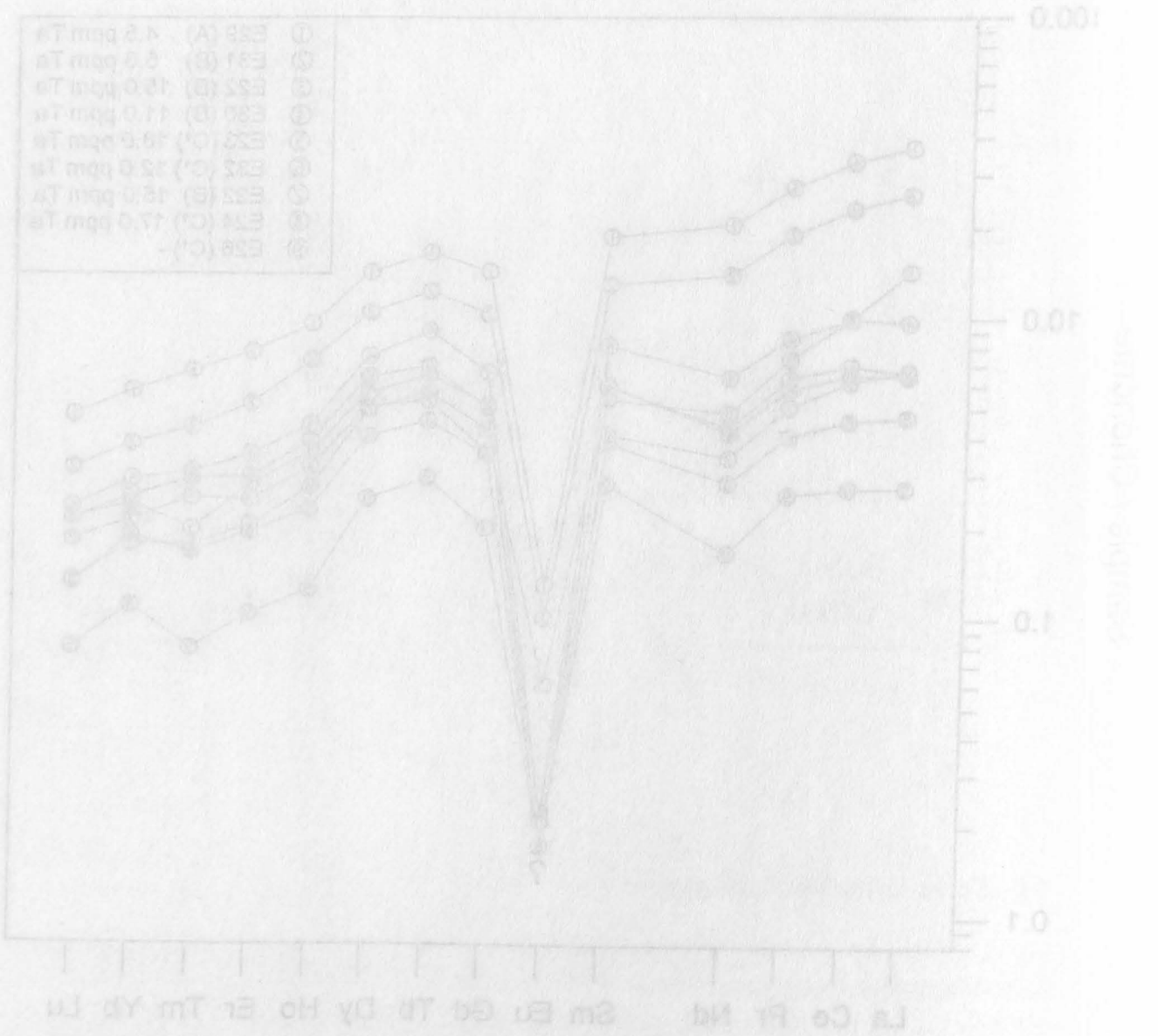


Abb. 18. Chondritnormierte SEE-Verteilungsmuster für die Chondriten A bis C1.

Die Abb. 19-22 zeigen zudem SEE-Verteilungsmuster, die in vier nach oben gewölbte Kurvenzüge aufgelöst werden können: La-Ce-Pr-Nd, (Pm)-Sm-(Eu)-Gd, Gd-Tb-Dy-Ho und Er-Tm-Yb-Lu. Dieses Phänomen interner SEE-Fraktionierung ist als Tetraden-Effekt bekannt (Peppard et al., 1969) und beruht vermutlich auf leicht unterschiedlichem SEE-Komplexbildungsverhalten in wässrigen Systemen, in denen die individuellen SEE als Funktion ihrer 4f-Orbital-Elektronenkonfiguration unterschiedliche Komplexbildungskonstanten aufweisen können. Der Tetraden-Effekt in Graniten lässt sich als Hinweis auf die Hochtemperatur-Überprägung

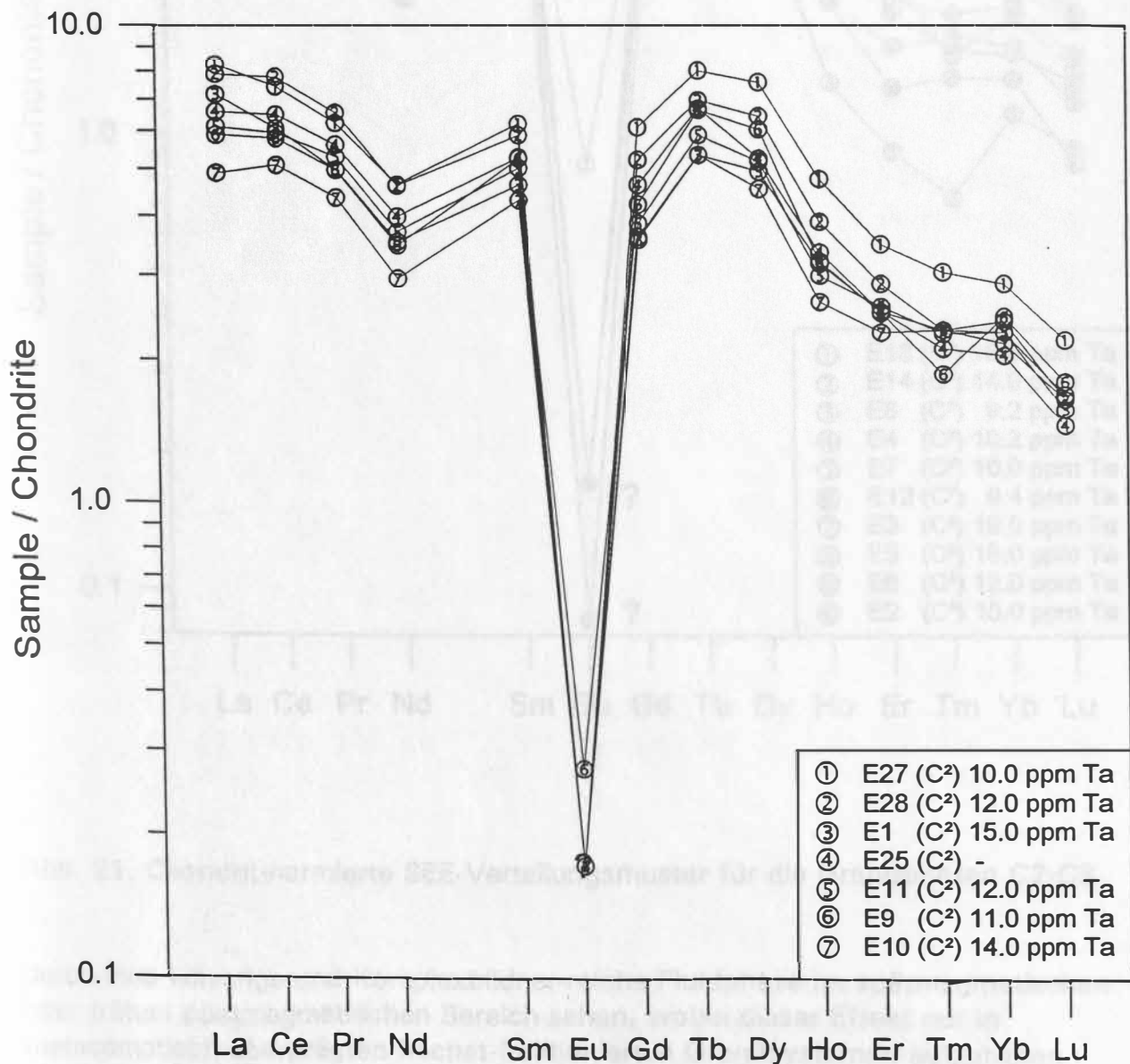


Abb. 20. Chondrit-normierte SEE-Verteilungsmuster für die Granitphase C2.

Abb. 19-22 zeigen schematische Verteilungsmuster, die in vier nach oben  
 stehende Reihen angeordnet sind. Die obere Reihe zeigt die Verteilung des  
 La-207 und Th-231, die zweite Reihe die Verteilung des U-235, die dritte  
 Reihe die Verteilung des U-238 und die untere Reihe die Verteilung des  
 Th-230. Die Verteilungsmuster sind in vier Gruppen unterteilt, die durch  
 die Buchstaben A, B, C und D gekennzeichnet sind. Die Verteilungsmuster  
 sind in der Regel durch einen steilen Anstieg von links nach rechts  
 gekennzeichnet, gefolgt von einem steilen Abfall. Die Verteilungsmuster  
 sind in der Regel durch einen steilen Anstieg von links nach rechts  
 gekennzeichnet, gefolgt von einem steilen Abfall. Die Verteilungsmuster  
 sind in der Regel durch einen steilen Anstieg von links nach rechts  
 gekennzeichnet, gefolgt von einem steilen Abfall.

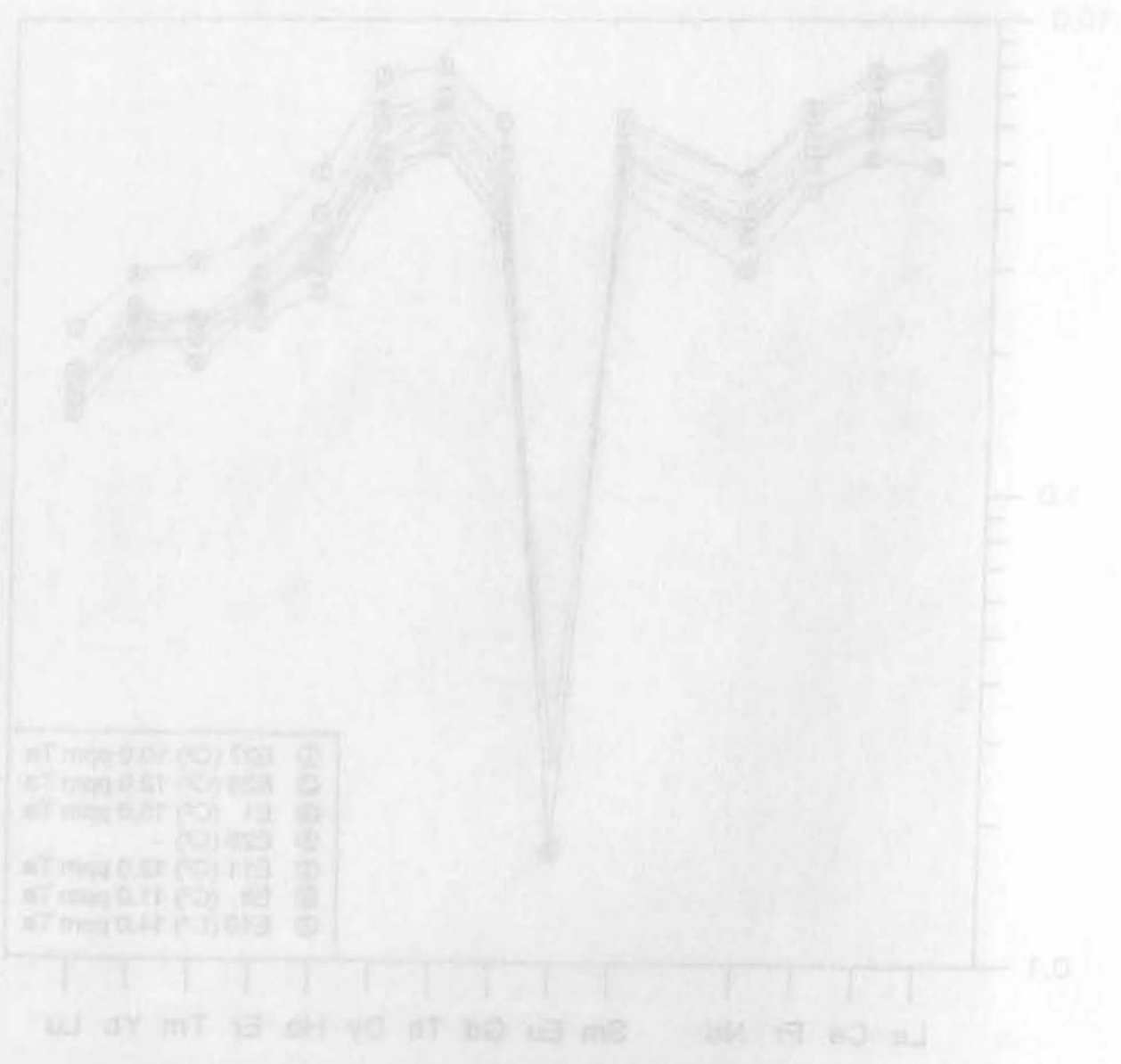


Abb. 20. Schematische Verteilungsmuster für die Gase U-235, U-238, Th-230, Th-231, La-207.



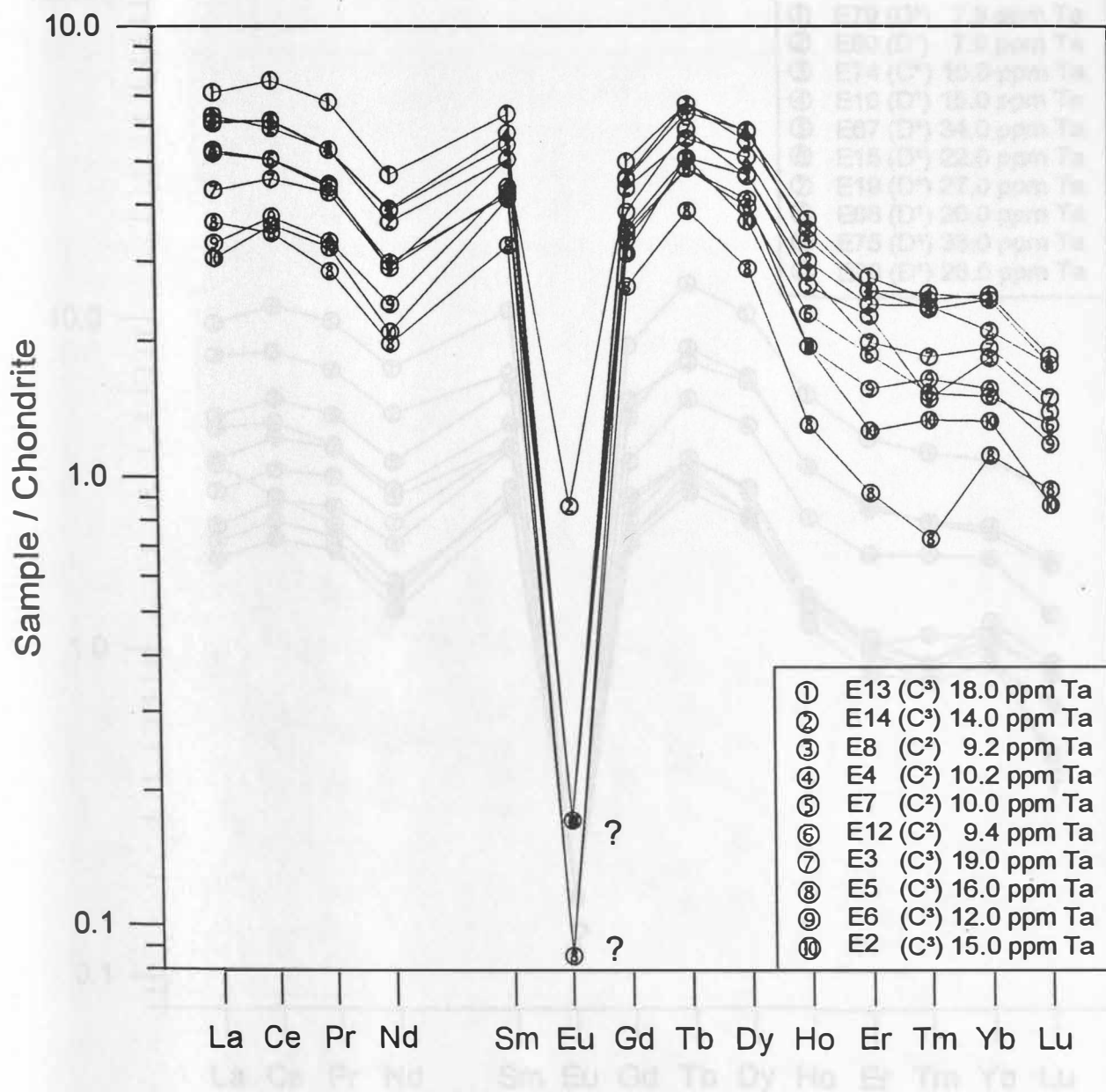


Abb. 21. Chondrit-normierte SEE-Verteilungsmuster für die Granitphasen C2-C3.

durch eine wässrige und Komplexbildner-reiche Fluidphase im spätmagmatischen oder frühen postmagmatischen Bereich sehen, wobei dieser Effekt nur in metasomatisch überprägten höchst-fraktionierten Granitsystemen aufzutreten scheint (Masuda & Akagi, 1989; Cocherie et al., 1991; Irber et al., 1994). Die Grösse des Tetradeneffekts in verschiedenen Zinngraniten des Erzgebirges korreliert mit anderen Parametern, die hydrothermale Mobilität der SEE (Störung des Y/Ho-Gleichgewichts, negative Eu-Anomalie) wie auch den magmatischen Fraktionierungsgrad beschreiben ( $\Sigma$ SEE, Ta, Zr/Hf) (Irber et al., 1994).



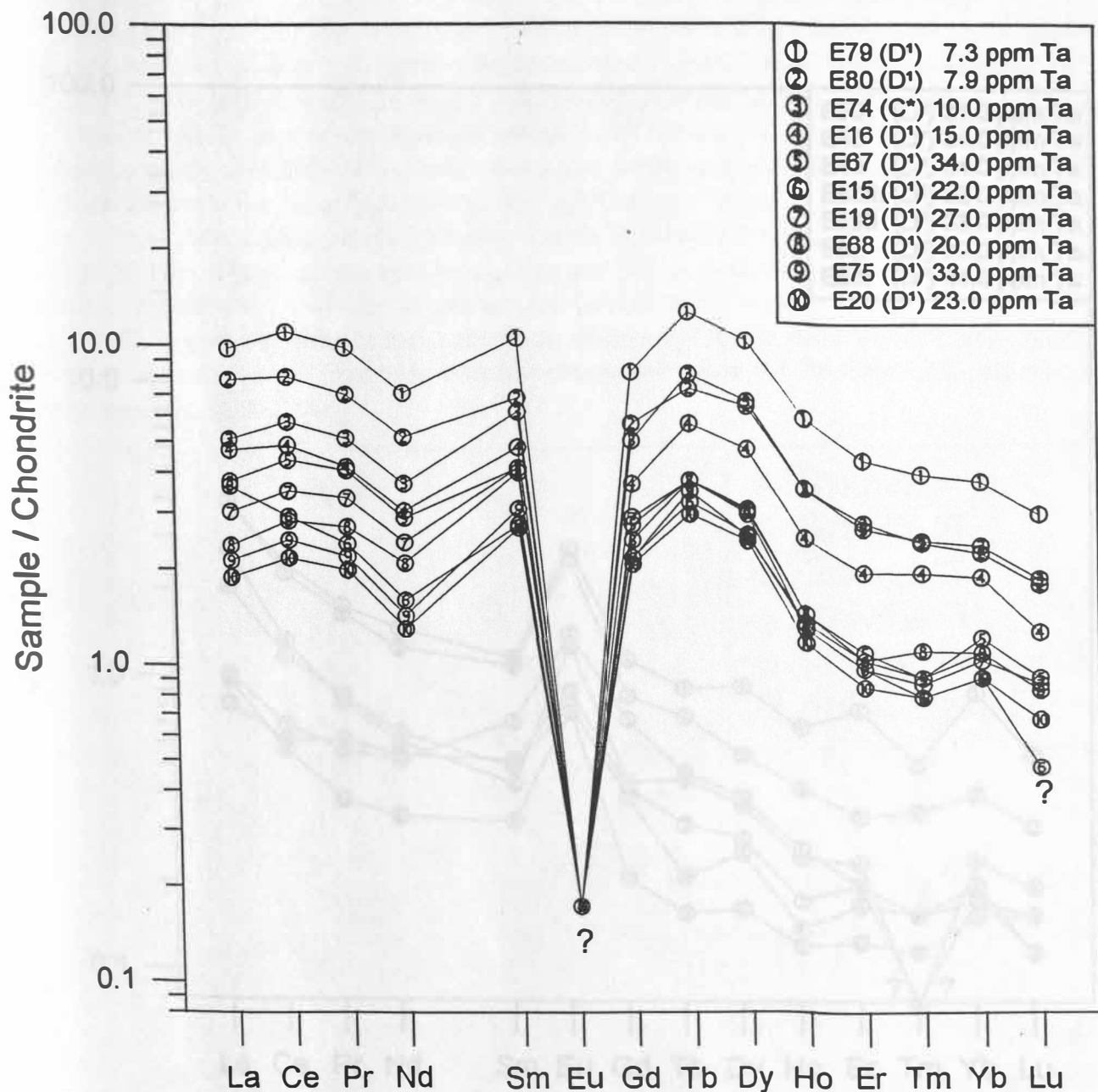


Abb. 22. Chondrit-normierte SEE-Verteilungsmuster für die Aplitgranitphase D1.

Entsprechend scheint der Tetraden-Effekt den Koexistenz-Bereich von hochfraktionierter Schmelze + wässrige Fluidphase zu charakterisieren, in dem bei optimaler Reaktionskinetik und Komplexierungs-Kapazität (F, P, Cl, H<sub>2</sub>O) der wässrigen Fluidphase interne REE-Fraktionierung möglich ist. Die Konvergenz von magmatischem und hydrothermale System verwischt dabei die sonst für weniger fraktionierte Systeme weitgehend gültige Zuordnung als hydrothermal "immobil" für Ta, Zr, Hf, SEE.

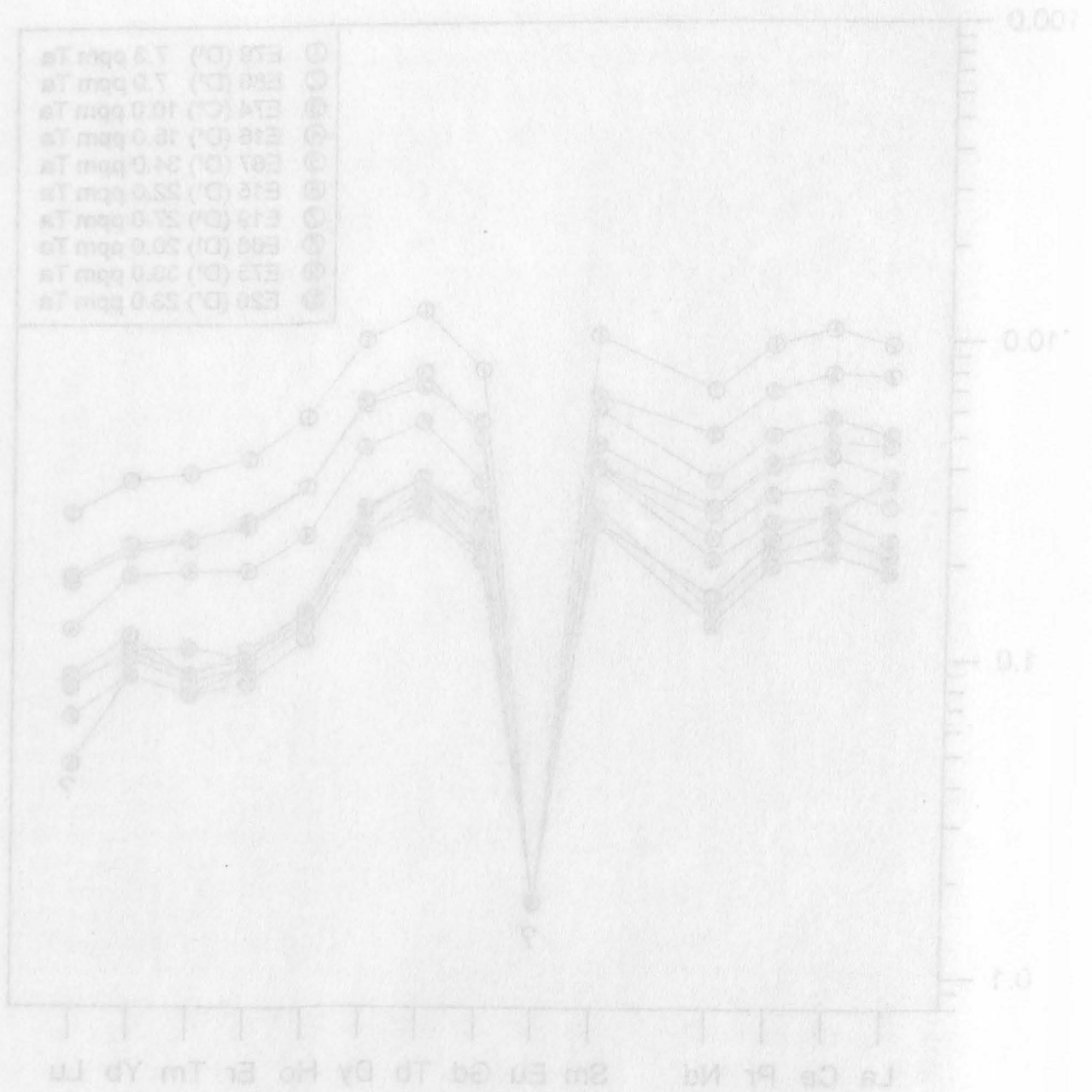


Abb. 22. Chondritnormierte SEE-Vergleichsmuster für die Apitginaphase D1.

... nachfolgend schließt der Feldspat-Effekt den Koexistenz-Bereich von hoch-  
 aktiver Schmelze + wässrige Flüssigkeit zu charakterisieren, in dem bei  
 unidirektionaler Kristallisation die Komplexierungs-Kapazität (f<sub>0</sub> O<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O) der  
 wässrigen Flüssigkeit interne REE-Fraktionierung möglich ist. Die Konzentration von  
 Lanthan, Cerium und Yttrium im System verbleibt dabei die sonst für weniger  
 aktive Systeme während geringe Zuehung die hydrothermal "Immobilis"

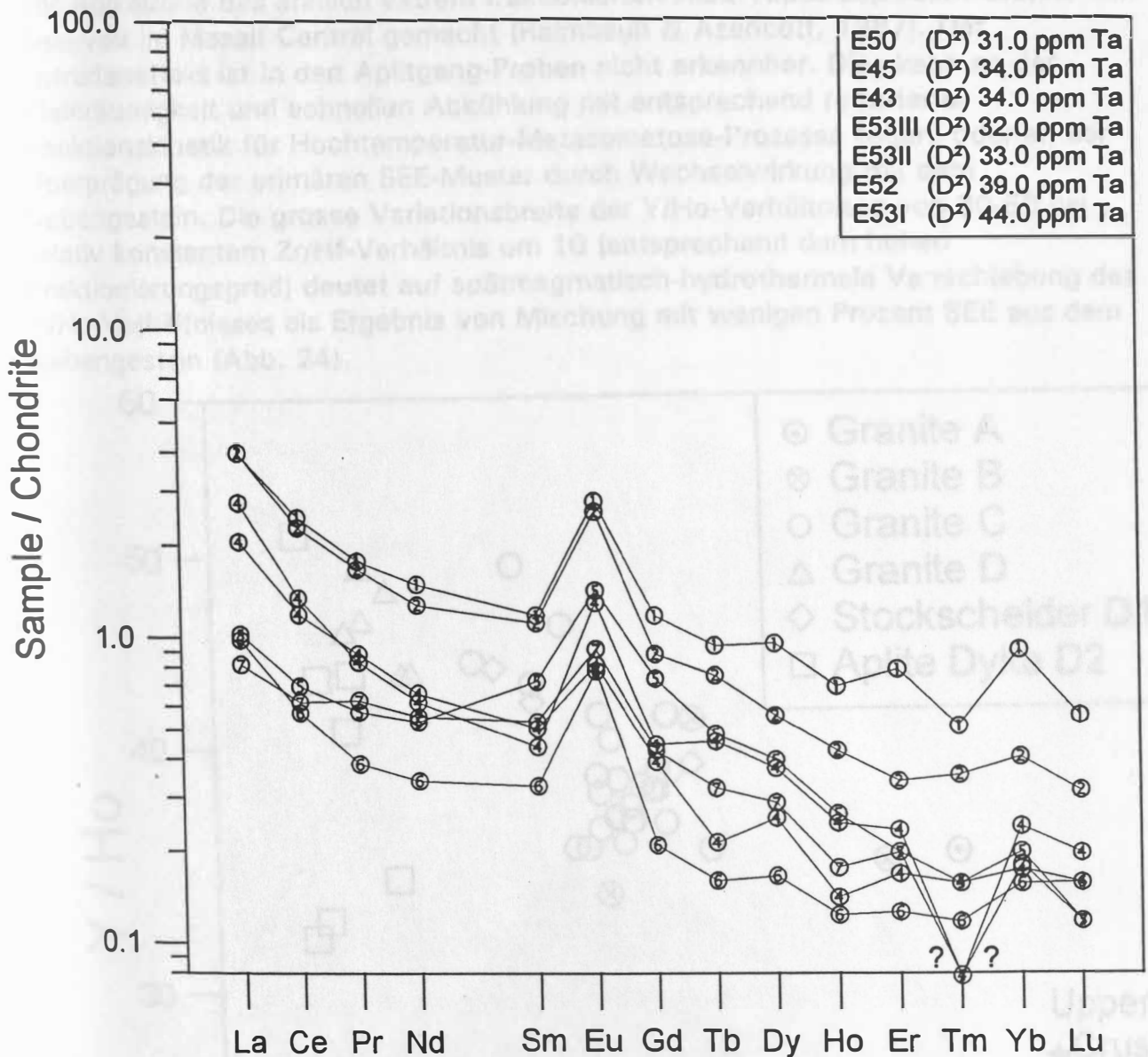


Abb. 23. Chondrit-normierte SEE-Verteilungsmuster für die Aplitgänge D2.

Ein deutlich anderes SEE-Muster zeigen die Aplitgang-Proben (Abb. 23): Neben der extremen SEE-Abreicherung treten hier durchwegs positive Eu-Anomalien auf (0,05-0,16 ppm Eu). Die positive Eu-Anomalie kann unschwer als Ergebnis von Nebengesteins-Wechselwirkung verstanden werden. Entsprechend der in den Laugungs-Experimenten nachgewiesenen (siehe unten) und auch theoretisch zu erwartenden hohen hydrothermalen Mobilität von  $\text{Eu}^{2+}$  muss mit grosser Sensibilität des extrem in SEE abgereicherten Aplitgang-Systems gegenüber externem Einfluss gerechnet werden ( $\Sigma\text{SEE Nebengestein}/\Sigma\text{SEE Aplit} = 40-100$ ).



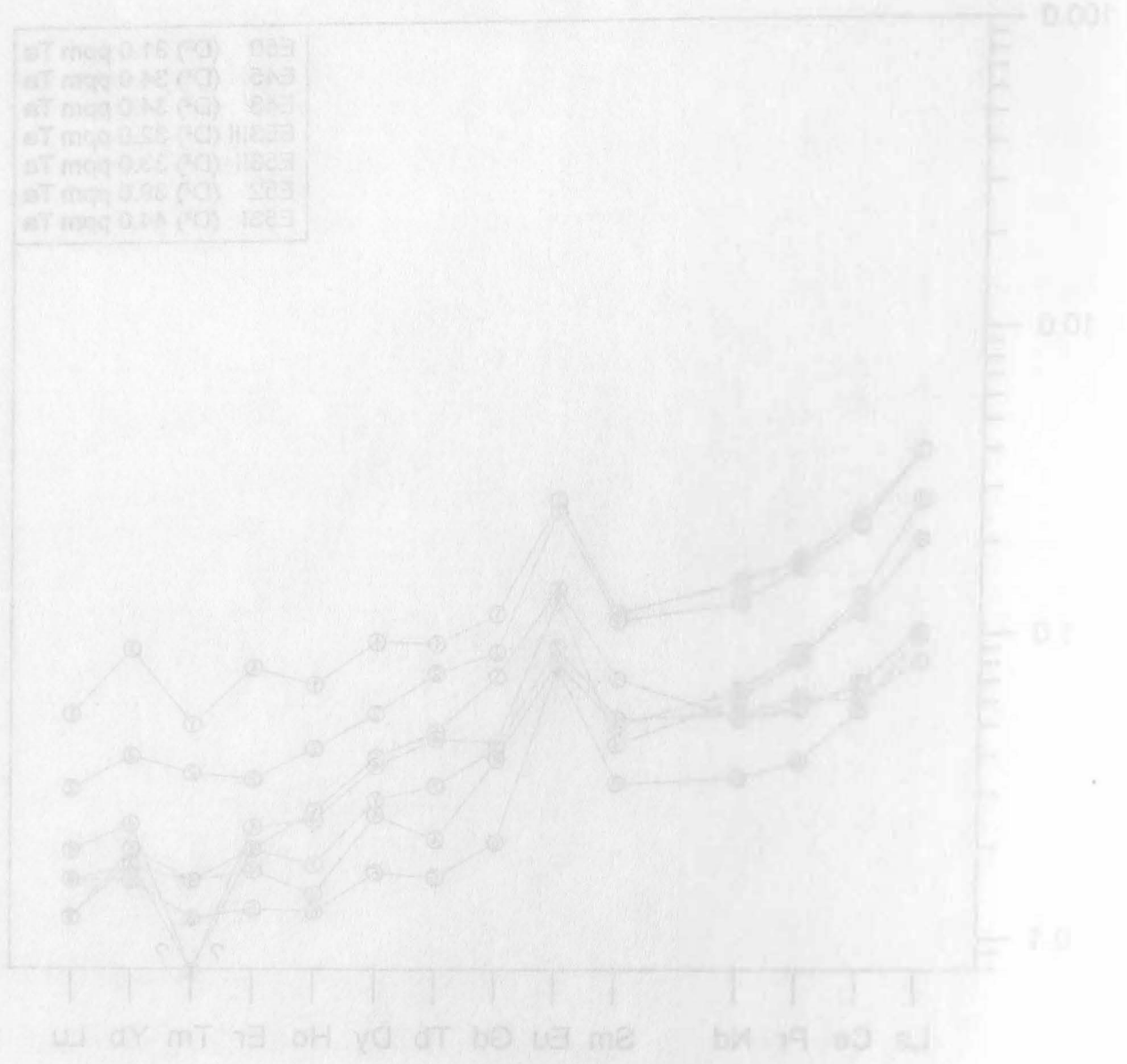


Abb. 23. Chondritnormierte REE-Verteilungsmuster für die Aaltinge D.2.

Die Aaltinge D.2 zeigen ein anderes REE-Muster als die Aaltinge-Proben (Abb. 23). Neben der deutlichen Anreicherung von La bis Ce sind hier durchwegs positive Eu-Anomalien aufzuweisen. Die positive Eu-Anomalie kann unschwer als Ergebnis von fraktionierter Witterung verstanden werden. Entsprechend der in den Aaltinge-Experimenten nachgewiesenen (siehe unten) und auch theoretisch zu erwartenden hohen hydrometallischen Mobilität von  $Eu^{2+}$  muss mit grosser Wahrscheinlichkeit das extrem in REE angereicherte Aaltinge-System gegenüber dem Einfluss gerechnet werden (ZSEE Nebengestein/ZSEE April = 40-100).



Die hydrothermale Überprägung des Glimmerschiefer-Nebengesteins ist petrographisch (bereichsweise Plg-destruktiv) und geochemisch gut belegt. Die Beobachtung positiver Eu-Anomalien wurde auch im endogenen Kontaktbereich der Apikalzone des ähnlich extrem fraktionierten Albit-Topas-Lepidolith-Granits von Beauvoir im Massif Central gemacht (Raimbault & Azencott, 1987). Der Tetradeneffekt ist in den Aplitgang-Proben nicht erkennbar. Dies kann an der Kleinräumigkeit und schnellen Abkühlung mit entsprechend reduzierter Reaktionskinetik für Hochtemperatur-Metasomatose-Prozesse liegen, oder an der Überprägung der primären SEE-Muster durch Wechselwirkung mit dem Nebengestein. Die grosse Variationsbreite der Y/Ho-Verhältnisse von 30-50 bei relativ konstantem Zr/Hf-Verhältnis um 10 (entsprechend dem hohen Fraktionierungsgrad) deutet auf spätmagmatisch-hydrothermale Verrückung des Y/Ho-Verhältnisses als Ergebnis von Mischung mit wenigen Prozent SEE aus dem Nebengestein (Abb. 24).

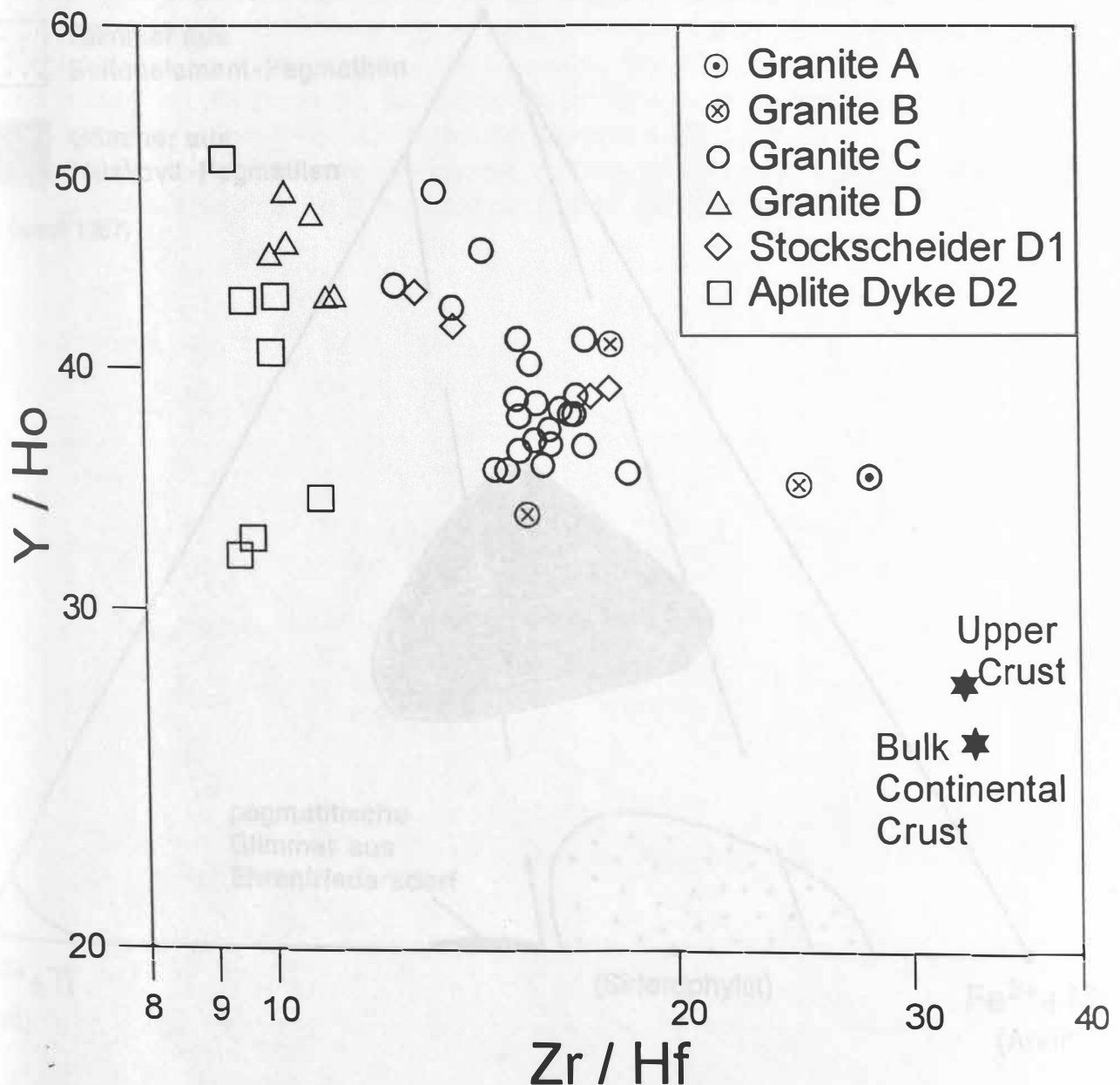


Abb. 24. Zr/Hf-Y/Ho-Variationsdiagramm für das Granitsystem E'dorf.



### 3.3 Mineralogie und Geochemie der Glimmer

Glimmer aus dem pegmatitischen Stockscheider und aus Apliten wurden mit optischen, röntgendiffraktometrischen, mikrosondenanalytischen und chemischen (RFA, ICP-MS) Methoden untersucht. Es handelt sich um trioktaedrische Glimmer von Protolithionit- (bis Siderophyllit-) Zusammensetzung (Abb. 25 und 26). Sie sind extrem Mg-arm und reich an F und Li. Ihre Zusammensetzung ist typisch für Glimmer aus Seltenmetall-Pegmatiten. Systematische Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung von Glimmern aus Pegmatiten und Apliten wurden nicht gefunden.

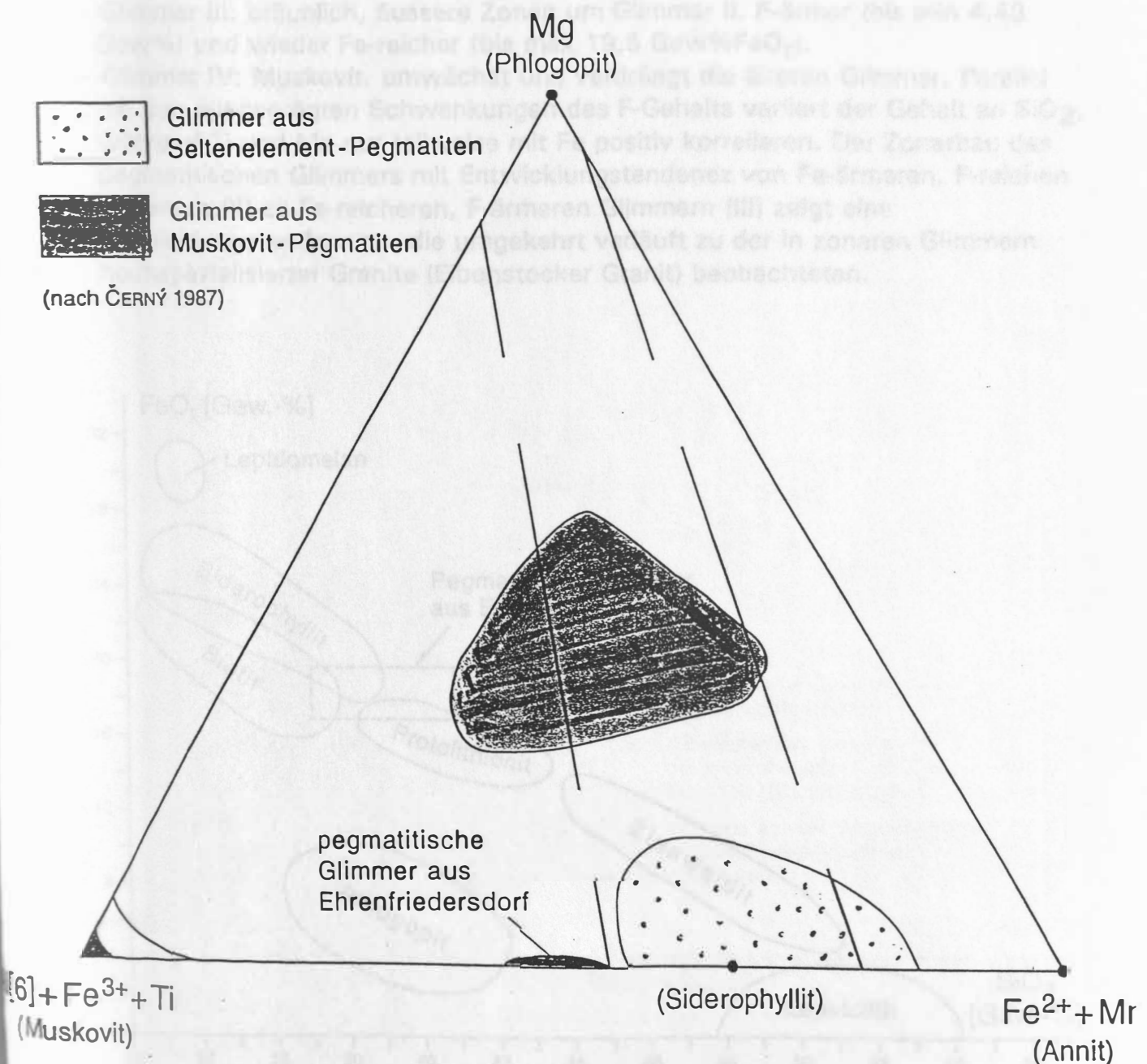


Abb. 25. Zusammensetzung von pegmatitischen und aplitischen Glimmern von E'dorf im Mg-(Al[6] + Fe<sup>3+</sup> + Ti)-Fe<sup>2+</sup> + Mn) Dreieck.

### 3. Mineralogie und Geochemie der Glimmer

Glimmer aus dem pegmatitischen Stockwerk und aus Äpfeln wurden mit optischen, röntgenstrukturanalytischen, mikrosondenanalytischen und chemischen (FA, ICP-MS) Methoden untersucht. Es handelt sich um trioktaedrische Glimmer der Protokollit- (die Sibirerophyllit-) Zusammensetzung (Abb. 25 und 26). Sie sind in einem Mg-arm und reich an Fe und Li. Ihre Zusammensetzung ist typisch für Glimmer aus Gesteinsschicht-Pegmatiten. Systematische Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung von Glimmern aus Pegmatiten und Äpfeln wurden festgestellt.

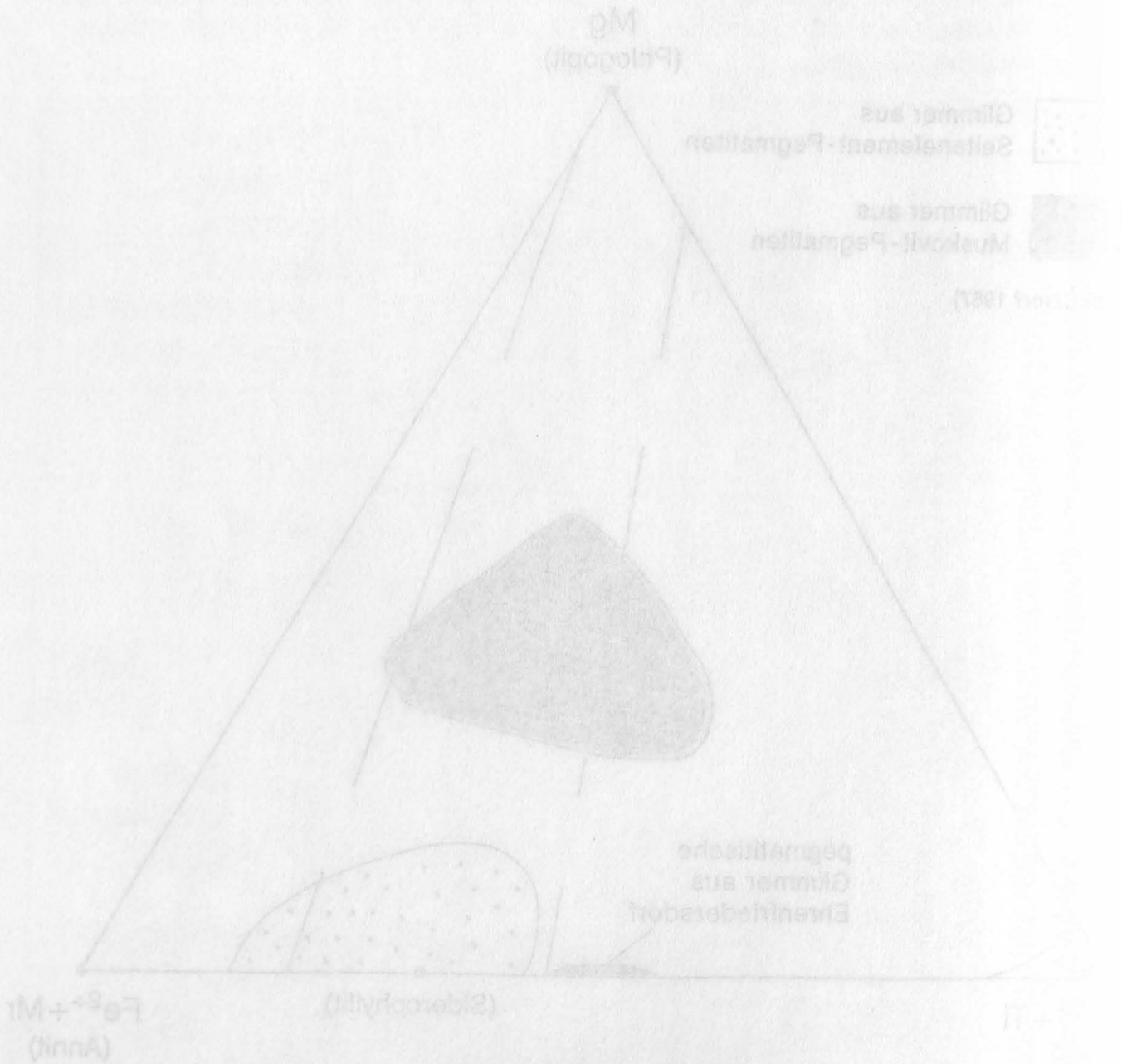


Abb. 25. Zusammensetzung von pegmatitischen und äpfelchen Glimmern von Stock im Mg-Al(Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup> + Ti)-Fe<sup>2+</sup> + (Mn) Dreieck.

Die pegmatitischen und aplitischen Glimmer sind im allgemeinen homogen aufgebaut. Nur einige grobkristalline Glimmer aus dem Stockscheider weisen einen manchmal bereits makroskopisch sichtbaren Zonarbau auf. Hier werden rhythmische Schwankungen in der Zusammensetzung des kristallisierenden Mediums deutlich abgebildet. Folgender Ablauf der Glimmer-Kristallisation ist erkennbar:

- Glimmer I: bräunlich, ältere Kerne in grösseren Glimmerblättchen, nur selten erhalten, werden von Glimmer II verdrängt. Relativ F-arm (min 4,22 Gew% F) und Fe-reich (max 19,8 Gew%  $\text{FeO}_t$ ).
- Glimmer II: fast farblos, Hauptmenge des Glimmers. Sehr F-reich (max 6,84 Gew%) und Fe-ärmer (min 16,1 Gew%  $\text{FeO}_t$ ).
- Glimmer III: bräunlich, äussere Zonen um Glimmer II. F-ärmer (bis min 4,48 Gew%) und wieder Fe-reicher (bis max 19,5 Gew%  $\text{FeO}_t$ ).
- Glimmer IV: Muskovit, umwächst und verdrängt die älteren Glimmer. Parallel mit den ausgeprägten Schwankungen des F-Gehalts variiert der Gehalt an  $\text{SiO}_2$ , während Ti und Mn nur teilweise mit Fe positiv korrelieren. Der Zonarbau des pegmatitischen Glimmers mit Entwicklungstendenz von Fe-ärmeren, F-reichen Glimmern (II) zu Fe-reicheren, F-ärmeren Glimmern (III) zeigt eine Entwicklungstendenz an, die umgekehrt verläuft zu der in zonaren Glimmern hochspezialisierter Granite (Eibenstocker Granit) beobachteten.

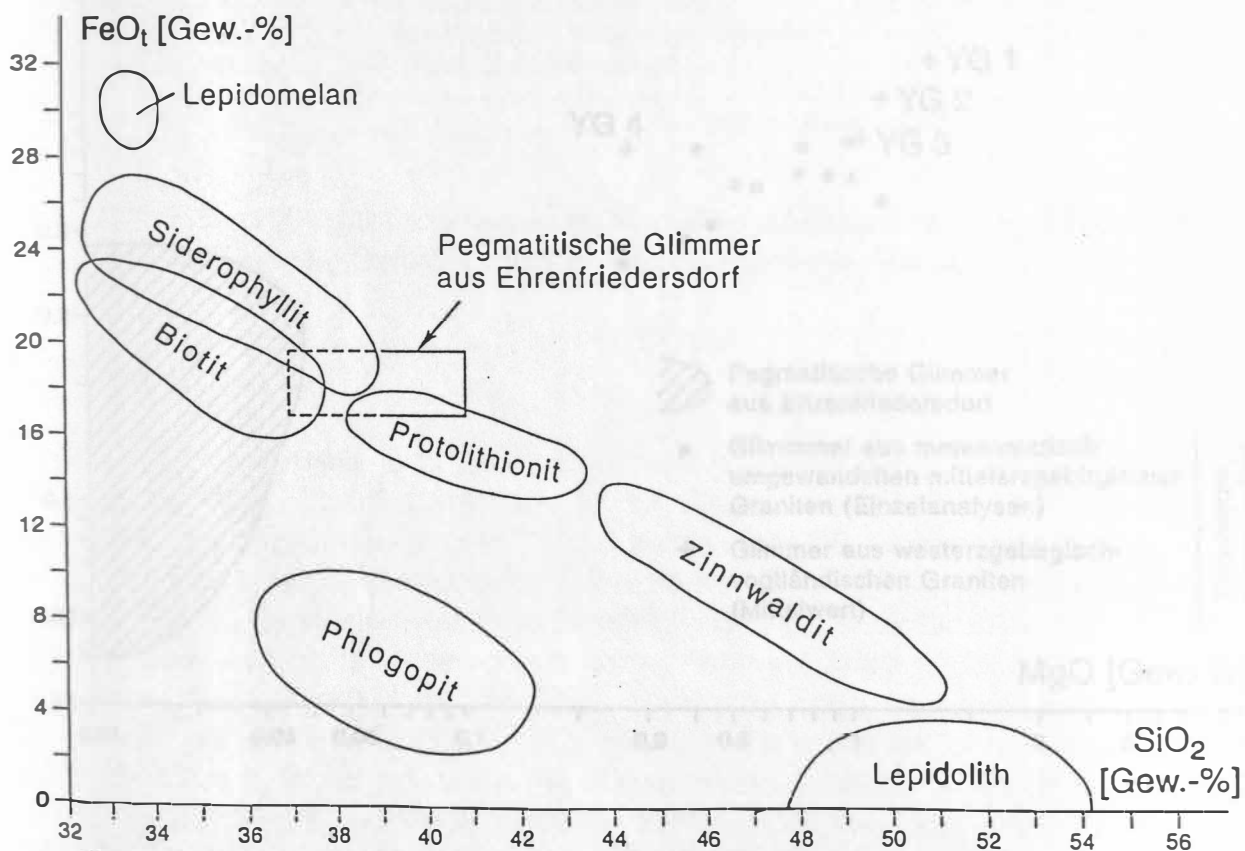


Abb. 26. Zustandsfeld der Glimmer von E'dorf im  $\text{SiO}_2$  vs  $\Sigma\text{FeO}$  Diagramm.

Die gesteirten und apflichten Glimmer sind im allgemeinen feiner  
 und feiner. Nur einige grobkristalline Glimmer aus dem Stockschicht weisen einen  
 manchmal bereits makroskopisch sichtbaren Zonieren auf. Hier werden  
 die feineren Schichtungen in der Zusammenfassung der Kristallisation  
 wiederum deutlich abgegrenzt. Folgender Ablauf der Glimmer-Kristallisation ist  
 zu erwarten:

- Glimmer I: feinstkristallin, kleine Körner in feineren Glimmerschichten, nur selten  
 vorhanden, werden von Glimmer II verdrängt. Relativ F-arm (min 4,33 Gew.-% F)  
 und Fe-reich (max 18,8 Gew.-% FeO).
- Glimmer II: fast farblos, Hauptmenge des Glimmers. Sehr Fe-reich (max 2,94  
 Gew.-%) und Fe-arm (min 10,1 Gew.-% FeO).
- Glimmer III: feinkristallin, bessere Zonen um Glimmer II. F-arm (min 4,48  
 Gew.-%) und wasser-Fe-reich (bis max 15,5 Gew.-% FeO).
- Glimmer IV: feinkristallin, umschließt und verdrängt die feinen Glimmer. Parallel  
 mit den ausgeprägten Schichtungen des F-Gehalts verläuft der Gehalt an SiO<sub>2</sub>  
 (Gehalt II) und mit nur teilweise mit Fe positiv korrelieren. Der Zonieren des  
 feinstkristallinen Glimmers mit Entwicklungsstadien von Fe-armen F-reichen  
 Glimmern (II) zu Fe-reichen, F-armen Glimmern (III) zeigt eine  
 Entwicklungsstadien an, die umgekehrt verläuft zu der in zonen Glimmern  
 hochkristalliner Granite (Eisenreicher Granit) beobachteten.

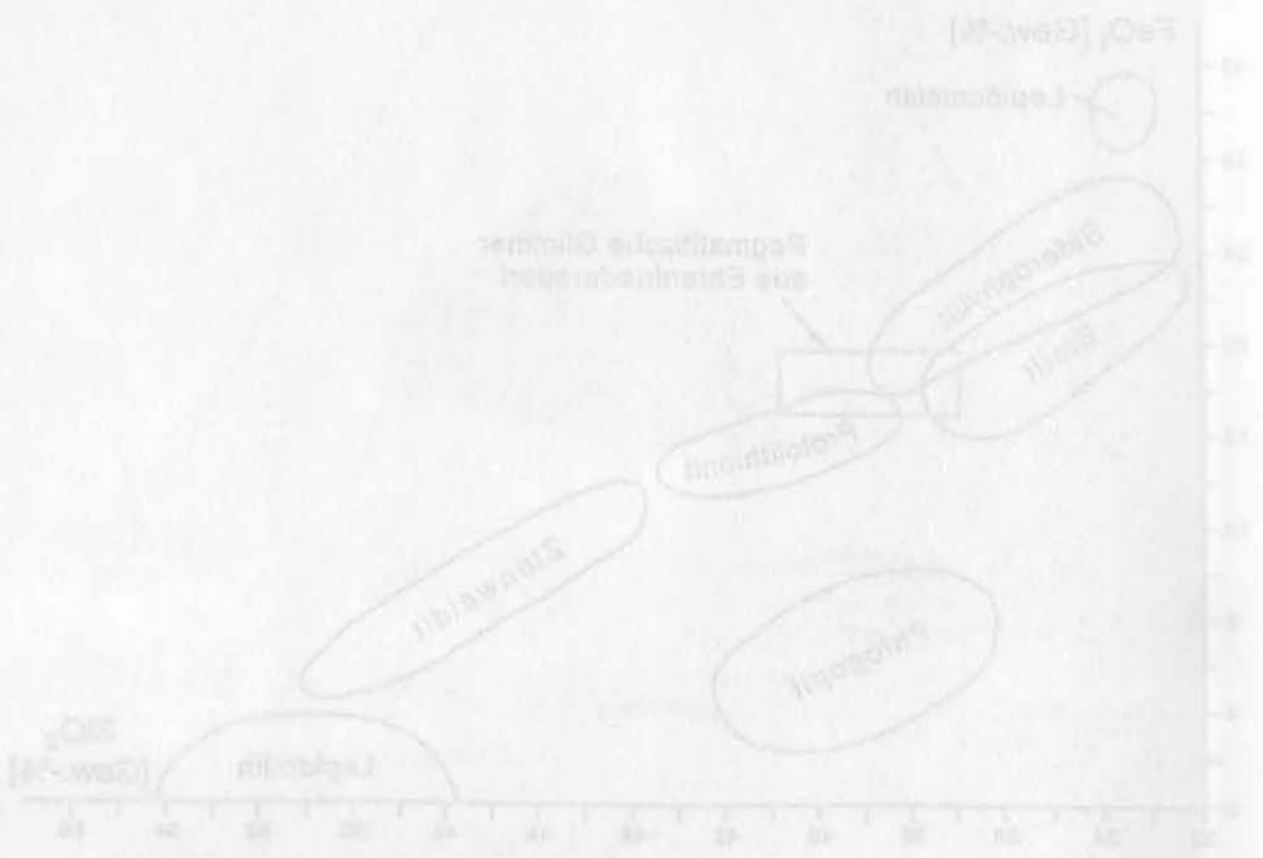


Abb. 26. Zustände der Glimmer von Ebneth im SiO<sub>2</sub> vs FeO Diagramm.



Im Vergleich der trioktaedrischen Glimmer von Ehrenfriedersdorf mit denen aus westerzgebirgisch-vogtländischen Graniten zeigt sich, dass die ersteren vor allem wegen ihrer extrem niedrigen Mg- und Ti-Gehalte am Ende der Reihe Ältere Granite 1...3 → Jüngere Granite 1...3 → JGm (metasomatisch umgewandelte Jüngere Granite) → E-Dorf stehen (Abb. 27 und 28).

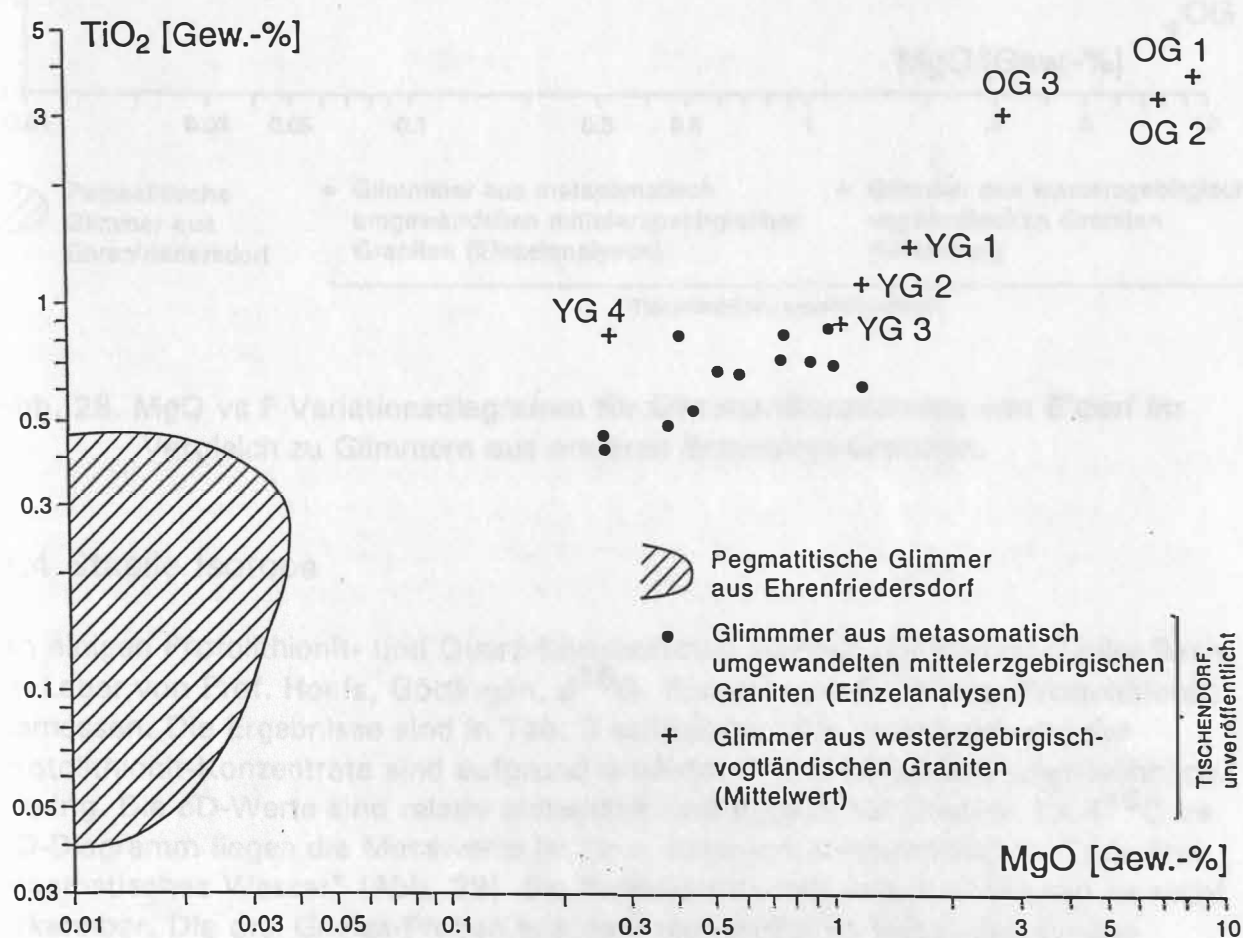


Abb. 27. MgO vs TiO<sub>2</sub> Variationsdiagramm für Glimmer-Konzentrate von E'dorf im Vergleich zu Glimmern aus anderen Erzgebirgs-Graniten.

Vergleich der verschiedenen Elemente von Ort zu Ort, wobei die statistische  
 statistische Analyse der Elemente zeigt, dass die statistische Analyse  
 für die Elemente 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

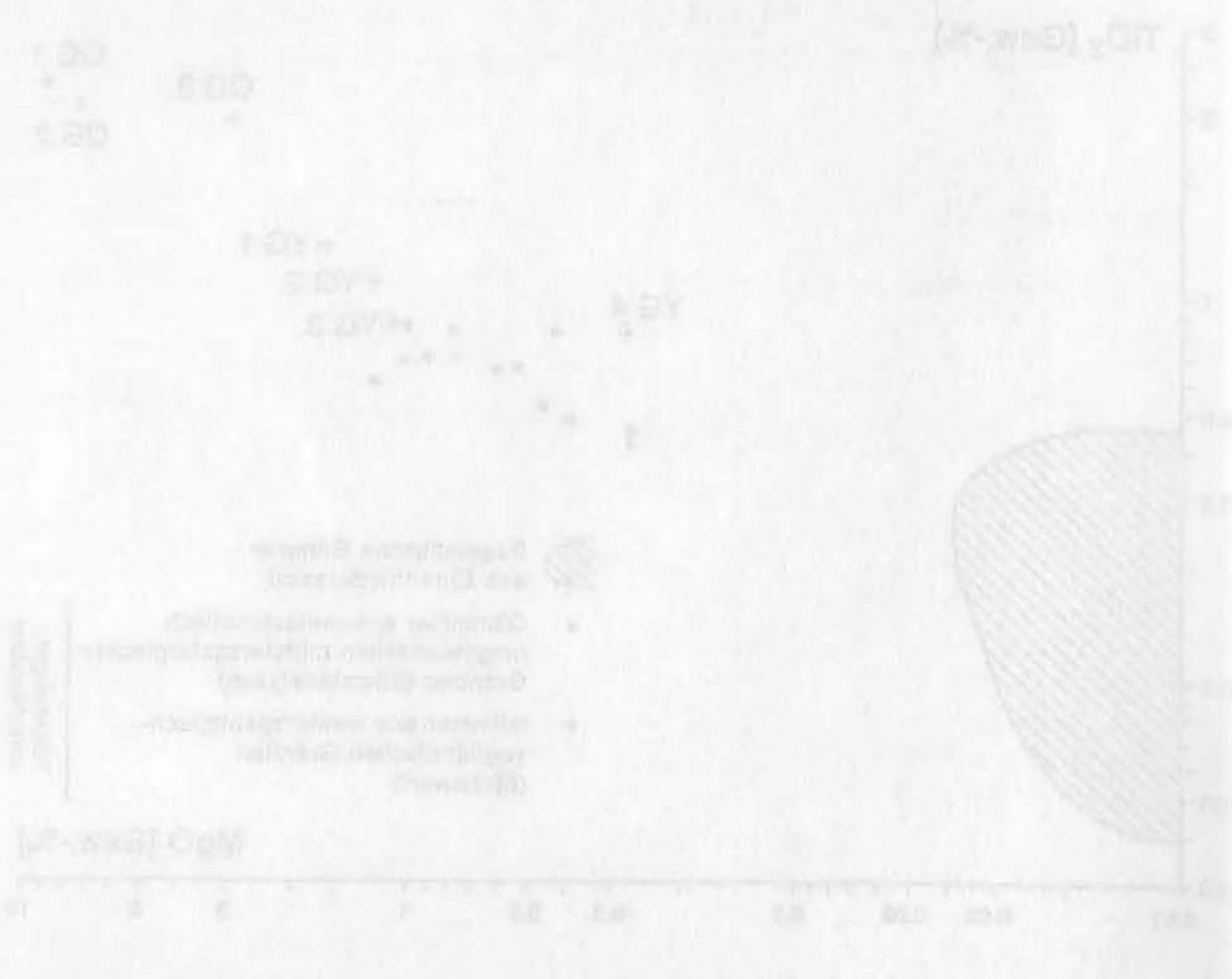


Abb. 23. MgO vs TiO<sub>2</sub> Verteilung für Gesteinsproben von 1 bis 10. Vergleich zu Gestein aus anderen Gesteinsarten.

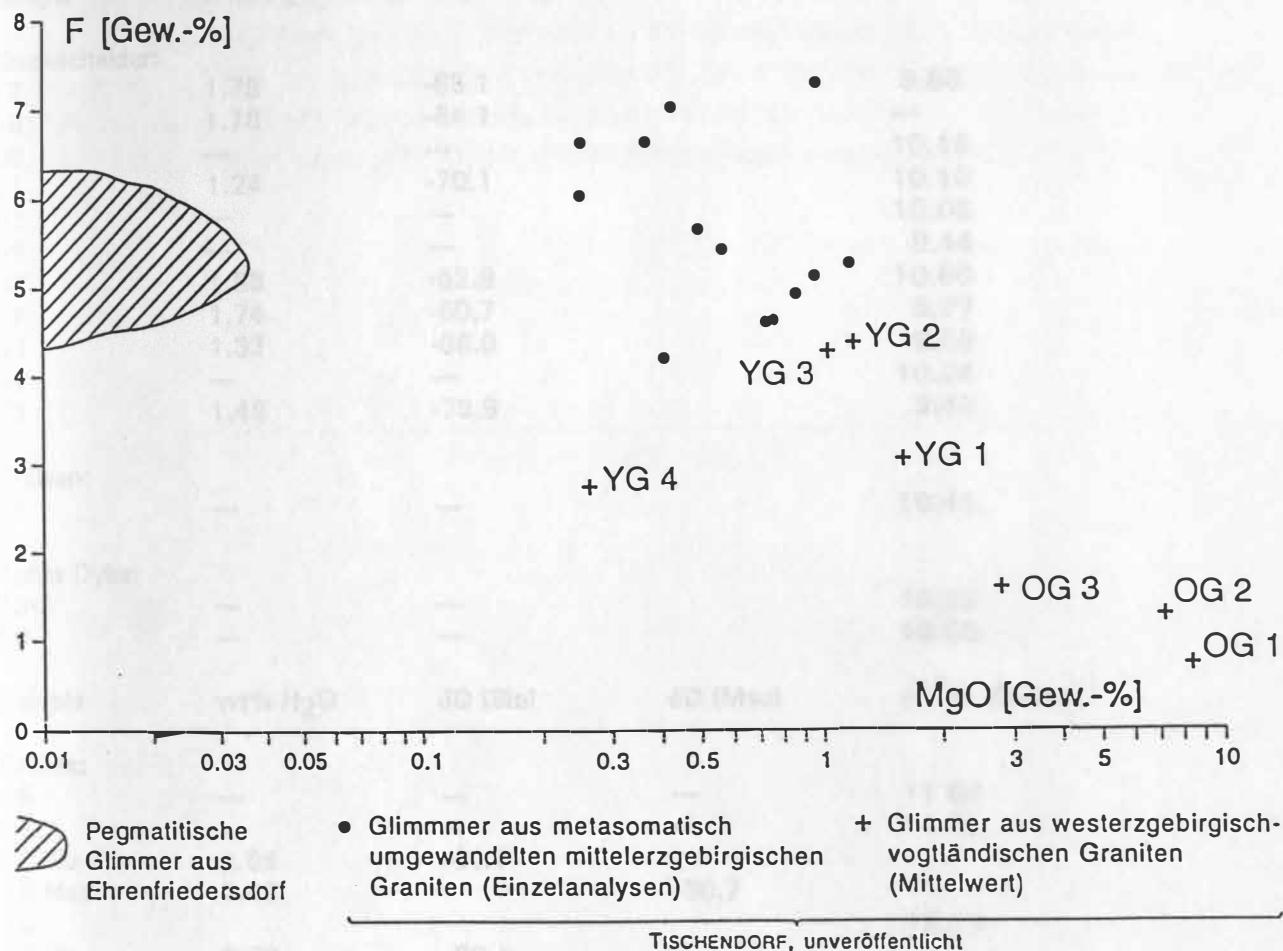


Abb. 28. MgO vs F Variationsdiagramm für Glimmer-Konzentrate von E'dorf im Vergleich zu Glimmern aus anderen Erzgebirgs-Graniten.

### 3.4 Stabile Isotope

An einigen Protolithionit- und Quarz-Konzentraten wurden auf kommerzieller Basis im Labor von Prof. Hoefs, Göttingen,  $\delta^{18}\text{O}$ - (Quarz) und  $\delta\text{D}$ -Werte (Protolithionit) gemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 aufgelistet. Die Wassergehalte der Protolithionit-Konzentrate sind aufgrund erhöhter F- und Li-Gehalte ungewöhnlich niedrig. Die  $\delta\text{D}$ -Werte sind relativ einheitlich und typisch für Granite. Im  $\delta^{18}\text{O}$  vs  $\delta\text{D}$ -Diagramm liegen die Messwerte im bzw. nahe am Zustandsfeld für "primäres magmatisches Wasser" (Abb. 29). Ein Einfluss von meteorischen Fluiden ist nicht erkennbar. Die drei Gneiss-Proben aus dem unmittelbaren Nebengestein des Aplitgangs der 6. Sohle haben die für metamorphe Gesteine typische  $\delta^{18}\text{O}$ -Charakteristik, wobei möglicherweise ein Einfluss des magmatogenen Fluidsystems besteht (Dominanz des magmatogenen  $\delta\text{D}$  und Mischung für  $\delta^{18}\text{O}$  von magmatischer und metamorpher Komponente), der aufgrund des F-Halos im Nebengestein wahrscheinlich ist.



Tab. 3. Stabile Isotopendaten der untersuchten Mineralkonzentrate

Sample	wt% H <sub>2</sub> O	$\delta D$ (Protolithionite)	$\delta^{18}O$ (Quartz)	
<b>Stockscheider:</b>				
17	1.78	-65.1	8.68	
18	1.78	-64.1	---	
60	---	---	10.16	
61	1.24	-70.1	10.10	
62	---	---	10.05	
63	---	---	9.44	
66	1.98	-62.9	10.66	
67	1.74	-60.7	8.77	
68	1.33	-68.0	9.69	
69	---	---	10.24	
72	1.48	-79.9	9.42	
<b>Greisen:</b>				
81	---	---	10.45	
<b>Aplite Dyke:</b>				
48-2	---	---	10.20	
50	---	---	10.55	
Sample	wt% H <sub>2</sub> O	$\delta D$ (Bio)	$\delta D$ (Msc)	$\delta^{18}O$ (Quartz)
<b>Gneiss:</b>				
46	---	---	---	11.64
48	---	---	---	11.05
48 Bio	3.88	-66.7		
48 Msc	2.45		-60.7	
56				12.26
56 Bio	2.69	-68.1		
56 Msc	2.59		-57.3	

Die  $\delta D$ -Werte für die Stockscheider- und Aplite Dyke-Proben liegen bis auf Probe E72 im schmalen Intervall von  $-60.7$  bis  $-70.1 \times 10^{-3}$ . Probe E72 mit  $-79.9 \times 10^{-3}$  repräsentiert einen Glimmer-Rhythmit im Hangenden des Stockscheiders, dessen Genese unklar ist. Die Darstellung in Abb. 29 beruht auf den Original-Analysenwerten ohne Berücksichtigung von Mineral-Fluid-Wechselwirkung, die wir aufgrund des Fehlens von  $\delta^{18}O$ -Werten für Protolithionit nicht abschätzen können. Bei der Entmischung einer wässrigen Fluidphase wird sich deren D/H-Zusammensetzung kontinuierlich nach niedrigeren  $\delta D$ -Werten entwickeln, womit die Spannweite der  $\delta D$ -Werte erklärbar ist. Zudem tritt im hoch-hydrothermalen Bildungsbereich, der sicherlich einen Teil der Protolithionit- und Quarz-Komponente erfasst hat, ein Fraktionierungseffekt auf, durch den die  $\delta^{18}O$ - bzw.  $\delta D$ -Werte der Mineralphasen im Vergleich zur koexistierenden wässrigen Fluidphase im  $\delta^{18}O$  vs  $\delta D$ -Diagramm nach rechts bzw. unten verschoben werden. Anhand von  $\delta^{18}O$ -Daten von Quarz-Protolithionit-Mineralpaaren errechneten Stiehl et al. (1985) für die Wasserphase bei der Gleichgewichtstemperatur von  $540^\circ C$  (Fraktionierungsfaktor für Protolithionit wurde gleich Biotit angenommen) einen  $\delta^{18}O$ -Wert von  $8,2 \pm 2,5 \times 10^{-3}$ , der typisch für mit magmatischen Gesteinen





equilbriertes Wasser ist. Analog liess sich aus der Umrechnung der  $\delta D$ -Werte unter Berücksichtigung von Rayleigh-Fraktionierung bei der Entmischung einer wässrigen Fluidphase aus der Schmelze sowie Fluid-Gesteins-Wechselwirkung bei rund  $550^\circ\text{C}$  ein  $\delta D$ -Wert in der Schmelze zu etwa  $-40 \pm 10 \times 10^{-3}$  abschätzen (Stiehl et al., 1985). Insgesamt machen sowohl die früheren Daten von Stiehl et al. (1985) wie auch unsere Daten deutlich, dass die wässrige Fluid-Komponente der untersuchten Proben wahrscheinlich dominierend intern-magmatischer Natur ist.

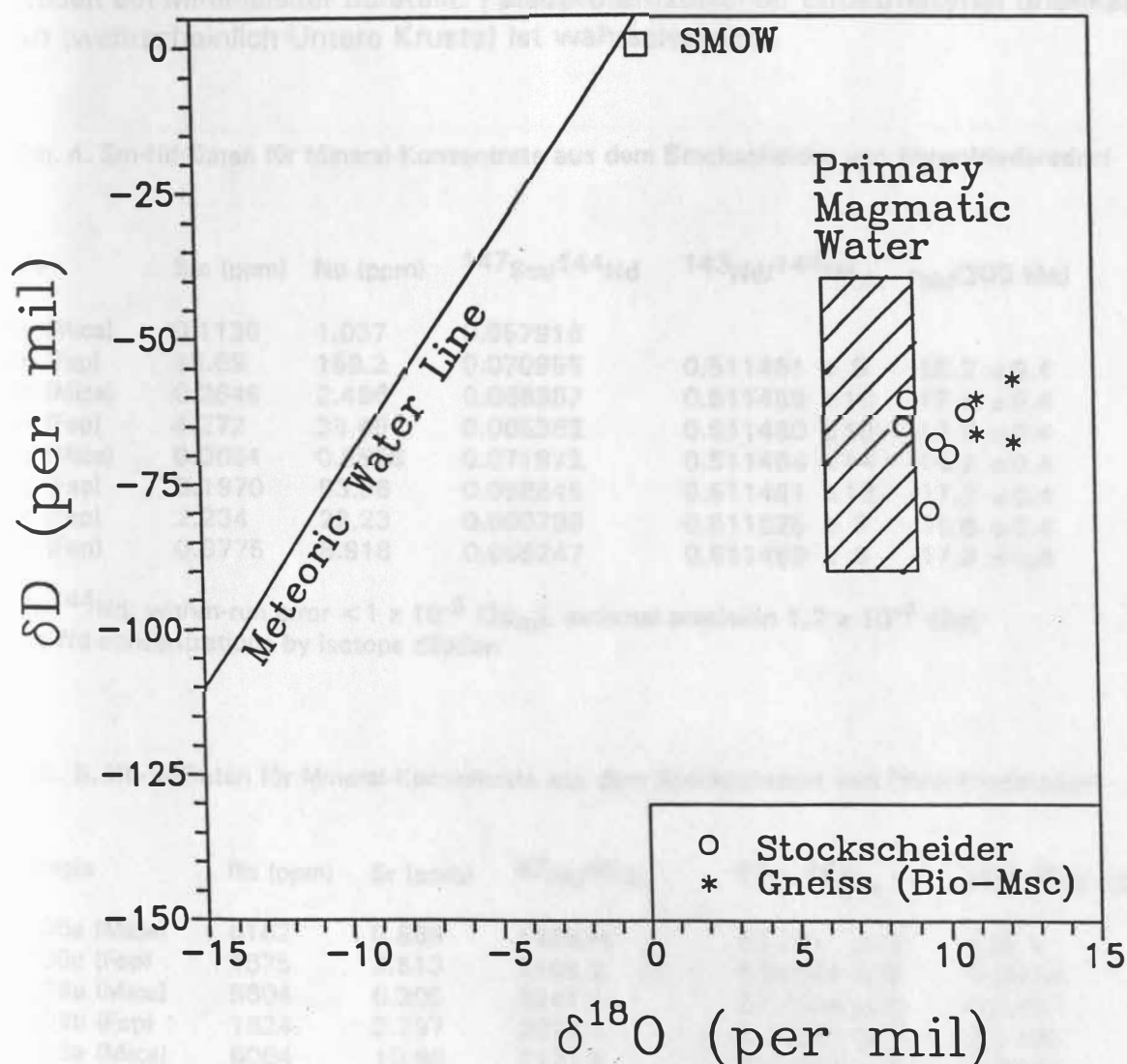
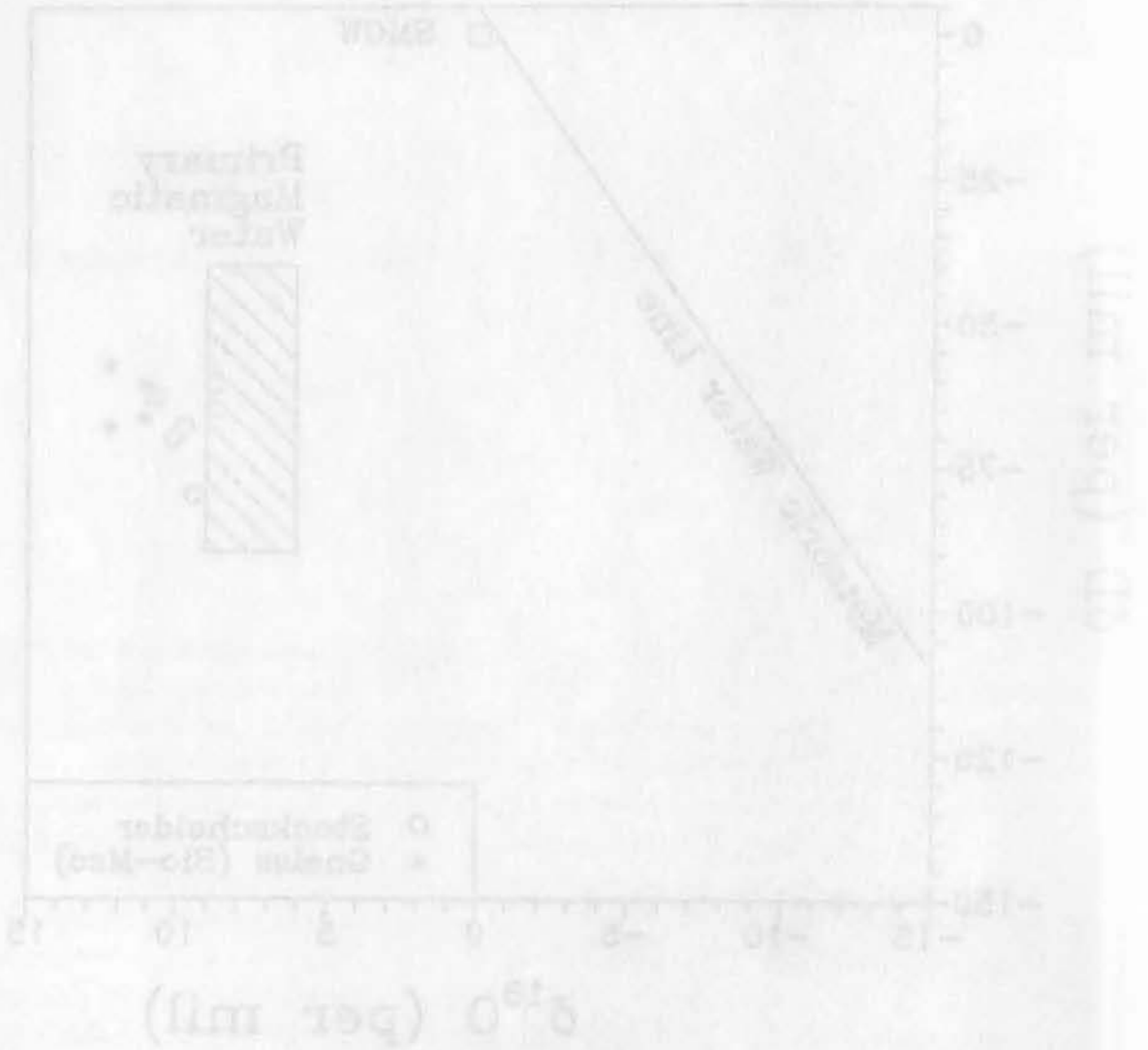


Abb. 29.  $\delta^{18}\text{O}$ - und  $\delta D$ -Verteilung von Quarz und kogenetischen Glimmern aus dem Stockscheider sowie aus dem Gneis-Nebengestein des Gang-Aplites (Originaldaten ohne Korrektur für Fluid-Gestein-Wechselwirkung).

...



...

### 3.5 Nd- und Sr-Isotopie

Die Nd- und Sr-Isotopendaten von fünf Feldspat- und drei Protolithionit-Konzentraten aus dem Stockscheider sind in Tab. 4 und 5 aufgelistet. Die Analytik wurde kommerziell bei CSIR, Pretoria, RSA, durchgeführt. Die Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket *Geodate* (Eglinton & Harmer, 1991). Die Proben haben niedrige  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ -Verhältnisse im Bereich 0.059-0.072, denen hoch-fractionierte Sm/Nd-Verhältnisse von 0.10-0.12 entsprechen. Die  $\epsilon_{\text{Nd}}$ -Werte streuen nur gering und definieren einen Mittelwert von  $-17.6 \pm 0.6$  (300 Ma). Dieser Wert entspricht einem *Depleted mantle*-Modellalter von  $T_{\text{DM}} = 1625 \pm 72$  Ma, wobei diese Abschätzung aufgrund der niedrigen Sm/Nd-Verhältnisse der Proben ein Minimalalter darstellt. Paläoproterozoisches Eduktmaterial unbekannter Art (wahrscheinlich Untere Kruste) ist wahrscheinlich.

Tab. 4. Sm-Nd-Daten für Mineral-Konzentrate aus dem Stockscheider von Ehrenfriedersdorf

Sample	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_m$	$\epsilon_{\text{Nd}}(300 \text{ Ma})$	$T_{\text{DM}} \text{ (Ma)}$
E106a (Mica)	0.1130	1.037	0.057916			
E106c (Fsp)	18.69	159.2	0.070955	$0.511461 \pm 9$	$-18.2 \pm 0.4$	$1701 \pm 12$
E109a (Mica)	0.2849	2.496	0.068987	$0.511489 \pm 10$	$-17.6 \pm 0.4$	$1647 \pm 12$
E109b (Fsp)	4.272	39.49	0.065383	$0.511480 \pm 10$	$-17.6 \pm 0.4$	$1616 \pm 12$
E113a (Mica)	0.0664	0.5576	0.071972	$0.511464 \pm 14$	$-18.2 \pm 0.4$	$1710 \pm 12$
E113b (Fsp)	5.1970	53.56	0.058645	$0.511481 \pm 12$	$-17.3 \pm 0.4$	$1544 \pm 13$
E113c (Fsp)	2.234	22.23	0.060739	$0.511525 \pm 9$	$-16.6 \pm 0.4$	$1521 \pm 13$
E115b (Fsp)	0.9775	8.918	0.066247	$0.511469 \pm 9$	$-17.9 \pm 0.4$	$1637 \pm 12$

$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ : within-run error  $< 1 \times 10^{-5}$  ( $2\sigma_m$ ), external precision  $1.2 \times 10^{-4}$  ( $2\sigma$ )  
Sm and Nd concentrations by isotope dilution

Tab. 5. Rb-Sr-Daten für Mineral-Konzentrate aus dem Stockscheider von Ehrenfriedersdorf

Sample	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_m$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ (300 Ma)
E106a (Mica)	6162	0.889	142834	$63.291 \pm 3$	-546.5
E106c (Fsp)	1675	5.513	1166.2	$4.04674 \pm 5$	-0.9318
E109a (Mica)	5604	6.205	8241.1	$22.7244 \pm 5$	-12.457
E109b (Fsp)	1824	3.797	2030.4	$5.41861 \pm 7$	-3.2493
E113a (Mica)	6064	10.66	2127.8	$3.70098 \pm 4$	-5.3827
E113b (Fsp)	2699	6.098	2407.1	$9.70023 \pm 11$	-0.5759
E113c (Fsp)	2815	10.76	1051.6	$4.68712 \pm 6$	0.1978
E115b (Fsp)	2560	3.987	4051.2	$12.7771 \pm 2$	-4.5177

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ : within-run error  $< 2 \times 10^{-5}$  ( $2\sigma_m$ ), external precision  $4 \times 10^{-4}$  ( $2\sigma$ )  
Rb and Sr concentrations by isotope dilution

2.4.4. Die Wirkung der ...

Die Wirkung der ... wird durch ...

Tab. 4. Die Wirkung der ...

Table with 6 columns: ... values ranging from 0.0000 to 0.0000.

Die Wirkung der ...

Tab. 5. Die Wirkung der ...

Table with 6 columns: ... values ranging from 0.0000 to 0.0000.

Die Wirkung der ...

Die Sr-Isotopendaten zeigen eine Streuverteilung und belegen ein stark gestörtes System, aus dem radiogenes  $^{87}\text{Sr}$  abgeführt wurde (Abb. 30). Die Datenpunkte streuen innerhalb eines Feldes, das von Grenzlinien mit stärkster und geringster Steigung bei ca. 300 bzw. ca. 90 Ma eingefasst ist. In Anlehnung an ähnliche gestörte granitische Systeme (z.B. kibarische Zinngranite/-pegmatite, Romer & Lehmann, 1995) könnten die Ergebnisse interpretiert werden als Bildungsalter um 300 Ma mit anschließender und bereichsweise unterschiedlicher hydrothormaler Überprägung in einem für Sr und Rb offenen System. Die hydrothermale Mobilität von Rb und Sr ist auch durch die Streuverteilung im Rb-Sr-Variationsdiagramm (Abb. 8) und durchgreifende postmagmatische Glimmer-Blastese angezeigt. Des weiteren belegen auch die Laugungsversuche an einigen Granitproben von E'dorf (siehe unten) die sehr hohe hydrothermale Verfügbarkeit von Sr.

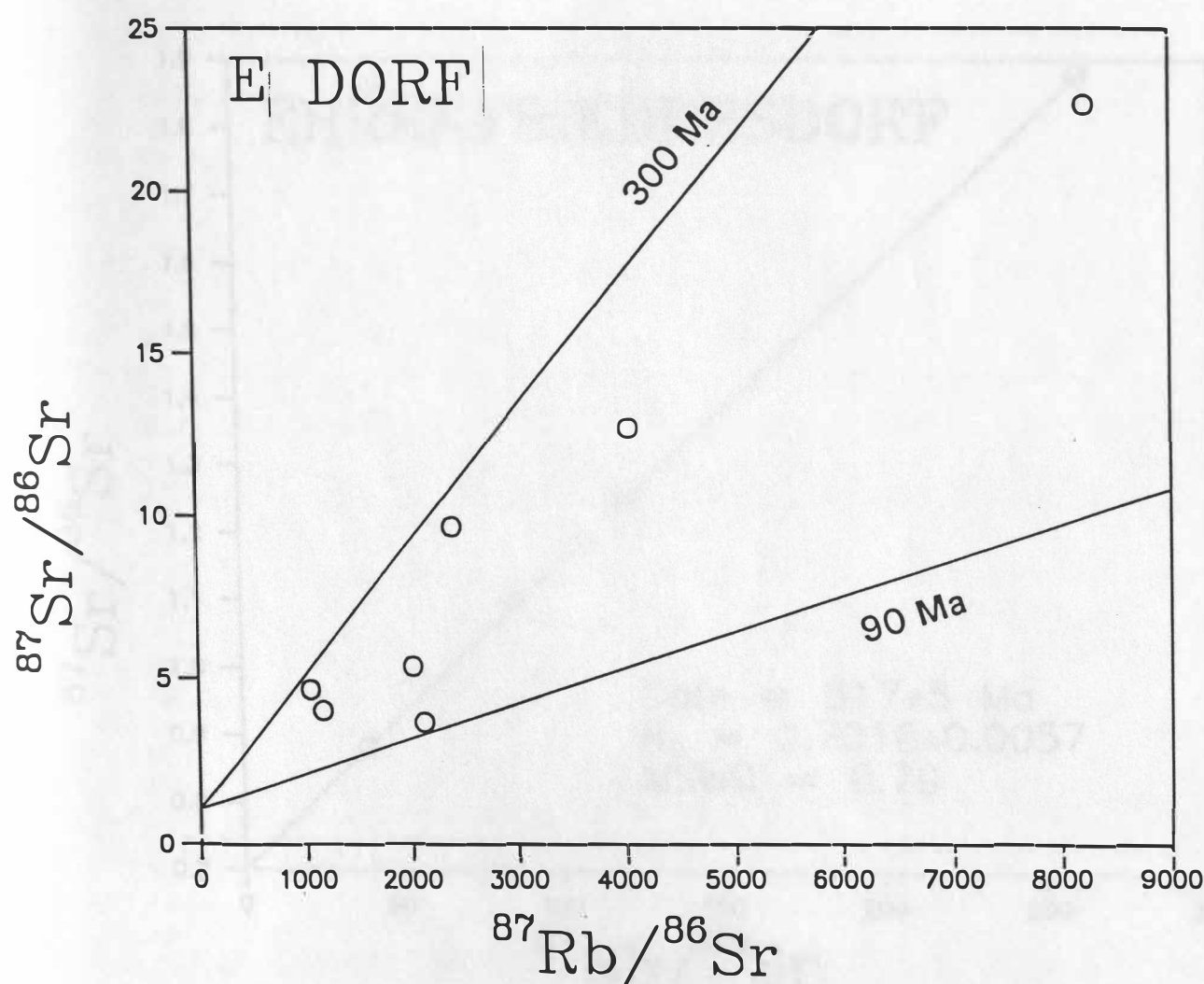


Abb. 30.  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Diagramm für Protolithionit und Feldspat-Mineralpräparate aus dem Stockscheider E'dorf.





Dieses Ergebnis unterscheidet sich von der Untersuchung von Gerstenberger (1989), nach der für den Granit von Ehrenfriedersdorf eine gut definierte 5-Punkt-Gesamtgesteins-Isochrone mit  $318 \pm 4$  Ma und einem  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Initialverhältnis von  $0.7016 \pm 32$  vorliegt. Unsere Nachrechnung der Daten ergab ein Alter von  $317 \pm 5$  Ma mit  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$   $0.7018 \pm 57$  (Abb. 31). Allerdings repräsentieren die fünf von Gerstenberger (1989) in die Isochrone aufgenommenen Proben offensichtlich eine Auswahl aus einer grösseren und nicht näher bezeichneten Probenpopulation. Aus dem gleichen Datensatz wurden früher angegeben:  $319 \pm 3$  Ma mit  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$   $0.7009 \pm 52$  (Gerstenberger et al., 1984, in Stiehl et al., 1985), sowie  $326 \pm 15$  Ma (Wand & Beuge, 1983). Die sehr niedrigen Sr-Initialwerte sind durch Rb-Metasomatose verursacht und lassen keine Aussage zur Herkunft der Granitschmelzen zu (Gerstenberger, 1989).

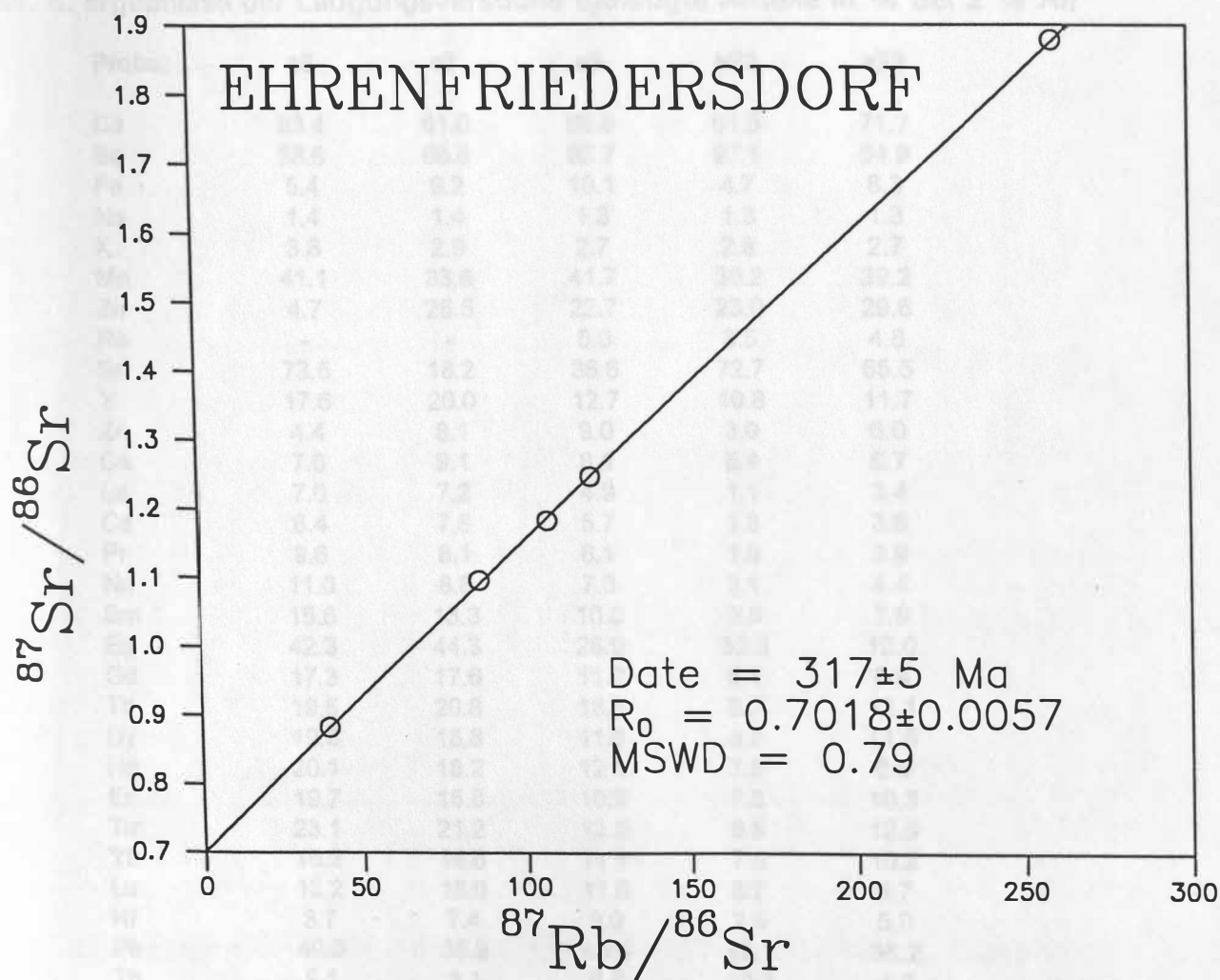


Abb. 31.  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Diagramm für Granitproben von E'dorf; Daten aus Gerstenberger (1989).



### 3.6 Laugungsversuche

Fluid-Gesteins-Wechselwirkung vollzieht sich vor allem über den Intergranularbereich von granitischen Gesteinen, wobei die dort leicht verfügbaren Elementanteile über die Laugungsmethode nach Giese et al. (1991) quantifiziert werden können. Aus dem Probensatz E'dorf wurden fünf Granitproben ausgewählt, die eine möglichst grosse geochemische wie petrographische Variationsbreite vertreten und aus einem eng begrenzten Grubenbereich stammen. Es handelt sich dabei um: E5, E7, E9 (6. Sohle) sowie E22 und E23 (5. Sohle). Jeweils ca. 2 g Probenpulver wurden mit 50 ml bidest. Wasser und Kationenaustauscher bei pH 3 und 70°C über Zeitschritte von 2, 5 und 20 h gelaugt. Das Eluat wurde mittels ICP-MS analysiert. Zum Vergleich der Laugungsergebnisse verschiedener Proben werden die Ergebnisse auf eine Gesteinsauflösung von 2 % (= 2 Gew% gelaugtes Al) verrechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 aufgelistet.

Tab. 6. Ergebnisse der Laugungsversuche (gelaugte Anteile in % bei 2 % Al)

Probe:	e5	e7	e9	e22	e23
Ca	83.4	61.0	66.0	61.6	71.7
Ba	53.6	66.8	62.7	97.1	54.9
Fe	5.4	9.2	10.1	4.7	8.3
Na	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3
K	3.8	2.9	2.7	2.8	2.7
Mn	41.1	33.6	41.7	30.2	39.2
Zn	4.7	25.5	22.7	23.0	29.6
Rb	-	-	5.0	3.5	4.8
Sr	73.5	18.2	36.6	72.7	55.5
Y	17.6	20.0	12.7	10.8	11.7
Zr	4.4	8.1	9.0	3.0	6.0
Cs	7.0	9.1	8.1	5.4	6.7
La	7.0	7.2	4.9	1.1	3.4
Ce	8.4	7.8	5.7	1.3	3.6
Pr	9.6	8.1	6.1	1.9	3.9
Nd	11.0	8.8	7.0	2.1	4.4
Sm	15.6	13.3	10.0	5.5	7.9
Eu	42.3	44.3	26.9	32.3	12.0
Gd	17.3	17.6	11.7	6.4	8.9
Tb	19.5	20.8	13.3	8.7	12.1
Dy	19.8	18.8	11.8	9.2	11.6
Ho	20.1	18.2	12.5	7.8	8.9
Er	19.7	15.8	10.9	7.6	10.3
Tm	23.1	21.2	13.3	8.8	12.9
Yb	16.2	18.6	11.4	7.5	10.2
Lu	13.2	18.0	11.8	8.7	9.7
Hf	3.7	7.4	8.0	2.4	5.0
Pb	49.8	38.9	40.4	49.1	36.2
Th	9.1	8.1	6.8	10.3	4.8
U	47.9	37.6	24.6	34.4	53.3

#### Spurenelementverhältnisse im Gesamtgestein

K/Rb	34	28	32	33	32
Zr/Hf	13	17	17	15	16
Y/Ho	49	38	41	34	37

3.3. Laugungsverfahren

Die Gesteinsverwitterung vollzieht sich vor allem über die Hydrolyse...  
 In einem ersten Schritt werden die Gesteine in Wasser eingetaucht...  
 Es handelt sich um die Laugungsmethode nach Giese et al. (1987) modifiziert...  
 werden können. Aus dem Fließkanal B führt Wasser zum Fließkanal...  
 In der ersten Phase wird die Gesteinsprobe mit Wasser gesättigt...  
 In der zweiten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der dritten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der vierten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der fünften Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der sechsten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der siebten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der achten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der neunten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...  
 In der zehnten Phase wird die Gesteinsprobe mit einer verdünnten...

Tab. 3. Ergebnisse der Laugungsverfahren (Gehaltsanteile in % bei 24 h)

Phase	Si	Al	Fe	Mn	Zn
1	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
2	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
3	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
4	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
5	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
6	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
7	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
8	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
9	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
10	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
11	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
12	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
13	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
14	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
15	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
16	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
17	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
18	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
19	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
20	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
21	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
22	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
23	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
24	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
25	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
26	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
27	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
28	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
29	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
30	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
31	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
32	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
33	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
34	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
35	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
36	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
37	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
38	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
39	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
40	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
41	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
42	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
43	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
44	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
45	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
46	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
47	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
48	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
49	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
50	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
51	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
52	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
53	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
54	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
55	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
56	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
57	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
58	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
59	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
60	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
61	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
62	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
63	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
64	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
65	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
66	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
67	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
68	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
69	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
70	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
71	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
72	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
73	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
74	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
75	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
76	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
77	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
78	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
79	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
80	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
81	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
82	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
83	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
84	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
85	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
86	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
87	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
88	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
89	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
90	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
91	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
92	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
93	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
94	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
95	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
96	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
97	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
98	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
99	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0
100	47.0	24.0	24.0	24.0	24.0

Die untersuchten Elemente lassen sich nach der Form der Laugungskurve und den relativ zu Al gelaugten Anteilen in drei verschiedene Gruppen einteilen:

1. Elemente aus Laugung gesteinsbildender Minerale (0-10 %: Na, Fe, K, Rb, Cs)  
Die auffallend geringe Laugbarkeit von Na (<Al) hat ihre Ursache in der Stabilität der Albitstruktur durch das hohe Si/Al-Verhältnis (Casey & Bunker, 1990). Damit zeigt sich auch, dass Flüssigkeitseinschlüsse nur einen unbedeutenden Elementbeitrag im Rahmen der Laugungsversuche leisten.
2. Elemente aus der Laugung leicht löslicher Akzessorien (Apatit, Fluorit, Calcit, Uraninit, Uranglimmer) (>50 %: Ca, Ba; <50 %: Mn, Zn, Sr, Eu, Pb, U)  
Die stark variierenden laugbaren Anteile sowie stark schwankende Gesamtgesteinswerte bei diesen Elementen widerspiegeln die hohe Mobilität bei Alterationsprozessen.

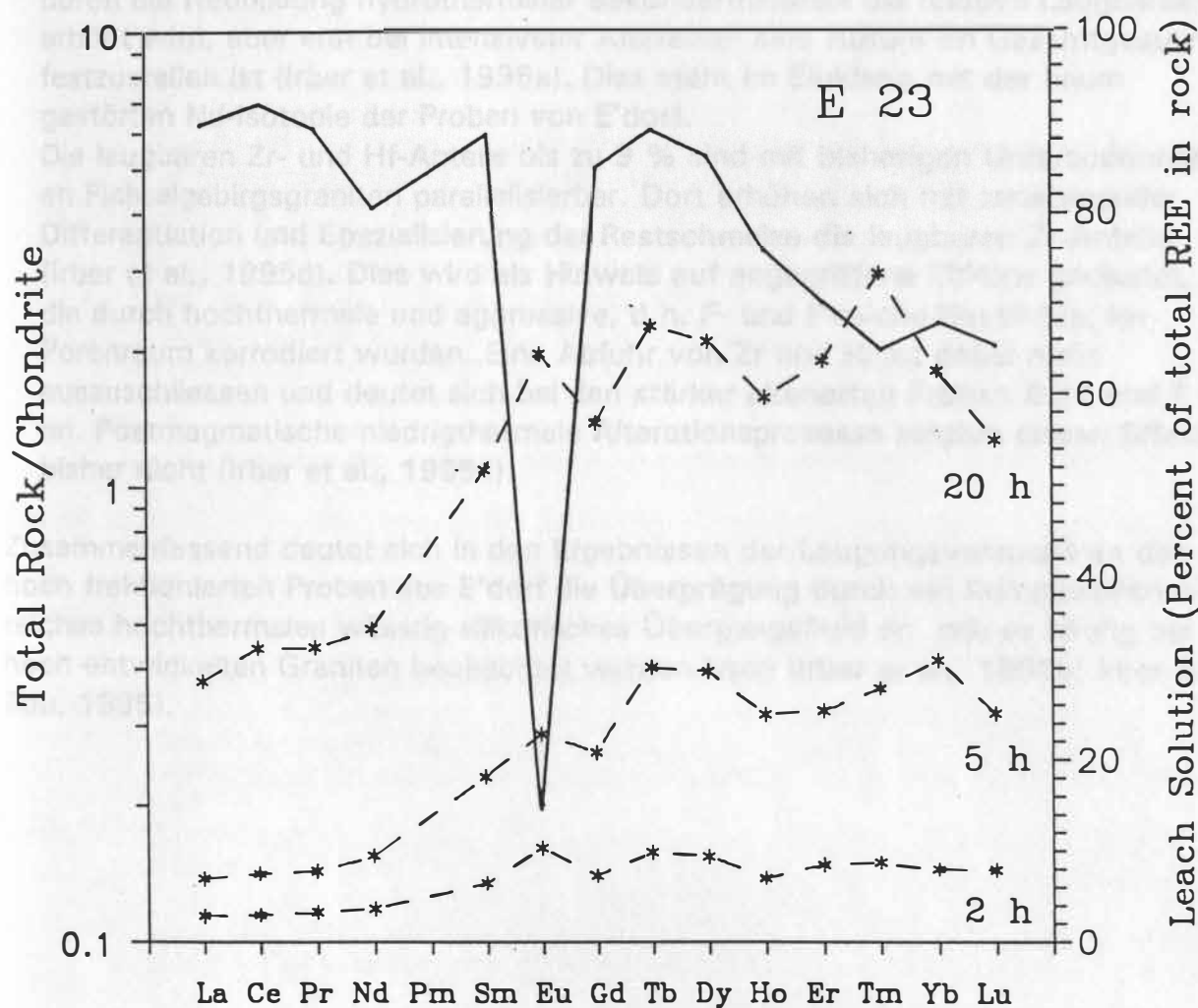


Abb. 32. Sequentielle Laugung der SEE in drei Zeitschritten von 2, 5 und 20 Stunden (gestrichelte Linien; rechte y-Achse) in Beziehung zum SEE-Verteilungsmuster der Gesteinsprobe (durchgezogene Linie; linke y-Achse); Probe E 23 (Alkalifeldspat-Protolithionit-Granit). Die entsprechenden Al-Laugungswerte betragen: 1,9 % Al (2 h), 2,8 % Al (5 h), 5,7 % Al (20h).





In vergleichenden Untersuchungen zeigten weniger hoch entwickelte und überprägte Proben deutlich geringere Anteile, z.B. bei Ca und Sr nur wenige Prozent (Möller & Irber, 1995). Parallele Untersuchungen zur Laugbarkeit der Sr-Isotopie ergaben dabei in den Laugungslösungen signifikant vom Gesamtgestein abweichende  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse (Irber et al., 1995c). In Verbindung mit der hohen Laugbarkeit des Sr wird die gestörte Sr-Isotopie der Proben aus E'dorf verständlich.

### 3. Elemente aus der Laugung schwer löslicher Akzessorien (Monazit, Zirkon,...) (<20 %: Y, SEE, Zr, Hf, Th)

Die SEE zeigen für die leichten SEE eine geringere und für die schweren SEE eine höhere Laugbarkeit (Abb. 32). Untersuchungen zur Mobilität der SEE, Y und Th bei Alterationsprozessen zeigten bisher, dass mit steigender Alteration durch die Neubildung hydrothermaler Sekundärminerale die relative Laugbarkeit erhöht wird, aber erst bei intensivster Alteration eine Abfuhr im Gesamtgestein festzustellen ist (Irber et al., 1995a). Dies steht im Einklang mit der kaum gestörten Nd-Isotopie der Proben von E'dorf.

Die laugbaren Zr- und Hf-Anteile bis zu 9 % sind mit bisherigen Untersuchungen an Fichtelgebirgsgraniten parallelisierbar. Dort erhöhen sich mit zunehmender Differentiation und Spezialisierung der Restschmelze die laugbaren Zr-Anteile (Irber et al., 1995d). Dies wird als Hinweis auf angegriffene Zirkone gedeutet, die durch hochthermale und aggressive, d.h. F- und P-reiche Restfluide, im Porenraum korrodiert wurden. Eine Abfuhr von Zr und Hf ist dabei nicht auszuschließen und deutet sich bei den stärker alterierten Proben E 22 und E 5 an. Postmagmatische niedrigthermale Alterationsprozesse zeigten diesen Effekt bisher nicht (Irber et al., 1995d).

Zusammenfassend deutet sich in den Ergebnissen der Laugungsversuche an den hoch fraktionierten Proben aus E'dorf die Überprägung durch ein Komplexbildnerreiches hochthermales wässrig-silikatisches Übergangsfliuid an, wie es häufig bei hoch entwickelten Graniten beobachtet werden kann (Irber et al., 1995b; Irber & Bau, 1995).



## 4 Literatur

- Carten, R.B., Geraghty, E.P., Walker, B.M., Shannon, J.R., 1988, Cyclic development of igneous features and their relationship to high-temperature hydrothermal features in the Henderson porphyry-molybdenum deposit, Colorado. *Econ. Geol.* 83: 266-296.
- Casey, W.H., Bunker, B., 1990, Leaching of mineral and glass surfaces during dissolution. *In* Hochella, J.M.F., White, S., eds., *Mineral-water interface geochemistry*. *Rev. Mineral.* 23: 397-426.
- Cobbing, E.J., Mallick, D.I.J., Pitfield, P.E.J., Teoh, L.H., 1986, The granites of the Southeast Asian tin belt. *J. Geol. Soc. London* 143: 537-550.
- Cocherie, A., Johan, V., Rossi, P., Stemprok, M., 1991, Trace element variations and lanthanide tetrad effect studied in a Variscan lithium albite granite: Case of the Cinovec granite (Czechoslovakia). *In* Pagel, M., Leroy, J.L., eds., *Source, transport and deposition of metals. Proceed. 25 Years SGA Anniv. Meetg <Nancy>*, Balkema: Rotterdam, 745-749.
- Cuney, M., Autran, A., 1987, Géologie profonde de la France. Forage scientifique d'Échassières. Une clé pour la compréhension des mécanismes magmatiques et hydrothermaux associés aux granites à métaux rares. *Mém. Géologie profonde de la France* 1: 1-350.
- Dahm, K.-P., 1972, Fortschritte der Metallogenie im Erzgebirge. D. Gesetzmässigkeiten in der Ausbildung der primären Dispersionshöfe von Zinnlagerstätten im Erzgebirge. *Geologie* 21: 521-535.
- Dingwell, D.B., 1988, The structure and properties of fluorine-rich magmas: a review of experimental studies. *In* Taylor, R.P., Strong, D.F., eds., *Recent advances in the geology of granite-related mineral deposits*. *Can. Inst. Min. Metall., Spec. Vol.* 39: 1-24.
- Eglinton, B.M., Harmer, R.E., 1991, GEODATE Version 2.2: a program for the processing and regression of isotope data using IBM-compatible microcomputers. *CSIR Manual EMA-H 9101 <Pretoria>*, 57 pp.
- Gerstenberger, H., 1989, Autometasomatic Rb enrichments in highly evolved granites causing lowered Rb-Sr isochron intercepts. *Earth Planet. Sci. Letters* 93: 65-75.
- Giese, U., Möller, P., Münzberg, S., 1991, Mobilization of metals in granitoids. *In* Pagel, M., Leroy, J.L., eds., *Source, transport and deposition of metals. Proceed. 25 Years SGA Anniv. Meetg*, Balkema: Rotterdam, p. 49-52.
- Hösel, G., Hoth, K., Jung, D., Leonhardt, D., Mann, M., Meyer, H., Tägl, U., 1994, Das Zinnerz-Lagerstättengebiet Ehrenfriedersdorf/Erzgebirge. *Bergbau in Sachsen <Freiberg>* 1: 1-196.
- Hösel, G., Meyer, H., Seltmann, R., Tägl, U., 1994, Tin-bearing deposits of the Ehrenfriedersdorf district. *In* Seltmann, R., Kämpf, H., Möller, P., eds., *Metallogeny of collisional orogens*. *Czech Geol. Survey, Praha*, p. 129-136.
- Hoth, K., Ossenkopf, W., Hösel, G., Leonhardt, D., Zernke, B., Eisenschmidt, H., Kühne, R., 1991, Die Granite im Westteil des Mittelerzgebirgischen Teilplutons und ihr Rahmen. *Geoprofil <Freiberg>* 3: 3-13.
- Irber, W., Bau, M., 1995, Fractionation of Zr/Hf, Y/Ho and the REEs (tetrad effect) and its significance as a geochemical tool for characterization of granite evolution. *Abstr. submitted to DMG Meetg Strasbourg*, 1 p.
- Irber, W., Seltmann, R., Möller, P., Dulski, P., 1994, REE-Verteilungsmuster in hoch spezialisierten magmatischen Systemen des Erzgebirges. *Beih. z. Eur. J. Mineral.* 6 (1): 123.
- Irber, W., Möller, P., Dulski, P., 1995a, Availability of REE, U, Th, Pb and Zr to aqueous fluids in granites and gneisses: an experimental approach. *Abstr. subm. to DMG Meetg Strasbourg 1995*, 1 p.
- Irber, W., Möller, P., Jahn, S., Dulski, P., 1995b, Fluid-rock interaction during crystallization of highly specialized granitic magmas. *Terra abstracts, EUG 8 Strasbourg, supplement 1 to Terra Nova* 7, p. 185.

Caron, R.E., Goffin, E.P., Walker, B.M., Shannon, J.R., 1988, Cyclic development of igneous features and their relationship to high-temperature hydrothermal features in the Henderson porphyry-molybdenum deposit, Colorado. *Earth Geol.* 53: 288-296.

Casby, W.H., Barker, B., 1980, Leaching of mineral and glass surfaces during dissolution. In: *Minerals*, J.M.F. White, S., ed., Mineral-water interface geochemistry. *Rev. Mineral.* 23: 397-436.

Copping, B.J., Mallick, D.J., Fritsch, R.E., Teon, L.H., 1986, The genesis of the Southeast Asian tin belt. *J. Geol. Soc. London* 143: 537-550.

Coppey, A., Joubert, V., Rossi, P., Gramark, M., 1981, Trace element variations and lanthanide ratios studied in a Variscan thinned albitic granite: Case of the Cinovec granite (Czechoslovakia). In: *Geol. Mi., Lacey, J.L., ed., Source, transport and deposition of metals. Proceed. 25 Years SGA Annu. Meetg. <Papers>, Balkema, Rotterdam*, 745-748.

Couzy, M., Auzan, A., 1987, Géologie profonde de la France. *Forage scientifique d'Étiennette. Une clé pour la compréhension des mécanismes magmatiques et hydrothermaux associés aux granites à flux bas*. *Mém. Géologie profonde de la France* 1: 1-380.

Cohn, K.F., 1972, Fortschritt der Metallgenie in Erzgebirge. D. Geoteknikarbeiten in der Ausbildung der phänom. Dispersionsgrade von Zinnageräten im Erzgebirge. *Geologie* 11: 521-525.

Dingwell, D.B., 1988, The structure and properties of fluid-rich magmas: a review of experimental studies. In: *Taylor, R.P., Strong, D.F., eds., Recent advances in the geology of granite-related mineral deposits. Can. Inst. Min. Metall., Spec. Vol. 39: 1-24.*

Eglinton, B.M., Hamon, R.E., 1981, GEODATE Version 2.2: a program for the processing and regression of isotopic data using IBM-compatible microcomputers. *CSIR Mineral EMA-4 8101 <Papers>*, 57 pp.

Gerstenberger, H., 1989, Automatische 3D-Analysen in digitaler Form. *Granite causing lowered Pb-Sr isochron intercepts. Earth Planet. Sci. Letters* 93: 69-78.

Glass, U., Möller, P., Münder, S., 1991, Mobilization of metals in granitoids. In: *Geol. Mi., Lacey, J.L., ed., Source, transport and deposition of metals. Proceed. 25 Years SGA Annu. Meetg. Balkema, Rotterdam*, 9: 49-62.

Hösel, G., Jung, D., Leonhardt, G., Mann, M., Meyer, H., Tödt, U., 1984, Das Zinn- und Zinn-erzgebirge. *Erzgebirgs- und Erzgebirgs-Geologie*. *Erzgebirge in Sachsen <Papers>* 1: 1-182.

Hösel, G., Meyer, H., Seltmann, R., Tödt, U., 1984, Tin-bearing deposits of the Erzgebirgs district. In: *Seltmann, R., Kästner, H., Möller, P., eds., Petrology of collisional orogens. Czech Geol. Survey, Praha*, 9: 129-138.

Hösel, G., Leonhardt, G., Leonhardt, G., Zerkow, B., Eisenhardt, H., Köhn, R., 1981, Die Granite im Westen des Mittelgebirges. *Teilungen und ihr Rahmen. Geowiss. <Papers>* 3: 2-13.

Iber, W., Bau, M., 1992, Fractionation of Zr/Hf, Y/Hf and the REE (rare earth effect) and its significance as a geochemical tool for characterization of granites evolution. *Abst. submitted to DMG Meetg. Strasbourg*, 1 p.

Iber, W., Seltmann, R., Möller, P., Dulski, P., 1984, REE-Verteilungsmuster in hochgradigen magmatischen Systemen des Erzgebirges. *Ber. x. Eur. J. Mineral.* 6 (1): 123.

Iber, W., Möller, P., Dulski, P., 1985a, Availability of REE, U, Th, Pb and Zr to aqueous fluids in granites and gneisses: an experimental approach. *Abst. submitted to DMG Meetg. Strasbourg 1985*, 1 p.

Iber, W., Jahn, S., Dulski, P., 1985b, Fluid-rock interaction during crystallization of highly specialized granitic magmas. *Text abstracts. EUG 8 Strasbourg, supplement 1 to Terra Nova* 7, p. 185.



- Irber, W., Teufel, S., Siebel, W., Möller, P., Giese, U., 1995 c, The leachability of Rb and Sr ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) in peraluminous granitic rocks. Abstr. subm. to DMG Meetg Strasbourg 1995, 1 p.
- Irber, W., Thomas, R., Förster, H.-J., Möller, P., 1995d, Fluid-rock interaction during final stages of crystallization of peraluminous granites and its consequences for whole-rock geochemistry. Abstr. 8th Ann. KTB Colloq., 68-71.
- Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geology* 27: 293-305.
- Jahns, R.H., Burnham, C., 1969, Experimental studies of pegmatite genesis. I. A model for the derivation and crystallization of granitic pegmatites. *Econ. Geol.* 64: 843-864.
- Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., 1988, Comb quartz layers in felsic intrusions and their relationship to porphyry deposits. *In* Taylor, R.P., Strong, D.F., eds., *Recent advances in the geology of granite-related mineral deposits.* Can. Inst. Min. Metal., Spec. Vol. 39: 50-79.
- Lange, H., Tischendorf, G., Pälchen, W., Klemm, I., Ossenkopf, W., 1972, Fortschritte der Metallogenie im Erzgebirge. B. Zur Petrographie und Geochemie der Granite des Erzgebirges. *Geologie* 21: 457-489.
- Lehmann, B., 1990, Metallogeny of tin. Springer: Berlin etc., 211 p.
- London, D., Morgan VI, G.B., Babb, H.A., Loomis, J.L., 1993, Behavior and effects of phosphorus in the system  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5-\text{H}_2\text{O}$  at 200 MPa ( $\text{H}_2\text{O}$ ). *Contrib. Mineral. Petrol.* 113: 450-465.
- Masuda, A., Kawakami, O., Dohmoto, Y., Takenaka, T., 1987, Lathanide effects in nature: Two mutually opposite types, W and M. *Geochem. J.* 21: 119-124.
- Masuda, A., Akagi, T., 1989, Lanthanide tetrad effect observed in leucogranites in China. *Geochem. J.* 23: 245-253.
- Möller, P., Irber, W., 1995, Fluid-rock interaction and element mobility in granites: correspondence and inconsistency of experiment and nature. Abstr. subm. to DMG Strasbourg 1995, 1 p.
- Peppard, D.F., Mason, G.W., Lewey, S., 1969, A tetrad effect in liquid-liquid extraxtion ordering of lanthanides (III). *J. Inorg. Chem.* 31: 2271-2272.
- Pflugbeil, B., 1995, Mikrothermometrische Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen in Wolframiten aus Quarz-Wolframit-Mineralisationen mittels IR-Mikroskopie. Unveröffentl. Diplomarbeit TU Berlin, 59 p.
- Pichavant, M., Boher, M., Stenger, J.-F., Aissa, M., Charoy, B., 1987, Relations de phase des granites de Beauvoir à 1 et 3 kbar en conditions de saturation en  $\text{H}_2\text{O}$ . *Mém. Géologie profonde de la France* 1: 77-86.
- Raimbault, L., 1987, Genèse des granites à métaux rares: revue comparative des modèles géochimiques. *Mém. Géologie profonde de la France* 1: 101-108.
- Raimbault, L., Azencott, C., 1987, Géochimie des éléments majeurs et traces du granite à métaux rares de Beauvoir (sondage GPF, Échassières). *Mém. Géologie profonde de la France* 1: 189-198.
- Romer, R.L., Lehmann, B., 1995, U-Pb columbite age of Neoproterozoic Ta-Nb mineralization in Burundi. *Econ. Geol.* in press.
- Schneider, T., 1995, Petrographie und Geochemie des Granit-Pegmatit-Aplitsystems von Ehrenfriedersdorf im Erzgebirge. Unveröffentl. Diplomarbeit TU Clausthal, 114 p.
- Seltmann, R., Bankwitz, P., Hösel, G., 1991, Structural environment of tin granites in the Erzgebirge. *In* Pagel, M. and Leroy, J.L. (eds.), *Source, Transport and Deposition of Metals, Proceed. 25 Years SGA Anniv. Meetg <Nancy>*, Balkema: Rotterdam, 493-496.
- Seltmann, R., Gottesmann, B., Möller, P., Thomas, R., Littmann, S., Kleeberg, R., Lehmann, B., Schneider, T., 1994a, Mineralogisch-petrographische Untersuchungen an Pegmatit-Aplit-Systemen von Ehrenfriedersdorf. *Beih. z. Eur. J. Mineral.* 6 (1): 263.





- Seltmann, R., Möller, P., Gottesmann, B., Thomas, R., Lehmann, B., Breiter, K., 1994b, Pegmatite-aplite systems from the Erzgebirge granite province (Central Europe) and their transition into hydrothermal mineralization regimes. 9th IAGOD Symposium <Beijing>, Abstr. 1: 367-369.
- Seltmann, R., Schneider, T., Lehmann, B., 1995, The rare-metal granite-pegmatite system of Ehrenfriedersdorf/Erzgebirge: Fractionation and magmatic-hydrothermal transition processes. 3rd Biennial SGA Meeting <Praha>, Abstr. 4 p.
- Stihl, G., Böttger, T., Beyer, I., Geisler, M., Gerstenberger, H., Haase, G., Haberlandt, R., Haendel, D., Mühle, K., Nitzsche, H.-M., Schütze, H., Strauch, G., Wand, U., Wetzel, K., Beuge, P., Tischendorf, G., 1985, Komplexe isotopengeochemische, geochemische und geochronologische Untersuchungen am Granit von Ehrenfriedersdorf. Z. geol. Wiss. Berlin 13: 585-592.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rock its proper name. Earth-Sci. Rev. 12: 1-33.
- Thomas, R., 1982, Ergebnisse der thermobarogeochemischen Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen in Mineralen der postmagmatischen Zinn-Wolfram-Mineralisation des Erzgebirges. Freiburger Forschungshefte C 370: 1-85.
- Thomas, R., 1994, Estimation of the viscosity and the water content of silicate melts from melt inclusion data. Eur. J. Mineral. 6: 511-535.
- Tischendorf, G., 1989, Silicic magmatism and metallogenesis of the Erzgebirge (compiled by G. Tischendorf). Veröffentlich. Zentralinstitut Physik Erde <Potsdam> 107: 1-316
- Tischendorf, G., Geisler, M., Gerstenberger, H., Budzinski, H., Vogler P., 1987, Geochemistry of Variscan granites of the Westerbirge-Vogtland region - an example of tin deposit-generating granites. Chem. Erde 46: 213-235.
- Tuttle, O.F., Bowen, N.L., 1958, Origin of granite in the light of experimental studies in the system  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ . Mem. Geol. Soc. Amer. 74: 1-153.
- Wand, U., Beuge, P., 1983, Geologie und Minerogenie der Zinnlagerstätte Ehrenfriedersdorf. ZFI-Mittlg. <Leipzig> 76: 7-44.
- White, A.J.R., Clemens, J.D., Holloway, J.R., Silver, L.T., Chappell, B.W., Wall, V.J., 1986, S-type granites and their probable absence in southwestern North America. Geology 14: 115-118.

Seitman, R., Miller, P., Gottschalk, B., Thomas, R., Lehmann, B., Brier, K., 1994. Pegmatite-silica systems from the Erzgebirge granite province (Central Bohemia) and their transition into hydrothermal mineralization regimes. *Int. Assoc. Geol. Symp.* <Berlin>, Abstr. 11: 357-362.

Seitman, R., Scheider, T., Lehmann, B., 1995. The late-stage granite pegmatite system of Ehrenfriedersdorf, Erzgebirge. *Fraktionierung und magmatische hydrothermale Fraktionierungsprozesse*. 3rd Biennial SGA Meeting <Paris>, Abstr. 4 p.

Seitman, R., Böttner, T., Beyer, I., Geisler, M., Gerstenberger, H., Haase, G., Frickhoff, R., Hander, D., Müller, K., Tetzsch, H.-M., Schürer, H., Scharon, G., Wend, U., Vetter, K., Feigge, P., Tischendorf, G., 1988. Komplexe Isotopengeochemische, geochemische und geochronologische Untersuchungen am Granit von Ehrenfriedersdorf. *Z. Geol. Wiss.*, Berlin, 19: 525-532.

Stracke, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Sol. Rev.* 12: 1-53.

Thomas, R., 1987. Ergebnisse der thermobarometrischen Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen in Mineralen der postmagmatischen Zinn-Wolfram-Mineralisation des Erzgebirges. *Freiburger Forschungsberichte C* 370:1-85.

Thomas, R., 1994. Relation of the viscosity and the water content of silicate melts from melt inclusions. *Can. J. Mineral.* 6: 511-525.

Tischendorf, G., 1988. Siliciumgehalt und Metallogenese der Erzgebirge (compiled by G. Tischendorf). *Veröffentlich. Zentralinstitut Physik Erde <Potsdam>* 107:1-316.

Tischendorf, G., Geisler, M., Gerstenberger, H., Böttner, H., Vögler, F., 1987. Geochemistry of V-shaped granites of the West-Bohemian-Vogelnd region - an example of the deposit-forming granites. *Chem. Erde* 48: 219-225.

Trotter, D. F., Boyer, N. L., 1985. Origin of granite in the light of experimental studies in the system  $K_2Al_2Si_2O_7-KAlSi_3O_8-SiO_2-H_2O$ . *Mem. Geol. Soc. Amer.* 26: 1-153.

Wend, U., Roubé, P., 1983. *Geologie und Mineralogie der Zinnlagerstätte Ehrenfriedersdorf-ZR-Mitt.* <Leipzig> 78: 1-44.

White, A. J., Clemens, J. G., Holloway, J. R., Silver, L. T., Grogan, B. W., Wall, V. J., 1985. B-type granites and their probable absence in southwestern North America. *Geology* 14: 118-118.

Sample	Group	M	SiO <sub>2</sub> wt%	TiO <sub>2</sub> wt%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	MnO wt%	MgO wt%	CaO wt%	Na <sub>2</sub> O wt%	K <sub>2</sub> O wt%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> wt%	LOI wt%	Sum wt%
Granite E'dorf:														
E 22	B	1	74.3	0.02	14.1	1.44	0.05	<0.05	0.78	2.83	4.78	0.47	1.2	100.7
E 21	C <sup>1</sup>	1	74.1	0.03	14.2	1.18	0.06	<0.05	0.42	3.64	4.66	0.38	0.9	99.9
E 23	C <sup>1</sup>	1	74.1	0.03	14.8	1.06	0.03	<0.05	0.46	3.59	4.34	0.42	0.8	100.5
E 24	C <sup>1</sup>	1	73.6	0.02	15.0	1.17	0.03	<0.05	0.57	3.60	4.28	0.54	0.8	100.6
E 26	C <sup>1</sup>	1	74.0	0.02	14.8	0.83	0.06	<0.05	0.32	4.39	4.04	0.58	0.6	100.6
E 32	C <sup>1</sup>	1	73.9	0.03	14.6	1.25	0.05	<0.05	0.53	3.69	4.44	0.49	0.6	100.6
E 1	C <sup>2</sup>	2	73.50	0.038	14.55	0.92	0.03	0.05	0.65	3.56	3.98	0.49	1.36	99.13
E 4	C <sup>2</sup>	2	73.15	0.037	14.73	1.17	0.04	0.03	0.50	3.59	4.21	0.41	1.47	99.33
E 7	C <sup>2</sup>	2	73.33	0.039	14.69	1.06	0.03	<0.02	0.51	3.86	4.18	0.44	1.22	99.35
E 8	C <sup>2</sup>	2	73.74	0.036	14.63	1.04	0.02	0.05	0.53	3.55	3.85	0.42	1.39	99.26
E 9	C <sup>2</sup>	1	73.1	0.03	14.4	0.90	0.02	<0.05	0.46	3.62	4.30	0.37	0.8	98.8
E 10	C <sup>2</sup>	1	73.6	0.02	14.9	0.89	0.03	<0.05	0.51	3.82	4.32	0.51	1.0	100.5
E 11	C <sup>2</sup>	2	73.47	0.038	14.30	1.13	0.03	0.05	0.51	3.83	4.11	0.43	1.48	99.38
E 12	C <sup>2</sup>	2	73.69	0.039	14.48	1.21	0.03	<0.02	0.48	3.46	4.05	0.42	1.46	99.32
E 25	C <sup>2</sup>	1	74.9	0.03	14.2	0.97	0.04	<0.05	0.39	3.85	4.29	0.36	0.7	100.0
E 27	C <sup>2</sup>	1	75.1	0.04	13.7	1.38	0.06	<0.05	0.56	3.53	4.23	0.36	0.8	100.4
E 28	C <sup>2</sup>	1	74.4	0.04	14.0	1.12	0.06	<0.05	0.42	3.57	4.59	0.35	0.5	99.2
E 2	C <sup>3</sup>	2	72.55	0.027	15.26	1.00	0.04	<0.02	0.59	4.12	3.68	0.54	1.36	99.17
E 3	C <sup>3</sup>	1	73.0	0.02	15.3	0.62	0.03	<0.05	0.62	4.21	3.93	0.58	0.7	100.2
E 5	C <sup>3</sup>	1	74.7	0.01	15.0	0.95	0.03	<0.05	0.28	3.79	3.92	0.23	1.1	100.1
E 6	C <sup>3</sup>	2	72.84	0.028	15.00	0.89	0.04	0.03	0.58	4.30	3.69	0.52	1.28	99.19
E 13	C <sup>3</sup>	1	73.7	0.03	14.8	0.91	0.04	<0.05	0.48	3.96	4.15	0.45	0.8	100.0
E 14	C <sup>3</sup>	1	74.6	0.03	14.5	0.89	0.02	<0.05	0.41	3.71	4.39	0.39	0.8	100.5
E 20	D <sup>1</sup>	1	73.2	0.01	15.6	0.59	0.04	<0.05	0.52	4.81	3.72	0.67	0.6	100.7
Granite Annaberg:														
E 29	A	1	75.1	0.10	13.1	2.34	0.04	<0.05	0.43	2.80	4.84	0.25	0.6	100.1
E 93	A	1	75.2	0.09	13.2	2.22	0.05	<0.05	0.45	2.78	4.52	0.27	0.6	100.1
E 94	A	1	74.6	0.09	13.2	2.22	0.04	<0.05	0.43	2.97	5.08	0.21	0.5	99.9
E 30	B	1	74.0	0.03	14.4	0.92	0.04	<0.05	0.44	3.46	4.88	0.53	0.6	99.7
E 31	B	1	76.0	0.07	13.1	1.31	0.03	<0.05	0.35	3.57	4.26	0.31	0.5	100.0
E 95	B	1	75.3	0.06	13.6	1.32	0.04	<0.05	0.41	3.59	4.50	0.36	0.4	100.1
E 96	B	1	74.9	0.06	13.9	1.28	0.04	<0.05	0.39	3.62	4.70	0.34	0.6	100.2
E 90	C <sup>2</sup>	1	74.8	0.04	14.2	1.27	0.05	<0.05	0.52	3.41	3.96	0.41	0.5	100.3
E 100	C <sup>2</sup>	1	73.8	0.02	15.1	0.81	0.04	<0.05	0.42	3.85	4.22	0.48	0.5	100.5
E 97	D <sup>1</sup>	1	73.3	0.02	15.2	0.89	0.06	<0.05	0.34	4.17	4.24	0.55	0.8	100.7
E 98	D <sup>1</sup>	1	73.3	0.01	15.5	0.84	0.07	<0.05	0.29	4.26	4.17	0.57	0.5	100.8
Microgranite E'dorf:														
E 15	D <sup>1</sup>	1	73.7	0.01	14.9	1.22	0.03	<0.05	0.65	3.38	3.69	0.49	1.2	100.2
E 19	D <sup>1</sup>	1	73.6	0.01	14.3	1.05	0.03	<0.05	0.39	4.16	3.74	0.33	1.0	98.8
E 67	D <sup>1</sup>	2	73.90	0.017	14.49	1.30	0.04	0.04	0.36	4.13	3.16	0.30	1.80	99.54
E 68	D <sup>1</sup>	2	73.49	0.017	14.75	1.32	0.04	<0.02	0.52	5.16	2.08	0.36	1.48	99.22
E 75	D <sup>1</sup>	2	71.86	0.018	15.48	0.94	0.06	<0.02	0.57	4.45	3.80	0.69	1.23	99.09
E 74	C*	2	70.41	0.053	15.73	1.77	0.06	0.07	0.58	2.50	5.68	0.30	1.92	99.07
Aplite E'dorf (Stockscheider):														
E 16	D <sup>1</sup>	1	72.0	0.03	16.4	1.79	0.04	<0.05	0.41	3.10	4.30	0.34	1.3	100.4
E 77	D <sup>1</sup>	2	67.39	0.025	17.61	1.55	0.05	0.02	0.67	3.66	5.89	0.77	1.26	98.90
E 79	D <sup>1</sup>	2	69.59	0.095	16.23	1.83	0.03	0.07	0.39	3.73	4.91	0.35	1.83	99.06
E 80	D <sup>1</sup>	2	73.33	0.105	13.42	2.17	0.04	0.12	0.41	2.94	5.26	0.34	1.35	99.58
Aplite E'dorf (Dyke):														
E 43	D <sup>2</sup>	2	72.59	0.015	15.20	1.87	0.06	0.04	0.59	4.62	2.09	0.35	1.79	99.22
E 45	D <sup>2</sup>	2	72.44	0.016	15.14	1.42	0.07	0.03	0.99	4.51	2.31	0.76	1.67	99.35
E 50	D <sup>2</sup>	2	71.71	0.019	15.65	1.70	0.08	<0.02	1.00	4.42	1.78	0.78	1.80	98.94
E 52	D <sup>2</sup>	2	73.73	0.015	14.89	1.20	0.05	0.04	0.97	4.84	1.14	0.50	1.61	98.98
E 53 I	D <sup>2</sup>	2	67.48	0.020	17.84	2.57	0.08	0.05	2.15	2.82	1.32	0.90	3.58	98.81
E 53 II	D <sup>2</sup>	2	73.00	0.017	14.77	1.82	0.06	<0.02	0.84	4.89	1.53	0.55	1.98	99.46
E 53 III	D <sup>2</sup>	2	71.47	0.015	17.44	1.18	0.04	<0.02	0.42	4.78	1.69	0.34	1.63	99.00

Year	Age	Sex	Weight (kg)	Length (cm)	Wing (cm)	Tarsus (cm)	Middle toe (cm)	Bill (cm)	Clayton (cm)	Alar extent (cm)	Wing area (cm²)	Wing loading (N/m²)	Wing beat frequency (beats/min)	Wing beat amplitude (cm)	Wing beat period (s)	Wing beat frequency (beats/min)	Wing beat amplitude (cm)	Wing beat period (s)
1991	1.1	♀	0.47	17.8	10.2	6.1	3.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.50	18.2	10.5	6.3	3.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.52	18.5	10.7	6.4	3.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.55	19.0	11.0	6.6	3.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.58	19.5	11.3	6.8	3.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.60	20.0	11.5	7.0	3.6	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.62	20.5	11.8	7.2	3.7	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.65	21.0	12.0	7.4	3.8	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.68	21.5	12.3	7.6	3.9	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.70	22.0	12.5	7.8	4.0	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.72	22.5	12.8	8.0	4.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.75	23.0	13.0	8.2	4.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.78	23.5	13.3	8.4	4.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.80	24.0	13.5	8.6	4.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.82	24.5	13.8	8.8	4.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.85	25.0	14.0	9.0	4.6	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.88	25.5	14.3	9.2	4.7	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.90	26.0	14.5	9.4	4.8	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.92	26.5	14.8	9.6	4.9	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	0.95	27.0	15.0	9.8	5.0	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	0.98	27.5	15.3	10.0	5.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.00	28.0	15.5	10.2	5.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.02	28.5	15.8	10.4	5.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.05	29.0	16.0	10.6	5.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.08	29.5	16.3	10.8	5.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.10	30.0	16.5	11.0	5.6	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.12	30.5	16.8	11.2	5.7	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.15	31.0	17.0	11.4	5.8	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.18	31.5	17.3	11.6	5.9	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.20	32.0	17.5	11.8	6.0	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.22	32.5	17.8	12.0	6.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.25	33.0	18.0	12.2	6.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.28	33.5	18.3	12.4	6.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.30	34.0	18.5	12.6	6.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.32	34.5	18.8	12.8	6.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.35	35.0	19.0	13.0	6.6	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.38	35.5	19.3	13.2	6.7	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.40	36.0	19.5	13.4	6.8	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.42	36.5	19.8	13.6	6.9	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.45	37.0	20.0	13.8	7.0	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.48	37.5	20.3	14.0	7.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.50	38.0	20.5	14.2	7.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.52	38.5	20.8	14.4	7.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.55	39.0	21.0	14.6	7.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.58	39.5	21.3	14.8	7.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.60	40.0	21.5	15.0	7.6	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.62	40.5	21.8	15.2	7.7	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.65	41.0	22.0	15.4	7.8	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.68	41.5	22.3	15.6	7.9	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.70	42.0	22.5	15.8	8.0	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.72	42.5	22.8	16.0	8.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.75	43.0	23.0	16.2	8.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.78	43.5	23.3	16.4	8.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.80	44.0	23.5	16.6	8.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.82	44.5	23.8	16.8	8.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.85	45.0	24.0	17.0	8.6	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.88	45.5	24.3	17.2	8.7	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.90	46.0	24.5	17.4	8.8	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.92	46.5	24.8	17.6	8.9	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	1.95	47.0	25.0	17.8	9.0	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	1.98	47.5	25.3	18.0	9.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.00	48.0	25.5	18.2	9.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	2.02	48.5	25.8	18.4	9.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.05	49.0	26.0	18.6	9.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	2.08	49.5	26.3	18.8	9.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.10	50.0	26.5	19.0	9.6	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	2.12	50.5	26.8	19.2	9.7	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.15	51.0	27.0	19.4	9.8	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	2.18	51.5	27.3	19.6	9.9	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.20	52.0	27.5	19.8	10.0	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	2.22	52.5	27.8	20.0	10.1	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.25	53.0	28.0	20.2	10.2	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	2.28	53.5	28.3	20.4	10.3	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.30	54.0	28.5	20.6	10.4	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♀	2.32	54.5	28.8	20.8	10.5	0.8	0.1	1.1	0.5	0.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8
1991	1.1	♂	2.35	55.0	29.0	21.0	10.6											



Sample	Group	As ppm	Au ppb	Ba ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm	Cs ppm	Cu ppm	Dy ppm	Er ppm	Eu ppm	F ppm	Ga ppm	Gd ppm
Granite E'dorf:															
22	B	20.0	<2	268	6.37	8	14	64.8	93	1.250	0.338	0.035	6515	-	0.876
21	C <sup>1</sup>	4.6	<2	86	3.91	11	<8	67.9	16	1.280	0.410	<0,02	4010	-	0.740
23	C <sup>1</sup>	11.0	<2	86	4.43	10	8	95.7	14	1.430	0.460	0.012	4545	-	1.060
24	C <sup>1</sup>	11.0	<2	79	2.90	10	<8	63.0	20	1.020	0.320	<0,02	4420	-	0.720
26	C <sup>1</sup>	-	-	58	1.73	10	23	73.6	25	0.630	0.170	<0,02	4650	-	0.410
32	C <sup>1</sup>	823.0	<5	72	4.13	15	<8	71.0	5	1.620	0.490	<0,02	4380	-	1.040
1	C <sup>2</sup>	7.4	<2	522	3.85	<7	<7	49.9	<10	1.250	0.420	<0,02	4440	41	0.730
4	C <sup>2</sup>	4.3	<2	34	3.91	<7	<7	64.7	<10	1.480	0.430	<0,02	3400	43	0.930
7	C <sup>2</sup>	6.4	<2	37	3.21	<7	<7	71.2	<10	1.180	0.377	0.005	4845	40	0.724
8	C <sup>2</sup>	60.1	<2	39	3.89	<7	<7	57.3	<10	1.400	0.430	<0,02	4660	42	0.940
9	C <sup>2</sup>	107.0	<2	93	3.67	9	<8	53.1	<8	1.530	0.417	0.016	4575	-	0.865
10	C <sup>2</sup>	115.0	2	65	3.23	12	<8	57.8	<8	1.150	0.380	<0,02	4150	-	0.740
11	C <sup>2</sup>	9.0	<2	34	3.76	9	<7	65.8	<10	1.310	0.430	<0,02	4160	43	0.790
12	C <sup>2</sup>	34.0	<2	35	3.20	<7	<7	71.5	<10	1.000	0.310	<0,02	4545	41	0.690
25	C <sup>2</sup>	-	-	42	4.11	18	17	56.0	<8	1.330	0.420	<0,02	3290	-	0.950
27	C <sup>2</sup>	109.0	<2	71	4.71	14	8	54.7	25	1.920	0.580	<0,02	4205	-	1.250
28	C <sup>2</sup>	13.0	<2	57	4.93	17	17	50.3	<8	1.630	0.480	<0,02	2785	-	1.070
2	C <sup>3</sup>	1.4	<2	28	2.29	<7	<7	50.3	<10	0.930	0.210	<0,02	3930	43	0.640
3	C <sup>3</sup>	5.9	<2	15	2.90	13	8	43.6	13	1.170	0.330	<0,02	3615	-	0.790
5	C <sup>3</sup>	2.0	<2	65	2.20	9	<8	25.5	13	0.731	0.153	0.005	1770	-	0.541
6	C <sup>3</sup>	29.0	<2	28	2.39	9	<7	39.8	<10	1.040	0.260	<0,02	3885	43	0.710
13	C <sup>3</sup>	40.0	<2	71	4.80	15	17	119.0	<8	1.470	0.460	<0,02	4530	-	1.020
14	C <sup>3</sup>	20.0	<2	43	3.76	13	<8	113.0	<8	1.290	0.400	0.050	4465	-	0.890
20	D <sup>1</sup>	5.1	<2	66	1.37	8	<8	42.2	<8	0.610	0.140	<0,02	3540	-	0.420
Granite Annaberg:															
29	A	15.0	<2	60	21.10	17	19	93.1	10	3.600	1.280	0.075	3880	-	2.950
33	A	6.4	<2	82		10	85		11				3735	-	
34	A	18.0	<2	96		<8	25		<8				2950	-	
30	B	5.0	<2	36	6.31	<8	12	65.8	11	1.890	0.580	0.013	2925	-	1.360
31	B	2.6	<2	62	14.70	<8	<8	127.0	<8	2.640	0.860	0.058	3730	-	2.120
35	B	5.2	<2	84		14	23		<8				2478	-	
36	B	4.6	4	106		18	19		<8				2860	-	
39	C <sup>2</sup>	187.0	<2	92		11	113		15				3337	-	
100	C <sup>2</sup>	19.0	<2	86		<8	19		10				3411	-	
97	D <sup>1</sup>	21.0	<2	65		8	37		<8				3648	-	
98	D <sup>1</sup>	16.0	<2	44		11	35		<8				4183	-	
Microgranite E'dorf:															
15	D <sup>1</sup>	617.0	<2	1583	1.85	13	<8	47.7	<8	0.640	0.160	<0,02	4165	-	0.440
19	D <sup>1</sup>	71.5	<2	93	2.22	8	<8	30.7	39	0.740	0.160	<0,02	2930	-	0.590
67	D <sup>1</sup>	22.0	<2	42	2.77	<7	<7	26.7	65	0.770	0.180	<0,02	2482	45	0.560
68	D <sup>1</sup>	16.0	<2	39	1.79	<7	10	32.1	59	0.760	0.170	<0,02	3259	47	0.500
75	D <sup>1</sup>	2.6	<2	31	1.56	<7	8	42.8	<10	0.630	0.170	<0,02	2929	43	0.440
74	C*	20.0	4	42	3.63	<7	<7	59.0	13	1.660	0.440	<0,02	4736	48	1.020
Gneiss E'dorf (Stockscheider):															
16	D <sup>1</sup>	22.0	6	71	3.08	14	<8	55.0	53	1.180	0.320	<0,02	4310	-	0.750
77	D <sup>1</sup>	3.4	<2	38	0.84	<7	<7	53.5	21	0.350	0.100	<0,02	3759	57	0.210
79	D <sup>1</sup>	27.0	<2	29	6.94	<7	<7	80.4	26	2.570	0.720	<0,02	4669	52	1.670
80	D <sup>1</sup>	54.5	<2	47	5.02	<7	8	132.0	19	1.600	0.460	<0,02	4789	39	1.150
Gneiss E'dorf (Dyke):															
43	D <sup>2</sup>	115.0	<2	43	0.85	<7	<7	29.3	<10	0.094	0.039	0.075	3990	57	0.091
45	D <sup>2</sup>	24.0	<2	44	1.44	<7	16	31.4	<10	0.140	0.056	0.148	3880	57	0.180
50	D <sup>2</sup>	14.0	<2	44	1.55	<7	<7	37.0	<10	0.240	0.130	0.160	4192	55	0.240
52	D <sup>2</sup>	772.0	<6	40	0.36	<7	<7	32.5	<10	0.042	0.021	0.045	4945	49	0.043
53 I	D <sup>2</sup>	197.0	<5	25	0.39	<7	<7	28.6	13	0.073	0.033	0.053	9924	53	0.087
53 II	D <sup>2</sup>	78.5	<2	30	0.44	<7	<7	37.2	<10	0.100	0.033	0.082	4262	61	0.150
53 III	D <sup>2</sup>	80.2	<2	34	0.75	<7	<7	26.4	<10	0.065	0.028	0.047	2697	60	0.080





Sample Group	Hf ppm	Ho ppm	La ppm	Lu ppm	Mo ppm	Nb ppm	Nd ppm	Ni ppm	Pb ppm	Pr ppm	Rb ppm	Sb ppm	Sc ppm	Sr ppm
E'dorf:														
B	1.42	0.154	3.51	0.034	1	38	2.30	18	7.80	0.71	1200	1.1	-	0.83
C <sup>1</sup>	2.18	0.18	1.64	0.046	<1	30	1.63	11	4.98	0.49	1223	0.3	-	0.63
C <sup>1</sup>	2.04	0.203	1.62	0.054	2	36	2.05	17	10.80	0.61	1130	0.4	-	0.91
C <sup>1</sup>	1.77	0.13	1.15	0.033	2	36	1.34	13	5.91	0.39	1141	0.5	-	0.59
C <sup>1</sup>	2.43	0.07	0.67	0.020	-	50	0.78	20	6.77	0.25	1709	-	-	0.43
C <sup>1</sup>	2.07	0.22	1.58	0.054	<1	32	1.97	14	5.95	0.56	1250	0.3	-	0.92
C <sup>2</sup>	2.22	0.18	1.75	0.040	3	35	1.67	<7	13.50	0.48	1160	0.3	3	0.71
C <sup>2</sup>	2.08	0.19	1.49	0.045	2	23	1.85	<7	8.35	0.51	1260	0.2	3	0.88
C <sup>2</sup>	1.78	0.15	1.30	0.035	3	28	1.37	<7	7.50	0.43	1230	0.3	4	0.65
C <sup>2</sup>	1.97	0.2	1.51	0.045	2	24	1.83	<7	5.17	0.51	1157	0.3	4	0.83
C <sup>2</sup>	1.91	0.182	1.44	0.046	2	25	1.64	15	7.20	0.48	1115	0.3	-	0.81
C <sup>2</sup>	2.36	0.15	1.20	0.042	2	34	1.40	16	6.96	0.42	1198	0.3	-	0.66
C <sup>2</sup>	2.38	0.17	1.50	0.043	2	26	1.75	<7	9.53	0.51	1193	0.3	4	0.77
C <sup>2</sup>	1.63	0.13	1.28	0.033	3	26	1.41	<7	8.32	0.42	1259	0.4	3	0.64
C <sup>2</sup>	1.97	0.19	1.61	0.037	-	26	1.88	16	5.97	0.54	977	-	-	0.81
C <sup>2</sup>	2.30	0.27	2.02	0.056	<1	28	2.19	21	6.69	0.60	1004	0.8	-	0.95
C <sup>2</sup>	2.14	0.22	1.93	0.042	<1	28	2.18	14	6.24	0.63	1006	0.5	-	0.90
C <sup>3</sup>	1.58	0.11	0.75	0.022	2	31	0.99	<7	4.76	0.31	1231	0.2	4	0.63
C <sup>3</sup>	2.17	0.16	1.06	0.038	5	35	1.37	13	5.44	0.41	1133	0.4	-	0.77
C <sup>3</sup>	1.68	0.074	0.90	0.024	2	49	0.93	9	1.70	0.28	971	0.2	-	0.50
C <sup>3</sup>	2.14	0.11	0.81	0.030	3	30	1.14	<7	5.51	0.32	1085	0.2	3	0.67
C <sup>3</sup>	2.39	0.21	1.75	0.047	3	33	2.20	15	9.67	0.65	1196	0.5	-	0.97
C <sup>3</sup>	2.29	0.17	1.55	0.045	<1	33	1.73	12	17.00	0.51	1216	0.6	-	0.77
D <sup>1</sup>	2.32	0.066	0.46	0.017	2	54	0.61	19	4.06	0.19	1493	0.2	-	0.41
Annaberg:														
A	2.95	0.54	9.06	0.120	<1	16	9.71	13	6.94	2.64	851	0.6	-	2.87
A					4	22		23				0.6	-	
A					2	16		18				0.7	-	
B	2.06	0.25	2.38	0.059	2	32	3.02	14	6.98	0.83	1092	0.5	-	1.25
B	2.73	0.41	6.33	0.080	<1	20	6.61	15	10.70	1.83	875	0.9	-	1.99
B					4	21		15				0.9	-	
B					3	20		17				0.8	-	
C <sup>2</sup>					3	24		18				0.4	-	
C <sup>2</sup>					2	27		17				0.8	-	
D <sup>1</sup>					2	36		18				0.8	-	
D <sup>1</sup>					3	35		15				1.1	-	
Porphyry E'dorf:														
D <sup>1</sup>	2.41	0.073	0.89	<0.05	3	51	0.75	16	18.10	0.23	1097	0.1	-	0.42
D <sup>1</sup>	2.72	0.073	0.74	0.022	2	47	1.14	14	10.90	0.32	958	0.3	-	0.63
D <sup>1</sup>	2.88	0.081	0.92	0.023	2	52	1.36	10	6.10	0.39	859	0.5	<2	0.63
D <sup>1</sup>	2.77	0.081	0.58	0.021	3	36	0.98	<7	10.20	0.26	678	0.4	2	0.61
D <sup>1</sup>	2.33	0.076	0.52	0.021	<1	46	0.67	12	4.16	0.21	1417	0.5	3	0.47
C*	1.74	0.2	1.24	0.047	2	36	1.74	10	5.86	0.49	1495	0.5	7	0.94
Stockscheider:														
D <sup>1</sup>	2.03	0.14	1.15	0.032	4	47	1.43	17	16.30	0.40	1157	0.3	-	0.73
D <sup>1</sup>	2.19	0.037	0.34	0.017	<1	69	0.31	10	6.42	0.10	1785	0.5	2	0.21
D <sup>1</sup>	1.72	0.33	2.38	0.075	<1	42	3.32	10	7.09	0.94	1416	0.6	11	1.60
D <sup>1</sup>	1.24	0.2	1.90	0.045	4	35	2.42	14	7.86	0.67	1320	0.8	6	1.04
Dyke:														
D <sup>2</sup>	2.10	0.014	0.67	0.005	5	67	0.29	8	13.00	0.08	616	0.4	3	0.07
D <sup>2</sup>	2.34	0.024	0.97	0.008	4	66	0.60	19	7.61	0.16	662	0.4	2	0.17
D <sup>2</sup>	2.05	0.039	0.97	0.014	7	64	0.70	12	4.94	0.17	639	0.3	2	0.18
D <sup>2</sup>	1.75	0.007	0.24	0.004	24	71	0.16	8	3.59	0.04	439	0.3	<2	0.05
D <sup>2</sup>	2.48	0.01	0.20	0.003	13	79	0.26	8	2.50	0.06	510	0.1	3	0.08
D <sup>2</sup>	2.02	0.015	0.25	0.003	4	58	0.25	17	3.05	0.06	578	0.2	3	0.11
D <sup>2</sup>	2.21	0.008	0.50	0.004	6	58	0.31	8	4.00	0.09	525	0.3	<2	0.08

St	Sc	Sp	Sr	Ft	Fp	Ml	Md	Mo	Mp	Lw	Lz	Ho	Hl	Hp
0.83	-	1.1	1280	0.71	7.80	18	2.30	30	1	0.034	3.81	0.164	1.42	0.164
0.83	-	0.9	1223	0.48	4.88	14	1.83	30	1	0.048	1.84	0.048	2.18	0.18
0.91	-	0.4	1130	0.81	10.80	17	2.03	88	2	0.074	1.85	0.074	2.04	0.203
0.88	-	0.2	1147	0.89	8.87	19	1.84	88	2	0.083	1.13	0.083	1.77	0.18
0.43	-	-	1203	0.22	8.77	30	0.78	80	-	0.030	0.87	0.030	2.43	0.07
0.82	-	0.3	1280	0.88	8.88	14	1.87	32	1	0.064	1.85	0.064	1.07	0.22
0.71	3	0.3	1180	0.48	4.88	17	1.87	32	2	0.040	1.75	0.040	2.22	0.18
0.88	3	0.2	1280	0.81	8.81	17	1.83	28	2	0.048	1.43	0.048	2.08	0.18
0.83	4	0.3	1200	0.43	4.30	17	1.87	28	1	0.088	1.20	0.088	1.78	0.15
0.83	4	0.3	1187	0.81	8.17	17	1.83	24	1	0.048	1.81	0.048	1.87	0.2
0.81	-	0.3	1178	0.40	4.00	18	1.84	28	1	0.048	1.44	0.048	1.97	0.185
0.88	-	0.3	1188	0.43	4.33	18	1.40	24	1	0.045	1.20	0.045	2.38	0.16
0.73	4	0.3	1188	0.81	8.81	17	1.75	28	2	0.043	1.80	0.043	2.38	0.17
0.84	3	0.8	1088	0.43	4.33	17	1.47	28	2	0.083	1.28	0.083	1.88	0.18
0.81	-	-	877	0.81	8.81	18	1.88	28	1	0.037	1.81	0.037	1.87	0.18
0.82	-	0.8	1004	0.80	8.80	31	2.18	28	1	0.088	2.02	0.088	1.30	0.22
0.80	-	0.8	1006	0.83	8.33	14	2.18	28	1	0.045	1.23	0.045	2.14	0.22
0.83	4	0.2	1237	0.31	3.10	17	0.89	31	2	0.022	0.78	0.022	1.28	0.11
0.77	-	0.4	1188	0.41	4.11	18	1.32	38	1	0.088	1.08	0.088	2.12	0.18
0.80	-	0.3	871	0.78	7.78	8	0.83	48	2	0.024	0.86	0.024	1.08	0.074
0.87	3	0.3	1088	0.32	3.22	17	1.14	30	2	0.030	0.81	0.030	2.14	0.11
0.87	-	0.8	1188	0.81	8.81	18	2.20	33	2	0.027	1.28	0.027	2.88	0.21
0.77	-	0.8	1078	0.81	8.10	12	1.78	32	1	0.042	1.28	0.042	2.38	0.18
0.41	-	0.3	1188	0.18	1.88	18	0.81	28	2	0.015	0.48	0.015	2.32	0.088
3.87	-	0.8	881	2.84	2.84	18	0.84	18	1	0.120	8.08	0.120	2.88	0.84
1.38	-	0.7	-	-	-	18	-	18	2	-	-	-	-	-
1.88	-	0.8	1088	0.83	8.83	14	0.88	32	2	0.088	2.38	0.088	2.08	0.28
-	-	0.8	878	1.83	1.83	18	0.81	30	1	0.080	6.23	0.080	2.78	0.41
-	-	0.8	-	-	-	18	-	21	4	-	-	-	-	-
-	-	0.8	-	-	-	17	-	30	1	-	-	-	-	-
-	-	0.8	-	-	-	18	-	24	2	-	-	-	-	-
-	-	0.8	-	-	-	17	-	27	2	-	-	-	-	-
-	-	0.8	-	-	-	18	-	38	2	-	-	-	-	-
-	-	1.1	-	-	-	18	-	38	2	-	-	-	-	-
0.43	-	0.1	1097	0.83	8.33	18	1.10	51	2	0.058	0.83	0.058	2.41	0.023
0.83	-	0.3	883	0.32	3.22	14	1.14	43	2	0.022	0.74	0.022	2.72	0.023
0.83	<3	0.8	888	0.70	7.00	10	1.38	52	2	0.023	0.84	0.023	2.88	0.081
0.81	2	0.4	878	0.28	2.78	<7	0.88	38	2	0.027	0.88	0.027	2.77	0.081
0.47	3	0.8	1417	0.21	2.17	12	0.87	48	1	0.021	0.82	0.021	2.33	0.026
0.84	7	0.8	1482	0.48	4.82	10	1.24	38	2	0.047	1.24	0.047	1.24	0.2
0.73	-	0.3	1187	0.40	4.00	17	1.43	43	1	0.022	1.18	0.022	2.08	0.14
0.21	3	0.8	1288	0.10	1.00	18	0.81	88	1	0.017	0.24	0.017	2.18	0.022
1.80	11	0.8	1418	0.84	8.48	18	2.32	43	1	0.025	2.38	0.025	1.72	0.38
1.04	8	0.8	1220	0.87	8.78	14	2.82	42	1	0.018	1.88	0.018	1.28	0.2
0.87	-	0.4	818	0.88	8.88	8	0.88	8	2	0.088	0.87	0.088	2.10	0.014
0.13	2	0.4	832	0.18	1.88	18	0.80	88	4	0.088	0.87	0.088	2.84	0.024
0.18	2	0.3	828	0.17	1.78	12	0.70	84	2	0.014	0.87	0.014	2.08	0.028
0.88	<3	0.3	428	0.04	0.04	8	0.88	27	2	0.094	0.24	0.094	1.28	0.007
0.80	2	0.1	818	0.88	8.88	8	0.88	18	2	0.008	0.80	0.008	2.42	0.01
0.11	3	0.2	828	0.88	8.88	17	0.22	48	4	0.088	0.28	0.088	2.02	0.018
0.88	<3	0.2	828	0.88	8.88	8	0.88	8	2	0.088	0.80	0.088	2.21	0.008

Sample	Group	Sn ppm	Sr ppm	Ta ppm	Tb ppm	Th ppm	Tm ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	Yb ppm	Zn ppm	Zr ppm
Granite E'dorf:														
22	B	<40	51.30	15.0	0.214	2.51	0.044	10.6	<15	18	5.18	0.290	59	22.0
21	C <sup>1</sup>	<40	22.10	14.0	0.200	4.99	0.064	13.1	<15	11	6.39	0.350	50	32.0
23	C <sup>1</sup>	40	12.00	18.0	0.243	6.32	0.050	17.4	<15	18	7.56	0.398	56	32.9
24	C <sup>1</sup>	51	40.80	17.0	0.170	2.45	0.042	8.8	<15	27	4.78	0.310	51	27.8
26	C <sup>1</sup>	201	17.30	-	0.110	2.79	0.020	20.5	<15	-	3.09	0.180	106	30.1
32	C <sup>1</sup>	58	38.40	12.0	0.260	6.35	0.074	29.9	<15	11	8.53	0.420	56	35.0
1	C <sup>2</sup>	19	43.50	15.0	0.200	6.04	0.059	26.9	<10	19	6.95	0.380	34	33.8
4	C <sup>2</sup>	20	68.00	10.0	0.240	5.85	0.065	26.8	<10	7	7.30	0.410	43	32.8
7	C <sup>2</sup>	19	25.70	10.0	0.190	6.43	0.038	24.9	<10	16	5.69	0.304	44	30.0
8	C <sup>2</sup>	24	19.70	9.2	0.250	5.60	0.060	24.4	<10	27	7.14	0.410	34	31.4
9	C <sup>2</sup>	<40	14.90	11.0	0.248	5.13	0.048	25.6	<15	18	7.54	0.410	35	32.8
10	C <sup>2</sup>	<40	32.30	14.0	0.200	4.61	0.059	27.0	<15	31	6.04	0.360	40	36.8
11	C <sup>2</sup>	35	36.50	12.0	0.220	5.07	0.058	30.4	<10	27	6.45	0.380	38	39.8
12	C <sup>2</sup>	287	23.40	9.4	0.180	2.63	0.039	28.3	<10	37	4.60	0.250	60	30.1
25	C <sup>2</sup>	40	8.12	-	0.250	4.82	0.054	27.7	<15	-	7.25	0.340	42	32.4
27	C <sup>2</sup>	44	17.90	10.0	0.300	6.54	0.078	16.4	<15	8	9.86	0.480	44	39.4
28	C <sup>2</sup>	65	10.50	12.0	0.260	5.80	0.059	36.8	<15	7	8.05	0.400	46	34.6
2	C <sup>3</sup>	20	38.70	15.0	0.190	4.40	0.034	19.3	<10	31	4.73	0.220	33	21.6
3	C <sup>3</sup>	3255	45.60	19.0	0.220	2.75	0.047	26.7	<15	29	5.81	0.320	23	33.2
5	C <sup>3</sup>	<40	8.90	16.0	0.145	4.33	0.019	3.1	<15	4	3.64	0.185	44	22.3
6	C <sup>3</sup>	14	24.00	12.0	0.180	4.00	0.042	25.1	<10	48	5.06	0.260	28	30.8
13	C <sup>3</sup>	87	33.70	18.0	0.250	7.72	0.063	24.5	<15	17	7.45	0.420	37	35.8
14	C <sup>3</sup>	83	15.89	14.0	0.210	5.74	0.061	28.4	<15	12	6.43	0.350	28	35.0
20	D <sup>1</sup>	86	42.20	23.0	0.110	3.89	0.020	21.5	<15	9	2.88	0.150	65	25.9
Granite Annaberg:														
29	A	66	16.50	4.5	0.620	13.40	0.170	28.6	<15	3	19.00	0.950	46	82.6
93	A	<40		4.4					<15	4			54	
94	A	<40		4.5					<15	4			41	
30	B	<40	17.50	11.0	0.340	6.31	0.078	27.1	<15	15	10.30	0.480	29	37.0
31	B	<40	10.30	5.6	0.460	10.20	0.110	29.9	<15	17	14.30	0.630	40	67.7
95	B	<40		10.0					<15	24			45	
96	B	<40		7.8					<15	21			42	
90	C <sup>2</sup>	<40		11.0					<15	41			167	
100	C <sup>2</sup>	47		11.0					<15	33			34	
97	D <sup>1</sup>	<40		11.0					<15	46			48	
98	D <sup>1</sup>	<40		11.0					<15	42			44	
Microgranite E'dorf:														
15	D <sup>1</sup>	<40	72.10	22.0	0.120	4.53	0.020	20.4	<15	10	3.18	0.150	43	26.5
19	D <sup>1</sup>	57	18.90	27.0	0.140	4.59	0.022	20.0	<15	11	3.60	0.170	53	27.9
67	D <sup>1</sup>	41	26.00	34.0	0.140	5.00	0.023	22.3	<10	12	3.71	0.200	75	28.8
68	D <sup>1</sup>	24	26.80	20.0	0.140	5.30	0.028	20.6	<10	10	3.76	0.180	46	28.5
75	D <sup>1</sup>	39	53.30	33.0	0.130	4.64	0.023	21.4	<10	31	3.65	0.180	52	25.0
74	C*	33	11.80	10.0	0.300	7.44	0.062	24.8	<10	43	8.29	0.390	55	26.6
Aplite E'dorf (Stockscheider):														
16	D <sup>1</sup>	51	27.00	15.0	0.210	5.04	0.049	23.9	<15	13	5.89	0.310	79	27.8
77	D <sup>1</sup>	72	66.20	29.0	0.060	3.66	0.015	26.0	<10	75	1.62	0.120	76	28.1
79	D <sup>1</sup>	37	6.96	7.3	0.470	11.50	0.100	34.6	<10	21	12.90	0.620	80	30.8
80	D <sup>1</sup>	31	17.30	7.9	0.270	7.11	0.061	20.5	<10	23	7.75	0.370	90	21.5
Aplite E'dorf (Dyke):														
43	D <sup>2</sup>	99	34.90	34.0	0.017	8.17	0.002	18.2	<10	106	0.61	0.040	83	21.2
45	D <sup>2</sup>	26	42.50	34.0	0.028	4.47	0.009	16.5	<10	155	1.04	0.067	60	22.3
50	D <sup>2</sup>	60	43.10	31.0	0.035	4.84	0.013	18.8	<10	110	1.59	0.150	49	20.5
52	D <sup>2</sup>	142	80.70	39.0	0.006	4.07	0.003	17.7	<10	119	0.24	0.026	303	19.0
53 I	D <sup>2</sup>	41	64.70	44.0	0.012	1.20	0.002	15.0	11	634	0.32	0.030	83	23.4
53 II	D <sup>2</sup>	46	49.50	33.0	0.018	3.06	0.004	21.1	<10	224	0.49	0.033	102	19.5
53 III	D <sup>2</sup>	29	59.30	32.0	0.008	5.42	0.004	17.0	<10	57	0.41	0.029	67	20.4







Zentralbibliothek  
GFZ Potsdam B 103

000190046

