

GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM
STIFTUNG DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

Horst Kämpf
Axel Höhndorf

Geochronologie
Wohlthat - Massiv, Antarktika

DFG-Ergebnisbericht

Scientific Technical Report STR95/05

DOI: <http://doi.org/10.2312/GFZ.b103-95054>
URN: urn:nbn:de:kobv:b103-95054

Impressum

GeoForschungsZentrum Potsdam
Telegrafenberg A 17
D-14473 Potsdam

Gedruckt in Potsdam
Mai 1995

Abschlußbericht

DFG-Geschäftszeichen Ka 902/2-1, Ca 137/2-1

Geochronologie Wohlthat-Massiv, Antarktika

H. Kämpf¹ und A. Höhndorf²

1) GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg A 17, 14473 Potsdam

2) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover, Stilleweg 2,
30655 Hannover

20. Mai 1995

Radiogeochronologische Untersuchungen an Gesteinen (Metamorphite, Magmatite, Ganggesteine) und Mineralen (Titanit, Granat, Pyroxen und Plagioklas) des Wohlthat- Massivs, (Ostantarktika) mittels Sm/Nd-, U/Pb-, Rb/Sr- und K/Ar-Methode

**Dr. H. Kämpf, GeoForschungsZentrum Potsdam,
Dr. A. Höndorf, BGR Hannover
Geschäftszeichen: II C 7 -Ca 137/2-1 und II C 7 -Ka 902/2-1**

Gliederung	Seite
Verzeichnis der Abbildungen, Tafeln, Tabellen	4
Zusammenfassung	6
A - Übersicht	7
1. Vorbemerkung	7
2. Ziel des Projektes	7
3. Arbeitsmethodik, Ablauf	9
B - Eventmineralogische und -chemische Untersuchungen	9
1. Metabasitgänge (Zirkon)	9
2. Metabasite und Mineralisationen aus dem Anorthositmassiv ELISEEV	11
2.1. Metapyroxenite (Biotit)	11
2.2. OAGN's - "oxyde-apatite gabbronorites" (Zirkon, Apatit, Ilmenit, Granat)	11
2.2.1. Zirkon	13
2.2.2. Apatit	15
2.2.3. Ilmenit	15
2.2.4. Granat	15
2.3. Titanitmineralisation in OAGN's (Titanit)	15
3. Pegmatit "A" (Zirkon)	17
4. Blastomylonit (Zirkon)	17
5. Lamprophyre (Amphibol, Biotit, Alkalifeldspat)	23
5.1. Amphibol	23
5.2. Biotit	23
5.3. Alkalifeldspat	23
C - Isotopengeochronologische und -geochemische Ergebnisse	25
1. Zur Geochronologie und Isotopengeochemie von Metabasiten des Anorthositmassivs ELISEEV	25

1.1.	U/Pb-Analysen (Titanit, Zirkon)	25
1.2.	Sm/Nd-Analysen (Gesamtgestein, Minerale)	25
1.3.	Rb/Sr-Analysen (Gesamtgestein, Minerale)	28
1.4.	K/Ar-Analysen (Biotit)	28
1.5.	Isotopengeochemische Resultate im $\epsilon_{Nd} - [^{87}Sr/^{86}Sr]_i$ - Diagramm	28
2.	Zur Geochronologie und Isotopengeochemie von Metamorphiten der Schirmacher-Oase (Sm/Nd-Analysen)	28
D - Diskussion und Schlußfolgerungen		30
1.	Diskussion der geochronologischen Ergebnisse	30
2.	Diskussion der isotopengeochemischen Ergebnisse	32
3.	Geologische Wertung, regionaler Vergleich und Schlußfolgerungen	32
3.1.	Zum Alter des kristallinen Basements	32
3.2.	Alter des Anorthositmassivs (700...600 Ma)	33
3.3.	Metamorphose-Ereignisse im Anorthositmassiv (560 ...480 Ma)	33
E - Literaturverzeichnis		35
F - Tabellen (Anhang)		40

Verzeichnis der Abbildungen (Abb.):

Abbildung B-1: Regionale Übersicht, Lage der Arbeitsgebiete (Schirmacher-Oase und Untersee-Oase) im Wohlthat-Massiv, zentrales Dronning-Maud-Land	8
Abbildung B-2: Geologische Übersicht zum Auftreten von Metabasitgängen und -lagergängen in der Schirmacher-Oase	10
Abbildung B-3: Lage der untersuchten OAGN ("oxyde-apatite-gabbronorite")-Gänge und Ti-Mineralisationstypen im Nordteil des Anorthositmassivs ELISEEV, Wohlthat-Massiv	12
Abbildung B-4: Titanitvorkommen in einem OAGN-Gang, Westflanke Untersee-Oase, zentrales Wohlthat-Massiv	16
Abbildung B-5: Pegmatit "A", Schirmacher-Oase, Ostteil (nahe Mt. Zenit)	18
Abbildung B-6: Blastomylonit, Schirmacher-Oase, Westteil (nördöstlich See 55m)	20
Abbildung B-7: Lamprophyr-Vorkommen (Minette) in der Schirmacher-Oase	24
Abbildung C-1: Sm-Nd Isochronendiagramm für Gesamtgesteinsproben: Anorthosite, Pyroxenite, OAGN's, Titanitmineralisation (Titanit, Augit) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV im zentralen Wohlthat-Massiv/ Ostantarktika und aus NE-Mocambique, (Provinz Tete)	26
Abbildung C-2: ϵ_{Nd} gegen $[^{87}Sr/^{86}Sr]_i$ Darstellung für Metabasit-Gesamtgesteinsproben aus dem Anorthositmassiv ELISEEV (Anorthosite, Pyroxenite, OAGN's, Ti-Mineralisationen), zentrales Wohlthat-Massiv/ Ostantarktika	26
Abbildung C-3: Sm-Nd Isochronendiagramm für Mineralproben aus einer massiven Titanitmineralisation in einem OAGN-Gang, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika	27
Abbildung C-4: U-Pb Concordia-Diagramm von Titanitproben aus der Ti-Mineralisationszone in einem OAGN-Gang, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika	27
Abbildung C-5: Sm-Nd Mineral-Isochronen für drei OAGN-Metabasitproben (granulitfaziell neugebildete oder rekristallisierte Minerale und Gesamtgestein) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV (Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika	29
Abbildung C-6: Sm-Nd Isochronendiagramm für Metasedimente aus der Schirmacher-Oase	31
Abbildung D-1: Geochronologie Wohlthat-Massiv	31

Verzeichnis der Tafeln (Taf.):

Tafel 1: Kathodolumineszenz-Aufnahmen von Zirkon, OAGN-Probe WMX, Anorthositmassiv ELISEEV	14
Tafel 2: Kathodolumineszenz-Aufnahmen von Zirkon, Pegmatit "A", Schirmacher-Oase	19
Tafel 3: Kathodolumineszenz-Aufnahmen von Zirkon aus einer pegmatoiden Linse in Blastomylonit IV und einer Sammelprobe aus Blastomylonit II	22

Verzeichnis der Tabellen (Tab./Anhang):

Tabelle B-1: Chemische Zusammensetzung des Zirkonkorns 19/11, Metabasitprobe Oa42, Schirmacher-Oase, Ostantarktika	
Tabelle B-2: SEE-Analysen der Probe W16 (Gesamtgestein, Analytik ICP-MS) und von Apatiten aus W16 (Mikrosonde)	
Tabelle B-3: Einfluß der Metamorphose auf den Ilmenit-Chemismus von Erzen und OAGN's ("oxyde-apatite gabbonorites"), Anorthositmassiv ELISEEV, zentrales Wohlthat-Massiv, Ostantarktika; Mikrosonde-Daten	
Tabelle B-4: Granatanalysen der OAGN-Proben W16 und W57, Anorthositmassiv ELISEEV (Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv, Ostantarktika; Mikrosonde-Daten	
Tabelle B-5: Chemische Zusammensetzung von Titanit aus dem Titanitvorlommen Anorthositmassiv ELISEEV, Westflanke Untersee-Oase (Abb. B-11), Mikrosonde-Daten	
Tabelle B-6: SEE-Analysen von Titaniten aus dem Titanitvorlommen Anorthositmassiv ELISEEV, Westflanke Untersee-Oase (Analytik ICP-MS)	
Tabelle B-7: Chemische Zusammensetzung der Amphibole von Minetteproben und einem Xenolith (N7K) aus dem Lamprophyrgang "See 55m", Schirmacher-Oase, Ostantarktika	
Tabelle B-8: Chemische Zusammensetzung der Biotite von Minetteproben aus dem Lamprophyrgang "See 55m", Schirmacher-Oase, Ostantarktika	
Tabelle B-9: Chemische Zusammensetzung der Alkalifeldspäte von Minetteproben aus dem Lamprophyrgang "See 55m", Schirmacher-Oase, Ostantarktika	
Tabelle C-1: Sm-Nd Ergebnisse für Gesamtgesteinsproben (Anorthosite, Pyroxenite, Titanitmineralisation [Titanit, Augit]) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV im zentralen Wohlthat-Massiv/Ostantarktika und aus NE-Mocambique (Provinz Tete)	
Tabelle C-2: Rb-Sr Ergebnisse von Gesamtgesteinsproben (Anorthosite, Pyroxenite, Ti-Mineralisationszone [Titanit, Augit]) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV, zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika	

Tabelle C-3: Sm-Nd Ergebnisse von Mineralproben aus einer massiven Titanit-Mineralisationszone, die sich in einem OAGN-Dyke befindet, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika

Tabelle C-4: U-Pb Ergebnisse von Titaniten aus einer massiven Titanit-Mineralisationszone, die sich in einem OAGN-Dyke befindet, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika

Tabelle C-5: Sm-Nd Ergebnisse von drei OAGN-Metabasitproben (granulitfaziell neugebildete oder rekristallisierte Minerale und Gesamtgestein) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV (Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika

Tabelle C-6: K-Ar-Daten von Biotitproben aus amphibolitfaziell überprägten Pyroxeniten von der Nordflanke des Anorthositmassivs ELISEEV (Nunatak skala Otratnaya)

Tabelle C-7: Sm-Nd Ergebnisse von Metasedimenten aus der Schirmacher-Oase

Zusammenfassung

Die Ergebnisse des DFG-Projektes erweitern und verbessern die bisherige mineralogische und mineralchemische sowie isotopengeochronologische und -chemische Datengrundlage für das polymetamorph geprägte Kristallin des Wohlthat-Massives. Sie sind damit Ausgangspunkt für eine erste regionalgeologische Neubewertung des Wohlthat-Massives im Dronning-Maud-Land. Die untersuchten Proben stammen aus der Schirmacher-Oase und dem Nordteil des Anorthositmassivs ELISEEV (Untersee-Region). Die petrochemischen, mineralogischen und mineralchemischen Untersuchungen wurden mittels ICP-MS (SEE), Polarisations- bzw. KL-Mikroskopie und Mikrosonde durchgeführt, die isotopengeochronologische und -chemische Bearbeitung erfolgte mit Hilfe der U/Pb-, Sm/Nd-, Rb/Sr- und K/Ar-Methode.

Obwohl die Untersuchungen auf vorhandenem, nicht unter geochronologischem Gesichtspunkt entnommenen Probenmaterial basieren, konnten folgende geochronologische Ergebnisse ermittelt werden:

- (1) Nd-Modell-Alter (DePAOLO et al., 1991): 1.340 ± 100 Ma - Hinweis auf das Eduktalter der Metasedimente der Schirmacher-Oase,
- (2) Sm/Nd "Errorchron" für Metasedimente der Schirmacher-Oase: 810 ± 156 Ma - Maximalalter der granulitfaziellen Metamorphose,
- (3) Sm/Nd Isochrone für Pyroxenite und OAGN's (Oxyd-Apatit-Gabbronorit nach OWENS et al., 1992) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV: 692 ± 66 Ma - Kristallisationsalter des Anorthositmassivs,
- (4) Sm/Nd Isochrone und U/Pb-Diskordia für Minerale aus einer massiven Titanitmineralisation im Anorthositmassiv ELISEEV: 631 ± 175 Ma (Sm/Nd) und 603 ± 31 Ma (U/Pb) - Alter der Mineralisation bzw. minimales Kristallisationsalter des Anorthositmassives,
- (5) drei Sm/Nd-Isochronen für Minerale aus granulitfaziell überprägten OAGN-

Dykes im Anorthositmassiv: 554 ± 6 Ma (Mittelwert) - Alter der granulitfaziellen Metamorphose im Anorthositmassiv,

- (6) K/Ar-Datierung von Biotiten aus retrograd amphibolitfaziell überprägten Anorthositen: $480 \pm 1,3$ Ma - Abkühlungsalter (Minimalalter für die retrograde, amphibolitfazielle Metamorphose im Anorthositmassiv).

A - Übersicht

1. Vorbemerkung

Das Projekt wurde relativ kurz nach der Öffnung der deutsch - deutschen Grenze unter dem Aspekt begonnen, die bislang getrennt betriebene Antarktisforschung an einem kleinem Beispiel zusammenzuführen. Die geochronologische Datierung war eine der Schwachstellen der DDR-Antarktisforschung. Andererseits zählten die Ergebnisse in der Detailkartierung polymetamorpher Kristallingebiete Ostantarktikas zu den Stärken. Damit war die Grundlage für die Zusammenarbeit gegeben.

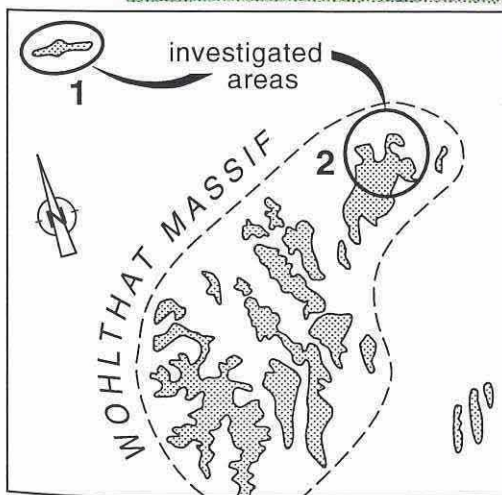
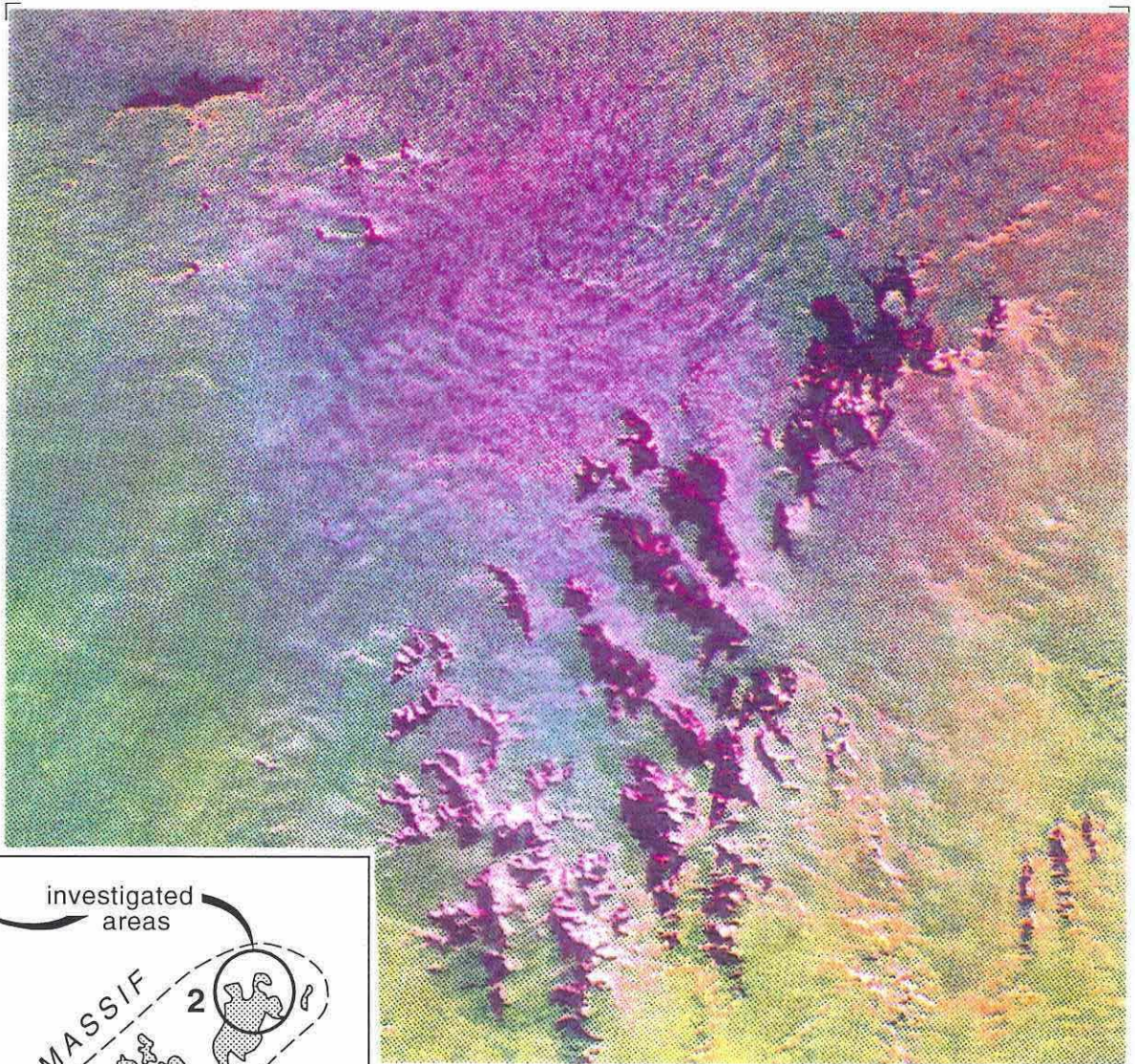
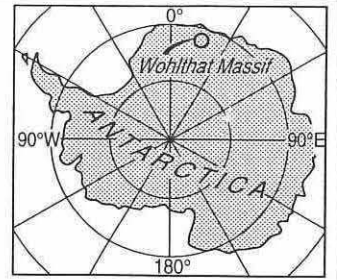
Der DFG-Antrag wurde 1990 von der BGR Hannover gemeinsam mit dem damaligen Zentralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft gestellt und 1991 genehmigt. 1991 wechselte der Mit Antragsteller. Nach dem Ausscheiden von Frau Dr. C. Carl aus der BGR Hannover im Jahre 1991 wurde der geochronologische Teil des Projektes von Herrn Dr. A. Höhndorf, ebenfalls BGR Hannover, übernommen und weitergeführt. Der Antragsteller ist seit 1992 im GFZ Potsdam, PB 4.3. angestellt.

2. Ziel des Projektes

Das Wohlthat-Massiv im zentralen Dronning-Maud-Land war vor Beginn der Untersuchungen geochronologisch wesentlich schlechter untersucht als die Nachbargebiete im Osten (Sør Rondane) und Westen (Neuschwabenland). Ziel des Projektes war es deshalb durch mineralogische, element- und isotope-chemische Untersuchungen an vorhandenem, nicht unter geochronologischem Gesichtspunkt entnommenen Probenmaterial aus der Schirmacher-Oase und der Untersee-Oase (Abb. B-1) den regionalen Anschluß zu schaffen.

Darüber hinaus sollten die mineralogisch-geochronologischen Untersuchungen der Vorbereitung einer geochronologischen Probenahme während der GEOMAUD-Expedition (1995/96) in das Wohlthat-Massiv dienen.

LOCATION of the investigated areas



0 20 40 60 km

investigated area 1: Schirmacher Oasis
investigated area 2: Untersee Oasis

Abbildung B-1: Regionale Übersicht, Lage der Arbeitsgebiete (Schirmacher-Oase und Untersee-Oase) im Wohlthat-Massiv, zentrales Dronning-Maud-Land (Grundlage: KATE-200 Satellitenbild, Bildbearbeitung: WETZEL & MAREK, 4/93)

3. Arbeitsmethodik, Ablauf

Grundlage für die Durchführung des Projektes waren die in der BGR vorhandenen technischen Einrichtungen (chemische Analytik, Massenspektrometrie) und Erfahrungen bei der Interpretation der Isotopendaten sowie die mineralogisch-petrographischen und regionalgeologischen Kenntnisse des Antragstellers. Der Bericht umfaßt den Bearbeitungszeitraum 01.07.1991 - 20.05.1995. In die Ergebnisse sind Resultate von drei Diplomarbeiten eingeflossen (Hoch, M., 1992, Hoops, E., 1994 und Stern, E., 1994, alle Universität Hannover), vgl. KÄMPF & TOBSCHALL (1995).

B - Eventmineralogische und -chemische Untersuchungen

Der hier eingeführte Begriff "eventmineralogische und -chemische Untersuchungen" wird definiert als die auf geochronologische Nachfolgeuntersuchungen ausgerichtete stoffliche Bearbeitung von solchen Gesteinen und Mineralen, die eine geotektonische Schlüsselstellung bei der Rekonstruktion der Evolution der Erdkruste im Untersuchungsgebiet aufweisen.

Die Abschnitte dieses Kapitels sind nach Gesteinen benannt, wobei die Minerale, die für weiterführende geochronologische Untersuchungen von Interesse sind und jeweils mineralogisch und mineralchemisch untersucht wurden in Klammer stehen.

1. Metabasitgänge (Zirkon)

In der Schirmacher-Oase sind Metabasitgänge und -lagergänge nach den Ergebnissen der geologischen Detailkartierung weit verbreitet (KÄMPF & STACKEBRANDT, 1985a, STACKEBRANDT et al., 1988), bislang aber weder strukturell noch stofflich näher untersucht. In Abb. B-2 sind die geologischen Verbandsverhältnisse der Gänge und Lagergänge und die beprobten Vorkommen dargestellt.

Eine Zusammenfassung der ersten detaillierten geologischen, petrographischen und petrochemischen Ergebnisse nahm STERN (1994) vor (vgl. KÄMPF & TOBSCHALL, 1995).

Die Metabasite in der Schirmacher-Oase sind nach den geologischen Kartierungsergebnissen die ältesten Basite im polymetamorph geprägten Kristallin der Schirmacher-Oase. Aus Datierungssicht kommt der Untersuchung von Zirkon aus den Gängen entscheidende Bedeutung zu. Eine zuverlässige Altersangabe würde über die Datierung des Zirkon hinaus auch eine erste Angabe zum Mindestalter des polymetamorphen Kristallinbereiches im Untersuchungsgebiet liefern. Damit könnte das Wohlthat-Massiv in den regionalen Vergleich der ehemaligen Teile Ostgondwanas einbezogen werden.

Für die Untersuchungen standen ausschließlich Proben in Handstück-Größe zur Verfügung. Von vorn herein war klar, daß die separierten Zirkone nicht für eine herkömmliche U-Pb-Datierung reichen würden. Schwerpunkt der Untersuchung war deshalb die mineralogische und mineralchemische Charakteristik der Zirkone, um eine gezielte Probenahme und Bearbeitung vorbereiten zu können.

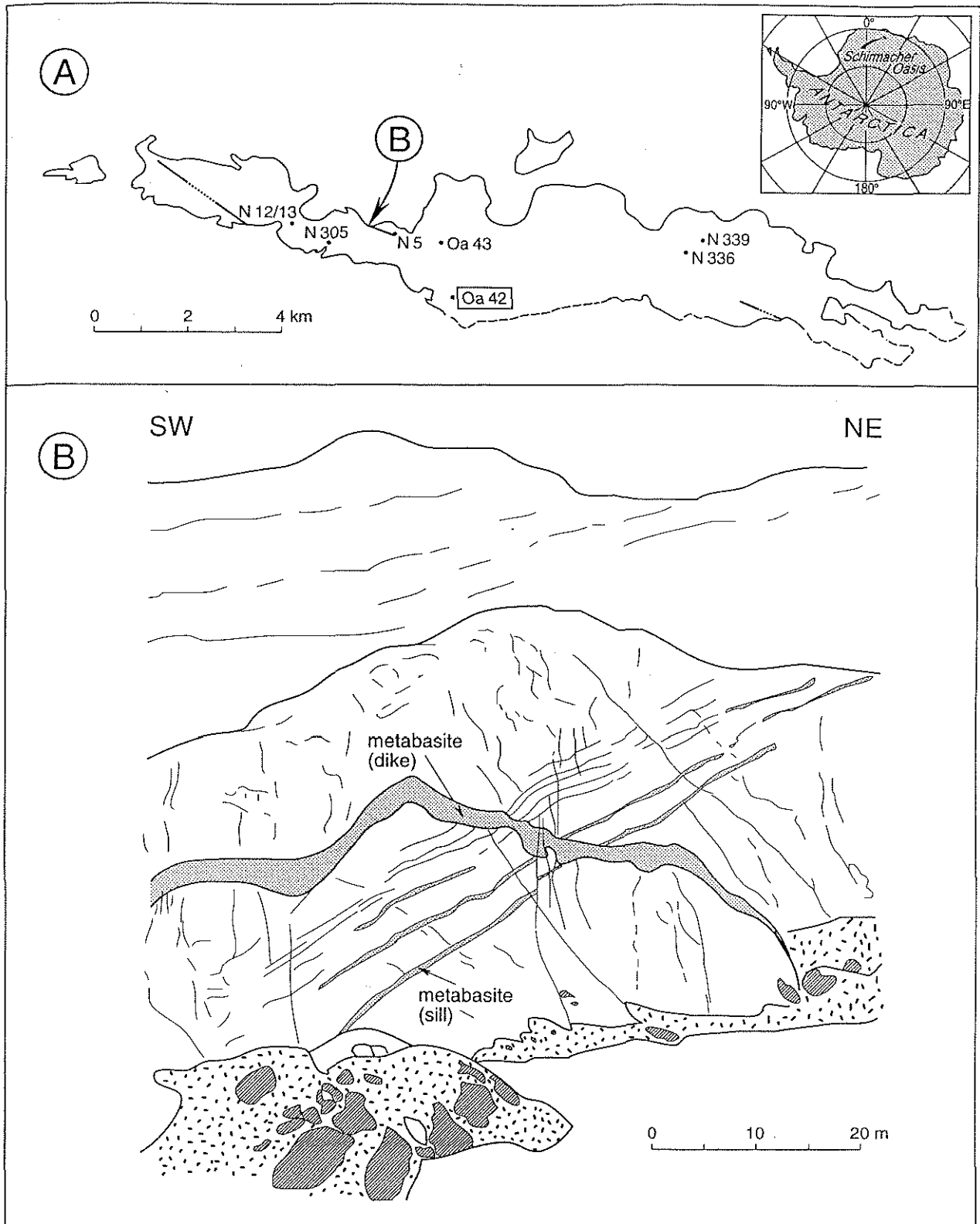


Abbildung B-2: Geologische Übersicht zum Auftreten von Metabasitgängen und -lagergängen in der Schirmacher-Oase; A: Lage der beprobten Metabasitvorkommen in der Schirmacher-Oase, B: Aufschlußskizze: Geologische Verbandsverhältnisse und relative Altersfolge von Metabasitgängen und -lagergängen

Von den insgesamt 7 untersuchten Handstücken wurde die Probe Oa 42 (Abb. B-2/A) mit dem größten Gewicht ausgewählt (Probemenge ca. 1500g) und daraus ein Zirkon führendes Schwermineralpräparat hergestellt.

Im Zirkon-Körnerpräparat (polierter Dünnschliff) dominieren langprismatische Zirkone (Länge: 100 - 500 μm). Die Kristalle sind im Zentrum zonar gebaut. Manche verfügen über einen im KL-Bild deutlich sichtbaren 5 - 50 μm dicken Randbereich, der keine innere Struktur zeigt (? metamorphe Anwachsäume). Die Zentralteile der Kristalle sind von Rissen durchzogen (wahrscheinlich hervorgerufen durch die amphibolitfaziale tektonometamorphe Beanspruchung der Probe. In mehreren Kristallen treten Einschlüsse $< 5\mu\text{m}$ auf, bei denen es sich um Apatit handelt. Mittels Mikrosonde wurden 3 Kristalle untersucht (Tab. B-1). Die Kern- und Randbereiche unterscheiden sich nicht signifikant im Elementbestand (SiO_2 , Hf, Zr).

2. Metabasite und Mineralisationen aus dem Anorthositmassiv ELISEEV

In diesem Abschnitt werden die Resultate der mineralogischen und mineralchemischen Untersuchungen an Zirkon, Apatit, Ilmenit, Titanit, Granat und Biotit aus Metabasiten und Mineralisationen des Anorthositmassives ELISEEV (Untersee-Oase) dargestellt. Die in Abschnitt C 1 behandelten isotopengeochemischen Daten beziehen sich auf die gleichen Proben.

Eine geologische Übersicht gibt Abb. B-3. Nähere Angaben zur Tektonik, Petrographie und Petrochemie wurden von HOOPS (1994), KÄMPF u.a. (1991), KÄMPF et al. (1995) und KÄMPF & TOBSCHALL (1995) zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

2.1. Metapyroxenite (Biotit)

Im nördlichen Randbereich des Anorthositmassivs ELISEEV (Nunatak Skala Otratnaja, Abb. B-3) treten Biotit führende Metapyroxenite auf. Die Biotite sind in Klinopyroxen (Fassait) gesprosst und erreichen Kornlängen von mehr als 5 mm. Sie bilden büschel- oder fächerförmigen Aggregate. Die Biotitfraktionen dieser beiden Proben wurden mit K/Ar-Methode untersucht (vgl. Abschnitt C 1.3.).

2.2. OAGN's - "oxyde-apatite gabbronorites" (Zirkon, Apatit, Ilmenit, Granat)

Unter "OAGN" versteht man Oxyd-Apatit-Gabbronorite, die als Ganggesteine in Anorthositmassiven auftreten. Die Gesteinsbezeichnung wurde von OWENS & DYMEK (1992) eingeführt, weil die Gesteine keinem Gesteinstyp in der klassischen Basitnomenklatur zugeordnet werden konnten. Nach OWENS & DYMEK variiert der Hauptelementchemismus in folgenden Grenzen: $\text{SiO}_2 \sim 27-42$ Gew.%, Fe_{ges} als $\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim 19-42$ Gew.%, $\text{TiO}_2 \sim 4-10$ Gew.%, $\text{P}_2\text{O}_5 \sim 3-6$ Gew.%, Sc $\sim 20-40$ ppm, Sr $\sim 160-1000$ ppm, Ba $\sim 10-860$ ppm.

Das Auftreten von OAGN's ist ein Indiz für die Bildung von Fe-, Ti-, und P- Fluidreichen Schmelzen in Anorthositen (FTP).

Die OAGN-Dykes in der Untersee-Oase sind bis zu ca. 300m mächtig und bis zu 2000m lang (Abb. B-3). Besonders am Liegendkontakt der Basitgänge zum Anorthosit tritt metamorph gebildeter Granat (maximal 40%) und Quarz ($< 5\%$) auf.

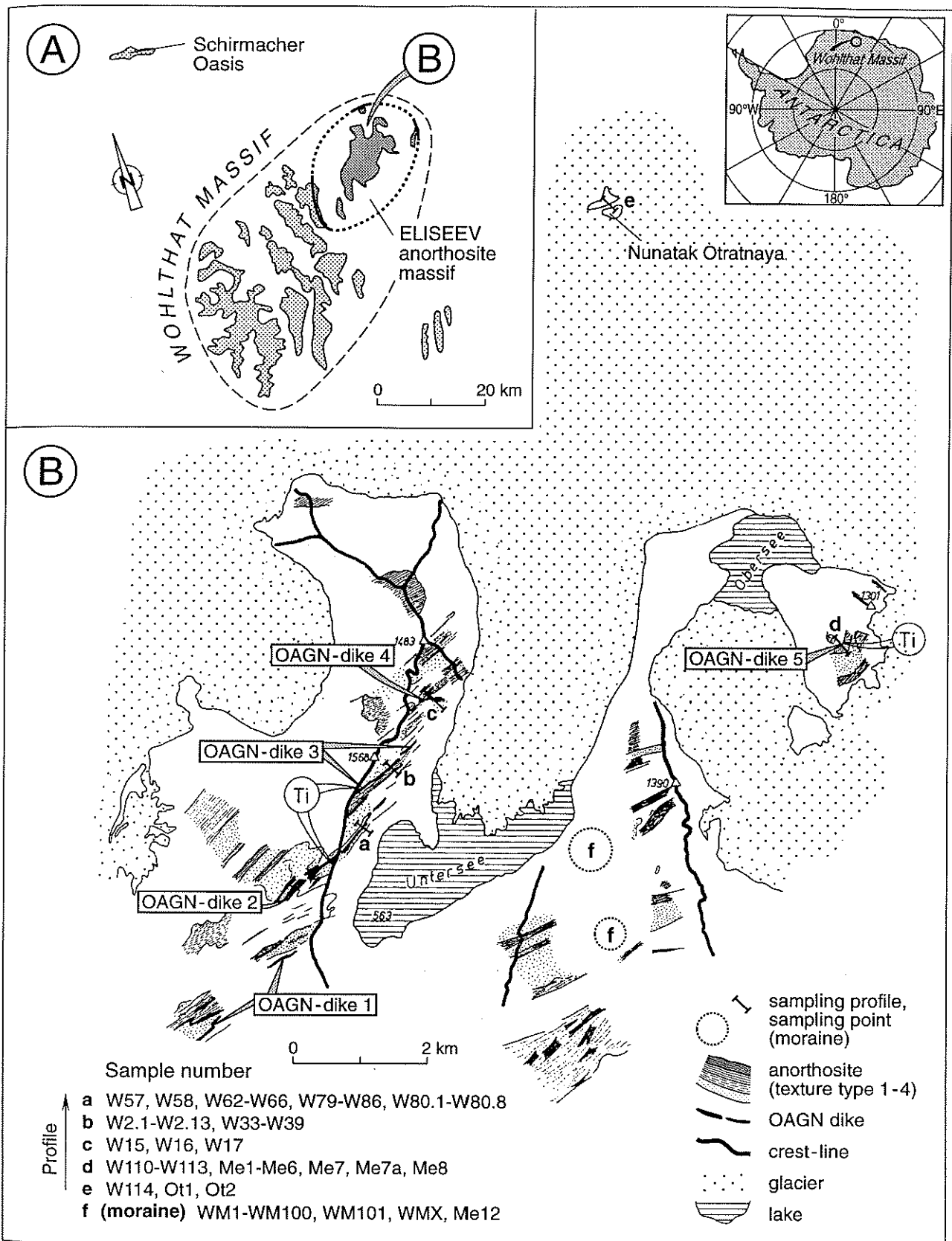


Abbildung B-3: Lage der untersuchten OAGN ("oxyde-apatite-gabbronorite")-Gänge und Ti-Mineralisationstypen im Nordteil des Anorthositmassivs ELISEEV, Wohlthat-Massiv; A: Regionale Übersicht, B: Geologische Übersicht (ergänzt nach KÄMPF u. a., 1991)

2.2.1. Zirkon

An Zirkon-Körnerpräparaten von den Proben WMX und W16 (Fundpunkte vgl. Abb. B-3) wurden mineralogische-, polarisationsmikroskopische-, KL-, und Mikrosonde-Untersuchungen durchgeführt.

Probe WMX (noritischer Anorthosit, granulitfaziell überprägt)

Es treten zwei Zirkontypen auf (Tafel 1):

(A) hell- bis dunkelbraun gefärbte Kristalle: Länge: 8-12 mm, einfache Kristallform, wie sie typisch ist für hochtemperierte, basische Magmen; Zirkon ist primär mit Apatit verwachsen; in Schnitten senkrecht c wird im KL-Bild ein homogen lichtgrau gefärbter Zentralbereich und ein rhythmisch blaugrau bis lichtgrau gegliederter Randbereich sichtbar (Tafel 1, Bild1/1); Deformation/Metamorphose: Mikrorißbildung im Bereich der Kanten, Spitzen der Kristalle haben sich nicht erhalten, auf Rissen im Korn ist z.T. Quarz eingedrungen, der den Zirkon verdrängt (Tafel 1, Bild 1/2).

(B) gelb gefärbte Kristalle: Länge 2-6 mm, Kristallform vergleichbar zu (A); in Schnitten senkrecht c wird im KL-Bild ein ähnliches Bild wie bei (A) sichtbar - allerdings dominiert der homogene lichtgrau gefärbte Zentralbereich und der rhythmisch blaugrau bis lichtgrau gegliederte Randbereich ist nur im Ansatz vorhanden (Tafel 1, Bild1/3); Deformation/Metamorphose: die KL-Bilder des in Tafel 1, Bild1/4 dargestellten Zirkon-Längsschnittes machen Deformationslamellen , Mikrorisse und Quarzeinschlüsse sichtbar (vgl. Tafel 1, Bild 1/4 - 1/6).

Die Zirkontypen (A) und (B) der Probe WMX gehören einem Bildungstyp an, wobei Generation (B) die Zirkon-Frühform darstellt. Diese ist im Zentralteil von Generation (A) auch vorhanden. Untersuchungen mittels Mikrosonde ergaben keine Unterschiede in der Hauptelementführung zwischen Zentralteil und Randbereich bzw. Typ (A) und (B).

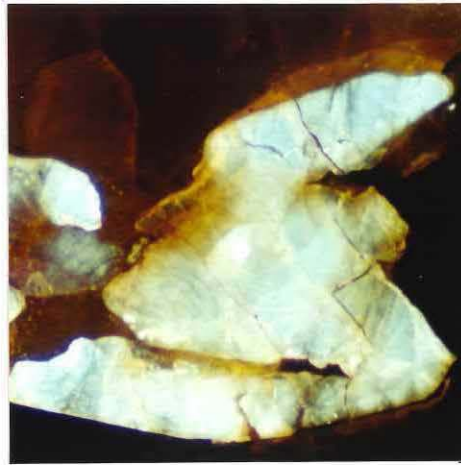
Die Probe WMX liegt als granulitfaziell stark überprägtes Gestein vor (Granat- und Quarzneubildung; Plagioklas, Ilmenit rekristallisiert). Die an Zirkon beobachteten Deformations- und Verdrängungsphänomene gehen auf diesen Einfluß zurück.

Probe W 16 ("oxyde-apatite gabbronorite", granulitfaziell überprägt)

Der Zirkongehalt dieser OAGN-Probe liegt bei fast 1% ! Der Zirkoniumgehalt erreicht mit 2227 ppm extreme Werte. Der Schwankungsbereich im Zr-Gehalt für andere OAGN-Proben liegt normalerweise zwischen 100 und 400 ppm. Die Zirkone sind durchschnittlich 500 μm lang. Die Kristalle haben oft Kerne. Diese zeigen z.T. Zonarbau und sind idiomorph ausgebildet, manchmal auch mit Apatit verwachsen. Die Zentralteile sind im KL-Bild dunkelgrau bis dunkelbraun gefärbt und Ausgangspunkt von konzentrischen Rissen. Der Urangehalt steigt im Bereich der Kerne bis auf 5000 ppm an (!). Die Randbereiche der Körner sind im KL-Bild lichtgrau gefärbt (? metamorphe Anwachssäume).



1/1



1/2



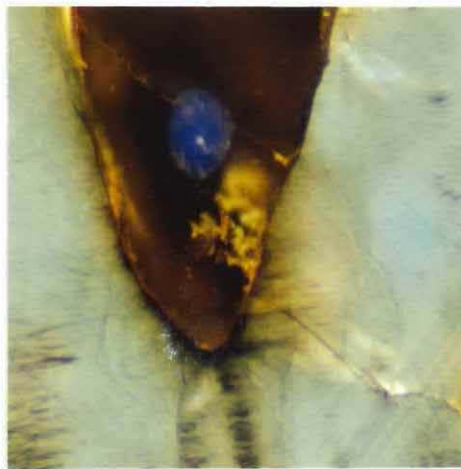
1/3



1/4



1/5



1/6

Tafel 1: Kathodolumineszenz-Aufnahmen von Zirkon, OAGN-Probe WMX, Anorthositmassiv ELISEEV (vergleiche Abb. B-3)
 Bild 1/1: Typ A, Schnitt senkrecht c, Bildausschnitt: 4 x 4mm; Bild 1/2: Typ A, Schnitt parallel c, Bildausschnitt: 4 x 4mm, hellblau - Zirkon, braun - Quarz; Bild 1/3: Typ B, Schnitt senkrecht c, Bildausschnitt: 4 x 4mm; Bild 1/4: Typ B, Schnitt parallel c, Bildausschnitt: 4 x 4mm; Bild 1/5 + 1/6: Typ B, Teilbereiche aus Bild 1/4, Bildausschnitt: 0,75 x 0,75mm

2.2.2. Apatit

Die Apatitgehalte der untersuchten OAGN's (das **A** in OAGN steht für Apatit) liegen zwischen 5 und 15% ! Die P_2O_5 -Gehalte der Gesteine variieren zwischen 1,0 bis 3,6 Gew.%. Die Kristalle sind bis zu 600 μm lang und idiomorph. Unter polarisiertem Licht und im KL-Bild erscheinen die Apatite homogen (kein Zonarbau, keine Kerne). In Tabelle B-2 sind die mittels Mikrosonde an Apatiten der Probe W 16 gemessenen SEE-Gehalte mit den SEE-Daten des Gesamtgesteins (ICP-MS) kombiniert.

2.2.3. Ilmenit

In allen untersuchten OAGN-Proben tritt Ilmenit (FeTiO_3) auf. Das Erzmineral steht in der Bezeichnung OAGN ("oxyde-apatite gabbronorites") für Oxyd. Am Beispiel von Ilmenit als Durchläufer-Mineral in diesen Gesteinen wurde der Einfluß metamorpher Überprägung auf den Ilmenit-Chemismus untersucht, da aus mikroskopischen Untersuchungen zu schließen ist, daß Ilmenit infolge granulitfazieller Überprägung rekristallisierte.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tab. B-3 zusammengestellt. In Richtung metamorpher Überprägung wurden die Mn- und die Mg-Gehalte deutlich abgereichert.

2.2.4. Granat

Granat bildet in metamorph überprägten Proben Reaktionssäume um Plagioklas. Er ist idiomorph, die Korngröße liegt meist zwischen 0,5 und 1,5 mm. Der Granatanteil am Gesamtmineralbestand kann 30 bis 40% erreichen. Wie aus den in Tab. B-4 zusammengestellten Analysen ersichtlich ist, sind die Granate almandinreich und weisen eine geringe chemische Schwankungsbreite auf.

In polierten Dickschliffen wurden massenhaft CO_2 -reiche Fluideinschlüsse festgestellt.

2.3. Titanitmineralisation in OAGN's (Titanit)

An der Westflanke des Unterseetales ist im Zentrum eines ca. 300m mächtigen OAGN-Dykes eine massive Ti-Mineralisation mit Titanitit- und Augititbändern im Hangenden und Liegenden eines ca. 6 - 8 m mächtigen OAGN-Ganges aufgeschlossen (Abb. B-4).

Titanit ($\text{CaTi}[\text{O}/\text{SiO}_4]$) ist in den Titanititbändern massig ausgebildet und hellbraun bis braun gefärbt. Die Korngrößen liegen im Millimeterbereich. Der $\text{CaTi}[\text{O}/\text{SiO}_4]$ -Anteil in den Mineralisationszonen beträgt mehr als 95%. Als Begleitminerale treten Kalzit, Plagioklas, Augit und Apatit auf. Die Mineralchemischen Daten (Mikrosonde) sind in

Tab. B-5 zusammengestellt. Die SEE- Gehalte sind in Tab. B-6 aufgeführt.

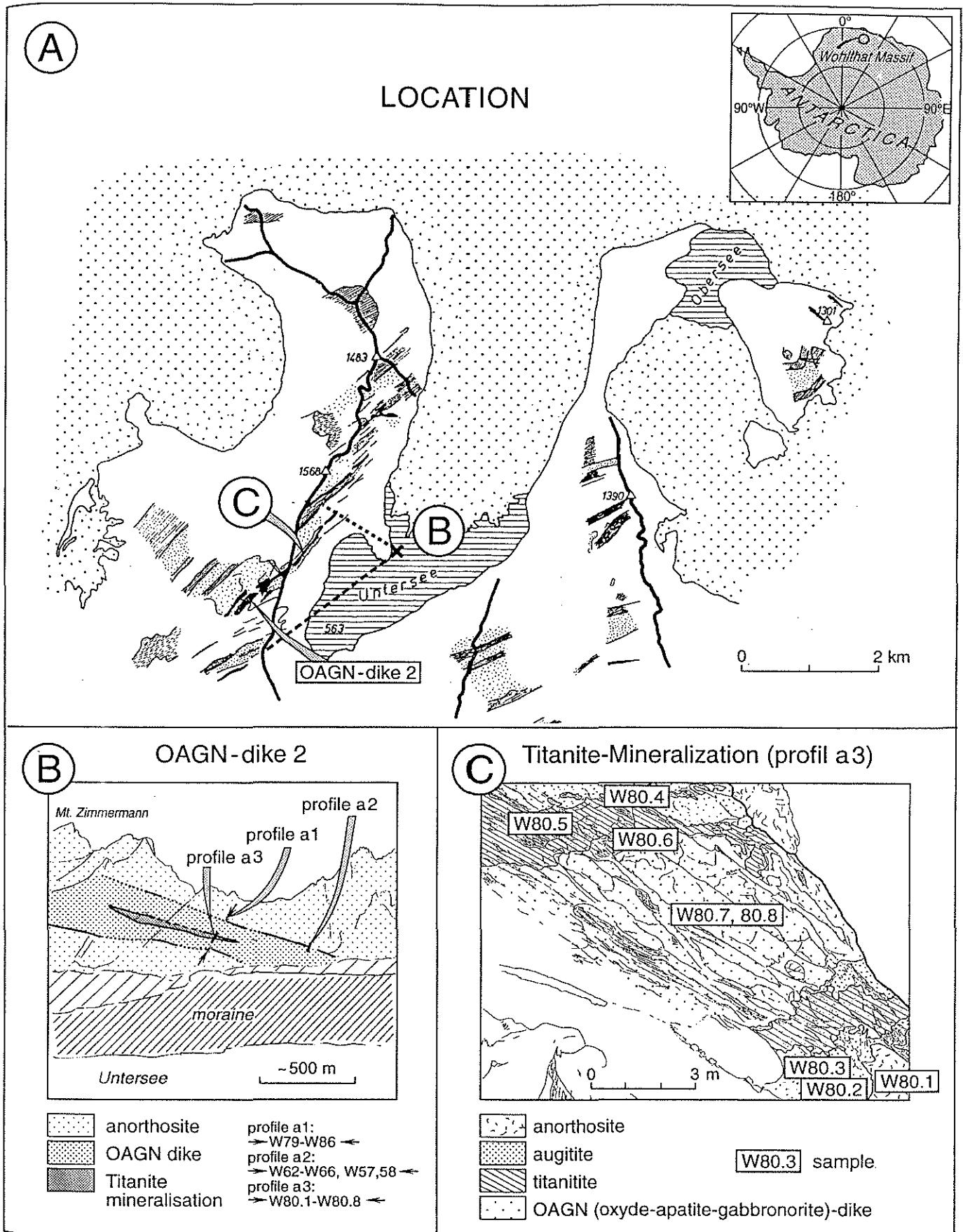


Abbildung B-4: Titanitvorkommen in einem OAGN-Gang, Westflanke Untersee-Oase, zentrales Wohlthat-Massiv, A: regionale Übersicht, B: Lage des untersuchten OAGN-Ganges (Skizze nach einem Foto, vgl. A), C: Titanitvorkommen (Profil, Probenverteilung),

3. Pegmatit "A" (Zirkon)

In Abb. B-5 ist die Lage, der geologische Bau und die mineralogische Zusammensetzung des beprobten Ganges vom Typ Pegmatit "A" dargestellt. Nach den Ergebnissen der Detailkartierung der Schirmacher-Oase i.M. 1:10 000 handelt es sich um die relativzeitlich älteste Pegmatitgeneration (Durchschlagungskriterium, KÄMPF & STACKEBRANDT, 1985; KÄMPF 1995). Die Datierung der Zirkone von Pegmatit "A" ist von Bedeutung, weil dieser Pegmatit-Typ nach den vorliegenden Kartierungsergebnissen wahrscheinlich Prä-Panafrican gebildet wurde (KÄMPF & STACKEBRANDT, 1985).

Die Zirkone sind hellbraun gefärbt und durchweg idiomorph ausgebildet. Es treten vier Trachttypen auf (Tafel 2):

- (1) ovale bis runde Vielflächner (Tafel 2, Bild 2/5) z.T. ist im KL-Bild im Zentrum ein Kern erkennbar (Tafel 2, Bild 2/6), z.T. Zonarbau, Länge: 100 - 60 μ m, Länge/Breite-Verhältnis: 1,7 bis 1,2;
- (2) prismatisch-gedrunken (Tafel 2, Bild 2/3), Kristalle sind einschlußfrei und klar, Zonarbau herrscht vor (Tafel 2, Bild 2/4), Länge: 125 - 80 μ m, Länge/Breite-Verhältnis: 2,9 bis 1,5;
- (3) prismatisch, sehr flache Kristalle (Tafel 2, Bild 2/2), einschlußfrei, klar, z.T. ist Zonarbau erkennbar, Länge: 150 - 100 μ m, Länge/Breite-Verhältnis: 4,2 bis 2,7, dieser Typ ist in der Probe am seltensten;
- (4) nadelig bis langprismatisch (Tafel 2, Bild 2/1), Kristalle sind einschlußfrei und klar, nadelige Kristalle sind z.T. zerbrochen, Länge: 200 - 100 μ m, Länge/Breite-Verhältnis: 8,4 (nadelig) bis 3,5 (langprismatisch), Zonarbau herrscht vor, dieser Typ dominiert in der Probe insgesamt.

Die Kristallform, die durchschnittliche Länge und das Länge/Breite-Verhältnis sprechen für eine Zirkon-Wachstumspopulation im Pegmatitgang (Wachstum von Trachttyp 1 bis Trachttyp 4). Das Länge/Breite-Verhältnis > 2 weist auf magmatische Bildung hin.

4. Blastomylonit (Zirkon)

Blastomylonite sind meist geologische Indizien für Stapel- bzw. Kollisionstektonik. KOGAN (1972) wies im Untersuchungsgebiet eine Kruste mit anomal niedrigen Laufzeitgeschwindigkeiten bis in an die MOHO nach.

Obwohl durch die Kartierung der Schirmacher-Oase Störungs- und Überschiebungszonen detailliert erfaßt und abgegrenzt werden konnten (DAMM, 1995; KÄMPF & STACKEBRANDT, 1985a, WETZEL et al., 1991; siehe Abb. B-6/A), ist aufgrund fehlender geochronologischer Daten bisher weitgehend unklar, welche(s) geotektonische Ereignis(se) für die Stapelung der Kruste im Wohlthat-Massives verantwortlich war(en).

Bei Kartierungsarbeiten im Westteil der Schirmacher-Oase wurden am See 55m in mehreren Blastomyloniten pegmatoide Linsen festgestellt (KÄMPF, 1995).

ANDREHS & BORMANN (1995) wiesen in den Blastomyloniten die Bildung von Amphibol aus Orthopyroxen verbunden mit K_2O - und H_2O -Zufuhr nach und ermittelten an CO_2 - H_2O Fluideinschlüssen Homogenisierungstemperaturen von 620°C und Drucke von $2,5 \times 10^8$ Pa. Dies weist darauf hin, daß Fluide bzw.

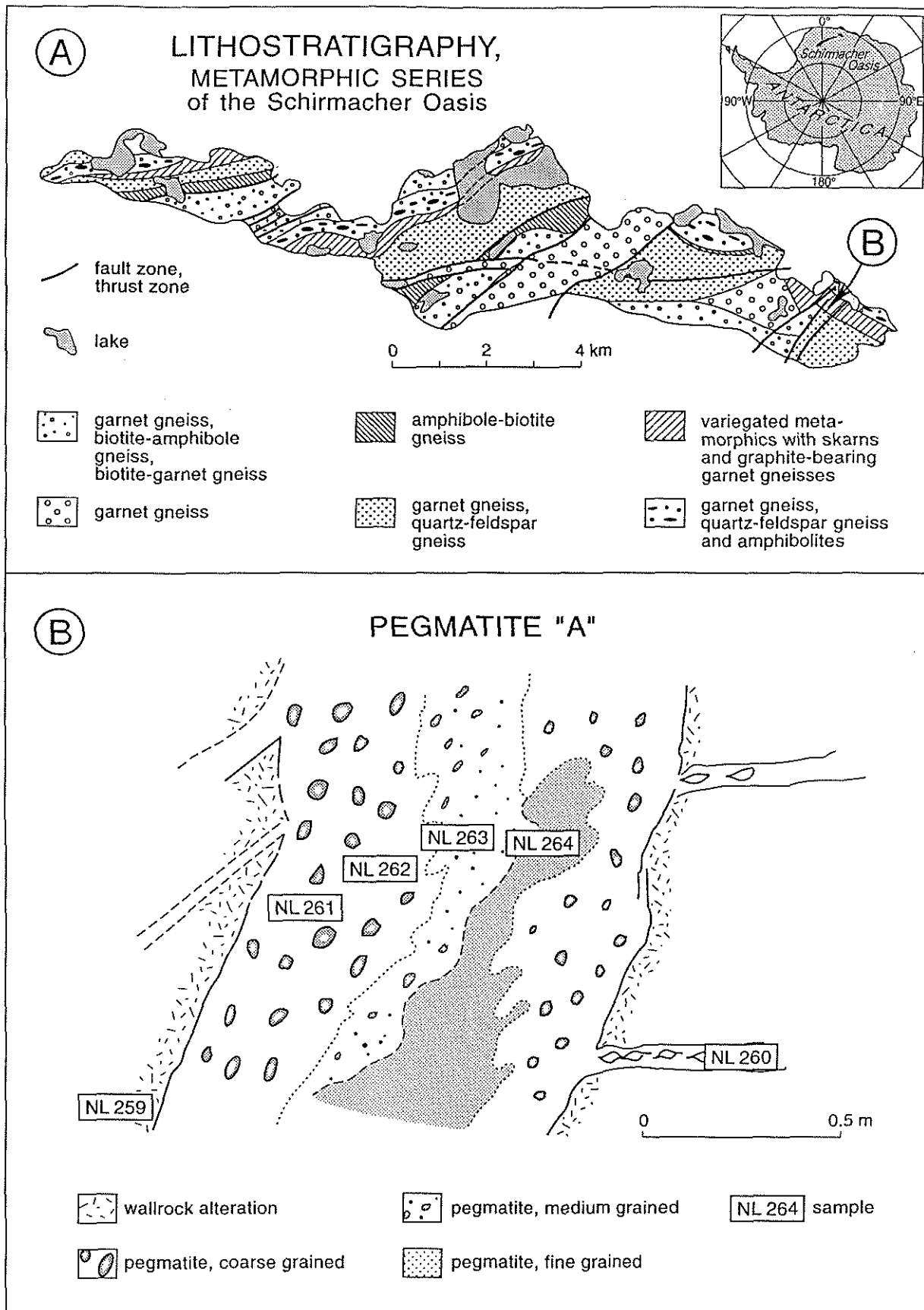
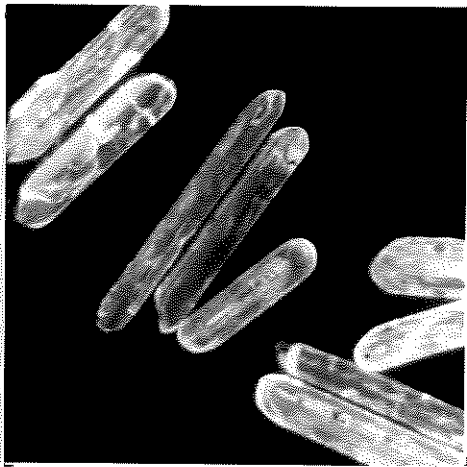
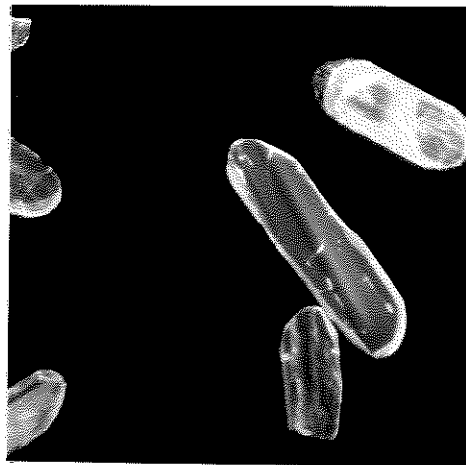


Abbildung B-5: Pegmatit "A", Schirmacher-Oase, Ostteil (nahe Mt. Zenit), A: Geologische Übersicht - Lage des untersuchten Pegmatitganges, Typ "A", B: Pegmatitvorkommen (Profil, Probenverteilung),



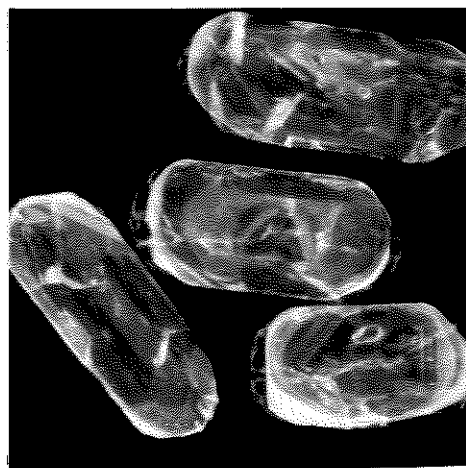
2/1



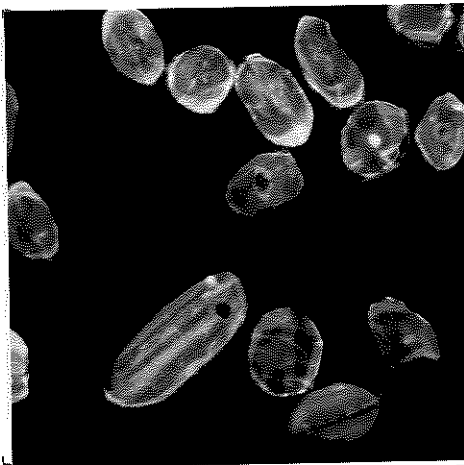
2/2



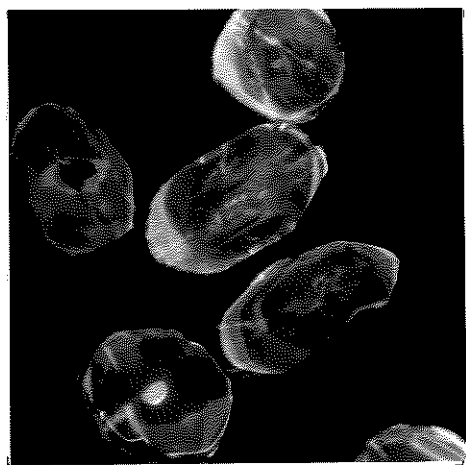
2/3



2/4



2/5



2/6

Tafel 2: Kathodolumineszenz-Aufnahmen von Zirkon, Pegmatit "A", Schirmacher-Oase (vergleiche Abb. B-5); Korngrößenfraktion 125-160 μ m, Sammelprobe (Proben: NL 257, 260, 261, 262, 264, 265);

Bild 2/1: Typ 1 - nadellig, Zonarbau, Bild 2/2: Typ 2 - flachprismatisch, Bild 2/3 + 2/4: Typ 3 - prismatisch gedrungen, Zonarbau, Bild 2/5 + 2/6: Typ 4 - ovale Vielflächner, z. T. mit Kern

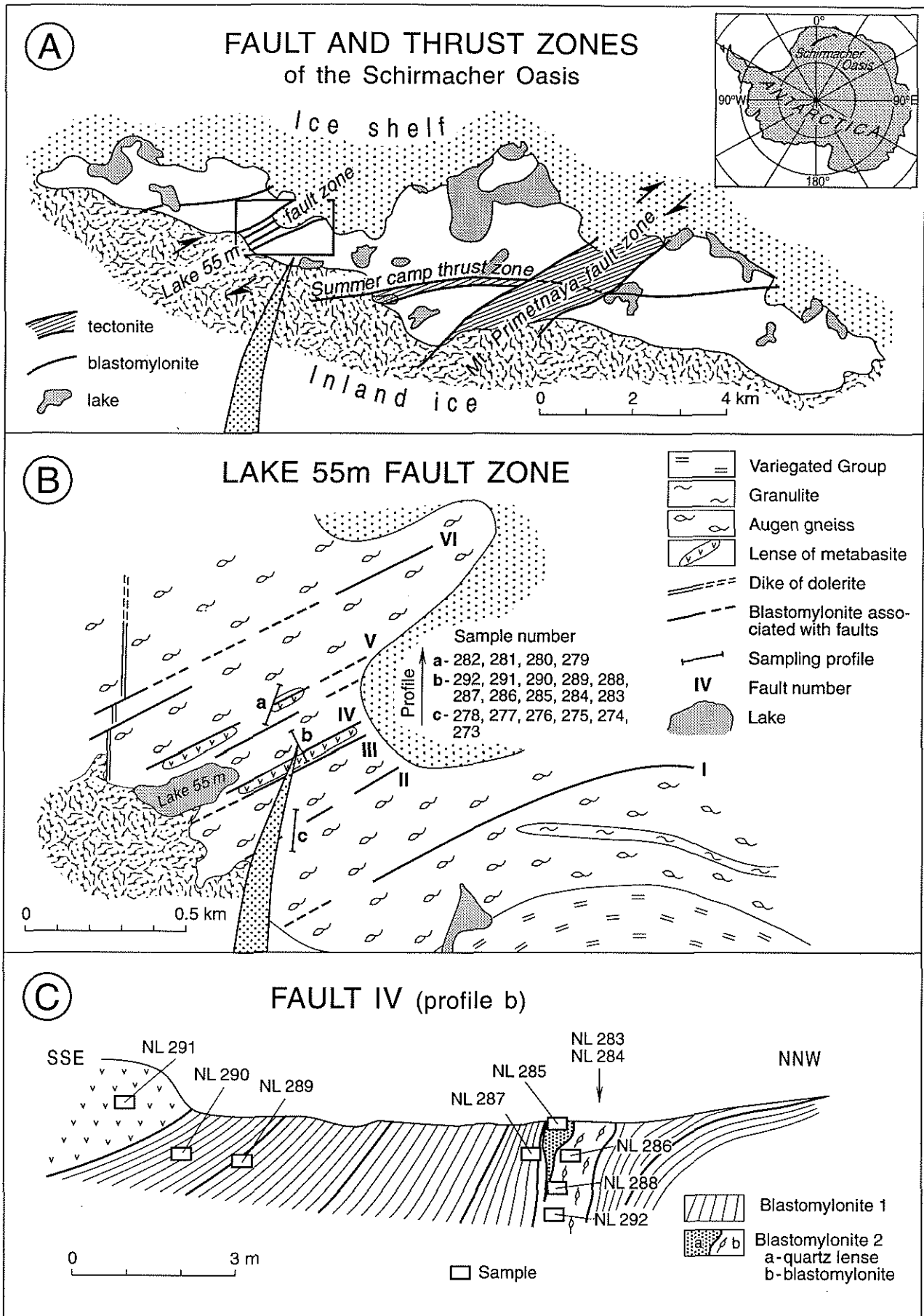


Abbildung B-6: Blastomylonit, Schirmacher-Oase, Westteil (nordöstlich See 55m);
 A: Regionale Übersicht, B: Geologische Übersicht - Lage des untersuchten
 Blastomylonitvorkommens, C: Blastomylonit (Profil, Probenverteilung)

Schmelzen an der Bildung der Blastomylonitzone beteiligt waren, wobei anfangs unklar war, ob dies auch zur Bildung von Zirkon geführt hat.

Deshalb wurde in einem ersten Schritt getestet, ob in den untersuchten Proben neugebildeter Zirkon vorhanden ist und welche mineralogischen und mineralchemischen Kennzeichen er aufweist.

Das geologische Umfeld der untersuchten Proben ist in Abb. B-6/B dargestellt. Es wurde eine Einzelprobe (pegmatoider Linse in der Blastomylonitzone IV, Profil b) und eine Blastomylonit-Sammelprobe (Profil c) untersucht. Die Einzelprobe bestand ausschließlich aus dem Quarz dominierten Gestein der pegmatoiden Linse im Zentrum des Blastomylonits (Teilprobe: N 285, Abb. B-6/C). Die Sammelprobe wurde zusammengestellt aus vier Teilproben der gesamten Blastomylonitzone II (Teilproben: N 273, N274, N275, N276, Abb. B-6/B).

Probe 1 (N 285)

Die in dieser Probe angetroffenen Zirkontypen sind denen von Pegmatit "A" (s.o.) in Tracht, Farbe und Aufbau ähnlich (Tafel 3, Bild 3/1-3/4). Daneben treten xenomorph ausgebildete, braun gefärbte Zirkone auf, bei denen es sich um metamorphen Altbestand aus den Nebengesteinen (Pyriklasiten) handeln dürfte. Nachfolgend werden ausschließlich die neugebildeten, idiomorphen Zirkonkristalle, von denen zwei Typen ausgehalten werden konnten, beschrieben:

- (1) nadelig bis prismatisch (Tafel 3, Bild 3/1, 3/2), die Kristalle weisen mitunter Zirkon-Kerne auf, die Kristalle sind klar, nadelige Kristalle sind z.T. zerbrochen, Länge: 200 - 80 μm (200 - 125 μm hellbraun gefärbt, 125 - 80 μm farblos), Länge/Breite-Verhältnis: 7,5 (nadelig) bis 2,8 (prismatisch), Zonarbau herrscht vor, dieser Typ dominiert in der Probe insgesamt;
- (2) ovale bis runde Vielflächner (Tafel 3, Bild 3/3, 3/4, z.T. sind Zirkon-Kerne erkennbar, Zonarbau, Länge: 200 - 100 μm (200 - 100 μm hellbraun gefärbt, 125 - 100 μm farblos, Länge/Breite-Verhältnis: 2,2 bis 1,1.

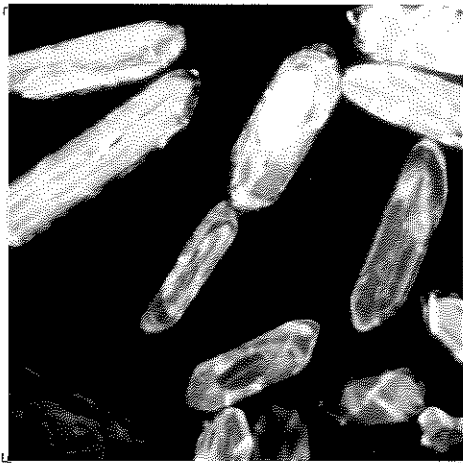
Zwischen Typ 1 und 2 gibt es fließende Übergänge.

Probe 2 (N 273+N274+N275+N276)

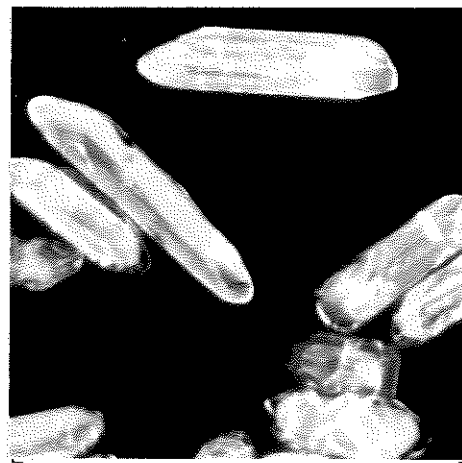
Die Zirkonpopulation dieser Probe ist bezüglich der Typenvielfalt der neugebildeten Zirkone mit Probe1 vergleichbar. Deshalb soll die oben getroffene Charakteristik hier nicht wiederholt werden.

Neu ist, daß in sehr viel stärkerem Maß xenomorphe Zirkone (meist Kristallbruch) und braun gefärbte prismatische (Kanten-gerundete) sowie ovale Zirkone (Altbestand aus den Nebengesteinsserien) in der Probe vertreten sind (Tafel 3, Bild 3/5, 3/6).

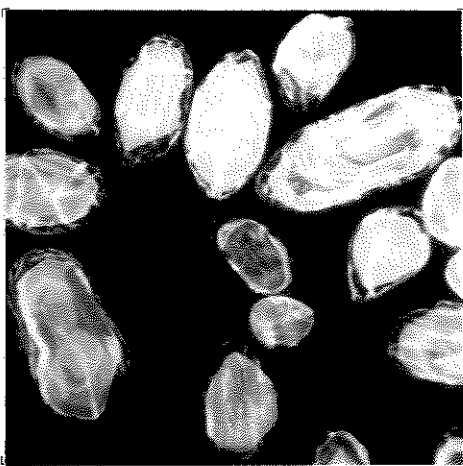
Das Korngrößenspektrum der hellbraun gefärbten bis farblosen, ovalen Kristalle (Vielflächner) liegt niedriger als bei Probe1 (160 - 60 μm).



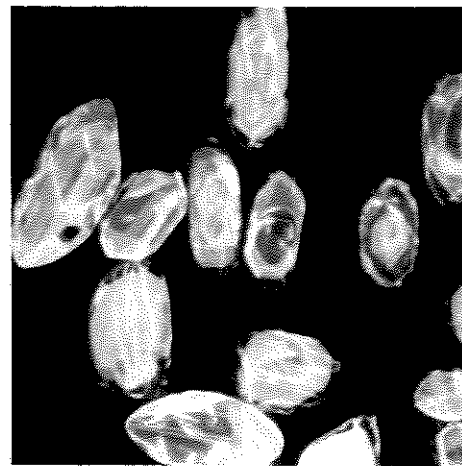
3/1



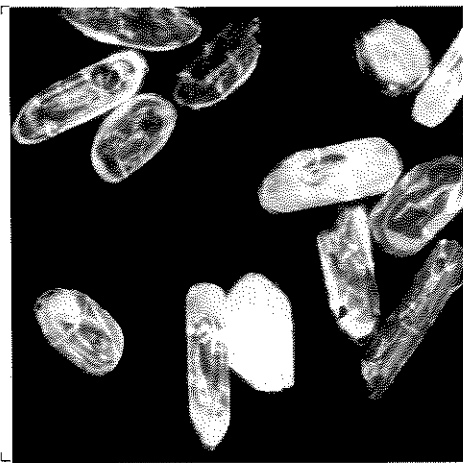
3/2



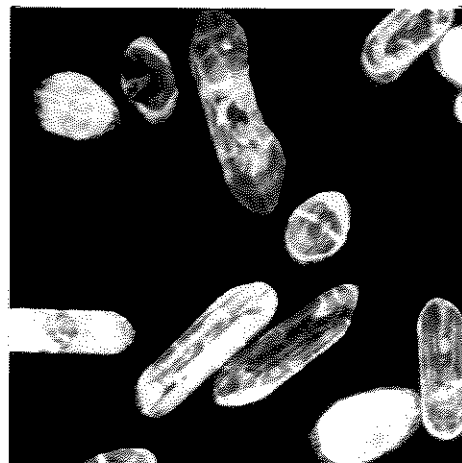
3/3



3/4



3/5



3/6

Tafel 3: Kathodolumineszenz-Aufnahmen von Zirkon, pegmatoide Linse/Blastomylonit IV (Profil b, Probe: NL 285) und Blastomylonit II (Profil c, Proben NL 273-276), Schirmacher-Oase (vergleiche Abb. B-6); Korngrößenfraktion 125-160µm; Zirkone aus Pegmatoid in Blastomylonit IV (Bild 3/1 - 3/4): Bild 3/1 + 3/2: Typ 1 (nadelig) und 3 (prismatisch), Zonarbau, Bild 3/3 + 3/4: Typ 3 (prismatisch gedrunken), Typ 4 (ovale Vielflächener), z. T. mit Kern, detritische Zirkone, Zirkone aus Blastomylonit II (Bild 3/5 + 3/6): Typen 1, 3 und 4 sowie detritische Zirkone

5. Lamprophyre (Amphibol, Biotit, Alkalifeldspat)

In der Schirmacher-Oase und im zentralen Wohlthat-Massiv treten Minettegänge und -intrusivkörper sowie Kersantitgänge auf (HOCH, 1992, KÄMPF & TOBSCHALL, 1995). Nach geologischen Kartierungsbefunden handelt es sich um die ältesten, nicht metamorph überprägten Basitgänge in der Schirmacher-Oase (KÄMPF & STACKEBRANDT, 1985a). Ob die Lamprophyre panafrikan- oder gondwana-Ereignissen zugeordnet werden können muß, da isotopengeochronologische Daten bislang fehlen, offen bleiben.

Die in den nachfolgenden Abschnitten dargelegten mineralogischen und mineralchemischen Voruntersuchungen wurden in Vorbereitung isotopengeochemischer Untersuchungen an Amphibolen, Biotit, Alkalifeldspat und Zirkon von 5 Proben (N7K, N7, N8, N9 und N10) aus dem Minettegang "See 55m" im Westteil der Schirmacher-Oase durchgeführt (Abb.B-7).

5.1. Amphibol

Die grünen Amphibole bilden mafische Einsprenglinge und treten auch mikrokristallin in der Grundmasse auf. Die Kristalle haben zum Teil idiomorphe bis hypidiomorphe Ausbildung. Sie weisen meist glomerophyrische Verwachsungen auf. Die Variationsbreite der Zusammensetzung der Amphibole der Proben N7 bis N 10 liegt zwischen Hornblende und Tremolit, tendiert aber stärker zu Tremolit (FeO-Gehalt: 10-15 Gew.%, Tab. B-6, Abb. B-16). Die Amphibole der Xenolithprobe N7K, die nach dem SEE-Verteilungsmuster den Kersantitproben sehr ähnelt, fallen dagegen eindeutig ins Hornblendefeld (FeO-Gehalt: 17-19 Gew.%, Tab. B-6). Im Dünnschliff macht sich dieser mineralchemische Unterschied dadurch bemerkbar, daß die Amphibole mit dem höheren FeO-Gehalt die intensivere Grünfärbung zeigen. Die K₂O-Gehalte der Tremolite schwanken zwischen 0,15 und 0,53 %, die der Hornblendenden liegen zwischen 1,0 und 1,9%.

5.2. Biotit

Die Biotite liegen meist als idiomorphe bis hypidiomorphe, tafelige Einsprenglinge vor. Sie kommen aber auch mikrokristallin in der Grundmasse vor. Die Biotite in den Lamprophyren der Schirmacher-Oase zeigen keinerlei Umwandlungserscheinungen. Im Gegensatz dazu neigen die Dunkelglimmer von Proben aus den zentralen Wohlthat-Massiv zur Bildung eines Sagenitgitters (feines Gitterwerk von sekundärem Rutil bzw. Titanit, das durch die Einwirkung von Hydrothermen entstanden sein dürfte).

Die Zusammensetzung der Biotite ist im gesamten Gangprofil "See 55m" nahezu konstant (Tab. B-7). Da der FeO-Gehalt höher liegt als der MgO-Gehalt dürfte es sich um Lepidomelan handeln. Die K₂O-Gehalte liegen zwischen 7,8 und 9,5%.

5.3. Alkalifeldspat

In den Minette-Proben tritt hauptsächlich xenomorpher Alkalifeldspat in der Grundmasse auf, der teilweise perthitische Entmischungen zeigt. Nach den in Tab. B-8 aufgeführten Elementkonzentrationen weisen die Alkalifeldspäte Orthoklaszu-

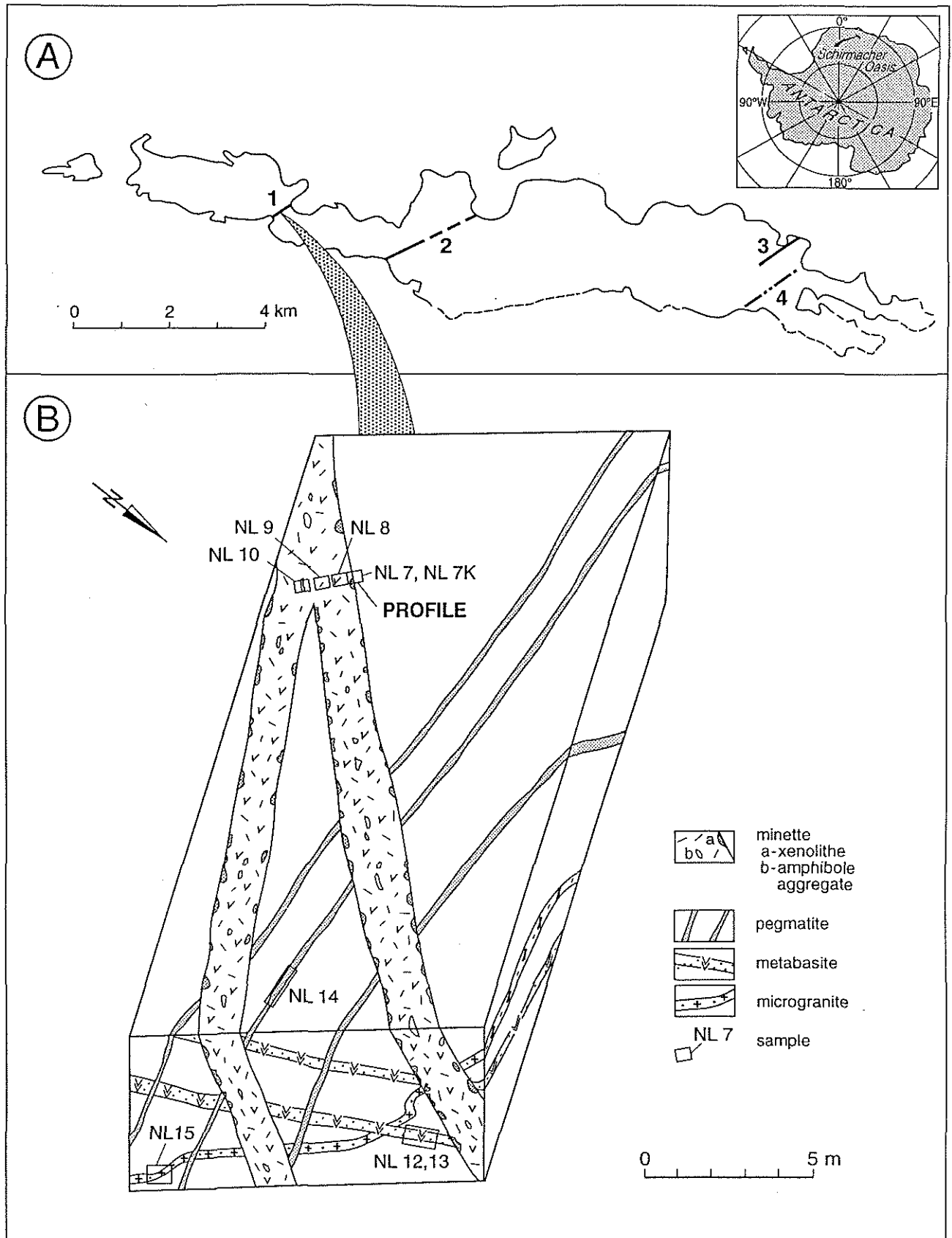


Abbildung B-7: Lamprophyr-Vorkommen (Minette) in der Schirmacher-Oase, A: Verbreitung in der Schirmacher-Oase, B: Blockbild des Vorkommens "See 55m" mit den relativen Altersbeziehungen zu anderen Gangmagmatiten und Pegmatiten

sammensetzung auf. Die K_2O -Gehalte der frischen Alkalifeldspäte variieren zwischen 13,5 und 14,8%. In einigen Fällen zeigen die Alkalifeldspäte vom Zentrum ausgehende Kaolinitisierung, die wahrscheinlich auf eine autohydrothermale Überprägung zurückzuführen ist.

C - Isotopengeochronologische und -geochemische Ergebnisse

1. Zur Geochronologie und Isotopengeochemie von Metamorphiten des Anorthositmassivs ELISEEV

Ein Schwerpunkt im Rahmen des Projektes war die Untersuchung von Gesamtgesteins- und Mineralproben aus dem nördlichen Teil des Anorthositmassivs ELISEEV (Unterseeoase) mittels U/Pb-, Sm/Nd-, Rb/Sr- und K/Ar-Methode. Neben dem Kristallisationsalter sollten möglichst auch Metamorphosealter erfaßt werden.

1.1. U/Pb-Analysen (Titanit, Zirkon)

Aus dem in Abschnitt B-2.3. beschriebenen massiven Titanitvorkommen an der Westflanke des Unterseeales (Abb. B-4) wurden insgesamt 5 Titanitproben mittels U/Pb-Methode untersucht (Tab. C-4, Abb. C-4). Die U/Pb-Isotopendaten der Titanitproben sind nur wenig diskordant und ergeben ein **Alter von 603 ± 14 Ma.**

1.2. Sm/Nd-Analysen (Gesamtgestein, Minerale)

Die Ergebnisse der Sm/Nd-Analysen der Gesamtgesteine sind in Tab. C-1 aufgelistet und in einem Isochronendiagramm (Abb. C-1) dargestellt.

Bis auf die Probe Wt1 liegen alle anderen untersuchten **Pyroxenite** (petrographisch: Metapyroxenite und OAGN's) auf einer Geraden, die einem **Alter von 692 ± 66 Ma (2σ)** entspricht. Die Anorthositproben (petrographisch: Meta-Anorthosite) zeigen einen geringeren Variationsbereich im Sm/Nd-Verhältnis. Aus der Regressionsgeraden (ohne die Probe W 74) ergibt sich ein sehr ungenaues Datum von 471 ± 176 Ma.

Von dem in Abschnitt B-2.3. beschriebene Vorkommen einer massiven **Titanit-mineralisation** wurden 14 Mineralproben (Titanit, Augit, Plagioklas) mittels Sm/Nd-Analyse untersucht (Tab. C-3). Die Ergebnisse sind in einem Isochronendiagramm (Abb. C-3) dargestellt. Da die Minerale nur wenig unterschiedliche Sm/Nd-Verhältnisse zeigen, ist die Regressionsgerade nur ungenau definiert und ergibt ein **Alter von 631 ± 175 Ma (2σ).**

Von drei **granulitfaziell überprägte Basitproben** (OAGN's: W 79, W 2.8. und WMX) wurden die Hauptminerale (Pyroxen, Quarz, Ilmenit, Plagioklas, Granat) separiert und diese gemeinsam mit dem Gesamtgestein mittels Sm/Nd-Analyse untersucht. Ausgangspunkt für diesen Ansatz waren zwei Indikationen:

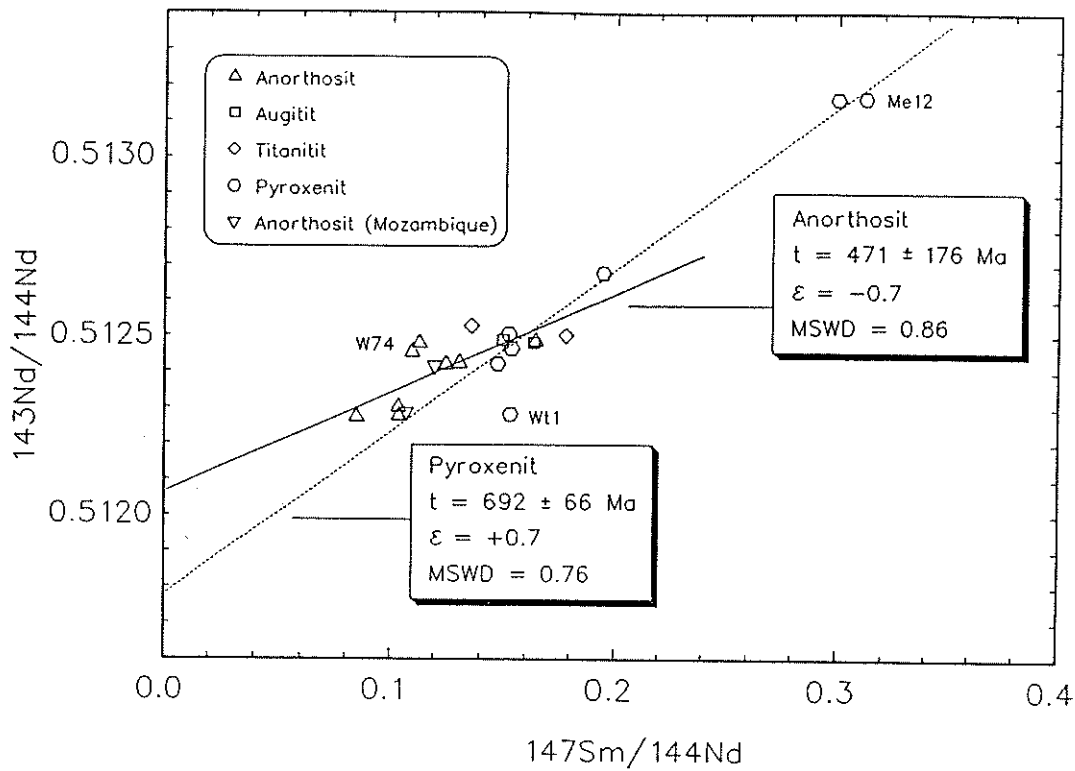


Abbildung C-1: Sm-Nd Isochronendiagramm für Gesamtgesteinsproben: Anorthosite, Pyroxenite, OAGN's, Titanitmineralisation (Titanit, Augit) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV im zentralen Wohlthat-Massiv/ Ostantarktika und aus NE-Mocambique (Provinz Tete), vergleiche Abb. B-3 und Tabelle C-1,

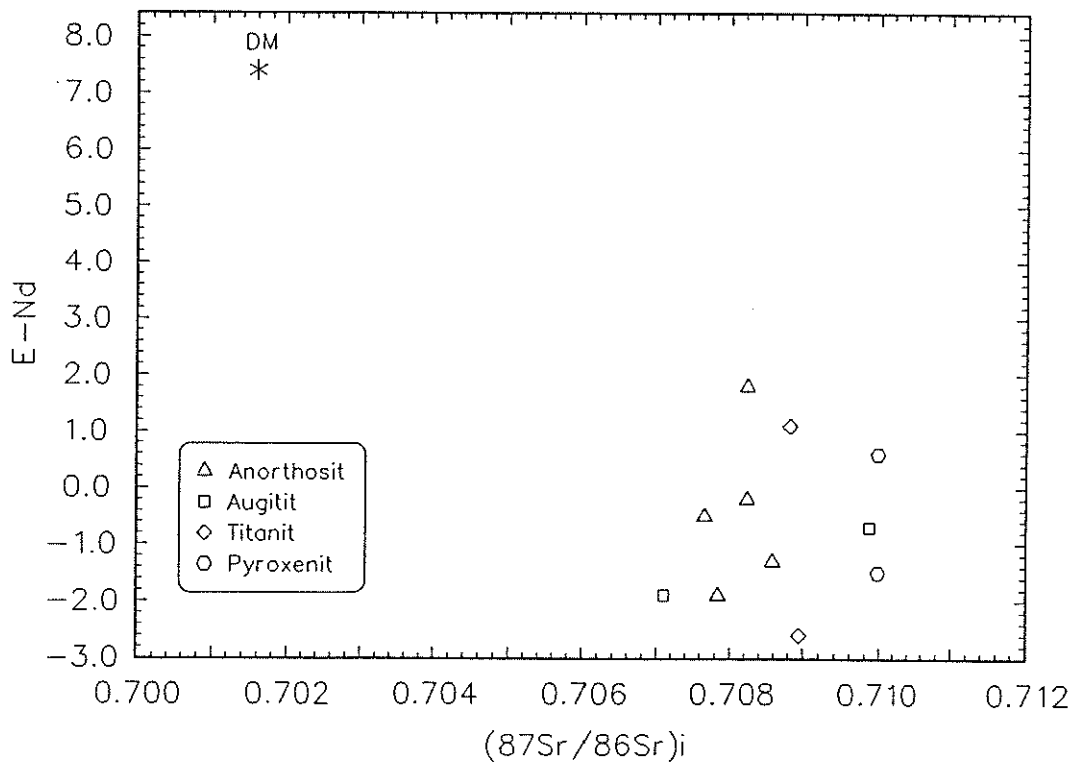


Abbildung C-2: ϵ_{Nd} gegen $[^{87}Sr/^{86}Sr]_i$ Darstellung für Metabasit-Gesamtgesteinsproben aus dem Anorthositmassiv ELISEEV (Anorthosite, Pyroxenite, OAGN's, Ti-Mineralisationen), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika, vergleiche Abb. B-3, Tabelle C-1 und C-2,

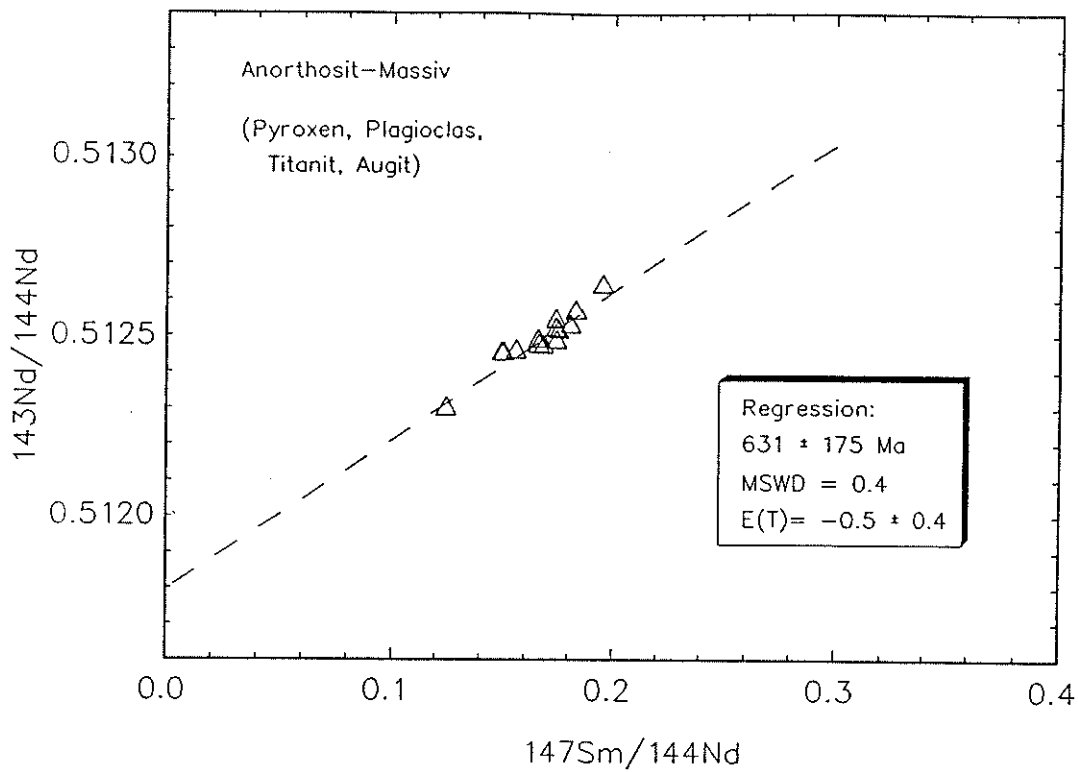


Abbildung C-3: Sm-Nd Isochronendiagramm für Mineralproben aus einer massiven Titanitmineralisation in einem OAGN-Gang, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantartika, vergleiche Abb.B-4 und Tabelle C-3,

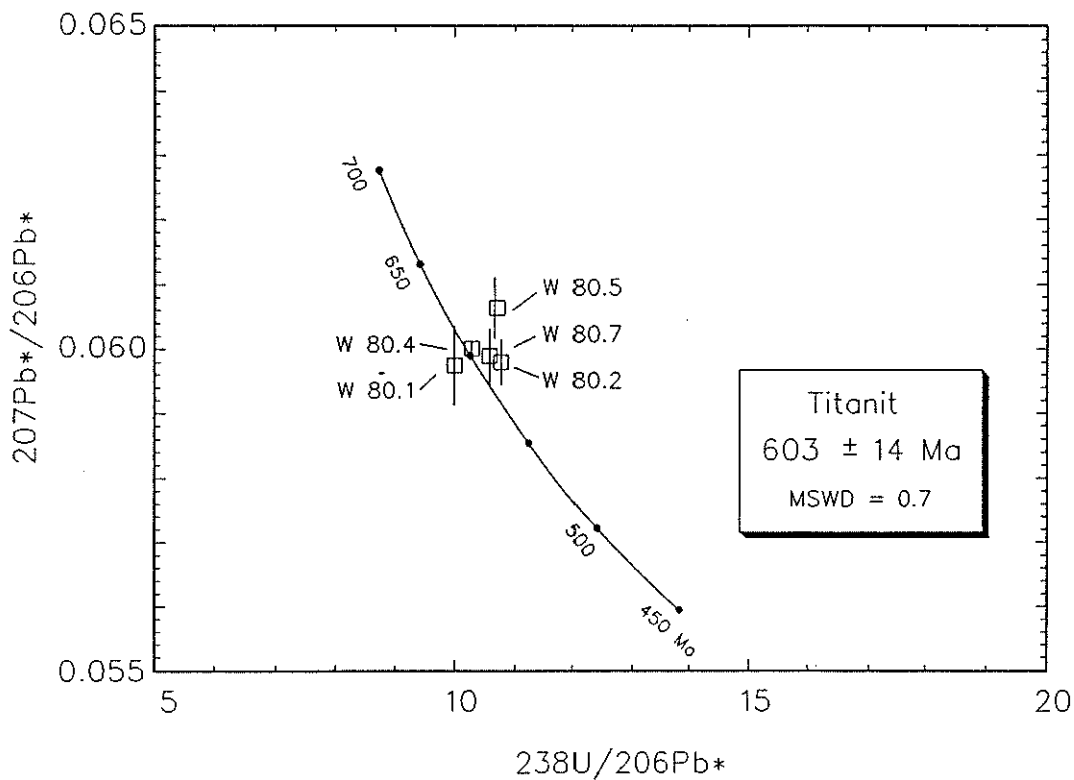


Abbildung C-4: U-Pb Concordia-Diagramm von Titanitproben aus der Ti-Mineralisationszone in einem OAGN-Gang, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantartika, vergleiche Abb. B-3, B-4 und Tabelle C-4,

(1) der petrographische Befund, daß es infolge granulitfazieller Überprägung der Proben zur Neubildung von Granat und Quarz sowie zur Rekristallisation und Umlagerung von Ilmenit, Pyroxen und Plagioklas kam und

(2) die Eignung von Granat für Sm/Nd-Analysen infolge der relativen Anreicherung der schweren SEE im Verteilungsmuster. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tab. C-5 und Abb. C-5 dargestellt. Aus den Mineralisochronen der drei untersuchten Proben ergeben sich Alterswerte von 552 ± 16 Ma (Probe W 79), 545 ± 10 Ma (Probe W 2.8.) und 564 ± 12 Ma (Probe WMX). Die initialen $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ -Verhältnisse entsprechen ϵ_{Nd} -Werten von 1,0 bis 1,3.

1.3. Rb/Sr-Analysen (Gesamtgestein, Mineralisation)

Von insgesamt 11 Proben (5 Anorthosite, 2 Pyroxenite und 4 Proben aus der Titanitmineralisation) wurden Rb/Sr-Analysen angefertigt. Die Ergebnisse sind in Tab. C-2 verzeichnet. Eine Darstellung der Daten im Isochronendiagramm ergab keine Regressionsgerade bzw. Isochrone. Die Ri - Werte ($t = 600$ Ma) liegen zwischen 0.70710 und 0.70986. Dies ist insofern ungewöhnlich, weil die Ri-Werte von Anorthositen normalerweise zwischen 0.7030 und 0.7050 liegen. Eine Diskussion zu diesem Ergebnis erfolgt in Abschnitt C-1.5. und D-2.

1.4. K/Ar-Analysen(Biotit)

Am Nordrand des Anorthositmassivs ELISEEV tritt infolge retrograder amphibolitfazieller Überprägung eine Biotitblastese in Pyroxeniten auf. Mittels K/Ar-Analyse wurden von drei Proben jeweils zwei unterschiedliche Biotit-Korngrößenfraktionen untersucht (vgl. Tab. C-6). Die K/Ar-Daten lieferten konkordante Ergebnisse, d.h. im Rahmen der analytischen Fehler stimmen die Daten für alle Fraktionen überein. Es ergibt sich ein Mittelwert von $480,2 \pm 1,3$ Ma, der als Biotit-Abkühlungsalter zu interpretieren ist.

1.5. Isotopengeochemische Resultate im $\epsilon_{\text{Nd}} - [^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}]_i$ - Diagramm

Ein überraschendes isotopengeochemisches Ergebnis ergibt sich aus dem $\epsilon_{\text{Nd}} - [^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}]_i$ - Diagramm der Gesamtgesteinsproben (Abb. C-2, Tab. C-1, C-2). Es zeigt sich eine deutliche krustale Kontamination des basischen und ultrabasischen Eduktes.

2. Zur Geochronologie und Isotopengeochemie von Metamorphiten der Schirmacher-Oase (Sm/Nd-Analysen)

16 Metamorphitproben aus der Schirmacher-Oase wurden mittels Sm/Nd-Analytik untersucht. Die Proben stammen aus den von ANDREHS & BORMANN (1995) beschriebenen Ost- und Westprofil der Schirmacher-Oase. Die Gesteine liegen granulit- bzw amphibolitfaziell überprägt vor. Die stratigraphischen, elementgeochemischen und petrographisch-texturellen Kennzeichen sowie die Zirkoncharakteristik der Proben sprechen dafür, daß es sich bei diesen Gesteinen primär um Metasedimente (wahrscheinlich marine Schelfablagerungen) handelte.

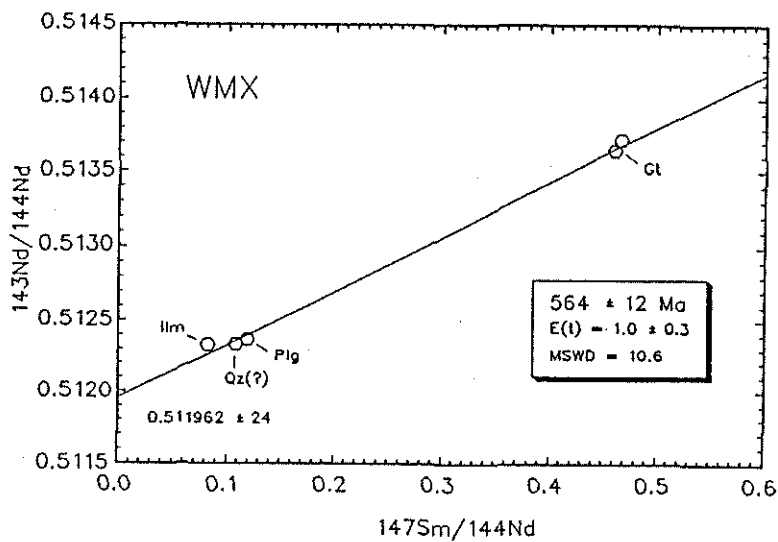
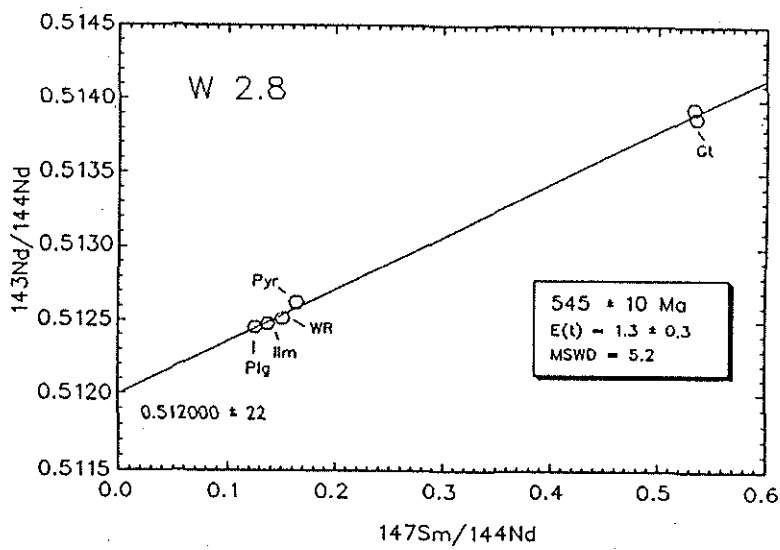
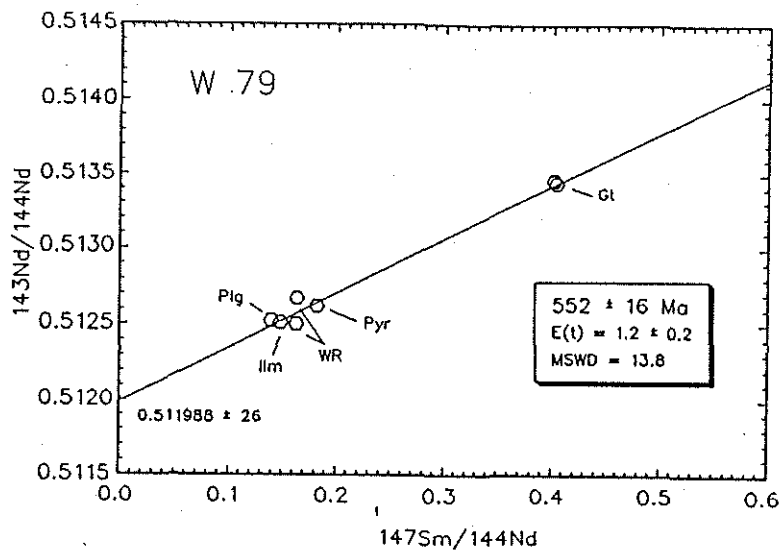


Abbildung C-5: Sm-Nd Mineral-Isochronen für drei OAGN-Metabasitproben (granulitfaziell neugebildete oder rekristallisierte Minerale und Gesamtgestein) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV (Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika, vergleiche Abb. B-3, B-4 und Tabelle C-5,

Die Ergebnisse der Sm/Nd Analysen sind in Tab. C-7 und im Isochronendiagramm (Abb. C-6) dargestellt. Ein Teil der Proben zeigt im Isochronendiagramm eine lineare Korrelation. Die Regression dieser Proben entspricht einem Datum von 810 ± 156 Ma. Unter der Annahme daß die granulitfazielle Metamorphose zu einer weitgehenden Homogenisierung der Nd-Isotopenverhältnisse geführt hat, könnte dieses Datum als Zeitpunkt der Metamorphose interpretiert werden. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß insbesondere in klastischen (Meta) Sedimenten bereits eine ererbte Korrelation der $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ -Verhältnisse und der Sm/Nd-Verhältnisse vorgelegen hat, und die Regressionsgerade z.T. eine Mischungslinie darstellt. In diesem Fall wäre das aus der Regression berechnete Datum zu hoch und gäbe nur einen Maximalwert für das Alter der Metamorphose.

Der initiale ϵ_{Nd} -Wert von $1,2 \pm 0,3$ zeigt eine krustale Signatur. Die nach dem Modell von DePAOLO (DePAOLO et al., 1991) berechneten Nd-Modell-Alter streuen um einen Mittelwert von $1,34 \pm 0,01$ Ga (Tab. C-7).

D - Diskussion und Schlußfolgerungen

1. Diskussion der geochronologischen Ergebnisse

Die Abbildung D-1 zeigt eine Zusammenstellung der geochronologischen Daten, die wie folgt interpretiert werden kann:

- (1) Nd-Modell-Alter (DePAOLO et al., 1991) von den Metasedimenten : Mittelwert 1.340 ± 100 Ma

----> Hinweis auf das Eduktalter der Metasedimente der Schirmacher-Oase,

- (2) Sm/Nd- "Errorchron" für Metasedimente der Schirmacher-Oase: 810 ± 156 Ma

----> Maximalalter der granulitfaziellen Metamorphose (?),

- (3) Sm/Nd-Isochrone für schwach metamorph überprägte Pyroxenite bzw. OAGN's aus dem Anorthositmassiv: 692 ± 66 Ma

----> Kristallisationsalter der Pyroxenite,

- (4) Sm/Nd-Isochrone und U/Pb-Diskordia für Minerale aus einer massiven Titanitmineralisation in einem OAGN-Dyke:

631 ± 175 Ma (Sm/Nd)

603 ± 31 Ma (U/ Pb)

----> Kristallisationsalter der Mineralisation/Ti-Silikatschmelze als Bestandteil von OAGN's (Minimalalter für das Anorthositmassiv),

- (5) Sm/Nd-Isochronen für Minerale aus tektonometamorph granulitfaziell überprägten Randbereichen der OAGN-Dykes im Anorthositmassiv:

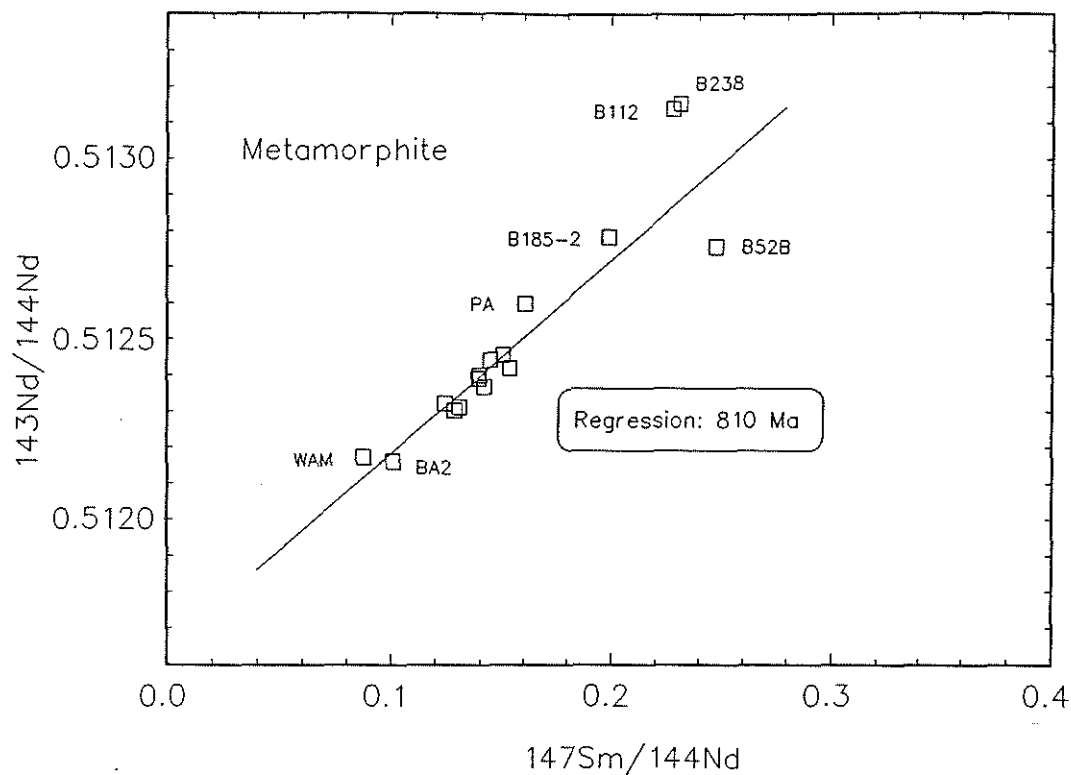


Abbildung C-6: Sm-Nd Isochronendiagramm für Metasedimente aus der Schirmacher-Oase, vergleiche Abb. B-5A und Tabelle C-7

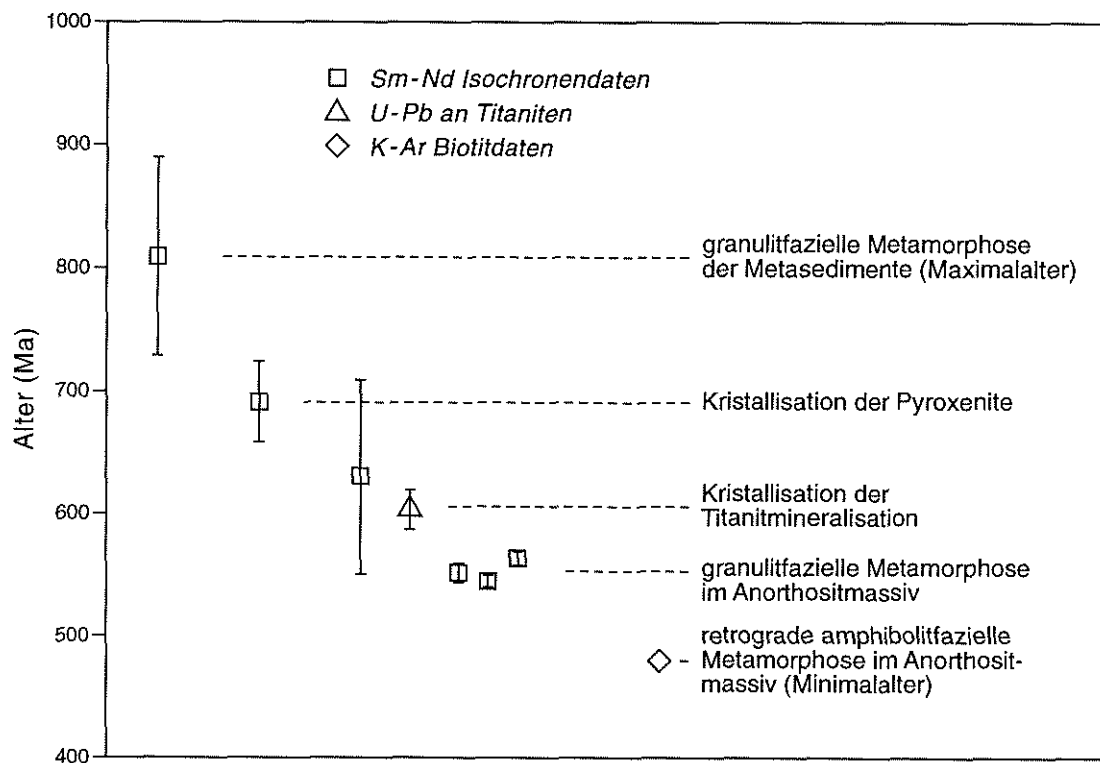


Abbildung D-1: Geochronologie Wohlthat-Massiv

552 ± 16 Ma

545 ± 10 Ma

564 ± 12 Ma

554 ± 6 Ma (Mittelwert)

----> Alter der granulitfaziellen Metamorphose im Anorthositmassiv,

- (6) K/Ar-Datierung von neu gebildeten Biotiten aus retrograd amphibolitfaziell überprägten Anorthositen:

480 ± 1,3 Ma

----> Abkühlungsalter, Minimalalter für die retrograde amphibolitfazielle Metamorphose im Anorthositmassiv.

2. Diskussion der isotopengeochemischen Ergebnisse

Die ϵ_{Nd} -Werte von Anorthositen, Pyroxeniten und OAGN's sowie die ϵ_{Nd} -Werte von Metasedimenten aus dem Untersuchungsgebiet liegen nahe dem CHUR-Wert und damit signifikant niedriger als der ϵ_{Nd} -Wert des "depleted mantle" (DM), d.h. sie besitzen eine krustale Signatur (vgl. Abb. C-2, Tab. C-1, C-2). Als Interpretationsvarianten für die krustale Signatur kommen infrage:

- (1) Bildung des Magmenreservoirs, das die Pyroxenite, OAGN's, Titanitmineralisationen und Anorthosite hervorbrachte, aus präexistierender (Unter) Kruste.

Die Nd-Modellalter für Anorthosite (1,0 Ga) und für die Metasedimente (1,3 Ga) sprechen für eine oberproterozoische Bildung dieser Kruste.

- (2) Bildung des Magmenreservoirs primär aus Mantelmaterial.

Durch intensive, großräumige metasomatische Prozesse werden unter anderem SEE und Sr aus der Kruste zugeführt. Die SEE- und Sr-Konzentrationen sind zum Teil auf die metasomatische Zufuhr aus Krustenbereichen zurückzuführen.

3. Geologische Wertung, regionaler Vergleich und Schlußfolgerungen

3.1. Zum Alter des kristallinen Basements

Da der eindeutige geochronologische Beleg für das Alter des metamorphen Kristallins im Nordbereich des Wohlthat-Massives noch aussteht, ist das Nd-Modellalter (Mittelwert: 1.340 ± 100 Ma) und die Sm/Nd-"Errorchron" (810 ± 156 Ma) noch nicht für eine geologische Interpretation verwendbar.

Der Nachweis von "Grenville-Ereignissen" im Wohlthat-Massiv ist noch zu erbringen.

Die Klärung dieses Sachverhaltes dürfte eine der wesentlichsten geowissenschaftlichen Fragen der nächsten Jahre in dieser Region überhaupt sein (ARNDT et al., 1991), bevor globaltektonisch rekonstruiert bzw. spekuliert wird (BORMANN & PAECH, 1995; GREW et al., 1992; JACOBS et al., 1993, MOYES et al., 1993, PAECH, 1986).

Aus den im Bericht erbrachten geologischen und eventmineralogischen Resultaten ergeben sich folgende Ansatzpunkte für die Klärung dieser zentralen Frage:

- (1) U/Pb- Einzelkorndatierungen an Zirkon aus den Metabasitgängen bzw. -lagergängen der Schirmacher-Oase (Minimalalter für das kristalline Basement), vgl. Abschnitt B-1;
—> auf geochronologische Untersuchungen ausgerichtete Probenahme, Untersuchungen mittels SHRIMP,
- (2) U/Pb- Datierungen an Zirkon und Monazit (?) aus dem Pegmatit "A" der Schirmacher-Oase (Minimalalter für das kristalline Basement oder Metamorphose-Alter), vgl. Abschnitt B-3;
—> auf geochronologische Untersuchungen ausgerichtete Probenahme, konventionelle U/Pb-Datierung an Zirkon und Monazit,
- (3) U/Pb- Datierungen an Zirkon und Monazit (?) aus pegmatoiden Linsen im Bereich von Blastomylonitzonen (Alter, Etappen der Stapeltektonik im Wohlthat-Massiv), vgl. Abschnitt B-4.
—> auf geochronologische Untersuchungen ausgerichtete Probenahme, konventionelle U/Pb-Datierung an Zirkon und Monazit.

3.2. Alter des Anorthositmassivs (700 - 600 Ma)

Die Variationsbereiche der Altersdaten von Pyroxeniten, OAGN's und Titanitmineralisationen aus dem Anorthositmassiv überschneiden sich (692 ± 66 Ma, Sm/Nd-Isochrone Pyroxenite und OAGN's; 631 ± 175 Ma, Sm/Nd-Isochrone Titanitmineralisation und 603 ± 31 Ma, U/Pb-Diskordia Titanitmineralisation). Unter Berücksichtigung der Fehler stimmen die Altersdaten überein. Damit konnte für die spätmagmatische Entwicklungsetappe des Anorthositmassives (Intrusion von Pyroxeniten, OAGN's und Bildung von Ti-Mineralisation) ein oberproterozoisches Alter nachgewiesen werden. Diese neue geochronologische Marke ist gleichzeitig als Minimalalter für das Anorthositmassiv insgesamt zu werten. Neben petrographischen-, petrochemischen- und mineralogischen Kennzeichen (KÄMPF et al., 1995; KÄMPF & TOBSCHALL, 1995) dient das Datierungsergebnis auch als ein weiteres Kriterium für die Charakterisierung des Anorthositmassives ELISEEV als "Proterozoic Massif-Type Anorthosite".

3.3. Metamorphose-Ereignisse im Anorthositmassiv (560 ... 480 Ma)

Die Variationsbereiche der Sm/Nd-Isochronen der drei granulitfaziell metamorph überprägten Proben überschneiden sich (WMX: 564 ± 12 Ma, W 79: 552 ± 16 Ma,

W 2.8.: 545 ± 10 Ma). Der Mittelwert beträgt 554 ± 6 Ma. Die an den Proben beobachtete Mineralparagenese ist typisch für granulitfaziell metamorphisierte Gesteine : WMX (gra + cpx + pl + q + il), W 79 (gra + cpx + pl + q + il + rut + kfsp), W 2.8.: (gra + cpx + pl + q + il + rut + kfsp).

Der Mittelwert wird als Alter der granulitfaziellen Metamorphose im Anorthositmassiv interpretiert. Das neue Datum (554 ± 6 Ma) ist für das Gebiet des Wohlthat-Massivs der erste Beleg einer granulitfaziellen Metamorphose panafrikanischen Alters überhaupt. In den polymetamorph geprägten Kristallineinheiten der Schirmacher-Oase wäre dieser Beleg viel schwerer zu erbringen gewesen.

Die K/Ar-Analysen an Biotit lieferten einen Mittelwert von $480 \pm 1,3$ Ma. Die an sechs Biotitproben von drei retrograd amphibolitfaziell überprägten Pyroxeniten vorgenommenen K/Ar-Analysen stimmen unter Berücksichtigung der analytischen Fehler überraschend gut überein. Das spricht für ein gut eingestelltes Metamorphose-Gleichgewicht. Das neue Datum ($480 \pm 1,3$ Ma) ist für das Gebiet des Wohlthat-Massivs der erste Beleg einer amphibolitfaziellen Metamorphose panafrikanischen Alters überhaupt. In den polymetamorph geprägten Kristallineinheiten der Schirmacher-Oase wäre dieser Beleg viel schwerer zu erbringen gewesen. Nach geochronologischen Daten aus angrenzenden Gebieten überlagern sich magmatische und metamorphe Ereignisse in diesem Zeitintervall (oder die Aussagen der Autoren sind genetisch vorbelastet):

- (1) OHTA & TORUDBAKKEN (1989) veröffentlichte eine Rb/Sr-Isochrone: 500 Ma intrusiver Charnockit, Mühlig-Hofmann Gebirge),
- (2) TAINOSHO et al. (1992) publizierte zwei Rb/Sr-Isochronen aus den Sør Rondane Mountains : 506 ± 43 Ma (Mefjell-Granit) und 528 ± 31 Ma (Dufek-Granit),
- (3) Das ^{40}Ar - ^{39}Ar -Plateau-Alter einer Biotitprobe aus dem Pingvinane-Granit/ Sør Rondane Mountains beträgt $498,5 \pm 8,8$ Ma (TAKIGAMI & FUNAKI (1991). Das ^{40}Ar - ^{39}Ar -Plateau-Alter einer Kalifeldspatprobe aus dem Pingvinane-Granit beträgt $487,2 \pm 8,6$ Ma (TAKIGAMI, Y; FUNAKI, M; TOKIEDA, K (1992),
- (4) Granulitfazielle Metamorphose im Altersbereich 550 bis 600 Ma wurde für den "Highland Complex" in Sri Lanka nachgewiesen (OGO et al., 1992, HIROI et al. 1994). Die retrograde amphibolitfazielle Metamorphose in Sri Lanka wird mit ~ 500 Ma angegeben (OGO et al., 1992, HIROI et al. 1994). Dies stimmt überraschend gut mit den Daten aus dem Anorthositmassiv ELISEEV überein.

Wie die CO_2 -Einschlüsse in granulitfaziell gebildeten Granat aus dem Anorthositmassiv zeigen, dürfte es sich wie in den Nachbargebieten Ostgondwanas auch um Fluid (CO_2)-reiche Metamorphoseprozesse handeln (BUCHER & OHTA, 1993; SANTOSH et al., 1993; SANTOSH & YOSHIDA, 1992). Dieser Sachverhalt ist auch bei den weiteren geochronologischen Untersuchungen im Wohlthat-Massiv stärker zu berücksichtigen.

D - Literaturverzeichnis

- ANDREHS, G., BORMANN, P., 1995 (in Druck): Metamorphics.— In BORMANN, P., D. FRITZSCHE (eds.), The Schirmacher-Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica and its surroundings.—
Petermanns Geographische Mitt. Nr. 287, Perthes-Verlag, Gotha
- ARNDT, N.T.; TODT, W.; CHAUVELT, C.; TAPFER, M.; WEBER, K., 1991: U-Pb age and Nd isotopic composition of granitoids, charnockites and supracrustal rocks from Heimfrontfjella, Antarctica.— Geol. Rundsch. **80**, 3, 759-777
- ASAMI, M.; OSANAI, Y.; SHIRAIISHI, K.; MAKIMOTO, H., 1992: Metamorphic evolution of the Sør Rondane Mountains, East Antarctica.— In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAIISHI, K. (eds.): Recent Progress in Antarctic Earth Science, TERRAPUB, Tokyo, 7-15
- BORMANN, P.; PAECH, H.-J., 1995 (in Druck): Conclusions on structure, composition and history of the Earth's crust in central Queen Maud Land.— In: BORMANN, P., D. FRITZSCHE (eds.), The Schirmacher-Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica and its surroundings.— Petermanns Geographische Mitt. Nr. 287, Perthes-Verlag, Gotha
- BUCHER-Nurminen, K.; OHTA, Y., 1993: Granulites and garnet-cordierite gneisses from Dronning-Maud Land, Antarctica.— J. Metam. Geology, **11**, 691-703
- DAMM, V., 1995 (in Druck): Structure and kinematics of the Lake 55m fault zone by means of petromagnetic fabric analysis.— In BORMANN, P., D. FRITZSCHE (eds.), The Schirmacher-Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica and its surroundings.— Petermanns Geographische Mitt. Nr. 287, Perthes-Verlag, Gotha
- De PAOLO, D.J.; LINN, A.M.; SCHUBERT, G., 1991: The Continental Crustal Age Distribution: Methods of Determining Mantle Separation Ages from Sm-Nd Isotopic Data and Application to the Southwestern United States.— Jour. Geophys. Res., **96**, B2, 2071-2088
- GREW, E.; MANTON, W.I., 1983: Geochronologic studies in East Antarctica: Reconnaissance uranium-thorium-lead data from rocks of the Schirmacher Hills and Mount Stinear.— U.S. Antarctic J., Washington **XVIII**, 6-8
- GREW, E.S.; MANTON, W.I.; ASAMI, M.; MAKIMOTO, H., 1992: Reconnaissance geochronologic data on Proterozoic polymetamorphic rocks of the Eastern Sør Rondane Mountains, East Antarctica.— In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAIISHI, K. (eds.), Recent progress in Antarctic Earth Science, TERRAPUB, Tokyo, 37-44
- HOCH, M., 1992: Petrographische und geochemische Untersuchungen an Lamprophyren der Schirmacher-Oase und des Wohlthat-Massives, Ostantarktika.— Diplomarbeit TU Hannover 146 S., Hannover
- HOEK, J.D.; DIRKS, P.H.G.M.; PASSCHIER, C.W., 1992: A Late-Proterozoic extensional-compressional tectonic cycle in East Antarctica.— In: YOSHIDA, Y.;

KAMINUMA, K.; SHIRAIISHI, K. (eds.), Recent progress in Antarctic Earth Science, TERRAPUB, 137-143

HOOPS, E., 1994: Petrographisch-geochemische Untersuchungen an Anorthositen und Ultramafiten des Anorthositmassivs Eliseev, Zentrales Wohlthatmassiv (Ostantarktis).-- Diplomarbeit TU Hannover 101 S., Hannover

JACOBS, J.; THOMAS, R.J.; WEBER, K., 1993: Accretion indentation tectonics at the southern edge of the Kaapvaal craton during the Kibaran orogeny.-- *Geology*, **21**, 203-206

JACOBS, J.; THOMAS, R.J.; WEBER, K., 1993: 1.1 Ga oblique collision at the southern edge of the Kaapvaal Craton: evidence from Heimefrontfjella (western Dronning Maud Land) and the Natal Belt (South Africa).-- Abstracts International symposium "The tectonics of East Antarctica" 13-14 October, 1993 in Utrecht

KÄMPF, H., 1995 (in Druck): Mineralizations in central Queen Maud Land.-- In: BORMANN, P., D. FRITZSCHE (eds.), The Schirmacher-Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica and its surroundings.-- *Petermanns Geographische Mitt.* Nr. **287**, Perthes-Verlag, Gotha

KÄMPF, H.; STACKEBRANDT, W., 1985a: Crustal evolution of the eastern Antarctic craton, Schirmacher Oasis.-- *Gerlands Beiträge Geophys.* **94**, 4-6, 251-258

KÄMPF, H.; STACKEBRANDT, W., 1985b: Geologic investigations in the Eliseev Anorthosite Massif, central Dronning Maud Land, East Antarctica.-- *Z. geol. Wiss.*, **13**, 3 321-333

KÄMPF, H.; STACKEBRANDT, W.; HAHNE, K.; PILARSKI, J. 1991: Thematische Luftbildinterpretation einer alpinen Region in zentralen Dronning Maud Land.-- *Z. geol. Wiss.* **19**, 4, 423-431

KÄMPF, H.; STACKEBRANDT, W.; PAECH, H.-J., 1995 (in Druck): Wohlthat Massiv.-- In: BORMANN, P., D. FRITZSCHE (eds.), The Schirmacher-Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica and its surroundings.-- *Petermanns Geographische Mitt.* Nr. **287**, Perthes-Verlag, Gotha

KÄMPF, H.; TOBSCHALL, H.-J., 1995 (in Vorber.): DFG-Abschlußbericht - Magmatite des Wohlthat-Massivs: Petrologie, Intrusionsmechanismen, Tektonomagmatische Stellung zu Az Ka 902/4-1 und To 53/13-1

KAISER, G.; WAND, U., 1985: K-Ar dating of basalt dykes in the Schirmacher Oasis area, Dronning Maud Land, East Antarctica.-- *Z. geol. Wiss.*, **13**, 3, 299-307

KOGAN, A.L.; STROYEV, P.A., 1972: Gravimetricheskie issledovanija v rayone sovetskikh antarkticheskikh stancy Lazarev i Novolazarevskaya.-- *Trudy gos. astron. Inst. im. P.K. Sternberga Moskva XLIII*, 3-7

KRYLOV, A.J.; RAVICH, M.G., 1964: Abolutny vozrast porod Antarkticheskoy platformy.-- *Dokl. 22ogo sjezda mezhdunar. kongr. 1964, Moscow*: 65-77

- McLELLAND, J.; ASHWAL, L.; MOORE, L., 1994: Composition and petrogenesis of oxide-, apatite-rich gabbro-norites associated with Proterozoic anorthosite massifs: examples from the Adirondack Mountains, New York.-- *Contrib. Mineral Petrol* **166**, 225-238
- MOYES, A.B.; BARTON, J.M., 1990: A review of isotope data from western Dronning Maud Land, Antarctica.-- *Zbl. Geol. Paläont. Teil I* (1990) 19-31
- MOYES, A.B.; BARTON, J.M.; GROENEWALD, P.B., 1993: Late Proterozoic to Early Palaeozoic tectonism in Dronning Maud Land, Antarctica: supercontinental fragmentation and amalgamation.-- *J. Geol. Soc.* **150**, 833-842, Northern Ireland
- MOYES, A.B.; HARRIS, P.D.; KRYNAUW, J.R.; GROENEWALD, P.B.; GRANTHAM, G.H., 1993: A chronological framework for the evolution of western Dronning Maud Land.-- Abstracts International symposium "The tectonics of East Antarctica" 13-14 October, 1993 in Utrecht
- OGO, Y.; HIROI, Y.; PRAME, K.B., N.; MOTOYOSHI, Y., 1992: A new insight of possible correlation between the Lützow-Holm Bay granulites (East Antarctica) and the Sri Lankan granulites.-- In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAISHI, K. (eds.), *Recent progress in Antarctic Earth Science*, TERRAPUB, Tokyo, 75-86
- OHTA, Y.; TORUDBAKKEN, B., 1989: Metamorphic rocks and charnockite in the Gjelsvikfjella and western Mühlig-Hofmannfjella, and their Rb/Sr ages.-- *Abstr. Internat. Workshop Antarct. geochronol.*, München: 36-37
- OHTA, Y.; TORUDBAKKEN, B.; SHIRAISHI, K., 1991: Geology of Gjelsvikfjella and western Mühlig-Hofmannfjella, western Dronning Maud Land, and Rb/Sr datings.-- In: *Sixth Internat. Symp. Antarctic Earth science* Sept. 1991 in Japan, Abstracts p. 455
- OSANAI, Y.; SHIRAISHI, K.; TAKAHASHI, Y.; ISHIZUKA, H.; TAINOSHO, Y.; TSUCHIYA, N.; SAKIYAMA, T.; KODAMA, S., 1992: Geochemical characteristics of metamorphic rocks from the central Sør Rondane Mountains, East Antarctica.-- In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAISHI, K. (eds.): *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, TERRAPUB, Tokyo, 17-27
- OWENS, B., E.; DYMEK, R., F., 1992: Fe-Ti rich rocks and Massif Anorthosite: problems of interpretation illustrated from the Labrieville and St. Urban plutons, Quebec.-- *Can. Mineral.* **30**, 163-190
- PAECH, H.-J., 1986: Vergleich der geologischen Entwicklung des südlichen Afrika mit der des antarktischen Kontinents.-- *Veröff. Zentralinst. Physik der Erde* **87**, 205 S.
- PAECH, H.-J.; STACKEBRANDT, W.; WETZEL, U., 1995 (in Druck): Generalization on the geological history of the Schirmacher Oasis.-- In: BORMANN, P., D. FRITZSCHE (eds.), *The Schirmacher-Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica and its surroundings*.-- *Petermanns Geographische Mitt.* Nr. **287**, Perthes-Verlag, Gotha

- PICIOTTO, E.; COPPEZ, A., 1964: Bibliography of absolute age determinations in Antarctica, addendum. --In: Adie, R. J. (Ed.) Antarctic Geology. Proc. 1th Intern. Symposium Antarctic Geology in Capetown.-Amsterdam, 563-569
- RAVICH, M. G., 1982: The lower Precambrian of Antarctica.-- In: CRADDOCK, C. (Ed.), Antarctic Geoscience, Madison, 421-427
- RAVICH, M. G.; KRYLOV, A. J., 1964: Absolute ages of rocks from East Antarctica.-- In: Antarctic geology / ed. by R. J. ADIE., Amsterdam: 579-589
- RAVICH, M. G.; KAMENEV, E. N., 1972: The crystalline basement of the Antarctic platform.-- Gidrometeoizdat, Leningrad 658 S. (russ.)
- RAVICH, M. G.; SOLOVIEV, D. S., 1966: Geologiya i petrologiya centralnoy chasti gor Zemli Korolevy Maud. -- Leningrad: 290 pp.
- SANTOSH, M.; KAGAMI, H.; YOSHIDA, M., (1993): Sm-Nd mineral isochron ages for cordierite-bearing granulites from southern India and Sri Lanka: Evidence for Pan-African charnockite formation in the East Gondwana.-- Bull. Ind. Geol. Assoc. 25, 1-10
- SANTOSH, M.; WADA, H., 1993: A carbon isotope study of graphite from the Kerala Khondalite Belt, southern India: Evidence for CO₂ infiltration in granulites.-- Journ. Geol. 101, 643-651
- SANTOSH, M.; WADA, H., 1993: Microscale isotopic zonation in graphite crystals: Evidence for channel CO₂ influx in granulites.-- Earth and Planet. Sci. Lett. 119, 19-26
- SANTOSH, M.; YOSHIDA, M. (1992): A petrologic and fluid inclusion study of charnockite from the Lützow-Holm Bay region East Antarctica: Evidence for fluid rich metamorphism in the lower crust.-- Lithos 29 (1992) 107-126
- SHIRASHI, K.; KAGAMI, H., 1992: Sm-Nd and Rb-Sr ages of metamorphic rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica.-- In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRASHI, K. (eds.), Recent progress in Antarctic Earth Science, TERRAPUB, 29-35
- STACKEBRANDT, W., 1990: Geological relations between Queen Maud Land, East Antarctica and South India.-- Geodät. Geophys. Veröff. 15, 49-61
- STACKEBRANDT, W.; KÄMPF, H.; WETZEL, U., 1988: The geological setting of the Schirmacher Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica. -- Z. geo. Wiss. 16, 7, 661-665
- STACKEBRANDT, W., 1995 (in Druck): Tectonics.-- In: BORMANN, P., D. FRITZSCHE (eds.), The Schirmacher-Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica and its surroundings.-- Petermanns Geographische Mitt. Nr. 287, Perthes-Verlag, Gotha
- STERN, E., 1994: Petrographische und geochemische Untersuchungen an Basalt- und Metabasitgängen der Schirmacher-Oase, Dronning-Maud Land, Antarktika.-- Diplomarbeit TU Hannover 172 S., Hannover

TAINOSHO, Y.; TAKANASHI, Y.; ARAKAWA, Y.; OSANAI, Y.; TSUCHIYA, N.; SAKIYAMA, T.; OWADA, M., 1992: Petrochemical character and Rb-Sr isotopic investigation of the granitic rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. – In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAISHI, K. (eds.), Recent progress in Antarctic Earth Science, TERRAPUB, 45-54

TAKIGAMI, Y.; FUNAKI, M., 1991: ^{40}Ar - ^{39}Ar ages for igneous and metamorphic rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. – Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Geosciences, 5, 122-135

TAKIGAMI, Y.; FUNAKI, M.; TOKIEDA, K., 1992: ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronological studies on some paleomagnetic samples of East Antarctica. – In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAISHI, K. (eds.), Recent progress in Antarctic Earth Science, TERRAPUB, 61-66

UNNIKRISHNAN - Warriar, C.; YOSHIDA, M.; KAGAMI, H.; SANTOSH, M. (1993): Geochronological constraints on granulite formation in southern India: Implications for East Gondwana reassembly. -- J. Geosc., Osaka Cit. Univ. 36, 109-121

WETZEL, U.; STACKEBRANDT, W.; HAHNE, K., 1991: Results on geological mapping in the nunataks area south of the Schirmacher Oasis, East Antarctica. -- Z. geol. Wiss. 19, 2, 145-152

YOSHIDA, M.; FUNAKA, M.; VITANAGE, P. W., (1992): Proterozoic to Mesozoic East Gondwana: A juxtaposition of India-Sri Lanka-Antarctica. -- Tectonics 11, 381-391

YOSHIDA, M.; SANTOSH, M.; SHIRAHATA, H., 1991: Geochemistry of gneiss-granulite transformation in the "incipient charnockite" zones of southern India. -- Min. and Petrology 45, 1, 69

F - Tabellen (Anhang)

Tabelle B-1: Chemische Zusammensetzung des Zirkonkorns 19/11, Metabasitprobe Oa42, Schirmacher-Oase, Ostantarktika, Mikrosonde-Daten, (Sondentyp: CAMECA SX 50)

Probe	Oa42 (Korn 19/11)						
Profil	Profil						
	Rand						Rand
P2 O5	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si O2	32,20	32,33	32,30	32,56	32,46	32,53	32,22
ZrO2	67,03	66,73	67,13	66,70	66,47	66,82	67,32
HfO2	1,75	1,60	1,56	1,64	1,71	1,38	1,53
ThO2	0,12	0,06	0,00	0,00	0,04	0,02	0,04
UO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe2O3	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02
Y2O3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ce2O3	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Nd2O3	0,01	0,06	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
Sm2O3	0,12	0,02	0,00	0,01	0,03	0,08	0,01
Gd2O3	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,01	0,00
Dy2O3	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,03
Yb2O3	0,00	0,08	0,08	0,00	0,04	0,00	0,01
CaO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Pb2 O5	0,00	0,03	0,08	0,00	0,05	0,03	0,03
Total	101,33	101,00	101,19	101,03	100,85	100,96	101,22
P		0,01					
Si	3,93	3,95	3,94	3,97	3,97	3,97	3,93
Zr	3,99	3,98	4,00	3,97	3,96	3,98	4,01
Hf	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05
Y		0,00					
Nd	0,00	0,00			0,00	0,00	
Sm	0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Total	8,00	8,00	7,99	8,00	7,99	8,00	7,99

Tabelle B-2: SEE-Analysen der Probe W16 (Gesamtgestein, Analytik ICP-MS) und von Apatiten aus W16 (Mineralchemie, Analytik Mikrosonde-Daten, (Sondentyp: CAMECA SX 50), alle Angaben in ppm

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	En	Gd
Gesteinsanalyse-W16	56,5	172	29	150	37,8	1,66	39,5
Apatit 1 W16		566		412	127	64	118
Apatit 2 W16		514		398	79	166	43
	Ho	Er	Tm	Yb	Ln		
Gesteinsanalyse-W16	5,98	16	2,1	13,8	2,16		
Apatit 1 W16		169		20			
Apatit 2 W16		0		8			

Tabelle B-3: Einfluß der Metamorphose auf den Ilmenit-Chemismus von Erzen und OGAN'S ("oxyde-apatite-gabbronorites") aus dem Anorthosit-Massiv ELISEEV, zentrales Wohlthat-Massiv Ostantarktika; Mikrosonde-Daten, (Sondentyp: CAMECA SMX-50)

Gestein/Erz	magmatische Ti-Erze (metamorph wenig überprägt)			OGAN metamorph zunehmend von links nach rechts überprägt			
	4 WE 1	WM 113		2 W 82	W 79	WMX	
Proben-Nr.							
Zahl der Messungen	6	10	10	10	10	10	
Mn	0,82- 0,94	0,29- 0,41	0,28- 0,40	0,29- 0,40	0,34- 0,40	0,11- 0,22	0,05- 0,12
Mg	2,3-2,5	2,8-3,0	2,6-2,9	2,7-2,8	0,58- 0,65	0,20- 0,28	0,01- 0,05
Bemerk. zur Paragenese	Magnet. Spinell (Zn-Geh 0,8-1,1%)	Spinell (Zn-Geh 13,9- 14,5%)			z. T. Granat	Granat- säume	Granat+ Quarz Zirkon w. stab.

Tabelle B-4: Granatanalysen der OGAN-Proben W 16 und W 57 aus dem Anorthositmassiv ELISEEV, zentrales Wohlthat-Massiv, Ostantarktika, Mikrosonde-Daten, (Sondentyp: CAMECA SX 50)

Probe	W16	W16	W16	W16	W57	W57	W57
	1.P	2.P	21.M	25.M	57.M	3.P	4.P
SiO2	37,32	37,16	36,05	37,44	36,67	37,97	37,54
TiO2	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,11	0,05
Fe2O3	0,45	0,98				1,14	0,95
Al2O3	20,73	20,41	20,01	20,16	19,90	20,41	20,57
Cr2O3	0,04	0,03	0,00	0,02	0,00	0,05	0,02
MgO	1,43	1,45	1,35	1,37	1,73	1,96	2,04
CaO	7,06	7,20	6,97	7,16	7,16	7,23	7,11
MnO	1,61	1,48	1,54	1,32	1,46	1,28	1,13
FeO	31,30	31,43	30,63	32,03	31,50	30,35	30,90
Total	100,06	100,24	96,61	99,55	98,47	100,51	100,35
Si	5,99	5,98	6,01	6,06	6,01	6,04	6,00
Ti	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Fe3+	0,05	0,11				0,13	0,11
Al	3,92	3,87	3,93	3,85	3,84	3,83	3,87
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,34	0,35	0,34	0,33	0,42	0,46	0,48
Ca	1,21	1,24	1,24	1,24	1,26	1,23	1,21
Mn	0,22	0,20	0,22	0,18	0,20	0,17	0,15
Fe2+	4,20	4,23	4,27	4,34	4,32	4,04	4,03
O	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
UV	0,15	0,09	0,11	0,12	0,14	0,17	0,07
AD	1,51	3,09	2,40	2,21	2,37	3,67	2,97
GR	18,58	17,37	18,02	17,85	18,23	16,92	17,24
PY	5,73	5,81	5,77	5,79	5,74	7,88	8,13
SP	3,68	3,36	3,45	3,53	3,17	2,93	2,57
AL	70,35	70,29	70,25	70,50	70,35	68,42	69,02

Tabelle B-5: Chemische Zusammensetzung von Titanit aus dem Titanitvorkommen im Anorthositmassiv ELISEEV, Westflanke Untersee-Oase (vgl. Abb. B-11); Mikrosonde-Daten

Haupt- element	Analysennummer							
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	31,19	30,6	30,25	31,3	31,1	31,3	31,41	31,1
TiO ₂	33,63	33,31	33,56	35,01	34,72	34,69	34,15	35
Al ₂ O ₃	4,26	4,17	3,84	3,65	3,62	3,86	3,9	3,47
CaO	28,77	28,35	28,21	28,53	28,61	28,81	28,51	28,79
FeO	1,1	1,12	1,29	1,19	1,26	1,25	1,08	1,15
F	1,1	1,01	0,83	0,75	0,94	0,98	0,85	0,96
total	100,05	98,56	97,98	100,43	98,99	100,89	99,9	100,47

Tabelle B-6: Spurenelement-Analysen (einschließlich SEE) von Titaniten aus dem Titanitvorkommen im Anorthositmassiv ELISEEV, Westflanke Untersee-Oase (Abb. B-11)
Analytik ICP-MS

	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
W 80.4	117	38	137	23	108	35	4,2	23
W 80.5	153	47	168	30	135	42	5,7	31
	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mn	Sr	Zn
W 80.4	4,9	12,7	1,7	9,7	1,3	340	1	63
W 80.5	5,9	15,9	2,1	13	1,6	310	6	42

Tabelle B-7: Chemische Zusammensetzung der Amphibole von Minetteproben und einem Xenolith (N7/K4) aus dem Lamporphyrgang "See 55m", Schirmacher-Oase, Ostantarktika, Mikrosonde-Daten, (Sondentyp: CAMECA SX 50)

Proben-Nr.	N 7		N 8		N 9		N 10	
SiO ₂	48,8	53,9	50	49,4	52,5	50,7	54,3	54,8
TiO ₂	0,33	0,12	0,21	0,28	0,17	0,18	0,09	0,14
Al ₂ O ₃	5,83	2,34	5,09	5,38	2,85	3,78	1,92	1,9
Cr ₂ O ₃	0,01	0,16	0,04	0	0,17	0,49	0	0,04
MgO	12,55	15,42	13,9	13,79	15,73	14,29	16,53	16,28
CaO	11,95	12,54	12,23	12,18	12,53	12,34	12,22	12,25
MnO	0,39	0,27	0,33	0,29	0,26	0,3	0,31	0,27
FeO	15,41	12,17	13,89	13,77	12,57	13,31	10,92	10,42
Na ₂ O	0,86	0,39	0,75	0,82	0,72	1,09	0,75	0,76
K ₂ O	0,67	0,15	0,45	0,53	0,23	0,39	0,24	0,24
H ₂ O	1,88	1,98	1,89	1,91	1,96	1,83	1,92	1,92
F	0,27	0,21	0,29	0,24	0,22	0,41	0,34	0,34
Total	98,97	99,71	99,11	98,62	99,91	99,22	99,55	99,38
O=F	-0,11	-0,09	-0,12	-0,1	-0,09	-0,17	-0,14	-0,14
Total	98,81	99,59	98,94	98,48	99,79	99	99,36	99,21

Tabelle B-8: Die chemische Zusammensetzung der Biotite von Minetteproben aus dem Lamporphyrygang "See 55m", Schirmacher-Oase, Ostantarktika, Mikrosonde-Daten, (Sondentyp: CAMECA SX 50)

Proben-Nr.	N 7		N 8		N 9		N 10	
SiO ₂	37,68	37,62	38,13	37,75	37,02	37,39	38,39	38,14
TiO ₂	1,95	1,69	2,09	2,05	1,91	2,04	1,93	2,01
Al ₂ O ₃	13,98	13,86	13,59	13,62	13,39	13,36	12,46	12,89
V ₂ O ₃	0,11	0,14	0,16	0,13	0,14	0,12	0,16	0,11
Cr ₂ O ₃	0,07	0,02	0,05	0,05	0,11	0,07	0,02	0,02
MgO	12,79	13,06	12,98	13,02	13,73	13,45	14,63	14,62
CaO	0	0,08	0	0	0,07	0,04	0,02	0,05
MnO	0,18	0,24	0,19	0,16	0,18	0,19	0,016	0,23
FeO	18,83	18,12	18,27	18,35	18,27	17,83	16,07	16,48
Na ₂ O	0,07	0,05	0,04	0,05	0,11	0,1	0,12	0,09
K ₂ O	9,49	8,95	9,5	9,48	9,12	9,38	9,3	9,17
H ₂ O	3,52	3,43	3,62	3,56	3,56	3,55	3,48	3,56
F	0,79	0,91	0,61	0,69	0,64	0,68	0,83	0,71
Total	99,47	98,18	99,28	98,93	98,34	98,21	97,58	98,09
O=F	-0,33	-0,38	-0,26	-0,29	-0,27	-0,28	-0,35	-0,29
Total	99,13	97,79	99,02	98,64	98,07	97,92	97,23	97,79

Tabelle B-9: Chemische Zusammensetzung der Alkalifeldspäte von Minetteproben aus dem Lamporphyrygang See 55m, Schirmacher-Oase, Ostantarktika, Mikrosonde-Daten, (Sondentyp: CAMECA SX 50)

Proben-Nr.	N 8				N 9		N 10	
SiO ₂	63,68	64,51	64,29	62,63	63,83	63,34	65,4	63,33
Al ₂ O ₃	18,69	18,74	18,8	18,22	18,54	18,86	18,3	18,15
CaO	0	0	0	0,06	0	0	0	0,02
FeO	0,05	0,05	0,07	0,13	0,08	0,19	0,21	0,16
Na ₂ O	0,69	0,79	0,78	1,03	0,75	1,25	1,39	1,15
K ₂ O	14,56	14,8	14,75	13,82	14,81	14,19	13,52	13,41
Total	97,68	98,89	98,69	95,89	98,01	97,83	98,83	96,22
<Ab>	6,74	7,5	7,46	10,11	7,13	11,82	13,49	11,56
<Or>	93,26	92,5	92,54	89,55	92,87	88,18	86,51	88,32
<An>	0	0	0	0,34	0	0	0	0,13

Tabelle C-1: Sm-Nd Ergebnisse für Gesamtgesteinsproben (Anorthosite, Pyroxenite, Titanitmineralisation [Titanit, Augit]) aus dem Anorthositmassiv ELISEEV im zentralen Wohlthat-Massiv/Ostantarktika und aus NE-Mocambique (Provinz Tete), vergleiche Abbildung C-1,

Proben- Nr.	Gestein	Sm ppm	Nd ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)^*$ t=600 Ma
W 80.1	Anorthosit	13.3	49.9	0.1641	0.512485	-1.9
W 74	"	0.44	2.38	0.1130	0.512479	+1.9
		0.42	2.31	0.1097	0.512454	+1.7
W 86	Anorthosit	1.19	5.87	0.1251	0.512420	-0.2
W 100-1	(verändert)	0.46	2.14	0.1308	0.512424	-0.5
Me 9b	Anorthosit	0.41	2.40	0.1036	0.512277	-1.3
Wm 34	Anorthosit	0.680	3.96	0.1034	0.512301	-0.8
Me 7a	Anorthosit	0.254	1.81	0.0846	0.512273	+0.1
W 80.2	Augitit	1.77	6.66	0.1633	0.512480	-1.9
W 80.6	"	15.2	62.6	0.1497	0.512488	-0.7
W 80.4	Titanitit	25.8	116.5	0.1361	0.512527	+1.1
W 80.5	"	38.0	131.5	0.1778	0.512501	-2.6
W 80.8	Pyroxenit	12.8	51.1	0.1536	0.512463	-1.5
W 16	Pyroxenit	38.3	151.6	0.1523	0.512505	-0.6
W 57	Pyroxenit	3.63	11.3	0.1943	0.512677	-0.5
W 114	Pyroxenit	5.48	22.3	0.1476	0.512421	-1.9
Wt 1	Pyroxenit	7.65	30.7	0.1531	0.512282	-5.0
Me 12	Pyroxenit	0.30	0.59	0.3117	0.513167	+0.1
		0.34	0.69	0.2996	0.513164	+1.0
<u>Mozambique</u>						
S 1	Anorthosit	0.609	3.06	0.1199	0.512415	+0.1
S 3	Anorthosit	0.311	1.76	0.1068	0.512285	-1.4

* Für den Nd-Standard "La Jolla" wurde $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511930$ gemessen. Die ϵ -Werte wurden auf den zertifizierten Wert von 0.511858 korrigiert.

Tabelle C-2: Rb-Sr Ergebnisse von Gesamtgesteinsproben (Anorthosite, Pyroxenite, Ti-Mineralisationszone [Titanit, Augit] aus dem Anorthositmassiv ELISEEV, zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika, vergleiche Abbildung C-2,

Probe Nr.	Gestein	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	R_t $t=600 \text{ Ma}$
W 80.1	Anorthosit	11.99	641.0	0.0542	0.70830	0.70784
W 74	Anorthosit	3.671	552.6	0.0192	0.70839	0.70823
W 86	Anorthosit	n.d.	448.4	---	0.70823	---
W 100-1	Anorthosit	3.690	529.7	0.0202	0.70783	0.70766
Me 9b	Anorthosit	6.898	579.8	0.0344	0.70887	0.70858
W 80.2	Augitit	1.217	41.09	0.0857	0.70783	0.70710
W 80.6	Augitit	2.108	132.8	0.0460	0.71025	0.70986
W 80.4	Titanitit	1.819	69.69	0.0756	0.70946	0.70881
W 80.5	Titanitit	6.690	49.10	0.3948	0.71232	0.70894
W 80.8	Pyroxenit	0.707	159.0	0.0129	0.70975	0.70964
Me 12	Pyroxenit	n.d.	2.87	---	0.70998	---

Tabelle C-3: Sm-Nd Ergebnisse von Mineralproben aus einer massiven Titanit-Mineralisationszone, die sich in einem OGAN-Dyke befindet, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika, vergleiche Abbildung C-3,

Probe Nr.	Mineral	Sm ppm	Nd ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
W 80.6	Pyroxen	16.04	65.65	0.1502	0.512451
	Plagioklas	8.99	36.98	0.1494	0.512451
W 80.7	Pyroxen	10.31	36.46	0.1739	0.512517
	Titanit	226.59	839.41	0.1660	0.512472
	Plagioklas (+ Apatit)	138.01	511.95	0.1658	0.512486
W 80.1	Titanit	43.45	153.15	0.1744	0.512483
W 80.2	Augit	1.69	6.16	0.1683	0.512469
	Plagioklas	4.10	20.19	0.1248	0.512297
	Titanit	99.45	338.30	0.1807	0.512527
W 80.3	Augit	1.26	4.98	0.1558	0.512456
W 80.4	Titanit	37.05	129.94	0.1753	0.512511
	Augit	6.47	18.29	0.1950	0.512637
W 80.5	Titanit	35.26	118.46	0.1830	0.512564
W 80.8	Pyroxenit(WR)	8.62	30.49	0.1739	0.512541

Tabelle C-4: U-Pb Ergebnisse von Titaniten aus einer massiven Titanit-Mineralisationszone, die sich in einem OGAN-Dyke befindet, Anorthositmassiv ELISEEV (Westflanke Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika, vergleiche Abbildung C-4,

Probe Nr.	U ppm	Pb ppm	204/206	207/206	208/206	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}_r$	$(207/206)_r$
W80.1	8.04	5.60	0.034339	0.55669	1.53346	9.996	0.05975
W80.2	11.83	4.95	0.025376	0.42701	1.38881	10.760	0.05980
W80.4	5.38	1.34	0.013558	0.25615	0.97082	10.279	0.06001
W80.5	5.91	3.16	0.030702	0.50447	1.44848	10.695	0.06064
W80.7	20.06	11.03	0.029840	0.49166	1.61911	10.574	0.05990

Tabelle C-5: Sm-Nd Ergebnisse von drei OGAN-Metabasitproben (granulitfaziell neugebildete oder rekristallisierte Minerale und Gesamtgestein) aus dem Anorthosit-massiv ELISEEV (Untersee-Oase), zentrales Wohlthat-Massiv/Ostantarktika, vergleiche Abbildung C-5,

Probe-Nr.	Mineral	^{147}Sm ppm	^{144}Nd ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
W79	Ilmenit	0.296	1.953	0.1485	0.512510
	Pyroxen	0.299	1.607	0.1822	0.512618
	Plagioklas	8.253	57.88	0.1397	0.512524
	Granat	0.582	1.411	0.4043	0.513439
		0.582	1.417	0.4021	0.513458
	Gesamtgestein	1.095	6.555	0.1636	0.512668
1.110		6.656	0.1633	0.512500	
W 2.8	Ilmenit	0.584	4.150	0.1379	0.512478
	Pyroxen	0.775	4.610	0.1646	0.512626
	Plagioklas	5.666	44.080	0.1259	0.512453
	Granat	1.108	2.026	0.5354	0.513876
		1.082	1.988	0.5330	0.513941
	Gesamtgestein	1.798	11.63	0.1515	0.512517
WMX	Ilmenit	1.463	17.509	0.08186	0.512328
	Plagioklas	3.843	31.741	0.1186	0.512365
	Quarz	3.457	31.343	0.1080	0.512331
	Granat	4.478	9.525	0.4606	0.513643
4.439		9.320	0.4666	0.513717	

Tabelle C-6: K-Ar-Daten von Biotitproben aus amphibolitfaziell überprägten Pyroxeniten von der Nordflanke des Anorthositmassivs ELISEEV (Nunatak Otratnaya),

Probe Nr.	Siebfraktion (μm)	K (wt.-%)	atm. Ar (nl/g)	rad. Ar	rad. Ar (%)	Datum (Ma)
OT1	>315	7.67 ± 0.06	1.4 ± 0.6	165.0 ± 0.3	99.2	482.9 ± 3.2
	315-160	7.83 ± 0.06	1.2 ± 0.2	166.9 ± 0.3	99.3	478.8 ± 3.3
OT2	>315	7.60 ± 0.06	0.8 ± 0.9	161.7 ± 0.4	99.5	478.3 ± 3.3
	315-160	7.64 ± 0.06	1.4 ± 0.2	161.4 ± 0.4	99.1	475.3 ± 3.2
W119	>315	7.88 ± 0.06	1.0 ± 0.2	169.8 ± 0.7	99.4	483.5 ± 3.6
	315-160	7.85 ± 0.06	1.2 ± 0.2	168.8 ± 0.7	99.3	482.4 ± 3.6

Alle Biotitfraktionen wurden durch Reiben in Alkohol, Beschallen im US-Bad und Sieben nachgereinigt und anschließend manuell angereichert; Konzentrationsangaben für Argon bei Normalbedingungen (STP); Fehlerangaben entsprechen dem 95%-Vertrauensintervall (2 sigma).

Tabelle C-7: Sm-Nd Ergebnisse von Metasedimenten aus der Schirmacher-Oase

Probe-Nr.	Sm ppm	Nd ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ ($1\sigma = 0.7\%$)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ($1\sigma = 0.007\%$)	ε (t) (t=800 Ma)	T_{DM}^* (Ga)
B 52 B	12.68	31.48	0.2477	0.512755	-3.0	1.56
B 185/2	0.889	27.09	0.1988	0.512782	+2.6	1.33
B 238	2.70	7.17	0.2314	0.513153	+6.5	1.17
PA	4.45	17.08	0.1603	0.512597	+2.9	1.32
BA 1	3.80	15.54	0.1505	0.512456	+1.2	1.39
NL 291	11.50	49.91	0.1416	0.512367	+0.3	1.43
NL 88	13.82	61.13	0.1390	0.512391	+1.1	1.39
NL 288	4.89	24.22	0.1240	0.512322	+1.3	1.39
NL 279	10.27	45.24	0.1396	0.512400	+1.2	1.39
NT 1	11.11	52.39	0.1304	0.512311	+0.4	1.42
BA 2	3.79	23.14	0.1008	0.512161	+0.5	1.42
K 4	6.01	27.66	0.1536	0.512419	+0.1	1.44
B 03	13.46	57.27	0.1445	0.512442	+1.5	1.38
B 150	6.39	30.64	0.1283	0.512303	+0.5	1.42
WAM 3	9.67	67.97	0.0875	0.512172	+2.1	1.35
B 112	5.64	15.21	0.2280	0.513137	+6.5	1.17

* Die Nd-Modell-Alter wurden nach dem Modell von DePaolo et al. (1991) berechnet. Für die Zeit > 800 Ma wurde der Fraktionierungsfaktor $f = [(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{Probe}} / (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} - 1] = 0.31$ angenommen.