

SCHLÖSER, Helmut (1987)

Die Entwicklung des mittelostalpinen Altkristallins im Neuhofgraben, Steiermark - Petrographie, Geochemie und Metamorphose.

Diplomarb. an der Geowiss. Fak. Uni. Tübingen



Die Entwicklung des mittelostalpinen Alt-
kristallins im Neuhofgraben, Steiermark -
Petrographie, Geochemie und Metamorphose.

Diplomarbeit an der Geowissenschaftlichen Fakultät
der Eberhard-Karls Universität Tübingen

vorgelegt von Helmut Schlöser, Tübingen 1987

Für Rosi und Sepp

Ich versichere, daß ich diese Arbeit
selbständig und unter ausschließlicher
Verwendung der angegebenen Hilfsmittel
angefertigt habe.

Tübingen, den 12. Februar 1987

Helmut Schlöser
(Helmut Schlöser)

Ein Dank voraus!

Ich danke Herrn Prof. W. FRISCH für die Überlassung des interessanten Themas und für die Betreuung der Arbeit.

Herrn Prof. P. METZ möchte ich für das stete Interesse an meiner Arbeit und die große Hilfe, die er mir mit den neusten Daten zum Karbonatsystem zukommen ließ, danken.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Prof. J. LOESCHKE und Herrn Prof. J. KULLMANN für ihre Anregungen und ihren Einsatz bei Geländebegehungen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl. Geol. N. HAISS, der mir in Vielem ein anregender Diskussionspartner war.

Mein Dank gilt auch den technischen Angestellten des Geologisch-Paläontologischen Institutes, des Mineralogischen Institutes und des Geochemischen Zentrallabors, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben.

Der Familie Josef Preiß (Übelbach, Neuhof-Nord) danke ich für die gastfreundliche Aufnahme und die Bewirtung während meiner Kartieraufenthalte.

Für die finanzielle Unterstützung danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Inhaltsverzeichnis

<u>1.</u>	<u>Einleitung</u>	1
1.1	Geographisch-geologischer Überblick	1
1.2	Lage des Arbeitsgebietes, Morphologie und Aufschlußverhältnisse	2
1.3	Erforschungsgeschichte	4
1.4	Problematik und Aufgabenstellung	8
1.5	Arbeitsmethoden	9
<u>2.</u>	<u>Petrographie</u>	10
2.1	Gneis-Komplex	10
2.1.1	Biotit-Plagioklasgneis	10
2.1.2	Hornblendeführender Biotit-Plagioklasgneis	11
2.1.3	Biotithornblendegneis	12
2.1.4	Bänderamphibolit	14
2.1.5	Granatamphibolit	16
2.1.6	Eklogitischer Granatamphibolit	17
2.1.7	Epidot-Aktinolith-Plagioklasschiefer	18
2.1.8	Granitgneis	19
2.1.9	Augengneis	19
<u>2.2</u>	<u>Amphibolit-Komplex</u>	21
2.2.1	Amphibolit im allg.	21
2.2.2	Granatamphibolit	22
2.2.3	Diaphthoritischer Amphibolit	24
2.2.4	Mylonitischer Amphibolit	25
2.2.5	Serpentinit	25
2.2.6	Epidot-Aktinolith-Schiefer	29
2.2.7	Augengneis	29
2.2.8	Biotithornblendegneis	30
2.2.9	Biotitführender Bänderamphibolit	31
2.2.10	Biotit-Plagioklasgneis	33
<u>2.3</u>	<u>Glimmerschiefer-Komplex</u>	33
2.3.1	Glimmerschiefer im allg.	33
2.3.2	Zweiglimmerschiefer/Zweiglimmergneis	35
2.3.3	Granat-Zweiglimmerschiefer	36
2.3.4	Granat-Hellglimmerschiefer	38

2.3.5	Quarzitische Glimmerschiefer	41
2.3.6	Graphitreiche Metapelite	42
2.3.7	Marmor im allg.	43
2.3.8	Calcitmarmor	45
2.3.9	Dolomitmarmor	45
2.3.10	Silikatmarmor	46
2.3.11	Rosa Marmor	47
2.3.12	Kalksilikatschiefer	47
2.3.13	Quarzit	49
2.3.14	Amphibolit	50
2.3.15	Granatführender Amphibolit	51
2.3.16	Epidotschiefer	52
2.3.17	Pegmatit	53
<u>3.</u>	<u>Prostratigraphie</u>	56
3.1	Lithologische Abfolge	58
3.1.1	Gneis-Komplex	58
3.1.2	Amphibolit-Komplex	59
3.1.3	Glimmerschiefer-Komplex	59
<u>4.</u>	<u>Tektonik</u>	61
4.1	Schichtlagerung in den einzelnen lithologischen Einheiten	61
	lithologischen Einheiten	
4.1.1	Gneis-Komplex	61
4.1.2	Nördlicher Augengneiszug	62
4.1.3	Südlicher Augengneiszug	63
4.1.4	Amphibolit-Komplex	64
4.1.5	Glimmerschiefer-Komplex	65
4.2	Gefügeelemente der einzelnen	65
	Einheiten zueinander	
4.2.1	Grenze zwischen Gneis- und Amphibolit-Komplex	65
4.2.2	Grenze zwischen Amphibolit- und	66
	Glimmerschiefer-Komplex	
4.2.3	Der südliche Augengneiszug als Scherzone	67

<u>5.</u>	<u>Geochemie</u>	68
5.1	Ziel der Untersuchungen	69
5.2	Übersicht über die Analysenergebnisse	69
5.3	Geochemische Charakteristika der einzelnen Gesteinsgruppen	79
5.3.1	Epidot-Aktinolith-Plagioklasschiefer aus dem Gneis-Komplex	79
5.3.2	Bänderamphibolite aus dem Gneis-Komplex	79
5.3.3	Granitgneis aus dem Gneis-Komplex	81
5.3.4	Serpentinite aus dem Amphibolit-Komplex	81
5.3.5	Amphibolite aus dem Amphibolit-Komplex	81
5.3.6	Andesitische Granatamphibolite aus dem Amphibolit-Komplex	82
5.3.7	Biotitführender Bänderamphibolit aus dem Amphibolit-K.	83
5.3.8	Biotithornblendegneis aus dem Amphibolit-Komplex	83
5.3.9	Amphibolite aus dem Glimmerschiefer-Komplex	83
5.3.10	Augengneise	84
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse aus den geochemischen Untersuchungen	88
<u>6.</u>	<u>Metamorphose und Mikrosondenuntersuchungen</u>	90
6.1	Metamorphose	90
6.1.1	Amphibolite	90
6.1.2	Serpentinite	91
6.1.3	Gneise	92
6.1.4	Glimmerschiefer	92
6.1.5	Kalksilikatschiefer	93
6.1.6	Marmore	95
6.2	Mikrosondenuntersuchungen	96
6.2.1	Überblick über angewandte Arbeitsmethoden und Analytik	96
6.3	Zusammensetzung der Granate	98
6.3.1	Granate aus dem Gneis-Komplex	101
6.3.2	Granate aus dem Amphibolit-Komplex	102
6.3.3	Granate aus dem Glimmerschiefer-Komplex	103
6.4	Zusammensetzung der Amphibole	105
6.4.1	Amphibole aus dem Gneis-Komplex	108
6.4.2	Amphibole aus dem Amphibolit-Komplex	112
6.4.3	Amphibole aus dem Glimmerschiefer-Komplex	116

6.5	Zusammensetzung der Marmore	119
6.6	Geothermometrie	120
6.6.1	Granat-Amphibol-Geothermometrie	120
6.6.2	Amphibol-Plagioklas-Geothermometrie	123
6.6.3	Karbonatgeothermometrie	126
6.7	Zusammenfassung der Aussagen aus den analytischen Methoden	129
6.8	Zusammenfassung der Metamorphosedaten und ihre zeitliche Einstufung	129
<u>7.</u>	<u>Zusammenfassung und Interpretation - Modell -</u>	132
<u>8.</u>	<u>Literatur</u>	135
<u>9.</u>	<u>Anhang</u>	
9.1	Geochemische Analysen	
9.2	Mikrosondenanalysen	
9.3	Meßpunktkarten der Mikrosondenanalysen	
<u>10.</u>	<u>Beilagen</u>	
	Beilage 1	Geologische Karte
	Beilage 2	Geologische Profile
	Beilage 3	Probenkarte

1. Einleitung

1.1 Geographisch-geologische Übersicht

Das ostalpine Altkristallin ist im Süden durch die Südalpen bzw. durch die periadriatische Linie begrenzt. Der nördliche Rahmen wird von der Grauwackenzone und den Nördlichen Kalkalpen gebildet.

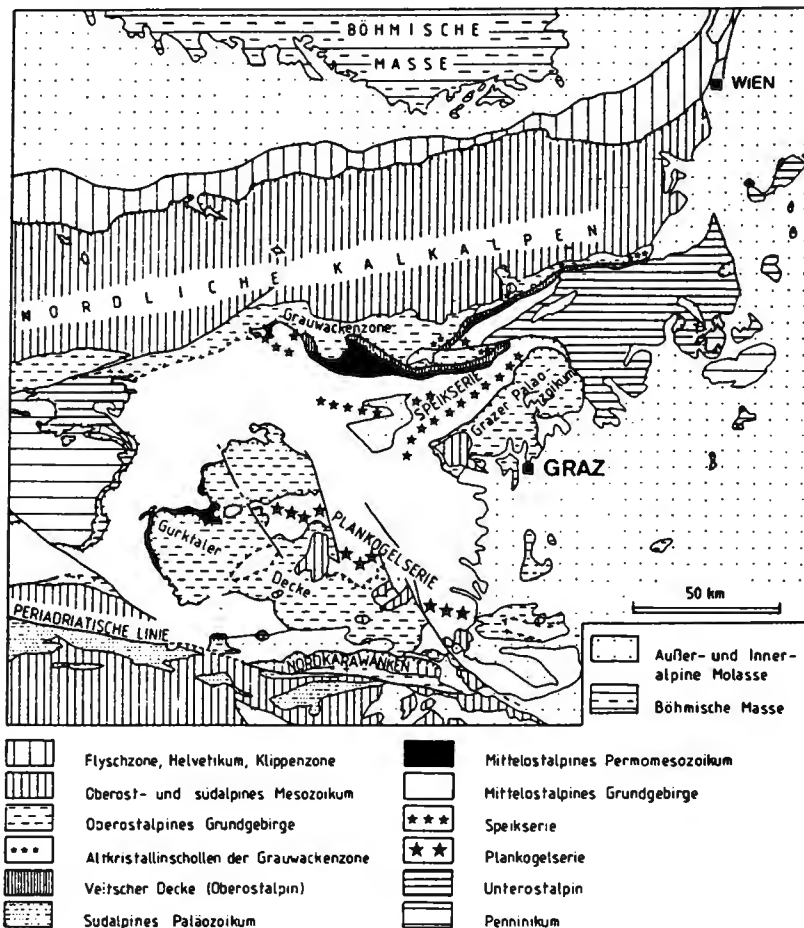


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte der Ostalpen (aus NEUBAUER, 1985). Die Gleinalpe liegt NW des Grazer Paläozoikums, da wo in der Karte "Speikserie" steht.

Die Gesteine der Gleinalpe gehören zu den Muriden, die den tektonisch liegenden Teil des mittelostalpinen Grundgebirges bilden. Zu den Muriden werden ferner die Niederen Tauern und die nördlichen Seetaler Alpen gerechnet.

Gegen Westen folgen im Hangenden die zum Teil höher metamorphen Koriden (Kor-, Saualpe etc.). Gegen SE lagert das Grazer Paläozoikum mit tektonischem Kontakt auf.

1.2 Lage des Arbeitsgebietes, Morphologie und Aufschlußverhältnisse

Das Arbeitsgebiet liegt auf der SE-Flanke des Gleinalpen-Kristallinzuges in der Steiermark, Österreich. Die Lage des Arbeitsgebietes ist aus Abb. 2 ersichtlich.

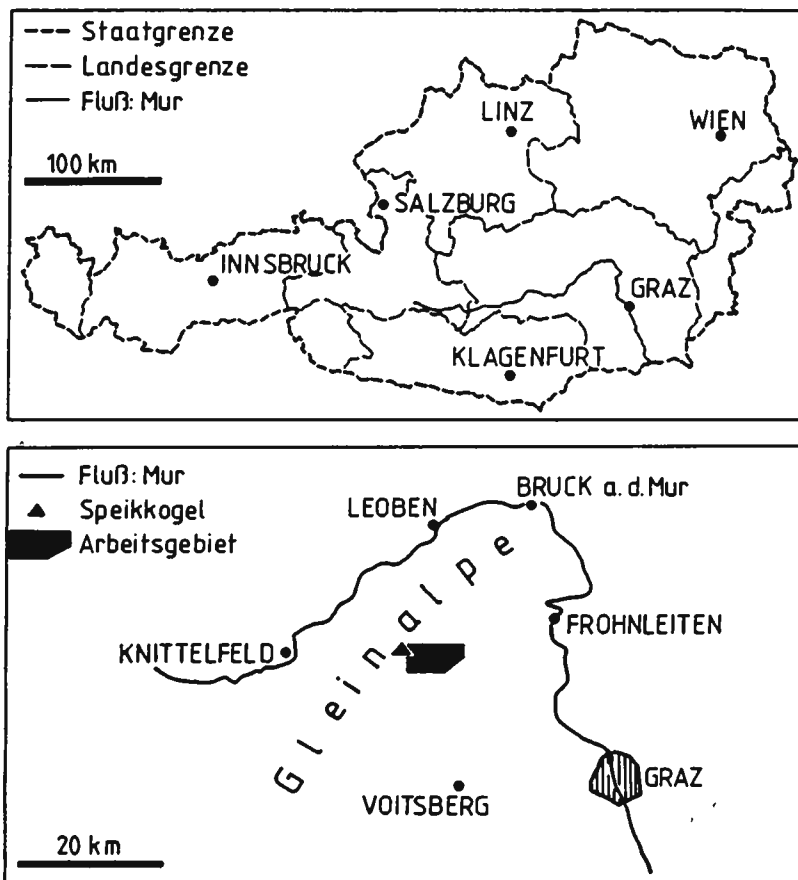


Abb. 2: Die obere Karte zeigt die Politischen Grenzen Österreichs und den Verlauf des Flusses Mur. Auf der unteren Karte dient das Murknie als Orientierung. Neben der Lage des Arbeitsgebietes ist auch der Verlauf des Gleinalpenhauptkammes eingetragen.

Westlich von Übelbach (an der Autobahn Graz - St. Michael) zieht der Neuhofgraben, der vom Übelbach durchflossen wird, in seiner W-E-Orientierung auf die Gleinalm südlich des Speikkogels (1988m) zu.

Der nördliche Kamm des Tales, gebildet von Kreuzsattel, Lammkogel, Hurdaxkogel und Mitterberg und der südliche Kamm vom Ochsenkogel, Tiefsattel, Walzkogel und Wenthalerkogel bilden die Umgrenzung des Arbeitsgebietes (siehe auch Beilage 1: Geologische Karte). Die topographischen Höhen reichen von 700m im Osten bis 1588m im Westen. Die von Hochwald bestandenen Hänge gehen in felsenarme, gerundete Gipfel über. Der Waldbestand wird nur in der Talniederung durch Weideflächen unterbrochen (siehe Abb. 3).



Abb. 3: Blick von E nach W über den Neuhofgraben. Der kahle Gipfel im rechten Drittel der Aufnahme ist der Speikkogel (1988m).

Trotz des überwiegenden Waldbestandes und des Fehlens großflächiger Aufschlüsse, war es aufgrund des dichten Forstwegnetzes mit seinen Hanganschnitten, sowie Profilaufnahmen auf Kammrücken und in Bachklingen möglich, von diesen linien-

haften Aufnahmen durch das Herausarbeiten wichtiger Leit-
horizonte und lithologischer Grenze zu einer flächenhaften
Kartierung zu gelangen. Die etwa senkrecht zum Streichen
verlaufenden und zumeist tief eingekerbten Nebentäler auf
der Südseite des Neuhofgrabens erwiesen sich dabei als sehr
nützlich - im Sinne von "aufschlußreich".

1.3 Erforschungsgeschichte

In der Arbeit von VACEK (1890) werden erstmals Hornblende-
gneise und Bändergneise aus den Gleinalmkerngesteinen be-
schrieben. Diese tiefste Abteilung nennt der Autor "Gneis-
gruppe".

HERITSCH, F. (1908) veröffentlichte eine Petrographie zum
Granit des (östlichen) Humpelgrabens.

SPENGLER (1914) beschreibt Serpentinorkommen, die in Amphi-
boliten eingebettet sind, vom Ochsenkogel der Gleinalpe, von
Traföß bei Pernegg und von Kraubath.

Diverse Mineralfunde werden von SICMUND (1918) aus der Glein-
alpe vorgestellt.

Schon bei ANGEL & HERITSCH, F. (1921) wird bereits eine Groß-
gliederung des Antiklinoriums in Kerngesteine und darüber-
liegende metamorphe Sedimentabkömmling erwähnt.

Als klassische Bearbeitung ist die von ANGEL (1923) anzusehen.
Darin wird das Gesteinsmaterial und die Entwicklungsgeschichte
der Gleinalm dargestellt. Damit liegt die erste detaillierte
Petrographie und die erste geologische Karte (Maßstab 1:50000)
vor. Er stellt in dieser Arbeit auch die Gliederung (siehe
Abb. 4) in Gleinalm-Kerngesteine, untere Hüllschieferserie
(kalkarm) und obere Hüllschieferserie (kalkreich) auf.

Die Gliederung der südwestlich der Gleinalpe sich anschließenden
Stubalpe nach HERITSCH, F. & CZERMAK (1923) trifft folgende
Einteilung: Amering-Serie, Speik-Serie, Rappolt-Serie und
Almhaus-Serie (siehe Abb. 4).

HAUSER (1937) weist auf die gravierende Ähnlichkeit der Ser-
pentine in der Grauwackenzone der Umgebung Leobens mit
denen der Gleinalpe (z. B. vom Ochsenkogel) hin.

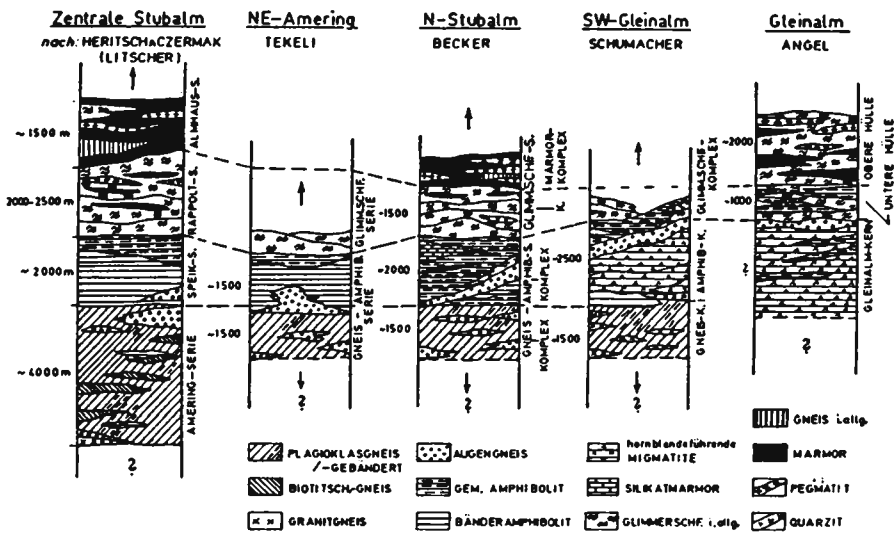


Abb. 4: Zusammenfassung der schematischen Säulenprofile durch den Stub- und Gneissalpenzug (aus BECKER & SCHUMACHER, 1972).

ANGEL (1939) postuliert den Kraubather Serpentinittkörper als Glied der Gneissalpe. Somit erkannte der Autor die Amphibolit-Serpentinitt-Vergesellschaftung als zusammenhängende Hülle der Kerngesteine. Ferner leitet ANGEL (1939) aus den von ihm beobachteten Mineralvergesellschaftungen einen metamorphen Zonenbau ab, mit dem er die Gneissalpenkristallisation belegt.

HERITSCH, H. (1963) bietet mit 3-6 kb und 500°-700°C eine Abschätzung der PT-Bedingungen für die Amphibolite der unteren Hüllserie an.

PROSSNIG (1969) hat für die Ausgangsgesteine des Gneissalpenkernes eine Serie aus Grauwacken und basischen bis ultrabasischen Vulkaniten angenommen.

BECKER & SCHUMACHER (1972) stellen der Gliederung von ANGEL (1923, 1939) eine neue Seriengliederung gegenüber, die ausgehend von der Stubalpe, nach petrographischen Gesichtspunkten durchgeführt wurde, wobei die Grenzen der einzelnen Serien tektonischer Natur sind.

Die tiefste Einheit im Gneissalpengebiet, die Kerngesteine,

entsprechen der Gneis/Amphibolit-Serie. Diese wird in Gneis- und Amphibolit-Komplex untergliedert.

Die Hüllgesteine entsprechen nun der Glimmerschiefer-Serie, die wiederum in Glimmerschiefer- und Marmor-Komplex gegliedert ist.

Wie aus Abb. 4 ersichtlich, treffen die verschiedenen Autoren andere Einteilungen der Grenzen. (Die von mir verwendete Gliederung wird in Kapitel 3.1 vorgestellt und begründet.)

SCHUMACHER (1972) beschreibt in seiner Arbeit über die Stubalpe, daß die Grenze Amphibolit-/Glimmerschiefer-Komplex nach NE ihren tektonische Charakter verliert.

Eine petrographische Bearbeitung des gegen SW anschließenden Gebietes der Stub-/Gleinalpe liegt von SCHUMACHER (1974) vor.

FRANK et al. (1976) führten eine Datierung der Gleinalmkerngesteine anhand einer Plagioklasgneisprobe durch. Es wird ein Alter von 500 ± 45 M. a. angegeben. Das niedere Strontiumisotopenverhältnis von $0,7044 \pm 0,0012$, das dem des Erdmantels zu dieser Zeit entspricht (FAURE & POWELL, 1972) weist darauf hin, daß das Ausgangsmaterial der Gneise aus der unteren Kruste bzw. dem oberen Mantel entstammt und nicht durch Aufschmelzung älteren sialischen Krustenmaterials entstanden ist. Die Gesamtgesteinsdaten granitischer Gneise ergeben mit 285 ± 21 M. a. ein Alter, das die Autoren als Bildungsalter bzw. Sr-Homogenisierung (variszische Metamorphose) betrachten. Die Alter der Glimmer (Biotit 76 ± 3 M. a. und Hellglimmer 81 ± 9 M. a.) werden von den Autoren als altalpine Alter interpretiert. Für die Bänderamphibolite wird eine spekulative Herleitung aus vulkanogenen Wechsellagerungen mittels eines Subduktionsprozesses in Erwägung gezogen.

NOWY (1977) schreibt dazu: "Die Entstehung der charakteristischen Plagioklasgneis/Amphibolit-Wechselfolge kann demnach nicht als ein Produkt variszischer Anatexis verstanden werden, sondern wird von uns (FRANK et al. 1976) als ein

primärer Wechsel von Metadaziten und Amphiboliten tholeiitischer Zusammensetzung interpretiert."

Der bisherigen Auffassung einer migmatischen Genese der Gleinalmgesteine steht nun die neue Interpretation einer vulkanogenen Entstehung gegenüber.

TEICH (1978) bestätigt anhand von Hauptelementanalysen die Deutung von HERITSCH & TEICH (1975), daß der (nördliche) Augengneiszug eine metamorphe Quarzporphyrplatte darstellt.

BECKER (1981) stellt eine neue Gliederung der Muriden auf. Die Gesteine im liegenden des (nördlichen) Augengneiszuges stellen den Gneis-Komplex dar. Der Amphibolit-Komplex wird aus dem Augengneis und der Amphibolit-Serpentinit-Assoziation aufgebaut. Darüber folgt der Glimmerschiefer- und der Marmor-Komplex. Ferner zeigt BECKER (1981) ein prämetamorphes Faziesmodell der Muriden vor (Abb. 5).

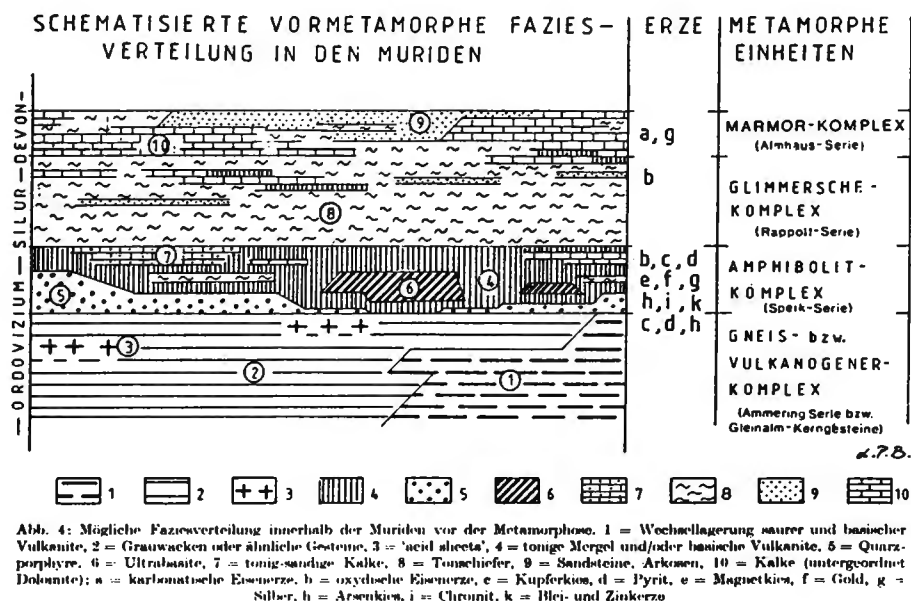


Abb. 5: Prämetamorphes Faziesmodell aus BECKER (1981).

Mit der Naturraumpotentialkarte "Mittleres Murtal" (EBNER, 1983) liegt eine neue Basiskarte der Kristallinanteile dieses Raumes vor, die für den Teil westlich der Mur von L. P. BECKER dargestellt wurden.

1.4 Problematik und Aufgabenstellung

Wie aus Kapitel 1.3 hervorgeht, bestehen bei den bisherigen Bearbeitern über so manchen Punkt deutliche Unstimmigkeiten. Ebenso ist in den neueren Arbeiten so manche neue Interpretationsmöglichkeit aufgezeigt worden.

Daraus ergeben sich folgende Fragen:

- Lassen sich die Gleinalpen-Kerngesteine vulkanogen erklären?
- Sind die Grenzen der Komplexe tektonischer Natur?
- Stellt die Amphibolit-Serpentinit-Assoziation der Speikserie eine ophiolithische Abfolge dar?
- Kann man - basierend auf der BECKER'schen Gliederung - eine Prostratigraphie aufbauen, die den lithostratigraphischen Vergleich mit schwächer metamorphen, fossilführenden Gesteinsserien ermöglicht?
- Handelt es sich bei dem Augengneis um eine Quarzporphyryplatte oder stellt er ein granitisches Intrusiv dar?
- Lassen sich mit thermodynamischen Methoden weitere Metamorphosedaten gewinnen?

Die obengenannten Fragen führten zu folgender Aufgabenstellung:

- Bei der Kartierung galt es die BECKER'sche Gliederung nachzuvollziehen und ein prostratigraphisches Profil zu erarbeiten.
- Die geochemische Untersuchung von Metamagmatiten aus den verschiedenen Einheiten sollte dazu dienen, die geologischen Daten zu untermauern und somit eine plattentektonische Interpretation des ostalpinen Altkristallins zu ermöglichen.
- Eine - die modernen Methoden der Thermodynamik nutzende - Metamorphoseuntersuchung soll weitere Daten über die Entwicklungsgeschichte der Gesteine der Gleinalpe erarbeiten.

1.5 Arbeitsmethoden

Die topographische Kartenunterlage bildeten Vergrößerungen der Blätter 163 Voitsberg und 162 Köflach der "Österreichischen Karte" 1:50000. Die Kartierung erfolgte als Aufschlußkartierung im Maßstab 1:10000.

In mehreren Aufschlüssen wurden kleintektonische Aufnahmen gemacht.

Zur speziellen Bearbeitung wurden 170 Proben entnommen.

Ich habe über 140 Dünnschliffe hergestellt und untersucht.

Die Bestimmung des Modalbestandes erfolgte mit dem Point-counter.

Für die geochemischen Untersuchungen wurden von mir 39

Proben aus den verschiedenen Gesteinseinheiten aufbereitet.

An 25 Proben wurden über 300 Mikrosondenanalysen von Granat,

Amphibol und Karbonat erstellt, die die Grundlage für die

mineralchemische Bearbeitung der Metamorphose lieferten.

Nähere Hinweise zu den einzelnen Arbeitsmethoden finden

sich in den jeweiligen Kapiteln.

2. Petrographie

In dem Kapitel Petrographie sollen die einzelnen Gesteine mit ihren megaskopischen Merkmalen, den Haupt- und Nebengemengteilen sowie Akzessorien und die mikroskopischen Beobachtungen des Schliffbildes abgehandelt werden. In den Tabellen zum Modalbestand werden folgende Mineralabkürzungen verwendet (Angaben in Vol%):

Qu	Quarz	Ti	Titanit
Plag	Plagioklas	Ap	Apatit
AKF	Alkalifeldspat	Cc	Calcit
Bi	Biotit	Do	Dolomit
Mu	Muskovit	Dist	Disthen
Gr	Granat	Stau	Staurolith
Chl	Chlorit	OE	opakes Erz
Amph	Amphibol	Tu	Turmalin
Ep	Epidot	Akz	Akzessorien

2.1 Gneis-Komplex

2.1.1 Biotit-Plagioklasgneis

Eines der wichtigsten und am weitesten verbreiteten Gesteine des Gneis-Komplexes stellt der Biotit-Plagioklasgneis dar. Er tritt als ein hell- bis dunkelgraues, fein- bis mittelkörniges, zumeist sehr deutlich geschiefertes Gestein auf, dessen Verwitterungsfarbe braun ist. Das helle Quarz-Feldspat-Gestein zeigt bereits im Handstück eine stark variierende Biotitführung. Durch diesen schieferungsparallelen, unterschiedlich hohen Biotitanteil entsteht der Eindruck einer Bänderung.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas, Quarz

Nebengemengteile: Biotit, Epidot-Klinozoisit

Akzessorien: Titanit, Apatit, Zirkon, Magnetit, Hämatit, Myrmekit, Granat (bis 2mm), Hellglimmer

Im Schlifffbild wird die Schieferung durch die gut eingeregelteten Biotite verdeutlicht. Quarz ist zumeist rekristallisiert. Plagioklas kommt sowohl in der feinkörnigen Matrix als auch als gröberkörnige Porphyroblasten vor. Die Lamellen polysynthetisch verzwillingter Plagioklase zeigen oft eine selektive, feinfilzige Hellglimmer-Füllung. Biotit zeigt einen sehr kräftigen Pleochroismus von schwach gelbbraun nach tiefdunkelgrünbraun. Der seltene und ungleichmäßig verteilte Granat ist kataklastisch zerborsten und zeigt zumeist Umsetzung zu grünem Biotit. Myrmekite konnten nur sehr vereinzelt beobachtet werden.

Modalbestand: Qu	26,1	Mu	4,2
Plag	46,3	Ep	1,8
Bi	19,4	Akz	2,2

2.1.2 Hornblendeführender Biotit-Plagioklasgneis

Gegenüber dem Biotit-Plagioklasgneis kommt bei diesem Gestein Amphibol in sehr variierendem Gehalt hinzu. Im Handstück fallen dünne Lagen von meist unter 1cm auf, in denen gehäuft Amphibole vorkommen. Da diese dünnen, dunklen Lagen nur vereinzelt auftreten und ansonsten eine sporadische Verteilung von Amphibol vorliegt, stellt dieses Gestein einen Übergang zu den Biotithornblendegneisen dar. Im Gegensatz zu den Bänderamphiboliten sind die dunklen Anteile bei weitem in der Minderzahl. Es lassen sich auch keine durchgehenden Bänder über größere Erstreckung verfolgen.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas, Quarz

Nebengemengteile: Biotit, Amphibol (blaßolivgrün-dunkelgrün), Epidot-Klinozoisit

Akzessorien: Titanit, Apatit, Zirkon, Erz, Granat (unter 1mm), Hellglimmer, Mikroklin

Im Unterschied zu dem obig beschriebenen Biotit-Plagioklasgneis erkennt man im Schlifffbild diskrete Lagen

mit Amphibol. Diese Bereiche zeigen mit ihren grobkörnigen, hypidiomorphen Amphibolen und dem mittelkörnigen Plagioklas als Matrix ein nahezu amphibolitisches Gefüge. Vor allem die den Amphibolen benachbarten Plagioklase lassen eine beginnende Serizitisierung erkennen. Amphibol zeigt häufig Verwachsungen mit Biotit und führt neben Plagioklas hauptsächlich Titanit als Einschluß. Granat ist nur in winzigen, kataklastischen Aggregaten vorhanden und zumeist biotitisiert. Mikroklin läßt sich nur sehr selten finden.

Modalbestand: Qu	23,4	Ep	2,9
Plag	45,1	Amph	4,5
Bi	21,2	Akz	1,2
Mu	1,7		

2.1.3 Biotithornblendegneis

Im zentralen Kernbereich der Gleinalpe ist dieses Gestein sehr weit verbreitet. Es handelt sich um einen hellgrauen, feingeschiefertten bis massigen, mittel- bis feinkörnigen Gneis, der durch seine diffus verteilten Amphibole einen feingesprenkelten Eindruck macht. Durch das untergeordnete

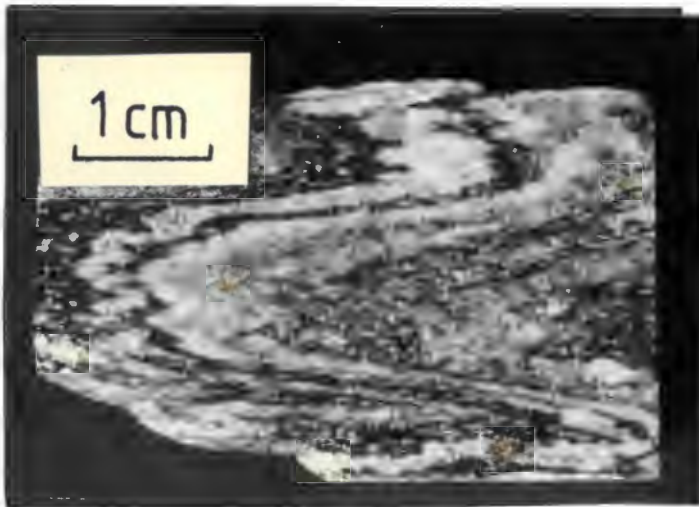


Abb. 5 : Faltentextur im Hornblendegneis. Anschliff 369

Auftreten sehr geringmächtiger Amphibolitlagen nimmt dieses Gestein eine Übergangsposition zu den Bänderamphiboliten ein. Der Anteil heller Bereiche dominiert aber noch stark über die dunklen Einschaltungen.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas, Quarz

Nebengemengteile: Amphibol (olivgrün-dunkelgrün), Biotit,
Chlorit

Akzessorien: Titanit, Epidot-Klinozoisit, Granat,
Myrmekit, Zirkon, Apatit, Hellglimmer

Der bisher führende Biotitanteil unter den mafischen Mineralen wird nun von Amphibol überflügelt. Dies gilt vor allem auch in den hellen, monotonen Partien dieses Gesteins. Amphibol zeigt häufig Verwachsungen mit Biotit und beginnende Chloritisierung. Auch hier kommt Titanit vor allem

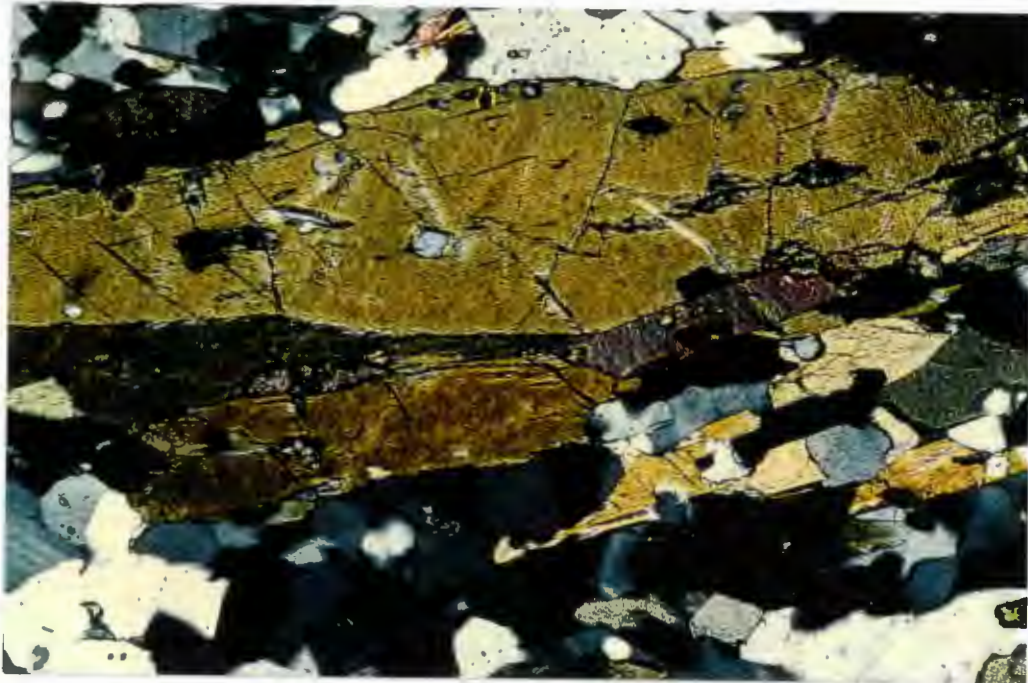


Abb. 6: Hornblendegneis mit paralleler Verwachsung von Amphibol und Biotit. Titanit liegt sowohl als Einschluß in Amphibol als auch idiomorph neben Amphibol vor. + Pol.

zusammen mit Amphibol vor. Größere Plagioklasporphyroblasten zeigen Einschlüsse von Muskovit und eisenreichem Epidot. Granat liegt nur in vereinzelt winzigen Körnern vor.

2.1.4 Bänderamphibolit

Dieses Amphibol-Plagioklas-Gestein ist durch seine auffällige Wechsellagerung heller Plagioklas-Quarz-Lagen und dunkler Amphibolitlagen charakterisiert. Die hellen Lagen besitzen Mächtigkeiten von 1 bis 20cm, wobei der Bereich unter 10cm am stärksten vertreten ist. Der Anteil der dunklen Lagen am Gesamtgestein überwiegt dabei immer. In größeren Aufschlüssen lassen sich die gleichmäßig mächtigen Wechsellagen auf einige m verfolgen. In diesem Gestein ist eine intensive Verfaltung deutlich zu erkennen. Es kommen Isoklinalfalten bis in den cm-Bereich vor. Die in der weiteren Unterteilung verwendeten Begriffe "Melanosom" und "Leukosom" sind im Sinne von MEHNERT (1968) als rein deskriptive Unterteilung zu verstehen und entbehren in diesem Zusammenhang jeglicher genetischer Bedeutung.

U. d. M.:

Hauptgemengteile:

Melanosom: Amphibol (kräftiger Pleochroismus von blaßgelbgrün zu dunkelblaugrün), Plagioklas (An 38)

Leukosom: Plagioklas, Quarz

Nebengemengteile:

Melanosom: Biotit, Titanit, Epidot-Klinozoisit, Granat (mittelkörnig)

Leukosom: Amphibol, Epidot-Klinozoisit, Granat (feinkörnig),
Biotit

Akzessorien:

Melanosom: Erz, Quarz, Apatit, Mg-Chlorit, Hellglimmer

Leukosom: Titanit, Rutil, Zirkon, Mikroklin, Myrmekit

Melanosom: Die Amphibole sind straff in s eingeregelt und zeigen eine starke Vorzugsorientierung (im Hellfeld wechseln alle Amphibole gleichzeitig ihre Pleochroismusfarben). Parallele Verwachsungen mit Biotit treten vor allem zum Rand der Melanosome hin auf. Die ebenfalls straff in s eingeregelt Biotite sind an den Enden zumeist fransig mit Amphibolen verwachsen. Der kräftige Pleochroismus des Biotit geht von blaßgelbbraun nach dunkelbraun. Ins-

gesamt ist Biotit nicht sehr häufig. Xenomorpher Titanit kommt in den Amphibolen als häufigster Einschluß vor, läßt sich aber auch an den Amphibolrändern finden. Epidotkerne sind zumeist von Klinozoisit umrahmt. Plagioklas ist rekristallisiert und zeigt inversen Zonarbau. Polysynthetische Verzwillingungen sind sehr selten und besitzen nur dünnste Lamellen. Es kommen Albit- und Periklinzwillinge vor. Die mittelkörnigen Granate zeigen Zonarbau wie unter 2.1.5 beschrieben. Die Kerne zeigen aber eine fortgeschrittene Chloritisierung. Es treten nur sehr schmale Plagioklassäume um die Granate auf. In einzelnen dünnen Lagen ist die Bildung von feinem Hellglimmer aus Plagioklaszerfall zu beobachten.

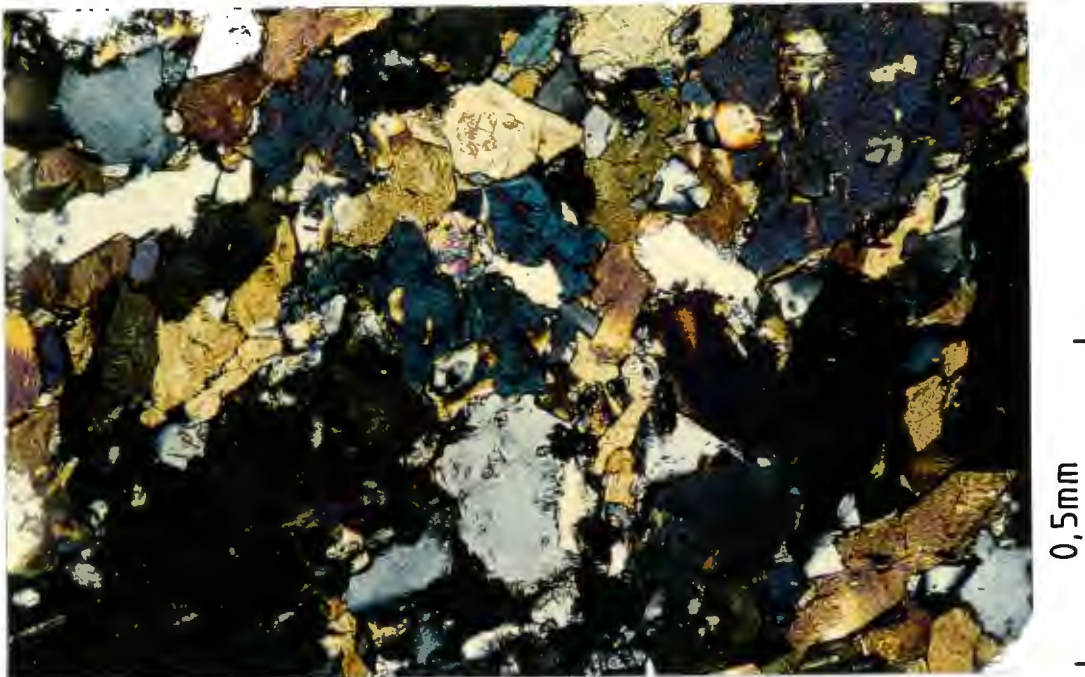


Abb. 7 : Melanosom eines Bänderamphibolites mit zonarem Epidot-Klinozoisit. + Pol.

Leukosom: Hier besteht eine große Ähnlichkeit zum Erscheinungsbild der Biotithornblendegneise (2.1.3). Im Unterschied dazu treten im Leukosom des Bänderamphibolites deutlich mehr mafische Minerale auf. Quarz zeigt rundliche, leicht undulose Körner. Die Plagioklase führen vereinzelt sehr schmale polysynthetische Zwillingslamellen. Sporadisch kommen Feldspäte mit Mikroklin-Gitterung und Myrmekit vor. Die Häufigkeit, Korngröße und Verteilung von Amphibol und

Biotit variiert sehr stark. Granat tritt nur in sehr kleinen, vereinzelt Körnern auf und zeigt undeutlichen Zonarbau.

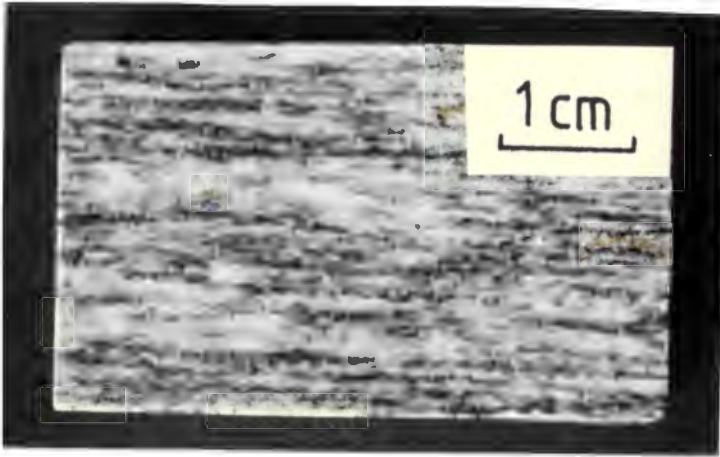


Abb. 8 : Leukosom eines Bänderamphibolites mit deutlicher Paralleltexur. Anschliff 535h

Modalbestand:

Melanosom: Qu	2,2	Leukosom: Qu	24,3
Plag	33,2	Plag	65,7
Amph	48,3	Amph	0,7
Bi	8,9		
Ti	4,1	Myrmekit	1,2
Ep	2,3	Ep	7,3
Akz	1,0	Akz	0,8

2.1.5 Granatamphibolit

Das tiefgraugrüne Gestein zeigt eine sehr deutliche Schieferung, die durch dünne Plagioklaslagen geprägt wird. Im Handstück lassen sich wenige mm große Granate erkennen, die im Vergleich zu den Granatamphiboliten der höheren Einheiten wesentlich gleichmäßiger verteilt sind und auch in der Korngröße weniger streuen.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (gelbgrün-blaugrün),
Plagioklas (An 38)

Nebengemengteile: Epidot, Granat (Pyrop 11-16), Chlorit

Akzessorien: Magnetit, Quarz, Titanit, Zirkon, Apatit,
Biotit, Rutil

Die Amphibole zeigen zum Rand hin einen stärkeren Pleochroismus als im Kern. Der daraus vermutete und an der Mikrosonde untersuchte Zonarbau ist jedoch mineralchemisch nicht so deutlich (siehe 6.4.1). Häufig sind verzwillingte Amphibole, die z. T. auch leicht verbogen sind und Titanit als Einschluß führen. Bei Granat lassen sich vor allem idiomorphe Körner mit sechseckigen Umrissen erkennen. Es liegt ein auffälliger Zonarbau mit einschlußübersäten Kernen und schmalen, klaren Randsäumen vor. Nähere Angaben zur Zusammensetzung der Granate befinden sich in Kapitel 6.3.1. Der eisenreiche Epidot ist zumeist mit Erzkörnern verwachsen. Brauner Biotit kommt nur sehr selten vor.

Modalbestand: Qu	0,5	Gr	2,7
Plag	25,7	Chl	1,4
Amph	67,9	Akz	1,8

2.1.6 Eklogitischer Granatamphibolit

Im Unterschied zum Granatamphibolit (2.1.5) ist dieses Gestein wesentlich plagioklasärmer und macht mit seinen gröber kristallinen Amphibolen einen massigen Eindruck.

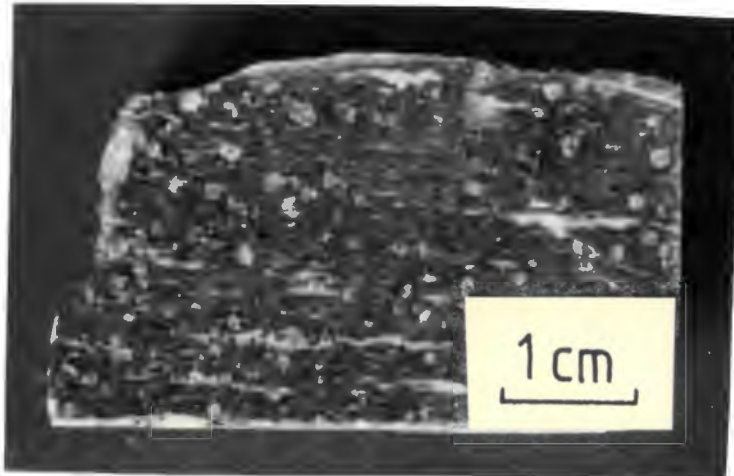


Abb. 9 : Eklogitischer Granatamphibolit mit pyropreichen Granaten. Anschliff 539

Die schwach ausgebildete Schieferung wird durch die nematoblastischen Amphibole geprägt.

U. d. M.:

Hauptgemengteil: Amphibol (schwacher, blaßgrüner Pleochroismus)

Nebengemengteile: Zoisit, Plagioklas (An 38), Granat (Pyrop 17-25), Serizit, Zoisit, Aragonit

Akzessorien: Rutil, Mg-Chlorit

Zwischen den Amphibollagen haben sich dünne Horizonte von Zoisit und Serizit aus Plagioklas gebildet. Die wenigen polysynthetischen Plagioklase sind nach dem Albitgesetz verzwillingt und kommen nur noch am Rand der oben beschriebenen diaphthoritischen Lagen vor. Die Amphibole zeigen pigmentierte Bereiche mit deutlicher Abgrenzung. Granat ist wie bei 6.3.1 beschrieben deutlich zonar. Einige Körner zeigen entlang von Rissen beginnende Chloritisierung. In einzelnen Lagen tritt Karbonat auf, das sich mit lichtoptischen Mitteln als Aragonit (Hochdruckmodifikation von CaCO_3) bestimmen läßt.

Modalbestand:	Qu	1,7	Gr	8,5
	Plag	8,2	Serizit	5,5
	Amph	69,3	Chl	0,8
	Ep	4,0	Akz	2,0

2.1.7 Epidot-Aktinolith-Plagioklasschiefer

Dieses Gestein, das ein Einzelvorkommen auf dem Kamm zwischen Humpelgraben und Kreuzsattelgraben bildet, unterscheidet sich von den anderen Amphiboliten durch eine wesentlich deutlicher ausgeprägte Schieferung, die im Handstück nur schwer auszumachen ist, da das Gestein eine sehr dichte, massige Natur mit glatten, blanken Bruchflächen hat. Im Dünnschliff erkennt man ein sehr blaßes Amphibol mit schwachem, gelbgrünem Pleochroismus. Die Amphibole sind in s eingeregelt und zeichnen ein engständiges, undeutliches s_1 - s_2 -Gefüge nach. Dazwischen sind Plagioklaspflaster mit polygonalen Körnern (120° Korngrenzen) ausgebildet. Vereinzelt läßt sich beginnende

Serizitisierung beobachten, die von einzelnen Punkten ausgeht und kleine Nester bildet.

2.1.8 Granitgneis

Es handelt sich bei diesem hellgrau bis bräunlichgelbem Gneis von mittlerer Körnigkeit um ein massig erscheinendes, jedoch feingeschieferetes, sehr eigenständig ausgebildetes Gestein, das bereits im Handstück seinen Orthocharakter vermuten läßt.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas, Alkalifeldspat, Quarz

Nebengemengteile: Biotit, Muskovit

Akzessorien: Apatit, Granat, Epidot, Erz

Im Schlibfbild zeigen sich zwei Quarz- und Plagioklas-generationen. Die gröberen, porphyroblastischen Alkalifeldspäte zeichnen sich durch ihre zumeist unscharfe Mikriklin-Gitterung aus und zeigen häufig randlichen Myrmekit. Vereinzelt sind in den Alkalifeldspäten mikroperthitische Spindeln zu beobachten. Das lepidoblastische Teilkorngefüge von parallelen Muskovit- und Biotitscheitern bildet nur ein scheinbar deutliches Schieferungsbild. Die Einregelung ist jedoch sehr uneinheitlich und nur über kleine Bereiche konstant. Biotit hat einen kräftig ausgebildeten, leicht rotstichigen, braunen Pleochroismus.

Modalbestand: Qu	25,2	Bi	5,4
Plag	47,8	Mu	2,7
AKF	18,1	Akz	0,8

2.1.9 Augengneis

Die hier als "nördlicher Augengneiszug" bezeichnete lithologische Einheit, stellt die südliche Begrenzung der Gleinalm-Kerngesteine dar. Im Handstück handelt es sich um ein hell- bis mittelgraues, sehr unterschiedlich geschiefertes Gestein. In einzelnen Partien tritt die sonst straffe Paralleltextur zurück und erweckt einen massigen Eindruck.

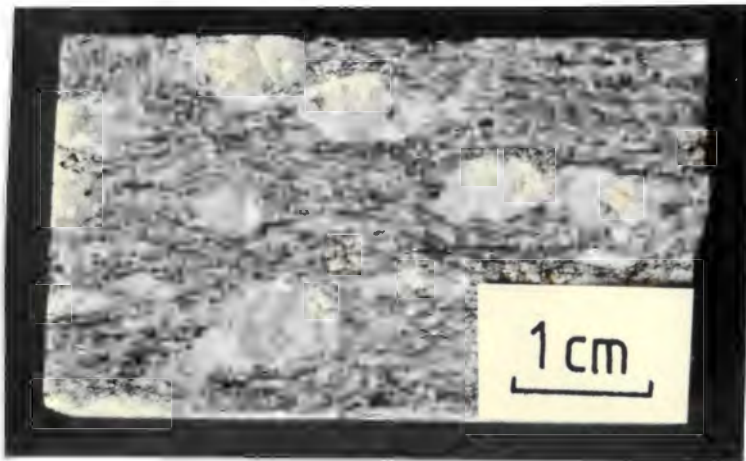


Abb.10 : Augengneis mit Alkalifeldspatporphyroblasten.
Anschliff 306.

Normalerweise ist die Schieferung gut ausgeprägt und wird vor allem in Bereichen mit glimmerreichen und nahezu glimmerfreien Wechsellagerungen zu einer Feinstbänderung mit teils flaserigem Erscheinungsbild. Dieses Bild wird zusätzlich noch durch die auffälligen Alkalifeldspatporphyroblasten, die eine Größe von 2cm erreichen können, verstärkt. Die namensgebenden Alkalifeldspatäugen können aber auch so weit, in Häufigkeit und Dimension, zurücktreten, daß der oben erwähnte massige Eindruck hervorgerufen wird.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas, Alkalifeldspat, Quarz

Nebengemengteile: Biotit, Muskovit

Akzessorien: Granat, Epidot, Zirkon, Apatit, Chlorit

Plagioklas und Quarz bilden ein granoblastisches Plaster, in dem diskrete Lagen einer jüngeren, einschlußfreien und buchtig verzahnten Plagioklas- und Quarzgeneration eingeschaltet sind. Die Alkalifeldspatporphyroblasten zeigen häufig mikroperthitische Entmischungsspindeln und werden zumeist randlich von Myrmekit begleitet. Manche Augen lassen Mikroklin-Gitterung erkennen. Die zum Teil im Handstück vermuteten Karlsbader Zwillinge lassen sich im Schliffbild bestätigen. Mitunter sind die Augen auch aus Kornaggregaten von Alkalifeldspat aufgebaut und führen

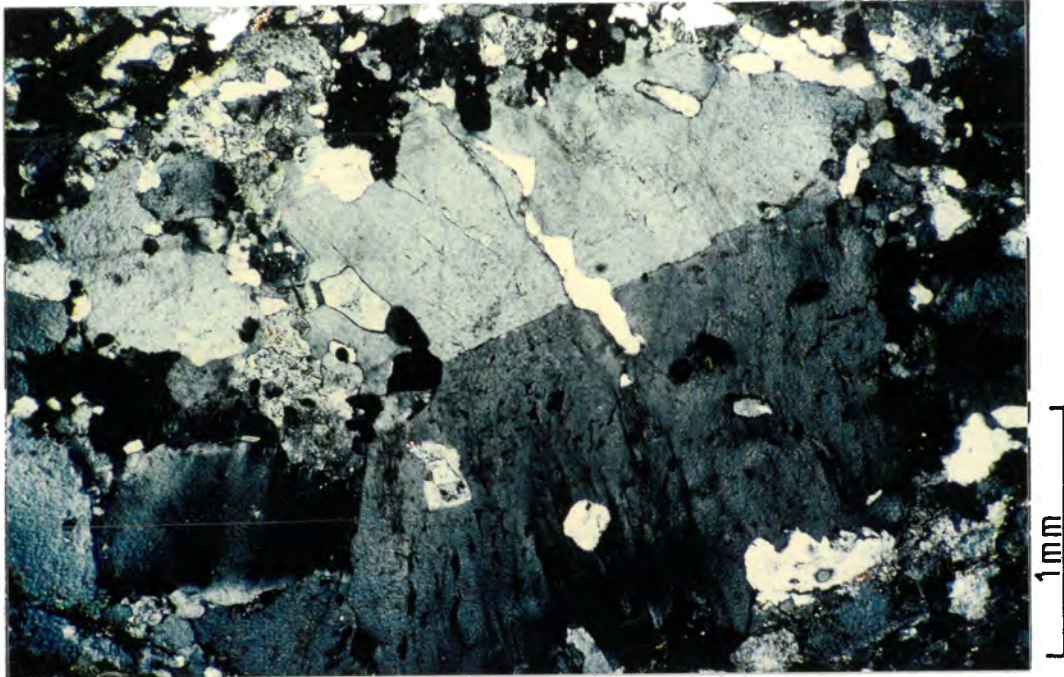


Abb. 11 : Alkalifeldspatporphyroblast mit mikroperthitischen Entmischungsspindeln im Augengneis. + Pol.

stark serizitisierte Plagioklase als Einschlüsse. Biotit und Muskovit bilden ein lepidoblastisches Teilkorngefüge. In einzelnen, wenige cm mächtigen, besonders biotitreichen Horizonten tritt ein eisenreicher Epidot auf.

Modalbestand: Qu	19,4	Mu	5,4
Plag	45,7	Ap	1,1
AKF	14,9	Akz	1,5
Bi	12,0		

2.2 Amphibolit-Komplex

2.2.1 Amphibolit im allg.

Das häufigste und am weitesten verbreitete Gestein der Amphibolit-Serpentinit-Assoziation der Speikserie stellen die Amphibolite dar. Es handelt sich um dunkelgrüne bis graue, zumeist feingeschieferte und oft intensiv verfaltete, fein- bis mittelkörnige Gesteine. Die Schieferung wird im Handstück durch dünne, helle Lagen von Plagioklas geprägt. Es treten aber auch massige Partien auf.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (gelbgrün-blaugrün), Plagioklas
(Oligoklas, reliktsche Zwillingslamellen,
invers zonar, z. T. stark zersetzt)

Nebengemengteile: Mg-Fe-Chlorit (verheilt kataklastische
Querbrüche in Amphibol unter gleicher
optischer Orientierung), Quarz (z. T. als
tropfenförmiger Einschluß in Amphibol),
Epidot-Klinozoisit, Titanit

Akzessorien: Magnetit, Biotit, Karbonat, Apatit,
Zirkon, Rutil

Die Schieferung wird durch das nematoblastische Gefüge der
Amphibole geprägt. Ein schwacher Zonarbau ist nur bei
größeren Amphibolen zu erkennen. Nähere Angaben zum
Mineralchemismus werden in Kapitel 6.4.2 gemacht.

Modalbestand: Qu	3,2	Ti	2,3
Plag	22,0	Chl	1,5
Amph	62,1	Akz	1,5
Ep	7,4		

2.2.2 Granatamphibolit

Einen bedeutenden Gesteinstyp stellt der Granatamphibolit
dar. Er unterscheidet sich von den anderen Amphiboliten
durch seine namensgebende Granatführung, die in Häufig-
keit und Korndurchmesser stark variiert. Im Handstück
lassen sich z. T. schmale, helle Säume um die Granate er-
kennen.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (gelbgrün-blaugrün),
Plagioklas (An 23-32, invers zonar)

Nebengemengteile: Granat (Pyrop 5-12), Biotit, Quarz,
Epidot, Chlorit

Akzessorien: Titanit, Magnetit, Apatit, Zirkon,
Karbonat, Hämatit

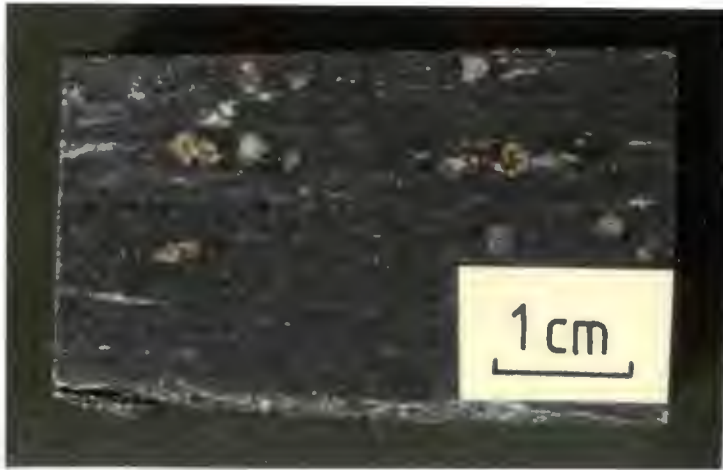


Abb.12 : Granatamphibolit aus der Speikserie mit z. T. hellen Säumen um die Granate. Anschliff 597

Die Amphibole zeigen Einschlüsse von Granat, Quarz, Erz, Titanit, Epidot und Plagioklas. Verwachsungen von Amphibol mit Biotit und Granat sind vereinzelt zu beobachten. Granat tritt v. a. als hypidiomorpher Porphyroblast auf.

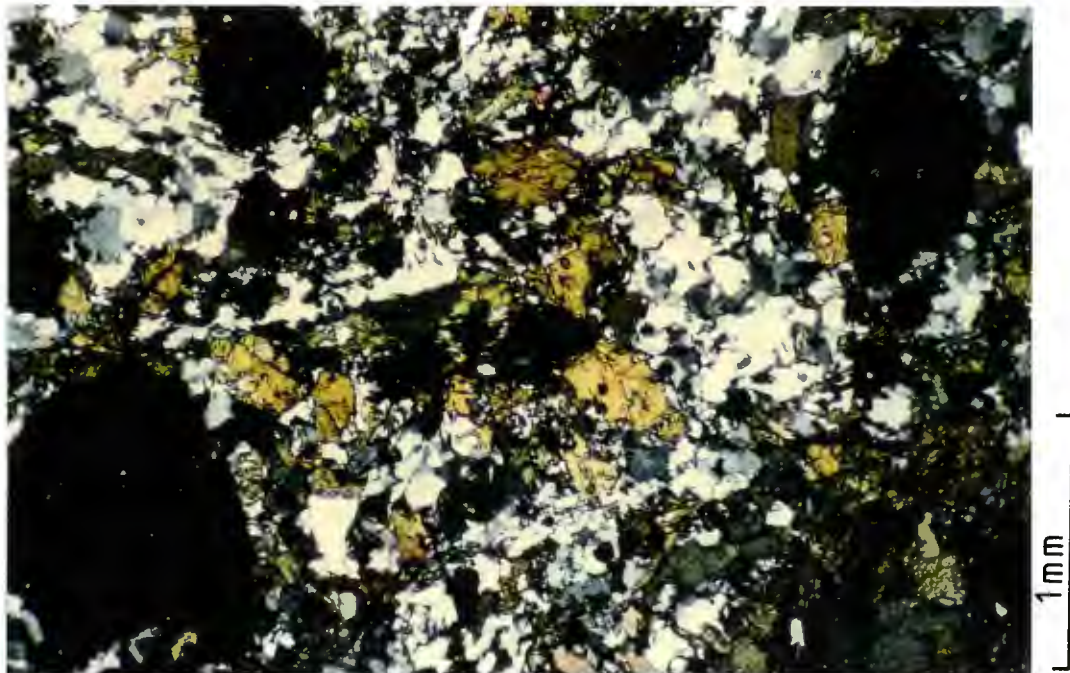


Abb.13 : Granatamphibolit mit nahezu einschlußfreien Granaten. + Pol.

Es lassen sich aber auch alle Übergänge von idiomorphen Kristallformen mit zumeist sechseckigen Querschnitten bis zu ausgewalzten Fragmenten beobachten. Als Einschlüsse in Granat findet man Quarz, Plagioklas, Biotit, Chlorit, Epidot und Amphibol. Es ist ein deutlicher Zonarbau mit einschlußreichen Kernen und klaren oder zumindest wesentlich einschlußärmeren Rändern erkennbar. Kelyphitische Reaktionssäume treten vereinzelt auf und bestehen hauptsächlich aus Plagioklas. Derartige Granate zeigen auch karbonatische Füllungen. Die Analysen der Granate sind in Kapitel 6.3.2 dargestellt.

Titanit tritt stets zusammen mit Amphibol auf. Plagioklas zeigt nur selten polysynthetische Zwillinge.

2.2.3 Diaphthoritischer Amphibolit

Dieses graugrüne Gestein zeichnet sich durch seine in die s-Ebene eingeregelter Amphibolstengel und -garben aus.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (blaßoliv-blaugrün),
Plagioklas (polysynthetische Zwillinge sehr häufig)

Nebengemengteile: Epidot (zonar), Fe-Chlorit

Akzessorien: Biotit, Apatit, Quarz, Hellglimmer,
Klinozoisit, Calcit

Außer der flächigen Einregelung in die s-Ebene ist keine Vorzugsorientierung dieser großen xenomorphen Amphibole in der feinkörnigen Grundmasse aus Plagioklas, Epidot und Chlorit zu erkennen. Amphibol zeigt siebartige Kerne mit Klinozoisit und Quarz als Einschlüssen.

Chlorit spießt oft quer durch Amphibol. Es lassen sich postkinematische Scheiter von Chlorit beobachten. Bei unverzwilligten Plagioklasen läßt sich deutlich ein normaler Zonarbau erkennen. Es treten aber auch stark serizitisierte Kerne in den Plagioklasen auf. Der Biotit zeigt einen starken braunen Pleochroismus.

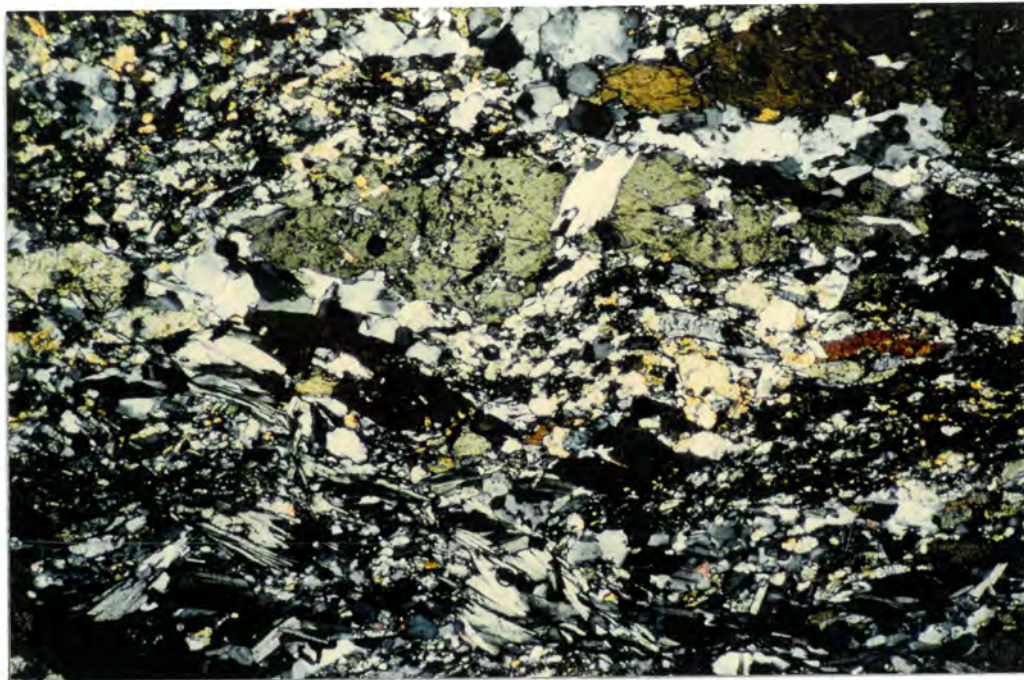


Abb.14 : Diaphthoritischer Amphibolit mit zerbrochener, xenomorpher Amphibolgarbe. Der Bruch wird von Chlorit verheilt. Im unteren Bildteil ist neben Plagioklasrekristallinat divergentstrahliger Chlorit zu erkennen. + Pol.

2.2.4 Mylonitischer Amphibolit

Im Unterschied zu dem diaphthoritischen Amphibolit sind die Amphibole nicht nur in s eingeregelt, sondern sie zeigen auch in der Foliation eine straffe Paralleltexur. Das Gestein ist zudem insgesamt etwas fein- und gleichkörniger.

Bei diesem Gesteinstyp handelt es sich offensichtlich um ein Schergestein, das bei der alpinen sinistralen Scherbewegung in diskreten Scherhorizonten der Amphibolit-Serpentinit-Assoziation gebildet wurde und die Scherbewegung des südlichen Augengneiszuges aufnahm (siehe auch Kapitel 4).

2.2.5 Serpentinit

Die Serpentinite treten als diskrete Linsen und Bänder im Liegenden der Amphibolite auf. Sie sind häufig mit

Serpentinitrandgesteinen wie Aktinolith- und Talkschiefen von wenigen Metern Mächtigkeit gegen die sie umgebenden Amphibolite abgegrenzt. Das hell- bis dunkelgrüne, wellig-schiefrige bis massige Serpentinegestein zeigt im frischen Anschlag seidigen Glanz oder muschelige Bruchflächen. Die zumeist dichte Serpentinmatrix wird häufig von braunen

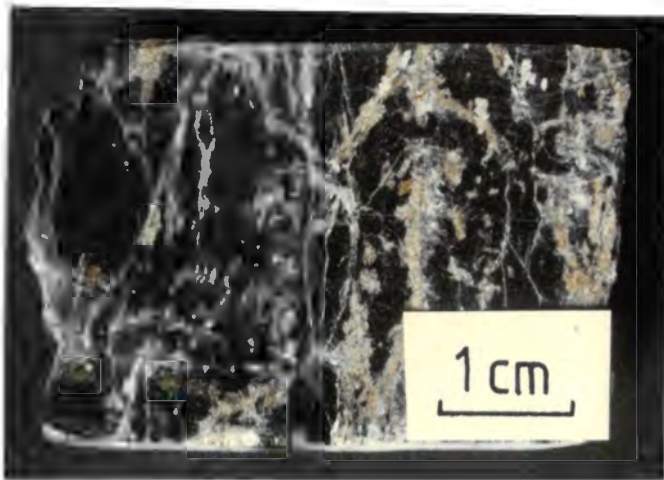


Abb.15 : Serpentin mit hellbraunen Magnesitadern.
Anschliff 121

Karbonatadern durchzogen. Es ist eine blättrige Verwitterung mit weißlichen und bräunlichen Farben zu beobachten.

U. d. M.:

Hauptgemengteil: Serpentin (Antigorit)

Nebengemengteile: Amphibol (aktinolithischer Tremolit),
Karbonat (vermutlich Magnesit),
Orthopyroxen (Enstatit), Talk, Chlorit

Akzessorien: opakes Erz

Die Grundmasse des Gesteins wird von feinblättrigen Serpentinmineralen gebildet, die eine typische Antigorit-Gitterstruktur mit richtungslosem, lepidoblastischem Gefüge zeigt. Kleine linsige Scherkörper, die intern intakt sind, liegen häufig in gescherten Partien vor und werden von senkrecht zur Trennfläche stehendem, langfasrigem Serpentin begrenzt. Bei Amphibol handelt es sich um einen aktinolithischen Tremolit, der in zwei verschiedenen Ausbildungen vorliegt:

a) stengelige, langprismatische Einkristalle mit Querbrüchen und spitz zulaufenden Enden. Um diese mitunter leicht gebogenen Tremolite liegt stets ein schmaler Reaktionssaum aus feinschuppigem Talk vor.

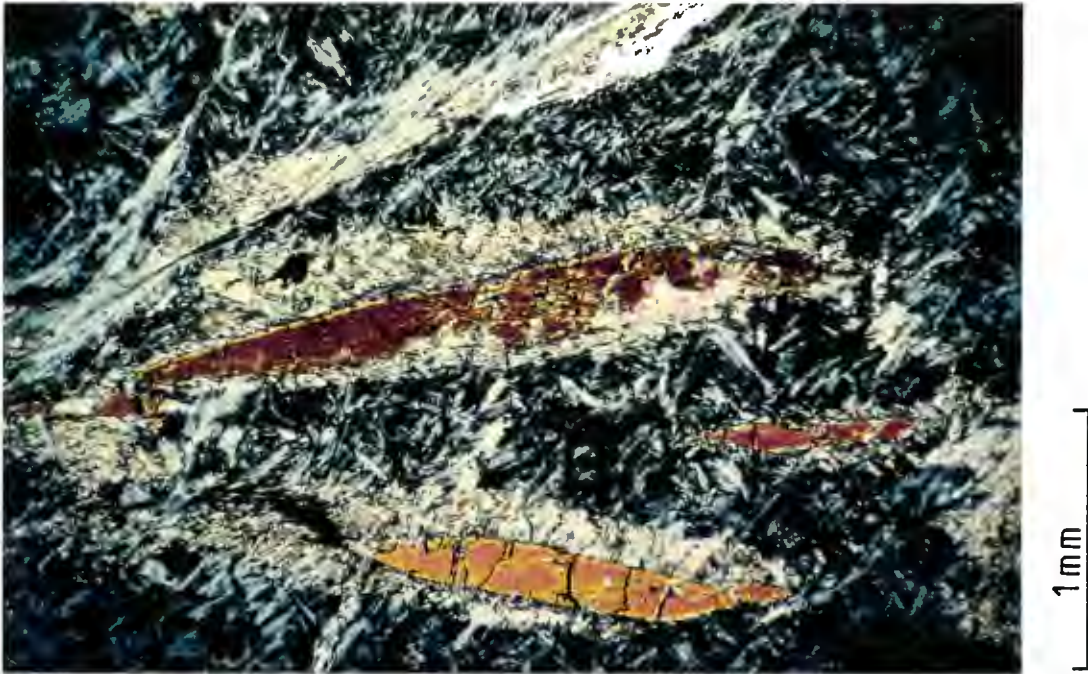


Abb.16: Serpentinit mit Tremolitkristallen, die einen Reaktionssaum aufweisen. Oben links in der Abb. wird der Serpentinit diagonal von einer kleinen Störungsbahn durchzogen. + Pol.

b) kurzprismatische Pakete, die endständig in fein ausgefranzte, gebogene Strahlen übergehen.

Das Gestein wird von orientierungslosen Magnesitadern durchzogen, die sich aus untereinander mit stark suturierten Korngrenzen verzahnten, stets unverzwilligten, xenomorphen Körnern aufbauen. Das braune Karbonat, bei dem es sich höchstwahrscheinlich um Magnesit handelt, ist häufig reich an Einschlüssen von Amphibol und opakem Erz. Es lassen sich reliktsche Orthopyroxene mit Opacitsaum finden, die -mit lichtoptischen Mitteln- als Enstatit bestimmt werden konnten. Somit kann man die Serpentinite auch als Meta-Harzburgite ansprechen (siehe dazu auch Kapitel 5.3.4).

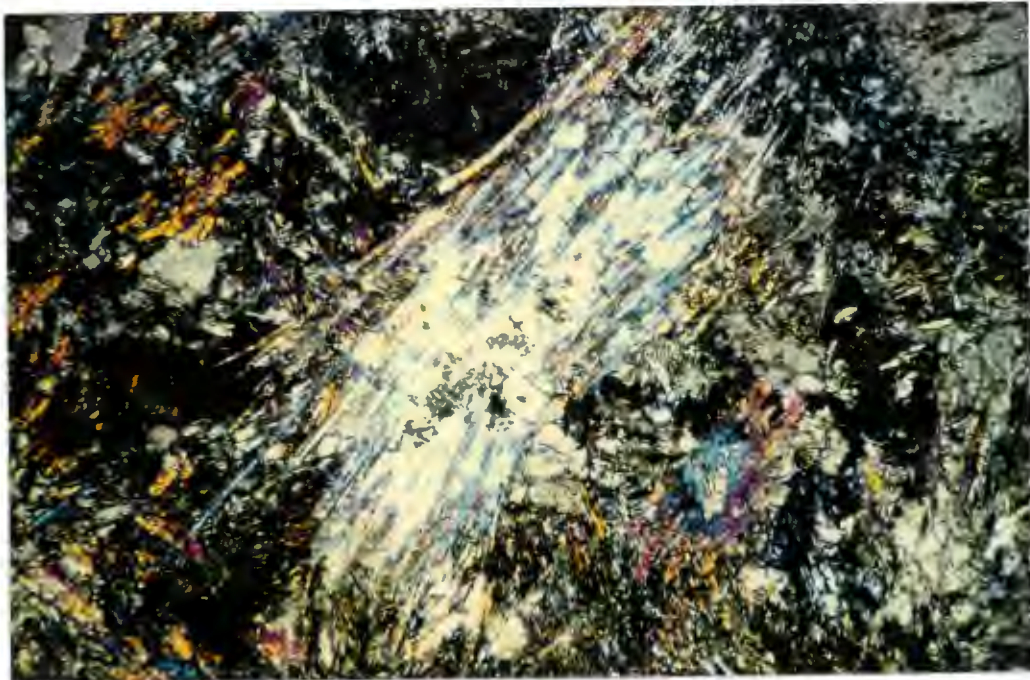


Abb.17 : Magnesitreicher Serpentinit mit nadeligem Tremolitaggregat, das weitgehend in Talk umgesetzt ist.+ Pol.

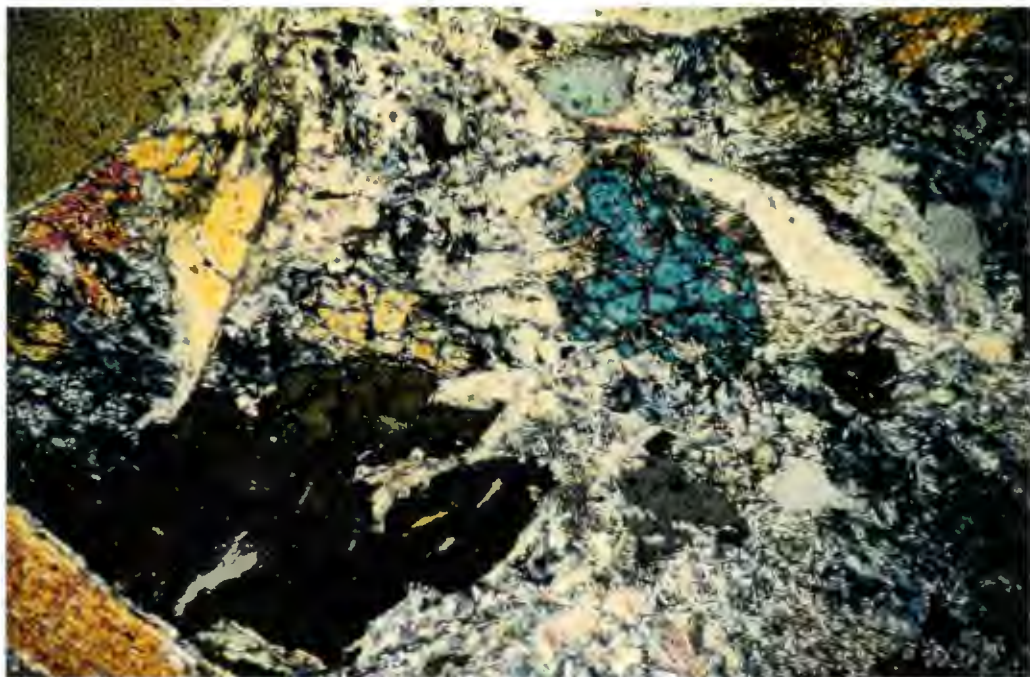


Abb.18 : Serpentinit mit Enstatitrelikt (blau).+ Pol.

2.2.6 Epidot-Aktinolith-Schiefer

Im Handstück zeigt dieses dunkelgrüne Gestein sehr dünne, helle Schieferungslagen. Es ist in der Karte nicht ausgeschieden.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (gelblichgrün-blaugrün),
Epidot-Klinozoisit

Nebengemengteil: Titanit

Akzessorien: Calcit, Chlorit

Die nematoblastische Textur der Amphibollagen wird von Horizonten mit hohem Epidotanteil unterbrochen. Epidot ist zonar gebaut und besitzt eisenreichere Kerne. Besonders an den Lagengrenzen zwischen Amphibol und Epidot sind starke Anreicherungen von Titanit zu beobachten. Sonst kommt briefkuvertförmiger Titanit vor allem als Einschluß in Amphibol vor, während er in den Epidotlagen körnig auftritt. Vereinzelt lassen sich reliktsische Amphibole mit ausgefranst Enden und Chloritsäumen auffinden. Calcit bildet feine, xenomorphe Zwickelkörner.

2.2.7 Augengneis

Der "südliche Augengneiszug" innerhalb der Amphibolit-Serpentinit-Assoziation ist dem in Kapitel 2.1.9 beschriebenen Augengneis petrographisch sehr ähnlich. Hier sollen nur einige, geringfügig abweichende, Merkmale aufgezeigt werden.

In den Alkalifeldspatporphyroblasten tritt Biotit als Einschluß auf. Das Gestein ist insgesamt ärmer an Muskovit. Epidot kommt nur vereinzelt vor. In einer Probe wurde ein Turmalinnest gefunden. Der zonar gebaute Turmalin hat blaugüne bis gelblichbraungrüne Farben und ist reich an kleinen Einschlüssen. In Verbindung mit Turmalin treten Gitterwerke opaken Erzes auf.

Modalbestand: Qu	29,4	Bi	8,7
Plag	43,3	Mu	3,1
AKF	13,9	Akz	1,6



Abb. 19: Alkalifeldspatporphyroblast im Augengneis.

Das "Auge" ist im Kern pigmentiert und zeigt randlich einen Myrmekitsaum. + Pol.

2.2.8 Biotithornblendegneis

Die Hauptverbreitung des Biotithornblendegneises liegt westlich des Barendumpf. Bei diesem mittelgrauen, fein- bis mittelkörnigen Gestein ist eine straffe Paralleltexur ausgebildet. Es treten aber auch einzelne Bereiche mit schlierigem Gefüge auf. Im Handstück fällt der hohe Anteil heller Gemengteile auf. Dieses Gestein führt keine Amphibolitbänder.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas, Quarz

Nebengemengteile: Amphibol (gelbgrün-blaugrün), Biotit (braun), Epidot-Klinozoisit

Akzessorien: Titanit, Granat, Zirkon, Hellglimmer, Apatit

Plagioklas liegt in zwei Generationen vor. Die ältere zeigt xenomorphe Porphyroblasten mit Zoisit- und Hellglimmerleisten als Einschlüsse. Die jüngere bildet mit Quarz ein granoblastisches Korngefüge. Es sind Korngrenzwinkel von 120° ausgebildet. Die Amphibole sind als nematoblastische Körner

zugegen und bilden diskrete, schieferungsparallele Horizonte von sehr geringer Mächtigkeit. Das lepidoblastische Teilkorngefüge langer Biotitleisten prägt zusammen mit den Amphibolen die Paralleltextur der Wechsel von mächtigeren, feldspatreichen Lagen und der dünnen mafischen Lagen. Eisenarmer Epidot liegt in z. T. hypidiomorphen Körnern vor. Der sehr feinkörnige Granat ist reich an Einschlüssen und zeigt schmale Säume aus feinkörnigem Plagioklas. Der hohe Feldspat- und Quarzanteil könnte möglicherweise als Hinweis auf tuffitische Abkunft gedeutet werden. Zum Chemismus siehe Kapitel 5.3.8 (RFA-Probe 595).

Modalbestand: Qu	18,4	Ep	3,4
Plag	46,9	Gr	2,1
Amph	14,1	Akz	1,9
Bi	13,2		

2.2.9 Biotitführender Bänderamphibolit

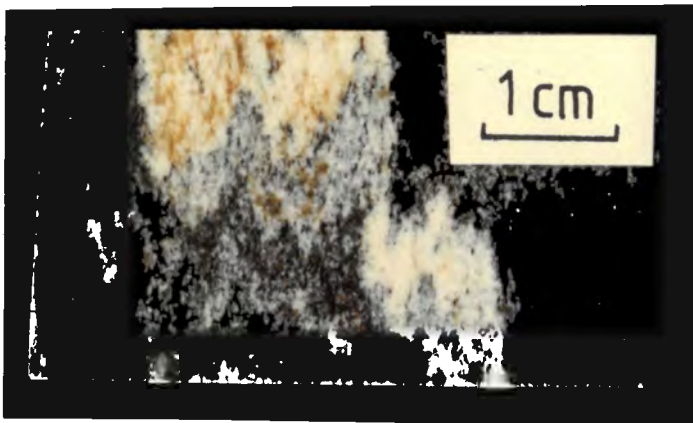


Abb.20: Granatreicher Bänderamphibolit mit isoklinal verfaltetem Leukosom. Anschliff 591

Dieses Gestein unterscheidet sich von dem in Kapitel 2.1.4 beschriebenen Bänderamphibolit vor allem durch seine deutlich höheren Plagioklas- und Biotitanteile in den dunklen Lagen. Bei der Wechsellagerung sind die dunklen Lagen sehr dominant, die hellen Partien erreichen nur eine Mächtigkeit von wenigen cm. Diese Wechsellagerung spiegelt einen primären Stoffunterschied wider. Im Gegensatz dazu sind

die sehr dünnen, meist um 1mm mächtigen, flasrigen Zwischenlagen als Mobilisatbänder zu deuten. Es lassen sich spitze Isoklinalfalten im cm-Bereich beobachten.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (gelbgrün-blaugrün),
Plagioklas (An 24-26)

Nebengemengteile: Biotit (kräftiger, brauner Pleochroismus),
Quarz, Granat (Pyrop 7-11)

Akzessorien: Titanit, Magnetit, Zirkon, Apatit,
Epidot-Klinozoisit, Chlorit, Hämatit

Melanosom: Amphibol zeigt keine deutliche Einregelung in die Schieferung. Vereinzelte Megablasten sind verzwillingt. Lichtoptisch läßt sich nur bei großen Körnern ein geringer Zonarbau erkennen. Biotit ist nahezu ausschließlich mit Amphibol verwachsen, aber deutlicher in s geregelt. Granat liegt in bis 2mm großen geborstenen, hypidiomorphen Kornaggregaten vor. Titanitleisten spießen oft in die Granate. Plagioklas zeigt inversen Zonarbau bei polygonalen Körnern mit 120° Korngrenzen. Es kommen aber auch serizitisierte Plagioklase vor. Polysynthetische Verzwilligung (Albit- und Periklingesetz) dagegen sind selten und besitzen nur sehr schmale Lamellen.

Leukosom: Hier liegen Plagioklas und Quarz etwa im Verhältnis 2:1 vor. Es treten vereinzelt größere Plagioklasporphyroblasten mit feinschuppiger Hellglimmer-Fülle auf. Biotit ist in wesentlich geringerer Verteilung vorhanden und straff in s eingeregelt. Granat kommt nur noch in winzigen Einzelkörnern vor. Alkalifeldspat fehlt völlig. Nähere Angaben zum Mineralchemismus von Granat und Amphibol sind in Kapitel 6.3.2 und 6.4.2 (Probe 591) zu finden.

Modalbestand:

Melanosom: Qu	6,7	Leukosom: Qu	32,1
Plag	26,1	Plag	56,1
Amph	46,9	Amph	2,9
Bi	12,4	Bi	6,3
Gr	4,3	Gr	1,2
Ti	1,7		
Akz	1,9	Akz	1,4

2.2.10 Biotit-Plagioklasgneis

Das hell- bis mittelgraue, Fein- bis mittelkörnige, sehr deutlich geschieferte Gestein zeigt schmutziggelbbraune Verwitterungsfarben.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas (invers zonar), Quarz, Biotit

Nebengemengteil: Epidot-Klinozoisit

Akzessorien: Granat, Zirkon, Apatit, Magnetit

Das granoblastische, feinkörnige Korngefüge von Plagioklas und Quarz bildet die nur undeutlich schieferungsgeregelte Grundmasse dieses Gesteins. Die Schieferung wird durch zumeist nicht zusammenhängende Glimmerzüge kurzer, schmutziggelbbrauner Biotite geprägt. Gemeinsam mit diesen Biotitzügen treten häufig perlschnurartig aufgereihte Epidot-Klinozoisit-Bänder auf. Plagioklasporphyroblasten zeigen z. T. polysynthetische Verzwilligung. Alkalifeldspat wurde nicht gefunden.

Modalbestand: Qu	24,3	Ep	3,9
Plag	51,4	Gr	1,7
Bi	16,8	Akz	1,9

2.3. Glimmerschiefer-Komplex

2.3.1 Glimmerschiefer im allg.

Es sollen hier in einem kurzen Überblick nur die allgemeinen Kennzeichen der im Arbeitsgebiet vorkommenden Metapelite aufgeführt werden.

Im Handstück ist stets eine deutliche Schieferung ausgebildet. Die Schieferungsflächen frischer Bruchstücke sind uneben, wellig oder gerunzelt und ihr Farbeindruck ist maßgeblich von den vorherrschenden Hauptmineralien abhängig. In der Ebene der Foliation bilden die Phyllosilikate zusammenhängende, flächenhafte Aggregate. Der Schiefercharakter wird durch den rhythmischen Aufbau mit alternierenden Lagen aus Quarz und Feldspat bzw. Phyllosilikaten hervorgerufen. Die Korngrößen variieren von

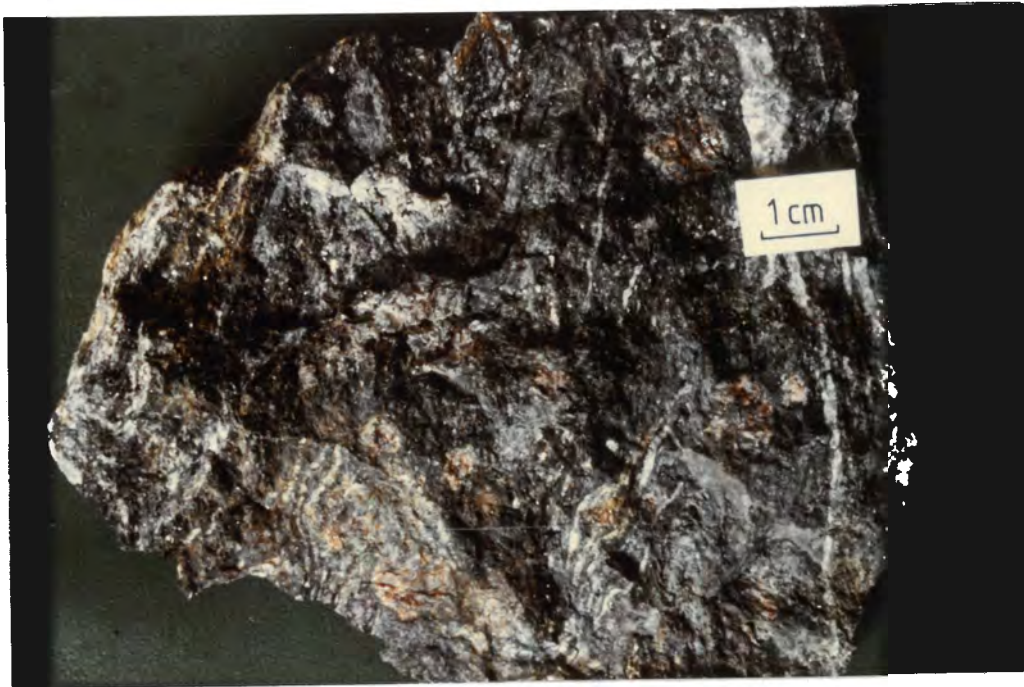


Abb.21 : Glimmerschiefer mit grobkörnigen Granatporphyroblasten. Bruchfläche \perp s. Handstück 610

fein- bis grobkörnig, wobei unter den verschiedenen Mineralarten zumeist auch sehr unterschiedliche Körnigkeiten entwickelt sind. Als Porphyroblasten tritt neben häufigem Granat auch Staurolith, Disthen und seltener Plagioklas auf. Die Zusammensetzung von Granat aus einem Glimmerschiefer des Übelbachgrabens wird von H. HERITSCH (1963) wie folgend angegeben: Almandin 66,7; Spessartin 12,1; Grossular 21,2. Der Mineralbestand wird von Glimmer, Quarz, Granat und Plagioklas geprägt. Neben den akzessorischen Mineralien (Turmalin, Rutil, Apatit, Erz, Zirkon, Titanit, Epidot, Chlorit) kommt auch Calcit vor, der zumeist in diskreten Bändern das Gestein durchzieht. Als Pigmentminerale findet man Hämatit und Graphit.

Modalbestand: Qu	33,9	Gr	2,3
Plag	20,9	Ap	0,6
Bi	18,4	Akz	1,4
Mu	22,5		

Im folgenden werden die einzelnen Glimmerschiefertypen getrennt abgehandelt.

2.3.2 Zweiglimmerschiefer/Zweiglimmergneis

Der graubraune Metapelit mit seinen rostigbraunen Verwitterungsfarben ist im Glimmerschiefer-Komplex weit verbreitet. Frische schieferungsparallele Brüche zeigen neben rostigen Flecken den gelblichsilbrigen Glanz der Hellglimmerschuppen. Die Foliation ist uneben und zeigt häufig eine Runzelung. Im Aufschluß lassen sich intensive Durchbewegungen an den vielfältigen Faltenbildern unterschiedlicher Dimensionen ausmachen. Das Handstück zeigt einen feinschuppigen Wechsel von Glimmerlagen mit Quarzlagen. Die Mächtigkeit der Lagen beträgt dabei nur wenige Korndurchmesser. Es treten aber auch einzelne Partien auf, bei denen die Einzelmächtigkeiten im Bereich mehrerer mm liegen. Solche Gesteine besitzen ein gebändertes Erscheinungsbild.

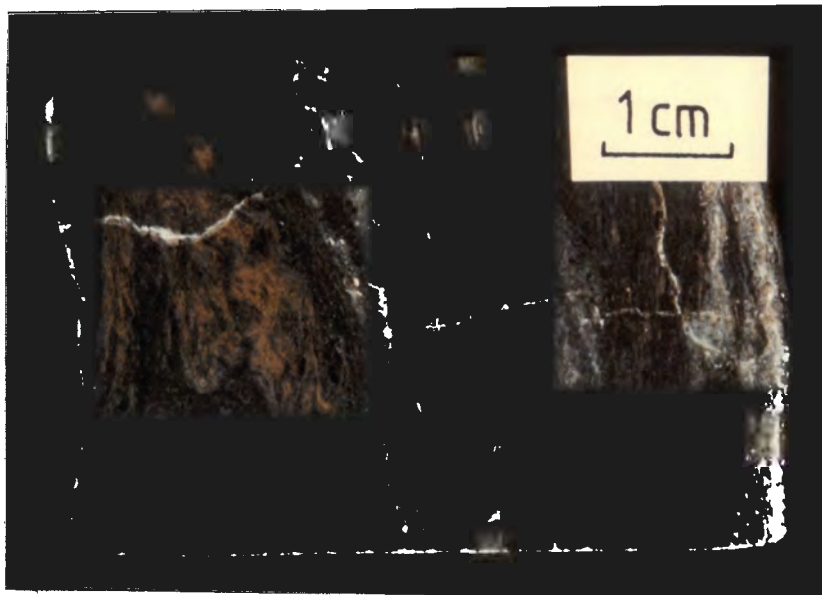


Abb.22: Zweiglimmerschiefer mit ausgeprägter Bänderung.
Anschliff 140

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Quarz, Plagioklas (Oligiklas), Biotit,

Nebengemengteil: Biotit

Akzessorien: Turmalin, Apatit, Zirkon, Epidot,
Magnetit, Granat

Im Schliffbild zeigt sich ein verworrenschiefrißes bis

flatschiges Gefüge. Die feinkörnigen, undulösen und z. T. leicht kataklastisch beanspruchten Quarze gehören einer älteren, präkinematischen Generation an, während die jüngere Generation klare, blastomylonitische, dünne Scherbänder ausgebildet hat. Auch bei Plagioklas lassen sich zwei Generationen unterscheiden. Die großen Porphyroblasten mit Einschlüssen und feinfilziger Hellglimmerfülle stellen die alte, bruchhaft deformierte Generation dar, wogegen die jungen Plagioklase eine feinkörnige Lagentextur zusammen mit der zweiten Quarzgeneration bilden. Biotit und Muskovit bilden gemeinsam ein lepidoblastisches Teilkorngefüge. Die Phyllosilikate sind randlich zumeist von sehr feinkörnigem Glimmergrus umgeben. Insgesamt überwiegt Biotit gegenüber Muskovit. Schieferungsparallele Biotite sind schmutzig grünbraun, wogegen feinkörniger Biotit in den hellen Zwischenlagen auch quer gesproßt ist und grüne Farben zeigt. Sehr feinkörnige Bereiche mit zumeist deutlicher Bänderung und höherem Feldspatanteil zeigen gneisigen Habitus.

Modalbestand: Qu	40,1	Chl	1,9
	Plag 25,3	Ap	1,0
	Bi 25,0	Tu	0,2
	Mu 5,8	Akz	0,7

2.3.3 Granat-Zweiglimmerschiefer

Im Unterschied zu dem in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Gestein tritt nun bereits eine im Handstück erkennbare, stark variierende Granatführung hinzu. Es treten sowohl feinschiefrige Gesteine mit häufigem und gleichmäßig verteiltem Granat mit Korngrößen um 1 bis 3 mm auf, als auch grobknotige Schiefer mit sehr ungleich verteiltem Granat mit Durchmessern von 8 mm bis 2 cm. Das im Handstück hellgraue bis dunkelbraune Gestein zeigt rostigbraune Verwitterungsfarben.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Quarz, Plagioklas (Oligoklas),
Muskovit, Biotit

Nebengemengteile: Granat, Staurolith, Disthen

Akzessorien: Turmalin, Apatit, Zirkon, Magnetit, Rutil

Die einzelnen Phyllosilikatlagen sind in sich mächtiger und folgen i. allg. der nur flachwellig verbogenen Schieferung. Hellglimmer überwiegt über Biotit. Vereinzelt liegen schlanke Glimmerscheite quer zu den hellen Lagen und zeigen nur eine geringfügige Beanspruchung. Die Grundmasse der hellen Lagen wird von eingeregelter, weitgehend rekristallisiertem Quarz gebildet. Die idio- bis hypidomorphen Granatporphyroblasten sind intern zerbrochen, zeigen aber

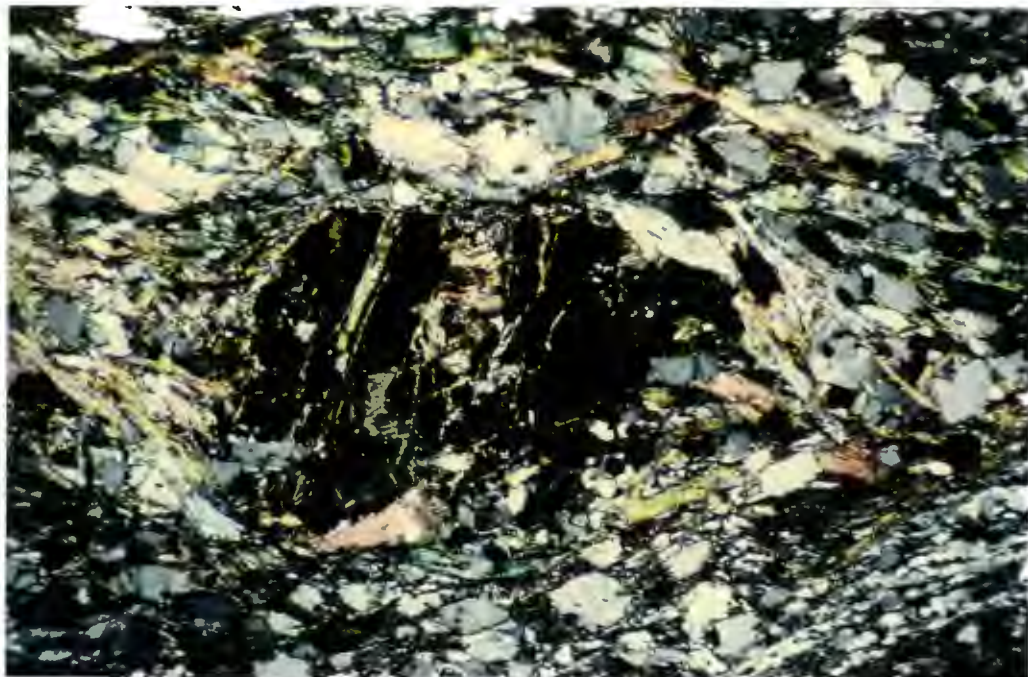


Abb. 23: Geborstener Granat in Granat-Zweiglimmerschiefer mit chloritisierten Rissen und Biotitsprossung am Rand und im Druckschatten.+ Pol.

trotzdem noch ihre Kornform. Randlich und entlang von Rissen tritt Biotit auf. Die Granate sind rotiert und werden von Phyllosilikat umflossen. In den Druckschattenhöfen ist Biotit gesproßt. Nahezu alle Granatporphyroblasten zeigen einen deutlichen Zonarbau mit stark pigmentierten Kernen

und einer einschlußreichen Zone auf halbem Radius. Die Ränder sind klar und weitestgehend einschlußfrei. Bei besonders großen Granatindividuen liegt ein rotiertes Interngefüge vor. Staurolith liegt in zwei Generationen vor. Größere, xenomorphe Kornaggregate sind zumeist randlich kataklastischer Kornzerkleinerung unterworfen. Bei dieser älteren Generation sind die Kerne häufig dunkel pigmentiert. Die jüngeren, idio- bis hypidiomorphen Staurolithe liegen zumeist vereinzelt vor und sind von wesentlich feinerem Korn. Sie zeigen keine Deformation. Disthen kommt in stengeligen, von Brüchen durchsetzten Kornaggregaten vor. Die Enden der Stengel sind ausgefranst und zeigen häufig Umsetzungen zu Muskovit. Bei sehr langen, in s geregelten Disthenblättchen lassen sich der Länge nach zerrissene Bündel und, im Kontakt zu rigideren Mineralen, Knickbänder beobachten.

Modalbestand: Qu	38,6	Chl	2,8	
	Plag	12,1	Stau	1,3
	Mu	29,2	Ap	0,4
	Bi	10,0	Akz	1,3
	Gr	4,3		

2.3.4 Granat-Hellglimmerschiefer

Das Gestein ist im Handstück hellgrau bis bräunlich und zeigt auf frischen Brüchen parallel der Foliation einen silbrigen bis aschgrauen, seidigen Glanz. Neben den zumeist mittelkörnigen Ausbildungen kommen auch sehr grobschuppige und bei grobkörniger Granatführung entsprechend grobknotig ausgebildete Granat-Hellglimmerschiefer vor.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Muskovit, Quarz, Plagioklas

Nebengemengteile: Biotit, Granat, Staurolith

Akzessorien: Turmalin (zonar, gerundet), Erz,
Rutil, Chlorit, Apatit

Dieser Glimmerschiefer unterscheidet sich von dem in Kapitel 2.3.3 beschriebenen durch das vermehrte Auftreten von Muskovit, einem deutlich geringeren Plagioklasgehalt und seine

zahlreichen Granatporphyroblasten. Der als Hauptgemengteil auftretende Muskovit bildet bis mehrere mm mächtige, straff in s geregelte lepidoblastische Teilkorngefüge, die ein synkinetisches Wachstum zeigen. Nur selten lassen sich Knickbänder beobachten. Der isoklinale Faltenstil läßt sich bis in den mm-Bereich verfolgen und ist durch den Wechsel glimmerreicher Lagen und quarzreicher Lagen und der damit verbundenen Bänderung, leicht zu erkennen. Die kleinen Biotitscheiter zeigen einen kräftigen, rötlich-braunen Pleochroismus. Quarz ist in dünnen Lagen rekristallisiert. Plagioklas tritt nur spärlich auf und ist meistens stark zersetzt. Auch hier liegt Staurolith in zwei Generationen vor. Die ältere ist zumeist geborsten und bildet perlschnurartig aufgereihete Kornaggregate, die straff in s eingeregelt sind, während die jüngere Generation idio- bis hypidiomorph, z. T. verzwillingt vorkommt und kaum eine Einreglung zeigt. Es treten auch Pseudomorphosen von Chlorit nach Staurolith auf, die jedoch nicht eindeutig zugeordnet werden können. Alumosilikate wurden nicht gefunden.

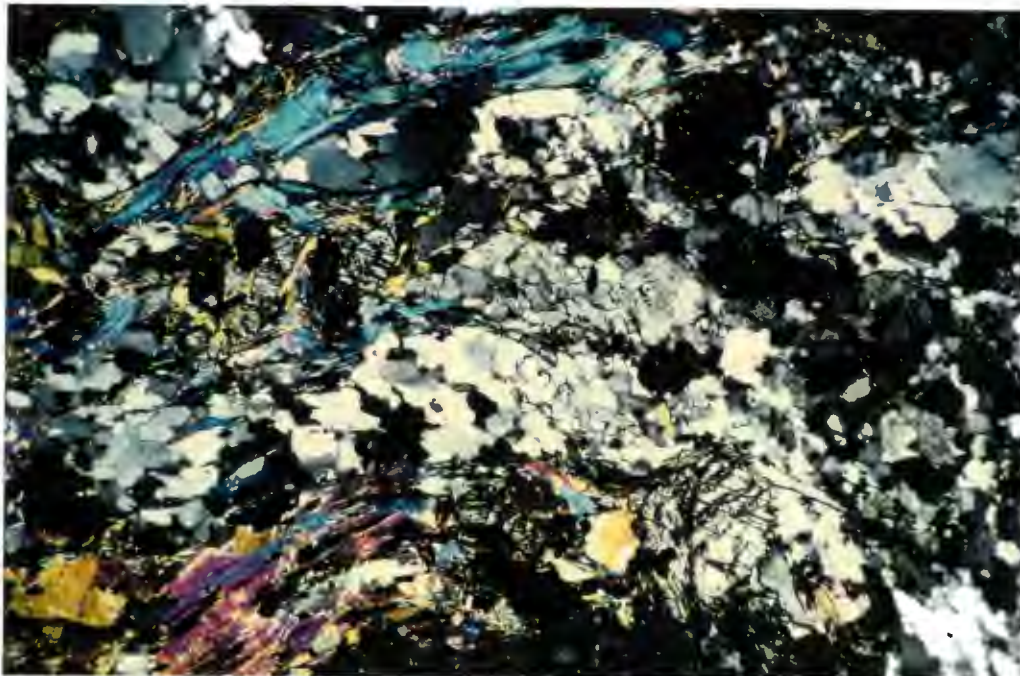


Abb. 24: Granat-Hellglimmerschiefer mit idiomorphem Staurolith (links oben) der jüngeren Generation und chloritisiertem Staurolith der älteren Generation (rechts unten). + Pol.

Bei den Granatporphyroblasten lassen sich verschiedene Typen unterscheiden, die der variszischen bzw. alpidischen Metamorphose zugeordnet werden können:

Granattyp nach Petrographie	Sprossung der Granatzone und ihre wahrscheinliche zeitliche Zuordnung
hypidiomorphe Porphyroblasten mit gepanzerten Reliktgefügen, die Plagioklaszwillinge als <u>Einschluß führen und randlich stark chloritisiert sind</u>	syndeformativ, variszisch alpidische Diaphthorese
gerollte Granate mit helizitischen <u>Einschlußwirbeln und klaren, breiten Rändern mit diskordant zu s_i geregelten Erzleisten</u>	syndeformativ, variszisch postdeformativ, alpidisch postdeformativ, alpidisch
stark zerborstene Granataggregate ohne Reliktstrukturen	prädeformativ, alpidisch
kaum zersetzte, klare Idioblasten mit geringen Erzeinschlüssen	postdeformativ, alpidisch
nicht gerollte idiomorphe Porphyroblasten, die reich an Quarzeinschlüssen sind	postdeformativ, alpidisch

In den Druckschattenhöfen der Granate tritt neben Quarz auch häufig Biotit auf.

Modalbestand: Qu	29,5	Gr	8,8
Plag	8,8	Tu	0,1
Bi	12,3	Stau	1,9
Mu	37,6	Akz	0,8

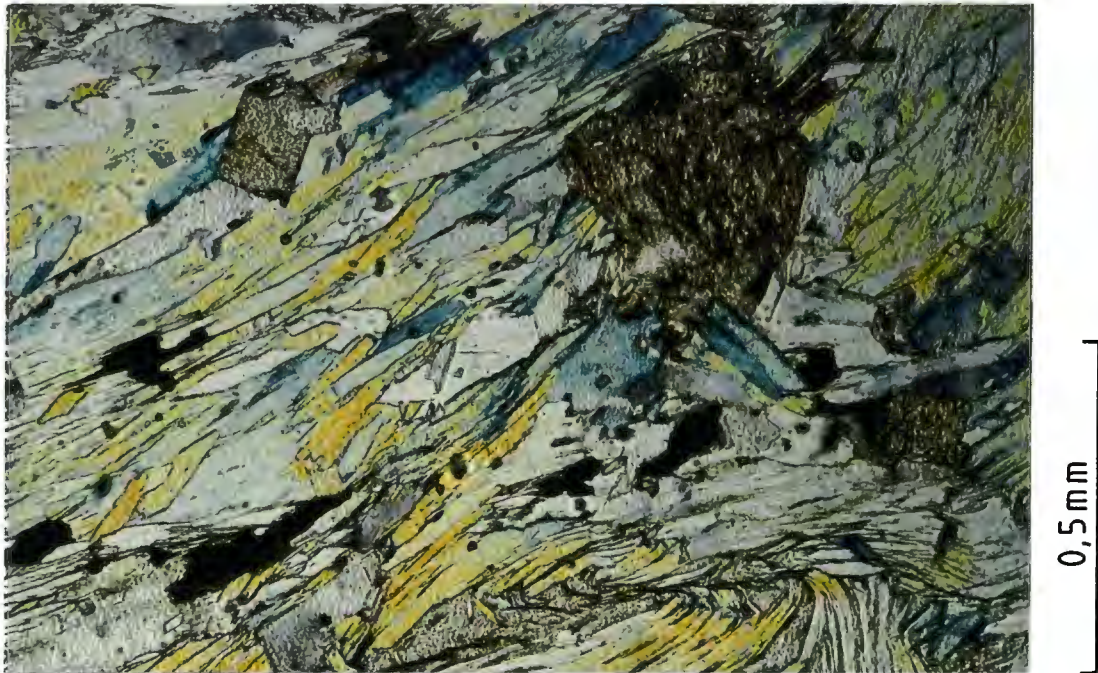


Abb.25: Granat-Hellglimmerschiefer mit Pseudomorphose von Chlorit nach Staurolith (ältere Generation, rechts) und verzwilligtem, idiomorphem Staurolith (jüngere Generation, links). Hellfeld

2.3.5 Quarzitische Glimmerschiefer

Bei diesem Gestein nimmt Quarz eine neben den Glimmern dominierende Stellung ein. Die rostbraun verwitternde, in sehr breiter Variabilität vorkommende Gesteinsart zeigt nahezu alle Merkmale und Übergänge der bisher beschriebenen Metapelite. Im Handstück ist es generell fein- bis mittelkörnig und deutlich geschiefert. Die Schieferungsflächen sind nur im Detail uneben und zeigen z. T. eine schwache Runzelung. Bei sehr hohem Quarzanteil und zurückgehender Glimmerführung entwickelt dieses Gestein alle Übergänge zu hier nicht separat ausgeschiedenen Glimmerquarziten.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Quarz, Biotit, Muskovit

Nebengemengteile: Granat, Epidot-Klinozoisit, Plagioklas

Akzessorien: Turmalin, Apatit, Rutil, Magnetit, Titanit, Zirkon, Chlorit

Das Schlibfbild wird von feinkörnig rekristallisierten und flatschig in s geregelten Quarzlinsen geprägt. Es treten auch mehrere mm mächtige Quarzmobilisate auf. Die Glimmer sind relativ feinkörnig und bilden gemeinsam ein lepidoblastisches Teilkorngefüge.

Die hypidiomorphen Granatporphyroblasten sind rotiert und zeigen Zonarbau mit einschlußreichen Kernen und klaren Randsäumen. Ihre Korngröße liegt stets unter 1 mm. Kataklastisch zerbrochene und in dünnen Lagen angeordnete Granate kommen nur vereinzelt vor.

Epidot zeigt Zonarbau mit eisenreichern Kernen. Bei Zirkon treten v. a. deutlich gerundete Körner auf.

2.3.6 Graphitreiche Metapelite

Dieses nicht sehr häufige Gestein kommt an verschiedenen Stellen im Glimmerschiefer-Komplex vor und bildet nur geringmächtige Horizonte. Es handelt sich um einen ver-
worrenschiefrigen, dunkelgrauen bis schwarzbraunen, im Kleinbereich stark verfalteten Metapelit, der idiomorphe, tiefrote Granate von 4 bis 12 mm Durchmesser führt. Frische Bruchstellen sind grobblättrig und zeigen sehr dunkle Biotitpakete. Das Gestein hinterläßt auf dem darüberstreichenden Finger eine kräftige, schwarze Färbung.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Biotit (rotbraun), Plagioklas, Quarz

Nebengemengteile: Granat, Graphit, Muskovit

Akzessorien: Magnetit

Die dickblättrigen Biotitpakete sind sehr wirr in dem Gestein verteilt und folgen nur teilweise der Schieferung. Der Biotit zeigt kräftigrotbraune Farben und ist schwach mit feinem, opakem Erz pigmentiert. Die hellen Quarz-Plagioklas-Lagen zeichnen die fein verfältelte Schieferung deutlicher nach als die Phyllosilikate. Vor allem im Grenzbereich dieser Wechsellagerung ist das sehr feinlagige Graphitpigment anzutreffen. Die Granatporphyroblasten sind in sich zerbrochen ohne dabei ihre äußere, idiomorphe

Korngestalt zu verlieren. Sie weisen keine lichtoptischen Anzeichen auf einen Zonarbau auf. Ihre Ränder zeigen einen sehr schmalen symplektischen Umwandlungssaum aus polysynthetisch verzwilligten Plagioklasen und kleinen wirrstrahligen Biotitleisten.

2.3.7 Marmor im allg.

Die Marmore sind vor allem im Hangenden des Glimmerschiefer-Komplexes weit verbreitet. Es handelt sich vorwiegend um weiße, seltener gelbliche und hellgraue, zuckerkörnige, nahezu monomineralische Gesteine. Die Mächtigkeit der einzelnen Marmorzüge ist sehr unterschiedlich und reicht von wenigen dm bis zu einigen 10er m. Im Aufschluß zeigen die Marmore z. T. eine Bänderung, die auf einer, sehr unterschiedlich mächtigen, Wechsellagerung von weißen und grauen Bändern beruht. Diese Bänderung wird durch unterschiedlich häufiges Graphitpigment verursacht. Die besonders graphitreichen Partien sind auffallend feinkörniger, was darin begründet ist, daß neben der höheren Keimbildungshäufigkeit vor allem Wachstumsbehinderungen (hohe Korn Grenzspannung als Hemmungsmechanismus) durch reichlich vorhandenes Pigment als Ursache für die Feinkörnigkeit zu sehen sind. Der isoklinale Faltenbau wird durch die Bänderung deutlich nachgezeichnet. Die Falten sind sehr unterschiedlicher Dimension und zeigen Verdickung in den Faltscheiteln und stark ausgedünnte und gelängte Faltschenkel. Frisch angeschlagene Marmore zeigen häufig penetranten H_2S -Geruch, der als Hinweis auf deutlichen Bitumengehalt dient. Im Handstück zeigen die s-Flächen zumeist feinschuppige Hellglimmerbeläge.

U. d. M.:

Hauptgemengteil: Calcit

Nebengemengteile: Hellglimmer, Dolomit, Quarz

Akzessorien: Apatit, Pyrit, Graphit, Biotit,
Titanit, Epidot, Tremolit (?), Zirkon

Da die Calcitmarmore eindeutig überwiegen, soll in dieser Beschreibung der allgemeinen Merkmale auch von Calcit als



Abb. 26 : Grau gebänderter, isoklinal verfalteter Marmor wird von einem Pegmatitgang durchzogen. Wegaufschluß zwischen Bärendumpf und Weißensteingraben. Maßstab = 14 cm

Hauptgemengteile ausgegangen werden (Bei den Dolomitmarmoren braucht man in dieser Hinsicht nur Dolomit mit Calcit vertauschen.).

Das Schliffbild zeigt im allg. eine Mosaikstruktur mit xenomorphem Calcit, der sowohl als grober Porphyroblast als auch als feinkörniges Zwickelkorn nebeneinander vorliegen kann. Die Korngrenzen sind nur selten buchtig suturiert. Zumeist liegt eine postkinematisch rekristallisierte, richtungslose, polygonal granoblastische Textur vor. Nur die vereinzelt auftretenden Hellglimmer zeichnen mit ihren straff in s eingeregelt Schüppchen die Spur der Schieferung nach. Das Karbonat zeigt polysynthetische Druckverzwillingung, wobei Calcit diese nach $(01\bar{1}2)$ und Dolomit nach $(02\bar{2}1)$ ausgebildet hat. Die Lamellen sind mitunter leicht verbogen. Zur Unterscheidung von Calcit und Dolomit wurde mit Alizarin-Rot S angefärbt. Das Auftreten von Quarz beschränkt sich auf einzelne gerundete, feine Körner. Sporadisch lassen sich Epidotkörner und an

den Enden ausgefranzte, farblose Amphibole (Tremolit ?) finden.

An 10 ausgewählten Marmorproben wurden Mikrosondenmessungen für Temperaturbestimmungen nach dem Calcit-Dolomit Solvus Geothermometer durchgeführt. Näheres dazu ist in Kapitel 6.6.3 zu finden.

Im folgenden werden die unterschiedlichen Marmore gruppenweise abgehandelt.

2.3.8 Calcitmarmor

Die Calcitmarmore sind weiß oder hell- bis mittelgrau, fein- bis grobkörnig und zeigen laminar gebänderte Schieferung. Vor allem bei den grauen, etwas unreineren Marmoren sind die feinschuppigen Hellglimmer sehr streng in s eingeregelt. Die grauen Marmore zeigen starken H₂S-Geruch.

U. d. M.:

Hauptgemengteil: Calcit

Nebengemengteil: Quarz

Akzessorien: Hellglimmer, Magnetit, Graphit,
Pyrit, Dolomit, Apatit

Dolomit tritt nur sehr sporadisch in xenomorphen Zwickelkörnern auf.

Modalbestand:	Cc	97,5	Mu	0,3
	Do	0,3	Akz	0,3
	Qu	1,6		

2.3.9 Dolomitmarmor

Die Dolomitmarmore sind gelblichweiß bis schwach hellgrau, sehr fein- bis mittelkörnig und zeigen megaskopisch kaum eine Schieferung. Mit zunehmendem Hellglimmergehalt tritt eine gelblichbraune Färbung auf und aufgrund der eingeregeltten Hellglimmer ist eine Schieferung deutlich zu erkennen. Verheilte Klüfte im Dolomitmarmor bestehen aus Calcit.

U. d. M.:

Hauptgemengteil: Dolomit

Nebengemengteile: Hellglimmer, Calcit

Akzessorien: Quarz, Magnetit

Die Druckverzwillingungslamellen von Dolomit sind etwas seltener als bei Calcit, woraus man eine bei Dolomit eher eintretende Rekristallisation erkennen kann. Bei Dolomit wurden keine verbogenen Lamellen gefunden.

Modalbestand:	Do	94,8	Mu	2,6
	Cc	1,6	Akz	0,1
	Qu	0,9		

2.3.10 Silikatmarmor

Der Silikatmarmor stellt einen unreinen Calcitmarmor mit, gegenüber den "eigentlichen" Marmoren, erhöhten Anteil an silikatischen Mineralen dar. Die dunkelgrauen, gesprenkelten bis laminierten Gesteine erwecken im Handstück einen massigen Eindruck.

U. d. M.:

Hauptgemengteil: Calcit

Nebengemengteile: Hellglimmer, Quarz, Plagioklas,
Amphibol (Tremolit ?)

Akzessorien: Magnetit, Titanit, Apatit, Zirkon,
Dolomit

Im Schliffbild zeigt sich ein verworrenschiefriiges, granoblastisches Korngefüge, in dem nur die Glimmer straff in s eingeregelt sind. Zwischen den einzelnen Calcitporphyroblasten ist als feines Pigment Erz angehäuft und zeichnet damit die Korngrenzen dunkel nach. Quarz ist rekristallisiert und erneut undulös. Plagioklas zeigt polysynthetische Verzwillingung. Einzelne Plagioklase sind mit regellosen, dünnen Hellglimmerleisten gefüllt. Titanit tritt in grobkörnigen, z. T. verzwillingten Idioblasten auf.

Modalbestand:	Cc	94,7	Mu	1,1
	Do	0,2	Amph	1,7
	Qu	1,3	Akz	1,0

2.3.11 Rosa Marmor

Ein sehr charakteristischer Leithorizont wird von einem fein- bis grobkörnigem, laminiertem Calcitmarmor mit rosa Färbung gebildet. Dieser Marmorzug ist zumeist nur wenige dm mächtig und zeigt in der Mitte rötliche Farben und am Rand zum Nebengestein hin z. T. auch schwach grünliche Farbtöne.

U. d. M.:

Hauptgemengteil: Calcit

Nebengemengteile: Quarz, Hellglimmer

Akzessorien: Erz, Apatit

Der hohe Reinheitsgrad dieses Marmors wird im Schliff erst vollends deutlich. Bis auf sehr vereinzelte, winzige Quarzkörner und dünne, feinschuppige Hellglimmer wird das granoblastische Korngefüge aus Calcit kaum gestört. Die oben erwähnte Laminierung wird durch einen Wechsel feinkörnig rekristallisierter Schichten, frei von Verzwilligungen, und grobporphyroblastischer Kornlagen mit Zwillingslamellen aufgebaut.

2.3.12 Kalksilikatschiefer

Dieses mittel- bis dunkelgraue, fein- bis mittelkörnige Gestein zeigt rostfarbene Verwitterungsfarben. Im Aufschluß ist eine Wechsellagerung schwärzlicher, biotitreicher Phyllosilikatlagen von wenigen cm Mächtigkeit mit dichten, grauen und massigen kalksilikatreichen, unreinen Karbonatlagen zu beobachten. In den Phyllosilikatlagen findet man vereinzelt bis 1,5 cm große tiefrote Granate. Dieses Gestein kommt im NE des Walzkogels vor.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Calcit, Quarz, Ti-Biotit

Nebengemengteile: Skapolith (Mejonit), Tremolit,
Klinopyroxen (Diopsid), Orthopyroxen
(Hypersthen), Dolomit, Plagioklas,
Alkalifeldspat (Mikroklin),
Hellglimmer, Chlorit

Akzessorien: Titanit, Zirkon, Epidot-Klinozoisit,
opakes Erz

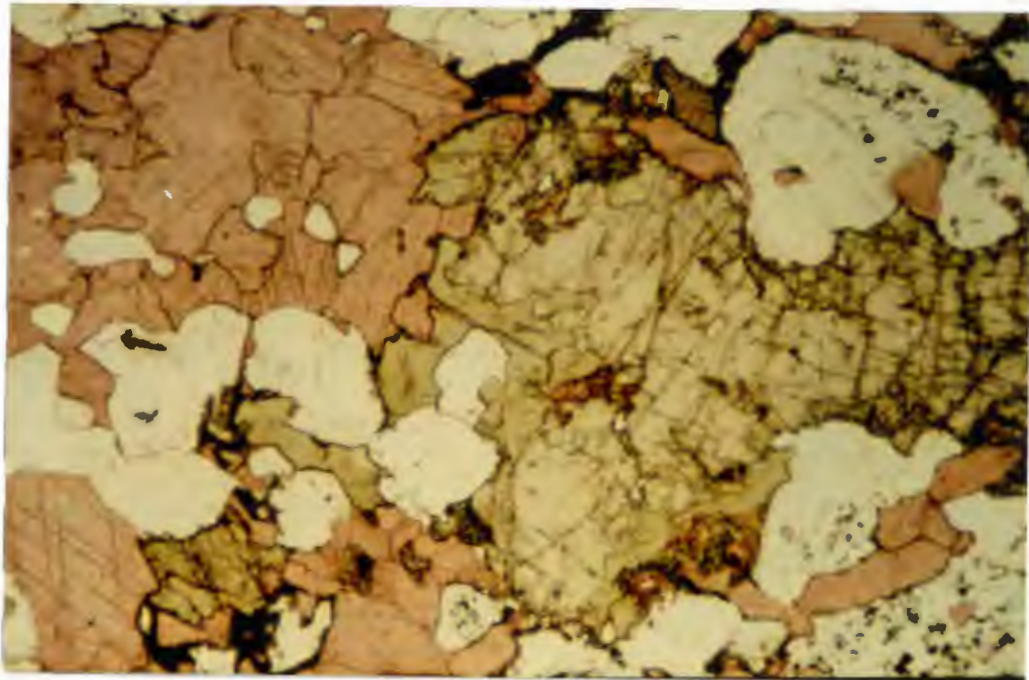


Abb. 27: Kalksilikatschiefer im Hellfeld: Calcit ist durch Anfärben rot. Ein großer Diopsid (grau-braun) wird randlich von Tremolit (grün) umgeben.

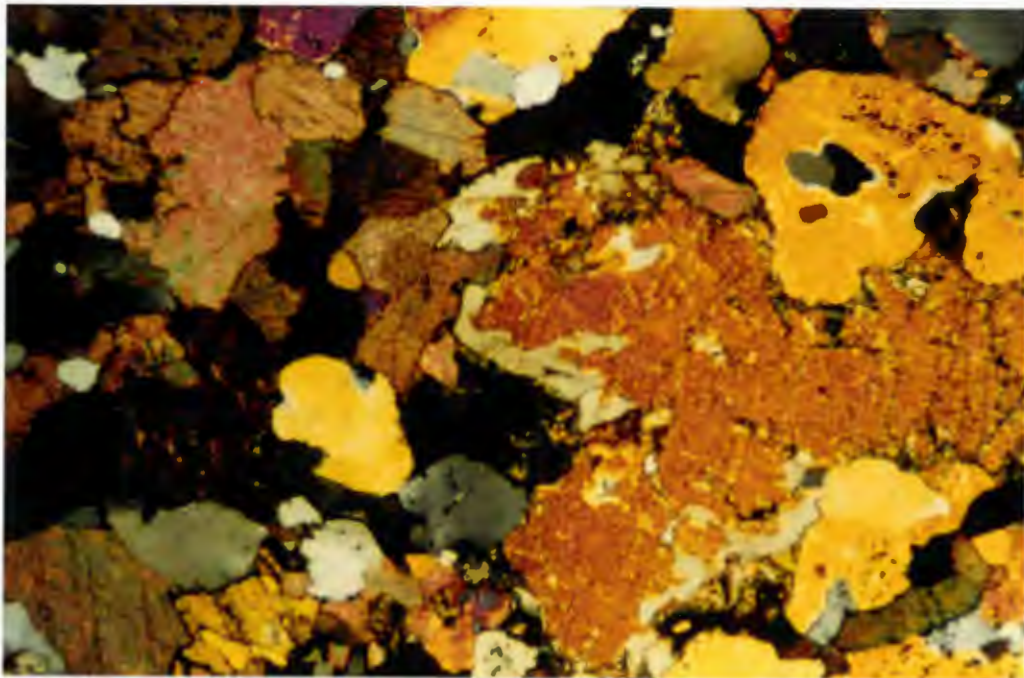


Abb. 28: Gleiche Aufnahme wie Abb. 27 mit + Pol.: Diopsid jetzt orangerot, Quarz grau, Skapolith gelborange.

Die mosaikartige, richtungsloskörnige Textur der Calcitmatrix wird von vielen verschiedenen Porphyroblasten durchsetzt. Quarz liegt als tropfenförmige Körner vor und hat leicht buchtige Korngrenzen. Plagioklas zeigt polysynthetische Zwillingslamellen. Mg-Diopsid läßt randlich retrograde Umwandlung in Tremolit erkennen. Skapolith bildet hypidiomorphe Kornaggregate. Tremolit hat gegen Calcit Reliktsäume ausgebildet. Dolomit kommt nur in vereinzelt Zwickelkörnern vor. Ti-Biotit ist tiefrot und in seiner Nachbarschaft findet man oft große Titanitschiffchen. Es liegt eine Paragenese von Diopsid+Tremolit+Calcit+Dolomit Quarz vor. Die Bildungsbedingungen dieser Karbonatreaktion werden in Kapitel 6.1.5 näher besprochen.

2.3.13 Quarzit

Im Glimmerschiefer-Komplex treten zahlreiche Quarziteinschaltungen auf. Es handelt sich dabei um sehr reine, weißliche bis hellbraune, zuckerkörnige Gesteine mit dünnlagigem Habitus. Frisch angeschlagen zeigen sich plattige Bruchflächen der einzelnen, wenige cm dicken, Platten mit nahezu rechtwinkligen Bruchkanten. Die Schieferungsflächen sind eben und führen eine unterschiedlich dichte Hellglimmerbedeckung.

Das monomineralische Gestein ist im Dünnschliff sehr monoton. Quarz ist z. T. nur undeutlich in s eingeregelt und zeigt grobsuturierte Korngrenzen. Quarzrekristallisation läßt sich nur teilweise erkennen. An Feldern gleicher Auslöschung lassen sich noch reliktsische Altkörner ausmachen. Diese feinkörnige Mosaikstruktur wird nur von den sehr straff in s eingeregelten Hellglimmern mit lepidoblastischem Teilkorngefüge unterbrochen. Größere Hellglimmer treten nicht sehr häufig auf. Karbonat kommt nur als xenomorphe Zwickelkörner zwischen Quarz vor und zeigt zumeist rötlichbraune Säume von Hämatit. Sehr vereinzelt

lassen sich polysynthetisch verzwillingte Plagioklase finden. Turmalin kommt sowohl in sechseckiger Kornform mit Zonarbau als auch als xenomorphe Zwickelkörner mit Quarzeinschluß und unzoniert vor. Zirkon ist deutlich abgerundet und zeigt z. T. konzentrischen Zonarbau. Als Akzessorien wurden Magnetit, Pyrit und Apatit gefunden.

2.3.14 Amphibolit

Im Glimmerschiefer-Komplex kommen Amphibolite in recht breiter Variabilität vor. Massige, sehr feinkörnige Amphibolite sind ebenso verbreitet wie mittelkörnige und bereits im Handstück deutlich geschieferte Amphibolite. In den einzelnen auskartierten Zügen treten diese unterschiedlichen Ausbildungen im laterelen Wechsel auf. Aus dem Vorkommen und ihrer Ausbildung lassen sich keine gesetzmäßigen Abhängigkeiten erkennen. Am häufigsten sind mittelkörnige, geschieferte und granatfreie Amphibolite.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (gelbgrün-olivgrün),
Plagioklas (An 21-26)

Nebengemengteile: Epidot-Klinozoisit

Akzessorien: Magnetit, Karbonat, Titanit, Rutil, Granat,
Apatit, Biotit, Quarz, Zirkon, Turmalin

Die Amphibole sind in die Schieferungsebene eingeregelt. Als Einschlüsse in Amphibolen findet man Plagioklas, Epidot, Titanit, Zirkon und Quarz. Um die Zirkone lassen sich pleochroitische Höfe beobachten. Quarz ist als rundliche Tropfen mit gleicher optischer Orientierung wie Amphibol in selbigem eingeschlossen. Die hellen Lagen zwischen den Amphibolen werden von einem Plagioklasplaster gebildet. Die Plagioklase zeigen inversen Zonarbau aber z. T. auch polysynthetische Zwillinge. Das Plagioklasmosaik wird von vielen kleinen Epidot-Klinozoisit-Nadeln und -Leisten durchspießt. Diese Nadeln überschreiten dabei auch die Korngrenzen zwischen den einzelnen Feldspäten. In den

geschieferten Amphiboliten lassen sich s_1 - s_2 -Gefüge beobachten. In Kapitel 6.4.3 wird auf die Zusammensetzung der Amphibole eingegangen.

Modalbestand: Plag	7,3	Ti	6,3	
	Amph	83,2	Cc	0,7
	Gr	0,2	Akz	0,9
	Ep	1,4		

2.3.15 Granatführender Amphibolit

Außer der Granatführung unterscheidet sich dieser Amphibolit vor allem durch seine gröbere Körnigkeit und sein massiges Erscheinungsbild. In ihrer Häufigkeit und Größe (bis 1,5 cm Durchmesser) variieren die Granate sehr deutlich.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Amphibol (gelbgrün-olivgrün),
Plagioklas (An 21-26)

Nebengemengteile: Granat (Pyrop 11-17), Epidot-Klinozoisit

Akzessorien: Quarz, Biotit, Chlorit, Karbonat, Titanit,
Zirkon, Apatit, Rutil, Magnetit, Hämatit,
Karbonat, Turmalin

Bei den Amphibolen läßt sich vereinzelt ein ausgeprägtes Größenwachstum feststellen. Ein lichtoptischer Zonarbau drückt sich auch in den Mikrosondenanalysen aus (siehe 6.4.3). Bei den Granaten lassen sich alle Übergänge von idiomorphen Körnern mit sechseckigen Umrissen über skelettartig in einzelne Felder zerlegte Aggregate bis zu retrograd nahezu völlig aufgelösten Relikten unterscheiden. Bei den idiomorphen Körnern besteht ein deutlicher Zonarbau mit einschlußreichen Kernen und klaren Rändern. Angaben zum Chemismus der Granate finden sich in Kapitel 6.3.3. Als Einschlüsse in Granat treten Biotit, Chlorit, Plagioklas, Quarz, Amphibol, Rutil, Erz und Epidot-Klinozoisit auf. Die Granate zeigen oft Umwandlungen zu Biotit, Chlorit und Plagioklas. Chlorit tritt dabei als radialstrahlige Säume um Granat und Biotit auf.

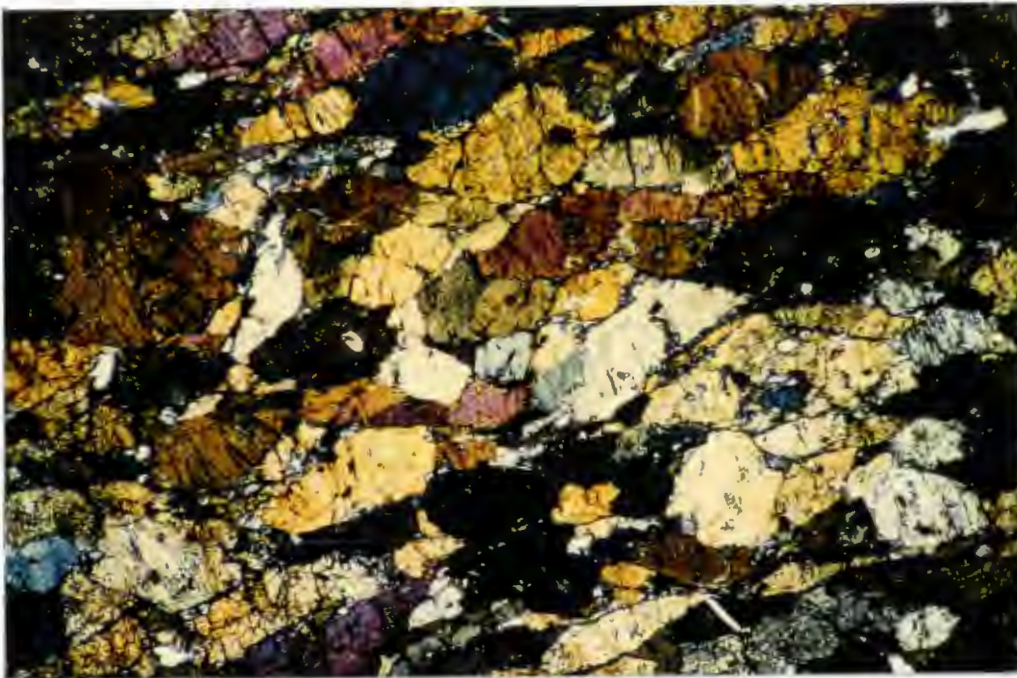


Abb.29: Granatführender Amphibolit mit grobkörnigen Amphibolen und nahezu fehlendem Plagioklas. + Pol.

Modalbestand: Plag	30,3	Ap	1,5	
	Amph	56,6	Cc	2,1
	Gr	4,0	Akz	3,5
	Ti	2,0		

2.3.16 Epidotschiefer

Hierbei handelt es sich um ein nahezu monomineralisches Gestein mit ausgeprägter Schieferung. Im Handstück erscheint es, aufgrund seiner Feinkörnigkeit verstärkt, als dichtes, tiefgrünes Gestein mit glasigen Bruchflächen und vereinzelt Auswitterungslöchern mit rostigen Erzresten. Das Schlibfbild wird von einer nematoblastischen Textur der in s eingeregelten Epidotleisten geprägt. Neben Epidot als Hauptbestandteil kommen Erz, Chlorit und sehr selten kleine, klare Granate vor.

Beim Edukt dieses Gesteins handelt es sich wahrscheinlich um einen stark metasomatisch beeinflussten Amphibolit.

2.3.17 Pegmatit

Bei den Pegmatiten handelt es sich um ein weißes bis hellgraues, mittel- bis grobkörniges, eine gut ausgebildete Paralleltexur zeigendes Ganggestein, das zumeist mit den Marmoren vergesellschaftet ist. Die bis mehrere cm großen schwarzen Turmaline verleihen dem Gestein ein gesprenkeltes Aussehen. Im Handstück lassen sich in besonders grobkörnigen, dann auch weniger verschieferten Partien, dickschup-



Abb. 30 : Pegmatit mit geborstenen Turmalinen (links), Alkalifeldspatauge und Muskovitpaket mit Granat (rechts). Anschliff 620

pige Muskovittafeln finden, wie sie aus vielen Pegmatiten bekannt sind. Die weiße Farbe des Gesteins wird vor allem durch Feldspat geprägt. Mesoskopisch läßt sich unregelmäßig verteilter, kräftig hellroter Granat mit Korngrößen bis 4 mm erkennen.

U. d. M.:

Hauptgemengteile: Plagioklas, Quarz, Alkalifeldspat, Muskovit

Nebengemengteile: Turmalin (Schörl), Granat

Akzessorien: Biotit, Rutil, Erz

Quarz ist weitestgehend rekristallisiert und in linsigen Lagen in s eingeregelt. Plagioklas liegt in 2 Generationen vor. Die ältere Generation wird von bis meherere mm großen hypidiomorphen Porphyroblasten gebildet, die sehr schmal lamellierte polysynthetische Verzwilligung nach dem Albitgesetz zeigen, eine bruchhafte Deformation erfahren haben



Abb. 31: Pegmatitaufschluß SE vom Mitterberg.

Maßstab = 5,5 cm

und häufig eine Internfülle aus schmalen Muskovitleisten besitzen. Die jüngeren Plagioklase zeigen ein granoblastisches Korngefüge mit einer "Pseudo-Mörtelstruktur" zwischen den Körnern, die sich bei näherem Betrachten als eine große Anzahl von v. a. auf der Intergranularen auftretenden Fluideinschlüssen und feinem Serizitfilz an den Korngrenzen erweist. Die bis zu mehreren cm großen, oft augigen Alkalifeldspatporphyroblasten zeigen mit Quarz und Plagioklas verheilte Brüche. Häufig finden sich Entmischungen zu Ader- und Fleckenperthit, die auf metasomatische Verdrängung des Kalifeldspates durch Albit hinweisen. Muskovit bildet dicke paketartige Aggregate, die häufig boudiniert sind und Knickbänder zeigen.

Sehr feinkörniger, zumeist nur dünne, linsige lepidoblastische Teilkorngefüge bildender Muskovit tritt auch auf. Turmalin kommt feinkörnig in zerborstenen Nestern und Lagen vor. Bei den häufigen, prismatisch oder langsäuligen, zwar in sich zerbrochenen, doch in ihrer äußeren Korngestalt erhaltenen Turmalinen, handelt es sich um bis mehrere cm große Einzel-

kristalle. In Schlifffdicke herrschen blaue Farben vor. Granat ist ebenfalls als geborstene Kornaggregate vorhanden und zeigt einschlußfreie, klare Bruchstücke. Bei Pusterwald in den Wölzer Tauern wurde von E. JÄGER & K.METZ (1971) eine Rb-Sr Altersbestimmung an Muskovit aus Pegmatiten vergleichbarer Position durchgeführt. Bei der Berechnung, mangels Gesamtgesteinsdaten, verwendetem initialem $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ -Verhältnis von 0,7091, wurde ein Alter von 248 ± 29 M. a. ermittelt. Dieses spätvariszische Alter ist nach den Autoren als Datierung der variszischen Metamorphose zu verstehen.

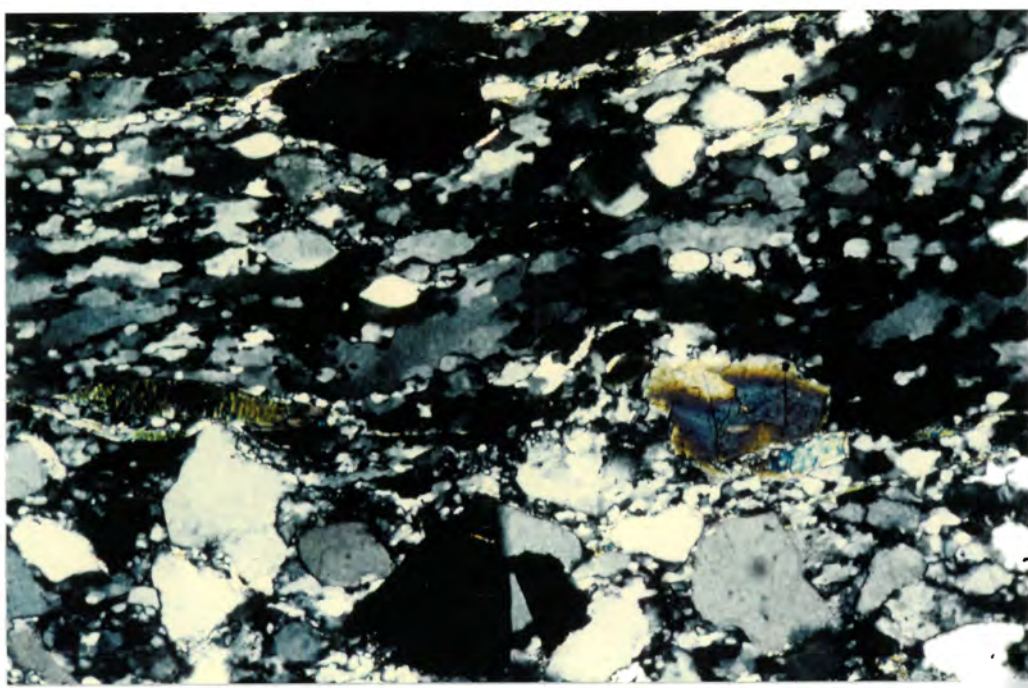


Abb. 32: Pegmatit mit rekristallisiertem Quarz (obere Bildhälfte) und "Pseudo-Mörtelstruktur" (untere Bildhälfte). Links ist eine Muskovitinse zu erkennen, rechts ein Turmalin. + Pol.

3. Prostratigraphie

Ziel der Erarbeitung einer prostratigraphischen Abfolge war es, damit den lithologischen Vergleich mit schwächer metamorphen, fossilführenden Gesteinsabfolgen zu ermöglichen. Anhand des Säulenprofils (Abb. 33) ist es möglich, die im folgenden beschriebene lithologische Abfolge, deren Gliederung und zeitliche Einstufung nachzuvollziehen.

Vorweg sei noch einmal ausdrücklich auf die Gliederung, die in dieser Arbeit eingeteilt wurde, hingewiesen:

Die Grundeinteilung und Nomenklatur geht auf BECKER (1981) zurück (siehe auch Kapitel 1.3).

- Die Gesteine im Liegenden des nördlichen Augengneis-zuges bilden den Gneis-Komplex.
- Der Amphibolit-Komplex baut sich aus folgenden Einheiten auf:
 - Amphibolit-Serpentinit-Assoziation
 - den Metasedimenten zwischen nördlichem Augengneis-zug im Liegenden und der oben genannten Assoziation im Hangenden, sowie den Bänderamphiboliten und Gneisen im Hangenden dieser Assoziation
- Der Glimmerschiefer-Komplex faßt die im Hangenden des Amphibolit-Komplexes auftretenden Metasedimente und die darin eingeschalteten Metamagmatite zusammen.

Auf eine separate Abtrennung eines Marmor-Komplexes wurde verzichtet, da die Marmorbänder im hangenden Teil des Glimmerschiefer-Komplexes als eine konkordante und kontinuierlich auftretende Abfolge zu betrachten sind, die eine tektonische Komplex-Gliederung verbietet.

Die Augengneise, die ich aus der Prostratigraphie herausnehmen möchte, werden bei BECKER & SCHUMACHER (1972) zum Amphibolit-Komplex gestellt. Aufgrund ihrer Stellung wurde der nördliche Augengneiszug bei meiner Kartierung in den Gneis-Komplex, der südliche Augengneiszug in den Amphibolit-Komplex eingeordnet. Dies erklärt auch das Auftreten "zweier" Augengneise in der Petrographie (Kapitel 2) und in der Karte (Beilage 1). Aus dieser

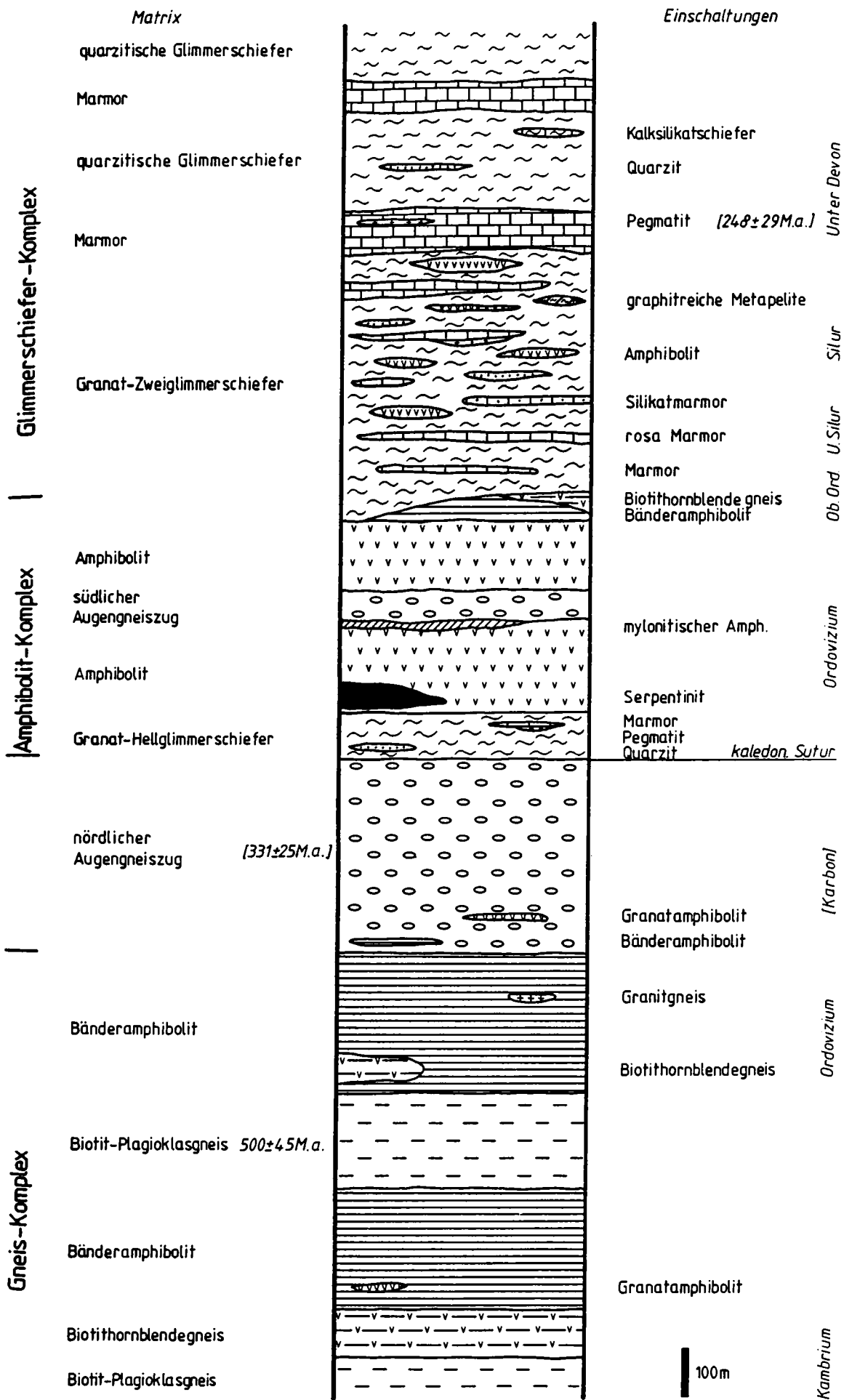


Abb. 33: Schematisches Säulenprofil der lithologischen Einheiten und tektonischen Großbaueinheiten des Gleinalpenkristallins. In der linken Spalte unter "Matrix" sind die vorherrschenden Gesteine, in der rechten Spalte unter "Einschaltungen" die untergeordnet auftretenden Gesteine aufgeführt. Die mögliche zeitliche Einstufung wird in Kapitel 7 diskutiert. Alter in eckigen Klammern = Intrusionsalter.

feldgeologischen Gliederung dürfen keine genetischen Interpretationen abgeleitet werden. Zur Genese der Augengneise siehe Kapitel 5.3.10 und Kapitel 8.

Nähere Angaben zu dem Charakter der anderen Komplexgrenzen finden sich in Kapitel 4.2 .

Neben der Beschreibung der Lagerungsverhältnisse in Kapitel 4.1 und dem Säulenprofil (siehe Abb. 33) sollen auch die geologischen Profile (Beilage 2) Aufschluß über die Gesteinsabfolge geben.

3.1 Lithologische Abfolge

3.1.1 Gneis-Komplex

Die ursprüngliche Abfolge ist aufgrund des isoklinalen Faltenbaus und den damit verbundenen Mächtigkeitsverzerrungen nur annäherungsweise rekonstruierbar. Deshalb tritt die Verbreitung der Gesteine stärker in den Vordergrund. Der abnehmenden Häufigkeit nach geordnet treten im Gneis-Komplex folgende Gesteine auf:

Bänderamphibolite, Biotit-Plagioklasgneise, Biotithornblendegneise, Granatamphibolite, Granitgneise und Epidot-Aktionolith-Plagioklasschiefer.

Die Altersbestimmung eines Plagioklasgneises ist bereits in Kapitel 1.3 erwähnt.

Die Bänderamphibolite stellen Wechsellagerungen von basaltischen Metaandesiten mit Metadaziten bis Metarhyodaziten dar (siehe 5.3.2). Zusammen mit den Biotit-Plagioklasgneisen bilden die Bänderamphibolite eine Vergesellschaftung, die von ihr eingeschalteten Biotithornblendegneisen unterbrochen wird. Kleine Vorkommen von Granitgneisen treten ausschließlich nur im Bänderamphibolit auf.

Die exotischen Vorkommen von Granatamphiboliten zwischen Kreuzsattelgraben und Humpelgraben sowie das gemeinsame Auftreten mit dem Epidot-Aktiolith-Plagioklasschiefer (2.1.7 und 5.3.1) legen eine allochthone Platznahme für ihre Existenz nahe. Es handelt sich dabei höchstwahrscheinlich um tektonische Späne ozeanischer Kruste.

3.1.2 Amphibolit-Komplex

Der Amphibolit-Komplex baut sich aus mächtigen Amphiboliten auf, an deren Basis häufig Serpentinite auftreten. Eine derartige Gesteinsassoziation legt den Verdacht auf ozeanische Kruste nahe. Im hangenden Anteil des Amphibolit-Komplexes kommen lokal biotitführende Bänderamphibolite und Biotithornblendegneise vor.

Der südliche Augengneiszug, der innerhalb des Amphibolit-Komplexes auftritt, kann nach petrographischen und geochemischen Vergleichen mit dem nördlichen Augengneiszug in einen kogenetischen Zusammenhang mit diesem gebracht werden (siehe 5.3.10). Somit ist auch für den südlichen Augengneiszug ein karbonisches Intrusionsalter (siehe 5.4 und 7.) anzunehmen.

Auf die Genese und Alterseinstufung der Gesteine aus dem Amphibolit-Komplex wird an anderer Stelle eingegangen (siehe Kapitel 2.2, 4.1.4, 4.2, 5.3.4 - 5.3.8, 5.4, 6. und 7.).

3.1.3 Glimmerschiefer-Komplex

Vom Liegenden zum Hangenden läßt sich folgende schematische Schichtabfolge rekonstruieren:

- Granat-Zweiglimmerschiefer mit seltenen und geringmächtigen Einschaltungen von Dolomitmarmoren
- Granat-Zweiglimmerschiefer mit Einschaltungen von Silikatmarmoren, Calcitmarmoren, Quarziten und Amphiboliten
- Granat-Zweiglimmerschiefer mit häufigeren und weiter verbreiteteren Einschaltungen von Calcitmarmoren, Quarziten und Amphiboliten
- Granat-Zweiglimmerschiefer mit mächtigeren Calcitmarmorzügen vergesellschaftet mit Pegmatiten; weiterhin verbreitete Einschaltungen von Quarziten und Amphiboliten; vereinzelt Auftreten von graphitreichen Metapeliten
- quarzitischer Glimmerschiefer mit mächtigen Calcitmarmorzügen; weiterhin Einschaltungen von Quarziten; vereinzelt Auftreten von Kalksilikatschiefern

Die Gesteinsabfolge des Glimmerschiefer-Komplexes ist vergleichbar mit einer Sedimentabfolge wie sie für einen Schelf typisch ist. Die altersmäßige Einstufung der Amphibolite ins Silur und der mächtigen Calcitmarmorzüge ins Devon ergibt sich durch Vergleiche mit anderen schwächer metamorphen Serien der Ostalpen (HAISS, 1985).

Zum Alter der Pegmatite siehe Kapitel 2.3.17, 6.8 und 7.

4. Tektonik

Wie aus Kapitel 1.4 hervorgeht, war es von großem Interesse, neben den tektonischen Merkmalen der einzelnen lithologischen Einheiten, vor allem die Grenzen zwischen den Komplexen näher zu untersuchen.

4.1 Schichtlagerung in den einzelnen lithologischen Einheiten

Der NE-SW streichende Kristallinkomplex der Gleinalpe stellt eine großräumige Antiklinalstruktur dar. Die kartierten Einheiten sind ein Teil der mit mittelsteilen Fallwerten nach SE tauchenden Südseite des Gleinalpenkristallins. Die Lagerungsverhältnisse sind durch isoklinale Faltenbau mit NE-SW bis ENE-WSW pendelnden, flachliegenden Faltenachsen charakterisiert. Die einzelnen Gefügeelemente der verschiedenen Einheiten lassen auf den ersten Blick kaum Unterschiede erkennen.

Legende zu den folgenden Abbildungen:

- | | |
|--------------------|----------------|
| • Schieferung | ▼ Harnisch |
| ○ Streckungslinear | F Fiederkluft |
| ● B-Achse | 9 glatte Kluff |
| □ Runzelung | ◆ Scherkluff |
| ▲ Störungsfläche | |

Alle Stereogramme sind flächentreue Projektionen in die untere Halbkugel.

4.1.1 Gneis-Komplex

Wie aus Abb. 34 ersichtlich ist, streut die Streichrichtung der Schieferung kaum. Die Werte pendeln lediglich zwischen 140° und 150° , während sich bei den Fallwerten zwei Gruppen um 40° bzw. um 60° ausbilden. Darin spiegelt sich der NW-vergente, isoklinale Faltenbau wieder. Die Faltenachsen sind flachliegend und fallen zumeist gegen WSW ein.

Der nördliche Augengneiszug zeigt die gleichen Charakteristika wie der Gneis-Komplex; die Werte sind jedoch etwas enger gruppiert (siehe Kapitel 4.1.2).

Gneis-Komplex

nördlicher Augengneiszug

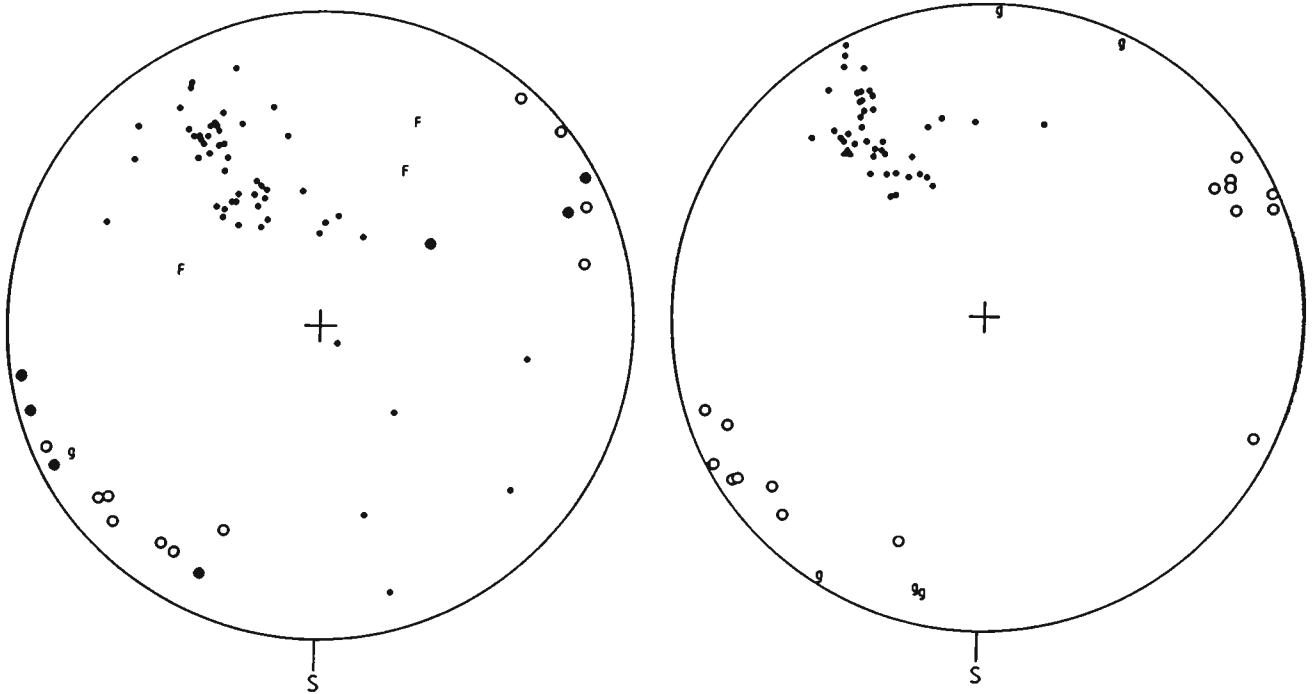


Abb. 34: Gefügediagramme des Gneis-Komplexes (links) und des nördlichen Augengneiszuges (rechts).

Signaturen wie Kapitel 4.1 .

Da es sich bei den Augengneisen um variszische Granite handelt (siehe Kapitel 4.1.2, 5.3.10 und 6.8), der die gleichen Gefügeelemente wie der Gneis-Komplex zeigt, ist für die prägende Deformation dieser beiden Einheiten ein variszisches (postunterkarbones) Alter anzunehmen. Auf die alpidische Schertektonik - im Zusammenhang mit den Augengneisen - wird in Kapitel 4.2.3 eingegangen.

4.1.2 Nördlicher Augengneiszug

Die Pole der Schieferung des nördlichen Augengneiszuges zeigen nur eine geringe Streuung im Streichwert (140° bis 150°), wogegen die Einfallswinkel von 40° bis fast 90° reichen. Die Gefügeelemente sind mit denen des Gneis-Komplexes nahezu identisch (siehe Abb. 34).

Die horizontal liegende Lineation streicht 60° und wurde

durch die dextrale variszische Scherung bei beginnender Amphibolitfazies (530°C) geprägt (siehe Kapitel 4.1.3).

4.1.3 Südlicher Augengneiszug

Der südliche und der nördliche Augengneiszug sind im Kartenbild zwei getrennte Gesteinseinheiten. Es ist noch nirgends ein Zusammenhang zwischen den beiden Augengneiszügen beobachtet worden. Die den Amphibolit-Komplex querende Position des südlichen Augengneiszuges wird nach dem Kartenbild als dextrale Scherung eines Granites gedeutet (NEUBAUER, 1986).

Amphibolite aus dem Amphibolit-Komplex

südlicher Augengneiszug

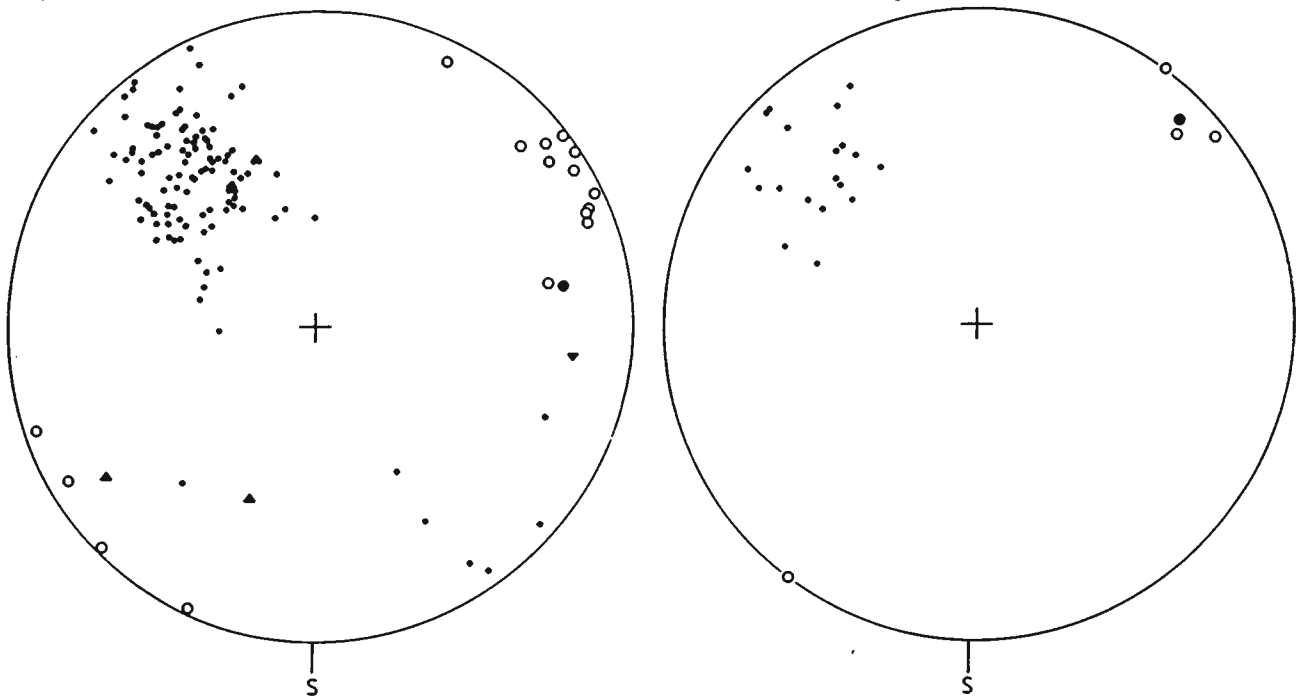


Abb.35 : Gefügediagramm der Amphibolite aus dem Amphibolit-Komplex (links) und des südlichen Augengneiszuges (rechts). Signaturen wie Kapitel 4.1 .

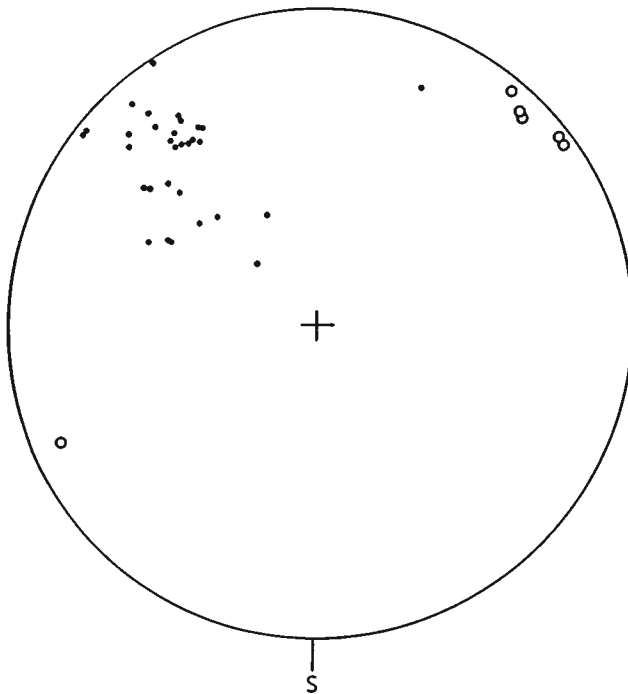
Sowohl die stärker von der E-W-Achse abweichenden Streichrichtungen als auch die geringen petrographischen und die fehlenden geochemischen Unterschiede (siehe Kapitel 2.1.9, 2.2.7 und 5.3.10) legen es nahen diese beiden Augengneise

zumindest als kogenetische Intrusionskörper zu betrachten. Wie in Kapitel 4.2.3 noch angeführt wird, stellt der südliche Augengneiszug eine den Amphibolit-Komplex vom Hangenden im Westen zum Liegenden im Osten durchziehende Scherzone dar.

4.1.4 Amphibolit-Komplex

Auch die Amphibolite des Amphibolit-Komplexes zeigen mittelsteile Einfallswerte bei einem Streichen von um 140° . Die flachliegende Lination pendelt um 60° (siehe Abb. 35). Die Werte streuen zwar über einen breiteren Bereich als bisher, es liegen aber immer noch sehr einheitliche Lagerungsverhältnisse vor. Die prägenden Elemente sind dabei

Bänderamphibolite und Gneise aus dem Amphibolit-Komplex



Metapelite aus dem Glimmerschiefer-Komplex

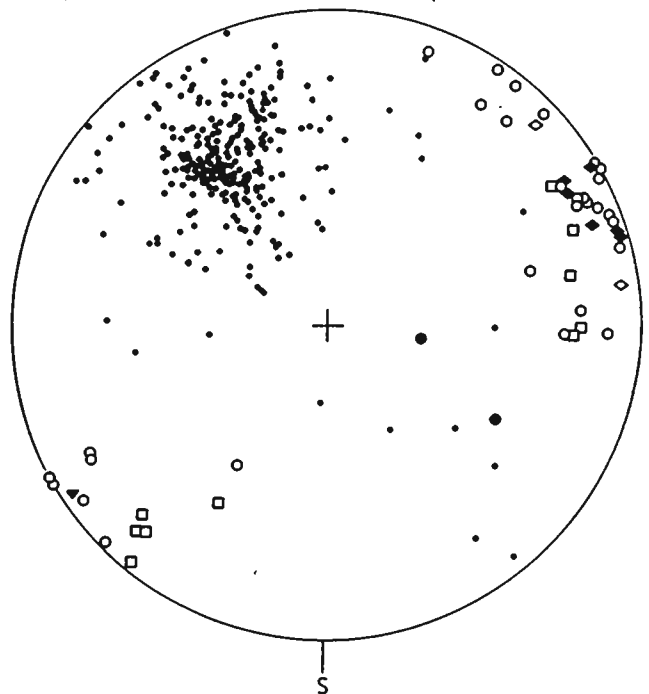


Abb.36 : Gefügediagramme der Bänderamphibolite und Gneise aus dem Amphibolit-Komplex (links) und der Metapelite aus dem Glimmerschiefer-Komplex (rechts). Signaturen wie Kapitel 4.1 .

mit denen des Gneis-Komplexes deckungsgleich. Das selbe gilt für die in Abb. 36 dargestellten Bänderamphibolite und Gneise des Amphibolit-Komplexes.

4.1.5 Glimmerschiefer-Komplex

Auch die Metapelite des Glimmerschiefer-Komplexes (siehe Abb. 36) zeigen die gleichen Gefügeelemente wie die darunterliegenden Einheiten. Die weitere Zunahme in der Streuung der Werte läßt sich mit dem lithologischen Unterschied und damit mit dem in diesem Fall deformationsfreudigerem Verhalten der Glimmerschiefer begründen. Eine Überprägung der vorherrschenden Lineation durch eine sehr spitzwinkelig dazu verlaufende Runzelung ließ sich nur in wenigen Aufschlüssen erkennen.

Es lassen sich aber trotzdem zwei wesentliche Deformationen mit relativ ähnlichen Orientierungen der Elemente auseinanderhalten. Die ältere Deformation fand unter amphibolitfaziellen Bedingungen (Staurolith) statt und erzeugte die SSE fallende Foliation mit der horizontalen Streckung. Bei der jüngeren, kühleren Deformation unter grünschieferfaziellen (chloritisierte Granate) bis bruchhaften Bedingungen wird ein s-c-Gefüge angelegt. Die entstehenden diskreten c-Flächen sind steilstehend. Anhand dieser s-c-Gefüge lassen sich im gesamten Glimmerschiefer-Komplex sinistrale Scherbewegungen alpidischen Alters feststellen.

4.2 Gefügeelemente der einzelnen Einheiten zueinander

Im vorangegangenen Abschnitt konnte festgestellt werden, daß sich die Gefügeelemente der einzelnen Einheiten zueinander nur äußerst geringfügig unterscheiden. Doch bevor man daraus Schlüsse ziehen kann, sollen noch weitere Beobachtungen herangezogen werden.

4.2.1 Grenze zwischen Gneis- und Amphibolit-Komplex

Obwohl sich nach den Gefügediagrammen (Abb. 34, 35 und 36) nur gemeinsame Eigenschaften für den Gneis- und Amphibolit-Komplex ergeben, sprechen andere Beobachtungen und

Argumente jedoch für einen tektonischen Kontakt zwischen diesen beiden Einheiten:

- deutlicher Metamorphosesprung (Gneis-K.: hochgradige Metamorphose bis zur beginnenden Anatexis; Amphibolit-K.: mitteldruckfazielle, mittelgradige Metamorphose; siehe Kapitel 6.1)
- nur der Gneis-Komplex zeigt zudem Relikte einer druckbetonten Metamorphose (siehe Kapitel 6.4.1)
- krasser lithologischer und geochemischer Unterschied (Gneis-K.: basische und saure Inselbogenmagmatite und deren Aufarbeitungsprodukte; Amphibolit-K.: ultrabasische bis basische Ophiolithabfolge; siehe Kapitel 5.4)
- es lassen sich keine Verzahnungen zwischen den beiden Komplexen feststellen

Die Grenze zwischen dem Gneis- und Amphibolit-Komplex ist folglich tektonischer Natur. Sie stellt die Überschiebungsbahn des Speik-Ophiolithes auf die Inselbogengesteine des Gneis-Komplexes dar (siehe auch Kapitel 7).

4.2.2 Grenze zwischen Amphibolit- und Glimmerschiefer-Komplex

Auch hier gilt, daß sich nach den Gefügediagrammen nur gemeinsame Charakteristika zwischen dem Amphibolit-Komplex und dem Glimmerschiefer-Komplex aufzeigen lassen. Nach der Karte von EBNER (1983) war für den westlich des Barendumpf gelegenen Teil des Arbeitsgebietes eine tektonische Verschuppung der beiden Komplexe anzunehmen. Bei den eigenen Geländeaufnahmen wurde dieser Bereich als primäre laterale Faziesverzahnung erkannt. Auch östlich des Weißensteingrabens war es möglich ebenfalls ein primär sedimentäres Auflager des Glimmerschiefer-Komplexes auf dem Amphibolit-Komplex anhand der gut aufgeschlossenen Grenze nachweisen.

Der Glimmerschiefer-Komplex stellt somit eine klastische Abfolge dar, die dem Speik-Ophiolith in primär sedimentärem Auflager folgt. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß ähnlich wie beim Oman-Ophiolith die klastischen Sedimente erst nach einer tektonischen Phase, die eine Schichtlücke verursachen kann, gefolgt ist (vergleiche: GASS et al. 1985).

5. Geochemie

Wenn man mit den Analysen von amphibolitfaziellen Metamagmatiten geochemische Aussagen treffen will, muß man folgende zwei Punkte berücksichtigen:

Zum einen können durch die Metamorphose stoffliche An- und Abreicherungen der einzelnen Elemente stattfinden, zum anderen sollte man keine Paragesteine wie Magmatite interpretieren.

Für die, in diesem Kapitel zur Anwendung kommenden Diagramme, wird von den Autoren stets die Immobilität der jeweiligen Elemente gefordert. Die - hier nicht weiter ausgeführte - Überprüfung der verwendeten Elemente ergab für die Hauptelemente z. T. geringe Stoffverschiebungen, während bei Ti, Mn, P und Al keine Anzeichen auf eine Mobilität vorliegen. Bei den Spurenelementen Nb, Zr, Y, V, Cr und Ni kann von weitestgehender Immobilität ausgegangen werden. Es gibt aber auch Anzeichen auf geringfügige passive Anreicherung von Spurenelementen während der Metamorphose. Dies trifft aber nur auf wenige Proben zu und dieser Effekt kommt in Dreiecksdarstellungen ohnehin nicht zum Tragen. Folglich werden zur Auswertung bevorzugt Darstellungen herangezogen, in denen immobile Spurenelemente abgetragen werden.

Der Frage, ob primär magmatische oder sedimentäre Edukte vorliegen, wurde für die Amphibolite anhand der Methoden von WALKER et al. (1960), LEAKE (1964), MOINE & DE LA ROCHE (1968) und BAEZA (1984) überprüft. Bis auf den biotitführenden Bänderamphibolit und den Hornblendegneis aus dem Amphibolit-Komplex lassen alle Proben eine Zuordnung zu magmatischen Edukten zu (siehe auch 2.2.9 bzw. 2.2.8 und 5.3.7 und 5.3.8). Für die sauren Gesteine konnte mit den Methoden von SHAW (1972) und WINKLER (1979) der gleiche Befund wie in den petrographischen Untersuchungen festgestellt werden.

Somit werden in diesem Kapitel - bis auf die oben genannten

Ausnahmen - ausschließlich Metamagmatite behandelt.
Auf eine ausführliche Herleitung der obig genannten
Angaben wird des Umfanges wegen verzichtet.
Die Probenauswahl erfolgte nach petrographischen Gesichtspunkten.
Zur Methode der Analytik und der Probenkennzeichnung siehe
im Anhang unter Punkt 9.1 .

5.1 Ziel der Untersuchungen

Wie bereits in Kapitel 1.4 angeführt, dient die geochemische Untersuchung der Metamagmatite dem Ziel, eine plattentektonische Rekonstruktion des Altkristallins zu erarbeiten. Die Überprüfung der bisherigen geologischen Befunde, die von FRISCH et al. (1984) zu einem Konzept zusammengestellt wurden, soll mit weiteren geochemische Analysen ermöglicht werden.

Einige Daten aus dem Gneis-Komplex der westlichen Gleinalpe liegen von BRÜCKMANN (1985) vor. Deshalb wurden im Gneis-Komplex nur wenige Proben genommen. Es wurden vor allem Amphibolite aus dem Liegenden und Hangenden der beiden Augengneiszüge zu Vergleichszwecken beprobt. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf den Gesteinen der Speikserie (Amphibolit-Komplex). Ferner wurden einige Gesteine aus dem Glimmerschiefer-Komplex beprobt. Nach der Arbeit von FRISCH et al. (im Druck) läßt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Stellung der Gesteine in der Gliederung und ihren geochemischen Eigenschaften, aus denen sich plattentektonische Zuordnungen ableiten lassen, erkennen.

5.2 Übersicht über die Analysenergebnisse

Die Ergebnisse der Analysen und die Normberechnungen sind im Anhang unter Punkt 9.1 in Tabellen zusammengestellt. Von den Analysen aus dem Glimmerschiefer-Komplex werden in diesem Kapitel nur die Amphibolite behandelt.

Legende zu den Signaturen:

Gneis-Komplex

- + Granitgneis
- ▣ heller Anteil des Bänderamphibolites
- ▤ dunkler Anteil des Bänderamphibolites
- ▥ Epidot-Aktinolith-Plagioklasschiefer

Amphibolit-Komplex

- ▧ Serpentin
- Amphibolit
- andesitischer Granatamphibolit
- ⊙ biotitführender Bänderamphibolit
- ⊖ Biotithornblendegneis

Glimmerschiefer-Komplex

- ◆ Amphibolit
- ◆ Epidotschiefer (Metatuffit)
- ◆ Zweiglimmergneis
- ◆ Glimmerschiefer

- ⊙ nördlicher Augengneiszug
- ⊖ südlicher Augengneiszug

Häufig benutzte Abkürzungen:

MORB	mittelozeanischer Rückenbasalt
OFB	Ozeanbodenbasalt
BAB	backarc-basin Basalt
WPB	Intraplattenbasalt
WPA	Intraplattenalkalibasalt
WPT	Intraplattentholeiitbasalt
OIA	Ozeaninselalkalibasalt
OIT	Ozeaninseltholeiitbasalt
VAB	Inselbogenbasalt
IAB	Inselbogenbasalt
IAT	Inselbogentholeiit
LKT	Low-K Tholeiit
CAB	Kalkalkalibasalt

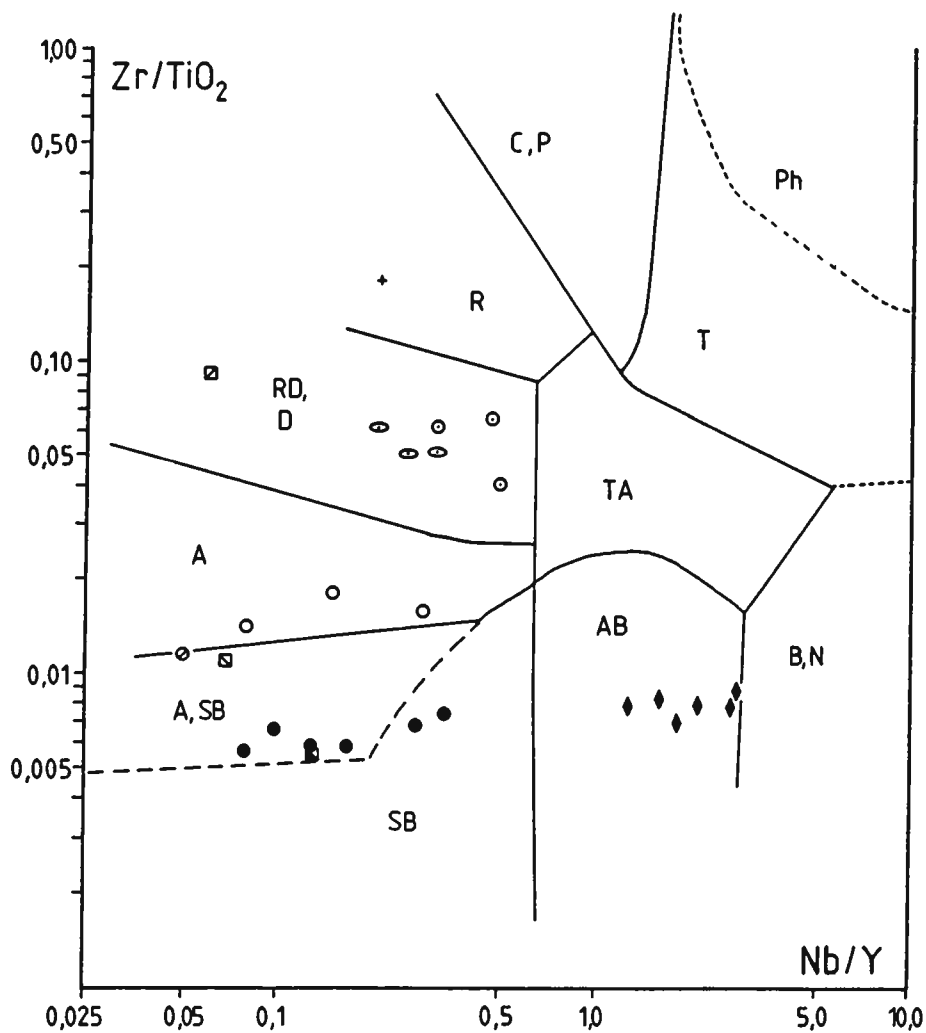


Abb. 38: Zr/TiO_2 - Nb/Y -Diskriminationsdiagramm für vulkanische Gesteine nach FLOYD & WINCHESTER (1978). SB: Subalkalibasalte; A: Andesite; RD, D: Rhyodazite und Dazite; R: Rhyolithe; AB: Alkalibasalte; B, N: Basanite und Nephelinite; TA: Trachyandesite; P: Phonolite; T: Trachyte; C, P: Comendite und Pantellerite. Signaturen wie Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

In Abb. 38, dem Zr/TiO_2 - Nb/Y -Diagramm nach FLOYD & WINCHESTER (1978), läßt sich eine Großgruppierung erkennen, die im folgenden auch als nomenklatorische Grundlage herangezogen wird.

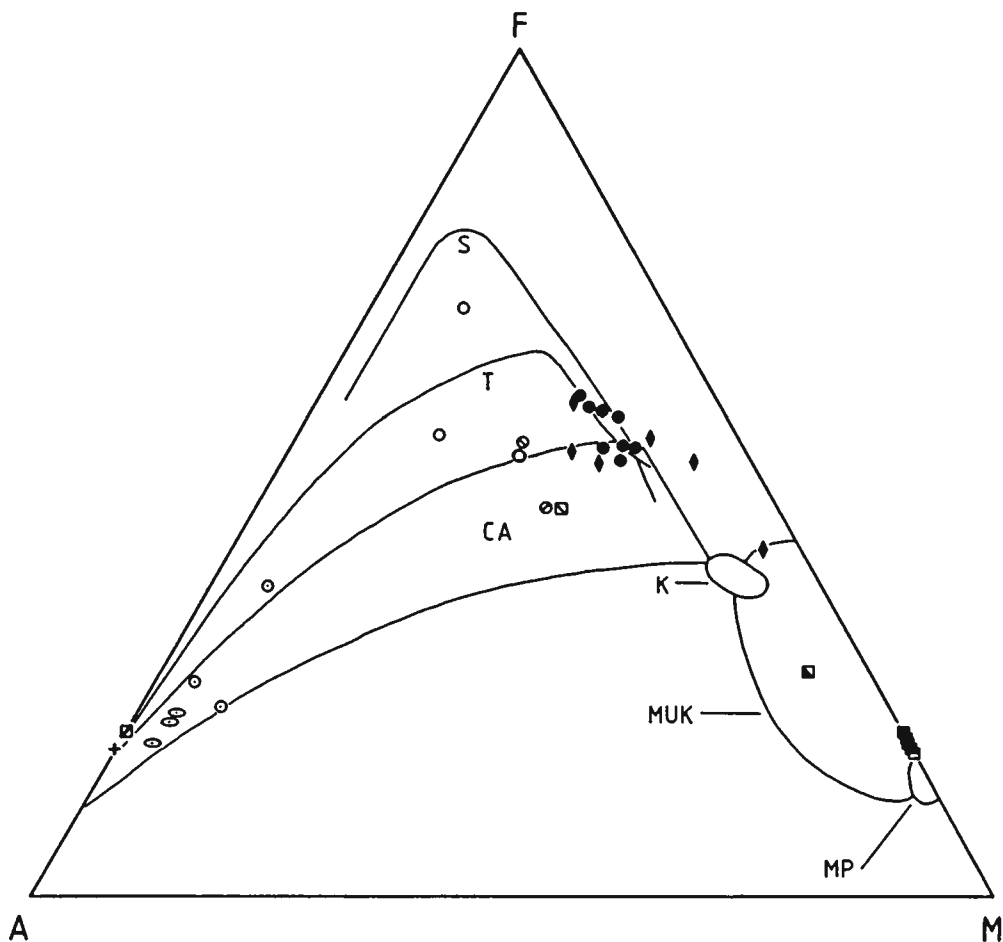


Abb. 39: AFM-Diagramm nach RINGWOOD (1975). CA: Feld der kalkalkalischen Vulkanite. Tholeiitische Trends: T = Thingmuli (Island), S = Skaergaard (Ost-Grönland). MP: metamorphe Peridotite; MUK: mafische und ultramafische Kumulate aus Ophiolithserien; K: Komatiite. Signaturen wie Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

Auch das AFM-Diagramm (Abb. 39) nach RINGWOOD (1975) eignet sich gut, einen ersten Überblick über die untersuchten Gesteine zu geben:

- Für den Gneis-Komplex zeichnet sich eine Entwicklung ab, die dem kalkalkalischen Trend folgt.
- Bei den Subalkalibasalten des Amphibolit-Komplexes ist ein tholeiitischer Trend erkennbar.
- Die Amphibolite aus dem Glimmerschiefer-Komplex stellen

Alkalibasalte dar (Abb. 38).

- Die Augengneise fallen ins Feld der Dazitite und Rhyodazitite (Abb. 38).

Weitere Aussagen lassen sich aus dem Ti - Zr -Diagramm nach PEARCE et al. (1981) machen (Abb. 40):

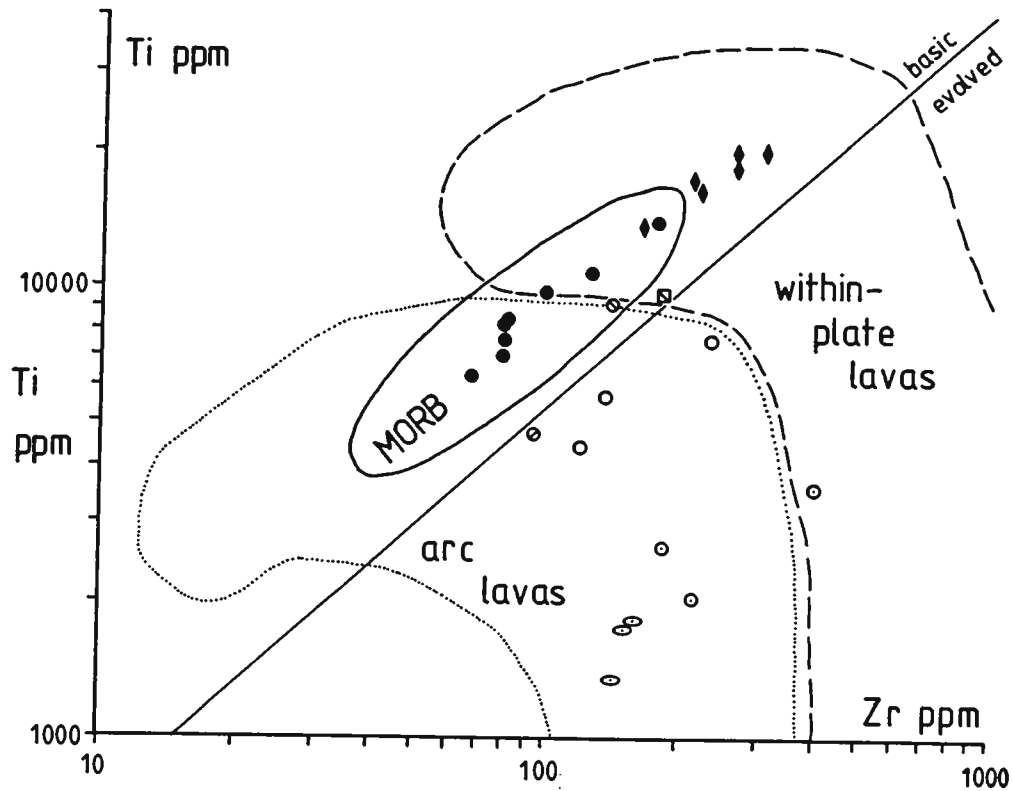


Abb. 40: Ti - Zr -Diagramm nach PEARCE et al. (1981) zur Diskrimination vulkanischer Gesteinsserien. Die Linie trennt basaltische von differenzierten Magmen. Signaturen und Abkürzungen siehe Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

- Die Subalkalibasalte aus dem Amphibolit-Komplex können als MORB gedeutet werden.
 - Die Alkalibasalte aus dem Glimmerschiefer-Komplex sind wahrscheinlich Intraplattenbasalte.
 - Die restlichen Gesteine stellen differenzierte Gesteine dar und fallen fast alle ins Feld der Inselbogenlaven.
- Nun sollen weitere Diagramme vorgestellt werden, die es erlauben, weitere Unterteilungen und genetische Aussagen

zu treffen. Die aus den Abbildungen gewonnenen Eigenschaften der einzelnen Gesteinsgruppen werden dann in Kapitel 5.3 nach den Gesteinsgruppen abgehandelt.

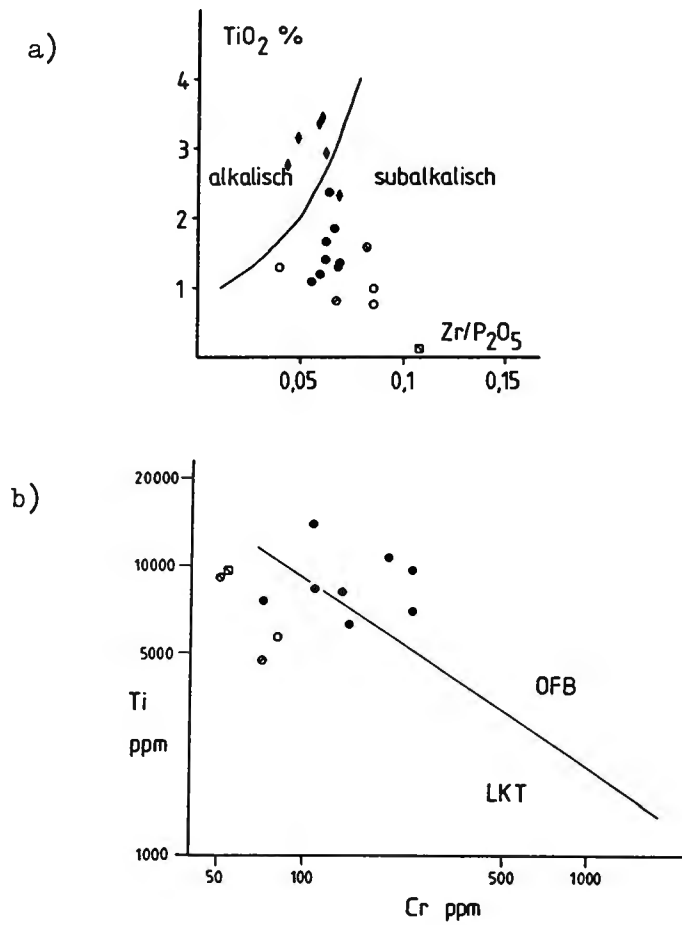


Abb. 41: a) $\text{TiO}_2 - \text{Zr}/\text{P}_2\text{O}_5$ -Diagramm nach FLOYD & WINCHESTER (1975) zur Unterscheidung von alkalischen und subalkalischen Basalten.
 b) Ti - Cr -Diagramm nach PEARCE (1975) zur Unterscheidung von Ozeanbodenbasalten und Low-K Tholeiiten.

Signaturen wie Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

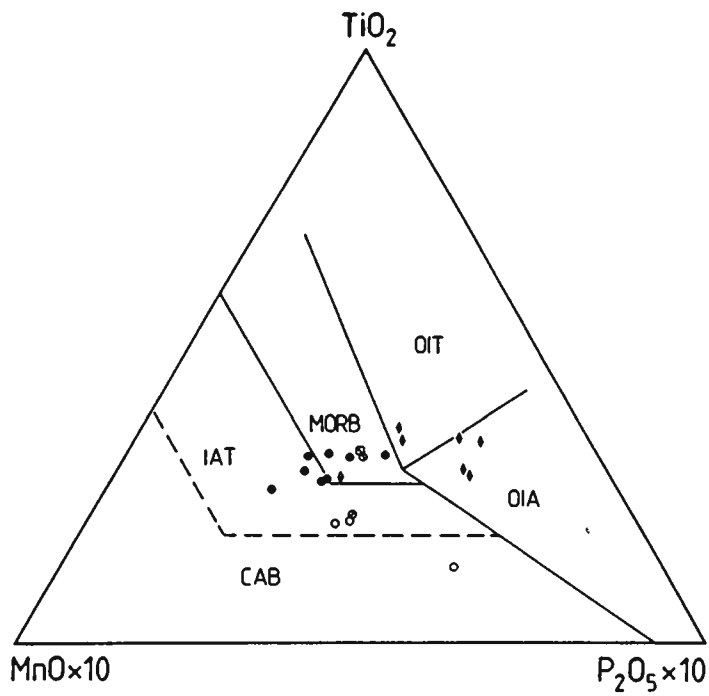


Abb. 42: MnO - TiO₂ - P₂O₅ -Diagramm nach MULLEN (1983).
Signaturen und Abkürzungen siehe Legende am
Anfang von Kapitel 5.2 .

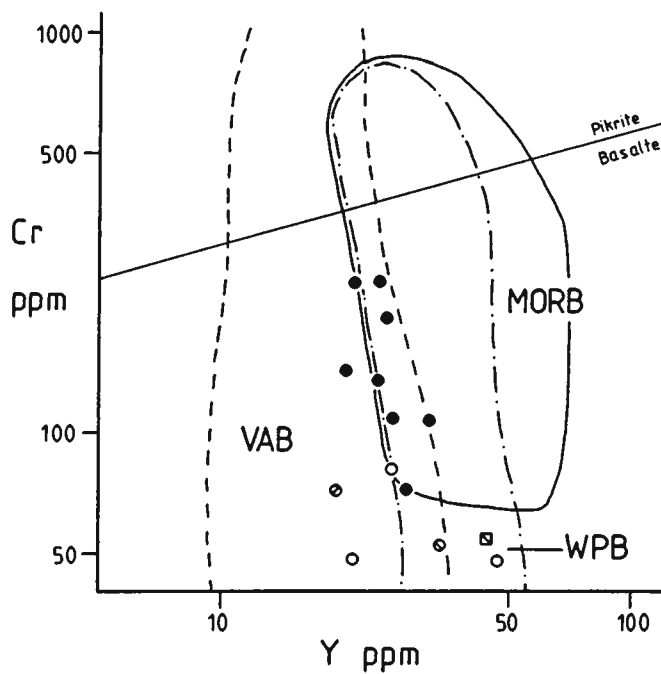


Abb. 43: Cr - Y -Diagramm nach PEARCE et al. (1981) zur Diskrimi-
nation basaltischer Gesteine. Signaturen und Ab-
kürzungen siehe Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

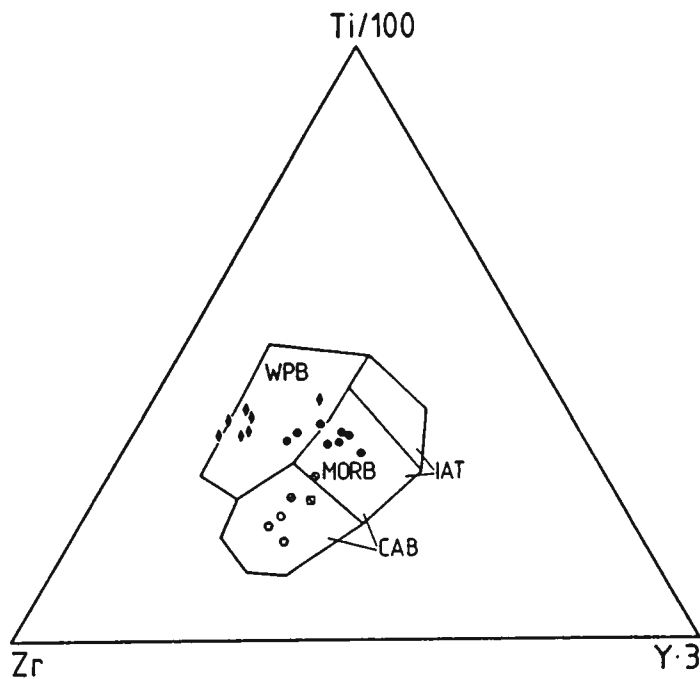


Abb. 44: Ti - Zr - Y -Diagramm nach PEARCE & CANN (1973) zur Diskrimination basaltischer Gesteine. Signaturen und Abkürzungen siehe Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

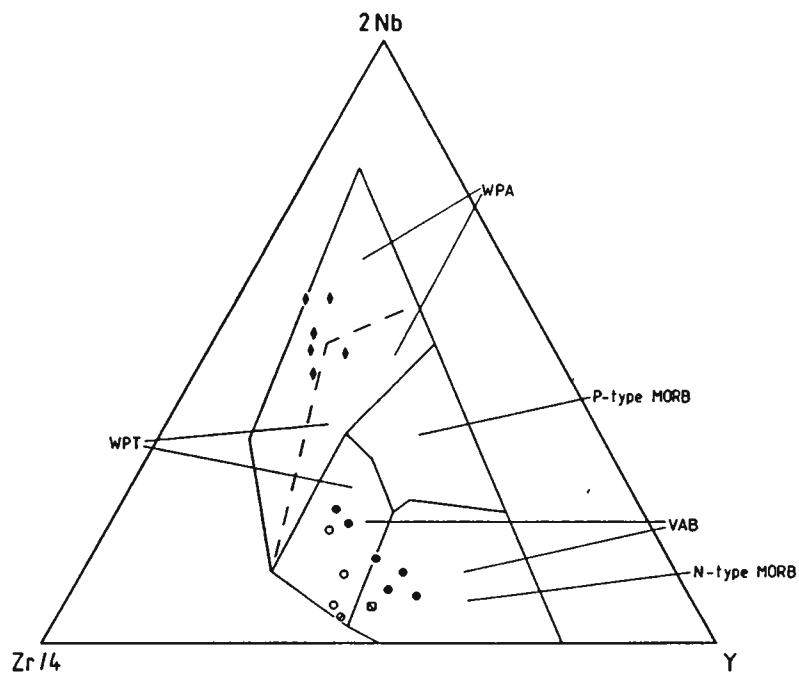


Abb. 45: Nb - Zr - Y -Diagramm nach MESCHEDE (1986) zur Diskrimination basaltischer Gesteine. Außer Intraplattenalkalibasalten (WPA) und Intraplattentholeiten (WPT) lassen sich auch Basalte von normalen mittelozeanischen Rücken (N-type MORB) von, infolge eines Mantel-Plumes an inkompatiblen Elementen angereicherten, ozeanischen Basalten (P-type MORB) unterscheiden.

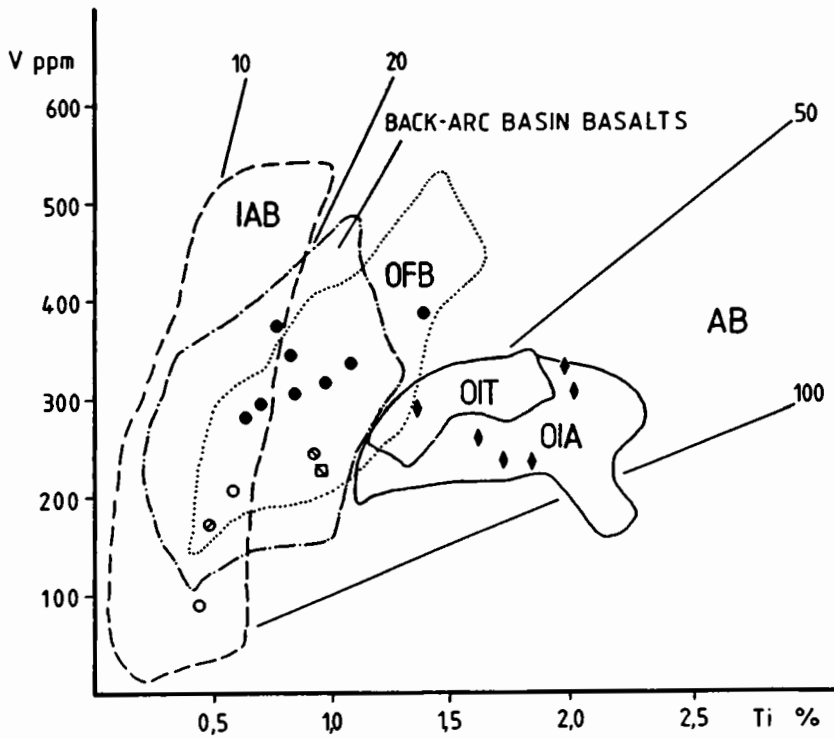


Abb. 46: V - Ti -Diagramm nach SHERVAIS (1982). Die Linien entsprechen verschiedenen V/Ti-Verhältnissen. Das strichpunktierte Feld entspricht den V/Ti-Verhältnissen von Basalten aus backarc-basins. Signaturen und Abkürzungen siehe Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

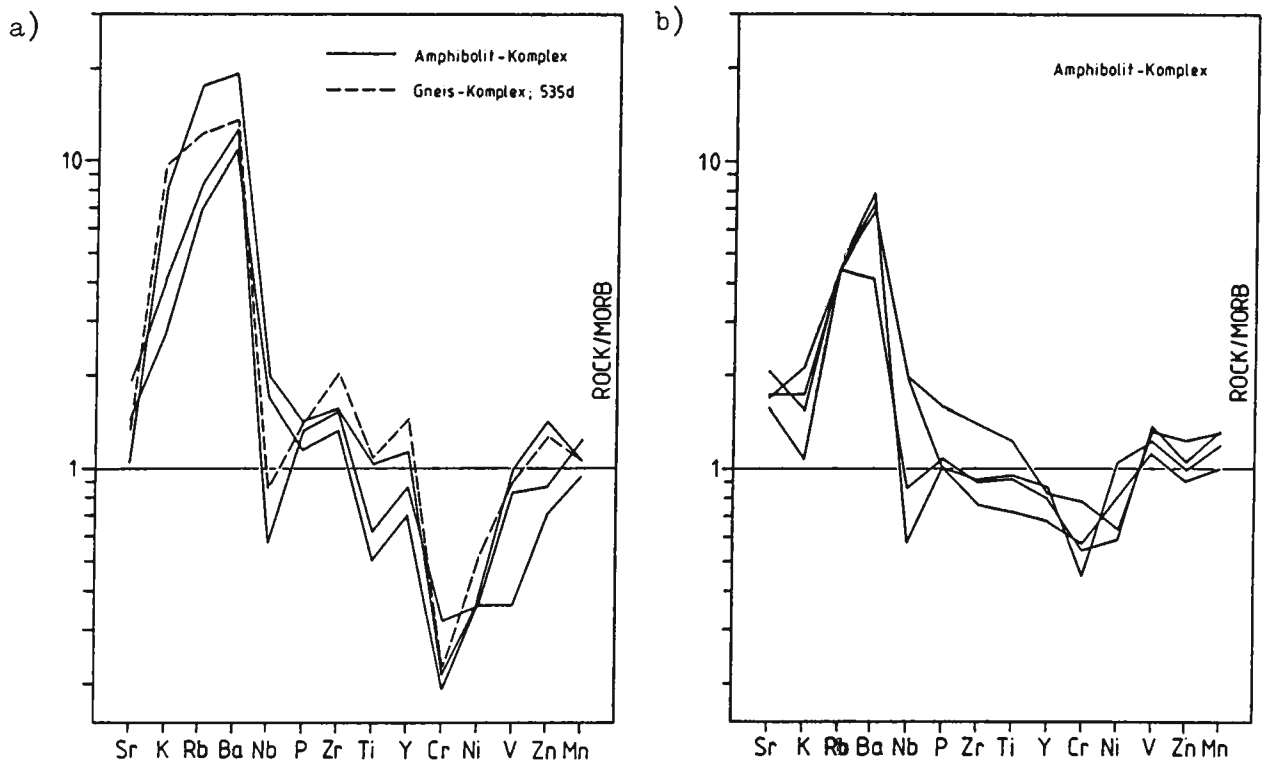


Abb. 47: MORB-normalisiertes Diagramm für Basalte und basaltische Andesite nach PEARCE et al. (1981).
 Werte für MORB: Sr = 120 ppm, K = 0,15 %, Rb = 2 ppm, Ba = 20 ppm, Nb = 3,5 ppm, P = 0,12 %, Zr = 90 ppm, Ti = 1,5 %, Y = 30 ppm, Cr = 250 ppm, Ni = 100 ppm, V = 250 ppm, Zn = 86 ppm, Mn = 0,16%.
 Die Nb-Werte liegen zum Teil unter der Nachweisgrenze, sind aber ausgedruckt worden.

a) Der dunkle Anteil eines Bänderamphibolites aus dem Gneis-Komplex (Probe 535 d) wird gemeinsam mit andesitischen Granatamphiboliten und biotitführendem Bänderamphibolit aus dem Amphibolit-Komplex dargestellt.

b) Aus Übersichtlichkeitsgründen ist nur ein repräsentativer Teil der Amphibolite aus dem Amphibolit-Komplex in das Diagramm eingetragen.

5.3 Geochemische Charakteristika der einzelnen Gesteinsgruppen

Statt den Gang der Diskrimination Diagramm für Diagramm zu verfolgen, soll in den folgenden Abschnitten jeweils nur auf das Resultat der Auswertungen eingegangen werden. Es wird dabei versucht Unterscheidungsmöglichkeiten, nicht trennbare und "feldübergreifende" Charakteristika der Gesteinsgruppen vorzustellen.

Das Herausarbeiten von plattentektonisch interpretierbaren Eigenschaften stellt dabei den Schwerpunkt dar.

5.3.1 Epidot-Aktinolith-Plagioklasschiefer ■

Dieses, nach Abb. 38 als subalkalischer Basalt ausgeschiedene, Gestein stellt - aufgrund deutlicher Stoffverschiebungen nur spekulativ postulierbar - möglicherweise ein mafisches bis ultramafisches Kumulat dar (Abb. 39). Wenn man die petrographischen Beobachtungen (Kapitel 2.1.7) und das geradezu exotische Vorkommen im Gelände mit in Betracht zieht, könnte es sich durchaus um ein metamorphes Residualgestein handeln.

5.3.2 Bänderamphibolite aus dem Gneis-Komplex □, □

Da bereits Analysen von Bänderamphiboliten aus dem Gneis-komplex der Muriden aus den Arbeiten von BRÜCKMANN (1985) und HAISS (1985) bekannt sind, wurde die Anzahl der Proben eingeschränkt. Meine Auswertungen stehen im Einklang mit denen der oben genannten Autoren.

Die hellen und dunklen Anteile werden getrennt dargestellt:

Leukosom □ : Nach FLOYD & WINCHESTER (1978) zeigen die hellen Anteile der Bänderamphibolite einen dazitischen bis rhyodazitischen Chemismus (Abb. 38). Zur Diskriminierung saurer Intrusiva stehen die Diagramme nach PEARCE et al. (1984) zur Verfügung (Abb. 49 und 50). Nun fordert NOWY (1977) aber eine vulkanogene Entstehung der Wechsellagen. In der Arbeit von LEAT & THORPE (1986) wird zumindest für das Nb - Y - Diagramm von PEARCE et al. (1984) der Gültigkeitsbereich auch auf Vulkanite ausgeweitet (Abb. 49 b).

Die Probe 535 h liegt in Abb. 49 b im VAG + syn-COLG-Feld, in Abb. 49 a im VAG-Feld und zeigt in Abb. 50 ein Elementmuster, das am ehesten zu Inselbogengesteinen paßt (siehe PEARCE et al. 1984). In dem Nb - Zr -Diagramm nach LEAT et al. (1986) fällt die Probe 535 h ins Feld der Low-K Gesteine (Abb. 51).

Melanosom □ : Die Probe 535 d zeigt in den verschiedenen Diagrammen Plots in die verschiedensten Felder:

- Abb. 39 und Abb. 44: Kalkkalibasalt
- Abb. 40 und Abb. 43: Grenze zum Intraplattenbasalt-Feld
- Abb. 38 und Abb. 41 a: Subalkalibasalt
- Abb. 41:b: Low-K Tholeiit
- Abb. 42: MORB (nach Hauptelementen)
- Abb. 45: VAB- und N-Type MORB-Feld
- Abb. 46: OFB- und backarc-basin Basalt-Feld

Erst im ROCK/MORB-Diagramm (Abb. 47 a) zeigt die Probe 535 d ein Elementmuster, daß am ehesten dem von entwickelteren Inselbogenbasalten bis basaltischen Andesiten (vgl. basaltischer Andesit der Geotimes unit, PEARCE et al. 1981) entspricht. Die relative Anreicherung der inkompatiblen Elemente P, Zr, Ti und Y würden in diesem Fall von einer beginnenden Fraktionierung des Inselbogenmagmas herrühren, wobei die Anreicherung von Ti geringer ist, da es aufgrund einer erhöhten Sauerstoffugazität bereits in einer Ti-Phase ausgeschieden wird. Der SiO_2 -Gehalt ist für ein andesitisches Gestein jedoch zu niedrig.

Die dazitischen bis rhyolithischen und tholeiitischen Wechselagen der Bänderamphibolite sind als primärer Wechsel zu betrachten. Dabei handelt es sich wahrscheinlich um ineinandergreifende Laven bzw. nur kleinräumig umgelagerte Pyroklastika. Es ist zu beachten, daß diese Bänderamphibolite aus dem Gneis-Komplex eine sehr deutliche Verwandtschaft zu den Gesteinen im hangenden Teil der Speikserie zeigen (siehe auch Abb. 47 a; 5.3.6, 5.3.7, 5.3.8 und 5.4).

5.3.3 Granitgneis aus dem Gneis-Komplex +

Bei diesem granitischen Intrusiv (siehe auch Kapitel 2.1.8) handelt es sich um einen kalkalkalischen Inselbogengranit. Diese eindeutige Aussage wird sowohl von Spurenelementdaten (Abb. 49 und 51) als auch nach dem Verteilungsmuster der Elemente (Abb. 50) belegt. Wie bei 5.3.2 liegen also auch hier subduktionsgebundene Charakteristika vor.

5.3.4 Serpentinite aus dem Amphibolit-Komplex ■

Im AFM-Diagramm (Abb. 39) liegen die Serpentinite in Feld der mafischen und ultramafischen Kumulate aus Ophiolithserien. Die Proben grenzen dabei hart an das Feld der Metaperidotite. Wenn man den petrographischen Befund (siehe Kapitel 2.2.5), der auch normativ (siehe im Anhang unter Punkt 9.1) durch hohe Enstatitkomponenten bestätigt wird, berücksichtigt, so kann man die Serpentinite als Metaharzburgite bezeichnen.

5.3.5 Amphibolite aus dem Amphibolit-Komplex ●

Die Ergebnisse aus den verschiedenen Diagrammen sind hier kurz aufgelistet:

- Abb. 38 und Abb. 41 a: Subalkalibasalt
- Abb. 39: kalkalkalischer und tholeiitischer Trend nicht trennbar
- Abb. 40: möglicherweise MOR-Basalte, die aber sowohl im Inselbogenfeld als auch im Intraplattenfeld liegen
- Abb. 42: Feld der MOR-Basalte und Inselbogentholeiite
- Abb. 41 b: Ozeanbodenbasalte und Low-K Tholeiite (MORB u. IAT)
- Abb. 43: Überlappungsbereich von MOR-Basalten, Inselbogenbasalten und Intraplattenbasalten
- Abb. 44: Überlappungsbereich MORB und IAT, einige Proben im WPB-Feld
- Abb. 45: kein P-type MORB, aber keine Entscheidung zwischen WPT, VAB und N-type MORB möglich
- Abb. 46: Der Großteil der Proben liegt im Feld der backarc-basin Basalte. Eine Unterscheidung gegen OFB bzw. IAB ist nicht möglich.

Es liegen also Basalte vor, die zum einen Ozeanbodenbasalte, zum anderen aber auch Inselbogenbasalte darstellen können. Weitere Unterscheidungsmöglichkeiten sind mit Hilfe von Abb. 47 b gegeben:

Der sehr einheitliche Verlauf der Elementmuster für mobile Elemente wie K, Rb, Ba legt nahe, daß es sich hier nicht um metamorph beeinflusste Elemente handelt und somit der Peak am Anfang des Diagramms etwa den primären Verhältnissen entspricht. Bei den Spurenelementen ist zum Teil eine geringfügige passive Elementanreicherung erkennbar.

Folgende Interpretationsmöglichkeiten lassen sich durch das vorliegende Muster erkennen:

- Es handelt sich nicht um Intraplattenbasalte.
- Es liegt keine echte MORB-Charakteristik vor.
- Das Elementmuster entspricht nicht dem von echten Inselbogenbasalten.

Die Amphibolite der Speikserie stellen eine Ophiolithabfolge dar (siehe Kapitel 3.1.2), die als ozeanische Kruste zu verstehen ist. Die Elementmuster zeigen jedoch eine deutliche Inselbogenkomponente. Dies läßt sich gut mit den Verhältnissen eines backarc-Beckens in Einklang bringen.

Ferner entsprechen die geochemischen Fakten und die lithologische Abfolge sehr gut der Geotimes-Einheit des Oman-Ophiolith-Komplexes, der von PEARCE et al. (1981) ebenfalls als "back arc oceanic crust" interpretiert wird.

Ein Unterschied zwischen Granatamphiboliten und granätfreien Amphiboliten hinsichtlich ihrer Geochemie konnte nicht nachgewiesen werden. Ebenso konnte kein Unterschied zwischen den Amphiboliten im Liegenden und im Hangenden des südlichen Augengneiszuges festgestellt werden.

5.3.6 Andesitische Granatamphibolite aus dem Amphibolit-Komplex ○

Diese Gesteinsgruppe, die in Abb. 38 ins Feld der Andesite fällt, zeigt auch im Ti - Zr -Diagramm (Abb. 40) nach PEARCE et al. (1981) an, daß es sich um differenzierte Inselbogenmagmen handelt. Diese subalkalischen Gesteine (Abb. 41) liegen im Ti - Cr -Diagramm nach PEARCE (1975) im Feld der Low-K Tholeiite. Auch in

den anderen Diagrammen (Abb. 42-46) fallen diese Proben stets in die Felder subduktionsgebundener Vulkanite.

Im ROCK/MORB-Diagramm nach PEARCE et al. (1981), läßt sich erneut das Elementmuster von kalkalkalischen Basalten aus einem Inselbogenmilieu erkennen.

Auch hier wird auf das sehr ähnliche Verhalten der Probe aus dem Gneis-Komplex verwiesen.

5.3.7 Biotitführender Bänderamphibolit aus dem Amphibolit-Komplex ◉

Auch bei dieser Probe gibt es sowohl Hinweise auf eine spreading- (Abb. 39, 40, 42, 44, 46) als auch auf eine subduktionsbezogene (Abb. 41 b, 43, 44, 46) Genese.

Aus der Darstellung im MORB-normalisierten Diagramm (Abb. 47) ist zu entnehmen, daß auch dieser biotitführende Bänderamphibolit aus dem hangenden Teil des Amphibolit-Komplexes ein kalkalkalisches, kaum differenziertes Glied eines Inselbogens darstellt.

Die Biotitführung (siehe Kapitel 2.2.9) und der signifikant höhere K_2O -Gehalt (siehe Anhang 9.1) des Gesteins weisen auf eine K-Zufuhr hin. Eine Interpretation als Pyroklastit, der eine sedimentäre Verunreinigung durch Tone erfahren hat, ist nicht haltbar, da dann Hellglimmer entstanden wäre.

5.3.8 Biotithornblendegneis aus dem Amphibolit-Komplex ◉

Noch deutlicher als im vorangegangenen Fall (5.3.7) läßt sich bei diesem Gestein eine Inselbogenherkunft nachweisen (siehe Abb. 38-40, 42-46). Es handelt sich dabei um einen nur geringfügig differenzierten Inselbogenbasalt, der auch als Andesit angesprochen werden kann.

5.3.9 Amphibolite aus dem Glimmerschiefer-Komplex ◆

Diese Amphibolite zeigen Charakteristika, die eine eindeutige Zuordnung erlauben:

Es handelt sich um Intraplattenalkalibasalte, wie durch

Abb. 41 a, 42, 44, 46 und vor allem durch Abb. 45 (hier als WPA) belegt ist. Als zusätzliches Indiz dient die Darstellung im ROCK/MORB-Diagramm (Abb. 48).

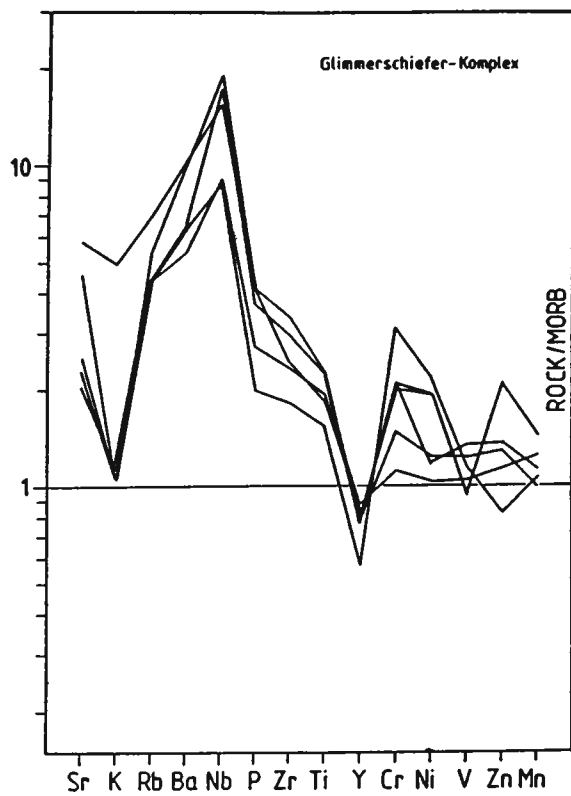


Abb. 48: MORB-normalisiertes Diagramm für Basalte und basaltische Andesite nach PEARCE et al. (1981). Dargestellt sind die Analysen von Amphiboliten aus dem Glimmerschiefer-Komplex. Werte für MORB siehe Abb. 47.

5.3.10 Augengneise ☉, ☾

Wie aus Kapitel 5.2 hervorgeht, sind die Augengneise in Abb. 38 nach FLOYD & WINCHESTER (1978) dazitischer bis rhyodazitischer Zusammensetzung. Im AFM-Diagramm (Abb. 39) liegen sie auf dem kalkalkalischen Trend. Im Ti - Zr - Diagramm nach PEARCE et al. (1981) fallen die Augengneise bis auf eine Probe ins Feld der Inselbogenlaven (Abb. 40).

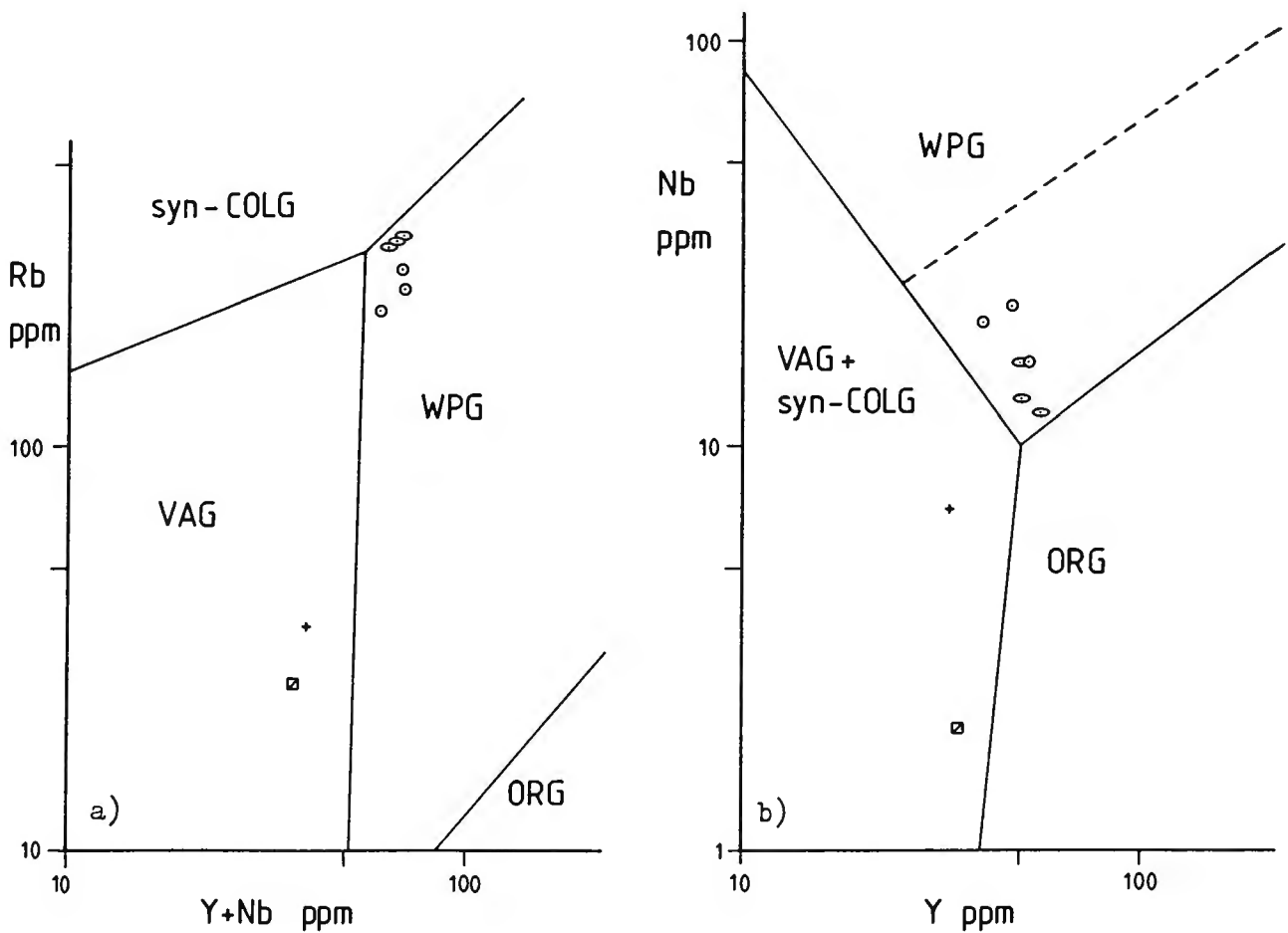


Abb. 49: a) Rb - (Y+Nb) -Diskriminationsdiagramm nach PEARCE et al. (1984) zur Unterscheidung von Graniten. syn-COLG = syn-collision granites, VAG = volcanic arc granites, WPG = within plate granites, ORG = ocean ridge granites. Es ist zu beachten, daß post-collision granites in allen Feldern außer im ORG-Feld auftraten können (gilt auch für Abb. 49 b). Ferner fallen supra-subduction zone ocean ridge granites ins VAG-Feld.

b) Nb - Y -Diskriminationsdiagramm nach PEARCE et al. (1984) zur Unterscheidung von Graniten. Abkürzungen und weitere Angaben siehe Abb. 49 a. Die gestrichelte Linie gibt die obere Grenze der Zusammensetzung für ORG aus anormalen Rückenabschnitten wieder.

Signaturen wie Legende am Anfang von Kapitel 5.2 .

Die Augengneise liegen im Nb - Y -Diagramm nach PEARCE et al. (1984) im Feld der Intraplattengranite. Sie zeigen dabei aber auch noch die Zusammensetzung von ORGs aus anormalen Rückenabschnitten (Abb. 49 b).

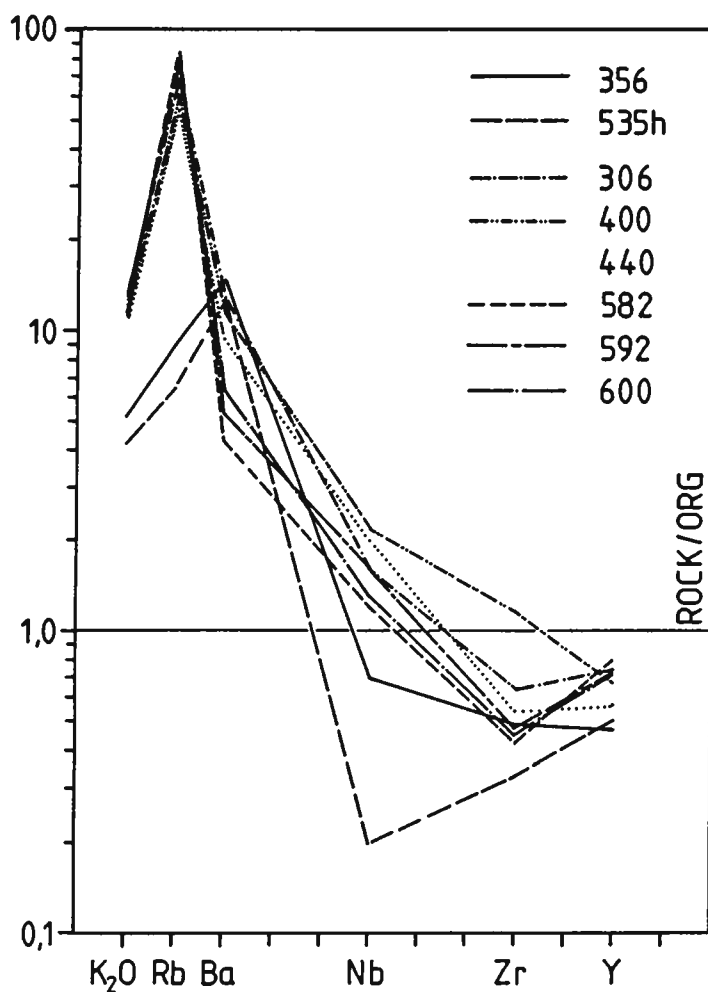


Abb. 50: ORG-normalisiertes Diagramm nach PEARCE et al. (1984). Die Proben 356 und 535 h stammen aus dem Gneis-Komplex. Die Proben 306, 400 und 440 stammen aus dem nördlichen Augengneiszug und die Proben 582, 592 und 600 aus dem südlichen Augengneiszug. Näheres im Text. Es sind nur die analysierten Elemente angegeben und verbunden. Werte für ORG: K₂O = 0,4%, Rb = 4 ppm, Ba = 50ppm, Nb = 10 ppm, Zr = 340 ppm, Y = 70 ppm.

Im Rb - (Y+Nb) -Diagramm (Abb. 49 a) nach PEARCE et al. (1984) fallen die Proben der Augengneise wiederum in das Feld der Intraplattengranite. Zusätzlich ist zu beachten, daß post-collision granites in allen Feldern außer im ORG-Feld auftreten können.

Die nahe Lage der Plots zum Tripelpunkt der Feldergrenzen würde Zweifel aufkommen lassen, wenn nicht aus Abb. 50 eine zumindest deckungsgleiche Aussage möglich wäre. Das ROCK/ORG-Diagramm (Abb. 50) nach PEARCE et al. (1984) bestätigt die oben genannte Ansicht, daß es sich bei den Augengneisen um postkollisionale (postorogene) Intraplattengranite handelt. Die Elementverteilungen zeigen Muster, wie sie für Intraplattengranite auf ausgedünnter kontinentaler Kruste typisch sind (vergleiche PEARCE et al. 1984, Seite 965, Abb. 1 d).

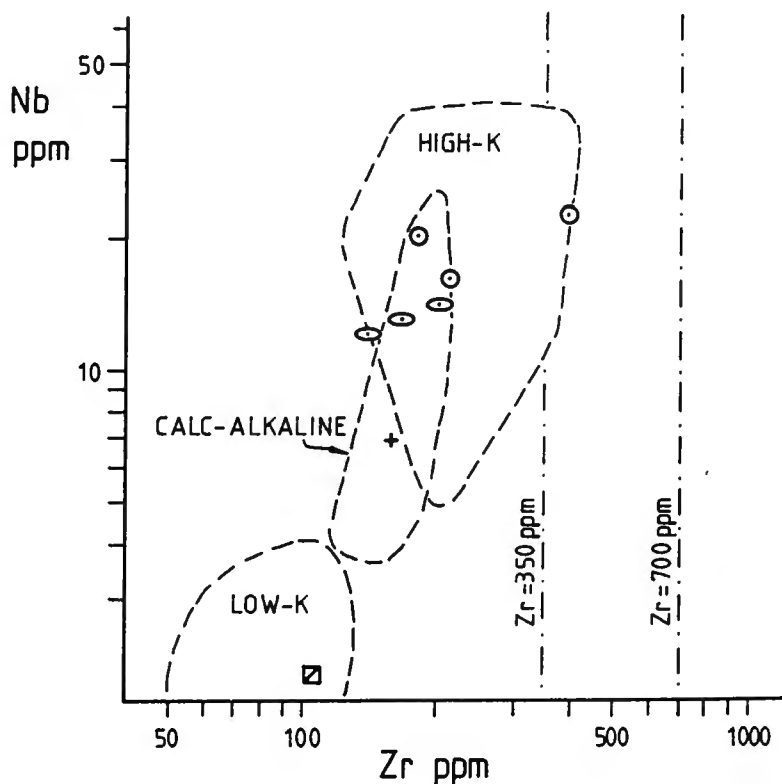


Abb. 51: Nb - Zr -Diagramm nach LEAT et al. (1986) für vulkanische Gesteine mit $\text{SiO}_2 > 60 \%$. Neben den Feldern für Low-K, kalkalkaline und High-K Vulkanite wird auch nach subalkalin ($\text{Zr} < 700 \text{ ppm}$) und peralkalinen ($\text{Zr} > 350 \text{ ppm}$) unterschieden.

Gegen diese Interpretation könnte man einwenden, daß die Augengneise nach LEAT et al. (1986) als subalkaline High-K Gesteine einzustufen sind (siehe Abb. 51), wie sie von dicker, alter kontinentaler Kruste bekannt sind. Eine subduktionsgebundene Magmengenese ist zudem sehr in Frage zu stellen, da dieses Diagramm (Abb. 51) nur für Vulkanite gilt und auch keine geologischen Anhaltspunkte dafür gefunden werden konnten.

Im Gegensatz zur Argumentation von TEICH (1986) handelt es sich also bei den Augengneisen nicht um kalkalkalische Meta-Rhyolithe. Zu dem besteht keine kogenetische Beziehung zu den kalkalkalischen Gesteinen im Liegenden des nördlichen Augengneiszuges, da von JUNG (1982) mit 331 ± 25 M. a. ein Rb/Sr-Alter des Gleinalm-Augengneises vorliegt ($I_0 = 0,7058$; I-Type-Granite).

Ferner kann festgestellt werden, daß sich der nördliche und der südliche Augengneiszug geochemisch nur so gering unterscheiden, daß eine gemeinsame Genese naheliegt. Der südliche Augengneis stellt somit höchstwahrscheinlich eine Apophyse des nördlichen Augengneiszuges dar.

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den geochemischen Untersuchungen

Der Gneis-Komplex wird aus einer Wechselfolge tholeiitischer bis kalkalkalischer Metabasalte und kalkalkalischer Dazite bis Rhyodazite aufgebaut. Diese Inselbogengesteine stellen keine bimodale Serie dar, da die andesitischen Bindeglieder durchaus vorhanden sind (andesitische Granatamphibolite, biotitführender Bänderamphibolit und Biotithornblendgneis als oberste Metavulkanite auf der ophiolithische Speikserie). Die kogenetischen (Fehlen von Kontakthöfen) Intrusionen (Granitgneise des Gneis-Komplexes) erweisen sich als Inselbogengranite.

Die zum Gneis-Komplex gehörenden Metabasalte im Liegenden des nördlichen Augengneiszuges sind kalkalkalisch, während die Metabasalte des Amphibolit-Komplexes im Hangenden des nördlichen Augengneiszuges tholeiitisch sind.

Die ophiolithische Speikserie des Amphibolit-Komplexes wird aus Metaharzburgiten und ozeanischen Basalten mit deutlicher Inselbogenkomponente aufgebaut. Für die Bildung dieser Basalte ist ein backarc-Becken anzunehmen. Diese Folge wird lokal von Inselbogengesteinen überlagert, die denen des Gneis-Komplexes sehr ähnlich sind und einen späten subduktionsgebundenen Magmatismus anzeigen. Auf ihre Genese wird in Kapitel 7 eingegangen.

Im Glimmerschiefer-Komplex treten postorogene Intraplattenalkalibasalte auf, die eine Zerrung in kontinentaler Kruste anzeigen.

Die Augengneise stellen eine veriszische Granitintrusion dar (siehe Kapitel 5.3.10). Nach den geochemischen Untersuchungen handelt es sich dabei um einen postkollisionalen (postorogenen) Intraplattengranit einer ausgedünnten kontinentalen Kruste.

6. Metamorphose und Mikrosondenuntersuchungen

6.1 Metamorphose

In den folgenden Abschnitten werden Daten zur Metamorphoseabschätzung aufgeführt. Die verschiedenen Gesteinsgruppen werden dabei einzeln abgehandelt. Außer den thermodynamischen Berechnungen (siehe Kapitel 6.6 und 6.7) sollen auch die Paragenesen zur Eingrenzung der Metamorphose beitragen.

6.1.1 Amphibolite

Bei den Amphiboliten lassen sich folgende Paragenesen beobachten:

Plagioklas + Amphibol + Zoisit

Plagioklas + Amphibol + Granat

Die An-Gehalte der Plagioklase liegen dabei zwischen An_{21} und An_{38} (Gneis-Komplex: An_{38} ; Amphibolit-Komplex: An_{23-32} ; Glimmerschiefer-Komplex: An_{21-26}). In Abb. 52 ist die Mineralvergesellschaftung im ACF-Diagramm dargestellt.

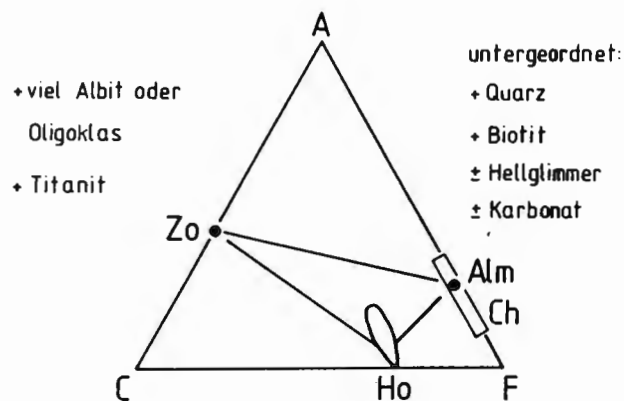


Abb. 52: ACF-Diagramm nach WINKLER (1979) für Andesin- und Oligoklasamphibolite der mittelgradigen Metamorphose. Granat und Epidot-Klinozoisit können auch fehlen. Verwendete Abkürzungen: Zo = Zoisit, Alm = Almandin, Ch = Chlorit, Ho = Hornblende.

Für alle untersuchten Amphibolite gilt:

- Die An-Gehalte der Plagioklase sind deutlich größer als An_{17} (also oberhalb der Peristeritlücke).
 - Die Paragenesen entsprechen nach Abb. 52 Andesin- und Oligoklasamphiboliten der mittelgradigen Metamorphose.
- Die Probe 539 aus dem Gneis-Komplex besitzt neben erhöhten Pyropgehalten (siehe Kapitel 6.3.1) auch Magnesio-Hornblenden, die nach LAIRD & ALBEE (1981) eine P-betonte Metamorphose unter hohen Drucken erfahren haben (siehe auch Kapitel 6.4.1).

Für den Amphibolit- und den Glimmerschiefer-Komplex sind nach LAIRD & ALBEE (1981) mittlere Drucke nachgewiesen. Bei einigen Schliffen lassen sich retrograde Paragenesen beobachten, die dem höher temperierten Teil der niedriggradigen Metamorphose entsprechen (siehe Abb. 53).

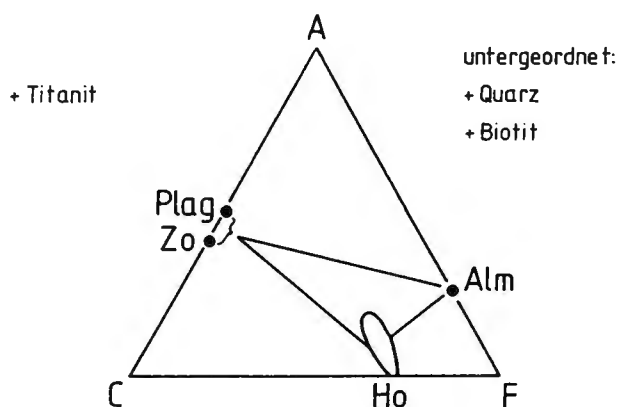


Abb. 53: ACF-Diagramm nach WINKLER (1979) für Albit/Oligoklas-Amphibolite des höher temperierten Teiles der niedriggradigen Metamorphose. Verwendete Abkürzungen: Plag = Plagioklas, Zo = Zoisit, Alm = Almandin
Ch = Chlorit, Ho = Hornblende.

6.1.2 Serpentinite

In den Serpentiniten lassen sich folgende Paragenesen beobachten:

Serpentin + Talk + Magnesit

Serpentin + Tremolit + Magnesit

Da Serpentin, Talk und Magnesit über einen großen Bereich stabil sind, kann nur das Stabilitätsfeld von Tremolit als nähere Abschätzung dienen. Bei dem anzunehmenden Mindestdruck (siehe Kapitel 6.1.4) von 5 kb reicht die Temperaturspanne von 500° -780°C (WINKLER, 1979). Eine Mindesttemperatur von 500°C wurde also sicher erreicht.

6.1.3 Gneise

Im westlichen Humpelgraben (N von Hoyer) lassen sich im liegenden des nördlichen Augengneiszuges anatektische Texturen in den hellen Gneisen des Gneis-Komplexes beobachten. Für den westlichen Teil des Gneis-Komplexes ist somit der Bereich der hochgradigen Metamorphose mit beginnender Aufschmelzung erreicht worden.

Eine Kalifelspatsprossung, wie sie für die hochgradige Metamorphose typisch ist, ist nicht feststellbar. Das läßt sich nach WINKLER (1979) mit der K₂O-Armut der Biotit-Plagioklasgneise begründen. Eine Abschätzung der Temperatur über die eutektische Zusammensetzung ist aufgrund des Kalifeldspatmangels nicht möglich.

Die Kalifeldspäte der Augengneise sind primär magmatisch gebildet worden (siehe Kapitel 2.1.9 und 2.2.7) und haben im Laufe der Deformationsgeschichte randliche Rekristallisation erfahren. Für die Augengneise ist nach VOLL (Kursmanuskript) mindestens 550°C als Metamorphosetemperatur anzusehen.

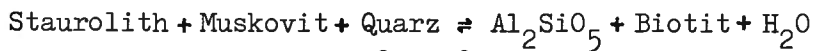
6.1.4 Glimmerschiefer

Das Auftreten von Staurolith in den Glimmerschiefern des Glimmerschiefer-Komplexes zeigt an, daß nach WINKLER (1979) die Gneise zur mittelgradigen Metamorphose überschritten wurde. Damit sind auf jeden Fall Temperaturen > 550°C erreicht worden.

Als Alumosilikat liegt Disthen vor. Damit liegt man im petrogenetischen Netz (siehe WINKLER, 1979) auf der druckbetonten

Seite des Alumosilikat-Tripelpunktes. Somit sind als Mindestwerte 560°C und 5,5 kb erreicht worden.

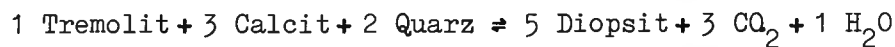
Da die jüngere Staurolithgeneration noch als stabile Phase vorliegt, ist nach der Reaktion



eine Temperatur von 675° ± 15°C nicht überschritten worden.

6.1.5 Kalksilikatschiefer

Wie in Kapitel 2.3.12 erwähnt, liegt eine Paragenese von Diopsid + Tremolit + Calcit + Dolomit + Quarz vor. Die Reaktion zu dieser Paragenese lautet nach WINKLER (1979):



(Reaktion 6). Die Bildungsbedingungen dieser Karbonatreaktion sind in Abb. 54 dargestellt.

Aus dem Schliffbild ist die primäre, prograde Diopsidbildungsreaktion nicht ersichtlich. Die retrograde Reaktion von Diopsid unter Ausbildung von Tremolitsäumen (Abb. 27 u. 28) ist mangels Dolomit auf die Reaktion 6 beschränkt.

Diese Reaktion 6 ist auch als Berührungsparagenese abgesichert. Die retrograde Reaktion 8 wird vermutet, da Dolomit offensichtlich auch aus Diopsid gebildet wurde. X_{CO_2} war somit größer als 0,8.

Auch durch den Stabilitätsbereich von Skapolith (Paragenese Skapolith + Quarz + Biotit bei der Diopsidbildung) werden hohe CO₂-Drucke vorausgesetzt (DEER, HOWIE & ZUSMAN, 1963, S. 331).

Die Reaktion 7 wird ausgeschlossen, da kein Dolomit in der Nähe von Tremolit vorkommt.

Für die primäre Bildung von Diopsid ist auch die Reaktion 6 zu erwarten. Somit wurde bei der primären Prägung die Gleichgewichtskurve der Reaktion 6 und wohl auch der Reaktion 8 überschritten. Die Bildungsbedingungen von Diopsid lagen somit im Bereich um den Berührungspunkt der Reaktionen 6 und 8.

Wie aus Abb. 54 ersichtlich, müssen bei der primären Diopsidbildung bei 5 kb Temperaturen von mindestens 610°C erreicht worden sein.

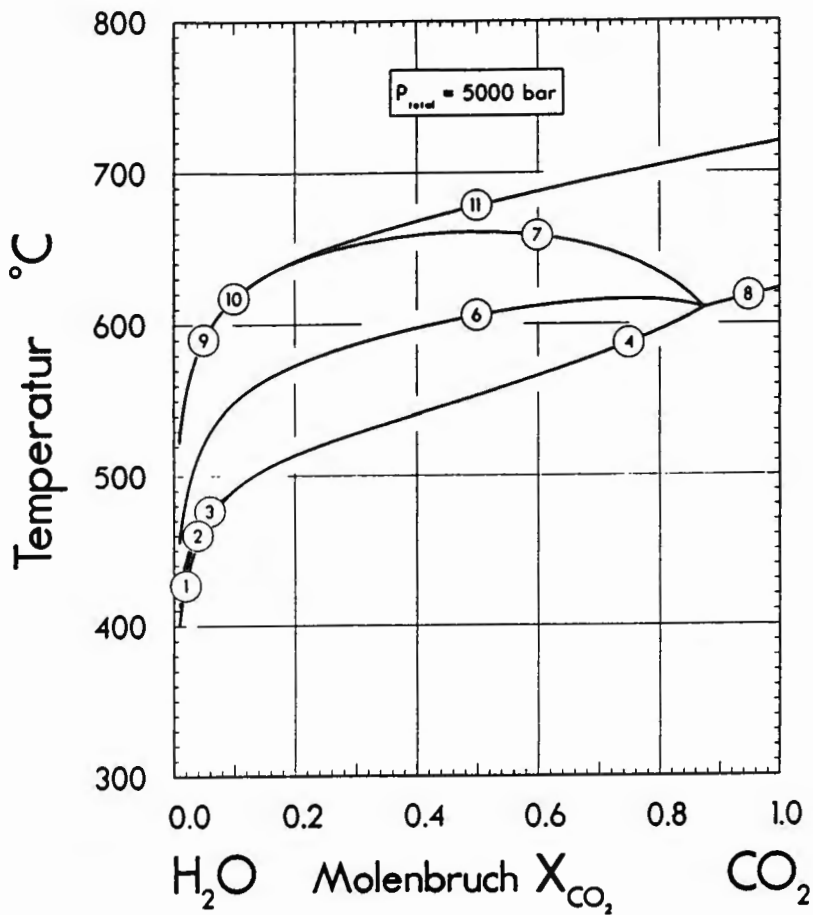
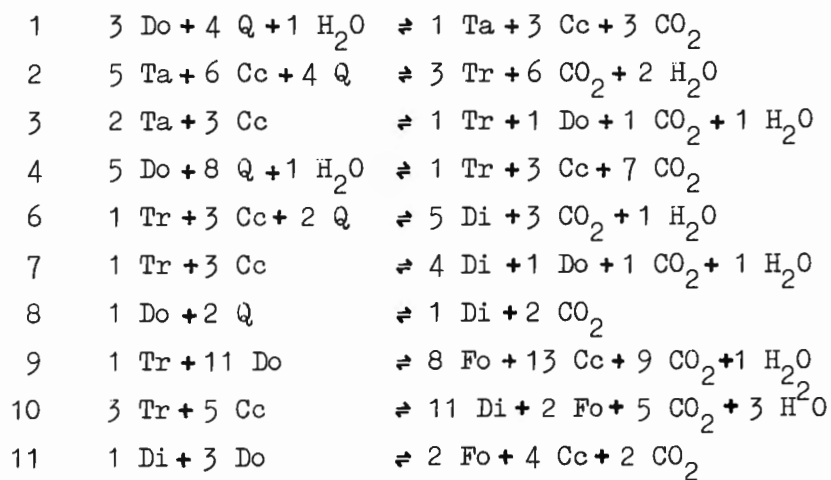


Abb. 54: P-T- X_{CO_2} Topologie für $P = 5$ kb nach GOTTSCHALK (1984) für untenstehende Karbonatreaktionen.

Benutzte Abkürzungen: Do = Dolomit, Cc = Calcit, Q = Quarz, Ta = Talk, Tr = Tremolit, Di = Diopsid, Fo = Forsterit.



Die sekundäre Reaktion, nämlich der retrograde Zerfall von Diopsid in Tremolit stellt ein weiteres Ereignis dar und verläuft, wie oben erwähnt, nach der Reaktion 6. Diopsid wird dabei instabil, während Tremolit stabil bleibt. Diese Bedingungen gelten unterhalb der Gleichgewichtskurve von Reaktion 6 und über der Gleichgewichtskurve von Reaktion 4. Für dieses jüngere Ereignis war $T < 610^{\circ}\text{C}$.

6.1.6 Marmore

An dieser Stelle möchte ich nur darauf verweisen, daß mit thermodynamischen Methoden (siehe Kapitel 6.6.3) für die Marmore des Glimmerschiefer-Komplexes eine Mindesttemperatur von 620°C bestimmt wurde.

6.2 Mikrosondenuntersuchungen

6.2.1 Überblick über angewandte Arbeitsmethoden und Analytik

Wie bereits in Kapitel 1.4 erwähnt, war es von Bedeutung, sich Klarheit über den Pyropgehalt von Granat aus den verschiedenen Amphiboliten zu verschaffen, um eine bisher diskutierte eklogitische Genese näher zu beleuchten. Da sich mit dem Mineralchemismus von Amphibolen Metamorphoseabschätzungen erstellen lassen, war es von Interesse, auch den lichtoptisch so deutlichen Zonarbau der Amphibole näher zu untersuchen. Dadurch fiel die Probenauswahl zwangsläufig auf Granatamphibolite. Schwerpunkt der Messungen waren 8 Proben aus der Amphibolit-Serpentinit-Assoziation, denen 5 Proben aus dem Glimmerschiefer-Komplex und 2 "Gegen"-Proben aus dem Gneis-Komplex gegenüberstanden.

Die Auswahl der einzelnen Proben erfolgte unter folgenden Gesichtspunkten:

- a) deutlicher Zonarbau von Granat und Amphibol
- b) Vorkommen von Berührungsparagenesen ohne Anzeichen auf retrograde Überprägung
- c) Kenntnis des Gesteinschemismus aus RFA-Analysen
- d) Die Probengruppe der einzelnen Komplexe soll das untersuchte Gestein repräsentativ vertreten.

Ferner wurden 10 Karbonatgesteine aus dem Glimmerschiefer-Komplex ausgewählt um die Entmischung von Dolomit in Mg-Calcit zu bestimmen und somit das Dolomit-Calcit Solvus Geothermometer anwenden zu können.

Bei der Herstellung der Mikrosondenpräparate wurde großer Wert darauf gelegt, von Granat stets möglichst exakte Mittenschnitte zu erhalten, da sonst eine Aussage über mineralchemische Zonierung nicht möglich ist. Die sorgfältige Probenauswahl ermöglichte es, die Probengröße drastisch zu reduzieren und somit bis zu 8 Proben von je 1 cm² Grundfläche auf einen Normobjektträger aufzubringen.

Die Präparate habe ich in selbständiger Eigenarbeit her-

gestellt und poliert. Ich habe Transparentzeichnungen im Maßstab 1:25 von jeder Probe angefertigt, welche es ermöglichten jeden Meßpunkt exakt zu protokollieren und nebenbei das schnelle Auffinden der einzelnen zur Analyse ausgewählten Mineralkörner beschleunigten. Diese Meßpunkt-karten der Mikrosondenproben sind im Anhang unter Punkt 9.3 der Arbeit beigegeben.

Damit war gewährleistet, daß an der Mikrosonde keine wertvolle Meßzeit durch häufige Schleusengänge verloren wird. Diese Vorbereitung machte es möglich an 5 Meßtagen insgesamt 339 verwertbare Analysen zu erstellen (Granat 107, Amphibol 109, Karbonat 123).

Die Mikrosondenanalysen wurden am Institut für Mineralogie der Universität Tübingen am "SEMQ"-Gerät der Firma "Applied Research Laboratories" mittels wellenlängendispersiver Analyse durchgeführt.

Daten zur Analysetechnik:

Beschleunigungsspannung		15 KV
Probenstrom		15 nA
Strahldurchmesser	Granat	2 μm
	Amphibol	2 μm
	Karbonat	20 μm
Zähldauer		10 sec

Im angeschlossenen Rechner wurden die Daten auf Totzeit des Detektors, auf Drift des Peaks und auf Hintergrundstrahlung korrigiert. Für Granat und Amphibol wurde zur Korrektur der Beeinflussung durch störende Effekte (Absorption, Fluoreszenz) das Verfahren der hyperbolischen Korrektur nach BENCE & ALBEE (1968) verwendet. Für die Karbonatanalysen war die wesentlich zeitintensivere ZAF-Korrektur mit MAGIC IV (COLBY, 1968) notwendig.

6.3 Zusammensetzung der Granate

Bevor auf die Analyseergebnisse im einzelnen eingegangen wird, sollen noch einige grundsätzliche Überlegungen zum derzeitigen Forschungsstand über Granate und ihre Genese angeführt werden.

Zwei Probleme machen den Umgang mit Granat aus Metabasalten schwierig. Zum einen sind die meisten Erkenntnisse an Granaten aus Metapeliten gewonnen worden, was wegen der Abhängigkeit des Mineralchemismus von dem des Gesamtgesteins keine direkte Übertragung erlaubt. Darauf wird bei BLACK (1973) ausdrücklich hingewiesen. Zum anderen besteht bei unterschiedlichen Bearbeitern eine oft sehr divergierende bis total entgegengesetzte Auffassung über die Bedeutung und Interpretationsweise verschiedener, aus den Analysen gewonnener, Parameter. Deshalb möchte ich mich hier nur auf einige, meiner Meinung nach brauchbare, Auswertungsmöglichkeiten beschränken.

Der Ausbildung nach unterteilen ATHERTON & EDMUNDS (1966) die Einschlüsse in Granat in zwei Gruppen. Granate mit Einschlußring werden von diesen Autoren als Anzeichen auf zwei Wachstumszonen gedeutet, während sie Zonen mit großen Einschlüssen als Ergebnis eines raschen Wachstums sehen. Bei ACKERMAN & MORTEANI (1976) werden zwei Typen von Zonarbau unterschieden. Ein einzelner, prograder metamorpher Akt bewirkt einen kontinuierlichen Zonarbau, wogegen bei zwei metamorphen Akten ein diskontinuierlicher Zonarbau mit altem Kern und jungem Rand entsteht.

Die Granate aus der Granat- und Staurolithzone zeigen nach WOODSWORTH (1977) eine starke Zonierung, die durch die ab 600°C einsetzende Homogenisierung zonarer Granate wieder rückgängig gemacht wird.

BLACK (1973) beschreibt, daß Granate aus Metabasalten sowohl im Kern als auch im Rand pyropreicher sind als Granate aus Metasedimenten und daß der Pyropgehalt generell mit steigender Metamorphose zunimmt.

Die Pyropkomponente in Granat wird auch von anderen Bearbeitern als Metamorphoseanzeiger verwendet. Bei Granat aus Metapeliten liegen nach MAKRYGINA & SHIRYAYEVA (1980) bei mittleren Drucken Granate mit Pyrop 7-9 und Almandin 66-77 vor, während bei hohen Drucken Granate mit Pyrop 15-20 und Almandin 72-78 vorliegen. Diese Autoren beschreiben auch, daß in klastischen Gesteinen Almandin strukturell am stabilsten ist, während es sich bei Granaten aus Glaukophanschiefern und Eklogiten um weniger stabile Grossular-Pyrope handelt. Da bei hohen Temperaturen Ca aus Granat in Plagioklas zurückverteilt und dafür Mg aus Biotit von Granat aufgenommen wird, kann man Pyropgehalte, wie bereits bei BLACK (1973) erwähnt, nicht nur als Anzeiger für steigenden Metamorphosegrad, sondern im engeren Sinne als Anzeiger für Druckzunahme im Bereich der Staurolithisograde und darüber, heranziehen. Dies ist so zu verstehen, daß die Temperatur die Zurückverteilung ermöglicht, diese aber nur bei Druckzunahme stattfindet.

Spessartin ist bei hohem P_{tot} und geringem Sauerstoffpartialdruck instabil und zerfällt in Chlorit (MAKRYGINA & SHIRYAYEVA 1980). Mit zunehmender Temperatur wird dabei Mn durch Mg ersetzt. Somit kann man bis in den Bereich der Hochdruckmetamorphose den fallenden Mn-Gehalt der Granate als Temperaturzunahme interpretieren.

Nach BLACKBURN & NAVARRO (1977) steigt das Verhältnis von MgO/FeO mit zunehmender Temperatur an.

Eine Anreicherung der Grossularkomponente wird von RÄHEIM & GREEN (1974) und von CRAWFORD (1976; erwähnt in BLACKBURN & NAVARRO) mit zunehmendem Druck oder abnehmender Temperatur während der Metamorphose gedeutet.

Bei MØRK (1985) wird eine Granatzonierung mit hohen Ca-Gehalten im Kern als Druckzunahme gedeutet, während SPEAR & SELVERSTONE (1983) eine genau umgekehrte Ansicht vertreten.

Diese nicht sehr eindeutigen Aussagen sind durch die Beobachtungen von MAKRYGINA & SHIRYAYEVA (1980) in Frage gestellt, da sie keine Veränderung der Grossularkomponente in

Abhängigkeit von der Temperatur postulieren. Die ohnehin relativ konstanten Grossulargehalte der von mir untersuchten Granate wurden aus diesem Grunde nicht zur Metamorphoseinterpretation herangezogen.

COLEMAN et al. (1965) teilen die Granate aus Eklogiten in 3 Gruppen ein. Alle von mir analysierten Granate entsprechen in ihrer Zusammensetzung Granaten der Eklogitgruppe C. Diese Gruppe stellt Granat aus Eklogiten dar, die als Bänder und Linsen in alpinotyp metamorphen Gesteinen tholeiitischer Zusammensetzung auftreten und Pyropgehalte von unter 30% haben. Da die Autoren in ihrer Dreiecksdarstellung nur die Pauschalzusammensetzung von Granat darstellen, darf man daraus keine eklogitische Genese für die von mir untersuchten Granate ableiten. Wenn man bedenkt, daß auch die Granate der Alkalibasalte aus dem Glimmerschiefer-Komplex auf diese Weise zu Eklogitgranaten gekürt würden, wofür es sonst keinerlei Anhaltspunkte gibt, verliert dieses Diagramm letztendlich viel von seiner Aussagekraft.

Die Ergebnisse der Analysen und die Berechnung der Endgliedkomponenten sind im Anhang unter Punkt 9.3 aufgelistet. Zur Darstellung der einzelnen Analysen habe ich mich für ein Dreiecksdiagramm mit Almandin, Spessardin und Pyrop, sowie für eine Auftragung von MnO gegen MgO/FeO entschieden. Aus den oben genannten Gründen kann im Dreiecksdiagramm auf die Grossularkomponente verzichtet werden. Die Entwicklung von Mn-reichen Kernen zu Mg-reichen Rändern unter Druckzunahme ist in den Abbildungen deutlich zu erkennen.

Legende zu den Abbildungen:	Kern	Rand
Gneis-Komplex	■	□
Amphibolit-Komplex	●	○
Glimmerschiefer-Komplex	◆	◇

Die Analysen aus einem Korn sind durch eine Linie verbunden. Die Pfeile weisen jeweils vom Kern zum Rand. Die bei den Signaturen z. T. angegebenen Zahlen entsprechen den Probennummern.

6.3.1 Granate aus dem Gneis-Komplex

Die Granate aus den Amphiboliten im Gneiskomplex sind mit einer Zusammensetzung von Spes 0,9-4,3 Pyr 11,2-25,6 Gros 14,7-26 Alm 57,1-61 relativ pyropreiche Grossular-Almandine. Die Analysen sind in Abb. 55 dargestellt. Deutlich zu erkennen sind Mn-reiche Kerne und Mn-ärmere Ränder. Das Verhältnis MgO/FeO variiert in den einzelnen Proben nur

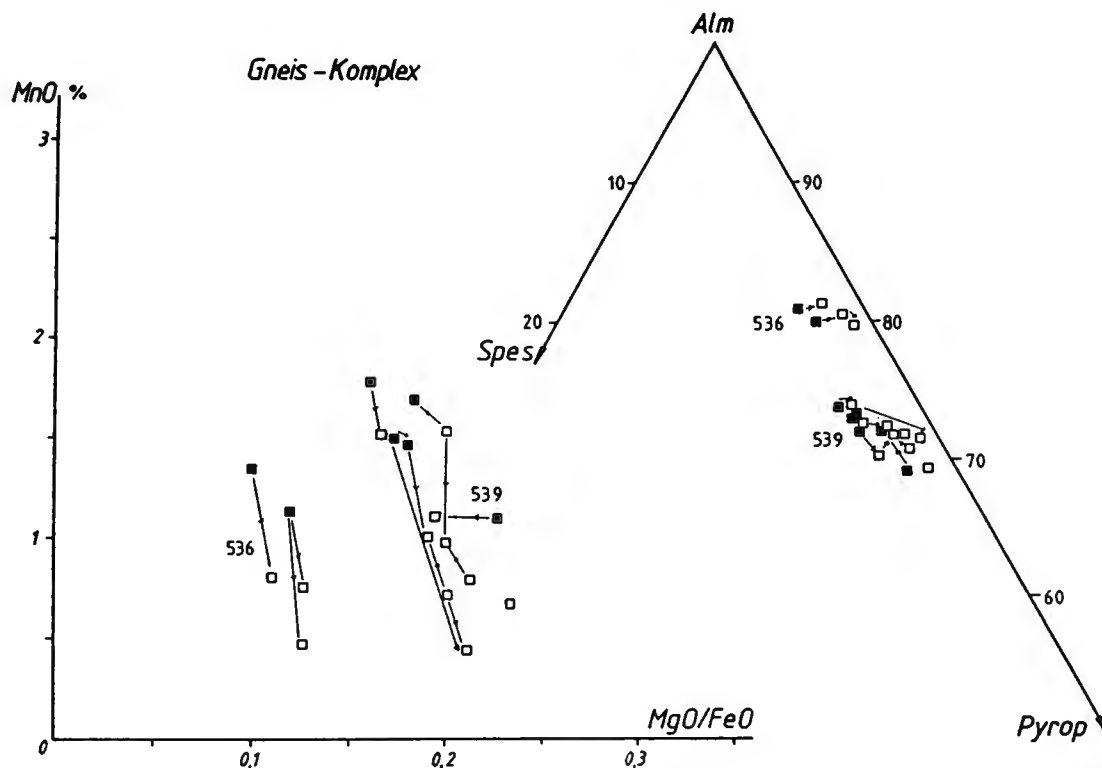


Abb. 55: Granatdiagramme für Analysen aus dem Gneis-Komplex.

Bei den Signaturen angegebene Zahlen entsprechen den Probennummern. Vorsicht! Der absolute Pyropanteil ist aus dem Diagramm nicht ablesbar, da die Grossular-Komponente nicht in die Darstellung eingeht. Signaturen wie in Kapitel 6.3

geringfügig zu Mg-reicheren Rändern hin. Es ist also von Kern zu Rand eine ausgeprägte Druckzunahme (MgO/FeO) bei nur geringer Temperaturzunahme (MnO) ersichtlich. Die Probe 536 zeigt mit MgO/FeO um 0,1 etwa die gleiche Entwicklung wie die Proben aus dem Amphibolit-Komplex (siehe 6.3.2). Dagegen ist die Probe 539 mit MgO/FeO um 0,2 deutlich zu höheren Temperaturen und Drucken hin abgesetzt. Die erhöhten Pyropgehalte lassen sich durch eine druckbetontere

Genese herleiten und rechtfertigen somit die Bezeichnung "eklogitischer Granatamphibolit". Dieses Gestein nimmt damit eine deutliche Sonderstellung ein.

Eine Ausnahme bildet die Messung D in Probe 539. Hier ist bei konstantem MnO-Gehalt ein Rückgang im MgO/FeO-Verhältnis festzustellen. Dies liegt darin begründet, daß der Granat starke Zersetzung zeigt und deshalb einen retrograden Mineralchemismus im Zonarbau aufzeigt.

6.3.2 Granate aus dem Amphibolit-Komplex

Granat aus dem Amphibolit-Komplex variiert im Bereich der Zusammensetzung Spes 1-5,6 Pyr 3,5-12,3 Gros 15,7-37,4 Alm 51-71,9. Es liegt also ein pyroparmer Grossular-Almandin vor. In Abb. 56 fallen als erstes die in zwei Gruppen aufgeteilten Darstellungspunkte der Analysen auf.

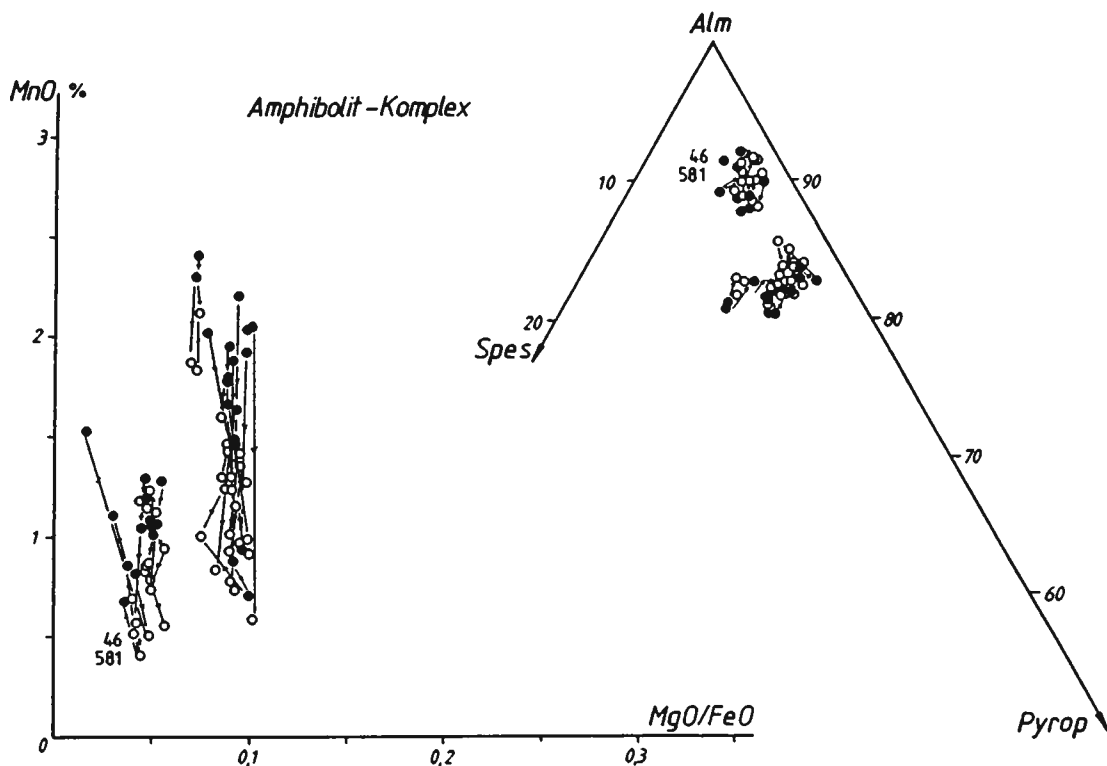


Abb. 56: Granatdiagramme für Analysen aus dem Amphibolit-Komplex.

Die beiden Proben 46 und 581 setzen sich von den restlichen deutlich ab. Ihre MnO-Gehalte von unter 1,5 und ihre höhere Almandinkomponente lassen in diesem Fall eine Abhängigkeit vom Gesteinschemismus erkennen. Diese Gesteine führen reich-

lich Biotit und mit fast 54% SiO_2 sind sie auch kieselsäurereicher als die anderen Amphibolite. Die Granate selbst sind gefüllt und deutlich zonar. Einige Körner zeigen Querabsonderungen entlang von Rissen und Brüchen.

Die zweite Gruppe von Analysen stammt von großen, skelettartigen Granaten mit Kelyphitsaum aus vorwiegend Plagioklas und ist reich an Einschlüssen. Die Säume um die Granate sind ein nicht zu übersehendes Anzeichen dafür, daß sie im Ungleichgewicht mit ihrer Umgebung sind. Bis auf zwei Ausnahmen liegt stets eine prograde Entwicklung vor.

Die die Ränder prägende Metamorphose war wesentlich druckbetonter als das metamorphe Ereignis, aus dem die Kerne hervorgingen. Insgesamt läßt sich nur eine geringfügige Temperaturzunahme im zweiten Ereignis herauslesen.

Bei den beiden retrograden Pfaden handelt es sich um sehr kleine Granate, die möglicherweise durch Diffusionsprozesse homogenisiert wurden und deshalb einen weniger ausgeprägten retrograden Zonarbau aufweisen. Es kann sich dabei aber auch um eine jüngere Generation von kleinen Granaten handeln.

6.3.3 Granate aus dem Glimmerschiefer-Komplex

Die Variation der Zusammensetzung der Granate (siehe Abb. 57) aus Amphiboliten des Glimmerschiefer-Komplexes liegt im Bereich Spes 0-4,6 Pyr 12-17 Gros 13,2-25,1 Alm 58,4-70,1.

Daraus ist ersichtlich, daß es sich um pyroreichere Grossular-Almandine als im Amphibolit-Komplex handelt.

Die Analysen der Probe 554E dürfen aber nicht als Hoch-P/T-Stadium interpretiert werden, da es sich bei diesen Granaten um große Reliktkörner mit Skelettstruktur, nadeligen Füllungen, fortgeschrittener Chloritisierung und Säumen aus Plagioklas und Hellglimmer handelt. Auch in diesem Fall sind die Säume als Anzeiger für ein Ungleichgewicht zu interpretieren.

Bei Probe 609 wurde ein im Kern erhaltenes retrogrades Metamorphoseereignis festgestellt, während der klare äußere Rand einen Druckanstieg bei leicht abnehmenden Temperaturen aufweist. Auch bei Probe 587 liegt zum Rand hin eine prograde Entwicklung vor.

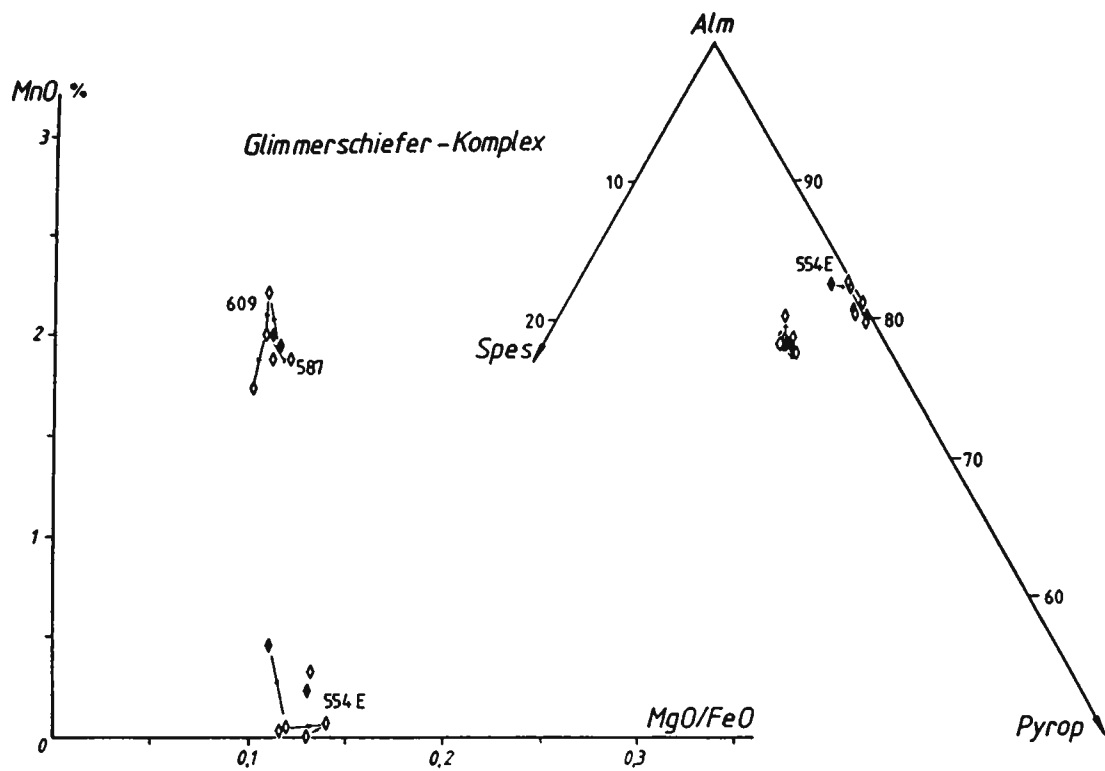


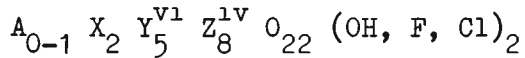
Abb. 57: Granatdiagramme für die Analysen aus dem Glimmerschiefer-Komplex.

Die Zusammensetzung von Granat aus den Metapeliten des Glimmerschiefer-Komplexes wurden bereits in Kapitel 2.3.1 erwähnt.

6.4 Zusammensetzung der Amphibole

Die Untersuchung der Zusammensetzung der Amphibole ermöglicht neben der rein nomenklatorischen Bestimmung auch Aussagen über metamorphe Ereignisse, die das Gestein durchlebt hat.

Die Zusammensetzung der Amphibole wurde auf wasserfreier Basis für 23 Sauerstoffatome für die Standardformel



nach folgendem Verfahren berechnet:

- alles Si in Position Z und mit Al auf die Summe von 8 auffüllen
- der Rest von Al sowie Ti, Cr, Fe, Mn und Mg werden in der Y-Position zusammengefaßt
- alles Ca in Position X und mit Na auf die Summe von 2 auffüllen
- den Rest von Na sowie K in der A-Position zusammenfassen.

Obwohl dabei die Summe der Y-Position häufig größer 5 wird, erachte ich dieses Verfahren für gangbarer, als wenn man den Überstand aus der Y-Position in die X-Position verlagert und damit die Na-Werte sowohl in der X- als auch in der A-Position verzerrt. Denn wie man im weiteren Text sehen wird, sind die Ca-, Na- und K-Werte in der X- bzw. A-Position für die Metamorphoseinterpretation wesentlich wichtiger und erlauben somit dieses Vorgehen.

Ferner wird alles Eisen als Fe^{2+} angenommen, da zum einen keine naßchemischen FeO-Bestimmungen vorliegen und zum anderen auf eine Abschätzung von Fe^{3+} anhand des Ladungsausgleiches verzichtet wurde. Da Fe^{3+} aber nur in zwei Diagrammen nach LAIRD & ALBEE (1981) eingeht (siehe Abb. 61, 64 und 67) und der kalkulierte Fe^{3+} -Gehalt bzw. ein 10% von Fe^{2+} -Wert die Lage der Plots nur weit unterhalb der Signaturgröße verändert, ist in diesen Abbildungen für Fe^{3+} einfach 0 eingesetzt worden.

Auch GRAHAM & POWELL (1984) nehmen alles Fe als Fe^{2+} an. Die verwendeten Namen für die Amphibole richten sich nach der Nomenklatur von LEAKE (1978) und sind aus den Abb. 59, 62 und 65 ersichtlich. Die einzelnen Analysen und die errechneten Mineralformeln sind im Anhang unter Punkt 9.2 aufgelistet. Dort sind auch die verwendeten Abkürzungen für die Mineralnamen erläutert.

Bevor die einzelnen Ergebnisse dargestellt werden, noch einige theoretische Anmerkungen zu den verschiedenen Auswertungsmöglichkeiten, deren Vorbedingungen und Interpretationsweise:

- Zur Pufferung von regionalmetamorphen Ca-Amphibolen werden Paragenesen mit Plagioklas, Quarz und Fe-Oxid vorausgesetzt. Diese Bedingung wird von den untersuchten Amphiboliten erfüllt.
- Mit der Zunahme der Metamorphose steigen auch Al, Ti, Na, K und das Fe/Mg-Verhältnis an (LAIRD, 1982, LEAKE, 1971, HIETANEN, 1974). Die einzelnen Parameter habe ich in einem Sammeldiagramm gegen Si aufgetragen (Abb. 60, 63 und 66).
- Höhergradige Amphibole haben geringere Si- und Ca-Werte.
- Relativ konstante $(Na+K)_A/Al^{1V}$ -Quotienten um 0,25 für Aktinolith und Magnesio-Hornblende weisen nach HIETANEN (1974) auf ein konstantes P/T-Verhältnis während einer prograden Metamorphose hin. In Kontaktaureolen beträgt dieser Wert 0,33, während er in disthenführenden Abfolgen bei 0,14 liegt.
- Das Mg/Fe-Verhältnis der Amphibole ändert sich nach HIETANEN (1974) mit der Zusammensetzung und mit dem Oxidationsgrad des Wirtsgesteines. Für meine Proben kann ich jedoch keine Gesamtgesteinsabhängigkeit der Fe-Werte feststellen. Somit ist es durchaus erlaubt auch Fe zur Metamorphoseabschätzung heranzuziehen.
- Amphibole mit Al^{VI} -Werten nahe der Sättigungskurve sollen nach LEAKE (1965) auf Drucke von über 5 kb hinweisen. Das Al^{VI} gegen Si-Diagramm von RAASE (1974)

bietet keine verlässliche Möglichkeit der Druckabschätzung. Trotzdem erscheinen 5 kb und etwas mehr durchaus realistisch für diese Grenzlinie.

- In einem weiteren Diagramm bietet BROWN (1977) eine Druckabschätzung mittels Na_{M4} (=Na in X-Position) an. Es bietet jedoch nur für Aktinolithe halbwegs eindeutige Anwendungsmöglichkeiten. Im entscheidenden Bereich ist zudem das Ablesen mangels Trennlinien nur noch eine vage Angelegenheit.

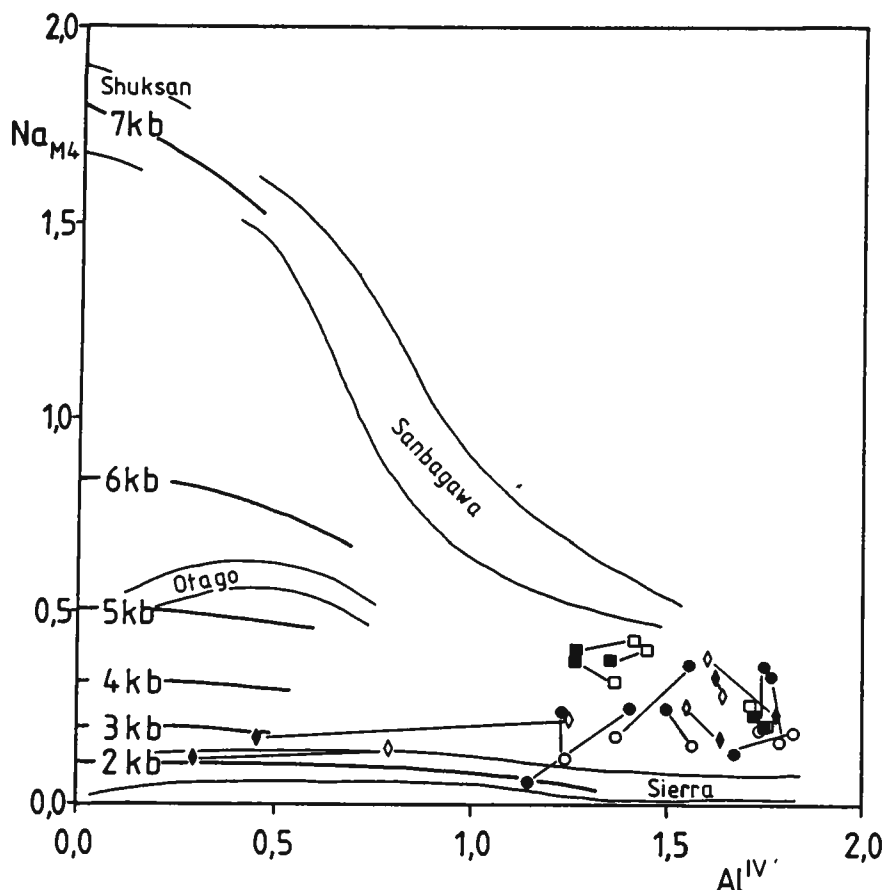


Abb. 58: Na_{M4} - Al^{IV} -Druckabschätzungsdiagramm nach BROWN (1977). Die nur kleine Auswahl an eingetragenen Proben zeigt bereits das diffuse Bild stark eingeschränkter Aussagemöglichkeiten auf. Außer der eindeutig prograden Entwicklung einiger Glimmerschieferproben bei niedrigen Drucken läßt sich nur die vieldeutige - und damit unbrauchbare - Entwicklung bei den Gneis- und Amphibolit-Komplexproben feststellen. Signaturen wie in Kapitel 6.3 .

- Von LAIRD & ALBEE (1981) wurden Diagramme entwickelt, die Aussagen über den metamorphen Faziestyp und die Entwicklung der Metamorphose zulassen. Die Parameter für die Achsen sind dabei so gewählt, daß die Abszisse stets die Richtung der zunehmenden Temperatur und die Ordinate stets die Richtung des zunehmenden Druckes anzeigt. Die Felder der Amphibolzusammensetzungen für Hoch-, Mittel- und Niedrigdruckfazies (Abb. 61, 64 und 67) sind dabei ebenso angegeben wie auch die Bereiche der Oligoklas-, Granat- und Staurolithisograden (nur für 3 Diagramme). Die Mitteldruckmetamorphose entspricht dabei etwa einem geothermischen Gradienten von 20-25°C/km.
- Amphibole aus granatführenden Amphiboliten, die unter mittleren Drucken metamorphisiert wurden, sind nach LAIRD & ALBEE (1981) reicher an Al als solche aus granatfreien Amphiboliten. Somit darf das Na/Ca+Na gegen Al/Si Al-Diagramm nicht für Granatamphibolite angewendet werden. Der Mitteldruckbereich in diesem Diagramm entspricht einer Metamorphose vom Barrow-Typ.
- Die Mitteldruckfazies-Serien von LAIRD & ALBEE (1981) entsprechen dem Vorkommen von Disthen in Metapeliten.
- In dem Nomenklaturdiagramm nach LEAKE (1978) entspricht eine Entwicklung von oben rechts nach links unten - also zu Si-ärmeren Amphibolen hin - einer prograden Metamorphose. Man geht dabei von der Temperaturabhängigkeit von Si und dem Mg/Mg+Fe-Quotienten aus.

6.4.1 Amphibole aus dem Gneis-Komplex

Die Amphibole aus dem Gneis-Komplex bilden zwei deutlich getrennte Gruppen. Dies läßt sich in den folgenden Abbildungen (Abb. 59 und 60) gut nachvollziehen. Wie aus Abb. 59 und 60 hervorgeht, zeigen die Magnesio-Hornblenden der Probe 539 zum einen prograden Zonarbau mit druckbetonterer Rändern, zum anderen aber auch Zonarbau mit zunehmenden Temperaturen unter sinkendem Druck an. Dies ist ein Hinweis darauf, daß sich das P/T-Verhältnis während der Metamorphose verändert hat.

Im Al^{v1}-Si-Diagramm (Abb. 59 unten) nach RAASE (1974)

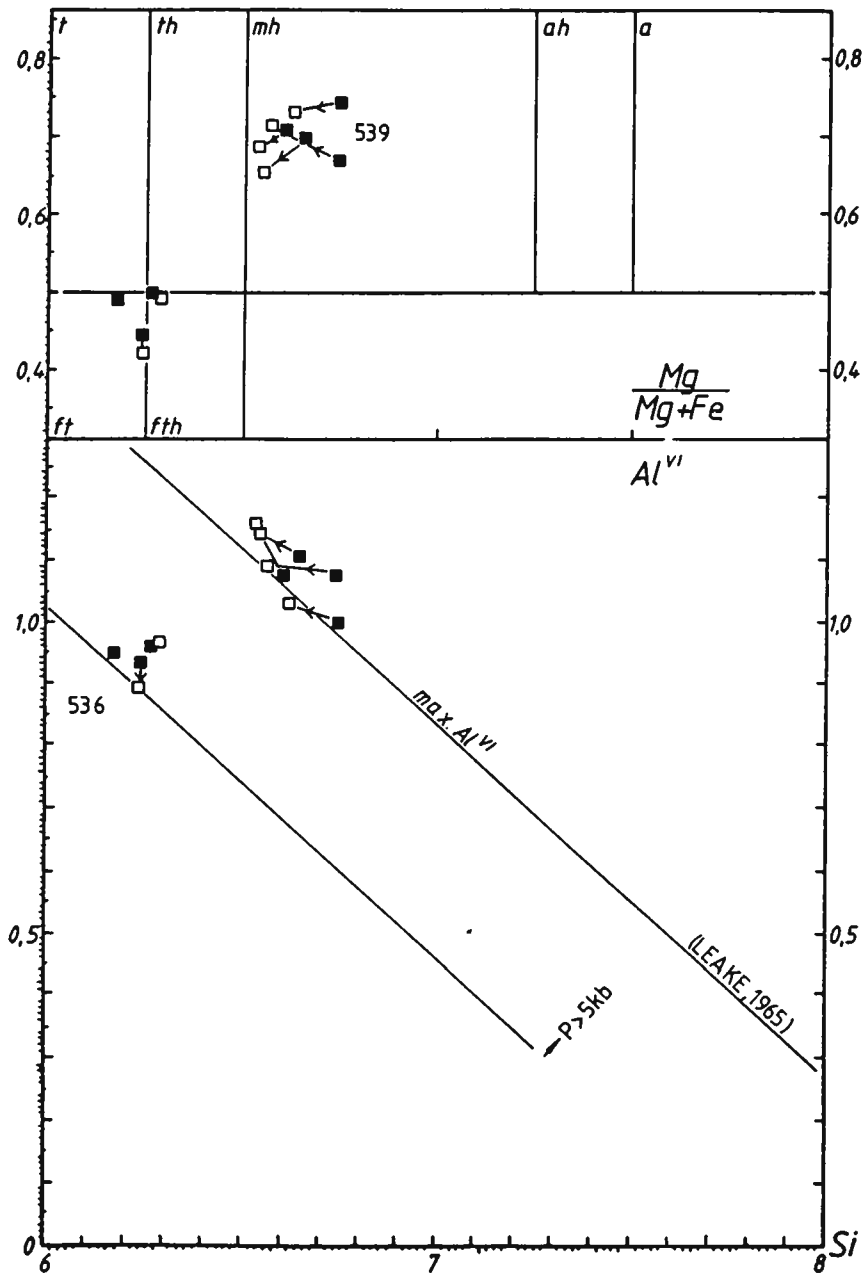


Abb. 59: Im oberen Teil der Abb. ist die Nomenklatureinteilung nach LEAKE (1978) wiedergegeben. Die Abkürzungen der Amphibolnamen sind im Anhang unter Punkt 9.2 erläutert. Im unteren Teil der Abb. ist das Diagramm zur Druckabschätzung nach RAASE (1974) dargestellt. Die Linie mit "max. Al^{VI} " gibt nach LEAKE (1965) die Al^{VI} -Sättigung für Ca-Amphibole an. Die Linie mit "p > 5 kb" gibt nach oben das Stabilitätsfeld für Amphibole, die bei Drucken von 5 kb oder mehr gebildet worden sind, an. In dieser Abb. sind nur die Analysen aus dem Gneis-Komplex eingetragen. Bei den Signaturen stehende Zahlen geben die Probennummer an. Signaturen wie in Kapitel 6.3 .

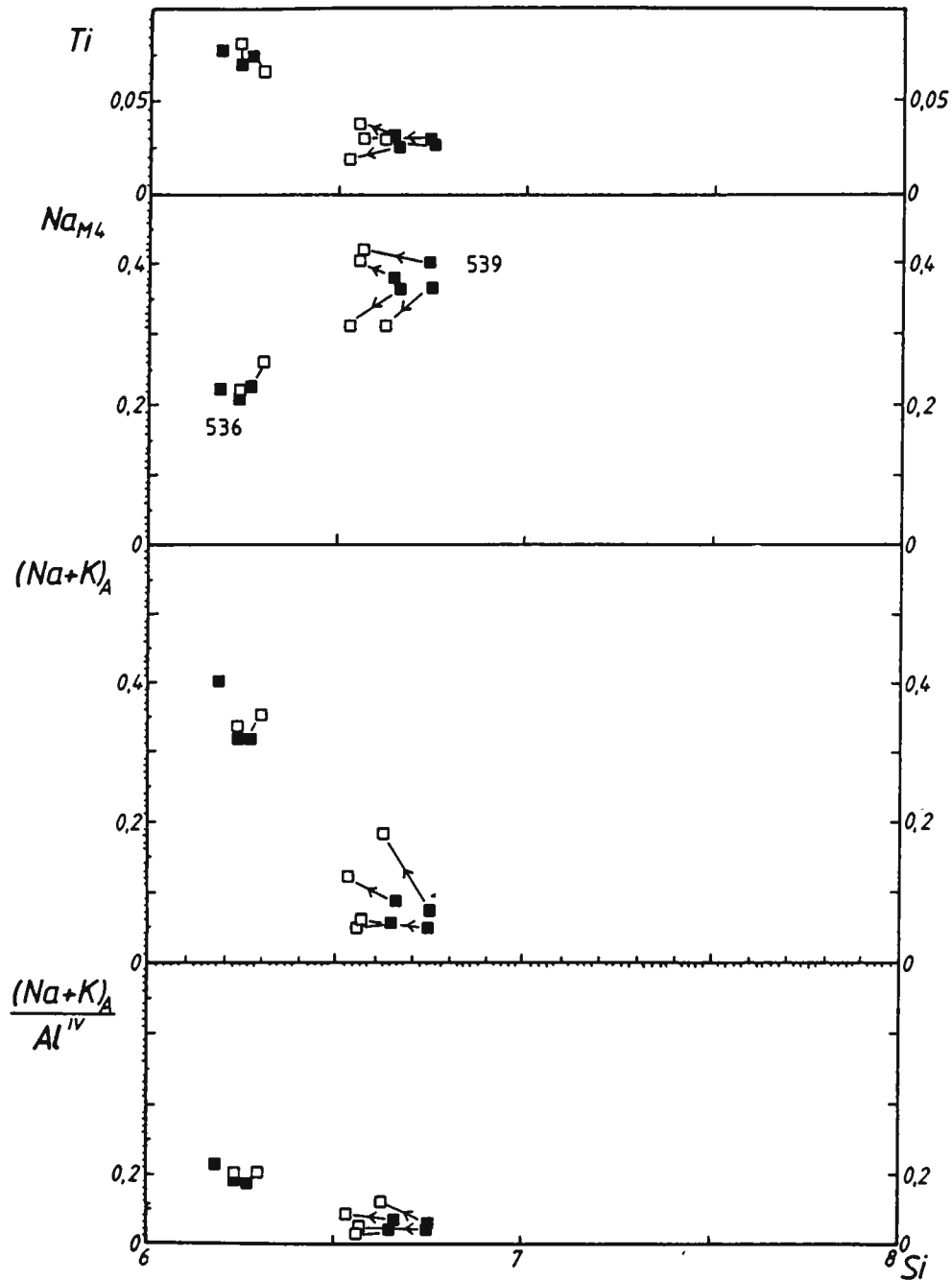


Abb. 60: In diesem Sammeldiagramm für die Amphibole aus dem Gneis-Komplex sind die in Kapitel 6.4 erwähnten Parameter gegen Si aufgetragen. Die Metamorphose nimmt zu niedrigeren Si-Werten hin ab. Für Ti und $(Na+K)_A$ gibt die Ordinate steigende Temperatur, für Na_{M4} steigenden Druck und für $(Na+K)_A/Al^{IV}$ abnehmenden Druck an.

kommt ein Teil der Analysen sogar über der Al^{VI} -Sättigungslinie nach LEAKE (1965) zu liegen. Bei den Analysen der Probe 536, die nur sehr geringen Zonarbau und nur unein-

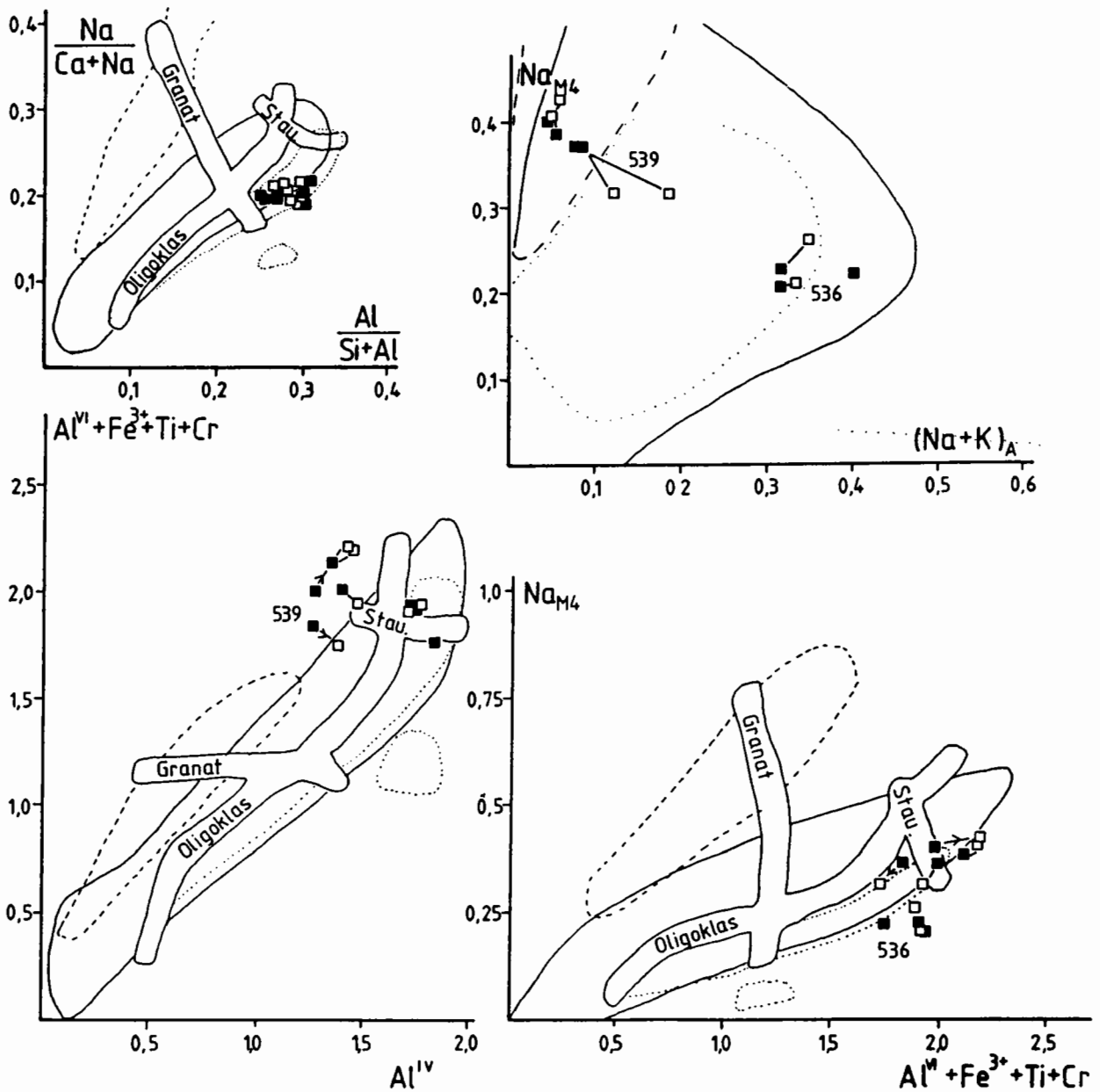


Abb. 61: Formelanteildiagramme für Ca-Amphibole aus dem Gneis-Komplex nach LAIRD & ALBEE (1981). Die abgegrenzten Felder entsprechen den Zusammensetzungen von Amphibolen aus der Hochdruck- (---), Mitteldruck- (—) und Niedrigdruck- (.....) Fazies. Die breiten Bänder geben den Bereich an, über welchen sich eingeschaltete Metapelite von der Biotit- zur Granatzone und von der Granat- zur Staurolith-Disthenzone verändern. Das Oligoklas-Band gibt den Isograd der Peristeritlücke wieder (Albit hier oben). Signaturen wie in Kapitel 6.3. Das separate Niedrigdruckfeld entspricht der Sillimanitzone.

heitliche Entwicklungen erkennen lassen, handelt es sich um Ferrotschermakite und ferrotschermakitische Hornblenden, die ebenfalls eindeutig, aber nur knapp über der 5 kb Linie zu liegen kommen (Abb. 59 unten).

Im Na_{M4} gegen $(\text{Na}+\text{K})_A$ -Diagramm (Abb. 61) nach LAIRD & ALBEE (1981) liegen alle Kerne der Magnesio-Hornblenden der Probe 539 im Überlappungsbereich der Hoch- und Mitteldruckfazies (siehe Abb. 61). Auch hier lassen sich prograder Zonarbau mit druckbetonterer Rändern, aber auch Zonarbau mit zunehmenden Temperaturen unter sinkendem Druck erkennen.

Die Analysen der Probe 536 dagegen kommen in der Mitteldruckfazies und im Überlappungsbereich der Niedrig- und Mitteldruckfazies vor. Aus den drei anderen Diagrammen nach LAIRD & ALBEE (1981) ergibt sich nur ein diffuses Bild (Abb. 61). Als Maximalaussage kann man wohl feststellen, daß es sich um eine Mitteldruckmetamorphose im Bereich der Staurolith-Disthenzone handelt.

Für den eklogitischen Amphibolit der Probe 539, der auch erhöhte Pyropgehalte (siehe Kapitel 6.3.1) aufweist, lassen sich reliktsche Magnesio-Hornblenden mit früher P-betonter Metamorphose ableiten. Es gibt weder petrographische noch mineralchemische Hinweise auf eine jüngere Amphibolgeneration.

6.4.2 Amphibole aus dem Amphibolit-Komplex

Bei den Amphibolen aus dem Amphibolit-Komplex handelt es sich nach LEAKE (1978) um Magnesio-Hornblenden, Ferro-Hornblenden, ferrotschermakitische Hornblenden und Ferrotschermakite (siehe Abb. 62 oben). Wie auch aus den folgenden Abbildungen ersichtlich, streut das Feld der Zusammensetzungen recht weit. Es lassen sich sowohl prograde als auch retrograde Mineralchemismen herauslesen. Die retrograden Ränder sind bei nahezu konstanten Temperaturen, aber stark zurückgegangenen Drucken gebildet worden.

Obwohl sich kein eindeutiger Trend ergibt, kann man feststellen, daß die Amphibole des Amphibolit-Komplexes einer Mitteldruckmetamorphose vom Barrow-Typ entsprechen.

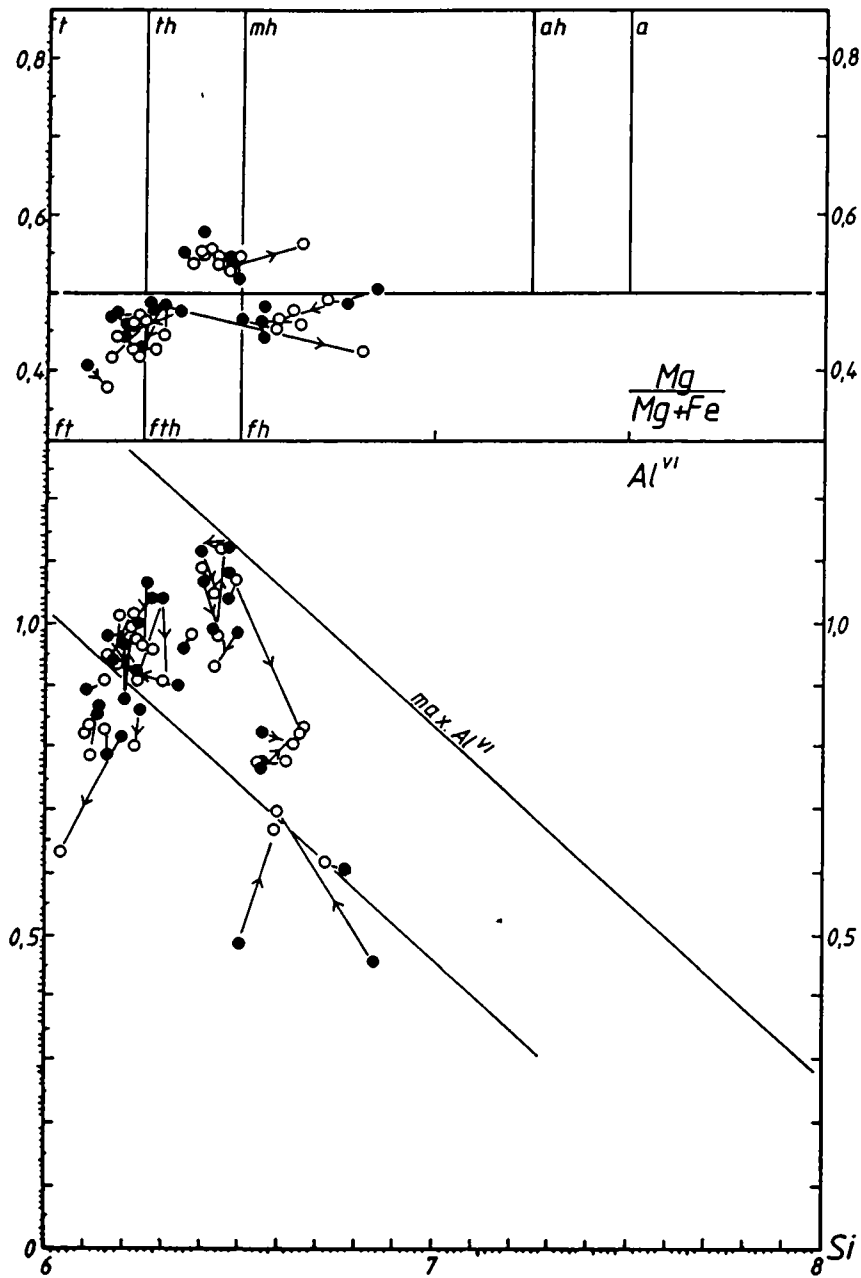


Abb. 62: In den Diagrammen nach LEAKE (1978) und nach RAASE (1974) sind die Plots der Analysen von Amphibolen aus dem Amphibolit-Komplex dargestellt.

Diagrammerläuterung siehe Abb. 59 .

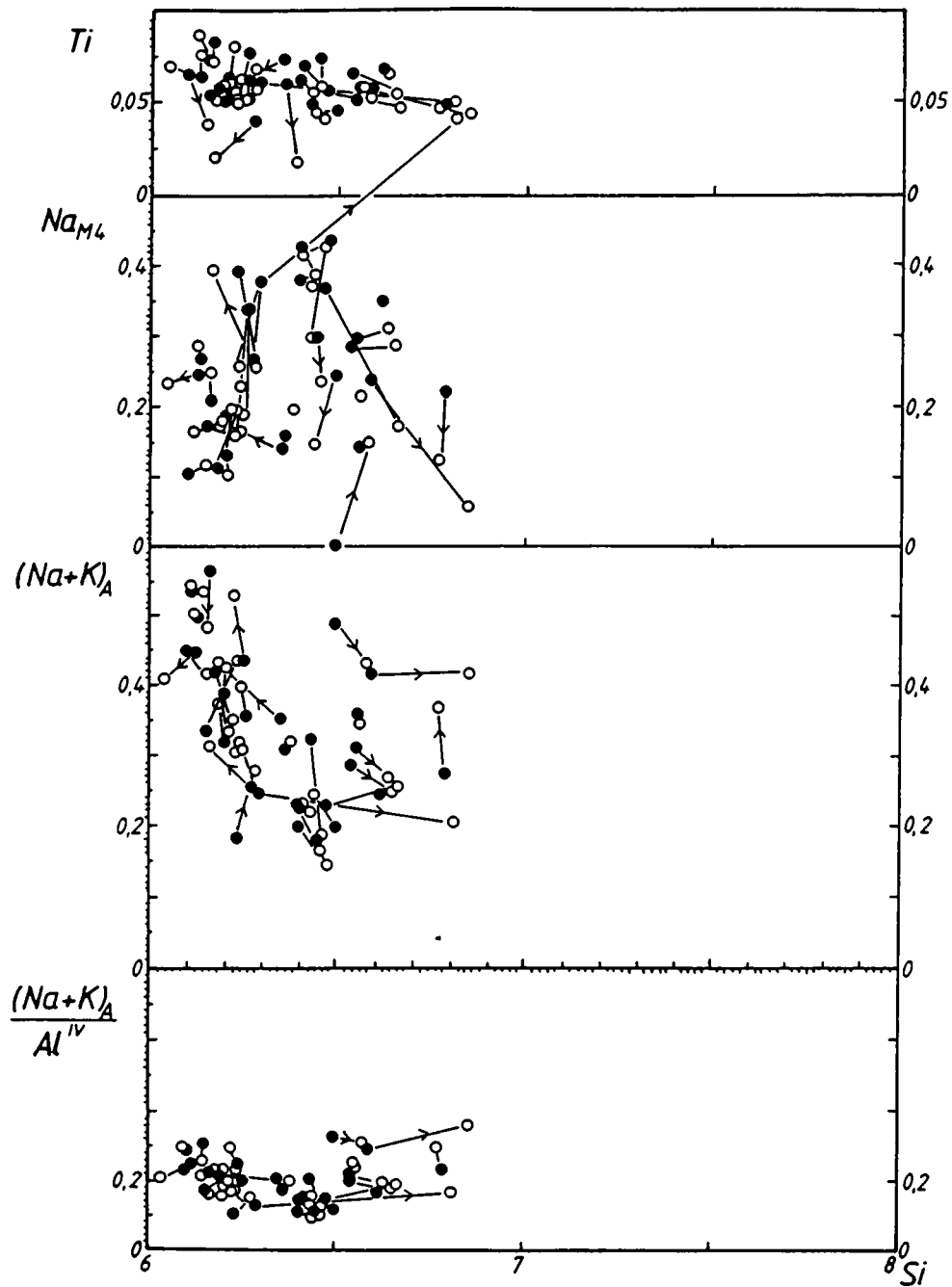


Abb. 63: Sammeldiagramm für die Analysen der Amphibole aus dem Amphibolit-Komplex.
Diagrammerläuterung siehe Abb. 60 .

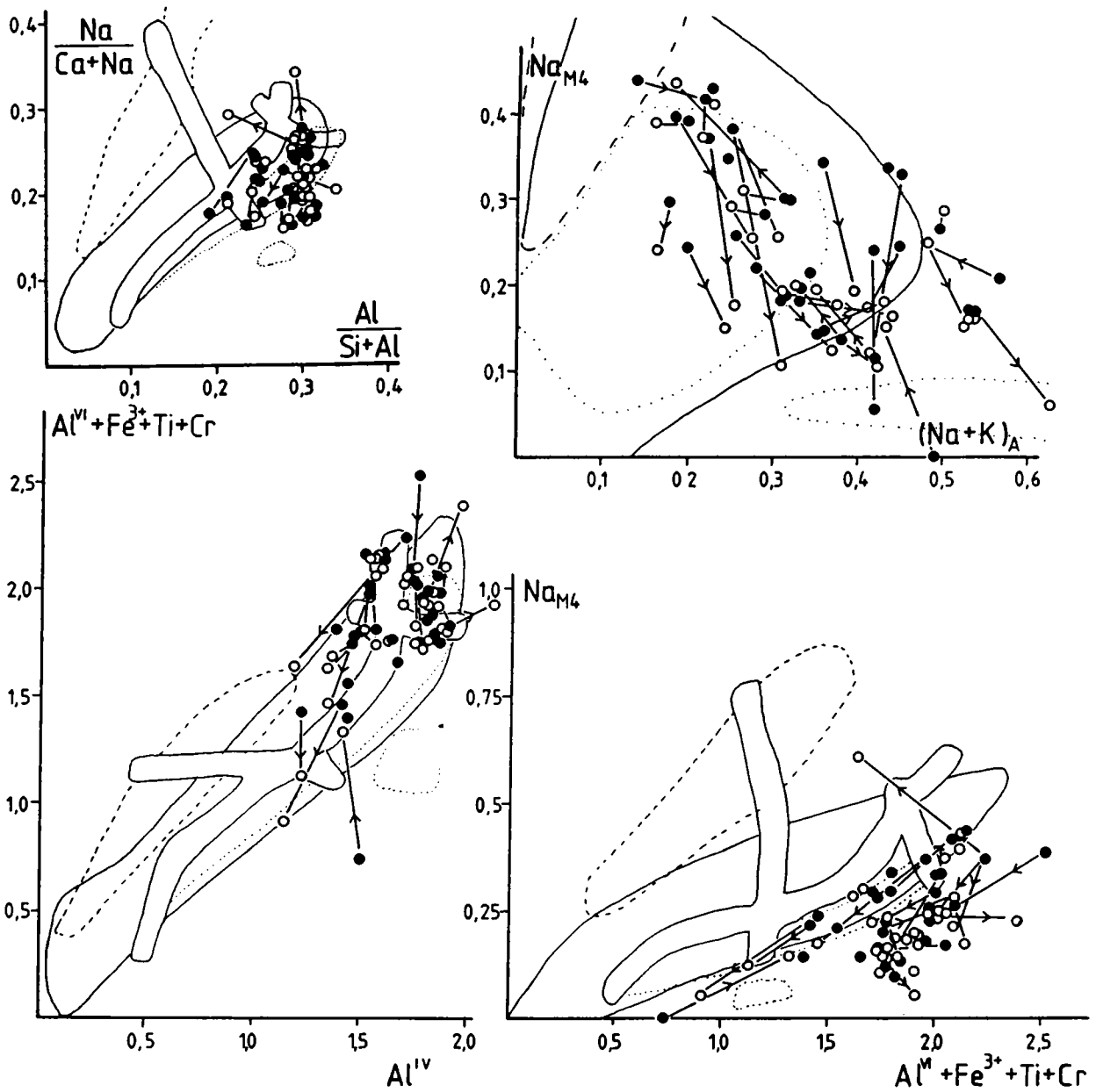


Abb. 64: Diagramme für Amphibole nach LAIRD & ALBEE (1981). Dargestellt sind die Zusammensetzungen der Amphibole aus dem Amphibolit-Komplex. Diagrammerläuterung siehe Abb. 61 .

6.4.3 Amphibole aus dem Glimmerschiefer-Komplex

Bei den Amphibolen aus dem Glimmerschiefer-Komplex liegt ein breites Spektrum in der Zusammensetzung vor.

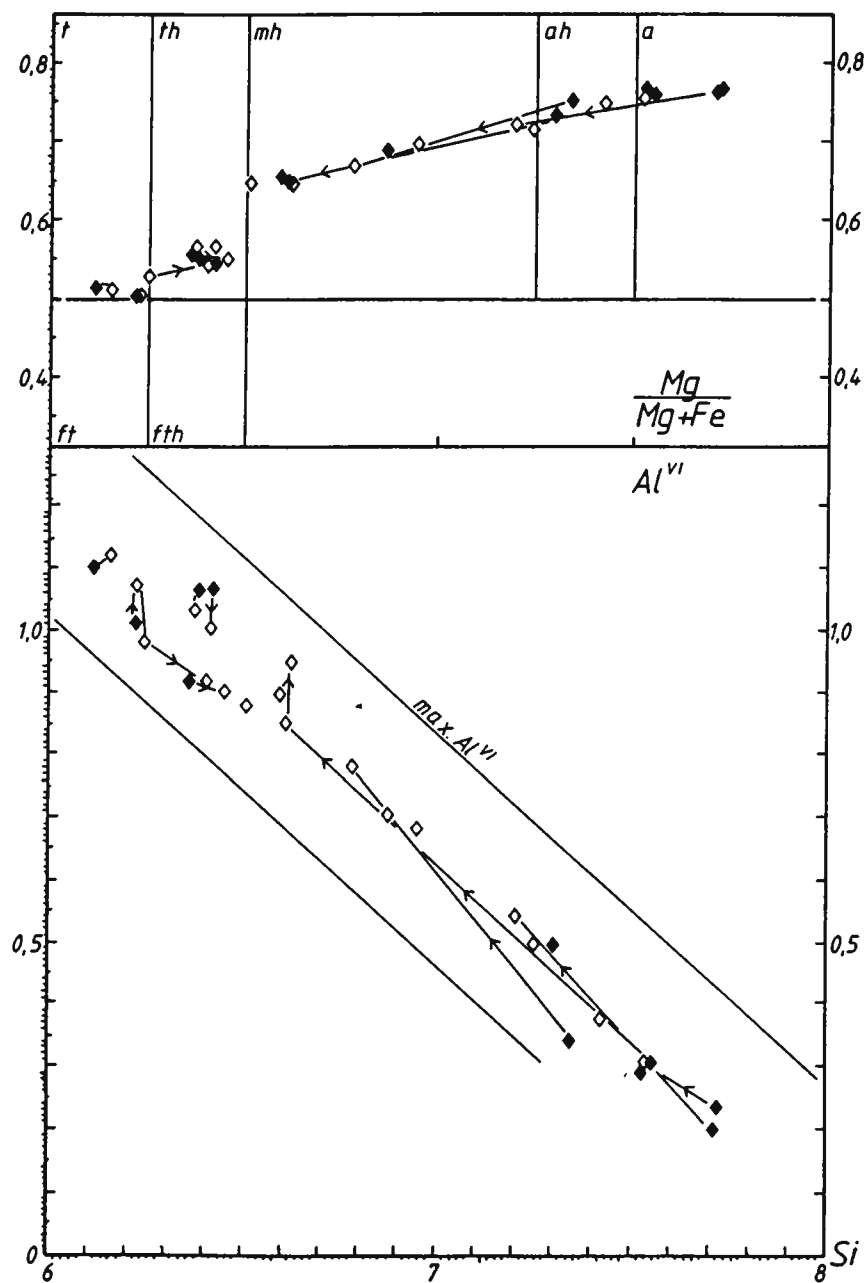


Abb. 65: Diagramm nach LEAKE (1978) und nach RAASE (1974) mit den Analysen der Amphibole aus dem Glimmerschiefer-Komplex.

Diagrammerläuterung siehe Abb. 59 .

Bei der Probe 586 liegt ein sehr gut ausgeprägter und eindeutig prograder Zonarbau vor. Die Kerne der Aktinolithe bzw. der aktinolithischen Hornblenden werden von Rändern aus Magnesio-Hornblende umgeben. Da auch bei besonders großen Körnern Magnesio-Hornblende-Kerne auftreten, kann das als Hinweis auf ausgleichende Diffusion auch bei großen und nicht nur bei kleinen Körnern gesehen werden.

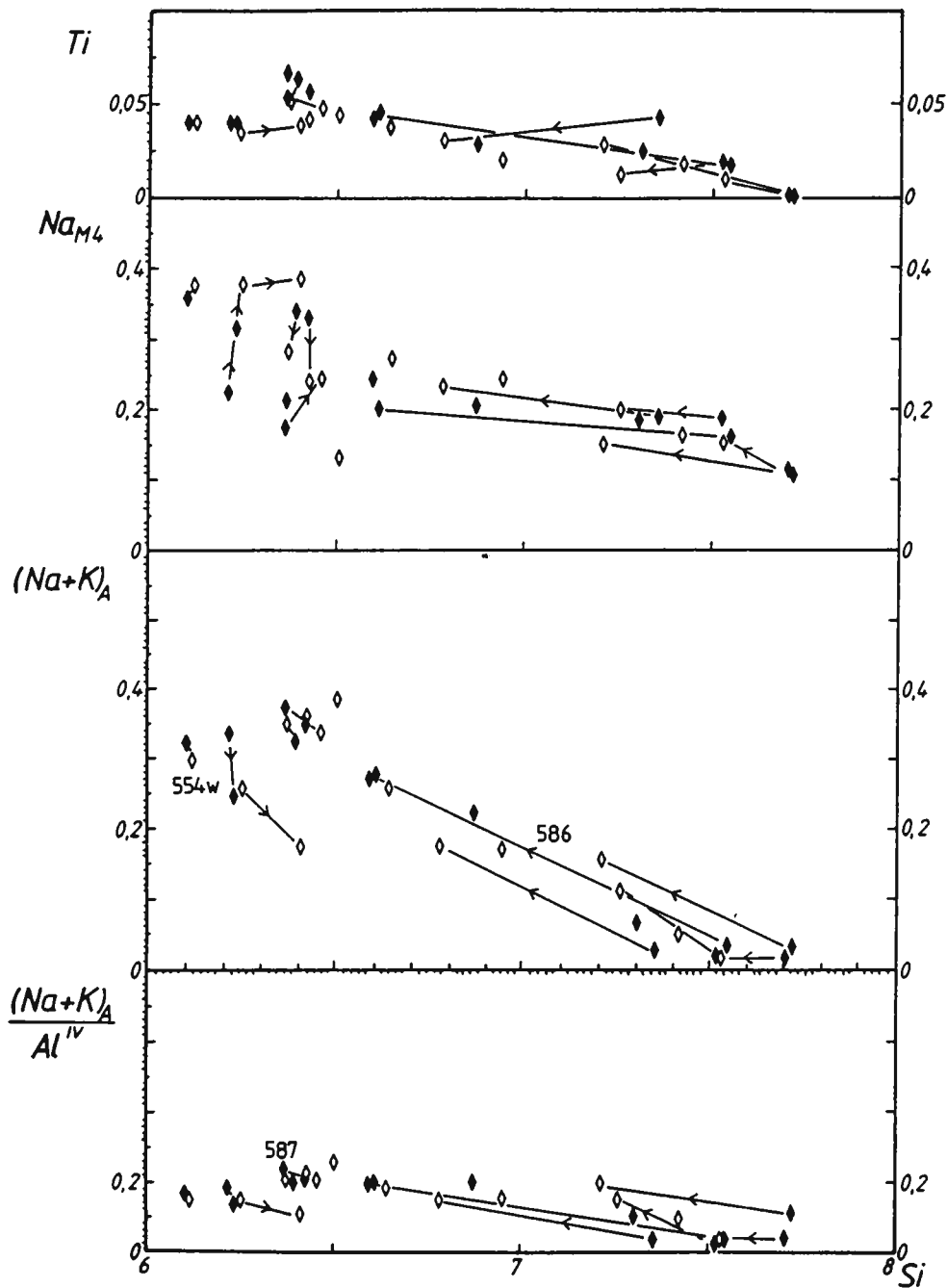


Abb. 66: Sammeldiagramm für die Analysen der Amphibole aus dem Glimmerschiefer-Komplex. Diagrammerläuterung siehe Abb. 60 .

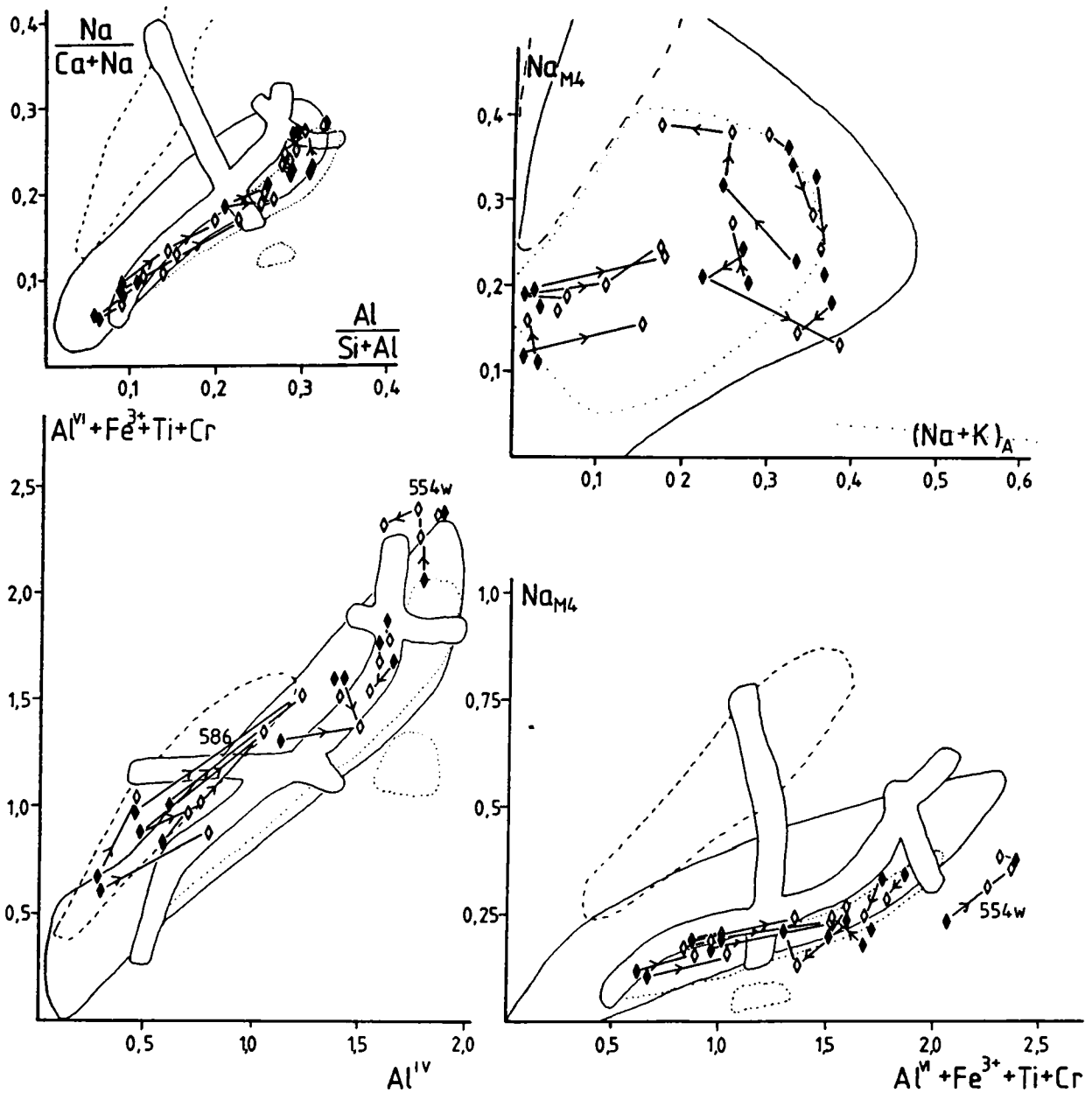


Abb. 67: Diagramme für Amphibole nach LAIRD & ALBEE (1981).
 Dargestellt sind die Zusammensetzungen der Amphibole aus dem Glimmerschiefer-Komplex.
 Diagrammerläuterung siehe Abb. 61 .

Im Diagramm nach RAASE (1975) fallen alle Plots in das Feld über 5 kb. Trotz ihrer breiten Variabilität nach Si liegen

sie bei dieser Druckabschätzung harmonisch in der gleichen Größenordnung beisammen (siehe Abb. 65 unten). Außer der Probe 586 zeigt jedoch keine weitere Probe einen derart ausgeprägten und eindeutig prograden Zonarbau. Wie man auch in den Diagrammen (Abb. 67) nach LAIRD & ALBEE (1981) sieht, verhalten sich die anderen Proben recht unterschiedlich, ja einzelne weisen in verschiedenen Diagrammen sogar verschiedene Metamorphoseentwicklungen auf. So zum Beispiel die Probe 554w, die im $(Na\ K)_A$ gegen Si-Diagramm (Abb. 66) eine retrograde Entwicklung zeigt, während sie im Na_{M4} gegen $Al^{VI} + Fe^3 + Ti + Cr$ -Diagramm (Abb. 67) nach LAIRD & ALBEE (1981) eine prograde Entwicklung zeigt. Insgesamt gesehen haben die Amphibole aus dem Glimmerschiefer-Komplex eine Mitteldruckmetamorphose erfahren, die dem Barrow-Typ entspricht. Aufgrund des ausgeprägten Zonarbaus läßt sich eine Entwicklung von der mittleren Grünschieferfazies bis in die Amphibolitfazies verfolgen.

6.5 Zusammensetzung der Marmore

Da auf die Marmore in Kapitel 6.6.3 und in Kapitel 6.1.6 noch näher eingegangen wird, möchte ich an dieser Stelle nur auf die Tabellen der Analyseergebnisse verweisen. Sie sind im Anhang unter Punkt 9.2 der Arbeit beigegeben. Mit der Auswertung der Analysen wird sich das Kapitel 6.6.3 beschäftigen.

6.6 Geothermometrie

6.6.1 Granat-Amphibol-Geothermometrie

Das Granat-Amphibol-Geothermometer nach GRAHAM & POWELL (1984) beruht auf der Fe-Mg-Austauschreaktion zwischen Granat und Amphibol. Die Berechnung der Temperatur erfolgt nach der Gleichung:

$$T \text{ (K)} = \frac{2880 + 3280 X_{\text{Ca,g}}}{\ln K_D + 2,426}$$

wobei der Verteilungskoeffizient K_D über

$$K_D = \left(\frac{X_{\text{Fe,g}}}{X_{\text{Mg,g}}} \right) \bigg/ \left(\frac{X_{\text{Fe,hb}}}{X_{\text{Mg,hb}}} \right)$$

bestimmt wird (g = Granat, hb = Amphibol).

Nach GRAHAM & POWELL (1984) darf dieses Geothermometer für Temperaturen unterhalb 850°C angewendet werden, wenn das Gestein bei geringen Sauerstoffaktivitäten metamorphisiert wurde und Mn-arme Granate ($X_{\text{Mn,g}} < 0,1$) enthält. Die Zusammensetzung der Amphibole kann dabei über eine weite Spanne variieren. In der Amphibolformel wurde, wie es die Autoren vorschlagen, alles Fe als Fe^{2+} eingesetzt (siehe auch Kapitel 6.4). Außer diesen Einschränkungen ist folgendes zu beachten:

Die nach der Fe-Mg-Austauschreaktion berechneten Temperaturen sind unabhängig von den Fugazitäten der flüchtigen Bestandteile und der metamorphen fluiden Phase.

Aufgrund der geringen Volumenänderung besteht nur eine äußerst geringe Druckabhängigkeit.

Bei Gesteinen mit eklogitischer Affinität haben die Autoren festgestellt, daß häufig ein Ungleichgewicht in der Fe-Mg-Verteilung vorliegt (Daten nach GRIFFIN, 1971 und ERNST & dal PIAZ, 1978). Dies ist in der für Amphibol wesentlich niedrigeren Schließungstemperatur als für Granat begründet. Vor allem bei langsamer Abkühlung weichen die Schließungstemperaturen des Gleichgewichts stark von den Temperaturen des thermalen Höhepunktes ab.

Daraus folgt, daß bei Gesteinen mit eklogitische Ver-
gangenheit die rechnerisch bestimmten Temperaturen häufig
deutlich unter den Temperaturen liegen, die das Gestein
tatsächlich erfahren haben kann. Diese Aussagen gelten
für eklogitische Gesteine unter natürlichen Bedingungen.
Bei der Berechnung der Temperaturen tritt -im scheinbaren
Gegensatz zur Natur- eine Erhöhung der Temperaturwerte
auf. Das ist darin begründet, daß alle Rechnerparameter,
die verfälschend in die Berechnung eingehen können, die
ermittelten Temperaturwerte erhöhen.

Zu der Berechnung der Temperaturen wurden Granat-Amphibol-
Paare verwendet, die alle die Vorbedingungen nach GRAHAM &
POWELL (1984) erfüllen. Die Ergebnisse der Auswertung und
zur Beurteilung wichtige Parameter sind in der folgenden
Tabelle (Abb. 68) zusammengestellt.

Probe	g	hb	h in/an g	$X_{Mn,g}$	$X_{Ca,g}$	in X_D	T°C	g	h
539	A5R	C2R	an	0,009	0,160	1,714	549	einschlußarmer, klarer Rand	hypidiom., groß
603	A3	A2R	an	0,026	0,244	1,731	572	klarer Rand,	xenom. in Druckschatten
	A3	A1I	an	0,026	0,244	1,852	587	inselartig	Plag-Saum
556	A2I	G2R	in	0,052	0,371	1,959	661		dunkelbr. Saum, klein
	A2I	G2I	in	0,052	0,371	1,918	670		
	A3R	F2R	an	0,048	0,372	1,863	683		
	A3R	F1I	an	0,048	0,372	1,857	675	Skelettgranat-"Lücke"-Kornaggregat	
	B1R	B2R	an	0,041	0,374	1,881	680	Skeletttrand einschlußreich	hypidiom.
	B2I	E1	an	0,056	0,348	1,797	679	Kernsaum, stark pigmentiert	Kornaggregat
	B2I	D1	in	0,056	0,348	1,965	643	einschlußreich	xenomorph, klein
	B2I	C1	in	0,056	0,348	1,920	652	Skeletttrand	schwimmt in Plag
552	E2R	D1I	an	0,013	0,225	1,530	642	klar, klein	xenom., Bio benachbart
	B2R	B1I	an	0,018	0,221	1,752	590	Granatzerfall in Amph + Plag + Bio	
46	D4I	C1I	in	0,024	0,240	1,166	748	klar, schwach	hypidiom., Bio benachb.
	D4I	C2R	in	0,024	0,240	0,866	841	pigment. Kern	
	B1I	A3R	an	0,016	0,273	1,883	603		Kornaggregat, hypidiom.

Abb. 68: Tabelle zum Granat-Amphibol-Geothermometer nach
GRAHAM & POWELL (1984). Bis auf die Probe 539
aus dem Gneis-Komplex entstammen alle Proben
dem Amphibolit-Komplex. Erklärung der Tabellen-
spalten: g = Granat, hb = Amphibol, h in/an g =
Amphibol als Einschluß in Granat / Amphibol als
Nachbarkorn neben Granat.

Die beiden Messungspaare A3R-F2R und A3R-F1I der Probe 556 stellen keine Berührungsparagenese dar, da zwischen dem skelettartigem Granat und dem Amphibol-Kornaggregat eine Lücke besteht. Auch beim Messungspaar B2I-C1 der Probe 556 handelt es sich, obwohl dabei Amphibol als Einschluß vorliegt, nicht um eine Berührungsparagenese, da auch hier eine Lücke besteht, die von Plagioklas gebildet wird.

Bei den beiden Messungspaaren B1R-B2R und B2I-E1 der gleichen Probe (556) läßt sich nicht sicher erkennen, ob eine eindeutige Berührungsparagenese vorliegt. Das selbe gilt für das Messungspaar B1I-A3R der Probe 46.

Bei allen anderen Messungspaaren handelt es sich um sichere Berührungsparagenesen, was aber noch lange nicht heißt, daß auch ein Austauschgleichgewicht vorliegt, das der Temperatur des Metamorphosepeaks entspricht!

Interpretation der Temperaturwerte:

- Die 549°C für die Probe 539 stellt höchstwahrscheinlich eine Temperatur dar, die als retrogrades Gleichgewicht zu betrachten ist. Gerade bei dieser Probe mit eklogitischer Affinität muß man davon ausgehen, daß die niedrigere Schließungstemperatur für Amphibol zeitlich erst lange nach der von Granat erreicht wurde. Zudem muß bei Amphibol mit Homogenisierung durch ausgleichende Diffusion gerechnet werden.

Dem steht gegenüber, daß eine Temperatur von cc. 550°C sehr gut mit der im Schliff beobachteten Paragenese zusammenpaßt (siehe Kapitel 6.1.1).

- Bei Probe 603 mit ca. 580°C liegt ein realistischer Wert vor, der aufgrund des Plagioklassaumes zwischen Granat und Amphibol ebenfalls als retrogrades Gleichgewicht zu verstehen ist. Es ist jedoch damit zu rechnen, daß der Plagioklassaum um den Granat die Diffusion zwischen Granat und Amphibol behindert oder sogar unterbindet. In diesem Fall liegt dann kein Gleichgewicht zwischen Granat und Amphibol vor.
- Die Probe 556 liefert -auch für Einschlüsse- Temperaturen von 643-683°C. Diese enge Spanne ist um so sicherer belegt,

da selbst unterschiedliche Granattypen als auch unsichere Berührungsparagenesen keine großen Abweichungen verursachen.

- Obwohl es nicht ausgeschlossen werden kann, daß Biotit das Austauschgleichgewicht beeinflusst hat, darf man nur die 590°C als retrograde Metamorphosetemperatur interpretieren. Somit sind auch in Probe 552 mit 642°C ähnliche Temperaturen wie bei Probe 556 erreicht worden.
- Die Amphiboleinschlüsse in Granat der Probe 46 weisen entweder auf sehr hohe Temperaturen (748-841°C) hin, oder sind in einem Ungleichgewicht begründet. Dieser zweiten Möglichkeit gebe ich den Vorzug, da es sonst keinerlei Hinweise auf derartig hohe Temperaturen gibt. Aber auch wenn man die Einschlüsse nicht berücksichtigt, sind in diesem Fall 600°C überschritten worden.

Zusammenfassend läßt sich mit dem Geothermometer nach GRAHAM & POWELL (1984) nachweisen, daß die Granat-Amphibolite des Amphibolit-Komplexes Temperaturen von mindestens 600°C erreicht haben.

6.6.2 Amphibol-Plagioklas-Geothermometrie

Für die Reaktion 2 Albit+Tschermakit = 2 Anorthit+Glaukophan hat SPEAR (1980) das Austauschgleichgewicht zwischen Plagioklas und Amphibol empirisch an natürlichen Amphiboliten ermittelt. Der Verteilungskoeffizient K_D ist dabei:

$$K_D = (X_{An}/X_{Ab})_{Plag} \cdot (Na,M4/Ca,M4)_{Amph}$$

Die Lösung im festen Zustand ist äußerst unideal. An einer Lokalität hat der Autor Werte von $K_D = -3,0$ bei $X_{An} = 0,3$ bis $K_D = 1,0$ bei $X_{An} = 0,9$ festgestellt.

Die Temperaturabhängigkeit von $\ln K_D$ ist mit $\Delta\bar{H} = 35$ bis 47 kcal bei $X_{An} = 0,25$ erträglich. Die Druckabhängigkeit von $\ln K_D$ ist mit $\Delta\bar{V} = 0,24$ cal/bar klein.

Somit bietet sich eine Verwendung dieses Austauschgleichgewichts als Geothermometer an. SPEAR (1980) beschreibt weiterhin, daß die K_D -Spanne bereits im Aufschlußbereich stark streut und zugleich eine starke Abhängigkeit von der

Gesteinszusammensetzung besteht. Die Brauchbarkeit seines empirischen Modells als Geothermometer ist auch von der Kalkulation der Amphibolformel abhängig. Besonders Na in der X-Position (hier Na,M4) kann einen Fehler von $\pm 50^{\circ}\text{C}$ verursachen. Die Plagioklaszusammensetzung soll nach SPEAR (1980) auf $\pm 1 \text{ mol}\%$ genau bestimmt werden. Unter diesen Voraussetzungen gibt er für sein Diagramm eine Genauigkeit von $\pm 50^{\circ}\text{C}$ an.

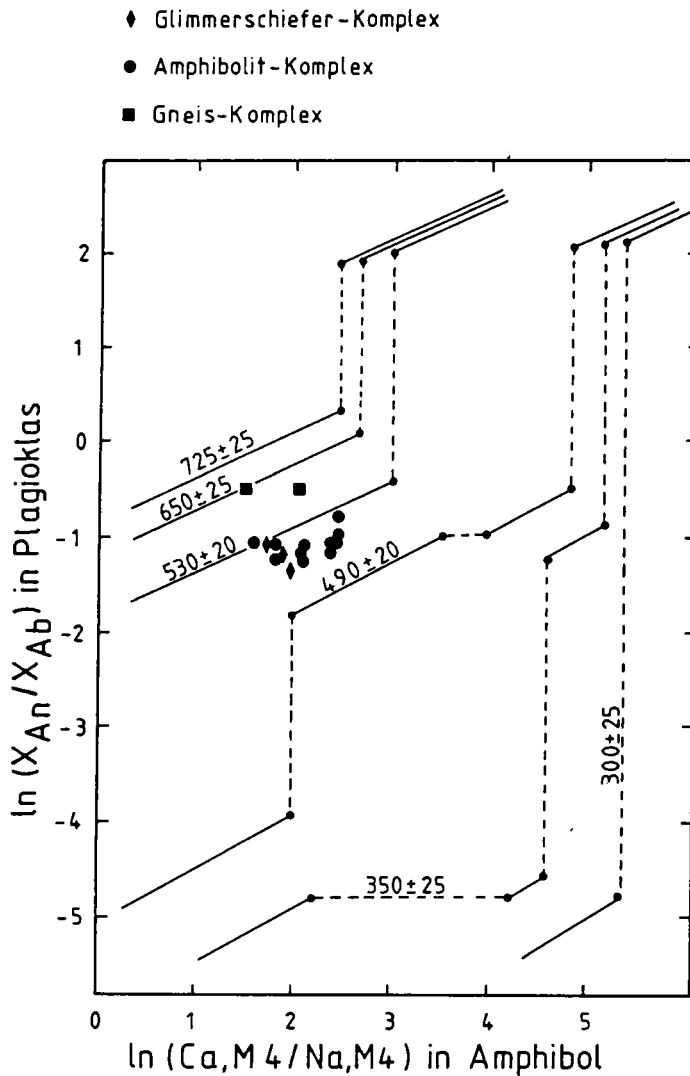


Abb. 69: Empirisches Modell für das Plagioklas-Amphibol-Austauschgleichgewicht nach SPEAR (1980). Die Zahlenwerte an den Linien geben die Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ an. Die gestrichelten Linien entsprechen den Mischungslücken von Plagioklas bzw. Amphibol.

Selbstverständlich wird bei der Anwendung eines Geothermometers stets von der Bestimmung des Austauschgleichgewichts für Berührungsparagenesen ausgegangen. Diese Grundbedingung wird bei meiner Anwendung des Amphibol-Plagioklas-Geothermometers nach SPEAR (1980) jedoch nicht erfüllt. Zwar liegen für Amphibol sehr genaue Mikrosondenanalysen von den von mir untersuchten Amphiboliten vor, jedoch war Plagioklas zum Zeitpunkt der Messungen kein Untersuchungsobjekt. Die Bestimmung der An-Gehalte wurde folglich am Universaldreh-tisch an Schliffen der gleichen Proben vorgenommen. Auf diese Weise bleiben die Mikrosondenpräparate unversehrt und außerdem findet man in normalen Schliffen aufgrund der größeren Fläche auch mehr meßbare Plagioklaskörner.

Ich bin davon ausgegangen, daß sich der An-Gehalt von Plagioklasen in einem Gestein amphibolitfazieller Prägung (siehe Kapitel 6.1.1) nur über eine kleine Spanne streut und man somit bei sehr homogenen Ergebnissen in ein und derselben Probe auch mit der Mikrosonde kaum andere Werte erhalten wird. Folglich wurden nur solche Proben zur weiteren Auswertung herangezogen, die auch bei vielfachen Messungen stets reproduzierbare An-Gehalte aufwiesen und auch keine Streuung zeigten.

Das Ergebnis der Auswertungen ist in Abb. 69 dargestellt. Auch hier ist eine Aufteilung in zwei Gruppen zu beobachten. Mit $650^{\circ} \pm 25^{\circ}\text{C}$ ist die Probe 539 aus dem Gneis-Komplex ebenso wie die Probe 536 von den Werten von um und unter $530^{\circ} \pm 20^{\circ}\text{C}$ für die Proben aus dem Amphibolit- und Glimmerschiefer-Komplex deutlich abgesetzt.

Zwischen den Plots der Daten aus dem Amphibolit-Komplex und dem Glimmerschiefer-Komplex läßt sich kein wesentlicher Unterschied erkennen.

Somit lassen sich nach SPEAR (1980) für Amphibolite des Gneis-Komplex höhere Metamorphosebedingungen als in den darüber folgenden Amphibolit- und Glimmerschiefer-Komplex nachweisen.

6.6.3 Karbonatgeothermometrie

Die Subsolidus-Phasenrelationen in dem binären CaCO_3 - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ -System wurden von HARKER & TUTTLE (1955), GOLDSMITH & HEARD (1961), GRAF & GOLDSMITH (1955, 1958) und von GOLDSMITH & NEWTON (1969) untersucht. Der Mg-Gehalt in Calcit, der mit Dolomit koexistiert, bildet die Basis eines Geothermometers, das wie GOLDSMITH & NEWTON (1969) gezeigt haben, relativ unabhängig vom Druck ist. Entmischungsphänomene von Dolomit in Mg-Calcit sind in höher temperierten metamorphen Gebieten häufig zu beobachten (GOLDSMITH, 1960; SHEPPARD, 1966; SHEPPARD & SCHWARCZ, 1970; HUTCHEON & MOORE, 1973; JACOB, 1974; PUHAN, 1976).

Die Karbonatgesteine des Glimmerschiefer-Komplexes boten sich für eine Anwendung des Geothermometers an. Die wurmförmigen Entmischungslamellen waren jedoch zu klein, um die Point-Count-Methode nach PUHAN (1976) anwenden zu können. Deshalb wurden die Messungen an der Mikrosonde durchgeführt. Die Analysenmethode ist in Kapitel 6.2.1 beschrieben.

Die Berechnungen der Temperaturen habe ich nach den Daten von GOTTSCHALK & METZ (1986) durchgeführt, da in dieser Arbeit die derzeit besten Gleichgewichtsbedingungen für die Calcit-Dolomit-Mischkristallbildung angegeben werden und somit ein recht genauer Solvus (siehe Abb. 70) für die Anwendung des Calcit-Dolomit-Thermometers vorliegt. Die Ergebnisse der Auswertung sind im Anhang unter Punkt 9.2 zusammengestellt (wobei: $X_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$ = Konzentration von Calcit in Calcit; $X_{\text{Do}}^{\text{Do}}$ = Konzentration von Dolomit in Dolomit). Die Temperaturen sind nur für einen abgeschätzten Druck (siehe Kapitel 6.1) von $P = 5$ kb angegeben. Für $P = 4$ kb erniedrigt sich der Wert um 5°C und für $P = 6$ kb erhöht sich der Wert um 5°C . In den Tabellen sind nur Temperaturen ab 400°C angegeben, da darunter wegen der Steilheit der Solvuskurve (Abb. 70) keine genauen Bestimmungen möglich sind.

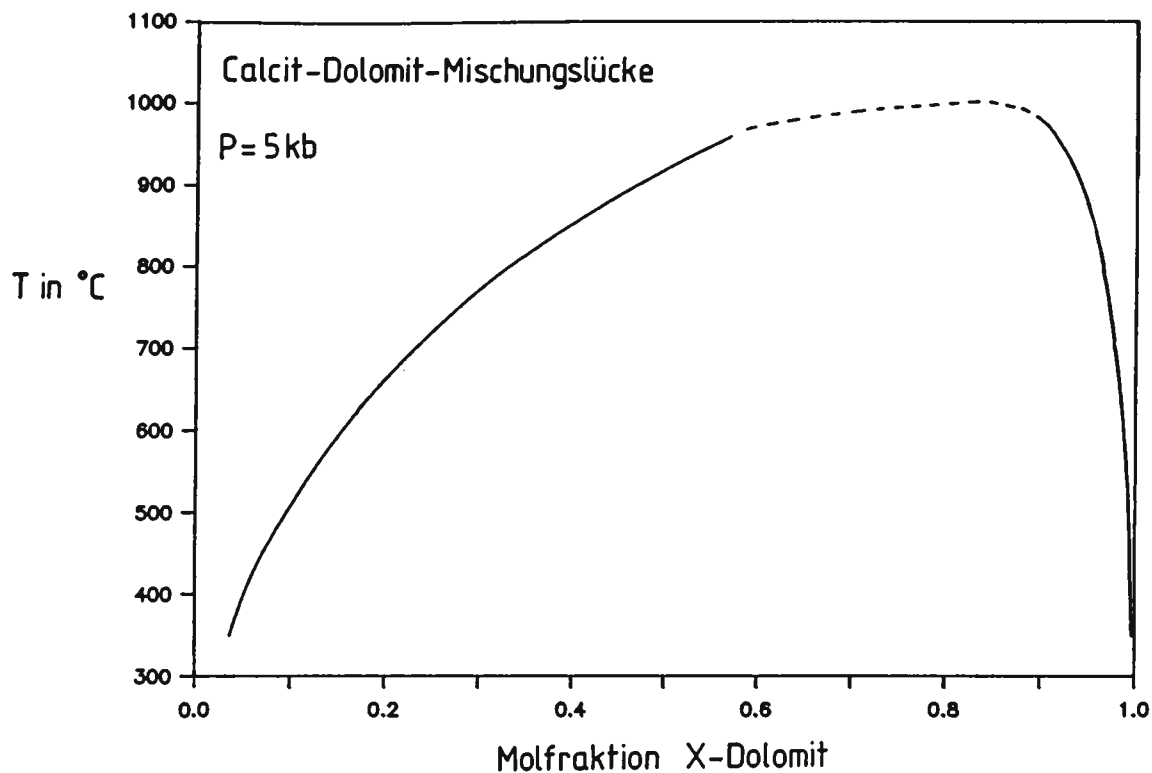


Abb. 70: Calcit-Dolomit-Mischungslücke nach GOTTSCHALK & METZ (1986).

Eine Berücksichtigung von FeCO_3 , wie sie in den Arbeiten von BICKLE & POWELL (1977) für notwendig erachtet und von POWELL, CONDLIFFE & CONDLIFFE (1984) experimentell erarbeitet wird, ist aufgrund der extrem niedrigen FeCO_3 -Anteile nicht notwendig. Das gleiche gilt für MnCO_3 , da auch hier die erlaubten Grenzwerte nicht überschritten werden. Hierin drückt sich der hohe Reinheitsgrad der untersuchten Marmore aus.

Unter Berücksichtigung der analytischen Möglichkeiten kann die Ungenauigkeit der Temperaturbestimmungen auf maximal $\pm 30^{\circ}\text{C}$ eingeschränkt werden (GOTTSCHALK, frendl. mündl. Mitt.).

Die ermittelten Temperaturdaten sind definitive Minimumwerte. Dies liegt darin begründet, daß MgCO_3 während der Abkühlung von hohen Temperaturen aus dem Mg-Calcit herausdiffundieren kann (PUHAN, 1976).

Die erhebliche Streuung der Temperaturen einer Probe, ja selbst innerhalb eines Kornes, findet seine Ursache sowohl im oben genannten als auch in der Analysentechnik. Der relativ große Strahldurchmesser muß über einen großen Bereich integrieren. Dabei ist nicht sichergestellt, daß auch weniger repräsentative Bereiche analysiert werden. Ein unverhältnismäßiges Überhöhen der Temperaturen ist dabei jedoch nicht eingetreten, da nur wenige gemessene Werte nicht mit beobachteten Paragenesen (vgl. Mineralparagenesen im Glimmerschiefer-Komplex: Kapitel 6.1.1, 6.1.4, 6.1.5 und 6.1.6) übereinstimmen.

Unter der Annahme von $P = 5$ kb haben die Marmore des Glimmerschiefer-Komplexes Metamorphosetemperaturen von 620°C erreicht. Das breite Spektrum der gemessenen Werte zeigt die Zurückstellung des Gleichgewichts durch retrograde Diffusionsprozesse auf.

6.7 Zusammenfassung der Aussagen aus den analytischen Methoden

Aus den Analysen der Granate läßt sich für die ophiolitischen Granatamphiboliten des Amphibolit-Komplexes keine eklogitische Genese ableiten. Dagegen führt die Probe 539 aus dem Gneis-Komplex einen pyropreichen Grossular-Almandin.

Aus den Analysen der Amphibole ist für die Probe 539 eine P-betonte Metamorphose für die Magnesio-Hornblenden nachweisbar. Nach den Amphibolen ist der Amphibolit-Komplex etwas höher metamorph als der Glimmerschiefer-Komplex. Beide besitzen Amphibole mit Zusammensetzungen der Mittel-druckfazies.

Das Granat-Amphibol-Geothermometer ergibt für die Proben des Amphibolit-Komplexes Temperaturen von ca. 600°C , während der Gneis-Komplex dabei nur auf 549°C kommt.

Mit dem Amphibol-Plagioklas-Geothermometer erhält man für den Gneis-Komplex $650^{\circ}\pm 25^{\circ}\text{C}$, wogegen im Amphibolit-Komplex nur Werte bis $530^{\circ}\pm 20^{\circ}\text{C}$ erreicht werden.

Das Calcit-Dolomit Solvus Geothermometer ergibt für die Marmore des Glimmerschiefer-Komplexes Temperaturen von bis zu 620°C .

6.8 Zusammenfassung der Metamorphosedaten und ihre zeitliche Einstufung

Bevor ich die quantitativen Metamorphosedaten einem orogenen Ereignis zuordne, möchte ich noch einige qualitative Beurteilungen der einzelnen Datengruppen anführen:

- Die Auswertung der Granat-Amphibol-Geothermometrie hat sehr deutlich aufgezeigt, daß diese Werte zum überwiegenden Teil auf Ungleichgewichtsdaten beruhen. Dies liegt darin begründet, daß Granat zum panzern neigt, was die Diffusion erschwert und somit seine präalpidische Prä-

gung in den Vordergrund rückt. Bei Amphibol liegt dagegen eine alpidische Rückstellung vor, da es über einen größeren Bereich reaktionsfähig bleibt.

Mit dieser Methode lassen sich in polymetamorphen Gebieten also keine sicheren Daten erzielen.

- Bei der Amphibol-Plagioklas-Geothermometrie weisen die betrachteten Mineralphasen wesentlich ähnlichere Verhaltensweisen auf als oben angeführt. So ist es nicht verwunderlich, daß deutlich homogenere Gleichgewichte eingestellt und bestimmt wurden. Offensichtlich entsprechen diese Gleichgewichtsdaten dem jüngsten metamorphen Ereignis.

Für die untersuchten Amphibolite liegen somit alpidische Temperaturen vor.

- Aus methodischen Gründen werden bei der Karbonatgeothermometrie stets Minimumwerte des letzten thermischen Ereignisses bestimmt.

Auch in diesem Fall handelt es sich also um alpidische Temperaturen.

- Eine Einstufung der Kalksilikatparagenesen aus dem Glimmerschiefer-Komplex in die alpidische Metamorphose ist wegen petrographischer Beobachtungen und dem Zusammenfallen der bestimmten Temperaturen mit dem Karbonatgeothermometer sehr wahrscheinlich. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß auch eine Einstufung in die variszische Metamorphose möglich ist.

In der folgenden Tabelle sind die Metamorphosedaten der verschiedenen Einheiten in ihrer wahrscheinlichen zeitlichen Zuordnung wiedergegeben. Zusätzlich sind bereits bekannte radiometrische Datierungen angeführt.

orogener Zyklus Metamorphose	eklogitischer Granatamphibolit	Gneis-Komplex	Amphibolit-Komplex	Glimmerschiefer-Komplex
alpidisch		Biotit: 76 ± 3 M. a. Hellgl.: 81 ± 9 M. a. alpid. Meta.	Ausbildung lokaler grünschiefer- fazieller Scherzonen mit Epidot	retrograde, grünschieferfazielle Prägung bis bruchhafte Deformation Staurolith II $550^{\circ}\text{C} < T < 675^{\circ} \pm 15^{\circ}\text{C}$ P ca. 5kb Kalksilikatparagenesen: 610°C Karbonatgeotherm.: $T > 620^{\circ} \pm 30^{\circ}\text{C}$
	Amph.-Plag.-Geotherm.: $\pm 600^{\circ}\text{C}$	Amph.-Plag.-Geotherm.: $650^{\circ} \pm 25^{\circ}\text{C}$	Amph.-Plag.-Geotherm.: $530^{\circ} \pm 20^{\circ}\text{C}$	
variszisch	amphibolitfaziell	amphibolitfaziell 285 ± 21 M. a. = varisz. Meta.	Regionalmeta., $T > 550^{\circ}\text{C}$	Staurolith I $T > 550^{\circ}\text{C}$ Disthen $P > 5,5\text{kb}$ Pegmatitalter: 248 ± 29 M. a. * postorogen, varisz. ungeschiefert
			Augengneisintrusion: 331 ± 25 M. a. postkollisionaler Intraplatten- granit, varisz. verschiefert	
kaledonisch	subduktionsanzeigende Hoch-P-Meta, $P > 7\text{kb}$, Magnesio-Hbl., Aragonit, Rutil, Pyrop 11,2-25,6	Plagioklasgneis: 500 ± 45 M. a. T-betonte Meta. bis Anatexis	keine Hochdruckmeta.!	

* außerhalb des Arbeitsgebietes

7. Zusammenfassung und Interpretation - Modell -

Der Gneis-Komplex wird von Gesteinen aufgebaut, die eine eindeutige Inselbogencharakteristik aufweisen. Es handelt sich dabei um in Wechselfolgen auftretende tholeiitische bis kalkalkalische Metabasalte, basaltische Metaandesite und kalkalkalische Metadazite bis Metarhyodazite. In dieser Abfolge treten kogenetische Granitgneise auf, die sich als Inselbogengranite erweisen.

An einem Plagioklasgneis aus dem Gneis-Komplex wurde von FRANK et al. (1976) ein Alter von 500 ± 45 M. a. bestimmt. Das niedrige Isotopenverhältnis ($I_o = 0,7044 \pm 0,0012$) weist darauf hin, daß das Ausgangsmaterial der Gneise aus der unteren Kruste bzw. dem oberen Mantel stammt und nicht durch Aufschmelzung älterer kontinentaler Kruste entstanden ist.

Der eklogitische Granatamphibolit (2.1.6) könnte ein tektonischer Span ozeanischer Kruste sein, die während des kaledonischen Zyklus subduziert wurde. Reliktische Mineralparagenesen und -chemismen bestätigen eine kaledonische Hochdruckmetamorphose. Eine geochemische Untersuchung des Gesteins steht noch aus.

Die temperaturbetonte kaledonische Metamorphose im Gneis-Komplex selbst reichte bis zur partiellen Anatexis. Somit kann man den Gneis-Komplex als eine gepaart metamorphe Gesteinsassoziation betrachten.

Die Gesteine des Amphibolit-Komplexes entsprechen denen einer Ophiolithserie. Es handelt sich dabei um Spreading-Basalte mit deutlicher Inselbogenkomponente. Für ihre Genese wird ein backarc-Becken gefordert. Dieses Becken ist kogenetisch mit dem Inselbogen (Gneis-Komplex). Bei der kaledonischen Orogenese wird das backarc-Becken durch eine Inselbogen-Kontinent-Kollision obduziert.

Im Amphibolit-Komplex finden sich keine Anzeichen auf eine Hochdruckmetamorphose, d. h. es läßt sich kein Anzeichen auf eine Subduktion des Ophiolithes finden. Der von WIESEN-EDER (1968) vom Hochgrößen beschriebene Eklogitamphibolit

ist dem Speikophiolith nicht mit Sicherheit zuzuordnen. Bei den im Flatschacher Höhenzug von HAISS (1985) bearbeiteten Speik-Amphiboliten wurde der erhöhte Pyropgehalt nur durch eine Messung belegt. Die geochemischen Analysen von HAISS (1985) lassen ebenfalls "Marginal-Basin"-Charakteristika erkennen.

Über der Ophiolithserie folgen lokal Gesteine, die denen des Gneis-Komplexes sehr ähnlich sind. Es handelt sich dabei um Inselbogenmagmatite für deren Genese es vier Möglichkeiten gibt:

- Es könnte sich um tektonische Späne des Gneis-Komplexes handeln. Ich erachte das als rein theoretische Möglichkeit, da es keine Anzeichen auf einen Mechanismus gibt, der die Platznahme im Hangenden des Ophiolithes erklärt.
- Es handelt sich dabei möglicherweise um vom aktiven Inselbogen eingewehte vulkanische Aschen. Die Mächtigkeit dieser Gesteine und die fehlende Verzahnung mit tonigen Sedimenten schließt aber eine pyroklastische Genese aus.
- Diese kalkalkalischen Gesteine lassen sich auch mit dem kalkalkalischen Magmatismus, wie er aus postorogenen Molassestadien bekannt ist, vergleichen. Gegen diese Möglichkeit spricht das Fehlen anderer Hinweise, die eine derartige Molasseentwicklung anzeigen könnten.
- Folgender letzter Möglichkeit gebe ich den Vorzug: Der Gneis-Komplex kollidiert in der kaledonischen Orogenese mit alter kontinentaler Kruste (FRISCH et al. 1984). Dabei kommt es zur Obduktion des backarc-Beckens. Unter diesen weiterhin aktiven Kontinentalrand setzt sich die Subduktion ozeanischer Kruste fort. Hinweise auf eine derartige Entwicklung geben auch die schwach-metamorphen Schichtfolgen am Westrand der Gurktaler Decke (GIESE, 1987; MULFINGER, 1986). Somit erweisen sich die Gesteine im Hangenden des Amphibolit-Komplexes als subduktionsgebundene Magmatite, die die letzte kaledonische Subduktionsphase vor der Inaktivierung des Kontinentalrandes anzeigen.

Eine kaledonische Suture befindet sich an der Grenze zwischen Gneis- und Amphibolit-Komplex.

Mit der Inaktivierung des Kontinentalrandes setzt eine klastische Schelfsedimentation ein, die durch die Metapelite des Glimmerschiefer-Komplexes angezeigt wird. Die wechselhafte Subsidenzgeschichte wird durch die gröberklastischen bzw. karbonatischen Einschaltungen dokumentiert. Der Vergleich mit schwächer metamorphen altpaläozoischen Profilen (HAISS, 1985) erlaubt die zeitliche Einstufung dieser Klastika ins Silur. Eingeschaltete Intraplattenalkalibasalte zeigen, daß tiefreichende Brüche, die durch Zerrung entstanden sind, bis in den Mantel gereicht haben müssen. Mit weiterer Subsidenz im Devon treten vermehrt mächtigere Karbonatfolgen auf, die Plattformentwicklungen anzeigen.

Zwei Staurolitgenerationen und zwei Granatzonen in den Metapeliten des Glimmerschiefer-Komplexes lassen erkennen, daß zwei metamorphe Ereignisse vorliegen. Da der Glimmerschiefer-Komplex dem Amphibolit-Komplex in primär sedimentärem Auflager folgt, hat auch der Ophiolith eine variszische und alpidische Metamorphose erfahren. Die variszische Regionalmetamorphose hat dabei Temperaturen von über 550°C und Drucke von über 5,5 kb erreicht.

Im Karbon kommt es zu einem Plutonismus. Als Wegsamkeit wird die kaledonische Suture benutzt. Eine Apophyse dringt in den Amphibolit-Komplex ein. Am nördlichen Augengneiszug wurde von JUNG (1982) ein Alter von 331 ± 25 M. a. mit $I_{\text{O}}=0,7058$, also I-Typ-Granit, bestimmt. Geochemisch handelt es sich um einen postkollisionalen Intraplattengranit, wie er für ausgedünnte kontinentale Kruste typisch ist.

Die Pegmatite des Glimmerschiefer-Komplexes können mit denen der Wölzer Tauern verglichen werden, für die von JÄGER & METZ (1971) ein permisches Alter ermittelt wurde.

In der alpidischen Metamorphose herrschten ebenfalls die Bedingungen einer amphibolitfaziellen Regionalmetamorphose. Die Temperaturen erreichten dabei 650°C im Gneis-Komplex und 620°C im Glimmerschiefer-Komplex. Die retrograde grünschieferfazielle Überprägung bis zur kalten bruchhaften Deformation ist vor allem in den Glimmerschiefern ausgebildet.

8. Literaturverzeichnis

- ACKERMAND, D. & MORTEANI, G. (1976): Kontinuierlicher und diskontinuierlicher Zonarbau in den Granaten der penninischen Gesteine der Zillertaler Alpen (Tirol/Österreich). - *Tschermaks Min. Petrol. Mitt.*, 23, 117-136.
- ANGEL, F. (1939): Der Kraubather Olivinfels-Serpentinkörper als Glied der metamorphen Einheit der Gleinalpe. - *Fortschr. Min.*, 23, 90-104.
- ANGEL, F. (1923): Petrographisch-geologische Studien im Gebiet der Gleinalpe (Steiermark). - *Jb. geol. B.-A.(Wien)*, 73, 63-98.
- ANGEL, F. & HERITSCH, F. (1921): Ergebnisse von geologischen und petrographischen Studien im mittelsteirischen Kristallin. - *Verh. geol. B.-A. (Wien)*, 3, 49-57.
- ATHERTON, M. P. & EDMUNDS, W. M. (1966): An electron microprobe study of some zoned garnets from metamorphic rocks. - *EPSL*, 1, 185-193.
- BAEZA_ASSIS, L. (1984): Petrography and tectonics of the plutonic and metamorphic complex of Limon Verde and Mejillones Peninsula, Northern Chile. - *Unveröff. Diss., Geowiss. Fak. Univ. Tübingen*.
- BECKER, L. P. (1981): Zur Gliederung des Obersteierischen Altkristallins (Muriden). - *Verh. geol. B.-A. (Wien)*, 2, 3-17.
- BECKER, L. P. & SCHUMACHER, R. (1972): Metamorphose und Tektonik in dem Gebiet zwischen Stub- und Gleinalpe, Stmk. - *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 65 (1972), 1-32, Wien 1973.
- BENCE, A. E. & ALBEE, A. L. (1968): Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. - *J. Geol.*, 76, 382-403.
- BICKLE, M. J. & POWELL, R. (1977): Calcite-Dolomite geothermometry for Iron-bearing carbonates. The Glockner area of the Tauern Window, Austria. - *Contr. Mineral. Petrol.*, 59, 281-292.
- BLACK, P. M. (1973): Mineralogy of New Caledonian Metamorphic Rocks. I. Garnets from the Ouegoa District. - *Contr. Mineral. and Petrol.*, 38, 221-235.
- BLACKBURN, W. H. & NAVARRO, E. (1977): Garnet Zoning and Polymetamorphism in the Eclogitic Rocks of Isla da Margarita, Venezuela. - *Can. Min.*, 15, 257-266.
- BROWN, E. H. (1977): The Crossite Content of Ca-Amphibole as a Guide to Pressure of Metamorphism. - *Jour. Petrol.*, 18, 53-72.
- BRÜCKMANN, W. (1985): Geologie und Geochemie paläozoischer Gneis-Amphibolit-Folgen im Kristallin der Gleinalpe (Steiermark, Österreich). - *Tübingen, Univ., Geowiss. Fak., Dipl.-Arb.*
- COLBY, J. W. (1968): MAGIC IV. A computerprogramm for quantitative electron microprobe analysis. - *Bell Telephone Labs., Allerton, PA, USA, Internal Report.*
- COLEMAN, R. G., LEE, D. E., BEATTY, L. B. & BRANNOCK, W. W. (1965): Eclogites and Eclogites: Their Differences and Similarities. - *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 76, 483-508.

- DEER, W. A., HOWIE, R. A. & ZUSSMAN, J. (1963): Rockforming minerals, Vol. 4, Framework Silicates, Longman (London), 1963.
- EBNER, F. (1983): Erläuterungen zur geologischen Basiskarte 1:50 000 der Naturraumpotentialkarte "Mittleres Murta". - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 29, 99-131.
- ERNST, W. G. & DAL PIAZ, G. V. (1978): Mineral parageneses of eclogitic rocks and related mafic schists of the Piedmont ophiolite nappe, Breuil-St. Jacques area, Italian Western Alps. - Amer. Min., 66, 443-472.
- FAURE, B. & POWELL, J. L. (1972): Strontium Isotope Geology. - Berlin-Heidelberg: Springer (1972).
- FLOYD, P. A. & WINCHESTER, J. A. (1978): Identification and discrimination of altered metamorphosed volcanic rocks using immobile elements. - Chem. Geo., 21, 291-306.
- FLOYD, P. A. & WINCHESTER, J. A. (1975): Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. - EPSL, 27, 211-218.
- FRANK, W., KLEIN, P., NOWY, W. & SCHABERT, S. (1976): Die Datierung geologischer Ereignisse im Altkristallin der Gleinalpe (Steiermark) mit der Rb/Sr-Methode. - Tschermaks Min. Petrol. Mit., (3) 23, 191-203.
- FRISCH, W., NEUBAUER, F., BRÖCKER, M., BRÜCKMANN, W. & HAISS, N. (1987): Interpretation of geochemical data from the Caledonian basement within the Austroalpine basement complex. - Im Druck.
- FRISCH, W., NEUBAUER, F. & SATIR, M. (1984): Concepts of the evolution of the Austroalpine basement complex (Eastern Alps) during the Caledonian-Variscan cycle. - Geol. Rdsch., 73, 47-68.
- GIESE, U. (1987): Altpaläozoischer Vulkanismus am NW-Rand der Gurktaler Decke. Geologie, Petrologie und Geochemie. - Unveröff. Diss., Geowiss. Fak. Univ. Tübingen.
- GOLDSMITH, J. R. (1960): Exsolution of Dolomite from Calcite. - J. Geol., 68, 103-109.
- GOLDSMITH, J. R. & HEARD, H. C. (1961): Subsolidus phase reactions in the system $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$. - J. Geol., 69, 45-74.
- GOLDSMITH, J. R. & NEWTON, R. C. (1969): P-T-X relations in the system $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ at high temperatures and pressures. - Am. J. Sci., Schraiberer Völ. 267-A, 160-190.
- GOTTSCHALK, M. (1984): Die Bildungsbedingungen von Talk, Tremolit, Diopsid und Forsterit bei der Metamorphose von kieseligen Dolomiten. - Tübingen, Univ., Geowiss. Fak., Dipl.-Arb.
- GOTTSCHALK, M. & METZ, P. (1986): Thermodynamische Bearbeitung des Calcit-Dolomit-Solvus anhand vorhandener experimenteller Daten. - Fortschritte der Min., 64/1, S. 58.
- GRAF, D. L. & GOLDSMITH, J. R. (1955): Dolomite magnesian calcite relations at elevated temperatures and CO_2 pressures. - Geochim. Cosmochim. Acta, 7, 109-128.

- GRAHAM, C. M. & POWELL, R. (1984): A garnet-Hornblende geothermometer: calibration, testing, and application to the Pelona Schist, Southern California. - *J. meta. Geol.*, 2, 13-31.
- GRIFFIN, W. L. (1971): Genesis of coronas in anorthosites of the upper Jotun nappe, Indre Sogn, Norway. - *J. Petrol.*, 12, 219-243.
- HAISS, N. (1985): Das ostalpine Kristallin im Flatschacher Höhenzug zwischen Fohnsdorf und Ingering II (Steiermark). - Tübingen, Univ., Geowiss. Fak., Dipl.-Arb.
- HARKER, R. L. & TUTTLE, O. F. (1955): Studies in the system CaO-MgO-CO₂. Pt. 2: Limits of solid solution along the binary join, CaCO₃-MgCO₃. - *Am. J. Sci.*, 253, 274-282.
- HAUSER, A. (1937): Petrographische Begehungen in der Grauwackenzone der Umgebung Leobens. III. Serpentinite und Begleiter. - *Verh. geol. B.-A. (Wien)*, 1937, 219-226.
- HERITSCH, F. (1908): Granit aus der Umgebung von Übelbach in Mittelsteiermark. - *Verh. k.k. geol. Reichsanst. (Wien)*, 1908, 13, 295-297.
- HERITSCH, F. & CZERMAK, F. (1923): Geologie des Stubalpengebirges in Steiermark (Erläuterungen - geologische Karte 1: 37 500, Profile). 55 S., Zur Steiermärkischen Kultur, Verlag Moser, Graz 1923.
- HERITSCH, H. (1963): Exkursion in das Kristallengebiet der Gleinalpe, Fensteralpen-Humpelgraben, Kleinalpe. - *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 93, 159-177.
- HERITSCH, H. & TEICH, T. (1975): Zur Genese des Augengneiszuges von der östlichen Gleinalpe in die westliche Stubalpe. - *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Jg. 1975/9*: 115-119.
- HIETANEN, A. (1974): Amphibole pairs, epidote minerals, chlorite, and plagioclase in metamorphic rocks, northern Sierra Nevada, California. - *Amer. Min.*, 59, 22-40.
- HUTCHEON, J. & MOORE, J. M. (1973): The Tremolite isograd near Marble Lake, Ontario. - *Can. J. Earth Sci.*, 10, 936-947.
- JACOB, R. E. (1974): Geology and metamorphic petrology of part of the Damara Orogen along the lower Swakop River, Southwestern Africa. - Univ. of Cape Town, Dep. of Geol. Chamber of Mines, Precambrian Research Unit, Bull. 17.
- JÄGER, E. & METZ, K. (1971): Das Alter der Pegmatite des Raumes Bretstein-Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark). - *Schweiz. Min. u. Petr. Mitt.*, 51, H. 2/3, 411-414.
- JUNG, G. (1982): Geologische und geochronologische Untersuchungen des Metamorphoseablaufes in Glein-, Stub- und Koralpe. - Diss. Form. u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, 180 S., Wien 1982.
- LAIRD, J. (1982): Amphiboles in metamorphosed basaltic rocks: greenschist facies to amphibolite facies. - In: VEBLEN, D. R. & RIBBE, P. H. (eds.), *Amphiboles: petrology and experimental phase relations. Reviews in Mineralogy*, 9B, 390 S., Min. Soc. Amer.
- LAIRD, J. & ALBEE, A. L. (1981): Pressure, temperature, and time indicators in mafic schist: their application to reconstructing the polymetamorphic history of Vermont. - *Amer. J. Sci.*, 281/2, 127-175.

- LEAKE, B. E. (1978): Nomenclature of amphiboles. - *Min. Mag.*, 42, 533-563.
- LEAKE, B. E. (1971): On aluminous and edenitic hornblendes. - *Min. Mag.*, 38, 389-407.
- LEAKE, B. E. (1965): The relationship between tetrahedral aluminium and the maximum possible octahedral aluminium in natural calciferous and subcalciferous amphiboles. - *Min. Mag.*, 50, 843-851.
- LEAKE, B. E. (1964): The chemical distinction between ortho- and para-amphiboles. - *J. Petrol.*, vol. 5, part 2, 238-254.
- LEAT, P. T. & THORPE, R. S. (1986): Geochemistry of an Ordovician Basalt-trachybasalt-subalkaline/peralkaline rhyolite association from the Lleyn Peninsula, North Wales, U. K. - *Geol. Journ.*, 21, 29-43.
- MAKRYGINA, V. A. & SHIRYAYEVA, V. A. (1980): Effect of pressure and the composition of garnets from different series of metamorphic facies. - *Doklady Akad. Nauk sssr*, 250, 206-209.
- MEHNERT, K. R. (1968): Migmatites and the origin of granitic rocks. - Amsterdam, London: Elsevier 1968, 393 S.
- MESCHEDE, M. (1986): A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. - *Chem. Geol.*, 56, 207-218.
- MOINE, B. & de la ROCHE, H. (1968): Nouvelle approche du problème de l'origine des amphibolites à partir de leur composition chimique. - *C. R. Acad. Sc. Paris*, 267 (D), 2084-2087.
- MØRK, M. B. E. (1985): Incomplete high P-T metamorphic transitions within the Kvamsøy pyroxenite complex, West Norway: a case study of disequilibrium. - *J. meta. Geol.*, 3, 245-264.
- MULFINGER, H. (1986): Zur Geologie des W-Randes der Gurktaler Decke. Das Klamockgebiet/Kärnten/Österreich. - Tübingen, Univ., Geowiss. Fak., Dipl.-Arb.
- MULLEN, E. D. (1983): Mn/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implication for petrogenesis. - *EPSL*, 62, 53-62.
- NEUBAUER, F. (1986): Die strukturelle und metamorphe Entwicklungsgeschichte eines mehrfach deformierten Hochkristallins - Das Gleinalm-Rennfeld-Kristallin (Ostalpen). - *Strukturgeologie, Kristallin-geologie, Tektonik; Symposium*, Tübingen, 10.-12.4.1986, S. 32-34, Attempto Verlag, Tübingen 1986.
- NEUBAUER, F. (1985): Eine präoberordovizische Transgression in der Grauwackenzone (Ostalpen) und ihre Bedeutung für paläozoische Geodynamik und alpidischen Deckenbau. - *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1985, H. 1, 46-64.
- NOWY, W. (1977): Die Geologie des Gleinalm-Autobahntunnels. 1. Teil: Tektonik. - *Mitt. Ges. Geol. Bergbausrud. Österr.*, 24, 59-123.
- PEARCE, J. A. (1975): Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. - *Tectonophysics*, 25, 41-67.

- PEARCE, J. A., HARRIS, N. B. W. & TINDLE, A. G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. - *J. Petrol.*, 25/4, 956-983.
- PEARCE, J. A., ALABASTER, T., SHELTON, A. W. & SEARLE, M. P. (1981): The Oman ophiolite as a Cretaceous arc-basin complex: evidence and implications. - *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A 300, 299-317.
- PEARCE, J. A. & CANN, J. R. (1973): Tectonic settings of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. - *EPSL*, 19, 290-300.
- POWELL, R., CONDLIFFE, D. M. & CONDLIFF, E. (1984): Calcite-dolomite geothermometry in the system CaCO_3 - MgCO_3 - FeCO_3 : an experimental study. - *J. Meta. Geol.*, 2, 33-41.
- PROSSNIGG, W. (1969): Untersuchungen an granitoiden Gesteinen und Amphiboliten der Gleinalpe (Steiermark). - Unveöff. Diss. Phil. Fak. Graz, 244 S., Graz 1969.
- PUHAN, D. (1976): Metamorphic temperature determination by means of the dolomite-Calcite solvus geothermometer - Examples from the Central Damara Orogen (South West Africa). - *Contr. Min. Petrol.*, 58, 23-28.
- RAASE, P. (1974): Al and Ti content of hornblende; indicators of pressure and temperature of regional metamorphism. - *Contr. Min. Petrol.*, 45, 231-236.
- RÄHEIM, A. & GREEN, D. H. (1974): Experimental determination of the temperature and pressure dependence of the Fe-Mg partition coefficient of coexisting garnet and clinopyroxene. - *Contr. Min. Petrol.*, 48, 179-203.
- RINGWOOD, A. E. (1975): Composition and petrology of the Earth's Mantle. - McGraw-Hill Book Company, 618 S.
- SCHUMACHER, R. (1974): Beiträge zur Gesteinskunde des Stub-/Gleinalpenzuges, Steiermark. II Rachau-Gleinalpe-Terenbachalpe. - Joanneum, Min. Mittbl., 41, 12-36.
- SCHUMACHER, R. (1972): Die Geologie des Südwest-Randes des Gleinalm-Massivs. - Unveröff. Diss. Univ. Graz, 181 S., Graz 1972.
- SHAW, D. W. (1972): The origin of the Apsley Gneiss, Ontario. - *Can. J. Earth Sci.*, 9, 18-35.
- SHEPPARD, S. M. F. (1966): Carbon and oxygen isotope studies. - Ph. D. thesis, McMasters Univ.
- SHEPPARD, S. M. F. & SCHWARCZ, H. R. (1970): Fractionation of carbon and oxygen isotopes and magnesium between coexisting metamorphic calcite and dolomite. - *Contr. Min. Petrol.*, 26, 161-198.
- SHERVAIS, J. W. (1982): Ti- V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. - *EPSL*, 59, 101-118.
- SIGMUND, A. (1918): Neue Mineralfunde in der Steiermark. - *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 54, 225-234.

- SPEAR, F. S. (1980): NaSi - CaAl exchange equilibrium between plagioclase and amphibol. An empirical model. - *Contr. Min. Petrol.*, 72, 33-41.
- SPEAR, F. S. & SELVERSTONE, J. (1983): Quantitative P-T path from zoned minerals: Theory and tectonic applications. - *Contr. Min. Petrol.*, 83, 348-357.
- SPENGLER, E. (1914): Ein neues Vorkommen von Serpentin auf der Gleinalpe. - *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark.*, 55/2, 80-83.
- TEICH, T. (1986): Chemische Untersuchungen an Amphiboliten der Glein- und Stubalpe, Steiermark. - *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 116, 63-70.
- TEICH, T. (1978): Die Genese des Augengneiszuges in der Gleinalpe-Stubalpe, Steiermark. - *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 108, 55-69.
- VACEK, M. (1890): Ueber die krystallinische Umrandung des Grazer Beckens. - *Verh. k.k. geolog. Reichsanst.*, 1890, Nr. 1, 9-20.
- WALKER, K. R., JOPLIN, G. A., LOVERING, J.F. & GREEN, R. (1960): Metamorphic and metasomatic convergence of basic igneous rocks and lime-magnesia sediments of the Precambrian of north-western Queensland. - *J. Geol. Soc. Australia*, 6, 147 ff.
- WIESENER, H. (1969): Der Eklogitamphibolit von Hochgrößen, Steiermark. - *Joanneum Min Mittbl.*, 1969, 156-164.
- WINKLER, H. G. F. (1979): Petrogenesis of metamorphic rocks. - Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin, 348 S.
- WOODSWORTH, G. J. (1977): Homogenisation of zoned garnets from pelitic schists. - *Can. Min.*, 15, 230-242.

9.1 Geochemische Analysen

Für die RF-Analyse wurden insgesamt 39 Proben aus den verschieden Gesteinseinheiten aufbereitet.

Zusätzlich zur Bestimmung des Glühverlustes erfolgte die Bestimmung des Wassergehaltes mit der PENFIELD-Methode und die titrimetrische Ermittlung des Fe²⁺-Anteils.

Die angegebenen CO₂-Gehalte sind rein rechnerischer Natur und entsprechen der Differenz

$$\text{Glühverlust} - \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2$$

Die Probenbezeichnung folgt der Numerierung der Aufschlußpunkte.

In den Tabellen werden die gleichen Symbole wie in Kapitel 5 verwendet.

RFA-Analysen

Gesteinseinheit: Analysen-
Proben-Nr.: fehler Nachweis-
Symbol grenze

Hauptelemente (Gew.-%)

SiO ₂	0,29	0,75
TiO ₂	0,02	0,04
Al ₂ O ₃	0,07	0,15
Fe ₂ O ₃	0,10	0,20
MnO	0,00	0,00
MgO	0,14	0,27
CaO	0,17	0,33
Na ₂ O	0,10	0,19
K ₂ O	0,08	0,16
P ₂ O ₅	0,02	0,03
H ₂ O		
FeO		
CO ₂		

Glühverlust

Spurenelemente (ppm)

Ba	24	48
Cr	24	48
Ni	19	36
Rb	5	9
Sr	4	8
V	4	9
Zn	6	12
Nb	4	7
Y	3	10
Zr	15	29
Summe	0,41	

RFA-Analysen

Gesteinseinheit: Gneis-Komplex				
Proben-Nr.:	535 d	537	356	535 h
Symbol	☒	☒	+	☒
Hauptelemente (Gew.-%)				
SiO ₂	49.54	46,64	77,78	77,08
TiO ₂	1.64	0,07	0,09	0,12
Al ₂ O ₃	15.19	19,93	11,92	12,38
Fe ₂ O ₃	2.67	0,56	0,52	0,30
MnO	0.17	0,09	0,04	0,04
MgO	6.77	10,63		
CaO	8.93	14,48	0,55	1,35
Na ₂ O	3.27	0,82	4,79	4,65
K ₂ O	1.48	0,17	2,07	1,67
P ₂ O ₅	0,17			
H ₂ O	0.81	0,89	0,46	0,36
FeO	7,21	3,62	0,94	1,24
CO ₂	0.00	0,09	0,00	0,00
Glühverlust	0.26	0,98	0,36	0,26
Spurenelemente (ppm)				
Ba	278	49	745	627
Cr	54	574		
Ni	51	99		
Rb	25			
Sr	159	123	36	26
V	227	82	36	59
Zn	111	30	21	20
Nb	3	1	7	2
Y	44	8	33	35
Zr	183	4	165	111
Summe	97,96	98,09	99,26	99,28

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit: Gneis-Komplex				
Proben-Nr.:	535 d	537	356	535 h
Symbol:	☒	☒	+	☒
CIPW-Norm				
Quarz			40,8	40,3
Korund			0,8	0,5
Zirkon	0,0		0,0	0,0
Orthoklas	9,0	1,0	12,4	10,0
Albit	28,5	7,1	41,1	39,8
Anorthit	23,1	51,7	2,8	6,8
Nephelin				
Diopsid	17,4	17,7		
-Wo.-Komp.	8,9	9,3		
-En.-Komp.	5,6	6,8		
-Fs.-Komp.	2,8	1,6		
Hypersthen	5,3	11,6	1,2	1,9
-En.-Komp.	3,5	9,4		
-Fs.-Komp.	1,8	2,2	1,2	1,9
Olivin	9,1	9,7		
-Fo.-Komp.	5,8	7,7		
-Fa.-Komp.	3,3	2,0		
Magnetit	4,0	0,8	0,8	0,4
Chromit	0,0	0,3		
Hämatit				
Ilmenit	3,2	0,1	0,2	0,2
Apatit	0,4			
Summe	100,05	100,11	100,02	100,02
RITTMANN-Werte				
Sigma	3,45	0,27	1,35	1,17
LgSig	0,54	-0,57	0,13	0,07
Tau	7,27	273,00	79,22	64,42
LgTau	0,86	2,44	1,90	1,81
A AFM	22,30	6,25	82,61	80,29
F AFM	45,92	26,60	17,39	19,71
M AFM	31,78	67,15	0,00	0,00
NIGGLI-Werte				
AL	22,43	24,82	40,14	47,07
ALK	10,31	1,91	40,87	35,96
FM	43,28	40,49	6,95	7,64
K	0,23	0,12	0,22	0,19
C	23,98	32,78	4,04	9,33
MG	0,58	0,83	0,00	0,00
SI	124,15	98,56	533,05	497,31
TI	3,09	0,11	0,46	0,58
P	0,18	0,00	0,00	0,00
QZ	-17,09	-9,08	276,83	264,60
T	-11,86	-9,87	3,23	1,78

RFA-Analysen

Gesteinseinheit: nördlicher Augengneiszug

Proben-Nr.: 306 400 440

Symbol: ⊙ ⊙ ⊙

Hauptelemente

(Gew.-%)

SiO ₂	70,96	67,08	69,98
TiO ₂	0,35	0,61	0,45
Al ₂ O ₃	14,14	14,71	14,73
Fe ₂ O ₃	0,79	1,31	0,71
MnO	0,07	0,09	0,06
MgO	0,42	0,78	0,93
CaO	1,15	1,56	1,89
Na ₂ O	2,77	3,26	3,35
K ₂ O	5,29	4,54	4,51
P ₂ O ₅	0,21	0,32	0,16
H ₂ O	0,72	0,90	0,70
FeO	2,11	3,74	1,82
Co ₂	0,03	0,00	0,03

Glühverlust 0,75 0,87 0,73

Spurenelemente

(ppm)

Ba	622	565	465
Cr			
Ni			
Rb	273	243	216
Sr	108	132	182
V	22	35	33
Zn	58	97	47
Nb	16	22	20
Y	52	47	40
Zr	219	403	186

Summe 99,15 99,05 99,44

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit: nördlicher Augengneiszug

Proben-Nr.: 306 400 440

Symbol: ⊙ ⊙ ⊙

CIPW-Norm

Quarz	31,4	25,4	27,7
Korund	2,3	2,4	1,3
Zirkon	0,0	0,1	0,0
Orthoklas	31,8	27,4	27,0
Albit	23,9	28,1	28,8
Anorthit	4,4	5,8	8,5
Nephelin			
Diopsid			
-Wo.-Komp.			
-En.-Komp.			
-Fs.-Komp.			
Hypersthen	3,9	7,0	4,5
-En.-Komp.	1,1	2,0	2,3
-Fs.-Komp.	2,8	5,0	2,2
Olivin			
-Fo.-Komp.			
-Fa.-Komp.			
Magnetit	1,2	1,9	1,0
Chromit			
Hämatit			
Ilmenit	0,7	1,2	0,9
Apatit	0,5	0,8	0,4
Summe	100,05	100,08	100,04

RITTMANN-Werte

Sigma	2,32	2,53	2,29
LgSig	0,37	0,40	0,36
Tau	32,49	18,77	25,29
LgTau	1,51	1,27	1,40
A AFM	70,91	57,39	69,52
F AFM	25,39	36,87	22,26
M AFM	3,70	5,74	8,23

NIGGLI-Werte

AL	45,36	40,78	43,28
ALK	32,99	28,49	30,54
FM	14,95	22,87	16,08
K	0,56	0,48	0,47
C	6,71	7,86	10,10
MG	0,23	0,24	0,43
SI	386,29	315,57	348,94
TI	1,43	2,16	1,69
P	0,48	0,64	0,34
QZ	166,72	113,90	139,54
T	5,67	4,43	2,65

RFA-Analysen

Gesteinseinheit:	südlicher	Augengneiszug	
Proben-Nr.:	582	592	600
Symbol	⊖	⊖	⊖

Hauptelemente
(Gew.-%)

SiO ₂	73,42	72,09	71,68
TiO ₂	0,23	0,31	0,30
Al ₂ O ₃	13,54	13,98	14,04
Fe ₂ O ₃	0,40	0,54	0,21
MnO	0,05	0,06	0,06
MgO	0,32	0,42	0,41
CaO	0,92	1,02	1,07
Na ₂ O	3,31	2,94	2,93
K ₂ O	4,60	4,84	4,98
P ₂ O ₅	0,14	0,21	0,20
H ₂ O	0,57	0,78	0,68
FeO	1,40	1,73	1,92
Co ₂	0,11	0,07	0,01

Glühverlust	0,68	0,85	0,69
-------------	------	------	------

Spurenelemente
(ppm)

Ba	214	271	320
Cr			
Ni			
Rb	332	320	310
Sr	61	66	72
V	10	19	15
Zn	37	53	48
Nb	12	16	13
Y	56	50	50
Zr	143	161	153

Summe	99,10	99,09	98,59
-------	-------	-------	-------

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit:	südlicher	Augengneiszug	
Proben-Nr.:	582	592	600
Symbol:	⊖	⊖	⊖

CIPW-Norm

Quarz	34,2	33,8	32,6
Korund	1,8	2,6	2,4
Zirkon	0,0	0,0	0,0
Orthoklas	27,6	29,1	30,1
Albit	28,5	25,3	25,4
Anorthit	3,7	3,8	4,1
Nephelin			
Diopsid			
-Wo.-Komp.			
-En.-Komp.			
-Fs.-Komp.			
Hypersthen	2,8	3,4	4,1
-En.-Komp.	0,8	1,1	1,0
-Fs.-Komp.	2,0	2,4	3,0
Olivin			
-Fo.-Komp.			
-Fa.-Komp.			
Magnetit	0,6	0,8	0,3
Chromit			
Hämatit			
Ilmenit	0,4	0,6	0,6
Apatit	0,3	0,5	0,5
Summe	100,03	100,04	100,04

RITTMANN-Werte

Sigma	2,06	2,08	2,18
LgSig	0,31	0,32	0,34
Tau	44,48	35,61	37,03
LgTau	1,65	1,55	1,57
A AFM	78,76	74,28	75,44
F AFM	18,06	21,71	20,65
M AFM	3,19	4,01	3,91

NIGGLI-Werte

AL	47,07	46,82	46,53
ALK	36,24	33,75	33,84
FM	10,87	13,22	13,19
K	0,48	0,52	0,53
C	5,82	6,21	6,45
MG	0,26	0,27	0,26
SI	433,16	409,74	403,10
TI	1,02	1,32	1,27
P	0,35	0,51	0,48
QZ	199,03	187,83	180,45
T	5,02	6,87	6,24

RFA-Analysen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	121	332	557	566
Symbol	■	■	■	■
Hauptelemente (Gew.-%)				
SiO ₂	40,06	37,92	39,96	41,25
TiO ₂	0,10	0,07		0,06
Al ₂ O ₃	1,94	1,49	1,13	1,75
Fe ₂ O ₃	1,74	2,56	3,09	1,59
MnO	0,11	0,14	0,13	0,15
MgO	33,44	36,75	36,90	33,80
CaO	2,27	0,61	1,46	1,10
Na ₂ O				
K ₂ O				
P ₂ O ₅				
H ₂ O	7,17	7,54	9,48	6,16
FeO	5,85	5,37	4,80	6,19
CO ₂	6,62	6,94	2,19	6,89
Glühverlust				
	13,79	14,48	11,67	13,05
Spurenelemente (ppm)				
Ba				
Cr	2330	2368	2633	2594
Ni	2102	2277	2425	2366
Rb				
Sr	9	87	18	
V	85	62	48	57
Zn	56		52	53
Nb				
Y	7	6	7	7
Zr				3
Summe	99,76	99,87	99,66	99,45

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	121	332	557	566
Symbol:	■	■	■	■
CIPW-Norm				
Quarz				
Korund		0,4		
Zirkon				
Orthoklas				
Albit				
Anorthit	6,2	3,6	3,5	5,5
Nephelin				
Diopsid	5,5		3,7	0,6
-Wo.-Komp.	2,9		2,0	0,3
-En.-Komp.	2,3		1,6	0,3
-Fs.-Komp.	0,2		0,1	0,0
Hypersthen	35,6	30,2	32,6	46,1
-En.-Komp.	32,2	28,0	30,7	41,4
-Fs.-Komp.	3,4	2,2	1,9	4,7
Olivin	49,0	60,6	54,3	44,2
-Fo.-Komp.	43,9	55,7	50,8	39,3
-Fa.-Komp.	5,1	4,9	3,6	4,9
Magnetit	2,9	4,4	5,1	2,7
Chromit	1,2	1,2	1,3	1,3
Hämatit				
Ilmenit	0,2	0,2		0,1
Apatit				
Summe	100,52	100,54	100,58	100,58
RITTMANN-Werte				
Sigma	0,00	0,00	0,00	0,00
LgSig	0,00	0,00	0,12	-0,02
Tau	19,40	21,29	0,00	29,17
LgTau	1,29	1,33	0,00	1,46
A AFM	0,00	0,00	0,00	0,00
F AFM	18,37	17,54	17,28	18,69
M AFM	81,63	82,46	82,72	81,31
NIGGLI-Werte				
AL	1,94	1,42	1,07	1,76
ALK	0,00	0,00	0,00	0,00
FM	93,95	97,53	96,43	96,22
K	0,00	0,00	0,00	0,00
C	4,12	1,06	2,50	2,01
MG	0,90	0,91	0,91	0,90
SI	67,82	61,27	63,91	70,51
TI	0,13	0,09	0,00	0,08
P	0,00	0,00	0,00	0,00
QZ	-32,18	-37,31	-36,09	-29,49
T	-2,18	0,36	-1,44	-0,25

RFA-Analysen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	601	556	558	561
Symbol	☐	●	●	●
Hauptelemente (Gew.-%)				
SiO ₂	41,04	48,56	47,79	47,10
TiO ₂	0,08	1,30	1,40	1,08
Al ₂ O ₃	1,91	13,28	13,83	15,01
Fe ₂ O ₃	3,73	2,10	2,08	2,33
MnO	0,09	0,25	0,21	0,16
MgO	36,18	6,67	6,87	7,09
CaO		9,91	11,68	11,34
Na ₂ O		3,00	2,41	2,76
K ₂ O		0,20		
P ₂ O ₅		0,12	0,13	0,12
H ₂ O	10,67	0,65	0,67	0,80
FeO	4,46	11,44	10,03	8,20
CO ₂	0,67	0,00	0,18	1,46
Glühverlust	11,34	0,48	0,85	2,26
Spurenelemente (ppm)				
Ba		103	84	147
Cr	2508	72	135	143
Ni	2249	54	58	80
Rb				
Sr		112	190	203
V	111	374	345	281
Zn	64	128	90	78
Nb			3	
Y	7	28	24	20
Zr		81	81	68
Summe	99,32	97,58	97,38	97,55

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	601	556	558	561
Symbol:	☐	●	●	●
CIPW-Norm				
Quarz				
Korund	2,2			
Zirkon		0,0	0,0	0,0
Orthoklas		1,2		
Albit		26,2	21,1	24,5
Anorthit		22,9	27,9	30,0
Nephelin				
Diopsid		22,4	25,8	23,1
-Wo.-Komp.		11,3	13,1	11,8
-En.-Komp.		5,4	6,8	6,8
-Fs.-Komp.		5,7	5,9	4,5
Hypersthen	50,3	13,0	15,1	8,0
-En.-Komp.	47,9	6,3	8,1	4,8
-Fs.-Komp.	2,4	6,7	7,0	3,2
Olivin	40,5	8,3	3,8	8,4
-Fo.-Komp.	38,4	3,8	2,0	4,9
-Fa.-Komp.	2,1	4,4	1,9	3,5
Magnetit	6,2	3,1	3,1	3,5
Chromit	1,2	0,0	0,1	0,1
Hämatit				
Ilmenit	0,2	2,5	2,8	2,2
Apatit		0,3	0,3	0,3
Summe	100,55	100,04	100,05	100,05
RITTMANN-Werte				
Sigma	0,00	1,84	1,21	1,86
LgSig	0,00	0,27	0,08	0,27
Tau	23,88	7,91	8,16	11,34
LgTau	1,38	0,90	0,91	1,05
A AFM	0,00	13,65	11,26	13,59
F AFM	17,94	57,90	56,62	51,49
M AFM	82,06	28,45	32,11	34,92
NIGGLI-Werte				
AL	1,87	18,64	19,13	21,01
ALK	0,00	7,23	5,49	6,35
FM	98,13	48,85	46,00	43,79
K	0,00	0,04	0,00	0,00
C	0,00	25,29	29,38	28,85
MG	0,91	0,48	0,52	0,57
SI	68,09	115,65	112,20	111,85
TI	0,10	2,33	2,47	1,93
P	0,00	0,12	0,13	0,12
QZ	-30,04	-13,27	-9,74	-13,56
T	1,87	-13,88	-15,73	-14,20

RFA-Analysen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	565	583	593	597
Symbol	●	●	●	●
Hauptelemente (Gew.-%)				
SiO ₂	45,47	46,20	47,43	46,59
TiO ₂	1,43	2,37	1,83	1,65
Al ₂ O ₃	15,27	13,39	14,85	14,00
Fe ₂ O ₃	3,43	5,21	4,45	2,33
MnO	0,19	0,23	0,21	0,20
MgO	7,24	6,33	6,45	7,68
CaO	11,64	9,69	10,54	10,54
Na ₂ O	2,99	3,08	2,43	2,56
K ₂ O	0,26	0,30	0,23	0,17
P ₂ O ₅	0,12	0,28	0,19	0,15
H ₂ O	0,57	0,87	0,88	0,86
FeO	8,56	8,96	8,10	9,50
CO ₂	0,49	0,59	0,22	0,17
Glühverlust	1,06	1,46	1,10	1,03
Spurenelemente (ppm)				
Ba	159	135	138	86
Cr	109	107	196	239
Ni	103	57	63	89
Rb				
Sr	206	173	250	164
V	304	387	336	316
Zn	85	115	106	90
Nb	2	11	7	4
Y	26	32	25	24
Zr	82	178	126	98
Summe	97,77	97,62	97,93	96,51

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	565	583	593	597
Symbol:	●	●	●	●
CIPW-Norm				
Quarz			1,7	
Korund				
Zirkon	0,0	0,0	0,0	0,0
Orthoklas	1,6	1,8	1,4	1,1
Albit	21,2	27,1	21,3	22,7
Anorthit	28,4	22,7	29,9	27,5
Nephelin	2,7			
Diopsid	24,8	20,6	18,5	21,5
-Wo.-Komp.	12,7	10,6	9,5	11,0
-En.-Komp.	7,6	6,5	5,9	6,2
-Fs.-Komp.	4,5	3,5	3,1	4,3
Hypersthen		11,8	16,4	11,2
-En.-Komp.		7,6	10,7	6,6
-Fs.-Komp.		4,2	5,7	4,5
Olivin	13,0	2,6		8,8
-Fo.-Komp.	7,8	1,6		5,0
-Fa.-Komp.	5,2	1,0		3,8
Magnetit	5,1	7,9	6,7	3,5
Chromit	0,0	0,0	0,1	0,1
Hämatit				
Ilmenit	2,8	4,7	3,6	3,3
Apatit	0,3	0,7	0,5	0,4
Summe	100,04	100,07	100,07	100,08
RITTMANN-Werte				
Sigma	4,28	3,57	1,60	2,08
LgSig	0,63	0,55	0,20	0,32
Tau	8,59	4,35	6,79	6,93
LgTau	0,93	0,64	0,83	0,84
A AFM	14,56	14,33	12,42	12,29
F AFM	53,01	58,84	57,47	53,13
M AFM	32,43	26,83	30,11	34,58
NIGGLI-Werte				
AL	20,48	19,47	21,46	19,38
ALK	6,97	7,84	6,14	6,08
FM	44,16	47,08	44,72	48,01
K	0,05	0,06	0,06	0,04
C	28,39	25,61	27,69	26,53
MG	0,56	0,49	0,53	0,56
SI	103,49	113,97	116,29	109,43
TI	2,45	4,40	3,37	2,91
P	0,12	0,29	0,20	0,15
QZ	-24,41	-17,38	-8,25	-14,90
T	-14,88	-13,98	-12,37	-13,23

RFA-Analysen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	603	552	580	581
Symbol	●	○	○	○
Hauptelemente (Gew.-%)				
SiO ₂	44,97	55,89	61,70	53,69
TiO ₂	1,18	0,97	0,75	1,29
Al ₂ O ₃	14,15	16,29	15,70	15,39
Fe ₂ O ₃	2,42	2,01	1,93	3,16
MnO	0,18	0,20	0,15	0,31
MgO	7,12	4,21	2,04	1,90
CaO	13,17	7,00	5,75	6,42
Na ₂ O	2,24	3,49	3,83	3,72
K ₂ O		0,61	0,41	0,54
P ₂ O ₅	0,13	0,16	0,14	
H ₂ O	0,58	0,79	0,68	
FeO	8,22	7,07	5,58	11,00
CO ₂	3,14	0,00	0,00	0,00
Glühverlust				
	3,72	0,72	0,33	0,11
Spurenelemente (ppm)				
Ba	106	259	222	230
Cr	238	81		
Ni	103			
Rb		17	14	15
Sr	197	230	172	208
V	294	209	91	18
Zn	80	76	61	193
Nb	2	2	6	7
Y	21	26	21	47
Zr	79	137	121	235
Summe	97,61	98,79	98,73	97,54

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit:	Amphibolit-Komplex			
Proben-Nr.:	603	552	580	581
Symbol:	●	○	○	○
CIPW-Norm				
Quarz		9,5	20,5	8,0
Korund				
Zirkon	0,0	0,0	0,0	0,0
Orthoklas		3,7	2,5	3,3
Albit	20,2	30,2	33,1	32,3
Anorthit	30,4	27,6	24,9	24,3
Nephelin				
Diopsid	31,2	5,7	2,7	7,2
-Wo.-Komp.	16,0	2,9	1,4	3,5
-En.-Komp.	9,3	1,4	0,5	0,8
-Fs.-Komp.	6,0	1,4	0,8	2,9
Hypersthen	0,2	18,2	11,7	17,6
-En.-Komp.	0,1	9,3	4,6	4,0
-Fs.-Komp.	0,1	8,9	7,0	13,6
Olivin	11,4			
-Fo.-Komp.	6,7			
-Fa.-Komp.	4,7			
Magnetit	3,7	3,0	2,9	4,7
Chromit	0,1	0,0		
Hämatit				
Ilmenit	2,4	1,9	1,5	2,5
Apatit	0,3	0,4	0,3	
Summe	100,07	100,05	100,03	100,04
RITTMANN-Werte				
Sigma	2,55	1,30	0,96	1,70
LgSig	0,41	0,12	-0,02	0,23
Tau	10,09	13,20	15,83	9,05
LgTau	1,00	1,12	1,20	0,96
A AFM	11,23	23,58	30,85	20,98
F AFM	53,06	52,22	54,31	69,67
M AFM	35,70	24,21	14,84	9,36
NIGGLI-Werte				
AL	19,31	28,24	33,10	27,17
ALK	5,03	11,10	14,22	11,84
FM	42,97	38,59	30,63	40,39
K	0,00	0,10	0,07	0,09
C	32,68	22,07	22,04	20,61
MG	0,57	0,48	0,36	0,21
SI	104,16	164,44	220,77	160,85
TI	2,06	2,15	2,02	2,91
P	0,13	0,20	0,21	0,00
QZ	-15,96	20,05	63,89	13,50
T	-18,40	-4,92	-3,16	-5,27

RFA-Analysen

Gesteinseinheit: Amphibolit-Komplex

Proben-Nr.: 591 595

Symbol: ⓪ ⓪

Hauptelemente
(Gew.-%)

SiO ₂	56,71	51,74
TiO ₂	1,56	0,81
Al ₂ O ₃	14,48	18,81
Fe ₂ O ₃	1,96	1,06
MnO	0,17	0,15
MgO	4,26	5,02
CaO	6,75	8,67
Na ₂ O	2,78	3,24
K ₂ O	1,22	0,62
P ₂ O ₅	0,17	0,14
H ₂ O	0,76	0,84
FeO	7,56	6,45
CO ₂	0,00	0,09

Glühverlust 0,76 0,93

Spurenelemente
(ppm)

Ba	395	230
Cr	52	72
Ni		
Rb	36	19
Sr	125	344
V	245	175
Zn	125	84
Nb		1
Y	34	19
Zr	141	94

Summe 98,50 97,74

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit: Amphibolit-Komplex

Proben-Nr.: 591 595

Symbol: ⓪ ⓪

CIPW-Norm

Quarz	13,2	2,0
Korund		
Zirkon	0,0	0,0
Orthoklas	7,4	3,8
Albit	24,1	28,3
Anorthit	24,0	36,1
Nephelin		
Diopsid	7,6	6,1
-Wo.-Komp.	3,8	3,1
-En.-Komp.	1,9	1,7
-Fs.-Komp.	1,8	1,3
Hypersthen	17,4	20,2
-En.-Komp.	8,9	11,3
-Fs.-Komp.	8,4	8,9
Olivin		
-Fo.-Komp.		
-Fa.-Komp.		
Magnetit	2,9	1,6
Chromit	0,0	0,0
Hämatit		
Ilmenit	3,0	1,6
Apatit	0,4	0,3
Summe	100,04	100,04

RITTMANN-Werte

Sigma	1,17	1,70
LgSig	0,07	0,23
Tau	7,50	19,22
LgTau	0,88	1,28
A AFM	22,53	23,49
F AFM	53,47	45,97
M AFM	24,00	30,54

NIGGLI-Werte

AL	26,02	29,71
ALK	10,59	9,48
FM	41,33	35,92
K	0,22	0,11
C	22,05	24,89
MG	0,47	0,56
SI	172,94	138,66
TI	3,58	1,63
P	0,22	0,16
QZ	30,57	0,75
T	-6,62	-4,67

RFA-Analysen

Gesteinseinheit: Glimmerschiefer-Komplex

Proben-Nr.: 23 554 w 576 586

Symbol: ◆ ◆ ◆ ◆

Hauptelemente
(Gew.-%)

SiO ₂	48,88	45,01	46,58	46,05
TiO ₂	3,44	3,15	2,76	2,33
Al ₂ O ₃	14,58	16,21	14,34	8,44
Fe ₂ O ₃	1,48	3,98	4,60	0,72
MnO	0,16	0,22	0,20	0,17
MgO	6,54	6,15	7,42	13,06
CaO	7,19	8,33	9,71	13,44
Na ₂ O	3,94	2,90	2,75	0,92
K ₂ O		0,53	0,75	
P ₂ O ₅	0,50	0,53	0,50	0,24
H ₂ O	0,87	1,04	0,81	0,89
FeO	10,05	9,60	7,07	8,94
CO ₂	0,13	0,19	0,31	1,72

Glühverlust 1,00 1,23 1,12 2,61

Spurenelemente
(ppm)

Ba	197	116	209	129
Cr	372		281	782
Ni	123	43	103	220
Rb	11		14	
Sr	554	415	708	277
V	306	234	259	290
Zn	111	107	97	71
Nb	68	45	55	31
Y	24	28	26	17
Zr	307	264	221	164

Summe 97,97 97,97 98,00 97,09

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit: Glimmerschiefer-Komplex

Proben-Nr.: 23 554 w 576 586

Symbol: ◆ ◆ ◆ ◆

CIPW-Norm

Quarz				
Korund				
Zirkon	0,1	0,1	0,0	0,0
Orthoklas		3,2	4,6	
Albit	34,4	25,4	24,1	8,2
Anorthit	22,8	30,7	25,4	20,0
Nephelin				
Diopsid	8,7	6,9	16,8	39,3
-Wo.-Komp.	4,4	3,6	8,8	20,4
-En.-Komp.	2,5	2,1	6,3	13,8
-Fs.-Komp.	1,8	1,3	1,7	5,1
Hypersthen	21,1	14,7	14,0	19,2
-En.-Komp.	12,3	9,1	11,1	14,0
-Fs.-Komp.	8,9	5,7	2,9	5,2
Olivin	2,6	5,5	1,6	6,6
-Fo.-Komp.	1,5	3,3	1,2	4,7
-Fa.-Komp.	1,2	3,3	0,4	1,9
Magnetit	2,2	6,0	6,9	1,1
Chromit	0,2		0,1	0,4
Hämatit				
Ilmenit	6,7	6,2	5,4	4,7
Apatit	1,2	1,3	1,2	0,6
Summe	100,16	100,08	100,13	100,20

RITTMANN-Werte

Sigma	2,64	5,85	3,42	0,28
LgSig	0,42	0,77	0,53	-0,56
Tau	3,09	4,23	4,20	3,23
LgTau	0,49	0,63	0,62	0,51
A AFM	17,89	14,92	15,67	3,88
F AFM	52,41	58,32	51,10	41,12
M AFM	29,70	26,76	33,23	55,01

NIGGLI-Werte

AL	22,05	23,58	20,67	10,44
ALK	9,80	7,77	7,69	1,87
FM	48,37	46,61	46,18	57,45
K	0,00	0,11	0,15	0,00
C	19,77	22,03	25,45	30,23
MG	0,52	0,49	0,59	0,71
SI	125,46	111,11	113,96	96,69
TI	6,64	5,85	5,08	3,68
P	0,54	0,55	0,52	0,21
QZ	-13,76	-19,98	-16,81	-10,80
T	-7,52	-6,23	-12,47	-21,66

RFA-Analysen

Gesteinseinheit: Glimmerschiefer-Komplex

Proben-Nr.: 587 606 216 560

Symbol: ◆ ◆ ◆ ◆

Hauptelemente
(Gew.-%)

SiO ₂	45,71	49,11	66,18	66,15
TiO ₂	3,37	2,93	0,76	0,88
Al ₂ O ₃	13,33	11,51	17,06	16,97
Fe ₂ O ₃	1,75	1,60	1,27	0,97
MnO	0,18	0,23	0,18	0,05
MgO	8,54	9,48	1,74	1,50
CaO	9,46	9,14	0,79	0,33
Na ₂ O	2,09	1,12	0,90	1,42
K ₂ O		0,17	3,27	3,33
P ₂ O ₅	0,45	0,33	0,16	0,12
H ₂ O	0,99	1,56	2,33	1,94
FeO	10,75	9,72	4,57	4,82
Co ₂	0,24	0,20		0,16

Glühverlust 1,23 1,76 2,32 2,08

Spurenelemente
(ppm)

Ba	134	109	492	483
Cr	527	500	70	77
Ni	118	195	40	
Rb			143	153
Sr	302	246	125	114
V	332	237	101	108
Zn	117	181	89	103
Nb	62	32	15	18
Y	23	25	37	40
Zr	266	213	211	304

Summe 97,05 97,27 99,34 98,78

Normen- und Werteberechnungen

Gesteinseinheit: Glimmerschiefer-Komplex

Proben-Nr.: 587 606

Symbol: ◆ ◆

CIPW-Norm

Quarz		7,8
Korund		
Zirkon	0,1	0,0
Orthoklas		1,1
Albit	18,5	9,9
Anorthit	28,2	27,1
Nephelin		
Diopsid	14,5	14,7
-Wo.-Komp.	7,4	7,6
-En.-Komp.	4,4	4,7
-Fs.-Komp.	2,7	2,4
Hypersthen	27,1	30,2
-En.-Komp.	16,9	20,0
-Fs.-Komp.	10,2	10,2
Olivin	1,2	
-Fo.-Komp.	0,7	
-Fa.-Komp.	0,5	
Magnetit	2,7	2,4
Chromit	0,2	0,2
Hämatit		
Ilmenit	6,7	5,8
Apatit	1,1	0,8
Summe	100,18	100,16

RITTMANN-Werte

Sigma	1,61	0,27
LgSig	0,21	-0,56
Tau	3,34	3,55
LgTau	0,52	0,55
A AFM	9,03	5,82
F AFM	54,06	51,39
M AFM	36,91	42,78

NIGGLI-Werte

AL	18,46	16,61
ALK	4,76	2,93
FM	52,96	56,48
K	0,00	0,09
C	23,82	23,99
MG	0,56	0,61
SI	107,43	120,29
TI		
P	5,96	5,40
QZ	0,45	0,34
T	-11,62	8,59
	-10,12	-10,30

RFA-Analysen

Gesteinseinheit: Glimmerschiefer-Komplex

Proben-Nr.: 605 613 645

Symbol \diamond \diamond \diamond Hauptelemente
(Gew.-%)

SiO ₂	72,41	51,88	43,36
TiO ₂	0,69	2,38	0,93
Al ₂ O ₃	14,84	16,56	8,49
Fe ₂ O ₃	1,02	6,44	1,76
MnO	0,07	0,12	0,13
MgO	1,19	3,39	21,42
CaO	0,76	3,82	8,64
Na ₂ O	0,87	2,91	0,65
K ₂ O	2,96	5,40	
P ₂ O ₅	0,12	0,67	0,11
H ₂ O	1,69	0,80	2,31
FeO	3,71	4,48	8,64
Co ₂	0,07	0,00	1,18

Glühverlust 1,76 0,75 3,49

Spurenelemente
(ppm)

Ba	469	840	141
Cr	53		1669
Ni			915
Rb	132	76	
Sr	103	143	66
V	64	129	139
Zn	66	109	71
Nb	14	91	7
Y	38	42	11
Zr	271	381	47

Summe 100,54 99,03 97,93

9.2 Mikrosondenanalysen

Im folgenden sind in drei Gruppen die Analysendaten für Granat, Amphibol und Karbonat angegeben.

Die Probenbezeichnung folgt der Numerierung der Aufschlußpunkte. Der erste Buchstabe bezeichnet dabei das Mineralindividuum, die Zahl die Nummer der Messung und I bzw. R geben an, ob es sich um eine Messung im Kern (Intern) oder am Rand des betreffenden Kornes handelt (M steht für halbe Länge zwischen I und R).

Bei einigen Amphibolmessungen ist zusätzlich angegeben an oder in welchem Granat sie bestimmt wurden.

In gleicher Weise sind die Meßpunkte auf den Abbildungen unter Punkt 9.3 eingetragen.

Die Symbole entsprechen denen in den Abbildungen von Kapitel 6. Die Abkürzungen unter den Granattabellen bedeuten:

Gros = Grossular

Pyr = Pyrop

Spes = Spessartin

Alm = Almandin

Die Abkürzungen der Amphibolnamen sind den betreffenden Tabellen vorangestellt.

Gesteinskomplex: Gneiskomplex

Probe	539 A1I	539 A2I	539 A3R	539 A4R	539 A5R
Symbol	■	■	□	□	□
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,121	0,051	0,041	0,087	0,007
Na ₂ O			0,017		
Cr ₂ O ₃	0,012	0,001	0,013		
CaO	6,284	6,013	5,522	5,971	5,695
MgO	4,644	4,855	5,136	5,531	5,854
MnO	1,498	1,463	1,000	0,703	0,438
SiO ₂	37,883	37,586	37,583	38,327	38,895
Al ₂ O ₃	22,601	22,862	22,581	22,719	23,020
FeO	26,838	27,029	26,827	27,077	27,366
Summe	99,881	99,861	98,719	100,417	101,274

Atome auf 24 O

Si	5,931	5,889	5,933	5,941	5,962
Al	0,069	0,111	0,067	0,059	0,038
Al	4,102	4,110	4,134	4,092	4,120
Cr	0,001		0,002		
Ti	0,014	0,006	0,005	0,010	0,001
Mg	1,084	1,134	1,208	1,278	1,337
Fe	3,514	3,541	3,542	3,510	3,508
Mn	0,199	0,194	0,134	0,092	0,053
Ca	1,054	1,009	0,934	0,992	0,935
Gros	18,01	17,17	16,05	16,89	16,03
Pyr	18,53	19,29	20,76	21,76	22,92
Spes	3,40	3,30	2,30	1,57	0,91
Alm	60,06	60,24	60,88	59,78	60,14

Gesteinskomplex: Gneiskomplex

Probe	539 B2R	539 B3R	539 B4R	539 B5I	539 C1I
Symbol	□	□	□	■	■
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,051		0,102	0,090	0,124
Na ₂ O	0,064		0,025	0,023	0,042
Cr ₂ O ₃	0,014		0,002	0,003	0,011
CaO	5,905	5,520	6,438	5,640	6,664
MgO	5,730	5,405	5,323	4,942	4,259
MnO	0,791	0,976	1,548	1,686	1,773
SiO ₂	37,825	37,702	37,948	36,882	38,323
Al ₂ O ₃	22,765	22,431	22,946	22,574	22,730
FeO	26,867	27,147	26,435	27,015	26,545
Summe	100,012	99,181	100,767	98,857	100,472

Atome auf 24 O

Si	5,893	5,931	5,880	5,852	5,962
Al	0,107	0,069	0,120	0,148	0,035
Al	4,073	4,090	4,070	4,073	4,130
Cr	0,002				0,001
Ti	0,006		0,012	0,011	0,015
Mg	1,331	1,267	1,229	1,169	0,988
Fe	3,500	3,572	3,425	3,585	3,454
Mn	0,104	0,130	0,203	0,227	0,234
Ca	0,986	0,930	1,069	0,959	1,111
Gros	16,65	15,77	18,04	16,15	19,20
Pyr	22,48	21,48	20,74	19,68	17,07
Spes	1,76	2,20	3,42	3,82	4,04
Alm	59,11	60,55	57,80	60,35	59,69

Gesteinskomplex: Gneiskomplex

Probe	539 C2R	539 D1R	539 D1I	539 E1R	
Symbol	□	□	■	□	
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,051	0,094	0,019	0,093	
Na ₂ O	0,058	0,042	0,019	0,078	
Cr ₂ O ₃		0,020	0,006		
CaO	6,931	5,411	6,062	5,303	
MgO	4,455	5,296	5,736	6,344	
MnO	1,509	1,101	1,094	0,671	
SiO ₂	38,327	37,843	37,865	38,491	
Al ₂ O ₃	22,770	22,771	22,751	23,079	
FeO	26,813	27,293	25,437	27,223	
Summe	100,912	99,870	98,989	101,281	

Atome auf 24 O

Si	5,942	5,913	5,930	5,904
Al	0,058	0,087	0,070	0,096
Al	4,102	4,106	4,129	4,076
Cr		0,003	0,001	
Ti	0,006	0,011	0,002	0,011
Mg	1,029	1,233	1,339	1,450
Fe	3,476	3,566	3,332	3,492
Mn	0,198	0,146	0,145	0,087
Ca	1,151	0,906	1,017	0,871
Gros	19,66	15,48	17,43	14,76
Pyr	17,58	21,07	22,96	24,58
Spes	3,38	2,50	2,49	1,47
Alm	59,38	60,95	57,12	59,19

Gesteinskomplex: Gneiskomplex

Probe	536 A1R	536 A2I	536 B1I	536 B2R	536 B3R
Symbol	□	■	■	□	□
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,033	0,286	0,239	1,168	0,189
Na ₂ O	0,057	0,099	0,050	0,301	
Cr ₂ O ₃		0,002			
CaO	8,948	8,988	8,148	9,000	8,268
MgO	3,053	2,828	3,201	3,322	3,467
MnO	0,799	1,346	1,124	0,471	0,756
SiO ₂	37,447	36,982	37,614	37,768	37,876
Al ₂ O ₃	22,126	21,794	21,742	22,284	22,068
FeO	26,934	26,969	26,943	26,271	27,290
Summe	99,397	99,293	99,061	100,586	99,914

Atome auf 24 O

Si	5,934	5,895	5,976	5,872	5,959
Al	0,066	0,105	0,024	0,128	0,041
Al	4,066	3,990	4,047	3,955	4,051
Cr					
Ti	0,004	0,034	0,029	0,137	0,022
Mg	0,721	0,672	0,758	0,770	0,813
Fe	3,569	3,595	3,580	3,416	3,591
Mn	0,107	0,182	0,151	0,062	0,101
Ca	1,519	1,535	1,387	1,499	1,394
Gros	25,68	25,65	23,60	26,08	23,63
Pyr	12,19	11,23	12,90	13,40	13,78
Spes	1,81	3,04	2,57	1,08	1,71
Alm	60,32	60,08	60,93	59,44	60,87

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	603 A1	603 A2	603 A3	603 A5	603 B1
Symbol	●	○	○	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,123	0,115	0,149	0,169	0,187
Na ₂ O	0,037		0,014		0,058
Cr ₂ O ₃			0,012	0,020	
CaO	8,706	8,928	8,518	8,803	8,355
MgO	2,438	2,737	2,615	2,691	2,392
MnO	1,662	0,921	1,159	0,991	1,776
SiO ₂	37,390	38,225	38,403	37,868	37,237
Al ₂ O ₃	22,279	22,459	22,396	21,843	22,013
FeO	27,363	27,463	27,877	27,118	26,887
Summe	99,999	100,848	101,143	99,503	98,904

Atome auf 24 O

Si	5,918	5,968	5,986	5,995	5,949
Al	0,082	0,032	0,014	0,005	0,051
Al	4,074	4,101	4,100	4,071	4,094
Cr			0,001	0,002	
Ti	0,015	0,014	0,017	0,020	0,022
Mg	0,575	0,637	0,607	0,635	0,570
Fe	3,622	3,586	3,634	3,591	3,592
Mn	0,223	0,122	0,153	0,133	0,240
Ca	1,476	1,493	1,422	1,493	1,430
Gros	25,03	24,73	24,45	25,51	24,52
Pyr	9,75	10,55	10,44	10,85	9,77
Spes	3,78	2,02	2,63	2,27	4,12
Alm	61,43	59,39	62,48	61,36	61,59

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	603 B1	603 B2	591 A1R	591 A2R	591 B1
Symbol	○	○	○	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,094	0,103	0,069	0,163	0,169
Na ₂ O	0,023			0,043	0,044
Cr ₂ O ₃			0,009		0,011
CaO	8,368	8,566	9,820	9,308	10,028
MgO	2,428	2,306	2,328	2,301	2,378
MnO	1,817	1,601	1,423	1,292	1,236
SiO ₂	37,735	37,529	38,111	38,058	38,060
Al ₂ O ₃	22,007	21,995	21,854	21,175	21,564
FeO	27,142	26,669	26,132	26,821	26,273
Summe	99,614	98,768	99,746	99,160	99,764

Atome auf 24 O

Si	5,983	5,990	6,017	6,058	6,015
Al	0,017	0,010			
Al	4,095	4,127	4,066	3,973	4,017
Cr			0,001		0,001
Ti	0,011	0,012	0,008	0,020	0,020
Mg	0,574	0,548	0,548	0,546	0,560
Fe	3,599	3,560	3,450	3,571	3,472
Mn	0,244	0,216	0,190	0,174	0,165
Ca	1,422	1,465	1,661	1,588	1,698
Gros	24,35	25,31	28,40	27,01	28,80
Pyr	9,83	9,47	9,37	9,29	9,50
Spes	4,18	3,73	3,25	2,96	2,80
Alm	61,64	61,49	58,98	60,74	58,90

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	591 C1I	591 C2R	591 D1I	591 D2R	591 E1R
Symbol	●	○	●	○	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,191	0,138	0,099	0,043	0,115
Na ₂ O	0,043			0,004	
Cr ₂ O ₃				0,021	0,030
CaO	8,137	7,620	9,190	9,202	9,377
MgO	2,470	2,543	2,410	2,447	2,576
MnO	1,953	1,659	1,885	1,291	0,971
SiO ₂	38,779	38,947	37,794	37,687	37,971
Al ₂ O ₃	21,676	21,929	21,431	21,671	21,550
FeO	27,744	28,515	26,425	27,135	27,065
Summe	100,993	101,352	99,233	99,503	99,655

Atome auf 24 O

Si	6,065	6,067	6,017	5,987	6,012
Al				0,013	
Al	3,995	4,026	4,021	4,045	4,021
Cr				0,003	0,004
Ti	0,022	0,016	0,012	0,005	0,014
Mg	0,576	0,590	0,572	0,579	0,608
Fe	3,628	3,715	3,518	3,605	3,583
Mn	0,259	0,219	0,254	0,174	0,130
Ca	1,363	1,272	1,568	1,566	1,591

Gros	23,39	21,95	26,52	26,43	26,91
Pyr	9,89	10,18	9,67	9,77	10,28
Spes	4,45	3,78	4,30	2,95	2,20
Alm	62,27	64,09	59,51	60,85	60,61

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	591 E2I	581 A	581 B	581 B	581 C
Symbol	●	●	○	○	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,115	0,178	0,048	0,064	0,448
Na ₂ O	0,069		0,048	0,060	0,024
Cr ₂ O ₃				0,006	
CaO	9,165	10,054	10,225	9,455	9,128
MgO	2,614	1,355	1,302	1,241	1,407
MnO	1,917	1,306	0,577	0,527	1,151
SiO ₂	37,905	38,512	37,922	37,923	37,191
Al ₂ O ₃	20,959	21,283	21,674	21,617	20,969
FeO	26,815	28,839	30,120	29,794	29,058
Summe	99,558	101,527	101,919	100,686	99,376

Atome auf 24 O

Si	6,030	6,044	5,954	6,005	5,978
Al			0,046		0,022
Al	3,930	3,936	3,965	4,034	3,951
Cr				0,001	
Ti	0,014	0,021	0,006	0,008	0,054
Mg	0,620	0,317	0,305	0,293	0,337
Fe	3,567	3,785	3,955	3,945	3,906
Mn	0,258	0,172	0,077	0,071	0,157
Ca	1,562	1,690	1,720	1,604	1,572

Gros	26,00	28,34	28,40	27,12	26,32
Pyr	10,32	5,32	5,03	4,96	5,64
Spes	4,29	2,88	1,27	1,20	2,63
Alm	59,38	63,46	65,30	66,72	65,41

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	581 D	581 E	581 E2	581 E3	581 F
Symbol	○	●	●	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,012	0,082		0,007	0,103
Na ₂ O		0,034	0,015	0,033	
Cr ₂ O ₃			0,016	0,001	0,006
CaO	10,196	9,364	8,713	8,464	7,622
MgO	1,219	1,421	1,367	1,564	1,513
MnO	1,183	1,011	1,195	1,122	0,739
SiO ₂	36,905	36,797	40,005	37,908	36,561
Al ₂ O ₃	21,835	21,728	20,966	22,174	21,874
FeO	27,850	28,064	28,399	30,362	30,546
Summe	99,200	98,500	100,676	101,635	98,964

Atome auf 24 O

Si	5,926	5,941	6,265	5,954	5,907
Al	0,074	0,059		0,046	0,093
Al	4,058	4,076	3,870	4,059	4,072
Cr			0,002		0,001
Ti	0,001	0,010		0,001	0,013
Mg	0,292	0,342	0,319	0,366	0,364
Fe	3,740	3,789	3,720	3,988	4,127
Mn	0,161	0,138	0,159	0,149	0,101
Ca	1,754	1,620	1,462	1,424	1,319
Gros	29,49	27,51	25,83	24,02	22,31
Pyr	4,91	5,81	5,64	6,18	6,16
Spes	2,71	2,34	2,81	2,51	1,71
Alm	62,89	64,34	65,72	67,29	69,82

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	581 F2	581 F3	581 G1I	581 G2I	581 G1R
Symbol	○	○	●	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,102	0,092	0,169	0,163	0,056
Na ₂ O	0,039		0,057	0,020	0,071
Cr ₂ O ₃					0,005
CaO	7,514	7,691	10,470	10,881	9,783
MgO	1,465	1,436	0,874	1,049	1,292
MnO	0,865	0,822	1,108	0,862	0,414
SiO ₂	36,555	36,908	37,491	37,273	37,565
Al ₂ O ₃	22,159	21,721	22,229	21,730	21,631
FeO	30,716	30,228	28,549	27,336	28,933
Summe	99,415	98,896	100,946	99,313	99,752

Atome auf 24 O

Si	5,883	5,957	5,923	5,962	5,991
Al	0,117	0,043	0,077	0,038	0,009
Al	4,086	4,089	4,062	4,059	4,057
Cr					0,001
Ti	0,012	0,011	0,020	0,020	0,007
Mg	0,351	0,345	0,206	0,250	0,307
Fe	4,134	4,080	3,772	3,657	3,859
Mn	0,118	0,112	0,148	0,117	0,056
Ca	1,296	1,330	1,772	1,865	1,672
Gros	21,97	22,67	30,04	31,67	28,37
Pyr	5,95	5,88	3,49	4,24	5,21
Spes	2,00	1,91	2,51	1,99	0,95
Alm	70,08	69,54	63,95	62,10	65,47

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	581 G2R	581 H1I	581 H3I	581 H1R	581 H2I
Symbol	○	●	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,073	0,149	0,048	0,071	0,078
Na ₂ O	0,013		0,078	0,003	
Cr ₂ O ₃	0,005			0,017	0,002
CaO	7,738	5,187	6,259	7,484	8,216
MgO	1,224	1,122	1,756	1,490	1,356
MnO	0,795	1,056	1,282	0,858	1,051
SiO ₂	36,980	53,261	36,708	37,269	37,281
Al ₂ O ₃	21,412	15,371	22,081	22,047	21,819
FeO	30,769	21,619	31,796	30,760	29,837
Summe	99,009	97,764	100,009	99,999	99,638

Atome auf 24 0

Si	5,978	7,982	5,889	5,950	5,968
Al	0,022		0,111	0,050	0,032
Al	4,058	2,715	4,064	4,098	4,085
Cr	0,001			0,002	
Ti	0,009	0,017	0,006	0,009	0,009
Mg	0,295	0,251	0,420	0,355	0,324
Fe	4,160	2,710	4,266	4,107	3,995
Mn	0,109	0,134	0,174	0,116	0,142
Ca	1,340	0,833	1,076	1,280	1,409
Gros	22,70	21,21	18,13	21,85	24,00
Pyr	5,00	6,39	7,07	6,06	5,52
Spes	1,84	3,41	2,93	1,98	2,42
Alm	70,46	68,99	71,87	70,11	68,06

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	581 J1I	581 J1R	581 K	580 A1I	580 A2R
Symbol	●	○	●	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,089	0,100		0,120	0,120
Na ₂ O	0,067			0,044	0,031
Cr ₂ O ₃			0,004		
CaO	7,966	6,809	6,473	7,543	8,276
MgO	1,476	1,508	1,549	2,777	2,605
MnO	1,091	1,209	1,217	1,416	1,017
SiO ₂	36,537	37,317	37,065	37,534	38,371
Al ₂ O ₃	21,842	21,440	21,870	21,532	21,331
FeO	29,821	30,616	31,402	29,112	28,955
Summe	98,889	98,998	99,580	100,079	100,707

Atome auf 24 0

Si	5,906	6,017	5,957	5,961	6,039
Al	0,094		0,043	0,039	
Al	4,067	4,074	4,099	3,991	3,957
Cr			0,001		
Ti	0,011	0,012		0,014	0,014
Mg	0,356	0,362	0,371	0,657	0,611
Fe	4,031	4,128	4,220	3,866	3,811
Mn	0,149	0,165	0,166	0,190	0,136
Ca	1,379	1,176	1,115	1,283	1,396
Gros	23,31	20,17	18,99	21,40	23,45
Pyr	6,02	6,21	6,32	10,96	10,26
Spes	2,52	2,83	2,83	3,17	2,28
Alm	68,15	70,79	71,87	64,47	64,01

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	580 B1I	580 B2R	580 C1I	580 C2IR	580 C3RI
Symbol	●	○	●	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,152	0,070	0,096	0,125	0,051
Na ₂ O		0,060	0,039	0,033	0,088
Cr ₂ O ₃	0,007			0,009	0,005
CaO	7,952	8,127	8,217	7,295	7,721
MgO	2,225	2,525	2,759	2,683	2,736
MnO	2,018	1,462	0,939	1,457	1,351
SiO ₂	37,549	38,491	38,010	37,696	37,738
Al ₂ O ₃	21,085	21,561	20,923	20,894	21,058
FeO	28,537	28,391	28,846	28,849	28,778
Summe	99,525	100,687	99,829	99,041	99,526

Atome auf 24 O

Si	6,007	6,049	6,040	6,042	6,021
Al					
Al	3,975	3,994	3,919	3,947	3,960
Cr	0,001			0,001	0,001
Ti	0,018	0,008	0,012	0,015	0,006
Mg	0,531	0,591	0,653	0,641	0,651
Fe	3,818	3,731	3,834	3,867	3,840
Mn	0,273	0,195	0,126	0,198	0,183
Ca	1,363	1,368	1,399	1,253	1,320

Gros	22,77	23,25	23,27	21,03	22,02
Pyr	8,87	10,04	10,86	10,76	10,86
Spes	4,56	3,31	2,10	3,32	3,05
Alm	63,79	63,40	63,77	64,89	64,06

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	580 C4R	580 D1I	580 D2IR	580 D3RI	580 D4R
Symbol	○	●	●	○	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,085	0,056	0,048	0,083	0,080
Na ₂ O	0,119	0,030		0,012	0,034
Cr ₂ O ₃		0,008		0,012	
CaO	8,064	9,733	8,912	8,582	7,758
MgO	2,571	2,537	2,890	2,165	2,458
MnO	0,937	0,878	0,709	1,031	1,242
SiO ₂	37,665	37,974	37,627	37,117	37,626
Al ₂ O ₃	21,230	21,241	21,329	21,185	21,472
FeO	28,867	27,682	38,131	28,788	28,366
Summe	99,538	100,138	99,646	98,976	99,035

Atome auf 24 O

Si	6,006	6,007	5,980	5,970	6,016
Al			0,020	0,030	
Al	3,990	3,960	3,975	3,986	4,046
Cr		0,001		0,002	
Ti	0,010	0,007	0,006	0,010	0,010
Mg	0,611	0,598	0,685	0,519	0,586
Fe	3,850	3,662	3,739	3,872	3,793
Mn	0,127	0,118	0,095	0,140	0,168
Ca	1,378	1,650	1,517	1,479	1,329

Gros	23,10	27,37	25,13	24,61	22,62
Pyr	10,24	9,92	11,35	8,63	9,97
Spes	2,13	1,96	1,57	2,33	2,86
Alm	64,53	60,75	61,95	64,43	64,55

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	556 A1R	556 A2I	556 A3R	556 B1R	556 B2I
Symbol	○	●	○	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,080	0,167	0,084	0,115	0,122
Na ₂ O	0,013	0,036	0,031		
Cr ₂ O ₃			0,011	0,008	
CaO	12,937	12,863	12,927	13,188	11,818
MgO	1,626	1,640	1,699	1,697	1,680
MnO	1,874	2,294	2,116	1,839	2,405
SiO ₂	37,775	37,428	37,128	37,484	37,780
Al ₂ O ₃	22,163	22,037	21,817	22,041	21,922
FeO	23,197	22,661	22,839	23,328	22,926
Summe	99,666	99,127	98,653	99,700	98,653

Atome auf 24 O

Si	5,959	5,940	5,930	5,925	6,010
Al	0,041	0,060	0,070	0,075	
Al	4,080	4,062	4,037	4,031	4,110
Cr			0,001	0,001	
Ti	0,010	0,020	0,010	0,014	0,015
Mg	0,382	0,388	0,404	0,400	0,398
Fe	3,060	3,008	3,051	3,084	3,050
Mn	0,250	0,308	0,286	0,246	0,324
Ca	2,187	2,187	2,212	2,233	2,014
Gros	37,20	37,12	37,16	37,44	34,81
Pyr	6,50	6,59	6,79	6,71	6,88
Spes	4,25	5,23	4,80	4,13	5,60
Alm	52,05	51,06	51,25	51,72	52,71

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	552 A1I	552 A2R	552 B1I	552 B2R	552 C1I
Symbol	●	○	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,037	0,098	0,047	0,084	0,025
Na ₂ O	0,040	0,011	0,047		
Cr ₂ O ₃	0,003		0,010	0,022	0,004
CaO	7,963	8,013	6,519	7,619	6,402
MgO	2,578	2,391	2,737	2,635	2,851
MnO	1,627	0,823	2,202	0,777	2,028
SiO ₂	37,530	37,693	38,716	37,615	37,852
Al ₂ O ₃	21,943	21,539	22,017	21,661	21,978
FeO	27,496	28,941	29,004	28,867	29,213
Summe	99,216	99,510	101,299	99,279	100,353

Atome auf 24 O

Si	5,977	6,004	6,047	5,996	5,982
Al	0,023			0,004	0,018
Al	4,096	4,043	4,053	4,065	4,076
Cr			0,001	0,003	0,001
Ti	0,004	0,012	0,006		0,003
Mg	0,612	0,568	0,634	0,626	0,672
Fe	3,662	3,855	3,788	3,848	3,861
Mn	0,220	0,111	0,291	0,105	0,271
Ca	1,359	1,368	1,091	1,301	1,084
Gros	23,22	23,18	18,80	22,13	18,41
Pyr	10,46	9,62	10,92	10,65	11,41
Spes	3,76	1,88	5,01	1,78	4,60
Alm	62,56	65,32	65,27	65,44	65,57

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	552 C2R	552 D1I	552 E1I	552 E2R	46 A
Symbol	○	●	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,029	0,055	0,151	0,064	0,126
Na ₂ O	0,046		0,079		0,024
Cr ₂ O ₃	0,006	0,011			
CaO	8,062	7,417	5,496	7,893	9,656
MgO	2,699	2,802	3,093	2,959	1,328
MnO	0,718	1,264	2,042	0,579	0,821
SiO ₂	37,345	37,761	38,005	37,719	37,793
Al ₂ O ₃	21,965	21,794	21,087	21,710	21,949
FeO	29,187	28,408	30,246	28,873	28,556
Summe	100,055	99,512	100,198	99,798	100,253

Atome auf 24 O

Si	5,924	5,998	6,036	5,978	5,987
Al	0,076	0,002		0,022	0,013
Al	4,031	4,078	3,947	4,034	4,085
Cr	0,001	0,001			
Ti	0,003	0,007	0,018	0,008	0,015
Mg	0,638	0,663	0,732	0,699	0,313
Fe	3,872	3,774	4,017	3,827	3,783
Mn	0,096	0,170	0,275	0,078	0,110
Ca	1,370	1,262	0,935	1,340	1,639
Gros	22,92	21,50	15,69	22,54	28,04
Pyr	10,68	11,30	12,28	11,76	5,36
Spes	1,61	2,90	4,61	1,31	1,88
Alm	64,79	64,30	67,41	64,38	64,72

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	46 B1I	46 B2R	46 C1I	46 C2R	46 C3I
Symbol	●	○	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,111	0,049	0,046	0,122	0,162
Na ₂ O				0,021	0,001
Cr ₂ O ₃				0,003	
CaO	9,413	9,189	9,755	8,981	9,499
MgO	1,053	1,300	1,058	1,458	1,214
MnO	0,688	0,422	1,530	0,514	0,818
SiO ₂	38,444	37,458	37,360	37,276	37,284
Al ₂ O ₃	21,879	21,822	21,543	21,583	21,138
FeO	29,594	29,566	28,388	29,842	28,898
Summe	101,181	99,807	99,679	99,801	99,014

Atome auf 24 O

Si	6,042	5,976	5,980	5,960	6,004
Al		0,024	0,020	0,040	
Al	4,052	4,079	4,044	4,027	4,012
Cr					
Ti	0,013	0,006	0,006	0,015	0,020
Mg	0,243	0,309	0,252	0,347	0,291
Fe	3,899	3,945	3,800	3,990	3,892
Mn	0,092	0,057	0,207	0,070	0,112
Ca	1,585	1,571	1,673	1,539	1,639
Gros	27,29	26,71	28,20	25,88	27,62
Pyr	4,18	5,25	4,25	5,84	4,90
Spes	1,58	0,97	3,49	1,18	1,89
Alm	66,95	67,07	64,06	67,10	65,59

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	46 D1R	46 D2I	46 D3IR	46 D4I
Symbol	○	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,055	0,145	0,030	0,116
Na ₂ O		0,022	0,030	0,001
Cr ₂ O ₃	0,004	0,014		0,007
CaO	8,394	9,093	9,243	8,339
MgO	1,717	1,459	1,662	1,495
MnO	0,557	0,786	0,944	1,046
SiO ₂	37,665	37,866	37,934	37,625
Al ₂ O ₃	21,443	21,656	21,597	20,740
FeO	29,895	29,218	29,129	30,140
Summe	99,729	100,261	100,568	99,509

Atome auf 24 O

Si	6,012	6,007	6,003	6,046
Al				
Al	4,034	4,049	4,028	3,928
Cr		0,002		0,001
Ti	0,007	0,017	0,004	0,014
Mg	0,408	0,345	0,392	0,358
Fe	3,991	3,876	3,855	4,050
Mn	0,075	0,106	0,126	0,142
Ca	1,436	1,546	1,567	1,436
Gros	24,30	26,32	26,38	23,99
Pyr	6,90	5,87	6,60	5,98
Spes	1,27	1,81	2,12	2,37
Alm	67,53	66,00	64,90	67,66

Gesteinskomplex: Glimmerschieferkomplex

Probe	609 A1I	609 A4IR	609 A3RI	609 A2R	587 A1I
Symbol	◆	◆	◇	◇	◆
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,192	0,112	0,072	0,017	0,077
Na ₂ O	0,005	0,050	0,002	0,048	
Cr ₂ O ₃	0,021		0,011	0,011	0,015
CaO	8,672	7,920	8,379	8,010	8,207
MgO	2,967	2,957	2,800	2,767	2,964
MnO	1,956	2,210	2,009	1,736	2,008
SiO ₂	38,278	37,934	38,175	38,020	37,808
Al ₂ O ₃	21,654	22,116	21,737	21,960	21,770
FeO	25,814	27,028	25,890	27,207	26,337
Summe	99,562	100,327	99,074	99,776	99,184

Atome auf 24 O

Si	6,039	5,968	6,051	6,008	6,002
Al		0,032			
Al	4,027	4,069	4,061	4,090	4,073
Cr	0,003		0,001	0,001	0,002
Ti	0,023	0,013	0,009	0,002	0,009
Mg	0,698	0,693	0,662	0,652	0,701
Fe	3,406	3,556	3,432	3,595	3,497
Mn	0,261	0,295	0,270	0,232	0,270
Ca	1,466	1,335	1,423	1,356	1,396
Gros	25,14	22,71	24,59	23,24	23,81
Pyr	11,97	11,79	11,44	11,17	11,95
Spes	4,48	5,01	4,67	3,98	4,60
Alm	58,41	60,49	59,30	61,61	59,64

Gesteinskomplex: Glimmerschieferkomplex

Probe	587 A2R	587 B1R	554 E A1R	554 E B1I	554 E C1I
Symbol	◇	◇	◇	◆	◆
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,092	0,108	0,125	0,011	0,082
Na ₂ O	0,017	0,036		0,046	0,013
Cr ₂ O ₃		0,035	0,007		0,007
CaO	8,356	8,133	5,197	4,660	5,091
MgO	3,084	2,958	4,043	4,104	3,336
MnO	1,890	1,877	0,333	0,241	0,470
SiO ₂	37,278	37,395	37,319	37,972	40,243
Al ₂ O ₃	21,806	21,598	22,211	22,829	21,370
FeO	25,757	26,331	30,695	31,525	30,326
Summe	98,280	98,472	99,929	101,388	100,937

Atome auf 24 0

Si	5,966	5,985	5,906	5,916	6,247
Al	0,034	0,015	0,094	0,084	
Al	4,079	4,059	4,049	4,108	3,910
Cr		0,004	0,001		0,001
Ti	0,011	0,013	0,015	0,001	0,010
Mg	0,736	0,706	0,954	0,953	0,772
Fe	3,448	3,525	4,063	4,108	3,937
Mn	0,256	0,254	0,045	0,032	0,062
Ca	1,433	1,395	0,881	0,778	0,847
Gros	24,40	23,72	14,82	13,25	15,08
Pyr	12,53	12,01	16,05	16,23	13,74
Spes	4,36	4,32	0,76	0,55	1,10
Alm	58,71	59,95	68,37	69,97	70,08

Gesteinskomplex: Glimmerschieferkomplex

Probe	554 E C2R	554 E C2R	554 E C3R	554 E C4R
Symbol	◇	◇	◇	◇
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,107	0,074	0,089	0,147
Na ₂ O	0,050			
Cr ₂ O ₃	0,003	0,004	0,015	0,015
CaO	5,406	5,864	5,345	5,846
MgO	3,835	3,713	4,300	4,078
MnO	0,048	0,029	0,070	
SiO ₂	37,723	37,801	37,872	38,047
Al ₂ O ₃	22,764	22,639	22,964	22,116
FeO	32,017	31,845	30,730	31,326
Summe	101,954	101,968	101,384	101,577

Atome auf 24 0

Si	5,870	5,883	5,887	5,931
Al	0,130	0,117	0,113	0,069
Al	4,045	4,035	4,094	3,994
Cr			0,002	0,002
Ti	0,013	0,009	0,010	0,017
Mg	0,890	0,861	0,996	0,947
Fe	4,167	4,145	3,995	4,083
Mn	0,006	0,004	0,009	
Ca	0,901	0,978	0,890	0,976
Gros	15,11	16,33	15,11	16,25
Pyr	14,92	14,38	16,91	15,77
Spes	0,10	0,07	0,15	
Alm	69,87	69,22	67,83	67,98

Abkürzung für die Amphiboltabellen:

A = Aktinolith

AH = aktinolithische Hornblende

MH = Magnesio-Hornblende

TH = tschermakitische Hornblende

T = Tschermakit

FTH = ferrotschermakitische Hornblende

FT = Ferrotschermakit

FP = Ferropargasit

FH = Ferro-Hornblende

Gesteinskomplex: Gneis-Komplex

Probe	539 A1I	539 A2R	539 B1I	539 B2R	539 C1I
Symbol	■	□	■	□	■
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,253	0,289	0,299	0,374	0,242
CaO	10,737	11,019	10,272	10,342	10,686
Na ₂ O	1,481	1,624	1,386	1,460	1,482
Cr ₂ O ₃	0,162	0,036	0,004	0,043	0,006
K ₂ O	0,223	0,283	0,308	0,272	0,244
MgO	14,825	14,201	13,634	12,682	13,906
MnO		0,161	0,001		
SiO ₂	47,652	46,392	46,505	45,900	46,343
Al ₂ O ₃	13,523	14,329	14,643	15,441	14,693
FeO	8,968	9,165	10,484	11,800	10,158
Summe	97,823	97,499	97,535	98,313	97,760

Atome auf 23 0

Si	6,746	6,622	6,644	6,551	6,608
Al ^{IV}	1,254	1,378	1,356	1,449	1,392
Al ^{VI}	1,002	1,033	1,110	1,148	1,077
Ti	0,027	0,031	0,032	0,040	0,026
Cr	0,018	0,004		0,005	0,001
Fe	1,062	1,094	1,253	1,408	1,211
Mn		0,020			
Mg	3,128	3,022	2,903	2,698	2,956
Ca	1,629	1,685	1,572	1,581	1,633
Na	0,371	0,315	0,384	0,404	0,367
Na	0,036	0,134			0,043
K	0,040	0,052	0,056	0,049	0,044
"Name"	Alumino- MH	Alumino- MH	Alumino- MH	Alumino- MH	Alumino- MH

Gesteinskomplex: Gneis-Komplex

Probe	539 C2R	539 D1I	539 D2R	536 A1I	536 A2R
Symbol	□	■	□	■	□
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,190	0,279	0,274	0,662	0,590
CaO	10,966	10,402	10,262	11,095	10,789
Na ₂ O	1,460	1,467	1,520	1,549	1,639
Cr ₂ O ₃	0,027		0,078	0,003	
K ₂ O	0,177	0,261	0,320	0,512	0,690
MgO	12,834	14,569	14,050	9,443	9,298
MnO	0,087			0,184	0,114
SiO ₂	45,572	47,751	45,799	41,970	41,794
Al ₂ O ₃	15,563	14,034	14,945	15,354	15,087
FeO	10,808	9,296	9,926	16,875	16,887
Summe	97,685	98,058	97,173	97,648	96,888

Atome auf 23 0

Si	6,531	6,740	6,566	6,262	6,290
Al ^{IV}	1,469	1,260	1,434	1,738	1,710
Al ^{VI}	1,160	1,075	1,091	0,962	0,966
Ti	0,020	0,030	0,030	0,074	0,067
Cr	0,003		0,009		
Fe	1,295	1,097	1,190	2,106	2,126
Mn	0,011			0,023	0,015
Mg	2,741	3,065	3,002	2,100	2,086
Ca	1,684	1,573	1,576	1,774	1,740
Na	0,316	0,401	0,423	0,226	0,260
Na	0,090			0,222	0,218
K	0,032	0,047	0,058	0,097	0,133
"Name"	Alumino- MH	Alumino- MH	Alumino- MH	FTH	FTH

Gesteinskomplex: Gneis-Komplex Amphibolit-Komplex

Probe	536 B1I	536 B2R	536 C1	603 A1I	603 A2R
Symbol	■	□	■	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,614	0,723	0,681	0,386	0,400
CaO	11,140	11,073	10,966	11,105	11,679
Na ₂ O	1,422	1,478	1,674	1,431	1,219
Cr ₂ O ₃	0,012	0,002		0,029	
K ₂ O	0,581	0,589	0,689	0,157	0,230
MgO	8,361	7,997	9,297	9,793	10,320
MnO	0,238	0,250	0,168		0,037
SiO ₂	41,563	41,381	40,815	43,736	43,465
Al ₂ O ₃	15,183	14,895	15,569	14,205	14,328
FeO	18,862	19,622	16,766	16,393	15,972
Summe	97,977	98,010	96,624	97,234	97,651

Atome auf 23 0

Si	6,247	6,245	6,176	6,494	6,430
Al ^{IV}	1,753	1,755	1,824	1,506	1,570
Al ^{VI}	0,936	0,894	0,952	0,980	0,928
Ti	0,069	0,082	0,077	0,043	0,044
Cr	0,001			0,003	
Fe	2,371	2,477	2,121	2,036	1,976
Mn	0,030	0,032	0,022		0,005
Mg	1,873	1,799	2,047	2,167	2,276
Ca	1,794	1,790	1,778	1,767	1,851
Na	0,206	0,210	0,222	0,243	0,149
Na	0,208	0,223	0,269	0,169	0,201
K	0,111	0,113	0,133	0,030	0,043
"Name"	FT	FT	FT	TH	TH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	603 B1I	603 B2R	581 A1I	581 A2R	581 B1I
Symbol	●	○	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,668	0,537	0,719	0,629	0,675
CaO	10,905	11,329	10,999	10,682	10,178
Na ₂ O	1,545	1,284	1,860	1,761	1,821
Cr ₂ O ₃	0,006	0,016			0,009
K ₂ O	0,212	0,201	1,159	1,057	1,192
MgO	10,410	10,206	5,160	5,344	4,994
MnO		0,354	0,322		0,184
SiO ₂	44,376	44,631	40,435	40,149	40,888
Al ₂ O ₃	14,959	15,022	14,723	14,874	14,597
FeO	15,271	14,956	25,017	24,967	25,271
Summe	98,352	98,535	100,395	99,463	99,810

Atome auf 23 0

Si	6,467	6,490	6,151	6,148	6,237
Al ^{IV}	1,533	1,510	1,849	1,852	1,763
Al ^{VI}	1,036	1,064	0,791	0,832	0,861
Ti	0,073	0,059	0,082	0,072	0,077
Cr	0,001	0,002			0,001
Fe	1,861	1,819	3,183	3,197	3,224
Mn	0,039	0,044	0,042		0,024
Mg	2,261	2,212	1,170	1,220	1,135
Ca	1,703	1,765	1,793	1,752	1,664
Na	0,297	0,235	0,207	0,248	0,336
Na	0,140	0,127	0,342	0,275	0,202
K	0,039	0,037	0,225	0,207	0,232
"Name"	Alumino- TH	Alumino- TH	FP	FT	FT

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	581 B2R	581 C3I	581 C4R	597 A1R	597 A2M
Symbol	○	●	○	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,443	0,554	0,553	0,495	0,632
CaO	11,061	10,687	9,900	10,264	10,156
Na ₂ O	1,718	1,636	1,457	1,830	2,034
Cr ₂ O ₃		0,011	0,011	0,022	
K ₂ O	0,854	1,050	0,816	0,323	0,299
MgO	4,826	4,753	4,456	10,147	10,288
MnO		0,043	0,244	0,459	
SiO ₂	39,973	40,338	36,232	43,388	43,887
Al ₂ O ₃	14,145	14,568	13,228	14,995	15,792
FeO	25,293	26,135	26,302	15,149	15,180
Summe	98,312	99,775	93,198	97,072	98,269

Atome auf 23 0

Si	6,211	6,187	6,035	6,429	6,400
Al ^{iv}	1,789	1,813	1,965	1,571	1,600
Al ^{vi}	0,801	0,820	0,632	1,048	1,114
Ti	0,052	0,064	0,069	0,055	0,069
Cr		0,001	0,001	0,003	
Fe	3,287	3,352	3,664	1,877	1,851
Mn		0,006	0,034	0,058	
Mg	1,118	1,086	1,106	2,241	2,236
Ca	1,841	1,756	1,767	1,630	1,587
Na	0,159	0,244	0,233	0,370	0,413
Na	0,359	0,242	0,237	0,156	0,162
K	0,169	0,205	0,173	0,061	0,056
"Name"	FP	FT	FT	Alumino- TH	Alumino- TH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	597 A3I	597 B1I	597 B2R	597 C1I	597 C2R
Symbol	●	●	○	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,512	0,479	0,424	0,439	0,385
CaO	9,996	10,438	11,639	10,829	9,928
Na ₂ O	1,811	1,898	1,369	1,922	1,949
Cr ₂ O ₃	0,052	0,008	0,018	0,004	
K ₂ O	0,333	0,308	0,226	0,381	0,304
MgO	10,196	10,039	11,304	10,403	10,182
MnO				0,010	0,009
SiO ₂	44,265	44,316	45,455	43,813	43,721
Al ₂ O ₃	15,361	15,234	12,589	14,853	15,287
FeO	15,471	15,863	15,035	15,574	15,289
Summe	97,997	98,584	98,059	98,227	97,056

Atome auf 23 0

Si	6,471	6,462	6,651	6,427	6,457
Al ^{iv}	1,529	1,538	1,349	1,573	1,543
Al ^{vi}	1,118	1,080	0,822	0,995	1,118
Ti	0,056	0,053	0,047	0,048	0,043
Cr	0,006	0,001	0,002		
Fe	1,891	1,934	1,840	1,911	1,888
Mn				0,001	0,001
Mg	2,222	2,182	2,465	2,274	2,241
Ca	1,566	1,631	1,825	1,702	1,571
Na	0,434	0,369	0,175	0,298	0,429
Na	0,079	0,168	0,213	0,249	0,129
K	0,062	0,057	0,042	0,071	0,057
"Name"	Alumino- TH	Alumino- TH	MH	TH	Alumino- TH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	597 D1I	597 D2R	597 E1I	597 E2R	597 F1I
Symbol	●	○	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,575	0,473	0,558	0,544	0,540
CaO	10,052	9,986	10,187	10,187	11,494
Na ₂ O	2,107	2,055	1,878	1,729	1,519
Cr ₂ O ₃		0,020	0,030	0,013	0,020
K ₂ O	0,309	0,293	0,274	0,304	0,287
MgO	10,272	19,453	10,393	10,299	10,505
MnO	0,458	0,030	0,039	0,133	0,004
SiO ₂	43,800	43,245	43,357	43,586	42,987
Al ₂ O ₃	15,668	15,238	15,354	15,163	14,991
FeO	15,061	15,021	15,232	15,293	15,257
Summe	98,301	96,815	97,302	97,250	97,603

Atome auf 23 0

Si	6,398	6,408	6,396	6,432	6,350
Al ^{iv}	1,602	1,592	1,604	1,568	1,650
Al ^{vi}	1,095	1,069	1,066	1,069	0,960
Ti	0,063	0,053	0,062	0,060	0,060
Cr		0,002	0,003	0,002	0,002
Fe	1,840	1,861	1,879	1,887	1,885
Mn	0,057	0,004	0,005	0,017	
Mg	2,236	2,309	2,285	2,265	2,313
Ca	1,573	1,585	1,610	1,611	1,819
Na	0,427	0,415	0,390	0,389	0,181
Na	0,170	0,175	0,147	0,106	0,254
K	0,058	0,055	0,052	0,057	0,054
"Name"	Alumino- TH	Alumino- TH	Alumino- TH	Alumino- TH	TH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	597 F2R	591 A1I	591 A2R	591 B1I	591 B2R
Symbol	○	●	○	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,316	0,652	0,524	0,517	0,443
CaO	11,321	11,547	11,213	11,667	11,146
Na ₂ O	1,593	1,297	1,532	1,349	1,411
Cr ₂ O ₃	0,024	0,006	0,017	0,012	
K ₂ O	0,348	0,605	0,842	0,720	0,682
MgO	10,061	8,930	8,269	8,432	7,821
MnO	0,281	0,253	0,429	0,393	0,376
SiO ₂	42,924	42,238	40,829	40,915	41,122
Al ₂ O ₃	14,864	14,462	15,416	15,510	15,696
FeO	15,611	17,547	18,556	18,193	18,872
Summe	97,343	97,538	97,626	97,707	97,569

Atome auf 23 0

Si	6,377	6,339	6,180	6,174	6,216
Al ^{iv}	1,623	1,661	1,820	1,826	1,784
Al ^{vi}	0,980	0,897	0,930	0,932	1,012
Ti	0,035	0,074	0,060	0,059	0,050
Cr	0,003	0,001	0,002	0,001	
Fe	1,940	2,202	2,349	2,296	2,386
Mn	0,035	0,032	0,055	0,050	0,048
Mg	2,228	1,998	1,866	1,896	1,762
Ca	1,802	1,857	1,818	1,886	1,805
Na	0,198	0,143	0,182	0,114	0,195
Na	0,261	0,235	0,268	0,281	0,218
K	0,066	0,116	0,163	0,139	0,131
"Name"	TH	FTH	FT	FT	Alumino- FT

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	591 C1R	591 C2I	591 C3R	580 A1I	580 A2R
Symbol	○	●	○	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,539	0,452	0,703	0,467	0,550
CaO	11,640	11,487	11,084	11,252	11,402
Na ₂ O	1,365	1,307	1,335	1,397	1,736
Cr ₂ O ₃	0,002	0,011		0,009	
K ₂ O	0,635	0,687	0,712	0,515	0,502
MgO	8,308	8,443	8,445	8,899	8,907
MnO	0,339	0,310	0,290	0,184	0,164
SiO ₂	40,732	40,906	40,909	40,625	41,452
Al ₂ O ₃	14,960	15,540	15,549	15,903	15,116
FeO	18,636	17,981	15,576	17,731	17,856
Summe	97,155	97,124	96,603	96,981	97,686

Atome auf 23 0

Si	6,197	6,195	6,210	6,145	6,230
Al ^{IV}	1,803	1,805	1,790	1,855	1,770
Al ^{VI}	0,879	0,969	0,992	0,980	0,908
Ti	0,062	0,051	0,080	0,053	0,062
Cr		0,001		0,001	
Fe	2,371	2,277	2,231	2,243	2,245
Mn	0,044	0,040	0,037	0,024	0,021
Mg	1,884	1,906	1,911	2,006	1,995
Ca	1,897	1,864	1,803	1,823	1,836
Na	0,103	0,136	0,197	0,177	0,164
Na	0,300	0,248	0,196	0,233	0,342
K	0,123	0,133	0,138	0,099	0,096
"Name"	FT	FT	FT	FT	FT

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	580 B1I	580 B2R	580 C1I	580 C3R	556 A1I
Symbol	●	○	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,555	0,469	0,572	0,334	0,504
CaO	10,329	11,228	11,675	11,464	10,897
Na ₂ O	2,053	1,602	1,463	1,383	1,991
Cr ₂ O ₃		0,010	0,022	0,031	0,024
K ₂ O	0,518	0,623	0,638	0,624	0,378
MgO	9,037	8,663	7,690	7,102	9,219
MnO	0,063	0,086	0,322	0,318	0,304
SiO ₂	41,695	41,533	40,217	40,092	43,729
Al ₂ O ₃	15,895	15,361	15,688	15,308	11,857
FeO	16,823	18,063	19,893	20,955	18,597
Summe	96,967	97,638	98,180	97,612	97,500

Atome auf 23 0

Si	6,256	6,243	6,095	6,140	6,591
Al ^{IV}	1,744	1,757	1,905	1,860	1,409
Al ^{VI}	1,066	0,964	0,897	0,903	0,697
Ti	0,063	0,053	0,065	0,038	0,057
Cr		0,001	0,003	0,004	0,003
Fe	2,111	2,271	2,521	2,684	2,344
Mn	0,008	0,011	0,041	0,041	0,039
Mg	2,021	1,941	1,731	1,621	2,071
Ca	1,660	1,808	1,896	1,881	1,760
Na	0,340	0,192	0,104	0,119	0,240
Na	0,257	0,275	0,326	0,292	0,342
K	0,099	0,119	0,123	0,122	0,073
"Name"	Alumino- FTH	FT	FT	FT	MH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	556 A2I	556 B1I	556 B2R	556 C1 in Gr.B	556 D1 in Gr.B
Symbol	●	●	○	○	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,381	0,591	0,482	0,601	0,524
CaO	12,052	10,772	10,858	10,431	11,675
Na ₂ O	1,459	1,745	1,651	1,838	1,511
Cr ₂ O ₃	0,018	0,038		0,007	0,015
K ₂ O	0,256	0,351	0,357	0,328	0,381
MgO	10,363	9,171	9,011	9,439	9,382
MnO	0,311	0,199	0,349	0,187	0,274
SiO ₂	45,530	43,975	45,262	44,694	44,234
Al ₂ O ₃	9,041	12,640	12,539	12,396	12,706
FeO	17,990	19,106	18,881	18,886	17,962
Summe	97,401	98,588	99,389	98,806	98,665

Atome auf 23 0

Si	6,850	6,546	6,656	6,615	6,556
Al ^{IV}	1,150	1,454	1,344	1,385	1,444
Al ^{VI}	0,453	0,764	0,829	0,777	0,775
Ti	0,043	0,066	0,053	0,067	0,058
Cr	0,002	0,004		0,001	0,002
Fe	2,263	2,379	2,322	2,338	2,226
Mn	0,040	0,025	0,043	0,023	0,034
Mg	2,324	2,035	1,975	2,082	2,073
Ca	1,943	1,718	1,711	1,654	1,854
Na	0,057	0,282	0,289	0,346	0,146
Na	0,368	0,222	0,182	0,181	0,288
K	0,049	0,067	0,067	0,062	0,072
"Name"	FH	FH	FH	FH	FH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	556 E1	556 F1I an Gr.A	556 F2R an Gr.A	556 G1I in Gr.A	556 G2R in Gr.A
Symbol	●	●	○	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,513	2,299	0,460	0,460	0,578
CaO	11,179	12,931	11,543	10,704	10,750
Na ₂ O	1,692	1,416	1,622	1,864	1,829
Cr ₂ O ₃	0,001		0,017	0,013	
K ₂ O	0,353	0,401	0,591	0,380	0,272
MgO	8,694	8,727	9,197	9,137	9,500
MnO	0,119	0,074	0,056	0,411	0,221
SiO ₂	43,953	43,221	44,036	44,174	45,185
Al ₂ O ₃	12,550	11,208	11,852	12,981	12,538
FeO	19,687	17,621	19,221	18,550	18,499
Summe	98,739	97,897	98,595	98,676	99,372

Atome auf 23 0

Si	6,555	6,497	6,582	6,555	6,633
Al ^{IV}	1,445	1,503	1,418	1,445	1,367
Al ^{VI}	0,761	0,483	0,670	0,825	0,802
Ti	0,058	0,260	0,052	0,051	0,064
Cr			0,002	0,002	
Fe	2,455	2,215	2,402	2,302	2,271
Mn	0,015	0,009	0,007	0,052	0,027
Mg	1,933	1,955	2,049	2,021	2,078
Ca	1,786	2,083	1,849	1,702	1,691
Na	0,214		0,151	0,298	0,309
Na	0,275	0,413	0,319	0,238	0,212
K	0,067	0,077	0,113	0,072	0,051
"Name"	FH	Titano- FTH	FH	FH	FH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	556 H1I	556 H2R	552 A1I	552 A2R	552 B1I
Symbol	●	○	●	○	●
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,423	0,382	0,561	0,467	0,549
CaO	11,149	11,735	11,379	11,436	10,222
Na ₂ O	1,519	1,535	1,369	1,474	1,899
Cr ₂ O ₃			0,012	0,040	0,008
K ₂ O	0,303	0,259	0,582	0,645	0,447
MgO	10,004	9,877	8,394	8,902	9,229
MnO	0,249		0,273	0,241	0,278
SiO ₂	45,472	45,418	41,713	41,517	42,495
Al ₂ O ₃	10,406	10,473	16,091	15,724	15,803
FeO	18,682	18,403	18,456	18,241	17,539
Summe	98,207	98,082	98,830	98,687	98,470

Atome auf 23 0

Si	6,777	6,772	6,198	6,184	6,285
Al ^{IV}	1,223	1,228	1,802	1,816	1,715
Al ^{VI}	0,605	0,612	1,016	0,945	1,040
Ti	0,047	0,043	0,063	0,052	0,061
Cr			0,001	0,005	0,001
Fe	2,328	2,295	2,293	2,272	2,170
Mn	0,031		0,034	0,030	0,035
Mg	2,222	2,195	1,859	1,976	2,035
Ca	1,780	1,875	1,811	1,825	1,620
Na	0,220	0,125	0,189	0,175	0,380
Na	0,219	0,319	0,205	0,251	0,165
K	0,058	0,049	0,110	0,123	0,084
"Name"	FH	FH	Alumino- FT	FT	Alumino- FTH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	552 B2R	552 B3R	552 B4R	552 C1I	552 C2R
Symbol	○	○	○	●	○
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,472	0,435	0,464	0,476	0,514
CaO	9,092	11,113	10,814	9,911	10,976
Na ₂ O	2,622	1,524	1,617	1,614	1,510
Cr ₂ O ₃	0,005	0,012	0,011	0,011	0,022
K ₂ O	0,502	0,560	0,462	0,548	0,479
MgO	6,411	8,227	8,479	8,272	8,136
MnO	0,777	0,377	0,451	0,482	0,499
SiO ₂	47,788	41,925	41,871	41,206	42,227
Al ₂ O ₃	16,621	15,247	14,704	15,443	15,291
FeO	15,550	20,285	19,072	19,703	19,557
Summe	99,839	99,705	97,944	97,666	99,210

Atome auf 23 0

Si	6,806	6,231	6,300	6,227	6,277
Al ^{IV}	1,194	1,769	1,700	1,773	1,723
Al ^{VI}	1,596	0,902	0,907	0,978	0,956
Ti	0,051	0,049	0,053	0,054	0,057
Cr	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
Fe	1,852	2,521	2,400	2,490	2,431
Mn	0,094	0,048	0,057	0,062	0,063
Mg	1,361	1,822	1,901	1,863	1,803
Ca	1,387	1,770	1,743	1,605	1,748
Na	0,613	0,230	0,257	0,395	0,252
Na	0,111	0,209	0,215	0,078	0,183
K	0,091	0,106	0,089	0,106	0,091
"Name"	Alumino- MH	FT	FTH	FT	FTH

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	552 D1I	552 D2R	46 A1I
Symbol	●	○	●

	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,378	0,197	0,629
CaO	10,918	11,344	11,138
Na ₂ O	1,454	1,346	1,721
Cr ₂ O ₃		0,005	
K ₂ O	0,549	0,541	0,983
MgO	8,653	8,108	5,291
MnO	0,368	0,469	0,214
SiO ₂	42,342	41,264	40,046
Al ₂ O ₃	15,850	15,774	15,105
FeO	18,283	20,083	23,955
Summe	98,796	99,130	99,083

Atome auf 23 0

Si	6,273	6,171	6,137
Al ^{iv}	1,727	1,829	1,863
Al ^{vi}	1,041	0,951	0,865
Ti	0,042	0,022	0,073
Cr		0,001	
Fe	2,265	2,512	3,070
Mn	0,046	0,059	0,028
Mg	1,911	1,807	1,209
Ca	1,733	1,818	1,829
Na	0,267	0,182	0,171
Na	0,151	0,208	0,340
K	0,104	0,103	0,192
"Name"	Alumino- FTH	FT	FP

Gesteinskomplex: Amphibolit-Komplex

Probe	46 A2I	46 A3R	46 B1I	46 B2R	46 C1I in Gr.D
Symbol	●	○	●	○	●

	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,656	0,743	0,657	0,580	0,485
CaO	11,483	11,161	10,618	10,379	11,117
Na ₂ O	1,730	1,736	1,884	1,898	1,808
Cr ₂ O ₃	0,007	0,010	0,002		
K ₂ O	0,892	0,958	1,036	1,124	0,848
MgO	5,468	5,491	5,509	5,824	4,365
MnO	0,279	0,278	0,143	0,173	0,358
SiO ₂	40,623	39,731	40,145	39,727	40,530
Al ₂ O ₃	15,300	15,043	15,145	14,682	13,417
FeO	24,569	23,819	24,370	24,548	27,431
Summe	101,007	98,971	99,508	98,935	100,359

Atome auf 23 0

Si	6,116	6,101	6,130	6,119	6,237
Al ^{iv}	1,884	1,899	1,870	1,881	1,763
Al ^{vi}	0,831	0,824	0,855	0,784	0,670
Ti	0,074	0,086	0,075	0,067	0,056
Cr	0,001	0,001			
Fe	3,093	3,059	3,112	3,162	3,530
Mn	0,036	0,036	0,018	0,023	0,047
Mg	1,227	1,257	1,254	1,337	1,001
Ca	1,852	1,836	1,737	1,713	1,833
Na	0,148	0,164	0,263	0,287	0,167
Na	0,357	0,353	0,295	0,280	0,372
K	0,171	0,188	0,202	0,221	0,167
"Name"	FP	FP	FP	FP	FP

Gesteinskomplex: Amphibolit- Glimmerschiefer-Komplex

Probe	46 C2R in Gr.D	609 A1I	609 A2R	587 A1I	587 A2R
Symbol	○	◆	◇	◆	◇
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,194	0,488	0,429	0,568	0,474
CaO	11,745	11,395	10,939	10,548	10,892
Na ₂ O	1,653	1,805	1,857	2,221	2,070
Cr ₂ O ₃	0,032	0,036	0,048	0,046	0,038
K ₂ O	0,989	0,172	0,213	0,185	0,246
MgO	3,257	10,474	10,360	10,333	10,449
MnO	0,238	0,163	0,182	0,112	0,209
SiO ₂	38,120	42,630	43,280	43,547	43,389
Al ₂ O ₃	16,715	14,567	13,893	15,463	15,344
FeO	27,638	15,114	15,054	14,790	14,676
Summe	100,582	96,845	96,254	97,813	97,788

Atome auf 23 0

Si	5,880	6,357	6,451	6,389	6,376
Al ^{iv}	2,120	1,643	1,549	1,611	1,624
Al ^{vi}	0,919	0,917	0,902	1,063	1,033
Ti	0,023	0,055	0,048	0,063	0,052
Cr	0,004	0,004	0,006	0,005	0,004
Fe	3,565	1,885	1,884	1,815	1,803
Mn	0,031	0,021	0,023	0,014	0,026
Mg	0,749	2,328	2,311	2,259	2,289
Ca	1,941	1,820	1,754	1,658	1,715
Na	0,059	0,180	0,246	0,342	0,285
Na	0,435	0,342	0,293	0,290	0,305
K	0,195	0,033	0,041	0,035	0,046
"Name"	FP	TH	TH	Alumino- TH	Alumino- TH

Gesteinskomplex: Glimmerschiefer-Komplex

Probe	587 B1I	587 B2R	587 C1I	586 A8I	586 A9R
Symbol	◆	◇	◆	◆	◇
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,510	0,385	0,575	0,134	0,296
CaO	10,733	11,162	11,168	12,017	11,551
Na ₂ O	2,233	1,954	1,855	0,731	1,329
Cr ₂ O ₃	0,034	0,011	0,123	0,190	0,155
K ₂ O	0,289	0,272	0,224	0,116	0,245
MgO	10,238	10,614	10,359	17,182	13,700
MnO	0,152	0,120	0,229	0,178	0,387
SiO ₂	44,184	43,729	42,570	52,752	47,505
Al ₂ O ₃	15,466	14,959	14,645	5,733	11,897
FeO	15,051	14,695	14,868	10,177	11,856
Summe	98,890	97,900	96,615	99,211	98,921

Atome auf 23 0

Si	6,418	6,417	6,357	7,398	6,780
Al ^{iv}	1,582	1,583	1,643	0,602	1,220
Al ^{vi}	1,066	1,004	0,935	0,346	0,781
Ti	0,056	0,043	0,065	0,014	0,032
Cr	0,004	0,001	0,015	0,021	0,017
Fe	1,828	1,803	1,857	1,194	1,415
Mn	0,019	0,015	0,029	0,021	0,047
Mg	2,217	2,322	2,306	3,592	2,914
Ca	1,670	1,755	1,787	1,806	1,766
Na	0,330	0,245	0,213	0,194	0,234
Na	0,299	0,311	0,324	0,005	0,134
K	0,054	0,051	0,043	0,021	0,045
"Name"	Alumino- TH	Alumino- TH	TH	AH	MH

Gesteinskomplex: Glimmerschiefer-Komplex

Probe	586 A10I	586 A11I	586 A11R	586 C2I	586 C3R
Symbol	◆	◆	◇	◆	◇
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,176	0,425	0,359	0,032	0,268
CaO	11,589	11,609	11,297	12,394	12,227
Na ₂ O	0,633	1,493	1,704	0,433	1,021
Cr ₂ O ₃	0,079	0,151	0,065	0,189	0,029
K ₂ O	0,198	0,349	0,339	0,082	0,163
MgO	17,464	12,857	12,558	18,015	15,510
MnO		0,398	0,342		
SiO ₂	53,435	45,743	46,382	55,236	51,104
Al ₂ O ₃	4,556	13,185	13,858	2,985	8,030
FeO	9,932	11,990	12,353	9,845	10,720
Summe	98,062	98,200	99,257	99,211	99,071

Atome auf 23 0

Si	7,550	6,607	6,618	7,706	7,206
Al ^{IV}	0,450	1,393	1,382	0,294	0,794
Al ^{VI}	0,309	0,851	0,948	0,197	0,540
Ti	0,019	0,046	0,038	0,003	0,028
Cr	0,009	0,017	0,007	0,021	0,003
Fe	1,174	1,448	1,474	1,149	1,264
Mn		0,049	0,041		
Mg	3,678	2,768	2,671	3,746	3,260
Ca	1,754	1,796	1,727	1,853	1,847
Na	0,173	0,204	0,273	0,117	0,153
Na		0,214	0,198		0,126
K	0,036	0,064	0,062	0,015	0,029
"Name"	A	MH	MH	A	MH

Gesteinskomplex: Glimmerschiefer-Komplex

Probe	586 C4I	586 C5R	586 B2I	586 B3R	586 B4R
Symbol	◆	◇	◆	◇	◇
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,021	0,105	0,176	0,134	0,192
CaO	12,104	11,642	11,771	11,829	11,386
Na ₂ O	0,405	0,577	0,694	1,012	1,286
Cr ₂ O ₃	0,168	0,116	0,128	0,226	0,253
K ₂ O	0,177	0,103	0,073	0,187	0,333
MgO	17,834	17,377	17,511	15,699	14,308
MnO	0,034	0,274	0,053	0,054	0,068
SiO ₂	55,068	53,404	53,092	51,093	48,266
Al ₂ O ₃	3,132	4,659	4,577	7,454	10,260
FeO	9,712	10,116	9,663	10,765	11,489
Summe	98,656	98,373	97,740	98,454	97,839

Atome auf 23 0

Si	7,718	7,534	7,526	7,251	6,942
Al ^{IV}	0,282	0,466	0,474	0,749	1,058
Al ^{VI}	0,235	0,309	0,291	0,498	0,681
Ti	0,002	0,011	0,019	0,014	0,021
Cr	0,019	0,013	0,014	0,025	0,029
Fe	1,138	1,193	1,146	1,278	1,382
Mn	0,004	0,033	0,006	0,007	0,008
Mg	3,726	3,654	3,700	3,321	3,067
Ca	1,817	1,760	1,788	1,799	1,755
Na	0,110	0,158	0,191	0,201	0,245
Na				0,078	0,114
K	0,032	0,019	0,013	0,034	0,061
"Name"	A	A	A	MH	MH

Gesteinskomplex: Glimmerschiefer-Komplex

Probe	586 B5R	586 B6R	586 B7R	586 B8I	586 B9I
Symbol	◇	◇	◇	◆	◆
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,174	0,231	0,415	0,281	0,400
CaO	12,218	12,003	12,218	11,676	11,360
Na ₂ O	0,756	0,806	1,602	1,408	1,655
Cr ₂ O ₃	0,345	0,069	0,299	0,316	0,376
K ₂ O	0,117	0,193	0,409	0,249	0,295
MgO	16,765	16,079	12,700	14,078	12,722
MnO		0,004	0,004	0,323	0,121
SiO ₂	53,084	51,820	45,536	48,057	45,646
Al ₂ O ₃	5,815	7,228	14,121	10,886	13,594
FeO	10,193	10,383	12,244	11,318	12,026
Summe	99,469	98,816	99,547	98,591	98,195

Atome auf 23 0

Si	7,421	7,300	6,502	6,869	6,584
Al ^{iv}	0,579	0,700	1,498	1,131	1,416
Al ^{vi}	0,379	0,500	0,878	0,703	0,895
Ti	0,018	0,024	0,045	0,030	0,043
Cr	0,038	0,008	0,034	0,036	0,043
Fe	1,192	1,223	1,462	1,353	1,451
Mn				0,039	0,015
Mg	3,493	3,376	2,703	2,999	2,735
Ca	1,830	1,812	1,869	1,788	1,756
Na	0,170	0,188	0,131	0,212	0,244
Na	0,035	0,032	0,312	0,178	0,219
K	0,021	0,035	0,074	0,045	0,054
"Name"	AH	AH	MH	MH	MH

Gesteinskomplex: Glimmerschiefer-Komplex

Probe	554 w A1R	554 w A2R1	554 w A31R	554 w A4I	554 w B1I
Symbol	◇	◇	◆	◆	◆
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
TiO ₂	0,342	0,310	0,353	0,363	0,368
CaO	10,163	10,072	10,408	11,012	10,182
Na ₂ O	1,828	2,073	1,761	1,758	2,240
Cr ₂ O ₃	0,010	0,034		0,002	
K ₂ O	0,199	0,173	0,262	0,265	0,172
MgO	10,938	10,211	9,345	9,437	9,614
MnO	0,345	0,419	0,284	0,267	0,294
SiO ₂	43,238	41,590	41,274	41,408	40,721
Al ₂ O ₃	14,406	15,480	16,035	15,803	16,900
FeO	16,125	16,362	16,586	16,681	16,215
Summe	97,594	96,725	96,308	96,996	96,708

Atome auf 23 0

Si	6,402	6,243	6,225	6,216	6,113
Al ^{iv}	1,598	1,757	1,775	1,784	1,887
Al ^{vi}	0,916	0,982	1,075	1,012	1,103
Ti	0,038	0,035	0,040	0,041	0,042
Cr	0,001	0,004			
Fe	1,997	2,054	2,092	2,094	2,036
Mn	0,043	0,053	0,036	0,034	0,037
Mg	2,414	2,285	2,101	2,111	2,151
Ca	1,612	1,620	1,682	1,771	1,638
Na	0,388	0,380	0,318	0,229	0,362
Na	0,137	0,223	0,197	0,283	0,290
K	0,038	0,033	0,050	0,051	0,033
"Name"	TH	T	Alumino- T	Alumino- T	Alumino- T

Gesteinskomplex: Glimmerschiefer-Komplex

Probe 554 w
B2R

Symbol \diamond

Gew.-%

TiO ₂	0,374
CaO	10,081
Na ₂ O	2,144
Cr ₂ O ₃	0,011
K ₂ O	0,278
MgO	9,471
MnO	0,389
SiO ₂	40,919
Al ₂ O ₃	16,793
FeO	16,177
Summe	96,637

Atome auf 23 0

Si	6,146
Al ^{IV}	1,854
Al ^{VI}	1,119
Ti	0,042
Cr	0,001
Fe	2,032
Mn	0,049
Mg	2,120

Ca	1,622
Na	0,378

Na	0,246
K	0,053

"Name" Alumino-
T

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	554	554	554	554
Messung	9A1	9A2	9A3	9B1

Gew. %

MnO	0,028		0,001	
CaO	53,230	55,473	55,240	54,981
MgO	0,690	0,746	0,755	0,654
FeO	0,024		0,001	

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,009			
Ca	23,557	23,559	23,551	23,609
Mg	0,424	0,441	0,447	0,390
Fe	0,008			

x_{CC}^{CC}	0,962	0,962	0,960	0,966
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	<400	<400	<400	<400
-------------------	------	------	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	554	554	554	554
Messung	9B2	9C1	9C2	9D1

Gew. %

MnO				0,041
CaO	55,601	55,260	55,337	55,416
MgO	0,683	0,761	0,756	0,677
FeO	0,019	0,019		0,071

Formeleinheiten auf 24 O

Mn				0,013
Ca	23,590	23,542	23,552	23,562
Mg	0,402	0,451	0,447	0,400
Fe	0,006	0,006		0,023

x_{CC}^{CC}	0,964	0,960	0,960	0,964
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	<400	<400	<400	<400
-------------------	------	------	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	554	573	573	573
Messung	9D2	7A1	7B1	7C1

Gew. %

MnO			0,016	
CaO	54,570	30,126	31,007	29,588
MgO	0,674	20,891	19,275	21,419
FeO		0,199	0,282	0,184

Formeleinheiten auf 24 O

Mn			0,005	
Ca	23,594	12,183	12,818	11,928
Mg	0,405	11,753	11,085	12,013
Fe		0,062	0,091	0,057

$$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}} = 0,964$$

$$x_{\text{Do}}^{\text{Do}} = 0,988 \quad 0,954 \quad 1,030$$

$$^{\circ}\text{C für P = 5kb} = <400 \quad 575-585$$

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	573	573	573	573
Messung	7D1	7E1	7F1	7G1

Gew. %

MnO	0,007			0,039
CaO	30,710	30,082	29,834	29,706
MgO	20,155	21,681	21,690	21,902
FeO	0,204	0,259	0,127	0,184

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,002			0,012
Ca	12,510	11,943	11,912	11,813
Mg	11,422	11,975	12,048	12,117
Fe	0,065	0,080	0,039	0,057

$$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$$

$$x_{\text{Do}}^{\text{Do}} = 0,980 \quad 1,028 \quad 1,032 \quad 1,038$$

$$^{\circ}\text{C für P = 5kb} = 670-675$$

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	573	573	573	579
Messung	7H1	7I1	7J1	8J1

Gew. %

MnO	0,035	0,049	0,037	
CaO	29,955	30,176	30,068	51,079
MgO	21,647	22,244	21,797	2,374
FeO	0,135	0,140	0,270	0,004

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,011	0,015	0,011	
Ca	11,941	11,820	11,901	22,541
Mg	12,005	12,121	12,002	1,457
Fe	0,042	0,042	0,083	0,001

x_{CC}^{CC}				0,872
---------------	--	--	--	-------

x_{Do}^{Do}	1,028	1,038	1,018	
---------------	-------	-------	-------	--

°C für P =
5kb

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	579	579	579	579
Messung	8J2	8J3	8L1	8A1

Gew. %

MnO	0,017	0,005	0,019	0,021
CaO	49,200	50,238	49,994	30,829
MgO	4,307	3,699	4,171	20,898
FeO	0,074	0,083	0,025	0,176

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,005	0,001	0,006	0,006
Ca	21,367	21,743	21,490	12,320
Mg	2,601	2,227	2,494	11,618
Fe	0,025	0,028	0,008	0,054

x_{CC}^{CC}	0,772	0,806	0,782	
---------------	-------	-------	-------	--

x_{Do}^{Do}				0,996
---------------	--	--	--	-------

°C für P =
5kb

<400

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	579	579	579	579
Messung	8A2	8C1	8D1	8E1

Gew. %

MnO			0,001	0,021
CaO	30,885	30,420	29,910	29,888
MgO	20,405	21,064	20,882	20,810
FeO	0,195	0,195	0,197	0,280

Formeleinheiten auf 24 O

Mn				0,006
Ca	12,473	12,193	12,143	12,142
Mg	11,464	11,745	11,794	11,761
Fe	0,061	0,061	0,062	0,088

$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$

$x_{\text{Do}}^{\text{Do}}$	0,984	1,006	1,012	1,010
-----------------------------	-------	-------	-------	-------

°C für P =
5kb

630-635 <400

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	579	579	579	579
Messung	8F1	8G1	8H1	8K1

Gew. %

MnO		0,033	0,014	0,011
CaO	30,060	29,940	30,190	29,721
MgO	21,319	21,172	20,393	21,920
FeO	0,218	0,148	0,259	0,250

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,010	0,004	0,003
Ca	12,046	12,069	12,327	11,805
Mg	11,885	11,873	11,584	12,113
Fe	0,068	0,046	0,082	0,077

$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$

$x_{\text{Do}}^{\text{Do}}$	1,020	1,018	0,994	1,038
-----------------------------	-------	-------	-------	-------

°C für P =
5kb

400-465

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	579	584	584	584
Messung	8M1	3A1	3A2	3A3

Gew. %

MnO			0,055	
CaO	35,614	54,633	55,985	55,854
MgO	17,594	0,722	0,789	0,579
FeO	0,209		0,072	0,047

Formeleinheiten auf 24 O

Mn			0,018	
Ca	14,185	23,566	23,497	23,643
Mg	9,749	0,433	0,460	0,340
Fe	0,065		0,023	0,015

x_{CC}^{CC}		0,964	0,960	0,970
---------------	--	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}	0,840			
---------------	-------	--	--	--

°C für P = 5kb	<400	<400	<400	
-------------------	------	------	------	--

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	584	584	584	584
Messung	3A4	3B1	3B2	3C1

Gew. %

MnO	0,425	0,069	0,014	0,045
CaO	55,432	54,666	54,932	55,036
MgO	0,733	0,736	0,727	0,719
FeO	0,032	0,073		0,021

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,142	0,023	0,004	0,015
Ca	23,416	23,511	23,561	23,549
Mg	0,430	0,440	0,434	0,428
Fe	0,010	0,024		0,006

x_{CC}^{CC}	0,962	0,962	0,962	0,962
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	<400	<400	<400	<400
-------------------	------	------	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	584	584	584	584
Messung	3C2	3D1	3D2	3E1

Gew. %

MnO	0,049			0,010
CaO	54,798	55,351	54,918	55,082
MgO	0,659	0,768	0,733	0,689
FeO	0,052	0,007	0,024	

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,016			0,003
Ca	23,571	23,543	23,554	23,586
Mg	0,394	0,454	0,437	0,410
Fe	0,017	0,002	0,008	

x_{CC}^{CC}	0,966	0,960	0,962	0,964
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	<400	<400	<400	<400
-------------------	------	------	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	584	585	585	585
Messung	3E2	5A1	5A2	5B1

Gew. %

MnO	0,001	0,109	0,071	0,079
CaO	55,041	52,133	51,009	51,494
MgO	0,770	1,159	1,171	1,213
FeO	0,015	1,571	1,484	1,551

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,037	0,025	0,027
Ca	23,536	22,724	22,732	22,695
Mg	0,458	0,703	0,726	0,743
Fe	0,004	0,534	0,516	0,533

x_{CC}^{CC}	0,960	0,938	0,936	0,934
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	<400	425	430	435
-------------------	------	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	585	585	585	585
Messung	5B2	5C1	5D1	5E1

Gew. %

MnO	0,094	0,106	0,093	0,121
CaO	51,631	50,836	50,928	51,123
MgO	1,274	1,283	1,341	1,334
FeO	1,561	1,509	1,480	1,654

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,032	0,037	0,032	0,042
Ca	22,655	22,643	22,625	22,568
Mg	0,777	0,794	0,828	0,819
Fe	0,534	0,524	0,513	0,570

$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$	0,930	0,928	0,926	0,926
-----------------------------	-------	-------	-------	-------

$x_{\text{Do}}^{\text{Do}}$

°C für P = 5kb	445	450	455	455
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	594	594	594	594
Messung	4A1	4B1	4B2	4B3

Gew. %

MnO		0,021	0,021	
CaO	55,058	54,926	54,434	54,904
MgO	0,993	0,958	0,958	0,932
FeO			0,016	0,031

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,006	0,007	
Ca	23,412	23,424	23,414	23,436
Mg	0,587	0,568	0,573	0,553
Fe			0,005	0,010

$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$	0,948	0,950	0,950	0,952
-----------------------------	-------	-------	-------	-------

$x_{\text{Do}}^{\text{Do}}$

°C für P = 5kb	400	<400	<400	<400
-------------------	-----	------	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	594	594	594	594
Messung	4C1	4C2	4D1	4D2

Gew. %

MnO		0,014		
CaO	54,462	54,441	54,685	55,136
MgO	0,899	1,106	0,922	0,987
FeO			0,024	

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,004		
Ca	23,461	23,335	23,442	23,416
Mg	0,538	0,659	0,549	0,583
Fe			0,008	

x_{CC}^{CC}	0,952	0,942	0,952	0,950
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	<400	415	<400	<400
-------------------	------	-----	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	594	594	594	594
Messung	4E1	4E2	4F1	4G1

Gew. %

MnO	0,011	0,057	0,061	
CaO	55,417	55,394	55,448	55,126
MgO	0,934	0,817	0,940	0,956
FeO	0,006			

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,003	0,019	0,020	
Ca	23,444	23,498	23,427	23,434
Mg	0,549	0,482	0,552	0,565
Fe	0,001			

x_{CC}^{CC}	0,952	0,958	0,952	0,950
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	<400	<400	<400	<400
-------------------	------	------	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	598	598	598	598
Messung	10A1	10A2	10A3	10A4

Gew. %

MnO				0,008
CaO	54,194	53,949	53,630	53,465
MgO	1,603	1,856	2,041	1,884
FeO				

Formeleinheiten auf 24 O

Mn				0,002
Ca	23,051	22,903	22,793	22,876
Mg	0,948	1,096	1,206	1,121
Fe				

x_{CC}^{Cc}	0,916	0,904	0,894	0,902
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	475	500	520	505
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	598	598	598	598
Messung	10A5	10B1	10B2	10B3

Gew. %

MnO	0,008	0,030	0,033	0,007
CaO	53,872	54,550	55,467	54,683
MgO	1,845	1,868	1,196	1,428
FeO	0,045			

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,002	0,010	0,011	0,002
Ca	22,891	22,899	23,290	23,156
Mg	1,090	1,090	0,698	0,841
Fe	0,015			

x_{CC}^{Cc}	0,904	0,904	0,938	0,926
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	500	500	430	455
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	598	598	598	598
Messung	10B4	10B5	10C1	10C2

Gew. %

MnO		0,007	0,040	
CaO	54,753	53,793	53,756	54,642
MgO	1,814	1,677	1,530	1,422
FeO	0,012		0,062	0,072

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,002	0,013	
Ca	22,938	23,000	23,052	23,138
Mg	1,057	0,997	0,912	0,837
Fe	0,004		0,020	0,023

x_{CC}^{CC}	0,908	0,912	0,920	0,926
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	495	485	470	455
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	598	598	598	598
Messung	10C3	10C4	10D1	10D2

Gew. %

MnO		0,056		
CaO	54,364	54,241	53,324	53,631
MgO	1,403	1,425	1,649	1,694
FeO		0,042	0,006	0,009

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,018		
Ca	23,168	23,122	23,008	22,987
Mg	0,831	0,844	0,990	1,009
Fe		0,013	0,001	0,002

x_{CC}^{CC}	0,928	0,926	0,914	0,912
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	450	455	480	485
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	598	598	598	598
Messung	10D3	10E1	10E2	10E3

Gew. %

MnO	0,002	0,025		
CaO	54,084	54,228	50,547	54,515
MgO	1,632	1,077	4,647	0,960
FeO				

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,008		
Ca	23,032	23,346	21,278	23,426
Mg	0,966	0,645	2,721	0,573
Fe				

$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$	0,916	0,944	0,762	0,950
-----------------------------	-------	-------	-------	-------

$x_{\text{Do}}^{\text{Do}}$				
-----------------------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	475	410	>700	<400
----------------	-----	-----	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	602	602	602	602
Messung	2A1	2A2	2C1	2D1

Gew. %

MnO	0,011	0,018	0,034	
CaO	30,437	29,045	30,045	29,912
MgO	20,691	21,205	21,454	20,908
FeO	0,359	0,263	0,282	0,282

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,003	0,005	0,010	
Ca	12,274	11,862	11,990	12,122
Mg	11,608	12,047	11,910	11,788
Fe	0,113	0,083	0,087	0,089

$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$				
-----------------------------	--	--	--	--

$x_{\text{Do}}^{\text{Do}}$	0,998	1,034	1,022	1,012
-----------------------------	-------	-------	-------	-------

°C für P = 5kb	<400	<400	<400	<400
----------------	------	------	------	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	602	602	602	602
Messung	2B1I	2B2R	2B3M	2E1

Gew. %

MnO		0,027	0,047	0,036
CaO	53,802	53,944	54,762	53,555
MgO	1,757	1,210	1,226	1,924
FeO	0,089	0,070	0,084	0,060

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,009	0,015	0,012
Ca	22,928	23,241	23,233	22,827
Mg	1,041	0,725	0,723	1,140
Fe	0,029	0,023	0,027	0,019

x_{CC}^{Cc}	0,908	0,936	0,936	0,900
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	495	435	435	510
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	602	602	602	602
Messung	2E2	2F1	2F2	2G1

Gew. %

MnO				
CaO	53,020	54,298	52,630	52,279
MgO	1,613	0,865	1,157	2,436
FeO	0,011	0,091	0,082	0,022

Formeleinheiten auf 24 O

Mn				
Ca	23,021	23,449	23,260	22,532
Mg	0,974	0,519	0,711	1,460
Fe	0,003	0,030	0,028	0,007

x_{CC}^{Cc}	0,914	0,954	0,938	0,872
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	480	<400	430	560
-------------------	-----	------	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	602	604	604	604
Messung	2G2	1A1	1A2	1B1

Gew. %

MnO	0,002	0,025	0,061	0,037
CaO	52,797	52,288	51,962	53,792
MgO	2,098	1,648	1,741	0,448
FeO	0,067	0,229	0,218	0,164

Formeleinheiten auf 24 O

Mn		0,008	0,021	0,012
Ca	22,720	22,908	22,839	23,657
Mg	1,256	1,004	1,064	0,273
Fe	0,022	0,078	0,074	0,056

x_{CC}^{Cc}	0,890	0,912	0,906	0,976
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	525	485	495	<400
-------------------	-----	-----	-----	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	604	604	604	604
Messung	1B2	1B3	1C1	1C2

Gew. %

MnO	0,072	0,007	0,045	0,040
CaO	55,057	53,647	51,021	52,000
MgO	0,288	0,305	2,753	1,946
FeO	0,096	0,115	0,280	0,199

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,024	0,002	0,015	0,013
Ca	23,770	23,770	22,221	22,735
Mg	0,172	0,187	1,668	1,183
Fe	0,032	0,039	0,095	0,067

x_{CC}^{Cc}	0,984	0,984	0,854	0,896
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	<400	<400	585	515
-------------------	------	------	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	604	604	604	604
Messung	1C3	1D1	1D2	1E1

Gew. %

MnO	0,071	0,079	0,050	0,027
CaO	52,284	53,221	52,674	53,228
MgO	2,320	1,581	1,515	0,635
FeO	0,258	0,290	0,185	0,204

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,024	0,026	0,017	0,009
Ca	22,500	22,928	22,999	23,529
Mg	1,389	0,947	0,920	0,390
Fe	0,086	0,097	0,063	0,070

x_{CC}^{CC}	0,878	0,916	0,920	0,966
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	550	475	470	<400
-------------------	-----	-----	-----	------

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	604	604	604	604
Messung	1E2	1F1	1F2	1G1

Gew. %

MnO	0,059	0,094	0,048	0,041
CaO	54,187	52,515	51,173	52,319
MgO	0,577	2,227	2,175	1,596
FeO	0,076	0,269	0,282	0,248

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,020	0,030	0,016	0,014
Ca	23,604	22,547	22,552	22,927
Mg	0,349	1,329	1,333	0,973
Fe	0,025	0,090	0,097	0,084

x_{CC}^{CC}	0,970	0,884	0,884	0,914
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}				
---------------	--	--	--	--

°C für P = 5kb	<400	535	535	480
-------------------	------	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	604	607	607	607
Messung	1G2	6A1	6A2	6B1

Gew. %

MnO	0,066		0,032	
CaO	53,677	53,404	53,738	53,558
MgO	1,735	1,608	1,422	1,525
FeO	0,272	0,069	0,077	0,023

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,022		0,010	
Ca	22,859	23,012	23,112	23,078
Mg	1,028	0,964	0,850	0,914
Fe	0,090	0,023	0,025	0,007

x_{Cc}^{Cc}	0,910	0,916	0,926	0,920
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	490	475	455	470
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	607	607	607	607
Messung	6B2	6C1	6C2	6D1

Gew. %

MnO	0,021	0,001		
CaO	54,118	53,907	53,012	52,723
MgO	1,412	1,377	1,357	1,428
FeO	0,055		0,058	0,033

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,007			
Ca	23,134	23,176	23,155	23,117
Mg	0,839	0,823	0,824	0,871
Fe	0,018		0,019	0,011

x_{Cc}^{Cc}	0,926	0,928	0,928	0,924
---------------	-------	-------	-------	-------

x_{Do}^{Do}

°C für P = 5kb	455	450	450	460
-------------------	-----	-----	-----	-----

Daten zur Calcit-Dolomit-Solvus-Geothermometrie:

Proben-Nr.	607	607	607
------------	-----	-----	-----

Messung	6D2	6E1	6E2
---------	-----	-----	-----

Gew. %

MnO	0,005	0,031	
CaO	53,468	54,408	53,500
MgO	1,407	1,317	1,442
FeO	0,060	0,029	0,037

Formeleinheiten auf 24 O

Mn	0,001	0,010	
Ca	23,131	23,198	23,120
Mg	0,846	0,781	0,866
Fe	0,020	0,009	0,012

$x_{\text{Cc}}^{\text{Cc}}$	0,926	0,932	0,924
-----------------------------	-------	-------	-------

$x_{\text{Do}}^{\text{Do}}$

°C für P = 5kb	455	440	460
-------------------	-----	-----	-----

9.3 Meßpunktkarten der Mikrosondenanalysen

Die Abbildungen geben die Lage der Meßpunkte auf den Mikrosondenschliffen wieder.

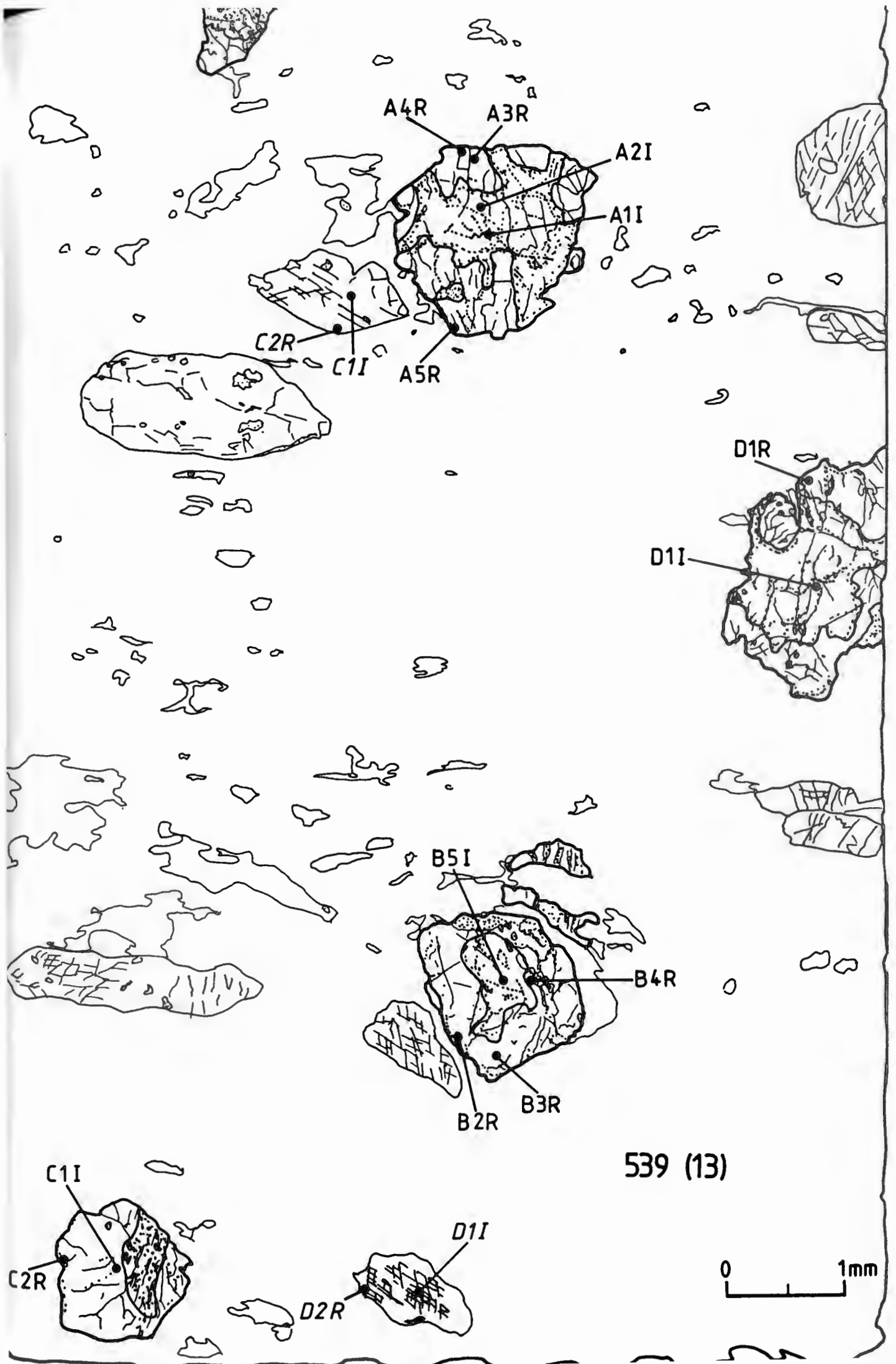
Der Modus der Proben- und Messungsbezeichnung ist unter Punkt 9.2 erläutert.

Legende:

—● Lage des Meßpunktes

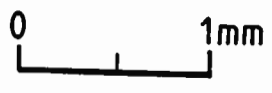
○ GRANAT

◌ AMPHIBOL



539 (13)

E1R

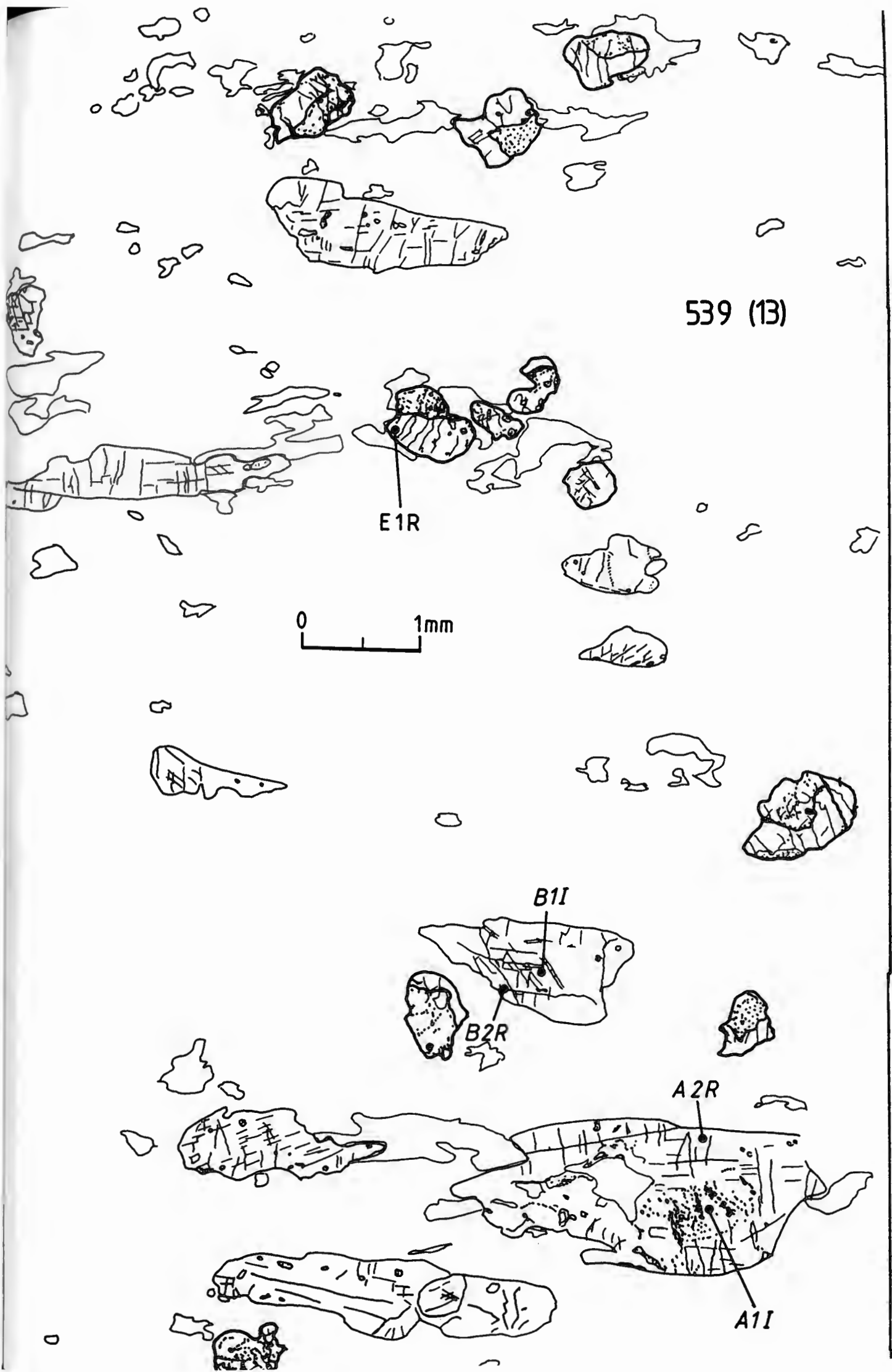


B1I

B2R

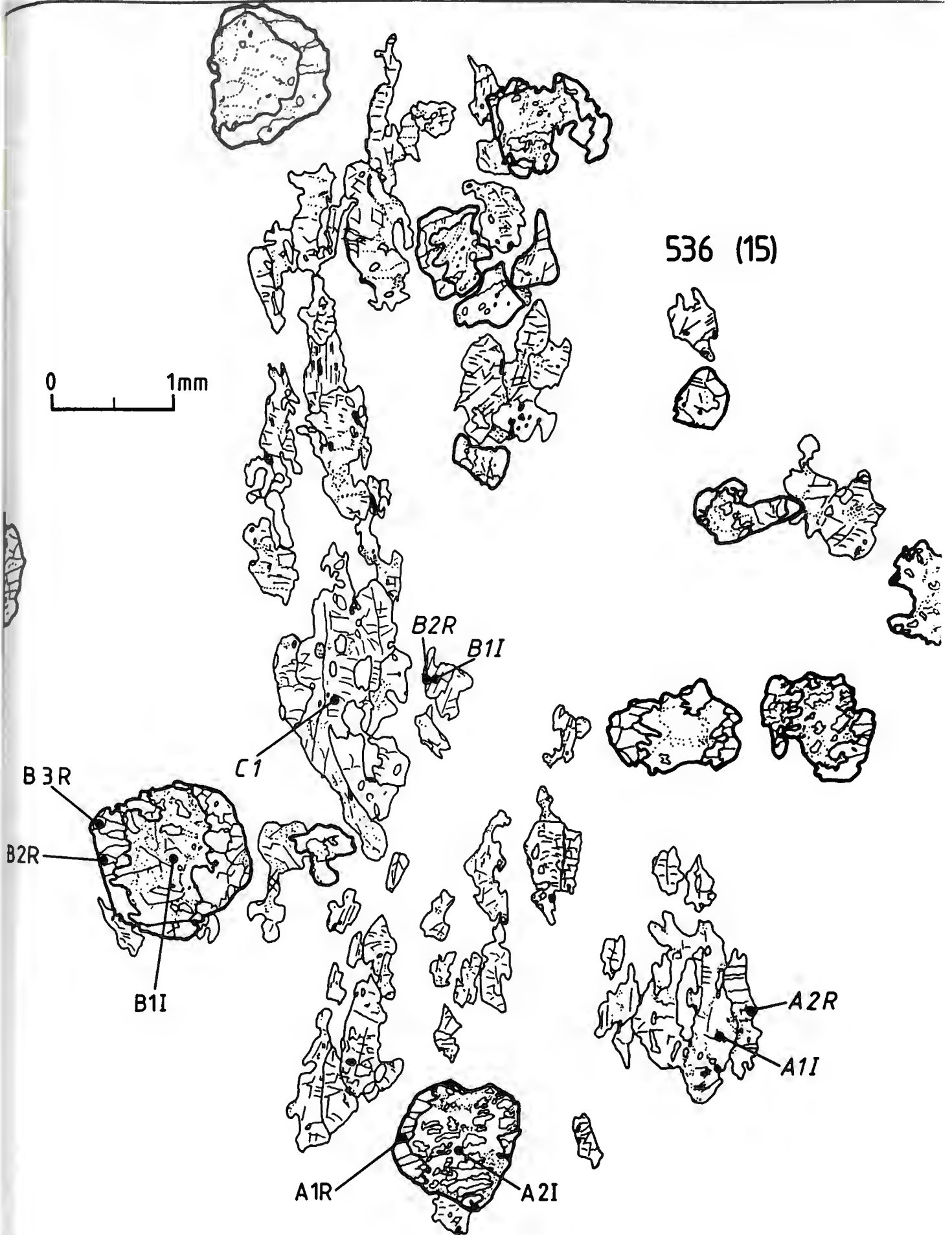
A2R

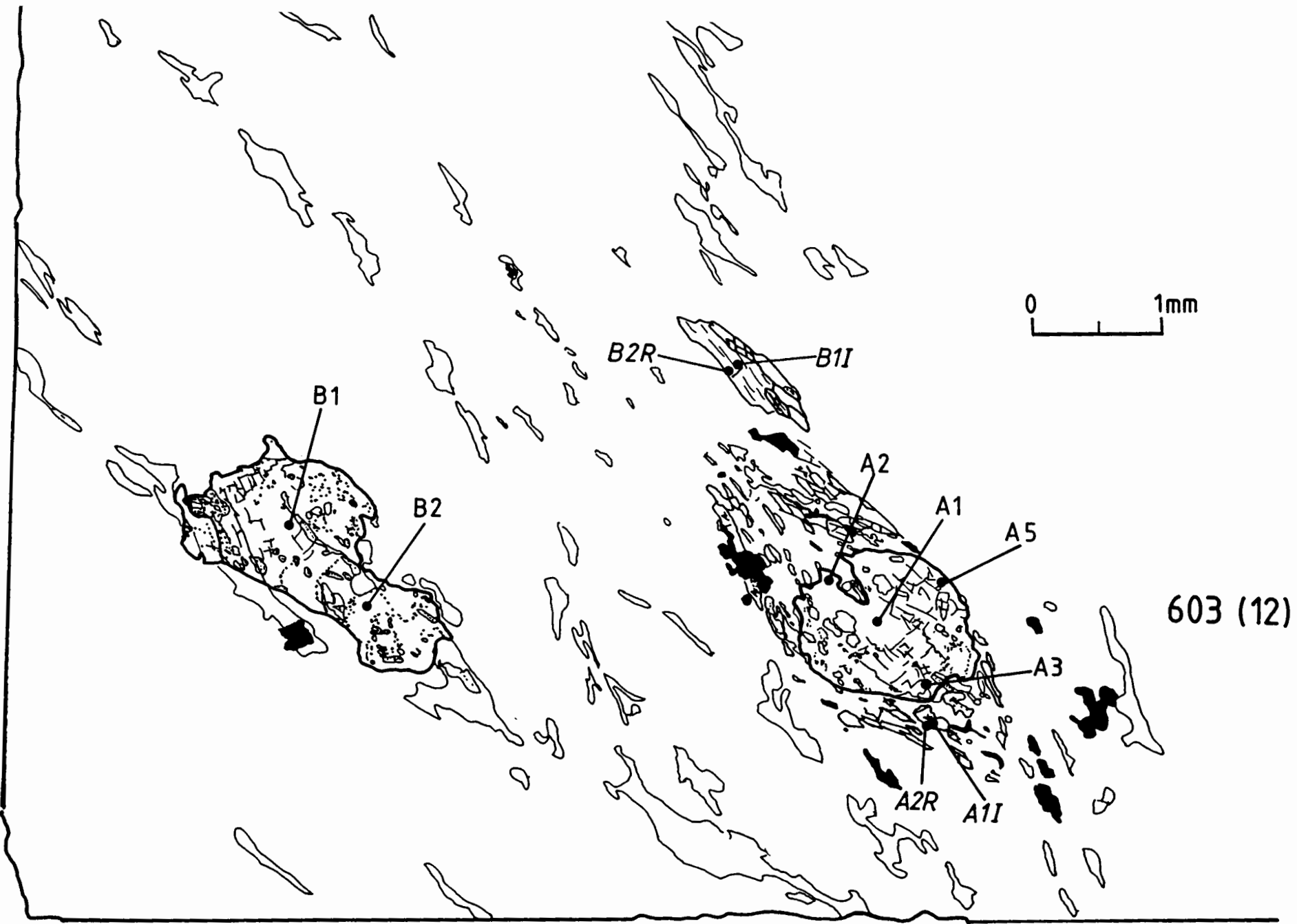
A1I



536 (15)

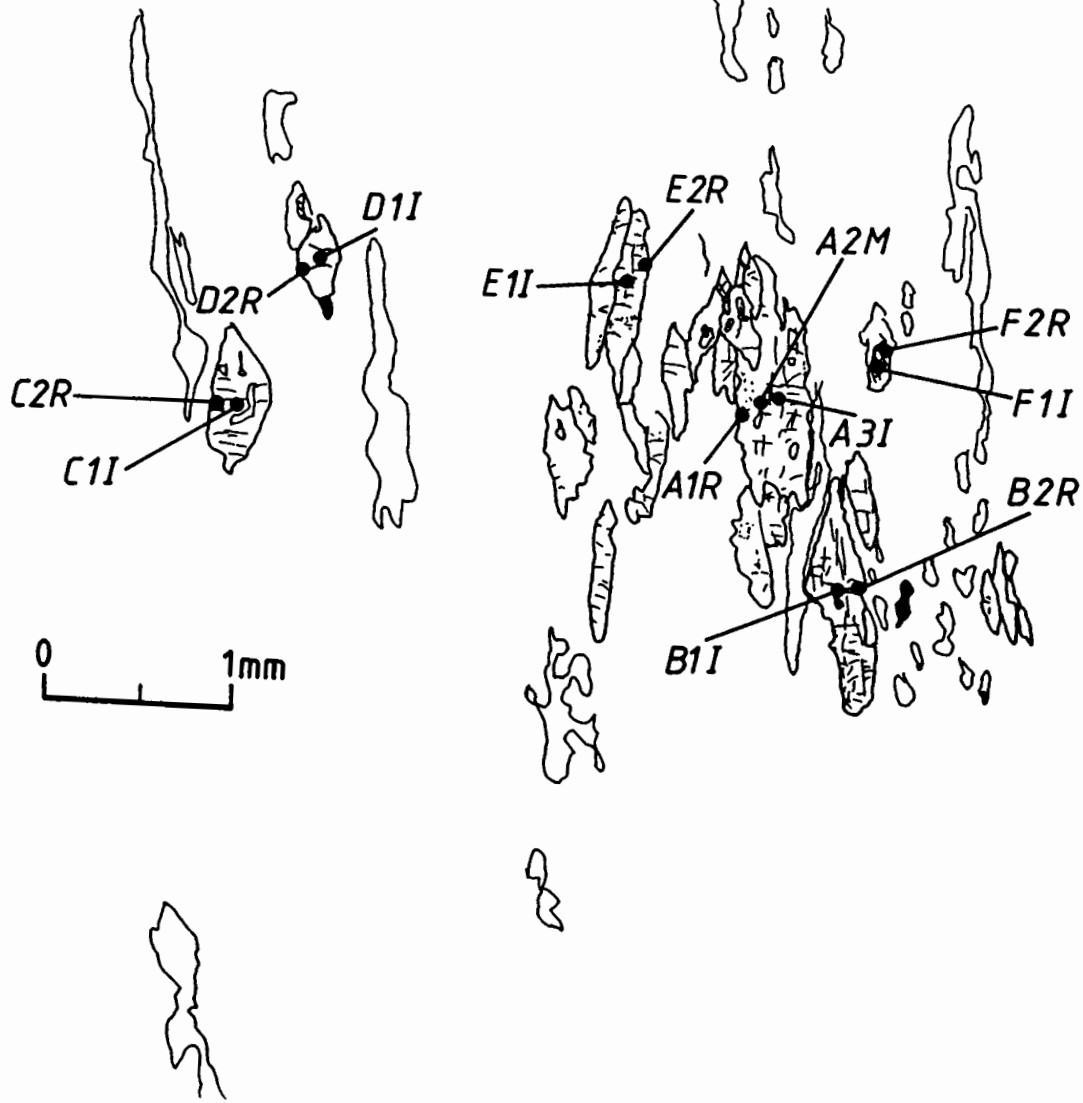
0 1mm



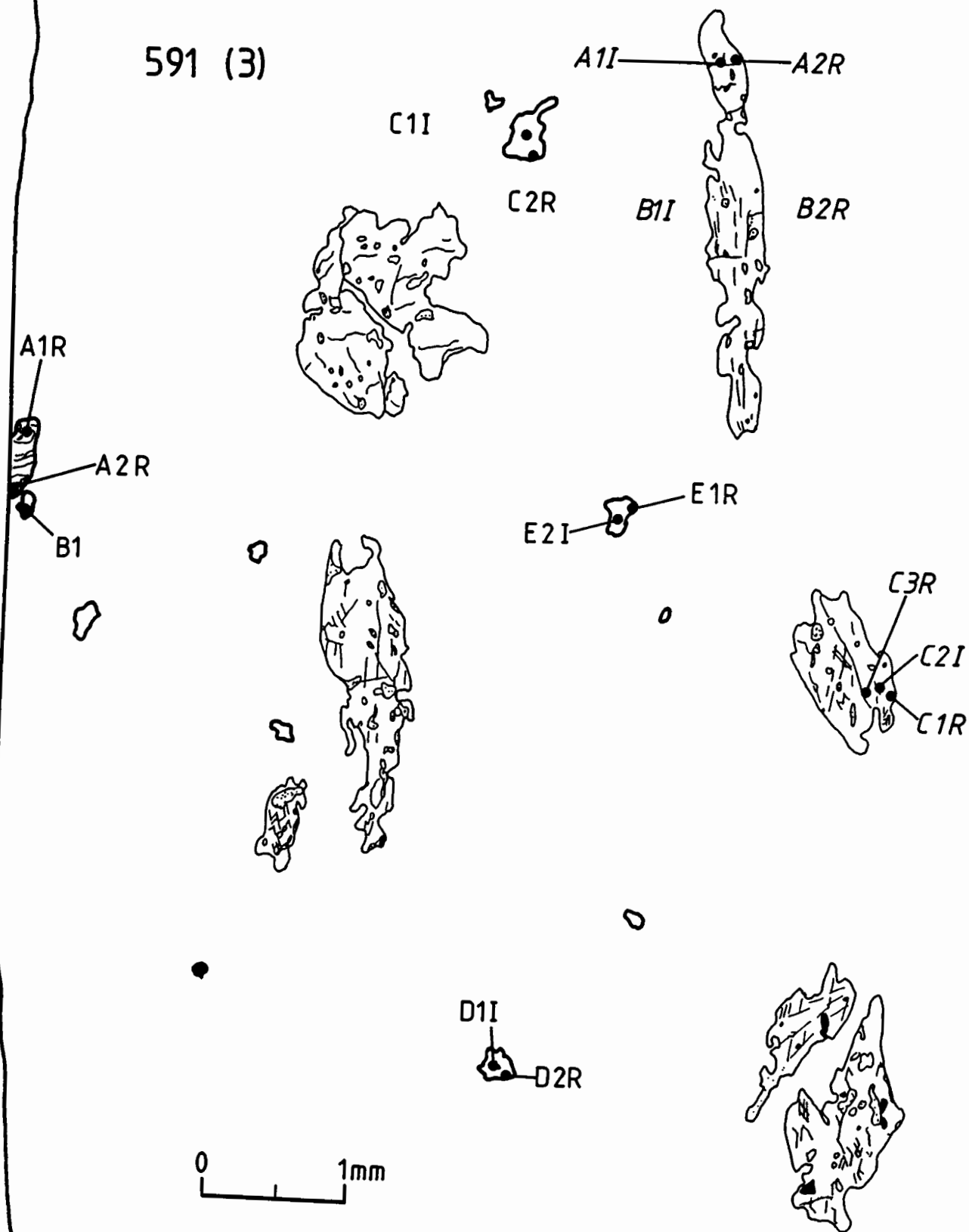


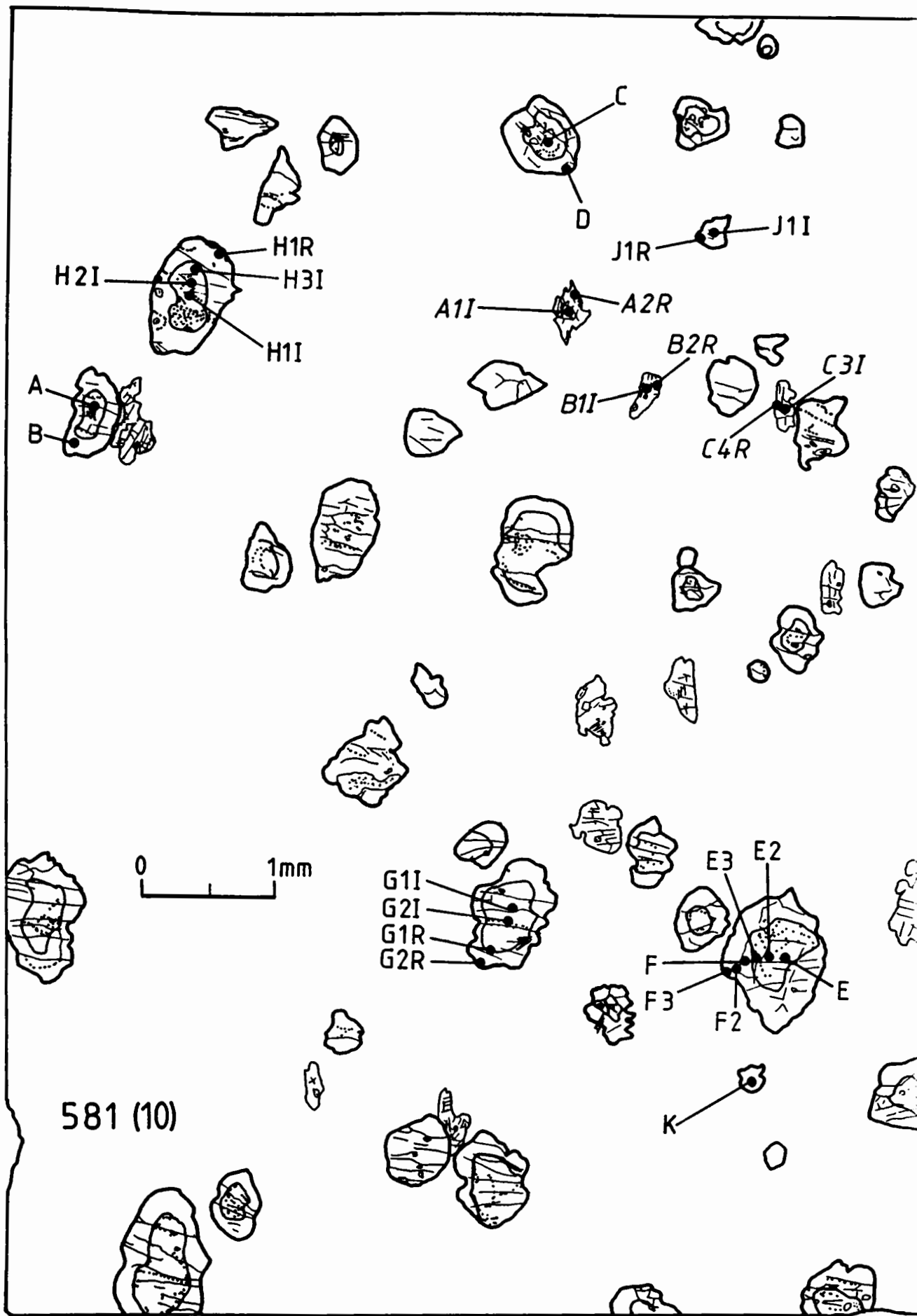
603 (12)

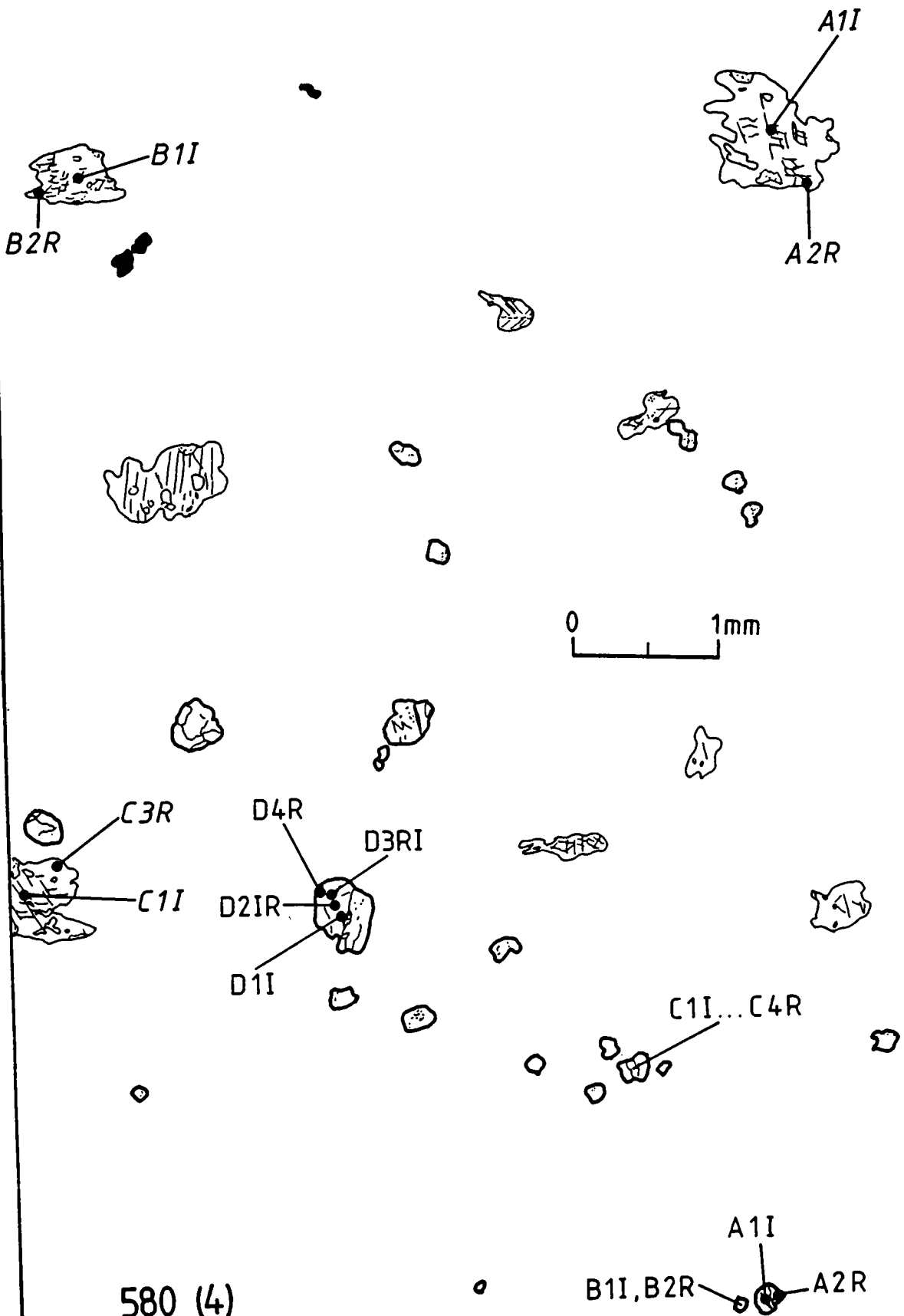
597 (11)



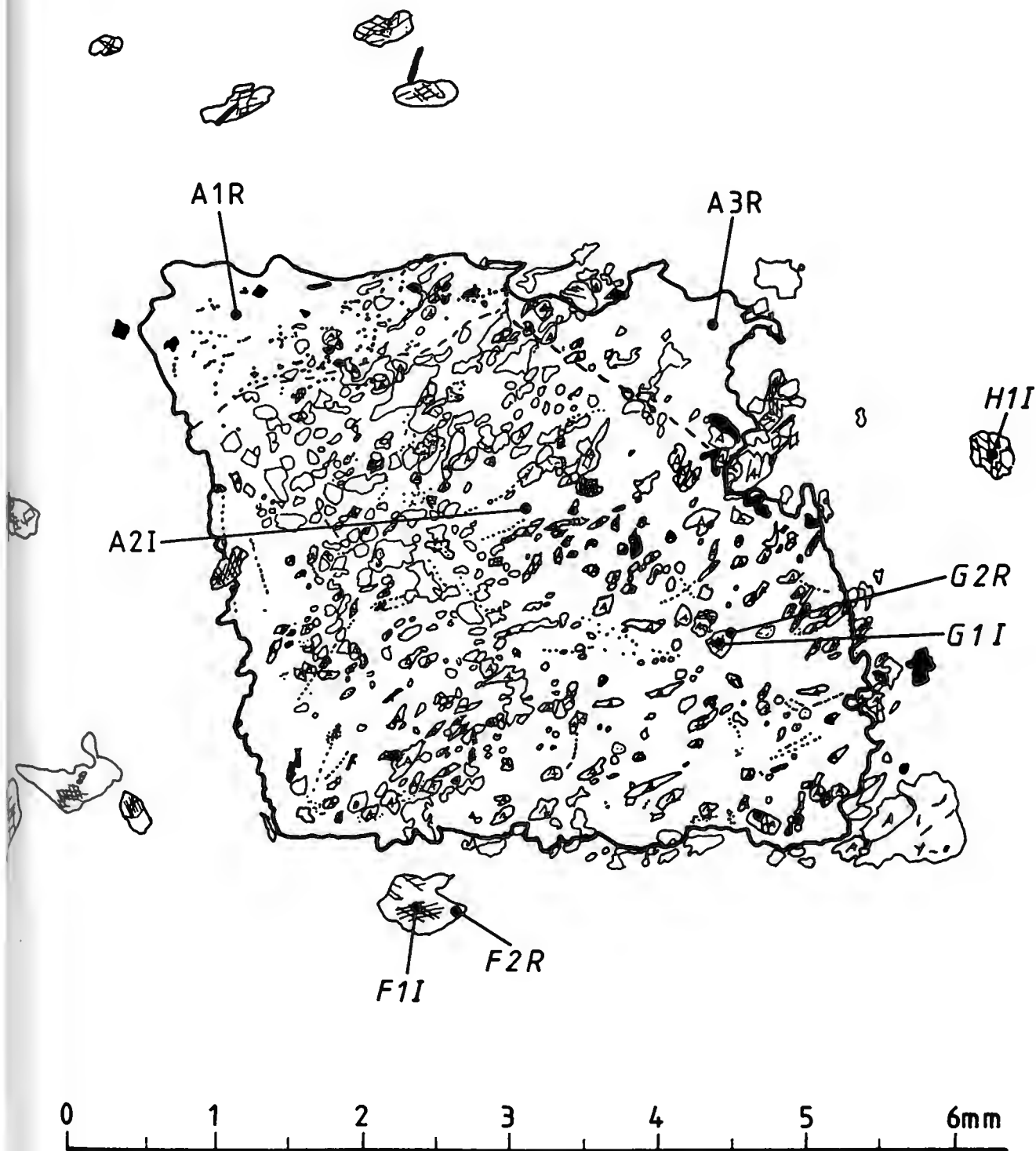
591 (3)

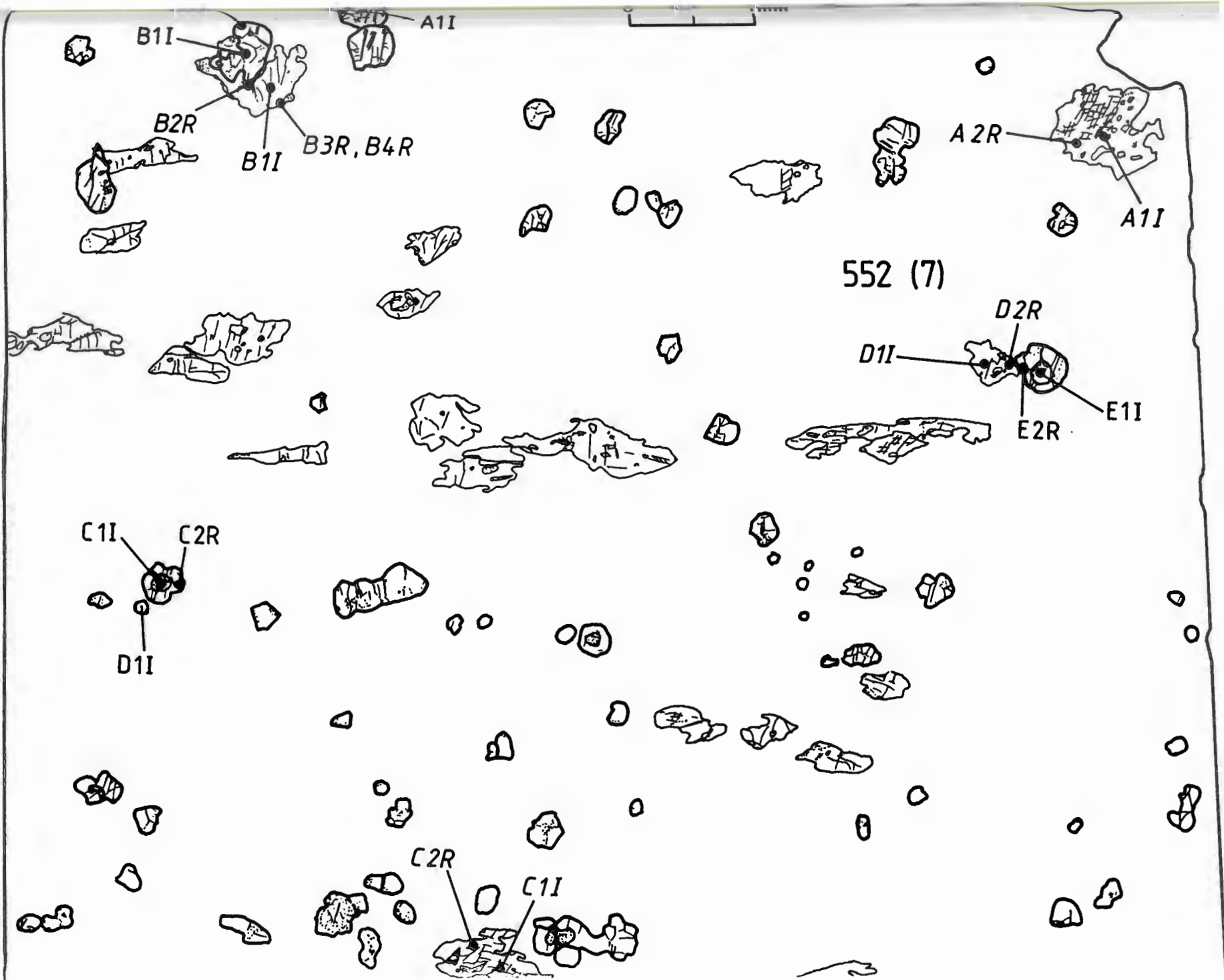


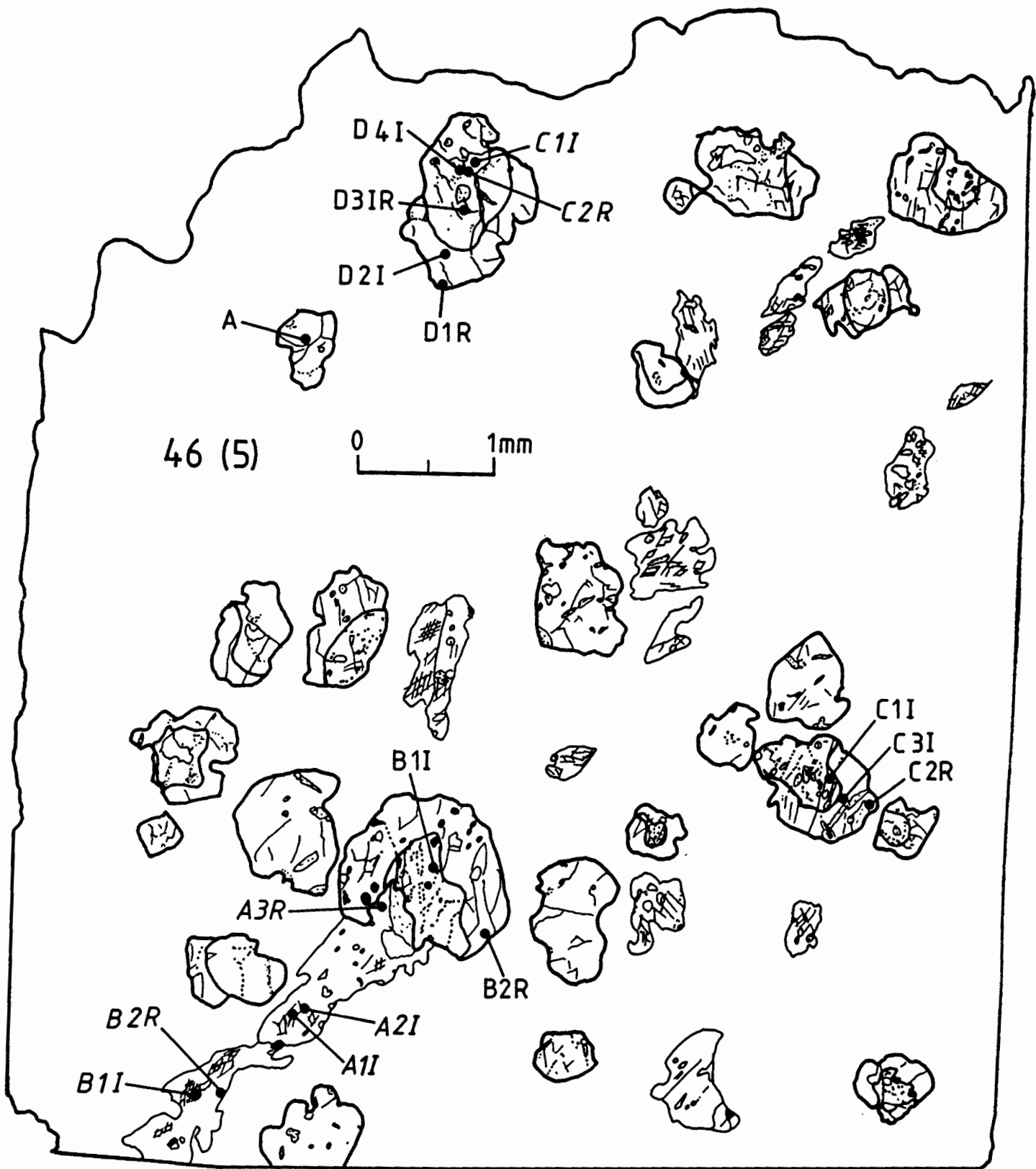




580 (4)







609 (1)

0 1mm

A2R

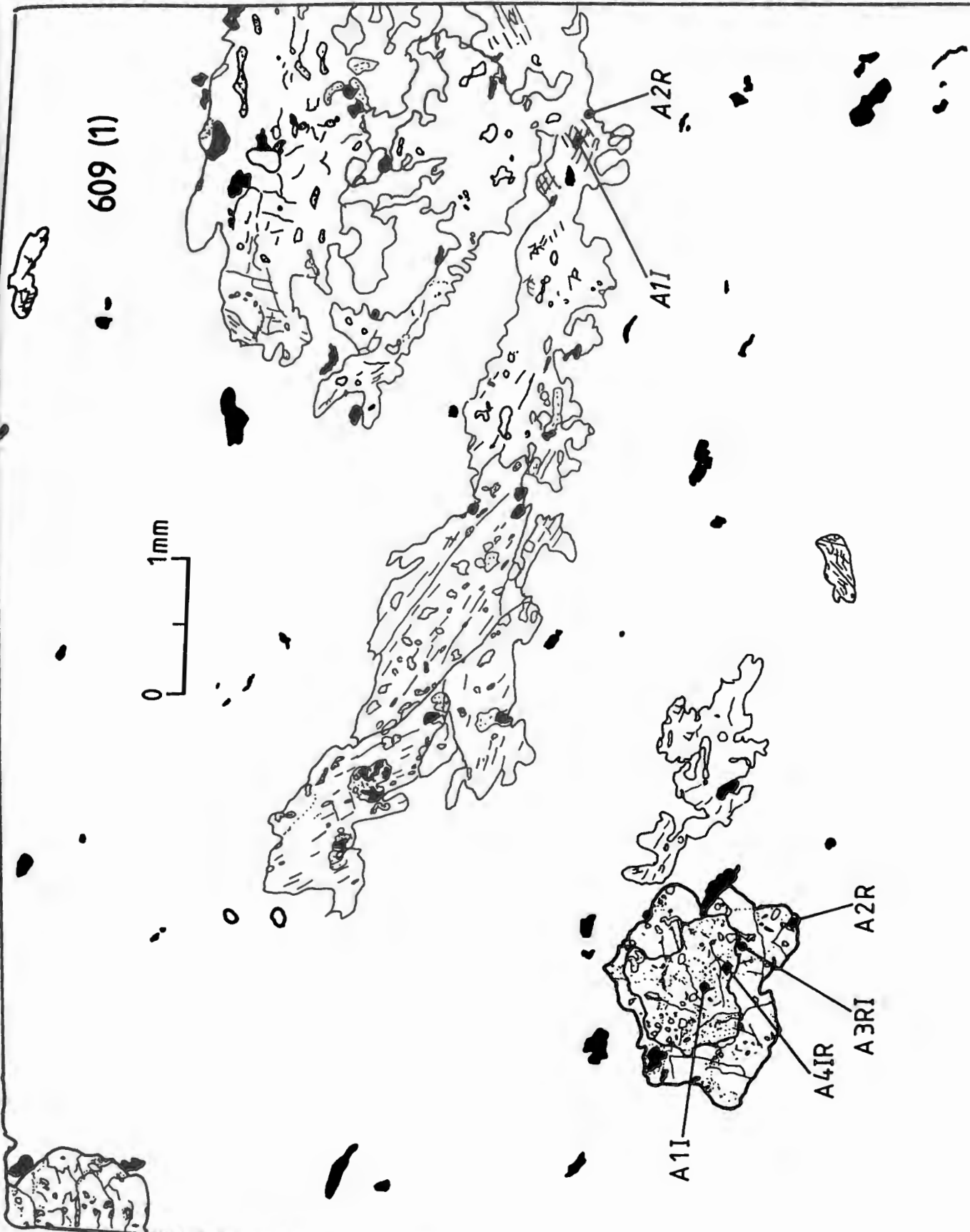
A1I

A2R

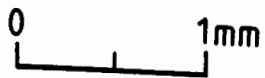
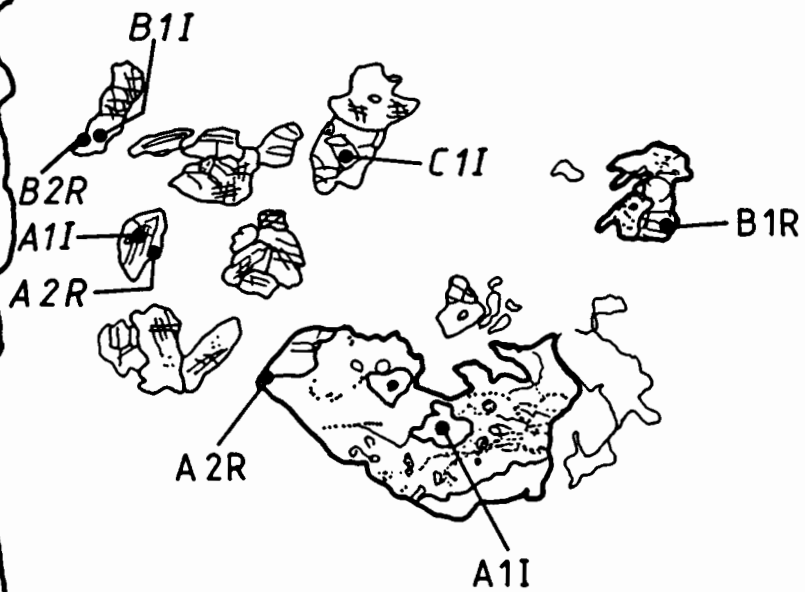
A3RI

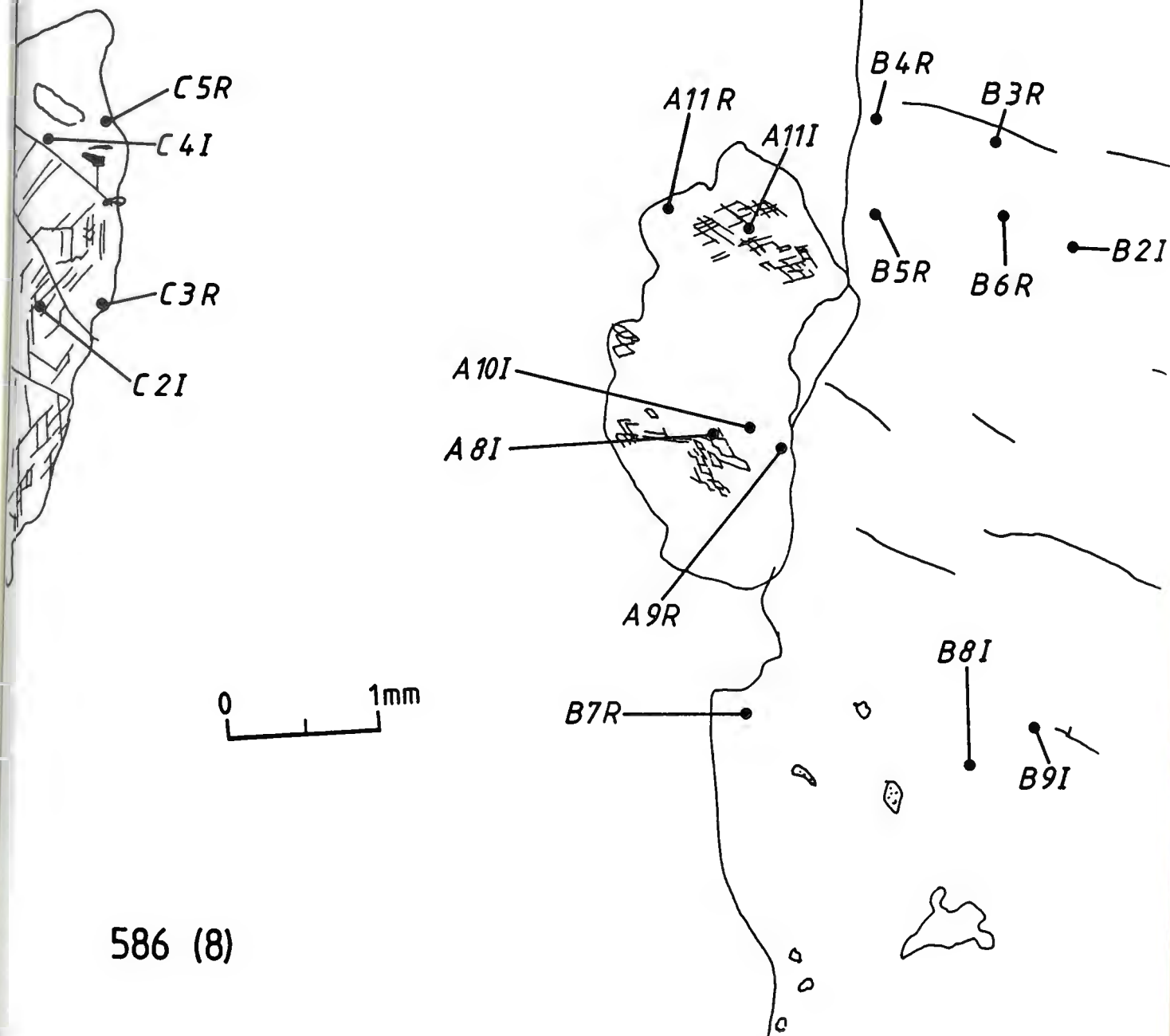
A4IR

A1I



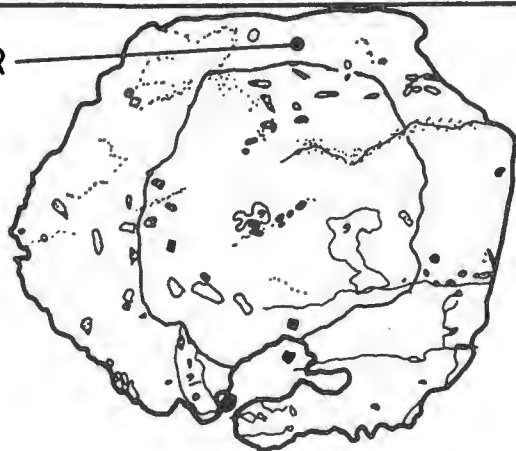
587 (6)





586 (8)

A1R



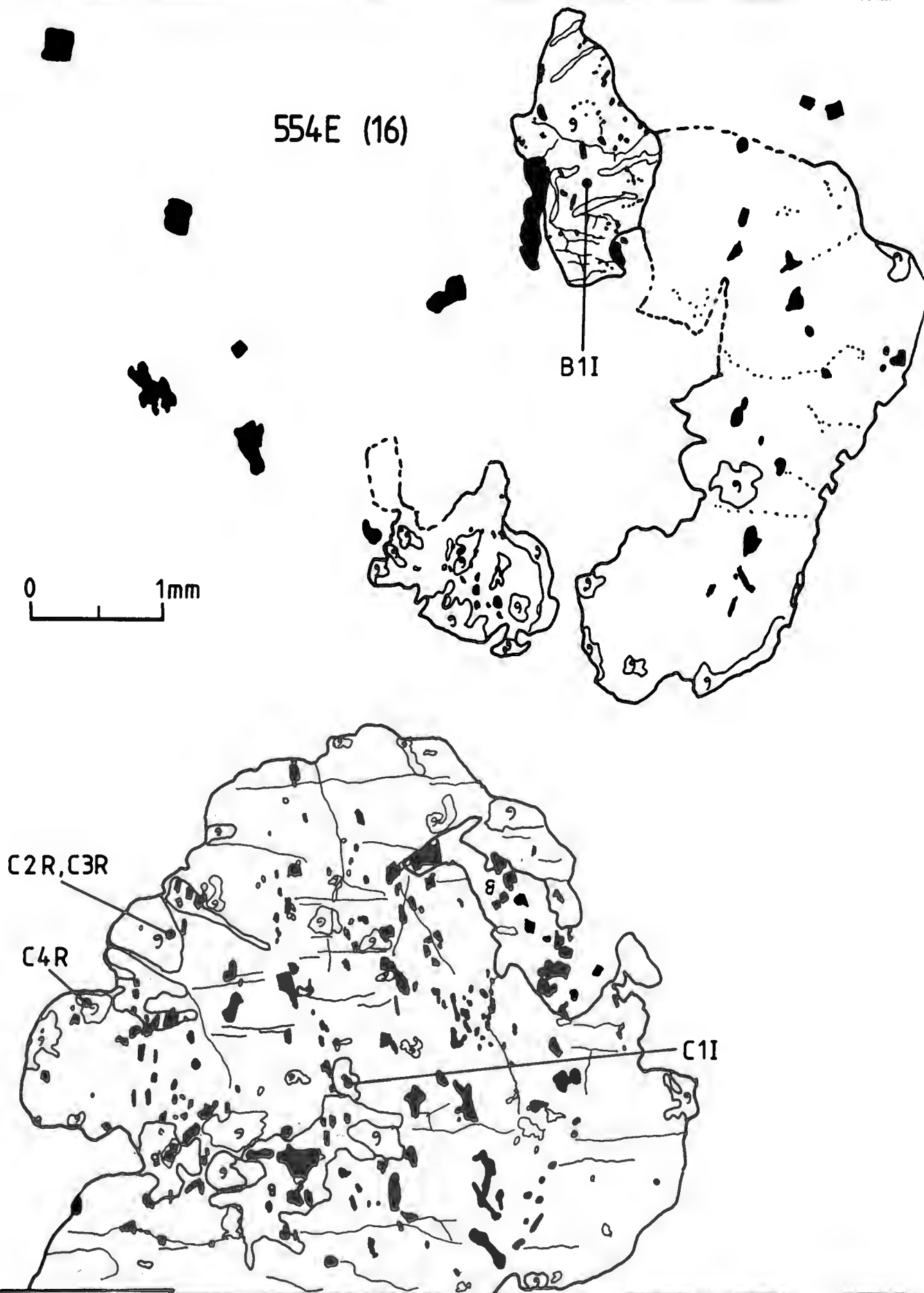
554 E (16)

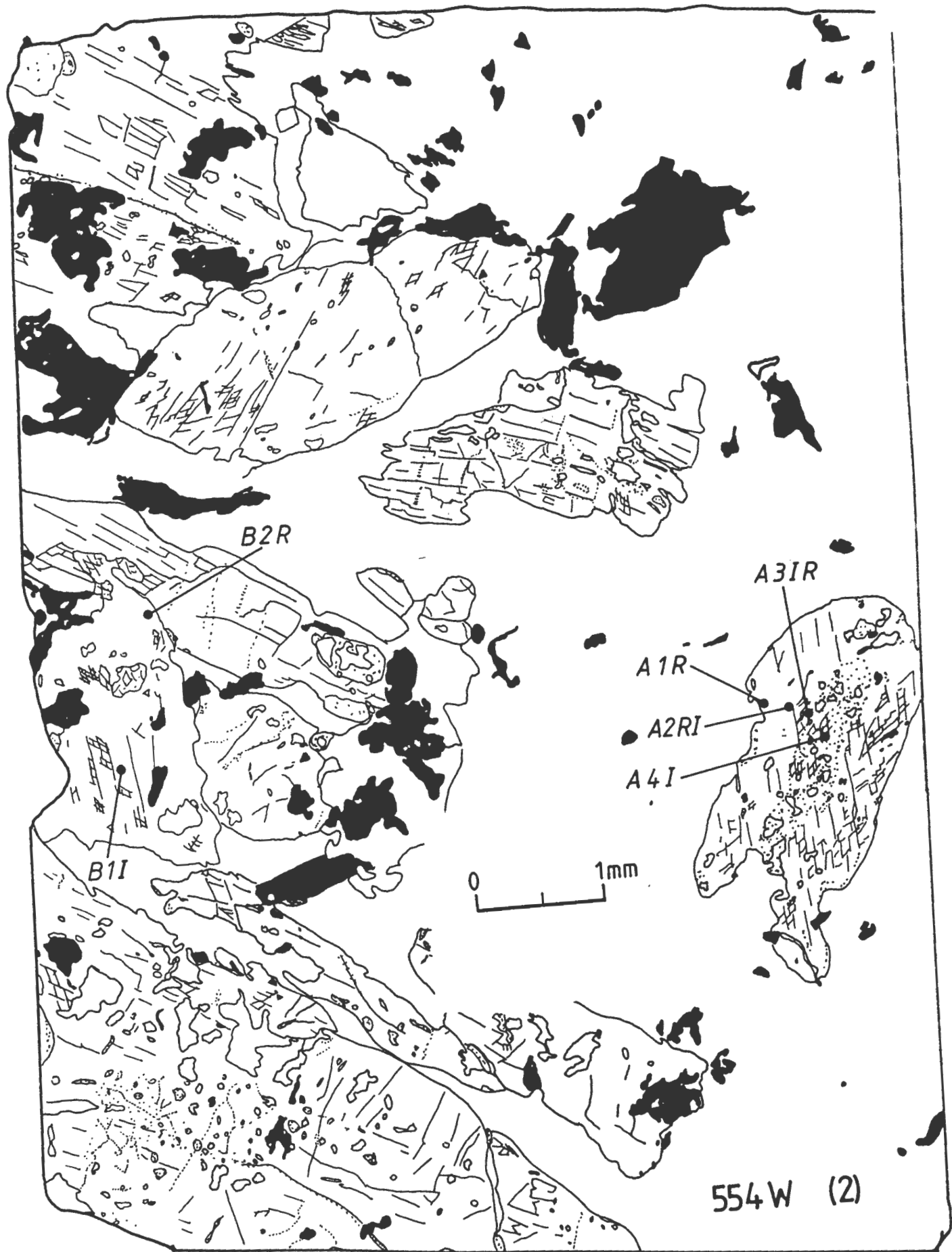
0 1mm



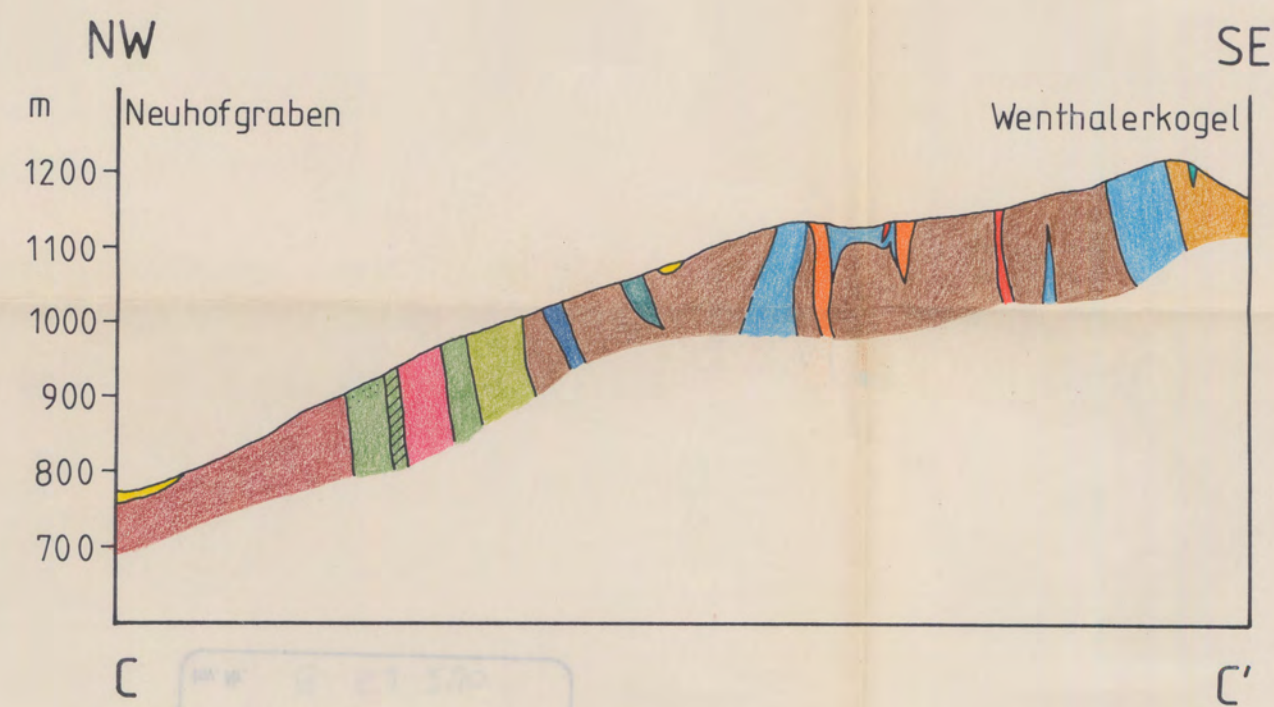
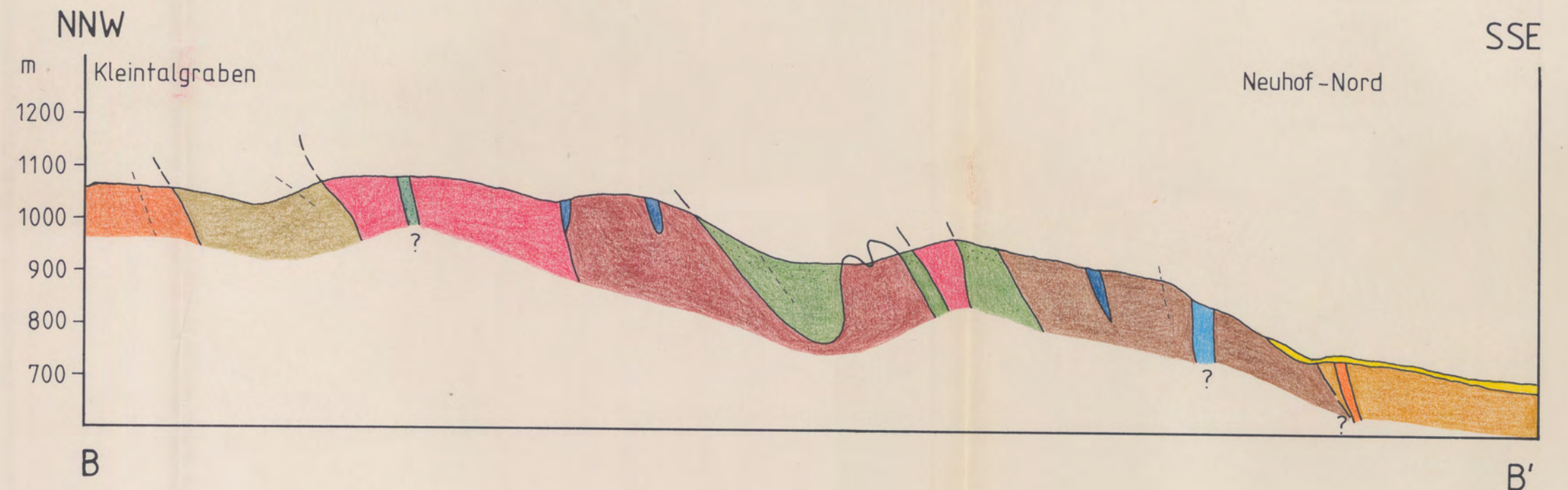
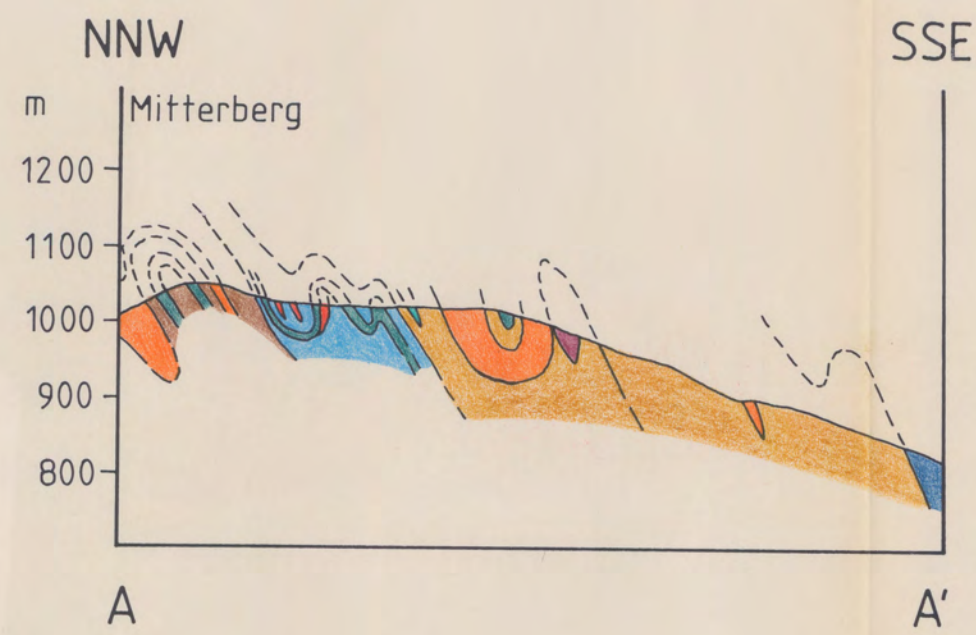
554E (16)

0 1mm





GEOLOGISCHE PROFILE DES NEUHOFGRABENS, STEIERMARK, ÖSTERREICH

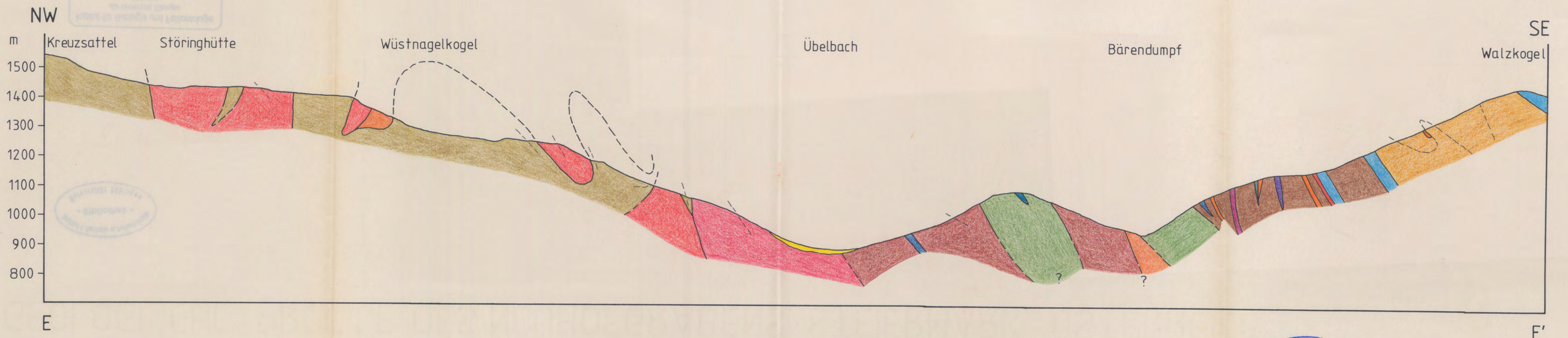
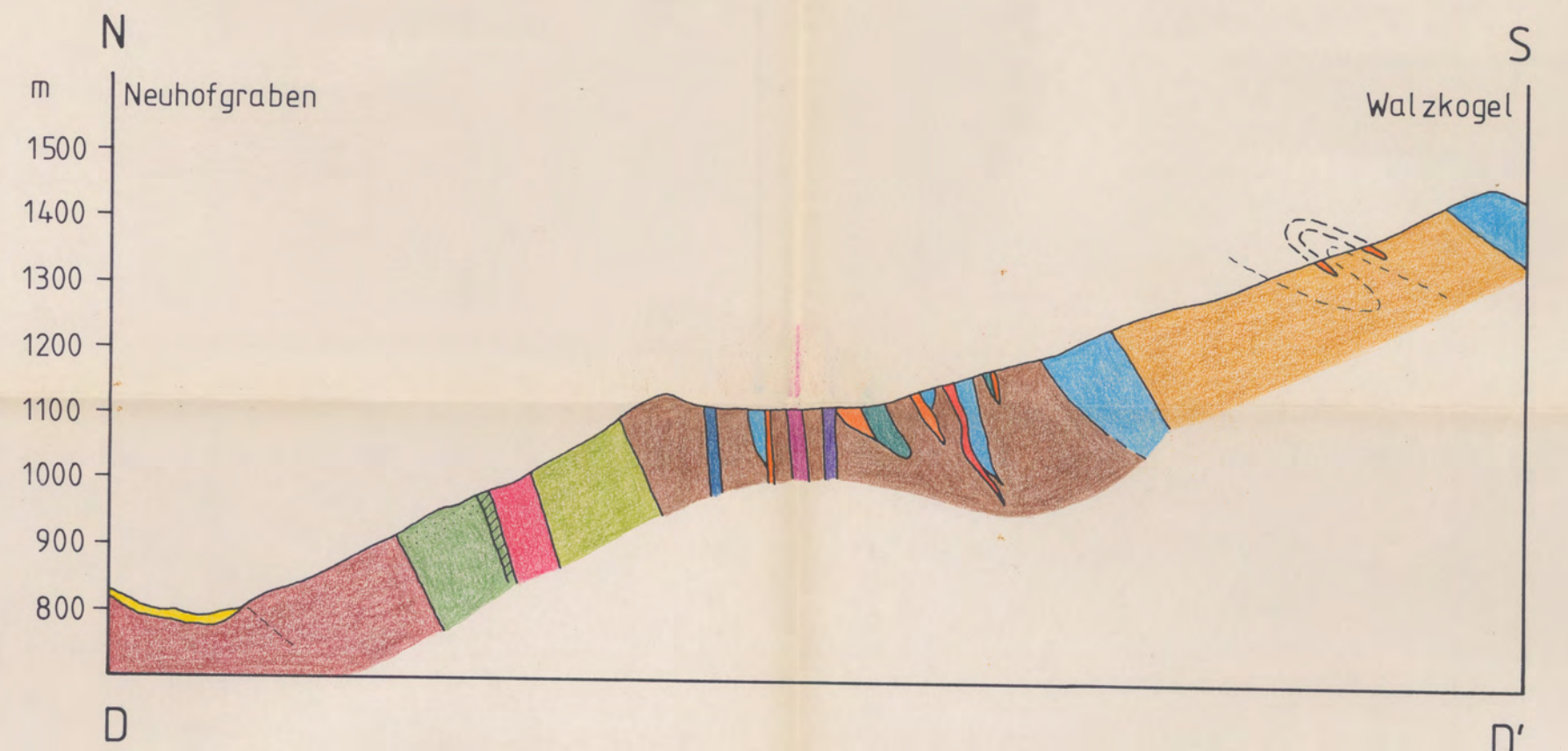
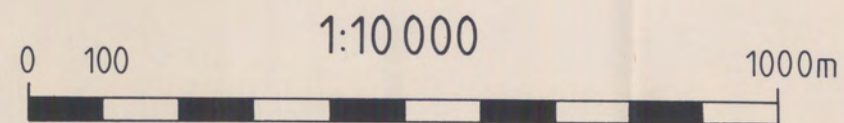


LEGENDE:

Lithologie siehe geologische Karte

— — — — — Gesteinsgrenze / vermutet

- - - - - Schieferung



PROBENKARTE ZUR GEOLOGISCHEN KARTE DES NEUHOFGRABENS, STEIERMARK, ÖSTERREICH



LEGENDE:

- Herkunft der Proben
- Ort der Probenahme
- Verwendung der Proben
- G= Geochemie
- K= Karbonatthermometrie
- M= Mikrosonde
- Kennzeichnung der Proben
- Nummer = Probennummer

