4. Geothermobarometrie

In der Geothermobarometrie werden Mineralgleichgewichtsreaktionen genutzt, um P-T-Bedingungen abzuschätzen, die ein Gestein während seiner Metamorphose durchlaufen hat. Dies ist jedoch nur möglich, wenn sich die herangezogenen Mineralparagenesen im Gleichgewicht befinden. Die Geothermobarometrie bildet die Basis für die Entschlüsselung der metamorphen Geschichte der bearbeiteten Gesteine. Meist können nur bestimmte Bereiche der P-T-Entwicklung, wie z.B. die Peakmetamorphose oder retrograde Bedingungen bestimmt werden, da oft die vorherigen Bedingungen bzw. Signaturen ausgelöscht sind.
Nach einer kurzen Einführung in die Grundlagen und Methodik werden konventionelle Thermometer und Barometer wie auch die Multigleichgewichtsberechnung vorgestellt und anschließend die angewendeten Methoden dargestellt und die Ergebnisse diskutiert.
Der Schwerpunkt der geothermobarometrischen Bearbeitung liegt bei den Metapeliten. Der Vollständigkeit halber werden jedoch auch Ergebnisse der Metabasite vorgestellt.

4.1 Grundlagen und Methodik

Die klassische Geothermobarometrie leitet P-T-Daten aus dem Schnittpunkt weniger Gleichgewichtskurven ab. Die Gleichgewichte wurden meist experimentell oder empirisch kalibriert. Die moderne Geothermobarometrie ist die Berechnung der metamorphen Druck- und Temperaturbedingungen eines Gleichgewichts aufgrund der Druck- und Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten. Als Geothermometer werden Reaktionen verwendet, die eine starke Temperatursensibilität (große ΔS) und eine geringe Drucksensibilität (geringe ΔV) haben. Reaktionen mit einer deutlichen Drucksensibilität (großes ΔV) und einer geringen Temperatursensibilität (kleine ΔS) können als Geobarometer verwendet werden.

$$\Delta G_{(P,T,X)} = 0 = \Delta H_{(P,T)} - T\,\Delta S_{(P,T)} + RT\ln K_{eq} \qquad (1)$$

ΔG: Gibbs Energie
P: Druck
ΔS: Entropie
K_{eq}: Gleichgewichtskonstante
T: Temperatur
ΔH: Enthalpie
R: Gaskonstante

Die Gleichung beschreibt formal das thermodynamische Gleichgewicht von Druck, Temperatur und Mineralzusammensetzung, wobei ΔG, ΔS und ΔH auf eine Reaktion bzw. Mineralgleichgewicht bezogen sind. Sie ist die Grundlage für die Berechnung von Mineralgleichgewichten. Die Werte für ΔH, ΔS, ΔC_P, und ΔV sind durch experimentelle Kalibrierungen oder aus thermodynamischen Tabellen bekannt. Die Gleichgewichtskonstante kann bei Kenntnis der a-x-Beziehung durch die Analyse der Zusammensetzung koexistierender Minerale einer Probe berechnet werden. Mit diesen Daten ist die Berechnung der Gleichgewichtskurve möglich und somit auch der Eintrag in ein P-T-Diagramm. Folglich equilibrierten die beteiligten Phasen irgendwo auf einer solchen Kurve. Können so zwei unterschiedliche Gleichgewichte bestimmt werden und schneiden sich die Gleichgewichtskurven, so definiert der Schnittpunkt die P-T-Bedingungen des Gleichgewichts.
Wenn zeitlich aufeinander folgende Gleichgewichtseinstellungen innerhalb eines Gesteins erhalten geblieben sind, kann ein P-T-Pfad konstruiert werden. Prograde und unter Umständen auch retrograde Gleichgewichtseinstellungen können in Form von Mineralzonierung oder Mineraleinschlüssen erhalten bleiben. Sind die prograden Gleichgewichtseinstellungen ausgelöscht, können gegebenenfalls die retrograden Informationen ausgewertet werden.
Bei der Anwendung der unterschiedlichen Geothermobarometer sollten folgende Punkte bei der Evaluierung der Ergebnisse mit einbezogen werden (Bucher & Frey 1994).

- Sind die herangezogenen Mineralparagenesen im Gleichgewicht?
- Überprägen retrograde Effekte die Mineralparagenese?
- Bewertung der Qualität der Kalibrierung
- Findet eine Extrapolierung des kalibrierten Gleichgewichts in andere PT-Bereiche statt? Werden Geothermobarometer in deutlich niedrigeren PT-Bereiche eingesetzt, als sie kalibriert wurden, kann die Extrapolation zu großen Fehlern führen.
- Abschätzung des Fe^{2+}/Fe^{3+} der Mineralanalysen
  Wie bereits im Kapitel Mineralchemie beschrieben ist die Unterscheidung von Fe^{2+} von Fe^{3+} mit der EMS nicht möglich. Häufig wird der Fe^{2+}/Fe^{3+}-Gehalt durch Annahmen des Ladungsausgleiches oder der Kationensumme berechnet. Für relativ einfache Minerale und solche mit geringem Fe_2O_3-Gehalten werden sinnvolle Ergebnisse erzielt. Bei komplexeren Mineralen mit Kationenleerstellen und unterschiedlichen H_2O-Gehalten (z.B. Amphibole und Glimmer) sind solche Berechnungen semiquantitativ. Deshalb gehen viele Bearbeiter dazu über, das Fe als Fe^{2+}anzunehmen. Dies ist sicherlich eine starke Vereinfachung des natürlichen Systems, jedoch ist nach dem aktuellen Stand der Forschung nur sehr schwer eine bessere Annäherung möglich. Bei der Berechnung der Hellglimmer auf 11 Sauerstoffatome und Chlorite wurde dies auch in der vorliegenden Arbeit angewendet.
- Werden alle wichtigen Mineralkomponenten berücksichtigt?
  Die meisten Minerale liegen im natürlichen System als komplexe Mischkristalle vor. Für die Formulierung der Mineralreaktionen wird als erste Annäherung bei den meisten Geothermobarometer eine vereinfachte Mineralchemie herangezogen. Durch die Einbeziehung von thermodynamischen Mischungsmodellen versucht man dies zu kompensieren. Dafür muss die Beziehung Aktivitätskoeffizient und Zusammensetzung der jeweiligen Minerale bestimmt werden. Bei den meisten Mineralen ist das Verhältnis von Aktivität und Zusammensetzung sehr komplex und nur annähernd bekannt. Das führt häufig dazu, dass verschiedene Bearbeiter unterschiedliche Mischungsmodelle für die gleichen Minerale verwenden.

4.1.1 Thermodynamische Grundlagen

Die Multigleichgewichtsberechnung basiert auf dem physikalischem Gesetz, dass ein Gleichgewicht durch die thermodynamische Gleichung $\Delta G = 0 = \Delta H - T\Delta S$ beschrieben werden kann. Im Gleichgewichtszustand ist die Gibbs Energie gleich Null. Wird die Abhängigkeit der Gibbs Energie vom Druck, von der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung des Systems berücksichtigt, erhält man folgende Gleichung:

$$\Delta G_{(P,T,X)} = 0 = \Delta H_{(P,T)} - T\,\Delta S_{(P,T)} + RT\ln K_{eq} \qquad (2)$$

$$\Delta G_{(P,T,X)} = 0 = \Delta H_{(298)} + \int_{298}^{T} \Delta C_p dT + \int_{1}^{P} \Delta V dP - T\left(\Delta S_{(298)} + \int_{298}^{T} \frac{\Delta C_P}{T} dT \right) + RT\ln K_{eq} \qquad (3)$$

ΔG: Gibbs Energie	ΔH: Enthalpie
ΔS: Entropie	ΔV: Volumen
ΔC_P: Wärmekapazität	K_{eq}: Gleichgewichtskonstante
R: Gaskonstante	
Standardbedingungen: P = 1 bar;	T = 298,15 K

Für die Gleichgewichtskonstante K_{eq} und ein Phasengleichgewicht mit der Reaktion
$aA + bB = cC + dD$ gilt:

mit a, b, c, d = stöchiometrische Koeffizienten
A, B, C, D = an der Reaktion beteiligte Phasen

Sind an der Gleichgewichtsreaktion Mischkristallphasen beteiligt, so wird der Term $RT\ln K_{eq}$ auf der rechten Seite addiert. Die Gleichgewichtskonstante K_{eq} wird wie folgt ausgedrückt

$$K_{eq} = \frac{a_C^c * a_D^d}{a_A^a * a_B^b} \tag{4}$$

Unter Voraussetzung einer idealen Mischung lautet der Term:

$$RT\ln K_{eq} = RT\ln\left(\frac{x_{C(ideal)}^c * x_{D(ideal)}^d}{x_{A(ideal)}^a * x_{B(ideal)}^b}\right) \tag{5}$$

Die in der Natur beobachtete häufige Abweichung von der Idealität kann mittels Aktivitätskoeffizienten beschrieben werden, was zu einer Erweiterung des Terms führt:

$$RT\ln\left(\frac{x_{C(ideal)}^c * x_{D(ideal)}^d}{x_{A(ideal)}^a * x_{B(ideal)}^b}\right) * \left(\frac{\gamma_C^c * \gamma_D^d}{\gamma_A^a * \gamma_B^b}\right) \tag{6}$$

4.1.2 Konventionelle Geothermobarometer

Die meisten Geothermobarometer gehen auf univariante Reaktionen wie Kationenaustauschreaktionen zurück. Im Folgenden werden die zu Grunde liegenden Reaktionstypen im einzelnen betrachtet.

Polymorphe Mineralübergänge

Als univariante Reaktionen sind polymorphe Mineralübergänge zu nennen. Sie bilden die einfachste Form einer geothermobarometrischen Anwendung, wenn die polymorphen Phasen vorkommen. Beispiele für solche polymorphen Mineralübergänge sind Andalusit – Sillimanit – Kyanit, Calzit – Aragonit, Quartz – Coesit und Graphit – Diamant. Ihr großer Nachteil ist, das polymorphe Phasen selten zusammen vorkommen.

Kationenaustauschreaktionen

Die Kationenaustauschreaktionen beruhen auf dem Austausch zweier ähnlicher Atome zwischen unterschiedlichen Kationenpositionen eines Minerals oder zwischen zwei Mineralen. Es kann sich dabei um Elemente gleicher Ladung und ähnlichem Ioneneradius handeln. Da die Volumenänderung der beteiligten Phasen sehr gering, die Entropieänderung groß ist und damit die Reaktionen relativ unabhängig vom Druck sind, eignen sie sich gut als Thermometer. Ein häufig verwendetes Thermometer für metamorphe Gesteine beruht auf dem Austausch von Fe^{2+} und Mg. Es kann bei den Mineralen Olivin, Granat, Klinopyroxen, Orthopyroxen, Spinell, Ilmenit, Cordierit, Biotit, Phengit, Chlorit und Hornblende Anwendung finden.
Das Granat-Phengit Thermometer ist ein Beispiel für ein Kationenaustauschthermometer. Es kann bei den bearbeiteten Proben angewendet werden und wird im Kapitel 4.2, Verwendete Geothermobarometer, näher vorgestellt.

Solvusthermometer

Einige Mineralpaare mit ähnlicher Struktur bilden bei hohen Temperaturen eine kontinuierliche Mischkristallreihe, bei niedrigeren Temperaturen ist jedoch eine ausgeprägte Mischungslücke vorhanden. Als Solvus wird in diesem Zusammenhang die P-T-X-Kurve bezeichnet, die den Bereich der homogenen Mischkristallbildung vom Mehrphasenbereich trennt (Bucher & Frey 1994). Die Mischungslücken sind meist temperaturabhängig und können so als Thermometer

verwendet werden. Aufgrund der Kontur der Solvi entlang der steilen Anstiege korrespondieren starke Temperaturunterschiede mit geringen Veränderungen in der mineralchemischen Zusammensetzung. Am Scheitelpunkt der Solvi führen unterschiedliche Mineralzusammenseztungen jedoch zu geringen Temperaturunterschieden. Die folgenden Mineralpaare werden häufig für eine Solvusthermometrie verwendet: Orthopyroxen – Klinopyroxen, Plagioklas – Alkalifeldspat, Kalzit – Dolomit und Muskovit – Paragonit.
Da die genannten Mineralpaare in den bearbeiteten Proben nicht nachgewiesen werden konnten, kann die Anwendung von Solvusreaktionen als Geothermobarometer hier nicht erfolgen.

Massentransferreaktionen
Massentransferreaktionen oder net trasfer-Reaktionen sind kontinuierliche Reaktionen, bei denen es zum Ab- und Aufbau von Mineralphasen kommt (Spear 1995). Häufig resultieren diese net transfer-Reaktionen in einer großen Volumenänderung, was diesen Gleichgewichten eine große Drucksensibilität gibt und deren Verwendung als Geobarometer begründet. Bei den net transfer-Reaktionen handelt es sich um multivariante Reaktionen, was dazu führt, dass die Paragenese innerhalb eines weiten P-T-Bereichs existieren kann.
Die meisten Barometer sind für metamorphe Faziesbereiche oberhalb der Grünschieferfazies bekannt. Sie sind somit für die hier bearbeiteten Gesteine nicht anwendbar. Ein Beispiel für ein Barometer das auf eine net transfer-Reaktion zurückgeht, ist das Granat-Amphibol-Plagioklas-Quarz Barometer nach Kohn & Spear (1990). Es beruht auf folgenden Reaktionen:

$$6\ CaAl_2Si_2O_8 + 3\ Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2 = 2\ Ca_3Al_2Si_3O_{12} + Mg_3Al_2Si_3O_{12} +$$
Anorthit Tremolit Grossular Pyrop

$$3\ Ca_2Mg_4Al_2Si_7O_{22}(OH)_2 + 6\ SiO_2$$
Tschermakit Quarz

$$6\ CaAl_2Si_2O_8 + 3\ Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2 = 2\ Ca_3Al_2Si_3O_{12} + Fe_3Al_2Si_3O_{12} +$$
Anorthit Fe-Aktinolith Grossular Almandin

$$3\ Ca_2Fe_4Al_2Si_7O_{22}(OH)_2 + 6\ SiO_4$$
Fe-Tschermakit Quarz

4.1.3 Multigleichgewichtsberechnung
Im Gegensatz zur klassischen Thermobarometrie können bei der Multigleichgewichtsberechnung mit Hilfe entsprechender Computer-Programme viele Gleichgewichtsreaktionen zwischen Mineralendgliedern simultan berechnet werden. Gängige Programme sind Ge0-Calc von Brown et al. (1988) mit dem Unterprogramm PTAX und der Nachfolgeversion TWEEQU von Berman (1991) sowie THERMOCALC von Holland & Powell (1988). Die Grundlage der Programme sind intern konsistente Datensätze von thermodynamischen Standart-Parametern für unterschiedliche Mineralendglieder. Zur Berechnung der Aktivität der Mineralendglieder sind mit den thermodynamischen Datensätzen kompatible Mischungsmodelle notwendig. Intern konsistente Datensätze stellten Berman (1988) und Holland & Powell (1990) vor. Da von einigen Mineralendglieder die thermodynamischen Standart-Parameter nicht bekannt waren, wurden sie mit Hilfe von mathematischen Methoden aus experimentellen Daten gewonnen (vgl. Berman 1988, Gottschalk 1997).
Wie auch bei der klassischen Thermobarometrie sollte der Schnittpunkt der Gleichgewichtskurven einen P-T-Punkt bilden. Der P-T-Punkt entspräche so den metamorphen Bildungsbedingungen des Gleichgewichts. Oft ist jedoch eine Streuung der invarianten Schnittpunkte zu beobachten. Gründe hierfür können Ungenauigkeiten bei den thermodynamischen Daten oder

den Mischungsmodellen sein, Einbeziehung von Phasen, die nicht im Gleichgewicht vorlagen, Messungenauigkeiten bei den EMS-Analysen und die Abweichung der analysierten Mineralzusammensetzung von der Gleichgewichtszusammensetzung.
In der vorliegenden Arbeit wurden zur Berechnung multivarianter Paragenesen das Computer-Programm TWEEQU von Berman (1991) verwendet. Für die Granat-Phengit-Thermometrie kam das Excel basierte Programm PTGibbs von Brandelik & Massonne (2000) zur Anwendung.

Aktivitätsmodelle
Reine Phasen wie Quarz oder Alumosilikate haben eine Aktivität von eins. Die Mehrheit der gesteinsbildenden Minerale sind jedoch Mischkristallphasen. Für die Berechnung der idealen Aktivität solcher Mischkristallphasen aus den Molenbrüchen finden Aktivitätsmodelle Verwendung.
Der Aktivitätskoeffizient beschreibt die Abweichung von der idealen Mischbarkeit. Durch Exzess-Größen, die s.g. Exzess-Gibbs-Energie kann die Nichtidealität der Mischung beschrieben werden. Das asymmetrische Mischungsmodell nach Jackson (1989)

$$G^{Ex} = \sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=2}^{n} X_i X_j \left(X_i W_{ji} + X_j W_{ij}\right) + \sum_{i=1}^{n-2}\sum_{j=2}^{n-1}\sum_{k}^{n} X_i X_j X_k W_{ijk} \qquad (7)$$

ist ein möglicher Ansatz, um die Exzess-Gibbs Energie zu bechreiben. Die Margules-Parameter W_{ij} und W_{ijk} kennzeichnen die Abweichung vom idealen Mischungsverhalten, wobei X_i, X_j und X_k Molenbrüche darstellen. Die Druck- und Temperaturabhängigkeit von G^{Ex} kann über die Beziehung

$$W^G = W^H - TW^S + PW^V \qquad (8)$$

hergestellt werden.
Mittels Aktivitätskoeffizienten kann die Abweichung von der Idealität beschrieben werden, was zu einer Erweiterung des Terms (5) führt:

$$RT\ln\left(\frac{x^c_{C(ideal)} * x^d_{D(ideal)}}{x^a_{A(ideal)} * x^b_{B(ideal)}}\right) * \left(\frac{\gamma^c_C * \gamma^d_D}{\gamma^a_A * \gamma^b_B}\right) \qquad (9)$$

Der Zusammenhang zwischen γ und der Exzessgröße G^{Ex} für eine binäre, asymmetrische Mischreihe mit den Endgliedkomponenten A und B lautet:

$$G^{Ex} = (W_{AB}X_B + W_{BA}X_A)X_AX_B \qquad (10)$$

und

$$RT\ln \gamma_A = (W_{AB} + 2(W_{BA}-W_{AB})X_A)X_B^2. \qquad (11)$$

Verwendete Mischungs- und Aktivitätsmodelle
Für die Granat-Phengit-Thermometrie wurden verschiedene Aktivitätsmodelle nach Massonne verwendet, die Vermischung von Aktivitätmodellen kann zu verfälschten Ergebnissen führen. Das Granat Mischungsmodell umfasst die vier Endglieder der Aluminiumgranate Almandin, Pyrop, Spessartin und Grossular. Die Margules-Parameter gehen überwiegend auf das Modell von Berman (1990) zurück. Die Margules-Parameter für die Pyrop-Spessartin- und Almandin-Spessartin-Mischung wurden von Massonne (1995b) und die Parameter für die Grossular-Pyrop-Mischung von Massonne (1992a) neu angepasst.
Das Mischungsmodell für die Hellglimmer beinhaltet die Endglied-Komponenten Muskovit, MgAl-Seladonit, FeAl-Seladonit, Paragonit, trioktaedrischer Glimmer und eine Rest-Komponente. Die Margules-Parameter für den Muskovit-MgAl-Seladonit-Austausch und thermodynamische Daten für MgAl-Seladonit wurden von Massonne (1992a, 1995b) nach Daten von

Massonne & Schreyer (1986, 1987, 1989) und unveröffentlichten Daten aus Experimenten abgeleitet. Massonne & Szpurka (1997) und Massonne (1997) geben für das Mischungsverhalten des FeAl-Seladonits thermodynamische Daten sowie Margules-Parameter an.
Bei der Phengit-Chlorit-Multigleichgewichtsberechnung wurden die Mischungsmodelle für Phengit und Chlorit von Vidal & Parra (2000) verwendet. Das Phengit-Modell umfasst die Mineralendglieder MgAl-Seladonit, FeAl-Seladonit, Paragonit, trioktaedrischer Glimmer und Pyrophyllit. Das Chlorit-Mischungsmodell umfasst die Mineralendglieder Klinochlor, Chamosit/Daphnit, Amesit und Sudoit.
Für die Phengit-Chlorit-Granat-Multigleichgewichtsberechnung wurde für die Granate das unveränderte Mischungsmodell nach Berman (1990) verwendet. Für Phengit und Chlorit kam die Mischungsmodelle von Vidal & Parra (2000) zur Anwendung.
Die verwendeten idealen Aktivitätsmodelle für die Multigleichgewichtsberechnung lauten:

Glaukophan: $(X^{M4}_{Na})^2(Al^{VI}/(Al^{VI}+Fe^{3+}))^2(Mg/(Mg+Fe^{2+}))^3$; wobei $X^{M4}_{Na}= 0,9$ (Evans 1990)

Tremolit: $(X^{M4}_{Ca})^2(Mg/(Mg+Fe^{2+}))^5(X^{T}_{Si})^8$; wobei $X^{M4}_{Ca}=0,8$; $X^{T}_{Si}=0,975$ (Evans 1990)

Klinozoisit: X^{M3}_{Al}

Die Aktivitäten für Wasser, Albit und Quarz wurden auf 1 gesetzt.

4.2 Verwendete Geothermobarometer und Multigleichgewichtsberechnung

Die überwiegende Anzahl der gängigen Thermobarometer kann für Gesteine ab einer amphibolitfaziellen Metamorphose angewendet werden. Für den grünschieferfaziellen und blauschieferfaziellen Bereich sind nur wenige Kalibrierungen anwendbar.
Von der Anwendung konventioneller empirischen Thermobarometer, wie das Granat-Chlorit-Thermometer oder das Chlorit-Aktinolith-Barometer, wurde weitestgehend abgesehen, da diese meist eine ideale Mischbarkeit der Komponenten annehmen. Für die Minerale Chlorit, Phengit und Granat stellt diese Annahme jedoch eine starke Vereinfachung des natürlichen Systems dar, was zu relativ schlechten Ergebnissen führt. Es erschien sinnvoller, sich auf die möglichen Multigleichgewichtsberechnungen zu beschränken, bei denen die entsprechenden Daten und Mischungsmodelle der Minerale zur Verfügung stehen. Diese Verfahren gewährleisten eine bessere Annäherung an die natürlichen Verhältnisse und sollten somit realistischere Ergebnisse liefern.
Ein weiterer limitierender Faktor für mögliche thermobarometrische Methoden ist die vorherrschende Mineralvergesellschaftung. In den bearbeiteten Gesteinen konnte folgende Mineralvergesellschaftung nachgewiesen werden:
bei den Metapeliten:
Quarz + Hellglimmer + Chlorit + Albit ± Granat ± Epidot ± Titanit ± Graphit ± Turmalin
bei den Grünschiefern:
Aktinolith + Chlorit + Albit + Epidot ± bläuliche Amphibole ± opake Minerale

Aufgrund der genannten Mineralvergesellschaftung und der Mineralparagenesen können folgende Gleichgewichtsberechnungen für die Geothermobarometrie angewendet werden:

- Phengit-Barometer
- Granat-Phengit-Thermometer
- Chlorit-Phengit-Quarz-Wasser-Multigleichgewicht
- Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht
- Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit-Quarz-Wasser Multigleichgewicht

4.2.1 Phengit-Barometrie

Massonne & Schreyer (1987) entwickelten über einen weiten P-T-Bereich ein Diagramm zur barometrischen Auswertung des Si-Gehaltes von Kalihellglimmern in Paragenese mit Quarz, Kalifeldspat, Dunkelglimmer und Wasser. Es basiert auf Experimente im System KMASH und wurde von Massonne (1991) unter Einbeziehung von KFASH von Massonne & Szpurka (1997) überarbeitet. Die Ergebnisse der Arbeit Massonne & Szpurka (1997) unter Einbeziehung von Eisen in das System wurde im P-Bereich zwischen 15 und 55 kbar erzielt. Bei der genannten Arbeit wurde im KMASH-System bei Drücken von 30 bis 45 kbar gearbeitet. Die erwarteten Drücke der hier bearbeiteten Gesteine liegen unter 15 kbar, was eine uneingeschränkte Verwendung des Si-Isoplethen Diagramms nicht möglich macht. Neben den genannten experimentellen Rahmenbedingungen kann das Diagramm nur bei der Paragenese Kalifeldspat, Phlogopit, Phengit und Quarz angewendet werden (Massonne 1991). Fehlen in der Paragenese einige der Minerale, so können die ermittelten Drücke als Minimaldrücke interpretiert werden, sofern ein Fe-Mg- Silikat wie Chlorit in der Paragenese vorhanden ist.
Wie bereits an anderer Stelle ausgeführt, fehlt in den bearbeiteten Gesteinen der Kalifeldspat und auch der Phlogopit. Die mit der Phengit-Barometrie ermittelten Drücke gelten somit als Minimaldrücke.

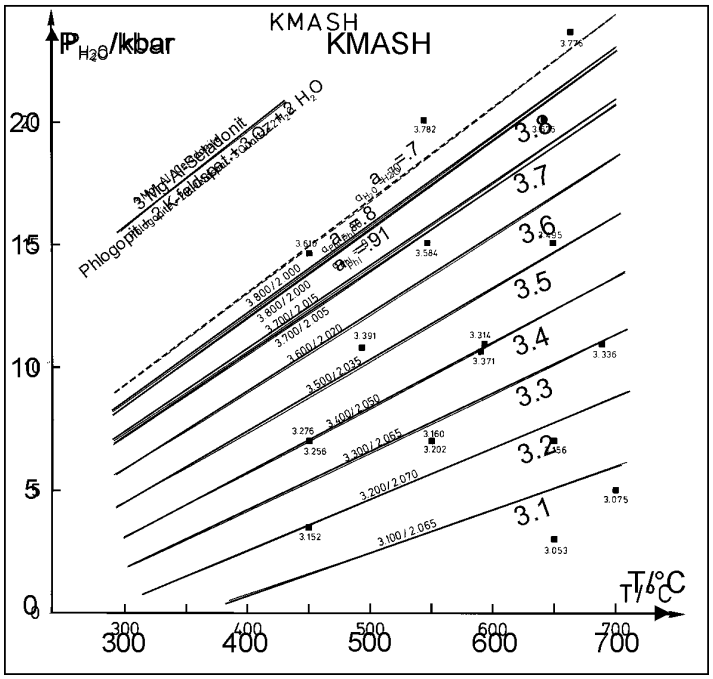


Abb. 4-1: Diagramm zur graphischen Auswertung der Si-Gehalte von Phengiten im System KMASH nach Massonne & Szpurka (1997).

In Abb. 4-1ist das Si-Isoplethen Diagramm für Phengite im PT-Bereich bis 20 kbar und bis ca. 700 °C abgebildet. Der Si-Gehalt der Phengite wird durch Isoplethen dargestellt. Als Isoplethen werden Linien gleicher Elementbesetzung pro Formeleinheit bezeichnet. Im vorliegenden Fall verlaufen die Si-Isoplethen flach und werden bei ca. 700 °C von der Granitsoliduskurve abgeschnitten. Wegen des flachen Isoplethen-Verlaufes ist der Fehler bei ungenauen Temperaturabschätzungen relativ gering.

4.2.2 Granat-Phengit-Thermometer

Für die Berechnung des Granat-Phengit-Thermometers wurde das Excel basierte Programm PTGibbs von Brandelik & Massonne (2000) verwendet.
Dem Granat-Phengit-Thermometer liegt eine Fe-Mg-Austauschreaktion zugrunde. Das Geothermometer beruht auf folgende Reaktion:

1 Almandin + 3 Mg-Al-Seladonit = 3 Fe-Al-Seladonit + 1 Pyrop

1 $Fe_3Al_2[Si_3O_{12}]$ + 3 $KMgAlSi_4O_{12}(OH)_2$ = 3 $KFeAlSi_4O_{12}(OH)_2$ + 1 $Mg_3Al_2[Si_3O_{12}]$Für Granat und für die Hellglimmer wurden Mischungsmodelle von Massonne (1995 und 1992a) verwendet. Die Normierung bei der Strukturformelberechnung der Hellglimmer erfolgte nach Methode 2 (Massonne 1992) auf 21 Sauerstoffatome (vgl. Anhang).
Der oben genannten Mineralreaktion kann bereits entnommen werden, dass für die Berechnung der Almandin- und der Pyropanteil der Granate verwendet wird. Es wird die binäre Mischung zwischen Pyrop und Almandin berücksichtigt, jedoch haben auch die Grossular- und Spessartinkomponente einen großen Einfluss auf das Mischungsverhalten und somit im Endeffekt auch auf die berechnete Temperatur. Um gute Ergebnisse mit diesem Thermometer zu erzielen, sollten die Granate einen hohen Almandin- bzw. Pyropanteil aufweisen, da sonst die Ergebnisse mit einer großen Ungenauigkeit behaftet sind.
Die Grossulare und Spessartine der granatführenden Quarzite erfüllen aufgrund geringer Almandin- bzw. Pyropanteile oben genannte Forderung nicht. Die Ergebnisse des Thermometers können deshalb nur einen groben Temperaturbereich abstecken und schwer als absolute Daten herangezogen werden. Da bisher kein Berechnungsmodell verfügbar ist, das auch die Grossular- bzw. Spessartinkomponente berücksichtigen, wird das skizzierte Granat-Phengit-Thermometer zur Themperaturbestimmung der granatführenden Quarzite 107, 158 und 159 herangezogen.

4.2.3 Chlorit-Phengit-Multigleichgewicht

Die Chlorit-Phengit-Quarz-Wasser-Multigleichgewichtsberechnungen erfolgten mit dem Programm TWEEQU von Berman (1991). Für Daphnit, Amesit und Mg-Seladonit wurden die thermodynamischen Daten von Vidal et al. (2001) und für Sudoit von Vidal et al. (2001) eingefügt. Es wurden die Mischungsmodelle von Vidal & Parra (2000) für Chlorit und Phengit verwendet. Die Grundlagen und die Methodik der Chlorit-Phengit-Quarz-Wasser-Gleichgewichtsberechnung wurde von Vidal & Parra (2000) vorgestellt. Das Chlorit-Phengit- Multigleichgewicht beruht auf einem Set abhängiger bzw. unabhängiger Mineralendgliedreaktionen, deren Reaktionskurven sich im P-T-Raum schneiden.
Im KMASH-System (K_2O-Al_2O_3-MgO-SiO_2-H_2O) besitzt die Paragenese Chlorit + Hellglimmer + Quarz + H_2O drei Freiheitsgrade. Die Anzahl der voneinander unabhängigen Gleichgewichte dieser Paragenese hängt von der Anzahl der linear unabhängigen Komponenten ab. Bei der Verwendung der Endglieder Seladonit, Muskovit, Pyrophyllit, Amesit, Klinochlor, Sudoit, Wasser und SiO_2 können drei unabhängige Gleichgewichte formuliert werden. Schneiden sich die Gleichgewichtskurven in einem Punkt, so befinden sich die Minerale im Gleichgewicht.

Die Normierung zur Strukturformelberechnung der Hellglimmer erfolgte auf 11 Sauerstoffatome, die der Chlorite auf 14 Sauerstoffatome. Bei beiden Mineralen wurde das gesamte Fe als Fe^{2+} angenommen.
Grundlage für die Verwendung des Chlorit-Phengit-Multigleichgewichts als Geothermobarometer sind die P-T-abhängigen Substitutionen der einzelnen Minerale.
Für Phengit sind fünf Substitutionen zu nennen: die $FeMg_{-1}$-Substitution (FM), die Tschermak-Substitution (TK) mit $Al^{IV}Al^{VI}$ $Si_{-1}(Mg,Fe)_{-1}$, die di-/trioktaedrische-Substitution (DT) mit $(Mg,Fe^{2+})_3\square_{-1}Al_{-2}$, die Paragonit-Substitution (PG) mit $K_{-1}Na$ und die Pyrophyllit-Substitution (P) mit $KAlSi_{-1}\square_{-1}$. Das Mischungsmodell für Phengit umfasst die Mineralendglieder MgAl-Seladonit, FeAl-Seladonit, Paragonit, trioktaedrischer Glimmer und Pyrophyllit (Vidal & Parra 2000).
Bei Chlorit treten drei Substitutionen auf: die FM-Substitution mit $FeMg_{-1}$, die TK-Substitution mit $Al^{IV}Al^{VI}$ $Si_{-1}(Mg,Fe)_{-1}$ und die DT-Substitution mit $(Mg,Fe^{2+})_3\square_{-1}Al_{-2}$. Das Mischungsmodell für Chlorit umfasst die Mineralendglieder Klinochlor, Chamosit/Daphnit, Amesit und Sudoit.
Die Erhöhung des Seladonit-Anteils bei Hellglimmern läßt sich vereinfacht mit höheren Bildungsdrücken korrelieren. Die Abnahme des Amesit-Anteils und die Zunahme des Sudoit-

Anteils bei den Chloriten hängt mit abnehmender Bildungstemperatur zusammen. Die Druckabhängigkeit der Chlorite korreliert mit der Abnahme von Si und (Fe + Mg) und einer Zunahme von Al^{IV}, Al^{VI} und □.

Das Endglied Sudoit wird nur bei Chloriten mit mehr als 7 % Molfraktion Sudoit verwendet (Vidal & Parra 2000). Bei geringeren Molfraktionen ist die Ungenauigkeit der Mg-Sudoit-Aktivität groß, so dass bei geringen Veränderungen des Leerstellenanteils des Chlorits der Einfluss auf die Lage des Gleichgewichts maßgeblich wäre.
Paragonit und Albit konnten bei den Berechnungen als Mineralphasen nicht berücksichtigt werden, da Paragonit auch mit dem Röntgendiffraktrometer in den Proben nicht nachgewiesen werden konnte.
Für die Anwendung des Chlorit-Phengit-Multigleichgewichts müssen sich Chlorit und Phengit im Gleichgewicht befinden. Um dieser Bedingung möglichst nahe zu kommen wurden nur direkt benachbarte Mineralpaare und solche, die innerhalb der gleichen Mikrostruktur vorkamen, berücksichtigt.

Aus verschiedenen Gründen ist oft eine Streuung des Schnittpunkts der Gleichgewichtskurven zu beobachten. Ursachen dafür können in der Ungenauigkeit der thermodynamischen Daten oder bei den Mischungsmodellen in der Abweichung der analysierten Mineralzusammensetzung von der Gleichgewichtszusammensetzung und in der Ungenauigkeit der analytischen Methoden liegen. Die statistische Beurteilung des Schnittpunkts und deren Standardabweichung erfolgte mit Hilfe des Programms INTERSX, das im TWQ 2.01-Paket integriert ist. Das Programm berechnet den durchschnittlichen P-T-Punkt aller Schnittpunkte der Gleichgewichtskurven und deren Standardabweichung. Hierbei erfolgt eine Gewichtung der Mineralendgliedreaktionen mit dem höchsten ΔS, höchsten ΔV und kleinsten $\ln K_{eq}$ sowie Schnittpunkte mit möglichst rechtwinkligem Schnittwinkel. Da keine manuelle Auswahl von in der Berechnung berücksichtigten Gleichgewichtskurven möglich ist, wurde immer der Durchschnitt aller Schnittpunkte als P-T-Punkt herangezogen. Gut definierte PT-Punkte liefern Gleichgewichte, deren Standardabweichung bei der Temperatur 30°C und beim Druck 0,500 kbar nicht überschreiten (persönliche Mitteilung Parra 2000). Diese Werte konnten auch durch Monte Carlo Simulationen untermauert werden (Vidal & Parra 2000).
Zur Bestimmung der P-T-Bedingungen wurden nur solche Gleichgewichte verwendet, die auf mindesten drei unabhängigen Reaktionen beruhen. Gleichgewichte mit zwei unabhängigen Reaktionen bilden immer einen Schnittpunkt und lassen keine Verifizierung der Daten zu.

Bei der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnung handelt es sich um ein relativ neues Verfahren das 2000 von Vidal & Parra vorgestellt wurde. Da es sehr neu ist, wurde diese Methode bisher nur von den Autoren bzw. der Arbeitsgruppe angewendet (Vidal & Parra 2000, Agard et al. 2001, Parra et al. 2002a, Parra et al. 2002b). Eine Überprüfung der Ergebnisse der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnungen erfolgte durch Berechnung von Gesteinen mit Chlorit-Phengit-Paaren deren P-T-Bedingungen durch anerkannte Multigleichgewichtsberechnungen mit unterschiedlichen Phasen bekannt waren bzw. durch spezifische Mineralvergesellschaftung definiert waren (Parra et al. 2002a).
Mögliche Fehler bei der Methode liegen in Unsicherheiten bei den thermodynamischen Datensätzen von Mineralendgliedern und bei Mischungsmodellen, Abweichungen von analysierten Zusammensetzung von der Gleichgewichtszusammensetzung und in analytischen Unsicherheiten. Der in den thermodynamischen Datensätzen implizierte Fehler ist schwierig abzuschätzen. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass dieser Fehler einen systematischen Effekt auf die berechneten P-T-Schnittpunkte hat.
Um den Fehler bei Chlorit-Phengit-Multigleichgewichten abschätzen zu können müsste eine mathematisch komplexe Monte Carlo Simulation (Lieberman & Petrakakis 1991) durchgeführt

werden. Es kann damit die Streuung, durch variierende Chlorit- und Hellglimmerzusammensetzung aufgrund von Ungenauigkeiten bei der Mineralanalyse durch die EMS errechnet werden. Vidal & Parra (2000) haben dies exemplarisch durchgeführt, im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird jedoch darauf verzichtet. Um mögliche Fehler gering zu halten werden nur Gleichgewichte herangezogen deren Standardabweichung bei der Temperatur 30°C und beim Druck 0,50 kbar nicht überschreiten (persönliche Mitteilung Parra 2000).

4.2.4 Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht

Die Multigleichgewichtsberechnungen von Chlorit-Phengit-Granat beruhen im wesentlichen auf den gleichen Grundlagen wie die Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnung. Es wird Granat als zusätzliche Phase einbezogen und bei dieser Berechnung für Granat das unveränderte Mischungsmodell nach Berman (1990) verwendet.

4.2.5 Chlorit-Glaukophan -Albit-Tremolit-Klinozoisit-Multigleichgewicht

Für die P-T-Berechnung der Metabasite wurde das Multiphasengleichgewicht Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit-Quarz-Wasser herangezogen. Es handelt sich hierbei um die Blauschiefer/Grünschiefer Reaktion:

$$25\ Gln + 6\ Czo + 7\ Qz + 14\ H_2O = 50\ Ab + 9\ Chl + 6\ Tr$$

Gln: Glaukophan	Czo: Klinozoisit	Ab: Albit
Chl: Chlorit	Tr: Tremolit	

Die Aktivität der Glaukophan-Komponente bzw. Tremolit-Komponente der Amphibole wird mit dem Aktivitätsmodell nach Evans (1990) berechnet. Wie im Abschnitt Aktivitätsmodelle aufgeführt, wird für die Klinozoisit-Komponente des Epidots stark vereinfachend die Molfraktion des Al der M3–Position angenommen (Evans 1990). Für Albit, Quarz und Wasser wurde die Aktivität gleich 1 gesetzt, das Mischungsmodell nach Vidal et al. (2001) für die Berechnung von Chlorit verwendet. Nachdem für die genannten Minerale auf unterschiedliche Mischungsmodelle verschiedener Autoren zurückgegriffen werden muss, kann dies zu verfälschten Ergebnissen führen.
Aufgrund der vorherrschenden Mineralvergesellschaftung der Metabasite ist es nicht möglich andere Mineralgleichgewicht zu rechnen, oben genannte Blauschiefer/Grünschiefer Reaktion ist die einzige. Dies ist auch der Grund weshalb auf diese Reaktion zurückgegriffen wird, obwohl bei dieser Berechnung mit den vorhandenen Mineralen mehrere gravierende Fehlerquellen hingenommen werden müssen.
Bei dieser Multigleichgewichtsberechnung werden die Glaukophan- und Tremolit-Komponente der Amphibole herangezogen. Im Kapitel Mineralchemie wurden die in den Proben analysierten Amphibole näher betrachtet, bei den Na-Amphibolen handelt es sich um Mg-Riebeckit und nicht um Glaukophan. Durch eine solch deutliche Abweichung von dem vorgesehenen Mineralendglied kommt es bei der Berechnung der Aktivität der Phasen zu nicht näher definierbaren Unsicherheiten, die sich dann natürlich bei der nachfolgenden P-T-Berechnung fortsetzen. Eine weitere nicht zu unterschätzende Unsicherheit bildet die oben bereits beschriebene Berechnung der Epidot-Aktivität. Sie kann nur als grobe Annäherung an das natürliche Verhalten gelten, da z.B. bekannt ist, dass das Mischverhalten des Epidots nicht ideal ist. Ein weiteres Problem sind die hier verwendeten Mischungsmodelle die nur als eingeschränkt kompatibel gelten können.
Durch die skiziierten Unsicherheiten bzw. Fehlerquellen können die Ergebnisse nur mit sehr großen Vorbehalten herangezogen werden, sie eignen sich vermutlich nicht, um weitreichende Entstehungsmodelle für die Metabasite zu diskutieren.

4.3 Geothermobarometrie Metapelite

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Gleichgewichts- bzw. Multigleichgewichtsberechnungen für die Metapelite dargestellt. Zunächst werden die granatführenden Metapelite betrachtet, dem folgen die granatfreien Metapelite. Die weitere Untergliederung folgt der Anzahl der für die Berechnung verwendeten Mineralphasen.

4.3.1 Geothermobarometrie granatführender Metapelite

Phengit-Barometrie

Durch das Fehlen von Kalifeldspat und Phlogopit in der vorherrschenden Mineralparagenese kann die Phengit-Barometrie nur minimale Bildungsdrücke für die bearbeiteten Proben liefern. Es handelt sich hierbei um ein graphisches Verfahren, was auf das Si-Isoplethendiagramm Abb. 4-1 nach Massonne & Szpurka (1997) zurückgeht. Wie schon erwähnt, gilt dieses Diagramm nur im System KMASH und für die Paragenese Kalifeldspat, Phlogopit, Phengit und Quarz. Durch das Fehlen von Phlogopit und Kalifeldspat in den bearbeiteten Proben, können die ermittelten Drücke als Minimaldrücke herangezogen werden.

Für die drei granatführenden Proben liegen die minimalen Si-Gehalte der Phengite bei 3,27 Si p.F.E. (Probe 107; Analyse b-33), 3,24 Si p.F.E. (Probe 158; Analyse b-47) und 3,18 Si p.F.E. (Probe 159; Analyse 1). Die maximalen Si-Gehalte sind für die Probe 107 3,37 Si p.F.E. (Analyse b-24), für die Probe 158 3,38 Si p.F.E. (Analyse b-26) und für die Probe 159 3,30 Si p.F.E. (Analyse 28). Ausgehend von diesen Werten ergeben sich für die Proben bei einer angenommenen Temperatur von 400 °C Minimaldrücke zwischen ca. 2,5 kbar bzw. ca. 5,5 kbar.

Granat-Phengit-Thermometrie

Der Granat-Phengit Gleichgewichtsberechnung liegt folgende Reaktion zu Grunde:

1 Almandin + 3 Mg-Al-Seladonit = 3 Fe-Al-Seladonit + 1 Pyrop.

Sie wird als Thermometer verwendet. Das angewendete Berechnungsverfahren und der verwendete thermodynamische Datensatz wurde bereits oben erwähnt. Mit Hilfe des auf Excel basierenden Programmes PTGibbs nach Brandelik & Massonne (2000) können die gemessenen Mineralpaare simultan berechnet und die ermittelten Daten relativ einfach weiterverarbeitet werden.

Aufgrund des vermutlich prograden Zonarbaus der Granate im Kernbereich (vgl. Kapitel Mineralchemie Granat) wurden für die Berechnungen nur die Randzusammensetzungen der Granate herangezogen. Es wird davon ausgegangen, dass nur die Randbereiche der Granate mit den benachbarten Phengiten im Gleichgewicht standen. Bei den Phengiten konnten im wesentlichen kein Zonarbau nachgewiesen werden, darum erscheint es nicht sinnvoll Phengitkernbereiche mit Granatkernbereichen zu verrechnen. Bei den verwendeten Mineralpaaren handelt es sich um benachbarte Hellglimmer und Granate. Es wird davon ausgegangen, dass sich die jeweiligen Mineralpaare im Gleichgewicht befinden.

Grossularführender Quarzit

Das P-T-Diagramm Abb. 4-2 gibt die Mittelwerte der Gleichgewichtskurven für benachbarte Grossular-Phengit-Paare der Probe 107 wieder. Granat 1 und 1b, 2 und Granat 3 wurden mit den Phengiten a3, a4 und a7, Granat 4 und 5 mit Phengit b7, Granat 7, 8 und 9 mit den Phengiten b7, b10, b23, b24 und b 38 sowie Granat 10 mit b47 und b49 verrechnet. Die einzelnen Werte für die verschiedenen Mineralpaare können dem Anhang entnommen werden, die Werte der in Abb. 4-2 dargestellten Gleichgewichtskurven sind in Tab. 4-1 angegeben.

Bei einem Druck von 10 kbar wurden für die Granate und deren benachbarte Phengite Bildungstemperaturen von 384 bis 405 °C ermittelt. Die Mehrzahl der ermittelten Bildungstemperaturen liegt/ bei 10 kbar bei ca. 395 °C. Nur für den Granat 2 und 4 und die jeweiligen Phengite ergeben sich Temperaturen von 405 bzw. 401 °C.

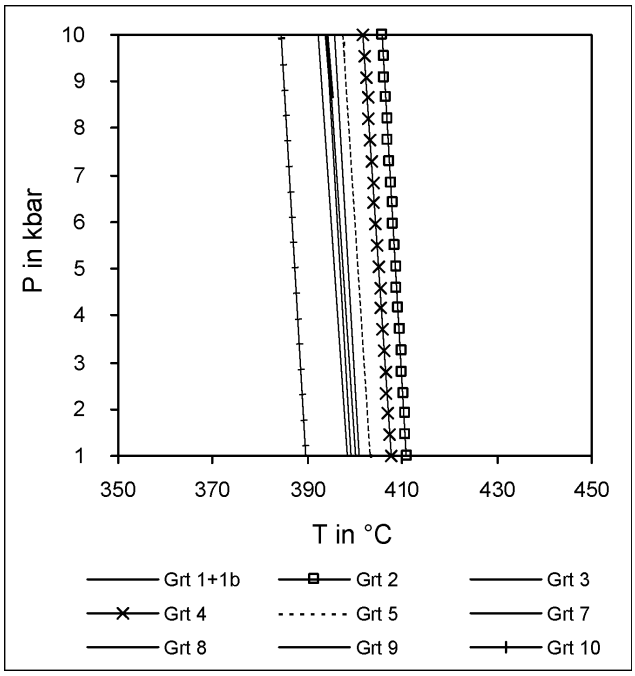


Abb. 4-2: P-T-Diagramm der Probe 107 mit Mittelwerten der Gleichgewichtskurven für benachbarte Grossular-Phengit-Paare.

Ausgehend von den vorgestellten Ergebnissen bildeten sich die berechneten Minerale innerhalb eines Temperaturbereiches von 385 bis 406 °C bei einem angenommenen Druck von 10 kbar. Für eine Druckabschätzung der Probe muss auf die Ergebnisse der Chlorit-Phengit Gleichgewichtsberechnung verwiesen werden.

Tab. 4-1: Mittelwerte der ermittelten Temperaturen des Multigleichgewichts Granat-Phengit der Probe 107. In der ersten Spalte ist der Druck angegeben. Die Temperatur ist in °C angegeben; n gibt die Anzahl der einzelnen Gleichgewichtsberechnungen je Granat an. Eine graphische Darstellung der Werte gibt Abb. 4-2.

P in kbar	**MW Grt 1**	**MW Grt 2**	**MW Grt 3**	**MW Grt4**	**Grt 5**	**MW Grt 7**	**MW Grt 8**	**MW Grt 9**	**MW Grt 20**
	n: 12	6	6	2	1	8	8	5	4
1	401	411	399	408	403	400	398	400	390
10	396	406	394	402	397	394	392	394	385

Spessartinführende Quarzite

Bei der spessartinführenden Probe 158 wurden alle Granat-Phengit-Mineralgleichgewichte berechnet. Es handelt sich jeweils um die Randzusammensetzung der Granate mit benachbarten Phengiten. Wie bereits im Kapitel Mineralchemie festgestellt, ist der Pyrop-Anteil der Granate mit unter 1 Mol % meist sehr gering. Berücksichtigt man alle Granate mit mindestens 0,6 Mol % Pyrop-Anteil, ist eine weite Streuung der resultierenden Gleichgewichtskurven festzustellen. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Abb. 4-3 dargestellt (Daten vgl. Anhang). Bei dieser Berechnung ergeben sich Temperaturen zwischen 215 °C und ca. 550 °C.

Es ist bekannt, dass Granat in Metapeliten bei ca. 450 °C erstmals auftritt (Bucher & Frey 1994). Beim Einbau von Mn in Granat können Mn-Fe-Granate bei deutlich niedrigeren Temperaturen stabilisiert werden als reiner Almandin. Bei einem hohen Mn/(Mn + Fe + Mg), wie bei Probe 158 von 0,8, kann mit einem ersten Auftreten von Spessartin bei ca. 300 °C gerechnet werden.

Korreliert man die berechneten Gleichgewichtskurven mit den Pyrop-Anteil der Granate, wird deutlich, dass ein Pyrop-Anteil von unter 1 Mol % zu unrealistischen Ergebnissen mit T unter

300 °C führt. Aufgrund der in den Gesteinen auftretenden Mineralparagenesen können auch die für zwei Mineralpaare errechneten T von ca. 550 °C ausgeschlossen werden.

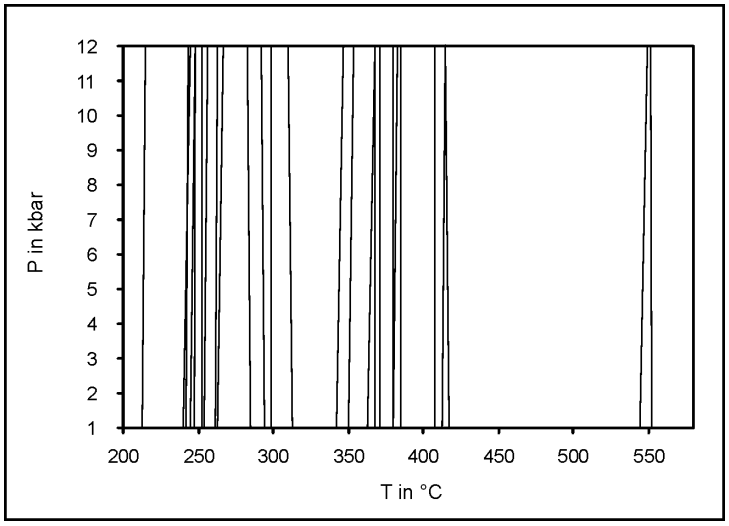


Abb. 4-3: P-T-Diagramm mit allen Granat-Phengit Gleichgewichtskurven der Probe 158. Die Werte sind im Anhang angegeben.

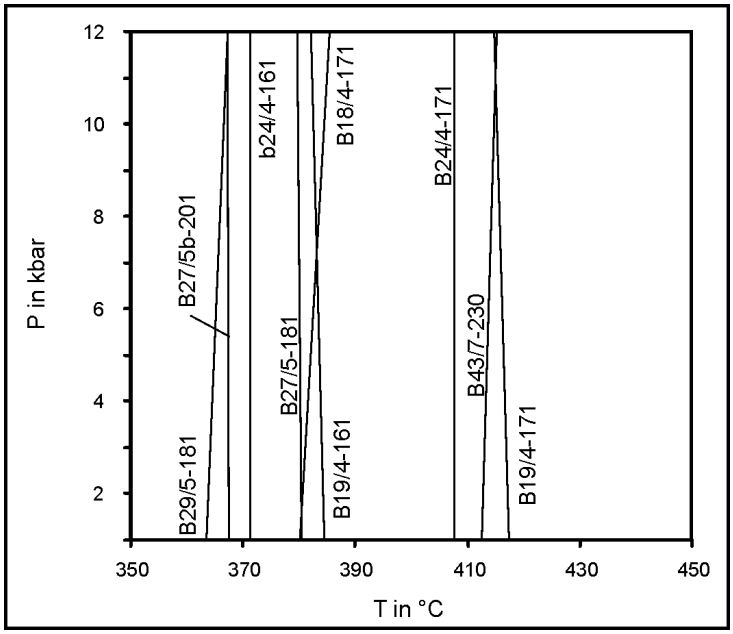


Abb. 4-4: P-T-Diagramm mit berechneten Gleichgewichtskurven der benannten Mineralpaare der Probe 158. Die erste Zahl gibt die Phengit-Analyse an, nach dem Schrägstrich ist die Nummer des Granats und anschließend die Analysennummer des Granats angegeben.

In Abb. 4-4 sind die Granat-Phengit Gleichgewichtskurven dargestellt, deren berechnete Bildungstemperatur zwischen 360 °C und 420 °C liegt. Der Pyrop-Anteil dieser Spessartine schwankt zwischen 1,3 und 1,7 Mol %. Die T der Gleichgewichtskurven reichen von 367-415 °C bei einem angenommenen P von 8,7 kbar. Die Gleichgewichtskurven gruppieren sich zu drei Temperaturbereichen. Der erste liegt bei 365-371 °C, der zweite bei 379-383 °C und der dritte bei 407-415 °C. Der Mittelwert der betrachteten Gleichgewichtskurven ergibt eine T von 387 °C bei 8,7 kbar. Die Werte der Gleichgewichtskurven, abhängig von P, sind in Tab. 4-2 angegeben. Auch in der Abb. 4-2 ist die Probenbezeichnung wie folgt: Vor dem Schrägstrich ist die Phengit-Analyse und danach die Granatnummer und mit einem Bindestrich getrennt ist die Analysennummer des Granats wieder gegeben.

Tab. 4-2: Werte der in Abb. 4-4 eingetragenen Gleichgewichtskurven der Probe 158.

P in kbar	b19/4-161	b24/4-161	b18/4-171	b19/4-171	b24/4-171	b27/5-181	b29/5-181	b27/5b-201	b43/7-230
1.0	385	371	380	417	408	380	363	368	412
5.4	384	371	382	416	408	380	365	368	414
8.7	383	371	384	416	408	380	366	367	414
12.0	382	371	385	415	408	380	367	367	415

Bei der Berechnung der Granat-Phengit-Gleichgewichte der Probe 159 wiederholten sich die Beobachtungen von der Probe 158. Die Spessartine der Probe 159 haben insgesamt gesehen einen noch geringeren Pyrop-Anteil. So weist kein Spessartin im Randbereich einen Pyrop-Anteil von mehr als 1 Mol% auf. Die Temperaturen der Gleichgewichtsberechnungen liegen unterhalb einer für Granat realistischen Bildungstemperatur. Die Temperatur liegt zwischen ca. 200 und ca. 290 °C (vgl. Abb. 4-5). Die Ergebnisse der Granat-Phengit-Gleichgewichtsberechnung der Probe 159 können somit keine Anhaltspunkte für die metamorphen Bildungsbedingungen der Paragenese geben. Ein Grund für die zu niedrigen Temperaturen könnte das verwendete Granat-Mischungsmodell sein. In den üblichen Granat-Mischungsmodellen wie auch in dem Mischungsmodell nach Massonne (1995b und 1992a) sind pyroparme Granatzusammensetzungen sehr schlecht definiert. Dies führt bei spessartinreichen Granaten zu unrealistischen Ergebnissen wie es bei der betrachteten Probe der Fall ist. Daraus kann gefolgert werden, dass das verwendete Modellsystem die spessartinreichen Granate nicht ausreichend gut beschreibt. Es wird verwendet, weil kein besseres an diese spezifischen Gegebenheiten angepasste Modellsystem verfügbar ist.

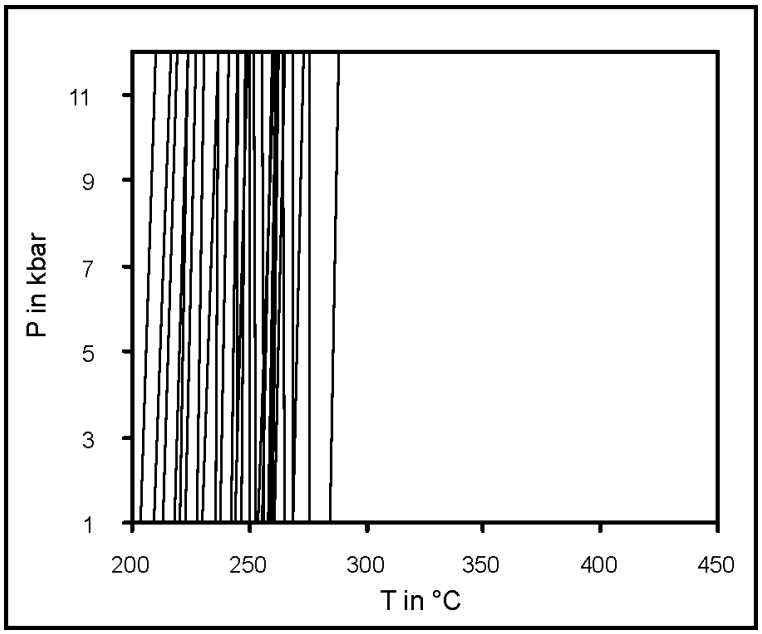


Abb. 4-5: P-T-Diagramm der Granat-Phengit Gleichgewichtskurven der Probe 159. Die berechneten Temperaturen von 200 bis 290 °C sind für die Entstehung von Granat unrealistisch.

Chlorit-Phengit-Multigleichgewicht

Die Grundlagen der Chlorit-Phengit Multigleichgewichtsberechnung wurden im Kapitel Verwendete Gleichgewichtsberechnungen dargestellt. Auch hier wird getrennt auf die einzelnen Proben eingegangen. Zunächst erfolgt die Darstellung der Ergebnisse des grossularführenden Quarzits Probe 107, dem sich dann die Resultate der spessartinführenden Quarzite Probe 158 und 159 anschließen.

Grossularführender Quarzit

Von den mit der EMS gemessenen Mineralpaare Chlorit-Phengit der Probe 107 erfüllt keines die Anforderungen für einen gut definierten P-T-Punkt. Die Mineralpaare 36/35 und 37/35 weisen aufgrund der Mineralzusammensetzung und den damit zusammenhängenden Mineralendgliedern nur zwei von einander unabhängige Mineralendglieder auf. Wegen der Tatsache, dass bei zwei Reaktionen immer ein Schnittpunkt entsteht, können diese Schnittpunkte nicht als P-T-Punkte herangezogen werden. Bei den übrigen Mineralpaaren sind keine invarianten Punkte erkennbar. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die gemessenen Chlorit-Phengit-Paare nicht im

Gleichgewicht befinden und eine Bestimmung der P-T-Bildungsbedingungen mit dieser Methode nicht möglich ist.

Spessartinführende Quarzite

Auch bei den spessartinführenden Quarziten befinden sich nur wenige Mineralpaare im Gleichgewicht. Wie bei der Einführung in die Methode der Chlorit-Phengit Multigleichgewichtsberechnung bereits dargestellt, werden nur die Ergebnisse solcher Mineralpaare verwendet, deren Standardabweichung vom durchschnittlichen P-T-Punkt von maximal 0,5 kbar bzw. 30 °C aufweisen. Eine Betrachtung der Resultate der übrigen Mineralpaare erfolgt nicht, da der Fehler des zugehörigen P-T-Punktes zu groß ist.

Wie auch bei der Einbeziehung des Granats bei der Multigleichgewichtsberechnung werden die Ergebnisse der Berechnungen und deren Standardabweichung sigma des statistisch ausgewerteten P-T-Punktes im Anhang aufgeführt. Hier im Kapitel werden nur die mit dem Programm INTERSX berechneten Schnittpunkte der Gleichgewichtskurven mit einem sigma <1,5 genannt.

Für die Probe 158 können zwei gut definierte P-T-Punkte durch die Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnung bestimmt werden. Es handelt sich um die Paare b35/b36 und c82/c83. Die Benennung der Chlorit-Phengit-Paare folgt der Analysenbenennung der Minerale. Vor dem Schrägstrich ist die Chloritanalyse und nach dem Querstrich die Phengitanalyse genannt. Das Chlorit-Phengit-Paar b35/b36 bezeichnet somit den Chlorit b35 und den Phengit b36 der Probe 158. Die entsprechenden Mineralanalysen können dem Anhang entnommen werden. Die ermittelten Bildungsdrücke und Bildungstemperaturen für die zwei Chlorit-Phengit-Paare sind in Tab. 4-3 zusammengefasst.

Tab. 4-3: Ergebnisse der Multigleichgewichtsberechnung Chlorit-Phengit-Quarz-Wasser für die angegebenen Mineralpaare der Probe 158 und 159. Die Berechnung der Schnittpunkte erfolgte mit dem Programm INTERSX. P in kbar und T in °C.

Probe	Analyse	P Durchschnitt	T Durchschnitt
158	b35/b36	9.6	447
	c82/c83	9.9	419
159	a8/a11	7.9	389
	b1/b2	7.6	392

Bei der Probe 159 können zwei gut definierte P-T-Punkte ermittelt werden. Es handelt sich um das Chlorit-Phengit-Paare a8/a11 mit einem Bildungsdruck von 7,9 kbar und einer Bildungstemperatur von 389 °C und das Paar b1/b2 mit 7,6 kbar und 392 °C. Die Ergebnisse der Proben 158 und 159 sind in Tab. 4-3 zusammengefasst und im P-T-Diagramm Abb. 4-6 dargestellt.

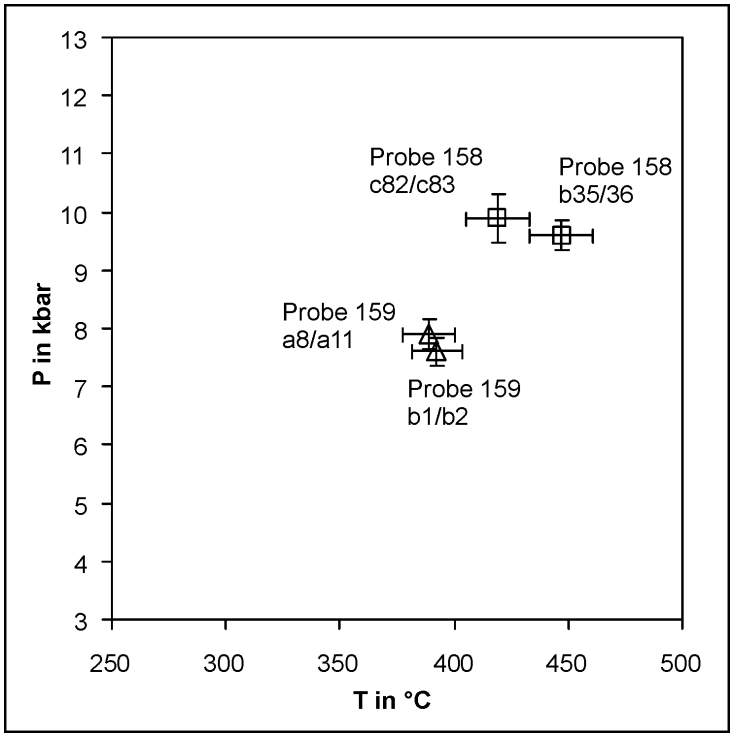


Abb. 4-6: P-T-Diagramm mit den errechneten P-T-Punkten der Proben 158 und 159 aus Chlorit-Phengit-Paaren. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung bei der statistischen Auswertung des P-T-Schnittpunktes an.

Im Folgenden wird das Mineralpaar a8/a11 der Probe 159 exemplarisch dargestellt. In Abb. 4-7 sind die Gleichgewichtskurven des Gleichgewichts und deren Schnittpunkt im P-T-Diagramm abgebildet. Die einzelnen Reaktionen der Gleichgewichtskurven sind unten aufgeführt. Die Nummerierung der Reaktionen entspricht der Nummerierung der Gleichgewichtskurven in Abb. 4-7.

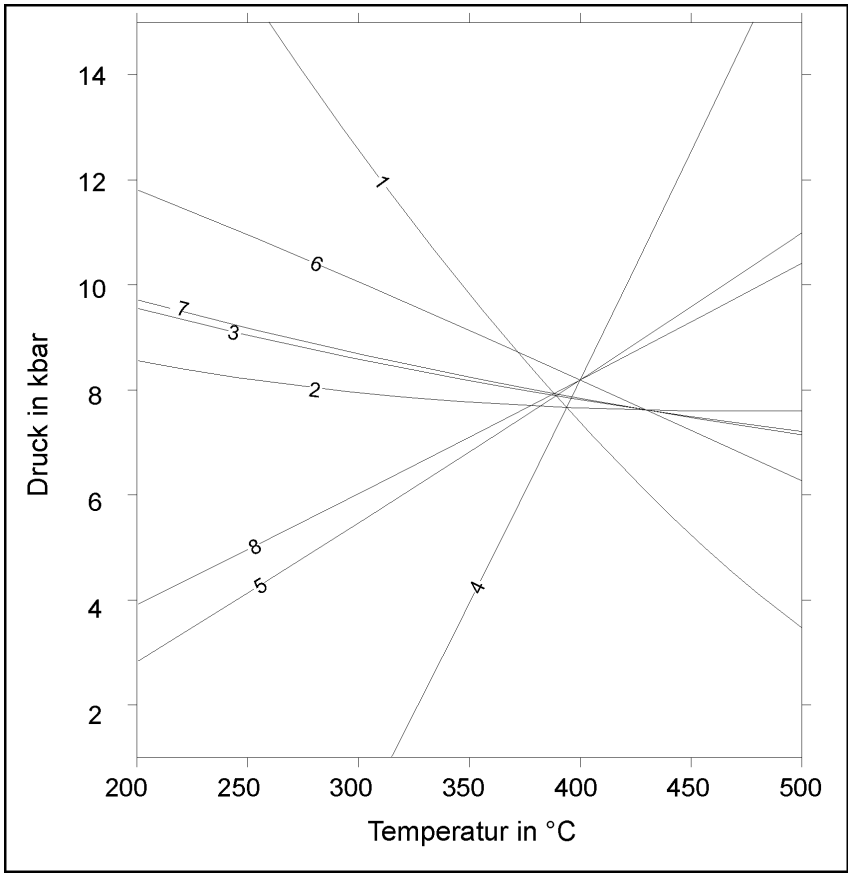


Abb. 4-7: P-T-Diagramm des Mineralpaares a8/a11 der Probe 159 bei der Chlorit-Phengit Multi-gleichgewichtsberechnung. Die Nummerierung der Gleichgewichtskurven entspricht der Nummerierung der folgenden Reaktionen.

1) 4 Dph + 6 Prlphg = 26 aQz + 5 Fe-Am + 2 W
2) 4 Chl + 6 Prlphg = 26 aQz + 5 Am + 2 W
3) 4 Al-Sel + 6 Prlphg = 26 aQz + 4 Msphg + Am + 2 W
4) 5 Fe-Am + 4 Chl = 5 Am + 4 Dph
5) 4 Dph + Am + 4 Msphg = 4 Al-Sel + 5 Fe-Am
6) Chl + Msphg = Al-Sel + Am
7) 5 Al-Sel + 6 Prlphg = 26 aQz + 5 Msphg + Chl + 2 W
8) 4 Dph + Chl + 5 Msphg = 5 Al-Sel + 5 Fe-Am

Aufgrund der Mineralchemie und der verwendeten Mineralendglieder ergeben sich die acht genannten Mineralendgliedreaktionen, die zwischen den Mineralphasen formuliert werden können. Bei der Berücksichtigung aller Gleichgewichtskurven und einer statistischen Auswertung ergibt sich für den Schnittpunkt ein Druck von 7,6 ± 0,24 kbar und einer Temperatur von 406 ± 11 °C.

Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht

Wie in den vorangegangenen Abschnitten werden auch hier die einzelnen Proben getrennt betrachtet. Es handelt sich um die grossularführende Probe 107 und die beiden spessartinführenden Proben 158 und 159.

Die Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewichtsberechnung greift im wesentlichen auf die Methode der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnung zurück, wobei Granatendglieder

und Quarz als Phasen hinzugenommen werden. Die thermodynamischen Grunddaten und die Mischungsmodelle für Chlorit und Phengit stammen von Vidal & Parra (2000) bzw. Vidal et al. (2001). Für Granat wurde das Mischungsmodell nach Berman (1990) verwendet. Die Berechnung erfolgte mit dem TWQ Programm 2.01 (Berman 1991). Zur P-T-Abschätzung des Schnittpunktes der verschiedenen Mineralendgliedreaktionen wurde das in TWQ integrierte Programm INTERSX verwendet. Mit dem Programm INTERSX wird der durchschnittlichen Schnittpunkt aller Gleichgewichtskurven und deren Standardabweichung berechnet. INTERSX gewichtet hierbei Gleichgewichte mit dem höchsten ΔS, höchsten ΔV und kleinsten $\ln K_{eq}$. Ferner wurde das Ergebnis des berechneten durchschnittlichen Schnittpunktes visuell mit dem invarianten Punkt im P-T-Digramm überprüft. Neben der Berechnung des Schnittpunkts aufgrund aller Gleichgewichtskurven ist das Ausklammern von Gleichgewichtsreaktionen möglich, deren Standardabweichung größer als 1,5 σ vom invarianten Punkt ist. Die im Anhang angegebenen Werte der berechneten P-T-Punkte geben die Ergebnisse beider Berechnungsverfahren an.

Grossularführender Quarzit

Für die grossularführende Probe 107 wird exemplarisch ein Mineralgleichgewicht dargestellt. Bei den mit einander verrechneten Mineralen handelt es sich um benachbarte Minerale. Die verwendeten Granatanalysen sind Randzusammensetzungen des jeweiligen Granats. Wegen der geringen Größe der meisten Chlorite und Phengite konnte hier keine Differenzierung nach Rand-Kernzusammensetzung erfolgen. Die Chlorit-Phengit-Paare sind aufgrund der Textur im Dünnschliff syn-D_2, während der Hauptschieferung S_2 gewachsen. Die untersuchten Chlorite und Phengite der Probe 107 sind von ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich. Somit ergeben sich bei allen betrachteten Mineralgleichgewichten der Probe 107 die gleichen Gleichgewichtsreaktionen. Um Wiederholungen zu vermeiden wird deshalb das Mineralgleichgewicht b3b7/4-61 ausführlich vorgestellt. Die Ergebnisse der übrigen Mineralgleichgewichte der Probe werden nur tabellarisch wiedergegeben. Im Anhang sind die Ergebnisse aller Mineralgleichgewichte mit unterschiedlichen Berechnungsverfahren angegeben.

Im KFMASH-System (K_2O + FeO + MgO + Al_2O_3 + SiO_2 + H_2O) und unter Berücksichtigung der Mineralendglieder der Phasen Granat (Pyrop und Almandin), Chlorit (Klinochlor, Daphnit, Fe-Amesit, Amesit), Phengit (phengitischer Pyrophyllit, phengitischer Muskovit und Al-Seladonit) und Quarz (alpha-Quarz) ergeben sich 26 Reaktionen:

1) 28 Chl + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 35 Am + 3 Dph
2) 20 Chl + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 25 Am + 3 Fe-Am
3) Chl + Msphg = Al-Sel + Am
4) 5 Chl + 8 Prlphg + Prp = 36 aQz + 7 Am
5) 4 Dph + 5 Am = 4 Chl + 5 Fe-Am
6) 5 Dph + 8 Prlphg + Alm = 36 aQz + 7 Fe-Am
7) 28 Al-Sel + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 28 Msphg + 7 Am + 3 Dph
8) 35 Al-Sel + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 35 Msphg + 7 Chl + 3 Dph
9) 3 Dph + 5 Prp = 5 Alm + 3 Chl
10) 21 Am + 25 Alm + 108 aQz = 28 Py + 24 Prlphg + 15 Dph
11) 20 Al-Sel + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 20 Msphg + 5 Am + 3 Fe-Am
12) 25 Al-Sel + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 25 Msphg + 5 Chl + 3 Fe-Am
13) 3 Am + 4 Alm = 4 Prp + 3 Fe-Am
14) 15 Chl + 24 Prlphg + 28 Alm = 108 aQz + 25 Py + 21 Fe-Am
15) 2 Am + 5 Msphg + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 5 Al-Sel
16) 2 Chl + 7 Msphg + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 7 Al-Sel
17) 5 Fe-Am + 4 Al-Sel = 4 Msphg + Am + 4 Dph
18) 5 Fe-Am + 5 Al-Sel = 5 Msphg + Chl + 4 Dph
19) 20 Dph + 32 Prlphg + 4 Py = 144 aQz + 3 Am + 25 Fe-Am
20) 28 Dph + 40 Prlphg + 5 Prp = 180 aQz + 3 Chl + 35 Fe-Am
21) 3 Dph + 3 Msphg + 5 Prp = 5 Alm + 3 Al-Sel + 3 Am
22) 21 Al-Sel + 24 Prlphg + 10 Alm = 108 aQz + 7 Prp + 21 Msphg + 6 Dph
23) 3 Chl + 3 Msphg + 4 Alm = 4 Prp + 3 Al-Sel + 3 Fe-Am

24) 15 Al-Sel + 24 Prlphg + 8 Alm = 108 aQz + 5 Py + 15 Msphg + 6 Fe-Am
25) 3 Dph + 3 Msphg + Prp = Alm + 3 Al-Sel + 3 Fe-Am
26) 10 Fe-Am + 3 Al-Sel + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 3 Msphg + 8 Dph

In Abb. 4-8 ist das P-T-Diagramm mit allen Gleichgewichtskurven des Mineralgleichgewichts b3b7/4-61 der Probe 107 dargestellt. Die Nummerierung der Kurven folgt der oben aufgeführten Nummerierung der Gleichgewichtsreaktionen. Die Benennung des Mineralgleichgewichts beinhaltet die einzelnen Mineralanalysen. Vor dem Schrägstrich sind die Phengitanalyse b3 und die Chloritanalyse b7 angegeben. Nach dem Schrägstrich folgt die Granatnummer und mit Bindestrich ist die Analyse des Granats festgelegt. Somit können die jeweiligen Mineralanalysen der einzelnen Mineralgleichgewichte nachvollzogen und im Anhang nachgeschlagen werden.
Bei dem hier betrachteten Mineralgleichgewicht schneiden sich nicht alle Kurven in einem Punkt. Gründe für das Abweichen einiger Reaktionskurven können in der Ungenauigkeit der thermodynamischen Daten, oder bei den Mischungsmodellen, in der Abweichung der analysierten Mineralzusammensetzung von der Gleichgewichtszusammensetzung und in der Ungenauigkeit der analytischen Methoden liegen. Im vorliegenden Fall ist es nicht möglich, die genaue Ursache zu benennen. Es kann angenommen werden, dass mehrere der genannten Gründe eine Rolle spielen. Auch bei der näheren Betrachtung der betroffenen Gleichgewichtsreaktionen kann das Abweichen auf keine bestimmte Mineralkomponente zurückgeführt werden.
Das Ergebnis des durchschnittlichen Schnittpunktes der Abb. 4-8 liegt bei der INTERSX-Berechnung aller Gleichgewichtskurven bei 10,2 ± 1 kbar und 431 ± 27°C. Der berechnete Schnittpunkt kann bei der visuellen Überprüfung bestätigt werden. Werden bei der Berechnung die abweichenden Reaktionen 1, 2, 3, 4, 5, und 14 nicht berücksichtigt, ergibt sich für den Schnittpunkt ein Druck von 10,4 ± 0,2 kbar eine Temperatur von 431 ± 6°C. Vergleicht man die Ergebnisse beider Berechnungen, so ist ein Unterschied von 0,14 kbar bzw. von 0,43 °C festzustellen. Behält man die spätere Interpretation der Daten für einen Metamorphosepfad und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen im Blickwinkel, so ist der genannte Unterschied beim Druck und insbesondere bei der Temperatur fast vernachlässigbar. Selbst wenn man alle Gleichgewichtskurven für die Schnittpunktberechnung berücksichtigt, wäre der Fehler mit 11 % beim Druck und mit 6 % bei der Temperatur relativ gering.

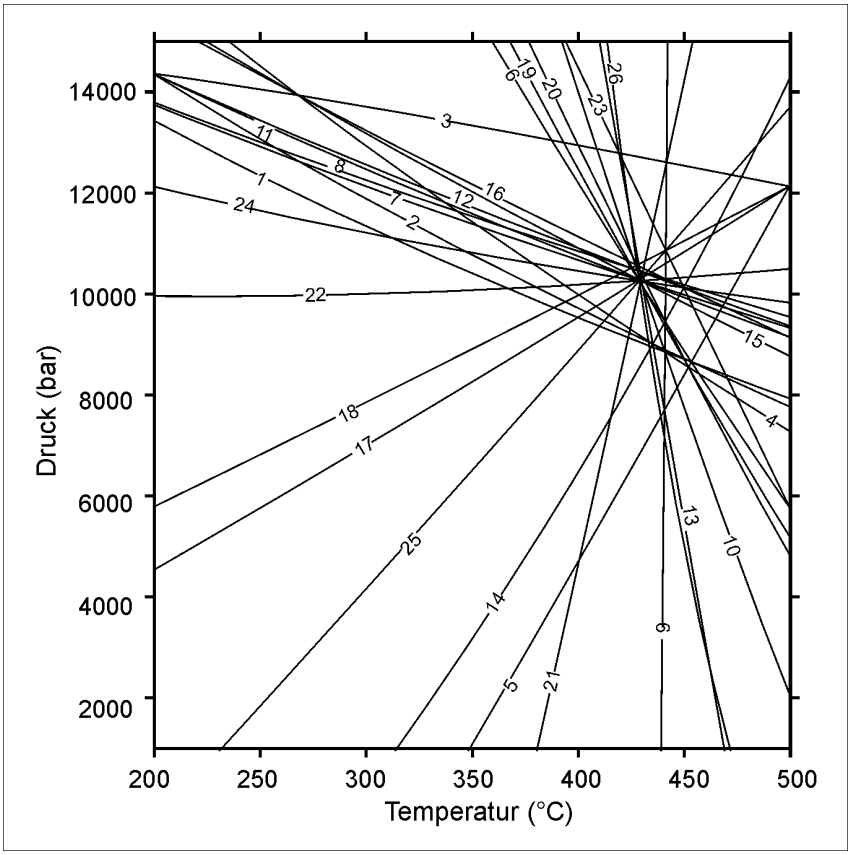


Abb. 4-8: P-T-Diagramm mit allen Gleichgewichtskurven des Chlorit-Phengit-Granat Multigleichgewichts b3b7/4-61 der Probe 107. Die Nummern der Gleichgewichtskurven sind mit denen der oben genannten Reaktionen identisch.

In Tab. 4-4 werden die Ergebnisse der P-T-Berechnungen für die einzelnen Mineralgleichgewichte der Probe 107 aufgeführt. Es handelt sich hierbei um Schnittpunktberechnungen von INTERSX bei der Gleichgewichtskurven mit einer Standardabweichung größer 1,5 σ vom invarianten Punkt ausgeklammert werden.

Tab. 4-4: Errechnete P-T-Punkte der Probe 107 für das Multigleichgewicht Chlorit-Phengit-Granat-Quarz. Die Bezeichnung der einzelnen Mineralgleichgewichte folgt dem im Text beschriebenen System.

Mineralgl.	P in kbar	T in °C	Mineralgl.	P in kbar	T in °C	Mineralgl.	P in kbar	T in °C
a3a5/1-1	10.14	407	a4a5/1-1	10.31	403	a7a5/1-1	10.03	409
a3a5/1-14	9.98	417	a4a5/1-14	10.15	413	a7a5/1-14	9.86	420
a3a5/1-16	10.01	413	a4a5/1-16	10.19	409	a7a5/1-16	9.90	416
a3a5/1-24	10.12	407	a4a5/1-24	10.29	403	a7a5/1-24	10.01	410
a3a5/2-27	9.98	414	a4a5/2-27	10.16	410	a7a5/2-27	9.87	417
a3a5/2-45	9.93	418	a4a5/2-45	10.11	414	a7a5/2-45	9.82	421
a3a5/3-46	10.11	407	a4a5/3-46	10.29	404	a7a5/3-46	10.01	410
a3a5/3-60	10.05	412	a4a5/3-60	10.23	408	a7a5/3-60	9.95	416
b3b7/4-61	10.37	431	b3b7/4-70	10.48	424			
b3b7/5-72	10.38	426	b3b7/5-86	10.42	429			

Spessartinführende Quarzite

Auch für die spessartinführende Probe 158 wurden Multigleichgewichtsberechnungen mit dem Programm TWQ durchgeführt. Die verwendeten Mineralpaare sind syn-D_2 gewachsen. Im Gegensatz zur vorangegangenen Probe konnten hier keine Gleichgewichte für Mineralendgliedreaktionen zwischen den Endgliedern der Mineralphasen Almandin + Pyrop + Phengit + Chlorit + Quarz im Modellsystem KFMASH aufgestellt werden. Die potentiellen Mineralgleichgewichte weisen entweder keinen eindeutigen invarienten Punkt auf, oder die Standardabweichung des Schnittpunkts liegt über 15 % des ermittelten Drucks.

Wegen der genannten Ergebnisse wurden im System KFMASH die Gleichgewichtsberechnungen auf wenige Mineralphasen begrenzt. Bei den Proben mit mehr als 1 Mol % Pyrop-Anteil wurde das Gleichgewicht Pyrop + Phengit + Chlorit + Quarz berechnet. Die für das Gleichgewicht b49b50/9-240 berechneten Gleichgewichtskurven und deren invarianter Punkt sind im P-T-Diagramm der Abb. 4-9 dargestellt. Es handelt sich um folgende Mineralendgliedreaktionen:

1) 4 Dph + 5 Am = 4 Chl + 5 Fe-Am
2) Chl + Msphg = Al-Sel + Am
3) 5 Chl + 8 Prlphg + Prp = 36 aQz + 7 Am
4) 4 Dph + Am + 4 Msphg = 4 Al-Sel + 5 Fe-Am
5) 5 Fe-Am + 5 Al-Sel = 5 Msphg + Chl + 4 Dph
6) 20 Dph + 32 Prlphg + 4 Prp = 144 aQz + 3 Am + 25 Fe-Am
7) 35 Fe-Am + 3 Chl + 180 aQz = 5 Prp + 40 Prlphg + 28 Dph
8) 2 Am + 5 Msphg + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 5 Al-Sel
9) 2 Chl + 7 Msphg + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 7 Al-Sel
10) 10 Fe-Am + 3 Al-Sel + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 3 Msphg + 8 Dph

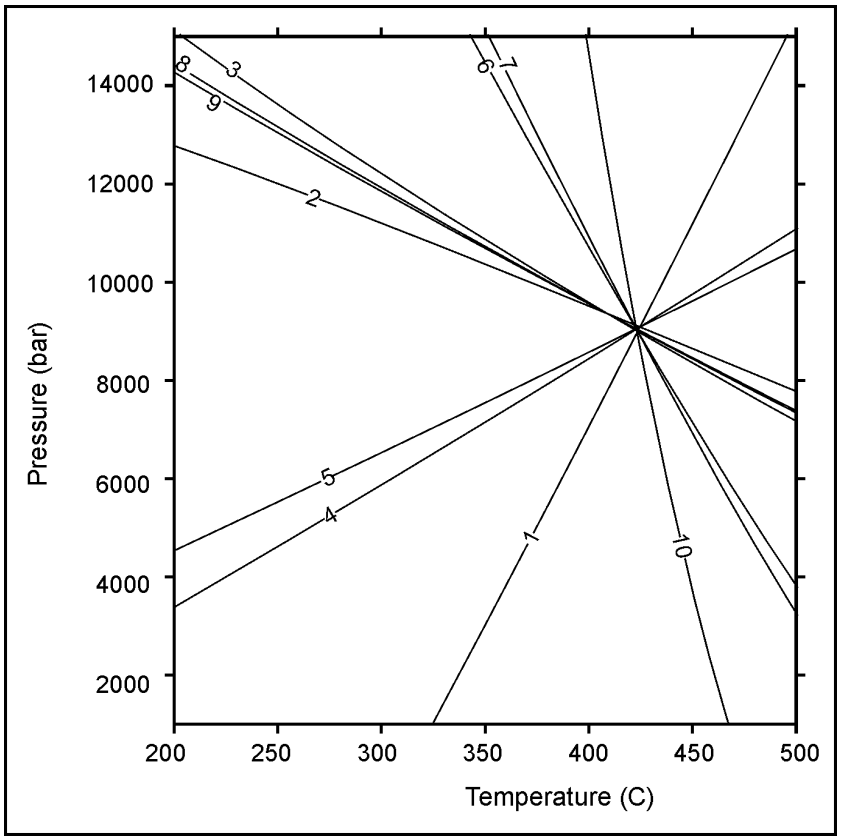


Abb. 4-9: P-T-Diagramm mit Gleichgewichtskurven der Probe 158 b49b50/9-240 mit dem Mineralgleichgewicht
Chl + Phen +Prp + Qz. Die Nummerierung der Gleichgewichtskurven entspricht der Nummerierung der Mineralendgliedreaktionen

Die Gleichgewichtskurven des Beispiels b49b50/9-240 schneiden sich in einem invarianten Punkt. Der mit dem Programm INTERSX berechnete P-T-Punkt liegt bei 9,0 ± 0,04 kbar und 422 ± 0,76 °C.
Nicht bei allen Gleichgewichten ist ein Schnittpunkt mit so geringen Abweichungen vorhanden. Die Werte zu den einzelnen Gleichgewichten können im Anhang nachgeschlagen werden. Auch hier wurden nur die Gleichgewichte berücksichtigt, deren Standardabweichung des Drucks unter 15 % des berechneten Drucks lagen und wo optisch ein invarianter Punkt erkennbar war. Die Ergebnisse sind in Tab. 4-5 zusammengefasst.

Analyse	Mineralphasen	P Durchschnitt	T Durchschnitt
b35b36/5b-201	Prp+Phen+Chl+Qz	9.35	439
b35b36/5-181	Prp+Phen+Chl+Qz	9.42	442
b37b38/5b-201	Prp+Phen+Chl+Qz	10.03	389
b37b38/5-181	Prp+Phen+Chl+Qz	10.10	391
b37b38/7-230	Prp+Phen+Chl+Qz	10.15	393
b49b50/9-240	Prp+Phen+Chl+Qz	9.02	423

Tab. 4-5: Ergebnisse der Gleichgewichtsberechnung für die angegebenen Mineralgleichgewichte der Probe 158. Bei der Berechnung der P-T-Punkte wurden die Gleichgewichtskurven mit einer Standardabweichung von mehr als 1,5 vom Schnittpunkt nicht berücksichtigt.

Ferner wurde versucht, mit den Mineralphasen Almandin + Phengit + Chlorit + Quarz zu rechnen. Auch hier handelt es sich im KFMASH-System um drei voneinander unabhängige Reaktionen. Das Ergebnis einer solchen Berechnung ist in Abb. 4-10 dargestellt. Es handelt sich um das Mineralgleichgewicht b35b36/6-212. Es ist ein invarianter Punkt zu erkennen, wobei einige Gleichgewichtskurven etwas vom Schnittpunkt abweichen. Die Berechnung des P-T-Punktes des Gleichgewichts b35b36/6-212 ergab einen Druck von 9,11 ± 0,09 kbar und eine Temperatur von 429 ± 3 °C.
Die Mineralendgliedreaktionen der in Abb. 4-10 dargestellten Reaktionskurven sind:

1) 28 Chl + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 35 Am + 3 Dph
2) 20 Chl + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 25 Am + 3 Fe-Am
3) Chl + Msphg = Al-Sel + Am
4) 4 Dph + 5 Am = 4 Chl + 5 FeAm
5) 5 Dph + 8 Prlphg + Alm = 36 aQz + 7 Fe-Am
6) 28 Al-Sel + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 28 Msphg + 7 Am + 3 Dph
7) 35 Al-Sel + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 35 Msphg + 7 Chl + 3 Dph
8) 20 Al-Sel + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 20 Msphg + 5 Am + 3 Fe-Am
9) 25 Al-Sel + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 25 Msphg + 5 Chl + 3 Fe-Am
10) 5 Fe-Am + 4 Al-Sel = 4 Msphg + Am + 4 Dph
11) 5 Fe-Am + 5 Al-Sel = 5 Msphg + Chl + 4 Dph

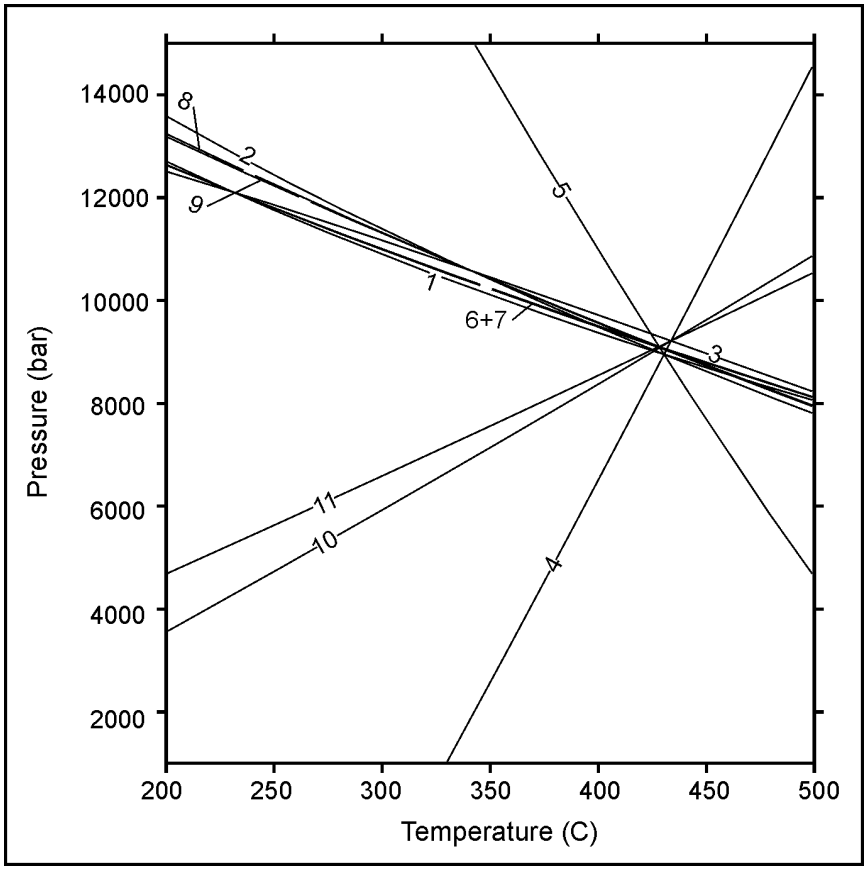


Abb. 4-10: P-T-Diagramm der Probe 158 b35b35/6-212 mit dem Mineralgleichgewicht Chl + Phen + Alm + Qz.

Bei den hier berechneten Gleichgewichten wurden die gleichen Maßstäbe angewendet wie oben angegeben. Im Anhang sind die nach den unterschiedlichen Berechnungsverfahren erzielten Ergebnisse aufgeführt. Die Ergebnisse der Tab. 4-6 berücksichtigen bei der Schnittpunktberechnung Gleichgewichtskurven mit einem $\sigma > 1{,}5$ nicht.

Analyse	Mineralphasen	P Durchschnitt	T Durchschnitt
b35b36/5b-201	Alm+Phen+Chl+Qz	9.07	428
b35b36/5-181	Alm+Phen+Chl+Qz	9.11	429
b35b36/6-212	Alm+Phen+Chl+Qz	9.11	429
b35b36/6-220	Alm+Phen+Chl+Qz	8.88	420
b37b38/5-181	Alm+Phen+Chl+Qz	9.61	372
b37b38/7-221	Alm+Phen+Chl+Qz	9.60	372
b37b38/7-230	Alm+Phen+Chl+Qz	9.54	370

Tab. 4-6: Ergebnisse der Gleichgewichtsberechnung für die angegebenen Mineralgleichgewichte und Mineralphasen der Probe 158.

Die Mineralgleichgewichte der spessartinführenden Probe 159 wurden wie in den bereits dargestellten Proben im System KFMASH berechnet. Bei allen Gleichgewichten erfolgte die Berechnung mit den Phasen Almandin + Pyrop + Phengit + Chlorit + Quarz. Wegen der Abweichung einiger Gleichgewichtskurven vom invarianten Punkt wurden ausgewählte Gleich-

gewichte mit den Phasen Almandin + Phengit + Chlorit + Quarz berechnet. Im Anhang sind die einzelnen Ergebnisse der unterschiedlichen Berechnungsverfahren aufgeführt. Es wurden nur die Ergebnisse von Mineralgleichgewichten berücksichtigt, bei denen die Standardabweichung des Schnittpunktes nicht über 15 % des Drucks liegt.
In Abb. 4-11 ist als Beispiel das Mineralgleichgewicht a8a11/1-10 dargestellt. Bei der Berechnung wurden die beiden Granatendglieder Almandin und Pyrop wie auch die Endglieder von Phengit, Chlorit und Quarz berücksichtigt. Die Reaktionen der einzelnen Gleichgewichtskurven sind unterhalb der Abbildung genannt. Der mit dem Programm INTERSX berechnete durchschnittliche Schnittpunkt liegt bei 7,78 ± 0,60 kbar und 375 ± 11 °C.

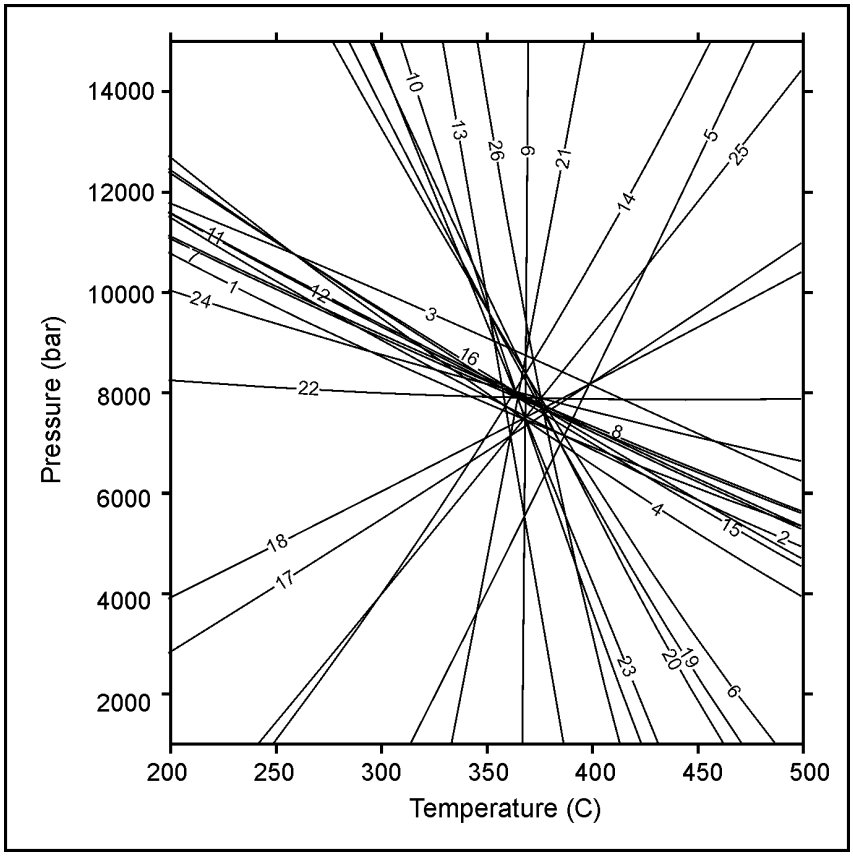


Abb. 4-11: P-T-Diagramm mit Gleichgewichtskurven des Chlorit-Phengit-Granat-Gleichgewichts a8a11/1-10 der Probe 159. Die Nummern der Gleichgewichtskurven sind mit denen der unten genannten Reaktionen identisch.

1) 28 Chl + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 35 Am + 3 Dph
2) 20 Chl + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 25 Am + 3 Fe-Am
3) Chl + Msphg = Al-Sel + Am
4) 5 Chl + 8 Prlphg + Prp = 36 aQz + 7 Am
5) 4 Dph + 5 Am = 4 Chl + 5 Fe-Am
6) 5 Dph + 8 Prlphg + Alm = 36 aQz + 7 Fe-Am
7) 28 Al-Sel + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 28 Msphg + 7 Am + 3 Dph
8) 35 Al-Sel + 40 Prlphg + 5 Alm = 180 aQz + 35 Msphg + 7 Chl + 3 Dph
9) 3 Dph + 5 Prp = 5 Alm + 3 Chl
10) 21 Am + 25 Alm + 108 aQz = 28 Prp + 24 Prlphg + 15 Dph
11) 20 Al-Sel + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 20 Msphg + 5 Am + 3 Fe-Am
12) 25 Al-Sel + 32 Prlphg + 4 Alm = 144 aQz + 25 Msphg + 5 Chl + 3 Fe-Am
13) 3 Am + 4 Alm = 4 Prp + 3 Fe-Am
14) 15 Chl + 24 Prlphg + 28 Alm = 108 aQz + 25 Prp + 21 Fe-Am
15) 2 Am + 5 Msphg + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 5 Al-Sel
16) 2 Chl + 7 Msphg + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 7 Al-Sel
17) 5 Fe-Am + 4 Al-Sel = 4 Msphg + Am + 4 Dph
18) 5 Fe-Am + 5 Al-Sel = 5 Msphg + Chl + 4 Dph
19) 20 Dph + 32 Prlphg + 4 Prp = 144 aQz + 3 Am + 25 Fe-Am
20) 28 Dph + 40 Prphg + 5 Prp = 180 aQz + 3 Chl + 35 Fe-Am
21) 3 Dph + 3 Msphg + 5 Prp = 5 Alm + 3 Al-Sel + 3 Am

22) 21 Al-Sel + 24 Prlphg + 10 Alm = 108 aQz + 7 Prp + 21 Msphg + 6 Dph
23) 3 Chl + 3 Msphg + 4 Alm = 4 Prp + 3 Al-Sel + 3 Fe-Am
24) 15 Al-Sel + 24 Prlphg + 8 Alm = 108 aQz + 5 Py + 15 Msphg + 6 Fe-Am
25) 3 Dph + 3 Msphg + Prp = Alm + 3 Al-Sel + 3 Fe-Am
26) 10 Fe-Am + 3 Al-Sel + 36 aQz = Prp + 8 Prlphg + 3 Msphg + 8 Dph

Die Ergebnisse der P-T-Berechnungen der übrigen Mineralgleichgewichte der Probe 159 sind in Tab. 4-7 zusammengefasst. Der Druck schwankt zwischen 7,3 kbar und 7,8 kbar. Die Temperatur liegt bei 375 – 398 °C.

Analyse	Mineralphasen	P Durchschnitt	T Durchschnitt
a8a11/1-10	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	7.78	375
	Alm+Phen+Chl+Qz	7.66	381
b1b2/10-101	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	7.31	398
	Alm+Phen+Chl+Qz	7.5	389
b10b9/10-101	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	7.84	388

Tab. 4-7: Ergebnisse der Gleichgewichtsberechnung für die angegebenen Mineral-gleichgewichte und Mineral-phasen der Probe 159.

4.3.2 Geothermobarometrie der übrigen Metapelite

Wie bereits in vorangegangenen Abschnitten beschrieben sind die anwendbaren Verfahren der Geothermobarometrie für die granatfreien Metapelite stark eingeschränkt. Aufgrund der Mineralparagenese mit Quarz + Hellglimmer + Chlorit + Albit ± Epidot ± Titanit ± Graphit ± Turmalin kann eine P-T-Abschätzung mit Hilfe von Mineralendgliedreaktionen, die zwischen Endgliedern der Mineralphasen Chlorit-Phengit-Quarz und Wasser geschrieben werden können, erfolgen. Die Methode ist neu und kaum angewendet, ist aber im vorliegenden Fall die einzige Möglichkeit um die metamorphen Bildungsbedingungen abzuschätzen. Ferner zeigte sich, dass die berechneten P-T-Punkte in einem durchaus realistischen Bereich fallen. Die Methode wurde bereits in einem eigenen Abschnitt beschrieben, weshalb an dieser Stelle darauf verzichtet werden kann.

Phengit-Barometrie

Die Methode der Phengit-Barometrie wurde bereits in vorangegangenen Kapiteln vorgestellt. In Tab. 4-8 sind die minimalen und maximalen Si-Gehalte p.F.E. der Phengite der jeweiligen Proben angegeben. Die Druckangaben wurden graphisch mit Hilfe des Si-Isoplethendiagramms nach Massonne & Szpurka (1997) ermittelt. Bei den, angegebenen Druckbereich handelt es sich um s.g. minimale Bildungsdrücke, die aufgrund des in der Paragenese fehlenden Alkalifeldspats und Phlogopits resultieren. Die ermittelten Mindestdrücke ergeben sich bei einer angenommenen Temperatur von 400 °C.

Probe	Si p.F.E. Min.	Si p.F.E. Max	P in kbar
111	3.13	3.24	ca. 1 - 3
137	3.22	3.3	ca. 3.5 - 5
150	3.19	3.22	ca. 3.5
178	3.26	3.34	ca. 3 - 5
195	3.24	3.31	ca. 3 - 5
208	3.24	3.32	ca. 3 - 5

Tab. 4-8: Minimale und maximale Si-Gehalte p.F.E. der Phengite der jeweiligen Proben. Druck graphisch am Si-Isoplethendiagramm nach Massonne & Szpurka (1997) bei einer T von 400 °C ermittelt.

Auch bei der graphischen Ermittlung des minimalen Bildungsdruckes lassen sich zwei Gruppen erkennen. Die Phengite der Proben 111 und 150 entstanden bei einem minimalen Bildungsdruck von 1 bis 3,5 kbar und die der Probe 137 bei 3,5 – 5 kbar. Der minimale Druck der zweiten Gruppe liegt zwischen 3– 5 kbar.

Chlorit-Phengit-Multigleichgewicht

Im vorangegangenen Abschnitt wurde die Multigleichgewichtsberechnung mit Chlorit-Phengit-Quarz-Wasser bereits ausführlich dargestellt. Um Wiederholungen zu vermeiden, werden im Folgenden die Resultate des Berechnungsverfahrens getrennt für die jeweiligen Proben angegeben, wobei auf eine ausführliche Darstellung verzichtet wird. Die Ergebnisse der unterschiedlichen Berechnungsverfahren mit dem Programm INTERSX und die Standardabweichung werden im Anhang aufgeführt.

Auch hier werden nur solche Mineralpaare genannt, die einen gut definierten P-T-Punkt ergeben, d.h. deren Standardabweichung bei der Berücksichtigung aller Gleichgewichtskurven beim Druck kleiner 0,5 kbar ist und bei der Temperatur kleiner als 30 °C ist.

Tab. 4-9: Ergebnisse der Chlorit-Phengit-Quarz-Wasser Multigleichgewichtsberechnungen der granatfreien Metapelite. Die Berechnung der Schnittpunkte erfolgt mit dem Programm INTERSX, wobei Gleichgewichtskurven mit einem sigma > 1,5 nicht berücksichtigt wurden. Es sind die Analysennummern der Minerale genannt, vor dem Schrägstrich steht die Nummer des Chlorits und danach die des Phengits.

Probe	Analysen	P in kbar	T in °C	Probe	Analysen	P in kbar	T in °C
111	2/3	7.80	370	178	51/49	9.70	453
	2/4	7.50	354				
	16/14	7.90	360	195	90/89	9.70	407
	48/51	8.00	363				
	65/64	7.60	371	208	118/109	12.20	447
	66/67	7.50	383				
150	18/19	6.80	369				
	20/21	7.50	374				
	22/23	7.40	378				

Bei der Probe 111 konnten von insgesamt 33 Mineralpaaren für sechs Chlorit-Phengit-Paare ein gut definierter P-T-Punkt ermittelt werden. Die übrigen scheinen nicht im Gleichgewicht vorzuliegen bzw. die Standardabweichung übersteigt die genannten Grenzen. Wie der Tab. 4-9 zu entnehmen ist, schwankt der berechnete Druck zwischen 7,5 kbar und 8,0 kbar und die Temperatur zwischen 353 und 383 °C.

Von neun Mineralpaaren konnten bei der Probe 137 kein gut definierter P-T-Punkt ermittelt werden.

Bei der Probe 150 konnten von 3 Mineralpaaren gut definierte Schnittpunkte der Multigleichgewichtsberechnungen ermittelt werden. Die Werte für die P-T-Punkte liegen beim Druck zwischen 6,8 bis 7,4 kbar und bei der Temperatur zwischen 369 und 378 °C. Die einzelnen Werte wie auch die entsprechenden Mineralpaare und deren Analysennummern können der Tab. 4-9 entnommen werden.

Von der Probe 178 konnten drei gut definierte P-T-Punkte berechnet werden. 15 Mineralpaare liegen jedoch nicht im Gleichgewicht vor, so dass deren Resultate nicht berücksichtigt werden können.

Ein gut definierte P-T-Punkt konnte von 13 Mineralpaaren der Probe 195 berechnet werden. Es handelt sich dabei um die Chlorit-Phengit-Analysen 90/89, die sich bei einem Druck von 9,7 kbar und einer Temperatur von 406 °C im Gleichgewicht befanden.

Auch bei Probe 208 kann ein berechneter P-T-Punkt des Mineralgleichgewichts 118/109 verwendet werden. Die Ergebnisse der übrigen 15 Mineralpaare ergaben keine gut definierten Schnittpunkte.

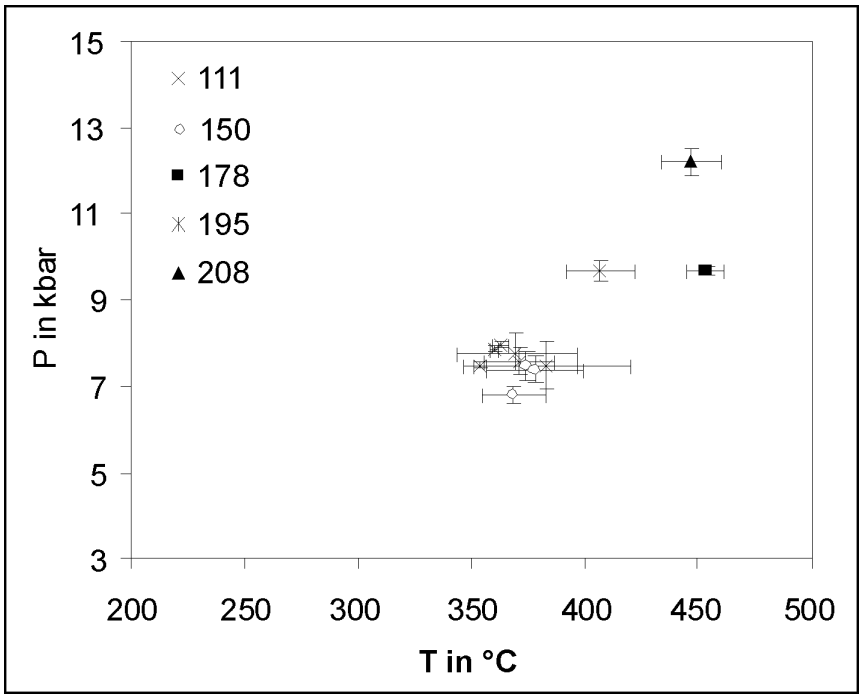


Abb. 4-12: P-T-Diagramm der errechneten P-T-Punkte der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichte der Proben 111, 150, 178, 195 und 208. Die eingetragenen Fehlerbalken geben die Standardabweichung der P-T-Punkte bei der Berücksichtigung aller Gleichgewichtsreaktionen wieder.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die P-T-Punkte der Proben 111 und 150 in einem engen P-T-Bereich von 6,8 – 8,0 kbar und 359 – 383 °C liegen. Die Resultate der Probe 178, 195 und 208 streuen stärker und liegen zwischen 9,7 – 12,2 kbar und 407– 453 °C. Bei der Betrachtung der Fehler wird deutlich, dass der Fehler bei der Temperatur höher ist als der beim Druck.
Berücksichtigt man bei dieser Betrachtung den Si-Gehalt p.F.E. der Phengite, der für die Berechnung des Bildungsdruckes maßgeblich ist, so ist eine Korrelation zwischen hohen Si-Gehalten und resultierenden hohen Drücken auffallend. Bei den Proben 111 und 150 weisen die Phengit Si-Gehalte zwischen 3,13 – 3,21 p.F.E. auf, die Si-Gehalte der Proben 178, 195 und 208 liegen bei 3,25 – 3,31 p.F.E.. Obwohl ein Bildungsdruck von 12 kbar relativ hoch für die untersuchten Gesteine erscheint, bleibt er bei der Betrachtung des Kontextes wie z.B. des Si-Gehalts der Phengite nachvollziehbar.

4.4 Geothermobarometrie Metabasite

Wie auch bei den Metapeliten ist bei den Metabasiten aufgrund der vorherrschenden Mineralparagenese die Berechnung der metamorphen Bildungsbedingungen stark eingeschränkt. Bei den Na-Amphibolen handelt es sich nach den Ergebnissen der Mineralchemie um Mg-Riebeckite. Im Gegensatz zu Glaukophan sind Riebeckite keine eindeutigen Hochruckminerale. Wird Riebeckit bei der Multigleichgewichtsberechnung berücksichtigt, so benötigt man ein weiteres Mineral, das dreiwertiges Fe einbaut wie z.B. Hämatit. Hämatit kann jedoch bei den bearbeiteten Proben nicht nachgewiesen werden. Somit ist die Berücksichtigung von Riebeckit nicht möglich.
Eine Möglichkeit, die Bildungsbedingungen trotzdem zu berechnen, stellt das Multigleichgewicht Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit-Quarz-Wasser dar.
Die Berechnungen erfolgten an der Probe 401, die aus dem Bereich des Lago Huillinco stammt. Der Lago Huillinco liegt ca. 35 km südlich vom WE-Geländeprofil, in dem die Metapelite bearbeitet wurden.

4.4.1 Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit-Multigleichgewicht

Dem Multigleichgewicht Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit-Quarz-Wasser liegt die Blauschiefer/Grünschiefer Reaktion

$$25\ Gln + 6\ Czo + 7\ Qz + 14\ H_2O = 50\ Ab + 9\ Chl + 6\ Tr$$ zugrunde.

Bei der Berechnung dieses Multigleichgewichts wird auf die Glaukophan- und Tremolit-Komponente der Amphibole zurückgegriffen. Wie oben aufgeführt handelt es sich bei den Amphibolen nicht um Glaukophan sondern um Mg-Riebeckite. Bei der Berechnung der Aktivität beider Phasen ist somit eine relativ starke Abweichung vom ursprünglichen Mineralendglied zu berücksichtigen, was starke Unsicherheiten bei der nachfolgenden P-T-Berechnung verursachen. Auch die Berechnung der Epidot-Aktivität kann nur als grobe Annäherung an das natürliche Verhalten gelten. Es ist z.B. bekannt, dass das Mischverhalten des Epidots nicht ideal ist. Die aus diesen Berechnungen hervorgehenden P-T-Punkte sind somit mit einer Ungenauigkeit behaftet, die jedoch nicht näher definiert werden kann.
Im Folgenden wird anhand eines Beispiels die Multigleichgewichtsberechnung dargestellt. Die Berechnung der Aktivitäten von Glaukophan und Tremolit geht auf Evans (1990) zurück. Für Chlorit wird das Mischungsmodell von Vidal & Parra (2000) verwendet. Für die genannten Minerale müssen Mischungsmodelle verschiedener Autoren herangezogen werden, dies kann zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen.
Das in Abb. 4-13 dargestellte Multigleichgewicht der Probe 401 geht auf die Mineralanalysen Amph 007-72, Chl 33, Czo 87 zurück. Es ist ein gut definierter Schnittpunkt der Gleichgewichtskurven zu erkennen, der nach der Berechnung mit INTERSX bei Berücksichtigung aller Gleichgewichtskurven bei 5,4 ± 0,1 kbar und 479 ± 3 °C liegt.

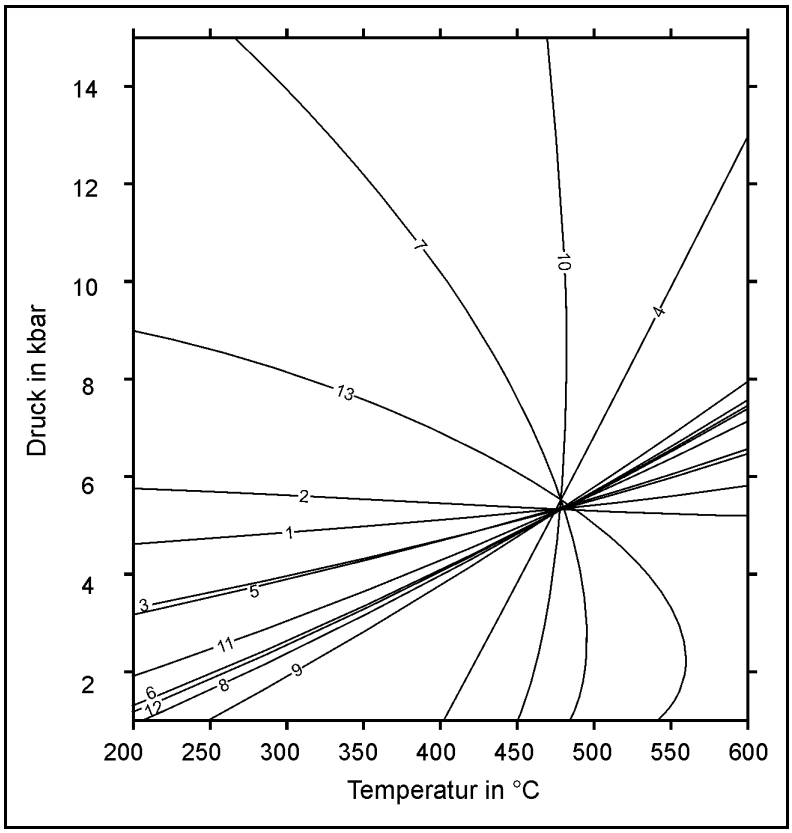


Abb. 4-13: P-T-Diagramm der Multigleichgewichtsberechnung Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit-Quarz-Wasser. Es ist ein gut definierte P-T-Punkte zu erkennen. Die Nummerierung der Gleichgewichtskurven ist mit den oben genannten Reaktionen identisch.

Die einzelnen Mineralendgliedreaktionen sind:

1) 4 Dph + 6 Chl + 20 Ab = 10 Gln + 5 Fe-Am + 10 W
2) 2 Chl + 4 Ab = 2 Gln + Am + 2 W
3) 9 Chl + 50 Ab + 6 Tr = 6 Czo + 7 aQz + 25 Gln + 14 W
4) 5 Fe-Am + 4 Chl = 5 Am + 4 Dph

5) 5 Fe-Am + 4 Gln + 4 W = 8 Ab + 3 Am + 4 Dph
6) 28 Dph + 55 Gln + 35 aQz + 30 Czo = 30 Tr + 110 Ab + 3 Chl + 35 Fe-Am
7) 25 Fe-Am + 12 Tr + 22 W = 12 Czo + 14 aQz + 12 Chl + 20 Dph
8) 12 Dph + 20 Gln + 14 aQz + 12 Czo = 12 Tr + 40 Ab + 15 Fe-Am + 2 W
9) 5 Chl + 11 Gln + 7 aQz + 6 Czo = 6 Tr + 22 Ab + 7 Am
10) 32 Chl + 14 aQz + 12 Czo = 12 Tr + 25 Am + 22 W
11) 32 Gln + 14 aQz + 12 Czo + 10 W = 12 Tr + 64 Ab + 9 Am
12) 20 Dph + 44 Gln + 28 aQz + 24 Czo = 24 Tr + 88 Ab + 3 Am + 25 Fe-Am
13) 32 Dph + 15 Am + 14 aQz + 12 Czo = 12 Tr + 40 Fe-Am + 22 W

Die Mineralgleichgewichte der Probe 401mit einem gut definiertem P-T-Punkt sind in Tab. 4-10 aufgeführt.

Min.Gleichgewicht	P in kbar	T in °C
007-37/90	3.5	479
007-37/17	3.5	471
007-72/33	5.4	479
11343-8/30	5.8	476
11343-20/33	4.8	478

Tab. 4-10: Ergebnisse der Multigleichgewichtsberechnung der Probe 401. Die Benennung der einzelnen Mineralanalysen ist wie folgt: Vor dem Schrägstrich ist der Amphibol angegeben, wobei vor dem Bindestrich der Analysenfile angegeben ist und nach dem Bindestrich die Analysennummer. Nach dem Schrägstrich ist die Analysennummer des Chlorits genannt. Bei den Berechnungen wurde die Aktivität des Klinozoisits 87 herangezogen, die Aktivität des Albits, des Quarzes und des Wassers wurde gleich eins gesetzt.

Die Temperatur ist bei den berechneten Mineralgleichgewichten relativ konstant bei ca. 475 °C. Beim Druck ergeben die beiden ersten Gleichgewichte ca. 3,5 kbar und bei den übrigen Gleichgewichten zwischen 4,8 und 5,8 kbar.
Die ermittelten Temperaturen von ca. 480 °C erscheinen als relativ hoch, da sie jedoch innerhalb der Grünschieferfazies liegen sind sie zunächst plausibel. Die Veränderungen, die mit der Amphibolitfazies eintreten, können nicht nachgewiesen werden. Die Grenze zwischen der Grünschiefer- und der Amphibolitfazies liegt bei ca. 550 °C (Spear 1995). Den Übergang beider Fazien werden von Bucher & Frey (1994) mit folgenden Reaktionen beschrieben:

4 Chl + 18 Zo + 21 Qz = 5 Ts-amphibole + 26 An + 20 H_2O
7 Chl + 13 Tr + 12 Zo +14 Qz = 25 Ts-amphibole + 22 H_2O
Ab + Tr = Ed + Qz
12 Zo + 15 Chl + 18 Qz = 8 Grs + 25 Prp+ 66 H_2O

Nachdem in den Proben keine anorthithaltigen Plagioklase sowie keine tschermakitischen Amphibole nachgewiesen werden konnten, muss die Temperatur unter 550 °C gelegen haben.
Generell fallen die Ergebnisse der P-T-Berechnungen in den Bereich einer Niedertemperatur-Mitteldruck- (LT-MP) Metamorphose. Solche Metamorphosen werden allgemein im Zusammenhang mit einer Kollisionstektonik bzw. einem Kontinentalen Gebirgsgürtel gesehen.
Ferner ist es schwierig die LT-MP Metamorphose der Metabasite, die Teil eines Akkretionskeils sind, zu erklären. Spear (1995) schlägt für Granulite mit einem ähnlichen isothermalen P-T-Pfad eine mögliche tektonische Denudation vor. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wäre ein Aufstieg der Einheit, während dem sich der Abstand zu einer Wärmequelle (evtl. ein Magmenherd) nicht verändert. Die ermittelten P-T-Punkte können ferner als die erhalten gebliebene magmatische Abkühlungsgeschichte der Gesteine interpretiert werden. Somit hätte während der Einbeziehung der Metabasite in den Akkretionskeilkomplex keine Equilibrierung der Minerale auf diese neuen P-T-Bedingungen stattgefunden, so dass die Informationen der magmatischen Abkühlung in den Mineralen erhalten blieb. Die fehlende Neuequilibrierung könnte mit einer geringen Fluidzirkulation erklärt werden.
Aufgrund der bisher bekannten Daten über die Geologie Chiloés können die erst genannten Erklärungsansätze mit Argumenten der Regionalgeologie nicht untermauert werden, sie stehen vielmehr im deutlichen Widerspruch zu einem Akkretionskeil. Wie bereits oben und im Kapitel

4.2.5 (Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozioisit-Multigleichgewicht) ausgeführt, müssen bei dieser Multigleichgewichtsberechnung mehrere gravierende Fehlerquellen hingenommen werden und die Ergebnisse stehen im Widerspruch zu regionalgeologischen Gegebenheiten. Der plausibelste Erklärungsansatz ist die Interpretation der Ergebnisse als erhaltene magmatische Abkühlungsgeschichte der Metabasite.

4.5 Vergleich der P-T-Daten mit regionalen P-T-Daten aus der Literatur

In der Literatur sind für die bearbeitete Region Chiloé keine P-T-Daten bekannt, die für die Entwicklung eines P-T-Pfads erforderlich wären. Innerhalb eines größeren regionalen Rahmens sind zwei Arbeiten von Willner et al. 2000 und Willner et al. 2001 veröffentlicht, die sich mit der metamorphen Entwicklung der Westlichen Serie der Küstenkordillere Südchiles beschäftigen. In der Arbeit Willner et al. 2000 werden hauptsächlich Metabasite und einige Metapsammopelite aus dem Bereich Chonos Archipiélago vorgestellt. Bei der jüngeren Arbeit handelt es sich im wesentlichen um P-T-Berechnungen von Metabasiten und einigen Spessartin Quarziten aus dem Bereich Bahía Mansa. Zur Orientierung wurden beide Arbeitsgebiete in einer geographischen Übersichtskarte Abb. 4-14 eingetragen.

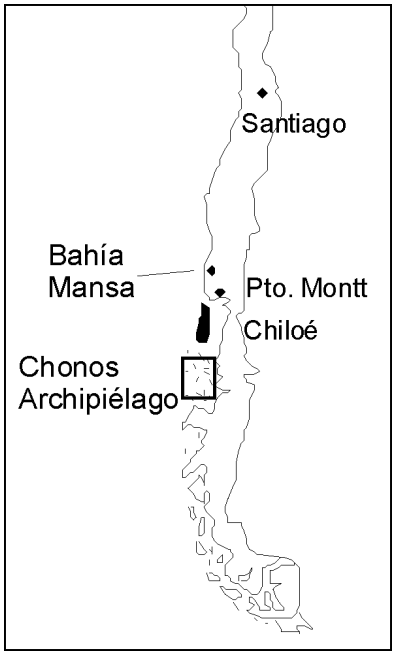


Abb. 4-14: Geographische Übersichtskarte Chiles mit der Arbeitsregion Bahía Mansa nach Willner et al. 2001, Chonos Archipiélago nach Willner et al. 2000 und Insel Chiloé.

Willner et al. 2000 benutzt zur Berechnung der P-T-Punkte für zwei granatführende Metabasitproben der Region Chonos Archipiélago das Granat-Phengit Thermometer, und zwei Multigleichgewichtsreaktionen die Granat berücksichtigen. Zwei weitere Multigleichgewichtsreakitonen beschränken sich auf die Mineralendglieder Glaukophan, Quarz, Klinozoisit, Wasser, Albit, Klinochlor, Tremolit, Mg-Al-Seladonit und Muskovit. Nähere Einzelheiten können bei Willner et al. 2000 nachgeschlagen werden. Die von Willner et al. 2000 ermittelten P-T-Punkte (gefüllte Dreiecke) wurden in das P-T-Diagramm Abb. 4-15 eingetragen. Für die in der genannten Arbeit untersuchten Metapsammopelite konnten keine P-T-Daten ermittelt werden, da mit der vorherrschenden Mineralparagenese Hellglimmer-Chlorit-Quarz keine Multigleichgewichte gerechnet werden konnten.

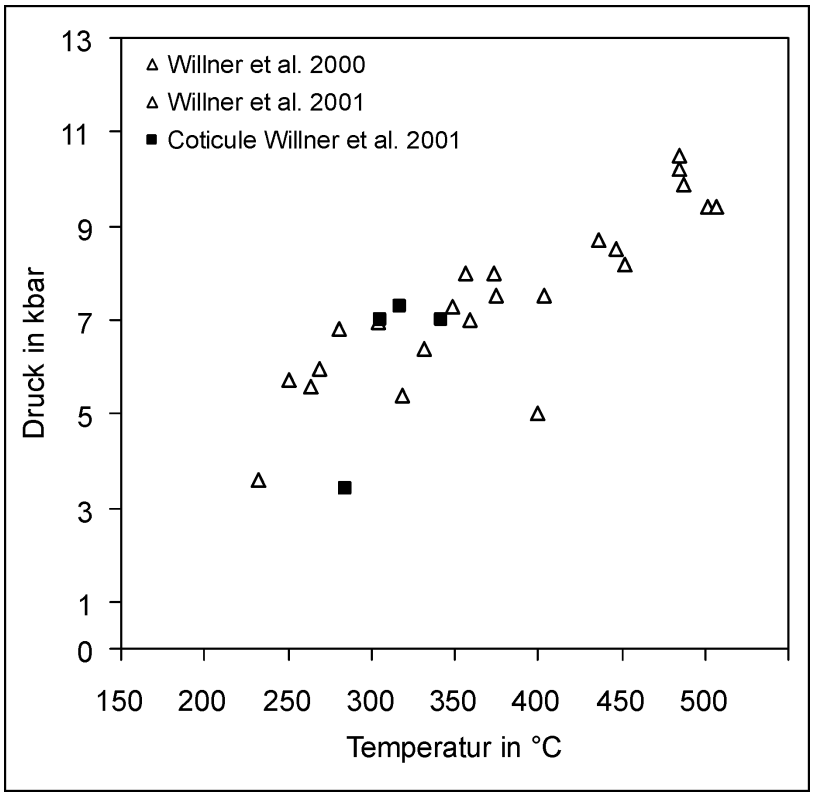


Abb. 4-15: P-T-Punkte aus dem Bereich Chonas Archipiélago von Metabasiten der Westlichen Serie nach Willner et al. 2000 und aus dem Bereich Bahía Mansa von Metabasiten und einigen Spessartin Quarziten (=Coticule) nach Willner et al. 2001.

In der Arbeit aus dem Bereich Bahía Mansa nach Willner et al. 2001 werden Metabasite und Spessartin Quarzite, auch Coticules genannt, geothermobarometrisch bearbeitet. Es werden sechs Multigleichgewichte mit den Mineralendgliedern Klinozoisit, Glaukophan, Quarz, Wasser, Tremolit, Klinochlor, Albit, Mg-Al-Seladonit, Muskovit, Daphnit, Fe-Al-Seladonit, Grossular und Pyrop gerechnet. Die errechneten P-T-Punkte wurden in das P-T-Diagramm Abb. 4-15 eingetragen, nähere Einzelheiten zur thermobarometrischen Berechnung können der Arbeit Willner et al. 2001 entnommen werden.
Zum Vergleich der Daten aus der Literatur mit den in der vorliegenden Arbeit ermittelten P-T-Daten, wurden beide Ergebnisse in ein P-T-Diagramm eingetragen (vgl. Abb. 4-16). Rot wurden die ermittelten P-T-Punkte der vorliegenden Arbeit markiert. In diesem Zusammenhang muss jedoch nochmals auf die bereits oben erwähnten unterschiedlichen Ausgangsgesteine hingewiesen werden.
Obwohl die betrachteten Regionen Chonos Archipiélago und Bahía Mansa ca. 350 km voneinander entfernt liegen, ist eine erstaunlich konforme metamorphe Entwicklung beider Arbeitsgebiete auffällig (vgl. Abb. 4-15). Im Bereich des Chonos Archipiélago wurden Temperaturen von 332 – 507 °C und Drücke von 5 – 10 kbar ermittelt (Willner et al. 2000). Die Temperaturen und Drücke für das Gebiet Bahía Mansa sind niedriger, sie liegen zwischen 231 und 374 °C und beim Druck zwischen 3,5 und 8 kbar (Willner et al. 2001). Willner et al. (2001) bestimmt einen metamorphen Gradient für die Peak-Metamorphose von ca. 12 °C/km.

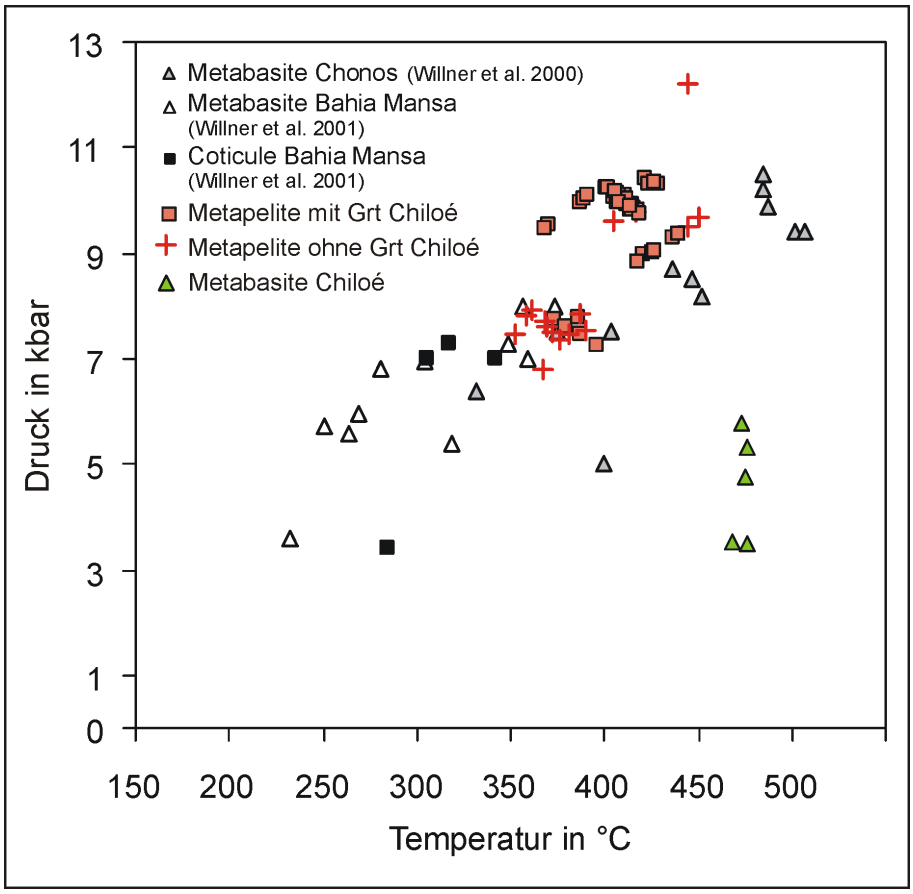


Abb. 4-16: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Westlichen Serie der Küstenkordillere von Chiloé, von Archipiélago Chonos (Willner et al. 2000) und von Bahía Mansa (Willner et al. 2001).

Vergleicht man die genannten Ergebnisse mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit (vgl. Abb. 4-16), so ist trotz der unterschiedlichen Gesteinstypen und der somit implizierten unterschiedlichen Methodik, eine Übereinstimmung vorhanden. Lediglich die Ergebnisse der Multigleichgewichtsberechnungen der Metabasite fallen völlig aus dem Rahmen. Wie bereits diskutiert, scheinen die in Kapitel 4.3.1. skizzierten Unsicherheiten und Fehlerquellen einen gravierenden Einfluss auf die Ergebnisse zu haben oder die Werte geben die magmatische Abkühlungsgeschichte der Metabasite wieder. Eine Neuequlibrierung beim Einbauch bzw. der teilweissen Subduktion innerhalb des Akkretionskeilkomplexes hätte somit nicht stattgefunden.
Die P-T-Punkte der Metapelite können in zwei Gruppen zusammengefasst werden, die erste fällt in den Temperatur- bzw. Druckbereich von 369-452 °C und 8,9-10,9 kbar, die zweit von 353-398 °C und 6,8-8,0 kbar. Der P-T-Punkt bei 12,3 kbar wird hier nicht berücksichtigt, da er als Ausreisser betrachtet wird. Die Resultate der zweiten Gruppen decken sich komplett mit den P-T-Bereich der durch die Ergebnisse der Arbeiten Willner et al. 2001 und 2000 abgedeckt ist. Die erste Gruppe mit den höheren Drücken weist beim Vergleich mit Ergebnissen von Willner er al. (2000) mit gleichen Bildungstemperaturen einen höheren Druck von ca.1-2 kbar auf. Die höheren Drücke führen bei der Konstruktion eines Metamorphosepfads zu einem höheren metamorphen Gradient, der im folgenden Kapitel näher betrachtet wird.
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aufgrund des Datenvergleichs mit anderen Arbeiten aus dem Bereich der südlichen Küstenkordillere Chiles, eine starke Übereinstimmung der mit Multigleichgewichtsberechnung ermittelten P-T-Punkte vorhanden ist.

4.6 P-T-Entwicklung der Küstenkordillere Chiloés

Um eine offene Diskussion der Ergebnisse und Methoden zu gewährleisten wird das folgende Kapitel geteilt in eine möglich P-T-Entwicklung die ausschließlich auf Resultate der Methodik von Vidal & Parra (2000) beruhen und eine mögliche P-T-Entwicklung die alle übrigen Resultate berücksichtigt.

4.6.1 P-T-Entwicklung mit Daten der Phengit-Barometrie und des Granat-Phengit-Thermometers

Wie bereits im Kapitel 4.2.1 ausgeführt können mit der Phengit-Barometrie bei den bearbeiteten Gesteinen nur Minimaldrücke ermittelt werden. Für die granatführenden Gesteine können die Ergebnisse in Kapitel 4.3.1 und für die übrigen Metapelite im Kapitel 4.3.2 nachgeschlagen werden.
Das Granat-Phengit-Thermometer kann für die granatführenden Proben angewendet werden. Auch hier sind die einzelnen Resultate im Kapitel 4.3.1 aufgeführt.
Für granatfreie Proben kann dieses Thermometer nicht verwendet werden. Da mit den genannten Methoden eine Themperaturbestimmung für die granatfreien Proben nicht möglich ist, können durch Verknüpfung der Phengit-Barometrie mit der Granat-Phengit-Thermometrie auch keine P-T-Punkte für die Proben ermittelt werden. Es können lediglich Minimaldrücke bei einer angenommenen Temperatur angegeben werden. In der Konsequenz bedeutet dies, dass nur die Ergebnisse dreier Proben für eine mögliche P-T-Entwicklung herangezogen werden können.
Für die granatführenden Proben wurden die mit dem Thermometer ermittelten Temperaturbereiche und die Minimaldrücke aufgrund von minimalen bzw. maximalen Si-Gehalten p.F.E. von Phengiten miteinander kombiniert und in ein P-T-Diagramm eingetragen (vgl. Abb. 4-17). In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass die Granat-Phengit-Thermometrie für die Probe 159 keine realistischen Ergebnisse lieferten. Um die Probe hier mit berücksichtigen zu können wurde der ermittelte Temperaturbereich der Probe 158 auch auf die Probe 159 übertragen. Diese Vorgehensweise kann normalerweise nicht angewendet werden, um aber überhaupt P-T-Bereiche näher eingrenzen zu können, wurde es trotz gravierender Vorbehalte gewählt.

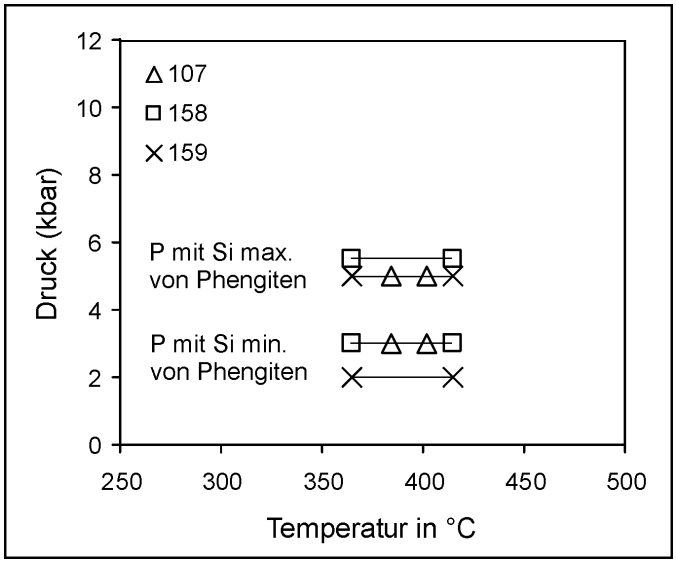


Abb. 4-17: Im P-T-Diagramm sind die Ergebnisse der Granat-Phengit-Thermometrie und der Phengit-Barometrie für die granatführenden Metapelite zusammengefasst. Der Druck kann nur als Minimaldruck für definierte Si-Gehalte p.F.E. von Phengiten ermittelt werden. Bei den jeweiligen Proben wurde der Druck bei einer Temperatur von 400 °C für minimalen bzw. maximalen Si-Gehalte p.F.E. der Phengite angegeben.

Bei der Betrachtung der gewonnenen P-T-Punkte (vgl. Abb. 4-17) wird klar, dass eine Entwicklung eines Metamorphosepfades nicht möglich ist. Vielmehr können nur minimale Bildungsdrücke von drei granatführenden Proben eingegrenzt werden. Für die Phengite mit den niedrigsten Si-Gehalten p.F.E. ergeben sich Drücke von 2 bis 3 kbar und für solche mit den höchsten Si-Gehalten p.F.E. Drücke von 5 bis 6 kbar.

4.6.2 P-T-Entwicklung mit Daten des Chlorit-Phenigt- und Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewichts

Die in den vorangegangenen Kapitel dargestellten Ergebnisse der Gleichgewichts- bzw. Multigleichgewichtsberechnungen werden im folgenden in P-T-Diagrammen dargestellt und ein Metamorphosepfad für die bearbeiteten Gesteine rekonstruiert.
In Abb. 4-18 sind die Ergebnisse der Gleichgewichtsberechnungen unterer Berücksichtigung von Granat dargestellt. Die berechneten Unsicherheiten bei der P-T-Punktbestimmung wurden mit berücksichtigt.
Die Punkte der Probe 107 (gefüllte Rauten und Kreuze) ergeben eine kompakte Punktwolke. Bei den als Kreuze dargestellten Punkte handelt es sich um die Ergebnisse des Gleichgewichtes Phengit-Granat bei 10 kbar. Das Phengit-Granat-Gleichgewicht ist ein Thermometer, weshalb die Kreuze nur einen Temperaturbereich abstecken, jedoch nicht als P-T-Punkte gelten können. Der angenommene Druck von 10 kbar geht auf die Ergebnisse der Multigleichgewichtsberechnung der Probe 107 mit Chlorit-Phengit-Granat zurück. Die übrigen P-T-Punkte der Probe 107 (gefüllte Rauten) wurden mit dem Multigleichgewicht Chlorit-Phengit-Granat berechnet. Für das Phengit-Granat-Thermometer wurde jedoch ein anderes Mischungsmodell für den Phengit verwendet als bei der Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewichtsberechnung. Es ist somit nicht verwunderlich, dass die Ergebnisse beider Berechnungsverfahren keine identischen Ergebnisse liefer können. Trotzdem ist eine relativ gute Übereinstimmung der Ergebnisse zu beobachten, bei 10 kbar streuen die Temperatur zwischen 384 – 420 °C, d.h. in einem Bereich von 36 °C. Die für die Probe 107 ermittelten P-T-Punkte weisen auf relativ einheitliche Bildungsbedingungen der Minerale hin. Für die Berechnung der P-T-Punkte wurden jeweils die Randzusammensetzung der Grossulare herangezogen. Aufgrund der fehlenden Wachstumszonierung innerhalb der Grossulare (vgl. Kapitel Mineralchemie) kann nicht definitiv festgestellt werden, ob diese Mineralgleichgewichte die Bedingungen während des prograden Astes des Metamorphosepfads wiedergeben. Die mit den Granaten verrechneten Chlorit-Phengit-Paare sind alle parallel zur Hauptschieferung (D_2) gewachsen. Die Ergebnisse geben somit die metamorphen Bedingungen, die während der D_2 herrschten, wieder.

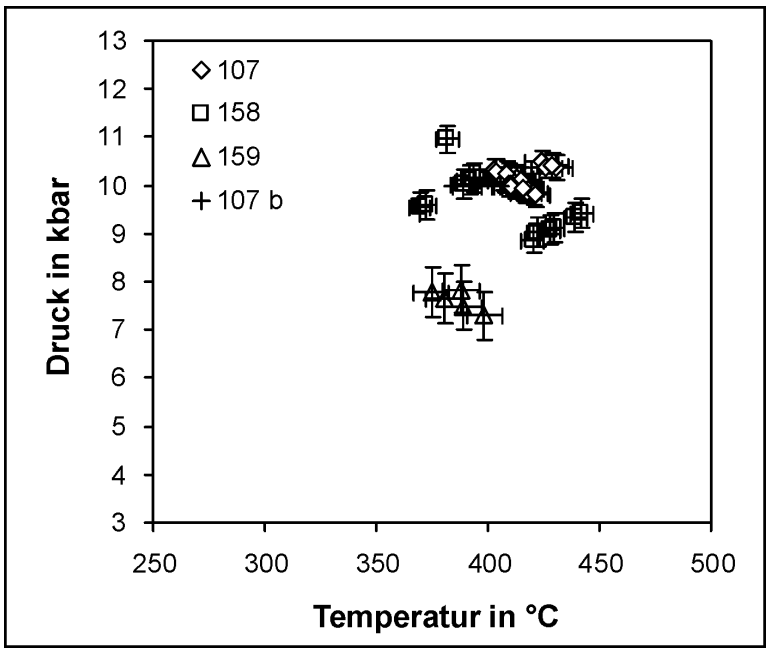


Abb. 4-18: P-T-Diagramm mit den Ergebnissen der Gleichgewichtsberechnungen mit Granat inkl. der berechneten Unsicherheiten. Die Kreuze geben die Ergebnisse des Phengit-Granat-Thermometers bei 10 kbar der Probe 107 wieder. Die übrigen P-T-Punkte wurden mit dem Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht berechnet.

Die errechneten P-T-Punkte der Probe 158 sind als offene Quadrate in Abb. 4-18 eingetragen. Sie wurden mit dem Multigleichgewicht Chlorit-Phengit-Granat berechnet. Die P-T-Punkte ergeben zwei voneinander getrennte Punktwolken mit einem Temperaturunterschied von ca. 50 °C. Auch hier wurden die Randzusammensetzung der Spessartine herangezogen. Wie im

Kapitel Mineralchemie ausgeführt wurde, zeigen die Spessartine eine deutliche prograde Wachstumszonierung. Die Chlorit-Phengit-Paare, die mit der Randzusammensetzung der Spessartine verrechnet wurden, sind alle syn-D_2 gewachsen. Folglich müssten die berechneten P-T-Punkte den prograden Ast des Metamorphosepfads bzw. das P-T-Maximum repräsentieren.
Die Bildungsbedingungen der berechneten Multigleichgewichte Chlorit-Phengit-Granat der Probe 159 (offene Dreiecke) zeigen eine geringe Streuung beim Druck wie auch bei der Temperatur. Der Druck der berechneten P-T-Punkte liegt zwischen 7,3 – 7,8 kbar. Die Temperatur schwankt zwischen 375 – 398 °C.

In Abb. 4-19 sind die Ergebnisse der Multigleichgewichtsberechnungen Chlorit-Phengit-Quarz-Wasser zusammengefasst. Neben den errechneten P-T-Punkten wurden auch die Standardabweichungen eingetragen. Für die unterschiedlichen Proben wurden verschiedene Symbole gewählt. Die P-T-Punkte der Probe 111 (Kreuze) fallen in einen eng begrenzten Bereich. Beim Druck ist für die unterschiedlichen Gleichgewichte kaum ein Unterschied vorhanden, während bei der Temperatur ein geringer Schwankungsbereich von 353 bis 338 °C festzustellen ist.

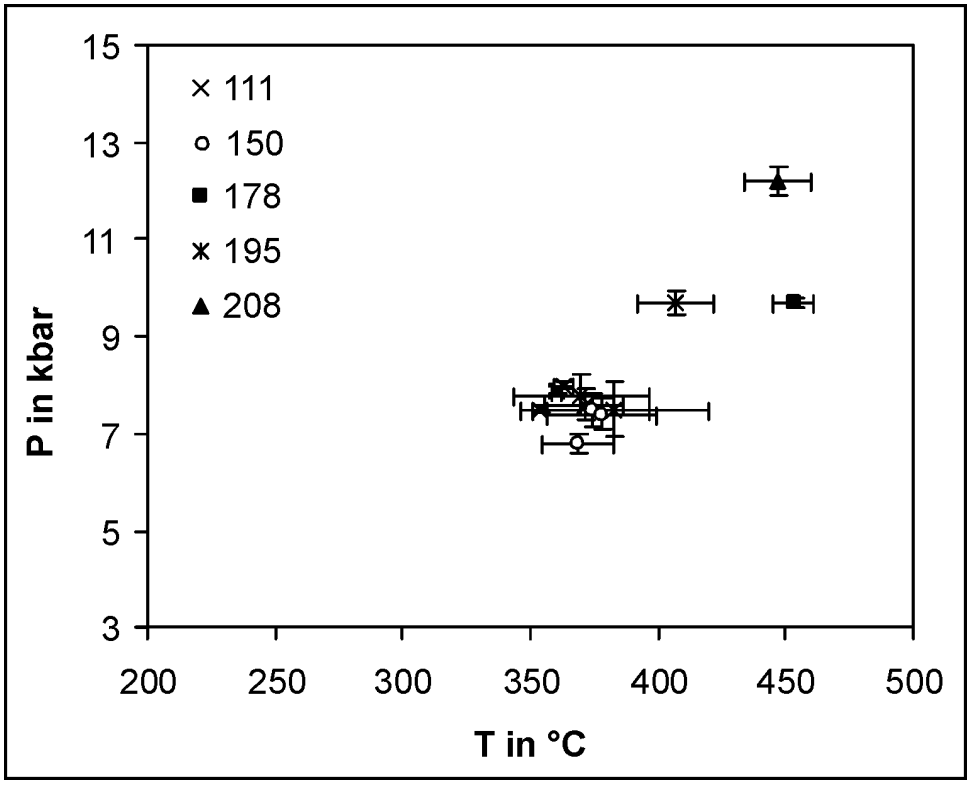


Abb. 4-19: P-T-Diagramm mit den Ergebnissen der Chlorit-Phengit Multigleichgewichtsberechnung der Metapelite.

Die Resultat der Mineralgleichgewichte der Probe 150 (gefüllte Kreise) überschneiden sich teilweise mit den P-T-Punkten der Probe 111 und weisen geringe Unterschiede im Druck von 6,8 – 7,5 kbar und in der Temperatur von 369 – 378 °C auf. Das Gleichgewicht mit dem geringsten Druck stammt von der Probe 150 mit einem Druck von 6,8 kbar.
Die Ergebnisse der Probe 158 (offene Quadrate) fallen in einen eng begrenzten Bereich. Der Druck liegt zwischen 9,6 und 9,9 kbar die Temperatur zwischen 418 – 447 °C.
Auch die P-T-Punkte der Probe 159 (offene Dreiecke) decken einen eng begrenzten Bereich von 7,6 – 7,9 kbar und 389 – 392 °C ab.
Das Multigleichgewicht der Probe 195 (doppeltes Kreuz) ergibt einen P-T-Punkt mit einem Druck von 9,7 kbar und 407 °C.
Das Ergebnis der Proben 178 (gefülltes Quadrat) liegt bei 453 °C und 9,7 kbar.
Für die Probe 208 (gefülltes Dreieck) wurde der höchste Druck mit 12,3 kbar bei einer Temperatur von 447 °C ermittelt. Im Vergleich zu den übrigen P-T-Punkten scheint das Resultat der

Probe 208 mit relativ hohen Drücken ein sogenannter Ausreisser zu sein, näheres dazu wird später noch ausgeführt.
Insgesamt konnten bei den bearbeiteten Proben mit dem Chlorit-Phengit-Multigleichgewicht Drücke von 9,6 – 12,3 kbar und Temperaturen von 406 – 447 °C ermittelt werden. Zusammenfassend betrachtet ergeben die Resultate der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnung die Veränderungen der Bildungsbedingungen in einem relativ weiten P-T-Bereich wieder. Aufgrund der Auswahl der bearbeiteten Proben und deren textureller Verhältnisse ist es somit möglich, einen Teilbereich des Metamorphosepfads zu rekonstruieren.

In Abb. 4-20 sind die Ergebnisse aller Gleichgewichtsberechnungen eingetragen. Die als offene Quadrate dargestellten P-T-Punkte wurden durch Gleichgewichtsberechnungen mit Granat ermittelt. Die P-T-Punkte der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnung sind als Kreuze dargestellt.
Die Resultate der Phengit-Barometrie werden nicht berücksichtigt, da sie wegen der bereits ausgeführten Bedingungen nur graphisch ermittelt werden können und ferner nur minimale Bildungsdrücke angeben. Es kann jedoch festgestellt werden, dass die Ergebnisse der Phengit-Barometrie den anderen Methoden nicht widersprechen.

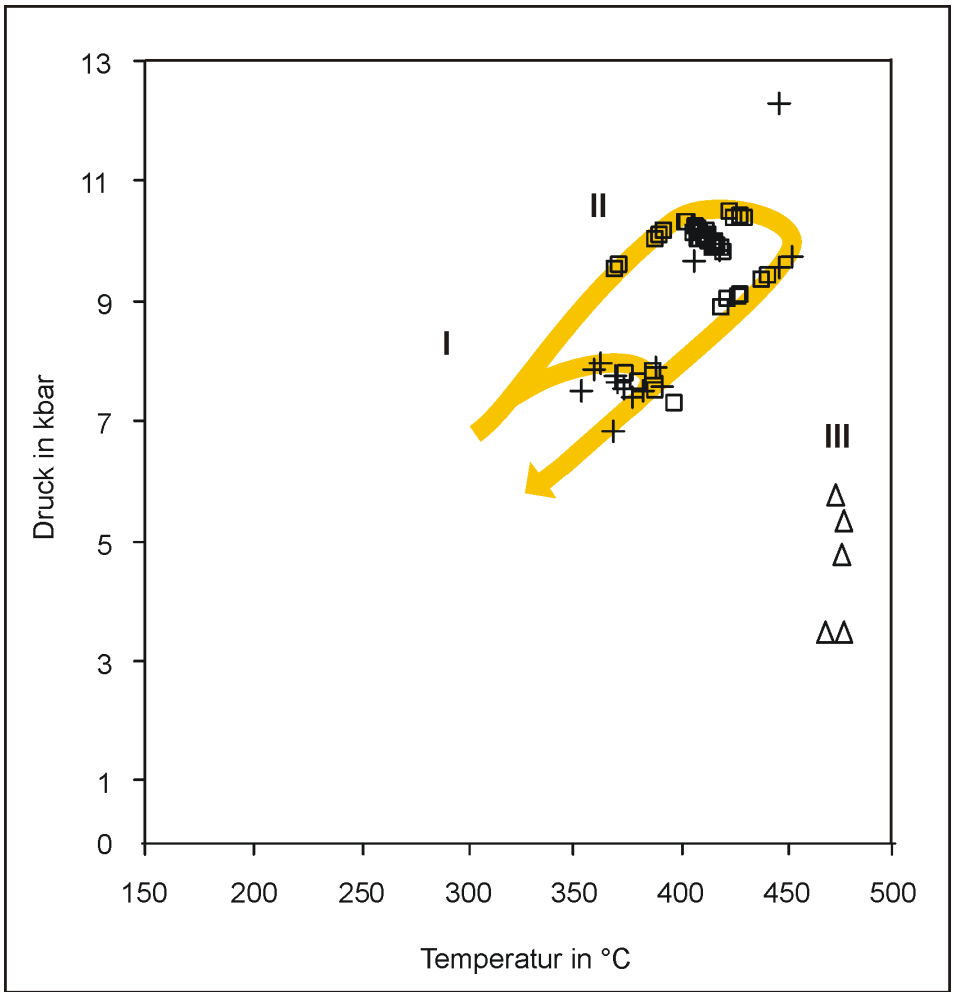


Abb. 4-20: P-T-Diagramm mit den ermittelten P-T-Punkten und den resultierenden Metamorphosepfaden I, II der Metasedimente im Bereich der Cordillera Piuchen. Mit III sind die P-T-Punkte der Metabasite aus dem Bereich Lago Huillinco bezeichnet. Offene Quadrate stellen P-T-Punkte dar, bei denen Granat bei der Gleichgewichtsberechnung berücksichtigt wurde, Kreuze sind P-T-Punkte von Chlorit-Phengit Multigleichgewichten.

Für die Entwicklung der in Abb. 4-20 eingetragenen Metamorphosepfade der Metasedimente wurden die ermittelten P-T-Punkte bis zu einem maximalen Druck von 11 kbar herangezogen. Die beiden Metamorphosepfade I und II können aufgrund der P-T-Punkte der granatführenden Proben 158 und 159 bestimmt werden. Die maximale Versenkung der hier bearbeiteten Meta-

sedimente betrug 33 km, wenn von einem vertikalen Druckgradient von 3 km/kbar ausgegangen wird. Der Höhepunkt der Metamorphose der Metasedimente lag bei ca. 11 kbar und 450 °C. Das weist auf einen geothermischen Gradienten von ca. 13,6 °C/km hin, was typisch für die geotektonische Position von Subduktionszonen ist. Ferner kann dieser geothermische Gradient als Indiz für eine langsame oder flache Subduktion herangezogen werden.
Die Ergebnisse der Multigleichgewichtsberechnungen der Metabasite können in die metamorphe Entwicklung der Metapelite nicht integriert werden, sie wurden in der Abbildung mit III gekennzeichnet.
Es wird klar, dass trotz der starken Einschränkungen aufgrund der vorherrschenden Mineralparagenese mit Hilfe der Chlorit-Phengit- und Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewichtsberechnung drei unterschiedliche Metamorphosepfade bestimmt werden konnten.
Die beiden Metamorphosepfade I und II gehen hauptsächlich auf die beobachtete prograde Wachstumszonierung der Spessartine der Proben 158 und 159 zurück. Bei der Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewichtsberechnung beider Proben wurden jeweils die Randzusammensetzungen von syn-D_2 (D_2 = Hauptschieferung = Deformation 2) gewachsenen Granaten herangezogen. Es wird somit davon ausgegangen, dass in der Randzusammensetzung der Granate Informationen des vermutlichen P-T-Maximums der Probe eingefroren sind. Die für die Berechnung verwendeten Chlorit-Phengit-Paare sind subparallel zur Hauptschieferung ausgerichtet und entstanden somit post-D_2. Die Probe 158 mit ermittelten Drücken von bis zu 10,9 kbar und Temperaturen bis zu 447 °C wurden entlang des skizzierten Metamorphosepfad II bis zu knapp 33 km tief versenkt. Durch berechnete P-T-Punkte der Probe 158 ist der Pfad von 9,5 kbar 370 °C und 9,4 kbar 442 °C definiert. Einen vergleichbaren Metamorphosepfad lassen die ermittelten P-T-Punkte der Probe 107 vermuten.
Die berechneten P-T-Punkte der Probe 159 mit ca. 7,5 kbar und 385 °C sind mit den Metamorphosepfad II nicht zu erklären. Auch hier wurde bei den Granaten eine prograde Wachstumszonierung festgestellt und die Randzusammensetzungen der Granate für die Berechnung herangezogen. Aufgrund textureller und mikrotektonischer Beobachtungen entstanden die Minerale syn-D_2. Die Probe 159 repräsentiert vermutlich eine Einheit, die nicht so tief versenkt wurde. Bei einem ermittelten Druck von ca. 7,6 kbar wird eine Versenkungstiefe von ca. 23 km angenommen.

Die Ergebnisse von zwei Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnungen mit einem Druck über 11 kbar wurden bei der Rekonstruktion der Metamorphosepfade der Metasedimente nicht berücksichtigt. Die Drücke dieser Mineralpaare von über 11 kbar erscheinen als zu hoch für die bearbeiteten Gesteine. Wegen der Paragenese ist es jedoch nicht möglich diese Ergebnisse mit Hilfe anderer Gleichgewichtsberechnungen zu bestätigen oder gar zu verwerfen. Gegen höhere Drücke als 11 kbar spricht das Fehlen von Talk in der Paragenese. Dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass Talk nur bei Mg-reichen Gesteinen auftritt und häufig nicht kristallisiert. Somit ist das Fehlen von Talk in der Paragenese kein eindeutiger Beweis dafür, dass die ermittelten Drücke zu hoch sind.

Auch die ermittelten Temperaturen werfen Fragen auf. Im KFASH-System tritt Biotit in Al-armen metapelitischen Gesteinen üblicherweise bei ca. 420°C nach Bucher & Frey 1994 und nach Massonne 1995 bei 350 °C auf. Bei den bearbeiteten Gesteinen konnte jedoch kein Biotit nachgewiesen werden. Die Glimmer mit bräunlichen Interferenzfarben stellten sich bei der Analyse immer als Chlorit bzw. Oxychlorit heraus. Wie den obigen Abbildungen entnommen werden kann, wurden für einige Mineralgleichgewichte Temperaturen oberhalb von 420 °C ermittelt. Eigentlich müsste hier Biotit in den Gesteinen auftreten, für dessen Fehlen kann die vorherrschende Mineralchemie und die Gesteinschemie verantwortlich gemacht werden. In Abb. 4-21 ist die Zusammensetzung der in den Metapeliten analysierten Phengite und Chlorite und die Gesamtgesteinschemie von drei repräsentativen Proben in einem A‘KF-Diagramm dargestellt,

wobei A‘=(Al_2O_3+Fe_2O_3)-(Na_2O+K_2O+CaO), K=K_2O, F=FeO+MgO+MnO ist. Nachdem bei den Phengit- und Chloritanalysen keine Fe_2O_3-Werte und bei der Gesamgesteinschemie keine Daten für FeO vorhanden sind wird das jeweilige Eisen als Fe^{2+} gesetzt, aufgrund der fehlenden Daten muss diese vereinfachende Annahme herangezogen werden. Der grau hinterlegte Bereich steht für die Zusammensetzung der analysierten Phengite, der Bereich für analysierte Chloritzusammensetzungen wird durch den dicken Strich gekennzeichnet und die Gesamtgesteinschemie der Metapelitproben 530, 531 und 535 sind eingetragen (Analysen vgl. Anhang). In diesem Diagramm wird die Mineralparagenese Phengit-Chlorit dargestellt, sie variiert innerhalb des markierten Bereichs, der durch die unterschiedliche Mineralzusammensetzung hervorgerufen wird. Aufgrund der eingetragenen Gesamtgesteinschemie wird bei dieser Darstellung klar, dass Biotit wegen des hohen Al-Gehalts der Gesteine bei den erreichten Temperaturen nicht existieren kann.

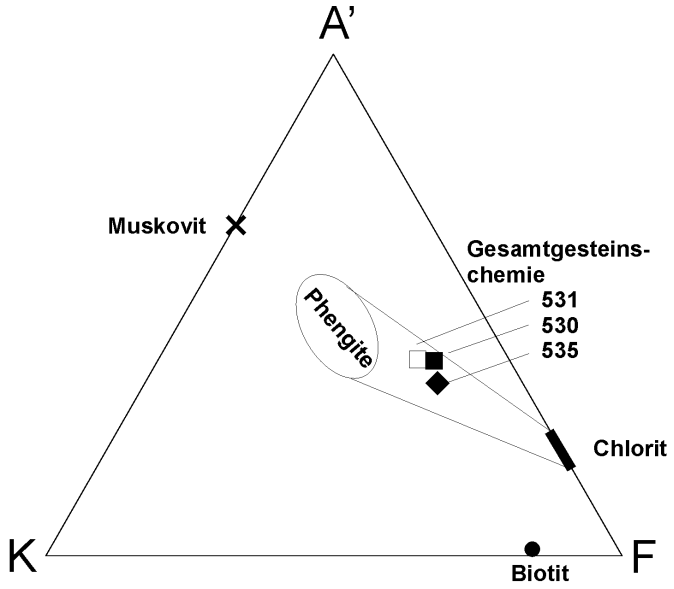


Abb. 4-21: Im A‘KF-Diagramm sind die analysierten Phengite und Chlorite der Metapelite der Cordillera Piuchén eingetragen. Biotit und Muskovit wurden zur besseren Orientierung im Dreieckdiagramm berücksichtigt. Von drei repräsentativen Metapelitproben wurde die Gesamtgesteinschemie eingetragen, die jeweiligen Analysen sind im Anhang aufgeführt.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Multigleichgewichtsberechnung ist eine Fehlerbetrachtung wichtig, um die Aussagekraft der ermittelten Resultate sicherstellen zu können oder sie gar in Frage zu stellen. Mögliche Fehlerquellen sind hierbei:

- analytische Ungenauigkeiten bei der Mineralanalyse (abhängig von Zählraten, Standardisierung und Korrekturverfahren der Mikrosonde)
- geologische Fehler
- Ungenauigkeiten bei den Aktivitätsmodellen der Minerale u.a. durch Abweichung der Mineralzusammensetzung vom Mineralendglied
- Ungenauigkeiten bei der thermobarometrischen Kalibrierung

Die analytische Ungenauigkeit bei Mikrosondenmessungen bei einer Oxidkonzentration zwischen 50 und 20 wt. % liegt zwischen 0,3 und 1 %, wobei die Nachweisgrenze für einfache Elemente zwischen Na und Fe bei ca. 0,02 wt. % (= 200 ppm) liegt. Generell handelt es sich hierbei um statistische und systematische Fehler.
Der geologische Fehler ist nur sehr schwer nähe einzugrenzen, hier können Heterogenitäten bei der Mineralzusammensetzung zum Tragen kommen oder systematische Fehler die durch den Bearbeiter verursacht werden.
Die Ungenauigkeiten bei den Aktivitätsmodellen der Minerale und bei der thermobarometrischen Kalibrierung können ihm Rahmen dieser Arbeit nicht genauer definiert werden, da es bei der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnung um ein relativ neues Verfahren das 2000 von Vidal & Parra vorgestellt wurde handelt. Da es sehr neu ist, wurde diese Methode bisher nur von den Autoren bzw. der Arbeitsgruppe angewendet. Eine Überprüfung der Ergebnisse der Chlorit-Phengit-Multigleichgewichtsberechnungen erfolgte durch Berechnung von Gesteinen mit

Chlorit-Phenigt-Paaren deren P-T-Bedingungen durch anerkannte Multigleichgewichtsberechnungen mit unterschiedlichen Phasen bekannt waren bzw. durch spezifische Mineralvergesellschaftung definiert waren (Parra et al. 2002a).
Mögliche Fehler bei der Methode liegen in Unsicherheiten bei den thermodynamischen Datensätzen von Mineralendgliedern und bei Mischungsmodellen und der Abweichungen von der analysierten Zusammensetzung von der Gleichgewichtszusammensetzung. Der in den thermodynamischen Datensätzen implizierte Fehler ist schwierig abzuschätzen. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass dieser Fehler einen systematischen Effekt auf die berechneten P-T-Schnittpunkte hat.
Um den Fehler bei Chlorit-Phengit-Multigleichgewichten abschätzen zu können müsste eine mathematisch komplexe Monte Carlo Simulation (Lieberman & Petrakakis 1991) durchgeführt werden. Es kann damit die Streuung, durch variierende Chlorit- und Hellglimmerzusammensetzung aufgrund von Ungenauigkeiten bei der Mineralanalyse durch die EMS errechnet werden. Vidal & Parra (2000) haben dies exemplarisch durchgeführt, im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird jedoch darauf verzichtet. Um mögliche Fehler gering zu halten wurden nur Gleichgewichte herangezogen deren Standardabweichung bei der Temperatur 30°C und beim Druck 0,50 kbar nicht überschreiten (persönliche Mitteilung Parra 2000).

Der Vollständigkeit halber wurde auch eine Metabasitprobe aus dem Bereich des Lago Huillinco bearbeitet. Die mit dem Multigleichgewicht Chorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit-Quarz-Wasser berechneten P-T-Punkte lassen keinen direkten Zusammenhang zur Metamorphose der Metasedimente erkennen. Vielmehr handelt es sich um eine andere metamorphe Signatur, die aufgrund der geringen Datenmenge nicht zu einem Metamorphosepfad zusammengeführt wurde.
Wie bei der Darstellung der Multigleichgewichtsberechnung muss auch in diesem Kontext auf die nicht näher kalkulierbare Unsicherheit des Berechnungsverfahrens hingewiesen werden. Bei den Amphibolen wird auf die Glaukophankomponente zurück gegriffen, obwohl es sich um Mg-Riebeckit handelt. Somit ist die Bestimmung der Glaukophanaktivität relativ ungenau, ebenso die Aktivitätsberechnung des Epidots, da in dem verwendeten Modell von einem idealen Mischverhalten ausgegangen wird. Bis heute kann jedoch auf kein Modell zurückgegriffen werden, was die nicht ideale Mischung des Epidots berücksichtigt.
Wegen der Mineralvergesellschaftung von Aktinolith + Chlorit + Albit + Epidot ± bläuliche Amphibole ± opake Minerale können auch keine anderen Gleichgewichte gerechnet werden. Eine Überprüfung der Ergebnisse ist somit nicht möglich. Da kein Pumpellyit, Stilpnomelan, Phengit oder Biotit nachweisbar ist, können diese Minerale nicht zur Eingrenzung des möglichen P-T-Bereichs herangezogen werden.
Generell fallen die Ergebnisse der P-T-Berechnungen in den Bereich einer Niedertemperatur-Mitteldruck- (LT-MP) Metamorphose. Solche Metamorphosen werden allgemein im Zusammenhang mit einer Kollisionstektonik bzw. einem Kontinentalen Gebirgsgürtel gesehen. Geht man von einem geothermischen Gradienten von 3 km/kbar aus, so war der Metabasit nach den ermittelten Daten zwischen ca. 17 km und 10 km tief versenkt. An dem skizzierten Metamorphosepfad fällt der nahezu isothermale Verlauf auf. Spear (1995) schlägt für Granulite mit einem isothermalen P-T-Pfad eine mögliche tektonische Denudation vor. Eine andere Erklärungsmöglichkeit wäre ein Aufstieg der Einheit, während dem sich der Abstand zu einer Wärmequelle (evtl. ein Magmenherd) nicht verändert.
Das plausibelste Erklärungsmodell ergibt sich durch die Interpretation der Ergebnisse als magmatische Abkühlungsgeschichte der ehemaligen Basite. Trotz der tektonischen Einbeziehung der Metabasite in den Akkretionskeil können diese Ereignisse durch die Geothermobarometrie nicht näher definiert werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Minerale des untersuchten Bereichs keine Reequilibrierung während der Einbeziehung in den Akkretionskeil-

komplex erfuhren und somit frühere Ereignisse rekonstruiert werden können. Die fehlende Neuequilibrierung könnte mit einer geringen Fluidzirkulation erklärt werden. In diesem Zusammenhang muss jedoch auch auf die Sonderstellung der Gesteine im Bereich des Lago Huillinco im Vergleich zu den Metasedimenten der Cordillera Piuchén hingewiesen werden. In dem gesamten Bereich ist die normalerweise penetrativ ausgebildete Hauptschieferung (D_2) nur als Crenulationsschieferung in einigen Metasedimenten nachweisbar. Im Bereich des Lago Huillinco ist in den Metabasiten wie auch Metasedimenten hauptsächlich die D_1 ausgebildet. Insofern nehmen diese Gesteine vor allem im Hinblick auf die tektonischen Strukturen eine Sonderstellung ein.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit den angewendeten Methoden unterschiedliche Metamorphosepfade der Metasedimente rekonstruiert werden. Die nachgewiesene HP-LT-Metamorphose mit einem geothermischen Gradienten von ca. 13 °C/km ist typisch für Subduktionszonenkomplexe. Ferner handelte es sich hierbei um eine langsame oder flache Subduktion.
Gemeinsam mit anderen Methoden konnte der Schuppenbau mit unterschiedlichen Versenkungstiefen nachgewiesen werden. Schließt man P-T-Punkte oberhalb eines Druckes von 11 kbar aus, so lassen die rekonstruierten Bildungsbedingungen auf eine Versenkungstiefe von 20,5 bzw. 33 km schließen.
Die ermittelten P-T-Bedingungen der Metabasitprobe können aufgrund der geringen Datenmenge und anderer struktureller Gegebenheiten in der Region des Lago Huillincos nicht mit in das Entwicklungsmodell der Metasedimente der Cordillere Piuchén integriert werden. Um die P-T-Entwicklung der Region Lago Huillinco rekonstruieren zu können müssten neben den Metabasiten auch die Metasedimente eingehend bearbeitet werden.

Neben der Rekonstruktion des Metamorphosepfads sollen in dieser Arbeit auch die Veränderungen der metamorphen Bildungsbedingungen entlang des ca. 20 km langen EW-Geländeprofils im Bereich der Cordillera Piuchén betrachtet werden. Die Proben und der Verlauf des Geländeprofils sind in Abb. 4-22 eingetragen.
Im Kapitel Hellglimmer innerhalb der Mineralchemie wurden die Veränderungen des Si-Gehalts p.F.E. der untersuchten Phengite dargestellt und diskutiert.
In Abb. 4-23 ist der ermittelte Druck der unterschiedlichen Mineralgleichgewichte der Proben und die WE-Abfolge der Proben im Geländeprofil eingetragen. Im Gegensatz zu der Betrachtung der Si-Gehalte der Phengite, ist es hier aufgrund der Anzahl der ermittelten Drücke je Probe schwierig eine Tendenz herauszuarbeiten.

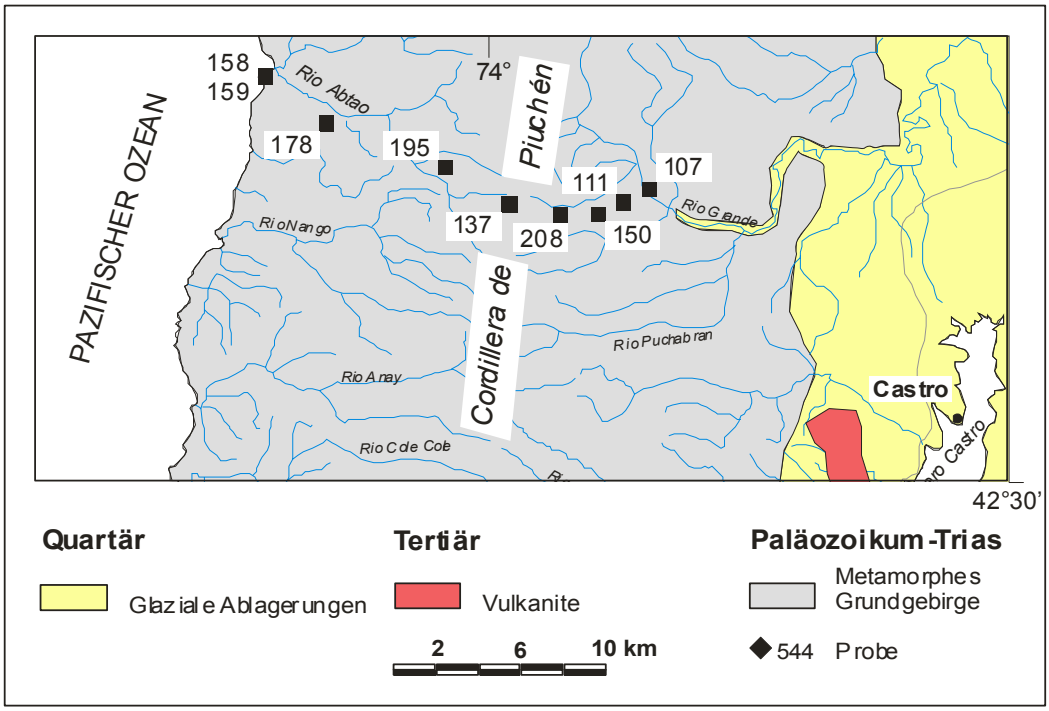


Abb. 4-22: Verlauf des EW-Geländeprofils im Bereich der Cordillera de Piuchén. In der vereinfachten geologischen Übersichtskarte sind die Probenummern und die Probenahmepunkte eingetragen.

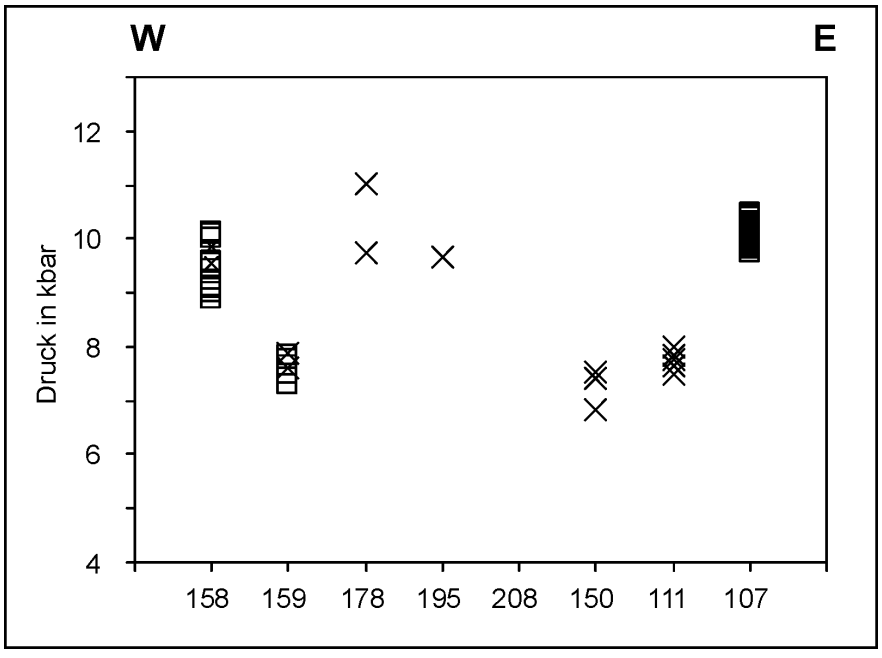


Abb. 4-23: Diagramm mit ermittelten Drücken der jeweiligen Probe in der WE-Abfolge des Geländeprofils im Bereich der Cordillera Piuchén. Auf der x-Achse sind die Proben in der WE-Geländeabfolge angegeben, auf der y-Achse der Druck in kbar. Punkte mit offenen Quadraten wurden unter Einbeziehung von Granat ermittelt, Punkte mit Kreuz wurden mit dem Chlorit-Phengit-Multigleichgewicht berechnet. Drücke über 11 kbar wurden nicht berücksichtigt.

In Abb. 4-24 sind die ermittelten Temperaturen der Mineralgleichgewichte den Proben zugeordnet, wobei die WE-Abfolge der Proben innerhalb des Geländeprofils berücksichtigt wurde. Wie bereits beim Druck ist es nicht möglich eine eindeutige Tendenz heraus zuarbeiten. Vielmehr ist davon auszugehen, dass innerhalb des WE-Geländeprofils ein ausgeprägter Schuppenbau vorhanden ist. Nur so können die bis zu 2 kbar differierenden Bildungsdrücke der beiden spessartinführenden Proben 158 und 159 erklärt werden. Bei beiden Proben erfolgte die P-T-Berechnung mit dem Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht, wobei prograde Randzusam-

mensetzungen der Granate mit benachbarten Chlorit-Phengit-Paaren verrechnet wurden. Aufgrund des texturellen Zusammenhangs in den jeweiligen Proben können die Chlorite, Phengite und auch Granate als syn-D_2 definiert werden.

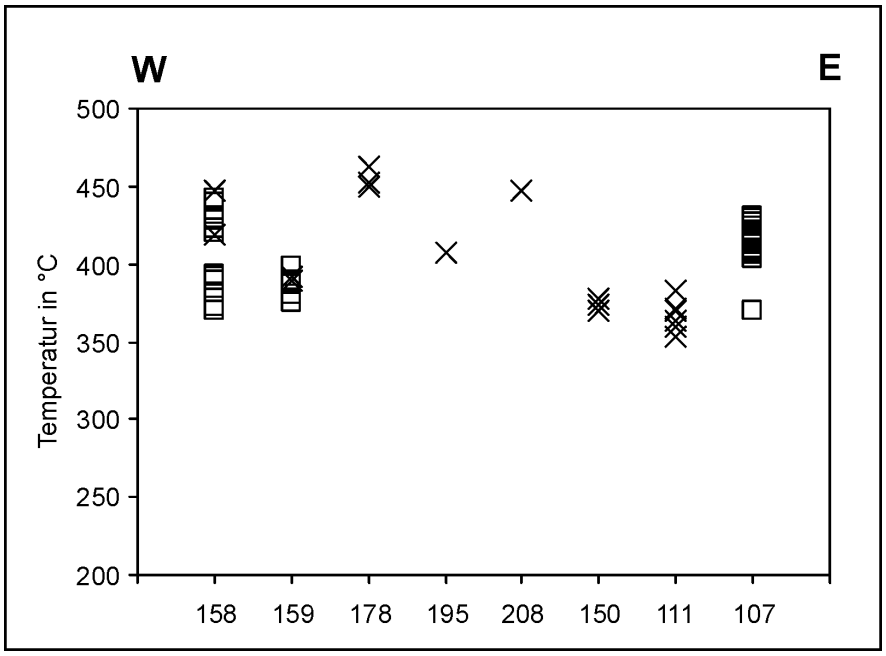


Abb. 4-24: Diagramm mit ermittelten Temperaturen der jeweiligen Probe in der WE-Abfolge des Geländeprofils im Bereich der Cordillera Piuchén. Auf der x-Achse sind die Proben in der WE-Abfolge angegeben, auf der y-Achse die Temperatur in °C. Punkte mit offenen Quadraten wurden unter Einbeziehung von Granat ermittelt, Punkte mit Kreuz wurden mit dem Chlorit-Phengit Multigleichgewicht berechnet.

5. Geochemie

Im Folgenden wird die Geochemie der geochemisch bearbeiteten Metavulkanite dargestellt. Mit Hilfe der geochemischer Gesamtgesteinsanalysen sollen die ursprünglichen geotektonischen Bildungsmilieus der Metavulkanite herausgearbeitet werden. Die Metavulkanite sind meist tektonisch in die dominierenden Metapelite eingeschuppt. Die Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für ein Genesemodell der Arbeitsregion.

5.1 Einleitung

Insgesamt handelt es sich um 29 Proben von Metavulkaniten, die meistens in das metamorphe Grundgebirge der südchilenischen Küstenkordillere tektonisch eingeschuppt sind. Mit einem Anteil von ca. 10 % bilden die Metavulkanite in der gesamten Arbeitsregion nur eine untergeordnete Rolle. Die Proben stammen aus drei unterschiedlichen Probenregionen die in Abb. 5-1 dargestellt sind, im einzelnen handelt es sich um die Region Cordillera Piuchén, Lago Huillinco, Canal Compu und der Südküste der Insel Chiloé.

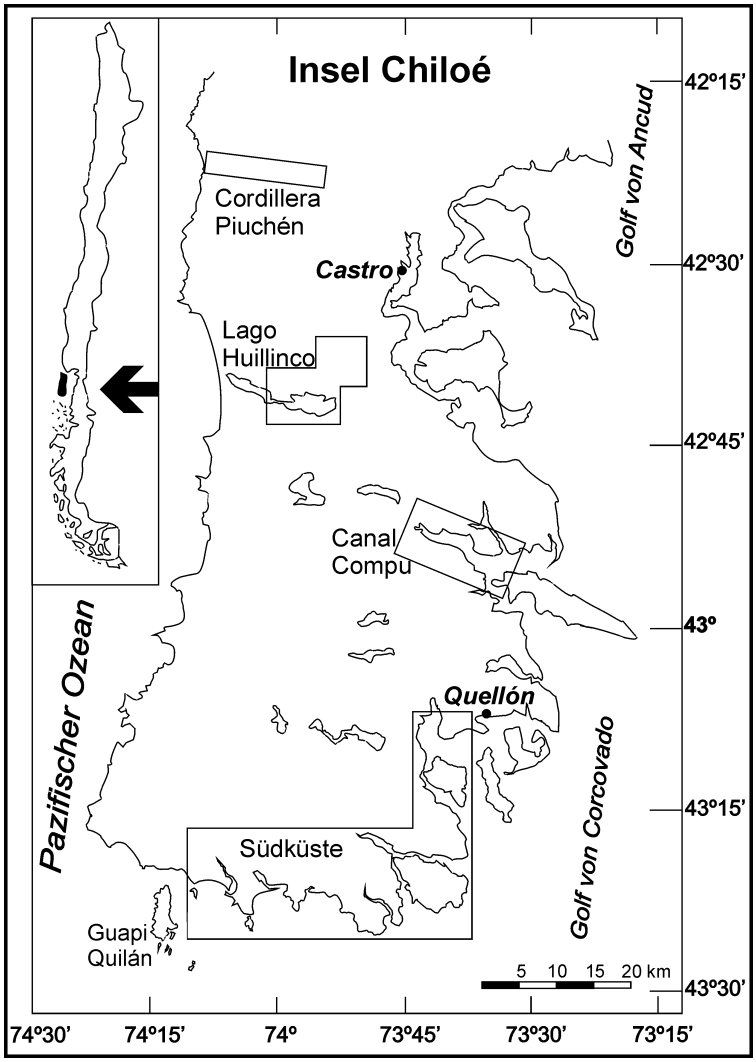


Abb. 5-1: Geographische Lage der Probenregionen Region Cordillera Piuchén und Lago Huillinco, Region Canal Compu und die Südküste der Insel Chiloé.

Die Lokalisierung der einzelnen Proben ist im Kapitel 5.1.1 Probenahme dargestellt und wurde den genannten Proberegionen folgend gegliedert. Zunächst erfolgte die Interpretation der geochemischen Analysen innerhalb der einzelnen Proberegionen, nachdem jedoch keine großen

regionalen geochemischen Unterschiede herausgearbeitet werden konnten folgt die Gliederung des Kapitels Geochemie der geochemischen Gesteinsklassifizierung.

5.1.1 Probenahme

Die erstmalige geologische Aufnahme der Insel Chiloé durch den SERNAGEOMIN wurde ein Jahr nach dem Beginn der Geländearbeiten der Autorin in den Jahren 1999/2000 in Angriff genommen. Die Kartierung der Insel Chiloé erfolgt hierbei abschnittsweise von N nach S. Als Grundlage für die Geländearbeit dienten die topographischen Karten 1:50.000 des Instituto Geográfico Militar de Chile und die kartographischen Unterlagen von Saliot (1969). Saliot war bis vor einigen Jahren der Erste und Einzige, der die Insel Chiloé regionalgeologisch bearbeitet hat. Zu Beginn der Arbeiten war es wichtig zunächst einen groben Überblick über die geologischen Gegebenheiten der Insel zu erhalten, um dann einzelne interessante Arbeitsregionen auszuwählen.
Großflächige und gut erhaltene Aufschlüsse sind meist nur an der Küste vorhanden. Im Landesinneren war es wegen der sehr dichten Vegetation meist schwierig repräsentative und frische Proben zu erhalten. Ferner konnten einzelne Metavulkaniteinheiten wegen des fehlenden Wegenetzes und der üppigen Vegetation im Gelände nicht weiter verfolgt werden.
Auch die Beprobung entlang der Südküste erwies sich als schwierig. Sie erfolgte während einer Schiffsexpedition von See mit einem Schlauchboot. Hier sind die Aufschlußverhältnisse zwar deutlich besser, für das Anlanden und somit Beproben waren Wetter, Strömungsverhältnisse, Gezeiten, Brandung und der Wellengang die limitierenden Faktoren. Zusammen mit dem SERNAGEOMIN Puerto Varas wurde während der Schiffsexpedition die Geologie der Südküste Chiloé erstmals systematisch aufgenommen.

Region Cordillera Piuchén und Lago Huillinco

Zur Region Cordillera Piuchén und Lago Huillinco wurden die Proben zusammengefasst, die im Bereich des Río Abtao und nördlich sowie südlich des Lago Huillinco genommen wurden. Die Region Abtao befindet sich nordwestlich von Castro in der Cordillera Piuchén. Entlang eines Weges bis zum Pazifik konnte hier ein WE Profil aufgenommen werden. Innerhalb dieses Profils konnten neben den deutlich dominierenden Phylliten nur wenige Metavulkanite nachgewiesen werden. Die Probe 532 stammt aus einem ca. 100 m mächtigen Vorkommen von massivem Grünschiefer. Die Kontakte zu den umlagernden Phylliten sind nicht aufgeschlossen, jedoch zeigen beide Gesteinseinheiten die gleiche Hauptschieferung. Das Grünschiefervorkommen wurde somit vor der D_2 eingeschuppt. Die Probe 536 stammt aus einer nur wenige Meter mächtigen Grünschieferzwischenschicht, die als eine ehemalige pyroklastische Lage interpretiert wird. Die Probenahmepunkte sind in Abb. 5-2 dargestellt.
Im Bereich des Lago Huillinco wurden die Proben 501, 522, 525, 540, 542, 544, 545, 560, 566, und 567 genommen. Die Proben 501 und 522 repräsentieren gering mächtige Grünschieferzwischenlagen innerhalb der dominanten Phyllite. Die übrigen Proben 525, 540, 542, 544, 545, 560, 566 und 567 stammen aus den Bereichen, die direkt am Lago Huillinco liegen. Die genauen Orte der jeweiligen Proben können der Abb. 5-2 entnommen werden. An den Ufern des Lago Huillinco handelt es sich um massive Grünschiefervorkommen mit einer EW Ausbissbreite von ca. 8,5 km nördlich und ca, 3,5 km südlich des Sees. Wegen der schwierigen Aufschlußbedingungen und der meist fehlenden Zugänglichkeit konnten im Gelände weder unterschiedliche Einheiten auskartiert noch deren räumliche Ausdehnung ermittelt werden. Aus den geochemischen Ergebnissen ist jedoch ersichtlich, dass es sich keinesfalls um einen homogenen Block handelt, vielmehr sind mehrere unterschiedliche kleine Einheiten erkennbar.

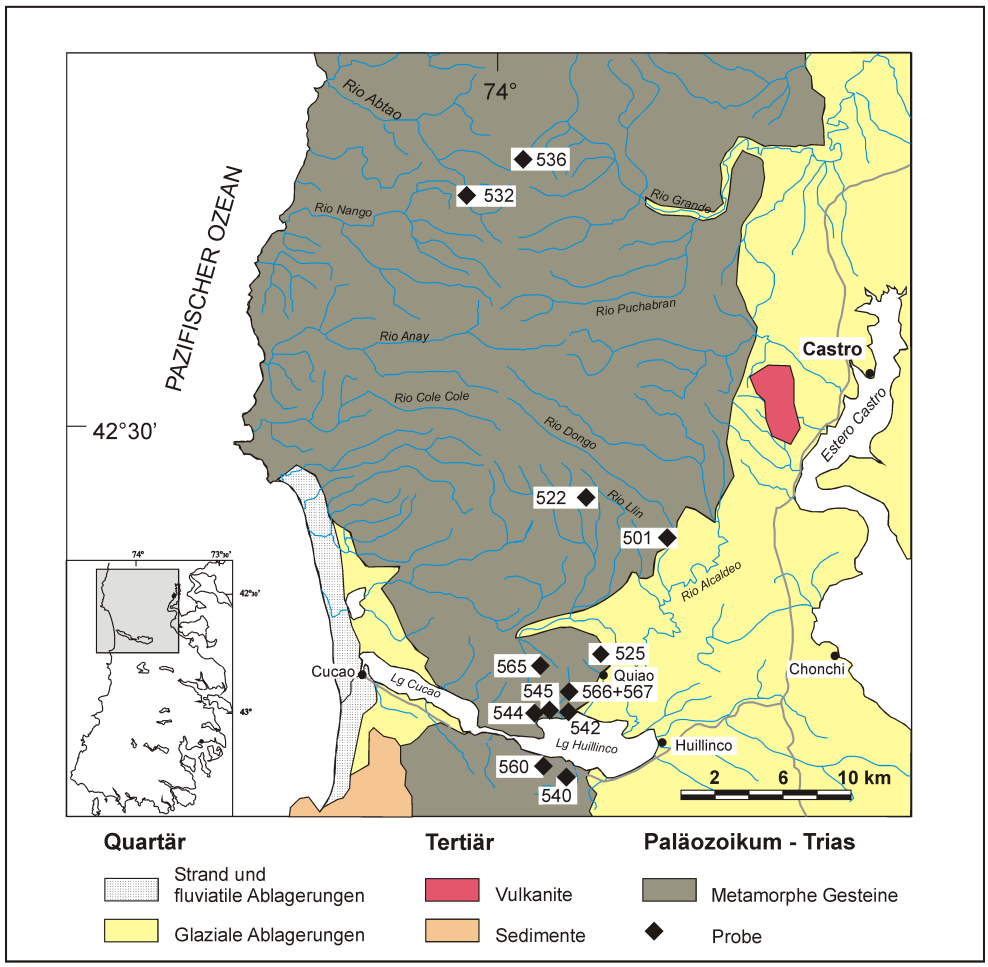


Abb. 5-2: Geologische Übersichtskarte mit Probenlokalitäten im Bereich Cordillera Piuchén und Lago Huillinco.

Region Canal Compu

Zu der Region Canal Compu wurden die Proben zusammengefasst, die am Estero Compu genommen wurden (576, 577, 578) und die Probe 582 aus dem Bereich der Cordillera Pirulil. Die Probenpunkte am Estero Compu, einem fjördähnlichen Arm an der Ostseite Chiloés, sind in der Geologischen Übersichtskarte eingetragen. Die Probe aus der Cordillera Pirulil stammt von einer ca. 20 km weiter westlich gelegenen Lokalität. Der genaue Probenpunkt ist im Anhang im UTM-Gitter angegeben. Als Cordillera Pirulil wird der südlich an den Lago Huillinco anschließende Westteil der Insel Chiloé bezeichnet (vgl. Geologische Karte Chiloés in der Einleitung). Die Probe 582 stammt aus dem Grenzbereich von metamorphem Grundgebirge und Quartär. Es ist zu vermuten, dass es sich um die Ostgrenze eines sich nach Westen fortsetzenden Gebiets mit metamorphen Grundgebirge handelt. Die Metavulkanitprobe 582 stellt eine wenige Meter mächtige Metavulkanitlage innerhalb der dominierenden Phyllite bzw. Quarzphyllite dar.
Die geologische Situation des Canal Compu wird aus der geologischen Übersichtskarte (Abb. 5-3) ersichtlich. Das metamorphe Grundgebirge tritt südlich, nördlich und westlich des Ufers auf, wobei es sich hauptsächlich um basische Metavulkanite handelt. Die flächenmäßig dominierenden Gesteinseinheiten der Region sind jedoch die darüber gelagerten glazialen Ablagerungen des Quartärs. Das metamorphe Grundgebirge wird vermutlich aus einem kompakten basischen Metavulkanitkörper aufgebaut, der ursprünglich ein paläotopographisches Hoch darstellte und heute neben dem sonst überlagernden Quartär aufgeschlossen ist.

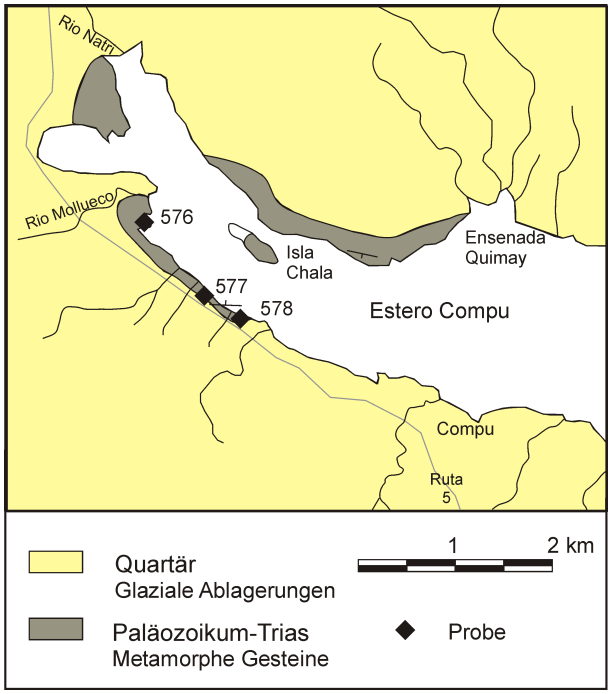


Abb. 5-3: Geologische Übersichtskarte des Canal Compu mit Probepunkten der basischen Metavulkanite.

Südküste der Insel Chiloé

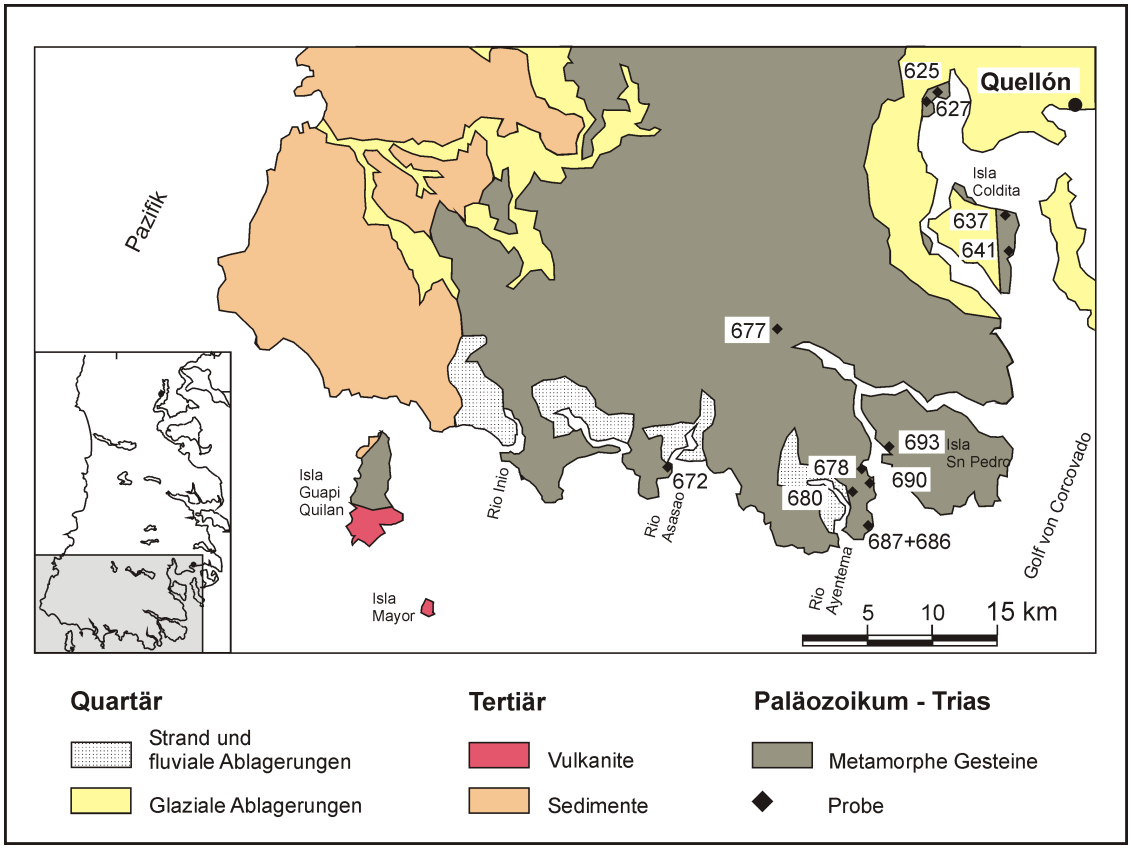


Abb. 5-4: Geologische Übersichtskarte der Südküste der Insel Chiloé mit den geochemischen Probepunkten.

Die zur Region Südküste zusammengefassten Proben stammen aus unterschiedlichen Bereichen der Südküste Chiloés. Einen Überblick über die geologische Situation gibt die geologische Übersichtskarte (Abb. 5-4). Sie ist stark interpoliert, da nur die Geologie entlang des Küstenstreifens

aufgenommen wurde. Generell herrscht an der Südküste eine ähnliche Situation, wie in den zentralen Bereichen der Insel. Das metamorphe Grundgebirge wird von Metasedimenten dominiert, die auch hier als Phyllite oder Quarzphyllite auftreten. Untergeordnet und meist als wenige Meter mächtige Lagen treten tektonisch eingeschuppte Grünschiefer bzw. Grünsteine auf.
In der Nähe von Yaldad, westlich von Quellón, wurden die Proben 625 und 627 genommen. Hier ist eine Wechsellagerung bis in den cm-Bereich von Grüngesteinen und Quarzphylliten zu beobachten. Die Proben wurden in mehrere dm mächtigen Grünsteinlagen genommen. Auch bei den Proben von der Insel Coldita stammen die Grüngesteine von gering mächtigen Zwischenlagen im dominierenden Quarzphyllit. Die Proben 678, 680, 686, 687, 690 und 693 wurden im Bereich des Canal Guamblad genommen. Hier ist ein gehäuftes Auftreten von Grünschiefern im metamorphen Grundgebirge zu beobachten. An einigen Stellen ist eine Wechsellagerung im cm- bzw. dm-Bereich zwischen Grünschiefern und Phylliten bzw. Quarzphylliten vorhanden. Bei der Probe 672 handelt es sich um eine mehrere m mächtige Grünschieferzwischenlage im Metasediment, bei der Probe 677 handelt es sich um einen Lesestein aus dem Bereich einer Flussmündung.

5.1.2 Analytische Methoden

Die Hauptelemente SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, $Fe_2O_{3\ tot}$, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O und P_2O_5 wie die Spurenelemente V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb und Ba wurden mit einem sequentiellem Röntgenfluoreszenzspektrometer am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg gemessen, die Seltenen Erden La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu und die Spurenelemente Sc, Hf, Pb, Th und U am ICP-MS des CNRS Strasbourg, Frankreich, und der Wassergehalt und der CO_2-Gehalt mit einem infrarotspektroskopischen H_2O/CO_2-Analysator am Institut für Mineralogie und Kristallchemie der Universität Stuttgart gemessen.
Nähere Angaben zu den analytischen Methoden und zur Probenaufbereitung können im Anhang dem Kapitel Methodik entnommen werden.

5.1.3 Elementmobilisierungen

Die Mobilität verschiedener Elemente bei der Alteration und Metamorphose ist eine bekannte Problematik. So sind Veränderungen der Geochemie von grünschieferfaziell überprägten basaltischen Gesteinen gut dokumentiert (Rollinson 1993, Pearce 1983, Humphris 1984, Coish et al. 1982, Humphris & Thompson 1978). Die genannten Autoren fassen zusammen, dass REE, Th, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta, U, Y, Al, P, Co, Cr und Ni unter den meisten Bedingungen als inmobil betrachtet werden können. Von einer Mobilisierung sind die Elemente Fe, Mg, Na, Si, Ca, K, Ba, Sr, Rb und Mn betroffen.
Auch die Mobilität von SEE wurde wiederholt untersucht. Es wurde nachgewiesen, dass sie nur eingeschränkt als inmobil betrachtet werden können (Cotten et al. 1995, Kuschel & Smith 1992 und Hellman et al. 1979). Hellman et al. (1979) weisen jedoch bei alterierten Basalten auch auf eine Subparallelität der Chondrit-normierten SEE-Muster hin.
Da für die bearbeiteten Proben jedoch keine andere Datengrundlage als die Haupt-, Spuren- und Seltenen Erdenelemente vorhanden sind und es sich um metamorphe Gesteine handelt, wurde versucht die Interpretation hauptsächlich auf Ergebnisse von relativ inmobilen Elementen aufzubauen. Auch konnte aufgrund der petrographischen Studien nachgewiesen werden, dass keine der Proben als nicht verändert bezeichnet werden kann. Somit ist es nicht möglich, die Proben auf eine wenig bis gar nicht veränderte Probe zu standardisieren.
Um trotzdem zu glaubwürdigen Ergebnissen zu gelangen, wurden vor allem Multielementdiagramme, auch Spiderdiagramme genannt, Elementverhältnisse von relativ inmobilen Elementen, SEE-Muster und ausgewählte Diskriminationsdiagramme für die Interpretation herangezogen.

5.1.4 Grundlagen zur geochemischen Interpretation

Im Folgenden wird kurz ausgeführt, wie bei der geochemischen Interpretation vorgegangen wurde und auf welchen Grundlagen die Methoden beruhen.

- Gesteins- und Magmenklassifikation

Zur Gesteinsklassifikation wurde das Diagramm Nb/Y gegen SiO_2 von Winchester & Floyd (1977) herangezogen. Nb und Y können als weitgehend inmobile Elemente betrachtet werden, was wegen der metamorphen Überprägung der Gesteine wesentlich ist. Zur Magmenklassifikation werden unterschiedliche Diagramme herangezogen. Damit können die Gesteine den unterschiedlichen Ausgangsmagmen von kalk-alkalisch, tholeiitisch und alkalisch zugeordnet werden.

- Diskriminationsdiagramme

Von mehreren Autoren wurde mit Hilfe von unterschiedlich vielen Proben aus verschiedenen geotektonischen Positionen versucht, einzelne Felder gegeneinander abzugrenzen, die typisch für die jeweilige geotektonische Positionen sein sollen. Diese Vorgehensweise ist umstritten, da meist schon die Probenauswahl teilweise nicht nachvollziehbar ist. Außerdem handelt es sich bei den zugrunde liegenden Proben meist um rezent gebildete oder junge Proben, wobei es keinesfalls als sicher gelten kann, dass sie geochemisch mit alten Gesteinsproben übereinstimmen. Trotz der beschriebenen Problematik werden die Ergebnisse einiger Diskriminationsdiagramme in Tabellen dargestellt, da sie einen schnellen Überblick ermöglichen und meist mit den Ergebnissen der Spiderdiagramme und Seltenen Erden-Muster übereinstimmen. Die hierbei erwähnten geotektonischen Positionen berufen sich immer auf die jeweiligen Diagramme und die Definitionen der Autoren.

- Multielementdiagramme

Spiderdiagramme oder auch Multielementdiagramme für Spurenelemente und Seltene Erdenelemente werden zur genauen Evaluierung der geotektonischen Position verwendet. Mit Hilfe dieser Diagramme kann die Verteilung der Spurenelementgehalte eines Gesteins verglichen und bewertet werden. Die Normierung von basischen Gesteinen erfolgt üblicherweise auf der Basis von Mittelozeanischen Rückenbasalten (MORB), Chondriten oder primortialem Mantel. In der vorliegenden Arbeit wurden die Spiderdiagramme der basischen Gesteine auf N-MORB (normaler Mittelozeanischer Rückenbasalt) nach Sun & McDonough (1989) normiert. Die Normierungswerte werden im Anhang aufgeführt. Die Kompatibilität der auf der Abzisse aufgetragenen Elemente nimmt von links nach rechts zu. Die inkompatiblen Elemente reichern sich bei partieller Schmelzbildung in der Schmelze an und können in sogenannte LIL- und HFS-Elemente untergliedert werden. Die „large ion lithophile elements“ (LIL) zeichnen sich durch einen großen Ionenradius und eine niedrige Ladung aus. Zu ihnen zählen K, Rb, Cs, Sr, Ba und Th. Als inkompatible Elemente mit hoher Ladung und kleinem Ionenradius, die sogenannten „high field strength elements“ (HFS), sind Zr, Hf, Nb, und Ta zu nennen. Die HFS-Elemente können als relativ inmobil betrachtet werden, die LIL-Elemente hingegen sind relativ mobil.

- Seltene Erden-Muster

Allgemein gelten die Seltenen Erdenelemente (SEE) als die am wenigsten mobilen Elemente. Sie verhalten sich untereinander sehr ähnlich, obwohl ihr Ionenradius mit steigender Ordnungszahl abnimmt. Dadurch können die SEE durch unterschiedliche petrologische und mineralogische Prozesse fraktioniert werden. Man unterscheidet die Leichten Seltenen Erden (LSEE) von den Schweren Seltenen Erden (SSEE). Von Lanthan bis Samarium reichen die LSEE, sie zeichnen sich durch eine niedrige Ordnungszahl und eine geringe Atommasse aus. Die SSEE umfassen die Elemente Gadolinium bis Lutetium und weisen eine höhere Ordnungszahl und eine höhere Atommasse auf. Die Elementgehalte werden normiert um den sogenannten Oddo-Harkins-Effekt zu eliminieren. Unter dem Oddo-Harkins-Effekt versteht man die höhere Konzentration von Elementen mit geraden Ordnungszahlen gegenüber denen mit ungeraden Ordnungszahlen. Üblicherweise werden die SEE auf Chondrite normiert. Die in den folgenden Abschnitten darge-

stellten Seltenen Erden-Muster wurden auf den C1-Chondrit nach Sun & McDonough (1989) normiert. Die Normierungswerte sind im Anhang aufgeführt.
Neben der Betrachtung der SEE-Muster wird im Folgenden kurz dargestellt, welche Minerale SEE einbauen. Aufgrund der petrographischen Ergebnisse können im wesentlichen die Minerale Epidot, Feldspat, Amphibol und Titanit als SEE-Träger eingegrenzt werden. Epidot kann anstelle von Ca leichte SEE einbauen, was Epidot zu einem wichtigen SEE-Träger machen kann. Der Einbau von schweren SEE kann bei Epidot vernachlässigt werden. Die Feldspäte sind die einzige Gruppe wichtiger gesteinsbildender Minerale, die einen erhöhten Einbau von leichten SEE gegenüber den schweren SEE ermöglichen. Ein weiteres wichtiges Merkmal der Feldspäte ist der bevorzugte Einbau von Eu^{2+}, was häufig zu positiven Eu-Anomalien führt. Amphibole bauen wie Klinopyroxene hauptsächlich mittlere bis schwere SEE in ihr Kristallgitter ein, wobei Amphibole eine etwas höhere Elementkonzentration an SEE aufweisen. Bei Titanit kann das Ca durch schwere Erdalkalien oder SEE ersetzt werden, jedoch erreichen die SEE von Titanit nur Spurenelementgehalte. Einen erheblichen Anteil zum Gesamtseltenenerden-Gehalt kann beitragen, wenn Titanit ein Prozent des Gesteins ausmacht. Die leichten SEE sind bei Titanit gegenüber den schweren SEE fraktioniert. Als weiteres gesteinsbildendes Mineral ist Granat zu nennen was bevorzugt die schweren SEE über die Schmelze einbaut und kaum leichte SEE aufnimmt.

Erläuterungen zu den verwendeten Diskriminationsdiagrammen:

- Das Ti-Zr Diagramm wie auch das Ti-Zr-Y Diagramm nach Pearce & Cann (1973) können nur für tholeiitische Basalte verwendet werden, die Proben 501, 540, 545 und 560 nicht berücksichtigt werden.
- Im Zr/Y-Zr Diagramm nach Pearce & Norry (1979) wird das Verhältnis Zr/Y gegen Zr als Fraktionierungsindex und gleichzeitig als Unterscheidungsmerkmal für Inselbogenbasalte, MORB und Intraplattenbasalte verwendet.
- Das Diagramm MnO-TiO_2-P_2O_5 nach Mullen (1983) kann bei Basalten und basaltischen Andesiten angewendet werden. Mn und Ti werden in bestimmte Fraktionierungsphasen eines basaltischen Magmas wie Olivin, Pyroxene und Titanomagnetit eingebaut. P_2O_5–Gehalte stehen im Zusammenhang mit der Magmenquelle oder dem Anteil an partieller Schmelzbildung. Die Elemente Mn, Ti und P gelten als relativ inmobil.
- Im Diagramm Ti-V nach Shervais (1982) kommt das unterschiedliche Verhalten von Ti und V in silikatischen Systemen zum Tragen. Es wird herangezogen, um Vulkanische Bogenbasalte (volcanic arc basalt = VAB), Mittelozeanische Rückenbasalte (mid ocean ridge basalt = MORB) und alkalische Basalte zu unterscheiden. Da V in unterschiedlichen Oxidationsstufen (V^{3+}, V^{4+} bzw. V^{5+}) in natürlichen Magmen vorkommt, Ti hingegen nur als Ti^{4+}, gilt das Verhältnis beider Elemente als Hinweis auf die Sauerstoffugazität des Magmas.
- Im Dreiecksdiagramm Zr-Nb-Y nach Meschede (1986) wird der Differenzierung der unterschiedlichen Ozeanbodenbasalten Rechnung getragen. Der N-type MORB ist ein an inkompatiblen Spurenelementen verarmter Basalt, der E-type MORB hingegen ein an inkompatiblen Spurenelementen angereicherter Basalt. Durch das Überlappen von verschiedenen Feldern können nur alkalische Intraplattenbasalte und E-type MORB mit diesem Diagramm eindeutig differenziert werden. Die Elemente Zr, Nb und Y gelten als relativ inmobil.
- Das Diagramm Ba/La-La/Sm nach Arculus & Powell (1986) macht sich zur Unterscheidung von Inselbogenbasalten von den übrigen Basalten das hohe Ba/La-Verhältnis von Inselbogenbasalten zunutze. Das Ba/La-Verhältnis steht im Zusammenhang mit der Anreicherung von Ba durch Ba-reiche Fluide im Bereich der Subduktionszone, wobei das Ba von den subduzierten ozeanischen Sedimenten stammt.
- Das Cr-Y Diagramm nach Pearce (1982) arbeitet mit den geringen Cr-Gehalten von Inselbogenbasalten im Vergleich zu den übrigen geotektonischen Bildungsmilieus. Für die Minerale Olivin, Ortho- und Klinopyroxen und Spinell ist Cr in basaltischen Schmelzen ein

kompatibles Element, d. h. der Cr-Gehalt weist sowohl auf unterschiedliche Aufschmelzungsgrade des Mantels als auch auf eine unterschiedliche Fraktionierung hin.

- Die drei Diagramme Ba-Zr, Ba/Zr-Ce/Zr und Th/Nb-Ce/Nb nach Saunders & Tarney (1991) werden hauptsächlich zur Unterscheidung der back-arc Basalte von anderen geotektonischen Milieus herangezogen. Das Diagramm Th/Nb-Ce/Nb wird später eingehend diskutiert (vgl. Abb. 5-11).

5.2 Geochemische Gesteinsklassifizierung

5.2.1 Cordillera Piuchén und Lago Huillinco

Die geochemische Gesteinsklassifizierung erfolgte unter anderem mit Hilfe des Diagramms nach Winchester & Floyd (1977) (Abb. 5-5). Die Mehrzahl der Proben fallen in das Feld für subalkalische Basalte. Die beiden Proben 501 und 545 zeigen eine Affinität zu alkalischen Basalten. Im Folgenden wird die Probe 545 als alkalischer Metabasit bezeichnet. Aufgrund des hohen SiO_2-Gehalts zählt die Probe 525 zu den Daziten.

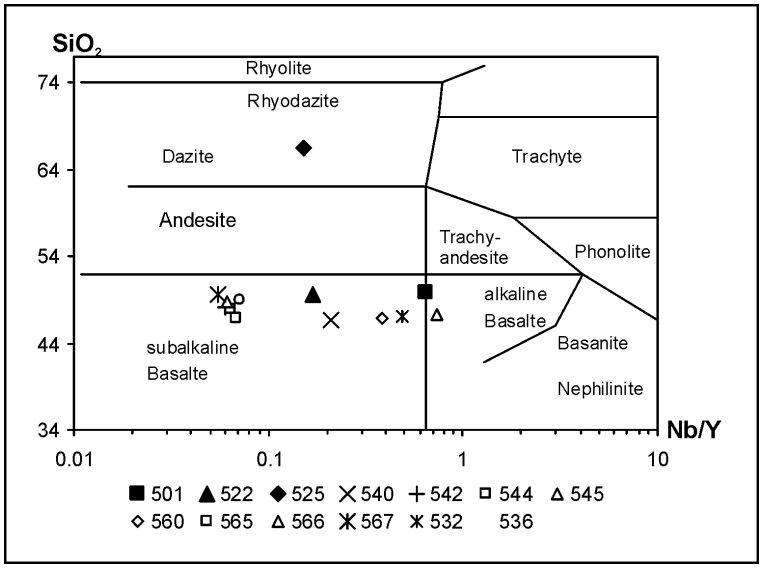


Abb. 5-5: Chemische Gesteinsklassifizierung nach Winchester & Floyd (1977). Die Proben 532 und 536 stammen aus der Region Cordillera Piuchén, die übrigen aus dem Bereich des Lago Huillinco.

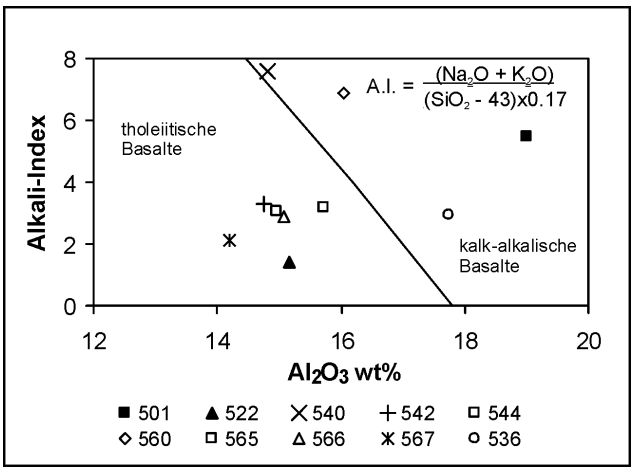


Abb. 5-6: Untergliederung der subalkalischen Metabasite in tholeiitische und kalk-alkalische Magmentypen nach Middelmost (1975). Die Mehrzahl der Proben können als tholeiitisch bezeichnet werden. Näheres siehe Text.

Um die Magmentypen der subalkalischen Basalte näher klassifizieren zu können, wurde das Diagramm nach Middelmost (1975) Abb. 5-6 ausgewählt. Hier wird Al_2O_3 gegen den Alkalien-Index aufgetragen. (Alkalien-Index = $(Na_2O+K_2O)/[(SiO_2-43)x0,17]$). Aus Ermangelung an Diagrammen mit inmobilen Elementen muß für die Untergliederung der subalkalischen Basalte das genannte Diagramm verwendet werden. Auch im bekannten AFM-Diagramm mit A= Na_2O

+ K_2O, F= FeO_{total} und M = MgO nach Irvine & Baragar (1971) werden Elemente verwendet, die relativ leicht mobilisiert werden können.
Bei dem in Abb. 5-6 dargestellten Diagramm fallen drei Proben in den Bereich der kalk-alkalischen Basalte. Es handelt sich um die Proben 501, 540 und 560 aus dem Bereich des Lago Huillinco und um die Probe 536 aus dem Bereich der Cordillera Piuchén. Die Probe 532 ist nicht dargestellt, da sie aufgrund ihres hohen Al_2O_3-Gehalts von über 20,5 wt. % außerhalb des Diagramms liegt. Die Magmen der Proben 522, 542, 544, 565, 566, und 567 können als tholeiitisch bezeichnet werden. Bei der Betrachtung der Multielementdiagramme und Seltenen Erden-Muster im Folgenden Kaptitel erfolgt die Untergliederung nach den hier unterschiedenen Magmentypen.

5.2.2 Canal Compu

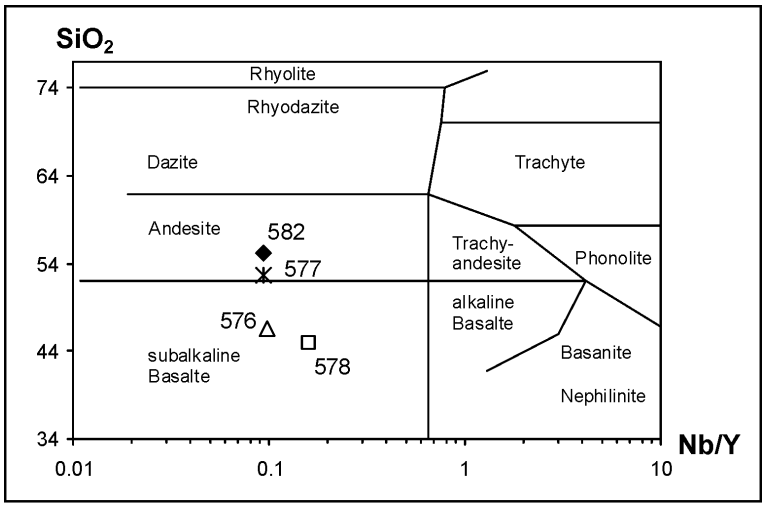


Abb. 5-7: Chemische Gesteinsklassifizierung nach Winchester & Floyd (1977) der Proben von Canal Compu.

Bei der geochemischen Gesteinsklassifizierung nach Winchester & Floyd (1977) (Abb. 5-7) wird deutlich, dass die Proben 582 und 577 Metaandesite sind und die Proben 576 und 578 subalkalische Metabasalte.
Für eine genaue Klassifizierung der subalkalischen Metabasalte wird das Diagramm nach Middelmost (1975) herangezogen (Abb. 5-8). Die beiden subalkalischen Metabasite fallen in den Bereich für kalk-alkalische.

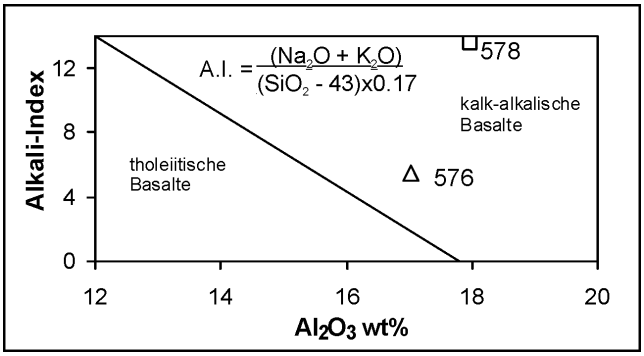


Abb. 5-8: Untergliederung der subalkalischen Metabasite in tholeiitische und kalk-alkalische Magmentypen nach Middelmost (1975).

5.2.3 Südküste der Insel Chiloé

Die geochemische Gesteinsklassifizierung der Proben erfolgt mit dem Diagramm Nb/Y gegen SiO_2 nach Winchester & Floyd (1977) (Abb. 5-9). Die Mehrheit der Proben zählt zu den subalkalischen Basalten. Die Probe 672 ist als alkalischer Basalt und die Probe 677 als Metaandesit zu bezeichnen. Für die genauere Differenzierung der subalkalischen Basalte wird das Diagramm nach Middelmost (1975) verwendet (Abb. 5-10). Danach fallen vier Proben (637, 641, 680 und

686) in den Bereich für kalk-alkalische Basalte. Die übrigen Proben (625, 627, 675, 678, 687, 690 und 693) sind nach dieser Definition tholeiitische Basalte.

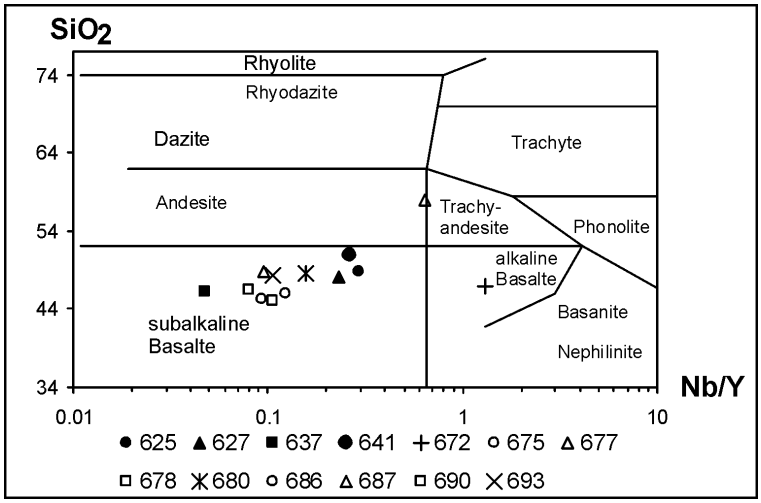


Abb. 5-9: Chemische Gesteinsklassifizierung der Proben von der Südküste Chiloés nach Winchester & Floyd (1977).

Auch die Proben der Südküste werden in den folgenden Kapiteln nach Magmenserien untergliedert, die tholeiitischen Proben, die kalk-alkalischen Proben, die alkalischen Proben und die Metaandesite werden jeweils getrennt betrachtet. Wie schon bei Proben der Region Compu beobachtet, resultiert aus den Multielementdiagrammen bzw. SEE-Muster der Proben teilweise ein widersprüchliches Bild zur ursprünglichen Magmenserien-Zuordnung. Dies kann mit Elementmobilisierungen zusammenhängen.

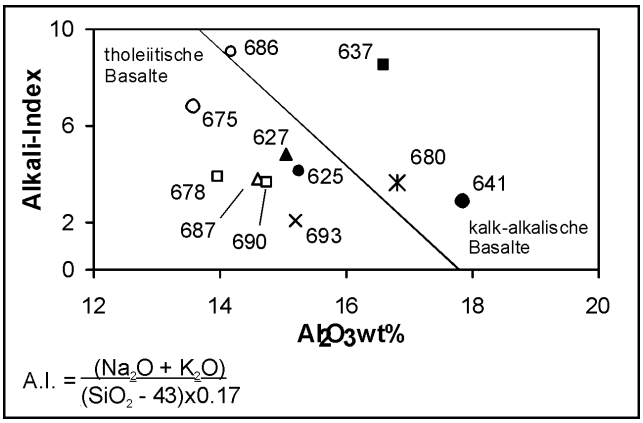


Abb. 5-10: Genauere Untergliederung der subalkalischen Basalte der Südküste in tholeiitische und kalk-alkalische Magmentypen nach Middelmost (1975).

5.3 Kalk-alkalische Metavulkanite

5.3.1 Diskriminationsdiagramme der kalk-alkalischen Metavulkanite

Nach der geochemischen Gesteinsklassifikation gelten die Proben 501, 540, 560, 532, 536, 576, 578, 637, 641, 680 und 686 als kalk-alkalische Metavulkanite. Die Proben 501, 540 und 560 stammen aus der Region Lago Huillinco, 532 und 536 aus der Region Abtao, 576 und 578 aus dem Bereich Canal Compu und 637, 641, 680 sowie 686 von der Südküste Chiloés. Neben den genannten Proben wird in diesem Kapitel auch die dazitische Probe 525 bei den Multielementdiagrammen und SEE-Mustern berücksichtigt.

Wie bereits angekündigt, wird auf eine Darstellung der gängigen Diskriminationsdiagramme für basische Gesteine verzichtet. Durch die Zusammenfassung der Ergebnisse in den folgenden Tabellen (Tab. 5-1) ist nicht nur das Einfließen der Resultate in die spätere Interpretation gewährleistet, sondern auch ein schneller Überblick möglich. Es wurden nur solche Diagramme herangezogen, die mit relativ inmobilen Elementen arbeiten. Auf die Hauptcharakteristika der

einzelnen Diskriminationsdiagramme und deren spezielle Anwendungsgebiete wird im Kapitel 5.1.4 näher eingegangen.

Tab. 5-1: Übersicht der Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme. Die Bezeichnung der geotektonischen Bildungsmilieus folgt der der jeweiligen Diagramm-Autoren. MORB: Mittelozeanischer Rückenbasalt; N-MORB: verarmter Mittelozeanischer Rückenbasalt; E-MORB: angereicherter Mittelozeanischer Rückenbasalt; BAB: back-arc-Becken-Basalt ; VAB: vulkanischer Bogenbasalt (volcanic arc basalt); IAT: Inselbogentholeiit (island arc tholeiite); IAB: Inselbogenbasalt (island arc basalt); CAB: kalk-alkalischer Basalt (calc-alkalische basalt); OIB: Ozeanischer Inselbasalt (oceanic island basalt); WPB: Intraplattenbasalt (within-plate basalt); OIA: alkalischer ozeanischer Inselbasalt (oceanic island alkalische basalt); OIT: ozeanischer Inseltholeiit (oceanic island tholeiite).

Diskriminationsdiagramme	Lago Huillinco	Lago Huillinco	Lago Huillinco	Abtao
Proben	**501**	**540**	**560**	**532**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	nicht für kalk-alk.	nicht für kalk-alk.	nicht für kalk-alk.	nicht für kalk-alk.
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	WPB	MORB/WPB	außerhalb	MORB/WPB
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	nicht kalk-alk.	nicht kalk-alk.	nicht kalk-alk.	nicht kalk-alk.
TiO2 - MnO - P2O5 (Mullen 1983)	IAT	IAT	MORB	MORB
Ti - V (Shervais 1982)	OIA-OIT	MORB	MORB	MORB
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	WPA	WPT/VAB	N-MORB/VAB	E-MORB/WPT/VAB
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	außerhalb	IAB	IAB	außerhalb
Y - Cr (Pearce 1982)	VAB/MORB/WPB	MORB/VAB	MORB/VAB	MORB/VAB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	außerhalb	BAB	BAB	BAB
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	IAB	BAB	BAB/E-MORB	BAB
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	IAB	MORB	BAB	außerhalb

Diskriminationsdiagramme	Abtao	Canal Compu	Canal Compu	Südküste
Proben	**536**	**576**	**578**	**637**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	MORB	nicht für kalk-alk.	nicht für kalk-alk.	nicht für kalk-alk.
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	MORB/VAB-MORB	MORB/VAB	WPB	VAB
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	MORB/IAC/CA	nicht für kalk-alk.	nicht für kalk-alk.	nicht für kalk-alk.
TiO2 - MnO - P2O5 (Mullen 1983)	IAT	IAT	MORB/OIT	IAT
Ti - V (Shervais 1982)	CAB/IAT	IAT/MORB	IAT/MORB	IAT/CAB
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	WPT/VAB	N-MORB/VAB
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	IAB	außerhalb	IAB	außerhalb
Y - Cr (Pearce 1982)	MORB/WPB	außerhalb	IAB	VAB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	BAB	BAB	MORB	IAB
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	MORB	BAB	N-MORB	außerhalb
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	BAB	OIB	N-MORB	MORB

Diskriminationsdiagramme	Südküste	Südküste	Südküste
Proben	**641**	**680**	**686**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	nicht kalk-alk.	nicht kalk-alk.	nicht kalk-alk.
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	MORB	MORB/VAB	MORB/VAB
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	nicht kalk-alk.	nicht kalk-alk.	nicht kalk-alk.
TiO2 - MnO - P2O5 (Mullen 1983)	IAT	MORB	IAT
Ti - V (Shervais 1982)	MORB	MORB	MORB
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	WPB/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	IAB	außerhalb	außerhalb
Y - Cr (Pearce 1982)	MORB	MORB	MORB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	BAB	BAB	MORB
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	MORB	BAB	außerhalb
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	außerhalb	MORB	MORB

Fasst man die Ergebnisse zusammen, fällt die Probe 686 hauptsächlich in die Felder für MORB, die Proben 560, 532und 680 in die Felder für MORB und back-arc-Basalt, die Probe 637 in die Felder für vulkanischen Bogenbasalt, die Proben 540, 536, 576, 578 und 641 in die Felder für MORB, back-arc-Basalt und vulkanischer Bogenbasalt. Die Probe 501 fällt in die Bereiche für vulkanischen Bogenbasalt und Ozeanischer Inselbasalt. In Abb. 5-11 sind alle kalk-alkalischen Proben im Diagramm Th/Nb-Ce/Nb nach Saunders & Tarney (1991) eingetragen. Im diesem Diagramm werden die verschiedenen Bildungsbereiche von Basalten mit den inkompatiblen

Elementen Th und Nb unterschieden. Durch ihre starke Inkompatiblität spiegeln diese Elemente die Quellenverhältnisse im Magma gut wieder. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, dass es nur sehr wenige Daten von back-arc-Becken Basalten gibt, deren Th-Gehalte mit einer ausreichenden Genauigkeit gemessen wurden. Th-Daten, die mit der RFA analysiert wurden, sind zu ungenau, um in diesen Diagramm berücksichtigt werden zu können. Die in das Diagramm eingetragenen Werte für das Lau-Becken und den Mariana Trough repräsentieren rezente back-arc-Becken Basalte. Mit einer Ausnahme von einer Lau-Becken-Probe weisen die übrigen back-arc-Becken Basalte Ce/Nb-Verhältnisse zwischen 2,5 und 10 auf. Sie liegen auf einer Linie zwischen den Werten von MORB und Inselbogenbasalten. Es wird ersichtlich, dass die Probe 501 im Bereich für Inselbogenbasalte liegt, die Proben 536 und 560 im Bereich für back-arc-Becken Basalte und die übrigen kalk-alkalischen Proben im Bereich von MORB bzw. E-MORB.

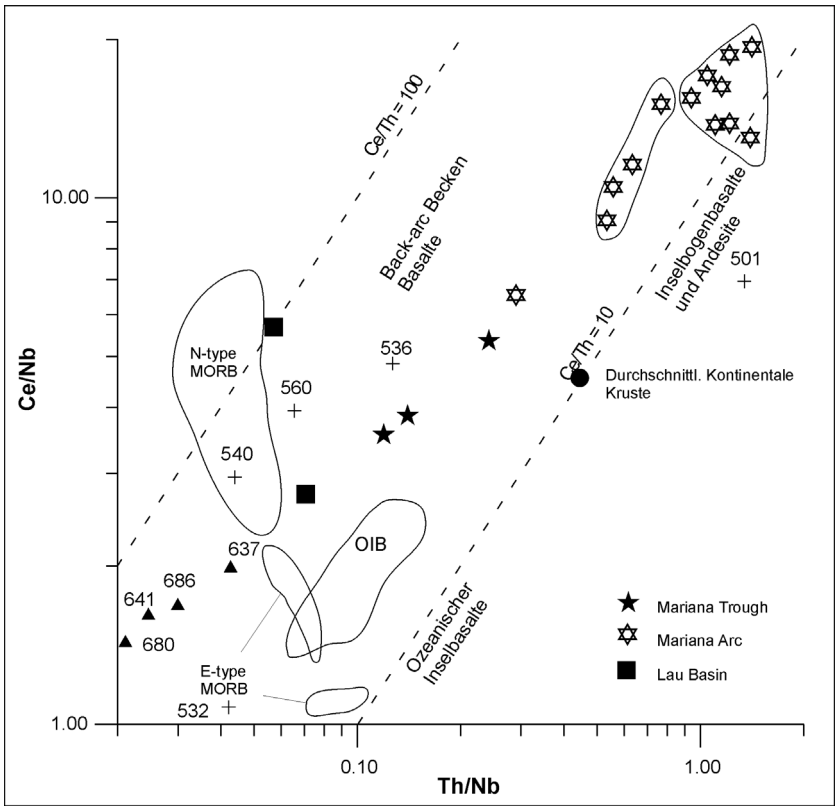


Abb. 5-11: Im Diagramm Th/Nb-Ce/Nb nach Saunders & Tarney (1991) sind Proben von rezenten Back-arc-Becken Basalten wie auch die Proben der kalk-alkalischen Metavulkanite eingetragen.

Bei den hier betrachteten Proben ist eine mehr oder minder große Streuung an resultierenden geotektonischen Bildungsmilieus durch angewendete Diskriminierungsdiagramme vorhanden. Für eine differenzierte Betrachtung ist somit die Interpretation der Multielementdiagramme und SEE-Muster essenziell.

5.3.2 Multielementdiagramme der kalk-alkalischen Metavulkanite

Im Multielementdiagramm Abb. 5-12 werden die basaltischen kalk-alkalischen Proben (501, 540, 560 und 536) und die dazitische Probe 525 aus dem Bereich Río Abtao und Lago Huillinco dargestellt. Die als ARC bezeichnete Probe ist ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Inselbogen nach Elliot et al. (1997) und dient als Vergleich. Die dazitische Probe wurde trotz der hohen Differenzierung in das Diagramm integriert, da sie einen ähnlichen Kurvenverlauf aufweist wie die übrigen in diesem Diagramm dargestellten Proben. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, dass aufgrund der hohen Magmendifferenzierung der dazitischen Probe erhöhte Elementgehalte auftreten.

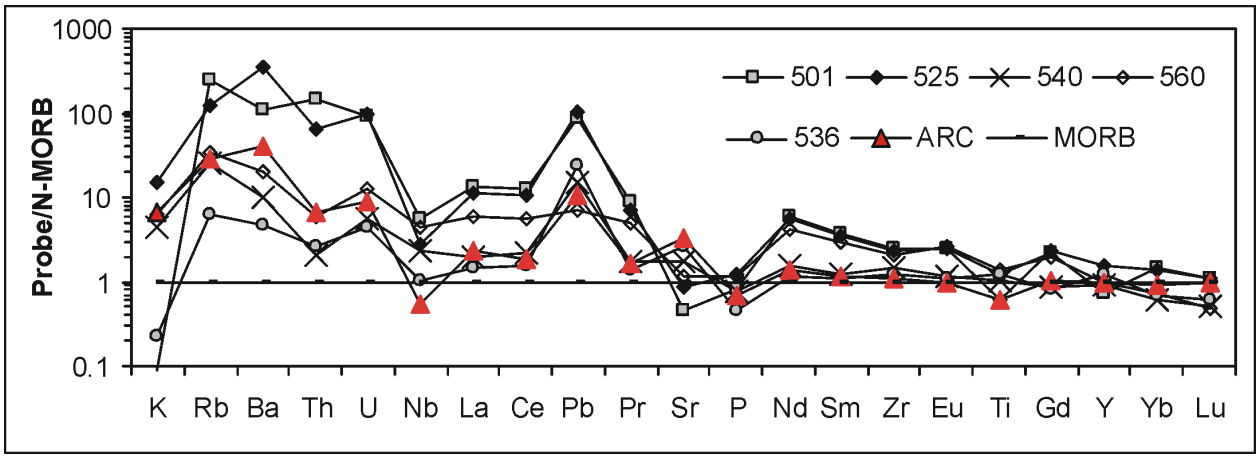


Abb. 5-12: Multielementdiagramm der kalk-alkalischen Proben 501, 540, 560, 536 und der dazitischen Probe 525 aus dem Bereich Lago Huillinco und Cordillera Piuchén. Als Referenz (ARC) wurde ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Island Arc eingefügt (Elliot et al. 1997). Die Elementgehalte wurden auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989 normiert.

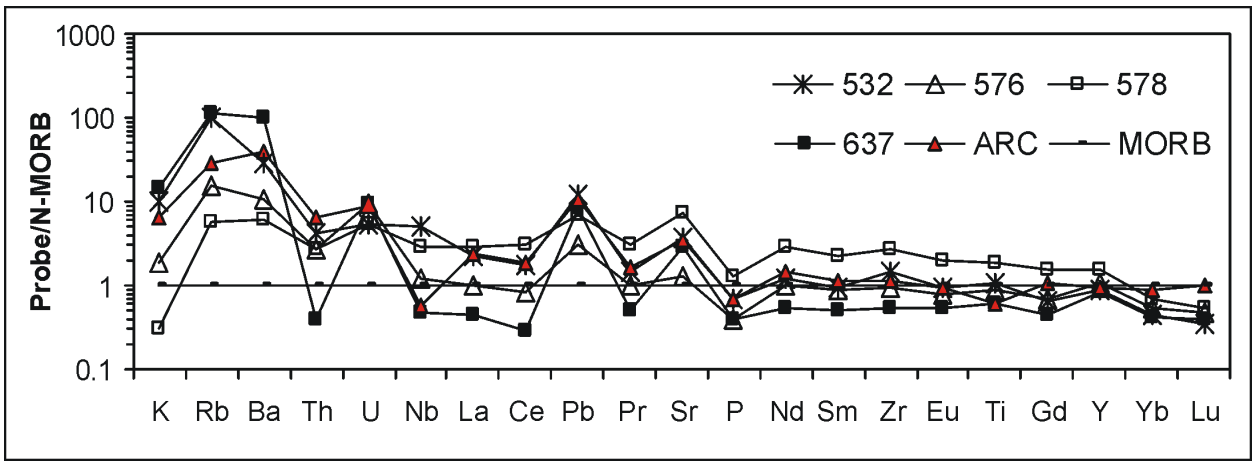


Abb. 5-13: Multielementdiagramm der kalk-alkalischen Proben 532, 576, 578 und 637 aus dem Bereich Abtao und Canal Compu. Als Referenz (ARC) wurde ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Island Arc eingefügt (Elliot et al. 1997) und ein MORB. Die Elementgehalte wurden auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989 normiert.

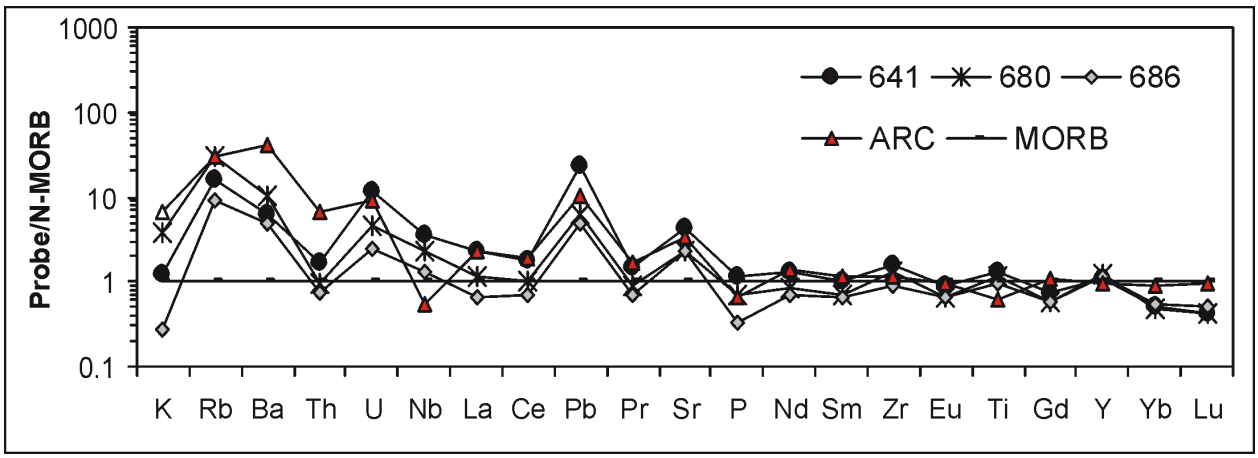


Abb. 5-14: Multielementdiagramm der kalk-alkalischen Proben 641, 680 und 686 von der Südküste Chiloés. Als Referenz (ARC) wurde ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Island Arc eingefügt (Elliot et al. 1997) und ein MORB. Die Elementgehalte wurden auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989 normiert.

Im Multielementdiagramm der kalk-alkalischen Proben fällt zuerst die relativ weite Streuung der Elementgehalte bei den Elementen bis einschließlich Sr auf, bei den Elementen P bis Lu ist ein homogeneres Bild der unterschiedlichen Proben zu beobachten. Generell können die Proben in zwei Gruppen untergliedert werden, zum einen die Proben 501 und 525 mit einer bis zu 300-fachen Anreicherung und die übrigen Proben mit einer ca. 20-fachen Anreicherung. Obwohl die Probe 501 als kalk-alkalischer Metabasit und die dazitische Probe 525 wegen der unterschiedlichen Magmendifferenziation eigentlich nicht vergleichbar sind, ähneln sich die Elementgehalte. Im Vergleich zu den übrigen Proben zeigen sie die stärksten, bis zu 300-fachen,

Elementanreicherungen bei Rb, Ba, Th und U mit Anreicherung, und weisen die ausgeprägtesten Elementanomalien auf. So ist bei beiden Proben die am stärksten ausgeprägte negative Nb-Anomalie und eine ebenso stark ausgeprägte positive Pb-Anomalie auffällig. Negative Nb-Anomalien und positive Pb-Anomalien werden im allgemeinen mit einer Assimilation von kontinentaler Kruste insbesondere von Sedimenten in die Magmenquelle oder auch mit einer sogenannten Inselbogensignatur der Magmen gleichgesetzt (Sun & McDonough 1989, Wilson 1989). Ferner weisen beide Proben eine negative Ti-Anomalie auf, was typisch für eine Inselbogensignatur ist. Bei der Betrachtung der Proben 540, 560 und 536 wird klar, dass sie, ausgenommen von der weniger starken Elementanreicherung, ein ähnliches Muster bei den Elementanomalien aufweisen wie die eben beschriebenen Proben. So ist bei allen Proben eine negative Th-Anomalie, eine negative Nb-Anomalie und eine stark positive Pb-Anomalie festzustellen. Als direkter Vergleich wurde in das Multielementdiagramm ein tholeiitischer Inselbogenbasalt des Mariana Inselbogens (nach Elliot et al. 1997) eingetragen. Mit Hilfe dieses Vergleichs wird deutlich, dass die kalk-alkalischen Proben den rezenten Inselbogenbasalt des Mariana Inselbogens stark gleichen.
Im Multielementdiagramm (Abb. 5-13) sind die Proben 532, 576, 578 und 637 dargestellt, als Referenz wurde auch hier der tholeiitische Inselbogenbasalt des Mariana Inselbogens nach Elliot et al. (1997) eingetragen. Generell zeigen die Proben ein vergleichbares Muster wie die Referenz. Es ist eine ausgeprägte negative Th-Anomalie, eine positive U-, Pb- und Sr-Anomalie und eine schwach negative Pr- und P-Anomalie vorhanden. Neben den bereits genannten Anomalien gelten negative Nb- und Ti-Anomalien als charakteristisch für Inselbogenvulkanite. Wie auch bei einigen Proben aus dem Bereich Abtao und Huillinco zeigen die hier betrachteten Proben des Canal Compu typische Charakteristika für Inselbogenvulkanite und Mittelozeanische Rückenbasalte. Für Inselbogenvulkanite spricht die Anreicherung der LIL-Elemente, die das 10-fache eines N-MORB betragen. Ferner sind die positiven Pb-Anomalien deutliche Hinweise, dass vermutlich ehemalige Sedimente in der Magmenquelle recycelt wurden. Dies ist für normale Mittelozeanische Rückenbasalte untypisch. Für eine Bildung als Mittelozeanischer Rückenbasalt sprechen jedoch die Elementverhältnisse von Th/Nb, Zr/Nb, U/Nb und Pb/Ce.
Daher ist es mit Hilfe des Multielementdiagramms nicht möglich, den geotektonischen Bildungsbereich der Proben eindeutig festzulegen.
In Abb. 5-14 ist das Multielementdiagramm der kalk-alkalischen Proben 641, 680 und 686 der Südküste dargestellt. Alle Proben weisen eine deutliche Anreicherung der LIL-Elemente auf, daneben fallen die Anomalien bei Th, U, Pb, Sr und bei einigen Proben bei Nb auf. Die HFS-Elemente schwanken um eins. Das Multielementdiagramm dieser Proben gleicht den eben dargestellten Proben. Um Wiederholungen zu vermeiden wird deshalb an dieser Stelle nicht noch einmal auf die Einzelheiten eingegangen.
Generell bleibt jedoch festzuhalten, dass alle Proben Anomalien und Anreicherungen aufweisen, die charakteristisch für vulkanische Bogenbasalte sind. Eine eindeutige Zuordnung ist jedoch aufgrund der Multielementdiagramme nicht möglich, da es auch Hinweise gibt die auf eine Bildung als back-arc-Becken Basalte hinweisen.

5.3.3 Seltene Erden-Muster der kalk-alkalischen Metavulkanite

Nimmt man zu der Betrachtung die Seltenen Erden-Muster der Proben hinzu, in Abb. 5-15 sind die Proben 501, 525, 540, 560, 532 und 536 dargestellt, wird das Bild etwas differenzierter. Auch hier sind zwei unterschiedliche Probengruppen auffällig. Die Proben 501, 525 und 560 weisen bei den LSEE eine Elementanreicherung bis zu 100-fach gegenüber Chondrit auf, wohingegen die übrigen Proben wie auch die Vergleichsprobe des Inselbogens eine ca. 20-fache Elementanreicherung zeigen. Bei den erst genannten Proben ist ferner eine deutliche Fraktionierung der LSEE gegenüber den SSEE vorhanden. Die erhöhten Gehalte der dazitischen Probe 525 stehen im direkten Zusammenhang mit der höheren magmatischen Differenziation von SiO_2-reichen Gesteinen und der damit verbundenen Anreicherung von SEE.
Basalte mit einer ca. 10-fachen Chondrit-normierten Elementanreicherung werden zu den primitiven, weniger differenzierten Basalten gezählt (Wilson 1989). Basalte mit einer ca. 50-fachen Elementanreicherung zählen zu den stark differenzierten Gesteinen. Durch die fraktionelle Kristallisation von Olivin, Plagioklas und Klinopyroxen kommt es zu erhöhten Elementanreicherungen der SEE.
Die Proben 532, 536, 540 und die Vergleichsprobe weisen einen relativ kontinuierlichen leicht abfallenden Kurvenverlauf von den leichten zu den schweren SEE auf. Dies deutet auf eine kaum ausgebildete Elementfraktionierung innerhalb der SEE hin, insbesondere auch das Fehlen einer Eu-Anomalie.
Bei der Betrachtung des Chondrit-normierten SEE-Musters der Proben 576 und 578 (Abb. 5-16) ist zunächst ein unterschiedlicher Kurvenverlauf der Proben festzustellen. Die Probe 576 zeigt eine stärkere Anreicherung der SEE als die Probe 578. Die Schweren und Mittleren Seltenen Erden sind ca. 30-fach angereichert, wohingegen die LSEE ca. 10-fach angereichert sind. Die höhere Anreicherung der SEE der Probe 576 kann auf eine fraktionierte Kristallisation hinweisen. Daneben ist eine deutliche Fraktionierung der LSEE gegenüber den SSEE zu beobachten. Das SEE-Muster der Probe 578 verläuft sehr flach mit einer ca. 10-fachen Anreicherung der SEE. Eine Fraktionierung innerhalb der SEE ist nicht zu erkennen. Generell ist ein leicht konvexer Kurvenverlauf zu beobachten mit leicht abnehmenden Gehalten bei den SSEE. Die leichte Fraktionierung der SSEE könnte auf Granat in der Mantelquelle hinweisen.
Die normierten SEE-Muster der Proben 637, 641, 680 und 686 (Abb. 5-17) werden wegen ihrer Unterschiede einzeln diskutiert. Die Proben 637 und 686 weisen eine Verarmung an LSEE auf. Es ist ein konvexer Kurvenverlauf mit einer ca. 9-fachen Anreicherung der SEE zu beobachten. Die negative Ce-Anomalie der Probe 637 geht vermutlich auf eine sekundäre Elementmobilisierung zurück. Ce ist während der Ozeanbodenmetasomatose mobil (Rollinson 1993) und die Verarmung kann somit mit einer Mobilisierung von Ce erklärt werden. Eine so geringe Anreicherung bzw. Verarmung der SEE ist ungewöhnlich für kalk-alkalische Gesteine. Sie sollten normalerweise eine deutliche Fraktionierung der SEE und höhere Elementgehalte insbesondere der LSEE aufweisen. Das SEE-Muster der Proben 637 und 686 ist eher typisch für Mittelozeanische Rückenbasalte. Der Kurvenverlauf der Probe 680 ist ungefähr gleichbleibend bei einer ca. 10-fachen Anreicherung der SEE gegenüber Chondrit. Es ist keine Fraktionierung innerhalb der SEE festzustellen. Auch dieser Kurvenverlauf ist für kalk-alkalische Gesteine untypisch. Die deutlichste Anreicherung an LSEE weist die Probe 641 auf. Mit dem flach abfallenden Kurvenverlauf von den LSEE bis zu den SSEE wird eine Fraktionierung der LSEE gegenüber den SSEE deutlich. Die LSEE sind ca. 15-fach angereichert, die SSEE ca. 10-fach. Der Kurvenverlauf und auch die Elementgehalte der Probe 641 sind typisch für kalk-alkalische Basalte.

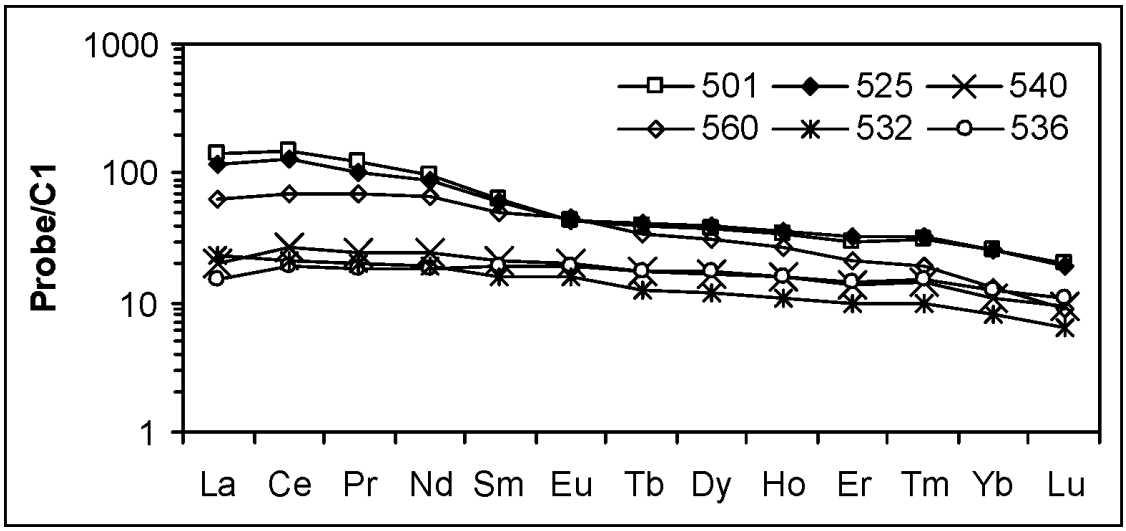


Abb. 5-15: Seltenen Erden-Muster der kalk-alkalischen Proben und der dazitischen Probe aus dem Bereich Huillinco und Cordillera Piuchén. Normierung auf C1-Chondrite nach Sun & McDonough 1989.

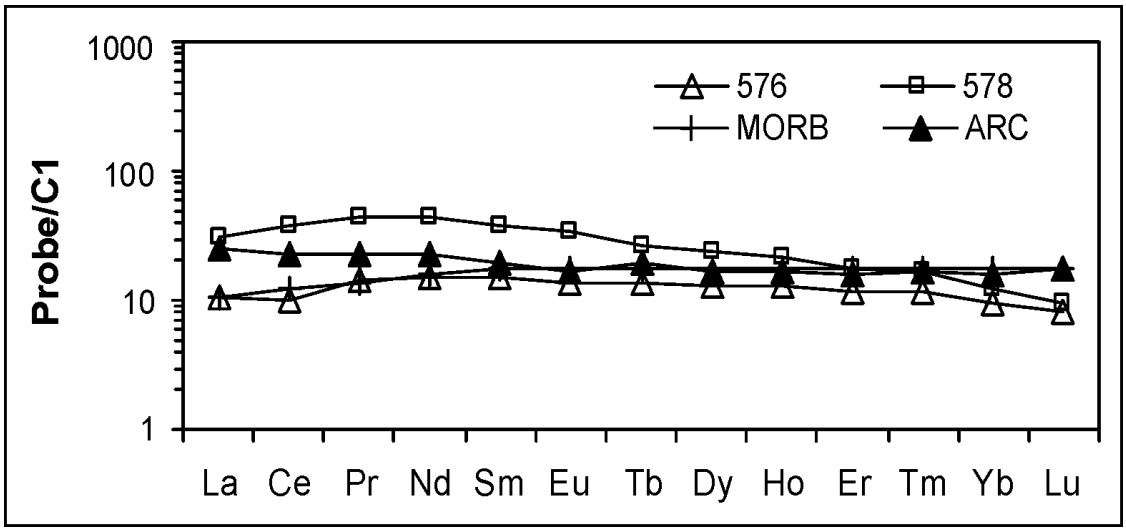


Abb. 5-16: C1-Chondrit-normiertes SEE-Muster der Proben 576 und 578 aus dem Bereich Canal Compu und der bereits öfter zitierten Referenzproben MORB und ARC. Normierung auf den C1-Chondrit nach Sun & McDonough (1989).

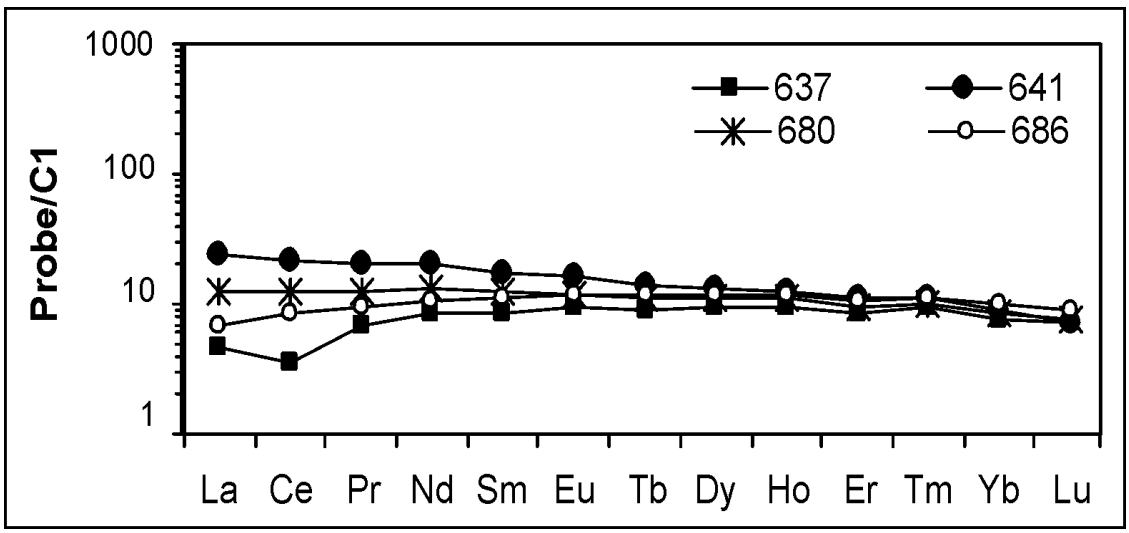


Abb. 5-17: C1-Chondrit-normiertes SEE-Muster der Proben 637, 641, 680 und 686. Normierung auf den C1-Chondrit nach Sun & McDonough (1989).

Das Multielementdiagramm und die SEE-Muster stellen die Zuordnung der Proben 532, 536, 540, 576, 578, 637, 641, 680 und 686 zu kalk-alkalischen Magmen in Frage. Bei kalk-alkalischen Magmen erwartet man eigentlich eine deutlich stärkere Anreicherung der LIL-Elemente und auch eine höhere Konzentration der SEE. Ferner ist der Kurvenverlauf in SEE-Diagrammen von kalk-alkalischen Magmen steiler mit einer deutlichen Fraktionierung der SEE. Es erscheint fraglich, ob die Definition der Magmenserien mit Hilfe der Diagramme nach Winchester & Floyd (1977) und nach Middelmost (1975) für die genannten Proben zutreffend sind. Vielmehr ist anzunehmen, dass die den Diagrammen zugrunde liegenden Elemente (Na, K, Al) durch sekundäre Mobilisierungen verändert wurden und die Proben somit deshalb in den Bereich für kalk-alkalische Gesteine fallen. Es wird davon ausgegangen, dass eine Elementmobilisierung stattfand und die Proben deshalb im Bereich für kalk-alkalische Proben fallen.

5.3.4 Geotektonische Position der kalk-alkalischen Metavulkanite

Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse der kalk-alkalischen Proben ist es sinnvoll zwei Gruppen zu unterscheiden: als erste Gruppe die Proben 501und 525, als zweite Gruppe die Proben 532, 536, 540, 576, 578, 637, 641, 680 und 686.
Die Proben 501 und 525 zeigen ein relativ einheitliches Bild. Bei vielen Diskriminationsdiagrammen fällt die Probe 501 in die Felder für Inselbogenbasalte oder kalk-alkalische Basalte. Im Multielementdiagramm weisen beide Proben die höchsten Elementanreicherungen und die stärksten Elementanomalien auf. Auch beim SEE-Muster zeigen sie ein für stark differenzierte Gesteine typisches Muster. Bei der zusätzlichen Berücksichtigung von Elementverhältnissen, wie z.B. Zr/Nb, Th/Nb, Nb/U oder La/Nb haben die Proben Werte, die für das geotektonische Milieu eines Inselbogens oder eines aktiven Kontinentalrandes typisch sind. Auf Grundlage der hier vorliegenden Daten wurden die beiden Proben 501 und 525 vermutlich innerhalb eines vulkanischen Bogens gebildet. Es erfolgt zunächst bewußt keine Festlegung, ob es sich dabei um einen ozeanischen Inselbogen oder um einen aktiven Kontinentalrand handelt. Wären die Gesteine innerhalb eines ozeanischen Inselbogens gebildet, würde es sich um einen entwickelten Inselbogen handeln, da es erst bei solchen Inselbögen zur Bildung von kalk-alkalischen Gesteinen kommt. Gegen die Bildung innerhalb eines entwickelten ozeanischen Inselbogens sprechen die ausgeprägten Nb-, Pb- und P-Anomalien, die auf eine Assimilation von Sedimenten zur Magmenquelle schließen lassen. Es ist eher unwahrscheinlich, dass die Sedimentzufuhr bei einem kontinentalfernen ozeanischen Inselbogen so ins Gewicht fiele. Ferner wird die Bildung von dazitischen Magmen innerhalb eines Inselbogens nur in seltenen Fällen beobachtet. Innerhalb von Vulkanbögen entlang eines aktiven Kontinentalrandes sind sie jedoch häufig anzutreffen. Daher werden die Proben 501 und 525 einem aktiven Kontinentalrand zugeordnet.
Eine zweifelsfreie Zuordnung der Proben 532, 536, 540, 576, 578, 637, 641, 680 und 686 zu einem geotektonischen Milieu ist nicht möglich. Die Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme variieren zwischen einer Bildung an einem Mittelozeanischen Rücken als MORB, als back-arc-Becken Basalte oder innerhalb eines vulkanischen Bogens. Bei der Betrachtung der Multielementdiagramme (Abb. 5-12, Abb. 5-13 und Abb. 5-14) wird jedoch klar, dass die Bildung als MORB nicht eindeutig ist. Die Proben weisen im Multielementdiagramm eine starke Anreicherung von LIL-Elementen und großteils eine negative Nb-Anomalie auf, was charakteristisch für die Bildung innerhalb eines vulkanischen Bogens oder eines back-arc-Beckens ist. Trotzdem darf jedoch nicht außer acht gelassen werden, dass die Proben 532, 536, 540, 576, 578, 637, 641, 680 und 686 keine typischen Elementverhältnisse für die Bildung in einem vulkanischen Bogen zeigen. Beim Vergleich der Geochemie der Proben mit Proben aus rezenten back-arc-Becken ist eine auffallende Ähnlichkeit zu erkennen. Solche Proben zeichnen sich bei Multielementdiagrammen durch eine Anreicherung an LIL-Elementen aus, die negative Nb-Anomalie ist meist nur schwach ausgeprägt und die HFS-Elemente liegen bei einer N-MORB-Normierung bei ca. zwei (Saunders & Tarney 1991). Auch in den Diagrammen Ba/Zr-

Ce/Zr und Th/Nb-Ce/Nb (Abb. 5-11) nach Saunders & Tarney (1991), die speziell für die Unterscheidung von back-arc-Becken Gesteinen entwickelt wurden, fallen die genannten Proben in den Bereich für back-arc-Becken Gesteine. Somit ist die Bildung der Gesteine im Bereich eines back-arc-Beckens wahrscheinlich.
Die SEE-Muster der Proben 532, 536, 540, 576, 578, 637, 641, 680 und 686 sind mit der beobachteten ca. 10-fachen SEE-Anreicherung und einem leicht konvexen Kurvenverlauf normalerweise typisch für Mittelozeanische Rückenbasalte. Die Muster der Proben 641 und 680 zeigen eine etwas höhere Anreicherung der SEE und sind somit ohne Hinzunahme der Ergebnisse anderer geochemischer Methoden keinem bestimmten geotektonischen Milieu zuzuordnen. Für die Proben 641 und 680 käme eine Bildung als E-MORB, als OIB oder auch als VAB in Frage.
Kalk-alkalische Magmen kommen weltweit nur im Zusammenhang mit Subduktionszonen vor. Jedoch sind nicht alle in diesem Kapitel zusammengefassten Proben kalk-alkalisch. Als kalk-alkalische Metavulkanite gelten die Proben 501 und 525, die Bildung dieser Gesteine wird dem Bereich eines vulkanischen Bogens zugeordnet. Die Seltenen Erden-Muster der Proben 532, 536, 540, 576, 578, 637, 641, 680 und 686 widersprechen jedoch der angewendeten Definition zur Unterscheidung der unterschiedlichen Magmenserien. Somit kommen für diese Proben auch andere geotektonische Bildungsbereiche in Frage, die nicht an eine Subduktionszone gebunden sind. Die Proben zeigen typische Charakteristika, die für eine Bildung im Bereich eines vulkanischen Bogens als auch die für eine Bildung im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens sprechen. Gesteine, die im Bereich eines back-arc-Beckens gebildet wurden, vereinen wesentliche Charakteristika von vulkanischen Bogenbasalten und von MORB (Saunders & Tarney 1991). Eine zweifelsfrei Zuordnung zu einem geotektonischen Bildungsmilieu kann mit den vorhandenen Daten leider nicht vorgenommen werden.

5.4 Tholeiitische Metavulkanite

Aufgrund der geochemischen Gesteinsklassifizierung sind die Proben 522, 542, 544, 565, 566, 567, 625, 627, 675, 678, 687, 690 und 693 tholeiitische Metavulkanite. Zunächst werden die Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme dargestellt und anschließend die Multielementdiagramme und SEE-Muster interpretiert.

5.4.1 Diskriminationsdiagramme der tholeiitischen Metavulkanite

Tab. 5-2: Übersicht der Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme. Die Bezeichnung der geotektonischen Bildungsmilieus folgt der der jeweiligen Diagramm-Autoren. MORB: Mittelozeanischer Rückenbasalt; N-MORB: verarmter Mittelozeanischer Rückenbasalt; E-MORB: angereicherter Mittelozeanischer Rückenbasalt; BAB: Back-arc-Becken Basalt ; VAB: vulkanischer Bogenbasalt (volcanic arc basalt); IAT: Inselbogentholeiit (island arc tholeiite); IAB: Inselbogenbasalt (island arc basalt); CAB: kalk-alkalischer Basalt (calc-alkalische basalt); OIB: Ozeanischer Inselbasalt (oceanic island basalt); WPB: Intraplattenbasalt (within-plate basalt); OIA: alkalischer ozeanischer Inselbasalt (oceanic island alkalische basalt); OIT: ozeanischer Inseltholeiit (oceanic island tholeiite).

Diskriminationsdiagramme **Proben**	Lago Huillinco **522**	Lago Huillinco **542**	Lago Huillinco **544**	Lago Huillinco **565**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	außerhalb	MORB	MORB	MORB
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	WPB	MORB/VAB	MORB/VAB	VAB/MORB
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	WPB	außerhalb	außerhalb	MORB/IAB/CAB
TiO2 - MnO - P2O5 (Mullen 1983)	IAT	IAT	IAT	IAT
Ti - V (Shervais 1982)	außerhalb	IAT/MORB	MORB	MORB
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	WPT/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	IAB	außerhalb	IAB	IAB
Y - Cr (Pearce 1982)	VAB/MORB/WPB	MORB/VAB	MORB/VAB	MORB/VAB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	MORB/BAB	BAB	BAB/MORB	BAB/MORB
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	MORB	BAB/MORB	MORB	MORB
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	OIB/BAB	MORB	BAB	MORB

Diskriminationsdiagramme **Proben**	Lago Huillinco **566**	Lago Huillinco **567**	Südküste **625**	Südküste **627**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	MORB/IAB/CA	MORB	MORB	MORB
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	VAB/MORB	MORB	MORB/VAB	MORB
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	MORB/IAB/CAB	MORB/IAB/CAB	MORB/IAB/CA	MORB/IAT/CAB
TiO_2 - MnO - P_2O_5 (Mullen 1983)	IAT	MORB	MORB	MORB
Ti - V (Shervais 1982)	IAT/MORB	MORB	MORB	MORB
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/IAB
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	IAB	MORB	außerhalb	IAB
Y - Cr (Pearce 1982)	MORB/VAB	MORB	VAB	MORB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	MORB	MORB	N-MORB	außerhalb
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	MORB	außerhalb	BAB	außerhalb
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	MORB	MORB	BAB	MORB

Diskriminationsdiagramme **Proben**	Südküste **675**	Südküste **678**	Südküste **687**	Südküste **690**	Südküste **693**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	MORB	MORB	MORB	MORB	MORB
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	MORB	MORB	MORB	MORB/VAB	MORB
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	MORB/IAT/CAB	MORB/IAT/CAB	MORB/IAB/CAB	MORB/IAB/CAB	MORB/IAT/CAB
TiO_2 - MnO - P_2O_5 (Mullen 1983)	MORB	MORB/IAT	MORB	IAT	MORB
Ti - V (Shervais 1982)	außerhalb	MORB	MORB	MORB	MORB
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	ARC	ARC	außerhalb	MORB/VAB	VAB
Y - Cr (Pearce 1982)	VAB	MORB	MORB	MORB	MORB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	BAB/MORB	MORB	MORB/BAB	MORB	MORB
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	MORB	MORB	MORB	MORB	MORB
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	MORB	MORB	MORB	außerhalb	MORB

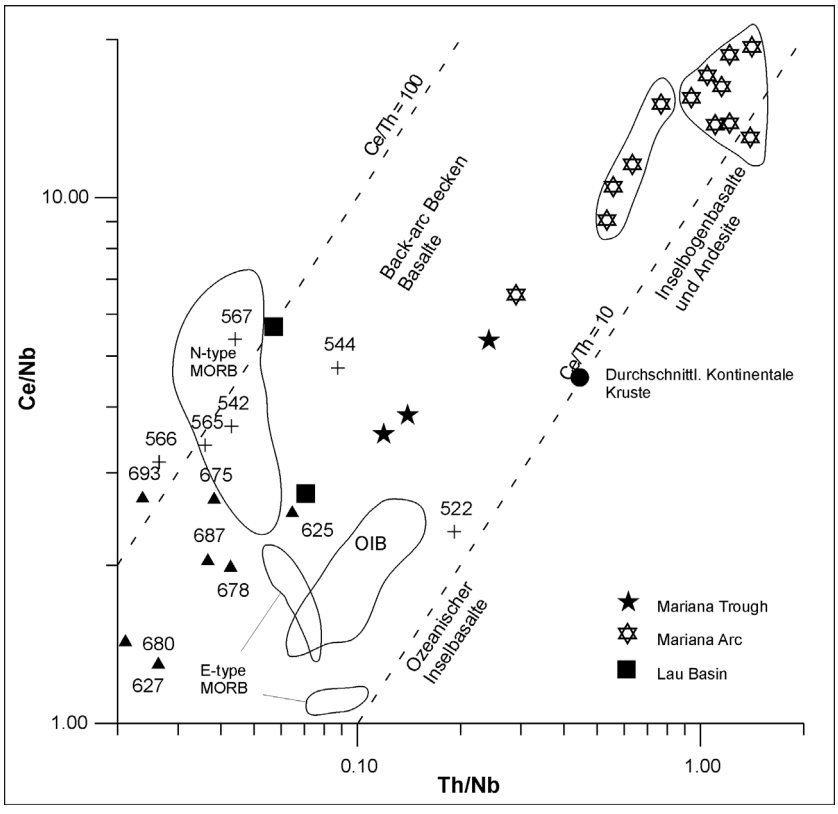


Abb. 5-18: Im Diagramm Th/Nb-Ce/Nb nach Saunders & Tarney 1991 sind Proben von rezenten back-arc-Becken Basalten wie auch die Proben der Regionen Cordillera Piuchén und Lago Huillinco eingetragen. Erläuterung siehe Text.

Im Diagramm Th/Nb-Ce/Nb nach Saunders & Tarney (1991) (Abb. 5-18) werden die verschiedenen Bildungsbereiche von Basalten mit den inkompatiblen Elementen Th und Nb unterschieden. Bei der Betrachtung der tholeiitischen Metavulkanite wird deutlich, dass die Proben 542, 565, 566, 567, 625, 627, 675, 678, 687, 690 und 693 Elementverhältnisse wie MORB haben. Die Probe 544 ist vergleichbar mit Back-arc-Becken Basalten und die Probe 522 kann nicht eindeutig einem geotektonischen Bildungsmilieu zugeordnet werden.

Bei einer differenzierten Betrachtung der Ergebnisse der unterschiedlichen Diskriminationsdiagramme wird klar, dass je Probe eine mehr oder minder große Streuung an resultierenden geotektonischen Bildungsmilieus vorhanden ist. Je nach Gewichtung einzelner Diagramme können hier unterschiedliche geotektonische Bildungsbedingungen für eine Interpretation herangezogen werden. Nicht nur deshalb ist es wichtig, die so gewonnenen Ergebnisse mit anderen Interpretationsmethoden zu verknüpfen. Für eine differenziertere Betrachtung sind vor allem Multielementdiagramme und SEE-Muster wichtig. Auch aufgrund der für die Proben schwer kalkulierbaren Elementmobilisierung ist es sinnvoll für die Interpretation hauptsächlich auf die Seltenen Erdenelemente und inmobile Elemente zurückzugreifen.

5.4.2 Multielementdiagramme der tholeiitischen Metavulkanite

In Abb. 5-19, Abb. 5-20 und Abb. 5-21 sind die Multielementdiagramme der N-MORB-normierten Proben 522, 542, 565, 566, 567, 625, 627, 675, 678, 687, 690 und 693 dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit sind Vergleichsproben in die Multielementdiagramme eingetragen. Als ARC wird ein tholeiitischer Inselbogenbasalt nach Elliot et al. (1997) und als MORB ein verarmter Mittelozeanischer Rückenbasalt nach Sun & McDonough (1989) dargestellt.
Beim Betrachten des Multielementdiagramms wird deutlich (Abb. 5-19), dass die Proben relativ ähnlich sind, nur die Probe 522 zeigt eine höhere Th-, U-, Nb-, Zr- und Ti-Anreicherung. Die Proben zeigen eine ca. 10-fache Anreicherung an Rb, eine mehr oder minder ausgeprägte negative Th-Anomalie, eine stark ausgeprägte Pb-Anomalie und eine negative P-Anomalie. Generell ist eine Anreicherung der LIL-Elemente zu beobachten, während die HFS-Elemente mehr oder weniger bei eins liegen. Die Nb-Gehalte der Probe führen zu keiner positiven bzw. negativen Nb-Anomalie. Vergleicht man die Proben mit den beiden Referenzproben, wird deutlich, dass die tholeiitischen Metavulkanite den Kurvenverlauf des ARCs nachzeichnen, jedoch generell eine geringere Elementanreicherung aufweisen. Bei den Elementen Nd bis Lu liegen die Elementgehalte um eins, was dem N-MORB entspricht. Gegen eine Interpretation der Proben als Inselbogenvulkanite spricht die fehlende charakteristische negative Nb-Anomalie. Gegen die Bildung der Proben im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens als MORB sprechen jedoch die Anreicherungen der LIL-Elemente und die ausgeprägten Pb- und P-Anomalien, die mit einer Sedimentzufuhr zur Magmenquelle zusammenhängen können. Die drei Proben 625, 627 und 675 von der Südküste Chiloés zeigen einen ähnlichen Kurvenverlauf im N-MORB-normierten Multielementdiagramm (Abb. 5-20). Auch bei diesen Proben ist eine Anreicherung der LIL-Elemente zu beobachten. Der geringe Ba-Gehalt geht vermutlich auf eine sekundäre Mobilisierung zurück. Bei der Probe 675 ist eine ausgeprägte negative Nb-Anomalie zu beobachten. Bei allen drei Proben ist ein deutliche positive Pb-Anomalie und eine negative P-Anomalie vorhanden. Generell sind die HFS-Elementgehalte der Proben höher als in einem N-MORB.
In Abb. 5-21 ist das N-MORB-normierte Multielementdiagramm der tholeiitischen Metabasitproben 678, 687, 690 und 693 der Südküste dargestellt. Der Kurvenverlauf der einzelnen Proben ist relativ gleichförmig, sie unterscheiden sich nur durch unterschiedliche Elementgehalte. Bei der Probe 687 sind die höchsten Elementanreicherungen bei der Proben 690 die geringsten Elementanreicherungen vorhanden. Die geringen Ba-Gehalte gehen vermutlich auf eine sekundäre Elementmobilisierung zurück. Trotz der geringen Ba-Gehalte kann von einer Anreicherung der LIL-Elemente gesprochen werden. Bei Probe 687 erreicht die Anreicherung das ca. 20-fache der Normierung, bei Probe 690 das ca. 2-fache. Alle Proben weisen eine ausgeprägte positive U-, Pb- und Sr-Anomalie auf. Eine negative Nb-Anomalie ist dagegen nur schwer zu erkennen. Die HFS-Elemente der Proben liegen etwas über eins.

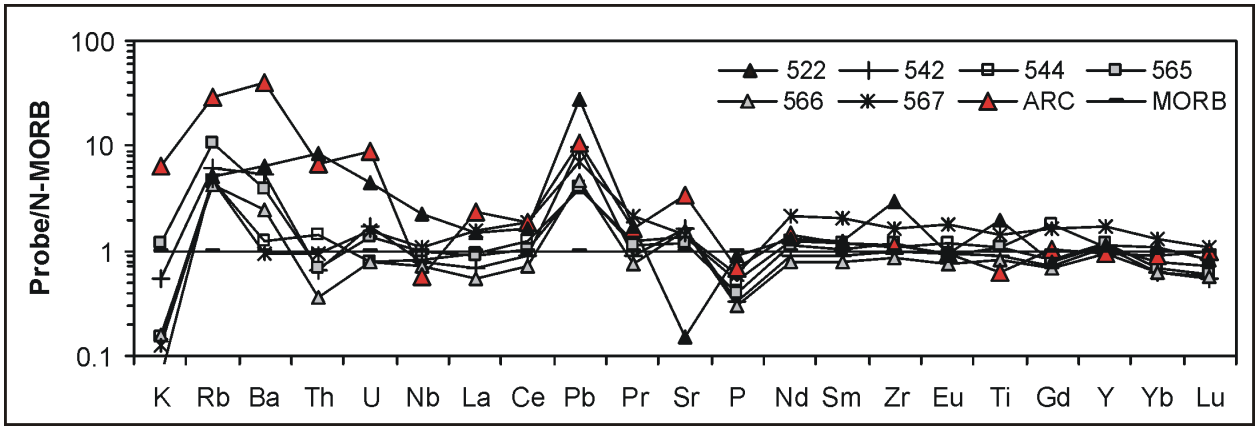


Abb. 5-19: Multielementdiagramm der Proben 522, 542, 565, 566 und 567. Die Elementgehalte wurden auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989 normiert. Als Referenz (ARC) wurde ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Island Arc und MORB eingefügt (Elliot et al. 1997).

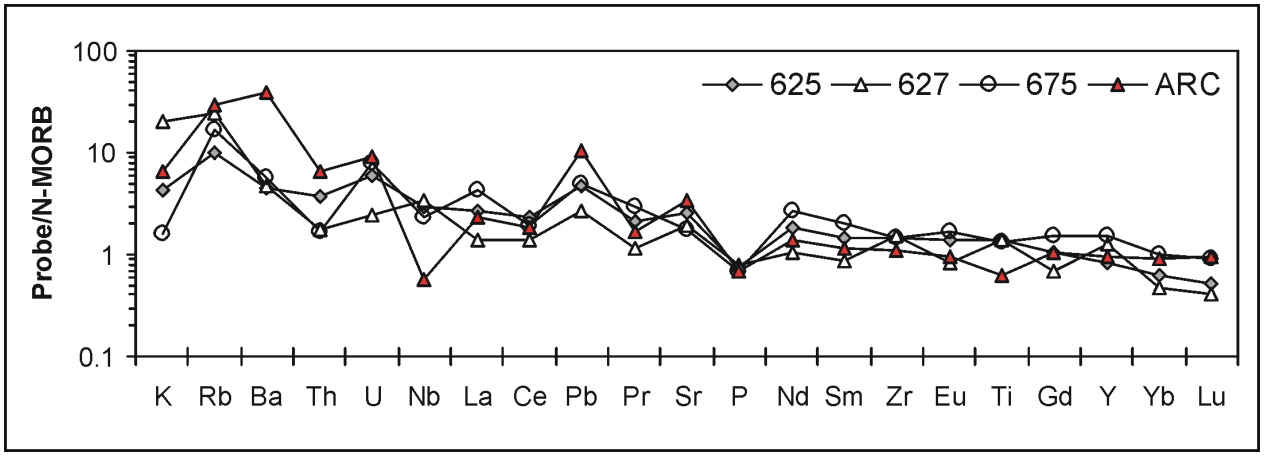


Abb. 5-20: Multielementdiagramm der tholeiitischen Proben 625, 627 und 675. Die Elementgehalte wurden auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989 normiert. Als Referenz (ARC) wurde ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Island Arc eingefügt (Elliot et al. 1997).

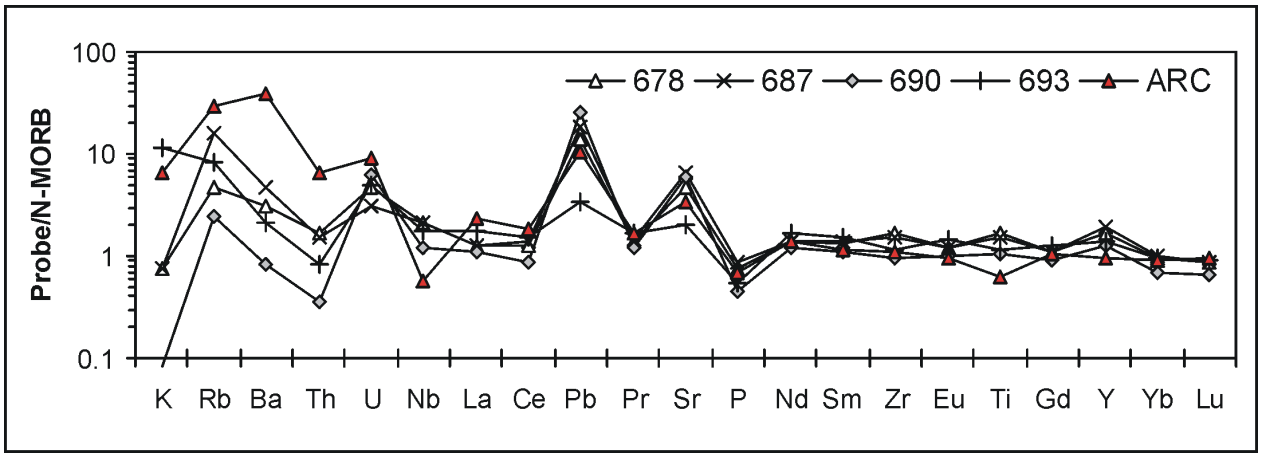


Abb. 5-21: Multielementdiagramm der tholeiitischen Proben 678, 687, 690 und 693. Die Elementgehalte wurden auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989 normiert. Als Referenz (ARC) wurde ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Island Arc eingefügt (Elliot et al. 1997).

5.4.3 Seltene Erden-Muster der tholeiitischen Metavulkanite

In der Abb. 5-22 und Abb. 5-23 sind die C1-Chondrit-normierten SEE-Muster der Proben 522, 542, 544, 565, 566, 567, 625, 627, 675, 678, 687, 690 und 693 dargestellt. Die SEE-Muster der beiden Referenzproben sind in Abb. 5-24 zum Vergleich angegeben.

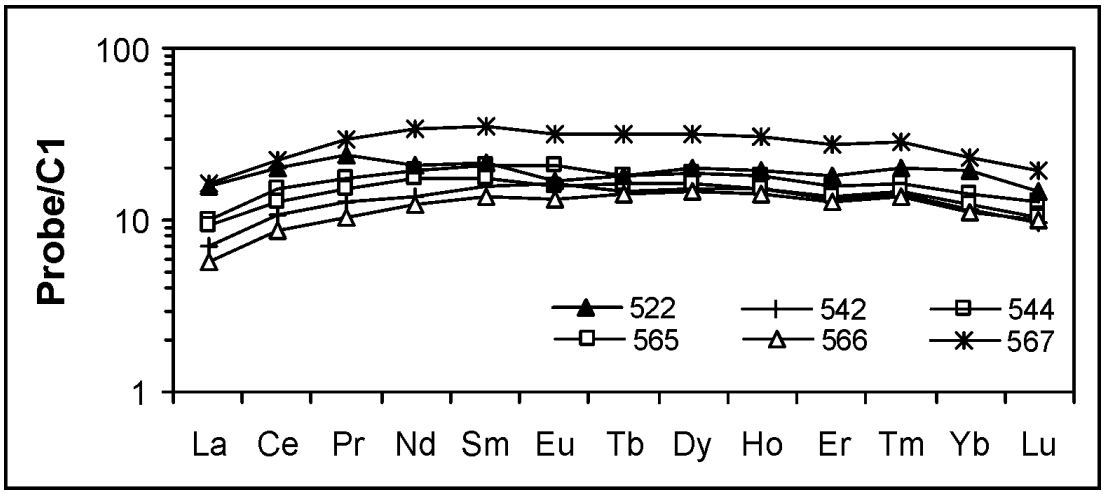


Abb. 5-22: C1-Chondrit-normiertes SEE-Muster der Proben 522, 542, 544, 565, 566 und 567. Normierung auf den C1-Chondrit nach Sun & McDonough 1989.

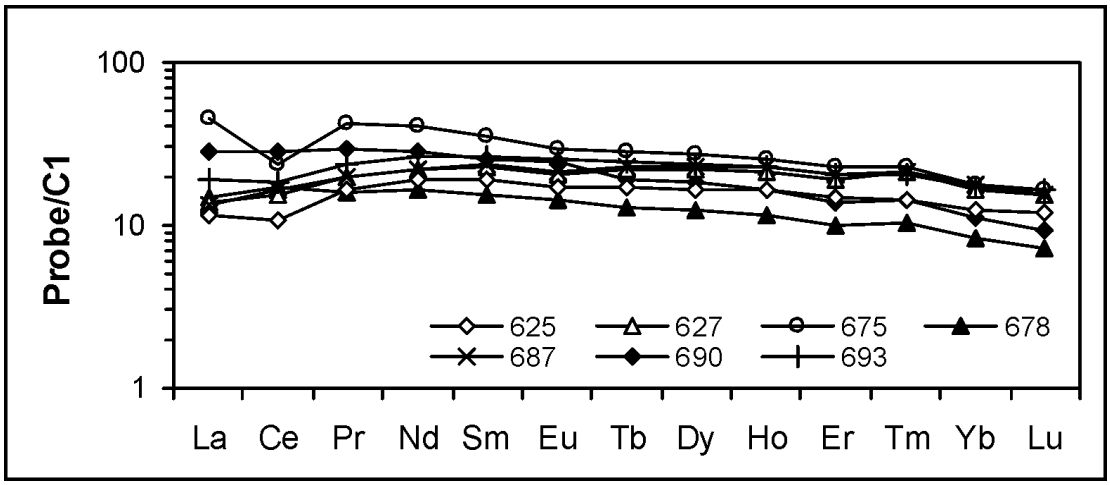


Abb. 5-23 C1-Chondrit-normiertes SEE-Muster der Proben 625, 627, 675, 678, 687, 690 und 693. Normierung auf den C1Chondrit nach Sun & McDonough (1989).

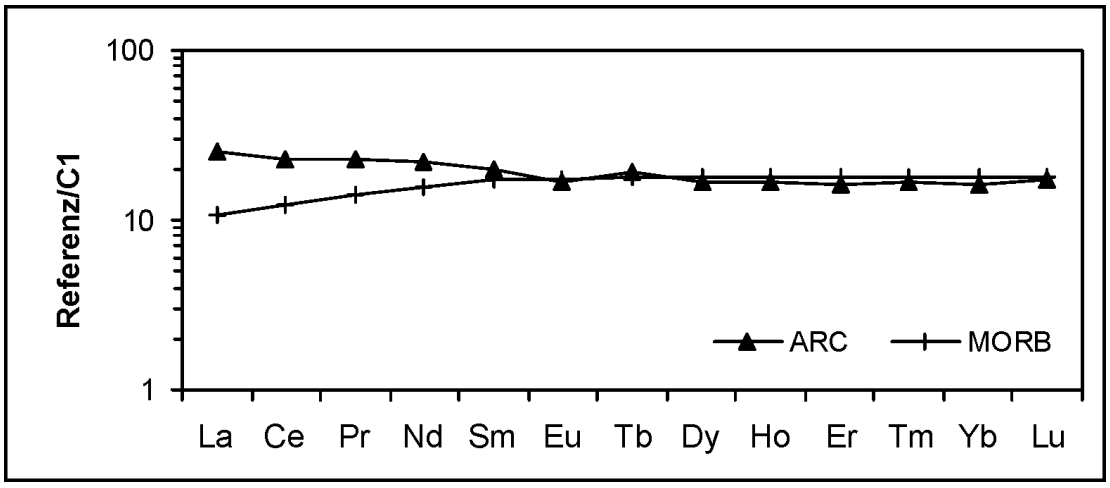


Abb. 5-24: SEE-Muster der Referenzproben ARC (Elliot et al. 1997) und MORB (Sun & McDonough 1989). Normierung auf C1-Chondrit nach Sun & McDonough (1989).

Wie bereits bei den Multielementdiagrammen wird auch bei dem SEE-Muster eine starke Ähnlichkeit der Proben untereinander ersichtlich. Die Proben der Abb. 5-22 weisen eine ca. 20-fach Chondrit-normierte Anreicherung der SEE auf, wobei eine leichte Verarmung an LSEE zu beobachten ist. Durch die Verarmung der LSEE entsteht ein für N-MORB typisches konvexes SEE-Muster, was auf einen an inkompatiblen Elementen verarmten Peridotit als Magmenquelle zurückgeht. Im Vergleich zu den übrigen Proben zeigt die Probe 567 die höchsten normierten SEE-Gehalte. Daraus geht hervor, dass diese Probe ein stärker differenzierter Metabasit ist als die anderen Proben. Generell wird die Zunahme der SEE-Gehalte mit der fraktionierten Kristallisation von Olivin, Plagioklas und Klinopyroxen in Zusammenhang gebracht, ohne dass dabei eine Fraktionierung der SEE untereinander erfolgt. Bei der Probe 522 ist eine negative Eu-Anomalie im Seltenen Erden-Muster zu erkennen. Eine nicht ausgebildete Eu-Anomalie ist für N-MORB charakteristisch. Allgemein werden Eu-Anomalien durch Feldspat kontrolliert. Das Eu ist als Eu^{2+} kompatibel zu Plagioklas und Alkalifeldspat, wohingegen sich die dreiwertigen SEE inkompatibel verhalten. Es muß sich daher um eine partielle Schmelzbildung eines Gesteins handeln, wo Feldspat zurückgehalten und somit eine negative Eu-Anomalie verursacht wurde.
Die Proben 625, 627 und 675 der Abb. 5-23 weisen einen sehr ähnlichen Kurvenverlauf auf, wobei die Probe 625 eine ca. 30-fache Anreicherung, die Probe 627 eine ca. 15-fache Anreicherung und die Probe 675 eine ca. 50-fache Anreicherung der LSEE haben. Die Anreicherung der SSEE liegt jeweils etwas darunter, was auf eine leichte Fraktionierung der SEE zurückzuführen ist. Bei den drei Proben ist ein leicht abfallender Kurvenverlauf zu beobachten. Die übrigen vier Proben 678, 687, 690 und 693 zeigen einen schwach konvexen Kurvenverlauf. Die LSEE sind im Vergleich zu den übrigen SEE etwas verarmt. Aufgrund des sehr flachen Kurvenverlaufs kann eine Fraktionierung der SEE untereinander ausgeschlossen werden. Eine deutliche negative Ce-Anomalie ist bei Probe 675, 690 und 693 vorhanden. Ce ist für eine sekundäre Mobilisierung während der Ozeanbodenmetasomatose sehr anfällig (Rollinson 1993). Es kann angenommen werden, dass eine sekundäre Mobilisierung für diese Ce-Anomalie verantwortlich ist.
In Abb. 5-24 sind die SEE-Muster der beiden Referenzproben angegeben. Sie haben beide eine ca. 10-fache Chondrit-normierte Elementanreicherung und unterscheiden sich nur durch die Elementgehalte der LSEE. Die MORB-Probe hat die für dieses geotektonische Bildungsmilieu charakteristische Verarmung der LSEE. Im Gegensatz dazu ist bei der ARC-Probe eine leichte Chondrit-normierte Anreicherung der LSEE festzustellen.
Bei einer Interpretation der Ergebnisse nur auf Grundlage der SEE-Muster erscheint die Bildung der Proben 522, 542, 544, 565, 566, 567, 627, 678, 687 und 690 mit einem leicht konvexen Kurvenverlauf im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens wahrscheinlich. Bei den Proben 625, 675 und 693 ist eine 20-, 30- bzw. 50-fache Anreicherung der LSEE vorhanden somit ist eine starke Ähnlichkeit mit der Referenzprobe ARC gegeben. Eine Zuordnung zu einem geotektonischen Bildungsmilieu ist auf Grundlage der SEE-Muster für diese Proben nicht möglich.

5.4.4 Geotektonische Position der tholeiitischen Metavulkanite

Faßt man die Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme zusammen, ergeben sich drei Gruppen. Bei der ersten Gruppe mit den Proben 542, 544, 565, 566, 625, 627, 675, 678, 687, 690 und 963 liegen die Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme in den Feldern für Mittelozeanische Rückenbasalte, Vulkanische Bogenbasalte oder back-arc-Becken-Basalte. Als zweite Gruppe kann die Probe 567 unterschieden werden, die hauptsächlich in den Feldern für Mittelozeanische Rückenbasalte fallen. Die Probe 522 als dritte Gruppe fällt in Diskriminationsfelder für Intraplattenbasalte, vulkanische Bogenbasalte oder Mittelozeanische Rückenbasalte.
Die Ergebnisse des Multielementdiagramms zeigen eine Zwischenposition der tholeiitischen Metavulkanite zwischen tholeiitischen Inselbogenbasalten und MORB. Die Multielementdiagramme der Proben sind relativ gleichförmig. Es ist eine Anreicherung der LIL-Elemente sowie

eine deutlich positive Pb- und Sr-Anomalie zu beobachten. Die HFS-Elemente liegen meist über den Normierungswert eins. Die genannten Merkmale der Multielementdiagramme der Proben sprechen für einen vulkanischen Bogen als geotektonisches Bildungsmilieu. Das Ergebnis der Seltenen Erden-Muster läßt für die Proben 522, 542, 544, 565, 566, 567, 627, 678, 687 und 690 jedoch auf eine Bildung der tholeiitischen Proben als MORB schließen. Die Proben 625, 675 und 693 ist undeutlich, sie können als Inselbogenbasalte wie auch als MORB interpretiert werden. Aufgrund der Ergebnisse der unterschiedlichen Methoden ist es somit ohne weitere Diskussion und Abwägen der Argumente nicht möglich, ein geotektonisches Bildungsmilieu für die tholeiitischen Metavulkanite vorzuschlagen.
Das differenzierteste Bild ermöglichen die Multielementdiagramme. Die tholeiitischen Metavulkanite zeigen Merkmale eines vulkanischen Bogens, aber auch solche, die für die Entstehung an einem Mittelozeanischen Rücken sprechen. Gesteine, die an einem Rücken eines back-arc-Beckens gebildet wurden, vereinigen die genannten Merkmale und bilden letztendlich eine Zwischenposition beider Bildungsmilieus (Saunders & Tarney 1991). Back-arc-Becken entstehen durch Extension auf der Rückseite von aktiven vulkanischen Bögen. Basalte dieser back-arc-Becken zeichnen sich durch eine Anreicherung der LIL-Elemente aus, wohingegen nicht immer eine deutlich ausgeprägte negative Nb-Anomalie ausgebildet ist. Bei der Überprüfung einiger für back-arc-Becken Basalte (BAB) typischen Elementverhältnisse wie Ba/Zr, Ce/Zr, Th/Nb und Ce/Nb (vgl. Abb. 5-18) wird jedoch deutlich, dass von den tholeiitischen Proben nur die Probe 544 eine gewisse Affinität zu BAB aufweist. Selbst wenn eine Elementmobilisierung mit berücksichtigt wird, erscheint es nicht nachvollziehbar die Bildung der Proben einer back-arc-Becken Situation zuzuordnen. Schließlich ist bekannt, dass BAB und MORB mit Hilfe der Geochemie meist nicht differenzierbar sind (Saunders & Tarney 1991). Die Signaturen im Multielementdiagramm lassen jedoch Einflüsse einer Subduktionskomponente nachweisen.
Mit den zur Verfügung stehenden Daten ist es somit nicht möglich, die geotektonische Genese der tholeiitischen Metavulkanite eindeutig zu klären. Obwohl einige Argumente für eine Bildung im Bereich eines back-arc-Beckens sprechen, sind die Argumente für die Zuordnung zu einer Entstehung im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens ähnlich stichhaltig. Eine Entscheidung für ein geotektonisches Bildungsmilieu der tholeiitischen Metavulkanite ist mit den zur Verfügung stehenden Daten nicht möglich, es muß vielmehr offen bleiben ob es sich um back-arc-Becken Basalte oder MORB handelt.

5.5 Metaandesite

5.5.1 Diskriminationsdiagramme der Metaandesite

Aufgrund der geochemischen Gesteinsklassifikation gelten die Proben 577, 582 und 677 als Metaandesite. In der Übersichtstabelle Tab. 5-3 werden die Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme der Proben dargestellt. Auf die einzelnen Charakteristika der Diagramme wurde im Kapitel 5.1.4 näher eingegangen, so dass hier auf eine Wiederholung verzichtet wird.
Faßt man die Ergebnisse zusammen, fallen die Proben 577 und 582 in Felder für Mittelozeanische Rückenbasalte oder für vulkanische Bogenbasalte. Die Probe 677 wird bei den angewendeten Diskriminationsdiagrammen als MORB und Ozeanischer Inselbasalt eingeordnet. Aus schon genannten Gründen werden diese Ergebnisse bei der Interpretation kaum berücksichtigt, vielmehr gehen Ergebnisse der Multielementdiagramme bzw. SEE-Muster ein.

Tab. 5-3: Übersicht der Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme. Die Bezeichnung der geotektonischen Bildungsmilieus folgt der der jeweiligen Diagramm-Autoren. MORB: Mittelozeanischer Rückenbasalt; N-MORB: verarmter Mittelozeanischer Rückenbasalt; E-MORB: angereicherter Mittelozeanischer Rückenbasalt; BAB: Back-arc Becken Basalt ; VAB: vulkanischer Bogenbasalt (volcanic arc basalt); IAT: Inselbogentholeiit (island arc tholeiite); IAB: Inselbogenbasalt (island arc basalt); CAB: kalk-alkalischer Basalt (calc-alkalische basalt); OIB: Ozeanischer Inselbasalt (oceanic island basalt); WPB: Intraplattenbasalt (within-plate basalt); OIA: alkalischer ozeanischer Inselbasalt (oceanic island alkalische basalt); OIT: ozeanischer Inseltholeiit (oceanic island tholeiite).

Diskriminationsdiagramme **Proben**	Canal Compu **577**	Cordillera Pirulil **582**	Südküste **677**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	MORB	MORB	außerhalb
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	MORB/VAB	MORB/VAB	WPB
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	MORB/IAB/CAB	MORB/IAB/CAB	MORB/IAT/CAB
TiO_2 - MnO - P_2O_5 (Mullen 1983)	IAT	IAT	OIA
Ti - V (Shervais 1982)	IAT/MORB	IAT/MORB	außerhalb
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	N-MORB/VAB	N-MORB/VAB	WPA/WPT
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	IAB	IAB	CAB
Y - Cr (Pearce 1982)	IAB	IAB	MORB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	BAB/MORB	MORB	MORB
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	N:MORB	N-MORB	MORB/BAB
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	BAB	N-MORB	BAB

5.5.2 Multielementdiagramm der Metaandesite

In Abb. 5-25 wird das Multielementdiagramm der Proben 577, 582 und 677 dargestellt. Anhand der eingezeichneten Referenzprobe eines tholeiitischen Inselbogenbasalts nach Elliot et al. (1997) wird deutlich, dass beide Proben ähnliche Elementanomalien aufweisen wie der Inselbogenbasalt. Der Kurvenverlauf unterscheidet sich jedoch bei den LIL-Elementen. Die bearbeiteten Proben weisen hier eine ca. 8-fache Anreicherung auf, wohingegen die Referenzprobe eine stärker ausgeprägte Anreicherung hat. Ob die geringeren Gehalte der LIL-Elemente mit einer Elementmobilisierung bei der metamorphen Überprägung zusammenhängen, oder ob sie primär vorhanden waren, kann hier nicht geklärt werden. Bei beiden Proben sind ausgeprägte positive Pb- und Sr-Anomalien vorhanden, was Rückschlüsse auf einen Anteil von recycelten Sedimenten im Magma zuläßt.

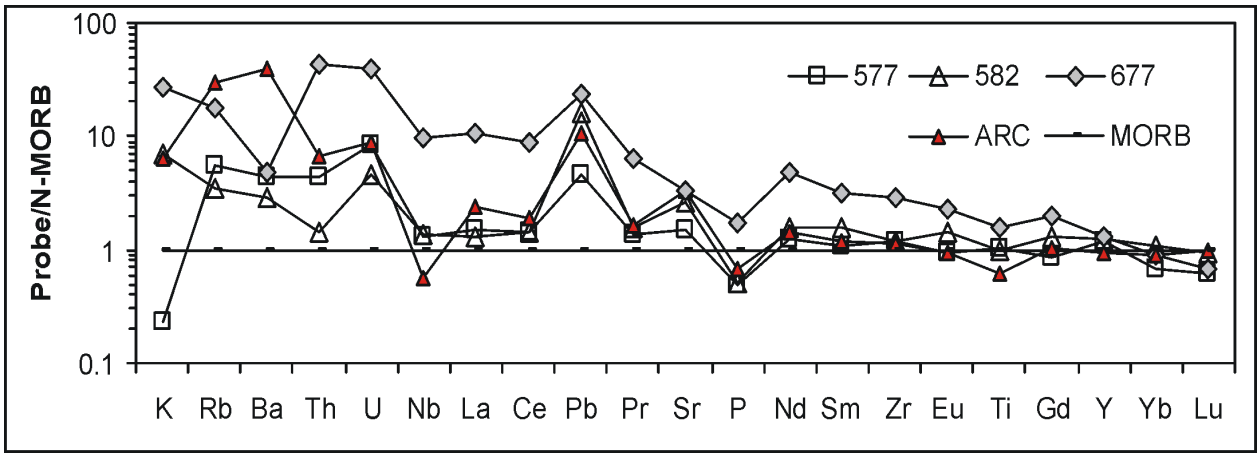


Abb. 5-25: Multielementdiagramm der Proben 576 und 578. Die Elementgehalte wurden auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989 normiert. Als Referenz (ARC) wurde ein tholeiitischer Inselbogenbasalt aus dem Mariana Island Arc eingefügt (Elliot et al. 1997).

Die Probe 677, der Metaandesit, weist bei den meisten Elementen deutlich höhere Elementgehalte auf als die übrigen Proben. Die LIL-Elemente sind mit Ausnahme von Ba ca. 50-fach angereichert. Die geringen Ba-Gehalte gehen vermutlich auf eine sekundäre Mobilisierung zurück. Ferner fallen bei der Probe 677 eine negative Nb-Anomalie, eine positive Pb-Anomalie, eine

negative P-, und Ti-Anomalie auf. Die HFS-Elemente der Probe sind zwischen 5-fach und 2-fach gegenüber N-MORB angereichert. Vergleicht man die Elementgehalte der Probe 677 mit den der ARC Referenzprobe, fällt der im wesentlichen parallele Kurvenverlauf auf.
Zieht man neben dem Multielementdiagramm auch Elementverhältnisse hinzu, wird das Bild differenzierter. Die Elementverhältnisse der Proben von typischen MORB und Inselbogenbasalten (ARC) sind in Tab. 5-4 aufgelistet.

Das Zr/Nb-Verhältnis ist ein Hinweis auf die Homogenität bzw. Heterogenität der Mantelquelle. Die Mantelquellen von MORB gelten allgemein als homogen mit einem Zr/Nb-Verhältnis von >30, die von Inselbogenbasalten gelten als heterogen mit einem deutlich niedrigeren Zr/Nb-Verhältnis. Auch E-MORB gehen auf eine heterogene Mantelquelle mit einem Zr/Nb-Verhältnis von 10 zurück. Das Zr/Nb-Verhältnis der Proben 577 und 582 ist mit ca. 28 relativ, was auf eine homogene Mantelquelle schließen läßt. Bei der Probe 677 ist das Zr/Nb-Verhältnis mit 9 niedriger, eine heterogene Mantelquelle kann hierfür angenommen werden. Betrachtet man jedoch die übrigen Elementverhältnisse, so wird deutlich, dass sie teilweise eine Affinität zu den Verhältnissen des ARC aufweisen. Zum Beispiel ist das Pb/Ce-Verhältnis mit 0,13 bzw. 0,11 typisch für Inselbogenbasalte. Auch mit Hilfe der Elementverhältnisse ist es nicht möglich, die beiden Proben eindeutig einem geotektonischen Bildungsmilieu zuzuordnen. Vielmehr sprechen einige Elementverhältnisse für die Bildung als N-MORB und andere für die Bildung als Inselbogenbasalt.

	577	582	677	MORB	ARC
U/Nb	0.13	0.62	0.08	< 0.1	0.2 - 0.35
Pb/Ce	0.13	0.11	0.11	0 - 0.06	0.1 - 0.33
La/Th	7.21	19.29	4.95	18 - 20	9 - 11
Th/Nb	0.17	0.05	0.23	0.05	0.4 - 0.8
Zr/Nb	28.09	27.8	9.17	> 30	4 - 15
Werte für MORB und ARC aus Wilson (1989) und Elliot et al. (1997)					

Tab. 5-4: Elementverhältnisse der Proben 577 und 582 sowie von typischen MORB oder Inselbogenbasalten.

5.5.3 Seltene Erden-Muster für die Metaandesite

Betrachtet man die SEE-Muster der Metaandesite (Abb. 5-26), so fallen bei den Proben 577 und 582 der ähnliche konvexe Kurvenverlauf und ähnliche Elementgehalte mit einer gegenüber Chondrit ca. 20-fachen Anreicherung der SEE. Berücksichtigt man jedoch die Tatsache, dass Metaandesite aufgrund ihrer stärkeren Differentiation meist höhere SEE-Gehalte haben, so ist die ca. 20-fache Anreicherung der SEE vergleichsweise gering. Die Probe 577 weist eine stärkere Verarmung der SSEE gegenüber Probe 582 auf. Bei den Proben ist von den Mittleren SEE bis zu den SSEE eine leichte Abnahme der normierten Elementgehalte zu beobachten. Dies zeigt eine leichte Fraktionierung der SSEE an, was auf einen geringen Granatanteil in der Mantelquelle hinweisen könnte. Der hier anzutreffende leicht konvexe Kurvenverlauf und die ca. 20-fache Anreicherung der SEE ist charakteristisch für N-MORB. Auch die Verarmung der LSEE ist typisch für N-MORB. Dies wird durch die Generierung mehrerer MORB-Generationen von der gleichen Mantelquelle erklärt. Durch dies fortdauernde Generierung kommt es zur Verarmung der Mantelquelle an inkompatiblen LIL-Elementen.
Der Metaandesit 677 weist die höchsten SEE-Gehalte auf und es ist eine deutliche Fraktionierung zu erkennen. Die LSEE sind ca. 100-fach angereichert die SSEE ca. 20-fache was sich in dem abfallenden Kurvenverlauf widerspiegelt. Es ist schwierig diese Kurve mit einem geotektonischen Milieu zu verbinden, da normalerweise die Ergebnisse von Basalten betrachtet werden. Eine absolute Vergleichbarkeit von Basalten und Metaandesiten ist nicht gegeben. Aufgrund des SEE-Musters sind zwei geotektonische Bildungsbereiche möglich, im Bereich eines

vulkanischen Bogens oder im Bereich einer ozeanischen Inseln innerhalb einer Intraplatten-situation.

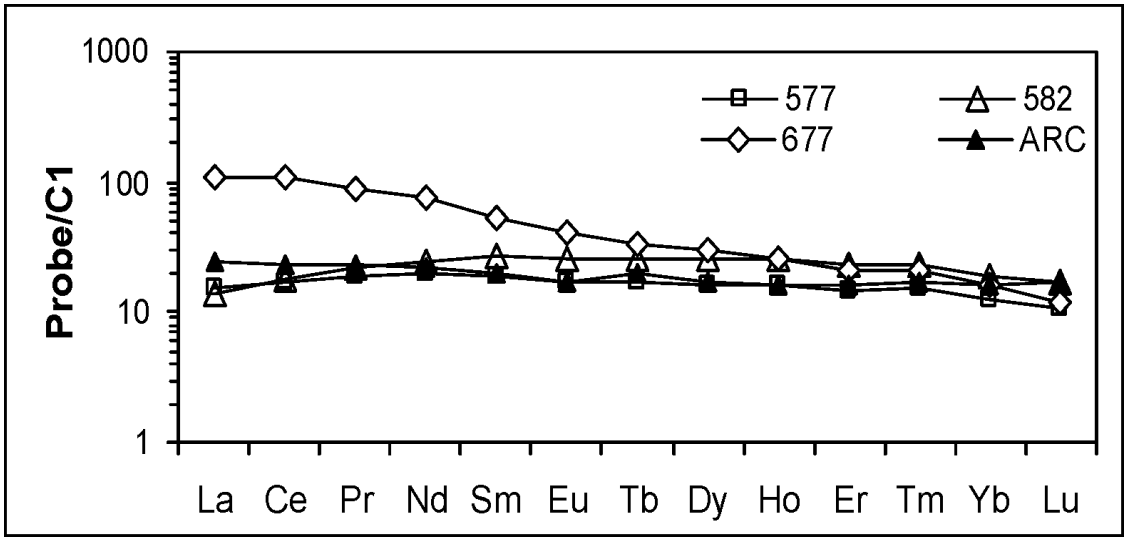


Abb. 5-26: C1-Chondrit-normiertes SEE-Muster der Proben 577, 582 und 677. Normierung auf den C1-Chondrit nach Sun & McDonough (1989). ARC bezeichnet eine Referenzprobe eines tholeiitischen Inselbogenbasalts (Elliot et al. 1997).

5.5.4 Geotektonische Position der Metaandesite

Wie auch bei den meisten vorangegangenen Proben vereinen die Metaandesite 577 und 582 Merkmale, die für die Bildung im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens, im Bereich eines vulkanischen Bogens oder im Bereich eines back-arc-Beckens sprechen. So weist das Multi-elementdiagramm der Proben fast alle charakteristischen Merkmale für vulkanische Bogenge-steine auf, lediglich die Anreicherung der LIL-Elemente und auch die negative Nb-Anomalie ist bei den Proben 577 und 582 sehr schwach ausgeprägt. Die Elementgehalte der Probe 677 liegen dahingegen beim Multielementdiagramm deutlich höher, sie übertreffen auch die Gehalte der ARC-Referenzprobe. Ferner ist eine schwache negative Nb- und Ti-Anomalie sowie eine starke positive Pb-Anomalie zu beobachten, somit zeigt die Probe 677 im Vergleich zu den beiden anderen Proben eine deutlich größere Nähe zu vulkanischen Inselbogengesteinen. Diese Beobachtung bestätigt sich auch bei der Analyse der SEE-Muster, die Probe 677 weist eine 100- bis 10-fache Anreicherung der LSEE bzw. SSEE auf, die Proben 577 und 582 hingegen nur eine 10-fache Anreicherung. Das SEE-Muster der Proben 577 und 582 ähnelt dem von MORB sehr stark, das der Probe 677 legt jedoch die Bildung im Bereich eines vulkanischen Bogens nahe.
Auch in vorangegangenen Kapiteln wurden Merkmale von back-arc-Becken Gesteinen mit den Merkmalen von hier bearbeiteten Proben verglichen. Es ist bekannt, dass back-arc-Becken Vulkanite typische Merkmale von vulkanischen Bogenbasalten und von N-MORB in sich ver-einen (Saunders & Tarney 1991 und 1984). Je nach Alter des back-arc-Beckens und der geo-tektonischen Situation kann eine große Bandbreite von geochemischen Charakteristika vertreten sein. Es kann sogar dazu kommen, dass die Geochemie der back-arc-Becken Basalte (BAB) den von N-MORB so nahe kommt, dass eine Unterscheidung beider Bildungsmilieus nicht mehr möglich ist (Saunders & Tarney 1991). Nachdem bei den Proben 577 und 582 genau eine solche Situation vorhanden ist, erscheint es naheliegend eine Bildung im Bereich eines back-arc-Beckens für diese Proben vorzuschlagen. Für die Probe 677 kann aufgrund der oben genannten Argumente eine Bildung im Bereich eines vulkanischen Bogens angenommen werden. Aller-dings muß auch hier darauf hingewiesen werden, dass eine eindeutige Zuordnung zu einem geotektonischen Milieu mit den vorhandenen Daten und vor allem aufgrund der vermuteten Elementmobilisierungen während der metamorphen Überprägung, leider nicht möglich ist.

5.6 Alkalische Metavulkanite

Durch die geochemische Gesteinsklassifizierung wurden die Proben 545 aus dem Bereich des Lago Huillinco und die Probe 675 von der Südküste Chiloés als alkalische Metavulkanite definiert, die Betrachtung dieser Proben ist im Folgenden dargestellt.

5.6.1 Diskriminationsdiagramme der alkalischen Metavulkanite

Die Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme der alkalischen Proben 545 und 672 sind in Tab. 5-5 zusammengefasst. Bei beiden Proben streuen die resultierenden geotektonischen Bildungsmilieus stark, für die Probe 545 ergeben sich Intraplattenmilieus aber auch die Bildung als MORB, back-arc-Becken Basalt oder vulkanischer Bogenbasalt. Für die Probe 672 ergibt sich eine ähnlich große Bandbreite geotektonischer Bildungsbereiche, bei diversen Diskriminierungsdiagrammen fallen die Elementgehalte auch außerhalb der vorgegebenen Diskriminierungsflächen. Eine Zuordnung der Proben zu einem geotektonischen Bildungsbereich ist mit den Ergebnissen der Diskriminationsdiagramme nicht möglich.

Tab. 5-5: Übersicht der Ergebnisse der Diskriminationsdiagramme. Die Bezeichnung der geotektonischen Bildungsmilieus folgt der der jeweiligen Diagramm-Autoren. MORB: Mittelozeanischer Rückenbasalt; N-MORB: verarmter Mittelozeanischer Rückenbasalt; E-MORB: angereicherter Mittelozeanischer Rückenbasalt; BAB: Back-arc-Becken Basalt ; VAB: vulkanischer Bogenbasalt (volcanic arc basalt); IAT: Inselbogentholeiit (island arc tholeiite); IAB: Inselbogenbasalt (island arc basalt); CAB: kalk-alkalischer Basalt (calc-alkalische basalt); OIB: Ozeanischer Inselbasalt (oceanic island basalt); WPB: Intraplattenbasalt (within-plate basalt); OIA: alkalischer ozeanischer Inselbasalt (oceanic island alkalische basalt); OIT: ozeanischer Inseltholeiit (oceanic island tholeiite).

Diskriminationsdiagramme **Proben**	Lago Huillinco **545**	Südküste **672**
Ti - Zr (Pearce & Cann 1973)	nicht für alkalische	außerhalb
Zr/Y - Zr (Pearce & Norry 1979)	WPB	außerhalb
Ti - Zr - Y (Pearce & Cann 1973)	nicht für alkalische	außerhalb
TiO2 - MnO - P2O5 (Mullen 1983)	OIA	MORB
Ti - V (Shervais 1982)	OIT-OIA/MORB	OIT/OIA
Zr - Nb - Y (Meschede 1986)	WPB	IAT/CA
Ba/La - La/Sm (Arculus & Powell 1986)	IAB	außerhalb
Y - Cr (Pearce 1982)	MORB	VAB
Ba -Zr (Saunders & Tarney 1991)	BAB	außerhalb
Ba/Zr - Ce/Zr (Saunders & Tarney 1991)	BAB/MORB	BAB/IAB
Th/Nb - Ce/Nb (Saunders & Tarney 1991)	OIB	außerhalb

5.6.2 Multielementdiagramm der alkalischen Metavulkanite

In Abb. 5-27 ist das Multielementdiagramm der Probe 545 und 672 dargestellt. Die Normierung der Elementgehalte erfolgt auf den N-MORB nach Sun & McDonough (1989). Von den gleichen Autoren stammt die Referenzprobe eines alkalischen Ozeanischen Inselbasalts und ein tholeiitischer Inselbogenbasalt (ARC) nach Elliot et al. (1997).

Das N-MORB-normierte Multielementdiagramm der Probe 545 zeigt eine bis zu 20-fache Anreicherung der LIL-Elemente, eine ausgeprägte positive Th-Anomalie, eine schwach ausgeprägte positive Nb-Anomalie, eine positive Pb-Anomalie und eine Anreicherung der HFS-Elemente. Generell ist die Anreicherung von Ba, Th, Nb und eine Verarmung an Y und Yb charakteristisch für einen OIB (Wilson 1989). Die Anreicherung der HFS-Elemente ist unter anderem typisch für Intraplattenbasalte, sie wird mit einer heterogenen Mantelquelle in Zusammenhang gebracht. Vergleicht man im Multielementdiagramm die Probe 545 mit der eingetragenen Referenz, einen alkalischen Ozeanischen Inselbasalt, so ist eine auffällige Ähnlichkeit festzustellen. Alkalische Basalte sind nach Floyd (1991) im Vergleich zu MORB unterschiedlich stark an inkompatiblen Elementen (Cs, Ba, Rb, Th, U, K, Nb, La, Ce, Sr, Nd, P, Sm) angereichert, ferner sind für sie höhere absolute Elementgehalte charakteristisch.

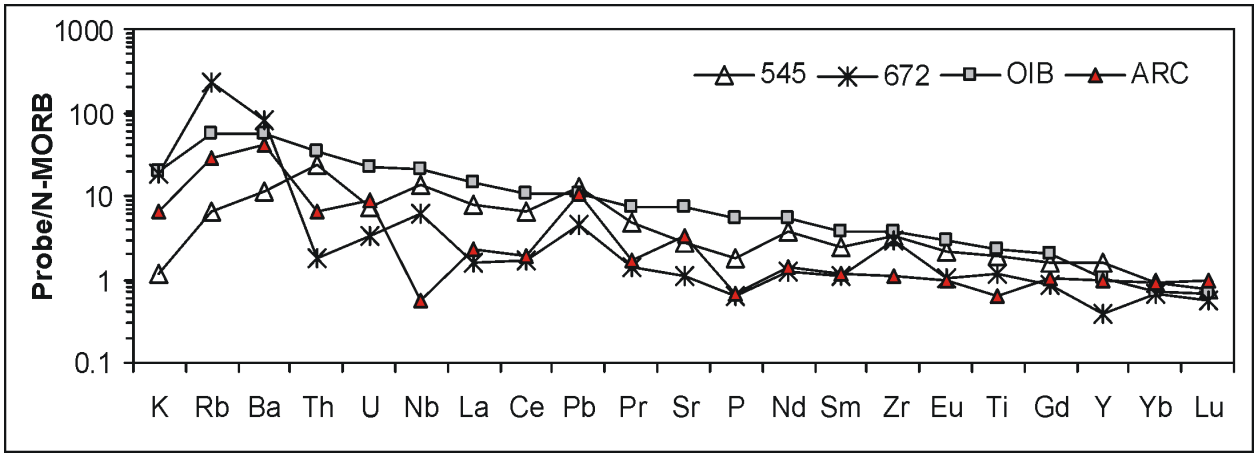


Abb. 5-27: Multielementdiagramm der alkalischen Probe 545 und 672. Als Referenz (OIB) wurde ein alkalischer Ozeanischer Inselbasalt nach Sun & McDonough (1989) und ein tholeiitischer Inselbogenbasalt ARC nach Elliot et al. (1997) eingetragen. Die Normierung erfolgte auf den N-MORB nach Sun & McDonough 1989.

Das Multielementdiagramm der Probe 672 ist geprägt durch eine Anreicherung der LIL-Elemente, eine negative Th-, P- und Y-Anomalie sowie eine positive Nb-, Pb- und Zr-Anomalie. Von Intraplattenbasalten ist bekannt, dass Ba, Th, Nb und Ta deutlich angereichert, während Y und Yb verarmt sind. Anreicherungen von Sr, K, Rb, Ba, Th ± Ce ± Sm ± P werden mit einer Subduktionskomponente in Zusammenhang gebracht. Vergleicht man den Kurvenverlauf der Probe 672 mit den beiden Referenzen, so wird deutlich, dass Merkmale beider Referenzen vorhanden sind. Die positive Nb-Anomalie, die negative Y-Anomalie und die fehlende Sr-Anomalie sprechen eher für eine Ähnlichkeit zu Intraplattenbasalten. Die hohe LIL-Elemente Anreicherung, die positive Pb-Anomalie und die deutlich ausgeprägten Spitzen weisen auf eine Bildung im Bereich eines vulkanischen Bogens hin.
Generell ist es aber ohne die Hinzunahme von Elementgehalten oder Elementverhältnissen nicht möglich, einen E-MORB von alkalischen Basalten zu unterscheiden. Um dies auszuschließen, werden in der Tab. 5-6 einige Elementgehalte und –verhältnisse gegenübergestellt und verglichen.
Vergleicht man nun den Nb-, Th- und auch den Zr-Gehalt der Probe 545 mit den Vergleichswerten eines OIB, eines N-MORB und eines E-MORB, wird deutlich, dass die beiden zuletzt genannten geotektonischen Bildungsbereiche für die betrachtete Probe nicht zutreffen. Auch bei den Elementverhältnissen La/Nb, La/Sm und La/Yb wird klar, dass es sich nicht um einen N-MORB oder E-MORB handelt. Die Elementverhältnisse der Probe 672 sind weniger eindeutig, hier sind Argumente die für eine Zuordnung zu OIB aber auch zu N-MORB sprechen.

Tab. 5-6: Tabelle von Elementgehalten in ppm und Elementverhältnissen der alkalischen Probe 545 von durchschnittlichen ozeanischen Intraplattenbasalten, N-MORB und E-MORB.

	545	672	OIB	N-MORB	E-MORB
Nb	32	14	48	2	8
Th	2.7	0.21	1 -4	0.12	0.6
Zr	245	223	112 - 352	74	73
La/Nb	0.61	0.28	0.8	1.1	2.42
La/Sm	2.98	1.33	3.7	0.95	2.42
La/Yb	6.99	1.91	17.13	0.82	2.66
Werte für OIB, N-MORB und E-MORB aus Sun & McDonough 1989 und Floyd 1991					

5.6.3 Seltene Erden-Muster der alkalischen Metavulkanite

Um aber weitere Aussagen zum geotektonischen Bildungsmilieu machen zu können, wird das SEE-Muster hinzugezogen. Im Seltenen Erden-Muster der Probe 545 und 672 (Abb. 5-28) ist neben der Probe auch wieder der alkalische Ozeanische Inselbasalt nach Sun & McDonough

(1989) eingetragen. Die Normierung der Seltenen Erden erfolgte auf den C1-Chondrit von Sun & McDonough (1989).
Der Verlauf des SEE-Musters der Probe 545 ist steil, was auf eine Anreicherung der LSEE und eine deutliche Fraktionierung der LSEE gegenüber der SSEE zurückgeht. Die Anreicherung der LSEE im Chondrit-normierten Diagramm ist ein Hinweis auf eine wenig verarmte Mantelquelle und einen geringen Grad partieller Schmelzbildung. Der beschriebene Kurvenverlauf, wie auch die Elementgehalte sind typisch für einen alkalischen Basit.
Das SEE-Muster der Probe 672 verläuft sehr flach bei einer ca. 18-fachen Anreicherung der SEE. Bei den LSEE ist eine geringe Verarmung zu erkennen. Ein solches SEE-Muster ist typisch für Mittelozeanische Rückenbasalte.

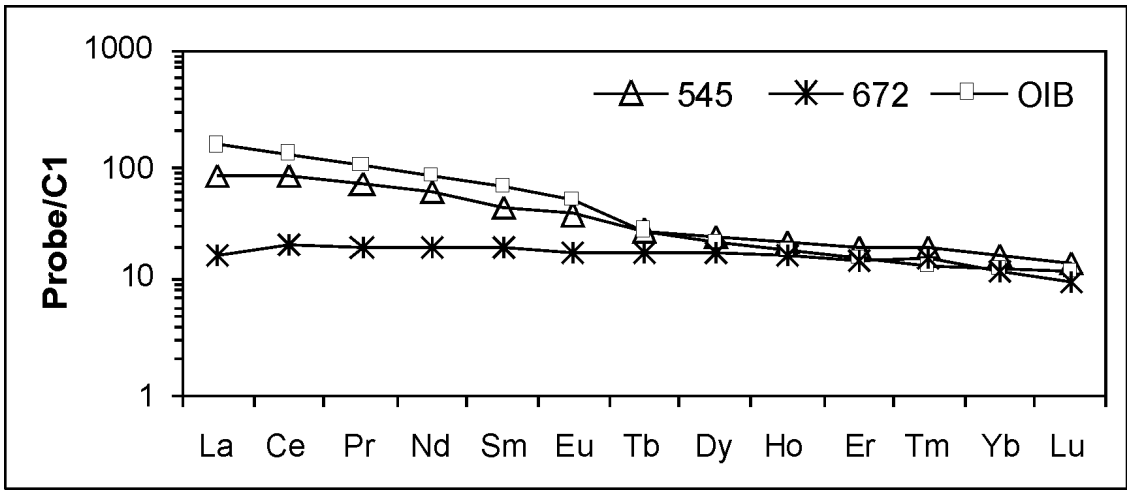


Abb. 5-28: SEE-Muster des alkalischen Metabasits. Als Referenz wurde ein alkalischer Ozeanischer Inselbasalt (Sun & McDonough 1989)eingetragen. Die Normierung erfolgte auf den C1-Chondrit nach Sun & McDonough 1989.

5.6.4 Geotektonische Position der alkalischen Metavulkanite

Mit Hilfe von Diskriminationsdiagrammen, Multielementdiagrammen, SEE-Mustern, Elementgehalten und Elementverhältnissen ist es kaum möglich den ursprünglichen geotektonischen Bildungsbereich der alkalischen Probe 545s zu bestimmen. Alkalische Basite treten als Intraplattenbasalte oder OIB auf, als ozeanische Plateaus oder Seamounts, oder innerhalb eines kontinentalen back-arc-Beckens. Ozeanische Plateaus oder Seamounts sind im rezenten SW Pazifik weit verbreitet. Diese Bildungsbereiche können mit den in dieser Arbeit verwendeten geochemischen Methoden nicht unterschieden werden.
Weltweit ist eine große geochemische Variabilität von rezenten OIBs zu beobachten Dies spiegelt die Heterogenität der OIB-Mantelquellen wider. Mit Studien der radiogenen Isotope und sehr inkompatiblen Elementen können unterschiedliche Komponenten der Magmenquelle identifiziert werden. Solche Studien haben gezeigt, dass eine einfache binäre Mischung von verarmten N-MORB und einer primitiven OIB-Quelle die unterschiedlichen Zusammensetzungen der weltweit auftretenden OIBs nicht ergeben kann. Aufgrund der geochemischen Diversität geht man mindestens von drei Mantel-Endkomponenten aus (Zindler & Hart 1986). Es handelt sich dabei um den verarmten Mantel (depleted mantle DM = MORB-Quelle) und den angereicherten Mantel (enriched mantle EM) der sich vermutlich aus zwei Typen EMI und EMII zusammensetzt. Die besondere Signatur des EM stammt vermutlich von recycelter ozeanischer Kruste, Sedimenten und subkontinentaler Lithosphäre, die längere Zeit im Mantel gespeichert wurden (Floyd 1991). Die OIB-Magmenquellen werden mit sogenannten Plume-Modellen erklärt.
Die nach der Gesteinsklassifizierung nach Winchester & Foyd (1977) als alkalischer Metabasit definierte Probe 672 zeigt Charakteristika, die diese Magmenklassifizierung nicht unbedingt be-

stätigt. Das oben beschriebene SEE-Muster spricht gegen die Zuordnung zur alkalischen Magmenserie. Es kann also davon ausgegangen werden, dass diese Probe kein alkalischer Metabasit sondern vermutlich ein subalkalischer Metabasit ist. Die Zuordnung geht jedoch auf die genannte Gesteinsklassifizierung zurück, die sekundäre Elementmobilisierungen nicht berücksichtigen kann und somit sekundäre Veränderungen des Chemismuses ausschließt.
Betrachtet man die Ergebnisse des Multielementdiagramms und des SEE-Musters, so vereinigt die Probe 672 Merkmale von MORB bzw. BAB und von alkalischen Basalten. Eine eindeutige Zuordnung zu einem bestimmten geotektonischen Bildungsbereich ist mit den vorhandenen Daten nicht möglich.

5.7 Geotektonisches Bildungsmilieu der Metavulkanite Chiloés

Wie in der Einleitung bereits ausgeführt, ist es das Ziel des Kapitels Geochemie die ursprünglichen geotektonischen Bildungsmilieus der auf Chiloé auftretenden Metavulkanite zu rekonstruieren. Mit diesen Ergebnissen ist es möglich ein regionales Genesemodell zu entwickeln. Im Folgenden wird zunächst auf einige geologische Beobachtungen während der Geländearbeit eingegangen und anschließend erfolgt eine abschließende Diskussion und Interpretation der geochemischen Ergebnisse. Die daraus resultierenden und möglichen Entwicklungsmodelle werden im Kapitel 6. Geodynamisches Modell für die Küstenkordillere Chiloés eingehend diskutiert.
Berücksichtigt man neben den geochemischen Ergebnissen auch die geologischen Geländegegebenheiten, so fällt auf, dass die meisten tholeiitischen Metavulkanite mit einer Zuordnung zu MORB bzw. zu BAB aus massiven kompakten Metavulkanitkörper stammen. Die Proben 625, 627, 637 und 641 repräsentieren Grünschieferzwischenlagen, die nur wenige cm- bis dm-mächtig sind. Es wird davon ausgegangen, dass es sich hierbei um ehemalige pyroklastische Zwischenlagen handelt, die während der Ablagerung der dominierenden Metasedimente eingetragen wurden. Die Proben 693, 690, 678, 680, 686 und 687stammen aus dem Bereich Canal Guamblad an der Südküste, der durch eine Wechsellagerung von Metasedimenten und Metavulkaniten geprägt ist. Auch hier sind die Metavulkanitzwischenlagen nur einige m mächtig, lassen jedoch keine kontinuierlichen Übergänge zu den Metasedimenten erkennen. Es handelt sich hier um tektonisch eingeschuppte Metavulkanite. Die kalk-alkalischen Metavulkanite mit einer deutlichen vulkanischen Bogensignatur (501, 525) stellen ausschließlich wenige dm-mächtige Grünschieferzwischenlagen innerhalb der dominierenden Metasedimente dar. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich hierbei um pyroklastische Zwischenlagen eines vom Ablagerungsraum entfernten vulkanischen Bogens handelt.
Die alkalischen Metavulkanite 545 und 672 repräsentieren jeweils einen tektonisch eingeschuppten kompakten Metavulkanitkörper, zum einen aus dem Bereich Lago Huillinco und von der Südküste.

Das Auftreten von kalk-alkalischen Gesteinen auf der Insel Chiloé gibt einen eindeutigen Hinweis, dass diese Gesteine an einem vulkanischen Bogen generiert wurden. Kalk-alkalische Gesteine treten nur in diesem geotektonischen Rahmen auf (Wilson 1989). Im Bereich von Ozeanischen Inselbögen kann durch das Auftreten von kalk-alkalischen Gesteinen eine Aussage über die Reife des Inselbogens und die Entfernung vom Tiefseegraben getroffen werden. Kalk-alkalische Magmen werden bei reifen Ozeanischen Inselbögen beobachtet, wohingegen junge Inselbögen hauptsächlich tholeiitische Magmen fördern. Die dem Tiefseegraben am nächsten liegenden Magmen sind tholeiitisch, mit zunehmender Entfernung entstehen kalk-alkalische und später alkalische Magmen. Die zeitliche Entwicklung der Magmen hängt mit der Entwicklung des Ozeanischen Inselbogens zusammen (Wilson 1989). Bei entstehenden Inselbögen ist das submarine Fundament eine max. zehn km-mächtige ozeanische Kruste. Das durch dieses

Fundament aufsteigende Magma wird nicht verändert, so dass tholeiitische Magmen resultieren. Während der weiteren Entwicklung des Inselbogens wird der geförderte Basalt die darunter liegende ozeanische Kruste durch die Auflast nach unten drücken, während durch underplating auch basaltisches Magma angelagert wird. Bei einer Krustendicke von 20-25 km wirkt die Kruste als Filter, welcher den primären Magmenaufstieg aufhält. Durch den Stau entstehen in höheren Bereichen Magmenkammern. In diesen Magmenkammern kommt es zur fraktionellen Kristallisation und somit zu einer Bildung von weniger dichten andesitischen Magmen (Wilson 1989).
Im Vergleich zu Ozeanischen Inselbögen kommen an aktiven Kontinentalrändern die gleichen Hauptmagmenserien vor. Allerdings sind an aktiven Kontinentalrändern tholeiitische Magmen nur sehr selten vertreten, wohingegen sehr K-reiche Magmen und shoshonitische Magmen häufiger auftreten. Auf der Landinnenseite der vulkanischen Front können bei aktiven Kontinentalrändern alkalische Vulkanite auftreten. Diese Magmen hängen nicht unbedingt mit der Subduktion zusammen. Sie stehen vielmehr mit einer Extensionstektonik in einer back-arc Region im Zusammenhang.

Unter back-arc-Becken versteht man Becken, die durch Extension an destruktiven Plattenrändern, also hinter einer Vulkankette eines Inselbogens entstehen können. Die Extension wird durch eine Meeresbodenspreizung verursacht, die großteils den Spreizungszonen an Mittelozeanischen Rücken gleicht. Die Extension und Separation von Lithosphäre oberhalb einer Subduktionszone ermöglicht Aufstieg und Dekompression von Mantelperidotiten. Es kann Mantelmaterial soweit aufsteigen, bis der Schmelzpunkt erreicht wird, ohne dass eine Zufuhr von externer Energie nötig ist. So können basaltische Schmelzen entstehen, wie man sie von Mittelozeanischen Rücken kennt (Saunders & Tarney 1984 und 1991). Damit ist verständlich, dass die Zusammensetzung der back-arc-Becken Basalte (BAB) der von MORB ähnelt. BAB zeigen häufig kleine Unterschiede in der Zusammensetzung und viele BAB vereinen Merkmale von MORB und Inselbogenbasalten. Dies wird einer Kontamination oder Metasomatisierung der BAB-Quellenregion durch Fluide der Subduktionszone zugeschrieben. Die Lebensdauer solcher aktiven back-arc-Becken liegt nach Saunders & Tarney (1991) bei ca. 15 Ma, danach klingt die Extension ab.
Für die Entstehung von back-arc-Becken wurden mehrere Modelle vorgeschlagen. Ein Modell führt das Aufbrechen der Lithosphäre auf Mantelplumes zurück, die durch Fluide und hohe Temperaturen im Mantelkeil oberhalb von Subduktionszonen destabilisiert werden und diapirartig aufsteigen. Eine Variante des Diapirmodells ist die Annahme, dass ein aktives Spreizungszentrum subduziert wird und dies die Bildung eines back-arc-Beckens auslöst. Ein weiteres wichtiges Modell für die Entstehung von back-arc-Becken wird durch einen passiv aufsteigenden Mantel oder durch eine subduktionsgesteuerte Konvektion in der Lithosphäre erklärt. Für die Bildung eines back-arc-Beckens ist das Alter der ozeanischen Lithosphäre wichtig. Rezente Becken entstehen, wo die subduzierte ozeanische Kruste mesozoisch ist. Das Material ist kalt und dicht, so dass es relativ schnell in den Mantel absinkt. Es kommt zu einer Entkuppelung der subduzierten von der hangenden Platte. Diese Bewegung des Tiefseegrabens in Richtung ozeanische Platte wird auch als „roll-back“ bezeichnet. Diese aseismischen, entkuppelten, aktiven Plattengrenzen werden als Mariana-Typ Plattengrenzen bezeichnet. Dem gegenüber stehen die Andean-Type Plattengrenzen mit einer starken seismischen Aktivität in den Subduktionszonen, hier sind nur selten back-arc-Becken ausgebildet.

Obwohl die bearbeiteten Proben aus unterschiedlichen Regionen stammen, können sie aufgrund ihrer ähnlichen geochemischen Signatur zusammengefasst werden. Die Ergebnisse der meisten Proben können nicht eindeutig einem geotektonischen Bildungsbereich zugeordnet werden, vielmehr vereint die Mehrzahl der Proben Merkmale die für eine Bildung als MORB und als vulkanischer Bogen sprechen. Gesteine die im Bereich von back-arc-Becken gebildet wurden

zeigen Merkmal von MORB und von vulkanischen Bögen (Saunders & Tarney 1991). Es ist somit naheliegend, die Arbeitshypothese aufzustellen, dass diese Proben im Bereich eines solchen back-arc-Beckens generiert wurden. Bei einer sehr konservativen und vorsichtigen Interpretation könnte als möglicher Bildungsbereich ein Mittelozeanischer Rücken vorgeschlagen werden an dem Magmen generiert wurden die eine Anreicherung an LIL-Elementen aufweisen und die durch deutlich positive Pb-Anomalien den Einfluß von recyclierten Sedimentgesteinen im Magma nahelegen. Die Anreicherung von LIL-Elementen könnte nachvollziehbar sein, Hinweise auf recycelte Sedimentgesteine im Bereich von Mittelozeanischen Rücken können jedoch nach momentanen geologischem Wissenstand kaum erklärt werden.
Bei den bearbeiteten Proben Chiloés treten ehemals pyroklastische Gesteine mit einer vulkanischen Bogensignatur auf, zwei alkalische Proben und drei Metaandesite. In welcher Beziehung die einzelnen Probenregionen der Metavulkanite und auch einzelne Proben zueinander stehen ist mit den vorliegenden Daten nicht zu klären. Ferner wäre es auch wichtig die Alter der Proben zu kennen, um so abschätzen zu können, ob alle Proben dem gleichen System zuzuordnen sind oder ob es eventuell unterschiedliche Systeme waren. Möglich wäre zum Beispiel, dass die pyroklastischen Gesteine mit einer vulkanischen Bogensignatur von den vermutlich damals bereits aktiven Kontinentalrand des heutigen Südamerikas stammen. Gegen eine Abstammung von einem unbekannten Ozeanischen Inselbogen sprechen die hohen Pb-Gehalte, da hier der dafür nötige Sedimenteintrag nicht gewährleistet wäre. Nachdem solche essentiellen Fragen mit dem momentanen Wissensstand nicht beantwortet werden können, müssen bei vorgeschlagenen Modellen große Fehlerquellen einkalkuliert werden.

Verfolgt man die Arbeitshypothese mit dem back-arc-Becken weiter müßte geklärt werden, ob die back-arc-Beckengesteine an einem aktiven Kontinentalrand oder an einem Ozeanischen Inselbogen gebildet wurden. Pearce (1983) schlug die Unterscheidung beider Systeme aufgrund der Th/Yb- und Ta/Yb-Verhältnisse vor. In dieses binäre Diagramm (Abb. 5-29) wurden alle geochemisch bearbeiteten Proben eingetragen. Der Ta-Gehalt wurde mit Hilfe des Nb-Gehalts der Proben ermittelt. Nach Klein et al (1995) steht Ta zu Nb im Verhältnis Ta=Nb/17. Sicherlich ist diese Annahme nur eine grobe Annäherung und somit nicht für definitive Aussagen bei der Diskussion geeignet.
In dem Diagramm (Abb. 5-29) wurden die Proben der Region Abtao und Lago Huillinco mit Kreuzen (501 –567), die der Region Canal Compu mit Quadraten (576 – 582) und die der Region Südküste mit Dreiecken (625 – 693) gekennzeichnet. Die rechts im Diagramm eingetragenen Vektoren geben die Veränderungen der Elementverhältnisse je nach den Einflüssen auf die Magmenquelle wieder. Mit S wird eine Anreicherung von einer Subduktionszone gekennzeichnet, C steht für eine krustale Kontamination; W für eine Anreicherung durch einen Intraplatteneinfluss und f steht für die fraktionelle Kristallisation. Im Diagramm werden auch die Magmenserien unterschieden. Nach dieser Definition gelten die Proben 522 und 677 als kalkalkalisch und die Probe 501 als shoshonitisch. Die Probe 545 liegt im Übergangsbereich zwischen tholeiitisch und alkalisch. Alle übrigen Proben sind nach dieser Definition tholeiitische Metavulkanite. Die überwiegende Anzahl der Proben fällt in den Bereich, der mit einem diagonalen Doppelbalken begrenzt ist. Gesteine mit diesen Ta/Yb-Th/Yb-Verhältnissen stammen von geotektonischen Milieus ohne Verbindung zu einer Subduktionszone ab. Es handelt sich hier um MORB oder WPB. Die Proben 501, 522, 536, 544, 576, 577 und 677 sind nach der Definition von Pearce (1983) Gesteine, die im Bereich von Subduktionszonen gebildet wurden. Folgt man der Untergliederung in Ozeanische Inselbögen und aktive Kontinentalränder (im Diagramm mit unterschiedlichen Grauwerten hinterlegt), so sind die Proben 501 und 677 den aktiven Kontinentalrändern zuzuordnen. Die Proben 522, 536, 544, 576 und 577 fallen in den Bereich für Ozeanische Inselbögen.

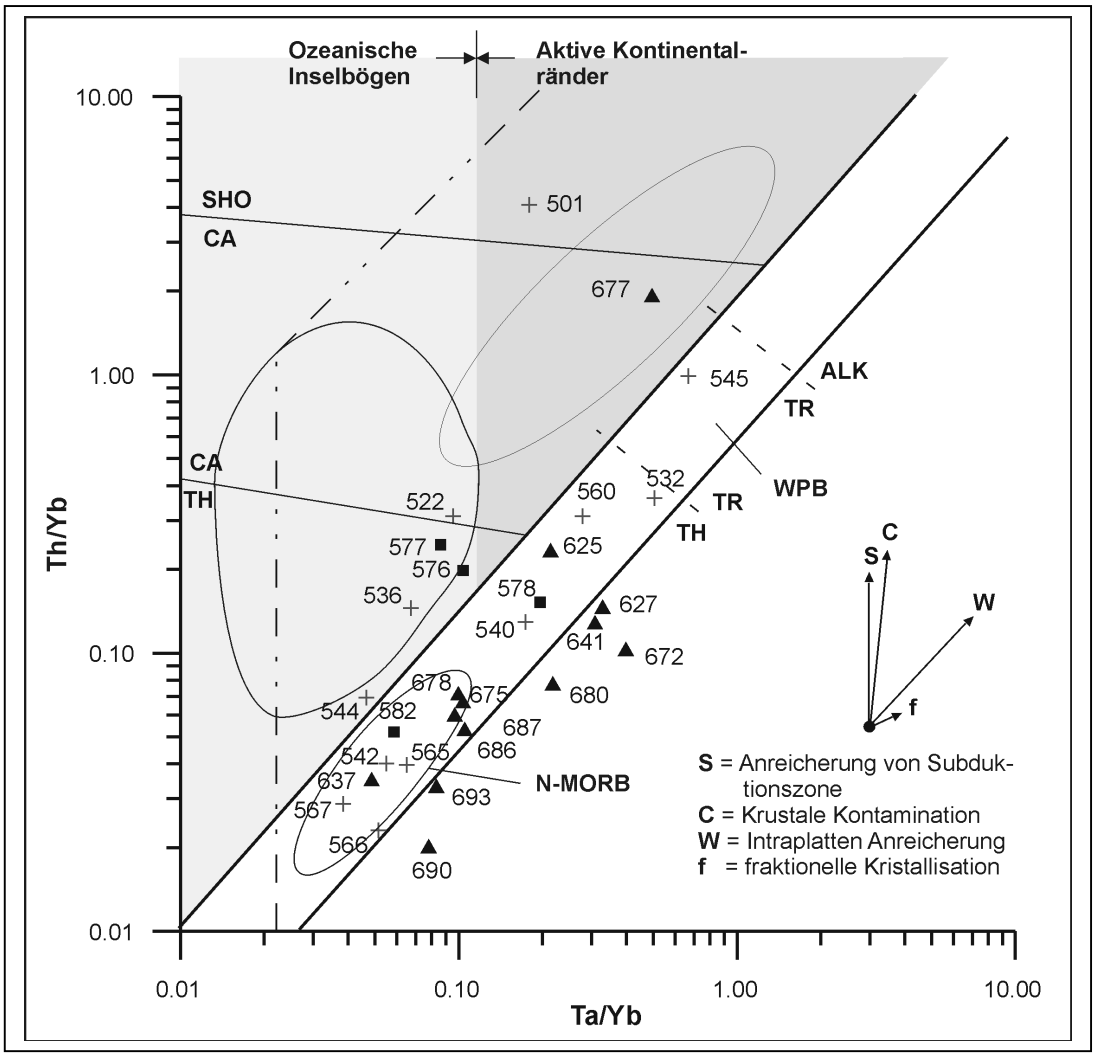


Abb. 5-29: Im Ta/Yb-Th/Yb Diagramm nach Pearce (1983) werden die unterschiedlichen Gehalte von ozeanischen Inselbogenbasalten und von aktiven Kontinentalrändern wiedergegeben. Die Proben der Region Abtao und Lago Huillinco sind mit Kreuzen gekennzeichnet, die der Region Canal Compu mit gefüllten Quadraten und die Proben der Südküste mit gefüllten Dreiecken. Die Ta-Gehalte wurden aus den Nb-Gehalten errechnet (Ta=Nb/17 nach Klein et al. 1995). TH = tholeiitisch, CA= kalk-alkalisch, SHO = shoshonitisch, TR = Übergang (transitional), ALK = alkalisch, WPB = Intraplattenbasalt.

Diese Ergebnisse untermauern die Interpretation der meisten Proben als Bildungen im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens, wobei zwei Proben einem aktiven Kontinentalrand und fünf Proben einem ozeanischen Inselbogen zugeordnet werden. Eine Antwort auf die Frage, ob es sich um Gesteine eines Mittelozeanischen Rückens handelt oder um back-arc-Becken Gesteine kann mit Hilfe dieses Diagramm nicht getroffen werden. Auch hier kann festgehalten werden, dass Argumente für die Bildung im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens aber auch für back-arc-Becken sprechen. Eine Entscheidung für eines der beiden Milieus ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

6. Geodynamisches Modell für die Küstenkordillere Chiloés

In den vorangegangenen Kapiteln wurden verschiedene Aspekte der Geologie der Küstenkordillere Chiloés beschrieben, analysiert und interpretiert. Um ein geodynamisches Modell zu entwickeln, werden die geochronologischen Daten der Küstenkordillere Südchiles dargestellt, danach folgt eine kurze Zusammenfassung der P-T-Entwicklung der Einheit und der geochemischen Signaturen der Metavulkanite. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Geothermobarometrie der Metasedimente und der Geochemie der Metavulkanite werden anschließend zwei mögliche geodynamisches Modelle für die Küstenkordillere Chiloés entwickelt.

6.1 Genesemodelle der chilenischen Küstenkordillere

Für die Entstehung der südchilenischen Küstenkordillere wurden in der Vergangenheit mehrere Genesemodell vorgeschlagen. Im folgenden werden die zwei bedeutendsten vorgestellt.

Genesemodell der chilenischen Küstenkordillere nach Hervé (1988)
Die heutige chilenische Küstenkordillere spiegelt die geologischen Prozesse wider, die im späten Paläozoikum entlang des südlichen und südwestlichen Randes von Gondwana stattfanden. Während des Devons akkumulierten am Ozeanboden mächtige Turbiditsequenzen. In dieser Zeit wird von der Existenz eines passiven Kontinentalrandes ausgegangen.
Möglicherweise wurde der ozeanische Bereich infolge von „underplating“ des Kontinentalrandes instabil, wodurch sich eine Subduktionszone ausbildete. Den Hauptanteil des Akkretionskeils bilden die pelagischen Sedimente, allerdings sind auch ozeanische Gesteine unterschiedlichster Genese vorhanden. Nach Hervé (1988) wurde der gesamte Akkretionskeil in der nördlichen Küstenkordillere vor dem Frühen Karbon und in der südlichen Küstenkordillere im Frühen Perm an den Kontinent angeschweisst. Im Späten Karbon könnten die Wurzeln des heutigen Kontinentalrandes des Chile-Typs liegen.
Die Gesteine wurden herausgehoben und bis in die Kreide erodiert. Das damalige Erosionsniveau dürfte dem rezenten ungefähr entsprechen. Über die jüngeren Ereignisse ist wenig bekannt. Entlang der Liquiñe-Ofqui-Störung vermutet man dextrale Seitenverschiebungen mit Versatzbeträgen von 400-500 km. Die Liquiñe-Ofqui-Störung liegt östlich der Küstenkordillere zwischen 39° und 45° S. Dies würde eine Verschiebung des kristallinen Grundgebirges nach Norden bedeuten.

Entwicklung des Akkretionskomplexes und des überlagernden fore-arc Magmatischen Bogens Südchiles (38°-41°S) nach Martin et al. (1999)
Das Modell der Autoren beruht hauptsächlich auf Ergebnissen geologischer Geländearbeit und geochronologischer Daten aus der südchilenischen Seenregion und der Küstenregion zwischen 38°-41°S. Vom Mittleren Perm bis zum Mittleren Jura war die heutige Seenregion ein fore-arc-Bereich. Dies steht im Einklang mit Ergebnissen aus Nordchile und Argentinien. Dort ist zur gleichen Zeit transpressionale Tektonik und das Ende des spätpaläozoischen subduktionsbezogenen Magmatismus zu beobachten. Zu dieser Zeit fand auch der Übergang zu einer Extensions-Tektonik entlang des Gondwanarandes statt. Die Autoren gehen davon aus, dass sich während Trias und Jura in Chile und Argentinien ein Extensionsbecken entwickelte. Das Fehlen des Magmatismus vom Mittleren Perm bis zur Mittleren Trias im Magmatischen Bogen in Südchile und Argentinien wird mit der Akkretion eines exotischen Terranes in Zusammenhang gebracht. Ferner korrelieren die Autoren im gleichen Zeitintervall eine deutliche Hebung der Gesteine mit der Entstehung der Hauptschieferung S_2 innerhalb der westlichen Serie. In der Mittleren bis Späten Trias kommt es zur weiteren Hebung und zur Erosion der Einheit.

6.2 Überblick über geochronologische Daten des metamorphen Grundgebirges

Die geochronologische Einordnung des metamorphen Grundgebirges mit Isotopen-Daten ist bisher nur bruchstückhaft bekannt. Hervé (1988) beschreibt für die während des Späten Paläozoikums bis Mesozoikums am Südwestrand Gondwanas abgelagerten Einheiten eine generelle Verjüngung der Metamorphosealter von Norden nach Süden.

6.2.1 Alter von Metasedimenten

Datierungen des Metamorphen Grundgebirges gehen meist auf U/Pb-Daten von detritischen Zirkonen der Metasedimente zurück. Diese Alter geben einen Überblick über das maximale Sedimentationsalter der Metasedimente.
Duhart et al. (1997) nennen U/Pb Alter von detritischen Zirkonen eines Mestasandsteins aus dem Bereich von Bahía Mansa (41°S) mit einem maximalen Sedimentationsalter von 275 Ma. U/Pb Alter von detritischen Zirkonen aus Quarz-Muskowit-Schiefern von Nord-Chiloé ca. 42°S ergeben ein maximales Sedimentationsalter von 369,2 Ma und 387,7 Ma (Duhart et al. 1999). Die gleiche Zeitspanne wird für die Sedimentation der Trilobiten führenden devonischen Schiefer von Buill in Chiloé Continental (42°S) beschrieben (Fortey et al. 1992). Söllner et al. (2000) beschreiben für einen vermutlich synsedimentär abgelagerten Meta-Ignimbrit U/Pb Alter von 293 ± 23 Ma für Zirkone. Rb/Sr Gesamtgesteinsalter an Biotit ergeben ein Alter von 295 ± 3 Ma, was den Zeitpunkt der Magmenextrusion angibt.
Die Alter des metamorphen Grundgebirges aus dem sich südlich von der Insel Chiloé anschließenden Archipiélago de Chonos sind deutlich jünger. Fang et al. (1998) beschreiben Fossilien aus der Obertrias. U/Pb Alter detritischer Zirkone der fossilienführenden Einheit ergaben Alter von 220-240 Ma (Hervé 1998). Auch neueste Ergebnisse von Spaltspurdatierungen ergeben für einen Quarzit ein postmetamorphes Abkühlalter von 210±12 Ma. (persönliche Mitteilung S. Thomson, Bochum 2001). Bei SHRIMP-Analysen von Zirkonen der gleichen Probe wurden mit 225 Ma die jüngsten Liefergebietsalter bestimmt. Somit wurde dieser Quarzit zwischen 225 und 198 Ma abgelagert und metamorph überprägt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Metasedimente des metamorphen Grundgebirges des Archipiélago de Chonos mit triassischen Liefergebietsalten jünger sind als die sich im Norden anschließenden Metasedimente des metamorphe Grundgebirges.
Pankhurst et al. (1994) geben Sm/Nd-Modellalter für Metasedimente des Archipiélago de Chonos an. Mit dem Sm/Nd-Modellalter kann das Alter der Provenienz der Metasedimente bestimmt werden. Es wurde eine grenvillische Krustenbildung von 1120-1450 Ma als Provenienz der Metasedimente ermittelt. Wegen der starken Ähnlichkeiten der Chonos- und Chiloé-Metasedimente und übereinstimmender geotektonischer Rahmenbedingungen wird angenommen, dass die Provenienz der weiter nördlich vorkommenden Metasedimente auch grenvillischen Alters ist. Es wird davon ausgegangen, dass die Metasedimente der angrenzenden Regionen das gleiche Ursprungsgebiet haben.

Mit K/Ar- bzw. Ar/Ar-Daten von Muskoviten kann das postmetamorphe Abkühlungsalter der Metasedimente um 300 °C ermittelt werden. K/Ar- und Ar/Ar-Daten von Muskoviten aus Nord-Chiloé (Duhart et al. 1999) ergeben triassische postmetamorphe Abkühlungsalter zwischen 220 und 250 Ma. Auch neue K/Ar Daten von metapelitischen Muskoviten aus der Umgebung von Castro ergeben Alter zwischen 236 ± 6 bis 245 ± 8 Ma (Duhart & Muñoz 2001).
Neueste noch nicht veröffentlichte Daten (persönliche Mitteilung S. Thomson, Bochum 2001) von Apatit- und Zirkon-Spaltspurdatierungen an Metasedimenten aus dem Bereich der Cordillera Piuchén auf Chiloé geben Informationen über das postmetamorphe Abkühlungsalter. Die an zwei Proben ermittelten Zirkon-Spaltspuralter ergeben so genannte „Mischalter“ zwischen 240 Ma und 90 Ma. Zirkon-Spaltspuralter geben das Alter an, bei dem die Schließtemperatur von 280 ± 30 °C bei einer normalen Abkühlungsrate durchschritten wird (Thomson et al. 2001). Die sogenannten „Mischalter“ zeigen, dass die Zirkone zwischen 100-70 Ma bis in die partielle Aus-

heilungszone von Zirkon-Spaltspuren erhitzt wurden. Die partielle Ausheilungszone von Spaltspuren in Zirkonen liegt zwischen 230-310 °C. Es wird davon ausgegangen, dass diese Metasedimente ein postmetamorphes Abkühlalter von 210-200 Ma haben. Die später Erwärmung wird mit einer granitischen Intrusion mit einem Alter von 80-100 Ma in Zusammenhang gebracht. Eine Intrusion wurde nach neuesten, noch nicht veröffentlichten Daten im nördlichen Bereich der Cordillere Piuchén nachgewiesen (persönliche Mitteilung P. Duhart, SERNAGEOMIN Puerto Varas, Chile 2001).
Ein Apatit-Spaltspuralter eines Metasediments aus dem Bereich der Cordillera Piuchén gibt ein spätkretazisches Abkühlungsalter von 68±7 Ma. Diese Probe ist somit seit der Oberkreide unter 60 °C abgekühlt gewesen.

6.2.2 Alter von Metabasiten

Auf Datierungen von Metabasiten kann nur sehr vereinzelt zurückgegriffen werden (Hervé et al. 1990, Hervé et al. 1984, Hervé et al. 1974, Munizaga et al. 1973). Grund hierfür sind große Fehlerquellen bei der Bestimmung von Gesamtgesteinsalter und das Fehlen von Mineralen, an denen erfolgversprechende Methoden angewendet werden können.
Für Glimmer aus Blauschiefer von Los Pabilos (40° 47‘S) erhalten Kato & Godoy (1995) ein Oberkarbones K/Ar Alter. Rb/Sr Errorchrones (Munizaga et al. 1988) von Metabasiten und Quarz-Glimmerschiefern ergeben für die gleiche Region um 40°S Alter von 309 ± 88 Ma und 280 ± 46 Ma.

6.2.3 Geochronologische Einordnung der Küstenkordillere Chiloés

Die postmetamorphen Abkühlalter der Metasedimente der Küstenkordillere in der betrachteten Region geben einen größeren Zeitabschnitt wieder als die des sich südlich anschließenden Archipiélago de Chonos. Für die Region Chiloé wird Oberperm bis Obertrias angegeben. Als maximales Sedimentationsalter von detritischen Zirkonen wird Mittleres Devon genannt. Die Metamorphose erfolgte somit zwischen Mittlerem Devon und Obertrias. Der Zeitraum der Metamorphose kann für Chiloé nicht näher eingegrenzt werden, da Datierungen von jüngsten Liefergebieten fehlen. Durch neueste Spaltspurdatierungen an detritischen Zirkonen kann eine regionale Erwärmung über die partielle Ausheilungszone von Zirkon (230-310 °C) nach der Metamorphose nachgewiesen werden. Anhand von Apatit-Spaltspurdatierungen (persönliche Mitteilung S. Thomson, Bochum 2001) kann die Abkühlung der Einheiten unter 60 °C auf die Oberkreide festgelegt werden.

6.3 Geodynamisches Modell

Bevor ein geodynamisches Modell für die bearbeitete Region entworfen wird, erfolgt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse der angewendeten Methoden.

6.3.1 P-T-Entwicklung der Einheiten

Für die Bearbeitung der P-T-Entwicklung wurden Phyllite, Quarzphyllite und Quarzite der Cordillera Piuchén ausgewählt. Metabasite sind in der Cordillera Piuchén NW von Castro nur sehr untergeordnet vertreten. Innerhalb der Cordillera Piuchén konnte ein WE-Geländeprofil von ca. 20 km Länge aufgenommen werden. Ziel war es, die P-T-Entwicklung der Metasedimente zu bestimmen und einen P-T-Pfad zu rekonstruieren. Ein weiterer Gesichtspunkte der geothermobarometrischen Bearbeitung war, die vermuteten Veränderungen der P-T-Bedingungen entlang des WE-Profils zu dokumentieren.
Aufgrund der vorherrschenden Mineralvergesellschaftung der Metasedimente von Quarz + Hellglimmer + Chlorit ± Albit ± Epidot ± Granat ± Titanit ± Graphit ± Turmalin waren die anwendbaren Verfahren stark eingeschränkt. Angewendet werden konnten: Phengit-Barometer,

Granat-Phengit-Thermometer, Chlorit-Phengit-Multigleichgewicht und das Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht. An insgesamt neun Proben wurden entsprechende geothermobarometrische Berechnungen durchgeführt. Durch das Gefüge innerhalb der Schliffe und der prograden Wachstumszonierung der Spessartine konnten die ermittelten P-T-Punkte unterschiedlichen Phasen des Metamorphosepfads zugeordnet werden. Die Granatporphyroblasten werden aufgrund vereinzelter Druckschattenbildung einem syntektonischen Wachstum während der D_2 (D_2= Hauptschieferung) zugeordnet. Die mit der EMS gemessenen Chlorit-Phengit-Paare können auch unterschiedlichen tektonischen Phasen zugeordnet werden. Die gemessenen Paare der Proben 178, 195 und 208 werden als syn-D_2 definiert. Die analysierten Paare der Proben 111 und 150 werden der syn-D_3 zugeordnet. Durch die texturellen Beziehungen konnten zwei Metamorphosepfade rekonstruiert werden. In Abb. 6-1 sind die ermittelten Metamorphosepfade der Metasedimente der Cordillere Piuchén mit I bis II gekennzeichnet. Neben den genannten Metamorphosepfaden sind auch die Ergebnisse von Multigleichgewichtsberechnungen einer Metabasitprobe aus dem Bereich des Lago Huillincos, SW von Castro, angegeben (III). Die in das Diagramm eingetragenen Felder geben die P-T-Bereiche für Metamorphosen an Subduktionszonen, in Kontinentalen Gebirgsgürteln bzw. in Inselbögen, Ozeanischen Rücken und Kontaktaureolen an (Spear 1995).

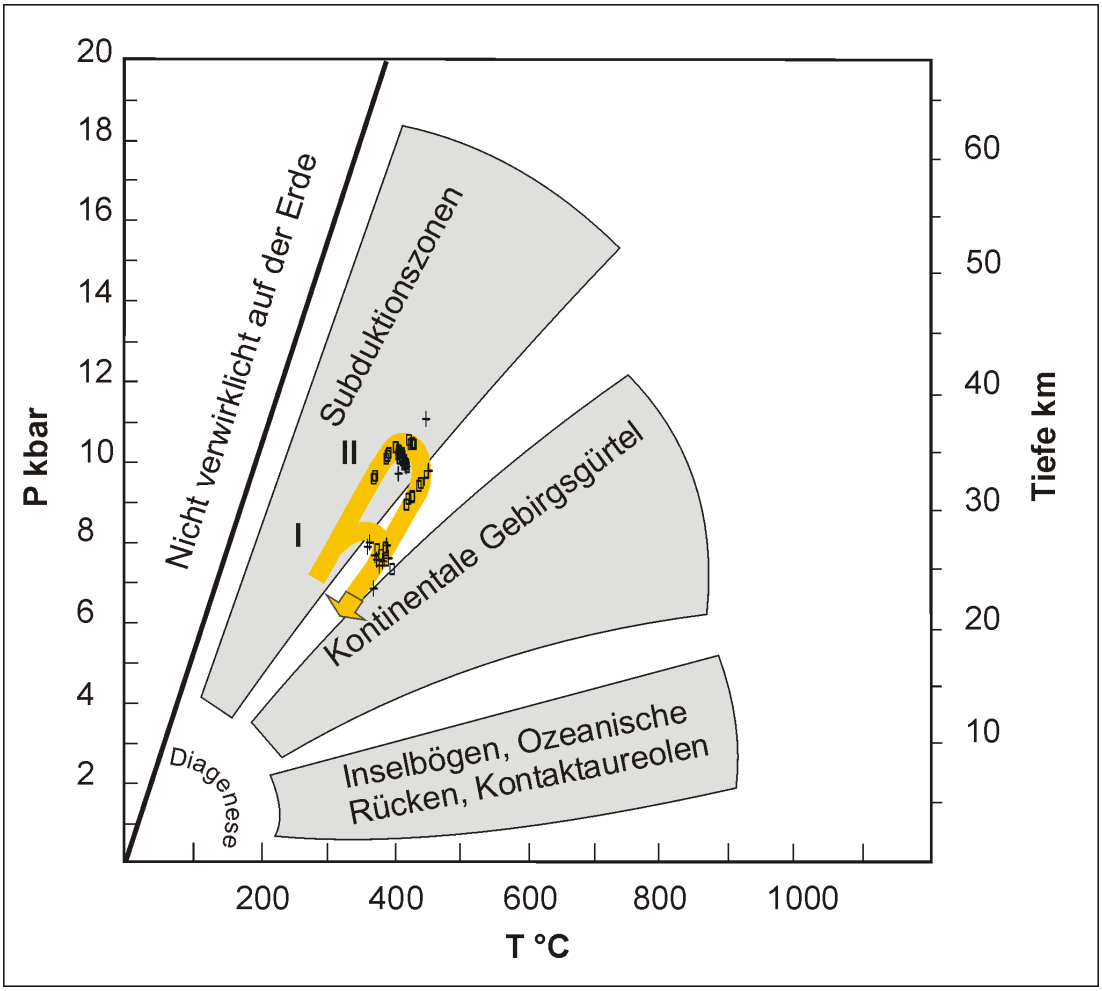


Abb. 6-1: Ermittelte P-T-Pfade der Einheiten. Pfad I-II Metasedimente der Region Cordillera Piuchén, NW von Castro. Pfad III Metabasit der Region Lago Huillinco, SW von Castro. Die geotektonische Zuordnung der unterschiedlichen Metamorphosen geht auf Spear (1995) zurück.

Der Metamorphosepfad I gibt die P-T-Entwicklung der spessartinführenden Probe 159 wieder. Ausgehend von einer Temperaturänderung von 30 °C /kbar wurde die Probe aufgrund der ermittelten Daten auf eine maximale Tiefe von ca. 23 km bei einer Temperatur von 375 –398 °C während der D_2 versenkt.
Die P-T-Entwicklung der Proben 107, 158, 195 und 208 wurden zum Metamorphosepfad II zusammengefasst. Auf Grundlage der berechneten P-T-Punkte erfuhren sie eine maximale Versenkung von ca. 33 km Tiefe bei einer Temperatur von 400-420 °C während der D_2. Der retrograde Ast wird durch P-T-Punkte der Proben 195 und Chlorit-Phengit-Gleichgewichte der Probe 158 definiert.
Für die genauere Definition des retrograden Astes der Metamorphosepfade wurden die Ergebnisse der Proben 111 und 150 herangezogen. Die in die Berechnung eingehenden Chlorit-Phengit-Paare werden einem syn-D_3-Wachstum zugeordnet. Diese metamorphe Überprägung erfuhren sie bei einem Druck von 6,8-7,9 kbar und einer Temperatur von 353-383 °C.

Aufgrund der dargestellten Ergebnisse konnte für die Metasedimente der Cordillera Piuchén eine HP-LT-Metamorphose nachgewiesen werden. Die unterschiedlichen Metamorphosepfade bzw. Versenkungstiefen einiger Proben während der D_2 belegen einen Schuppenbau der Einheit. So wurden Bereiche, die heute nebeneinander liegen, während der gleichen tektonometamorphen Phase unterschiedlich tief versenkt. Für die untersuchten Proben konnte eine maximale Versenkungstiefe von ca. 33 km bei einer Temperatur von ca. 450 °C ermittelt werden. Somit kann der geothermische Gradient mit ca. 13 °C/km bestimmt werden. Durch den Nachweis der HP-LT-Metamorphose und wegen des Verlaufs der Metamorphosepfade handelt es sich bei den bearbeiteten Einheiten der Cordillera Piuchén um einen Subduktionszonenkomplex. Aufgrund des ermittelten geothermischen Gradienten von ca. 13 °C /km kann von einer langsamen Subduktion ausgegangen werden. Generell werden aufgrund des unterschiedlichen retrograden Astes zwei Typen von Subduktionszonen-Metamorphosen unterschieden. Der Alpine-Typ erfährt bei der Dekompression eine substantielle Erwärmung (Ernst 1988), was zu einer intensiven grünschieferfaziellen oder amphibolitfaziellen Überprägung der HP-LT-Metamorphose führt. Unter Franciscan-Typ versteht man P-T-Pfade, deren retrograder Ast entlang des prograden Astes verläuft. So werden HP-LT-Mineralvergesellschaftungen oft gut erhalten. Im vorliegenden Fall ist eine starke grünschieferfazielle Überprägung zu beobachten. Der Metamorphosepfad der bearbeiteten Metasedimente ist somit dem Alpine-Typ zuzuordnen.

Mit den Ergebnissen der geothermobarometrischen Berechnungen soll auch eine Aussage über die Veränderungen der P-T-Bedingungen entlang des ca. 20 km langen WE-Geländeprofils innerhalb der Cordillera Piuchén getroffen werden. In Abb. 6-2 sind die ermittelten Drücke der Multigleichgewichtsberechnungen der jeweiligen Proben in der WE-Geländeprofilabfolge dargestellt. Auch in diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass die Proben 150 und 111 die Bedingungen während der D_3 darstellen. Die übrigen Proben spiegeln die P-T-Bedingungen während D_2 wieder. Berücksichtigt man die Zuordnung zu den unterschiedlichen tektonometamorphen Phasen und den Schuppenbau der Einheit, so ist die Länge des Profilabschnittes für diese Fragestellung nicht aussagekräftig. Es kann keine zweifelsfrei definierbare Tendenz des Druckes innerhalb des Geländeprofils ermittelt werden. Auch für die Temperaturen wurde versucht eine Tendenz in der WE-Abfolge der Proben zu ermitteln (vgl. Kapitel 4.4. P-T-Entwicklung der Küstenkordillere Chiloés). Wie auch schon beim Druck kann für die Temperatur keine eindeutige Tendenz heraus gearbeitet werden. Um hier aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, müsste das WE-Geländeprofil bis an den Fuß der Andenkordillere im Bereich von Chiloé Continental verlängert werden. In Chiloé Continental ist ein weiterer Abschnitt des ehemaligen Akkretionskeils aufgeschlossen.

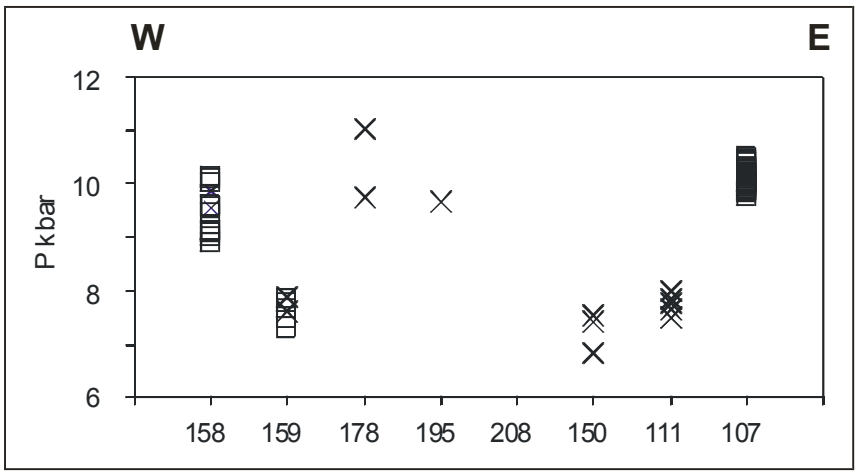


Abb. 6-2: Drücke von Multigleichgewichtsberechnungen der Proben in der WE-Abfolge des Geländeprofils. Auf der x-Achse sind die Proben in der WE-Geländeabfolge, auf der y-Achse der Druck in kbar angegeben. Nähere Erläuterungen siehe Text.

Der Vollständigkeit halber wurde eine Metabasitprobe aus dem Bereich des Lago Huillinco geothermobarometrisch bearbeitet. Da es sich um eine einzelne Probe handelt, die Region ca. 25 km südlich von den bearbeiteten Metasedimenten liegt und in diesem Bereich fast ausschließlich tektonische Signaturen der D_1 nachweisbar sind, ist es nicht möglich diese Ergebnisse mit denen der Metasedimente zu korrelieren. Die ermittelten P-T-Punkte wurden mit dem Multigleichgewicht Chlorit-Glaukophan-Albit-Tremolit-Klinozoisit gerechnet. Ein möglicher Metamorphosepfad des Metabasits ist in Abb. 6-1 mit III dargestellt. Es ist eine Niedertemperatur-Mitteldruck-Metamorphose (LT-MP) zu erkennen, die keinen direkten Zusammenhang zur Subduktionsmetamorphose der Metasedimente zeigt. Solche Metamorphosen werden im Allgemeinem einer Kollisionstektonik bzw. einem Kontinentalen Gebirgsgürtel zugeschrieben. Dies wirft einige Fragen auf, da der tektonisch eingeschuppte Metabasite genauso Teil des Akkretionskeilkomplexes ist wie die Metasedimente.
Das plausibelste Erklärungsmodell ergibt sich durch die Interpretation der Ergebnisse als magmatische Abkühlungsgeschichte der ehemaligen Basite. Trotz der tektonischen Einbeziehung der Metabasite in den Akkretionskeil können diese Ereignisse durch die Geothermobarometrie nicht näher definiert werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Minerale des untersuchten Bereichs keine Reequilibrierung während der Einbeziehung in den Akkretionskeilkomplex erfuhren und somit frühere Ereignisse rekonstruiert werden können. Die fehlende Neuequilibrierung könnte mit einer geringen Fluidzirkulation erklärt werden. In diesem Zusammenhang darf jedoch die Sonderstellung der Gesteine im Bereich des Lago Huillinco im Vergleich zu den Metasedimenten der Cordillera Piuchén nicht vergessen werden. In dem gesamten Bereich ist die normalerweise penetrativ ausgebildete Hauptschieferung (D_2) nur als Crenulationsschieferung in einigen Metasedimenten nachweisbar. Im Bereich des Lago Huillinco ist in den Metabasiten wie auch Metasedimenten hauptsächlich die D_1 ausgebildet.

6.3.2 Geochemische Signaturen der Metavulkanite

Um die bereits subduzierte ozeanische Platte näher charakterisieren zu können wurden von 29 meist tektonisch eingeschuppten Metavulkaniten des metamorphen Grundgebirges der Insel Chiloé eine geochemische Gesamtgesteinsanalyse erstellt. Da es sich um metamorph überprägte Vulkanite handelt und somit Elementmobilisierungen berücksichtigt aber nicht quantifiziert werden können, ist die geochemische Bearbeitung und vor allem die Interpretation der Daten schwierig. Um trotzdem zu glaubwürdigen Ergebnissen zu gelangen, wurden vor allem Multielementdiagramme, Elementverhältnisse von relativ inmobilen Elementen, Seltene Erden-Muster (SEE-Muster) und ausgewählte Diskriminationsdiagramme zur Interpretation herangezogen. Mit Hilfe der Magmenklassifikation konnten kalk-alkalische, tholeiitische, andesitische und alkalische Metavulkanite unterschieden werden.

Die kalk-alkalischen Proben 501 und 525 stellen dm-mächtige pyroklastische Grünschieferlagen dar, sie weisen die höchsten Elementanreicherungen und die stärksten Elementanomalien im Multielementdiagramm auf. Das SEE-Muster zeigt ein für stark differenzierte Gesteine typisches Muster. Auch die Elementverhältnisse Zr/Nb, Th/Nb, Nb/U oder La/Nb sind typisch für das geotektonische Milieu eins Inselbogens oder eines aktiven Kontinentalrandes. Die ausgeprägten Nb-, Pb- und P-Anomalie lassen auf eine Assimilation von Sedimenten in der Magmenquelle schließen, was auf eine Bildung innerhalb eines aktiven Kontinentalrandes hinweist.
Die übrigen kalk-alkalischen Proben stammen meist von massiven Metabasiten, sie weisen im Multielementdiagramm eine starke Anreicherung der LIL-Elemente sowie großteils eine negative Nb-Anomalie. Diese Merkmale sind charakteristisch für Bildungen innerhalb eines vulkanischen Bogens. Die SEE-Muster dieser Proben widersprechen jedoch dieser Zuordnung, da eine ca. 10-fache SEE-Anreicherung und ein leicht konvexer Kurvenverlauf normalerweise typisch für Mittelozeanische Rückenbasalte ist. Die Proben zeigen typische Charakteristika, die für die Bildung im Bereich eines vulkanischen Bogens als auch die für eine Bildung im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens sprechen. Nachdem back-arc-Becken Basalte Merkmale von vulkanischen Bogenbasalten und MORB vereinen (Saunders & Tarney 1991 und 1984) läge es nahe die kalk-alkalischen Proben einem solchen geotektonischen Bildungsmilieu zuzuordnen. Da jedoch keine Eindeutigkeit der Daten vorliegt ist eine zweifelsfrei Zuordnung für die in dargestellten Proben zu einem geotektonischen Bildungsmilieu leider nicht möglich. Für die Proben 501 und 525 kann jedoch die Bildung im Bereich eines aktiven Kontinentalrandes angenommen werden.
Die tholeiitischen Proben sind im Multielementdiagramm relativ ähnlich, sie zeigen eine ca. 10-fache Anreicherung an Rb, eine mehr oder minder ausgeprägte Th-Anomalie, eine stark ausgeprägte positive Pb-Anomalie und eine negative P-Anomalie. Generell ist eine Anreicherung der LIL-Elemente zu beobachten, während die HFS-Elemente ungefähr bei eins liegen. Die Nb-Gehalte der Proben führen zu keiner positiven bzw. negativen Nb-Anomalie. Beim Vergleich der Proben mit den beiden Referenzproben ist der ähnliche Kurvenverlauf der tholeiitischen Proben und des ARCs auffällig, lediglich eine geringer Elementanreicherung ist bei den tholeiitischen Proben zu beobachten. Gegen eine Interpretation der tholeiitischen Proben als Inselbogenvulkanite spricht die fehlende charakteristische negative Nb-Anomalie. Gegen die Bildung im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens als MORB sprechen jedoch die Anreicherung der LIL-Elemente und die ausgeprägten Pb-, Sr- und P-Anomalie, die eine Sedimentzufuhr zur Magmenquelle vermuten lassen. Die SEE-Muster der tholeiitischen Proben zeigen einen leicht konvexen Kurvenverlauf mit einer ca. 20-fachen Chondrit-normierten Anreicherung der SEE. Ein solches SEE-Muster ist für Bildungen im Bereich eines Mittelozeanischen Rückens charakteristisch. Die tholeiitischen Metavulkanite zeigen Merkmale eines vulkanischen Bogens, aber auch solche, die für die Entstehung an einem Mittelozeanischen Rücken sprechen. Gesteine, die an einem Rücken eines back-arc-Beckens gebildet wurden, vereinen die genannten Merkmale und bilden eine Zwischenposition beider Bildungsmilieus (Saunders & Tarney 1991).
Neben den näher beschriebenen kalk-alkalischen und tholeiitischen Proben wurden Metaandesite mit einer vulkanischen Bogensignatur und alkaline Metavulkanite mit Merkmalen für MORB bzw. BAB und für alkalische Basalte beprobt. Für die alkalischen Metavulkanite ist eine eindeutige Zuordnung zu einem bestimmten geotektonischen Bildungsbereich nicht möglich.
Berücksichtigt man neben den geochemischen Ergebnissen auch die geologischen Geländegegebenheiten, weisen Proben von massiven kompakten Metavulkanitkörpern Merkmale von vulkanischen Bogenbasalten und von MORB auf. Untergeordnet konnten auch Grünschieferzwischenlagen mit der gleichen Signatur nachgewiesen werden. Die beiden kalk-alkalischen Proben mit einer deutlichen vulkanischen Bogensignatur repräsentieren wenige dm-mächtige Grünschieferzwischenlagen innerhalb der dominierenden Metasedimente. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich um pyroklastische Zwischenlagen eines vom Ablagerungsraum entfernten vulkanischen Bogens handelt.

Nachdem die bearbeiteten Proben aus unterschiedlichen Regionen stammen und nicht geklärt werden kann wie die einzelnen Probenregionen und auch die einzelnen Proben zueinander stehen beinhalten mögliche Modelle eine relativ große Ungenauigkeit. Ferner wäre es auch wichtig die Alter der Proben zu kennen, um so abschätzen zu können, ob alle Proben dem gleichen System zuzuordnen sind oder ob es eventuell unterschiedliche Systeme waren. Möglich wäre zum Beispiel, dass die pyroklastischen Gesteine mit einer vulkanischen Bogensignatur von den vermutlich damals bereits aktiven Kontinentalrand des heutigen Südamerikas stammen, jedoch kann ein Bildung an einem bisher unbekannten Ozeanischen Inselbogen auch nicht ausgeschlossen werden. Nachdem solche essentiellen Fragen mit dem momentanen Wissensstand nicht beantwortet werden können, müssen bei vorgeschlagenen Modellen große Fehlerquellen einkalkuliert werden.

6.3.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die in der Küstenkordillere Chiloés auftretenden Gesteine sind Teil eines prä-andinen Akkretionskomplexes. Die dominierenden Metasedimente treten als Phyllite, Quarzphyllite bzw. Quarzite auf. Durch die geothermobarometrischen Berechnungen an den Metasedimenten kann eine subduktionsbezogene HP-LT Metamorphose nachgewiesen werden. Sie tritt nicht nur vereinzelt auf, sondern ist bei allen untersuchten Metasedimenten nachweisbar. Die unterschiedlichen Versenkungstiefen während der D_2 von heute nebeneinander liegenden Gesteinen beweisen den Schuppenbau der Einheit. Neben den Metasedimenten können untergeordnet tektonisch eingeschuppte Metabasite nachgewiesen werden.
Die geochemischen Signaturen der meisten Proben können nicht eindeutig einem geotektonischen Bildungsbereich zugeordnet werden, es sind somit zwei Entstehungsmodelle für die bearbeiteten Gesteine denkbar.
Nimmt man die Bildung der tholeiitischen und kalk-alkalischen Proben mit MORB-Merkmalen und vulkanischen Bogen-Merkmalen an einem Mittelozeanischen Rücken an, kann folgendes Modell entworfen werden:
An einem Mittelozeanischen Rücken westlich des westlichen Gondwanarandes wurden Magmen generiert, die eine Anreicherung an LIL-Elementen aufweisen und die durch deutlich positive Pb-Anomalien den Einfluss von recyclierten Sedimentgesteinen im Magma nahelegen. Die Anreicherung von LIL-Elementen könnte nachvollziehbar sein, Hinweise auf recycelte Sedimentgesteine im Bereich von Mittelozeanischen Rücken können jedoch nach momentanen geologischem Wissenstand kaum erklärt werden. Im Bereich von Mittelozeanischen Rücken kann es zum Aufsteigen von Mantelplumes kommen (Wilson 1989), die alkalische Magmen bilden können. Da auf Chiloé alkalische Magmen identifiziert wurden, stellen sie keinen Widerspruch zu diesem Modell dar. Aufgrund der Spreizungsaktivität am Rücken und der Subduktionstätigkeit am westlichen Gondwanarand nähert sich die ozeanische Kruste mit der beschriebenen geochemischen Signatur dem westlichen Gondwanarand. Während dieser Annäherung werden auf die ozeanische Kruste Tiefseesedimente abgelagert. Im Schelfbereich Gondwanas kommt es zu einem großen Sedimenteintrag und somit zur Ablagerung von mächtigen Sedimenteinheiten. Während der Tiefseesedimentation wird auch pyroklastisches Material eines kalk-alkalischen Vulkans eingetragen und sedimentiert. Nachdem diese pyroklastischen Lagen der auf Chiloé zu beobachtenden Metasedimente nur einige cm mächtig sind, liegt ein weit entfernter Vulkan oder ein nur sehr wenig aktiver Vulkan als Ursache für diese pyroklastischen Zwischenlagen nahe. Aufgrund der geochemischen Signatur muss es sich um einen Vulkan im Bereich eines aktiven Kontinetalrandes gehandelt haben. Ob es sich hierbei um den aktiven Kontinentalrand des westlichen Gondwanas handelt kann mit der vorhandenen Daten leider nicht geklärt werden, es erscheint zumindest naheliegend. Gegen eine Abstammung von einem unbekannten Ozeanischen Inselbogen sprechen die hohen Pb-Gehalte, da der dafür nötige Sedimenteintrag nicht gewährleistet wäre. Entlang der nach Osten abtauchenden Subduk-

tionszone des westlichen Gondwanarandes akkumulierten im Akkretionskeil die Sedimente der ozeanischen Kruste und die pelitischen Sedimente Gondwanas. In den Akkretionskeil wurde ozeanische Kruste mit der oben genannten geochemischen Signatur einbezogen und teilweise durch die Subduktion in größere Tiefen versenkt. Aufgrund der Ergebnisse der Geothermobarometrie wurden die heutigen Metasedimente der Küstenkordillere Chiloés bis zu max. 33 km bei einer Temperatur von 450 °C versenkt. Für die Exhumierung von HP-LT Gesteine existieren unterschiedliche Modellvorstellungen (Platt 1986, Trouw et al. 1998). Von Platt (1986) wurde eine Modell entwickelt, das im wesentlichen auf Underplating zurückgeführt wird. Trouw et al. (1998) erklären die Exhumierung des Subduktionskomplex der South Shetland Islands (Antarktis) mit einer morphologischen Erhebung der subduzierten ozeanischen Kruste. Welche Modellvorstellung für den Bereich der metamorphen Küstenkordillere Chiloés zutrifft kann mit den vorhandenen Daten leider nicht festgelegt werden.

Nimmt man die Bildung der tholeiitischen und kalk-alkalischen Proben mit MORB-Signatur und vulkanische Bogensignatur als Bildungen im Bereich eines back-arc-Beckens an, kann folgendes Modell entworfen werden:
Entfernt vom Gondwanarand existierte eine Subduktionszone mit einem ozeanischen Inselbogen und zugehörigem back-arc-Becken. Die Subduktion kam vermutlich zum erliegen, was auch die weitere Öffnung des back-arc-Beckens verhinderte. Dieses Inselbogen/back-arc Terrane bewegte sich durch die fortschreitende Subduktion am Gondwanarand Richtung Osten. Während der Subduktion des Inselbogen/back-arc Terranes wurden Teile des back-arc-Beckens in den Akkretionskeil der kontinentalen Platte inkorporiert. Ob hierfür basale Akkretion, frontale Akkretion oder Underplating verantwortlich ist kann nicht geklärt werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass der ozeanische Inselbogen nicht reibungslos subduziert wurde. Ein Inselbogen stellt zum einen eine topographische Erhebung dar, zum andern ist seine Dichte im Vergleich zur Ozeanischen Kruste geringer. Eine komplette Subduktion eines solchen Inselbogens gilt somit als relativ unwahrscheinlich. Allerdings konnte bisher an keiner Stelle der südchilenischen Küstenkordillere ein Teil dieses Inselbogens nachgewiesen werden. Jedoch vermuten Mpodosis & Kay (1992) und Martin et al. (1999) das Andocken eines Terrane X, da vom Mittleren Perm bis zur Mittleren Trias eine magmatische Tätigkeit am aktiven Kontinentalrand Gondwanas fehlt. Es ist naheliegend einen Zusammenhang zwischen dem genannten Terrane X und dem hier vorgeschlagenen Inselbogen/back-arc-Becken Terrane zu sehen. Auffällig ist, dass das Inselbogen/back-arc Terrane reliktisch durch die geochemische Signatur der Metavulkanite bei dieser Modellvorstellung nachweisbar ist. Es kann also angenommen werden, dass es sich dabei um das Terrane X der genannten Autoren handelt. Für die Exhumierung des fossilen Akkretionskeilkomplexes mit bis zu 33 km tief versenkten Bereichen kann die teilweise Subduktion des Inselbogen/back-arc Terranes verantwortlich gemacht werden.
Fasst man nun alle gewonnenen Ergebnisse und vorhandenen Daten für diese Modell zusammen, so kann folgendes geodynamische Modell für die Küstenkordillere Chiloés vorgeschlagen werden. In Abb. 6-3 ist es schematisch dargestellt. Prädevonisch entwickelte sich im Präpazifik östlich des Gondwanarandes an einer ostvergenten Subduktionszone ein ozeanischer Inselbogen mit zugehörigem back-arc-Becken. Die Subduktionszone kollabierte und die Spreizung des back-arc-Beckens endete (vgl. Abb. 6-3 A und B). Wie bereits beschrieben kam es im Späten Devon bis Karbon zur Ausbildung einer NS streichenden nach Osten abtauchenden Subduktionszone entlang des westlichen Gondwanarandes. Im fore-arc-Bereich des aktiven Kontinentalrandes wurden die pelitischen Sedimente Gondwanas abgelagert. Im Akkretionskeil akkumulierten die Sedimente der ozeanischen Kruste und die pelitischen Sedimente Gondwanas. Teile des Akkretionskeils wurden durch die Subduktion in größere Tiefen versenkt. Aufgrund der Ergebnisse der Geothermobarometrie wurden die heutigen Metasedimente der Küstenkordillere Chiloés bis zu max. 33 km bei einer Temperatur von ca. 450 °C versenkt. Durch Subduktion der

ozeanischen Kruste kam es zur Annäherung des kollabierten ozeanischen Inselbogens mit geschlossenem back-arc-Becken an den Gondwanarand.

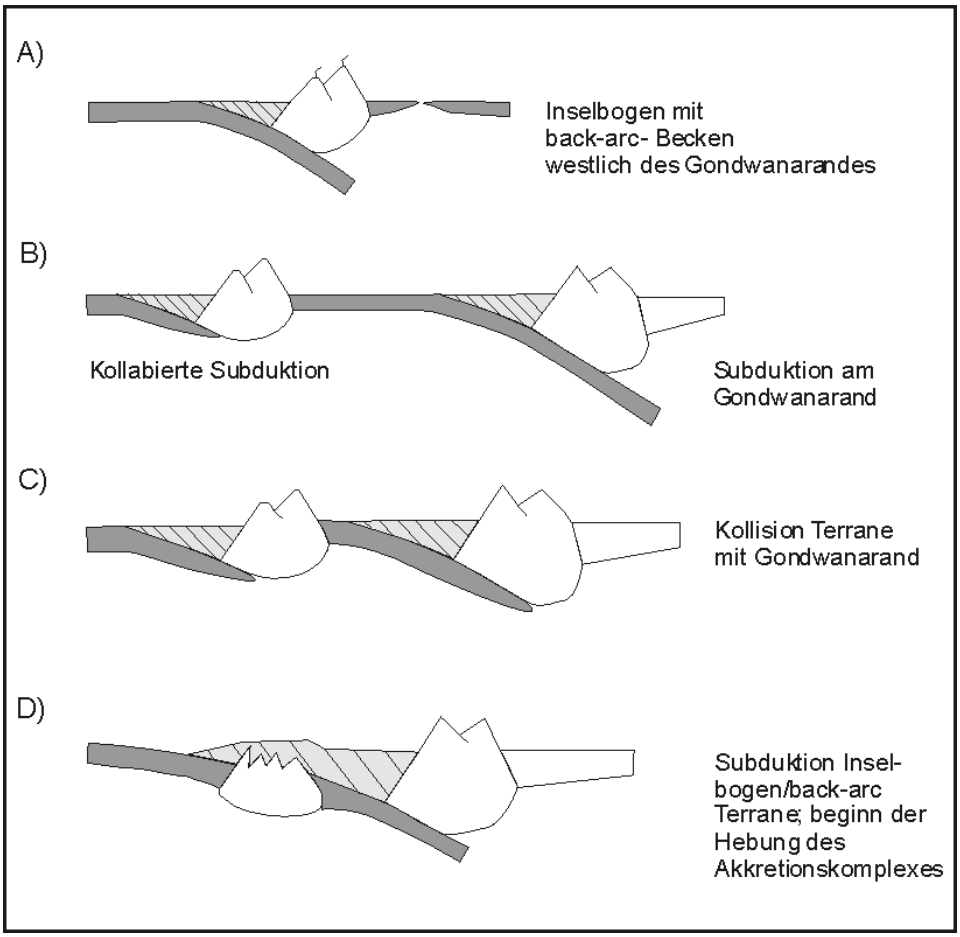


Abb. 6-3: A) vermutlich prädevonisch: Entwicklung eines ozeanischen Inselbogens mit back-arc-Becken westliche des Gondwanarandes. B) Kollabieren der Subduktion am ozeanischen Inselbogen; Schließung des back-arc-Becken Rückens; Zwischen Spätem Devon und Karbon Entwicklung einer Subduktionszone am westlichen Gondwanarand. C) Mittleres Perm bis Mittlere Trias: Kollision des Inselbogen/back-arc Terranes mit westlichen Gondwanarand; Metabasite mit back-arc-Signatur werden in Akkretionskeil eingeschuppt;

Während des Mittleren Perms bis zur Mittleren Trias kollidierte das Inselbogen/back-arc-Terrane mit dem Gondwanarand (vgl. Abb. 6-3 C). Teile des Inselbogen/back-arc-Terranes wurden in den Akkretionskeil eingeschuppt. Während dieser Zeitspanne fehlt der Nachweis für magmatische Tätigkeit am aktiven Kontinentalrand. Dies veranlasste Mpodosis & Kay 1992 und Martin et al. 1999 zur Vermutung, dass es zu einer Kollision eines Terrane X mit dem westlichen Gondwanarand kam. Hierbei handelt es sich um das Inselbogen/back-arc-Terrane, dessen Relikte in der Küstenkordillere Chiloés nachgewiesen wurden. Von der Späten Trias bis Mittleren Jura kam es zur zunehmenden Subduktion des Inselbogen/back-arc Terranes. Durch die Subduktion des weniger dichten Inselbogens kam es zur Exhumierung des Akkretionskomplexes der heute die Küstenkordillere Chiloés bildet. Die obertriasischen K/Ar Alter (Duhart et al. 1999 und Duhart & Muñoz 2001) geben den Zeitpunkt der postmetamorphen Abkühlung von Muskoviten der Metasedimente an. Durch Spaltspurdatierungen an Apatiten der Metasedimente der Cordillera Piuchén kann die weitere Abkühlung der Einheit unter 60 °C auf die Späte Kreide festgelegt werden. Für die Exhumierung von HP-LT Gesteine existieren unterschiedliche Modellvorstellungen. Von Platt (1986) wurde eine Modell entwickelt, das im wesentlichen auf Underplating zurückgeführt wird. Trouw et al. (1998) erklären die Exhumierung des Subduktionskomplex der South Shetland Islands (Antarktis) mit einer morphologischen Erhebung der

subduzierten ozeanischen Kruste. Für den hier bearbeiteten Subduktionskomplex kann die Exhumierung mit der Subduktion des Inselbogen/back-arc-Terranes im Zusammenhang stehen.

Nachdem mehrere Argumente für das erste Modell wie auch für das zweite Modell sprechen kann keine Aussage getroffen werden, welches der Realität am nächsten kommt. Obwohl die vorliegende Arbeit kein abschließendes Entstehungsmodell für die Region vorstellen kann ist es erstmals gelungen durch eine systematische geothermobarometrische Bearbeitung der Westlichen Serie des metamorphen Grundgebirges einen P-T-Pfad zu rekonstruieren und die HP-LT-Metamorphose aller untersuchten Metasediment zu belegen. Somit konnten durch die Bearbeitung des metamorphen Grundgebirges der Insel Chiloé wesentliche Versatzstücke der prä-andinen Gegebenheiten und Ereignisse der Region rekonstruiert werden. Um jedoch eine umfassende Vorstellung über die prä-andinen Ereignisse entlang des westlichen Gondwana-randes zu bekommen, müsste das metamorphe Grundgebirge entlang der gesamten Ausbisslänge systematisch geothermobarometrisch, geochemisch und isotopten-geochronologisch bearbeitet werden.

7. Literaturverzeichnis

Agard, P., Vidal, O., Goffé, B. (2001): Interlayer and Si content of phengite in HP-LT carpholithe-bearing metapelites. – J. Metam. Geol., 19-5: 479-495.

Aguirre, L., Hervé, F., Godoy E. (1972): Distribution of metamorphic facies in Chile - an outline. - Krystalinikum, 9: 7 - 19.

Bailey, S.W. (1988): Chlorites: structures and crystal chemistry. – In: Bailey S.W. (eds) Hydrous phyllosilicates (exclusive of Micas). Reviews in Mineralogy, 19: 347-403.

Baldelli, C., Franceschelli, M., Leoni, L., Memmi, I. (1989): Ferrimuscovite and celadonite substitutions in muscovite from Fe^{3+}-rich low-grade psammitic rocks (northern Apennines, Italy). – Lithos, 23: 201-208.

Berman, R.G. (1988): Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system Na_2O-K_2O-CaO-MgO-FeO-Fe_2O_3-Al_2O_3-SiO_2-TiO_2-H_2O-CO_2. - J. Petrol., 29: 445-522.

Berman, R.G. (1990): Mixing properties of Ca-Mg-Fe-Mn garnets. – Am. Mineral., 75: 328-344.

Berman, R.G. (1991): Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique with petrological applications. – Canad. Mineral., 29:833-855.

Brandelik, A. & Massonne, H.J. (2000): PTGibbs, an Excel program for computing equilibrium data of mineral reactions and thermodynamic functions. – Beih. z. Eur. J. Mineral., 12-1: 19.

Brown, E.H. (1974): Comparison of the mineralogy and phase relations of blueschists from the North Cascades, Washington, and greenschists from Otago, New Zealand. – Geol. Soc. Am. Bull., 85: 333-334.

Brown, T.H., Berman, R.G., Perkins,E.H. (1988): Geo-Calc: software package for calculation and display of pressure-temperature-composition phase diagramms using an IBM or compatible personal computer. – Comput. Geosci., 14: 279-289.

Bucher, K. & Frey, M. (1994): Petrogenesis of metamorphic rocks. - 6. Aufl., Complete revision of Winkler's textbook, Springer, 318 S.; Berlin.

Cathelineau, M. & Nieva, D. (1985): A chlorite solid solution geothermometer the los Azufres (Mexico) geothermal system. – Contrib. Mineral. Petrol., 91: 235-244.

Coish, R.A., Hickey, R., Frey, F.A. (1982): Rare earth element geochemistry of the Betts Cove ophiolite, Newfoundland: complexities in ophiolite formation. - Geochim. Cosmochim. Acta, 46: 2117-2134.

Cotten, J., Le Dez, A., Bau, M., Caroff, M., Maury, R.C., Dulski, P., Fourcade, S., Bohn, M., Brousse, R. (1995): Origin of anomalous rare-earth element and yttrium enrichments in subaerially exposed basalts: evidence form French Polynesia. - Chem. Geol., 119: 115-138.

Darwin, C. (1845): Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagel round the world, 2nd edn, London.

DeCaritat, P., Hutcheon, I., Walshe, J.L. (1993): Chlorite geothermometry: a review. Clays and clay minerals, 41: 219-239.

Duhart, P. & Muñoz, J. (2001): K-Ar geochronologic evidence for a triassic metamorphic event in the main Chiloe island, south-central Chile. – III SSAGI (Simposio Sudamericano de geología isotópica) Pucon, Chile, 566-569.

Duhart, P., Martin, M., Muñoz, J., Crignola, P., McDonough, M. (1997): Acerca de la edad del protolito del basamento metamórfico de la Cordillera de la Costa de la X Región: edades preliminares 207 Pb/206 Pb. – VIII Congreso Geol. Chileno, Actas Vol. II: 1267-1274.

Duhart, P., Muñoz, J., McDonough, M., Martin, M., Villeneuve, M. (1999): Pb/Pb and Ar/Ar geochronology of the coastal metamorphic belt between 41°-42° S in central-south Chile. – IV. ISAG Göttingen, Andean Geodynamics, Ext. Abstr., 219-223.

Duhart, P., Muñoz, J., Stern, C.R. (2000): Geologia de la isla grande de Chiloé, X Región de los Lagos, Chile. – XI Congreso Geol. Chileno, Actas Vol. I: 461-465.

Duhart, P., McDonough, M., Muñoz, J., Martin, M. (2001): El Complejo metamórfico Bahía Mansa en la cordillera de la Costa del centro-sur de Chile (39°30‘-42°00‘S): geocronología K-Ar, $^{40}Ar/^{39}Ar$ y U-Pb e implicancias en la evolución del margen sur-occidental de Gondwana. – Rev. Geol. de Chile, 28-2: 179-208.

Elliot, T., Plank, T., Zindler, A., White, W. (1997): Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc .- J. Geophysical Res., 102-B7:14991-15019.

Ernst, W.G. (1966): Amphibole phase relations. – In Short Course Lecture Notes: Chain Silicates, Hrsg. Smith, J.V. Ed., E1-E41.

Evans, B.W. (1990): Phase relations of epidote-blueschists. – Lithos, 25: 3-23.

Falloon, T.J. & Crawford, A.J. (1991): The petrogenesis of high-calcium boninite lavas dredges from the northern Tonga ridge. - Earth Planet. Sci. Letters, 102: 375-394.

Fang, Z., Boucot, A., Covacevich, V., Hervé, F. (1998): Discovery of late triassic fossils in the Chonos Metamorphic Complex, Southern Chile. – Rev. Geol. de Chile, 25: 165-173.

Floyd, P.A. (1991): Oceanic basalts. - Blackie, 456 S.; Glasgow.

Fortey, R., Pankhurst, R. J., Hervé, F. (1992): Devonian trilobites at Buill, Chile (42°S). – Rev. Geol. de Chile, 19: 133-144.

Forster, M.D. (1962): Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. – U.S. Geol. Survey Professional Paper, 414-A: 33.

Frutos, J. & Alfaro, G. (1987): Metallogenic and tectonic characteristics of the paleozoic ophiolitic belt of the southern Chile coastal Cordillera. - Geol. Rundsch., 76/2: 343 - 356.

Godoy, E. (1980): Zur Geochemie der Grünschiefer des Grundgebirges in Chile. - Münster. Forsch. Geol. Paläont., 51: 161 - 182.

González - Bonorino, F. & Aguirre, L. (1970): Metamorphic facies series of the crystalline basement of Chile. - Geol. Rundsch., 59: 979-993.

Gottschalk, M. (1997): Internally consistent thermodynamic data for rock froming minerals in the system SiO_2-TiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3-CaO-MgO-FeO-K_2O-Na_2O-H_2O-CO_2. – Eur. J. Mineral. 9: 175-223.

Green, T.H. & Spiller, A.R. (1977): Blue amiphole from precambrian metabasalts, Savage River, Tasmania. – Am. Mineral., 62: 164-166.

Guidotti, C.V. (1984): Micas in metamorphic rocks. – In micas, Hrsg. Bailey, S.W., Rev. Mineral., Min. Soc. Am., 13: 357-468.

Guidotti, C.V. & Sassi, F.P. (1998): Petrogenetic significance of Na-K white mica mineralogy: recent advances for metamorphic rocks. – Eur. J. Mineral. 10: 815-854.

Hellman, P.L., Smith, R.E., Henderson, P. (1979): The mobility of the rare earth elements: evidence and implications from selectet terrains affected by burial metamorphism. - Contrib. Mineral. Petrol., 71: 23-44.

Hervé, F. (1988): Late paleozoic subduction and accretion in southern Chile. - Episodes, 11-3: 183 - 188.

Hervé, F. (1998): Late triassic rocks in the subduction complex of Aysén, southern Chile. – in Special Abstract Volume, Gondwana 10: Event stratigraphy of Gondwana, J. African Earth Sci., 27: 224.

Hervé, F., Munizaga, F., Godoy, E. (1974): Late paleozoik K/Ar ages of blueschists from Pichilemu, central Chile. - Earth Planet. Sci. Letters, 23: 261-264.

Hervé, F., Kawashita, K., Munizaga, F. Bassei, M. (1984): Rb/Sr isotopic ages from late paleozoic metamorphic rocks of central Chile. - J. Geol. Soc. London, 141: 877-884.

Hervé, F., Pankhurst, R.J., Brook, M., Alfaro, G., Frutos, J., Miller, H., Schira, W., Amstütz, G.C. (1990). Rb-Sr and Sm-Nd data from some massive sulfide occurrences in the metamorphic basement of south-central Chile. - In stratabound ore deposits in the Andes; Hrsg. Fontboté, F., Amstütz, G.C., Cardozo, M., Cedillo, E., Frutos, J.; Springer; 221-227; Berlin.

Hillier, S. & Velde, B. (1991): Octahedral occupancy and the chemical composition of diagenetic (low-temperature) chlorites. – Clay Mineral., 26: 149-168.

Holland, T.J.B. & Powell, R. (1990): An enlarged and updated internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: the system K_2O-Na_2O-CaO-MgO- MnO-FeO-Fe_2O_3-Al_2O_3-TiO_2-SiO_2-C-H_2-O_2. – J. Metam. Geol., 8: 89-124.

Holland, T.J.B. & Powell, R. (1988): An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3: applications methods, worked examples and a computer program. – J. Metam. Geol., 6: 173-204.

Hufmann, L., Miller, H., Alfaro, G. (1997): Ocean floor magmatic rocks within the accretionary belt of Cerros de Maulén area, Coastal Range, IX Región, Chile. – VIII Congreso Geol. Chileno, Simposio final IGCP 345; Actas Vol. III: 1650-1655.

Humphris, S.E. (1984): The mobility of the rare earth elements in the crust. - In rare earth element geochemistry, Hrsg. Henderson, Elsevier, 317-340; Amsterdam.

Humphris, S.E. & Thompson, G. (1978): Hydrothermal metamorphism of oceanic basalts by sea-water. - Geochim. Cosmochim. Acta, 42:107-125.

Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. (1971): A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. - Canad. J. Earth Sci., 8:523-544.

Jackson, S.L: (1989):Extension of Wohl's ternary asymmetric solution model to four and n components.- Am. Mineralogist, 74:14-17.

Kato, T. (1985): Pre-Andean orogenesis in the coast range of central Chile. - Geol. Soc. Am. Bull., 96: 918-924.

Kato, T.T. & Godoy, E. (1995): Petrogenesis and tectonic significance of late paleozoic coarse-crystalline blueschist and amphibolite boulders in the coastal range of Chile. – Int. Geology Rev., 37: 992-1006.

Kohn, M.J. & Spear, (1990): Two new barometers for garnet amphibolites with applications to southeastern Vermont. – Am. Mineral., 76: 89-96.

Kuschel, E. & Smith, I.E.M. (1992): Rare earth mobility in young arc-type volcanic rocks from northern New Zealand. - Geochim. Cosmochim. Acta, 56: 3951-3955.

Laird, J. (1988): Chlorites: metamorphic petrology. – In hydrous phyllosilicates (exclusive of micas), Hrsg. Bailey, S.W., Rev. Mineral., Min. Soc. Am., 19: 406-453.

Lambert, R.St.J. (1957): The mineralogy and metamorphism of the Moine schists of the Morar and Knoydart districts of Inverness-shire. – Trans. R. Soc. Edinburgh. 63: 553-588.

Lange, S. & Willner, A. (1997): Genese und metamorhpe Fluidentwicklung von Coticules in einem jungpaläozoischen Akkretionskeil im südlichen Zentralchile. – Ber. Dt. Mineral. Ges., Beih. Eur. J. Mineral., 9: 215.

Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D. Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S. (1997): Nomenclature of amphiboles report of the

subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names. – Eur. J. Mineral., 9: 623-651.

Leoni, L., Sartori, F., Tamponi, M. (1998): Compositional variation in K-white micas and chlorites coexisting in Al-saturated metapelites under late diagenetic to low-grade metamorphic conditions (Internal Liguride Units, Northern Apennines, Italy). – Eur. J. Mineral., 10: 1321-1339.

Liebermann, J. & Petrakakis, K. (1991): TWEEQU thermobarometry: Analysis of uncertainties and application to granulites form Western Alaska and Austria. – Canad. Mineral., 29: 857-887.

Maresch, W.V., Medenbach, O., Rudolph, A. (1982): Winchite and the actinolite-glaucophane miscibility gap. – Nature, 296-5859: 731-732.

Martin, M.W., Kato, T.T., Rodriguez, C., Godoy, E., Duhart, P., McDonough, M., Compos, A. (1999): Evolution of the late paleozoic accretionary complex and overlying forearc-magmatic arc, south central Chile (38°-41°S): constraints for the tectonic setting along the southwestern margin of Gondwana. – Tectonics, 18-4: 582-605.

Massonne, H.J. (1991): High-pressure, low-temperature metamorphism of pelitic and other protoliths based on experiments in the system K_2O-MgO-Al_2SiO_5-SiO_2-H_2O. – Habilitationsschrift (unveröffentl.), Ruhr-Universität Bochum, 172 S.

Massonne, H.J. (1992): Thermochemical determination of water activities relevant to eclogitic rocks. – In water-rock interactions, Hrsg. Kharaka, Maest, Balkema, 1523-1526; Rotterdam.

Massonne, H.J. (1995a): Metamorphic evolution (northern phyllite zone of the rhenohercynian foldbelt). – In pre-permian geology of central and eastern europe, Hrsg. Dallmeyer, R.D., Franke, W., Weber, K., Springer, 132-137; Berlin.

Massonne, H.J. (1995b): Experimental and petrogenetic study of UHPM. – In ultrahigh pressure metamorphism, Hrsg. Coleman, R.G., Wang, X., Cambrige Univ. Press, 33-95.

Massonne, H.J. (1997): An improved thermodynamic solid solution model for natural white micas and its application to the geothermobarometry of metamorphic rocks. – Geol. Surv. Finnland, Guide 46, Mineral equilibria and databases, Abstr.,49.

Massonne, H.J. & Schreyer, W. (1986): High pressure syntheses and X-ray properties of white micas in the system K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O. – N. Jb. Mineral. Abh., 153: 177-215.

Massonne, H.J. & Schreyer, W. (1987): Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz. – Contrib. Mineral. Petrol., 96: 212-224.

Massonne, H.J. & Schreyer, W. (1989): Stability field of the high-pressure assemblage talc + phengite and two new phengite barometers. – Eur. J. Mineral., 1: 391-410.

Massonne, H.J. & Szpurka, Z. (1997): Thermodynamic properties of white micas on the basis of high-pressure experiments in the systems K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O and K_2O-FeO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O. – Lithos, 41: 229-250.

Massonne, H.J., Hervé, F., Muñoz, V., Willner, A.P. (1996): New petrological results on high-pressure, low-temperature metamorphism of the upper palaeozoic basement of central Chile. – III. ISAG, Andean Geodynamics Saint-Malo, Ext. Abstr., 783-785.

Massonne, H.J., Hufmann, L., Duhart, P., Hervé, F., Willner, A. (1999): New insights into the structure of the upper palaeozoic/mesozoic accretionary wedge complex of the coastal cordillera of central and southern Chile. – ISAG 1999 Göttingen, Andean Geodynamics, Ext. Abstr., 492-494.

Mercer, J.H. (1976): Glacial history of southermost South America. – Quarternary Res., 6: 125-166.

Meschede; M. (1986): A methode of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagramm. - Chem. Geol., 56: 207-218.

Middlemost, E.A. (1975): The basalt clan. – Earth Sci. Rev. 11: 337-364.

Miller, H. (1979): Das Grundgebirge der Anden im Chonos-Archipel, Region Aysén, Chile. - Geol. Rundsch., 68: 428-456.

Miyashiro, A. (1961): Evolution of metamorphic belts. - J. Petrol., 2: 277-311.

Mpodozis, M., Kay, S.M. (1992): Late paleozoice to triassic evolution of the Gondwana margin: evidence from chilean frontal cordilleran batholiths (28°-31°S). – Geol. Soc. Am. Bull., 104: 999-1014.

Mullen, E.D. (1983): $Mn/TiO_2/P_2O_5$: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. - Earth Planet. Sci. Letters, 62: 53-62.

Munizaga, F., Aguirre, L., Hervé, F. (1973): Rb/Sr Ages of rocks from the chilean metamorphic basement. - Earth Planet. Sci. Letters, 18: 87-92.

Munizaga, F., Hervé, F., Drake, R., Pankhurst R.J., Brook, M., Snelling, N. (1988): Geochronology of the lake region of south-central Chile (39°-42°S): preliminary results. – J. South Am. Earth Sci., 1: 309-316.

Muñoz, J.B., Duhart, P.O., Hufmann, L., Massonne, H., Stern, S. (1999): Geologic and structural setting of Chiloé Island, Chile. – XIV. Congreso Geol. Argentino Salta, Actas I: 182-184.

Pankhurst, R.J., Hervé, F., Rapela, C.W. (1994): Sm-Nd evidence for the grenvillian provenance of the metasedimentary basement of Southern Chile and West Antarctica. – 7. Congreso Geol. Chileno, Actas Vol., II: 1414-1418; Concepcion.

Parra, T., Vidal, O., Jolivet, L. (2002): Relation between the intensity of deformation and retrogression in blueschist metapelites of Tinos Island (Greece) evidenced by chlorite-mica local equilibria. – Lithos 63: 41-66.

Parra, T., Vidal, O., Agard, P. (2002): A thermodynamic model for Fe-Mg dioctahedral K white micas using data from phase-equilibrium experiments and natural pelitic assemblages. – Contrib. Mineral. Petrol, online, july 2002.

Passchier, C.W., Trouw, R.A.J. (1996): Microtectonics. – Springer, 289 S.; Berlin.

Pearce, J.A. (1982): Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. - In andesites orogenic andesites and relates rocks, Hrsg. Thorpe, R.S., John Wiley & Sons, 525-548; Chichester.

Pearce, J.A. (1983): Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. - In continental basalts and mantle xenoliths, Hrsg. Hawkesworth, C.J., Norry, M.J., Shiva Publishing Limited, 230-249; Cheshire.

Pearce, J.A. & Norry, M.J. (1979): Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. - Contrib. Mineral. Petrol., 69: 33-47.

Pearce, J.A. & Cann, J.R. (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. - Earth Planet. Sci. Letters, 19: 290-300.

Platt, J.P. (1986): Dynamics of orogenic wedges and the uplift of high-pressure metamorphic rochs. – Geol. Soc. Am. Bull., 97: 1037-1053.

Porter, S.C. (1981): Pleistocene glaciation in the southern lake district of Chile. – Quarternary Res., 16: 263-292.

Rollinson, H. (1993): Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. - Longman Group, 352 S.; Essex.

Saliot, P. (1969): Etude geologique dans l'ile de Chiloe, Chili. – Bull. Soc. Geol. de France, 7: 388-399.

Saunders, A.D. (1984): The rare earth element characteristics of igneous rocks from the ocean basins. - In rare earth element geochemistry, Hrsg. Henderson, Elsevier, 205-231; Amsterdam.

Saunders, A.D. & Tarney, J. (1991): Back-arc basins. – In oceanic basalts, Hrsg. Floyd, P.A., Blackie, 219-263; Glasgow.

Saunders, S.D. & Tarney, J. (1984). Geochemical characteristics of basaltic volcanism within back-arc basins. - In marginal basin geology, Hrsg. Kokelaar, B.P., Howells, M.F., Blackwell, 332 S.; Oxford.

Schira, W. (1991): Die südliche Küstenkordillere Chiles. - Diss., 238 S.; Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

Shervais, J.W. (1982): Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. - Earth Planet. Sci. Letters, 59: 101-118.

Söllner, F., Alfaro, G., Miller, H. (2000): A carboniferous/permian meta-ignimbrite from the coastal cordillera west of Puerto Montt, Los Lagos Región, Chile. – IX Congreso Geol. Chileno, Actas II: 764-768.

Spear, F.S. (1995): Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths. – Min. Soc. Am. Monograph, 799 S.; Washington.

Sun, S.S. & McDonough, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. - In magmatism in the ocean basins, Hrsg. Saunders, A.D., Norry, M.J., Geol. Soc. Spec. Publications, 42: 313-345.

Thomson, S.N., Hervé, F., Stöckhert, B. (2001): Mesozoic-cenozoic denudation history of the patagonian Andes (southern Chile) and its correlation to different subduction processes. - Tectonics Vol. 20-5: 693-711.

Trouw, R.A.J., Simoes, L.S.A., Valladares, C.S. (1998): Metamorphic evolution of a subduction complex, South Shetland Islands, Antarctica. – J. Metam. Geol., 4: 475-490.

Vidal, O. & Parra, T. (2000): Exhumation paths of high pressure metapelites obtained from local equilibria for chlorite-phengite assemblages. – Geol. Mag. London, 35:139-161.

Vidal, O., Parra, T., Trotet, F. (2001): A thermodynamic model for Fe-Mg alominous chlorite using data from phase equilibrium experiments and natural pelitic assemblages in the 100-600° C, 1-25 kbar range. – Am. J. Science., 6-301:557-592.

Wang, G.F. & Banno S. (1987): Non-stoichiometry of interlayer cations in micas from low to middle-grade metamorphic rocks in the Ryoke and the Sambagawa belts, Japan. – Contrib. Mineral. Petrol., 97: 313-319.

Wilson, M. (1989): Igneous petrogenesis - a global tectonic approach. - Chapman & Hall, 466 S.; London.

Willner, A.P., Pawlig, S., Massonne, H-J., Hervé, F. (2001): Metamorphic evolution of spessartine quartzites (coticules) in the high-pressure, low-temperature complex at Bahia Mansa, coastal cordillera of south-central Chile. – Canad. Mineral., 39: 1547-1569.

Willner, A.P., Hervé, F., Massonne, H.J. (2000): Mineral chemistry and pressure-temperature evolution of two contrasting high-pressure-low-temperature belts in the Chonos Archipelago, southern Chile. – J. Petrology, 41: 309-330.

Winchester, J.A. & Floyd, P.A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. - Chem. Geol., 20: 325-343.

Anhang

A. Methodik

1.1 Gesteinsaufbereitung für geochemische Analytik

Die Aufbereitung der geochemischen Proben bis zum analysenfeinen Aufmahlen der Proben, erfolgte im Gesteinslabor des SERNAGEOMIN in Puerto Varas. Die jeweils drei bis vier kg schweren Proben wurden zunächst in einem Backenbrecher der Firma Morse Jaw Crusher, Model LC-22 zerkleinert, die Backen des Backenbrechers bestehen aus oxidationsfreiem Stahl. Die Reinigung des Geräts erfolgte nach jeder Probe mit einer Stahlbürste und mit Druckluft. Mit einem zweiten Backenbrecher der Firma Retsch, Model BB 50 wurden die Bruchstücke der Proben auf ca. 3-4 cm verkleinert. Auch hier erfolgte die Reinigung des Gerätes nach jeder Probe mit Druckluft und Quarz. Mit einem Probentrenner der Firma Gilson, Model SP-3 Mini Splitter wurden ca. 200g für das analysenfeine Aufmahlen abgetrennt. Das analysenfeine Aufmahlen erfolgte in einer Scheibenschwingmühle der Firma Retsch, Model RS-1 mit einem Mahlwerk aus Achat. Die Reinigung des Geräts erfolgte nach jeder Probe mit Druckluft und Quarz.

1.2 Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA)

Die Gesamtgesteinsanalytik der Haupt- und einiger Spurenelemente SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_{3tot}, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb und Ba erfolgte en einem wellenlängendispersiven Röntgenfluoreszenzspektrometer des Mineralogischen Instituts der Universität Heidelberg. Das Gerät SRS 303 von Siemens arbeitet mit einer Rhodium Röhre als Primär-Röntgenstrahl-Quelle. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit einem Programm der Firma AXS Bruker.

Grundlage für die Röntgenfluoreszenzanalytik ist die Wechselwirkung von Materie mit Röntgenstrahlung. Durch die Bestrahlung mit hochenergetischer Röntgenstrahlung werden Elektronen aus inneren Orbitalen oder Schalen der Elemente herausgeschlagen. Unter Emission einer charakteristischen Strahlung für das jeweilige Element kommt es zur Auffüllung der frei gewordenen Energieniveaus durch Elektronen aus höheren Schalen. Bei der wellenlängen-dispersiven Röntgenfloureszenz (WDRFA) wird durch Beugung an einem Analysatorkristall und nachgeschaltetem Zählrohr die Intensität einer bestimmten Wellenlänge gemessen.

Die Messung der Hauptelemente erfolgte an Schmelztabletten, die Spurenelemente wurden an Pulver Presstabletten gemessen. Zur Herstellung der Schmelztabletten wurden die analysenfein gemahlenen Proben im Verhältnis 1:6 mit dem Flussmittel Spektromelt ($Li_2B_4O_7$) homogenisiert. Mit einem Gasbrenner-Staffelsystem, mit systematisch sich erhöhender Brenntemperatur wurde die Probe in Platintiegeln aufgeschmolzen und in eine glühende Platinkokille gegossen. Zur Verminderung der Oberflächenspannung wurde eine geringe Menge Ammoniumjodid hinzuge-geben. Zur Herstellung der Presstabletten wurden ca. 6g Probensubstanz mit fünf Tropfen Mowiol-Öl homogenisiert und in einer hydraulischen Handpresse bei ca. 20 bar gepresst.

1.3 Nachweisgrenzen der RFA und Fehlerbetrachtung

Die Nachweisgrenze der RFA schwankt je nach Ordnungszahl. Bei mittelschweren Elementen liegt sie zwischen 1 und 10 ppm. Ausnahmen bilden Ce mit ~ 25 ppm und Nd mit ~ 15 ppm. Nach Nisbet et al. (1979) kann die Genauigkeit der Analysen mit folgenden maximalen relativen Fehlern angegeben werden:

bei 1000 ppm ± 5 % bei 100 ppm ± 10 % bei 10 ppm ± 20 %
bei 3 ppm ± 100 %

Die Standardisierung für die Hauptelementmessungen erfolgte an 37 internationalen Gesteinsstandards. Für die Spurenelemente wurden 31 internationale Gesteinsstandards zur Standardisierung herangezogen.

Am Institut für Mineralogie der Universität Köln wurden an einigen Proben Vergleichsmessungen erstellt. Es handelt sich hierbei um ein Röntgenfloureszenzspektrometer der Firma Philips PW 2400. Die Messungen erfolgten an Schmelztabletten.
Um die Fehler der RFA-Analytik bei den Hauptelemente zu bestimmen wurden je an einem Metapelit und einem Metabasit Mehrfachmessungen durchgeführt. Die Vergleichsmessungen der Proben von der Universität Köln gehen in die Fehlerberechnung mit ein. Sigma (σ) gibt die Standartabweichung an und beschreibt die Fehlerbreite, innerhalb welcher ein weiterer Messwert mit 68 %iger Wahrscheinlichkeit liegen würde. Bei 2σ liegt die Wahrscheinlichkeit bei 95 %.

Tab. A-1: Gegenüberstellung von Analyseergebnissen des Metapelits 502. Die mit Köln bzw. HD (Heidelberg) bezeichneten Analysen wurden an den jeweiligen Geräten der Institute gemessen.

	Köln 502	Köln 502	HD 8/99 502	HD 8/99 502	HD 8/99 502	HD 8/99 502	HD 6/99 502	sigma	2sigma
SiO_2	70.75	70.20	69.82	69.83	69.77	69.84	69.68	0.375	0.751
TiO_2	0.70	0.70	0.73	0.72	0.73	0.73	0.72	0.014	0.028
Al_2O_3	15.97	15.90	15.53	15.60	15.53	15.45	15.89	0.217	0.434
Fe_2O_3	5.37	5.32	6.06	6.03	6.06	6.09	5.92	0.340	0.680
MnO	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.003	0.005
MgO	1.45	1.43	1.54	1.53	1.54	1.55	1.55	0.051	0.102
CaO	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.003	0.006
K_2O	3.09	3.10	3.53	3.52	3.53	3.53	3.45	0.207	0.413
Na_2O	2.27	2.27	2.45	2.41	2.48	2.45	2.41	0.086	0.172
P_2O_5	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.012	0.023
Sum	99.97	99.29	100.00	99.99	99.99	100.00	100.00		

Tab. A-2: Analyseergebnisse des Metabsits 566.

	Köln 566	HD 6/99 566	HD 12/99 566	HD 12/99 566	HD 12/99 566-1	HD 12/99 566-1	Sigma	2 sigma
SiO_2	49.78	47.26	49.66	49.67	49.84	50.54	0.5271	1.0542
TiO_2	1.10	1.23	1.08	1.08	1.07	1.06	7.6000	15.2001
Al_2O_3	15.83	15.16	15.39	15.35	15.67	15.66	4.9047	9.8095
Fe_2O_3	10.38	11.41	10.74	10.75	10.33	10.34	0.0931	0.1861
MnO	0.19	0.21	0.20	0.20	0.18	0.18	4.0529	8.1058
MgO	8.32	8.73	8.23	8.22	8.07	8.08	5.6685	11.3370
CaO	11.27	12.60	11.55	11.58	11.19	11.20	0.1948	0.3896
K_2O	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.3607	2.7213
Na_2O	2.97	2.76	2.88	2.88	2.82	2.80	0.0245	0.0489
P_2O_5	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.3686	0.7371
Sum	99.96	99.97	99.81	99.82	99.26	99.95		

1.4 Bestimmung volatiler Komponenten

Die Bestimmung des Wassergehalts und Kohlendioxidgehalts der Proben erfolgte infrarotspektroskopisch mit dem Leco RC412 H_2O/CO_2-Analysator. Als Infrarotquelle dient ein Chromnickeldraht, der auf 850 °C aufgeheizt wird. Durch das Erhitzen der analysenfein gemahlenen Probe auf 1000 °C wird das CO_2 und H_2O freigesetzt. Gemeinsam mit dem im Sauerstoffstrom aufoxidierten Kohlenstoff durchqueren sie drei unterschiedliche Infrarot (IR)-Zellen. Eine IR-

Zelle besitzt einen linearen Messbereich für niedrig konzentrierte, eine für höher konzentrierte CO_2-Gehalte und die dritte für die H_2O-Gehalte. Mit einem IR-Filter wird der Wellenlängenbereich auf den Bereich des zu messenden Moleküls eingegrenzt und mit einem Detektor gemessen. Die Änderung der Energie bei feststehender Wellenlänge wird von dem Detektor aufgezeichnet. Somit kann direkt aus der Änderung der Spannung die Konzentration des zu messenden Moleküls geschlossen werden.
Die Infrarot-Spektroskopie basiert auf der Wechselwirkung der Materie mit ihren Atom- bzw. Molekülschwingungen mit den Wellenlängen des infraroten Spektralbereiches. Wenn sich während der Schwingung das Dipolmoment des Molküls ändert, kann dies durch die Absorption infraroten Lichtes verstärkt werden. Die Energieaufnahme eines Moleküls findet jedoch nur statt, wenn die Strahlungsfrequenz der Eigenfrequenz des Moleküls entspricht. Hierbei handelt es sich um den sogenannten Resonanzfall.
Die analysenfein gemahlenen Proben wurden bei 1000°C fünf Minuten geglüht. Ausreisseranalysen konnten durch Mehrfachbestimmungen eliminiert werden. Alle Proben wurden mit Sauerstoff als Analysengas zur Bestimmung des H_2O- und CO_2-Gehalts gemessen. Mit Stickstoff als Analysengas wurden nur einige ausgewählte Proben gemessen, um den organisch-graphitischen Anteil quantifizieren zu können.

1.5 ICP-MS

Die induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektroskopie (ICP-MS) ist eine leistungsfähige Methode im Bereich der geochemischen Multielementanalytik. Sie kombiniert die Vorteile der induktiv gekoppelten Plasmaemission (ICP) als Ionisationsquelle mit der Nachweisstärke eines Quadrupolmassenspektrometers (-MS) als massensensitiven Detektor. Die meisten Elemente können in verschiedenen Lösungsmatrices bis hinunter in den ppt-Konzentrationsbereich relativ präzise quantifiziert werden.
Das Probenmaterial wird in Lösung gebracht und von einem Zerstäuber in den Argon-Gas-Strom gesprüht. Dieser wird in die Plasmafackel geleitet. Das hochtemperierte Plasma wird durch Hochfrequenzfelder erzeugt. Die Energie wird vom Plasma an die Probe übertragen, was zur zunehmenden Trennung, Atomisierung und Ionisierung der enthaltenen Elemente führt. Der Plasmenkern mit den Ionen des Probenmaterials wird durch eine kleine Düse in einem Bereich mit geringerem Druck extrahiert. Ein System von elektrostatischen Linsen trennt die positiv geladenen Ionen und befördert sie zu einem Quadropol Massen-Filter. Dieser erlaubt nur ausgewählten Ionen mit einem bestimmten Massen-/Ladungsverhältnis das Eintreten in den Detektor. Ein Ionen-Detektor registriert die übertragenen Ionen. Die Identifikation der Elemente ist einfach, da jedes Element ein einmaliges und einfaches Muster von Massen-Ladungsverhältnis hat.
Die ICP-MS Messungen erfolgten im Labor von Prof. Clauer am CNRS (Centre de Géochimie de las Surface) in Strasbourg. Hierbei handelt es sich um das Gerät Fison VG Isoplasma.
Der Messfehler pro Element beträgt 5 %. Er wurde durch Wiederholungsmessungen überprüft. Die Nachweisgrenze der ICP-MS liegt für die Seltenen Erden bei 0,01 µg/L und für die übrigen Spurenelemente bei 0,005 µg/L (ppb).

Aufschlussverfahren für die ICP-MS Messungen
Pro Probe wurden ca. 50 mg Probenmaterial mit ca. 3 ml 40 %iger suprapurer Flusssäure (HF) in einer Teflon-Bombe gelöst. Bei geschlossenem Behältern erfolgte zunächst ein Tag kalte Reaktion, dem dann 3 Tage heiße Reaktion folgte. Wenn das gesamte Probenmaterial in Lösung gegangen ist wurde die HF bei ca. 100 bis 115 °C abgedampft. Die Aufnahme der Substanz erfolgte zunächst mit HCl und dann mit einmolarer HNO_3.

1.6 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)

Die Elektronenstrahlmikrosonde ermöglicht die chemische Analyse von festen Proben im Mikrobereich. Sie ist die Grundlage für die mikrochemische Analytik von Mineralen. Ein fein fokussierter Elektronenstrahl wird auf eine eben polierte Probe gelenkt. Durch die Wechselwirkung des Elektronenstrahls mit der Probenmaterie entsteht die für die verschiedenen Elemente charakteristische Röntgenstrahlung. Die qualitative Analyse erfolgt durch die Identifizierung der Wellenlängen der jeweiligen charakteristischen Röntgenstrahlen. Durch den Vergleich der Linienintensität mit der Linienintensität von Standards ist es möglich die Konzentration der Elemente zu bestimmen. Aufgrund der Streuung der Strahlelektronen, im Innern einer Probe entsteht eine sogenannte Anregungsbirne, ist die räumliche Auflösung begrenzt sie liegt bei ca. 1μm.
Für die mikrochemische Analyse können zwei Spektrometersysteme herangezogen werden. Das energiedispersive System (EDS) wird vorwiegend zur Elementidentifikation und somit zur Mineralidentifikation verwendet. Das EDS besteht aus einem mit flüssigem Stickstoff gekühlten Halbleiter-Detektor. Es kann in wenigen Sekunden alle Komponenten analysieren, wobei jedoch die Nachweisgrenzen deutlich schlechter sind als beim wellenlängendispersiven System.
Das wellenlängedispersive System (WDS) wird bei der quantitativen Analyse verwendet. Es wird mit Hilfe von Kristallspektrometern durchgeführt und hat den Vorteil niedriger Nachweisgrenzen. Hierbei werden die von der Probe emittierten charakteristischen Röntgenstrahlen an einem Analysatorkristall gebeugt. Nach dem Bragg'schen Gesetz

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

stehen die Wellenlänge λ, der Netzebenenabstand d des Analysatorkristalls und der Beugungswinkel θ in einer einfachen geometrischen Beziehung. Um alle Wellenlängen abzudecken werden verschiedene Analysatorkristalle mit unterschiedlichen Netzebenenabständen verwendet. Abhängig von den zu analysierenden Elementen werden unterschiedliche Analysatorkristalle herangezogen. Die am Analysatorkristall gebeugte Röntgenstrahlung wird in einem Proportional-Zählrohr registriert. Beim WDS können die unterschiedlichen Wellenlängen nur seriell bearbeitet werden wobei die spektrale Auflösung höher ist als beim EDS.

Die Mikrosonden-Messungen erfolgten an einer Cameca SX50 der Ruhr-Universität Bochum und an einer Cameca SX100 des Instituts für Mineralogie und Kristallchemie der Universität Stuttgart. Bei den Mineralen Granat, Epidot; Amphibol und Titanit wurde mit einer Beschleunigungsspannung von 15 kV und einem Strahlstrom von 15 nA bei fokussiertem Strahl gearbeitet. Chlorite und Glimmer wurden unter defocussiertem Strahl mit einem Durchmesser von 5 μm mit 15 kV und 10 nA analysiert. Die Messzeit betrug pro Element 20 s im Peak und 20 s der Untergrund. Als Analysatorkristalle wurden LIF-, PET-, TAP und PC1-Kristalle verwendet.
Die Korrektur der Roh-Zählrahten erfolgte mit dem PAP-Alogarithmus. Für die Standardisierung wurden folgende Standards verwendet, wobei ausser bei Ba (L_α-Strahlung) die K_α-Strahlung gemessen wurde:

Al	Korund	Mg	Pyrop
Ba	Baryt	Mn	Rhodonit
Ca	Diopsid	Na	Albit
Cr	Cr_2O_3	Si	Diopsid
F	Fluorit	Ti	Rutil
Fe	Fe_2O_3	Cl	NaCl
K	Orthoklas		

Aus Untergrundmessungen lassen sich die Nachweisgrenzen statistisch berechnen. Sie sind abhängig von den Messbedingungen, das heisst dem Strahlstrom, dem Anregungsstrom und der Messzeit, und der Mineralart. Die abgeschätzten Werte für die Cameca SX100 der Universität Stuttgart mit einer Anregungsspannung von 15 kV, einem Strahlstrom von 10 nA und einer Zählzeit von 20 s liegen in Gew. % bei:

SiO_2	0,088	MgO	0,070
TiO_2	0,099	MnO	0,250
Al_2O_3	0,136	Na_2O	0,095
CaO	0,059	K_2O	0,057
FeO	0,344	Cr_2O_3	0,230
Cl	0,315	F	0,162
BaO	0,330		

Elementverteilungsbilder
Die Elementverteilungsbilder geben die räumliche Verteilung von Elementen entlang eines Schnitts durch das betreffende Mineral wieder. Für die Erkennung und Darstellung von Mineralzonierungen werden diese Elementverteilungsbilder angefertigt. Die Intensität der charakteristischen Röntgenstrahlung des betrachteten Elements wird registriert, während der Elektronenstrahl einen gewählten Ausschnitt abtastet. Es kann ein zweidimensionales Verteilungsbild erstellt werden.
Die Elementverteilungsbilder wurden an der Cameca SX100 des Instituts für Mineralogie und Kristallchemie der Universität Stuttgart angefertigt. Aufgrund der zur Verfügung stehenden fünf Spektrometer konnten jeweils fünf Element für die Elementverteilungsbilder festgelegt werden. Die Messungen erfolgten bei fokussiertem Strahl mit einer Anregungsspannung von 15 kV und einem Strahlstrom von 10 nA. Die Messzeiten werden bei den entsprechenden Abbildungen angegeben.

1.7 Mineralchemische Berechnungen

Die Berechnung der Strukturformeln und der Molenbrüche der Endgliedkomponenten erfolgte für die Minerale Granat, Epidot, Hellglimmer (doppelte Formeleinheit), Amphibol und Albit mit dem Programm Mincalc im Betriebssystem HTB. Die Bestimmung des $Fe^{2+}/^{3+}$-Verhältnisses ist mit der EMS nicht möglich und wurde deshalb rein rechnerisch durch den Ladungsausgleich und aufgrund stöchiometrischer Erfordernisse bzw. kristallchemischer Annahmen und Erfahrungen bestimmt. Das Fe_2O_3 wird daraus in den Oxiddaten zurückgerechnet. Der Wassergehalt wasserhaltiger Mineralphasen wurde aus der Mineralstöchiometrie (OH – gemessenes F^-) berechnet.
Die Berechnung der Strukturformeln der Hellglimmer (einfache Formeleinheit) und der Chlorite erfolgte mit einem Excel-Programm nach Vidal & Parra (2000) wobei mit $Fe^{tot} = Fe^{2+}$ gerechnet wird.

Granat: Berechnung auf doppelte Formeleinheit, 16 Kationen,
Normiert auf 10 Kationen (16-Si+Ti)
$Fe^{3+} = 4 – Al - Cr$ $Fe^{2+} = Fe^{tot} – Fe^{3+}$

Epidot: Berechnung auf einfache Formeleinheit, 8 Kationen,
Normiert auf 3 Si $Al^{tot} = Al^{VI}$,
$Fe^{3+} = Fe^{tot}$

Hellglimmer: Berechnung auf einfache Formeleinheit, 7 Kationen
Normiert auf 11 Sauerstoffatome
$Al^{IV} = 4 – Si – Ti$ $Al^{VI} = Al^{tot} – Al^{IV}$
$Fe^{2+} = Fe^{tot}$
$Fe(M2) = (2 – Al^{VI})* XFe$ $XFe = Fe^{tot}/(Fe^{tot} + Mg^{tot})$
$Fe(M1) = Fe^{tot} – Fe(M2)$
$Mg(M2) = (2 – Al^{VI})*XMg$ $XMg = 1 – XFe$
$Mg(M1) = Mg^{tot} – Mg(M2)$
$v(M1) = 1 – [Mg(M1) + Fe(M1)]$
$v(A) = 1 – K – Na$
Endglieder Muskovit, Seladonit, Paragonit, trioktaedrischer Glimmer, Pyrophyllit

Hellglimmer: Berechnung auf doppelte Formeleinheit, 14 Kationen,
Normiert auf 42 Valenzen
$Al^{IV} = 2 – Si$ $Al^{VI} = Al^{tot} - Al^{IV}$
$Fe^{3+} = 42 – \Sigma$ Kationenladungen (ohne K und Na)
$Fe^{2+} = Fe^{tot} – Fe^{3+}$
Endglieder Muskovit, MgAl-Seladonit, FeAl-Seladonit, Paragonit, trioktaedrischer Glimmer, Rest (Ti- und Fe-Muskovit und Sprödglimmer)

Chlorit: Berechnung auf einfache Formeleinheit, 10 Kationen,
Normiert auf 14 Sauerstoffatome
$Al^{IV} = 4 – Si$ $Al^{VI} = Al^{tot} – Al^{IV}$
$Al(A4) = Al^{VI} – Al^{IV}$
$Fe(M2) = XMg * XFe$ $XFe = Fe^{tot}/(Fe^{tot} + Mg^{tot})$
$Fe(A4) = Fe^{tot} – Fe(M2)$ $Fe + Mg (A4) = 4 –Al(A4)$
$Mg(M2) = XMg(M2) * XMg$ $XMg = Mg^{tot} /(Fe^{tot} + Mg^{tot})$
$XMg(M2) = Mg^{tot} + Mn^{tot} + Fe^{tot} – [Fe+Mg (A4)]$
$Mg(A4) = Mg^{tot} – Mg(M2)$
$v(M2) = (Al^{VI} – Al^{IV})/2$

Amphibol: Berechnung auf einfache Formeleinheit, 23 Sauerstoffatome (46 Valenzen)
Normierung auf 13 Kationen (ohne Na, K, Ca und Ba)
$Fe^{3+} = 46 – \Sigma$ Kationenladungen
$Fe^{2+} = Fe^{tot} – Fe^{3+}$

Albit: Berechnung auf einfache Formeleinheit, 5 Kationen,
Normiert auf 8 Sauerstoffatome, $Fe^{3+} = Fe^{tot}$

Messungen der Kleinfaltenachsen B der D_2 an der Pazifikküste

Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen
4	29	5	5	342	5	16	6
256	65	347	9	347	20	33	4
340	10	1	7	10	30	12	10
354	6	351	1	339	4	1	2
345	9	350	3	352	10	8	5
335	11	355	4	2	5	345	5
356	4	0	3	9	4	15	3
336	10	344	20	355	5	355	3
342	14	1	10	350	4	7	13
258	14	5	7	353	5	1	6
347	19	17	10	342	5	20	3
347	4	357	4	0	5	351	1
347	10	356	10	5	3	354	3
348	6	5	10	164	7	351	8
352	11	0	10	164	5	9	2
344	10	5	10	173	3	21	6
350	11	347	7	359	7	19	9
358	10	344	10	14	7		
357	10	1	3	352	7		
357	10	0	10	354	3		
350	14	353	7	357	3		
349	8	167	6	11	4		
0	4	178	10	15	4		
1	3	167	10	347	1		
336	6	173	10	12	9		
332	7	174	5	351	85		
351	6	167	10	0	10		
347	10	13	5	8	7		

Messungen der Hauptschieferung S_2 an der Pazifikküste

Fallrichtung	Fallen
114	20
113	26
94	44
37	43
63	37
59	55
45	60
63	58
0	0
237	29
184	20
220	36
207	35
182	19
179	18
245	61

Messungen der Kleinfaltenachsen B der D_2 am Refugio

Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen
349	20	351	7	342	10
11	15	350	20	8	15
4	3	343	20	11	5
2	5	345	3	6	0
351	3	355	15	7	3
355	2	347	15	30	10
4	7	4	30	355	10
355	25	354	30	358	15
351	5	341	3	359	9
357	3	330	25	17	19
348	15	333	4	4	3
346	18	325	4	357	4
326	17	335	10	355	5
5	15	345	10	22	7
349	13	339	7	30	15
355	7	322	10	7	20
4	7	353	6		
355	15	333	5		
15	5	333	20		
5	7	340	5		
20	3	355	10		
10	3	0	12		
5	14	0	10		
3	3	333	7		
19	5	350	10		
357	10	357	7		
358	10	354	5		
359	7	337	30		

Messungen der Hauptschieferung S_2 am Refugio

Fallrichtung	Fallen
154	24
107	40
104	17
134	17
165	25
167	19
137	43
220	43
240	64
230	45
137	30

Messungen der Kleinfaltenachsen B der D_2 an der Puente Abtao

Fallrichtung	Fallen
150	30
339	10
349	10
335	12
358	10
344	5
345	25
357	33
345	20
341	30
357	19
1	16
335	30

Messungen der Hauptschieferung S_2 an der Puente Abtao

Fallrichtung	Fallen
130	60
168	69
175	70
105	40
54	73
139	50
135	40
135	59
157	49
167	70
153	75
125	43
96	53
300	75
156	63
158	85
115	53

Messungen der Kleinfaltenachsen B der D_2 am Terminal

Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen	Fallrichtung	Fallen
341	55	357	87	30	77	345	90
335	47	347	75	356	61	339	78
5	67	331	80	1	85	323	74
23	89	334	82	284	90	351	85
275	85	348	70	10	83	347	85
12	73	2	79	357	80	354	74
350	75	347	80	11	85	333	90
30	77	345	90	341	85	0	86
356	61	339	78	341	70	348	73
1	85	323	74	355	70	340	80
284	90	351	85	12	80	333	63
10	83	347	85	345	87	332	55
357	80	354	74	14	77	348	76
11	85	333	90	341	83	334	49
341	85	0	86	329	85	10	63
341	70	348	73	1	77	342	60
355	70	0	0	4	70	1	71
12	80	341	55	357	87	1	76
345	87	335	47	347	75	358	65
14	77	5	67	331	80	335	54
341	83	23	89	334	82	329	55
329	85	275	85	348	70	349	40
1	77	12	73	2	79	347	40
4	70	350	75	347	80	5	74
352	49	336	50	329	47	2	56
349	60	340	72	10	56	2	84
327	50	319	71	352	83	0	65
322	57	350	74	7	73	8	59
334	53	309	59	15	75	5	55
0	0	337	60	352	50	348	34
331	72	345	79	340	72	344	59
313	40	351	43	352	54	1	47
317	63	337	57	332	43		

Messungen der Hauptschieferung S_2 am Terminal

Fallrichtung	Fallen
346	69
342	73
340	67
340	75
173	90
4	79
340	75
170	90
344	70
309	87
342	73
327	80
0	0
346	69
342	73
340	67
340	75
173	90
4	79
340	75
170	90
344	70
309	87
342	73
327	80
334	70
310	55
13	80
304	59
287	52

Messungen der Crenulations-schierferung S_3 am Terminal

Fallrichtung	Fallen
242	90
235	90
238	90
137	87
237	80
253	90
237	90
69	85
43	85
75	87
234	87
249	73
251	85
236	90
70	87
231	87
247	85
64	77
57	85
243	90

Probe	107											107		
Meßfile	10010											10010		
	Linienprofil Granat 1 NS Rand - Kern - Rand											Linienprofil Granat 1 EW		
Analyse	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	14	16	18	19
SiO_2	36.06	36.34	36.06	35.50	35.97	36.03	35.50	36.04	36.10	36.18	36.12	36.03	36.33	35.95
TiO_2	0.12	0.14	0.18	0.15	0.18	0.15	0.18	0.14	0.17	0.14	0.15	0.17	0.18	0.15
Al_2O_3	20.67	20.39	20.48	20.66	20.37	20.62	20.49	20.49	20.30	20.65	20.81	20.80	20.67	20.59
Cr_2O_3	0.04	0.13	0.00	0.09	0.08	0.13	0.23	0.18	0.35	0.02	0.14	0.09	0.19	0.14
FeO	13.51	13.60	13.40	13.34	12.73	12.11	12.24	12.73	12.75	12.94	13.41	13.03	13.07	12.52
MnO	14.22	14.20	14.26	14.56	14.66	15.47	15.63	15.21	15.20	14.85	13.98	14.17	15.01	15.04
MgO	0.31	0.35	0.32	0.34	0.26	0.29	0.30	0.26	0.28	0.28	0.34	0.33	0.29	0.27
CaO	13.45	13.35	13.72	13.68	13.86	13.54	13.85	13.89	13.72	13.90	13.52	13.64	13.70	13.75
ΣGew.%	98.38	98.49	98.42	98.31	98.11	98.35	98.41	98.93	98.86	98.95	98.46	98.26	99.44	98.42
FeO	12.73	12.63	12.32	12.37	11.68	11.37	11.16	11.60	11.63	11.90	12.89	12.49	12.12	11.67
Fe_2O_3	0.87	1.08	1.20	1.08	1.17	0.82	1.20	1.26	1.25	1.16	0.58	0.60	1.05	0.95
ΣGew.%	98.46	98.60	98.54	98.42	98.23	98.43	98.53	99.06	98.99	99.07	98.52	98.32	99.55	98.52
Si	5.7613	5.8284	5.7617	5.6284	5.7672	5.7582	5.6273	5.7130	5.7449	5.7373	5.7625	5.7571	5.7422	5.7317
Ti	0.0142	0.0169	0.0218	0.0175	0.0211	0.0182	0.0209	0.0167	0.0204	0.0163	0.0178	0.0206	0.0212	0.0184
Σ Kat1	5.7756	5.8452	5.7836	5.6459	5.7883	5.7765	5.6482	5.7297	5.7652	5.7536	5.7803	5.7777	5.7634	5.7501
Al	3.8910	3.8541	3.8559	3.8598	3.8485	3.8838	3.8280	3.8278	3.8066	3.8590	3.9130	3.9171	3.8511	3.8691
Cr	0.0048	0.0159	0.0000	0.0117	0.0104	0.0170	0.0284	0.0220	0.0441	0.0024	0.0173	0.0111	0.0236	0.0173
Fe^{3+}	0.1042	0.1300	0.1441	0.1285	0.1411	0.0992	0.1436	0.1502	0.1492	0.1386	0.0697	0.0719	0.1253	0.1136
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0734	0.0828	0.0754	0.0807	0.0622	0.0691	0.0697	0.0603	0.0661	0.0662	0.0808	0.0782	0.0687	0.0650
Fe^{2+}	1.7011	1.6936	1.6461	1.6401	1.5656	1.5194	1.4795	1.5376	1.5472	1.5778	1.7191	1.6695	1.6019	1.5559
Mn	1.9236	1.9290	1.9296	1.9550	1.9909	2.0932	2.0990	2.0426	2.0481	1.9950	1.8887	1.9180	2.0095	2.0303
Ca	2.3019	2.2945	2.3489	2.3242	2.3813	2.3183	2.3517	2.3595	2.3387	2.3609	2.3114	2.3342	2.3199	2.3488
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0122	0.0138	0.0126	0.0135	0.0104	0.0115	0.0116	0.0101	0.0110	0.0110	0.0135	0.0130	0.0115	0.0108
Xalm	0.2835	0.2823	0.2744	0.2734	0.2609	0.2532	0.2466	0.2563	0.2579	0.2630	0.2865	0.2783	0.2670	0.2593
Xsps	0.3206	0.3215	0.3216	0.3258	0.3318	0.3489	0.3498	0.3404	0.3413	0.3325	0.3148	0.3197	0.3349	0.3384
Xgrs	0.3837	0.3824	0.3915	0.3874	0.3969	0.3864	0.3920	0.3933	0.3898	0.3935	0.3852	0.3890	0.3867	0.3915
XFe	0.9586	0.9534	0.9562	0.9531	0.9618	0.9565	0.9550	0.9623	0.9590	0.9597	0.9551	0.9553	0.9589	0.9599

Probe	107			107										
Meßfile	10010			10010										
	Granat 1 EW			Linienprofil Granat 2 Rand -Kern -Rand										
Analyse	20	23	24	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37	38
SiO_2	36	36.17	36.14	35.86	35.68	35.9	35.75	36.49	35.87	36.06	36.38	36.47	35.03	36.12
TiO_2	0.07	0.19	0.16	0.19	0.16	0.19	0.2	0.17	0.17	0.2	0.15	0.19	7.34	0.19
Al_2O_3	20.8	20.64	20.46	20.69	20.59	20.65	20.34	20.67	20.43	20.77	20.32	20.37	17.04	20.61
Cr_2O_3	0.13	0.22	0.05	0	0.04	0.17	0.13	0.04	0.1	0.06	0.07	0.07	0.11	0
FeO	12.69	12.52	13.62	13.07	12.85	12.55	12.71	13.12	12.78	12.26	11.87	11.88	10.3	12.48
MnO	15.97	14.9	14.38	14.28	14.83	14.84	14.97	15.27	15.27	15.03	15.82	15.24	12.81	15.18
MgO	0.29	0.27	0.31	0.32	0.27	0.27	0.25	0.28	0.26	0.28	0.23	0.25	0.24	0.28
CaO	12.69	13.67	13.41	13.74	13.61	13.73	13.68	13.45	13.43	13.69	13.96	13.95	16.36	13.79
ΣGew.%	98.64	98.57	98.53	98.15	98.04	98.29	98.03	99.49	98.3	98.35	98.81	98.42	99.24	98.64
FeO	12.11	11.86	12.59	12.28	11.97	11.85	11.64	12.10	11.75	11.65	10.62	10.89	6.91	11.50
Fe_2O_3	0.65	0.73	1.15	0.88	0.98	0.78	1.19	1.14	1.14	0.68	1.39	1.10	3.77	1.08
ΣGew.%	98.70	98.64	98.64	98.24	98.14	98.37	98.15	99.61	98.42	98.42	98.95	98.53	99.62	98.75
Si	5.7355	5.7746	5.7782	5.7285	5.7002	5.7314	5.7280	5.7815	5.7352	5.7596	5.8090	5.8598	6.0889	5.7558
Ti	0.0082	0.0230	0.0193	0.0226	0.0194	0.0230	0.0239	0.0199	0.0207	0.0236	0.0180	0.0224	0.9592	0.0226
Σ Kat1	5.7436	5.7976	5.7975	5.7512	5.7196	5.7544	5.7519	5.8013	5.7558	5.7832	5.8271	5.8822	7.0481	5.7784
Al	3.9051	3.8845	3.8553	3.8944	3.8766	3.8852	3.8401	3.8593	3.8502	3.9103	3.8234	3.8584	3.4916	3.8702
Cr	0.0169	0.0277	0.0068	0.0000	0.0052	0.0214	0.0170	0.0048	0.0124	0.0079	0.0094	0.0091	0.0149	0.0000
Fe^{3+}	0.0779	0.0878	0.1379	0.1056	0.1182	0.0934	0.1429	0.1360	0.1374	0.0818	0.1672	0.1325	0.4935	0.1298
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0681	0.0643	0.0743	0.0774	0.0651	0.0631	0.0602	0.0654	0.0612	0.0671	0.0548	0.0600	0.0627	0.0654
Fe^{2+}	1.6129	1.5833	1.6826	1.6402	1.5990	1.5824	1.5602	1.6027	1.5714	1.5564	1.4173	1.4639	1.0042	1.5326
Mn	2.1540	2.0145	1.9468	1.9312	2.0065	2.0061	2.0311	2.0487	2.0676	2.0333	2.1399	2.0740	1.8859	2.0478
Ca	2.1650	2.3379	2.2963	2.3512	2.3293	2.3484	2.3486	2.2832	2.2998	2.3432	2.3880	2.4021	3.0472	2.3542
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0114	0.0107	0.0124	0.0129	0.0109	0.0105	0.0100	0.0109	0.0102	0.0112	0.0091	0.0100	0.0105	0.0109
Xalm	0.2688	0.2639	0.2804	0.2734	0.2665	0.2637	0.2600	0.2671	0.2619	0.2594	0.2362	0.2440	0.1674	0.2554
Xsps	0.3590	0.3358	0.3245	0.3219	0.3344	0.3344	0.3385	0.3415	0.3446	0.3389	0.3567	0.3457	0.3143	0.3413
Xgrs	0.3608	0.3897	0.3827	0.3919	0.3882	0.3914	0.3914	0.3805	0.3833	0.3905	0.3980	0.4004	0.5079	0.3924
XFe	0.9595	0.9610	0.9577	0.9549	0.9609	0.9617	0.9628	0.9608	0.9625	0.9587	0.9628	0.9606	0.9412	0.9591

Probe	107					107						
Meßfile	10010					10010						
	Granat 2					Linienprofil Granat 3 Rand - Kern -Rand						
Analyse	39	40	41	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SiO_2	36.16	35.70	36.40	36.38	35.97	36.65	36.84	37.05	36.83	37.14	36.89	36.88
TiO_2	0.09	0.14	0.19	0.16	0.14	0.14	0.14	0.17	0.18	0.16	0.13	0.15
Al_2O_3	20.68	20.38	20.54	20.66	20.50	20.71	20.52	20.69	20.54	20.53	20.63	20.49
Cr_2O_3	0.02	0.09	0.06	0.06	0.01	0.04	0.13	0.14	0.18	0.04	0.10	0.09
FeO	13.29	12.64	12.71	13.37	13.38	13.06	13.12	12.93	12.33	12.70	13.08	12.54
MnO	14.84	15.26	15.00	14.36	14.46	14.34	13.73	15.18	15.28	14.82	15.10	14.82
MgO	0.36	0.25	0.29	0.33	0.34	0.31	0.28	0.30	0.27	0.31	0.33	0.27
CaO	12.72	13.75	13.49	13.53	13.25	13.39	13.82	13.62	13.58	13.54	13.45	13.54
ΣGew.%	98.17	98.21	98.68	98.86	98.06	98.64	98.57	100.07	99.19	99.23	99.70	98.78
FeO	12.69	11.47	11.83	12.54	12.47	12.49	12.45	11.99	11.52	11.84	12.10	11.78
Fe_2O_3	0.67	1.31	0.98	0.93	1.01	0.64	0.74	1.04	0.90	0.96	1.08	0.85
ΣGew.%	98.23	98.34	98.78	98.95	98.16	98.71	98.65	100.17	99.28	99.32	99.81	98.87
Si	5.8109	5.6960	5.8275	5.7989	5.7734	5.8824	5.9330	5.8639	5.8871	5.9561	5.8538	5.9319
Ti	0.0113	0.0170	0.0223	0.0194	0.0165	0.0173	0.0172	0.0200	0.0213	0.0187	0.0153	0.0186
Σ Kat1	5.8222	5.7130	5.8498	5.8183	5.7899	5.8997	5.9502	5.8839	5.9084	5.9748	5.8691	5.9505
Al	3.9166	3.8314	3.8743	3.8814	3.8767	3.9179	3.8939	3.8585	3.8698	3.8796	3.8579	3.8853
Cr	0.0028	0.0114	0.0080	0.0076	0.0011	0.0052	0.0160	0.0172	0.0225	0.0044	0.0130	0.0115
Fe^{3+}	0.0806	0.1571	0.1177	0.1110	0.1222	0.0769	0.0901	0.1243	0.1077	0.1160	0.1290	0.1032
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0854	0.0587	0.0688	0.0796	0.0825	0.0730	0.0669	0.0696	0.0652	0.0729	0.0773	0.0636
Fe^{2+}	1.7049	1.5296	1.5831	1.6716	1.6733	1.6757	1.6769	1.5868	1.5403	1.5873	1.6063	1.5840
Mn	2.0201	2.0622	2.0343	1.9385	1.9659	1.9486	1.8721	2.0347	2.0687	2.0134	2.0301	2.0187
Ca	2.1897	2.3495	2.3138	2.3103	2.2783	2.3027	2.3841	2.3089	2.3258	2.3264	2.2863	2.3337
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0142	0.0098	0.0115	0.0133	0.0138	0.0122	0.0112	0.0116	0.0109	0.0122	0.0129	0.0106
Xalm	0.2841	0.2549	0.2639	0.2786	0.2789	0.2793	0.2795	0.2645	0.2567	0.2646	0.2677	0.2640
Xsps	0.3367	0.3437	0.3391	0.3231	0.3277	0.3248	0.3120	0.3391	0.3448	0.3356	0.3384	0.3365
Xgrs	0.3649	0.3916	0.3856	0.3851	0.3797	0.3838	0.3974	0.3848	0.3876	0.3877	0.3811	0.3890
XFe	0.9523	0.9630	0.9584	0.9545	0.9530	0.9583	0.9616	0.9580	0.9594	0.9561	0.9541	0.9614

Probe	107									107		
Meßfile	10010									10010		
	Granat 3									Linienprofil Granat 4		
Analyse	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
SiO_2	36.6	36.74	36.74	36.32	36.45	36.42	36.45	36.75	37.13	36.7	36.81	36.97
TiO_2	0.17	0.19	0.18	0.17	0.19	0.16	0.19	0.16	0.2	0.19	0.19	0.17
Al_2O_3	20.4	20.54	20.51	20.38	20.46	20.89	20.64	20.64	20.81	20.48	20.79	20.78
Cr_2O_3	0.05	0.1	0.02	0.19	0.07	0.09	0.01	0	0.17	0.16	0.06	0.07
FeO	12.52	12.88	12.97	12.77	12.87	12.92	13.13	13.42	13.08	13	12.38	12.34
MnO	15.24	14.89	14.95	14.95	14.74	14.37	14.65	13.94	14.19	14.72	15.14	15.23
MgO	0.32	0.31	0.26	0.3	0.32	0.31	0.28	0.33	0.34	0.24	0.25	0.26
CaO	13.43	13.53	13.31	13.58	13.77	13.95	13.65	13.53	13.58	13.67	13.39	13.4
ΣGew.%	98.72	99.17	98.95	98.67	98.88	99.1	99	98.76	99.48	99.16	99.02	99.23
FeO	11.51	11.97	12.06	11.78	11.81	12.28	12.21	12.69	12.58	12.07	11.87	11.80
Fe_2O_3	1.13	1.01	1.00	1.10	1.19	0.71	1.02	0.81	0.55	1.03	0.57	0.60
ΣGew.%	98.84	99.27	99.05	98.78	99.00	99.17	99.10	98.85	99.54	99.27	99.07	99.29
Si	5.8732	5.8665	5.8937	5.8109	5.8186	5.7752	5.8069	5.8954	5.9247	5.8628	5.8956	5.9147
Ti	0.0207	0.0226	0.0219	0.0209	0.0230	0.0189	0.0228	0.0191	0.0240	0.0222	0.0233	0.0201
Σ Kat1	5.8939	5.8891	5.9157	5.8318	5.8416	5.7941	5.8297	5.9146	5.9487	5.8850	5.9189	5.9347
Al	3.8578	3.8654	3.8764	3.8433	3.8482	3.9034	3.8755	3.9017	3.9133	3.8553	3.9245	3.9180
Cr	0.0063	0.0131	0.0028	0.0246	0.0090	0.0114	0.0017	0.0000	0.0210	0.0205	0.0072	0.0094
Fe^{3+}	0.1359	0.1215	0.1209	0.1321	0.1427	0.0853	0.1229	0.0983	0.0657	0.1242	0.0682	0.0725
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0757	0.0730	0.0630	0.0704	0.0769	0.0733	0.0665	0.0781	0.0816	0.0560	0.0586	0.0625
Fe^{2+}	1.5445	1.5984	1.6182	1.5759	1.5757	1.6278	1.6268	1.7023	1.6792	1.6125	1.5900	1.5781
Mn	2.0711	2.0146	2.0313	2.0261	1.9926	1.9292	1.9764	1.8945	1.9181	1.9920	2.0539	2.0637
Ca	2.3087	2.3140	2.2874	2.3276	2.3547	2.3697	2.3303	2.3251	2.3211	2.3395	2.2975	2.2957
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0126	0.0122	0.0105	0.0117	0.0128	0.0122	0.0111	0.0130	0.0136	0.0093	0.0098	0.0104
Xalm	0.2574	0.2664	0.2697	0.2627	0.2626	0.2713	0.2711	0.2837	0.2799	0.2688	0.2650	0.2630
Xsps	0.3452	0.3358	0.3386	0.3377	0.3321	0.3215	0.3294	0.3158	0.3197	0.3320	0.3423	0.3440
Xgrs	0.3848	0.3857	0.3812	0.3879	0.3925	0.3950	0.3884	0.3875	0.3869	0.3899	0.3829	0.3826
XFe	0.9533	0.9563	0.9625	0.9572	0.9535	0.9569	0.9607	0.9561	0.9537	0.9664	0.9645	0.9619

Probe	107						107				107	
Meßfile	10010						10010				10010	
	Granat 4						Linienprofil Granat 5				Linienprofil Grt 6	
Analyse	65	66	67	68	69	70	72	73	74	75	77	78
SiO_2	36.89	37.20	36.84	36.62	37.15	36.94	36.97	37.07	37.23	37.16	36.88	36.94
TiO_2	0.17	0.16	0.14	0.18	0.14	0.14	0.13	0.16	0.15	0.12	0.12	0.12
Al_2O_3	20.73	20.76	20.64	20.74	20.54	20.74	20.56	20.76	20.60	20.60	20.83	20.55
Cr_2O_3	0.09	0.08	0.10	0.06	0.16	0.06	0.13	0.15	0.10	0.00	0.02	0.01
FeO	12.21	12.76	12.75	13.21	13.24	13.43	13.05	12.69	12.66	13.27	13.09	12.33
MnO	15.14	14.94	15.18	14.64	14.54	14.21	15.68	15.31	15.12	14.12	14.63	15.31
MgO	0.27	0.25	0.26	0.32	0.34	0.33	0.32	0.29	0.34	0.43	0.30	0.29
CaO	13.70	13.52	13.45	13.64	13.24	13.46	12.87	13.13	13.12	13.51	13.25	13.42
ΣGew.%	99.20	99.68	99.35	99.41	99.36	99.30	99.70	99.57	99.31	99.20	99.10	98.98
FeO	11.56	12.10	11.93	12.35	12.48	12.74	12.12	12.12	11.98	12.43	12.55	11.50
Fe_2O_3	0.72	0.73	0.90	0.96	0.85	0.77	1.03	0.64	0.75	0.93	0.59	0.93
ΣGew.%	99.27	99.75	99.44	99.51	99.44	99.37	99.81	99.63	99.38	99.30	99.16	99.07
Si	5.8924	5.9324	5.8741	5.8103	5.9517	5.8952	5.8875	5.9147	5.9754	5.9510	5.8984	5.9273
Ti	0.0204	0.0192	0.0168	0.0209	0.0165	0.0166	0.0152	0.0186	0.0177	0.0149	0.0140	0.0139
Σ Kat1	5.9128	5.9516	5.8909	5.8312	5.9682	5.9118	5.9027	5.9333	5.9931	5.9658	5.9124	5.9412
Al	3.9030	3.9022	3.8793	3.8776	3.8777	3.9008	3.8592	3.9045	3.8967	3.8880	3.9265	3.8866
Cr	0.0111	0.0098	0.0123	0.0079	0.0204	0.0072	0.0169	0.0190	0.0124	0.0000	0.0020	0.0017
Fe^{3+}	0.0860	0.0880	0.1083	0.1145	0.1019	0.0920	0.1238	0.0766	0.0909	0.1120	0.0715	0.1117
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0631	0.0599	0.0611	0.0761	0.0823	0.0777	0.0756	0.0694	0.0821	0.1025	0.0703	0.0694
Fe^{2+}	1.5446	1.6137	1.5915	1.6380	1.6714	1.7003	1.6138	1.6168	1.6080	1.6648	1.6788	1.5424
Mn	2.0482	2.0173	2.0502	1.9671	1.9733	1.9211	2.1154	2.0687	2.0547	1.9151	1.9813	2.0808
Ca	2.3440	2.3091	2.2973	2.3189	2.2729	2.3009	2.1953	2.2451	2.2552	2.3176	2.2696	2.3074
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0105	0.0100	0.0102	0.0127	0.0137	0.0130	0.0126	0.0116	0.0137	0.0171	0.0117	0.0116
Xalm	0.2574	0.2690	0.2652	0.2730	0.2786	0.2834	0.2690	0.2695	0.2680	0.2775	0.2798	0.2571
Xsps	0.3414	0.3362	0.3417	0.3278	0.3289	0.3202	0.3526	0.3448	0.3425	0.3192	0.3302	0.3468
Xgrs	0.3907	0.3849	0.3829	0.3865	0.3788	0.3835	0.3659	0.3742	0.3759	0.3863	0.3783	0.3846
XFe	0.9608	0.9642	0.9630	0.9556	0.9531	0.9563	0.9553	0.9588	0.9514	0.9420	0.9598	0.9569

Probe	107					107						
Meßfile	10010					10010						
	Granat 6					Linienprofil Granat 7 Rand - Kern - Rand						
Analyse	79	80	81	82	83	86	87	88	89	90	91	92
SiO_2	37	36.89	36.87	36.94	36.88	36.38	37.03	36.77	36.65	36.37	36.26	36.99
TiO_2	0.14	0.13	0.12	0.1	0.18	0.13	0.17	0.13	0.17	0.16	0.13	0.19
Al_2O_3	20.42	20.7	20.64	20.83	20.64	20.93	21.22	20.62	20.33	20.46	20.45	20.36
Cr_2O_3	0	0.01	0	0	0.02	0.1	0.11	0.05	0	0.11	0.12	0.09
FeO	12.6	12.45	13.15	12.86	12.72	13.35	13.25	13.21	12.84	12.82	12.82	12.78
MnO	14.84	15.79	15.93	16.07	15.46	14.01	13.72	14.52	14.79	15.04	14.93	14.68
MgO	0.29	0.26	0.3	0.27	0.28	0.35	0.8	0.31	0.24	0.32	0.29	0.27
CaO	13.58	12.7	12.21	12.34	13.28	13.45	13.09	13.4	13.58	13.17	13.32	13.62
ΣGew.%	98.87	98.93	99.21	99.41	99.47	98.71	99.39	99.01	98.6	98.45	98.33	98.98
FeO	11.65	11.89	12.42	12.31	11.83	12.94	13.12	12.42	11.77	11.98	11.96	11.82
Fe_2O_3	1.06	0.63	0.81	0.62	0.99	0.45	0.15	0.88	1.19	0.94	0.95	1.07
ΣGew.%	98.98	98.99	99.29	99.47	99.57	98.75	99.41	99.10	98.72	98.55	98.42	99.08
Si	5.9537	5.9325	5.9151	5.9076	5.8809	5.8005	5.8755	5.8820	5.8989	5.8418	5.8237	5.9475
Ti	0.0172	0.0161	0.0139	0.0124	0.0220	0.0154	0.0207	0.0152	0.0202	0.0195	0.0157	0.0224
Σ Kat1	5.9708	5.9486	5.9290	5.9200	5.9029	5.8159	5.8962	5.8972	5.9191	5.8614	5.8394	5.9699
Al	3.8718	3.9236	3.9019	3.9257	3.8789	3.9333	3.9680	3.8879	3.8562	3.8729	3.8708	3.8589
Cr	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0028	0.0127	0.0141	0.0067	0.0000	0.0139	0.0147	0.0111
Fe^{3+}	0.1282	0.0757	0.0981	0.0743	0.1184	0.0540	0.0179	0.1055	0.1438	0.1132	0.1146	0.1299
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0696	0.0632	0.0725	0.0636	0.0674	0.0839	0.1890	0.0739	0.0585	0.0778	0.0694	0.0652
Fe^{2+}	1.5674	1.5985	1.6659	1.6460	1.5770	1.7259	1.7406	1.6621	1.5844	1.6096	1.6068	1.5890
Mn	2.0221	2.1504	2.1639	2.1762	2.0876	1.8924	1.8442	1.9677	2.0157	2.0463	2.0314	1.9987
Ca	2.3409	2.1879	2.0977	2.1142	2.2681	2.2978	2.2262	2.2963	2.3415	2.2663	2.2924	2.3472
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0116	0.0105	0.0121	0.0106	0.0112	0.0140	0.0315	0.0123	0.0097	0.0130	0.0116	0.0109
Xalm	0.2612	0.2664	0.2777	0.2743	0.2628	0.2877	0.2901	0.2770	0.2641	0.2683	0.2678	0.2648
Xsps	0.3370	0.3584	0.3607	0.3627	0.3479	0.3154	0.3074	0.3280	0.3359	0.3411	0.3386	0.3331
Xgrs	0.3902	0.3647	0.3496	0.3524	0.3780	0.3830	0.3710	0.3827	0.3902	0.3777	0.3821	0.3912
XFe	0.9575	0.9620	0.9583	0.9628	0.9590	0.9536	0.9021	0.9574	0.9644	0.9539	0.9586	0.9606

Probe	107		107								107	
Meßfile	10010		10010								10010	
	Granat 7		Linienprofil Granat 8								Linienprofil Grt 9	
Analyse	93	94	97	98	99	100	102	103	104	105	106	107
SiO_2	36.42	36.72	36.31	36.49	36.62	36.84	36.71	36.47	36.55	36.74	36.54	36.10
TiO_2	0.17	0.18	0.14	0.16	0.12	0.11	0.16	0.18	0.17	0.15	0.11	0.15
Al_2O_3	20.53	20.51	20.51	20.59	20.57	20.87	20.77	20.85	20.68	20.96	20.70	20.58
Cr_2O_3	0.12	0.10	0.06	0.01	0.02	0.02	0.07	0.10	0.03	0.00	0.00	0.01
FeO	12.76	13.12	13.08	12.71	13.41	13.39	13.08	13.07	13.18	12.83	13.26	12.68
MnO	14.58	14.64	13.88	14.10	14.39	14.71	14.49	14.70	14.21	14.14	14.33	15.44
MgO	0.27	0.28	0.30	0.28	0.29	0.31	0.32	0.28	0.30	0.32	0.30	0.27
CaO	13.83	13.63	13.81	13.81	13.36	13.05	13.52	13.58	13.77	13.77	13.02	13.17
ΣGew.%	98.67	99.16	98.09	98.16	98.78	99.31	99.11	99.22	98.88	98.90	98.26	98.40
FeO	11.90	12.16	12.31	12.05	12.56	12.82	12.42	12.42	12.38	12.42	12.77	11.82
Fe_2O_3	0.96	1.06	0.86	0.73	0.94	0.63	0.73	0.73	0.89	0.46	0.54	0.96
ΣGew.%	98.76	99.27	98.18	98.23	98.87	99.37	99.18	99.29	98.97	98.95	98.32	98.50
Si	5.8243	5.8624	5.8405	5.8803	5.8681	5.8748	5.8553	5.7901	5.8336	5.8669	5.8920	5.7812
Ti	0.0201	0.0218	0.0165	0.0198	0.0147	0.0136	0.0190	0.0213	0.0198	0.0176	0.0127	0.0185
Σ Kat1	5.8444	5.8843	5.8571	5.9001	5.8827	5.8884	5.8743	5.8114	5.8535	5.8845	5.9047	5.7997
Al	3.8700	3.8596	3.8888	3.9104	3.8847	3.9214	3.9037	3.9011	3.8895	3.9450	3.9342	3.8842
Cr	0.0146	0.0127	0.0071	0.0007	0.0020	0.0028	0.0083	0.0123	0.0039	0.0000	0.0004	0.0007
Fe^{3+}	0.1154	0.1277	0.1041	0.0889	0.1133	0.0758	0.0880	0.0866	0.1067	0.0550	0.0654	0.1151
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0632	0.0655	0.0723	0.0677	0.0701	0.0745	0.0773	0.0655	0.0722	0.0750	0.0721	0.0633
Fe^{2+}	1.5915	1.6239	1.6560	1.6234	1.6832	1.7093	1.6561	1.6482	1.6520	1.6580	1.7218	1.5834
Mn	1.9747	1.9794	1.8916	1.9249	1.9524	1.9870	1.9568	1.9766	1.9204	1.9118	1.9571	2.0942
Ca	2.3706	2.3312	2.3800	2.3839	2.2943	2.2293	2.3098	2.3097	2.3555	2.3551	2.2490	2.2591
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0105	0.0109	0.0121	0.0113	0.0117	0.0124	0.0129	0.0109	0.0120	0.0125	0.0120	0.0106
Xalm	0.2653	0.2707	0.2760	0.2706	0.2805	0.2849	0.2760	0.2747	0.2753	0.2763	0.2870	0.2639
Xsps	0.3291	0.3299	0.3153	0.3208	0.3254	0.3312	0.3261	0.3294	0.3201	0.3186	0.3262	0.3490
Xgrs	0.3951	0.3885	0.3967	0.3973	0.3824	0.3715	0.3850	0.3850	0.3926	0.3925	0.3748	0.3765
XFe	0.9618	0.9612	0.9582	0.9600	0.9600	0.9582	0.9554	0.9618	0.9581	0.9567	0.9598	0.9616

Probe	107							107				
Meßfile	10010							10010				
	Granat 9							Linienprofil Granat 10				
Analyse	109	110	111	112	113	114	115	117	118	119	120	121
SiO_2	36.75	36.81	36.72	36.45	36.35	36.48	38.79	36.99	36.83	36.94	36.31	36.85
TiO_2	0.16	0.16	0.15	0.16	0.13	0.12	0.12	0.16	0.17	0.15	0.17	0.16
Al_2O_3	20.69	20.49	20.7	20.52	20.45	20.65	21.93	20.78	20.54	20.63	20.22	20.67
Cr_2O_3	0.06	0.04	0	0.08	0	0.1	0	0.06	0.08	0.15	0.09	0.08
FeO	12.01	11.2	12.7	12.73	12.7	13.06	12.64	12.6	12.55	11.09	10.65	12.03
MnO	15.71	15.29	15.34	15.13	14.67	14.17	13.61	15.05	15.03	15.81	16.72	15.46
MgO	0.26	0.23	0.27	0.26	0.3	0.35	0.41	0.28	0.29	0.2	0.18	0.25
CaO	13.5	14.12	12.92	12.82	13.52	13.27	13.08	13.27	13.33	14.22	13.9	13.66
ΣGew.%	99.15	98.33	98.79	98.16	98.12	98.19	100.58	99.19	98.82	99.17	98.23	99.15
FeO	11.27	10.48	12.11	12.16	11.83	12.56	12.64	12.08	11.81	10.35	9.51	11.30
Fe_2O_3	0.83	0.81	0.67	0.63	0.96	0.55	0.00	0.59	0.82	0.82	1.26	0.80
ΣGew.%	99.23	98.42	98.86	98.22	98.21	98.25	100.58	99.25	98.91	99.25	98.36	99.23
Si	5.8660	5.9412	5.8984	5.8953	5.8560	5.8777	6.1988	5.9219	5.9213	5.8997	5.8452	5.8888
Ti	0.0186	0.0190	0.0179	0.0197	0.0162	0.0139	0.0138	0.0197	0.0206	0.0182	0.0202	0.0188
Σ Kat1	5.8846	5.9602	5.9163	5.9150	5.8722	5.8917	6.2126	5.9416	5.9418	5.9179	5.8654	5.9076
Al	3.8932	3.8966	3.9196	3.9121	3.8834	3.9207	4.1299	3.9215	3.8907	3.8824	3.8356	3.8931
Cr	0.0076	0.0056	0.0000	0.0108	0.0000	0.0123	0.0000	0.0080	0.0098	0.0185	0.0115	0.0103
Fe^{3+}	0.0993	0.0978	0.0804	0.0770	0.1166	0.0670	0.0000	0.0706	0.0995	0.0991	0.1529	0.0966
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0627	0.0542	0.0635	0.0615	0.0709	0.0844	0.0983	0.0661	0.0695	0.0466	0.0434	0.0596
Fe^{2+}	1.5039	1.4139	1.6263	1.6442	1.5940	1.6926	1.6895	1.6170	1.5882	1.3822	1.2807	1.5106
Mn	2.1245	2.0901	2.0867	2.0723	2.0014	1.9332	1.8425	2.0403	2.0462	2.1386	2.2792	2.0918
Ca	2.3089	2.4418	2.2235	2.2220	2.3337	2.2898	2.2398	2.2766	2.2961	2.4327	2.3968	2.3379
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0105	0.0090	0.0106	0.0103	0.0118	0.0141	0.0167	0.0110	0.0116	0.0078	0.0072	0.0099
Xalm	0.2507	0.2357	0.2711	0.2740	0.2657	0.2821	0.2878	0.2695	0.2647	0.2304	0.2134	0.2518
Xsps	0.3541	0.3484	0.3478	0.3454	0.3336	0.3222	0.3139	0.3401	0.3410	0.3564	0.3799	0.3486
Xgrs	0.3848	0.4070	0.3706	0.3703	0.3890	0.3816	0.3816	0.3794	0.3827	0.4054	0.3995	0.3897
XFe	0.9600	0.9631	0.9624	0.9639	0.9574	0.9525	0.9450	0.9607	0.9581	0.9674	0.9672	0.9620

Probe	107				**158**							158
Meßfile	10010				10013							10013
	Granat 10				Linienprofil Granat 1							Grt 1b
Analyse	122	123	124	125	112	114	116	117	118	119	121	122
SiO_2	36.54	36.85	36.88	37.15	34.94	32.60	34.01	35.15	35.77	36.17	36.02	35.11
TiO_2	0.14	0.18	0.14	0.08	0.24	3.11	0.40	0.25	0.14	0.08	0.07	0.24
Al_2O_3	20.63	20.65	21.06	20.63	19.00	18.08	18.65	19.33	20.00	20.93	20.73	19.04
Cr_2O_3	0.05	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00
FeO	12.73	12.93	13.25	13.90	3.92	5.65	4.96	3.78	5.24	11.04	9.38	4.74
MnO	15.01	14.43	13.84	13.46	34.86	32.80	34.28	34.91	32.22	21.46	27.35	33.96
MgO	0.30	0.29	0.32	0.34	0.04	0.02	0.04	0.07	0.03	0.15	0.09	0.07
CaO	13.49	13.57	13.64	13.45	5.62	6.22	5.84	5.18	5.68	9.28	5.59	5.06
ΣGew.%	98.88	98.92	99.12	99.03	98.61	98.50	98.17	98.66	99.11	99.11	99.28	98.22
FeO	11.91	12.22	12.93	13.21	1.38	2.19	1.85	1.76	4.07	10.76	9.17	2.54
Fe_2O_3	0.92	0.79	0.35	0.77	2.81	3.84	3.46	2.24	1.29	0.31	0.23	2.44
ΣGew.%	98.97	99.00	99.16	99.11	98.89	98.88	98.52	98.89	99.24	99.14	99.31	98.47
Si	5.8368	5.9101	5.8796	5.9651	5.7022	5.3863	5.5325	5.7469	5.8248	5.8113	5.8463	5.7847
Ti	0.0166	0.0211	0.0164	0.0099	0.0295	0.3867	0.0486	0.0308	0.0174	0.0099	0.0088	0.0296
Σ Kat1	5.8535	5.9313	5.8960	5.9750	5.7317	5.7730	5.5811	5.7777	5.8422	5.8211	5.8551	5.8143
Al	3.8835	3.9024	3.9578	3.9048	3.6543	3.5204	3.5765	3.7244	3.8380	3.9623	3.9651	3.6974
Cr	0.0059	0.0020	0.0000	0.0020	0.0000	0.0019	0.0000	0.0004	0.0036	0.0000	0.0066	0.0000
Fe^{3+}	0.1106	0.0955	0.0422	0.0932	0.3457	0.4777	0.4235	0.2752	0.1584	0.0377	0.0283	0.3026
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0703	0.0701	0.0772	0.0821	0.0093	0.0061	0.0088	0.0174	0.0085	0.0369	0.0225	0.0179
Fe^{2+}	1.5904	1.6384	1.7238	1.7741	0.1890	0.3028	0.2513	0.2411	0.5547	1.4458	1.2446	0.3504
Mn	2.0305	1.9598	1.8692	1.8302	4.8197	4.5900	4.7225	4.8350	4.4450	2.9196	3.7604	4.7387
Ca	2.3088	2.3317	2.3298	2.3136	0.9821	1.1011	1.0173	0.9066	0.9919	1.5977	0.9725	0.8930
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0117	0.0117	0.0129	0.0137	0.0015	0.0010	0.0015	0.0029	0.0014	0.0062	0.0038	0.0030
Xalm	0.2651	0.2731	0.2873	0.2957	0.0315	0.0505	0.0419	0.0402	0.0924	0.2410	0.2074	0.0584
Xsps	0.3384	0.3266	0.3115	0.3050	0.8033	0.7650	0.7871	0.8058	0.7408	0.4866	0.6267	0.7898
Xgrs	0.3848	0.3886	0.3883	0.3856	0.1637	0.1835	0.1696	0.1511	0.1653	0.2663	0.1621	0.1488
XFe	0.9577	0.9590	0.9571	0.9558	0.9531	0.9803	0.9662	0.9327	0.9849	0.9751	0.9822	0.9514

Probe	158		158							158		
Meßfile	10013		10013							10013		
	Granat 1b		Linienprofil Granat 1c							Granat 2		
Analyse	128	129	131	132	133	134	137	138	139	143	145	149
SiO_2	34.88	35.18	37.47	34.8	35.05	35.02	34.92	35.82	35.8	34.83	34.61	34.58
TiO_2	0.2	0.22	0.12	0.22	0.13	0.14	0.11	0.15	0.1	0.2	0.27	0.28
Al_2O_3	19.17	19.29	19.68	19.09	18.58	18.38	18.39	20.29	20.49	19.34	19.04	19.18
Cr_2O_3	0.02	0.01	0	0.03	0.02	0.02	0.08	0.02	0.04	0.01	0.01	0.04
FeO	3.81	5.07	6.92	4.91	4.84	4.29	4.58	7.76	9.39	4.36	3.5	4.01
MnO	34.69	33.66	29.52	33.55	34.13	34.69	34.59	28.8	25.27	33.97	35.15	34.81
MgO	0.03	0.02	0.07	0.03	0.03	0	0.04	0.08	0.11	0.05	0.03	0.06
CaO	5.58	5.08	5.58	5.57	5.8	6.29	5.59	6.2	7.42	5.39	5.54	5.49
ΣGew.%	98.36	98.53	99.37	98.19	98.58	98.83	98.3	99.12	98.62	98.15	98.15	98.45
FeO	1.56	3.11	5.93	2.64	1.80	0.85	1.44	6.93	8.86	2.43	1.11	1.69
Fe_2O_3	2.49	2.18	1.10	2.52	3.38	3.82	3.49	0.93	0.59	2.16	2.66	2.58
ΣGew.%	98.61	98.75	99.48	98.45	98.92	99.21	98.65	99.21	98.68	98.37	98.42	98.71
Si	5.7002	5.7702	6.2382	5.6991	5.7333	5.7046	5.7326	5.8167	5.8158	5.7044	5.6627	5.6294
Ti	0.0240	0.0267	0.0150	0.0271	0.0156	0.0172	0.0138	0.0187	0.0126	0.0240	0.0334	0.0343
Σ Kat1	5.7242	5.7969	6.2533	5.7262	5.7489	5.7217	5.7464	5.8355	5.8285	5.7284	5.6961	5.6637
Al	3.6916	3.7287	3.8618	3.6855	3.5822	3.5287	3.5575	3.8840	3.9233	3.7333	3.6718	3.6790
Cr	0.0021	0.0017	0.0000	0.0038	0.0021	0.0026	0.0110	0.0028	0.0045	0.0011	0.0009	0.0049
Fe^{3+}	0.3064	0.2696	0.1382	0.3107	0.4158	0.4687	0.4315	0.1132	0.0722	0.2656	0.3273	0.3161
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0081	0.0041	0.0169	0.0081	0.0085	0.0000	0.0105	0.0197	0.0269	0.0117	0.0065	0.0141
Fe^{2+}	0.2139	0.4260	0.8253	0.3613	0.2464	0.1154	0.1974	0.9405	1.2036	0.3322	0.1522	0.2297
Mn	4.8019	4.6764	4.1620	4.6538	4.7290	4.7864	4.8092	3.9610	3.4780	4.7113	4.8709	4.7993
Ca	0.9762	0.8935	0.9959	0.9769	1.0161	1.0981	0.9829	1.0789	1.2915	0.9448	0.9704	0.9569
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0013	0.0007	0.0028	0.0013	0.0014	0.0000	0.0018	0.0033	0.0045	0.0020	0.0011	0.0024
Xalm	0.0356	0.0710	0.1375	0.0602	0.0411	0.0192	0.0329	0.1567	0.2006	0.0554	0.0254	0.0383
Xsps	0.8003	0.7794	0.6937	0.7756	0.7882	0.7977	0.8015	0.6602	0.5797	0.7852	0.8118	0.7999
Xgrs	0.1627	0.1489	0.1660	0.1628	0.1694	0.1830	0.1638	0.1798	0.2153	0.1575	0.1617	0.1595
XFe	0.9635	0.9905	0.9799	0.9781	0.9667	1.0000	0.9495	0.9795	0.9781	0.9660	0.9590	0.9422

Probe	158	158			158							
Meßfile	10013	10013			10013							
	Granat 2	Granat 3			Linienprofil Granat 4							
Analyse	150	151	157	158	161	162	163	164	166	167	171	172
SiO_2	36.67	36.40	34.85	35.00	37.66	35.91	35.44	35.52	35.18	34.56	38.35	35.54
TiO_2	0.06	0.08	0.25	0.23	0.09	0.08	0.12	0.17	0.24	0.24	0.06	0.19
Al_2O_3	21.31	21.41	19.01	19.01	21.91	21.03	20.54	20.19	19.29	19.17	22.59	19.70
Cr_2O_3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
FeO	10.64	9.06	3.69	4.92	11.44	10.57	7.37	6.06	4.89	4.48	11.92	5.83
MnO	22.99	24.96	34.86	33.31	20.79	23.61	29.47	31.14	34.35	34.76	18.74	32.26
MgO	0.19	0.23	0.07	0.02	0.32	0.20	0.08	0.06	0.04	0.03	0.40	0.04
CaO	8.06	7.59	5.38	5.57	8.39	7.79	6.03	5.83	4.95	4.76	8.74	5.20
ΣGew.%	99.94	99.73	98.11	98.07	100.64	99.21	99.06	98.98	98.94	98.00	100.82	98.80
FeO	10.64	9.06	1.36	2.66	11.44	10.45	6.71	5.07	2.76	2.35	11.92	4.42
Fe_2O_3	0.00	0.00	2.59	2.52	0.00	0.14	0.74	1.11	2.37	2.37	0.00	1.56
ΣGew.%	99.94	99.73	98.37	98.32	100.64	99.22	99.13	99.09	99.18	98.24	100.82	98.95
Si	5.8748	5.8306	5.7250	5.7617	6.0268	5.7660	5.7242	5.7684	5.7412	5.6721	6.1422	5.8177
Ti	0.0074	0.0092	0.0309	0.0283	0.0106	0.0097	0.0142	0.0208	0.0291	0.0292	0.0074	0.0228
Σ Kat1	5.8823	5.8398	5.7559	5.7900	6.0375	5.7757	5.7383	5.7892	5.7702	5.7014	6.1497	5.8405
Al	4.0245	4.0426	3.6795	3.6884	4.1311	3.9794	3.9090	3.8650	3.7089	3.7076	4.2644	3.8016
Cr	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0041	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0057
Fe^{3+}	0.0000	0.0000	0.3205	0.3116	0.0000	0.0166	0.0899	0.1350	0.2911	0.2924	0.0000	0.1927
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0443	0.0542	0.0166	0.0061	0.0775	0.0468	0.0196	0.0144	0.0109	0.0081	0.0962	0.0097
Fe^{2+}	1.4256	1.2136	0.1870	0.3664	1.5308	1.4030	0.9058	0.6881	0.3761	0.3219	1.5958	0.6051
Mn	3.1201	3.3863	4.8498	4.6444	2.8174	3.2105	4.0308	4.2836	4.7479	4.8324	2.5419	4.4729
Ca	1.3842	1.3033	0.9465	0.9832	1.4391	1.3397	1.0439	1.0138	0.8651	0.8377	1.5001	0.9124
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0074	0.0091	0.0028	0.0010	0.0132	0.0078	0.0033	0.0024	0.0018	0.0013	0.0168	0.0016
Xalm	0.2386	0.2037	0.0312	0.0611	0.2610	0.2338	0.1510	0.1147	0.0627	0.0536	0.2783	0.1008
Xsps	0.5223	0.5684	0.8083	0.7741	0.4804	0.5351	0.6718	0.7139	0.7913	0.8054	0.4433	0.7455
Xgrs	0.2317	0.2188	0.1578	0.1639	0.2454	0.2233	0.1740	0.1690	0.1442	0.1396	0.2616	0.1521
XFe	0.9699	0.9572	0.9185	0.9836	0.9518	0.9677	0.9788	0.9795	0.9718	0.9755	0.9431	0.9842

Probe	158	158			158							
Meßfile	10013	10013			10013							
	Grt 4	Granat 5			Linienprofil Granat 5b							
Analyse	180	181	189	190	192	193	196	197	198	199	200	201
SiO_2	43.89	36.59	35.43	35.41	35.35	35.31	34.6	34.11	34.83	35.08	36.08	36.52
TiO_2	0.06	0.22	0.16	0.14	0.15	0.27	0.23	0.25	0.33	0.26	0.22	0.11
Al_2O_3	19.1	21.74	20.42	20.6	20.48	19.5	18.9	18.76	19.02	20.37	20.9	21.35
Cr_2O_3	0	0.02	0.04	0.05	0.01	0	0	0	0.02	0.01	0	0
FeO	11.66	11.93	7.16	9.99	7.9	4.82	3.57	3.82	4.76	5.28	10.26	12.09
MnO	16.92	17.79	29.81	24.99	28.7	33.68	35.21	35.25	34.36	32.24	23.52	20.69
MgO	0.19	0.35	0.11	0.68	0.09	0.02	0.04	0.03	0.05	0.03	0.12	0.34
CaO	9.15	9.52	5.49	6.65	6.04	5.15	6.16	5.8	5.21	5.5	7.77	8.99
ΣGew.%	100.97	98.15	98.61	98.51	98.72	98.76	98.71	98.02	98.57	98.77	98.87	100.09
FeO	11.47	11.93	6.61	9.43	7.27	3.08	0.67	0.89	2.32	4.49	10.24	12.08
Fe_2O_3	0.21	0.00	0.60	0.62	0.69	1.93	3.21	3.26	2.71	0.88	0.03	0.01
ΣGew.%	100.99	98.15	98.67	98.57	98.79	98.95	99.03	98.34	98.84	98.86	98.87	100.09
Si	7.7420	5.9603	5.7744	5.7141	5.7319	5.7787	5.6050	5.5535	5.6945	5.6881	5.8530	5.8027
Ti	0.0073	0.0266	0.0200	0.0164	0.0183	0.0337	0.0282	0.0304	0.0404	0.0315	0.0262	0.0128
Σ Kat1	7.7493	5.9868	5.7944	5.7305	5.7502	5.8124	5.6332	5.5839	5.7349	5.7196	5.8792	5.8155
Al	3.9719	4.1729	3.9213	3.9180	3.9144	3.7618	3.6082	3.6000	3.6651	3.8916	3.9966	3.9986
Cr	0.0002	0.0023	0.0045	0.0065	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0011	0.0000	0.0000
Fe^{3+}	0.0279	0.0000	0.0741	0.0755	0.0847	0.2382	0.3918	0.4000	0.3328	0.1072	0.0034	0.0014
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0506	0.0845	0.0262	0.1631	0.0220	0.0057	0.0096	0.0068	0.0113	0.0080	0.0293	0.0809
Fe^{2+}	1.6925	1.6250	0.9009	1.2727	0.9863	0.4219	0.0914	0.1208	0.3177	0.6086	1.3892	1.6049
Mn	2.5281	2.4539	4.1149	3.4153	3.9418	4.6688	4.8306	4.8608	4.7576	4.4276	3.2319	2.7841
Ca	1.7288	1.6614	0.9580	1.1489	1.0498	0.9036	1.0684	1.0116	0.9134	0.9558	1.3497	1.5301
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0084	0.0145	0.0044	0.0272	0.0037	0.0010	0.0016	0.0011	0.0019	0.0013	0.0049	0.0135
Xalm	0.2821	0.2790	0.1502	0.2121	0.1644	0.0703	0.0152	0.0201	0.0530	0.1014	0.2315	0.2675
Xsps	0.4214	0.4213	0.6858	0.5692	0.6570	0.7781	0.8051	0.8101	0.7929	0.7379	0.5386	0.4640
Xgrs	0.2881	0.2852	0.1597	0.1915	0.1750	0.1506	0.1781	0.1686	0.1522	0.1593	0.2249	0.2550
XFe	0.9710	0.9506	0.9717	0.8864	0.9782	0.9867	0.9050	0.9467	0.9657	0.9870	0.9793	0.9520

Probe	158		158					158				158
Meßfile	10013		10013					10013				10013
	Granat 5c		Granat 6					Granat 7				Granat 7
Analyse	202	209	212	214	215	219	220	221	222	224	227	228
SiO_2	35.35	35.05	35.57	34.55	34.37	34.83	36.04	37.04	35.90	34.63	35.28	35.16
TiO_2	0.32	0.19	0.05	0.18	0.29	0.19	0.11	0.21	0.34	0.99	0.38	0.15
Al_2O_3	19.48	19.78	20.77	19.12	19.04	19.38	20.90	21.09	19.40	18.76	18.94	18.40
Cr_2O_3	0.05	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
FeO	5.09	5.48	12.83	3.75	3.92	4.83	9.59	12.12	4.48	3.90	3.91	4.58
MnO	33.63	32.67	18.58	35.62	36.14	34.30	24.13	18.83	33.88	34.28	34.81	35.06
MgO	0.05	0.03	0.16	0.05	0.07	0.02	0.09	0.24	0.03	0.03	0.02	0.03
CaO	4.58	5.23	10.09	4.75	4.67	4.97	8.34	9.50	5.28	5.72	6.19	5.54
ΣGew.%	98.55	98.44	98.08	98.03	98.52	98.52	99.22	99.02	99.31	98.32	99.53	98.95
FeO	3.54	4.09	12.47	1.52	1.37	2.83	9.32	12.12	2.64	1.36	1.07	1.27
Fe_2O_3	1.72	1.55	0.41	2.48	2.83	2.22	0.30	0.00	2.05	2.82	3.16	3.68
ΣGew.%	98.73	98.59	98.12	98.28	98.80	98.75	99.25	99.02	99.52	98.60	99.84	99.32
Si	5.8210	5.7243	5.7365	5.6645	5.5942	5.6838	5.7958	6.0252	5.8842	5.7160	5.7143	5.7437
Ti	0.0397	0.0227	0.0061	0.0224	0.0353	0.0233	0.0129	0.0251	0.0419	0.1228	0.0459	0.0182
Σ Kat1	5.8607	5.7471	5.7426	5.6869	5.6295	5.7071	5.8087	6.0503	5.9261	5.8387	5.7602	5.7619
Al	3.7807	3.8085	3.9468	3.6942	3.6511	3.7271	3.9618	4.0439	3.7469	3.6497	3.6151	3.5431
Cr	0.0067	0.0011	0.0039	0.0000	0.0021	0.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042
Fe^{3+}	0.2126	0.1904	0.0493	0.3058	0.3468	0.2729	0.0360	0.0000	0.2531	0.3503	0.3849	0.4527
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0122	0.0065	0.0383	0.0117	0.0173	0.0060	0.0227	0.0583	0.0085	0.0086	0.0060	0.0065
Fe^{2+}	0.4877	0.5581	1.6812	0.2085	0.1868	0.3855	1.2538	1.6491	0.3616	0.1873	0.1450	0.1731
Mn	4.6912	4.5195	2.5375	4.9458	4.9816	4.7395	3.2866	2.5936	4.7027	4.7923	4.7749	4.8503
Ca	0.8089	0.9159	1.7431	0.8340	0.8143	0.8690	1.4370	1.6551	0.9272	1.0119	1.0741	0.9702
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0020	0.0011	0.0064	0.0020	0.0029	0.0010	0.0038	0.0098	0.0014	0.0014	0.0010	0.0011
Xalm	0.0813	0.0930	0.2802	0.0348	0.0311	0.0643	0.2090	0.2769	0.0603	0.0312	0.0242	0.0288
Xsps	0.7819	0.7533	0.4229	0.8243	0.8303	0.7899	0.5478	0.4355	0.7838	0.7987	0.7958	0.8084
Xgrs	0.1348	0.1527	0.2905	0.1390	0.1357	0.1448	0.2395	0.2779	0.1545	0.1686	0.1790	0.1617
XFe	0.9756	0.9885	0.9777	0.9469	0.9152	0.9847	0.9822	0.9659	0.9770	0.9561	0.9603	0.9638

Probe	158		158									158
Meßfile	10013		10013									10013
	Granat 7		Granat 8									Granat 9
Analyse	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
SiO_2	35.88	38.22	51.79	36.16	35.91	35.17	34.9	35.24	34.58	35.43	36.14	36.17
TiO_2	0.23	0.1	0.04	0.18	0.23	0.29	0.16	0.27	1.03	0.23	0.12	0.03
Al_2O_3	19.86	22.26	15.9	20.37	19.25	19.3	19.2	18.94	18.84	19.29	20.4	21.08
Cr_2O_3	0.05	0.03	0.01	0.02	0	0	0.02	0.03	0	0.02	0.01	0.01
FeO	4.44	10.91	9.49	5.88	4.87	3.31	3.52	3.29	3.4	4.09	8.46	13.45
MnO	33.3	20.24	15.97	31.9	33.89	35.49	35.32	34.93	35.29	33.75	26.23	18.93
MgO	0.04	0.42	0.12	0.05	0.05	0.05	0.01	0.04	0.04	0.03	0.11	0.89
CaO	5.3	8.31	7.82	5.56	4.99	4.84	5.56	5.61	5.55	5.9	7.48	8.53
ΣGew.%	99.1	100.49	101.15	100.11	99.19	98.45	98.68	98.35	98.72	98.73	98.94	99.09
FeO	3.25	10.91	8.59	4.95	2.87	1.41	1.19	0.95	0.81	2.06	7.79	13.23
Fe_2O_3	1.32	0.00	1.01	1.03	2.22	2.12	2.59	2.60	2.88	2.26	0.73	0.25
ΣGew.%	99.23	100.49	101.25	100.21	99.42	98.66	98.94	98.61	99.01	98.96	99.01	99.11
Si	5.8715	6.1597	10.6201	5.8340	5.8980	5.7811	5.6768	5.8011	5.6747	5.7977	5.8760	5.7780
Ti	0.0281	0.0123	0.0067	0.0214	0.0286	0.0361	0.0190	0.0330	0.1274	0.0277	0.0143	0.0038
Σ Kat1	5.8996	6.1721	10.6268	5.8555	5.9266	5.8172	5.6958	5.8341	5.8021	5.8254	5.8903	5.7818
Al	3.8310	4.2289	3.8435	3.8725	3.7254	3.7384	3.6808	3.6742	3.6443	3.7192	3.9094	3.9684
Cr	0.0061	0.0037	0.0014	0.0021	0.0000	0.0000	0.0023	0.0036	0.0000	0.0026	0.0008	0.0017
Fe^{3+}	0.1630	0.0000	0.1551	0.1255	0.2746	0.2616	0.3170	0.3222	0.3557	0.2782	0.0898	0.0300
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0105	0.1000	0.0365	0.0120	0.0130	0.0126	0.0028	0.0106	0.0089	0.0069	0.0269	0.2112
Fe^{2+}	0.4449	1.4702	1.4726	0.6682	0.3945	0.1936	0.1620	0.1309	0.1105	0.2820	1.0597	1.7668
Mn	4.6153	2.7620	2.7730	4.3583	4.7141	4.9415	4.8661	4.8694	4.9052	4.6773	3.6111	2.5617
Ca	0.9293	1.4352	1.7179	0.9615	0.8784	0.8524	0.9690	0.9891	0.9754	1.0338	1.3023	1.4603
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0018	0.0173	0.0061	0.0020	0.0022	0.0021	0.0005	0.0018	0.0015	0.0012	0.0045	0.0352
Xalm	0.0742	0.2549	0.2454	0.1114	0.0658	0.0323	0.0270	0.0218	0.0184	0.0470	0.1766	0.2945
Xsps	0.7692	0.4789	0.4622	0.7264	0.7857	0.8236	0.8110	0.8116	0.8175	0.7796	0.6019	0.4270
Xgrs	0.1549	0.2488	0.2863	0.1603	0.1464	0.1421	0.1615	0.1649	0.1626	0.1723	0.2171	0.2434
XFe	0.9769	0.9363	0.9758	0.9824	0.9681	0.9389	0.9830	0.9251	0.9255	0.9761	0.9752	0.8932

Probe	158		158				158			
Meßfile	10013		10013				10013			
	Granat 10		Granat 11				Granat 12			
Analyse	259	260	261	262	264	267	271	272	274	275
SiO_2	35.26	37.26	37.10	35.62	34.50	34.54	36.54	35.05	34.79	35.72
TiO_2	0.17	0.07	0.15	0.16	0.37	0.34	0.12	0.26	0.23	0.23
Al_2O_3	20.11	21.24	20.47	19.39	18.89	18.70	20.40	18.90	18.58	18.77
Cr_2O_3	0.01	0.00	0.02	0.04	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.03
FeO	5.45	12.03	4.65	3.63	3.65	3.91	7.88	3.62	3.52	3.44
MnO	31.46	19.97	32.65	34.83	34.44	34.72	27.30	34.31	34.47	34.09
MgO	0.05	0.19	0.04	0.04	0.01	0.03	0.15	0.06	0.04	0.04
CaO	5.49	9.19	5.48	5.22	6.29	5.74	7.05	6.01	6.37	6.12
ΣGew.%	98.00	99.95	100.57	98.93	98.17	98.00	99.45	98.23	98.00	98.44
FeO	4.68	12.03	4.04	1.78	0.99	1.14	7.20	1.14	0.57	0.97
Fe_2O_3	0.85	0.00	0.67	2.06	2.96	3.08	0.76	2.75	3.27	2.74
ΣGew.%	98.08	99.95	100.63	99.13	98.47	98.31	99.53	98.51	98.33	98.72
Si	5.7941	5.9965	6.0202	5.8329	5.6321	5.6682	5.9381	5.7532	5.7112	5.9030
Ti	0.0212	0.0089	0.0183	0.0199	0.0452	0.0424	0.0151	0.0319	0.0284	0.0288
Σ Kat1	5.8153	6.0054	6.0385	5.8529	5.6773	5.7106	5.9532	5.7852	5.7396	5.9318
Al	3.8934	4.0293	3.9150	3.7417	3.6351	3.6173	3.9073	3.6574	3.5942	3.6557
Cr	0.0009	0.0000	0.0026	0.0047	0.0017	0.0023	0.0000	0.0030	0.0019	0.0040
Fe^{3+}	0.1056	0.0000	0.0824	0.2536	0.3632	0.3804	0.0927	0.3396	0.4039	0.3403
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0122	0.0445	0.0104	0.0093	0.0028	0.0085	0.0369	0.0154	0.0089	0.0102
Fe^{2+}	0.6437	1.6188	0.5483	0.2437	0.1356	0.1559	0.9783	0.1568	0.0787	0.1347
Mn	4.3777	2.7226	4.4880	4.8304	4.7612	4.8260	3.7574	4.7702	4.7927	4.7718
Ca	0.9665	1.5849	0.9533	0.9166	1.1004	1.0096	1.2274	1.0576	1.1196	1.0832
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0020	0.0075	0.0017	0.0016	0.0005	0.0014	0.0062	0.0026	0.0015	0.0017
Xalm	0.1073	0.2711	0.0914	0.0406	0.0226	0.0260	0.1631	0.0261	0.0131	0.0225
Xsps	0.7296	0.4560	0.7480	0.8051	0.7935	0.8043	0.6262	0.7950	0.7988	0.7953
Xgrs	0.1611	0.2654	0.1589	0.1528	0.1834	0.1683	0.2046	0.1763	0.1866	0.1805
XFe	0.9814	0.9732	0.9814	0.9632	0.9798	0.9483	0.9637	0.9106	0.8984	0.9296

Probe	**159**									159
Meßfile	10013									10013
	Linienprofil Granat 1 Rand - Kern - Rand									Grt 2
Analyse	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
SiO_2	35.7	35.38	35.86	35.65	35.9	35.19	35.89	35.43	35.53	34.92
TiO_2	0.17	0.22	0.18	0.18	0.18	0.72	0.28	0.2	0.16	0.22
Al_2O_3	20.27	20.62	20.53	20.54	20.38	20.3	20.5	20.26	20.48	20.41
Cr_2O_3	0.03	0.01	0.03	0.06	0	0	0.05	0.01	0.06	0
FeO	10.23	8.36	7.63	7.5	7.61	7.87	7.68	8.23	9.43	8.25
MnO	26.63	29.01	30.16	30.7	30.15	30.16	29.62	28.64	26.98	29.44
MgO	0.13	0.08	0.1	0.08	0.12	0.09	0.08	0.1	0.14	0.09
CaO	5.76	5.34	5.19	4.87	5.19	5.13	5.68	6.07	6.04	5.22
ΣGew.%	98.91	99.02	99.69	99.58	99.53	99.46	99.79	98.95	98.83	98.55
FeO	9.46	7.92	7	6.91	6.83	6.97	7.01	7.28	8.88	7.54
Fe_2O_3	0.85	0.5	0.7	0.65	0.86	0.99	0.75	1.05	0.61	0.78
ΣGew.%	98.99	99.07	99.76	99.65	99.62	99.56	99.87	99.05	98.89	98.63
Si	5.8168	5.7324	5.7962	5.7608	5.8227	5.7058	5.7949	5.7444	5.7672	5.6687
Ti	0.0204	0.0272	0.0217	0.0217	0.0222	0.0876	0.0334	0.0246	0.0193	0.0269
Σ Kat1	5.8373	5.7596	5.8179	5.7824	5.8449	5.7934	5.8283	5.7690	5.7865	5.6956
Al	3.8919	3.9374	3.9109	3.9130	3.8946	3.8786	3.9019	3.8713	3.9171	3.9041
Cr	0.0038	0.0019	0.0041	0.0078	0.0000	0.0000	0.0067	0.0011	0.0083	0.0002
Fe^{3+}	0.1043	0.0607	0.0850	0.0792	0.1054	0.1214	0.0914	0.1276	0.0747	0.0957
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0310	0.0192	0.0244	0.0200	0.0301	0.0228	0.0203	0.0244	0.0349	0.0209
Fe^{2+}	1.2889	1.0727	0.9467	0.9342	0.9270	0.9452	0.9459	0.9876	1.2060	1.0240
Mn	3.6743	3.9812	4.1297	4.2018	4.1413	4.1413	4.0506	3.9333	3.7095	4.0474
Ca	1.0057	0.9269	0.8992	0.8440	0.9017	0.8907	0.9831	1.0547	1.0496	0.9078
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0052	0.0032	0.0041	0.0033	0.0050	0.0038	0.0034	0.0041	0.0058	0.0035
Xalm	0.2148	0.1788	0.1578	0.1557	0.1545	0.1575	0.1577	0.1646	0.2010	0.1707
Xsps	0.6124	0.6635	0.6883	0.7003	0.6902	0.6902	0.6751	0.6556	0.6183	0.6746
Xgrs	0.1676	0.1545	0.1499	0.1407	0.1503	0.1485	0.1639	0.1758	0.1749	0.1513
XFe	0.9765	0.9824	0.9749	0.9790	0.9686	0.9764	0.9790	0.9759	0.9719	0.9800

Probe	159									159		
Meßfile	10013									10013		
	Linienprofil Grant 2 Rand - Kern - Rand									Linienprofil Granat 2b		
Analyse	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO_2	34.99	35.31	34.95	35.37	35.29	35.59	35.56	35.46	35.88	35.03	35.51	34.95
TiO_2	0.20	0.21	0.20	0.29	0.30	0.20	0.13	0.14	0.14	0.16	0.27	0.21
Al_2O_3	20.29	20.23	20.41	20.28	20.24	20.62	20.53	20.45	20.42	20.62	20.34	20.45
Cr_2O_3	0.00	0.05	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06
FeO	6.87	6.38	9.86	5.45	5.63	6.29	8.46	10.87	9.79	7.47	5.78	5.57
MnO	31.71	31.80	29.36	33.23	33.29	32.12	28.94	25.19	27.20	31.06	32.81	33.52
MgO	0.08	0.08	0.17	0.03	0.04	0.07	0.12	0.25	0.12	0.09	0.07	0.06
CaO	4.22	4.73	3.83	4.53	4.10	4.68	5.17	6.25	5.86	4.86	4.64	4.00
ΣGew.%	98.37	98.79	98.80	99.18	98.94	99.57	98.92	98.61	99.42	99.30	99.44	98.82
FeO	6.22	5.60	9.20	4.61	4.90	5.75	7.97	10.22	9.04	6.78	4.96	5.00
Fe_2O_3	0.73	0.88	0.73	0.93	0.81	0.60	0.54	0.72	0.84	0.77	0.91	0.64
ΣGew.%	98.44	98.88	98.87	99.28	99.02	99.63	98.97	98.68	99.51	99.37	99.53	98.88
Si	5.7215	5.7561	5.6808	5.7519	5.7614	5.7520	5.7817	5.7572	5.8099	5.6309	5.7572	5.6759
Ti	0.0246	0.0258	0.0247	0.0359	0.0373	0.0245	0.0163	0.0171	0.0167	0.0196	0.0329	0.0251
Σ Kat1	5.7461	5.7818	5.7054	5.7878	5.7987	5.7765	5.7980	5.7743	5.8265	5.6505	5.7901	5.7009
Al	3.9103	3.8864	3.9092	3.8859	3.8944	3.9274	3.9334	3.9121	3.8975	3.9061	3.8858	3.9138
Cr	0.0000	0.0062	0.0013	0.0000	0.0057	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0026	0.0081
Fe^{3+}	0.0897	0.1074	0.0895	0.1141	0.1000	0.0726	0.0666	0.0879	0.1025	0.0926	0.1116	0.0782
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0190	0.0201	0.0414	0.0080	0.0097	0.0160	0.0301	0.0614	0.0300	0.0215	0.0176	0.0148
Fe^{2+}	0.8501	0.7629	1.2502	0.6264	0.6692	0.7773	1.0841	1.3877	1.2233	0.9119	0.6720	0.6787
Mn	4.3915	4.3900	4.0409	4.5761	4.6038	4.3962	3.9847	3.4631	3.7298	4.2295	4.5053	4.6102
Ca	0.7394	0.8269	0.6675	0.7895	0.7173	0.8105	0.9010	1.0878	1.0169	0.8372	0.8051	0.6962
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0032	0.0034	0.0069	0.0013	0.0016	0.0027	0.0050	0.0102	0.0050	0.0036	0.0029	0.0025
Xalm	0.1417	0.1272	0.2084	0.1044	0.1115	0.1296	0.1807	0.2313	0.2039	0.1520	0.1120	0.1131
Xsps	0.7319	0.7317	0.6735	0.7627	0.7673	0.7327	0.6641	0.5772	0.6216	0.7049	0.7509	0.7684
Xgrs	0.1232	0.1378	0.1113	0.1316	0.1196	0.1351	0.1502	0.1813	0.1695	0.1395	0.1342	0.1160
XFe	0.9781	0.9743	0.9679	0.9874	0.9857	0.9798	0.9730	0.9576	0.9761	0.9770	0.9745	0.9787

Probe								159				
Meßfile								10013				
								Linienprofil Granat 3 Rand - Kern - Rand				
Analyse	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO_2	35.61	35.07	35.47	35.67	35.31	75.82	36.16	35.72	36.15	35.62	35.65	35.81
TiO_2	0.19	0.22	0.25	0.15	0.2	0.04	0.16	0.24	0.23	0.28	0.36	0.26
Al_2O_3	20.6	20.26	20.31	20.39	20.26	7.46	20.76	20.7	20.52	20.55	20.52	20.63
Cr_2O_3	0	0.05	0	0.02	0.04	0	0.03	0	0.02	0	0.02	0
FeO	5.06	5.33	5.28	6.32	7.7	3.85	10.17	7.88	7.16	7.09	6.84	7.12
MnO	34.05	34.11	33.41	32.82	29.81	8.91	25.99	27.01	30.27	30.18	30.47	29.98
MgO	0.05	0.06	0.04	0.08	0.1	0.04	0.13	0.11	0.09	0.1	0.08	0.09
CaO	3.91	3.55	4.42	4.55	5.24	3.09	6.52	6.66	5.68	5.93	5.9	5.77
ΣGew.%	99.46	98.65	99.17	100.01	98.66	99.22	99.92	98.31	100.14	99.74	99.84	99.65
FeO	4.63	4.68	4.51	5.36	6.94	3.39	9.71	7.8	6.42	6.29	6.04	6.56
Fe_2O_3	0.49	0.72	0.85	1.07	0.85	0.51	0.51	0.08	0.83	0.88	0.88	0.63
ΣGew.%	99.51	98.73	99.26	100.11	98.74	99.27	99.97	98.32	100.22	99.83	99.92	99.72
Si	5.7799	5.7347	5.7724	5.7423	5.7561	33.0574	5.8143	5.8411	5.8252	5.7270	5.7348	5.7789
Ti	0.0234	0.0271	0.0302	0.0186	0.0243	0.0131	0.0188	0.0289	0.0283	0.0335	0.0440	0.0316
Σ Kat1	5.8033	5.7618	5.8026	5.7609	5.7805	33.0705	5.8331	5.8700	5.8535	5.7604	5.7788	5.8105
Al	3.9403	3.9043	3.8955	3.8684	3.8914	3.8326	3.9341	3.9898	3.8972	3.8931	3.8904	3.9234
Cr	0.0004	0.0068	0.0004	0.0020	0.0049	0.0000	0.0037	0.0000	0.0026	0.0000	0.0026	0.0000
Fe^{3+}	0.0593	0.0889	0.1041	0.1296	0.1037	0.1674	0.0622	0.0102	0.1002	0.1069	0.1070	0.0766
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0116	0.0145	0.0109	0.0195	0.0234	0.0259	0.0322	0.0259	0.0227	0.0234	0.0183	0.0207
Fe^{2+}	0.6279	0.6395	0.6139	0.7210	0.9459	1.2373	1.3054	1.0670	0.8650	0.8456	0.8128	0.8847
Mn	4.6812	4.7236	4.6046	4.4741	4.1152	3.2912	3.5399	3.7411	4.1310	4.1097	4.1515	4.0978
Ca	0.6793	0.6223	0.7706	0.7854	0.9155	1.4456	1.1225	1.1660	0.9814	1.0212	1.0174	0.9969
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0019	0.0024	0.0018	0.0033	0.0039	0.0043	0.0054	0.0043	0.0038	0.0039	0.0031	0.0034
Xalm	0.1047	0.1066	0.1023	0.1202	0.1577	0.2062	0.2176	0.1778	0.1442	0.1409	0.1355	0.1474
Xsps	0.7802	0.7873	0.7674	0.7457	0.6859	0.5485	0.5900	0.6235	0.6885	0.6850	0.6919	0.6830
Xgrs	0.1132	0.1037	0.1284	0.1309	0.1526	0.2409	0.1871	0.1943	0.1636	0.1702	0.1696	0.1661
XFe	0.9819	0.9778	0.9826	0.9737	0.9759	0.9795	0.9759	0.9763	0.9744	0.9731	0.9780	0.9771

Probe	159					159						
Meßfile	10013					10013						
	Granat 3					Linienprofil Granat 4 Rand - Kern - Rand						
Analyse	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
SiO_2	35.73	36.17	35.87	35.92	36.77	35.95	36.12	35.40	35.71	36.32	36.21	36.51
TiO_2	0.24	0.21	0.20	0.16	0.10	0.16	0.23	0.17	0.18	0.19	0.23	0.20
Al_2O_3	20.55	20.69	20.56	20.18	20.79	20.73	20.70	20.49	20.47	20.57	20.67	20.54
Cr_2O_3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00
FeO	8.10	8.06	8.46	8.94	9.39	7.25	5.96	5.53	5.90	7.28	7.08	6.96
MnO	29.74	28.31	27.81	27.72	27.12	30.78	32.65	33.75	32.76	31.15	29.98	30.23
MgO	0.08	0.11	0.10	0.12	0.11	0.09	0.07	0.05	0.03	0.09	0.09	0.07
CaO	5.36	6.15	6.12	6.23	5.88	4.89	4.30	4.38	4.47	4.97	5.76	5.55
ΣGew.%	99.83	99.71	99.12	99.27	100.16	99.84	100.03	99.81	99.54	100.60	100.03	100.05
FeO	7.40	7.63	7.99	7.92	9.13	6.83	5.60	4.71	5.28	6.53	6.58	6.40
Fe_2O_3	0.78	0.48	0.52	1.13	0.28	0.46	0.40	0.91	0.69	0.83	0.56	0.62
ΣGew.%	99.91	99.76	99.17	99.38	100.19	99.89	100.07	99.90	99.61	100.68	100.09	100.11
Si	5.7575	5.8456	5.8270	5.8328	5.9514	5.8046	5.8497	5.6940	5.7915	5.8407	5.8425	5.9182
Ti	0.0295	0.0259	0.0242	0.0193	0.0116	0.0194	0.0282	0.0206	0.0220	0.0234	0.0279	0.0242
Σ Kat1	5.7870	5.8716	5.8513	5.8522	5.9630	5.8240	5.8779	5.7146	5.8134	5.8641	5.8704	5.9424
Al	3.9026	3.9420	3.9362	3.8618	3.9657	3.9439	3.9513	3.8846	3.9133	3.8979	3.9305	3.9249
Cr	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0046	0.0030	0.0020	0.0019	0.0000
Fe^{3+}	0.0948	0.0580	0.0638	0.1382	0.0343	0.0561	0.0487	0.1108	0.0837	0.1001	0.0676	0.0751
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0195	0.0272	0.0241	0.0297	0.0268	0.0223	0.0176	0.0123	0.0064	0.0223	0.0211	0.0172
Fe^{2+}	0.9970	1.0315	1.0848	1.0751	1.2362	0.9222	0.7581	0.6336	0.7164	0.8786	0.8871	0.8682
Mn	4.0587	3.8760	3.8261	3.8115	3.7179	4.2098	4.4790	4.5991	4.5001	4.2425	4.0964	4.1503
Ca	0.9248	1.0653	1.0650	1.0838	1.0191	0.8456	0.7453	0.7550	0.7770	0.8566	0.9954	0.9643
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0033	0.0045	0.0040	0.0049	0.0045	0.0037	0.0029	0.0021	0.0011	0.0037	0.0035	0.0029
Xalm	0.1662	0.1719	0.1808	0.1792	0.2060	0.1537	0.1264	0.1056	0.1194	0.1464	0.1479	0.1447
Xsps	0.6765	0.6460	0.6377	0.6352	0.6197	0.7016	0.7465	0.7665	0.7500	0.7071	0.6827	0.6917
Xgrs	0.1541	0.1776	0.1775	0.1806	0.1699	0.1409	0.1242	0.1258	0.1295	0.1428	0.1659	0.1607
XFe	0.9808	0.9743	0.9783	0.9731	0.9788	0.9764	0.9773	0.9810	0.9911	0.9752	0.9768	0.9806

Probe	159		159						159			
Meßfile	10013		10013						10013			
	Granat 4		Linienprofil Granat 5 Rand - Kern - Rand						Granat 5			
Analyse	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
SiO_2	36.27	35.77	35.96	36.24	36.01	35.84	36.08	35.74	35.59	35.92	36.51	35.23
TiO_2	0.23	0.22	0.19	0.17	0.09	0.1	0.22	0.21	0.22	0.3	0.19	0.19
Al_2O_3	20.48	20.71	20.58	20.74	20.48	20.7	20.69	20.59	20.74	20.67	20.66	20.38
Cr_2O_3	0.02	0.04	0.02	0.05	0.01	0	0	0.02	0	0.02	0.02	0.02
FeO	7.61	8.48	7.18	7.37	6.47	5.99	6.08	6.66	7.08	6.93	7.95	8.02
MnO	29.91	28.21	30.47	31.6	33.4	33.82	32.78	31.65	30.48	30.66	28.49	28.87
MgO	0.12	0.11	0.1	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.1	0.07	0.1	0.1
CaO	5.77	6.35	5.22	4.75	3.4	3.66	4.47	4.83	5.57	5.38	6.11	5.75
ΣGew.%	100.41	99.89	99.72	101.02	99.93	100.18	100.38	99.77	99.78	99.95	100.04	98.56
FeO	6.73	7.86	6.63	6.69	5.87	5.47	5.53	6.08	6.51	6.42	7.51	7.35
Fe_2O_3	0.97	0.69	0.61	0.75	0.66	0.59	0.61	0.65	0.63	0.57	0.49	0.75
ΣGew.%	100.51	99.96	99.78	101.09	99.99	100.24	100.44	99.84	99.85	100.01	100.09	98.64
Si	5.8307	5.7343	5.8163	5.7866	5.8462	5.7726	5.8079	5.7698	5.7134	5.7915	5.9033	5.7276
Ti	0.0282	0.0269	0.0231	0.0206	0.0110	0.0123	0.0265	0.0255	0.0260	0.0364	0.0229	0.0235
Σ Kat1	5.8589	5.7612	5.8395	5.8073	5.8572	5.7849	5.8344	5.7953	5.7394	5.8279	5.9262	5.7510
Al	3.8801	3.9119	3.9229	3.9029	3.9182	3.9290	3.9264	3.9178	3.9236	3.9280	3.9377	3.9057
Cr	0.0022	0.0052	0.0026	0.0066	0.0009	0.0000	0.0000	0.0028	0.0000	0.0032	0.0028	0.0028
Fe^{3+}	0.1177	0.0829	0.0745	0.0904	0.0808	0.0710	0.0736	0.0794	0.0764	0.0688	0.0595	0.0915
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0294	0.0254	0.0248	0.0217	0.0197	0.0195	0.0159	0.0176	0.0242	0.0179	0.0248	0.0241
Fe^{2+}	0.9051	1.0539	0.8965	0.8930	0.7970	0.7361	0.7447	0.8202	0.8743	0.8662	1.0155	0.9996
Mn	4.0725	3.8301	4.1744	4.2728	4.5925	4.6132	4.4689	4.3269	4.1443	4.1872	3.9016	3.9752
Ca	0.9930	1.0907	0.9044	0.8125	0.5909	0.6311	0.7705	0.8354	0.9571	0.9287	1.0581	1.0011
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0049	0.0042	0.0041	0.0036	0.0033	0.0033	0.0027	0.0029	0.0040	0.0030	0.0041	0.0040
Xalm	0.1509	0.1756	0.1494	0.1488	0.1328	0.1227	0.1241	0.1367	0.1457	0.1444	0.1693	0.1666
Xsps	0.6788	0.6383	0.6957	0.7121	0.7654	0.7689	0.7448	0.7211	0.6907	0.6979	0.6503	0.6625
Xgrs	0.1655	0.1818	0.1507	0.1354	0.0985	0.1052	0.1284	0.1392	0.1595	0.1548	0.1764	0.1669
XFe	0.9685	0.9765	0.9731	0.9763	0.9759	0.9742	0.9791	0.9790	0.9731	0.9798	0.9762	0.9765

Probe	159					159						
Meßfile	10013					10013						
	Linienprofil Granat 6					Linienprofil Granat 7 Rand - Kern - Rand						
Analyse	62	63	68	69	81	82	83	84	85	86	87	88
SiO_2	34.99	35.15	35.29	35.31	35.87	36.25	35.78	35.28	35.50	35.01	35.96	35.04
TiO_2	0.27	0.22	0.24	0.25	0.16	0.17	0.25	0.26	0.24	0.25	0.25	0.24
Al_2O_3	20.26	20.22	20.41	20.44	20.79	20.66	20.73	20.72	20.58	20.26	20.81	20.35
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	6.86	5.77	6.90	6.90	10.30	7.53	6.18	5.79	5.12	5.21	5.39	5.35
MnO	30.51	32.33	31.24	30.21	25.96	29.57	31.55	33.43	33.91	33.65	34.19	33.00
MgO	0.08	0.06	0.08	0.09	0.12	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.03
CaO	5.31	4.81	4.91	5.98	6.52	5.50	5.13	4.40	4.07	4.50	3.78	4.45
ΣGew.%	98.29	98.56	99.08	99.17	99.71	99.80	99.68	99.93	99.49	98.93	100.44	98.46
FeO	6.11	4.96	6.18	6.06	9.81	7.12	5.79	5.15	4.61	4.28	5.00	4.74
Fe_2O_3	0.84	0.90	0.80	0.94	0.54	0.45	0.43	0.71	0.56	1.03	0.43	0.67
ΣGew.%	98.37	98.65	99.16	99.26	99.77	99.85	99.72	100.00	99.54	99.04	100.48	98.53
Si	5.7112	5.7357	5.7223	5.6967	5.7605	5.8711	5.7801	5.6561	5.7535	5.6790	5.7897	5.7232
Ti	0.0332	0.0270	0.0293	0.0304	0.0197	0.0211	0.0302	0.0310	0.0291	0.0307	0.0303	0.0299
Σ Kat1	5.7444	5.7627	5.7516	5.7270	5.7802	5.8923	5.8103	5.6871	5.7825	5.7097	5.8200	5.7531
Al	3.8974	3.8880	3.9000	3.8862	3.9349	3.9427	3.9473	3.9142	3.9308	3.8741	3.9483	3.9174
Cr	0.0000	0.0013	0.0026	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
Fe^{3+}	0.1026	0.1107	0.0974	0.1138	0.0651	0.0552	0.0527	0.0858	0.0689	0.1259	0.0517	0.0826
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0194	0.0145	0.0192	0.0207	0.0298	0.0256	0.0128	0.0151	0.0144	0.0144	0.0119	0.0077
Fe^{2+}	0.8338	0.6765	0.8377	0.8177	1.3178	0.9640	0.7818	0.6898	0.6248	0.5803	0.6734	0.6477
Mn	4.2179	4.4683	4.2899	4.1286	3.5312	4.0561	4.3170	4.5396	4.6539	4.6239	4.6619	4.5651
Ca	0.9290	0.8407	0.8531	1.0330	1.1212	0.9543	0.8884	0.7556	0.7069	0.7813	0.6527	0.7796
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0032	0.0024	0.0032	0.0035	0.0050	0.0043	0.0021	0.0025	0.0024	0.0024	0.0020	0.0013
Xalm	0.1390	0.1128	0.1396	0.1363	0.2196	0.1607	0.1303	0.1150	0.1041	0.0967	0.1122	0.1079
Xsps	0.7030	0.7447	0.7150	0.6881	0.5885	0.6760	0.7195	0.7566	0.7757	0.7707	0.7770	0.7608
Xgrs	0.1548	0.1401	0.1422	0.1722	0.1869	0.1591	0.1481	0.1259	0.1178	0.1302	0.1088	0.1299
XFe	0.9773	0.9790	0.9776	0.9753	0.9779	0.9741	0.9839	0.9786	0.9775	0.9758	0.9826	0.9883

Probe	159			159								
Meßfile	10013			10013								
	Granat 7			Linienprofil Grant 8 Rand - Kern - Rand								
Analyse	89	90	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
SiO_2	36.12	43.18	36.3	35.38	35.28	35.38	35.48	35.33	35.56	36.04	36.03	36.75
TiO_2	0.12	0.03	0.2	0.25	0.19	0.14	0.19	0.16	0.26	0.19	0.25	0.11
Al_2O_3	20.55	17.2	20.59	20.61	20.5	20.51	20.46	20.51	20.66	20.7	20.5	21.1
Cr_2O_3	0	0.04	0.03	0.02	0	0	0.03	0	0.02	0.01	0	0
FeO	6.89	11.45	7.39	6.28	5.3	5.16	4.83	4.86	5.5	7.23	9	10.91
MnO	32.13	20.8	29.75	31.94	33.31	34.57	34.03	34.21	33.57	29.93	28.12	24.43
MgO	0.08	0.17	0.1	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.09	0.1	0.23
CaO	4.19	5.72	5.68	4.75	4.24	3.67	4.12	4.1	4.15	5.59	5.84	6.29
ΣGew.%	100.08	98.58	100.04	99.28	98.87	99.49	99.18	99.24	99.77	99.77	99.83	99.82
FeO	6.29	9.95	6.83	5.8	4.81	4.52	4.29	4.25	5.02	6.8	8.28	10.91
Fe_2O_3	0.67	1.66	0.63	0.53	0.55	0.72	0.6	0.68	0.53	0.49	0.8	0
ΣGew.%	100.14	98.75	100.1	99.33	98.93	99.56	99.24	99.3	99.83	99.82	99.91	99.82
Si	5.8452	8.0163	5.8635	5.7265	5.7443	5.7272	5.7713	5.7261	5.7421	5.8214	5.8200	5.9502
Ti	0.0144	0.0047	0.0243	0.0300	0.0237	0.0166	0.0233	0.0197	0.0320	0.0231	0.0298	0.0134
Σ Kat1	5.8597	8.0209	5.8878	5.7565	5.7680	5.7438	5.7946	5.7459	5.7741	5.8445	5.8498	5.9636
Al	3.9186	3.7625	3.9197	3.9327	3.9331	3.9122	3.9223	3.9174	3.9324	3.9402	3.9031	4.0273
Cr	0.0000	0.0056	0.0037	0.0028	0.0000	0.0000	0.0038	0.0000	0.0028	0.0007	0.0000	0.0000
Fe^{3+}	0.0814	0.2319	0.0766	0.0645	0.0669	0.0878	0.0740	0.0826	0.0648	0.0590	0.0969	0.0000
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0273
Mg	0.0200	0.0463	0.0244	0.0120	0.0101	0.0124	0.0092	0.0144	0.0124	0.0216	0.0236	0.0544
Fe^{2+}	0.8510	1.5451	0.9222	0.7851	0.6553	0.6112	0.5831	0.5764	0.6779	0.9182	1.1189	1.4777
Mn	4.4030	3.2706	4.0708	4.3791	4.5941	4.7393	4.6888	4.6966	4.5910	4.0938	3.8464	3.3496
Ca	0.7260	1.1379	0.9827	0.8238	0.7405	0.6371	0.7188	0.7126	0.7187	0.9665	1.0111	1.0909
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5.9727
Xprp	0.0033	0.0077	0.0041	0.0020	0.0017	0.0021	0.0015	0.0024	0.0021	0.0036	0.0039	0.0091
Xalm	0.1418	0.2575	0.1537	0.1309	0.1092	0.1019	0.0972	0.0961	0.1130	0.1530	0.1865	0.2474
Xsps	0.7338	0.5451	0.6785	0.7299	0.7657	0.7899	0.7815	0.7828	0.7652	0.6823	0.6411	0.5608
Xgrs	0.1210	0.1897	0.1638	0.1373	0.1234	0.1062	0.1198	0.1188	0.1198	0.1611	0.1685	0.1827
XFe	0.9770	0.9709	0.9742	0.9849	0.9848	0.9801	0.9845	0.9756	0.9820	0.9770	0.9793	0.9645

Probe	159								
Meßfile	10013								
	Linienprofil Granat 10 Rand - Kern - Rand								
Analyse	102	103	104	105	106	107	108	109	110
SiO_2	35.85	36.06	35.59	36.08	36.50	36.03	36.09	35.99	35.93
TiO_2	0.24	0.21	0.26	0.25	0.22	0.25	0.22	0.22	0.18
Al_2O_3	20.83	20.67	20.44	20.56	20.88	20.49	20.62	20.35	20.68
Cr_2O_3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02
FeO	7.43	7.26	7.22	7.39	7.57	7.73	7.51	7.52	9.23
MnO	29.59	29.97	29.90	30.45	30.34	30.88	30.14	29.98	27.51
MgO	0.11	0.08	0.09	0.10	0.09	0.10	0.11	0.09	0.13
CaO	5.60	5.70	5.45	5.47	4.98	4.87	5.38	5.51	6.18
ΣGew.%	99.64	99.98	98.95	100.30	100.58	100.35	100.12	99.67	99.85
FeO	7.15	6.73	6.65	6.62	7.29	6.89	6.92	6.68	8.64
Fe_2O_3	0.32	0.59	0.64	0.86	0.31	0.93	0.65	0.93	0.66
ΣGew.%	99.68	100.04	99.02	100.38	100.61	100.45	100.19	99.76	99.92
Si	5.7843	5.8089	5.7939	5.8007	5.8776	5.7980	5.8135	5.8331	5.7743
Ti	0.0291	0.0255	0.0321	0.0306	0.0271	0.0299	0.0263	0.0268	0.0218
Σ Kat1	5.8134	5.8343	5.8260	5.8313	5.9047	5.8278	5.8398	5.8600	5.7961
Al	3.9610	3.9240	3.9217	3.8960	3.9621	3.8871	3.9141	3.8866	3.9177
Cr	0.0000	0.0039	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0067	0.0000	0.0026
Fe^{3+}	0.0390	0.0721	0.0783	0.1040	0.0377	0.1129	0.0792	0.1134	0.0797
ΣKat2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg	0.0259	0.0199	0.0225	0.0234	0.0219	0.0231	0.0271	0.0220	0.0302
Fe^{2+}	0.9641	0.9063	0.9047	0.8896	0.9816	0.9279	0.9323	0.9057	1.1609
Mn	4.0429	4.0900	4.1228	4.1455	4.1382	4.2094	4.1118	4.1154	3.7445
Ca	0.9671	0.9838	0.9500	0.9415	0.8584	0.8397	0.9289	0.9568	1.0644
ΣKat3	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xprp	0.0043	0.0033	0.0038	0.0039	0.0036	0.0038	0.0045	0.0037	0.0050
Xalm	0.1607	0.1511	0.1508	0.1483	0.1636	0.1546	0.1554	0.1510	0.1935
Xsps	0.6738	0.6817	0.6871	0.6909	0.6897	0.7016	0.6853	0.6859	0.6241
Xgrs	0.1612	0.1640	0.1583	0.1569	0.1431	0.1399	0.1548	0.1595	0.1774
XFe	0.9738	0.9785	0.9757	0.9744	0.9782	0.9757	0.9718	0.9763	0.9746

Probe	**107**									107			107	
Meßfile	10009									10009		10009	10015	10015
	Linienprofil Epidot 1									Epi 2 K	Epi 2 R	Epi 3 K	Epi 4	Epi 5
Analyse	11	12	13	14	15	17	18	19	20	29	30	42	9	10
SiO_2	37.74	37.34	36.85	36.86	37.02	37.24	37.35	36.84	36.61	37.24	37.38	37.03	37.91	38.00
TiO_2	0.10	0.08	0.18	0.13	0.07	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	0.11	0.14	0.10	0.25
Al_2O_3	27.16	24.41	24.11	23.75	24.24	24.18	24.09	24.42	24.32	26.20	26.83	26.25	26.30	27.61
Cr_2O_3	0.02	0.22	0.18	0.06	0.13	0.15	0.13	0.12	0.12	0.22	0.11	0.21	0.02	0.02
Fe_2O_3	8.82	11.86	12.44	12.88	12.08	12.16	12.04	12.14	11.78	8.70	8.60	8.71	9.23	7.79
Mn_2O_3	0.36	0.39	0.47	0.52	0.51	1.23	1.49	0.55	1.03	0.24	0.40	0.37	0.30	0.50
MgO	0.02	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01
CaO	23.58	23.18	22.72	22.79	23.07	21.84	22.50	23.03	22.64	23.51	23.57	23.58	23.55	23.67
Na_2O	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.01	0.02	0.00
H_2O'	1.89	1.87	1.84	1.84	1.85	1.86	1.87	1.84	1.83	1.86	1.87	1.85	1.89	1.90
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	99.69	99.38	98.80	98.89	98.98	98.80	99.60	99.06	98.47	98.13	98.91	98.18	99.35	99.77
Si	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	2.5443	2.3117	2.3132	2.2776	2.3155	2.2953	2.2801	2.3439	2.3485	2.4878	2.5378	2.5069	2.4532	2.5687
Cr	0.0012	0.0141	0.0114	0.0036	0.0085	0.0094	0.0084	0.0079	0.0080	0.0142	0.0070	0.0137	0.0012	0.0012
Fe^{3+}	0.5273	0.7172	0.7621	0.7888	0.7366	0.7374	0.7275	0.7442	0.7263	0.5273	0.5196	0.5312	0.5498	0.4629
Mn^{3+}	0.0216	0.0236	0.0291	0.0325	0.0315	0.0757	0.0909	0.0340	0.0643	0.0150	0.0243	0.0230	0.0183	0.0303
Mg	0.0029	0.0038	0.0012	0.0030	0.0000	0.0028	0.0018	0.0024	0.0051	0.0018	0.0026	0.0032	0.0020	0.0014
Ti	0.0060	0.0045	0.0110	0.0082	0.0043	0.0050	0.0061	0.0057	0.0051	0.0057	0.0066	0.0083	0.0058	0.0150
ΣKat1	3.10	3.08	3.13	3.11	3.10	3.13	3.11	3.14	3.16	3.05	3.10	3.09	3.03	3.08
Ca	2.0083	1.9949	1.9820	1.9870	2.0030	1.8850	1.9361	2.0095	1.9878	2.0288	2.0269	2.0466	1.9967	2.0017
Na	0.0019	0.0000	0.0000	0.0055	0.0000	0.0051	0.0036	0.0000	0.0004	0.0059	0.0038	0.0019	0.0027	0.0000
ΣKat2	2.01	1.99	1.98	1.99	2.00	1.89	1.94	2.01	1.99	2.03	2.03	2.05	2.00	2.00
OH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	0.5273	0.7172	0.7621	0.7888	0.7366	0.7374	0.7275	0.7442	0.7263	0.5273	0.5196	0.5312	0.5498	0.4629

Probe	107		**135**											
Meßfile	11340	11340	11353											
	Epi 6	Epi 7		Rand	Kern	Rand	Kern	Linienprofil Rand						
Analyse	23	34	1	6	5	11	10	12	13	14	15	16	18	19
SiO_2	37.34	37.78	37.29	37.73	36.55	37.22	37.32	36.90	37.32	37.14	36.44	37.35	36.71	37.21
TiO_2	0.08	0.19	0.03	0.04	0.00	0.04	0.07	0.06	0.09	0.21	0.14	0.07	0.06	0.05
Al_2O_3	24.39	26.01	22.07	21.05	21.19	21.36	22.52	22.48	22.62	21.93	21.08	21.49	21.45	21.84
Cr_2O_3	0.32	0.06	0.03	0.04	0.00	0.04	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.07	0.02
Fe_2O_3	11.48	10.05	15.65	15.84	16.08	16.00	14.94	14.87	14.78	15.36	16.17	16.17	16.30	16.14
Mn_2O_3	0.51	0.49	0.27	0.30	0.20	0.22	0.14	0.23	0.17	0.15	0.28	0.27	0.32	0.27
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	23.20	23.88	23.47	22.90	22.80	23.02	23.71	23.70	23.73	23.69	23.27	23.58	23.31	23.35
Na_2O	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.13	0.03	0.01	0.00	0.03	0.04	0.03	0.00	0.01
H_2O'	1.87	1.89	1.86	1.89	1.83	1.86	1.87	1.84	1.87	1.86	1.82	1.87	1.83	1.86
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	99.20	100.38	100.68	99.81	98.67	99.88	100.59	100.13	100.58	100.37	99.23	100.91	100.04	100.74
Si	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	2.3097	2.4335	2.0927	1.9729	2.0499	2.0287	2.1331	2.1540	2.1430	2.0880	2.0451	2.0347	2.0655	2.0749
Cr	0.0203	0.0038	0.0020	0.0022	0.0000	0.0024	0.0005	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0053	0.0044	0.0013
Fe^{3+}	0.6941	0.6007	0.9476	0.9478	0.9934	0.9706	0.9036	0.9098	0.8939	0.9336	1.0015	0.9772	1.0020	0.9790
Mn^{3+}	0.0311	0.0294	0.0167	0.0181	0.0127	0.0134	0.0085	0.0144	0.0103	0.0093	0.0174	0.0168	0.0197	0.0167
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ti	0.0050	0.0112	0.0017	0.0026	0.0000	0.0022	0.0043	0.0036	0.0056	0.0125	0.0086	0.0041	0.0036	0.0029
ΣKat1	3.06	3.08	3.06	2.94	3.06	3.02	3.05	3.08	3.05	3.04	3.07	3.04	3.10	3.07
Ca	1.9974	2.0313	2.0230	1.9508	2.0052	1.9878	2.0418	2.0650	2.0437	2.0504	2.0520	2.0288	2.0405	2.0173
Na	0.0000	0.0058	0.0000	0.0031	0.0019	0.0196	0.0044	0.0011	0.0000	0.0046	0.0062	0.0042	0.0002	0.0015
ΣKat2	2.00	2.04	2.02	1.95	2.01	2.01	2.05	2.07	2.04	2.06	2.06	2.03	2.04	2.02
OH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	0.6941	0.6007	0.9476	0.9478	0.9934	0.9706	0.9036	0.9098	0.8939	0.9336	1.0015	0.9772	1.0020	0.9790

Probe	135													
Meßfile	11353	11353	11354	11354	11354	11355								
	Epidot	Rand		Kern	Rand		Rand	Rand						
Analyse	20	21	7	9	10	5	10	11	12	14	15	16	17	18
SiO_2	37.20	36.85	37.07	36.93	37.55	36.95	36.10	36.74	36.67	36.50	36.89	36.68	36.64	37.07
TiO_2	0.08	0.06	0.05	0.09	0.03	0.05	0.13	0.08	0.09	0.17	0.06	0.09	0.08	0.03
Al_2O_3	21.77	21.70	22.95	21.77	21.56	22.01	21.12	21.15	21.41	22.05	21.52	22.61	21.12	21.36
Cr_2O_3	0.09	0.10	0.04	0.02	0.02	0.03	0.11	0.00	0.06	0.04	0.02	0.08	0.00	0.05
Fe_2O_3	16.05	15.91	14.16	15.50	15.86	15.87	16.25	16.88	16.09	15.58	16.33	14.48	16.36	16.54
Mn_2O_3	0.33	0.31	0.40	0.17	0.27	0.21	0.27	0.15	0.38	0.80	0.41	0.22	0.38	0.21
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	23.80	23.26	23.33	23.63	23.13	23.17	23.47	23.67	23.51	22.53	23.44	23.68	23.55	23.41
Na_2O	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02
H_2O'	1.86	1.84	1.85	1.85	1.88	1.85	1.80	1.84	1.83	1.82	1.84	1.83	1.83	1.85
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	101.17	100.05	99.89	99.97	100.30	100.14	99.26	100.52	100.09	99.62	100.51	99.66	99.96	100.54
Si	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	2.0687	2.0821	2.1887	2.0848	2.0304	2.1058	2.0689	2.0353	2.0643	2.1360	2.0628	2.1794	2.0374	2.0374
Cr	0.0055	0.0067	0.0026	0.0010	0.0010	0.0018	0.0073	0.0000	0.0038	0.0023	0.0013	0.0051	0.0000	0.0033
Fe^{3+}	0.9739	0.9750	0.8625	0.9478	0.9536	0.9695	1.0165	1.0372	0.9909	0.9638	0.9993	0.8908	1.0075	1.0073
Mn^{3+}	0.0204	0.0190	0.0248	0.0107	0.0162	0.0129	0.0169	0.0094	0.0236	0.0500	0.0254	0.0139	0.0236	0.0127
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0112	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ti	0.0049	0.0036	0.0031	0.0056	0.0020	0.0029	0.0083	0.0048	0.0053	0.0107	0.0039	0.0053	0.0046	0.0015
ΣKat1	3.07	3.09	3.08	3.05	3.00	3.09	3.12	3.09	3.09	3.17	3.09	3.09	3.07	3.06
Ca	2.0559	2.0294	2.0227	2.0568	1.9795	2.0153	2.0895	2.0709	2.0608	1.9842	2.0426	2.0745	2.0659	2.0302
Na	0.0000	0.0026	0.0036	0.0017	0.0008	0.0028	0.0009	0.0017	0.0077	0.0043	0.0000	0.0000	0.0011	0.0027
ΣKat2	2.06	2.03	2.03	2.06	1.98	2.02	2.09	2.07	2.07	1.99	2.04	2.07	2.07	2.03
OH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	0.9739	0.9750	0.8625	0.9478	0.9536	0.9695	1.0165	1.0372	0.9909	0.9638	0.9993	0.8908	1.0075	1.0073

Probe	135													
Meßfile	11355													
	Epidot Linienprofil													
Analyse	32	33	34	35	36	37	38	39	41	42	43	44	45	46
SiO_2	36.66	36.73	36.27	36.53	36.99	36.45	36.68	36.64	36.35	37.08	36.56	36.76	36.47	36.42
TiO_2	0.15	0.10	0.10	0.06	0.33	0.14	0.09	0.09	0.24	0.11	0.25	0.27	0.11	0.18
Al_2O_3	21.55	21.00	21.35	21.19	20.37	20.91	21.59	22.13	19.80	21.00	20.83	21.32	20.54	20.55
Cr_2O_3	0.27	0.02	0.00	0.05	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.03
Fe_2O_3	16.23	16.60	16.08	16.54	17.16	16.46	15.49	14.79	17.31	16.52	16.36	15.89	17.04	16.86
Mn_2O_3	0.33	0.28	0.21	0.09	0.18	0.10	0.14	0.35	0.21	0.20	0.18	0.38	0.34	0.25
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	23.02	23.82	23.81	23.78	23.27	23.45	23.54	23.63	23.61	23.48	23.26	23.55	23.38	23.14
Na_2O	0.03	0.05	0.00	0.03	0.04	0.01	0.00	0.03	0.04	0.03	0.03	0.00	0.02	0.01
H_2O'	1.83	1.84	1.81	1.83	1.85	1.82	1.83	1.83	1.82	1.85	1.83	1.84	1.82	1.82
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	100.08	100.44	99.62	100.09	100.24	99.39	99.37	99.49	99.38	100.28	99.30	100.04	99.78	99.27
Si	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	2.0784	2.0219	2.0808	2.0513	1.9468	2.0279	2.0813	2.1358	1.9264	2.0027	2.0150	2.0509	1.9917	1.9953
Cr	0.0174	0.0015	0.0000	0.0029	0.0041	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0045	0.0020
Fe^{3+}	0.9996	1.0200	1.0005	1.0224	1.0471	1.0195	0.9535	0.9111	1.0748	1.0057	1.0104	0.9760	1.0545	1.0449
Mn^{3+}	0.0207	0.0173	0.0129	0.0056	0.0108	0.0062	0.0087	0.0219	0.0134	0.0124	0.0112	0.0235	0.0213	0.0159
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ti	0.0092	0.0062	0.0063	0.0037	0.0199	0.0086	0.0054	0.0055	0.0148	0.0065	0.0153	0.0167	0.0065	0.0111
ΣKat1	3.13	3.07	3.10	3.09	3.03	3.06	3.05	3.07	3.03	3.03	3.05	3.07	3.08	3.07
Ca	2.0180	2.0845	2.1094	2.0928	2.0218	2.0677	2.0625	2.0724	2.0876	2.0351	2.0448	2.0586	2.0602	2.0420
Na	0.0051	0.0085	0.0000	0.0043	0.0057	0.0024	0.0000	0.0043	0.0067	0.0042	0.0054	0.0006	0.0034	0.0019
ΣKat2	2.02	2.09	2.11	2.10	2.03	2.07	2.06	2.08	2.09	2.04	2.05	2.06	2.06	2.04
OH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	0.9996	1.0200	1.0005	1.0224	1.0471	1.0195	0.9535	0.9111	1.0748	1.0057	1.0104	0.9760	1.0545	1.0449

Probe	135													
Meßfile	11355 Epidot													
Analyse	47	48	49	50	51	54	55	56	57	58	59	60	63	65
SiO_2	36.70	38.44	36.33	36.45	37.01	36.90	36.06	36.44	36.89	36.29	36.51	36.83	36.49	36.26
TiO_2	0.17	0.40	0.45	0.45	0.03	0.10	0.09	0.23	0.22	0.10	0.08	0.10	0.25	0.08
Al_2O_3	20.86	19.69	19.99	19.89	21.30	21.25	20.76	20.81	20.66	21.84	21.20	21.86	21.44	21.53
Cr_2O_3	0.07	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.05	0.00	0.07	0.00	0.00	0.03	0.05	0.01
Fe_2O_3	16.69	17.05	17.51	17.73	16.02	16.69	16.68	16.76	16.62	15.72	16.16	15.71	15.52	16.19
Mn_2O_3	0.18	0.24	0.16	0.17	0.11	0.23	0.22	0.16	0.20	0.34	0.30	0.50	0.48	0.27
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	23.34	23.07	23.40	23.60	23.36	23.65	23.44	23.61	23.16	23.25	23.64	23.12	23.07	23.64
Na_2O	0.02	0.03	0.03	0.00	0.04	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01
H_2O'	1.83	1.92	1.82	1.82	1.85	1.84	1.80	1.82	1.84	1.81	1.82	1.84	1.82	1.81
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	99.86	100.84	99.68	100.14	99.72	100.71	99.13	99.87	99.67	99.36	99.73	100.00	99.15	99.79
Si	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	2.0099	1.8106	1.9450	1.9293	2.0347	2.0365	2.0352	2.0190	1.9801	2.1278	2.0531	2.0980	2.0777	2.1000
Cr	0.0043	0.0000	0.0000	0.0018	0.0000	0.0013	0.0036	0.0000	0.0044	0.0000	0.0002	0.0018	0.0031	0.0005
Fe^{3+}	1.0265	1.0014	1.0880	1.0984	0.9774	1.0213	1.0441	1.0383	1.0169	0.9781	0.9992	0.9628	0.9601	1.0079
Mn^{3+}	0.0112	0.0141	0.0098	0.0104	0.0067	0.0140	0.0137	0.0102	0.0126	0.0212	0.0190	0.0310	0.0303	0.0167
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ti	0.0105	0.0235	0.0279	0.0277	0.0016	0.0059	0.0058	0.0142	0.0137	0.0060	0.0050	0.0063	0.0153	0.0048
ΣKat1	3.06	2.85	3.07	3.07	3.02	3.08	3.10	3.08	3.03	3.13	3.08	3.10	3.09	3.13
Ca	2.0438	1.9289	2.0704	2.0815	2.0281	2.0604	2.0897	2.0826	2.0173	2.0594	2.0804	2.0170	2.0325	2.0962
Na	0.0036	0.0049	0.0050	0.0000	0.0059	0.0036	0.0041	0.0054	0.0011	0.0006	0.0000	0.0009	0.0043	0.0009
ΣKat2	2.05	1.93	2.08	2.08	2.03	2.06	2.09	2.09	2.02	2.06	2.08	2.02	2.04	2.10
OH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	1.0265	1.0014	1.0880	1.0984	0.9774	1.0213	1.0441	1.0383	1.0169	0.9781	0.9992	0.9628	0.9601	1.0079

Probe	135													
Meßfile	11355 Epidot													
Analyse	66	68	69	71	72	77	78	79	80	81	83	84	86	90
SiO_2	36.18	36.55	36.09	36.09	36.56	38.38	36.71	36.18	37.25	37.39	36.44	37.90	36.99	36.91
TiO_2	0.10	0.23	0.37	0.27	0.32	0.24	0.46	0.08	0.10	0.07	0.27	0.10	0.08	0.18
Al_2O_3	21.09	20.73	20.08	20.86	20.15	19.50	20.25	21.94	21.82	21.31	20.25	21.26	21.69	22.33
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.05	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.05
Fe_2O_3	16.50	16.77	17.63	16.18	17.61	15.81	17.03	15.45	15.50	16.19	16.82	14.95	16.10	15.14
Mn_2O_3	0.20	0.14	0.18	0.31	0.16	0.37	0.14	0.22	0.44	0.20	0.17	0.23	0.37	0.13
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	23.42	23.67	23.36	23.18	23.64	21.70	23.62	23.35	23.22	23.68	23.52	22.45	23.45	23.82
Na_2O	0.04	0.03	0.01	0.01	0.06	0.20	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	0.76	0.00	0.00
H_2O'	1.81	1.83	1.80	1.80	1.83	1.92	1.83	1.81	1.86	1.87	1.82	1.89	1.85	1.84
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	99.33	99.95	99.52	98.74	100.33	99.55	100.07	99.11	100.19	100.74	99.32	99.57	100.57	100.40
Si	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	2.0610	2.0047	1.9667	2.0443	1.9487	1.7966	1.9503	2.1437	2.0718	2.0156	1.9651	1.9834	2.0733	2.1385
Cr	0.0000	0.0000	0.0005	0.0022	0.0002	0.0028	0.0013	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0020	0.0033
Fe^{3+}	1.0295	1.0359	1.1025	1.0120	1.0876	0.9296	1.0472	0.9640	0.9393	0.9777	1.0418	0.8907	0.9829	0.9261
Mn^{3+}	0.0125	0.0087	0.0114	0.0197	0.0101	0.0219	0.0088	0.0141	0.0268	0.0124	0.0104	0.0141	0.0232	0.0081
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1624	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ti	0.0059	0.0141	0.0231	0.0168	0.0199	0.0142	0.0284	0.0050	0.0058	0.0041	0.0168	0.0059	0.0048	0.0109
ΣKat1	3.11	3.06	3.10	3.10	3.07	2.93	3.04	3.13	3.04	3.01	3.03	2.90	3.09	3.09
Ca	2.0805	2.0813	2.0799	2.0645	2.0784	1.8168	2.0677	2.0740	2.0035	2.0360	2.0745	1.9042	2.0382	2.0740
Na	0.0061	0.0051	0.0022	0.0022	0.0094	0.0296	0.0000	0.0063	0.0025	0.0031	0.0047	0.1169	0.0006	0.0000
ΣKat2	2.09	2.09	2.08	2.07	2.09	1.85	2.07	2.08	2.01	2.04	2.08	2.02	2.04	2.07
OH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	1.0295	1.0359	1.1025	1.0120	1.0876	0.9296	1.0472	0.9640	0.9393	0.9777	1.0418	0.8907	0.9829	0.9261

Probe	135			**401**							**419**			
Meßfile	11355			11344			11343				11346			
	Epidot	Rand	Kern								Kern	Rand	Kern	Rand
Analyse	91	94	93	34	37	52	29	30	87	88	9	10	11	12
SiO_2	37.04	36.94	36.64	36.54	36.49	36.51	36.83	36.85	36.70	36.26	36.96	36.96	37.03	40.12
TiO_2	0.29	0.06	0.08	0.20	0.04	0.04	0.02	0.08	0.05	0.03	0.08	0.06	0.04	0.08
Al_2O_3	21.71	21.41	21.17	19.24	21.47	21.29	21.06	21.44	21.46	21.56	21.47	21.56	22.12	21.24
Cr_2O_3	0.08	0.00	0.03	0.05	0.04	0.05	0.00	0.02	0.00	0.02	0.58	0.35	0.03	0.13
Fe_2O_3	15.53	16.08	16.95	18.09	15.71	16.09	16.51	15.85	16.05	15.80	15.21	15.51	15.39	13.84
Mn_2O_3	0.11	0.24	0.27	0.18	0.14	0.16	0.11	0.29	0.22	0.26	0.11	0.10	0.17	0.08
MgO	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	23.50	23.33	23.52	22.74	23.18	23.06	23.11	23.18	23.00	22.90	23.21	23.21	23.41	21.78
Na_2O	0.03	0.04	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01
H_2O'	1.85	1.85	1.83	3.65	3.65	3.65	3.68	3.68	1.83	1.81	1.85	1.85	1.85	2.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	100.14	99.94	100.49	100.90	100.73	100.86	101.33	101.40	99.34	98.66	99.47	99.62	100.07	99.29
Si	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	2.0722	2.0490	2.0423	1.8615	2.0804	2.0617	2.0213	2.0572	2.0677	2.1023	2.0535	2.0626	2.1119	1.8717
Cr	0.0049	0.0000	0.0022	0.0029	0.0024	0.0031	0.0000	0.0016	0.0000	0.0011	0.0373	0.0227	0.0017	0.0079
Fe^{3+}	0.9464	0.9825	1.0444	1.1178	0.9717	0.9947	1.0117	0.9710	0.9872	0.9837	0.9292	0.9473	0.9383	0.7787
Mn^{3+}	0.0067	0.0150	0.0167	0.0114	0.0086	0.0097	0.0067	0.0177	0.0137	0.0161	0.0070	0.0062	0.0103	0.0044
Mg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0225	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ti	0.0176	0.0034	0.0047	0.0124	0.0026	0.0026	0.0014	0.0048	0.0029	0.0021	0.0046	0.0034	0.0026	0.0043
ΣKat1	3.05	3.05	3.11	3.03	3.07	3.07	3.04	3.05	3.072	3.107	3.03	3.04	3.06	2.67
Ca	2.0389	2.0301	2.0631	1.9997	2.0417	2.0296	2.0169	2.0213	2.0143	2.0300	2.0185	2.0182	2.0316	1.7450
Na	0.0053	0.0066	0.0002	0.0028	0.0034	0.0017	0.0009	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0047	0.0044	0.0014
ΣKat2	2.04	2.04	2.06	2.00	2.05	2.03	2.02	2.02	2.0171	2.0300	2.02	2.02	2.04	1.75
OH	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	0.9464	0.9825	1.0444	1.1178	0.9717	0.9947	1.0117	0.9710	0.9872	0.9837	0.9292	0.9473	0.9383	0.7787

Probe	419							
Meßfile	11346							
	Epidot	Kern	Rand					
Analyse	13	15	16	19	20	21	22	25
SiO_2	37.02	36.54	37.22	38.46	37.03	36.18	42.43	36.97
TiO_2	0.06	2.55	0.09	0.06	0.06	4.31	0.12	0.14
Al_2O_3	20.18	20.25	21.71	20.65	21.31	19.14	19.70	21.94
Cr_2O_3	0.09	0.23	0.34	0.20	0.34	0.22	0.09	0.20
Fe_2O_3	16.37	14.86	15.66	14.94	15.38	13.71	13.79	15.43
Mn_2O_3	0.17	0.16	0.12	0.17	0.14	0.17	0.09	0.10
MgO	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	21.03	23.78	23.08	22.62	23.40	23.85	20.34	23.47
Na_2O	0.10	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01
H_2O'	1.85	1.83	1.86	1.92	1.85	1.81	2.12	1.85
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	99.35	100.21	100.08	99.05	99.54	99.40	98.71	100.11
Si	3	3	3	3	3	3	3	3
Al	1.9275	1.9592	2.0620	1.8979	2.0351	1.8706	1.6413	2.0985
Cr	0.0055	0.0146	0.0214	0.0125	0.0221	0.0144	0.0052	0.0128
Fe^{3+}	0.9982	0.9183	0.9496	0.8768	0.9375	0.8556	0.7339	0.9423
Mn^{3+}	0.0102	0.0101	0.0075	0.0103	0.0087	0.0108	0.0050	0.0061
Mg	0.3014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ti	0.0034	0.1573	0.0056	0.0034	0.0036	0.2685	0.0063	0.0083
ΣKat1	3.25	3.06	3.05	2.80	3.01	3.02	2.39	3.07
Ca	1.8263	2.0922	1.9930	1.8906	2.0307	2.1188	1.5405	2.0409
Na	0.0150	0.0024	0.0000	0.0026	0.0042	0.0009	0.0035	0.0023
ΣKat2	1.84	2.09	1.99	1.89	2.04	2.12	1.54	2.04
OH	1	1	1	1	1	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0
X Pist	0.9982	0.9183	0.9496	0.8768	0.9375	0.8556	0.7339	0.9423

Probe	**107**											
Meßfile	11340			10015			10009					
	Phengit											
Analyse	22	28	38	a-3	a-4	a-7	b-7	b-10	b-23	b-24	b-32	b-33
SiO_2	48.36	48.22	47.42	48.66	48.58	48.83	49.50	49.30	48.91	49.25	47.89	46.93
TiO_2	0.24	0.21	0.20	0.13	0.13	0.18	0.19	0.14	0.35	0.13	0.24	0.19
Al_2O_3	27.28	27.89	27.26	27.95	27.67	28.26	28.26	28.13	27.49	27.07	27.55	27.62
FeO	3.17	3.01	3.43	3.39	3.11	3.34	2.86	3.24	3.33	2.87	3.47	3.71
MnO	0.09	0.10	0.05	0.06	0.12	0.08	0.01	0.07	0.08	0.08	0.14	0.12
MgO	2.99	2.90	2.92	3.03	2.97	3.00	3.06	3.16	3.16	3.24	3.19	3.20
CaO	0.06	0.05	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.23	0.24	0.21	0.29	0.27	0.28	0.20	0.28	0.22	0.20	0.21	0.25
K_2O	9.85	10.07	10.03	9.97	10.00	10.03	10.16	10.11	9.47	10.13	9.70	9.40
Cr_2O_3	0.42	0.05	0.23	0.11	0.27	0.12	0.00	0.01	0.16	0.20	0.01	0.13
F	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.03	-	-	0.05	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02
ΣGew.%	93.48	93.39	92.48	93.68	93.16	94.12	94.23	94.44	93.18	93.18	92.43	91.57
Si	3.3340	3.3203	3.3123	3.3219	3.3320	3.3150	3.3435	3.3322	3.3428	3.3704	3.3129	3.2809
Ti	0.0124	0.0109	0.0105	0.0068	0.0066	0.0093	0.0094	0.0070	0.0180	0.0066	0.0122	0.0101
Al	2.2164	2.2632	2.2440	2.2483	2.2361	2.2608	2.2492	2.2408	2.2137	2.1831	2.2461	2.2755
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1827	0.1733	0.2003	0.1937	0.1785	0.1895	0.1612	0.1828	0.1904	0.1643	0.2007	0.2168
Mn	0.0053	0.0058	0.0030	0.0036	0.0069	0.0046	0.0008	0.0039	0.0044	0.0049	0.0084	0.0068
Mg	0.3073	0.2977	0.3041	0.3085	0.3040	0.3037	0.3082	0.3181	0.3224	0.3303	0.3285	0.3338
Ca	0.0044	0.0037	0.0007	0.0015	0.0023	0.0000	0.0000	0.0010	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002
Na	0.0307	0.0320	0.0284	0.0385	0.0360	0.0362	0.0255	0.0362	0.0297	0.0271	0.0286	0.0343
K	0.8662	0.8845	0.8937	0.8685	0.8749	0.8688	0.8749	0.8717	0.8258	0.8845	0.8556	0.8378
Cr	0.0229	0.0027	0.0127	0.0062	0.0144	0.0067	0.0000	0.0004	0.0086	0.0108	0.0007	0.0073
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0035	0.0000	0.0000	0.0057	0.0013	0.0000	0.0011	0.0014	0.0002	0.0008	0.0035	0.0019
Σ Kat	6.9859	6.9941	7.0098	7.0032	6.9929	6.9945	6.9739	6.9955	6.9561	6.9827	6.9971	7.0055
Si	3.3340	3.3203	3.3123	3.3219	3.3320	3.3150	3.3435	3.3322	3.3428	3.3704	3.3129	3.2809
Ti	0.0124	0.0109	0.0105	0.0068	0.0066	0.0093	0.0094	0.0070	0.0180	0.0066	0.0122	0.0101
Al (IV)	0.6536	0.6688	0.6771	0.6713	0.6615	0.6757	0.6471	0.6608	0.6392	0.6230	0.6749	0.7089
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.5628	1.5944	1.5669	1.5770	1.5746	1.5850	1.6020	1.5800	1.5744	1.5601	1.5712	1.5666
Mg(M2)	0.2741	0.2564	0.2611	0.2598	0.2680	0.2555	0.2613	0.2667	0.2676	0.2938	0.2662	0.2628
Fe(M2)	0.1630	0.1493	0.1720	0.1632	0.1574	0.1594	0.1367	0.1533	0.1580	0.1461	0.1627	0.1707
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0332	0.0413	0.0430	0.0487	0.0360	0.0482	0.0470	0.0514	0.0548	0.0365	0.0623	0.0710
Fe(M1)	0.0197	0.0241	0.0283	0.0306	0.0211	0.0301	0.0246	0.0296	0.0324	0.0182	0.0381	0.0461
v(M1)	0.9471	0.9346	0.9287	0.9208	0.9428	0.9217	0.9285	0.9190	0.9129	0.9453	0.8997	0.8828
Σ okta	2.06	2.07	2.07	2.08	2.06	2.08	2.07	2.08	2.09	2.06	2.11	2.12
K	0.8662	0.8845	0.8937	0.8685	0.8749	0.8688	0.8749	0.8717	0.8258	0.8845	0.8556	0.8378
Na	0.0307	0.0320	0.0284	0.0385	0.0360	0.0362	0.0255	0.0362	0.0297	0.0271	0.0286	0.0343
v(A)	0.1031	0.0835	0.0779	0.0930	0.0891	0.0950	0.0995	0.0921	0.1445	0.0884	0.1158	0.1279
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3729	0.3680	0.3972	0.3858	0.3700	0.3842	0.3435	0.3650	0.3713	0.3322	0.3793	0.3938
XMg	0.6271	0.6320	0.6028	0.6142	0.6300	0.6158	0.6565	0.6350	0.6287	0.6678	0.6207	0.6062
XFe/XMg	0.5947	0.5822	0.6589	0.6281	0.5873	0.6239	0.5231	0.5747	0.5905	0.4975	0.6111	0.6495
Prl	0.1031	0.0835	0.0779	0.0930	0.0891	0.0950	0.0995	0.0921	0.1445	0.0884	0.1158	0.1279
Tri	0.0529	0.0654	0.0713	0.0792	0.0572	0.0783	0.0715	0.0810	0.0871	0.0547	0.1003	0.1172
Par	0.0307	0.0320	0.0284	0.0385	0.0360	0.0362	0.0255	0.0362	0.0297	0.0271	0.0286	0.0343
Cel	0.3314	0.2749	0.2905	0.2645	0.3111	0.2584	0.2549	0.2580	0.2513	0.3306	0.2282	0.1991
Ms	0.5700	0.5714	0.5774	0.5535	0.5683	0.5613	0.5501	0.5436	0.5224	0.5413	0.5460	0.5575

Probe	107							**111**				
Meßfile	10009							10009a				
	Phengit											
Analyse	b-35	b-38	b-40	b-44	b-47	b-49	b-51	3	4	6	9	11
SiO_2	47.80	47.52	47.23	47.47	47.95	47.66	47.56	47.17	47.12	47.38	47.99	45.76
TiO_2	0.13	0.18	0.14	0.29	0.22	0.13	0.08	0.21	0.41	0.23	0.16	0.28
Al_2O_3	27.73	27.58	27.43	27.71	27.36	27.58	26.55	32.80	32.24	33.15	32.66	32.05
FeO	3.56	3.39	3.49	3.22	3.09	3.42	3.66	2.44	2.57	2.35	2.15	3.59
MnO	0.09	0.03	0.12	0.04	0.12	0.03	0.02	0.00	0.05	0.04	0.07	0.00
MgO	3.11	3.03	3.29	3.12	3.01	2.98	3.29	1.61	1.48	1.42	1.70	1.84
CaO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.05	0.00
Na_2O	0.29	0.26	0.23	0.25	0.26	0.24	0.18	0.26	0.39	0.60	0.28	0.28
K_2O	9.85	9.78	9.97	9.82	9.94	10.04	10.25	9.58	9.66	9.62	9.33	9.46
Cr_2O_3	0.09	0.15	0.08	0.14	0.14	0.10	0.12	0.06	0.03	0.01	0.01	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
ΣGew.%	92.64	91.94	91.98	92.09	92.12	92.21	91.71	94.15	93.96	94.80	94.40	93.28
Si	3.3036	3.3057	3.2934	3.2967	3.3273	3.3109	3.3323	3.1729	3.1830	3.1674	3.2064	3.1327
Ti	0.0067	0.0094	0.0072	0.0151	0.0114	0.0068	0.0043	0.0104	0.0210	0.0117	0.0080	0.0144
Al	2.2584	2.2608	2.2539	2.2674	2.2370	2.2575	2.1917	2.6001	2.5666	2.6115	2.5718	2.5858
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.2060	0.1971	0.2034	0.1867	0.1795	0.1984	0.2145	0.1374	0.1454	0.1316	0.1199	0.2055
Mn	0.0050	0.0019	0.0071	0.0024	0.0068	0.0015	0.0010	0.0000	0.0030	0.0020	0.0037	0.0000
Mg	0.3206	0.3143	0.3416	0.3227	0.3118	0.3089	0.3432	0.1617	0.1490	0.1411	0.1696	0.1873
Ca	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0007	0.0000	0.0037	0.0000
Na	0.0383	0.0351	0.0310	0.0335	0.0344	0.0322	0.0249	0.0344	0.0507	0.0779	0.0356	0.0365
K	0.8684	0.8680	0.8868	0.8701	0.8801	0.8896	0.9160	0.8224	0.8321	0.8200	0.7954	0.8264
Cr	0.0047	0.0081	0.0045	0.0079	0.0078	0.0057	0.0066	0.0030	0.0017	0.0007	0.0005	0.0019
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0004	0.0000	0.0000	0.0041	0.0029	0.0036	0.0000	0.0002	0.0002	0.0003	0.0007	0.0022
Σ Kat	7.0119	7.0020	7.0290	7.0065	6.9991	7.0152	7.0346	6.9438	6.9534	6.9642	6.9155	6.9927
Si	3.3036	3.3057	3.2934	3.2967	3.3273	3.3109	3.3323	3.1729	3.1830	3.1674	3.2064	3.1327
Ti	0.0067	0.0094	0.0072	0.0151	0.0114	0.0068	0.0043	0.0104	0.0210	0.0117	0.0080	0.0144
Al (IV)	0.6898	0.6849	0.6993	0.6882	0.6613	0.6823	0.6634	0.8167	0.7959	0.8210	0.7855	0.8529
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.5686	1.5758	1.5546	1.5792	1.5757	1.5752	1.5284	1.7834	1.7706	1.7905	1.7863	1.7329
Mg(M2)	0.2627	0.2607	0.2792	0.2666	0.2693	0.2587	0.2902	0.1171	0.1161	0.1084	0.1252	0.1274
Fe(M2)	0.1687	0.1635	0.1663	0.1542	0.1550	0.1661	0.1814	0.0995	0.1133	0.1011	0.0885	0.1397
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0580	0.0536	0.0624	0.0561	0.0425	0.0503	0.0530	0.0446	0.0329	0.0327	0.0444	0.0599
Fe(M1)	0.0372	0.0336	0.0372	0.0325	0.0245	0.0323	0.0331	0.0379	0.0321	0.0305	0.0314	0.0658
v(M1)	0.9048	0.9127	0.9004	0.9114	0.9330	0.9175	0.9139	0.9176	0.9350	0.9368	0.9242	0.8743
Σ okta	2.10	2.09	2.11	2.09	2.07	2.08	2.09	2.08	2.07	2.07	2.08	2.13
K	0.8684	0.8680	0.8868	0.8701	0.8801	0.8896	0.9160	0.8224	0.8321	0.8200	0.7954	0.8264
Na	0.0383	0.0351	0.0310	0.0335	0.0344	0.0322	0.0249	0.0344	0.0507	0.0779	0.0356	0.0365
v(A)	0.0933	0.0970	0.0823	0.0963	0.0855	0.0782	0.0591	0.1432	0.1172	0.1021	0.1690	0.1371
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3911	0.3854	0.3733	0.3665	0.3654	0.3911	0.3846	0.4594	0.4940	0.4825	0.4141	0.5231
XMg	0.6089	0.6146	0.6267	0.6335	0.6346	0.6089	0.6154	0.5406	0.5060	0.5175	0.5859	0.4769
XFe/XMg	0.6424	0.6271	0.5955	0.5785	0.5758	0.6423	0.6249	0.8497	0.9762	0.9324	0.7068	1.0970
Prl	0.0933	0.0970	0.0823	0.0963	0.0855	0.0782	0.0591	0.1432	0.1172	0.1021	0.169	0.1371
Tri	0.0952	0.0873	0.0996	0.0886	0.0670	0.0825	0.0861	0.0824	0.065	0.0632	0.0758	0.1257
Par	0.0383	0.0351	0.0310	0.0335	0.0344	0.0322	0.0249	0.0344	0.0507	0.0779	0.0356	0.0365
Cel	0.2410	0.2496	0.2462	0.2437	0.2904	0.2597	0.2995	0.0518	0.0994	0.0831	0.062	0.0157
Ms	0.5562	0.5626	0.5688	0.5661	0.5599	0.5676	0.5524	0.6999	0.6803	0.6799	0.6741	0.6907

Probe	111											
Meßfile	10009a Phengit											
Analyse	12	14	17	18	19	21	29	30	41	47	50	51
SiO_2	47.68	48.42	46.82	47.50	47.18	46.27	47.36	47.63	47.98	47.83	48.05	45.93
TiO_2	0.11	0.08	0.34	0.29	0.13	0.20	0.27	0.30	0.44	0.44	0.33	0.29
Al_2O_3	32.77	32.84	33.49	32.87	32.50	31.85	33.00	32.91	32.68	33.01	32.39	32.07
FeO	1.85	1.86	2.71	2.26	2.19	4.35	2.85	2.73	2.70	2.61	2.53	4.15
MnO	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.08	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00
MgO	1.61	1.83	1.42	1.45	1.71	1.92	1.39	1.50	1.45	1.47	1.51	1.63
CaO	0.04	0.04	0.05	0.02	0.04	0.02	0.10	0.05	0.12	0.00	0.04	0.18
Na_2O	0.28	0.35	0.49	0.58	0.50	0.52	0.65	0.58	0.41	0.44	0.59	0.54
K_2O	9.78	9.96	9.57	9.84	9.43	9.03	9.12	9.43	9.46	9.75	9.53	8.98
Cr_2O_3	0.01	0.03	0.03	0.06	0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.03	0.00	0.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02
ΣGew.%	94.15	95.43	94.94	94.87	93.69	94.23	94.82	95.18	95.29	95.62	94.99	93.77
Si	3.1983	3.2071	3.1321	3.1760	3.1850	3.1417	3.1659	3.1737	3.1901	3.1740	3.2045	3.1317
Ti	0.0053	0.0041	0.0173	0.0147	0.0068	0.0103	0.0137	0.0150	0.0219	0.0218	0.0168	0.0149
Al	2.5906	2.5636	2.6404	2.5897	2.5857	2.5488	2.6002	2.5838	2.5608	2.5816	2.5457	2.5769
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1039	0.1032	0.1516	0.1261	0.1237	0.2471	0.1592	0.1519	0.1501	0.1447	0.1409	0.2366
Mn	0.0018	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	0.0033	0.0044	0.0002	0.0000	0.0027	0.0012	0.0000
Mg	0.1613	0.1806	0.1414	0.1441	0.1719	0.1947	0.1388	0.1487	0.1438	0.1451	0.1502	0.1652
Ca	0.0027	0.0026	0.0036	0.0017	0.0030	0.0013	0.0069	0.0036	0.0087	0.0002	0.0029	0.0131
Na	0.0358	0.0452	0.0639	0.0753	0.0648	0.0683	0.0837	0.0749	0.0523	0.0564	0.0767	0.0711
K	0.8370	0.8417	0.8164	0.8392	0.8124	0.7823	0.7774	0.8014	0.8026	0.8249	0.8106	0.7809
Cr	0.0005	0.0017	0.0015	0.0032	0.0005	0.0007	0.0005	0.0028	0.0032	0.0017	0.0000	0.0005
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0025	0.0010	0.0009	0.0015	0.0006	0.0010	0.0015	0.0010	0.0023	0.0007	0.0005	0.0028
Σ Kat	6.9397	6.9506	6.9707	6.9716	6.9543	6.9995	6.9521	6.9571	6.9358	6.9538	6.9500	6.9936
Si	3.1983	3.2071	3.1321	3.1760	3.1850	3.1417	3.1659	3.1737	3.1901	3.1740	3.2045	3.1317
Ti	0.0053	0.0041	0.0173	0.0147	0.0068	0.0103	0.0137	0.0150	0.0219	0.0218	0.0168	0.0149
Al (IV)	0.7964	0.7888	0.8506	0.8093	0.8083	0.8480	0.8205	0.8113	0.7880	0.8041	0.7788	0.8535
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.7942	1.7747	1.7898	1.7804	1.7774	1.7009	1.7798	1.7725	1.7728	1.7774	1.7669	1.7234
Mg(M2)	0.1252	0.1434	0.1015	0.1171	0.1294	0.1318	0.1026	0.1125	0.1112	0.1114	0.1203	0.1137
Fe(M2)	0.0806	0.0819	0.1087	0.1025	0.0931	0.1673	0.1176	0.1150	0.1160	0.1111	0.1128	0.1629
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0362	0.0372	0.0400	0.0270	0.0425	0.0629	0.0362	0.0362	0.0326	0.0337	0.0300	0.0515
Fe(M1)	0.0233	0.0213	0.0428	0.0236	0.0305	0.0798	0.0415	0.0370	0.0341	0.0336	0.0281	0.0737
v(M1)	0.9406	0.9415	0.9172	0.9494	0.9270	0.8574	0.9222	0.9268	0.9333	0.9327	0.9419	0.8748
Σ okta	2.06	2.06	2.08	2.05	2.07	2.15	2.08	2.07	2.07	2.07	2.06	2.13
K	0.8370	0.8417	0.8164	0.8392	0.8124	0.7823	0.7774	0.8014	0.8026	0.8249	0.8106	0.7809
Na	0.0358	0.0452	0.0639	0.0753	0.0648	0.0683	0.0837	0.0749	0.0523	0.0564	0.0767	0.0711
v(A)	0.1273	0.1131	0.1196	0.0855	0.1228	0.1494	0.1389	0.1237	0.1450	0.1187	0.1127	0.1479
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3919	0.3636	0.5173	0.4667	0.4184	0.5593	0.5341	0.5054	0.5106	0.4993	0.4840	0.5889
XMg	0.6081	0.6364	0.4827	0.5333	0.5816	0.4407	0.4659	0.4946	0.4894	0.5007	0.5160	0.4111
XFe/XMg	0.6443	0.5713	1.0715	0.8751	0.7195	1.2694	1.1463	1.0217	1.0433	0.9971	0.9380	1.4324
Prl	0.1273	0.1131	0.1196	0.0855	0.1228	0.1494	0.1389	0.1237	0.145	0.1187	0.1127	0.1479
Tri	0.0594	0.0585	0.0828	0.0506	0.073	0.1426	0.0778	0.0732	0.0667	0.0673	0.0581	0.1252
Par	0.0358	0.0452	0.0639	0.0753	0.0648	0.0683	0.0837	0.0749	0.0523	0.0564	0.0767	0.0711
Cel	0.0869	0.1082	0.0447	0.1183	0.0766	0.0139	0.0647	0.0811	0.0938	0.088	0.1169	0.0262
Ms	0.7012	0.6851	0.7038	0.6834	0.6705	0.637	0.659	0.6632	0.669	0.6805	0.644	0.6572

Probe	111											**137**
Meßfile	10009a											11355
	Phengit											
Analyse	52	53	54	55	56	57	58	64	67	69	71	97
SiO_2	47.97	47.56	47.68	47.99	48.41	48.21	48.24	47.22	47.06	45.30	47.53	47.53
TiO_2	0.30	0.32	0.30	0.27	0.09	0.07	0.08	0.30	0.33	0.13	0.21	0.19
Al_2O_3	32.14	31.51	32.90	32.17	32.51	32.26	32.54	32.28	32.49	31.14	31.30	29.81
FeO	2.79	2.84	2.22	2.27	1.88	1.87	1.99	2.83	3.01	5.89	2.52	3.44
MnO	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.00	0.11	0.00	0.07
MgO	1.62	1.64	1.51	1.66	1.81	1.76	1.79	1.64	1.66	2.64	1.69	1.82
CaO	0.03	0.05	0.01	0.05	0.02	0.14	0.02	0.01	0.03	0.08	0.12	0.00
Na_2O	0.55	0.60	0.59	0.44	0.25	0.32	0.34	0.47	0.48	0.32	0.26	0.42
K_2O	9.52	9.42	9.70	9.67	10.17	9.84	10.12	9.51	9.46	8.50	9.41	10.12
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.05	0.00	0.03	0.01	0.05
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Cl	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02
ΣGew.%	94.92	93.97	94.95	94.53	95.15	94.52	95.16	94.32	94.52	94.13	93.04	93.66
Si	3.2059	3.2135	3.1809	3.2130	3.2183	3.2232	3.2102	3.1645	3.1017	3.2329	3.2329	3.2552
Ti	0.0153	0.0164	0.0153	0.0137	0.0044	0.0035	0.0040	0.0169	0.0064	0.0109	0.0109	0.0098
Al	2.5313	2.5092	2.5864	2.5382	2.5472	2.5419	2.5519	2.5748	2.5130	2.5089	2.5089	2.4061
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1559	0.1604	0.1241	0.1268	0.1044	0.1045	0.1109	0.1690	0.3373	0.1431	0.1431	0.1970
Mn	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0035	0.0005	0.0000	0.0063	0.0000	0.0000	0.0041
Mg	0.1612	0.1650	0.1506	0.1658	0.1796	0.1752	0.1778	0.1662	0.2698	0.1714	0.1714	0.1858
Ca	0.0024	0.0038	0.0006	0.0033	0.0014	0.0103	0.0014	0.0024	0.0062	0.0086	0.0086	0.0000
Na	0.0709	0.0791	0.0758	0.0572	0.0325	0.0411	0.0435	0.0631	0.0422	0.0339	0.0339	0.0558
K	0.8113	0.8122	0.8252	0.8259	0.8626	0.8391	0.8588	0.8116	0.7423	0.8168	0.8168	0.8841
Cr	0.0000	0.0011	0.0007	0.0012	0.0007	0.0000	0.0014	0.0000	0.0016	0.0003	0.0003	0.0027
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0000	0.0013	0.0016	0.0016	0.0000	0.0017	0.0000	0.0001	0.0012	0.0032	0.0032	0.0023
Σ Kat	6.9542	6.9619	6.9624	6.9468	6.9510	6.9441	6.9603	6.9687	7.0280	6.9301	6.9301	7.0029
Si	3.2059	3.2135	3.1809	3.2130	3.2183	3.2232	3.2102	3.1645	3.1017	3.2329	3.2329	3.2552
Ti	0.0153	0.0164	0.0153	0.0137	0.0044	0.0035	0.0040	0.0169	0.0064	0.0109	0.0109	0.0098
Al (IV)	0.7788	0.7701	0.8039	0.7733	0.7774	0.7733	0.7858	0.8186	0.8919	0.7561	0.7561	0.7350
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.7525	1.7390	1.7825	1.7649	1.7698	1.7687	1.7661	1.7562	1.6212	1.7528	1.7528	1.6711
Mg(M2)	0.1258	0.1323	0.1192	0.1332	0.1456	0.1449	0.1441	0.1209	0.1684	0.1347	0.1347	0.1597
Fe(M2)	0.1216	0.1286	0.0982	0.1019	0.0846	0.0864	0.0899	0.1229	0.2105	0.1125	0.1125	0.1693
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0354	0.0327	0.0313	0.0326	0.0340	0.0303	0.0337	0.0453	0.1015	0.0366	0.0366	0.0262
Fe(M1)	0.0342	0.0318	0.0258	0.0249	0.0198	0.0181	0.0210	0.0461	0.1268	0.0306	0.0306	0.0277
v(M1)	0.9304	0.9355	0.9428	0.9425	0.9462	0.9516	0.9453	0.9086	0.7717	0.9328	0.9328	0.9461
Σ okta	2.07	2.06	2.06	2.06	2.05	2.05	2.06	2.09	2.23	2.07	2.07	2.06
K	0.8113	0.8122	0.8252	0.8259	0.8626	0.8391	0.8588	0.8116	0.7423	0.8168	0.8168	0.8841
Na	0.0709	0.0791	0.0758	0.0572	0.0325	0.0411	0.0435	0.0631	0.0422	0.0339	0.0339	0.0558
v(A)	0.1178	0.1087	0.0990	0.1169	0.1049	0.1198	0.0977	0.1253	0.2155	0.1493	0.1493	0.0601
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4916	0.4929	0.4517	0.4334	0.3675	0.3736	0.3842	0.5041	0.5556	0.4550	0.4550	0.5146
XMg	0.5084	0.5071	0.5483	0.5666	0.6325	0.6264	0.6158	0.4959	0.4444	0.5450	0.5450	0.4854
XFe/XMg	0.9668	0.9721	0.8239	0.7649	0.5810	0.5963	0.6238	1.0166	1.2502	0.8347	0.8347	1.0601
Prl	0.1178	0.1087	0.099	0.1169	0.1049	0.1198	0.0977	0.1253	0.2155	0.1493	0.1493	0.0601
Tri	0.0696	0.0645	0.0572	0.0575	0.0538	0.0484	0.0547	0.0914	0.2283	0.0672	0.0672	0.0539
Par	0.0709	0.0791	0.0758	0.0572	0.0325	0.0411	0.0435	0.0631	0.0422	0.0339	0.0339	0.0558
Cel	0.1083	0.132	0.1032	0.1201	0.1226	0.1346	0.1244	0.0611	-0.0778	0.1127	0.1127	0.2211
Ms	0.6383	0.6266	0.6709	0.6586	0.6911	0.6838	0.6876	0.6641	0.6213	0.655	0.655	0.6253

Probe	**137**											
Meßfile	11355 Phengit											
Analyse	98	99	101	103	113	115	118	120	121	125	130	132
SiO_2	47.58	47.23	48.01	47.97	47.70	47.78	47.45	47.83	48.83	47.52	48.54	46.76
TiO_2	0.21	0.12	0.18	0.31	0.20	0.19	0.12	0.11	0.09	0.24	0.08	0.13
Al_2O_3	30.38	29.99	30.20	29.95	30.48	30.70	30.31	30.16	30.27	30.82	31.10	29.91
FeO	3.15	2.52	1.96	2.85	3.51	2.50	2.31	2.30	1.97	3.01	2.08	2.70
MnO	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.09	0.05	0.03	0.00
MgO	1.93	2.00	1.87	1.92	1.94	1.95	1.92	2.04	2.15	1.76	2.03	1.82
CaO	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00
Na_2O	0.38	0.26	0.26	0.37	0.38	0.32	0.28	0.21	0.30	0.31	0.23	0.45
K_2O	9.88	10.16	10.41	9.84	9.95	10.24	10.14	10.30	10.13	10.10	10.18	9.95
Cr_2O_3	0.08	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.08
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
ΣGew.%	93.90	92.47	93.17	93.49	94.40	93.98	92.82	93.33	94.15	94.22	94.64	92.05
Si	3.2404	3.2572	3.2801	3.2718	3.2364	3.2440	3.2577	3.2692	3.2951	3.2291	3.2616	3.2465
Ti	0.0108	0.0062	0.0092	0.0159	0.0102	0.0097	0.0062	0.0057	0.0046	0.0123	0.0040	0.0068
Al	2.4383	2.4375	2.4316	2.4074	2.4372	2.4564	2.4524	2.4294	2.4073	2.4681	2.4627	2.4473
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1794	0.1453	0.1120	0.1625	0.1991	0.1419	0.1326	0.1315	0.1112	0.1710	0.1169	0.1567
Mn	0.0012	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000	0.0006	0.0012	0.0000	0.0051	0.0029	0.0017	0.0000
Mg	0.1960	0.2056	0.1905	0.1952	0.1962	0.1974	0.1965	0.2079	0.2163	0.1783	0.2034	0.1884
Ca	0.0029	0.0000	0.0007	0.0007	0.0000	0.0029	0.0000	0.0022	0.0014	0.0015	0.0007	0.0000
Na	0.0502	0.0348	0.0344	0.0489	0.0500	0.0421	0.0373	0.0278	0.0392	0.0408	0.0300	0.0606
K	0.8583	0.8938	0.9072	0.8561	0.8611	0.8868	0.8880	0.8980	0.8720	0.8755	0.8725	0.8812
Cr	0.0043	0.0011	0.0000	0.0005	0.0000	0.0005	0.0005	0.0011	0.0000	0.0021	0.0005	0.0044
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0046	0.0012	0.0023	0.0000	0.0000	0.0012	0.0012	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035
Σ Kat	6.9863	6.9827	6.9680	6.9609	6.9903	6.9835	6.9735	6.9739	6.9523	6.9816	6.9540	6.9953
Si	3.2404	3.2572	3.2801	3.2718	3.2364	3.2440	3.2577	3.2692	3.2951	3.2291	3.2616	3.2465
Ti	0.0108	0.0062	0.0092	0.0159	0.0102	0.0097	0.0062	0.0057	0.0046	0.0123	0.0040	0.0068
Al (IV)	0.7488	0.7365	0.7107	0.7123	0.7534	0.7463	0.7361	0.7251	0.7003	0.7586	0.7344	0.7468
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6895	1.7009	1.7209	1.6951	1.6838	1.7101	1.7162	1.7043	1.7070	1.7095	1.7283	1.7005
Mg(M2)	0.1621	0.1752	0.1758	0.1664	0.1569	0.1687	0.1694	0.1811	0.1935	0.1483	0.1725	0.1635
Fe(M2)	0.1484	0.1238	0.1033	0.1385	0.1592	0.1213	0.1143	0.1145	0.0995	0.1422	0.0991	0.1360
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0339	0.0304	0.0147	0.0288	0.0393	0.0287	0.0271	0.0267	0.0228	0.0300	0.0308	0.0249
Fe(M1)	0.0310	0.0215	0.0086	0.0240	0.0399	0.0207	0.0183	0.0169	0.0117	0.0288	0.0177	0.0207
v(M1)	0.9351	0.9481	0.9767	0.9472	0.9208	0.9506	0.9547	0.9563	0.9655	0.9412	0.9514	0.9544
Σ okta	2.07	2.05	2.02	2.05	2.08	2.05	2.05	2.04	2.04	2.06	2.05	2.05
K	0.8583	0.8938	0.9072	0.8561	0.8611	0.8868	0.8880	0.8980	0.8720	0.8755	0.8725	0.8812
Na	0.0502	0.0348	0.0344	0.0489	0.0500	0.0421	0.0373	0.0278	0.0392	0.0408	0.0300	0.0606
v(A)	0.0915	0.0714	0.0583	0.0950	0.0889	0.0711	0.0747	0.0741	0.0888	0.0837	0.0975	0.0582
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4779	0.4141	0.3702	0.4543	0.5037	0.4183	0.4029	0.3874	0.3395	0.4896	0.3650	0.4542
XMg	0.5221	0.5859	0.6298	0.5457	0.4963	0.5817	0.5971	0.6126	0.6605	0.5104	0.6350	0.5458
XFe/XMg	0.9154	0.7067	0.5879	0.8326	1.0148	0.7191	0.6748	0.6324	0.5139	0.9593	0.5747	0.8321
Prl	0.0915	0.0714	0.0583	0.0950	0.0889	0.0711	0.0747	0.0741	0.0888	0.0837	0.0975	0.0582
Tri	0.0649	0.0519	0.0233	0.0528	0.0792	0.0494	0.0453	0.0437	0.0345	0.0588	0.0486	0.0456
Par	0.0502	0.0348	0.0344	0.0489	0.0500	0.0421	0.0373	0.0278	0.0392	0.0408	0.0300	0.0606
Cel	0.1807	0.1953	0.2324	0.1993	0.1578	0.1912	0.1931	0.2084	0.2241	0.1728	0.1746	0.2082
Ms	0.6338	0.6499	0.6529	0.6105	0.6242	0.6548	0.6535	0.6536	0.6266	0.6589	0.6559	0.6405

Probe	137					137	**150**					
Meßfile	11355					11355	11347					
	Phengit											
Analyse	134	136	137	140	142	145	4	8	9	14	15	17
SiO_2	48.03	48.11	48.98	47.71	48.12	48.75	47.74	46.47	47.08	47.48	47.78	48.65
TiO_2	0.16	0.20	0.10	0.30	0.19	0.15	0.25	0.34	0.26	0.34	0.27	0.27
Al_2O_3	31.28	30.76	29.53	31.13	30.36	30.67	31.86	31.20	31.61	31.99	31.74	31.26
FeO	3.08	2.72	2.98	2.41	2.90	2.80	2.28	2.73	2.32	2.83	2.66	2.68
MnO	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.11	0.00	0.01	0.05	0.03	0.03	0.01
MgO	1.75	1.85	2.25	1.74	1.90	1.92	1.52	1.44	1.48	1.46	1.63	1.51
CaO	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.10	0.02	0.01	0.00	0.00
Na_2O	0.37	0.29	0.25	0.34	0.49	0.31	0.60	0.53	0.52	0.59	0.41	0.52
K_2O	10.25	10.29	10.10	9.75	9.65	10.27	9.29	9.35	8.99	9.39	9.85	9.56
Cr_2O_3	0.15	0.04	0.09	0.02	0.03	0.08	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03
F	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.03	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	0.04	0.00	0.02	0.01
ΣGew.%	95.37	94.49	94.63	93.66	94.02	95.37	93.82	92.45	92.55	94.48	94.66	94.78
Si	3.2244	3.2498	3.3053	3.2377	3.2647	3.2661	3.2244	3.2020	3.2189	3.2010	3.2159	3.2610
Ti	0.0081	0.0102	0.0051	0.0153	0.0097	0.0076	0.0127	0.0176	0.0134	0.0172	0.0137	0.0136
Al	2.4748	2.4487	2.3485	2.4896	2.4274	2.4216	2.5359	2.5336	2.5469	2.5417	2.5176	2.4694
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1729	0.1536	0.1682	0.1368	0.1645	0.1569	0.1288	0.1573	0.1326	0.1595	0.1497	0.1502
Mn	0.0000	0.0000	0.0023	0.0000	0.0011	0.0062	0.0000	0.0006	0.0029	0.0017	0.0017	0.0006
Mg	0.1751	0.1863	0.2264	0.1760	0.1922	0.1918	0.1530	0.1479	0.1509	0.1467	0.1636	0.1509
Ca	0.0000	0.0014	0.0014	0.0007	0.0000	0.0000	0.0007	0.0074	0.0015	0.0007	0.0000	0.0000
Na	0.0482	0.0380	0.0327	0.0447	0.0644	0.0403	0.0786	0.0708	0.0689	0.0771	0.0535	0.0676
K	0.8777	0.8866	0.8694	0.8440	0.8351	0.8777	0.8004	0.8218	0.7840	0.8075	0.8457	0.8174
Cr	0.0080	0.0021	0.0048	0.0011	0.0016	0.0042	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0016
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0023	0.0034	0.0034	0.0000	0.0011	0.0023	0.0000	0.0047	0.0046	0.0000	0.0023	0.0011
Σ Kat	6.9914	6.9803	6.9675	6.9460	6.9620	6.9746	6.9344	6.9643	6.9251	6.9532	6.9635	6.9335
Si	3.2244	3.2498	3.3053	3.2377	3.2647	3.2661	3.2244	3.2020	3.2189	3.2010	3.2159	3.2610
Ti	0.0081	0.0102	0.0051	0.0153	0.0097	0.0076	0.0127	0.0176	0.0134	0.0172	0.0137	0.0136
Al (IV)	0.7675	0.7400	0.6896	0.7470	0.7256	0.7263	0.7629	0.7804	0.7678	0.7818	0.7705	0.7253
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.7072	1.7087	1.6589	1.7427	1.7018	1.6953	1.7730	1.7532	1.7792	1.7599	1.7471	1.7441
Mg(M2)	0.1473	0.1596	0.1957	0.1448	0.1606	0.1676	0.1233	0.1196	0.1175	0.1150	0.1320	0.1283
Fe(M2)	0.1454	0.1316	0.1454	0.1125	0.1375	0.1371	0.1037	0.1272	0.1033	0.1251	0.1208	0.1277
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0278	0.0267	0.0306	0.0312	0.0315	0.0242	0.0298	0.0283	0.0333	0.0317	0.0315	0.0226
Fe(M1)	0.0275	0.0220	0.0228	0.0242	0.0270	0.0198	0.0250	0.0301	0.0293	0.0345	0.0289	0.0225
v(M1)	0.9447	0.9513	0.9466	0.9445	0.9415	0.9561	0.9452	0.9415	0.9373	0.9338	0.9396	0.9548
Σ okta	2.06	2.05	2.06	2.06	2.06	2.05	2.05	2.06	2.07	2.07	2.06	2.05
K	0.8777	0.8866	0.8694	0.8440	0.8351	0.8777	0.8004	0.8218	0.7840	0.8075	0.8457	0.8174
Na	0.0482	0.0380	0.0327	0.0447	0.0644	0.0403	0.0786	0.0708	0.0689	0.0771	0.0535	0.0676
v(A)	0.0741	0.0754	0.0979	0.1113	0.1004	0.0820	0.1211	0.1074	0.1470	0.1154	0.1008	0.1150
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4968	0.4520	0.4262	0.4372	0.4612	0.4499	0.4569	0.5154	0.4679	0.5209	0.4779	0.4989
XMg	0.5032	0.5480	0.5738	0.5628	0.5388	0.5501	0.5431	0.4846	0.5321	0.4791	0.5221	0.5011
XFe/XMg	0.9872	0.8247	0.7429	0.7769	0.8561	0.8180	0.8413	1.0634	0.8792	1.0872	0.9153	0.9955
Prl	0.0741	0.0754	0.0979	0.1113	0.1004	0.0820	0.1211	0.1074	0.1470	0.1154	0.1008	0.1150
Tri	0.0553	0.0487	0.0534	0.0555	0.0585	0.0439	0.0548	0.0585	0.0627	0.0662	0.0604	0.0452
Par	0.0482	0.0380	0.0327	0.0447	0.0644	0.0403	0.0786	0.0708	0.0689	0.0771	0.0535	0.0676
Cel	0.1823	0.1939	0.2344	0.1464	0.1811	0.2168	0.1174	0.1298	0.0955	0.1077	0.1321	0.1656
Ms	0.6641	0.6534	0.6035	0.6468	0.6026	0.6421	0.6296	0.6511	0.6362	0.6385	0.6566	0.6126

Probe	150		150	**158**						158	158	
Meßfile	11347		11347	11350						11350	10009	
	Phengit											
Analyse	19	21	23	11	17	45	51	54	55	63	b-18	b-19
SiO_2	47.13	47.22	47.66	49.75	46.57	48.49	47.13	47.66	47.58	47.28	47.04	49.33
TiO_2	0.32	0.28	0.22	0.11	0.15	0.07	0.15	0.08	0.12	0.15	0.09	0.10
Al_2O_3	32.06	32.04	32.19	28.63	29.22	29.46	29.48	29.56	30.48	30.06	29.76	30.09
FeO	2.56	2.43	2.38	3.19	3.16	2.45	3.50	2.67	2.54	2.80	2.87	2.28
MnO	0.02	0.02	0.01	0.15	0.20	0.07	0.19	0.20	0.18	0.25	0.20	0.32
MgO	1.43	1.47	1.53	1.90	2.18	2.24	2.34	2.06	1.87	2.05	2.26	2.03
CaO	0.01	0.00	0.01	0.07	0.03	0.02	0.00	0.09	0.00	0.02	0.03	0.07
Na_2O	0.53	0.56	0.47	0.27	0.35	0.24	0.24	0.43	0.24	0.30	0.34	0.31
K_2O	9.66	9.48	9.72	9.27	9.71	10.16	9.73	9.85	10.25	10.03	9.66	9.75
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
ΣGew.%	94.01	93.74	94.53	93.75	92.09	93.68	93.13	93.07	93.78	93.36	92.26	94.27
Si	3.1925	3.1998	3.2065	3.3749	3.2483	3.3052	3.2480	3.2769	3.2492	3.2456	3.2485	3.3131
Ti	0.0163	0.0143	0.0111	0.0056	0.0079	0.0036	0.0078	0.0041	0.0062	0.0077	0.0048	0.0050
Al	2.5593	2.5587	2.5523	2.2889	2.4019	2.3665	2.3943	2.3952	2.4530	2.4318	2.4218	2.3811
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1450	0.1377	0.1339	0.1810	0.1843	0.1396	0.2017	0.1535	0.1450	0.1607	0.1660	0.1283
Mn	0.0011	0.0011	0.0006	0.0086	0.0118	0.0040	0.0111	0.0116	0.0104	0.0145	0.0116	0.0179
Mg	0.1444	0.1485	0.1535	0.1922	0.2267	0.2276	0.2404	0.2112	0.1904	0.2098	0.2329	0.2027
Ca	0.0007	0.0000	0.0007	0.0051	0.0022	0.0015	0.0000	0.0066	0.0000	0.0015	0.0021	0.0051
Na	0.0696	0.0736	0.0613	0.0355	0.0473	0.0317	0.0321	0.0573	0.0318	0.0399	0.0451	0.0400
K	0.8347	0.8194	0.8342	0.8022	0.8639	0.8834	0.8554	0.8639	0.8929	0.8783	0.8508	0.8349
Cr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	0.0016	0.0000	0.0011	0.0011	0.0000	0.0000	0.0005
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0023	0.0023	0.0011	0.0034	0.0047	0.0000	0.0023	0.0012	0.0012	0.0023	0.0012	0.0000
Σ Kat	6.9660	6.9554	6.9551	6.8973	7.0019	6.9647	6.9931	6.9826	6.9811	6.9922	6.9849	6.9286
Si	3.1925	3.1998	3.2065	3.3749	3.2483	3.3052	3.2480	3.2769	3.2492	3.2456	3.2485	3.3131
Ti	0.0163	0.0143	0.0111	0.0056	0.0079	0.0036	0.0078	0.0041	0.0062	0.0077	0.0048	0.0050
Al (IV)	0.7912	0.7859	0.7824	0.6195	0.7438	0.6912	0.7442	0.7190	0.7446	0.7467	0.7467	0.6820
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.7681	1.7728	1.7699	1.6694	1.6581	1.6753	1.6501	1.6762	1.7084	1.6852	1.6752	1.6992
Mg(M2)	0.1157	0.1179	0.1229	0.1703	0.1886	0.2013	0.1903	0.1875	0.1655	0.1783	0.1897	0.1842
Fe(M2)	0.1162	0.1093	0.1072	0.1603	0.1533	0.1235	0.1596	0.1363	0.1261	0.1366	0.1352	0.1166
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0287	0.0306	0.0306	0.0219	0.0381	0.0264	0.0502	0.0237	0.0249	0.0315	0.0432	0.0185
Fe(M1)	0.0288	0.0284	0.0267	0.0206	0.0310	0.0162	0.0421	0.0172	0.0189	0.0241	0.0308	0.0117
v(M1)	0.9425	0.9411	0.9428	0.9575	0.9309	0.9575	0.9078	0.9591	0.9562	0.9443	0.9260	0.9698
Σ okta	2.06	2.06	2.06	2.05	2.08	2.05	2.10	2.05	2.05	2.07	2.09	2.05
K	0.8347	0.8194	0.8342	0.8022	0.8639	0.8834	0.8554	0.8639	0.8929	0.8783	0.8508	0.8349
Na	0.0696	0.0736	0.0613	0.0355	0.0473	0.0317	0.0321	0.0573	0.0318	0.0399	0.0451	0.0400
v(A)	0.0957	0.1070	0.1045	0.1623	0.0887	0.0849	0.1126	0.0788	0.0754	0.0818	0.1041	0.1251
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.5010	0.4811	0.4660	0.4850	0.4484	0.3802	0.4562	0.4210	0.4324	0.4338	0.4161	0.3875
XMg	0.4990	0.5189	0.5340	0.5150	0.5516	0.6198	0.5438	0.5790	0.5676	0.5662	0.5839	0.6125
XFe/XMg	1.0041	0.9272	0.8725	0.9417	0.8130	0.6135	0.8389	0.7270	0.7619	0.7661	0.7126	0.6326
Prl	0.0957	0.1070	0.1045	0.1623	0.0887	0.0849	0.1126	0.0788	0.0754	0.0818	0.1041	0.1251
Tri	0.0575	0.0589	0.0572	0.0425	0.0691	0.0425	0.0922	0.0409	0.0438	0.0557	0.0740	0.0302
Par	0.0696	0.0736	0.0613	0.0355	0.0473	0.0317	0.0321	0.0573	0.0318	0.0399	0.0451	0.0400
Cel	0.1168	0.1094	0.1157	0.2456	0.2038	0.2397	0.1654	0.2420	0.2041	0.2035	0.1768	0.2404
Ms	0.6641	0.6534	0.6639	0.5415	0.6274	0.6170	0.6199	0.6208	0.6691	0.6511	0.6275	0.6118

Probe	158											
Meßfile	10009											
	Phengit											
Analyse	b-26	b-29	b-33	b-36	b-38	b-39	b-42	b-43	b-47	b-48	b-50	b-52
SiO_2	50.88	47.61	49.46	47.15	48.24	48.01	47.89	48.10	47.70	47.88	46.96	49.70
TiO_2	0.19	0.13	0.12	0.07	0.10	0.07	0.19	0.08	0.08	0.09	0.11	0.08
Al_2O_3	29.41	30.22	29.63	29.46	29.84	29.50	30.24	30.44	30.88	30.59	30.21	29.90
FeO	2.16	2.32	2.62	3.64	2.97	3.00	2.41	2.40	2.39	2.27	2.48	2.36
MnO	0.22	0.31	0.15	0.28	0.05	0.20	0.20	0.15	0.08	0.08	0.08	0.12
MgO	1.96	2.03	2.38	2.41	2.14	2.49	2.19	2.08	1.99	2.14	2.13	2.00
CaO	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00
Na_2O	0.33	0.26	0.31	0.21	0.28	0.39	0.40	0.31	0.42	0.27	0.32	0.33
K_2O	9.64	10.01	10.08	9.61	9.82	9.47	9.63	9.76	10.01	10.17	9.85	9.73
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
ΣGew.%	94.84	92.91	94.80	92.86	93.46	93.18	93.18	93.37	93.57	93.49	92.16	94.23
Si	3.3826	3.2591	3.3153	3.2471	3.2829	3.2784	3.2612	3.2673	3.2400	3.2540	3.2401	3.3341
Ti	0.0093	0.0066	0.0060	0.0036	0.0052	0.0037	0.0095	0.0041	0.0039	0.0043	0.0056	0.0038
Al	2.3039	2.4375	2.3405	2.3914	2.3933	2.3743	2.4266	2.4370	2.4720	2.4495	2.4566	2.3635
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1200	0.1328	0.1467	0.2097	0.1690	0.1712	0.1371	0.1364	0.1355	0.1289	0.1433	0.1322
Mn	0.0124	0.0180	0.0087	0.0166	0.0029	0.0113	0.0115	0.0087	0.0045	0.0045	0.0049	0.0067
Mg	0.1942	0.2075	0.2381	0.2472	0.2168	0.2532	0.2228	0.2105	0.2010	0.2169	0.2195	0.2000
Ca	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0023	0.0026	0.0000	0.0000	0.0008	0.0002
Na	0.0430	0.0345	0.0408	0.0275	0.0367	0.0522	0.0532	0.0412	0.0556	0.0361	0.0433	0.0423
K	0.8170	0.8737	0.8618	0.8441	0.8525	0.8251	0.8368	0.8456	0.8669	0.8816	0.8672	0.8323
Cr	0.0000	0.0000	0.0010	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0000	0.0000	0.0017
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0000	0.0020	0.0019	0.0008	0.0012	0.0058	0.0008	0.0000	0.0012	0.0000	0.0006	0.0000
Σ Kat	6.8862	6.9716	6.9611	6.9894	6.9610	6.9751	6.9618	6.9535	6.9819	6.9758	6.9819	6.9168
Si	3.3826	3.2591	3.3153	3.2471	3.2829	3.2784	3.2612	3.2673	3.2400	3.2540	3.2401	3.3341
Ti	0.0093	0.0066	0.0060	0.0036	0.0052	0.0037	0.0095	0.0041	0.0039	0.0043	0.0056	0.0038
Al (IV)	0.6081	0.7343	0.6786	0.7492	0.7119	0.7179	0.7293	0.7286	0.7561	0.7417	0.7543	0.6622
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6958	1.7032	1.6619	1.6422	1.6814	1.6564	1.6973	1.7084	1.7159	1.7078	1.7022	1.7014
Mg(M2)	0.1880	0.1809	0.2092	0.1936	0.1790	0.2050	0.1874	0.1770	0.1698	0.1833	0.1802	0.1798
Fe(M2)	0.1162	0.1159	0.1289	0.1642	0.1396	0.1386	0.1153	0.1147	0.1144	0.1089	0.1176	0.1188
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0062	0.0265	0.0289	0.0536	0.0378	0.0482	0.0354	0.0336	0.0313	0.0336	0.0394	0.0202
Fe(M1)	0.0038	0.0170	0.0178	0.0455	0.0294	0.0326	0.0218	0.0218	0.0211	0.0200	0.0257	0.0134
v(M1)	0.9899	0.9565	0.9532	0.9009	0.9328	0.9192	0.9428	0.9447	0.9477	0.9464	0.9349	0.9664
Σ okta	2.02	2.06	2.06	2.12	2.07	2.09	2.07	2.06	2.06	2.06	2.07	2.04
K	0.8170	0.8737	0.8618	0.8441	0.8525	0.8251	0.8368	0.8456	0.8669	0.8816	0.8672	0.8323
Na	0.0430	0.0345	0.0408	0.0275	0.0367	0.0522	0.0532	0.0412	0.0556	0.0361	0.0433	0.0423
v(A)	0.1399	0.0918	0.0974	0.1284	0.1108	0.1228	0.1100	0.1131	0.0775	0.0823	0.0895	0.1254
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3819	0.3904	0.3813	0.4589	0.4381	0.4035	0.3810	0.3932	0.4026	0.3727	0.3950	0.3980
XMg	0.6181	0.6096	0.6187	0.5411	0.5619	0.5965	0.6190	0.6068	0.5974	0.6273	0.6050	0.6020
XFe/XMg	0.6178	0.6403	0.6162	0.8481	0.7795	0.6764	0.6156	0.6480	0.6739	0.5942	0.6529	0.6610
Prl	0.1399	0.0918	0.0974	0.1284	0.1108	0.1228	0.1100	0.1131	0.0775	0.0823	0.0895	0.1254
Tri	0.0101	0.0435	0.0468	0.0991	0.0672	0.0808	0.0572	0.0553	0.0523	0.0536	0.0651	0.0336
Par	0.0430	0.0345	0.0408	0.0275	0.0367	0.0522	0.0532	0.0412	0.0556	0.0361	0.0433	0.0423
Cel	0.2840	0.2098	0.2445	0.1596	0.1842	0.1819	0.1883	0.1810	0.1795	0.1851	0.1676	0.2313
Ms	0.5549	0.6563	0.5910	0.6226	0.6080	0.5849	0.6189	0.6321	0.6482	0.6520	0.6459	0.5863

Probe	158	158		**159**								
Meßfile	10009	10052		11349								
	Phengit											
Analyse	b-58	c-81	c-83	1	2	4	6	7	10	11	12	13
SiO_2	47.88	48.54	49.20	45.91	48.04	47.69	48.09	48.40	47.59	47.86	47.71	47.80
TiO_2	0.08	0.10	0.08	0.16	0.17	0.13	0.11	0.14	0.18	0.13	0.22	0.16
Al_2O_3	30.11	31.12	30.30	29.71	31.09	31.29	30.61	30.51	30.90	30.55	31.00	30.93
FeO	2.38	2.08	2.12	4.32	2.04	2.14	1.93	2.19	2.11	2.12	2.00	2.28
MnO	0.10	0.03	0.05	0.30	0.11	0.12	0.14	0.11	0.14	0.12	0.08	0.09
MgO	2.18	2.07	2.29	2.52	1.93	1.79	1.99	2.00	1.87	1.93	1.78	1.91
CaO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Na_2O	0.24	0.23	0.21	0.36	0.24	0.30	0.23	0.29	0.32	0.34	0.31	0.30
K_2O	9.91	10.25	10.00	9.17	10.36	10.30	10.15	10.18	10.08	10.12	10.05	10.18
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	92.90	94.45	94.25	93.05	94.52	94.34	93.73	94.29	93.83	93.84	93.59	94.14
Si	3.2715	3.2582	3.3020	3.1875	3.2452	3.2316	3.2670	3.2731	3.2413	3.2596	3.2465	3.2431
Ti	0.0040	0.0049	0.0039	0.0084	0.0086	0.0066	0.0056	0.0071	0.0092	0.0067	0.0113	0.0082
Al	2.4247	2.4616	2.3964	2.4309	2.4751	2.4988	2.4507	2.4316	2.4802	2.4520	2.4860	2.4731
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1358	0.1169	0.1192	0.2508	0.1152	0.1213	0.1096	0.1238	0.1202	0.1207	0.1138	0.1293
Mn	0.0059	0.0018	0.0026	0.0176	0.0063	0.0069	0.0081	0.0063	0.0081	0.0069	0.0046	0.0052
Mg	0.2220	0.2070	0.2291	0.2608	0.1944	0.1808	0.2015	0.2016	0.1899	0.1960	0.1806	0.1932
Ca	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000	0.0007	0.0022	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000
Na	0.0323	0.0303	0.0273	0.0485	0.0314	0.0394	0.0303	0.0380	0.0423	0.0449	0.0409	0.0395
K	0.8641	0.8778	0.8558	0.8121	0.8927	0.8903	0.8796	0.8781	0.8757	0.8792	0.8723	0.8810
Cr	0.0001	0.0010	0.0008	0.0005	0.0011	0.0005	0.0016	0.0016	0.0011	0.0016	0.0000	0.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Σ Kat	6.9627	6.9596	6.9371	7.0187	6.9701	6.9770	6.9562	6.9613	6.9679	6.9690	6.9559	6.9725
Si	3.2715	3.2582	3.3020	3.1875	3.2452	3.2316	3.2670	3.2731	3.2413	3.2596	3.2465	3.2431
Ti	0.0040	0.0049	0.0039	0.0084	0.0086	0.0066	0.0056	0.0071	0.0092	0.0067	0.0113	0.0082
Al (IV)	0.7245	0.7368	0.6941	0.8041	0.7461	0.7618	0.7274	0.7198	0.7495	0.7338	0.7423	0.7488
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.7002	1.7247	1.7023	1.6268	1.7290	1.7370	1.7233	1.7118	1.7307	1.7182	1.7437	1.7243
Mg(M2)	0.1860	0.1759	0.1958	0.1903	0.1701	0.1574	0.1792	0.1786	0.1649	0.1743	0.1572	0.1651
Fe(M2)	0.1138	0.0993	0.1019	0.1829	0.1009	0.1056	0.0975	0.1097	0.1044	0.1074	0.0991	0.1106
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0360	0.0311	0.0333	0.0706	0.0242	0.0234	0.0223	0.0231	0.0249	0.0216	0.0233	0.0281
Fe(M1)	0.0220	0.0176	0.0173	0.0679	0.0144	0.0157	0.0121	0.0142	0.0158	0.0133	0.0147	0.0188
v(M1)	0.9421	0.9513	0.9494	0.8616	0.9614	0.9609	0.9655	0.9628	0.9593	0.9651	0.9619	0.9532
Σ okta	2.06	2.05	2.05	2.16	2.04	2.05	2.04	2.04	2.05	2.04	2.04	2.05
K	0.8641	0.8778	0.8558	0.8121	0.8927	0.8903	0.8796	0.8781	0.8757	0.8792	0.8723	0.8810
Na	0.0323	0.0303	0.0273	0.0485	0.0314	0.0394	0.0303	0.0380	0.0423	0.0449	0.0409	0.0395
v(A)	0.1035	0.0919	0.1169	0.1394	0.0759	0.0703	0.0901	0.0838	0.0820	0.0759	0.0868	0.0795
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3795	0.3609	0.3422	0.4902	0.3722	0.4014	0.3523	0.3805	0.3876	0.3812	0.3866	0.4010
XMg	0.6205	0.6391	0.6578	0.5098	0.6278	0.5986	0.6477	0.6195	0.6124	0.6188	0.6134	0.5990
XFe/XMg	0.6116	0.5647	0.5202	0.9615	0.5929	0.6706	0.5440	0.6142	0.6329	0.6161	0.6302	0.6695
Prl	0.1035	0.0919	0.1169	0.1394	0.0759	0.0703	0.0901	0.0838	0.0820	0.0759	0.0868	0.0795
Tri	0.0579	0.0487	0.0506	0.1384	0.0386	0.0391	0.0345	0.0372	0.0407	0.0349	0.0381	0.0468
Par	0.0323	0.0303	0.0273	0.0485	0.0314	0.0394	0.0303	0.0380	0.0423	0.0449	0.0409	0.0395
Cel	0.1839	0.1779	0.1965	0.0963	0.1938	0.1848	0.2078	0.2138	0.1878	0.2119	0.1802	0.1820
Ms	0.6343	0.6578	0.6162	0.6173	0.6761	0.6833	0.6626	0.6445	0.6665	0.6540	0.6633	0.6625

Probe	159				159							
Meßfile	11349				10018							
	Phengit											
Analyse	15	21	26	28	a-6	a-11	a-13	a-16	a-19	a-25	a-27	a-29
SiO_2	47.95	48.65	47.94	49.29	48.91	47.60	48.92	48.45	48.32	48.30	48.34	48.62
TiO_2	0.14	0.14	0.16	0.10	0.16	0.21	0.11	0.16	0.18	0.18	0.20	0.19
Al_2O_3	30.59	30.49	31.02	30.55	30.51	31.02	30.86	30.50	30.62	31.28	30.55	30.38
FeO	2.17	2.47	2.16	1.53	2.36	2.43	2.06	2.51	2.49	2.18	2.38	2.42
MnO	0.21	0.19	0.14	0.15	0.21	0.08	0.10	0.08	0.01	0.22	0.24	0.08
MgO	1.93	2.01	1.88	2.02	2.15	1.88	2.13	2.15	2.04	1.99	2.03	2.21
CaO	0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.02	0.01
Na_2O	0.30	0.33	0.29	0.15	0.30	0.33	0.31	0.42	0.42	0.35	0.38	0.38
K_2O	10.18	10.10	9.95	10.31	10.03	9.85	10.05	10.01	9.68	9.25	9.55	9.75
Cr_2O_3	0.04	0.04	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.02
F	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.05	0.01	0.02	0.02
ΣGew.%	94.14	95.04	94.20	94.64	94.67	93.41	94.54	94.28	93.86	93.83	93.72	94.07
Si	3.2579	3.2741	3.2478	3.3077	3.2789	3.2349	3.2765	3.2650	3.2644	3.2503	3.2684	3.2768
Ti	0.0072	0.0071	0.0082	0.0050	0.0079	0.0107	0.0053	0.0082	0.0092	0.0090	0.0101	0.0095
Al	2.4494	2.4182	2.4766	2.4161	2.4104	2.4848	2.4356	2.4224	2.4383	2.4806	2.4343	2.4125
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1233	0.1390	0.1224	0.0859	0.1324	0.1380	0.1152	0.1412	0.1409	0.1226	0.1343	0.1362
Mn	0.0121	0.0108	0.0080	0.0085	0.0118	0.0045	0.0055	0.0043	0.0006	0.0127	0.0140	0.0048
Mg	0.1955	0.2017	0.1899	0.2021	0.2145	0.1902	0.2131	0.2164	0.2054	0.1999	0.2041	0.2217
Ca	0.0007	0.0007	0.0015	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0004	0.0017	0.0004
Na	0.0395	0.0431	0.0381	0.0195	0.0393	0.0440	0.0404	0.0553	0.0544	0.0459	0.0499	0.0493
K	0.8823	0.8670	0.8599	0.8825	0.8573	0.8536	0.8584	0.8606	0.8342	0.7940	0.8236	0.8382
Cr	0.0021	0.0021	0.0016	0.0000	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0034	0.0005	0.0012
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0000	0.0000	0.0034	0.0000	0.0000	0.0014	0.0019	0.0000	0.0052	0.0006	0.0026	0.0025
Σ Kat	6.9700	6.9637	6.9573	6.9302	6.9549	6.9622	6.9518	6.9735	6.9566	6.9194	6.9436	6.9531
Si	3.2579	3.2741	3.2478	3.3077	3.2789	3.2349	3.2765	3.2650	3.2644	3.2503	3.2684	3.2768
Ti	0.0072	0.0071	0.0082	0.0050	0.0079	0.0107	0.0053	0.0082	0.0092	0.0090	0.0101	0.0095
Al (IV)	0.7349	0.7189	0.7440	0.6872	0.7131	0.7544	0.7182	0.7268	0.7263	0.7408	0.7216	0.7137
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.7145	1.6993	1.7326	1.7288	1.6972	1.7304	1.7173	1.6956	1.7119	1.7398	1.7128	1.6988
Mg(M2)	0.1751	0.1780	0.1626	0.1903	0.1872	0.1562	0.1835	0.1842	0.1708	0.1613	0.1732	0.1866
Fe(M2)	0.1104	0.1227	0.1048	0.0809	0.1155	0.1133	0.0992	0.1202	0.1172	0.0989	0.1140	0.1146
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0204	0.0237	0.0273	0.0118	0.0272	0.0340	0.0296	0.0322	0.0345	0.0386	0.0309	0.0351
Fe(M1)	0.0129	0.0163	0.0176	0.0050	0.0168	0.0246	0.0160	0.0210	0.0237	0.0237	0.0203	0.0216
v(M1)	0.9667	0.9600	0.9552	0.9832	0.9559	0.9414	0.9544	0.9467	0.9418	0.9377	0.9488	0.9433
Σ okta	2.05	2.05	2.05	2.03	2.06	2.06	2.05	2.06	2.06	2.08	2.07	2.06
K	0.8823	0.8670	0.8599	0.8825	0.8573	0.8536	0.8584	0.8606	0.8342	0.7940	0.8236	0.8382
Na	0.0395	0.0431	0.0381	0.0195	0.0393	0.0440	0.0404	0.0553	0.0544	0.0459	0.0499	0.0493
v(A)	0.0782	0.0899	0.1021	0.0979	0.1035	0.1024	0.1012	0.0841	0.1115	0.1600	0.1265	0.1125
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3867	0.4080	0.3919	0.2982	0.3816	0.4205	0.3509	0.3949	0.4069	0.3801	0.3969	0.3805
XMg	0.6133	0.5920	0.6081	0.7018	0.6184	0.5795	0.6491	0.6051	0.5931	0.6199	0.6031	0.6195
XFe/XMg	0.6306	0.6893	0.6444	0.4248	0.6171	0.7255	0.5407	0.6525	0.6861	0.6132	0.6581	0.6143
Prl	0.0782	0.0899	0.1021	0.0979	0.1035	0.1024	0.1012	0.0841	0.1115	0.1600	0.1265	0.1125
Tri	0.0333	0.0400	0.0448	0.0168	0.0441	0.0586	0.0456	0.0533	0.0582	0.0623	0.0512	0.0567
Par	0.0395	0.0431	0.0381	0.0195	0.0393	0.0440	0.0404	0.0553	0.0544	0.0459	0.0499	0.0493
Cel	0.2190	0.2207	0.1777	0.2376	0.2146	0.1524	0.1915	0.1978	0.1716	0.1355	0.1848	0.1878
Ms	0.6621	0.6358	0.6611	0.6510	0.6298	0.6518	0.6323	0.6182	0.6137	0.6325	0.6204	0.6077

Probe	159		159					159	**178**			
Meßfile	10018		10012					10012	10008			
	Phengit											
Analyse	a-31	a-32	b-2	b-8	b-9	b-12	b-14	b-16	3	4	10	13
SiO_2	48.81	48.28	47.91	48.17	48.07	47.55	46.68	48.47	47.46	47.25	47.59	47.25
TiO_2	0.14	0.14	0.19	0.11	0.13	0.07	0.12	0.17	0.17	0.16	0.15	0.16
Al_2O_3	30.44	31.27	31.61	30.78	31.50	30.66	30.88	30.95	28.14	28.18	27.65	28.63
FeO	2.14	2.21	1.98	2.38	1.96	1.71	2.17	2.20	4.08	4.03	4.69	4.24
MnO	0.20	0.10	0.20	0.18	0.13	0.13	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03
MgO	2.11	1.98	1.82	2.32	1.97	2.22	1.82	1.98	2.52	2.57	2.64	2.52
CaO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00
Na_2O	0.24	0.41	0.35	0.32	0.33	0.20	0.39	0.29	0.19	0.19	0.19	0.19
K_2O	10.08	10.06	10.08	9.77	9.98	10.14	10.02	9.89	9.67	9.64	9.73	9.30
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02	0.00	0.01	0.04	0.02
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.06	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
ΣGew.%	94.21	94.46	94.14	94.05	94.13	92.71	92.12	93.99	92.23	92.05	92.73	92.34
Si	3.2859	3.2432	3.2276	3.2490	3.2348	3.2497	3.2200	3.2650	3.2949	3.2872	3.3000	3.2728
Ti	0.0070	0.0069	0.0097	0.0055	0.0067	0.0038	0.0061	0.0085	0.0086	0.0081	0.0077	0.0082
Al	2.4151	2.4758	2.5098	2.4471	2.4983	2.4698	2.5103	2.4568	2.3026	2.3102	2.2597	2.3366
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1202	0.1243	0.1113	0.1344	0.1104	0.0976	0.1253	0.1237	0.2368	0.2346	0.2722	0.2454
Mn	0.0112	0.0058	0.0112	0.0101	0.0076	0.0076	0.0000	0.0003	0.0006	0.0011	0.0008	0.0019
Mg	0.2119	0.1983	0.1825	0.2336	0.1978	0.2259	0.1874	0.1984	0.2609	0.2666	0.2733	0.2606
Ca	0.0001	0.0000	0.0000	0.0008	0.0031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0021	0.0000
Na	0.0309	0.0537	0.0455	0.0417	0.0433	0.0268	0.0519	0.0384	0.0256	0.0253	0.0256	0.0255
K	0.8654	0.8617	0.8659	0.8410	0.8563	0.8844	0.8814	0.8500	0.8560	0.8560	0.8609	0.8216
Cr	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0005	0.0010	0.0021	0.0009	0.0000	0.0005	0.0023	0.0011
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0073	0.0009	0.0017	0.0000	0.0003	0.0008	0.0014	0.0017	0.0006	0.0007	0.0006	0.0005
Σ Kat	6.9550	6.9706	6.9652	6.9633	6.9592	6.9675	6.9858	6.9436	6.9865	6.9906	7.0051	6.9741
Si	3.2859	3.2432	3.2276	3.2490	3.2348	3.2497	3.2200	3.2650	3.2949	3.2872	3.3000	3.2728
Ti	0.0070	0.0069	0.0097	0.0055	0.0067	0.0038	0.0061	0.0085	0.0086	0.0081	0.0077	0.0082
Al (IV)	0.7071	0.7499	0.7627	0.7455	0.7584	0.7465	0.7739	0.7266	0.6965	0.7047	0.6923	0.7190
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.7080	1.7259	1.7471	1.7015	1.7399	1.7233	1.7363	1.7302	1.6061	1.6055	1.5674	1.6176
Mg(M2)	0.1863	0.1685	0.1571	0.1895	0.1670	0.1932	0.1580	0.1662	0.2065	0.2099	0.2167	0.1970
Fe(M2)	0.1057	0.1056	0.0958	0.1090	0.0932	0.0835	0.1057	0.1036	0.1874	0.1846	0.2159	0.1854
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0256	0.0298	0.0254	0.0441	0.0308	0.0327	0.0294	0.0323	0.0544	0.0567	0.0566	0.0637
Fe(M1)	0.0145	0.0187	0.0155	0.0254	0.0172	0.0141	0.0197	0.0201	0.0494	0.0499	0.0563	0.0599
v(M1)	0.9599	0.9515	0.9591	0.9305	0.9520	0.9532	0.9509	0.9476	0.8962	0.8933	0.8871	0.8764
Σ okta	2.05	2.05	2.05	2.08	2.06	2.05	2.05	2.05	2.10	2.11	2.11	2.13
K	0.8654	0.8617	0.8659	0.8410	0.8563	0.8844	0.8814	0.8500	0.8560	0.8560	0.8609	0.8216
Na	0.0309	0.0537	0.0455	0.0417	0.0433	0.0268	0.0519	0.0384	0.0256	0.0253	0.0256	0.0255
v(A)	0.1036	0.0846	0.0886	0.1173	0.1003	0.0888	0.0667	0.1116	0.1185	0.1188	0.1135	0.1529
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3621	0.3853	0.3788	0.3652	0.3582	0.3017	0.4008	0.3841	0.4758	0.4680	0.4990	0.4849
XMg	0.6379	0.6147	0.6212	0.6348	0.6418	0.6983	0.5992	0.6159	0.5242	0.5320	0.5010	0.5151
XFe/XMg	0.5675	0.6269	0.6097	0.5754	0.5580	0.4321	0.6689	0.6236	0.9075	0.8798	0.9961	0.9415
Prl	0.1036	0.0846	0.0886	0.1173	0.1003	0.0888	0.0667	0.1116	0.1185	0.1188	0.1135	0.1529
Tri	0.0401	0.0485	0.0409	0.0695	0.0480	0.0468	0.0491	0.0524	0.1038	0.1067	0.1129	0.1236
Par	0.0309	0.0537	0.0455	0.0417	0.0433	0.0268	0.0519	0.0384	0.0256	0.0253	0.0256	0.0255
Cel	0.2118	0.1772	0.1711	0.1594	0.1641	0.1830	0.1655	0.1650	0.1863	0.1811	0.2068	0.1352
Ms	0.6360	0.6478	0.6763	0.6343	0.6671	0.6729	0.6730	0.6358	0.5671	0.5728	0.5539	0.5699

Probe	178											
Meßfile	10008 Phengit											
Analyse	17	19	22	25	27	28	30	34	36	39	40	44
SiO_2	47.81	48.12	48.85	48.46	48.50	48.28	47.97	47.78	47.38	47.09	48.41	47.43
TiO_2	0.12	0.19	0.12	0.08	0.06	0.12	0.12	0.10	0.12	0.12	0.13	0.13
Al_2O_3	28.30	28.36	29.34	29.64	29.82	29.46	28.50	28.70	28.88	28.43	29.22	28.56
FeO	3.69	4.24	3.67	3.74	2.88	3.39	3.93	4.19	3.66	4.10	4.19	3.82
MnO	0.09	0.08	0.09	0.04	0.02	0.05	0.00	0.10	0.06	0.07	0.10	0.03
MgO	2.42	2.56	2.29	2.33	2.20	2.20	2.67	2.51	2.59	2.49	2.50	2.38
CaO	0.00	0.01	0.00	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.19	0.17	0.23	0.27	0.26	0.18	0.12	0.18	0.18	0.14	0.11	0.21
K_2O	9.79	8.91	9.30	9.19	9.71	9.65	9.73	9.76	9.64	9.72	8.30	9.79
Cr_2O_3	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.06	0.03	0.00	0.03	0.02	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
ΣGew.%	92.45	92.66	93.90	93.89	93.47	93.34	93.10	93.36	92.50	92.18	92.99	92.40
Si	3.3064	3.3090	3.3079	3.2835	3.2943	3.2922	3.2948	3.2805	3.2719	3.2749	3.2988	3.2852
Ti	0.0062	0.0100	0.0063	0.0039	0.0032	0.0062	0.0060	0.0050	0.0061	0.0065	0.0068	0.0067
Al	2.3062	2.2987	2.3412	2.3668	2.3867	2.3673	2.3069	2.3224	2.3509	2.3298	2.3470	2.3312
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.2131	0.2435	0.2078	0.2117	0.1638	0.1932	0.2257	0.2408	0.2111	0.2382	0.2388	0.2214
Mn	0.0054	0.0047	0.0049	0.0023	0.0011	0.0028	0.0000	0.0060	0.0034	0.0040	0.0059	0.0017
Mg	0.2493	0.2625	0.2308	0.2355	0.2223	0.2232	0.2732	0.2568	0.2662	0.2577	0.2542	0.2461
Ca	0.0001	0.0008	0.0000	0.0062	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na	0.0257	0.0232	0.0295	0.0349	0.0341	0.0232	0.0156	0.0237	0.0247	0.0193	0.0139	0.0282
K	0.8632	0.7816	0.8032	0.7939	0.8416	0.8396	0.8521	0.8552	0.8490	0.8619	0.7217	0.8651
Cr	0.0020	0.0000	0.0000	0.0034	0.0000	0.0008	0.0034	0.0016	0.0000	0.0014	0.0011	0.0023
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0010	0.0018	0.0016	0.0008	0.0013	0.0006	0.0011	0.0005	0.0000	0.0006	0.0000	0.0012
Σ Kat	6.9787	6.9358	6.9332	6.9428	6.9483	6.9495	6.9790	6.9924	6.9834	6.9942	6.8882	6.9892
Si	3.3064	3.3090	3.3079	3.2835	3.2943	3.2922	3.2948	3.2805	3.2719	3.2749	3.2988	3.2852
Ti	0.0062	0.0100	0.0063	0.0039	0.0032	0.0062	0.0060	0.0050	0.0061	0.0065	0.0068	0.0067
Al (IV)	0.6873	0.6810	0.6858	0.7126	0.7026	0.7016	0.6991	0.7145	0.7220	0.7187	0.6944	0.7081
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6189	1.6177	1.6553	1.6541	1.6841	1.6658	1.6078	1.6079	1.6289	1.6112	1.6525	1.6231
Mg(M2)	0.2055	0.1983	0.1814	0.1822	0.1819	0.1792	0.2148	0.2024	0.2069	0.2021	0.1792	0.1984
Fe(M2)	0.1757	0.1840	0.1633	0.1637	0.1340	0.1551	0.1774	0.1897	0.1641	0.1868	0.1683	0.1785
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0438	0.0642	0.0495	0.0534	0.0405	0.0440	0.0584	0.0544	0.0593	0.0556	0.0751	0.0477
Fe(M1)	0.0374	0.0595	0.0445	0.0480	0.0298	0.0381	0.0483	0.0510	0.0470	0.0514	0.0705	0.0429
v(M1)	0.9188	0.8763	0.9060	0.8987	0.9297	0.9178	0.8933	0.8945	0.8937	0.8929	0.8544	0.9094
Σ okta	2.09	2.13	2.10	2.10	2.07	2.08	2.11	2.11	2.11	2.11	2.15	2.09
K	0.8632	0.7816	0.8032	0.7939	0.8416	0.8396	0.8521	0.8552	0.8490	0.8619	0.7217	0.8651
Na	0.0257	0.0232	0.0295	0.0349	0.0341	0.0232	0.0156	0.0237	0.0247	0.0193	0.0139	0.0282
v(A)	0.1111	0.1952	0.1672	0.1712	0.1243	0.1372	0.1322	0.1211	0.1262	0.1189	0.2644	0.1066
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4609	0.4813	0.4738	0.4733	0.4242	0.4640	0.4523	0.4839	0.4424	0.4803	0.4844	0.4736
XMg	0.5391	0.5187	0.5262	0.5267	0.5758	0.5360	0.5477	0.5161	0.5576	0.5197	0.5156	0.5264
XFe/XMg	0.8551	0.9278	0.9003	0.8988	0.7368	0.8657	0.8259	0.9376	0.7932	0.9243	0.9395	0.8997
Prl	0.1111	0.1952	0.1672	0.1712	0.1243	0.1372	0.1322	0.1211	0.1262	0.1189	0.2644	0.1066
Tri	0.0812	0.1237	0.0940	0.1013	0.0703	0.0822	0.1067	0.1055	0.1063	0.1071	0.1456	0.0906
Par	0.0257	0.0232	0.0295	0.0349	0.0341	0.0232	0.0156	0.0237	0.0247	0.0193	0.0139	0.0282
Cel	0.2187	0.1349	0.1567	0.1432	0.1753	0.1699	0.1788	0.1812	0.1586	0.1747	0.0563	0.1957
Ms	0.5804	0.5341	0.5623	0.5764	0.5982	0.5963	0.5768	0.5853	0.5910	0.5923	0.5350	0.5893

Probe	178											
Meßfile	10008 Phengit											
Analyse	49	53	55	59	62	63	68	70	75	79	81	82
SiO_2	48.17	48.08	47.70	48.33	48.86	48.40	47.85	47.65	47.70	46.29	48.22	47.55
TiO_2	0.07	0.04	0.11	0.11	0.06	0.16	0.09	0.21	0.10	0.10	0.14	0.13
Al_2O_3	29.09	27.50	28.69	29.12	28.26	28.01	27.74	28.82	28.61	25.87	28.71	28.28
FeO	3.41	3.53	4.24	3.10	3.34	4.15	4.22	4.08	4.04	7.47	4.09	3.95
MnO	0.06	0.00	0.10	0.05	0.00	0.03	0.17	0.03	0.08	0.10	0.07	0.07
MgO	2.30	3.17	2.47	2.43	2.78	2.69	3.07	2.51	2.75	4.13	2.53	2.53
CaO	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04
Na_2O	0.24	0.09	0.17	0.18	0.09	0.17	0.11	0.10	0.14	0.05	0.18	0.18
K_2O	9.79	9.47	9.79	8.93	9.57	9.41	9.41	9.55	9.08	8.06	9.24	9.43
Cr_2O_3	0.04	0.01	0.07	0.06	0.03	0.00	0.01	0.01	0.06	0.02	0.03	0.08
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	93.18	91.89	93.35	92.34	92.99	93.03	92.70	92.97	92.58	92.08	93.21	92.23
Si	3.2967	3.3334	3.2776	3.3115	3.3396	3.3227	3.3055	3.2771	3.2857	3.2607	3.2996	3.2947
Ti	0.0034	0.0019	0.0055	0.0057	0.0030	0.0082	0.0046	0.0107	0.0053	0.0052	0.0071	0.0069
Al	2.3464	2.2475	2.3229	2.3518	2.2763	2.2662	2.2577	2.3360	2.3227	2.1478	2.3152	2.3096
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1954	0.2048	0.2437	0.1777	0.1909	0.2385	0.2440	0.2344	0.2330	0.4398	0.2342	0.2287
Mn	0.0037	0.0000	0.0057	0.0029	0.0000	0.0018	0.0100	0.0020	0.0047	0.0058	0.0038	0.0039
Mg	0.2349	0.3276	0.2534	0.2478	0.2836	0.2753	0.3164	0.2574	0.2829	0.4338	0.2583	0.2618
Ca	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0027
Na	0.0320	0.0123	0.0230	0.0240	0.0121	0.0228	0.0146	0.0129	0.0184	0.0068	0.0238	0.0248
K	0.8545	0.8377	0.8583	0.7805	0.8344	0.8239	0.8288	0.8378	0.7983	0.7240	0.8064	0.8333
Cr	0.0020	0.0005	0.0039	0.0033	0.0017	0.0000	0.0007	0.0008	0.0032	0.0011	0.0016	0.0042
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0008	0.0000	0.0006	0.0007	0.0000	0.0013	0.0023	0.0000	0.0007	0.0006	0.0004	0.0000
Σ Kat	6.9698	6.9657	6.9947	6.9082	6.9417	6.9607	6.9848	6.9692	6.9552	7.0256	6.9504	6.9706
Si	3.2967	3.3334	3.2776	3.3115	3.3396	3.3227	3.3055	3.2771	3.2857	3.2607	3.2996	3.2947
Ti	0.0034	0.0019	0.0055	0.0057	0.0030	0.0082	0.0046	0.0107	0.0053	0.0052	0.0071	0.0069
Al (IV)	0.6999	0.6646	0.7169	0.6828	0.6574	0.6691	0.6899	0.7122	0.7091	0.7341	0.6933	0.6984
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6465	1.5828	1.6061	1.6690	1.6189	1.5971	1.5678	1.6238	1.6136	1.4137	1.6219	1.6112
Mg(M2)	0.1929	0.2567	0.2008	0.1928	0.2278	0.2159	0.2440	0.1969	0.2119	0.2911	0.1983	0.2075
Fe(M2)	0.1605	0.1605	0.1931	0.1382	0.1533	0.1870	0.1882	0.1793	0.1745	0.2952	0.1798	0.1813
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0419	0.0709	0.0526	0.0551	0.0558	0.0594	0.0724	0.0605	0.0710	0.1427	0.0600	0.0543
Fe(M1)	0.0349	0.0443	0.0506	0.0395	0.0376	0.0515	0.0558	0.0551	0.0585	0.1447	0.0544	0.0474
v(M1)	0.9232	0.8848	0.8968	0.9055	0.9066	0.8891	0.8717	0.8843	0.8705	0.7126	0.8856	0.8983
Σ okta	2.08	2.12	2.11	2.10	2.09	2.11	2.14	2.12	2.13	2.29	2.12	2.11
K	0.8545	0.8377	0.8583	0.7805	0.8344	0.8239	0.8288	0.8378	0.7983	0.7240	0.8064	0.8333
Na	0.0320	0.0123	0.0230	0.0240	0.0121	0.0228	0.0146	0.0129	0.0184	0.0068	0.0238	0.0248
v(A)	0.1135	0.1500	0.1187	0.1955	0.1534	0.1533	0.1565	0.1493	0.1834	0.2692	0.1698	0.1419
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4542	0.3847	0.4902	0.4176	0.4023	0.4642	0.4354	0.4767	0.4516	0.5034	0.4755	0.4663
XMg	0.5458	0.6153	0.5098	0.5824	0.5977	0.5358	0.5646	0.5233	0.5484	0.4966	0.5245	0.5337
XFe/XMg	0.8320	0.6253	0.9616	0.7171	0.6732	0.8663	0.7712	0.9108	0.8237	1.0139	0.9068	0.8737
Prl	0.1135	0.1500	0.1187	0.1955	0.1534	0.1533	0.1565	0.1493	0.1834	0.2692	0.1698	0.1419
Tri	0.0768	0.1152	0.1032	0.0945	0.0934	0.1109	0.1283	0.1157	0.1295	0.2874	0.1144	0.1017
Par	0.0320	0.0123	0.0230	0.0240	0.0121	0.0228	0.0146	0.0129	0.0184	0.0068	0.0238	0.0248
Cel	0.1999	0.1868	0.1875	0.1420	0.1944	0.1812	0.1756	0.1449	0.1275	0.0115	0.1492	0.1855
Ms	0.5911	0.5371	0.5907	0.5643	0.5519	0.5355	0.5470	0.5836	0.5613	0.4399	0.5551	0.5719

Probe	178											
Meßfile	10008 Phengit											
Analyse	83	84	85	86	87	88	92	93	94	95	88	92
SiO_2	47.97	47.99	47.43	48.62	47.92	47.70	48.94	48.33	48.23	47.74	47.70	48.94
TiO_2	0.14	0.12	0.10	0.11	0.16	0.13	0.11	0.23	0.30	0.11	0.13	0.11
Al_2O_3	28.97	28.84	28.63	28.11	28.32	28.84	28.34	29.09	29.49	28.27	28.84	28.34
FeO	3.97	4.03	4.42	4.23	4.05	4.21	3.66	3.78	3.41	4.01	4.21	3.66
MnO	0.04	0.04	0.07	0.09	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
MgO	2.55	2.46	2.79	2.63	2.64	2.48	2.58	2.44	2.45	2.69	2.48	2.58
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.11	0.12	0.13	0.10	0.18	0.16	0.16	0.16	0.17	0.11	0.16	0.16
K_2O	8.73	9.26	8.68	9.17	9.00	8.85	9.45	9.58	9.54	8.85	8.85	9.45
Cr_2O_3	0.01	0.00	0.00	0.04	0.02	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
ΣGew.%	92.50	92.88	92.27	93.11	92.35	92.52	93.36	93.69	93.66	91.85	92.52	93.36
Si	3.2938	3.2941	3.2773	3.3300	3.3059	3.2848	3.3365	3.2906	3.2779	3.3070	3.2848	3.3365
Ti	0.0073	0.0063	0.0049	0.0058	0.0081	0.0067	0.0057	0.0115	0.0151	0.0055	0.0067	0.0057
Al	2.3440	2.3332	2.3312	2.2685	2.3024	2.3402	2.2769	2.3344	2.3621	2.3082	2.3402	2.2769
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.2280	0.2315	0.2555	0.2422	0.2335	0.2426	0.2087	0.2154	0.1936	0.2323	0.2426	0.2087
Mn	0.0026	0.0025	0.0043	0.0052	0.0040	0.0051	0.0050	0.0045	0.0044	0.0045	0.0051	0.0050
Mg	0.2606	0.2521	0.2872	0.2680	0.2717	0.2545	0.2618	0.2474	0.2478	0.2778	0.2545	0.2618
Ca	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
Na	0.0153	0.0158	0.0177	0.0134	0.0236	0.0211	0.0207	0.0210	0.0227	0.0143	0.0211	0.0207
K	0.7650	0.8109	0.7655	0.8011	0.7922	0.7773	0.8220	0.8321	0.8269	0.7823	0.7773	0.8220
Cr	0.0003	0.0000	0.0002	0.0020	0.0009	0.0036	0.0020	0.0002	0.0002	0.0000	0.0036	0.0020
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0006	0.0003	0.0014	0.0016	0.0005	0.0006	0.0010	0.0006	0.0000	0.0006	0.0006	0.0010
Σ Kat	6.9174	6.9466	6.9451	6.9378	6.9428	6.9364	6.9406	6.9577	6.9507	6.9323	6.9364	6.9406
Si	3.2938	3.2941	3.2773	3.3300	3.3059	3.2848	3.3365	3.2906	3.2779	3.3070	3.2848	3.3365
Ti	0.0073	0.0063	0.0049	0.0058	0.0081	0.0067	0.0057	0.0115	0.0151	0.0055	0.0067	0.0057
Al (IV)	0.6989	0.6996	0.7178	0.6642	0.6860	0.7086	0.6577	0.6979	0.7070	0.6875	0.7086	0.6577
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6451	1.6336	1.6134	1.6043	1.6164	1.6316	1.6192	1.6366	1.6550	1.6206	1.6316	1.6192
Mg(M2)	0.1893	0.1910	0.2046	0.2079	0.2063	0.1886	0.2119	0.1943	0.1937	0.2066	0.1886	0.2119
Fe(M2)	0.1656	0.1754	0.1820	0.1879	0.1773	0.1798	0.1690	0.1692	0.1513	0.1728	0.1798	0.1690
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0713	0.0611	0.0826	0.0601	0.0654	0.0659	0.0499	0.0531	0.0542	0.0712	0.0659	0.0499
Fe(M1)	0.0624	0.0561	0.0735	0.0544	0.0562	0.0628	0.0398	0.0463	0.0423	0.0595	0.0628	0.0398
v(M1)	0.8663	0.8828	0.8440	0.8855	0.8784	0.8712	0.9103	0.9006	0.9035	0.8693	0.8712	0.9103
Σ okta	2.14	2.12	2.16	2.12	2.13	2.13	2.09	2.10	2.10	2.14	2.13	2.09
K	0.7650	0.8109	0.7655	0.8011	0.7922	0.7773	0.8220	0.8321	0.8269	0.7823	0.7773	0.8220
Na	0.0153	0.0158	0.0177	0.0134	0.0236	0.0211	0.0207	0.0210	0.0227	0.0143	0.0211	0.0207
v(A)	0.2197	0.1733	0.2168	0.1855	0.1842	0.2016	0.1574	0.1469	0.1504	0.2034	0.2016	0.1574
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4667	0.4786	0.4708	0.4747	0.4623	0.4880	0.4437	0.4654	0.4386	0.4554	0.4880	0.4437
XMg	0.5333	0.5214	0.5292	0.5253	0.5377	0.5120	0.5563	0.5346	0.5614	0.5446	0.5120	0.5563
XFe/XMg	0.8751	0.9180	0.8897	0.9038	0.8596	0.9532	0.7974	0.8706	0.7812	0.8362	0.9532	0.7974
Prl	0.2197	0.1733	0.2168	0.1855	0.1842	0.2016	0.1574	0.1469	0.1504	0.2034	0.2016	0.1574
Tri	0.1337	0.1172	0.1560	0.1145	0.1216	0.1288	0.0897	0.0994	0.0965	0.1307	0.1288	0.0897
Par	0.0153	0.0158	0.0177	0.0134	0.0236	0.0211	0.0207	0.0210	0.0227	0.0143	0.0211	0.0207
Cel	0.0875	0.1320	0.0745	0.1667	0.1404	0.1108	0.2014	0.1646	0.1520	0.1180	0.1108	0.2014
Ms	0.5499	0.5666	0.5440	0.5363	0.5408	0.5587	0.5474	0.5775	0.5878	0.5425	0.5587	0.5474

Probe	178							**195**				
Meßfile	10008							10009a				
	Phengit											
Analyse	97	99	120	121	126	128	129	73	76	78	79	81
SiO_2	48.23	48.83	47.49	48.85	48.13	46.92	47.25	48.49	47.51	49.18	47.98	48.88
TiO_2	0.18	0.13	0.13	0.13	0.12	0.15	0.10	0.12	0.20	0.13	0.16	0.10
Al_2O_3	29.29	28.87	28.91	28.49	28.78	27.83	27.72	30.42	29.53	29.90	30.62	29.17
FeO	3.48	3.94	4.31	3.86	4.05	4.53	4.15	2.67	2.97	2.85	2.75	2.90
MnO	0.07	0.03	0.03	0.07	0.05	0.06	0.00	0.04	0.06	0.00	0.00	0.01
MgO	2.34	2.54	2.45	2.52	2.45	2.59	2.49	2.34	2.37	2.50	2.21	2.50
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06	0.05	0.03	0.14	0.05
Na_2O	0.19	0.14	0.17	0.17	0.21	0.19	0.20	0.22	0.32	0.28	0.26	0.29
K_2O	9.50	9.52	9.54	9.74	9.75	9.27	9.83	9.97	9.92	10.02	9.68	10.08
Cr_2O_3	0.08	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.01
ΣGew.%	93.38	94.01	93.03	93.85	93.56	91.57	91.75	94.32	92.96	94.91	93.87	94.02
Si	3.2888	3.3110	3.2688	3.3230	3.2917	3.2859	3.3040	3.2657	3.2604	3.2941	3.2468	3.3100
Ti	0.0094	0.0064	0.0067	0.0067	0.0062	0.0079	0.0054	0.0059	0.0103	0.0066	0.0079	0.0051
Al	2.3538	2.3074	2.3448	2.2844	2.3201	2.2968	2.2848	2.4147	2.3885	2.3605	2.4419	2.3280
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1986	0.2235	0.2480	0.2193	0.2316	0.2653	0.2425	0.1502	0.1704	0.1596	0.1555	0.1644
Mn	0.0040	0.0020	0.0018	0.0042	0.0030	0.0034	0.0000	0.0025	0.0034	0.0000	0.0000	0.0005
Mg	0.2379	0.2568	0.2518	0.2553	0.2497	0.2701	0.2593	0.2353	0.2426	0.2500	0.2233	0.2524
Ca	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000	0.0045	0.0036	0.0023	0.0104	0.0033
Na	0.0251	0.0183	0.0228	0.0229	0.0275	0.0254	0.0276	0.0282	0.0428	0.0361	0.0337	0.0377
K	0.8267	0.8232	0.8378	0.8451	0.8504	0.8280	0.8769	0.8562	0.8684	0.8557	0.8356	0.8707
Cr	0.0043	0.0007	0.0000	0.0008	0.0006	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0026	0.0021
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0008	0.0003	0.0001	0.0009	0.0018	0.0016	0.0006	0.0000	0.0038	0.0017	0.0019	0.0009
Σ Kat	6.9495	6.9495	6.9826	6.9627	6.9825	6.9861	7.0010	6.9632	6.9944	6.9666	6.9597	6.9750
Si	3.2888	3.3110	3.2688	3.3230	3.2917	3.2859	3.3040	3.2657	3.2604	3.2941	3.2468	3.3100
Ti	0.0094	0.0064	0.0067	0.0067	0.0062	0.0079	0.0054	0.0059	0.0103	0.0066	0.0079	0.0051
Al (IV)	0.7018	0.6826	0.7246	0.6703	0.7021	0.7062	0.6906	0.7284	0.7293	0.6993	0.7453	0.6850
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6520	1.6248	1.6202	1.6141	1.6180	1.5906	1.5942	1.6863	1.6591	1.6612	1.6966	1.6430
Mg(M2)	0.1896	0.2006	0.1914	0.2076	0.1982	0.2065	0.2097	0.1915	0.2002	0.2068	0.1788	0.2162
Fe(M2)	0.1584	0.1746	0.1884	0.1783	0.1838	0.2029	0.1961	0.1222	0.1406	0.1320	0.1246	0.1408
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0482	0.0562	0.0605	0.0477	0.0515	0.0636	0.0496	0.0438	0.0424	0.0433	0.0445	0.0362
Fe(M1)	0.0403	0.0489	0.0595	0.0410	0.0478	0.0624	0.0464	0.0280	0.0298	0.0276	0.0310	0.0236
v(M1)	0.9115	0.8949	0.8800	0.9113	0.9007	0.8740	0.9040	0.9282	0.9279	0.9291	0.9245	0.9401
Σ okta	2.09	2.11	2.12	2.09	2.10	2.13	2.10	2.07	2.08	2.07	2.08	2.06
K	0.8267	0.8232	0.8378	0.8451	0.8504	0.8280	0.8769	0.8562	0.8684	0.8557	0.8356	0.8707
Na	0.0251	0.0183	0.0228	0.0229	0.0275	0.0254	0.0276	0.0282	0.0428	0.0361	0.0337	0.0377
v(A)	0.1482	0.1586	0.1393	0.1320	0.1221	0.1465	0.0955	0.1156	0.0888	0.1082	0.1307	0.0917
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4551	0.4653	0.4961	0.4621	0.4812	0.4956	0.4832	0.3896	0.4126	0.3896	0.4105	0.3945
XMg	0.5449	0.5347	0.5039	0.5379	0.5188	0.5044	0.5168	0.6104	0.5874	0.6104	0.5895	0.6055
XFe/XMg	0.8351	0.8703	0.9847	0.8591	0.9274	0.9824	0.9350	0.6382	0.7024	0.6384	0.6964	0.6515
Prl	0.1482	0.1586	0.1393	0.1320	0.1221	0.1465	0.0955	0.1156	0.0888	0.1082	0.1307	0.0917
Tri	0.0885	0.1051	0.1200	0.0887	0.0993	0.1260	0.0960	0.0718	0.0721	0.0709	0.0755	0.0599
Par	0.0251	0.0183	0.0228	0.0229	0.0275	0.0254	0.0276	0.0282	0.0428	0.0361	0.0337	0.0377
Cel	0.1709	0.1649	0.1397	0.2084	0.1834	0.1574	0.2139	0.1702	0.1966	0.1971	0.1524	0.2373
Ms	0.5882	0.5592	0.5817	0.5586	0.5753	0.5548	0.5670	0.6284	0.6144	0.5923	0.6361	0.5874

Probe	195									195		**208**
Meßfile	10009a									10009a		10009a
	Phengit											
Analyse	82	87	88	89	91	92	94	97	103	105	107	109
SiO_2	47.46	48.95	48.21	48.26	48.64	49.05	47.78	48.34	47.98	48.93	48.83	48.48
TiO_2	0.15	0.07	0.16	0.17	0.09	0.12	0.12	0.07	0.17	0.09	0.04	0.08
Al_2O_3	29.94	30.26	30.07	30.80	31.05	30.22	29.74	30.91	30.49	30.33	30.48	28.75
FeO	2.91	2.44	2.86	2.99	2.21	2.76	3.94	2.40	2.78	2.53	2.53	3.40
MnO	0.04	0.00	0.02	0.01	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.04	0.00	0.04
MgO	2.27	2.37	2.23	2.23	2.08	2.39	2.58	2.20	2.26	2.42	2.44	2.45
CaO	0.01	0.03	0.06	0.07	0.07	0.03	0.08	0.06	0.00	0.07	0.07	0.09
Na_2O	0.24	0.23	0.30	0.28	0.27	0.23	0.31	0.22	0.27	0.22	0.24	0.16
K_2O	9.93	9.95	10.06	9.49	9.91	9.83	9.76	9.88	10.13	9.89	10.12	8.94
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ΣGew.%	92.98	94.29	94.02	94.31	94.32	94.73	94.33	94.19	94.10	94.53	94.78	92.43
Si	3.2530	3.2899	3.2659	3.2477	3.2641	3.2865	3.2429	3.2543	3.2470	3.2828	3.2721	3.3241
Ti	0.0077	0.0033	0.0079	0.0087	0.0044	0.0060	0.0060	0.0036	0.0088	0.0044	0.0020	0.0039
Al	2.4182	2.3972	2.4008	2.4430	2.4558	2.3863	2.3785	2.4527	2.4314	2.3983	2.4072	2.3233
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1666	0.1371	0.1620	0.1683	0.1240	0.1545	0.2236	0.1348	0.1570	0.1418	0.1420	0.1948
Mn	0.0024	0.0000	0.0010	0.0005	0.0000	0.0053	0.0000	0.0050	0.0000	0.0024	0.0000	0.0023
Mg	0.2317	0.2371	0.2250	0.2237	0.2080	0.2388	0.2609	0.2207	0.2278	0.2417	0.2442	0.2509
Ca	0.0010	0.0024	0.0044	0.0048	0.0051	0.0018	0.0057	0.0040	0.0002	0.0048	0.0053	0.0066
Na	0.0314	0.0298	0.0390	0.0359	0.0354	0.0296	0.0403	0.0292	0.0349	0.0282	0.0316	0.0217
K	0.8679	0.8527	0.8692	0.8143	0.8487	0.8404	0.8451	0.8484	0.8746	0.8467	0.8646	0.7818
Cr	0.0000	0.0000	0.0031	0.0002	0.0000	0.0000	0.0011	0.0010	0.0011	0.0000	0.0010	0.0018
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0057	0.0000	0.0010	0.0015	0.0005	0.0019	0.0014	0.0011	0.0007	0.0010	0.0006	0.0014
Σ Kat	6.9855	6.9495	6.9794	6.9486	6.9461	6.9512	7.0053	6.9551	6.9834	6.9522	6.9705	6.9126
Si	3.2530	3.2899	3.2659	3.2477	3.2641	3.2865	3.2429	3.2543	3.2470	3.2828	3.2721	3.3241
Ti	0.0077	0.0033	0.0079	0.0087	0.0044	0.0060	0.0060	0.0036	0.0088	0.0044	0.0020	0.0039
Al (IV)	0.7393	0.7069	0.7262	0.7436	0.7314	0.7075	0.7511	0.7420	0.7442	0.7128	0.7259	0.6720
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6789	1.6904	1.6747	1.6994	1.7244	1.6788	1.6274	1.7107	1.6872	1.6854	1.6812	1.6513
Mg(M2)	0.1867	0.1962	0.1891	0.1715	0.1727	0.1950	0.2006	0.1796	0.1852	0.1983	0.2015	0.1963
Fe(M2)	0.1343	0.1134	0.1362	0.1290	0.1029	0.1262	0.1719	0.1097	0.1277	0.1163	0.1172	0.1524
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0449	0.0409	0.0359	0.0522	0.0353	0.0438	0.0602	0.0411	0.0426	0.0435	0.0426	0.0546
Fe(M1)	0.0323	0.0236	0.0258	0.0393	0.0210	0.0284	0.0516	0.0251	0.0294	0.0255	0.0248	0.0424
v(M1)	0.9228	0.9355	0.9383	0.9085	0.9436	0.9278	0.8881	0.9338	0.9280	0.9310	0.9326	0.9030
Σ okta	2.08	2.06	2.06	2.09	2.06	2.08	2.11	2.07	2.07	2.07	2.07	2.10
K	0.8679	0.8527	0.8692	0.8143	0.8487	0.8404	0.8451	0.8484	0.8746	0.8467	0.8646	0.7818
Na	0.0314	0.0298	0.0390	0.0359	0.0354	0.0296	0.0403	0.0292	0.0349	0.0282	0.0316	0.0217
v(A)	0.1008	0.1175	0.0918	0.1498	0.1159	0.1300	0.1147	0.1223	0.0905	0.1251	0.1038	0.1966
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4183	0.3664	0.4186	0.4293	0.3734	0.3928	0.4615	0.3792	0.4080	0.3697	0.3677	0.4371
XMg	0.5817	0.6336	0.5814	0.5707	0.6266	0.6072	0.5385	0.6208	0.5920	0.6303	0.6323	0.5629
XFe/XMg	0.7192	0.5782	0.7200	0.7523	0.5960	0.6470	0.8570	0.6109	0.6893	0.5866	0.5815	0.7767
Prl	0.1008	0.1175	0.0918	0.1498	0.1159	0.1300	0.1147	0.1223	0.0905	0.1251	0.1038	0.1966
Tri	0.0772	0.0645	0.0617	0.0915	0.0564	0.0722	0.1119	0.0662	0.0720	0.0690	0.0674	0.0970
Par	0.0314	0.0298	0.0390	0.0359	0.0354	0.0296	0.0403	0.0292	0.0349	0.0282	0.0316	0.0217
Cel	0.1666	0.1805	0.2019	0.1176	0.1629	0.1768	0.1488	0.1568	0.1689	0.1766	0.1839	0.1548
Ms	0.6307	0.6125	0.6254	0.6163	0.6397	0.6057	0.5990	0.6465	0.6374	0.6156	0.6269	0.5534

Probe	208											
Meßfile	10009a Phengit											
Analyse	112	115	119	120	123	124	125	127	128	131	133	134
SiO_2	49.20	48.56	47.60	47.65	48.86	48.73	48.69	48.56	47.87	47.72	48.07	46.92
TiO_2	0.08	0.18	0.13	0.14	0.15	0.18	0.13	0.13	0.16	0.20	0.15	0.14
Al_2O_3	30.17	29.08	29.56	29.48	28.14	29.05	30.10	28.19	29.28	28.43	28.07	29.22
FeO	2.72	3.17	3.35	3.32	3.59	3.34	2.89	3.43	3.12	3.48	3.27	3.08
MnO	0.03	0.02	0.00	0.05	0.05	0.06	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
MgO	2.39	2.41	2.50	2.35	2.68	2.50	2.40	2.70	2.44	2.47	2.66	2.29
CaO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.18	0.01	0.00
Na_2O	0.14	0.28	0.28	0.26	0.21	0.24	0.18	0.23	0.26	0.26	0.28	0.23
K_2O	10.33	10.30	10.05	9.88	10.37	10.51	10.55	10.28	10.34	10.05	10.09	9.99
Cr_2O_3	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04	0.05	0.00	0.08	0.03	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.04	0.06
ΣGew.%	95.09	94.02	93.53	93.17	94.11	94.64	95.00	93.66	93.51	92.89	92.66	91.97
Si	3.2903	3.2987	3.2536	3.2648	3.3253	3.2962	3.2709	3.3185	3.2732	3.2905	3.3168	3.2602
Ti	0.0038	0.0091	0.0065	0.0074	0.0078	0.0091	0.0067	0.0068	0.0084	0.0101	0.0075	0.0072
Al	2.3778	2.3281	2.3814	2.3809	2.2575	2.3158	2.3828	2.2700	2.3598	2.3105	2.2827	2.3926
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.1522	0.1801	0.1915	0.1905	0.2045	0.1887	0.1624	0.1958	0.1786	0.2006	0.1887	0.1792
Mn	0.0019	0.0010	0.0000	0.0028	0.0031	0.0034	0.0012	0.0002	0.0018	0.0000	0.0000	0.0018
Mg	0.2381	0.2439	0.2548	0.2396	0.2718	0.2520	0.2402	0.2752	0.2489	0.2535	0.2731	0.2372
Ca	0.0000	0.0000	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0057	0.0000	0.0132	0.0006	0.0000
Na	0.0182	0.0371	0.0376	0.0340	0.0281	0.0316	0.0233	0.0306	0.0339	0.0353	0.0375	0.0313
K	0.8810	0.8923	0.8763	0.8632	0.9003	0.9067	0.9036	0.8961	0.9015	0.8835	0.8881	0.8850
Cr	0.0022	0.0017	0.0021	0.0018	0.0027	0.0017	0.0022	0.0027	0.0000	0.0043	0.0014	0.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0002	0.0000	0.0008	0.0019	0.0001	0.0007	0.0000	0.0020	0.0009	0.0026	0.0048	0.0074
Σ Kat	6.9657	6.9921	7.0059	6.9869	7.0012	7.0058	6.9933	7.0036	7.0071	7.0040	7.0012	7.0019
Si	3.2903	3.2987	3.2536	3.2648	3.3253	3.2962	3.2709	3.3185	3.2732	3.2905	3.3168	3.2602
Ti	0.0038	0.0091	0.0065	0.0074	0.0078	0.0091	0.0067	0.0068	0.0084	0.0101	0.0075	0.0072
Al (IV)	0.7059	0.6922	0.7399	0.7278	0.6669	0.6948	0.7224	0.6747	0.7184	0.6994	0.6756	0.7326
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.6719	1.6359	1.6416	1.6531	1.5905	1.6210	1.6604	1.5954	1.6414	1.6110	1.6071	1.6600
Mg(M2)	0.2002	0.2095	0.2046	0.1932	0.2337	0.2167	0.2026	0.2364	0.2088	0.2171	0.2324	0.1937
Fe(M2)	0.1280	0.1547	0.1538	0.1536	0.1758	0.1623	0.1370	0.1682	0.1498	0.1719	0.1605	0.1463
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0380	0.0344	0.0502	0.0463	0.0381	0.0353	0.0376	0.0388	0.0402	0.0364	0.0407	0.0435
Fe(M1)	0.0243	0.0254	0.0377	0.0368	0.0287	0.0265	0.0254	0.0276	0.0288	0.0288	0.0281	0.0329
v(M1)	0.9378	0.9402	0.9121	0.9169	0.9332	0.9382	0.9370	0.9336	0.9310	0.9349	0.9312	0.9236
Σ okta	2.06	2.06	2.09	2.09	2.07	2.07	2.06	2.07	2.07	2.07	2.07	2.08
K	0.8810	0.8923	0.8763	0.8632	0.9003	0.9067	0.9036	0.8961	0.9015	0.8835	0.8881	0.8850
Na	0.0182	0.0371	0.0376	0.0340	0.0281	0.0316	0.0233	0.0306	0.0339	0.0353	0.0375	0.0313
v(A)	0.1009	0.0705	0.0861	0.1028	0.0716	0.0617	0.0731	0.0733	0.0646	0.0812	0.0744	0.0837
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.3900	0.4248	0.4292	0.4429	0.4293	0.4282	0.4034	0.4158	0.4178	0.4418	0.4086	0.4303
XMg	0.6100	0.5752	0.5708	0.5571	0.5707	0.5718	0.5966	0.5842	0.5822	0.5582	0.5914	0.5697
XFe/XMg	0.6393	0.7384	0.7518	0.7951	0.7523	0.7490	0.6762	0.7117	0.7175	0.7915	0.6908	0.7554
Prl	0.1009	0.0705	0.0861	0.1028	0.0716	0.0617	0.0731	0.0733	0.0646	0.0812	0.0744	0.0837
Tri	0.0622	0.0598	0.0879	0.0831	0.0668	0.0618	0.0630	0.0664	0.0690	0.0651	0.0688	0.0764
Par	0.0182	0.0371	0.0376	0.0340	0.0281	0.0316	0.0233	0.0306	0.0339	0.0353	0.0375	0.0313
Cel	0.2037	0.2445	0.1827	0.1806	0.2758	0.2554	0.2136	0.2719	0.2206	0.2587	0.2552	0.1872
Ms	0.6256	0.5953	0.6144	0.6107	0.5720	0.6014	0.6361	0.5777	0.6155	0.5990	0.5693	0.6250

Probe	208									
Meßfile	10009a Phengit									
Analyse	136	138	141	144	145	147	149	150	152	154
SiO_2	48.32	47.78	48.19	47.52	47.30	47.74	47.54	47.57	48.64	48.61
TiO_2	0.16	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.13	0.09	0.11	0.18
Al_2O_3	27.84	28.55	28.47	30.00	28.90	27.92	30.37	29.80	29.56	29.28
FeO	3.75	3.70	3.58	3.25	3.33	4.96	3.28	3.13	3.13	3.18
MnO	0.00	0.05	0.00	0.03	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	2.67	2.53	2.66	2.41	2.41	3.13	2.21	2.18	2.44	2.42
CaO	0.00	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01
Na_2O	0.24	0.29	0.26	0.26	0.26	0.19	0.31	0.18	0.20	0.26
K_2O	10.22	10.09	10.20	9.97	10.25	9.91	8.98	9.68	10.40	10.38
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	93.20	93.17	93.65	93.62	92.62	94.06	92.84	92.67	94.48	94.30
Si	3.3228	3.2866	3.2971	3.2411	3.2699	3.2735	3.2468	3.2659	3.2868	3.2927
Ti	0.0084	0.0085	0.0081	0.0081	0.0085	0.0076	0.0068	0.0048	0.0055	0.0090
Al	2.2561	2.3142	2.2955	2.4111	2.3548	2.2562	2.4449	2.4115	2.3541	2.3378
Fe^{2+};Fe_{tot}	0.2154	0.2129	0.2049	0.1854	0.1927	0.2843	0.1874	0.1799	0.1771	0.1800
Mn	0.0000	0.0029	0.0000	0.0015	0.0003	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg	0.2736	0.2599	0.2708	0.2452	0.2486	0.3202	0.2250	0.2226	0.2460	0.2441
Ca	0.0003	0.0004	0.0066	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0015	0.0000	0.0006
Na	0.0320	0.0391	0.0349	0.0342	0.0351	0.0258	0.0405	0.0238	0.0258	0.0336
K	0.8962	0.8854	0.8905	0.8677	0.9037	0.8668	0.7822	0.8474	0.8965	0.8966
Cr	0.0000	0.0000	0.0009	0.0012	0.0000	0.0001	0.0000	0.0012	0.0000	0.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0007	0.0008	0.0027	0.0010	0.0007	0.0014	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
Σ Kat	7.0055	7.0108	7.0120	6.9966	7.0143	7.0384	6.9355	6.9586	6.9918	6.9945
Si	3.3228	3.2866	3.2971	3.2411	3.2699	3.2735	3.2468	3.2659	3.2868	3.2927
Ti	0.0084	0.0085	0.0081	0.0081	0.0085	0.0076	0.0068	0.0048	0.0055	0.0090
Al (IV)	0.6688	0.7048	0.6948	0.7508	0.7216	0.7189	0.7465	0.7293	0.7077	0.6983
Σ tetra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al(VI)	1.5873	1.6094	1.6007	1.6604	1.6332	1.5373	1.6984	1.6822	1.6464	1.6396
Mg(M2)	0.2309	0.2147	0.2273	0.1934	0.2066	0.2450	0.1646	0.1758	0.2056	0.2074
Fe(M2)	0.1818	0.1759	0.1720	0.1463	0.1602	0.2176	0.1370	0.1420	0.1480	0.1530
Mn(M2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mg(M1)	0.0427	0.0452	0.0435	0.0518	0.0420	0.0751	0.0605	0.0468	0.0404	0.0366
Fe(M1)	0.0336	0.0370	0.0329	0.0392	0.0325	0.0667	0.0504	0.0378	0.0291	0.0270
v(M1)	0.9236	0.9178	0.9236	0.9091	0.9255	0.8582	0.8892	0.9154	0.9305	0.9363
Σ okta	2.08	2.09	2.08	2.09	2.07	2.14	2.11	2.08	2.07	2.06
K	0.8962	0.8854	0.8905	0.8677	0.9037	0.8668	0.7822	0.8474	0.8965	0.8966
Na	0.0320	0.0391	0.0349	0.0342	0.0351	0.0258	0.0405	0.0238	0.0258	0.0336
v(A)	0.0718	0.0755	0.0746	0.0980	0.0612	0.1074	0.1773	0.1288	0.0777	0.0698
Σ A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XFe	0.4405	0.4504	0.4308	0.4306	0.4366	0.4704	0.4544	0.4469	0.4185	0.4245
XMg	0.5595	0.5496	0.5692	0.5694	0.5634	0.5296	0.5456	0.5531	0.5815	0.5755
XFe/XMg	0.7872	0.8194	0.7567	0.7563	0.7751	0.8881	0.8327	0.8079	0.7198	0.7375
Prl	0.0718	0.0755	0.0746	0.0980	0.0612	0.1074	0.1773	0.1288	0.0777	0.0698
Tri	0.0764	0.0822	0.0764	0.0909	0.0745	0.1418	0.1108	0.0846	0.0695	0.0637
Par	0.0320	0.0391	0.0349	0.0342	0.0351	0.0258	0.0405	0.0238	0.0258	0.0336
Cel	0.2600	0.2263	0.2464	0.1578	0.2178	0.1790	0.0799	0.1486	0.2146	0.2331
Ms	0.5604	0.5836	0.5834	0.6256	0.6120	0.5512	0.5951	0.6209	0.6124	0.6010

Probe	**107**											
Meßfile	10009 Phengit											
Analyse	b-7	b-10	b-23	b-24	b-32	b-33	b-35	b-38	b-40	b-44	b-47	b-49
SiO_2	49.50	49.29	48.91	49.24	47.89	46.93	47.80	47.52	47.23	47.47	47.95	47.66
TiO_2	0.19	0.14	0.35	0.13	0.24	0.19	0.13	0.18	0.14	0.29	0.22	0.13
Al_2O_3	28.25	28.13	27.48	27.07	27.55	27.62	27.72	27.58	27.43	27.70	27.35	27.57
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.16	0.20	0.01	0.13	0.09	0.15	0.08	0.14	0.14	0.10
FeO	2.85	3.24	3.33	2.87	3.47	3.71	3.56	3.39	3.49	3.21	3.09	3.42
MnO	0.01	0.07	0.08	0.08	0.14	0.11	0.09	0.03	0.12	0.04	0.12	0.03
MgO	3.06	3.16	3.16	3.24	3.18	3.20	3.11	3.03	3.29	3.12	3.01	2.98
CaO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.62	0.94	0.65	0.81	0.49	0.88	0.79	0.71	0.75	0.77	0.81	0.78
Na_2O	0.20	0.28	0.22	0.20	0.21	0.25	0.29	0.26	0.23	0.25	0.26	0.24
K_2O	10.15	10.11	9.47	10.13	9.70	9.39	9.85	9.78	9.97	9.82	9.94	10.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	94.84	95.37	93.82	93.97	92.88	92.42	93.42	92.65	92.72	92.82	92.90	92.95
H_2O'	4.46	4.46	4.42	4.40	4.38	4.35	4.38	4.34	4.34	4.35	4.34	4.34
O#	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.% 2	99.30	99.84	98.27	98.37	97.41	97.02	97.94	97.09	97.27	97.27	97.24	97.37
Si	6.6553	6.6257	6.6305	6.7125	6.5612	6.4747	6.5476	6.5600	6.5207	6.5406	6.6198	6.5785
Al_{tetra}	1.3447	1.3743	1.3695	1.2875	1.4388	1.5253	1.4524	1.4400	1.4793	1.4594	1.3802	1.4215
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al_{okta}	3.1326	3.0815	3.0217	3.0605	3.0098	2.9655	3.0239	3.0466	2.9835	3.0393	3.0707	3.0643
Cr	0.0000	0.0008	0.0171	0.0214	0.0014	0.0143	0.0093	0.0161	0.0089	0.0156	0.0156	0.0113
Ti	0.0187	0.0138	0.0357	0.0132	0.0242	0.0201	0.0132	0.0187	0.0144	0.0299	0.0227	0.0135
Fe^{2+}	0.3210	0.3510	0.3531	0.3273	0.2446	0.1703	0.2577	0.2930	0.1850	0.2673	0.3523	0.3176
Fe^{3+}	0.0000	0.0126	0.0244	0.0000	0.1529	0.2576	0.1505	0.0982	0.2178	0.1031	0.0049	0.0767
Mn	0.0016	0.0078	0.0087	0.0097	0.0166	0.0134	0.0099	0.0038	0.0142	0.0047	0.0136	0.0030
Mg	0.6134	0.6324	0.6392	0.6575	0.6504	0.6587	0.6354	0.6236	0.6762	0.6401	0.6202	0.6136
Σ okta	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Ca	0.0000	0.0020	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0033	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ba	0.0329	0.0497	0.0345	0.0432	0.0262	0.0473	0.0422	0.0384	0.0403	0.0416	0.0436	0.0422
Na	0.0509	0.0720	0.0588	0.0538	0.0566	0.0678	0.0759	0.0696	0.0613	0.0666	0.0685	0.0638
K	1.7416	1.7333	1.6381	1.7616	1.6946	1.6533	1.7211	1.7226	1.7558	1.7265	1.7510	1.7677
Σ Zwis	1.8254	1.8571	1.7318	1.8585	1.7774	1.7688	1.8392	1.8339	1.8575	1.8346	1.8632	1.8737
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OH	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ms	0.5554	0.5324	0.5323	0.5116	0.5574	0.5424	0.5425	0.5487	0.5493	0.5534	0.5400	0.5529
Tri	0.0437	0.0500	0.0500	0.0448	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
Alcel	0.2269	0.2191	0.2160	0.2534	0.2146	0.2100	0.2111	0.2060	0.2215	0.2067	0.2126	0.2055
Fecel	0.1187	0.1216	0.1194	0.1261	0.0807	0.0543	0.0856	0.0968	0.0606	0.0863	0.1207	0.1063
Para	0.0279	0.0388	0.0340	0.0289	0.0318	0.0383	0.0413	0.0380	0.0330	0.0363	0.0368	0.0341
Rest	0.0274	0.0381	0.0484	0.0352	0.0655	0.1050	0.0695	0.0607	0.0856	0.0673	0.0399	0.0513

Probe	**107**							107			107
Meßfile	11340							10015			10009
	Chlorit										
Analyse	7	19	21	26	29	36	37	a-2	a-5	a-6	b-2
SiO_2	25.96	25.70	25.62	26.48	25.41	25.24	25.58	25.88	26.82	26.95	26.22
TiO_2	0.06	0.42	0.28	0.30	0.11	0.08	0.13	0.07	0.04	0.67	0.05
Al_2O_3	20.40	20.36	20.00	19.93	19.79	19.91	20.34	20.39	20.18	20.30	20.46
FeO_{tot}	24.48	23.98	24.37	24.85	25.12	24.46	24.84	24.89	24.73	23.93	24.66
MnO	0.62	0.72	0.66	0.79	0.87	0.72	0.88	0.74	0.77	0.75	0.72
MgO	14.89	14.09	13.99	14.10	14.47	14.80	14.49	15.64	15.43	14.64	15.17
CaO	0.03	0.10	0.05	0.08	0.01	0.08	0.10	0.02	0.10	0.04	0.08
Na_2O	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05	0.04	0.02	0.06	0.04	0.04
K_2O	0.02	0.02	0.15	0.13	0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.38	0.00
Cr_2O_3	0.11	0.22	0.13	0.04	0.14	0.16	0.08	0.07	0.10	0.08	0.15
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
ΣGew.%	86.63	85.62	85.36	86.76	86.09	85.60	86.59	87.76	88.27	87.78	87.55
Si	2.7650	2.7660	2.7776	2.8225	2.7465	2.7333	2.7401	2.7281	2.8024	2.8223	2.7635
Al (IV)	1.2350	1.2340	1.2224	1.1775	1.2535	1.2667	1.2599	1.2719	1.1976	1.1777	1.2365
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3257	1.3484	1.3330	1.3259	1.2674	1.2743	1.3078	1.2615	1.2875	1.3273	1.3047
Mg (M2)	0.3597	0.3063	0.3246	0.3395	0.3524	0.3518	0.3399	0.3737	0.3801	0.3117	0.3607
Fe(M2)	0.3317	0.2924	0.3171	0.3356	0.3432	0.3261	0.3268	0.3336	0.3416	0.2857	0.3289
Al (M2)	0.2632	0.3440	0.3030	0.2507	0.2974	0.3183	0.3094	0.2979	0.2333	0.3277	0.2763
v(M2)	0.0454	0.0572	0.0553	0.0742	0.0070	0.0038	0.0240	-0.0052	0.0449	0.0748	0.0341
Mg (A4)	2.0047	1.9544	1.9366	1.9011	1.9792	2.0376	1.9741	2.0839	2.0235	1.9744	2.0227
Fe (A4)	1.8486	1.8656	1.8922	1.8792	1.9272	1.8888	1.8982	1.8605	1.8187	1.8096	1.8446
Al (A4)	0.0908	0.1143	0.1106	0.1484	0.0139	0.0076	0.0479	-0.0104	0.0899	0.1497	0.0682
Σ okta	5.9373	5.8832	5.9176	5.9076	5.9731	5.9778	5.9623	5.9952	5.9469	5.8912	5.9479
v	0.0454	0.0572	0.0553	0.0742	0.0070	0.0038	0.0240	-0.0052	0.0449	0.0748	0.0341

Probe	107											
Meßfile	10009											
	Chlorit											
Analyse	b-3	b-6	b-8	b-9	b-22	b-25	b-27	b-31	b-34	b-36	b-37	b-37
SiO_2	26.19	25.98	26.19	25.74	25.44	25.65	25.33	25.45	25.52	25.07	25.24	25.24
TiO_2	0.15	0.12	0.12	0.03	0.02	0.06	0.11	0.05	0.04	0.08	0.05	0.05
Al_2O_3	19.16	19.94	20.22	20.37	20.04	20.27	19.92	20.29	19.97	20.05	20.15	20.15
FeO_{tot}	23.98	24.67	25.35	25.22	25.40	24.75	24.61	24.36	24.64	25.10	25.04	25.04
MnO	0.83	0.72	0.83	0.85	0.88	0.85	0.73	0.78	0.78	0.72	0.75	0.75
MgO	14.18	15.72	15.51	16.07	15.58	15.34	15.00	15.42	15.41	15.58	15.12	15.12
CaO	0.23	0.04	0.03	0.04	0.03	0.11	0.09	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.08	0.05	0.03	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.03	0.00	0.05	0.05
K_2O	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.03	0.03
Cr_2O_3	0.17	0.08	0.12	0.08	0.09	0.11	0.07	0.03	0.09	0.11	0.11	0.11
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03
ΣGew.%	85.02	87.34	88.41	88.42	87.48	87.23	85.94	86.47	86.53	86.71	86.56	86.56
Si	2.8440	2.7505	2.7460	2.7006	2.7050	2.7241	2.7314	2.7201	2.7318	2.6864	2.7081	2.7081
Al (IV)	1.1560	1.2495	1.2540	1.2994	1.2950	1.2759	1.2686	1.2799	1.2682	1.3136	1.2919	1.2919
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.2962	1.2377	1.2448	1.2193	1.2153	1.2616	1.2629	1.2754	1.2508	1.2180	1.2561	1.2561
Mg (M2)	0.3542	0.3817	0.3707	0.3836	0.3793	0.3614	0.3608	0.3718	0.3785	0.3713	0.3618	0.3618
Fe(M2)	0.3360	0.3361	0.3398	0.3377	0.3469	0.3270	0.3320	0.3294	0.3396	0.3355	0.3361	0.3361
Al (M2)	0.2397	0.2881	0.2941	0.3188	0.3135	0.3186	0.3100	0.3011	0.2906	0.3410	0.3200	0.3200
v(M2)	0.0701	-0.0059	-0.0046	-0.0401	-0.0398	-0.0071	-0.0028	-0.0023	-0.0087	-0.0478	-0.0179	-0.0179
Mg (A4)	1.9416	2.0990	2.0534	2.1298	2.0895	2.0673	2.0513	2.0858	2.0803	2.1172	2.0573	2.0573
Fe (A4)	1.8415	1.8480	1.8822	1.8747	1.9111	1.8706	1.8874	1.8478	1.8663	1.9133	1.9108	1.9108
Al (A4)	0.1402	-0.0118	-0.0092	-0.0801	-0.0796	-0.0142	-0.0056	-0.0046	-0.0174	-0.0956	-0.0358	-0.0358
Σ okta	5.9062	5.9921	5.9849	6.0280	6.0264	5.9950	5.9905	5.9964	5.9984	6.0292	6.0076	6.0076
v	0.0701	-0.0059	-0.0046	-0.0401	-0.0398	-0.0071	-0.0028	-0.0023	-0.0087	-0.0478	-0.0179	-0.0179

Probe	107						107	**111**				
Meßfile	10009						10009	10009a				
	Chlorit											
Analyse	b-39	b-41	b-45	b-48	b-50	b-52	b-53	2	10	16	20	26
SiO_2	25.07	25.43	25.15	25.34	25.49	25.47	25.65	23.65	24.13	23.57	24.70	24.46
TiO_2	0.05	0.06	0.07	0.09	0.05	0.02	0.01	0.09	0.06	0.06	0.04	0.03
Al_2O_3	19.70	20.15	20.01	20.12	19.57	19.75	19.89	21.80	22.30	21.78	22.27	22.31
FeO_{tot}	24.72	24.74	24.80	24.86	25.01	25.37	24.81	31.78	30.99	32.14	32.48	32.32
MnO	0.70	0.78	0.69	0.75	0.86	0.77	0.79	0.33	0.30	0.34	0.32	0.27
MgO	15.94	15.48	15.83	15.76	15.46	15.72	15.20	9.07	8.91	9.53	9.00	8.98
CaO	0.00	0.02	0.01	0.03	0.07	0.00	0.01	0.04	0.02	0.03	0.01	0.03
Na_2O	0.02	0.02	0.03	0.00	0.08	0.02	0.07	0.02	0.06	0.01	0.01	0.00
K_2O	0.01	0.08	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.09	0.25	0.08	0.25	0.19
Cr_2O_3	0.11	0.08	0.18	0.12	0.19	0.08	0.05	0.10	0.01	0.02	0.02	0.06
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
ΣGew.%	86.31	86.84	86.79	87.13	86.83	87.20	86.50	86.96	87.02	87.58	89.11	88.66
Si	2.6954	2.7139	2.6886	2.6983	2.7300	2.7154	2.7474	2.6159	2.6499	2.5935	2.6629	2.6486
Al (IV)	1.3046	1.2861	1.3114	1.3017	1.2700	1.2846	1.2526	1.3841	1.3501	1.4065	1.3371	1.3514
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.1913	1.2488	1.2097	1.2221	1.2002	1.1974	1.2580	1.4576	1.5367	1.4184	1.4915	1.4959
Mg (M2)	0.3893	0.3711	0.3725	0.3724	0.3752	0.3902	0.3799	0.1819	0.1759	0.1951	0.1842	0.1811
Fe(M2)	0.3387	0.3328	0.3274	0.3295	0.3405	0.3531	0.3477	0.3575	0.3433	0.3690	0.3729	0.3654
Al (M2)	0.3287	0.3147	0.3509	0.3379	0.3192	0.3003	0.2697	0.4238	0.3875	0.4300	0.3657	0.3812
v(M2)	-0.0567	-0.0186	-0.0509	-0.0398	-0.0349	-0.0436	0.0027	0.0368	0.0933	0.0059	0.0772	0.0723
Mg (A4)	2.1657	2.0912	2.1498	2.1286	2.0925	2.1090	2.0481	1.3139	1.2826	1.3683	1.2617	1.2692
Fe (A4)	1.8840	1.8752	1.8895	1.8834	1.8991	1.9086	1.8746	2.5819	2.5031	2.5884	2.5545	2.5612
Al (A4)	-0.1133	-0.0372	-0.1018	-0.0797	-0.0697	-0.0872	0.0054	0.0735	0.1866	0.0118	0.1544	0.1446
Σ okta	6.0405	6.0113	6.0266	6.0190	6.0165	6.0348	5.9997	5.9511	5.9248	5.9924	5.9350	5.9312
v	-0.0567	-0.0186	-0.0509	-0.0398	-0.0349	-0.0436	0.0027	0.0368	0.0933	0.0059	0.0772	0.0723

Probe	111					**137**						
Meßfile	10009a					11355						
	Chlorit											
Analyse	28	42	48	49	59	96	104	112	114	119	123	124
SiO_2	23.71	23.81	23.66	23.95	23.95	23.62	23.76	24.19	23.35	24.27	23.60	24.36
TiO_2	0.05	0.04	0.06	0.08	0.08	0.08	0.14	0.05	0.02	0.05	0.01	0.08
Al_2O_3	21.65	22.13	21.86	21.45	21.65	21.32	21.12	21.16	21.08	20.98	21.04	21.56
FeO_{tot}	33.18	32.74	33.05	32.78	33.14	31.36	31.37	30.93	30.93	31.05	31.38	31.23
MnO	0.31	0.28	0.37	0.35	0.21	0.37	0.37	0.33	0.37	0.28	0.30	0.26
MgO	9.20	8.92	8.47	9.72	9.89	10.06	10.20	10.15	10.49	10.55	10.05	10.81
CaO	0.05	0.02	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
Na_2O	0.00	0.00	0.07	0.03	0.00	0.00	0.02	0.06	0.01	0.01	0.05	0.05
K_2O	0.05	0.07	0.08	0.04	0.03	0.05	0.09	0.06	0.04	0.05	0.07	0.01
Cr_2O_3	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.08	0.01	0.00	0.06
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
ΣGew.%	88.22	88.05	87.66	88.42	88.95	87.04	87.17	86.98	86.39	87.32	86.55	88.54
Si	2.6022	2.6075	2.6124	2.6152	2.6005	2.6103	2.6214	2.6611	2.5957	2.6609	2.6227	2.6325
Al (IV)	1.3978	1.3925	1.3876	1.3848	1.3995	1.3897	1.3786	1.3389	1.4043	1.3391	1.3773	1.3675
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.4019	1.4639	1.4571	1.3756	1.3703	1.3870	1.3675	1.4043	1.3573	1.3716	1.3782	1.3783
Mg (M2)	0.1929	0.1809	0.1727	0.2075	0.2084	0.2137	0.2184	0.2236	0.2266	0.2374	0.2218	0.2283
Fe(M2)	0.3902	0.3722	0.3778	0.3924	0.3918	0.3736	0.3768	0.3822	0.3748	0.3919	0.3884	0.3699
Al (M2)	0.4148	0.4113	0.4147	0.4047	0.4143	0.4141	0.4103	0.3615	0.4221	0.3544	0.3893	0.3965
v(M2)	0.0021	0.0357	0.0348	-0.0046	-0.0146	-0.0014	-0.0055	0.0327	-0.0235	0.0162	0.0005	0.0054
Mg (A4)	1.3123	1.2762	1.2219	1.3756	1.3922	1.4438	1.4593	1.4410	1.5119	1.4869	1.4433	1.5133
Fe (A4)	2.6546	2.6264	2.6739	2.6013	2.6173	2.5244	2.5172	2.4629	2.5003	2.4546	2.5276	2.4521
Al (A4)	0.0042	0.0714	0.0696	-0.0092	-0.0292	-0.0027	-0.0111	0.0654	-0.0470	0.0325	0.0009	0.0108
Σ okta	5.9973	5.9603	5.9736	6.0040	6.0098	5.9930	6.0024	5.9725	6.0152	5.9829	6.0091	5.9864
v	0.0021	0.0357	0.0348	-0.0046	-0.0146	-0.0014	-0.0055	0.0327	-0.0235	0.0162	0.0005	0.0054

Probe	137							**150**				
Meßfile	11355							11351				
	Chlorit											
Analyse	129	131	135	138	141	143	144	3	7	13	18	20
SiO_2	24.06	24.47	24.12	24.06	23.57	23.88	23.97	23.58	23.26	23.41	23.68	23.62
TiO_2	0.10	0.00	0.02	0.06	0.05	0.05	0.02	0.11	0.04	0.05	0.09	0.02
Al_2O_3	21.26	21.44	21.33	21.04	21.23	21.29	21.23	21.41	21.63	21.32	21.22	21.75
FeO_{tot}	31.55	31.06	31.36	30.75	31.51	31.96	31.10	32.08	33.32	32.38	31.93	32.45
MnO	0.28	0.28	0.38	0.31	0.30	0.36	0.32	0.27	0.31	0.26	0.25	0.34
MgO	10.68	10.29	10.13	10.33	9.93	9.55	10.12	9.67	8.45	9.44	9.83	8.71
CaO	0.00	0.01	0.02	0.04	0.08	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04
Na_2O	0.01	0.03	0.00	0.05	0.10	0.05	0.05	0.10	0.07	0.11	0.04	0.05
K_2O	0.01	0.04	0.05	0.09	0.06	0.01	0.03	0.10	0.06	0.10	0.04	0.10
Cr_2O_3	0.02	0.09	0.02	0.01	0.02	0.00	0.05	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
ΣGew.%	88.03	87.75	87.45	86.84	86.86	87.25	87.07	87.13	87.06	86.88	87.00	86.90
Si	2.6227	2.6647	2.6443	2.6535	2.6107	2.6368	2.6426	2.6027	2.5903	2.5979	2.6176	2.6186
Al (IV)	1.3773	1.3353	1.3557	1.3465	1.3893	1.3632	1.3574	1.3973	1.4097	1.4021	1.3824	1.3814
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3538	1.4162	1.4002	1.3882	1.3820	1.4071	1.4009	1.3878	1.4291	1.3862	1.3821	1.4603
Mg (M2)	0.2310	0.2248	0.2230	0.2266	0.2083	0.2087	0.2216	0.1985	0.1726	0.1966	0.2107	0.1808
Fe(M2)	0.3827	0.3807	0.3873	0.3784	0.3707	0.3917	0.3820	0.3694	0.3818	0.3783	0.3838	0.3778
Al (M2)	0.3981	0.3540	0.3674	0.3741	0.4247	0.3776	0.3747	0.4368	0.4358	0.4331	0.4056	0.4019
v(M2)	-0.0117	0.0405	0.0223	0.0209	-0.0037	0.0220	0.0217	-0.0047	0.0097	-0.0080	-0.0001	0.0395
Mg (A4)	1.5046	1.4457	1.4326	1.4718	1.4315	1.3633	1.4417	1.3927	1.2303	1.3651	1.4093	1.2588
Fe (A4)	2.4930	2.4476	2.4876	2.4574	2.5477	2.5591	2.4850	2.5915	2.7210	2.6264	2.5676	2.6304
Al (A4)	-0.0235	0.0809	0.0445	0.0418	-0.0073	0.0439	0.0434	-0.0095	0.0195	-0.0160	-0.0003	0.0789
Σ okta	6.0027	5.9539	5.9770	5.9845	6.0119	5.9800	5.9775	6.0133	5.9935	6.0214	5.9998	5.9713
v	-0.0117	0.0405	0.0223	0.0209	-0.0037	0.0220	0.0217	-0.0047	0.0097	-0.0080	-0.0001	0.0395

Probe	150	**158**					158				
Meßfile	11351	11350					10012				
	Chlorit										
Analyse	22	12	20	44	49	62	b-17	b-20	b-21	b-35	b-37
SiO_2	23.87	23.85	24.44	23.89	23.99	24.07	24.48	24.30	24.63	24.94	23.26
TiO_2	0.04	0.01	0.05	0.05	0.05	0.06	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
Al_2O_3	21.75	20.20	20.95	20.63	21.21	21.41	20.92	21.35	21.14	20.23	19.50
FeO_{tot}	32.26	28.28	28.10	28.58	28.89	29.19	27.86	28.24	28.24	28.15	27.63
MnO	0.29	1.33	1.24	1.02	1.15	1.65	1.90	1.69	2.08	1.26	1.65
MgO	9.41	10.63	10.98	11.02	11.10	10.51	10.96	11.59	11.41	11.35	10.59
CaO	0.00	0.06	0.03	0.06	0.00	0.02	0.27	0.01	0.22	0.04	0.12
Na_2O	0.00	0.06	0.07	0.05	0.00	0.01	0.02	0.04	0.09	0.07	0.13
K_2O	0.10	0.08	0.28	0.03	0.00	0.03	0.16	0.13	0.03	0.16	0.04
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.00	0.06	0.01	0.00	0.06	0.01	0.00	0.01	0.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06
ΣGew.%	87.62	84.35	85.79	85.27	86.41	86.91	86.63	87.40	87.88	86.25	83.02
Si	2.6197	2.6878	2.6903	2.6604	2.6396	2.6409	2.6839	2.6400	2.6650	2.7395	2.6776
Al (IV)	1.3803	1.3122	1.3097	1.3396	1.3604	1.3591	1.3161	1.3600	1.3350	1.2605	1.3224
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.4329	1.3705	1.4080	1.3679	1.3898	1.4092	1.3870	1.3741	1.3601	1.3585	1.3232
Mg (M2)	0.1984	0.2552	0.2473	0.2507	0.2501	0.2347	0.2444	0.2585	0.2554	0.2761	0.2586
Fe(M2)	0.3814	0.3808	0.3549	0.3646	0.3652	0.3657	0.3486	0.3533	0.3548	0.3840	0.3786
Al (M2)	0.3939	0.3348	0.3487	0.3706	0.3700	0.3746	0.3715	0.3811	0.3773	0.2910	0.3624
v(M2)	0.0263	0.0291	0.0491	0.0141	0.0147	0.0250	0.0355	0.0071	0.0125	0.0490	0.0004
Mg (A4)	1.3413	1.5307	1.5546	1.5789	1.5706	1.4843	1.5469	1.6183	1.5841	1.5832	1.5580
Fe (A4)	2.5791	2.2841	2.2315	2.2967	2.2928	2.3123	2.2059	2.2123	2.2001	2.2021	2.2805
Al (A4)	0.0527	0.0583	0.0983	0.0283	0.0294	0.0500	0.0709	0.0142	0.0251	0.0980	0.0008
Σ okta	5.9774	5.9810	5.9738	5.9813	5.9799	5.9732	5.9685	6.0025	5.9959	5.9648	6.0114
v	0.0263	0.0291	0.0491	0.0141	0.0147	0.0250	0.0355	0.0071	0.0125	0.0490	0.0004

Probe	158							
Meßfile	10012 Chlorit							
Analyse	b-40	b-41	b-46	b-49	b-51	b-53	b-54	b-54
SiO_2	24.42	24.06	24.08	24.45	24.47	24.19	24.41	24.41
TiO_2	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
Al_2O_3	21.19	20.98	20.33	20.44	20.99	21.26	20.46	20.46
FeO_{tot}	28.53	28.57	28.87	28.69	28.03	28.99	28.75	28.75
MnO	1.09	1.16	1.00	1.15	1.41	1.21	1.19	1.19
MgO	11.80	11.60	11.73	11.72	11.70	11.87	11.77	11.77
CaO	0.00	0.02	0.05	0.01	0.06	0.00	0.02	0.02
Na_2O	0.01	0.09	0.08	0.06	0.07	0.02	0.02	0.02
K_2O	0.02	0.05	0.02	0.00	0.04	0.02	0.05	0.05
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01
ΣGew.%	87.07	86.57	86.17	86.56	86.84	87.63	86.74	86.74
Si	2.6559	2.6401	2.6601	2.6830	2.6699	2.6246	2.6756	2.6756
Al (IV)	1.3441	1.3599	1.3399	1.3170	1.3301	1.3754	1.3244	1.3244
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3722	1.3534	1.3068	1.3263	1.3689	1.3433	1.3179	1.3179
Mg (M2)	0.2702	0.2610	0.2768	0.2810	0.2682	0.2652	0.2800	0.2800
Fe(M2)	0.3664	0.3605	0.3821	0.3858	0.3603	0.3635	0.3835	0.3835
Al (M2)	0.3494	0.3817	0.3577	0.3286	0.3521	0.3874	0.3397	0.3397
v(M2)	0.0141	-0.0032	-0.0165	0.0046	0.0194	-0.0161	-0.0033	-0.0033
Mg (A4)	1.6432	1.6373	1.6549	1.6371	1.6346	1.6540	1.6439	1.6439
Fe (A4)	2.2281	2.2616	2.2845	2.2470	2.1964	2.2667	2.2518	2.2518
Al (A4)	0.0281	-0.0065	-0.0331	0.0093	0.0388	-0.0321	-0.0065	-0.0065
Σ okta	5.9863	6.0120	6.0248	6.0001	5.9883	6.0142	6.0056	6.0056
v	0.0141	-0.0032	-0.0165	0.0046	0.0194	-0.0161	-0.0033	-0.0033

Probe	158		**159**									159
Meßfile	10022 Chlorit		11349									10018
Analyse	c-82	c-84	3	5	8	9	16	17	18	27	29	a-7
SiO_2	24.29	24.41	24.23	24.11	23.98	24.23	24.31	24.13	24.34	24.17	24.01	25.93
TiO_2	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.08	0.06	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Al_2O_3	20.23	20.92	21.62	21.67	21.57	21.50	21.62	21.48	21.68	21.40	21.22	22.49
FeO_{tot}	27.29	27.67	28.82	28.87	29.21	29.43	29.02	29.08	29.02	28.77	28.89	27.52
MnO	1.12	1.27	1.53	1.33	1.25	1.32	1.44	1.43	1.25	1.80	1.51	1.46
MgO	11.73	11.84	11.14	11.25	11.18	11.12	11.05	11.04	11.21	10.99	10.96	11.60
CaO	0.06	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.06	0.03	0.01
Na_2O	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00
K_2O	0.03	0.05	0.05	0.03	0.02	0.03	0.09	0.03	0.03	0.00	0.01	0.50
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
ΣGew.%	84.88	86.23	87.36	87.26	87.26	87.69	87.53	87.20	87.54	87.16	86.65	89.54
Si	2.7035	2.6739	2.6342	2.6236	2.6154	2.6303	2.6378	2.6332	2.6391	2.6379	2.6379	2.7184
Al (IV)	1.2965	1.3261	1.3658	1.3764	1.3846	1.3697	1.3622	1.3668	1.3609	1.3621	1.3621	1.2816
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3571	1.3755	1.4042	1.4026	1.3878	1.3809	1.4025	1.3956	1.4095	1.3905	1.3854	1.4979
Mg (M2)	0.2826	0.2757	0.2467	0.2463	0.2435	0.2430	0.2399	0.2464	0.2474	0.2466	0.2473	0.2450
Fe(M2)	0.3689	0.3612	0.3580	0.3545	0.3569	0.3607	0.3534	0.3641	0.3592	0.3620	0.3657	0.3262
Al (M2)	0.3183	0.3384	0.3760	0.3862	0.3980	0.3906	0.3866	0.3751	0.3691	0.3772	0.3753	0.3207
v(M2)	0.0303	0.0247	0.0192	0.0131	0.0016	0.0056	0.0202	0.0144	0.0243	0.0142	0.0116	0.1082
Mg (A4)	1.6628	1.6589	1.5588	1.5788	1.5743	1.5566	1.5476	1.5496	1.5647	1.5416	1.5478	1.5675
Fe (A4)	2.1708	2.1736	2.2619	2.2725	2.3070	2.3107	2.2797	2.2894	2.2719	2.2636	2.2884	2.0869
Al (A4)	0.0606	0.0494	0.0384	0.0262	0.0032	0.0113	0.0403	0.0288	0.0486	0.0284	0.0233	0.2163
Σ okta	5.9743	5.9790	5.9826	5.9857	5.9930	5.9897	5.9784	5.9839	5.9740	5.9865	5.9855	5.9234
v	0.0303	0.0247	0.0192	0.0131	0.0016	0.0056	0.0202	0.0144	0.0243	0.0142	0.0116	0.1082

Probe	159											
Meßfile	10018											
	Chlorit											
Analyse	a-8	a-9	a-10	a-12	a-14	a-15	a-17	a-18	a-24	a-26	a-28	a-30
SiO_2	24.85	24.45	23.83	24.01	24.30	24.67	23.99	24.08	24.61	24.03	24.56	24.69
TiO_2	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05	0.06	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05
Al_2O_3	21.21	21.30	21.38	21.55	21.28	21.70	21.18	21.39	21.14	21.26	21.32	21.15
FeO_{tot}	28.29	28.98	28.86	28.74	28.80	28.43	28.94	29.26	28.21	28.69	28.73	28.60
MnO	1.65	1.41	1.85	1.33	1.76	1.58	1.68	1.45	1.84	2.04	1.37	1.39
MgO	12.06	12.02	11.28	11.79	11.33	11.33	11.52	11.67	11.67	11.04	12.14	12.15
CaO	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.04	0.04	0.04	0.02
Na_2O	0.02	0.04	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.02	0.07	0.03	0.01	0.00
K_2O	0.13	0.03	0.04	0.02	0.04	0.24	0.05	0.04	0.09	0.04	0.04	0.00
Cr_2O_3	0.00	0.06	0.04	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.05	0.03	0.01	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.07	0.00
ΣGew.%	88.31	88.35	87.34	87.51	87.67	88.08	87.54	87.95	87.73	87.25	88.31	88.05
Si	2.6679	2.6314	2.6041	2.6063	2.6403	2.6565	2.6161	2.6105	2.6628	2.6279	2.6403	2.6574
Al (IV)	1.3321	1.3686	1.3959	1.3937	1.3597	1.3435	1.3839	1.3895	1.3372	1.3721	1.3597	1.3426
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3514	1.3327	1.3568	1.3632	1.3655	1.4104	1.3382	1.3423	1.3583	1.3673	1.3410	1.3406
Mg (M2)	0.2757	0.2675	0.2488	0.2567	0.2551	0.2454	0.2578	0.2595	0.2656	0.2471	0.2726	0.2795
Fe(M2)	0.3628	0.3617	0.3571	0.3511	0.3638	0.3453	0.3632	0.3648	0.3601	0.3600	0.3619	0.3689
Al (M2)	0.3518	0.3888	0.4136	0.4074	0.3782	0.3758	0.4018	0.3994	0.3637	0.3953	0.3749	0.3526
v(M2)	0.0097	-0.0180	-0.0195	-0.0152	0.0029	0.0334	-0.0228	-0.0236	0.0106	-0.0024	-0.0093	-0.0010
Mg (A4)	1.6540	1.6609	1.5884	1.6507	1.5797	1.5740	1.6154	1.6268	1.6175	1.5531	1.6728	1.6701
Fe (A4)	2.1771	2.2462	2.2796	2.2574	2.2529	2.2148	2.2756	2.2870	2.1928	2.2629	2.2210	2.2049
Al (A4)	0.0194	-0.0359	-0.0391	-0.0305	0.0058	0.0669	-0.0457	-0.0473	0.0211	-0.0049	-0.0187	-0.0020
Σ okta	5.9975	6.0136	6.0126	6.0117	5.9917	5.9816	6.0264	6.0262	5.9988	5.9988	6.0103	5.9972
v	0.0097	-0.0180	-0.0195	-0.0152	0.0029	0.0334	-0.0228	-0.0236	0.0106	-0.0024	-0.0093	-0.0010

Probe	159								**178**			
Meßfile	10012								10008			
	Chlorit											
Analyse	b-1	b-3	b-5	b-7	b-10	b-11	b-13	b-15	1	2	5	6
SiO_2	24.82	25.06	23.94	23.77	24.50	23.62	23.24	24.27	24.80	24.72	24.64	24.22
TiO_2	0.05	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.08	0.09	0.14	0.03
Al_2O_3	21.40	21.76	21.16	21.15	21.03	21.34	20.55	21.16	20.11	20.23	20.58	20.19
FeO_{tot}	27.82	28.04	28.56	28.65	28.45	28.55	27.99	28.68	30.37	30.93	30.13	30.25
MnO	1.72	1.47	1.43	1.60	1.13	1.43	1.60	1.27	0.70	0.63	0.63	0.63
MgO	11.10	11.67	11.47	11.25	11.89	11.36	11.27	11.65	11.55	11.76	11.36	11.70
CaO	0.06	0.06	0.03	0.03	0.05	0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06
Na_2O	0.01	0.03	0.03	0.05	0.04	0.02	0.07	0.05	0.00	0.01	0.01	0.02
K_2O	0.15	0.28	0.03	0.04	0.05	0.15	0.04	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00
Cr_2O_3	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0.11	0.03	0.00	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.11	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
ΣGew.%	87.26	88.44	86.70	86.60	87.19	86.51	84.90	87.24	87.75	88.44	87.56	87.16
Si	2.6930	2.6778	2.6261	2.6162	2.6624	2.6005	2.6104	2.6436	2.6995	2.6754	2.6826	2.6576
Al (IV)	1.3070	1.3222	1.3739	1.3838	1.3376	1.3995	1.3896	1.3564	1.3005	1.3246	1.3174	1.3424
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.4302	1.4174	1.3616	1.3590	1.3558	1.3692	1.3310	1.3597	1.2787	1.2563	1.3228	1.2686
Mg (M2)	0.2498	0.2518	0.2576	0.2504	0.2708	0.2473	0.2556	0.2616	0.2754	0.2774	0.2612	0.2756
Fe(M2)	0.3512	0.3395	0.3598	0.3577	0.3635	0.3484	0.3560	0.3613	0.4062	0.4094	0.3886	0.3996
Al (M2)	0.3373	0.3611	0.3887	0.4042	0.3566	0.4195	0.4178	0.3755	0.3293	0.3474	0.3474	0.3617
v(M2)	0.0616	0.0476	-0.0061	-0.0124	0.0091	-0.0152	-0.0293	0.0017	-0.0109	-0.0342	0.0027	-0.0369
Mg (A4)	1.5458	1.6063	1.6186	1.5958	1.6554	1.6178	1.6324	1.6291	1.5992	1.6199	1.5824	1.6390
Fe (A4)	2.1728	2.1654	2.2607	2.2794	2.2223	2.2796	2.2738	2.2502	2.3583	2.3905	2.3543	2.3764
Al (A4)	0.1232	0.0951	-0.0123	-0.0248	0.0182	-0.0303	-0.0586	0.0033	-0.0218	-0.0683	0.0054	-0.0738
Σ okta	5.9423	5.9700	6.0082	6.0158	5.9956	6.0239	6.0318	6.0004	5.9917	6.0242	5.9880	6.0312
v	0.0616	0.0476	-0.0061	-0.0124	0.0091	-0.0152	-0.0293	0.0017	-0.0109	-0.0342	0.0027	-0.0369

Probe	178											
Meßfile	10008 Chlorit											
Analyse	9	12	18	21	24	26	29	31	32	38	43	45
SiO_2	24.01	25.02	24.81	24.15	24.84	24.53	25.42	24.09	25.08	24.21	23.96	24.08
TiO_2	0.04	0.02	0.04	0.07	0.03	0.04	0.00	0.06	0.04	0.02	0.04	0.05
Al_2O_3	20.34	20.30	20.20	20.23	20.46	20.92	20.43	20.32	20.75	20.56	20.57	20.62
FeO_{tot}	29.92	29.24	30.01	29.61	30.29	30.02	30.00	30.59	30.12	31.03	30.83	30.88
MnO	0.66	0.72	0.65	0.65	0.66	0.65	0.61	0.67	0.57	0.73	0.57	0.64
MgO	11.00	11.15	10.66	11.37	11.23	11.37	11.27	11.78	11.48	11.78	11.74	11.72
CaO	0.07	0.05	0.03	0.05	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Na_2O	0.03	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
K_2O	0.03	0.05	0.38	0.05	0.02	0.05	0.07	0.05	0.05	0.02	0.08	0.06
Cr_2O_3	0.03	0.03	0.09	0.03	0.04	0.04	0.04	0.07	0.02	0.08	0.03	0.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
ΣGew.%	86.14	86.62	86.91	86.22	87.59	87.68	87.85	87.67	88.13	88.47	87.83	88.06
Si	2.6642	2.7411	2.7281	2.6717	2.7047	2.6652	2.7495	2.6340	2.7058	2.6264	2.6170	2.6217
Al (IV)	1.3358	1.2589	1.2719	1.3283	1.2953	1.3348	1.2505	1.3660	1.2942	1.3736	1.3830	1.3783
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3242	1.3620	1.3457	1.3096	1.3298	1.3440	1.3530	1.2523	1.3441	1.2546	1.2641	1.2674
Mg (M2)	0.2558	0.2709	0.2482	0.2666	0.2686	0.2575	0.2763	0.2701	0.2689	0.2693	0.2666	0.2675
Fe(M2)	0.3904	0.3985	0.3920	0.3895	0.4065	0.3812	0.4126	0.3935	0.3959	0.3980	0.3928	0.3952
Al (M2)	0.3596	0.2790	0.3229	0.3533	0.3077	0.3566	0.2599	0.3932	0.3102	0.3923	0.4000	0.3927
v(M2)	-0.0058	0.0516	0.0369	-0.0094	0.0172	0.0046	0.0513	-0.0569	0.0249	-0.0595	-0.0594	-0.0554
Mg (A4)	1.5635	1.5500	1.4986	1.6084	1.5534	1.5850	1.5406	1.6491	1.5769	1.6351	1.6442	1.6358
Fe (A4)	2.3860	2.2798	2.3666	2.3499	2.3508	2.3464	2.3006	2.4025	2.3215	2.4168	2.4221	2.4163
Al (A4)	-0.0116	0.1032	0.0738	-0.0188	0.0345	0.0092	0.1025	-0.1137	0.0499	-0.1190	-0.1189	-0.1108
Σ okta	6.0040	5.9495	5.9769	6.0034	5.9774	5.9922	5.9488	6.0501	5.9736	6.0519	6.0590	6.0544
v	-0.0058	0.0516	0.0369	-0.0094	0.0172	0.0046	0.0513	-0.0569	0.0249	-0.0595	-0.0594	-0.0554

Probe	178											178
Meßfile	10008 Chlorit											10008
Analyse	47	50	51	52	56	58	60	61	64	66	69	78
SiO_2	24.50	24.50	25.21	25.02	23.99	25.03	24.53	24.31	24.75	24.31	24.97	25.26
TiO_2	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02	0.07	0.05	0.05	0.09	0.04	0.08	0.11
Al_2O_3	20.62	20.67	20.66	19.51	19.93	20.51	20.67	20.79	20.19	20.46	20.18	20.34
FeO_{tot}	31.21	30.90	30.37	31.04	29.90	30.33	30.51	30.97	30.41	30.16	30.44	29.46
MnO	0.64	0.61	0.71	0.67	0.66	0.70	0.65	0.71	0.62	0.66	0.66	0.52
MgO	11.65	11.46	11.21	11.86	11.25	11.50	11.75	11.96	11.43	11.92	11.00	11.40
CaO	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Na_2O	0.04	0.03	0.00	0.04	0.08	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.02
K_2O	0.00	0.05	0.02	0.06	0.06	0.05	0.02	0.05	0.04	0.05	0.12	0.22
Cr_2O_3	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.04	0.02	0.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ΣGew.%	88.77	88.28	88.24	88.20	85.91	88.26	88.21	88.87	87.56	87.66	87.50	87.38
Si	2.6455	2.6565	2.7208	2.7189	2.6723	2.7035	2.6563	2.6217	2.6995	2.6491	2.7259	2.7434
Al (IV)	1.3545	1.3435	1.2792	1.2811	1.3277	1.2965	1.3437	1.3783	1.3005	1.3509	1.2741	1.2566
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.2703	1.2979	1.3485	1.2185	1.2881	1.3139	1.2937	1.2640	1.2949	1.2763	1.3219	1.3471
Mg (M2)	0.2673	0.2646	0.2696	0.3007	0.2708	0.2714	0.2719	0.2709	0.2742	0.2768	0.2650	0.2689
Fe(M2)	0.4016	0.4002	0.4096	0.4414	0.4038	0.4015	0.3961	0.3934	0.4093	0.3930	0.4115	0.3899
Al (M2)	0.3732	0.3581	0.2861	0.2893	0.3452	0.3184	0.3570	0.3928	0.3194	0.3675	0.2996	0.2959
v(M2)	-0.0421	-0.0228	0.0346	-0.0313	-0.0198	0.0087	-0.0250	-0.0572	-0.0028	-0.0373	0.0239	0.0453
Mg (A4)	1.6085	1.5879	1.5344	1.6211	1.5966	1.5804	1.6242	1.6514	1.5840	1.6590	1.5243	1.5761
Fe (A4)	2.4169	2.4017	2.3310	2.3797	2.3806	2.3381	2.3661	2.3986	2.3645	2.3551	2.3672	2.2853
Al (A4)	-0.0842	-0.0457	0.0693	-0.0626	-0.0396	0.0174	-0.0500	-0.1143	-0.0056	-0.0746	0.0478	0.0905
Σ okta	6.0348	6.0246	5.9653	6.0391	6.0310	5.9876	6.0245	6.0603	6.0008	6.0314	5.9760	5.9620
v	-0.0421	-0.0228	0.0346	-0.0313	-0.0198	0.0087	-0.0250	-0.0572	-0.0028	-0.0373	0.0239	0.0453

Probe	**195**											
Meßfile	10009a Chlorit											
Analyse	74	75	77	80	84	86	90	95	96	101	102	104
SiO_2	24.67	24.72	24.39	24.59	24.41	25.11	24.89	24.96	24.56	24.64	24.75	24.57
TiO_2	0.08	0.05	0.05	0.04	0.06	0.03	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05	0.07
Al_2O_3	21.08	20.80	21.25	21.03	21.00	21.31	21.46	21.98	21.22	21.38	21.75	21.13
FeO_{tot}	29.12	29.55	29.50	29.43	28.95	29.80	30.19	29.98	30.10	30.11	29.64	29.06
MnO	0.31	0.47	0.36	0.40	0.37	0.40	0.33	0.34	0.41	0.40	0.31	0.36
MgO	12.23	12.58	11.99	11.96	12.56	12.68	11.75	11.19	12.18	11.50	11.18	11.84
CaO	0.11	0.07	0.06	0.07	0.12	0.04	0.02	0.05	0.01	0.00	0.07	0.12
Na_2O	0.04	0.02	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00
K_2O	0.05	0.02	0.03	0.07	0.02	0.05	0.04	0.11	0.00	0.05	0.07	0.05
Cr_2O_3	0.04	0.03	0.01	0.08	0.00	0.02	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
ΣGew.%	87.74	88.32	87.65	87.68	87.54	89.44	88.75	88.66	88.57	88.14	87.86	87.21
Si	2.6607	2.6560	2.6399	2.6604	2.6395	2.6596	2.6621	2.6672	2.6360	2.6569	2.6678	2.6655
Al (IV)	1.3393	1.3440	1.3601	1.3396	1.3605	1.3404	1.3379	1.3328	1.3640	1.3431	1.3322	1.3345
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3396	1.2905	1.3497	1.3412	1.3166	1.3189	1.3665	1.4358	1.3199	1.3736	1.4306	1.3680
Mg (M2)	0.2665	0.2848	0.2631	0.2647	0.2761	0.2825	0.2589	0.2378	0.2693	0.2554	0.2384	0.2608
Fe(M2)	0.3559	0.3752	0.3630	0.3653	0.3570	0.3724	0.3730	0.3574	0.3734	0.3750	0.3546	0.3590
Al (M2)	0.3775	0.3668	0.3791	0.3692	0.3889	0.3557	0.3538	0.3533	0.3794	0.3543	0.3578	0.3634
v(M2)	0.0001	-0.0267	-0.0052	0.0008	-0.0220	-0.0107	0.0143	0.0515	-0.0221	0.0153	0.0492	0.0168
Mg (A4)	1.7005	1.7307	1.6715	1.6645	1.7487	1.7193	1.6147	1.5446	1.6788	1.5933	1.5572	1.6551
Fe (A4)	2.2706	2.2800	2.3061	2.2973	2.2610	2.2663	2.3265	2.3218	2.3277	2.3394	2.3162	2.2779
Al (A4)	0.0002	-0.0534	-0.0104	0.0016	-0.0439	-0.0215	0.0286	0.1030	-0.0442	0.0305	0.0984	0.0335
Σ okta	5.9959	6.0227	6.0032	5.9909	6.0223	6.0108	5.9814	5.9516	6.0127	5.9865	5.9559	5.9802
v	0.0001	-0.0267	-0.0052	0.0008	-0.0220	-0.0107	0.0143	0.0515	-0.0221	0.0153	0.0492	0.0168

Probe	195	**208**										
Meßfile	10009a Chlorit	10009a										
Analyse	106	110	111	114	118	121	122	126	129	130	132	135
SiO_2	24.73	24.54	24.29	24.60	24.28	24.23	23.78	24.49	24.51	24.59	24.59	24.95
TiO_2	0.02	0.05	0.03	0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	0.06	0.03	0.07	0.03
Al_2O_3	21.40	20.78	20.66	21.25	20.64	20.89	20.59	21.09	20.44	21.24	21.14	20.12
FeO_{tot}	29.93	29.92	29.65	29.84	29.18	30.16	29.66	30.06	29.54	29.73	29.79	29.29
MnO	0.44	0.43	0.40	0.36	0.32	0.47	0.48	0.40	0.44	0.39	0.40	0.44
MgO	11.85	12.11	11.87	11.96	11.72	12.13	12.12	11.05	11.79	11.58	11.81	12.23
CaO	0.02	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.02	0.03	0.01	0.01
Na_2O	0.00	0.03	0.06	0.02	0.02	0.07	0.03	0.00	0.10	0.02	0.06	0.02
K_2O	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04	0.02	0.07	0.12	0.03	0.02	0.06
Cr_2O_3	0.00	0.03	0.06	0.02	0.00	0.02	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.03
ΣGew.%	88.44	87.94	87.18	88.15	86.22	88.05	86.78	87.28	87.04	87.67	87.88	87.17
Si	2.6544	2.6546	2.6524	2.6489	2.6706	2.6247	2.6135	2.6706	2.6783	2.6624	2.6563	2.7153
Al (IV)	1.3456	1.3454	1.3476	1.3511	1.3294	1.3753	1.3865	1.3294	1.3217	1.3376	1.3437	1.2847
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3615	1.3035	1.3109	1.3459	1.3469	1.2911	1.2797	1.3815	1.3104	1.3722	1.3482	1.2952
Mg (M2)	0.2642	0.2753	0.2660	0.2643	0.2723	0.2712	0.2735	0.2481	0.2703	0.2589	0.2628	0.2985
Fe(M2)	0.3741	0.3816	0.3728	0.3700	0.3803	0.3783	0.3754	0.3785	0.3798	0.3728	0.3718	0.4012
Al (M2)	0.3538	0.3641	0.3795	0.3683	0.3386	0.3925	0.4045	0.3474	0.3556	0.3509	0.3632	0.2950
v(M2)	0.0080	-0.0209	-0.0183	-0.0026	0.0087	-0.0421	-0.0534	0.0261	-0.0057	0.0173	0.0022	0.0052
Mg (A4)	1.6322	1.6775	1.6656	1.6554	1.6494	1.6875	1.7121	1.5487	1.6506	1.6105	1.6398	1.6847
Fe (A4)	2.3116	2.3250	2.3342	2.3171	2.3038	2.3536	2.3498	2.3624	2.3197	2.3188	2.3193	2.2643
Al (A4)	0.0159	-0.0419	-0.0366	-0.0053	0.0175	-0.0842	-0.1068	0.0521	-0.0113	0.0346	0.0045	0.0105
Σ okta	5.9926	6.0206	6.0170	6.0002	5.9929	6.0471	6.0535	5.9747	6.0157	5.9848	6.0000	5.9981
v	0.0080	-0.0209	-0.0183	-0.0026	0.0087	-0.0421	-0.0534	0.0261	-0.0057	0.0173	0.0022	0.0052

Probe	208								
Meßfile	10009a Chlorit								
Analyse	137	140	142	143	146	148	151	153	155
SiO_2	24.45	25.32	26.05	24.08	24.20	24.42	24.89	24.53	24.68
TiO_2	0.10	0.04	0.04	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.04
Al_2O_3	20.71	20.94	22.18	21.03	20.91	20.92	21.35	21.29	21.26
FeO_{tot}	29.57	28.66	28.91	30.86	29.89	29.82	30.72	30.64	30.29
MnO	0.50	0.47	0.42	0.50	0.46	0.36	0.40	0.51	0.51
MgO	11.05	11.76	11.29	11.00	11.95	12.34	11.51	10.90	10.46
CaO	0.15	0.03	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07
Na_2O	0.04	0.04	0.06	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01
K_2O	0.03	0.27	0.21	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03
Cr_2O_3	0.03	0.01	0.04	0.03	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
ΣGew.%	86.62	87.55	89.25	87.65	87.50	87.93	88.92	87.89	87.36
Si	2.6843	2.7297	2.7417	2.6300	2.6334	2.6399	2.6649	2.6623	2.6901
Al (IV)	1.3157	1.2703	1.2583	1.3700	1.3666	1.3601	1.3351	1.3377	1.3099
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.3640	1.3901	1.4929	1.3369	1.3142	1.3043	1.3583	1.3846	1.4212
Mg (M2)	0.2466	0.2688	0.2418	0.2423	0.2693	0.2802	0.2586	0.2469	0.2351
Fe(M2)	0.3704	0.3674	0.3473	0.3811	0.3778	0.3799	0.3871	0.3893	0.3820
Al (M2)	0.3588	0.3039	0.2936	0.3931	0.3792	0.3678	0.3427	0.3404	0.3273
v(M2)	0.0242	0.0599	0.1173	-0.0166	-0.0262	-0.0279	0.0116	0.0234	0.0556
Mg (A4)	1.5612	1.6217	1.5300	1.5495	1.6690	1.7076	1.5781	1.5158	1.4637
Fe (A4)	2.3442	2.2162	2.1976	2.4372	2.3415	2.3154	2.3626	2.3906	2.3783
Al (A4)	0.0483	0.1197	0.2345	-0.0331	-0.0524	-0.0558	0.0232	0.0469	0.1112
Σ okta	5.9701	5.9578	5.8951	6.0092	6.0191	6.0308	5.9850	5.9777	5.9443
v	0.0242	0.0599	0.1173	-0.0166	-0.0262	-0.0279	0.0116	0.0234	0.0556

Probe	**135**											
Meßfile	11355											11354
	Chlorit											
Analyse	6	8	21	26	28	29	30	31	74	75	76	11
SiO_2	26.76	26.81	26.46	27.34	26.36	26.42	26.23	26.71	26.83	26.30	26.21	26.76
TiO_2	0.10	0.01	0.06	0.02	0.14	0.03	0.01	0.00	0.07	0.12	0.06	0.03
Al_2O_3	19.19	19.37	19.30	18.55	19.19	19.03	19.27	19.05	18.29	18.44	19.00	19.35
FeO_{tot}	24.67	24.33	24.05	24.11	23.94	24.62	24.35	23.82	24.52	24.31	24.03	24.25
MnO	0.36	0.37	0.39	0.46	0.41	0.36	0.36	0.49	0.46	0.34	0.44	0.40
MgO	16.36	16.25	16.42	16.79	16.07	15.78	16.50	16.11	15.98	15.66	15.34	16.23
CaO	0.06	0.08	0.03	0.08	0.06	0.05	0.09	0.06	0.03	0.08	0.26	0.03
Na_2O	0.03	0.06	0.02	0.05	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02	0.08	0.02	0.02
K_2O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02
Cr_2O_3	0.04	0.04	0.09	0.04	0.09	0.00	0.02	0.08	0.02	0.13	0.16	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
ΣGew.%	87.56	87.43	86.84	87.47	86.28	86.33	86.86	86.41	86.25	85.57	85.56	87.17
Si	2.8156	2.8229	2.8020	2.8722	2.8094	2.8230	2.7830	2.8403	2.8693	2.8394	2.8238	2.8233
Al (IV)	1.1844	1.1771	1.1980	1.1278	1.1906	1.1770	1.2170	1.1597	1.1307	1.1606	1.1762	1.1767
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.1952	1.2264	1.2106	1.1688	1.2198	1.2193	1.1924	1.2276	1.1745	1.1855	1.2362	1.2293
Mg (M2)	0.4224	0.4213	0.4224	0.4594	0.4103	0.4204	0.4256	0.4285	0.4440	0.4122	0.3879	0.4246
Fe(M2)	0.3572	0.3538	0.3470	0.3700	0.3428	0.3679	0.3523	0.3554	0.3821	0.3589	0.3409	0.3559
Al (M2)	0.2150	0.2002	0.2243	0.1501	0.2323	0.1906	0.2345	0.1821	0.1520	0.2164	0.2412	0.1932
v(M2)	0.0054	0.0246	0.0063	0.0205	0.0146	0.0211	-0.0123	0.0339	0.0219	0.0125	0.0300	0.0263
Mg (A4)	2.1439	2.1294	2.1699	2.1702	2.1431	2.0933	2.1843	2.1254	2.1038	2.1083	2.0759	2.1282
Fe (A4)	1.8133	1.7883	1.7826	1.7479	1.7907	1.8319	1.8080	1.7626	1.8106	1.8357	1.8240	1.7835
Al (A4)	0.0108	0.0493	0.0126	0.0410	0.0292	0.0423	-0.0246	0.0679	0.0439	0.0249	0.0600	0.0526
Σ okta	5.9848	5.9770	5.9797	5.9780	5.9638	5.9795	6.0121	5.9615	5.9740	5.9716	5.9495	5.9697
v	0.0054	0.0246	0.0063	0.0205	0.0146	0.0211	-0.0123	0.0339	0.0219	0.0125	0.0300	0.0263

Probe	135			135	135							
Meßfile	11354			11353	10995							
	Chlorit											
Analyse	12	13	7	22	5	6	7	8	9	10	11	13
SiO_2	26.24	27.41	27.95	26.46	27.38	28.51	27.34	28.54	28.00	28.05	27.44	28.15
TiO_2	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.07	0.02	0.10	0.26	0.06
Al_2O_3	19.05	19.10	19.69	19.27	19.62	18.31	18.37	17.47	17.98	18.59	18.68	17.96
FeO_{tot}	24.64	24.28	23.64	24.55	24.35	22.88	23.91	23.96	24.00	23.40	23.04	23.28
MnO	0.40	0.37	0.36	0.43	0.34	0.44	0.34	0.41	0.39	0.42	0.39	0.50
MgO	16.29	16.08	15.93	16.68	16.02	16.75	16.50	17.11	16.70	16.31	15.72	15.70
CaO	0.03	0.24	0.20	0.04	0.06	0.09	0.10	0.10	0.07	0.10	0.09	0.14
Na_2O	0.07	0.04	0.00	0.03	0	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
K_2O	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.05	0.01	0.02
Cr_2O_3	0.04	0.04	0.06	0.02	0.09	0.04	0.08	0.04	0.06	0.07	0.06	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.03	0.00	0.07	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02
ΣGew.%	86.87	87.67	87.93	87.57	88.10	87.25	86.88	87.87	87.56	87.15	85.94	86.02
Si	2.7915	2.8725	2.9004	2.7866	2.8562	2.9765	2.8927	2.9786	2.9413	2.9398	2.9212	2.9945
Al (IV)	1.2085	1.1275	1.0996	1.2134	1.1438	1.0235	1.1073	1.0214	1.0587	1.0602	1.0788	1.0055
Σ tetra	4	4	4	4	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Al(VI)	1.1799	1.2314	1.3085	1.1782	1.2682	1.2294	1.1832	1.1274	1.1671	1.2358	1.2648	1.2461
Mg (M2)	0.4236	0.4205	0.4128	0.4294	0.4156	0.4809	0.4548	0.5016	0.4798	0.4499	0.4210	0.4620
Fe(M2)	0.3594	0.3561	0.3436	0.3545	0.3543	0.3685	0.3696	0.3939	0.3867	0.3620	0.3461	0.3843
Al (M2)	0.2312	0.1714	0.1392	0.2337	0.1679	0.0477	0.1377	0.0515	0.0793	0.1003	0.1400	0.0334
v(M2)	-0.0143	0.0520	0.1045	-0.0176	0.0622	0.1030	0.0380	0.0530	0.0542	0.0878	0.0930	0.1203
Mg (A4)	2.1600	2.0917	2.0517	2.1894	2.0758	2.1262	2.1479	2.1606	2.1355	2.0985	2.0739	2.0278
Fe (A4)	1.8325	1.7715	1.7077	1.8074	1.7697	1.6290	1.7457	1.6971	1.7214	1.6887	1.7049	1.6865
Al (A4)	-0.0285	0.1039	0.2089	-0.0352	0.1244	0.2059	0.0759	0.1061	0.1084	0.1756	0.1860	0.2406
Σ okta	6.0139	5.9432	5.8841	6.0141	5.9235	5.8895	5.9491	5.9395	5.9388	5.9000	5.8803	5.8773
v	-0.0143	0.0520	0.1045	-0.0176	0.0622	0.1030	0.0380	0.0530	0.0542	0.0878	0.0930	0.1203

Probe	135											**401**
Meßfile	10995 Chlorit											10007
Analyse	16	17	21	22	23	24	25	27	28	30	41	6
SiO_2	27.35	27.33	27.80	29.05	28.91	25.94	27.18	26.61	25.36	28.11	27.08	26.03
TiO_2	0.07	0.15	0.18	0.09	0.09	0.17	0.07	0.93	0.07	0.14	0.05	0.00
Al_2O_3	18.27	18.65	19.69	19.86	19.49	18.08	19.08	19.21	17.81	20.00	19.70	18.57
FeO_{tot}	24.32	24.47	23.72	23.98	23.68	24.32	24.29	24.02	24.32	24.43	23.24	27.14
MnO	0.43	0.45	0.48	0.38	0.43	0.37	0.44	0.41	0.35	0.39	0.31	0.35
MgO	15.78	16.98	16.59	17.72	17.10	15.50	16.23	16.11	14.75	16.72	15.26	15.63
CaO	0.09	0.13	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	0.23	0.07	0.12	0.01
Na_2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
K_2O	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.04	0.01	0.00
Cr_2O_3	0.08	0.04	0.05	0.03	0.06	0.05	0.11	0.06	0.13	0.06	0.10	0.07
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
ΣGew.%	86.53	88.40	88.71	91.22	90.09	84.73	87.59	87.50	83.15	90.16	85.91	87.86
Si	2.9112	2.8508	2.8658	2.8997	2.9272	2.8371	2.8547	2.7973	2.8325	2.8592	2.8772	2.7753
Al (IV)	1.0888	1.1492	1.1342	1.1003	1.0728	1.1629	1.1453	1.2027	1.1675	1.1408	1.1228	1.2247
Σ tetra	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4
Al(VI)	1.2031	1.1435	1.2579	1.2360	1.2529	1.1675	1.2163	1.1771	1.1768	1.2565	1.3438	1.1084
Mg (M2)	0.4408	0.4474	0.4218	0.4584	0.4521	0.4203	0.4265	0.3523	0.4000	0.4190	0.3941	0.4147
Fe(M2)	0.3810	0.3616	0.3382	0.3479	0.3511	0.3699	0.3580	0.2947	0.3699	0.3434	0.3366	0.4039
Al (M2)	0.1210	0.1939	0.1781	0.1259	0.1067	0.2075	0.1800	0.3658	0.2254	0.1797	0.1588	0.2396
v(M2)	0.0572	-0.0028	0.0619	0.0678	0.0901	0.0023	0.0355	-0.0128	0.0047	0.0578	0.1105	-0.0582
Mg (A4)	2.0633	2.1932	2.1279	2.1786	2.1292	2.1070	2.1147	2.1724	2.0561	2.1163	2.0230	2.0692
Fe (A4)	1.7836	1.7728	1.7064	1.6536	1.6538	1.8542	1.7752	1.8167	1.9015	1.7344	1.7281	2.0156
Al (A4)	0.1143	-0.0057	0.1238	0.1357	0.1802	0.0045	0.0709	-0.0256	0.0094	0.1157	0.2210	-0.1163
Σ okta	5.9278	5.9878	5.9180	5.9219	5.8991	5.9780	5.9473	5.9325	5.9736	5.9268	5.8746	6.0543
v	0.0572	-0.0028	0.0619	0.0678	0.0901	0.0023	0.0355	-0.0128	0.0047	0.0578	0.1105	-0.0582

Probe	**401**											
Meßfile	10007 Chlorit											
Analyse	13	17	18	19	20	29	31	32	77	78	86	90
SiO_2	26.80	27.40	26.13	26.51	26.49	28.63	26.26	25.84	25.70	25.21	26.11	27.22
TiO_2	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.14	0.04	0.02	0.07	0.08	0.05	0.03
Al_2O_3	17.99	18.44	17.99	17.68	18.34	15.69	18.08	17.92	18.06	18.69	18.45	17.82
FeO_{tot}	27.16	27.10	27.90	26.54	27.89	28.45	27.51	28.14	27.72	27.88	28.03	27.22
MnO	0.31	0.39	0.35	0.37	0.36	0.38	0.32	0.30	0.25	0.41	0.25	0.44
MgO	13.46	14.81	15.28	14.42	15.46	12.69	14.68	15.09	15.19	15.24	15.12	15.03
CaO	0.09	0.03	0.03	0.05	0.01	0.08	0.11	0.02	0.01	0.01	0.10	0.14
Na_2O	0.10	0.02	0.03	0.03	0.02	0.19	0.07	0.05	0.01	0.01	0.05	0.06
K_2O	0.09	0.01	0.01	0.01	0.00	0.07	0.05	0.01	0.04	0.03	0.03	0.04
Cr_2O_3	0.03	0.08	0.06	0.12	0.06	0.07	0.02	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00
ΣGew.%	86.11	88.28	87.79	85.74	88.64	86.41	87.17	87.43	87.03	87.55	88.22	88.00
Si	2.9120	2.8919	2.8007	2.8882	2.8057	3.1164	2.8292	2.7875	2.7784	2.7153	2.7833	2.8923
Al (IV)	1.0880	1.1081	1.1993	1.1118	1.1943	0.8836	1.1708	1.2125	1.2216	1.2847	1.2167	1.1077
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.2162	1.1856	1.0734	1.1574	1.0943	1.1291	1.1247	1.0658	1.0792	1.0872	1.1013	1.1240
Mg (M2)	0.3777	0.4122	0.4195	0.4130	0.4192	0.4116	0.3997	0.4130	0.4122	0.3931	0.3969	0.4243
Fe(M2)	0.4274	0.4229	0.4295	0.4261	0.4241	0.5177	0.4200	0.4321	0.4219	0.4034	0.4126	0.4309
Al (M2)	0.1308	0.1262	0.2139	0.1381	0.2067	-0.0520	0.2034	0.2283	0.2371	0.3022	0.2482	0.1366
v(M2)	0.0641	0.0387	-0.0629	0.0228	-0.0500	0.1227	-0.0230	-0.0733	-0.0712	-0.0988	-0.0577	0.0082
Mg (A4)	1.8033	1.9190	2.0228	1.9294	2.0222	1.6474	1.9587	2.0131	2.0359	2.0534	2.0069	1.9568
Fe (A4)	2.0403	1.9688	2.0709	1.9910	2.0459	2.0718	2.0583	2.1064	2.0839	2.1072	2.0864	1.9877
Al (A4)	0.1282	0.0775	-0.1259	0.0456	-0.1000	0.2455	-0.0461	-0.1466	-0.1425	-0.1975	-0.1154	0.0164
Σ okta	5.9422	5.9523	6.0589	5.9655	6.0433	5.8815	6.0288	6.0726	6.0692	6.0960	6.0560	5.9982
v	0.0641	0.0387	-0.0629	0.0228	-0.0500	0.1227	-0.0230	-0.0733	-0.0712	-0.0988	-0.0577	0.0082

Probe	401				401				401			
Meßfile	10007				11344				11343			
	Chlorit								Chlorit			
Analyse	92	94	96	99	31	33	36	55	27	37	39	43
SiO_2	25.80	26.63	26.16	25.65	26.20	26.70	26.62	25.97	26.11	26.43	26.23	27.48
TiO_2	0.01	0.03	0.02	0.03	0.11	0.06	0.06	0.02	0.03	0.19	0.04	0.06
Al_2O_3	18.14	18.08	18.45	17.42	18.00	16.94	17.95	17.96	18.07	17.88	18.24	18.16
FeO_{tot}	27.63	27.75	27.29	27.51	28.85	27.60	28.34	28.56	28.21	28.22	27.87	27.71
MnO	0.38	0.35	0.37	0.33	0.34	0.38	0.31	0.35	0.35	0.32	0.38	0.34
MgO	14.71	14.66	14.81	14.66	13.93	13.78	14.16	13.99	14.46	14.22	14.87	13.81
CaO	0.08	0.07	0.10	0.08	0.06	0.06	0.11	0.07	0.06	0.09	0.04	0.04
Na_2O	0.07	0.05	0.04	0.03	0.07	0.62	0.01	0.08	0.07	0.02	0.02	0.00
K_2O	0.11	0.06	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.07	0.02	0.01	0.02	0.41
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	0.04	0.01	0.03	0.00	0.07
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.03	0.03	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	86.96	87.71	87.30	85.73	87.60	86.20	87.65	87.11	87.38	87.43	87.73	88.15
Si	2.7944	2.8505	2.8101	2.8186	2.8274	2.9186	2.8608	2.8185	2.8160	2.8468	2.8111	2.9237
Al (IV)	1.2056	1.1495	1.1899	1.1814	1.1726	1.0814	1.1392	1.1815	1.1840	1.1532	1.1889	1.0763
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.1098	1.1317	1.1450	1.0741	1.1166	1.1002	1.1342	1.1156	1.1128	1.1164	1.1148	1.2007
Mg (M2)	0.3976	0.4061	0.3987	0.4162	0.3791	0.3875	0.3951	0.3830	0.3963	0.3868	0.4064	0.3814
Fe(M2)	0.4189	0.4311	0.4120	0.4380	0.4404	0.4352	0.4435	0.4386	0.4336	0.4306	0.4272	0.4293
Al (M2)	0.2313	0.1718	0.2117	0.1995	0.2086	0.1678	0.1640	0.2113	0.2058	0.2010	0.2034	0.1271
v(M2)	-0.0479	-0.0089	-0.0224	-0.0537	-0.0280	0.0094	-0.0025	-0.0330	-0.0356	-0.0184	-0.0371	0.0622
Mg (A4)	1.9773	1.9336	1.9728	1.9860	1.8620	1.8588	1.8736	1.8805	1.9287	1.8966	1.9694	1.8090
Fe (A4)	2.0834	2.0528	2.0387	2.0903	2.1630	2.0876	2.1032	2.1532	2.1105	2.1111	2.0703	2.0360
Al (A4)	-0.0958	-0.0179	-0.0448	-0.1073	-0.0561	0.0189	-0.0050	-0.0659	-0.0712	-0.0368	-0.0742	0.1244
Σ okta	6.0617	6.0156	6.0249	6.0542	6.0226	6.0493	6.0001	6.0394	6.0406	6.0020	6.0373	5.9520
v	-0.0479	-0.0089	-0.0224	-0.0537	-0.0280	0.0094	-0.0025	-0.0330	-0.0356	-0.0184	-0.0371	0.0622

Probe	401		**419**							419		
Meßfile	11343		11345							11346		
	Chlorit											
Analyse	50	51	7	8	11	14	15	17	23	1	6	14
SiO_2	27.28	26.29	27.19	27.62	27.16	27.64	27.13	26.71	27.19	26.97	27.10	26.03
TiO_2	0.13	0.05	0.03	0.04	0.02	0.05	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03	0.07
Al_2O_3	18.17	18.13	19.51	18.51	19.07	18.31	19.05	19.07	19.15	19.14	19.24	18.24
FeO_{tot}	27.09	27.18	19.65	20.03	19.55	19.67	20.21	20.41	20.18	19.91	20.09	19.14
MnO	0.00	0.38	0.24	0.37	0.15	0.36	0.22	0.28	0.19	0.22	0.25	0.30
MgO	14.14	14.89	19.45	19.26	20.00	19.73	19.62	19.60	19.52	19.40	19.70	18.28
CaO	0.11	0.03	0.02	0.04	0.00	0.14	0.11	0.05	0.03	0.02	0.01	0.07
Na_2O	0.07	0.02	0.03	0.07	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05	0.05	0.02	0.04
K_2O	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03
Cr_2O_3	0.07	0.02	0.19	0.48	0.18	0.44	0.19	0.26	0.11	0.04	0.05	0.15
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
ΣGew.%	87.38	87.11	86.34	86.46	86.26	86.37	86.61	86.47	86.48	85.87	86.52	82.35
Si	2.9177	2.8304	2.8235	2.8752	2.8254	2.8757	2.8215	2.7879	2.8284	2.8239	2.8160	2.8419
Al (IV)	1.0823	1.1696	1.1765	1.1248	1.1746	1.1243	1.1785	1.2121	1.1716	1.1761	1.1840	1.1581
Σ tetra	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(VI)	1.2080	1.1306	1.2110	1.1460	1.1634	1.1208	1.1564	1.1337	1.1760	1.1858	1.1720	1.1888
Mg (M2)	0.3871	0.4112	0.4933	0.4966	0.5195	0.5129	0.5051	0.4909	0.5086	0.5082	0.5136	0.4921
Fe(M2)	0.4160	0.4211	0.2795	0.2897	0.2848	0.2868	0.2918	0.2867	0.2949	0.2925	0.2938	0.2890
Al (M2)	0.1340	0.1872	0.2099	0.2032	0.2012	0.2020	0.2141	0.2617	0.1942	0.1944	0.1987	0.2035
v(M2)	0.0629	-0.0195	0.0173	0.0106	-0.0056	-0.0018	-0.0110	-0.0392	0.0022	0.0049	-0.0060	0.0153
Mg (A4)	1.8675	1.9786	2.5177	2.4924	2.5822	2.5473	2.5369	2.5590	2.5185	2.5201	2.5382	2.4832
Fe (A4)	2.0068	2.0258	1.4267	1.4539	1.4158	1.4244	1.4657	1.4947	1.4604	1.4507	1.4518	1.4583
Al (A4)	0.1257	-0.0390	0.0345	0.0211	-0.0112	-0.0035	-0.0221	-0.0784	0.0044	0.0097	-0.0120	0.0307
Σ okta	5.9271	6.0164	5.9600	5.9354	5.9832	5.9436	5.9876	6.0118	5.9899	5.9942	6.0002	5.9658
v	0.0629	-0.0195	0.0173	0.0106	-0.0056	-0.0018	-0.0110	-0.0392	0.0022	0.0049	-0.0060	0.0153

Probe	419			
Meßfile	11346			
	Chlorit			
Analyse	17	23	26	30
SiO_2	27.88	27.30	27.24	27.01
TiO_2	0.07	0.01	0.04	0.02
Al_2O_3	19.03	18.76	18.90	19.41
FeO_{tot}	19.55	19.88	19.98	20.17
MnO	0.32	0.25	0.23	0.19
MgO	19.23	19.68	19.50	19.77
CaO	0.16	0.03	0.06	0.02
Na_2O	0.03	0.07	0.01	0.02
K_2O	0.24	0.01	0.01	0.01
Cr_2O_3	0.13	0.09	0.17	0.23
F	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.01
ΣGew.%	86.73	86.17	86.20	86.87
Si	2.8848	2.8487	2.8416	2.7973
Al (IV)	1.1152	1.1513	1.1584	1.2027
Σ tetra	4	4	4	4
Al(VI)	1.2054	1.1557	1.1652	1.1663
Mg (M2)	0.4944	0.5251	0.5096	0.4956
Fe(M2)	0.2819	0.2975	0.2929	0.2836
Al (M2)	0.1786	0.1751	0.1941	0.2390
v(M2)	0.0451	0.0022	0.0034	-0.0182
Mg (A4)	2.4721	2.5364	2.5230	2.5568
Fe (A4)	1.4096	1.4371	1.4499	1.4631
Al (A4)	0.0903	0.0044	0.0068	-0.0365
Σ okta	5.9523	5.9936	5.9741	5.9911
v	0.0451	0.0022	0.0034	-0.0182

Probe	**135**				135				135		135	
Meßfile	11355				11354				11353		11343	
	Ca Amphibole											
Analyse	1	2	4	24	3	6	8	18	2	9	9	22
SiO2	52.92	53.78	53.03	54.05	52.79	52.31	52.85	51.91	53.83	52.72	52.08	52.38
TiO2	0.10	0.04	0.01	0.04	0.04	0.05	0.16	0.09	0.03	0.06	0.01	0.07
Al2O3	2.43	2.39	2.16	1.90	2.40	3.04	2.85	2.98	2.37	2.52	2.69	2.41
Cr2O3	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02
Fe2O3	4.80	2.01	4.88	4.38	3.28	5.84	4.48	5.41	2.91	5.72	3.95	3.01
FeO	11.01	11.40	10.58	10.72	11.48	10.46	11.34	10.82	12.19	10.28	12.90	12.37
MnO	0.34	0.21	0.33	0.27	0.30	0.36	0.40	0.38	0.31	0.37	0.29	0.22
MgO	13.58	14.72	13.97	14.74	14.01	13.42	13.39	13.17	14.37	13.77	12.67	13.69
CaO	9.77	11.28	10.09	10.80	10.87	9.76	9.79	9.93	11.52	9.91	9.82	10.59
Na2O	1.92	0.98	1.65	1.38	1.20	1.93	1.97	1.70	1.08	1.80	2.09	1.69
K2O	0.10	0.08	0.09	0.08	0.07	0.12	0.12	0.11	0.10	0.07	0.12	0.16
BaO	0.00	0.03	0.04	0.10	0.07	0.04	0.07	0.00	0.00	0.05	0.06	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣGew.%	96.56	96.72	96.42	98.02	96.24	96.77	96.97	96.00	98.46	96.70	96.27	96.30
H2O'	2.05	2.07	2.05	2.09	2.04	2.06	2.06	2.04	2.09	2.06	2.03	2.04
ΣGew.%2	99.09	98.99	98.96	100.56	98.61	99.41	99.49	98.57	100.84	99.34	98.70	98.65
Si	7.7087	7.7864	7.7246	7.7394	7.7223	7.6077	7.6781	7.6190	7.7114	7.6591	7.6812	7.6945
Alt	0.2913	0.2136	0.2754	0.2606	0.2777	0.3923	0.3219	0.3810	0.2886	0.3409	0.3188	0.3055
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ti	0.0111	0.0044	0.0015	0.0041	0.0044	0.0049	0.0177	0.0098	0.0029	0.0060	0.0013	0.0077
Alo	0.1264	0.1939	0.0949	0.0604	0.1365	0.1282	0.1652	0.1344	0.1124	0.0906	0.1482	0.1109
Cr	0.0059	0.0003	0.0062	0.0000	0.0003	0.0030	0.0002	0.0008	0.0043	0.0024	0.0012	0.0022
Fe3+	0.5258	0.2186	0.5353	0.4723	0.3615	0.6386	0.4898	0.5973	0.3138	0.6253	0.4381	0.3331
Fe2+	1.3408	1.3804	1.2884	1.2841	1.4046	1.2716	1.3774	1.3281	1.4603	1.2487	1.5906	1.5199
Mn	0.0422	0.0263	0.0413	0.0332	0.0373	0.0445	0.0496	0.0475	0.0379	0.0459	0.0356	0.0275
Mg	2.9477	3.1761	3.0325	3.1458	3.0554	2.9091	2.9002	2.8821	3.0684	2.9811	2.7850	2.9987
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Ca	1.5254	1.7495	1.5751	1.6563	1.7038	1.5207	1.5232	1.5621	1.7674	1.5419	1.5511	1.6670
Na	0.5421	0.2751	0.4648	0.3824	0.3413	0.5439	0.5554	0.4848	0.2995	0.5084	0.5967	0.4803
K	0.0181	0.0149	0.0163	0.0139	0.0137	0.0228	0.0221	0.0198	0.0180	0.0132	0.0229	0.0296
Ba	0.0000	0.0015	0.0024	0.0054	0.0040	0.0023	0.0037	0.0000	0.0000	0.0026	0.0035	0.0000
Σ Kat 3	2.0855	2.0410	2.0586	2.0580	2.0628	2.0896	2.1044	2.0668	2.0849	2.0661	2.1742	2.1768
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0037	0.0025	0.0037	0.0000	0.0059	0.0047	0.0000	0.0062	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
OH	1.9963	1.9975	1.9963	2.0000	1.9941	1.9953	2.0000	1.9938	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Xtr	0.7627	0.8747	0.7875	0.8281	0.8519	0.7603	0.7616	0.7810	0.8837	0.7710	0.7756	0.8335
Xgl	0.2373	0.1253	0.2125	0.1719	0.1481	0.2397	0.2384	0.2190	0.1163	0.2290	0.2244	0.1665
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9636	0.9733	0.9656	0.9674	0.9653	0.9510	0.9598	0.9524	0.9639	0.9574	0.9601	0.9618
XMG	0.6806	0.6930	0.6952	0.7048	0.6794	0.6885	0.6702	0.6769	0.6719	0.6972	0.6313	0.6596
XA	0.9145	0.9590	0.9414	0.9420	0.9372	0.9104	0.8956	0.9332	0.9151	0.9339	0.8258	0.8232
XOH	0.9981	0.9988	0.9981	1.0000	0.9970	0.9977	1.0000	0.9969	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Probe	135							**401**			401	401
Meßfile	11343							11344			10995	10995
	Ca-Amphibole											
Analyse	39	68	69	70	71	72	73	24	28	32	153	188
SiO2	51.69	52.99	53.29	53.77	53.56	53.31	52.95	52.84	53.30	52.34	53.23	55.05
TiO2	0.62	0.00	0.08	0.04	0.01	0.02	0.00	0.02	0.15	0.06	0.23	0.04
Al2O3	2.09	1.14	1.14	0.96	0.88	1.23	1.31	1.68	1.90	2.12	1.01	0.66
Cr2O3	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.05	0.03	0.01
Fe2O3	4.22	3.38	2.91	2.56	2.23	3.10	3.62	4.81	5.25	3.74	6.45	2.71
FeO	12.23	13.56	13.74	13.81	13.72	13.18	13.62	13.83	11.60	11.43	10.51	12.98
MnO	0.24	0.21	0.19	0.23	0.24	0.29	0.23	0.19	0.23	0.30	0.18	0.21
MgO	12.81	13.02	13.16	13.54	13.70	13.42	13.07	12.17	13.48	13.78	14.22	13.83
CaO	9.53	10.29	10.39	10.74	10.96	10.50	10.51	9.55	9.79	10.19	10.63	10.10
Na2O	1.93	1.54	1.54	1.45	1.27	1.49	1.53	2.02	1.92	1.76	1.09	1.51
K2O	0.12	0.09	0.07	0.06	0.08	0.08	0.10	0.15	0.11	0.12	0.04	0.13
BaO	0.08	0.09	0.05	0.04	0.08	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.08
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
Cl	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	-	-
ΣGew.%	95.21	95.98	96.28	96.93	96.52	96.34	96.66	96.79	97.22	95.57	97.02	97.16
H2O'	2.01	2.03	2.03	2.05	2.03	2.04	2.04	2.04	2.06	2.02	2.07	2.01
ΣGew.%2	97.63	98.34	98.60	99.24	98.78	98.69	99.06	99.30	99.80	97.96	99.74	99.39
Si	7.6933	7.8452	7.8589	7.8737	7.8788	7.8431	7.7958	7.7774	7.7340	7.7240	7.7224	7.9907
Alt	0.3067	0.1548	0.1411	0.1263	0.1212	0.1569	0.2042	0.2226	0.2660	0.2760	0.1735	0.0093
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7.90	8
Ti	0.0691	0.0000	0.0083	0.0040	0.0011	0.0018	0.0000	0.0026	0.0158	0.0061	0.0246	0.0038
Alo	0.0599	0.0450	0.0569	0.0400	0.0314	0.0556	0.0236	0.0684	0.0587	0.0923	0.0000	0.1042
Cr	0.0041	0.0000	0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0000	0.0007	0.0058	0.0035	0.0015
Fe3+	0.4723	0.3761	0.3225	0.2816	0.2474	0.3428	0.4011	0.5325	0.5727	0.4158	0.7038	0.2959
Fe2+	1.5224	1.6792	1.6943	1.6911	1.6876	1.6216	1.6772	1.7021	1.4079	1.4106	1.2751	1.5761
Mn	0.0301	0.0261	0.0244	0.0290	0.0298	0.0357	0.0291	0.0241	0.0287	0.0381	0.0227	0.0259
Mg	2.8421	2.8737	2.8918	2.9543	3.0028	2.9424	2.8678	2.6703	2.9154	3.0313	3.0745	2.9926
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.10	5.00
Ca	1.5205	1.6315	1.6412	1.6847	1.7271	1.6547	1.6581	1.5055	1.5216	1.6114	1.6529	1.5709
Na	0.5582	0.4434	0.4417	0.4110	0.3625	0.4263	0.4374	0.5773	0.5392	0.5040	0.3071	0.4252
K	0.0231	0.0166	0.0138	0.0117	0.0145	0.0156	0.0192	0.0283	0.0198	0.0231	0.0082	0.0243
Ba	0.0049	0.0054	0.0027	0.0022	0.0046	0.0017	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0043
Σ Kat 3	2.1067	2.0969	2.0994	2.1096	2.1086	2.0984	2.1175	2.1111	2.0806	2.1385	1.9703	2.0248
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0551
Cl	0.0088	0.0000	0.0012	0.0000	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0088		
OH	1.9912	2.0000	1.9988	2.0000	1.9955	2.0000	2.0000	2.0000	1.9963	1.9912	2.0000	1.9449
Xtr	0.7603	0.8158	0.8206	0.8424	0.8635	0.8274	0.8291	0.7528	0.7608	0.8057	0.8265	0.7855
Xgl	0.2397	0.1842	0.1794	0.1576	0.1365	0.1726	0.1709	0.2472	0.2392	0.1943	0.1735	0.2145
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9617	0.9806	0.9824	0.9842	0.9848	0.9804	0.9745	0.9722	0.9667	0.9655	0.9653	0.9988
XMG	0.6467	0.6276	0.6272	0.6320	0.6362	0.6397	0.6270	0.6074	0.6699	0.6766	0.7032	0.6513
XA	0.8933	0.9031	0.9006	0.8904	0.8914	0.9016	0.8825	0.8889	0.9194	0.8615	1.0297	0.9752
XOH	0.9956	1.0000	0.9994	1.0000	0.9978	1.0000	1.0000	1.0000	0.9982	0.9956	1.0000	0.9725

Probe	401									401		401
Meßfile	10995									10007		10007
	Ca-Amphibole											
Analyse	80	83	92	98	100	138	179	180	187	54	55	64
SiO2	52.89	51.97	52.41	54.91	52.75	53.09	52.67	50.04	54.46	52.77	52.20	54.09
TiO2	0.11	0.03	0.06	0.06	0.08	0.22	0.05	0.70	0.00	0.02	0.09	0.00
Al2O3	1.89	1.97	1.52	0.75	1.10	0.87	1.78	3.21	0.68	1.79	1.62	0.55
Cr2O3	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.06	0.05	0.02	0.02	0.02
Fe2O3	3.33	6.72	1.70	0.95	4.35	1.18	3.54	2.22	2.91	6.49	6.88	4.35
FeO	11.56	10.83	13.25	13.65	12.70	14.50	11.71	14.33	12.53	8.37	9.67	11.94
MnO	0.21	0.21	0.27	0.22	0.21	0.15	0.18	0.25	0.21	0.28	0.26	0.14
MgO	14.00	12.84	13.68	13.67	13.01	13.49	13.87	12.20	13.95	15.23	14.16	14.29
CaO	10.30	9.51	11.02	10.54	10.12	11.56	10.35	10.82	10.25	10.44	10.14	10.58
Na2O	1.57	1.62	1.23	0.98	1.40	0.69	1.57	1.42	1.40	1.52	1.56	1.41
K2O	0.13	0.05	0.14	0.14	0.09	0.08	0.09	0.28	0.11	0.06	0.07	0.05
BaO	0.11	0.03	0.05	0.08	0.06	0.03	0.01	0.07	0.06	0.07	0.13	0.00
F	0.17	0.04	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.02	0.01
ΣGew.%	95.95	95.15	95.18	95.92	95.47	95.73	95.47	95.38	96.31	96.44	96.14	96.99
H2O'	1.96	2.01	2.01	2.03	2.02	2.02	2.03	1.99	2.05	2.06	2.04	2.06
ΣGew.%2	98.17	97.81	97.36	98.03	97.92	97.87	97.85	97.60	98.66	99.15	98.87	99.48
Si	7.7751	7.7007	7.8098	8.0607	7.8282	7.8854	7.7731	7.5251	7.9611	7.6455	7.6434	7.8633
Alt	0.2249	0.2993	0.1902	0.0000	0.1718	0.1146	0.2269	0.4749	0.0389	0.3049	0.2787	0.0945
Σ tetra	8	8	8	8.0607	8	8	8	8	8	7.9504	7.9221	7.9578
Ti	0.0120	0.0035	0.0071	0.0063	0.0086	0.0246	0.0050	0.0792	0.0000	0.0022	0.0103	0.0000
Alo	0.1018	0.0448	0.0769	0.1298	0.0199	0.0369	0.0827	0.0934	0.0780	0.0000	0.0000	0.0000
Cr	0.0022	0.0000	0.0003	0.0036	0.0039	0.0000	0.0000	0.0070	0.0056	0.0025	0.0025	0.0018
Fe3+	0.3687	0.7488	0.1910	0.1048	0.4860	0.1322	0.3936	0.2518	0.3200	0.7076	0.7582	0.4753
Fe2+	1.4210	1.3417	1.6513	1.6756	1.5760	1.8007	1.4454	1.8017	1.5321	1.0139	1.1841	1.4518
Mn	0.0262	0.0264	0.0342	0.0274	0.0266	0.0193	0.0229	0.0324	0.0256	0.0347	0.0325	0.0175
Mg	3.0681	2.8348	3.0392	2.9918	2.8790	2.9863	3.0504	2.7345	3.0388	3.2888	3.0903	3.0958
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	4.94	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.05	5.08	5.04
Ca	1.6216	1.5099	1.7589	1.6573	1.6089	1.8400	1.6362	1.7435	1.6047	1.6210	1.5910	1.6477
Na	0.4487	0.4650	0.3563	0.2777	0.4022	0.1976	0.4505	0.4154	0.3977	0.4282	0.4427	0.3966
K	0.0242	0.0102	0.0275	0.0264	0.0178	0.0155	0.0163	0.0534	0.0209	0.0111	0.0135	0.0096
Ba	0.0061	0.0018	0.0031	0.0046	0.0036	0.0016	0.0007	0.0043	0.0037	0.0042	0.0076	0.0000
Σ Kat 3	2.1005	1.9870	2.1458	1.9660	2.0324	2.0547	2.1037	2.2165	2.0269	2.0645	2.0547	2.0539
F	0.0804	0.0183	0.0000	0.0135	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl										0.0054	0.0050	0.0020
OH	1.9196	1.9817	2.0000	1.9865	1.9977	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	1.9946	1.9950	1.9980
Xtr	0.8108	0.7549	0.8794	0.8286	0.8044	0.9200	0.8181	0.8717	0.8023	0.8105	0.7955	0.8239
Xgl	0.1892	0.2451	0.1206	0.1714	0.1956	0.0800	0.1819	0.1283	0.1977	0.1895	0.2045	0.1761
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9719	0.9626	0.9762	1.0076	0.9785	0.9857	0.9716	0.9406	0.9951	0.9557	0.9554	0.9829
XMG	0.6795	0.6745	0.6433	0.6373	0.6424	0.6213	0.6751	0.5985	0.6611	0.7582	0.7175	0.6781
XA	0.8995	1.0130	0.8542	1.0340	0.9676	0.9453	0.8963	0.7835	0.9731	0.9355	0.9453	0.9461
XOH	0.9598	0.9909	1.0000	0.9933	0.9988	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9973	0.9975	0.9990

Probe	**419**		419					
Meßfile	11345		11346					
	Ca Amphibole							
Analyse	4	21	2	3	8	24	27	29
SiO2	55.46	54.35	55.40	53.74	55.12	54.74	54.77	54.52
TiO2	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.03
Al2O3	0.66	1.61	0.70	2.28	1.29	0.67	1.42	2.32
Cr2O3	0.00	0.04	0.06	0.01	0.03	0.02	0.00	0.03
Fe2O3	0.00	0.96	0.85	4.06	1.93	0.00	3.99	0.00
FeO	9.55	9.29	9.16	8.13	8.44	10.19	7.67	10.14
MnO	0.16	0.15	0.20	0.19	0.16	0.25	0.22	0.17
MgO	17.52	16.96	17.54	16.13	17.10	16.91	16.32	16.09
CaO	12.77	11.92	12.54	10.49	11.10	12.50	9.90	11.56
Na2O	0.29	0.89	0.31	1.72	1.33	0.46	1.81	1.29
K2O	0.02	0.06	0.01	0.09	0.05	0.05	0.03	0.09
BaO	0.01	0.01	0.03	0.06	0.01	0.00	0.06	0.06
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
ΣGew.%	96.48	96.18	96.73	96.53	96.41	95.81	95.83	96.32
H2O'	2.09	2.08	2.10	2.08	2.09	2.06	2.08	2.07
ΣGew.%2	98.56	98.36	98.91	99.02	98.69	97.86	98.30	98.39
Si	7.9673	7.8341	7.9222	7.7194	7.8903	7.9515	7.8776	7.8837
Alt	0.0327	0.1659	0.0778	0.2806	0.1097	0.0485	0.1224	0.1163
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8
Ti	0.0032	0.0042	0.0034	0.0027	0.0020	0.0000	0.0014	0.0031
Alo	0.0796	0.1069	0.0400	0.1060	0.1083	0.0664	0.1185	0.2784
Cr	0.0000	0.0045	0.0071	0.0007	0.0030	0.0027	0.0000	0.0030
Fe3+	0.0000	0.1038	0.0910	0.4384	0.2081	0.0000	0.4320	0.0000
Fe2+	1.1472	1.1201	1.0949	0.9767	1.0105	1.2378	0.9225	1.2260
Mn	0.0193	0.0180	0.0239	0.0228	0.0196	0.0308	0.0271	0.0213
Mg	3.7506	3.6425	3.7397	3.4528	3.6486	3.6623	3.4985	3.4681
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Ca	1.9648	1.8409	1.9216	1.6137	1.7031	1.9454	1.5258	1.7909
Na	0.0811	0.2478	0.0852	0.4797	0.3704	0.1306	0.5059	0.3627
K	0.0031	0.0113	0.0011	0.0161	0.0088	0.0085	0.0051	0.0167
Ba	0.0007	0.0007	0.0017	0.0035	0.0005	0.0000	0.0032	0.0036
Σ Kat 3	2.0497	2.1008	2.0096	2.1130	2.0828	2.0845	2.0400	2.1739
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0010	0.0007	0.0000	0.0034	0.0044	0.0027	0.0049	0.0027
OH	1.9990	1.9993	2.0000	1.9966	1.9956	1.9973	1.9951	1.9973
Xtr	0.9824	0.9205	0.9608	0.8068	0.8516	0.9727	0.7629	0.8955
Xgl	0.0176	0.0795	0.0392	0.1932	0.1484	0.0273	0.2371	0.1045
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9959	0.9793	0.9903	0.9649	0.9863	0.9939	0.9847	0.9855
XMG	0.7628	0.7619	0.7697	0.7755	0.7798	0.7427	0.7865	0.7355
XA	0.9503	0.8992	0.9904	0.8870	0.9172	0.9155	0.9600	0.8261
XOH	0.9995	0.9996	1.0000	0.9983	0.9978	0.9986	0.9976	0.9987

Probe	**135**		135				135		**401**			
Meßfile	11355		11354				11353		11343			
	Ca-Na Amphibole											
Analyse	3	25	1	2	4	5	3	4	1	2	6	7
SiO_2	53.27	52.45	52.66	51.26	52.92	53.56	52.08	52.21	52.96	51.84	52.60	52.72
TiO_2	0.05	0.06	0.03	0.05	0.05	0.03	0.09	0.10	0.11	0.43	0.07	0.12
Al_2O_3	2.05	2.43	3.19	4.15	2.88	2.41	2.94	4.57	2.11	2.38	2.21	2.39
Cr_2O_3	0.00	0.05	0.00	0.07	0.08	0.01	0.03	0.04	0.00	0.04	0.03	0.02
Fe_2O_3	5.68	5.67	6.51	7.04	5.49	7.36	6.68	6.55	4.51	4.78	9.81	5.61
FeO	10.39	10.56	10.44	10.79	11.13	9.81	9.74	10.50	11.76	12.02	12.28	11.53
MnO	0.31	0.37	0.38	0.35	0.26	0.31	0.37	0.34	0.31	0.22	0.10	0.23
MgO	13.54	13.43	12.86	12.50	13.02	13.16	13.53	12.52	13.20	12.10	9.77	12.80
CaO	9.04	9.55	8.83	9.40	9.10	8.32	9.60	9.10	9.33	8.26	5.04	8.85
Na_2O	2.21	2.01	2.41	2.28	2.30	2.60	1.97	2.28	2.26	2.59	4.36	2.45
K_2O	0.08	0.10	0.11	0.19	0.10	0.07	0.11	0.13	0.07	0.08	0.07	0.10
BaO	0.08	0.00	0.03	0.05	0.08	0.06	0.04	0.00	0.03	0.06	0.10	0.10
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.02
ΣGew.%	96.15	96.12	96.82	97.42	96.88	96.95	96.50	97.69	96.21	94.38	95.48	96.38
H_2O'	2.05	2.05	2.06	2.06	2.06	2.08	2.06	2.08	2.04	1.99	2.02	2.04
ΣGew.%2	98.77	98.74	99.53	100.19	99.49	99.77	99.23	100.42	98.70	96.84	98.48	98.98
Si	7.7689	7.6760	7.6435	7.4468	7.6886	7.7316	7.5834	7.5124	7.7620	7.7580	7.8076	7.7199
Al_{tetra}	0.2311	0.3240	0.3565	0.5532	0.3114	0.2684	0.4166	0.4876	0.2380	0.2420	0.1924	0.2801
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ti	0.0057	0.0066	0.0027	0.0055	0.0058	0.0027	0.0093	0.0103	0.0123	0.0486	0.0082	0.0127
Al_{okta}	0.1216	0.0957	0.1901	0.1572	0.1810	0.1421	0.0879	0.2879	0.1265	0.1778	0.1936	0.1330
Cr	0.0000	0.0057	0.0000	0.0077	0.0092	0.0008	0.0039	0.0043	0.0000	0.0047	0.0039	0.0029
Fe^{3+}	0.6230	0.6241	0.7113	0.7692	0.6003	0.7995	0.7319	0.7086	0.4974	0.5377	1.0955	0.6180
Fe^{2+}	1.2668	1.2926	1.2671	1.3112	1.3524	1.1846	1.1858	1.2635	1.4420	1.5043	1.5240	1.4118
Mn	0.0388	0.0456	0.0467	0.0435	0.0324	0.0380	0.0451	0.0411	0.0380	0.0283	0.0127	0.0290
Mg	2.9442	2.9296	2.7821	2.7057	2.8189	2.8322	2.9363	2.6843	2.8838	2.6986	2.1621	2.7927
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Ca	1.4123	1.4980	1.3736	1.4631	1.4166	1.2867	1.4976	1.4029	1.4645	1.3243	0.8018	1.3878
Na	0.6254	0.5702	0.6782	0.6408	0.6492	0.7289	0.5547	0.6362	0.6431	0.7524	1.2543	0.6945
K	0.0155	0.0189	0.0207	0.0353	0.0179	0.0120	0.0197	0.0243	0.0140	0.0161	0.0128	0.0193
Ba	0.0048	0.0000	0.0017	0.0029	0.0045	0.0032	0.0024	0.0000	0.0017	0.0038	0.0061	0.0057
Σ Kat 3	2.0580	2.0871	2.0743	2.1421	2.0881	2.0307	2.0744	2.0633	2.1233	2.0965	2.0750	2.1074
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0017	0.0000	0.0042	0.0000	0.0032	0.0002	0.0000	0.0015	0.0017	0.0107	0.0033	0.0045
OH	1.9983	2.0000	1.9958	2.0000	1.9968	1.9998	2.0000	1.9985	1.9983	1.9893	1.9967	1.9955
Xtr	0.7061	0.7490	0.6868	0.7316	0.7083	0.6433	0.7488	0.7014	0.7323	0.6621	0.4009	0.6939
Xgl	0.2939	0.2510	0.3132	0.2684	0.2917	0.3567	0.2512	0.2986	0.2677	0.3379	0.5991	0.3061
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9711	0.9595	0.9554	0.9309	0.9611	0.9664	0.9479	0.9390	0.9702	0.9697	0.9760	0.9650
XMG	0.6928	0.6864	0.6792	0.6664	0.6706	0.6985	0.7046	0.6729	0.6609	0.6378	0.5846	0.6597
XA	0.9420	0.9129	0.9257	0.8579	0.9119	0.9693	0.9256	0.9367	0.8767	0.9035	0.9250	0.8926
XOH	0.9991	1.0000	0.9979	1.0000	0.9984	0.9999	1.0000	0.9993	0.9991	0.9947	0.9984	0.9978

Probe	401											
Meßfile	11343											
	Ca-Na Amphibole											
Analyse	11	14	15	16	26	33	41	56	61	63	64	65
SiO_2	50.93	53.74	52.74	53.46	52.64	50.14	50.23	53.27	51.11	52.59	55.27	53.08
TiO_2	0.12	0.09	0.07	0.02	0.09	1.25	0.09	0.02	1.09	0.09	0.04	0.03
Al_2O_3	2.91	3.70	2.48	1.52	2.50	2.76	3.86	1.69	2.58	2.40	5.75	1.91
Cr_2O_3	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.05
Fe_2O_3	5.92	8.89	7.56	4.67	5.43	4.96	12.27	4.31	10.17	11.23	0.00	6.22
FeO	12.37	12.78	12.28	12.20	11.54	11.42	5.95	13.83	12.11	11.24	12.59	13.35
MnO	0.22	0.12	0.19	0.23	0.30	0.30	0.21	0.16	0.10	0.10	0.17	0.20
MgO	11.92	8.52	11.46	13.28	13.10	12.48	13.20	12.10	9.44	9.62	8.67	11.14
CaO	9.33	3.27	7.78	9.58	9.45	9.09	8.93	9.01	5.08	4.37	7.09	7.40
Na_2O	2.10	5.26	2.97	2.04	2.25	2.17	1.58	2.33	4.19	4.63	4.56	3.23
K_2O	0.13	0.03	0.12	0.08	0.09	0.14	0.12	0.12	0.09	0.05	0.07	0.07
BaO	0.00	0.01	0.04	0.06	0.01	0.04	0.05	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00
ΣGew.%	95.37	95.53	96.95	96.70	96.89	94.32	95.29	96.46	94.98	95.23	94.25	96.07
H_2O'	2.01	2.03	2.05	2.05	2.05	1.98	2.05	2.03	2.00	2.02	1.97	2.03
ΣGew.%2	97.97	98.45	99.76	99.22	99.48	96.79	98.56	98.92	98.00	98.37	96.21	98.72
Si	7.5930	7.9081	7.7097	7.8095	7.6737	7.5370	7.3444	7.8438	7.6452	7.7906	8.3853	7.8406
Al_{tetra}	0.4070	0.0919	0.2903	0.1905	0.3263	0.4630	0.6556	0.1562	0.3548	0.2094	0.0000	0.1594
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8.3853	8
Ti	0.0129	0.0094	0.0079	0.0018	0.0095	0.1412	0.0101	0.0020	0.1221	0.0104	0.0048	0.0035
Al_{okta}	0.1035	0.5494	0.1364	0.0717	0.1034	0.0260	0.0096	0.1376	0.1009	0.2092	1.0287	0.1734
Cr	0.0012	0.0003	0.0012	0.0032	0.0003	0.0024	0.0008	0.0024	0.0000	0.0000	0.0014	0.0055
Fe^{3+}	0.6637	0.9844	0.8315	0.5132	0.5957	0.5616	1.3498	0.4779	1.1444	1.2518	0.0000	0.6913
Fe^{2+}	1.5417	1.5732	1.5013	1.4907	1.4066	1.4352	0.7281	1.7032	1.5153	1.3922	1.5979	1.6484
Mn	0.0282	0.0154	0.0237	0.0288	0.0376	0.0383	0.0259	0.0205	0.0133	0.0131	0.0214	0.0252
Mg	2.6487	1.8678	2.4980	2.8907	2.8468	2.7952	2.8757	2.6565	2.1040	2.1232	1.9605	2.4527
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.61	5.00
Ca	1.4903	0.5158	1.2186	1.4992	1.4764	1.4637	1.3996	1.4222	0.8139	0.6930	1.1528	1.1716
Na	0.6081	1.5006	0.8408	0.5784	0.6365	0.6317	0.4478	0.6665	1.2165	1.3298	1.3421	0.9256
K	0.0241	0.0057	0.0225	0.0150	0.0175	0.0263	0.0220	0.0233	0.0168	0.0100	0.0131	0.0134
Ba	0.0000	0.0006	0.0025	0.0034	0.0005	0.0026	0.0031	0.0000	0.0020	0.0008	0.0000	0.0000
Σ Kat 3	2.1224	2.0226	2.0843	2.0961	2.1309	2.1242	1.8725	2.1120	2.0492	2.0337	2.5080	2.1106
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0030	0.0045	0.0015	0.0012	0.0027	0.0122	0.0047	0.0027	0.0000	0.0050	0.0059	0.0000
OH	1.9970	1.9955	1.9985	1.9988	1.9973	1.9878	1.9953	1.9973	2.0000	1.9950	1.9941	2.0000
Xtr	0.7451	0.2579	0.6093	0.7496	0.7382	0.7318	0.6998	0.7111	0.4070	0.3465	0.5764	0.5858
Xgl	0.2549	0.7421	0.3907	0.2504	0.2618	0.2682	0.3002	0.2889	0.5930	0.6535	0.4236	0.4142
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9491	0.9885	0.9637	0.9762	0.9592	0.9421	0.9181	0.9805	0.9557	0.9738	1.0482	0.9801
XMG	0.6279	0.5404	0.6209	0.6555	0.6634	0.6548	0.7923	0.6065	0.5792	0.6017	0.5477	0.5944
XA	0.8776	0.9774	0.9157	0.9039	0.8691	0.8758	1.1275	0.8880	0.9508	0.9663	0.4920	0.8894
XOH	0.9985	0.9978	0.9993	0.9994	0.9986	0.9939	0.9976	0.9986	1.0000	0.9975	0.9970	1.0000

Probe	401		401				401					
Meßfile	11343		11344				10995					
	Ca-Na Amphibole											
Analyse	66	67	26	33	36	41	87	90	114	144	154	161
SiO_2	52.41	53.21	53.80	53.07	52.54	51.57	54.33	53.98	54.17	51.92	51.70	51.17
TiO_2	0.01	0.02	0.03	0.04	1.37	0.05	0.05	0.04	0.03	0.61	0.06	0.04
Al_2O_3	1.83	2.03	2.88	2.42	2.30	3.48	1.97	1.47	1.66	1.99	2.61	2.50
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.07	0.07	0.03	0.04
Fe_2O_3	4.44	7.70	10.42	11.04	6.26	5.95	5.25	6.81	4.26	4.06	6.12	6.42
FeO	13.99	12.70	12.56	12.06	12.92	11.29	12.48	11.88	12.29	14.29	11.91	11.66
MnO	0.20	0.17	0.09	0.09	0.20	0.30	0.28	0.18	0.20	0.12	0.23	0.26
MgO	11.25	10.45	8.81	8.78	11.14	12.85	12.96	12.56	13.48	11.34	12.09	12.41
CaO	7.95	5.74	3.25	3.19	6.66	9.46	9.68	8.38	9.46	8.58	8.75	9.13
Na_2O	2.89	4.10	5.46	5.34	3.76	2.37	1.77	2.58	2.25	2.47	2.42	2.38
K_2O	0.04	0.07	0.07	0.06	0.08	0.20	0.16	0.09	0.07	0.10	0.12	0.13
BaO	0.14	0.03	0.03	0.03	0.07	0.10	0.05	0.02	0.10	0.00	0.02	0.03
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00
Cl	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	-	-	-	-	-	-
ΣGew.%	94.72	95.44	96.37	95.04	96.72	97.02	98.44	97.32	97.63	95.19	95.43	95.52
H_2O'	1.99	2.02	2.05	2.02	2.04	2.05	2.09	2.07	2.07	1.97	2.02	2.02
ΣGew.%2	97.15	98.23	99.46	98.16	99.38	99.67	101.06	100.07	100.13	97.55	98.06	98.18
Si	7.8729	7.8826	7.8792	7.8831	7.7096	7.5295	7.7935	7.8247	7.8280	7.7782	7.6717	7.6055
Al_{tetra}	0.1271	0.1174	0.1208	0.1169	0.2904	0.4705	0.2065	0.1753	0.1720	0.2218	0.3283	0.3945
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ti	0.0008	0.0020	0.0031	0.0048	0.1515	0.0051	0.0050	0.0042	0.0034	0.0688	0.0063	0.0043
Al_{okta}	0.1967	0.2379	0.3767	0.3070	0.1069	0.1284	0.1260	0.0764	0.1114	0.1290	0.1273	0.0426
Cr	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0036	0.0000	0.0017	0.0015	0.0083	0.0081	0.0033	0.0043
Fe^{3+}	0.5018	0.8589	1.1487	1.2340	0.6908	0.6537	0.5668	0.7432	0.4630	0.4577	0.6829	0.7176
Fe^{2+}	1.7568	1.5732	1.5377	1.4983	1.5854	1.3790	1.4966	1.4399	1.4856	1.7895	1.4782	1.4497
Mn	0.0258	0.0207	0.0112	0.0117	0.0246	0.0372	0.0339	0.0220	0.0248	0.0152	0.0284	0.0328
Mg	2.5182	2.3072	1.9223	1.9442	2.4374	2.7966	2.7701	2.7127	2.9034	2.5316	2.6736	2.7486
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Ca	1.2800	0.9112	0.5106	0.5076	1.0476	1.4799	1.4874	1.3009	1.4640	1.3767	1.3904	1.4534
Na	0.8420	1.1789	1.5510	1.5370	1.0690	0.6700	0.4930	0.7250	0.6302	0.7168	0.6965	0.6859
K	0.0083	0.0123	0.0130	0.0107	0.0144	0.0370	0.0291	0.0165	0.0133	0.0193	0.0221	0.0253
Ba	0.0083	0.0015	0.0019	0.0016	0.0038	0.0056	0.0026	0.0013	0.0054	0.0000	0.0014	0.0017
Σ Kat 3	2.1387	2.1039	2.0765	2.0570	2.1349	2.1926	2.0120	2.0437	2.1130	2.1128	2.1103	2.1663
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0275	0.0000	0.0000
Cl	0.0028	0.0000	0.0000	0.0025	0.0040	0.0000						
OH	1.9972	2.0000	2.0000	1.9975	1.9960	2.0000	2.0000	2.0000	1.9977	1.9725	2.0000	2.0000
Xtr	0.6400	0.4556	0.2553	0.2538	0.5238	0.7400	0.7437	0.6504	0.7320	0.6883	0.6952	0.7267
Xgl	0.3600	0.5444	0.7447	0.7462	0.4762	0.2600	0.2563	0.3496	0.2680	0.3117	0.3048	0.2733
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9841	0.9853	0.9849	0.9854	0.9637	0.9412	0.9742	0.9781	0.9785	0.9723	0.9590	0.9507
XMG	0.5855	0.5914	0.5538	0.5629	0.6022	0.6638	0.6441	0.6498	0.6578	0.5838	0.6396	0.6496
XA	0.8613	0.8961	0.9235	0.9430	0.8651	0.8074	0.9880	0.9563	0.8870	0.8872	0.8897	0.8337
XOH	0.9986	1.0000	1.0000	0.9987	0.9980	1.0000	1.0000	1.0000	0.9989	0.9863	1.0000	1.0000

Probe	401	401									
Meßfile	10995	10007									
	Ca-Na Amphibole										
Analyse	183	2	3	36	56	57	58	59	65	69	98
SiO_2	53.78	53.11	52.21	52.24	51.96	52.14	53.02	52.57	52.07	52.91	50.85
TiO_2	0.35	0.07	0.52	0.04	0.10	0.08	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04
Al_2O_3	2.64	1.62	1.84	2.55	1.89	1.78	1.99	2.55	2.29	2.12	3.22
Cr_2O_3	0.05	0.03	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.05	0.00
Fe_2O_3	7.33	8.28	9.24	12.74	7.94	6.74	7.44	11.95	9.02	11.29	11.18
FeO	10.01	10.98	10.26	10.14	9.92	10.03	11.91	10.37	8.96	9.47	6.59
MnO	0.24	0.21	0.14	0.14	0.17	0.22	0.20	0.11	0.27	0.22	0.22
MgO	13.32	12.65	12.16	9.72	13.24	13.46	12.40	9.74	13.49	11.40	13.43
CaO	8.35	8.28	7.39	3.58	8.77	9.02	8.80	3.59	9.03	5.81	8.41
Na_2O	2.82	2.78	3.09	5.39	2.49	2.25	2.46	5.27	2.28	3.92	2.29
K_2O	0.10	0.09	0.06	0.02	0.07	0.07	0.12	0.05	0.10	0.03	0.15
BaO	0.00	0.03	0.06	0.06	0.06	0.08	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00
F	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	-	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
ΣGew.%	98.45	97.31	96.13	95.35	95.84	95.23	97.70	95.04	96.69	96.15	95.26
H_2O'	2.01	2.06	2.04	2.03	2.04	2.02	2.06	2.02	2.06	2.05	2.04
ΣGew.%2	101.10	100.20	99.10	98.65	98.66	97.92	100.51	98.26	99.65	99.33	98.42
Si	7.6711	7.7101	7.6596	7.7216	7.6397	7.7016	7.6913	7.7786	7.5682	7.7242	7.4447
Al_{tetra}	0.3289	0.2774	0.3188	0.2784	0.3277	0.2984	0.3087	0.2214	0.3929	0.2758	0.5548
Σ tetra	8	7.9875	7.9784	8	7.9674	8	8	8	7.9611	8	7.9996
Ti	0.0377	0.0076	0.0569	0.0041	0.0111	0.0083	0.0047	0.0046	0.0026	0.0018	0.0039
Al_{okta}	0.1141	0.0000	0.0000	0.1666	0.0000	0.0121	0.0314	0.2227	0.0000	0.0886	0.0000
Cr	0.0054	0.0035	0.0083	0.0003	0.0002	0.0000	0.0017	0.0000	0.0055	0.0054	0.0000
Fe^{3+}	0.7866	0.9041	1.0203	1.4165	0.8788	0.7487	0.8119	1.3301	0.9864	1.2404	1.2317
Fe^{2+}	1.1938	1.3335	1.2586	1.2528	1.2202	1.2384	1.4452	1.2824	1.0893	1.1567	0.8063
Mn	0.0293	0.0260	0.0180	0.0176	0.0215	0.0281	0.0243	0.0133	0.0337	0.0275	0.0277
Mg	2.8329	2.7377	2.6595	2.1420	2.9008	2.9644	2.6808	2.1469	2.9214	2.4797	2.9309
Σ Kat 2	5.00	5.01	5.02	5.00	5.03	5.00	5.00	5.00	5.04	5.00	5.00
Ca	1.2754	1.2885	1.1611	0.5665	1.3812	1.4273	1.3671	0.5689	1.4056	0.9093	1.3190
Na	0.7787	0.7834	0.8791	1.5434	0.7093	0.6439	0.6926	1.5125	0.6434	1.1083	0.6512
K	0.0178	0.0161	0.0113	0.0039	0.0136	0.0134	0.0221	0.0091	0.0190	0.0065	0.0272
Ba	0.0000	0.0015	0.0035	0.0033	0.0033	0.0046	0.0027	0.0000	0.0000	0.0022	0.0000
Σ Kat 3	2.0718	2.0895	2.0550	2.1170	2.1073	2.0891	2.0845	2.0905	2.0680	2.0263	1.9974
F	0.0916	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl		0.0012	0.0022	0.0015	0.0037	0.0105	0.0020	0.0025	0.0000	0.0037	0.0045
OH	1.9084	1.9988	1.9978	1.9985	1.9963	1.9895	1.9980	1.9975	2.0000	1.9963	1.9955
Xtr	0.6377	0.6443	0.5806	0.2832	0.6906	0.7136	0.6836	0.2844	0.7028	0.4547	0.6595
Xgl	0.3623	0.3557	0.4194	0.7168	0.3094	0.2864	0.3164	0.7156	0.2972	0.5453	0.3405
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9589	0.9638	0.9575	0.9652	0.9550	0.9627	0.9614	0.9723	0.9460	0.9655	0.9306
XMG	0.6984	0.6682	0.6757	0.6277	0.7002	0.7006	0.6459	0.6236	0.7223	0.6768	0.7785
XA	0.9282	0.9105	0.9450	0.8830	0.8927	0.9109	0.9155	0.9095	0.9320	0.9737	1.0026
XOH	0.9542	0.9994	0.9989	0.9992	0.9981	0.9947	0.9990	0.9987	1.0000	0.9981	0.9978

Probe	**401**								401			
Meßfile	11343								10007			
	Na-Amphibole											
Analyse	3	8	10	17	18	19	20	23	37	63	68	70
SiO_2	54.15	53.98	54.18	52.93	53.62	53.53	53.49	53.54	53.15	52.51	53.81	53.08
TiO_2	0.00	0.03	0.03	0.06	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.00	0.02	0.13
Al_2O_3	3.00	3.70	3.10	2.55	2.42	2.22	2.47	2.84	2.55	2.40	2.80	2.75
Cr_2O_3	0.03	0.07	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00
Fe_2O_3	11.47	11.75	12.97	12.52	11.54	11.29	11.01	13.11	12.97	14.03	14.39	15.76
FeO	12.50	12.63	11.36	11.60	12.54	12.12	12.17	12.57	10.24	10.01	10.24	9.60
MnO	0.11	0.15	0.06	0.06	0.14	0.08	0.11	0.09	0.14	0.08	0.14	0.22
MgO	7.94	7.32	7.82	8.30	8.38	8.91	8.79	7.40	9.32	9.10	8.61	8.38
CaO	1.84	1.33	1.13	2.32	2.65	3.12	3.14	1.58	2.96	2.55	1.61	1.95
Na_2O	6.20	6.47	6.39	5.78	5.80	5.49	5.41	6.29	5.42	5.82	6.37	5.78
K_2O	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01
BaO	0.00	0.03	0.00	0.10	0.01	0.05	0.00	0.02	0.20	0.10	0.10	0.05
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02
ΣGew.%	96.14	96.30	95.79	95.01	96.02	95.79	95.59	96.21	95.75	95.23	96.68	96.16
H_2O'	2.04	2.05	2.05	2.01	2.04	2.03	2.03	2.04	2.03	2.03	2.06	2.05
ΣGew.%2	99.33	99.52	99.13	98.27	99.22	98.95	98.71	99.56	99.08	98.66	100.18	99.78
Si	7.9344	7.8972	7.9279	7.8615	7.8969	7.8921	7.8951	7.8734	7.8056	7.7642	7.8167	7.7547
Al_{tetra}	0.0656	0.1028	0.0721	0.1385	0.1031	0.1079	0.1049	0.1266	0.1944	0.2358	0.1833	0.2453
Σ tetra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ti	0.0002	0.0028	0.0028	0.0061	0.0020	0.0033	0.0024	0.0048	0.0039	0.0000	0.0018	0.0143
Al_{okta}	0.4528	0.5347	0.4619	0.3086	0.3170	0.2785	0.3249	0.3661	0.2471	0.1820	0.2961	0.2273
Cr	0.0039	0.0081	0.0039	0.0000	0.0000	0.0041	0.0000	0.0000	0.0017	0.0032	0.0037	0.0002
Fe^{3+}	1.2641	1.2941	1.4281	1.3992	1.2787	1.2520	1.2233	1.4506	1.4334	1.5609	1.5727	1.7328
Fe^{2+}	1.5316	1.5455	1.3899	1.4407	1.5449	1.4945	1.5022	1.5458	1.2572	1.2384	1.2445	1.1730
Mn	0.0131	0.0182	0.0077	0.0071	0.0176	0.0103	0.0140	0.0109	0.0169	0.0105	0.0167	0.0278
Mg	1.7342	1.5966	1.7057	1.8382	1.8399	1.9574	1.9331	1.6217	2.0399	2.0050	1.8645	1.8246
Σ Kat 2	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Ca	0.2888	0.2092	0.1777	0.3685	0.4187	0.4926	0.4965	0.2489	0.4663	0.4043	0.2511	0.3057
Na	1.7616	1.8352	1.8141	1.6644	1.6571	1.5679	1.5471	1.7945	1.5443	1.6674	1.7937	1.6375
K	0.0052	0.0038	0.0031	0.0052	0.0072	0.0084	0.0118	0.0056	0.0045	0.0025	0.0002	0.0013
Ba	0.0000	0.0015	0.0000	0.0059	0.0008	0.0026	0.0000	0.0012	0.0116	0.0056	0.0055	0.0031
Σ Kat 3	2.0556	2.0498	1.9950	2.0440	2.0839	2.0715	2.0554	2.0503	2.0267	2.0798	2.0505	1.9477
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0032	0.0000	0.0000	0.0063	0.0000	0.0012	0.0033	0.0000	0.0067	0.0008	0.0007	0.0037
OH	1.9968	2.0000	2.0000	1.9937	2.0000	1.9988	1.9967	2.0000	1.9933	1.9992	1.9993	1.9963
Xtr	0.1444	0.1046	0.0888	0.1842	0.2094	0.2463	0.2482	0.1244	0.2331	0.2021	0.1255	0.1529
Xgl	0.8556	0.8954	0.9112	0.8158	0.7906	0.7537	0.7518	0.8756	0.7669	0.7979	0.8745	0.8471
Xri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XSI	0.9918	0.9871	0.9910	0.9827	0.9871	0.9865	0.9869	0.9842	0.9757	0.9705	0.9771	0.9693
XMG	0.5289	0.5052	0.5497	0.5594	0.5408	0.5654	0.5604	0.5102	0.6156	0.6162	0.5965	0.6031
XA	0.9444	0.9502	1.0050	0.9560	0.9161	0.9285	0.9446	0.9497	0.9733	0.9202	0.9495	1.0523
XOH	0.9984	1.0000	1.0000	0.9969	1.0000	0.9994	0.9984	1.0000	0.9966	0.9996	0.9996	0.9981

Probe	401	
Meßfile	10007	
	Na Amphibole	
Analyse	71	72
SiO_2	52.53	54.33
TiO_2	0.01	0.01
Al_2O_3	2.56	3.16
Cr_2O_3	0.00	0.01
Fe_2O_3	15.43	12.96
FeO	9.76	11.08
MnO	0.11	0.10
MgO	8.37	8.16
CaO	1.24	1.13
Na_2O	6.60	6.62
K_2O	0.01	0.00
BaO	0.09	0.02
F	0.00	0.00
Cl	0.01	0.00
ΣGew.%	95.17	96.30
H_2O'	2.02	2.06
ΣGew.%2	98.74	99.65
Si	7.7694	7.9059
Al_{tetra}	0.2306	0.0941
Σ tetra	8	8
Ti	0.0007	0.0011
Al_{okta}	0.2160	0.4482
Cr	0.0002	0.0012
Fe^{3+}	1.7169	1.4193
Fe^{2+}	1.2068	1.3484
Mn	0.0144	0.0124
Mg	1.8450	1.7694
Σ Kat 2	5.00	5.00
Ca	0.1962	0.1760
Na	1.8912	1.8689
K	0.0016	0.0004
Ba	0.0054	0.0010
Σ Kat 3	2.0944	2.0463
F	0.0000	0.0000
Cl	0.0028	0.0005
OH	1.9972	1.9995
Xtr	0.0981	0.0880
Xgl	0.9019	0.9120
Xri	0.0000	0.0000
XSI	0.9712	0.9882
XMG	0.6017	0.5653
XA	0.9056	0.9537
XOH	0.9986	0.9998

Probe	**107**	**135**		**137**				**158**				**159**	
Meßfile	10015	11355		11355				10052				10052	
	Albit												
Analyse	8	7	22	106	111	127	139	76	77	78	79	60	61
SiO_2	68.40	68.47	67.73	68.47	67.76	68.59	68.52	68.64	67.74	68.67	68.56	68.17	68.81
Al_2O_3	19.53	19.48	19.19	19.50	19.45	19.63	19.57	19.84	20.00	19.52	19.76	19.54	19.76
Fe_2O_3	0.22	0.33	0.29	0.31	0.09	0.16	0.17	0.15	0.34	0.11	0.07	0.17	0.19
Mn_2O_3	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.11	0.16	0.18	0.05	0.07	0.09
Cr_2O_3	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02
TiO_2	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
BaO	0.00	0.02	0.03	0.00	0.03	0.02	0.06	0.00	0.06	0.00	0.05	0.00	0.01
CaO	0.01	0.08	0.01	0.15	0.13	0.12	0.15	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03
Na_2O	12.37	11.86	11.89	11.60	11.78	11.82	11.71	12.49	11.68	12.26	12.18	12.24	12.32
K_2O	0.00	0.07	0.03	0.06	0.04	0.03	0.09	0.02	0.40	0.03	0.04	0.02	0.03
ΣGew.%	100.57	100.33	99.20	100.14	99.30	100.39	100.30	101.35	100.42	100.79	100.75	100.31	101.26
Si	2.9806	2.9868	2.9888	2.9891	2.9849	2.9874	2.9883	2.9709	2.9609	2.9846	2.9801	2.9782	2.9778
Al	1.0027	1.0015	0.9979	1.0033	1.0098	1.0075	1.0060	1.0119	1.0304	0.9998	1.0121	1.0061	1.0079
Fe^{3+}	0.0073	0.0107	0.0095	0.0103	0.0029	0.0051	0.0056	0.0050	0.0111	0.0035	0.0024	0.0055	0.0062
Mn^{3+}	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0038	0.0054	0.0060	0.0017	0.0023	0.0029
Cr	0.0009	0.0000	0.0004	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000	0.0000	0.0007	0.0018	0.0007
Ti	0.0003	0.0011	0.0002	0.0011	0.0009	0.0005	0.0009	0.0001	0.0005	0.0005	0.0002	0.0007	0.0002
Σ Kat1	3.99	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.99	4.01	3.99	4.00	3.99	4.00
Ba	0.0000	0.0004	0.0005	0.0000	0.0006	0.0003	0.0010	0.0000	0.0010	0.0000	0.0009	0.0000	0.0001
Ca	0.0004	0.0039	0.0007	0.0071	0.0062	0.0057	0.0069	0.0008	0.0011	0.0004	0.0004	0.0012	0.0014
Na	1.0453	1.0029	1.0176	0.9817	1.0057	0.9979	0.9904	1.0480	0.9901	1.0327	1.0267	1.0364	1.0335
K	0.0001	0.0036	0.0018	0.0032	0.0024	0.0017	0.0050	0.0013	0.0221	0.0015	0.0021	0.0013	0.0014
Σ Kat 2	1.05	1.01	1.02	0.99	1.02	1.01	1.00	1.05	1.01	1.03	1.03	1.04	1.04
XAb	0.9995	0.9926	0.9975	0.9896	0.9915	0.9926	0.9881	0.9980	0.9771	0.9982	0.9976	0.9976	0.9973
XAn	0.0004	0.0039	0.0007	0.0072	0.0061	0.0057	0.0069	0.0008	0.0011	0.0004	0.0004	0.0012	0.0014
XOr	0.0001	0.0036	0.0018	0.0032	0.0024	0.0017	0.0050	0.0012	0.0218	0.0014	0.0020	0.0013	0.0014

Probe	159				**401**						
Meßfile	10052				10007						
	Albit										
Analyse	62	64	66	68	7	43	45	47	49	50	51
SiO_2	68.20	67.71	68.42	67.82	67.04	66.96	66.40	66.42	67.50	66.93	67.27
Al_2O_3	19.76	19.48	19.77	19.54	19.60	19.85	20.10	19.57	19.63	19.70	19.62
Fe_2O_3	0.18	0.34	0.10	0.27	0.14	0.10	0.16	0.20	0.27	0.33	0.10
Mn_2O_3	0.04	0.07	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.04	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.01
TiO_2	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.07	0.01	0.04	0.05	0.03	0.06	0.00	0.25	0.09	0.04	0.00
CaO	0.03	0.02	0.03	0.10	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.01	0.00
Na_2O	12.57	12.22	12.26	11.76	11.69	11.41	11.16	11.94	11.76	11.76	11.74
K_2O	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.07
ΣGew.%	100.93	99.88	100.70	99.65	98.58	98.41	97.86	98.46	99.34	98.83	98.81
Si	2.9673	2.9735	2.9768	2.9795	2.9752	2.9725	2.9620	2.9620	2.9755	2.9666	2.9775
Al	1.0131	1.0082	1.0134	1.0116	1.0252	1.0388	1.0568	1.0289	1.0195	1.0293	1.0234
Fe^{3+}	0.0058	0.0113	0.0033	0.0088	0.0048	0.0033	0.0053	0.0067	0.0089	0.0109	0.0034
Mn^{3+}	0.0014	0.0023	0.0014	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cr	0.0012	0.0000	0.0000	0.0003	0.0006	0.0000	0.0000	0.0020	0.0005	0.0000	0.0005
Ti	0.0002	0.0000	0.0006	0.0005	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Σ Kat1	3.99	4.00	4.00	4.00	4.01	4.02	4.02	4.00	4.00	4.01	4.00
Ba	0.0013	0.0002	0.0006	0.0009	0.0006	0.0011	0.0000	0.0043	0.0016	0.0007	0.0000
Ca	0.0016	0.0009	0.0012	0.0049	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0023	0.0003	0.0000
Na	1.0608	1.0402	1.0339	1.0020	1.0060	0.9817	0.9651	1.0327	1.0052	1.0104	1.0074
K	0.0021	0.0009	0.0015	0.0018	0.0029	0.0010	0.0011	0.0010	0.0012	0.0033	0.0037
Σ Kat 2	1.07	1.04	1.04	1.01	1.01	0.98	0.97	1.04	1.01	1.01	1.01
XAb	0.9965	0.9983	0.9974	0.9934	0.9971	0.9990	0.9979	0.9990	0.9965	0.9964	0.9963
XAn	0.0015	0.0009	0.0012	0.0049	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0023	0.0003	0.0000
XOr	0.0020	0.0009	0.0014	0.0018	0.0029	0.0010	0.0011	0.0010	0.0012	0.0033	0.0037

Granat-Phengit-Thermometer Probe 107

mit den Programm PTGibbs (Brandelik & Massonne 2000)

P in kbar	Grt1						Grt1b	
Reaktion	**a3/Grt1**	**a3/Grt14**	**a4/Grt1**	**a4/Grt14**	**a7/Grt1**	**a7/Grt14**	**3/Grt16**	**a3/Grt24**
1.00	391.38	404.86	401.85	415.13	386.17	399.84	405.32	394.79
10.00	386.21	399.59	396.24	409.41	381.58	395.15	399.98	389.58

P in kbar					**MW Grt1+1b**	Grt2		
Reaktion	**a4/Grt16**	**a4/Grt24**	**a7/Grt16**	**a7/Grt24**		**a3/Grt27**	**a4/Grt27**	**a7/Grt27**
1.00	415.57	405.21	400.30	389.62	400.84	407.19	417.42	402.21
10.00	409.79	399.55	395.55	384.99	395.64	401.80	411.58	397.40

P in kbar				**MW Grt2**	Grt3			
Reaktion	**a3/Grt45**	**a4/Grt45**	**a7/Grt45**		**a3/Grt46**	**a4/Grt46**	**a7/Grt46**	**a3/Grt60**
1.00	411.50	421.66	406.57	411.09	392.97	403.41	387.78	401.61
10.00	406.14	415.86	401.81	405.77	387.76	397.76	383.14	396.35

P in kbar			**MW Grt3**	Grt4		**MW Grt4**	Grt5	Grt7
Reaktion	**a4/Grt60**	**a7/Grt60**		**b7/Grt61**	**b7/Grt70**		**b7/Grt72**	**b7/Grt86**
1.00	411.93	396.54	399.04	412.53	402.66	407.59	403.21	392.43
10.00	406.22	391.86	393.85	406.63	396.89	401.76	397.39	386.65

P in kbar								**MW Grt7**
Reaktion	**b10/Grt86**	**b23/Grt86**	**b24/Grt86**	**b38/Grt86**	**b10/Grt94**	**b23/Grt94**	**b24/Grt94**	
1.00	414.94	413.61	419.24	389.38	388.57	386.96	395.42	400.07
10.00	409.12	407.80	411.62	384.10	382.88	381.28	387.97	393.93

P in kbar	Grt8							
Reaktion	**b10/Grt97**	**b23/Grt97**	**b24/Grt97**	**b38/Grt97**	**b10/Grt105**	**b23/Grt105**	**b24/Grt105**	**b38/Grt105**
1.00	401.61	400.13	407.22	375.90	406.12	404.69	411.29	380.46
10.00	395.81	394.34	399.64	370.62	400.28	398.87	403.68	375.15

P in kbar	**MW Grt8**	Grt 9					**MW Grt9**	Grt10
Reaktion		**b10/Grt106**	**b23/Grt106**	**b24/Grt106**	**b38/Grt115**	**b44/Grt115**		**b47/Grt117**
1.00	398.43	390.98	389.39	397.61	418.47	404.51	400.19	387.22
10.00	392.30	385.40	383.82	390.25	412.94	398.81	394.24	381.97

P in kbar				**MW Grt10**
Reaktion	**b49/Grt117**	**b47/Grt125**	**b47/Grt125**	
1.00	372.61	406.57	392.06	389.62
10.00	367.77	401.30	387.21	384.56

Probenbezeichnung: a7: Phengit-Analyse a7 von Meßfile 10015
Phengit-Analyse b7 von Meßfile 10009
Granat Grt16 Analyse 16 von Meßfile10010
MW gibt den Mittelwert der T in °C des genannten Granates an

Granat-Phengit-Thermometer Probe 158
mit den Programm PTGibbs (Brandelik & Massonne 2000)

P in kbar Reaktion	b18/Grt1-119	b19/Grt1-119	b18/Grt2-150	b19/Grt2-150	b24/Grt4-161	b24/Grt4b-180	b27/Grt5-181
1.00	244.33	294.69	263.13	312.48	371.42	298.39	380.38
10.00	248.04	292.39	267.11	310.18	371.33	298.35	379.68

P in kbar Reaktion	b29/Grt5-181	b27/Grt5-190	b29/Grt5-190	b27/Grt5c-201	b29/Grt5c-201	b33/Grt6-212	b36/Grt6-212
1.00	363.46	552.36	544.93	367.90	350.45	285.45	212.60
10.00	367.19	550.86	549.06	367.24	354.14	282.80	214.45

P in kbar Reaktion	b38/Grt6-212	b39/Grt6-212	b42/Grt7-221	b43/Grt7-221	b42/Grt7-230	b43/Grt7-230	b47/Grt8-231
1.00	261.85	252.86	242.70	246.68	242.70	412.43	240.18
10.00	263.33	252.91	244.11	248.71	244.11	415.22	245.02

P in kbar Reaktion	b48/Grt8-231	b18/Grt4-161	b19/Grt4-161	b24/Grt4-161	b18/Grt4-171	b19/Grt4-171	b24/Grt4-171
1.00	254.04	342.76	384.55	371.42	380.24	417.36	407.67
10.00	256.11	347.44	382.05	371.33	385.25	414.78	407.61

Probenbezeichnung: b18: Phengit-Analyse b18 von Meßfile 10009
Probenbezeichnung Grt1-119: Granat Nr.1 Analyse 119 von Meßfile 10013
Temperatur in °C

Granat-Phengit-Thermometer Probe 159
mit den Programm PTGibbs (Brandelik & Massonne 2000)

P in kbar Reaktion	a3/Grt1-2	a4/Grt1-2	a5/Grt1-2	a6/Grt1-2	a11/Grt1-2	a13/Grt1-2	a16/Grt1-2
1.00	222.74	252.43	218.41	244.47	203.66	235.93	235.16
10.00	225.00	252.06	223.16	244.87	210.62	236.65	236.72

P in kbar Reaktion	a3/Grt1-10	a4/Grt1-10	a5/Grt1-10	a6/Grt1-10	a11/Grt1-10	a13/Grt1-10	a16/Grt1-10
1.00	246.73	276.09	243.93	268.69	229.84	259.02	260.18
10.00	249.01	275.61	248.81	269.02	237.05	259.68	261.73

P in kbar Reaktion	a29/Grt3-31	a31/Grt3-31	a32/Grt3-31	a29/Grt3-40	a31/Grt3-40	a32/Grt3-40	b2/Grt10-101
1.00	250.55	256.00	222.98	264.84	269.69	237.49	255.79
10.00	250.55	255.41	226.86	264.64	268.91	241.27	262.60

P in kbar Reaktion	b8/Grt10-101	b9/Grt10-101	b12/Grt10-101	b14/Grt10-101	b16/Grt10-101	b2/Grt10-110	b8/Grt10-110
1.00	269.60	260.72	258.38	253.61	284.65	213.53	227.96
10.00	273.21	265.57	260.82	261.88	287.80	219.43	230.95

P in kbar Reaktion	b9/Grt10-110	b12/Grt10-110	b14/Grt10-110	b16/Grt10-110
1.00	219.83	221.25	209.52	242.09
10.00	223.97	223.22	216.71	244.68

Probenbezeichnung: a3: Phengit-Analyse b18 von Meßfile 10018
Probenbezeichnung: b2: Phengit-Analyse b2 von Meßfile 10012
Probenbezeichnung Grt1-2: Granat Nr.1 Analyse 2 von Meßfile 10013
Temperatur in °C

Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht Probe 107
System KFMASH mit dem Programm TWQ

Analysen	Mineralphasen	P-Ø	P sigma	T-Ø	T sigma
a3a5/1-1	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.07	1549.85	408	35.00
		10.14	294.81	407	7.73
a3a5/1-14	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.89	1568.08	418	33.57
		9.98	250.17	417	6.40
a3a5/1-16	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.94	1569.39	414	33.02
		10.01	256.20	413	7.44
a3a5/1-24	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.05	1533.39	408	33.81
		10.12	254.51	407	7.02
a3a5/2-27	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.90	1574.64	415	22.27
		9.98	271.22	414	6.82
a3a5/2-45	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.85	1583.77	419	34.10
		9.93	243.79	418	7.17
a3a5/3-46	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.04	1528.29	408	33.72
		10.11	255.54	407	7.13
a3a5/3-60	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.98	1465.99	413	32.73
		10.05	263.78	412	7.74
a4a5/1-1	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.23	1586.92	405	28.54
		10.31	284.16	403	7.38
a4a5/1-14	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.06	1673.45	415	29.27
		10.15	263.31	413	7.54
a4a5/1-16	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.10	1577.34	411	29.79
		10.19	269.10	409	6.80
a4a5/1-24	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.21	1580.79	405	28.40
		10.30	294.05	403	7.42
a4a5/2-27	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.07	1684.85	412	29.04
		10.16	225.09	410	6.83
a4a5/2-45	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.02	1705.68	416	30.32
		10.11	329.62	414	8.82
a4a5/3-46	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.21	1577.89	405	28.33
		10.29	283.35	404	7.48
a4a5/3-60	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.14	1553.09	410	27.97
		10.23	277.61	408	6.92
a7a5/1-1	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.96	1474.16	411	32.68
		10.03	293.01	409	8.38
a7a5/1-14	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.79	1420.20	421	30.76
		9.86	243.22	420	6.08
a7a5/1-16	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.83	1443.13	417	30.68
		9.90	251.52	416	7.23
a7a5/1-24	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.94	1457.58	411	32.40
		10.01	278.39	410	7.90

Durchschnittswerte mit INTERSX des Softwarepackets TWQ berechnet
erster Zeile Durchschnitt aller Schnittpunkte
zweite Zeile Durchschnitt der Schnittpunkte mit Abweichung < 1,5 sigma vom Durchschnitt
Analysenbezeichnung: Phengit, Chlorit/Granat Nr- Analysennr.

Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht Probe 107
System KFMASH mit dem Programm TWQ

Analysen	Min.-Komponenten	P-Ø	P sigma	T-Ø	T sigma
a7a5/2-27	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.80	1439.41	418	30.75
		9.87	282.93	417	7.42
a7a5/2-45	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.74	1444.92	422	31.45
		9.82	235.51	421	6.02
a7a5/3-46	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.94	1450.54	411	32.27
		10.00	266.97	410	7.62
a7a5/3-60	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	9.87	1455.89	416	30.77
		9.94	254.86	416	6.70
b3b7/4-61	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.32	1140.48	431	26.95
		10.37	197.68	431	6.21
b3b7/4-70	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.44	1222.04	425	33.48
		10.48	204.30	424	6.18
b3b7/5-72	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.34	1153.26	427	27.04
		10.39	223.44	426	6.27
b3b7/5-86	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	10.38	1166.53	429	33.06
		10.42	223.10	429	6.38

Durchschnittswerte mit INTERSX des Softwarepackets TWQ berechnet
erster Zeile Durchschnitt aller Schnittpunkte
zweite Zeile Durchschnitt der Schnittpunkte mit Abweichung < 1,5 sigma vom Durchschnitt
Analysenbezeichnung: Phengit, Chlorit/Granat Nr- Analysennr.

Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht Probe 158
System KFMASH mit dem Programm TWQ

Analyse	Mineralphasen	P-Ø	P sigma	T-Ø	T sigma
b35b36/5b-201	Alm+Phen+Chl+Qz	9.07	120.48	427	3.67
		9.07	73.52	428	2.55
	Prp+Phen+Chl+Qz	9.35	93.03	439	1.97
		9.35	58.50	439	1.10
b35b36/5-181	Alm+Phen+Chl+Qz	9.11	94.39	429	2.88
		9.11	51.66	429	2.00
	Prp+Phen+Chl+Qz	9.42	155.31	442	3.29
		9.42	97.84	442	1.84
b35b36/6-212	Alm+Phen+Chl+Qz	9.11	90.47	430	2.76
		9.11	55.46	429	1.92
b35b36/6-220	Alm+Phen+Chl+Qz	8.88	251.88	420	7.63
		8.88	138.25	420	5.26
b37b38/5b201	Prp+Phen+Chl+Qz	10.01	951.89	391	18.69
		10.03	159.92	389	3.63
b37b38/5-181	Alm+Phen+Chl+Qz	9.53	1076.64	375	29.52
		9.61	101.47	372	3.51
	Prp+Phen+Chl+Qz	10.08	894.74	394	17.57
		10.10	148.78	391	3.42
b37b38/7-221	Alm+Phen+Chl+Qz	9.52	1080.44	375	29.62
		9.60	101.83	372	3.53
b37b38/7-230	Alm+Phen+Chl+Qz	9.46	1123.68	373	30.76
		9.54	105.98	370	3.65
	Prp+Phen+Chl+Qz	10.14	1100.18	396	35.30
		10.15	239.32	393	5.02
b49b50/9-240	Prp+Phen+Chl+Qz	9.03	37.03	423	0.76
		9.02	22.17	423	0.41

Durchschnittswerte mit INTERSX des Softwarepackets TWQ berechnet
erster Zeile Durchschnitt aller Schnittpunkte
zweite Zeile Durchschnitt der Schnittpunkte mit Abweichung < 1,5 sigma vom Durchschnitt
Analysenbezeichnung: Phengit, Chlorit/Granat Nr- Analysennr.

Chlorit-Phengit-Granat-Multigleichgewicht Probe 159
System KFMASH mit dem Programm TWQ

Analyse	Mineralphasen	P- Ø	P sigma	T- Ø	T sigma
a8a11/1-10	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	7.77	601.14	375	11.23
		7.78	189.86	375	6.05
	Alm+Phen+Chl+Qz	7.66	367.83	381	9.95
		7.66	243.70	381	6.49
b1b2/10-101	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	7.29	847.62	399	18.71
		7.31	276.24	398	11.04
	Alm+Phen+Chl+Qz	7.50	121.50	389	3.26
		7.50	48.58	389	2.09
b10b9/10-101	Alm+Prp+Phen+Chl+Qz	7.86	819.75	387	19.31
		7.84	220.20	388	7.62

Ø

Durchschnittswerte mit INTERSX des Softwarepackets TWQ berechnet
erster Zeile Durchschnitt aller Schnittpunkte
zweite Zeile Durchschnitt der Schnittpunkte mit Abweichung < 1,5 sigma vom Durchschnitt
Analysenbezeichnung: Phengit, Chlorit/Granat Nr- Analysennr.

Chlorit-Phengit-Multigleichgewicht der Metpelite

im System KFMASH mit dem Programm TWQ

Probe	Analyse	P Durchschnitt	P sigma	T Durchschnitt	T sigma
111	2/3	7733.01	426.08	368.95	26.90
		7751.99	295.98	370.36	11.16
	2/4	7493.36	65.55	353.55	2.92
		7492.93	40.55	353.61	1.36
	16/14	7857.30	79.46	359.63	3.42
		7857.81	49.09	359.55	1.67
	48/51	7982.15	90.43	363.36	4.12
		7981.61	57.09	363.44	1.96
	65/64	7634.06	327.99	370.39	14.95
		7631.97	201.49	370.70	7.17
	66/67	7535.05	551.65	380.64	37.04
		7499.18	55.57	383.05	2.61
150	18/19	6821.53	210.54	369.12	14.02
		6818.78	189.76	369.42	6.99
	20/21	7527.44	341.61	372.22	22.97
		7531.19	212.30	373.75	6.82
	22/23	7404.60	313.24	377.82	21.38
		7400.99	292.41	378.27	10.61
158	b35/b36	9555.65	269.30	447.24	13.59
		9546.94	206.90	446.79	7.74
	c82/c83	9869.93	429.11	419.04	13.85
		9861.47	223.99	418.99	7.62
159	a8/a11	7885.87	254.35	389.08	11.36
		7886.06	182.98	389.03	6.77
	b1/b2	7589.26	242.88	392.29	11.04
		7589.11	163.96	392.32	6.00
178	51/49	9748.15	109.32	452.44	7.86
		9747.50	90.36	452.64	3.89
195	90/89	9674.90	262.78	407.40	15.51
		9676.05	218.70	406.97	8.13
208	118/109	12269.82	288.34	447.19	13.72
		12282.08	227.17	447.33	7.28

Durchschnittswerte mit INTERSX des Softwarepackets TWQ berechnet
erster Zeile Durchschnitt aller Schnittpunkte
zweite Zeile Durchschnitt der Schnittpunkte mit sigma < 1,5 vom Durchschnitt
Analysenbezeichnung: Chlorit/Phengit

Gesamtgesteinschemie der Metavulkanite

Probe	Analytik	501	522	525	532	536	538	540	542	544	545	560
	in wt. %											
SiO_2	RFA	49.76	49.52	66.36	47.02	49.02	77.17	46.71	48.13	47.92	47.23	46.94
TiO_2	RFA	1.54	2.52	0.77	1.38	1.55	0.78	1.37	1.13	1.34	2.39	1.70
Al_2O_3	RFA	19.01	15.16	14.35	20.47	17.75	7.18	14.80	14.75	14.95	15.24	16.04
Fe_2O_3tot	RFA	11.60	17.09	6.74	10.70	14.22	5.44	9.78	10.69	11.05	13.59	10.61
MnO	RFA	0.15	0.19	0.17	0.17	0.23	0.19	0.23	0.17	0.19	0.22	0.18
MgO	RFA	4.81	7.80	1.85	3.38	5.66	3.93	7.48	8.55	7.77	3.68	10.03
CaO	RFA	1.49	0.41	0.90	8.14	5.58	0.57	10.55	10.24	11.68	13.73	5.18
Na_2O	RFA	6.28	1.59	3.08	3.34	2.97	1.44	4.12	2.78	2.54	1.62	3.69
K_2O	RFA	0.01	0.01	2.13	1.44	0.03	0.24	0.67	0.08	0.02	0.17	0.93
P_2O_5	RFA	0.17	0.19	0.26	0.14	0.09	0.06	0.17	0.07	0.11	0.38	0.24
H_2O	LECO	-	-	2.10	-	4.42	-	2.60	3.28	3.00	1.30	4.71
CO_2	LECO	-	-	0.05	-	0.05	-	0.95	.040	0.02	0.02	0.07
LOI		4.44	6.69	2.15	3.69	4.47	2.49	3.55	3.315	3.02	1.32	4.78
ΣGew.%		99.27	101.17	98.77	99.88	101.57	99.48	99.43	99.90	100.59	99.56	100.30
	in ppm											
Sc	ICP-MS	47	49	-	22	26	13	17	10	36	27	30
V	RFA	143	565	161	196	379	138	195	255	264	298	216
Cr	RFA	92	142	25	378	258	362	339	421	316	147	467
Co	RFA	12	47	15	45	62	33	44	45	43	30	58
Ni	RFA	23	55	19	124	90	141	165	133	102	86	252
Cu	RFA	15	16	26	55	68	55	49	47	44	30	50
Zn	RFA	74	154	110	147	144	64	66	74	137	101	75
Ga	RFA	19	23	19	18	20	12	14	17	17	27	16
Rb	RFA	140	3	69	54	3	9	14	3	3	4	19
Sr	RFA	42	14	77	331	241	35	154	145	123	248	105
Y	RFA	21	31	43	24	34	5	26	30	30	43	28
Zr	RFA	183	215	174	106	91	89	111	71	80	245	151
Nb	RFA	13	5	7	12	2	10	6	2	2	32	11
Ba	RFA	688	41	2154	183	<30	182	63	34	<30	71	127
Hf	ICP-MS	-	0.57	-	0.30	0.24	0.38	0.40	0.25	0.63	1.23	0.69
Pb	ICP-MS	25.32	8.48	30.30	3.64	6.99	2.92	4.62	2.89	1.14	3.78	2.09
Th	ICP-MS	17.85	1.02	7.88	0.50	0.31	4.36	0.24	0.08	0.17	2.76	0.69
U	ICP-MS	4.28	0.21	4.67	0.25	0.21	0.43	0.26	0.08	0.04	0.35	0.59
SEE												
La	ICP-MS	33.60	3.74	27.55	5.60	3.55	6.99	4.76	1.67	2.37	19.51	14.89
Ce	ICP-MS	92.88	12.36	79.33	12.74	11.87	27.92	16.36	6.66	9.21	50.24	41.95
Pr	ICP-MS	11.56	2.24	9.49	1.89	1.78	2.43	2.36	1.19	1.66	6.51	6.52
Nd	ICP-MS	44.20	9.60	40.45	8.90	8.67	10.05	11.34	6.46	9.20	27.74	30.33
Sm	ICP-MS	9.61	3.33	9.41	2.48	2.92	2.11	3.29	2.41	3.14	6.54	7.61
Eu	ICP-MS	2.46	0.98	2.47	0.94	1.09	0.56	1.17	0.95	1.19	2.21	2.61
Tb	ICP-MS	1.46	0.68	1.51	0.47	0.64	0.27	0.64	0.56	0.69	1.03	1.30
Dy	ICP-MS	9.30	5.05	9.77	3.07	4.42	1.70	4.26	3.89	4.68	6.30	7.87
Ho	ICP-MS	1.90	1.10	2.06	0.62	0.91	0.32	0.91	0.86	1.03	1.24	1.55
Er	ICP-MS	4.97	3.04	5.28	1.60	2.34	0.80	2.29	2.20	2.62	3.18	3.55
Tm	ICP-MS	0.80	0.51	0.82	0.25	0.39	0.12	0.36	0.36	0.41	0.49	0.49
Yb	ICP-MS	4.37	3.28	4.32	1.38	2.14	0.74	1.87	1.93	2.44	2.79	2.24
Lu	ICP-MS	0.51	0.37	0.48	0.16	0.28	0.09	0.23	0.25	0.32	0.35	0.22

Gesamtgesteinschemie der Metavulkanite

Probe	Analytik	565	566	567	576	577	578	582	625	627	637	641
	in wt. %											
SiO_2	RFA	46.84	48.70	49.54	46.52	50.77	44.97	55.18	48.91	48.01	46.27	51.02
TiO_2	RFA	1.39	1.05	1.82	1.14	1.30	2.32	1.28	1.78	1.74	0.76	1.62
Al_2O_3	RFA	15.72	15.08	14.20	17.03	15.28	17.98	15.04	15.26	15.06	16.61	17.86
Fe_2O_3tot	RFA	10.48	10.24	12.11	9.89	10.45	12.92	10.26	12.67	12.66	9.41	12.71
MnO	RFA	0.17	0.19	0.18	0.16	0.24	0.20	0.17	0.20	0.20	0.20	0.21
MgO	RFA	8.13	7.91	7.25	7.26	6.99	6.70	5.40	5.46	5.39	6.29	3.86
CaO	RFA	11.48	11.06	10.92	10.54	9.28	5.74	5.32	9.07	9.00	10.60	7.23
Na_2O	RFA	1.91	2.76	2.35	3.03	3.03	4.50	3.08	3.52	0.61	2.67	3.68
K_2O	RFA	0.17	0.02	0.02	0.26	0.04	0.04	1.03	0.62	3.50	2.07	0.17
P_2O_5	RFA	0.08	0.06	0.12	0.08	0.11	0.26	0.11	0.16	0.16	0.08	0.24
H_2O	LECO	3.19	3.01	3.13	3.72	3.00	4.49	3.46	4.04	2.85	3.59	3.49
CO_2	LECO	0.07	0.03	0.05	0.07	0.03	0.05	0.03	0.20	0.04	1.23	0.04
LOI		3.26	3.04	3.18	3.79	3.03	4.54	3.49	4.24	2.89	4.82	3.53
ΣGew.%		99.62	100.11	101.69	99.70	100.52	100.17	100.36	101.87	99.22	99.78	102.12
	in ppm											
Sc	ICP-MS	35	26	49	29	30	34	46	36	33	31	50
V	RFA	273	244	336	232	254	234	325	197	255	219	222
Cr	RFA	377	471	285	358	345	357	294	402	197	427	467
Co	RFA	34	44	31	39	36	55	53	66	84	51	72
Ni	RFA	93	131	55	85	96	189	79	73	54	97	177
Cu	RFA	23	39	36		62	17	81	-	71	28	20
Zn	RFA	77	115	92	70	130	115	111	102	121	72	163
Ga	RFA	17	16	18	16	16	21	17	17	17	15	18
Rb	RFA	6	2	3	9	3	3	2	6	14	64	9
Sr	RFA	109	137	129	113	135	641	237	235	170	264	398
Y	RFA	34	27	47	29	33	43	34	24	35	23	31
Zr	RFA	88	64	119	69	87	204	89	107	115	39	116
Nb	RFA	2	2	3	3	3	7	3	7	8	1	8
Ba	RFA	24	<30	<30	67	<30	<30	<30	<30	<30	616	40
Hf	ICP-MS	0.97	0.41	0.73	0.37	0.52	0.65	0.30	0.22	0.20	0.16	0.33
Pb	ICP-MS	1.22	1.38	2.12	0.94	1.39	2.02	4.78	1.44	0.82	2.53	6.78
Th	ICP-MS	0.08	0.04	0.11	0.32	0.52	0.32	0.17	0.44	0.21	0.05	0.20
U	ICP-MS	0.06	0.04	0.07	0.45	0.39	0.26	0.22	0.28	0.11	0.43	0.56
SEE												
La	ICP-MS	2.25	1.37	3.82	2.53	3.73	7.36	3.24	6.74	3.47	1.13	5.76
Ce	ICP-MS	7.82	5.25	13.87	6.25	10.51	23.37	10.85	17.42	10.45	2.17	13.14
Pr	ICP-MS	1.46	1.00	2.79	1.34	1.82	4.11	2.05	2.84	1.52	0.66	1.97
Nd	ICP-MS	8.07	5.77	15.81	7.17	9.18	20.73	11.57	13.49	7.74	3.87	9.45
Sm	ICP-MS	2.66	2.09	5.32	2.28	2.87	5.74	4.15	3.87	2.32	1.30	2.62
Eu	ICP-MS	0.92	0.77	1.83	0.79	0.98	1.97	1.48	1.43	0.85	0.55	0.94
Tb	ICP-MS	0.60	0.53	1.20	0.50	0.63	1.00	0.96	0.72	0.48	0.33	0.52
Dy	ICP-MS	4.14	3.67	8.03	3.32	4.18	6.17	6.56	4.65	3.15	2.37	3.39
Ho	ICP-MS	0.87	0.79	1.75	0.72	0.92	1.21	1.44	0.94	0.66	0.52	0.70
Er	ICP-MS	2.29	2.14	4.58	1.89	2.39	2.92	3.74	2.32	1.68	1.44	1.83
Tm	ICP-MS	0.38	0.35	0.72	0.29	0.39	0.43	0.60	0.36	0.27	0.24	0.28
Yb	ICP-MS	2.08	1.90	3.92	1.62	2.11	2.07	3.23	1.89	1.43	1.31	1.54
Lu	ICP-MS	0.27	0.25	0.49	0.21	0.28	0.24	0.43	0.24	0.18	0.18	0.19

Gesamtgesteinschemie der Metavulkanite

Probe	Analytik	672	675	677	678	680	686	687	690	693
	in wt. %									
SiO_2	RFA	46.93	45.89	58.08	46.92	48.46	47.95	48.77	45.96	48.24
TiO_2	RFA	1.47	1.71	2.00	2.11	1.48	1.20	1.93	1.30	1.46
Al_2O_3	RFA	14.35	13.59	15.17	14.57	16.79	15.01	14.60	14.60	15.18
Fe_2O_3tot	RFA	10.90	13.49	10.32	16.12	11.43	12.14	13.89	12.25	12.20
MnO	RFA	0.17	0.2	0.14	0.26	0.15	0.20	0.23	0.18	0.16
MgO	RFA	7.56	6.9	4.01	6.42	5.12	7.21	5.63	6.96	6.16
CaO	RFA	11.07	9.47	3.50	7.27	10.74	9.76	8.22	11.64	11.26
Na_2O	RFA	0.18	3.09	0.16	1.35	2.84	3.71	3.60	2.05	0.12
K_2O	RFA	2.67	0.23	3.96	0.00	0.54	0.04	0.11	0.01	1.69
P_2O_5	RFA	0.13	0.14	0.35	0.16	0.14	0.07	0.18	0.09	0.11
H_2O	LECO	2.35	-	2.92	4.39	1.83	2.59	-	-	1.92
CO_2	LECO	0.35	-	0.12	0.37	0.22	0.06	-	-	0.78
LOI		2.70	3.03	3.04	4.76	2.05	2.65	2.97	4.27	2.70
ΣGew.%		98.13	97.74	100.73	99.94	99.75	99.94	100.14	99.31	99.28
	in ppm									
Sc	ICP-MS	33	48	28	30	44	27	31	41	45
V	RFA	152	341	177	404	290	285	404	273	299
Cr	RFA	114	181	172	165	403	201	134	190	257
Co	RFA	33	54	51	59	55	68	57	64	68
Ni	RFA	23	81	73	71	79	70	62	73	77
Cu	RFA	12	72	39	50	76	71	51	61	46
Zn	RFA	82	118	103	146	130	109	119	109	108
Ga	RFA	18	16	17	20	17	13	19	17	18
Rb	RFA	126	9	10	3	17	5	9	1	5
Sr	RFA	99	155	293	420	211	206	577	540	179
Y	RFA	11	44	36	46	34	32	53	35	39
Zr	RFA	223	109	211	126	95	65	113	72	85
Nb	RFA	14	5	23	5	5	3	5	3	4
Ba	RFA	521	36	<30	<30	66	<30	<30	<30	<30
Hf	ICP-MS	0.47	0.34	0.43	0.27	0.32	0.12	0.24	0.39	0.40
Pb	ICP-MS	1.37	1.51	7.11	4.14	1.90	1.42	5.64	7.72	1.02
Th	ICP-MS	0.21	0.21	5.28	0.21	0.11	0.09	0.18	0.04	0.10
U	ICP-MS	0.16	0.37	1.87	0.22	0.22	0.12	0.14	0.29	0.23
SEE										
La	ICP-MS	3.95	10.59	26.17	3.24	2.90	1.64	3.19	2.70	4.47
Ce	ICP-MS	12.48	14.44	67.32	9.48	7.66	5.08	10.27	6.60	11.25
Pr	ICP-MS	1.85	3.95	8.50	1.87	1.19	0.91	1.88	1.56	2.26
Nd	ICP-MS	9.27	19.25	35.56	10.25	6.09	4.94	10.30	8.82	12.13
Sm	ICP-MS	2.97	5.37	8.27	3.48	1.88	1.73	3.65	2.88	4.04
Eu	ICP-MS	1.05	1.70	2.34	1.21	0.69	0.68	1.25	1.01	1.47
Tb	ICP-MS	0.65	1.05	1.26	0.81	0.42	0.44	0.86	0.64	0.91
Dy	ICP-MS	4.39	6.95	7.53	5.57	2.80	3.04	5.90	4.21	6.10
Ho	ICP-MS	0.95	1.43	1.47	1.22	0.62	0.68	1.30	0.94	1.32
Er	ICP-MS	2.49	3.79	3.54	3.21	1.60	1.78	3.42	2.45	3.45
Tm	ICP-MS	0.39	0.58	0.54	0.53	0.25	0.28	0.54	0.37	0.53
Yb	ICP-MS	2.07	3.06	2.73	2.86	1.44	1.68	3.04	2.10	2.95
Lu	ICP-MS	0.25	0.42	0.31	0.39	0.19	0.23	0.40	0.30	0.42

Gesamtgesteinschemie der Metapelite

Probe	Analytik	530	531	535
	in wt. %			
SiO_2	RFA	59.73	65.71	69.88
TiO_2	RFA	0.90	0.66	0.54
Al_2O_3	RFA	19.45	16.55	14.80
Fe_2O_3tot	RFA	7.60	5.11	4.28
MnO	RFA	0.06	0.06	0.04
MgO	RFA	2.23	1.69	1.62
CaO	RFA	0.21	0.13	0.18
Na_2O	RFA	1.31	1.98	3.01
K_2O	RFA	4.06	3.40	2.48
P_2O_5	RFA	0.13	0.09	0.10
H_2O	LECO	-	-	-
CO_2	LECO	-	-	-
LOI		4.27	3.18	2.54
ΣGew.%		99.95	98.57	99.46
	in ppm			
Sc	ICP-MS	12	11	5
V	RFA	209	131	108
Cr	RFA	118	81	67
Co	RFA	12	9	7
Ni	RFA	18	13	15
Cu	RFA	10	16	15
Zn	RFA	103	74	63
Ga	RFA	25	20	18
Rb	RFA	193	152	111
Sr	RFA	97	65	74
Y	RFA	16	12	8
Zr	RFA	165	196	185
Nb	RFA	16	13	10
Ba	RFA	787	823	731
Hf	ICP-MS	0.29	0.34	0.17
Pb	ICP-MS	16.60	14.63	13.93
Th	ICP-MS	9.41	13.19	7.10
U	ICP-MS	1.05	9.12	1.10
SEE				
La	ICP-MS	4.52	7.99	6.04
Ce	ICP-MS	14.59	22.61	25.44
Pr	ICP-MS	1.82	2.77	2.17
Nd	ICP-MS	6.78	10.39	8.24
Sm	ICP-MS	1.85	2.24	1.81
Eu	ICP-MS	0.44	0.55	0.41
Tb	ICP-MS	0.32	0.33	0.23
Dy	ICP-MS	2.12	2.22	1.42
Ho	ICP-MS	0.42	0.46	0.28
Er	ICP-MS	1.11	1.32	0.75
Tm	ICP-MS	0.20	0.23	0.13
Yb	ICP-MS	1.11	1.31	0.72
Lu	ICP-MS	0.13	0.15	0.09

Normierungswerte nach Sun & McDonough (1989)

	in ppm
Ti	445
	545
P	1220
	in ppm
Sc	-
V	-
Cr	-
Co	-
Ni	-
Cu	-
Zn	-
Ga	-
Rb	2.32
Sr	7.26
Y	1.57
Zr	3.87
Nb	0.26
Ba	2.41
Hf	0.11
Pb	2.47
Th	0.03
U	0
SEE	
La	0.24
Ce	0.61
Pr	0.09
Nd	0.47
Sm	0.19
Eu	0.06
Tb	0.04
Dy	0.25
Ho	0.06
Er	0.17
Tm	0.03
Yb	0.17
Lu	0.03

Region Abtao/Cordillera Piuchén in EW Reihenfolge

Von 108 Proben wurden 62 Proben lichtmikroskopisch untersucht.

Probe	Gesteinstyp	UTM-Gitter	Lithologie	Gefüge
538	Grünschiefer	18 589097/5308467	Chl, Epi, Ab, Amph/Akt	
102	Quarzit	vgl. Karte	Qz, Ab, Chl, Phen, Tit	S_2
172	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Chl, Qz, Ab, Graphit	S_2
171	Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Ab, Epi, Chl, Tit	S_2
170	Qz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Tit, Chl, Ab, Epi, Graphit	S_2
168	Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Ab, Tit, Epi, Chl	undeutliche S_2
169	Quarzit	vgl. Karte	Qz, Phen, Epi, Tit, Chl, Ab	undeutliche S_2
106	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Tur, Apatit, Chl, Ab	S_2 und Krenulationssf
107	granatführender	vgl. Karte		
	Quarzit		Qz, Chl, Epi, Phen, Grt	S_2
108	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Ab, Tur	S_2 mit Kleinfaltung D_3
110	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Epi, Tit, Ab, Graphit, Grt	S_2
151	Quarzit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Ab, Epi, Tit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
150	Quarz-Phyllit	18 058859/5307129	Qz, Phen, Chl, Tur, Tit, Ab,	S_2
111	Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit, Tit, Tur	S_2 chaotisch gefaltet
112	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Ab, Tur, Tit, Graphit	S2 und S3
113	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Epi, Chl, Qz, Ab	S_2
115	Grünschiefer	vgl. Karte	Akt, Chl, Epi, Ab	S_2
116	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Chl, Qz, Ab, Epi, Graphit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
117	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Tit, Epi, Ab, Graphit,	S_2
119	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Chl, Qz, Epi, Ab, Tit, Apatit, Graphit	S_2 und Krenulationssf
121	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Graphit, Qz, Epi, Chl, Graphit	S_2
122	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Chl, Qz, Ab, Graphit	S_2
123	Phyllit	vgl. Karte	Qz, Ab, Phen, Chl, Tit, Graphit	S_2
124	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Ab, Phen, Tit, Epi, Chl, Apatit	S_2
126	Grünschiefer	vgl. Karte	Chl, Epi, Qz/Ab, Tit, Phen	S_2
128	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Epi, Chl, Tit,	S_2
106b	Grünschiefer	vgl. Karte	Chl, Epi, Phen, Akt, Tit	S_2
129	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Epi	S_2
208	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Chl, Phen, Ab, Tit, Apatit, Graphit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
207	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Chl, Phen, Epi, Tit, Ab	S_2 mit Kleinfaltung D_3
206	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Chl, Qz, Ab, Tit, Tur, Graphit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
204	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
199	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Ab, Epi,	S_2
137	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Tit, Apatit, Tur, Ab	S_2
535	Quarz-Phyllit	18 584261/5308462	Qz, Phen, Chl, Ab	
536	Grünschiefer	18 583370/5308162	Epi, Chl, Akt, Ab	S_2
135	Grünschiefer	vgl. Karte	Epi, Chl, Akt, Ab	S_2
197	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Chl, Qz, Ab, Tit, Graphit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
195	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Tit, Graphit, Epi, Ab	S_2 mit Kleinfaltung D_3
194	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Graphit, Tur	S_2 mit Kleinfaltung D_3
190	Grünschiefer	18 579363/5307510	Ab, Epi, Chl, Akt, Tit	massig
532	Grünschiefer	18 579363/5307510	Epi, Ab, Chl, Akt	S_2
145	Grünschiefer	18 579363/5307510	Epi, Chl, Akt/Ampf, Ab	S_2
143	Quarzit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Graphit, Tur, Tit, Ab	S_2
142	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Graphit, Tur, Tit	S_2 und Krenulationssf
141	Quarzit	vgl. Karte	Qz, Chl, Phen, Tit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
189	Quarzit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Tit, Ab	S_2 mit Kleinfaltung D_3
188	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Ab, Tit, Apatit, Graphti	S_2 und Krenulationssf
185	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Ab, Chl, Graphit	S_2
183	Quarzit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Ab, Tit, Tur, Graphit	S_2
181	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Chl, Qz, Tur, Graphit, opake Min.	S_2
180	Grünschiefer	vgl. Karte	Epi, Chl, Qz, Ab, Amph (Akt)	S_2
179	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Epi, Tit, Ab	S_2 und D_3
178	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Epi, Tit, Ab, Graphit	S_2 und D_3

Probe	Gesteinstyp	UTM-Gitter	Lithologie	Gefüge
177	Grünschiefer	vgl. Karte	Epi, Qz, Amph (Akt), Chl, Ab	S_2
176	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl,	S_2
175	Phyllit	vgl. Karte	Phen, Qz, Chl, Graphit, Tur	S_2 und D_3
173a	Quarz-Phyllit	vgl. Karte	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit, Tur	S_2
159	granatführender Quarzit	18 570464/5312615	Qz, Chl, Grt, Phen,	S_2
158	granatführender Quarzit	18 570441/5312615	Qz, Chl, Grt, Phen,	S_2
530	Quarz-Phyllit	18 570456/5316732	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit	
531	Phyllit	18 571158/5313811	Phen, Qz, Chl, Ab	

Region Lago Huillinco

Von ursprünglich 70 Proben wurden 34 Proben lichtmikroskopich bearbeitet.

Probe	Gesteinstyp	UTM-Gitter	Lithologie	Gefüge
401	Grünschiefer	18 585123/5271321	Akt, blaue Amph, Chl, Epi, Ab	
402	Grünschiefer	18 854347/5274908	Chl, Tit, Ab, Akt, Epi	
403	Wechsellagerung Grünschiefer und Quarzit	18 583964/5275070	Qz, Chl, Epi, Cc, Amph, Tit, Phen	S_2
404	Grünschiefer	18 583308/5275269	Epi, Qz, Chl, Ab, Akt	
405	Phyllit	18 582978/5275413	Phen, Chl, Qz, Ab, Graphit	S_2
406	Quarz-Phyllit	18 591743/5287634	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
408	Quarz-Phyllit	18 591675/5288521	Qz, Phen, Chl, Epi, Ab, Tit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
409	Quarz-Phyllit	18 591612/5287521	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
414	Phyllit	18 586687/5291479	Phen, Qz, Chl, Graphit	S_2
419	Grünschiefer	18 591823/5287834	Akt, Ab, Epi, Chl,	
421	Phyllit	18 058427/5274587	Phen, Chl, Qz, Ab, Graphit, Tur	S_2 und Krenulationssf
422	Phyllit	18 057120/5283032	Phen, Chl, Qz, Ab, Graphit	S_2 und Krenulationssf
423	Quarz-Phyllit	18 056983/5282410	Qz, Phen, Chl, Ab, Tit	S_2
424	Phyllit	18056873/5281024	Qz, Phen, Ab, Chl, Tur,	S_2
501	Grünschiefer	18 591823/5287834	Epi, Chl, Akt, Ab	
503	Quarzit	18 592725/5289483	Qz, Chl, Phen, Ab, Graphit, Tit	S_2
507	Quarz-Phyllit	18 592041/5290372	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphi, Tit	S_2
511	Quarz-Phyllit	18592040/5288720	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphi, Tit	S_2
525	Grünschiefer	18 587949/5280131	Chl, Epi, Ab, Akt, Qz	
540	Grünschiefer	18 585034/5274875	Epi, Chl, Ab, Akt, opake Min	
541	Quarz-Phyllit	18 587676/5278714	Chl, Phen, Qz, Ab, Tit, Pyrit	S_2
542	Grünschiefer	18 587763/5278665	Epi, Chl, Akt, Ab, opake Min	
544	Grünschiefer	18 584733/5277276	Epi, Akt, Chl, Ab, opake Min	massig
545	Grünschiefer	18 584298/5277236	Amph (Akt), Epi Ilmenit, Chl, Ab	S_2
549	Quarz-Phyllit	18 583667/5276176	Phen, Chl, Qz, Ab, Epi	S_2
551	Grünschiefer	18 579593/5278258	Epi, Amph, Ab, Chl,	massig
555	Grünschiefer	18 578539/5278706	Epi, Chl, Amph, Ab	massig
558	Grünschiefer	18 585648/5274621	Amph, blaue Amph, Epi, Chl, Cc, Ab,	
559	Quarz-Phyllit	18 585133/5274018	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit	S_2
560	Grünschiefer	18 584761/5274860	Amph, tlw. Blaue Amph, Epi, Chl, Ab, Tit	
564	Quarzit	18 585388/5278287	Qz, Phen, Chl, Ab, Tit	S_2
565	Grünschiefer	18 583870/5279697	Epi, Chl, Akt, Ab, opake Min	S_2
566	Grünschiefer	18 585229/5277287	Epi, Amph, Ab, Chl,	S_2
567	Grünschiefer	18 585481/5277684	Epi, Amph, Ab, Chl,	

Region Canal Compu

Von usrprünglich 17 Proben wurden 6 lichtmikroskopisch untersucht.

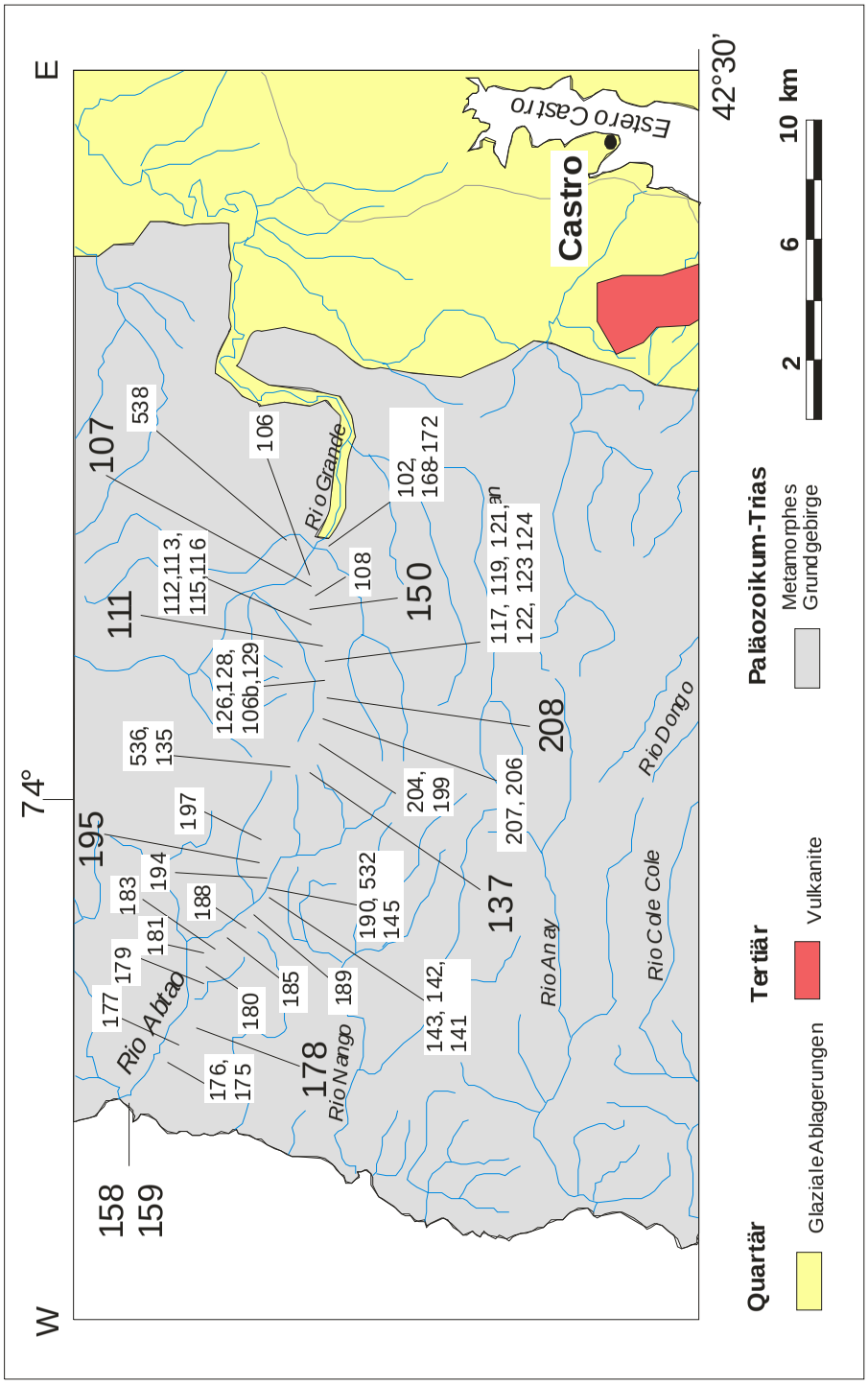
Probe	Gesteinstyp	UTM-Gitter	Lithologie	Gefüge
572	Phyllit und Quarzit	18 605301/5254449	Qz, Phen, Chl, Epi, Ab	S_2
576	Grünschiefer	18 603392/5254597	Epi, Akt, Chl, Ab, Amph	
577	Grünschiefer	18 603791/5254130	Epi, Chl, Akt, Ab, opake Min	
578	Wechsellagerung			
	Grünschiefer und Phyllit	18 604063/ 5253854	Qz, Epi, Chl, Amph nicht nur Akt	S_2 und Krenulationssf
582	Grünschiefer	18 585418/5253517	Epi, Akt, Chl, Ab, opake Min	
583	Wechsellagerung			
	Phyllit und Quarzit	18 585418/ 5253517	Qz, Phen, Chl, Graphit, Ab	S_2

Region Südküste der Insel Chiloé

Von ursprünglich 95 Proben wurden 24 Proben lichtmikroskopisch untersucht.

Probe	Gesteinstyp	UTM-Gitter	Lithologie	Gefüge
618	Quarz-Phyllit	18 608500/ 5206158	Phen, Chl, Qz, Ab, Tit	S_2
624	geschieferter Quarzit	18 602843/ 5225684	Qz, Phen, Chl, Apatit, Epi, Cc, Grt, Ab	S_2
625	Grünschiefer	18 602843/ 5225684	Epi, Chl, Amph/Akt, Ab	S_2
627	Grünschiefer	18 602628/5225519	Chl, Epi, Amph/Akt, Ab	S_2
637	Grünschiefer	18 607696/5217423	Chl, Epi, Amph/Akt, Ab	S_2
641	Wechsellagerung Quarzit			S_2
	und Grünschiefer	18 608759/ 5214029	Qz, Chl, Epi, Tit, Ab	S_2
645	Quarz-Phyllit	18 605971/ 5200678	Qz, Chl, Phen, Ab, Tit	S_2 mit Kleinfaltung D_3
652	Olivin-Basalt	18 560885/ 5192874	Plag, Ol, Cpx, Tit, Rutil, opake Min	
653	Olivin-Basalt	18 564058/ 5195038	Plag, Ol, Cpx, Tit, Rutil	
654	Wechsellagerung			
	Quarzit und Phyllit	18 561264/ 5199107	Qz, Phen, Chl, Ab, Graphit	S_2
658	Olivin-Basalt	18 564411/ 5187594	Plag, Ol, Cpx, Tit, Rutil, opake Min	
663	Quarzit mit Phyllit-Lagen	18 565473/ 5198422	Qz, Phen, Chl, Ab, Epi, Graphit	S_2
666	Quarz-Phyllit	18 571091/ 5197041	Qz, Phen, Chl, Ab, Epi, Graphit	S_2 und Krenulationssf
672	Grünschiefer	18 582574/ 5197404	Chl, Epi, Amph/Akt, Ab, Cc	S_1
675	Grünschiefer	18 566780/5201507	Chl, Epi, Amph/Akt, Ab	
677	Grünschiefer	18 591152/ 5208224	Chl, Epi, Ab, Akt	
678	Grünschiefer	18 597292/5197899	Akt/Amph, Chl, Epi, Ab	S_1
680	Grünschiefer	18 595238/5196165	Chl, Akt/Amph, Epi, Ab	S_1
681	Grünschiefer	18 596281/ 5194486	Amph (Akt und blaue Amph), Epi, Chl, Ab	
682	Quarz-Phyllit	18 596049/ 5193451	Phen, Chl, Qz, Ab, Graphit	S_2
686	Grünschiefer	18 598056/5196987	Chl, Epi, Amph/Akt, Ab	S_1
687	Grünschiefer	18 597548/ 5197090	Akt/Amph, Chl, Epi, Ab, Cc	S_1
690	Grünschiefer	18 597426/5197623	Chl, Amph/Akt, Epi, Ab	S_1
693	Grünschiefer	18 599634/5196766	Epi, Chl, Amph/Akt, Ab	S_2

Probenahmepunkte der Proben aus der Region Abtao/Cordillera Piuchén



Lebenslauf

Zur Person

Name	Lydia Hufmann
geboren	am 18.09.1970 in Schwabach
Nationalität	deutsch
Akademischer Grad	Diplom Geologin

Schule und Studium

1977 - 1991	Volksschule Abenberg und Nürnberg, sowie Sigmund-Schuckert-Gymnasium Nürnberg und Helene-Lange-Gymnasium Fürth;
WS 1991/92	Studium der Geologie-Paläontologie an der Universität Würzburg
WS 1993/94	Urlaubssemester für Berufspraktika
SS 1994	Haupstudium an der Ludwig-Maximilians-Universität München
WS 1995/96	Auslandsaufenthalt in Chile für Geländearbeiten der Diplomarbeit
SS 1997	Studienabschluß im 11. Semester als Diplom Geologin

Promotion

04/03	mündliche Doktorprüfung; Thema: Thermobarometrische und Geochemische Untersuchungen der Gesteine der Küstenkordillere Chiloés,

Auslandsaufenthalte

09/94 – 10/94	Spanischsprachkurs und Studienreise in Guatemala
10/95 – 03/96	Geländearbeiten für die Diplomarbeit in Chile; teilweise Studienreise in Peru, Bolivien und Nord-Chile
01/98 – 04/98	Geländearbeiten für ein Forschungsprojekt in Nordpatagonien, Chile
01/99 – 04/99	Geländearbeiten für die Dissertation in Nordpatagonien; Chile dabei Führung von 3 chilenischen Mitarbeitern des dortigen geologischen Landesamtes und Anleitung einer chilenischen Praktikantin
08/00	Teilnahme am IX. Congreso geologico chileno in Chile

Stipendien

01/98 – 04/98	Auslandsstipendium des Deutschen Akademischen Austausch-dienstes (DAAD) für ein eigenes Forschungsprojekt in Nordpatagonien, Chile
01/99 – 04/99	Auslandsstipendium des DAAD zur Aufstockung des Landesgraduierten-stipendiums für die Geländearbeiten der Dissertation in Chile

08/00	Reisestipendium zur Teilnahme am IX. Congreso geologico chileno in Chile durch das International Geological Correlation Program PICG 436 (Pacific Margin of Gondwana) der UNESCO
09/98 – 02/01	Landesgraduiertenstipendium des Landes Baden-Württemberg an der Universität Stuttgart

Veröffentlichungen

- Endres, Ch., Hülmeyer, S., Hufmann, L., Miller, H., Alfaro, G., (1996): Geologische Kartierung eines altpaläozoischen Ozeanbodens bei Gorbea (Küstenkordillere Südchiles). -Terra Nostra **8/96**: 41.
- Hufmann, L., Miller, H., Alfaro, G. (1997): Ocean floor magmatic rocks within the accretionary belt of Cerros de Maulén area, Coastal Range, IX: Región, Chile. – VIII: Congreso geologico chileno, Simposio final IGCP 345; **Actas Vol. III**: 1650-1655.
- Hufmann, L., Miller, H., Alfaro, G. (1997): Ophiolithabfolge in der süd-chilenischen Küstenkordillere mit Back-arc-Beckensignatur. – Beih. z. Eur. J. Mineral. **Vol 9/97 No. 1**, 166.
- Hufmann L., Godoy E., Mohnen J., Massonne H.-J., (1998): Aufbau des spätpaläozoischen Akkretionskeils im südlichen Chile anhand eines Profils durch die Cordillera Piuchen, Chiloé; Terra Nostra **5/98**: 73-73.
- Massonne H.-J., Hufmann L., Duhart P., Hervé F., Willner A. (1999): New insights into the structure of the upper palaeozoic/mesozoic accretionary wedge complex of the coastal cordillera of central and southern Chile; Andean geodynamics extended abstracts ISAG 99, 492-494 Göttingen.
- Hufmann L. & Massonne H.-J. (2000): Ancient arc/back-arc and N-MORB volcanics incorporated in the Late Palaeozoic/Early Mesozoic metamorphic complex of the coastal cordillera of Chiloé, southern central Chile. – IX: Congreso geologico chileno, IGCP 436**, Actas Vol. II**: 738-741.
- Hufmann L. & Massonne H.-J. (2000): Geochemische Signaturen von Metabasiten des spätpaläozoischen/frühmesozoischen Akkretionskeilkomplexes von Chiloé, nördliches Südchile. Profil **No. 18**, 27.

Lauf, Juli 2003