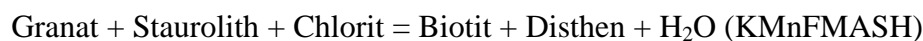


5.3. Disthen-Zone

Die Disthen-Zone liegt im zentralen Kaokogürtel/ westlichen Gomatum-Tal. Sie ist, genau wie die Staurolith-Zone, nur sehr schmal und hat eine laterale Erstreckung über ca. 1500 m von Pkt. N30/ 18°48,06 E bis etwa Pkt. N29/ 13°06,33 E (Abb. 2.1 und 2.2). Gesteine der Disthen-Zone treten auch im ca. 50 km südlich gelegenen mittleren Hoanib-Tal auf (Abb. 2.2), dort wurden von Dingeldey (1997) Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer beschrieben. Das erste Auftreten von Disthen ist wahrscheinlich auf die Reaktion



bzw.



zurückzuführen. Im ersten Fall wäre Granat nicht an der Reaktion beteiligt. Welche der beiden Reaktionen abgelaufen ist, hängt vom jeweiligen lokalen Stoffangebot ab. Die einzigen beobachteten Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer sind die Proben GK 97-47 und GK 97-48 nahe Pkt. N30. Das Auftreten folgender Minerale ist für die Disthen-Zone charakteristisch:

- Disthen + Staurolith + Granat + Biotit + Muskovit + Plagioklas + Quarz + Ilmenit + Rutil + Akzessorien.

Fazieskritische Minerale sind dabei Disthen, Staurolith, Granat und Biotit. Daß nur vereinzelte Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer gefunden wurden, ist darauf zurückzuführen, daß das gemeinsame Auftreten von Disthen, Staurolith, Granat und Biotit sehr stark vom Gesteinschemismus abhängig ist. Aus Abb. 5.16 ist ersichtlich, daß die Mineralparagenese Disthen + Staurolith + Granat + Biotit + Muskovit + Quarz + Wasser nur in einem sehr engen Intervall mit Eisen-Magnesium-Verhältnissen von $X_{\text{Fe}} = \text{ca. } 0.45 - 0.60$ stabil ist (Mahar et al., 1997). Die untersuchten Proben GK 97-47 und GK 97-48 zeigen Eisen-Magnesium-Verhältnisse von $X_{\text{Fe}} = 0.40 - 0.45$ und liegen damit innerhalb bzw. in der Nähe dieses Intervalls. Der T- X_{Fe} -Schnitt in Abb. 5.16 wurde für einen konstanten Druck von 6 kbar und ein X_{Mn} von 0.01 berechnet. Andere Drucke und andere Mn-Gehalte im Gestein verschieben dieses Mineralstabilitätsfeld allerdings etwas. Auch ist das Auftreten der fazieskritischen Mineralparagenese in den untersuchten Glimmerschiefern meist auf 3-4 mm breite Lagen im Gestein beschränkt. Diese stellen möglicherweise eisenreichere Domänen innerhalb der Proben dar.

Aus Abb. 5.16 ist außerdem ersichtlich, daß die Stabilisierung der Mineralparagenese Disthen + Staurolith + Granat + Biotit + Muskovit + Quarz + Wasser bei Drucken um 6 kbar und niedrigen Mn-Gehalten Temperaturen zwischen 580 - 630 °C erfordert.

Abb. 5.17 verdeutlicht, daß die Mineralparagenese Disthen + Staurolith + Granat + Biotit + Muskovit + Quarz + Wasser in Abhängigkeit vom Mn-Gehalt im Gestein bei Temperaturen zwischen 590 - 670 °C stabil ist (bei mittleren Eisen-Magnesium-Verhältnissen und ca. 7 kbar, Mahar et al., 1997). Manganreiche Gesteine sind in der Lage, die genannte Paragenese bereits bei Temperaturen um 590 °C zu bilden. Die untersuchten Glimmerschiefer aus der Disthen-Zone

des Kaokogürtels sind jedoch relativ manganarm und weisen ein X_{Mn} von 0.006 - 0.009 auf. Solche manganarmen Gesteine benötigen Temperaturen von etwa 630 - 650 °C um die genannte Mineralparagenese stabilisieren zu können (Abb. 5.17).

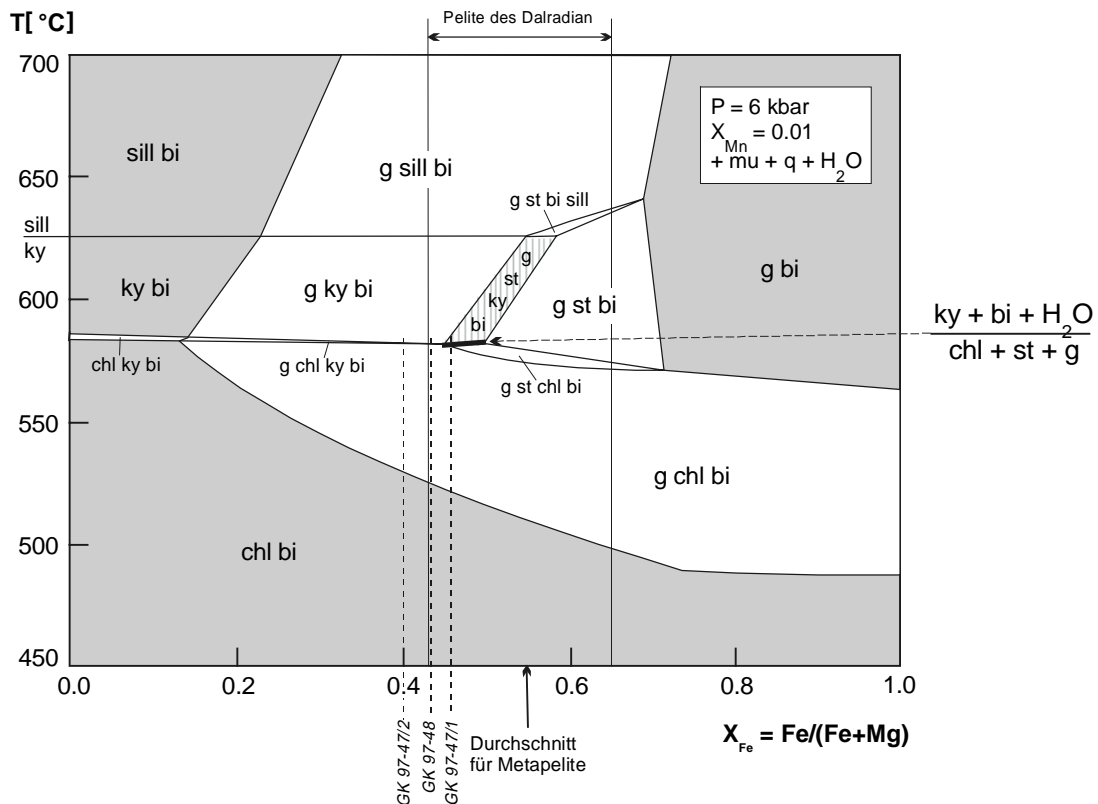


Abb. 5.16: Isobarer T-X_{Fe}-Schnitt im Modellsystem KMnFMASH nach Mahar et al. (1997). Muskovit, Quarz und H₂O sind im Überschuss, die Berechnung erfolgte für P = 6 kbar und X_{Mn} = 0.01. Die durchbrochenen Linien mit den kursiven Probennummern repräsentieren die Gesteinszusammensetzung von Glimmerschiefern aus der Disthen-Zone des Kaokogürtels. Erläuterungen siehe Text.

5.3.1. Petrographie

Proben GK 97-47 A+B und GK 97-48 A+B

Bei diesen Proben handelt es sich um Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer aus dem westlichen Gomatum-Tal mit den Mineralen Disthen + Staurolith + Granat + Biotit + Muskovit + Chlorit + Plagioklas + Quarz + Ilmenit + Rutil und Akzessorien. Pro Probe ist je ein Dünnschliff parallel und senkrecht zur Minerallineation angefertigt worden.

Disthen (ca. 5 Vol-%) tritt in Form von hypidiomorphen tafeligen und leistenförmigen Körnern bis 1.5 mm Länge auf. Diese sind häufig in die Hauptschieferung S 2 eingeregelt und z.T. verbogen. Disthen tritt sowohl neben Staurolith als auch neben Granat auf. Daher wären beide o.g. Disthenbildungsreaktionen denkbar. Die gemessenen Elementzonierungsmuster im Granat weisen jedoch darauf hin, daß kein massiver Granatabbau erfolgte. Während in den Glimmerschiefern der Staurolith-Zone noch Reste von progradem Chlorit auftreten, ist das in der

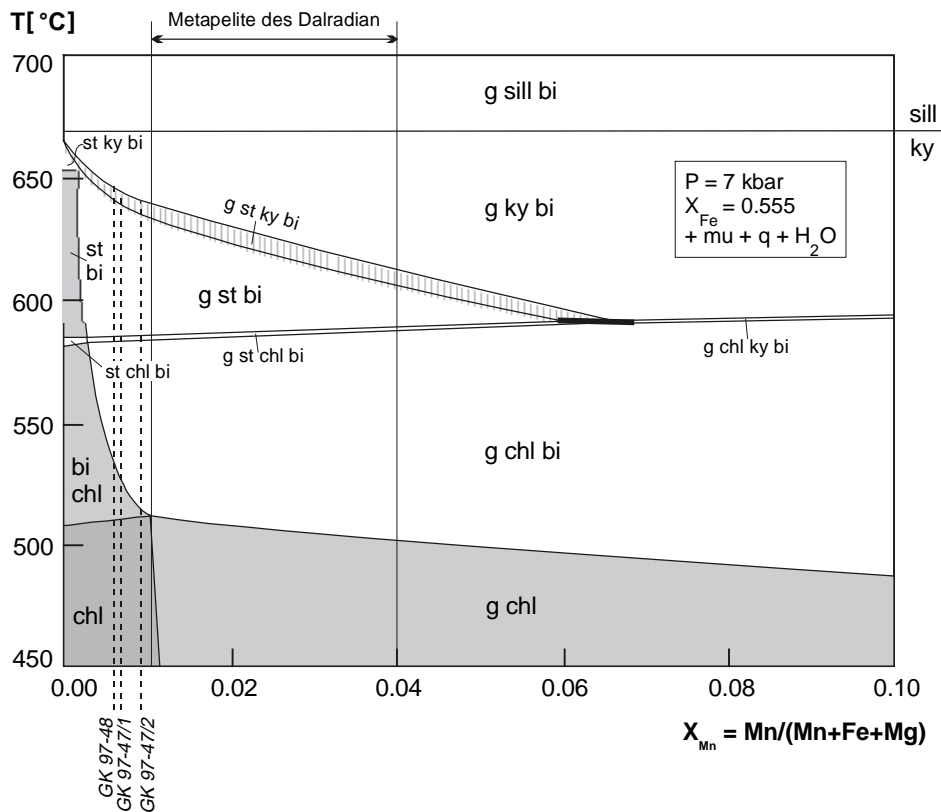


Abb. 5.17: Isobarer $T-X_{Mn}$ -Schnitt im Modellsystem $KMnFMASH$ nach Mahar et al. (1997). Muskovit, Quarz und H_2O sind im Überschuß, die Berechnung erfolgte für $P = 7$ kbar und $X_{Fe} = 0.555$. Die durchbrochenen Linien mit den kursiven Probennummern repräsentieren die Gesteinszusammensetzung von Glimmerschiefern aus der Disthen-Zone des Kaokogürtels. Erläuterungen siehe Text.

Disthen-Zone nicht mehr der Fall. Wahrscheinlich erfolgte das Disthenwachstum unter vollständigem Chloritabbau.

Staurolith (ca. 7 Vol-%) bildet kurz- bis langprismatische Porphyroblasten und Poikiloblasten bis 2.4 mm Länge aus und tritt meist neben Granat oder Granat + Disthen auf. Zum Teil sind Zwillingsbildungen zu beobachten. Einschlüsse von Quarz, Ilmenit, Rutil und untergeordnet Biotit und Plagioklas bilden \pm parallele Einschlußbahnen, die ein gegenüber der Hauptschieferung S 2 verlegtes Interngefüge nachzeichnen (Probe GK 97-47A /48A, Abb. 5.18 d). Dieses Interngefüge wird als Relikt einer älteren Schieferung S 1, gebildet während einer ersten Deformation D 1, angesehen. Ein Teil der Staurolithe ist in die Hauptschieferung S 2 eingeregelt. Die Staurolithe zeigen sowohl idiomorphe als auch xenomorphe Kornformen; sie sind z.T. fragmentiert und werden häufig, gemeinsam mit Disthen, retrograd zu Chlorit abgebaut (Abb. 5.18 e). Chemisch zeigt der Staurolith hohe Eisen-Magnesium-Verhältnisse von $X_{Fe} = 0.78 - 0.82$ und Zn-Gehalte zwischen 0.3 - 0.6 Gew.-% ZnO. Es sind jedoch keine deutlichen Elementzonierungsmuster vom Kern zum Rand erkennbar.

Granat (ca. 10 Vol-%) bildet Porphyroblasten bis 2 mm in einer feinkörnigen bis mittelkörnigen Matrix mit deutlicher Parallelschieferung. Er führt Einschlüsse von Quarz, Plagioklas, Ilmenit, Rutil und untergeordnet Biotit, die in Einschlußbahnen angeordnet sind. Diese bilden parallel

orientierte Interngefüge, die gegenüber der Hauptschieferung S 2 verlegt sind (Abb. 5.18 d). Diese Interngefüge werden wie bei den Staurolithen als Zeugnisse einer ersten Schieferung S 1 angesehen. Die Granate sind in der Regel hypidiomorph ausgebildet und rotiert. Die einzelnen Porphyroblasten werden häufig von Glimmern umflasert.

Chemisch weisen die Granate ein deutliches Elementzonierungsmuster (Abb. 5.18 a und b) auf. Der Spessartingehalt zeigt eine für die Rayleigh-Fraktionierung typische Glockenkurve und reicht von 20 Mol-% im Granatkern bis 7 Mol-% am Granatrand. Der Almandin- und der Pyropgehalt nehmen vom Kern zum Rand hin zu: Xalm von 62 auf 72 Mol-% und Xprp von 8 auf 14 Mol-%. Das Eisen-Magnesium-Verhältnis nimmt dabei vom Granatkern zum Granatrand hin ab. Am äußersten Granatrand ändert sich der bisher beschriebene Trend im Elementverteilungsmuster: der Spessartingehalt nimmt wieder etwas zu, der Pyropgehalt etwas ab und das Eisen-Magnesium-Verhältnis steigt leicht an. Das gesamte Elementzonierungsmuster spiegelt eine prograde Wachstumszonierung vom Kern zum Rand unter Temperaturzunahme und einen randlichen Granatabbau wider. Letzteres erfolgte möglicherweise im Zuge der Staurolith- oder Disthenbildung (siehe vorherige Absätze und Kapitel 5.2.). Der Grossulargehalt im Granat schwankt um 8 Mol-% und nimmt vom Kern zum Rand hin leicht ab. Das Ca wird im Verlauf der progressiven Metamorphose z.T. in Plagioklas eingebaut; so ist ein analysierter Plagioklaseinschluß in Granat deutlich anorthitärmer (an_{05}) als die Matrix-Plagioklase (um an_{20}).

Biotit (ca. 25 Vol-%) bildet tafelige oder schuppige Lepidoblasten bis 2 mm Länge und wird z.T. zu Chlorit abgebaut. Er führt reichlich Zirkoneinschlüsse. Biotit tritt als Einschluß in Granat und Staurolith sowie in der Matrix auf. Sowohl bei der Staurolith- als auch bei der Disthenbildungsreaktion wird neuer Biotit gebildet. Im Dünnschliff sind keine deutlich verschiedenen Biotitgenerationen erkennbar. Auch mineralchemisch sind keine unterschiedlichen Biotite auszuhalten (z.B. $X_{Fe} =$ stets 0.40 - 0.41). Untersuchungen von Biotiteinschlüssen erbrachten keine verwertbaren Analysen.

Muskovit (ca. 25 Vol-%) bildet schuppige Lepidoblasten bis 2.5 mm Länge und definiert gemeinsam mit Biotit die Hauptschieferung S 2 im Gestein. Häufig umflasert er Granat oder Staurolith. Im Kern zeigen die Muskovite eine höhere Paragonitkomponente als am Rand (Kern: 20 - 23 Mol-%; Rand: 17 Mol-%). Die Muskovite werden also mit progressiver Metamorphose Na-ärmer. Das Na wird möglicherweise in Feldspat eingebaut, was zur Komplexität der Elementverteilung in den Plagioklasen beitragen würde. Paragonite wurden nicht beobachtet.

Chlorit (ca. 3 Vol-%) tritt meist als radialblättriges Aggregat und als Abbauprodukt von Staurolith auf (Abb. 5.18 e). In beiden Fällen handelt es sich um retrograd gebildeten Chlorit. Vereinzelt vorkommende Chlorite neben Biotit in der Hauptschieferung stellen eventuell noch Reste von progradem Chlorit dar, eine Zuordnung ist aber nicht sicher.

Plagioklase (ca. 15 Vol-%) kommen als Einschlüsse in Staurolith und Granat sowie als Matrix-Plagioklase vor. Die granoblastischen Matrix-Plagioklase erreichen Korngrößen bis 0.5 mm und sind selten verzwilligt. Im Mineralchemismus zeigen die Matrix-Plagioklase schwankende Anorthitgehalte von an_{19-24} , weisen jedoch kein deutliches Zonierungsmuster vom Kern zum Rand

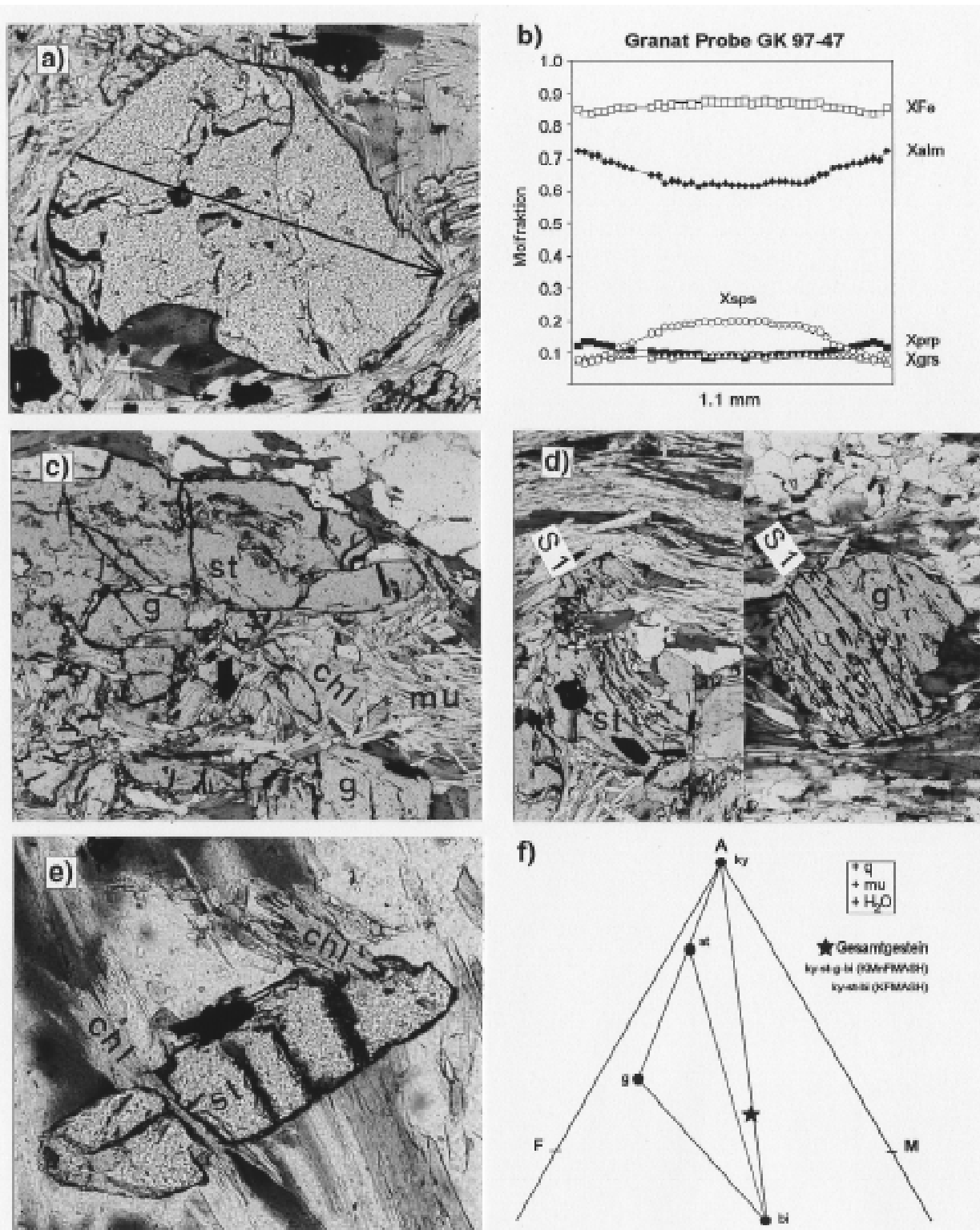


Abb. 5.18: Disthen-Zone, Proben GK 97-47/48 (Pkt. N30). a) Porphyroblastischer Granat mit Markierung des gemessenen Granatprofils. Bildbreite 1.3 mm. b) Zonierungsmuster des unter a) abgebildeten Granates. c) Fazieskritische Mineralparagenese Disthen - Staurolith - Granat - Biotit - Muskovit. Bildbreite 2.2 mm. d) Interngefüge mit parallelen Einschlußbahnen in Granat und Staurolith, das eine erste Foliation (S 1) anzeigt. Bildbreite 2.5 mm. e) Staurolithabbau zu retrogradem Chlorit. Bildbreite 0.8 mm. f) Darstellung der peakmetamorphen Mineralparagenese im AFM-Diagramm.

auf. Ein Plagioklaseinschluß in Granat ist dem gegenüber mit an_{05} deutlich albitreicher. Wie in Kapitel 5.2. gezeigt, kommt es bei der progressiven Metamorphose während des Granatwachstums zu Plagioklasabbau und während der Staurolithbildungsreaktion zu einer Neubildung von Plagioklas. Das führt zu komplexen Elementverteilungen in den untersuchten Plagioklasen.

Die bis zu 1 mm großen Quarze (ca. 15 Vol-%) treten meist in der Matrix auf. Dort bilden sie ein granoblastisches, verzahntes Gefüge und sind häufig in Bahnen angeordnet. Außerdem sind Quarzeinschlüsse in Granat und Staurolith zu beobachten, die gemeinsam mit anderen Mineralen Einschlußbahnen bilden.

Als Akzessorien werden Ilmenit, Rutil, Zirkon, Apatit und Turmalin beobachtet. Ilmenit und Rutil treten als Einschlüsse in Granat und Staurolith sowie in der Matrix auf. Zum Teil sind sie miteinander verwachsen. Die Zirkone liegen meist als winzige Einschlüsse in Biotit vor.

Die ursprüngliche sedimentäre Schichtung ist anhand des unterschiedlichen Stoffbestandes im Gestein noch immer erkennbar, z.B. besonders gut an 2 mm-breiten Quarzit-Lagen. Die Hauptschieferung (S 2) verläuft parallel zur dieser Schichtung. Dabei wird die Hauptschieferung im Gestein hauptsächlich von Biotit und Muskovit definiert. Die Glimmer zeichnen aber auch eine Crenulations-Schieferung nach, die die Hauptschieferung überprägt und eine dritte Foliation angelegt.

Zusammenfassung Petrographie:

Die Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer (GK 97-47 und GK 97-48) aus der Disthen-Zone zeigen eine deutliche Foliation, die vor allem durch die Glimmer definiert wird. Porphyroblastische Disthene, Staurolithe und Granate liegen in einer feinkörnigen bis mittelkörnigen Matrix. Die Disthene sind häufig in die Hauptschieferung (S 2) eingeregelt. Granate und Staurolithe sind z.T. rotiert und weisen ein gegenüber der Hauptschieferung deutlich verlegtes Interngefüge auf, das als eine reliktsche erste Foliation (S 1) angesehen wird. Die Glimmer zeichnen eine Crenulations-Schieferung nach und zeigen so die Anlage einer die Hauptschieferung überprägenden dritten Foliation (S 3) an. Das erste Auftreten von Disthen fällt mit der Hauptdeformation (D 2) zusammen, die reliktsch erhaltene erste Foliation ist Ergebnis einer früheren, ersten Deformationsphase (D 1) und die neu angelegte dritte Foliation Ergebnis einer späteren, dritten duktilen Deformationsphase (D 3).

5.3.2. Druck-Temperatur-Entwicklung

Metamorphosehöhepunkt

An den Disthen-Staurolith-Glimmerschiefern *GK 97-47 und GK 97-48* wurden Druck-Temperatur-Abschätzungen mit konventionellen geothermobarometrischen Methoden vorgenommen, um zuerst den Höhepunkt der Metamorphose zu ermitteln. Dabei ergaben sich folgende peakmetamorphe Bedingungen:

- 6.5 - 7.5 kbar mit GASP-Barometrie nach Newton & Hazelton (1981), Koziol & Newton (1988),
- 7 - 8 kbar mit dem Barometer nach Ghent & Stout (1981),
- ca. 6 kbar mit dem GRAIL-Barometer nach Ghent & Stout (1984),

- 550 - 560 °C mit dem Granat-Biotit-Thermometer nach Bhattacharya et al. (1992) und Kleemann & Reinhard (1994),
- 555 - 590 °C mit dem Granat-Staurolith-Thermometer von Perchuk (1969) und Perchuk & Fedkin (1974).

Die peakmetamorphen Temperaturen, die in der Disthen-Zone erreicht wurden, liegen damit nur geringfügig höher als in der Staurolith-Zone. Der erreichte Druckpeak ist dem der Staurolith-Zone ebenfalls sehr ähnlich.

Prograder Metamorphoseast und P-T-Pfad

Die Untersuchung von Einschlüßparagenesen zur Rekonstruktion des prograden Metamorphoseastes mit konventionellen Geothermobarometern erbrachte keine Resultate. Die Mikrosondenanalysen von Biotiteinschlüssen in Granat sind nicht verwertbar. Es ist weiterhin nicht mehr möglich zu rekonstruieren, welche anderen Phasen zu welchem Zeitpunkt der prograden Entwicklung im Gleichgewicht standen und miteinander verrechnet werden könnten. Aus der festgestellten prograden Wachstumszonierung in Granat kann jedoch eine prograde Metamorphoseentwicklung unter Temperaturzunahme abgeleitet werden. Das prograde Elementzonierungsmuster aus einem Granat der Probe GK 97-47 läßt sich nun nutzen, um mit Hilfe eines P-T-Pseudoschnittes einen Teil der prograden Metamorphoseentwicklung in der Disthen-Zone zu rekonstruieren.

Als Beispiel aus der Disthen-Zone wurde ein P-T-Pseudoschnitt für den Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer GK 97-47 im erweiterten metapelitischen Modellsystem KMnFMASH berechnet (Will, 1998a). Die Berechnung erfolgte für die aus der Mineralchemie und dem Modalbestand ermittelte normalisierte Gesamtgesteinschemie $K_2O : MnO : FeO : MgO : Al_2O_3 = 13.03 : 1.23 : 21.94 : 14.29 : 49.51$. Der in Abb. 5.19 dargestellte P-T-Pseudoschnitt zeigt die univarianten Reaktionskurven sowie die divarianten-, trivarianten- und quadrivarianten Mineralstabilitätsfelder, die von einem Gestein mit dem angegebenen Stoffbestand bei Druck- und Temperaturänderung „gesehen“ werden können. Quarz, Muskovit und Wasser sind Überschußphasen, die für die Berechnung verwendete Wasseraktivität beträgt $a_{H_2O} = 1.0$. Für das Stabilitätsfeld der Mineralparagenese $g + chl + st + q + mu + H_2O$ sind zusätzlich die berechneten Isoplethen für $Mn/(Mn+Fe+Mg)$ und $Fe/(Fe+Mn+Mg)$ im Granat angegeben.

Aus der Verbindung der Beobachtungen im Dünnschliff, den Ergebnissen der konventionellen Geothermobarometrie und der prograden Wachstumszonierung im Granat mit dem berechneten P-T-Pseudoschnitt ergibt sich das folgende (Abb. 5.19) Bild. Wie bereits in einem der vorherigen Abschnitte erläutert, wurde bei der Disthenbildung die Reaktion



überschritten (Punkt II zu Punkt III), was zur Bildung der fazieskritischen Mineralparagenese $g + bi + st + ky + q + mu + H_2O$ führte (Punkt III). Das Granatwachstum begann jedoch schon viel früher, in einer disthenfreien Paragenese. Das prograde Wachstumszonierungsmuster in Granat reicht von $X_{Fe} = 0.68$ und $X_{Mn} = 0.21$ im Granatkern (Punkt I) bis $X_{Fe} = 0.78$ und $X_{Mn} = 0.085$ im Granatrand (Punkt II). Diese Wachstumszonierung gibt einen Hinweis auf den durchlaufenen

prograden Ast der Metamorphose. Retrograd werden Disthen und Staurolith wieder zu Chlorit abgebaut (Punkt IV) und es kann zusätzlich auch retrograder Biotitabbau zu Chlorit beobachtet werden (Punkt V). Die Ergebnisse der konventionellen Geothermobarometrie zeigen, daß die Reaktionskurve zwischen Punkt II und III eher im unteren Bereich bei niedrigeren Drucken überschritten wurde und das divariante Mineralstabilitätsfeld $g + bi + st + ky + q + mu + H_2O$ im Niedrigtemperaturbereich durchlaufen wurde. Chloritoid, Sillimanit und Andalusit wurden nicht beobachtet, das grenzt den durchlaufenen P-T-Pfad z.B. bei der retrograden Entwicklung in Richtung niedrigerer Druck hin ab.

5.3.3. Zusammenfassung Disthen-Zone

Die Disthen-Zone befindet sich im zentralen Kaokogürtel, im westlichen Gomatum-Tal. Die Zone ist sehr schmal und erstreckt sich von $18^{\circ}48,06$ E bis etwa $13^{\circ}06,33$ E.

Für die Metapelite der Disthen-Zone ist das Auftreten folgender Minerale charakteristisch:

- Disthen + Staurolith + Granat + Biotit + Muskovit + Plagioklas + Quarz + Akzessorien.

Die Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer zeigen eine ausgeprägte, vor allem durch die Glimmer definierte Hauptfoliation S 2, die während der Hauptdeformation D 2 (Dingeldey, 1997) gebildet wurde. Disthen ist häufig in die Hauptschieferung eingeregelt, das erste Auftreten von Disthen fällt mit der Hauptdeformation (D 2) zusammen. Synkinematisch gewachsene Granate und Staurolithe besitzen häufig ein gegenüber der Hauptfoliation verlegtes Interngefüge. Die Granate und wahrscheinlich auch die Staurolithe sind während einer frühen Deformationsphase (D 1) gewachsen und haben dabei die orientierten Einschlußbahnen, die das Interngefüge bilden, überwachsen. Weiterhin zeichnen die Glimmer eine Crenulations-Schieferung nach, die die Hauptschieferung überprägt und die Anlage einer weiteren Foliation (S 3) anzeigt, die als Ergebnis einer dritten Deformationsphase angesehen wird.

Die ursprüngliche sedimentäre Schichtung ist auch noch in der Disthen-Zone durch den unterschiedlichen Stoffbestand der Metasedimente erkennbar. Dabei ist die Hauptschieferung parallel zu Schichtung orientiert.

Für die Metamorphoseentwicklung in der Disthen-Zone wurde ein Druck-Temperatur-(Deformations)- Pfad in Uhrzeigerrichtung rekonstruiert, der sich kaum von dem der Staurolith-Zone unterscheidet (Abb. 5.19, im Vergleich zu Abb. 5.15). Der Höhepunkt der Metamorphose liegt bei 6.5 - 8 kbar und 550 - 610 °C. Nach einer Versenkung der Sedimentschichten unter gleichzeitigem Druck- und Temperaturanstieg, begann am Temperaturhöhepunkt eine Heraushebung durch Druckentlastung, gefolgt von einer weiteren Heraushebung und allmählichen Abkühlung. Es läßt sich vermuten, daß sich das Gestein relativ lange nahe seines Temperaturmaximums befand, da alle Mineralreaktionen hin zur peakmetamorphen fazieskritischen Mineralparagenese vollständig abgelaufen und so gut wie keine Einschlußparagenesen mehr vorhanden sind. Auch existieren peakmetamorphe Gleichgewichtstexturen (z.B. zwischen Disthen, Staurolith und Granat), die nur noch retrograd überprägt wurden (z.B. radialblättrige Chlorite).

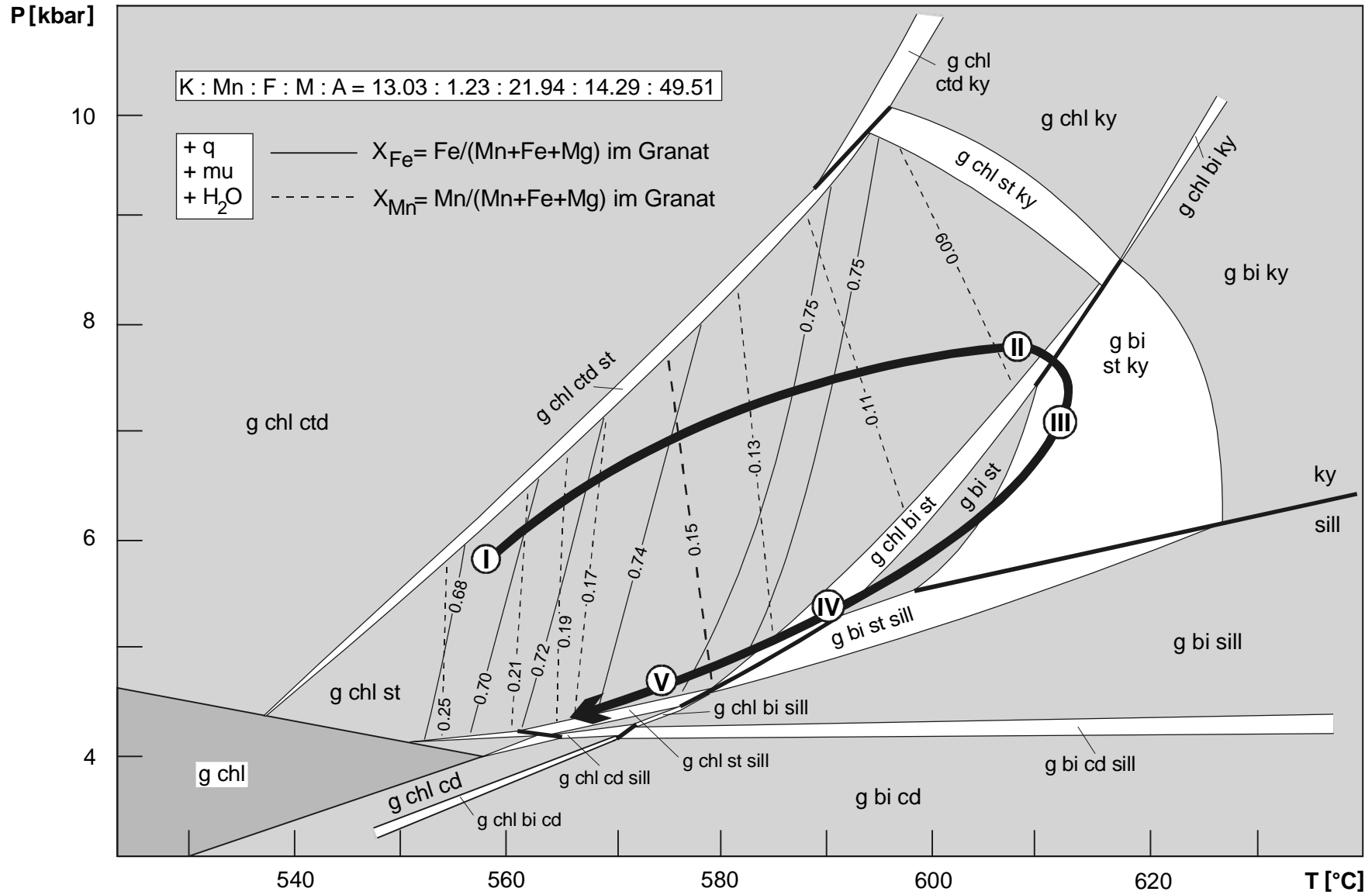


Abb. 5.19: P-T-Pseudoschnitt für den Disthen-Stauroolith-Glimmerschiefer GK 97-47 aus der Disthen-Zone (Will, 1998a). Der Pseudoschnitt wurde im erweiterten metapelitischen Modellsystem KMnFMASH für den links oben angegebenen normalisierten Stoffbestand berechnet. Dicke Linien: univariante Kurven, in weiß: divariante Felder, in hellgrau: trivariante Felder, in dunkelgrau: quadrivariante Felder. Quarz, Muskovit und Wasser sind Überschußphasen. Für das trivariante Feld g+chl+st+q+mu+H₂O sind die Isoplethen für Mn/(Mn+Fe+Mg) sowie Fe/(Mn+Fe+Mg) im Granat angegeben. Erläuterungen im Text.

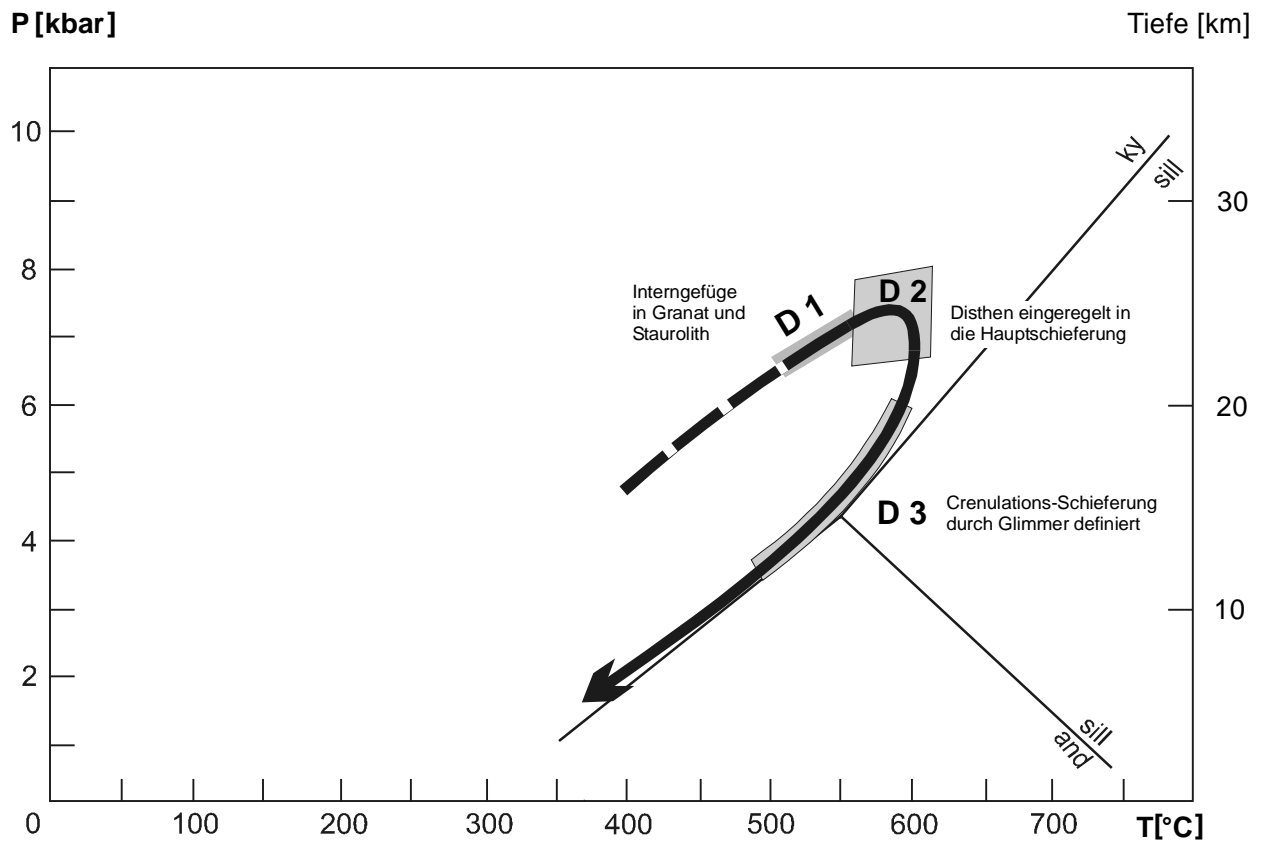


Abb. 5.20: P-T-Pfad für die Disthen-Zone im zentralen Kaokogürtel. Zusammenfassung der Ergebnisse aus der konventionellen Geothermobarometrie, der Anwendung des P-T-Pseudoschnittes sowie der Gefügemerkmale im Dünnschliff.

Diskussion:

Da die rekonstruierten P-T-Pfade der Staurolith- und der Disthen-Zone sehr ähnlich sind, liegt die Vermutung nahe, daß die Ausbildung der Mineralparagenesen

Granat + Staurolith + Biotit + Chlorit + Muskovit + Plagioklas + Quarz + Akzessorien (st-Zone)
bzw.

Disthen + Staurolith + Granat + Biotit + Muskovit + Plagioklas + Quarz + Akzessorien (ky-Zone)

nicht das Ergebnis eines unterschiedlichen Metamorphosegrades sondern eines unterschiedlichen Stoffbestandes bei gleichem Metamorphosegrad sind.

Aus Abb. 5.16 ist ersichtlich, daß in Abhängigkeit vom Eisen-Magnesium-Verhältnis im Gestein die Mineralparagenesen $g + st + ky + bi + q + mu + H_2O$ und $g + st + bi + q + mu + H_2O$ im etwa gleichen Temperaturintervall stabil sind. Die Stabilisierung der letztgenannten Paragenese erfordert jedoch höhere Eisen-Magnesium-Verhältnisse von $X_{Fe} > 0.5$. Die untersuchten Gesteine der Staurolith-Zone zeigen Eisen-Magnesium-Verhältnisse von $X_{Fe} = 0.40$ und 0.48 , die der Disthen-Zone von $X_{Fe} = 0.40 - 0.45$; sie haben damit etwa gleiche Eisen-Magnesium-Verhältnisse. Die Gesteine der Staurolith-Zone müßten jedoch deutlich eisenreicher sein, um $g + st + bi$ -Paragenesen im gleichen Temperaturintervall neben $ky + st + g + bi$ -Paragenesen ausbilden zu können.

Die untersuchten Gesteine der Staurolith- und Disthen-Zone liegen im Eisen-Magnesium-Verhältnis eher im eisenarmen Bereich des T- X_{Fe} -Schnittes, in dem bei Temperaturzunahme das Mineralstabilitätsfeld $g + st + chl + bi + q + mu + H_2O$ vom Stabilitätsfeld $g + st + ky + bi + q + mu + H_2O$ abgelöst wird und die Reaktion Chlorit + Staurolith + Granat = Biotit + Disthen + H_2O überschritten wird. Daß letzteres während der progressiven Metamorphose im Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer wirklich erfolgte, zeigt der P-T-Pseudoschnitt in Abb. 5.19 in Verbindung mit dem Dünnschliff dieser Probe.

Wie aus Abb. 5.16 ersichtlich, erstreckt sich der Stabilitätsbereich der Mineralparagenese $g + st + chl + bi + q + mu + H_2O$ nur über einen extrem schmalen Temperaturbereich von ca. 20°C. Bei Temperaturzunahme während der Metamorphose wird dieses Mineralstabilitätsfeld also recht „schnell“ durchlaufen.

Es gibt noch eine weitere Möglichkeit, zu prüfen, ob die beiden o.g. Mineralparagenesen aus der Staurolith- und Disthen-Zone aufgrund ihres Stoffbestandes oder Metamorphosegrades gebildet wurden: das ist der Aluminiumgehalt im Gestein. Falls die Gesteine der Disthen-Zone markant höhere Gehalte an Al_2O_3 führen, könnte ggf. eher eine Alumosilikat-Überschußphase wie Disthen gebildet werden. Die Gesteine der Staurolith-Zone weisen Al_2O_3 -Gehalte von 16.1 und 18.1 Gew.-%, die der Disthen-Zone von 14.8, 15.5 und 20.3 Gew.-% auf. Es sind also keine höheren Aluminiumgehalte in den disthenführenden Gesteinen zu finden. Daß der Aluminiumgehalt bei den untersuchten Gesteinen keine Rolle spielt, zeigen auch die P-T-Pseudoschnitte in Abb. 5.14 und 5.19: obwohl das Gestein aus der Disthen-Zone etwas mehr Aluminium führt, ist es auch erst ab ca. 600°C in der Lage Disthen zu stabilisieren, genauso wie das Gestein aus der Staurolith-Zone.

Die Ausbildung der unterschiedlichen Mineralparagenesen in der Staurolith- und Disthen-Zone ist demzufolge wirklich ein Ergebnis des Metamorphosegrades und nicht des Stoffbestandes im Gestein. Der Unterschied im Metamorphosegrad beträgt wahrscheinlich nur wenige Grad Celsius, möglicherweise 10 - 30 °C. Solche Temperaturunterschiede sind bei den verwendeten Untersuchungsmethoden nicht aufzulösen.