

B. Geologie

KTB Oberpfalz VB –
Ergebnisse der geowissenschaftlichen
Bohrungsbearbeitung im KTB-Feldlabor,
Teufenbereich von 2500–3009,7 m

J. Kohl
W. Hacker
S. Keyssner
H. Müller
C. Röhr
J. Sigmund
A. Stroh
M. Tapfer

KTB Report	89-4	B1 - B106	78 Abb.	Hannover 1989
------------	------	-----------	---------	---------------

Tiefbohrung KTB-Oberpfalz VB, Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung im KTB-Feldlabor, Teufenbereich von 2500 bis 3009.7 m:

B. Geologie

J. Kohl, W. Hacker, S. Keyssner, H. Müller, C. Röhr,
J. Sigmund, A. Stroh und M. Tapfer *)

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung.....	B 2
Abstract.....	B 3
B.1 Übersicht.....	B 5
B.2 Abschnitt 2500 - 2585.5 m.....	B 8
B.2.1 Biotit-Hornblende-Gneise und Amphibolite.....	B 8
B.2.2 Kalksilikatlagen.....	B 18
B.2.3 Chlorit-Hornblende-Schiefer.....	B 18
B.2.4 Leukokrate, kalifeldspatreiche Lagen.....	B 18
B.2.5 Sillimanit-Biotit-Gneis-Lagen.....	B 21
B.2.6 Chemische Zusammensetzung der Biotit-Hornblende-Gneise und Amphibolite, Diskussion	B 23
B.3 Abschnitt 2585.5 - 3009.7 m.....	B 30
B.3.1 Sillimanit-Biotit-Gneise.....	B 30
B.3.2 Biotit-Hornblende-Gneise.....	B 38
B.3.3 Amphibolite.....	B 38
B.4 Gänge.....	B 43
B.4.1 Lamprophyre.....	B 43
B.4.2 Adular-Quarz-Epidot-Gänge.....	B 47
B.4.3 Pegmatoid.....	B 47
B.5 Erzmineralisation.....	B 50
B.5.1 Sulfidische Erzminerale.....	B 53
B.5.2 Oxidische Erzminerale.....	B 60
B.5.3 Graphit.....	B 60

*) Anschrift der Verfasser: KTB-Feldlabor
8486 Windischeschenbach

B.6	Kataklase und Kluftmineralisation.....	B 68
B.7	Deformationspfad.....	B 72
B.8	Core-Disking.....	B 76
B.9	Literaturverzeichnis.....	B 77
B.10	Danksagung.....	B 78
B.11	Anhang.....	B 78

Zusammenfassung

Dieser Arbeitsbericht umfaßt die vorläufigen Ergebnisse der petrographisch-geochemischen und strukturgeologischen Bearbeitung des Bohrabschnitts 2500 bis 3009.7 m der Bohrung KTB Oberpfalz VB.

Bis 2585.5 m setzen sich die bereits ab 2469 m angetroffenen, lagigen Biotit-Hornblende-Gneise mit häufigen Einschaltungen von Amphiboliten, Kalksilikatlagen und granatführenden Sillimanit-Biotit-Gneisen fort. Ab 2585.5 m folgen mittelkörnig-lagige bis (selten) feinkörnig-mylonitische Sillimanit-Biotit-Gneise mit Einschaltungen von Biotit-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten. Die Foliation fällt monoton nach SW, der Einfallswinkel nimmt von 60° (2500 m) auf 40° (3000 m) ab.

In den Biotit-Hornblende-Gneisen wurde der sedimentäre, möglicherweise teilweise pyroklastische Lagenbau metamorph überprägt mit lagenbauparalleler Foliation. Granat-Einschlüsse in Klinopyroxen könnten auf ein Hochdruck-granulitfazielles Stadium hindeuten. Vereinzelt Antiperthite mit Klinozoisit-Entmischung lassen unter hohen Temperaturen gebildete, ursprünglich ternäre Feldspäte vermuten. Das metablastische Gefüge wurde unter Ausbildung eines Streckungsgefüges bei teilweiser Rekristallisation von Plagioklas und Hornblende deformiert. Die Assoziation der Biotit-Hornblende-Gneise mit Amphiboliten, Sillimanit-Biotit-Gneisen und Kalksilikatlagen ähnelt der Gneis-Amphibolit-Wechselfolge zwischen 0 und 460 m. Die Biotit-Hornblende-Gneise sind aber deutlich reicher an SiO₂, K₂O, Rb und Zr und ärmer an Fe₂O₃, MgO, CaO und Ni.

In den granatführenden Sillimanit-Biotit-Gneisen treten neben reliktischem Kyanit auch Hellglimmer, Granat und Sillimanit als Einschlüsse in Plagioklas auf. In Granaten wurde erstmalig ein planares Gefüge beobachtet, das auf eine ältere Foli-

ation schließen läßt. Die Hochtemperatur-mylonitische Deformation ist konkordant und damit vermutlich syngenetisch mit der post-metablastischen Deformation in den Biotit-Hornblende-Gneisen. Kleinfalten zeigen Quarz-Rekristallisation. Im Chemismus wurden keine Unterschiede zu Sillimanit-Biotit-Gneisen oberhalb 2500 m festgestellt.

Als akzessorische Erzphasen treten in beiden Gneisarten Ilmenit, Rutil und Magnetit sowie die, meist jüngeren, Sulfide Pyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit, Markasit, Pentlandit, Sphalerit und sehr selten Galenit, Arsenopyrit, Covellin und Molybdänit auf. Sphalerit kommt auch als Kluftmineralisation vor. Nur an einer Stelle ist Magnetit statt Pyrrhotin Hauptträger der Magnetisierung im Gestein.

Die Sillimanit-Biotit-Gneise werden von mehreren, meist geringmächtigen Lamprophyr-Gängen durchschlagen. Es handelt sich um vorwiegend stark alterierte Vogesite bis Spessartite.

In beiden Gneisarten treten vereinzelt Faltenstrukturen im Meterbereich auf. Jüngere, offene Falten und Knickzonen haben häufig flache Faltenachsenflächen. Die kataklastische Deformation ist weniger ausgeprägt als oberhalb 2500 m. Harnischbeläge werden von Chlorit oder Graphit gebildet. Als Kluftminerale treten Quarz, Calcit, Laumontit, Adular, Prehnit und Epidot auf. Bereichsweise wurden mm-weite, halboffene Klüfte beobachtet.

In Bereichen undeutlicher Foliation wurde erstmals 'core disking' bemerkt, das auf Druckentlastung des Gesteins durch den Bohrvorgang zurückzuführen ist.

Abstract

This report presents preliminary results of the petrographical, geochemical and structural investigations of the depth interval from 2500 to 3009.7 m of the scientific well 'KTB Oberpfalz VB'.

Layered biotite-hornblende-gneisses, which were intersected from 2469 m downwards, predominate down to 2585.5 m. They contain many intercalations of amphibolites, calc-silicate layers and garnet bearing sillimanite-biotite-gneisses. Below 2585.5 m, sillimanite-biotite-gneisses with only minor intercalations of biotite-hornblende-gneisses or amphibolites prevail. The foliation dips SW with angles gradually decreasing from about 60° at 2500 m to 40° at 3000 m.

The sedimentary, in part probably pyroclastic bedding of the

biotite-hornblende-gneisses is metamorphically overprinted. The metamorphic foliation is parallel to this bedding. Garnet inclusions in clinopyroxene possibly indicate a high pressure granulite facies metamorphic event. Few antiperthites with exsolution of clinozoisite possibly have developed from high temperature ternary feldspars. The early metablastic texture was deformed and a lineation defined by partly recrystallized, elongated feldspar and hornblende aggregates was developed. The association of biotite-hornblende-gneisses with amphibolites, sillimanite-biotite-gneisses and calc-silicate layers is very similar to the interlayering of amphibolites and gneisses in the depth interval from 0 to 460 m. The hornblende-gneisses, however, are distinctly richer in SiO_2 , K_2O , Rb and Zr and poorer in Fe_2O_3 , MgO, CaO and Ni than those of the section above.

Garnet bearing sillimanite-biotite-gneisses are mostly medium grained and layered. Fine grained mylonitic types are rare. Besides relictic kyanite white mica, garnet, and sillimanite occur as inclusions in plagioclase. For the first time, a plane internal fabric was observed in garnets indicating an older foliation. The high temperature mylonitic deformation of these gneisses lies concordantly to the post-metablastic deformation of the biotite-hornblende-gneisses implying that both are probably cogenetic. In small folds quartz is recrystallized. Chemically these gneisses do not differ from those above 2500 m.

Accessory ore minerals in both biotite-hornblende-gneisses and sillimanite-biotite-gneisses are ilmenite, rutile, magnetite, and the mostly younger sulfides pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, marcasite, pentlandite, sphalerite and, very rare, galenite, arsenopyrite, covellite, and molybdenite. Sphalerite also occurs as joint filling. In only one case magnetite instead of pyrrhotite causes magnetic anomalies.

The sillimanite-biotite-gneisses are cut by several thin lamprophyric dikes. These are mostly intensely altered vogesites or spessartites.

Sporadically both biotite-hornblende-gneisses and sillimanite-biotite-gneisses are folded on a m-scale. Younger open folds and kinkbands often show flat planes of fold axes. Brittle deformation is less abundant than above 2500 m. Slickensides are mostly mineralized by chlorite or graphite. Quartz, calcite, laumontite, adularia, prehnite, and epidote occur as joint fillings. In some sections, mm-wide half open joints were observed.

In sections with indistinct foliation 'Core-Disking' was observed for the first time. Core-Disking is mainly caused by the relief from the in situ stress field during the drilling process.

B.1 Übersicht

Der 6. Arbeitsbericht umfaßt die vorläufigen Ergebnisse der petrographisch-geochemischen und strukturgeologischen Bearbeitung des Bohrabschnitts 2500 bis 3009.7 m. Lediglich zwischen 2635 und 2687 m standen keine Kerne, sondern nur Bohrklein zur Untersuchung zur Verfügung. Eine lithologie- oder teufenabhängige Einordnung der Erzminerale ist nicht möglich, so daß diese zusammenfassend in Kap. B.5 beschrieben werden.

Lithologie

Zwischen 2500 m und 2585.5 m wurden Biotit-Hornblende-Gneise mit geringmächtigen Sillimanit-Biotit-Gneis-Einschaltungen erbohrt. Lokal treten Amphibolite auf, die fließende Übergänge zu den Biotit-Hornblende-Gneisen zeigen. Weiterhin treten in den Biotit-Hornblende-Gneisen geringmächtige Einschaltungen von Kalksilikatlagen und kalifeldspatreichen, leukokraten Quarz-Feldspat-Lagen auf.

Zwischen 2585.5 m und 3009.7 m liegen Sillimanit-Biotit-Gneise mit geringmächtigen Einschaltungen (dm- bis m-Bereich) von Biotit-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten vor. Diese werden von Lamprophyren und einem Pegmatoidgang durchschlagen. Bei 2805 m treten einige cm-mächtige Adular-Quarz-Epidot-Gänge auf.

Das geologische Profil ist in Abb. B.1.1 in der Übersicht und im Anhang (Kap. B.11) detailliert dargestellt. Die Gesteine zeigen bereichsweise eine starke retrograde Metamorphose. Diese spiegelt sich auch im Chlorit/(Chlorit+Biotit)-Verhältnis (Abb. B.1.2) wieder.

Gefüge und Struktur

In den Biotit-Hornblende-Gneisen ist das ehemals metablastische Gefüge generell deformiert. Lagenbau und Foliation verlaufen parallel zum "s" der Granat-Sillimanit-Biotit-Gneise. In diesen ist die Foliation vorwiegend lagig oder flaserig entwickelt. Strafflagige bis mylonitische Gefüge sind im Gegensatz zum vorhergehenden Teufenbereich nur untergeordnet vorhanden (Abb. B.1.1).

Neben ältesten Isoklinalfalten sind in beiden Gneistypen gelegentlich cm-große, asymmetrische Falten vorhanden. Sie sind geschlossen und verfallen die Foliation. Halbgeschlossene Falten im m-Bereich wurden in zwei Fällen beobachtet. Die jüngsten Falten sind offen.

Nach Auswertungen des Formation Microscanner Logs (durch HIRSCHMANN, KTB-Projektleitung) fällt die Foliation im Teufenbereich 2500 - 3009.7 m recht konstant nach SSW ein. Nur zwischen 2550 m und 2650 m dreht der Azimut nach SW bis WSW.

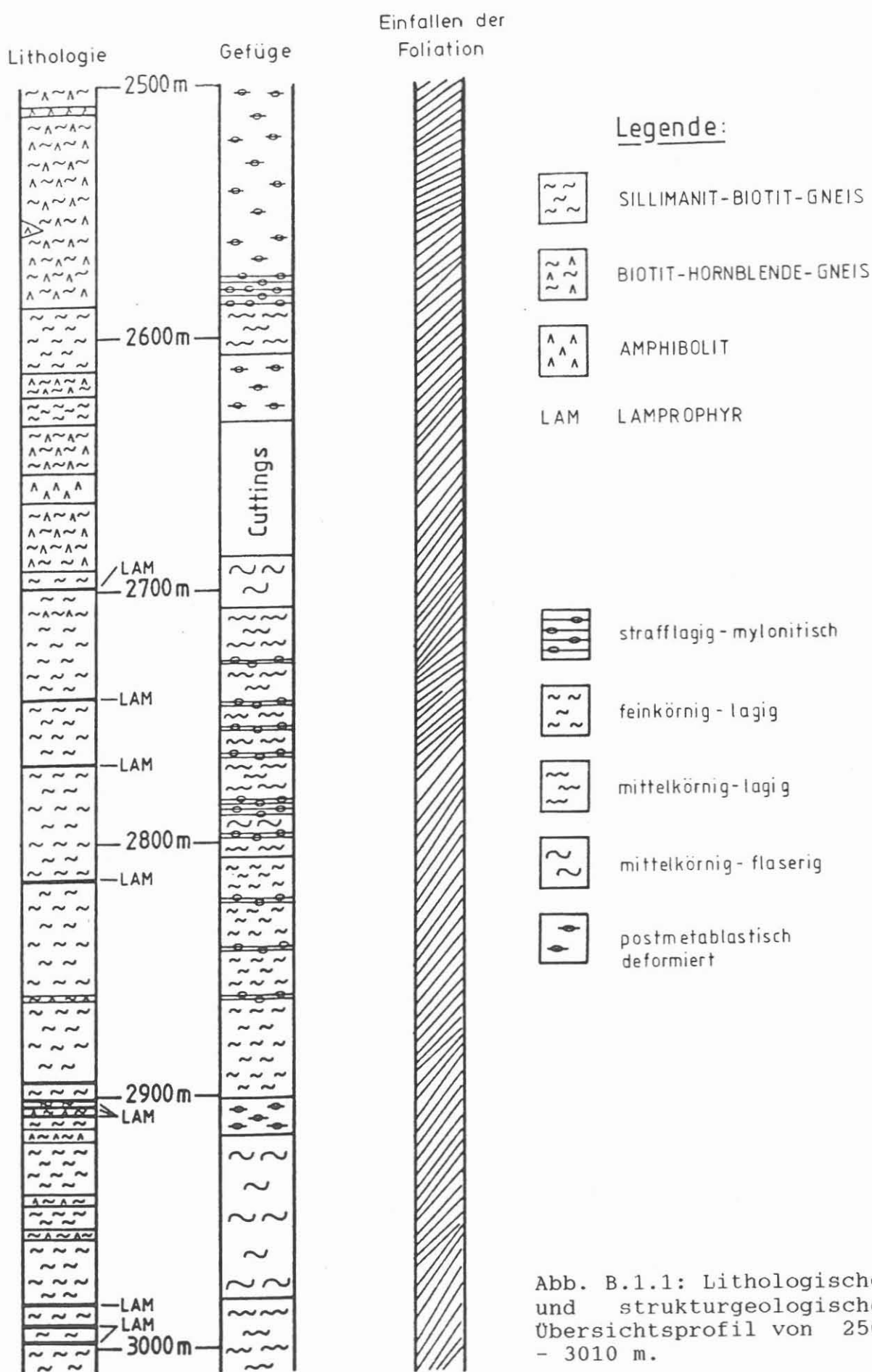


Abb. B.1.1: Lithologisches und strukturgeologisches Übersichtsprofil von 2500 - 3010 m.

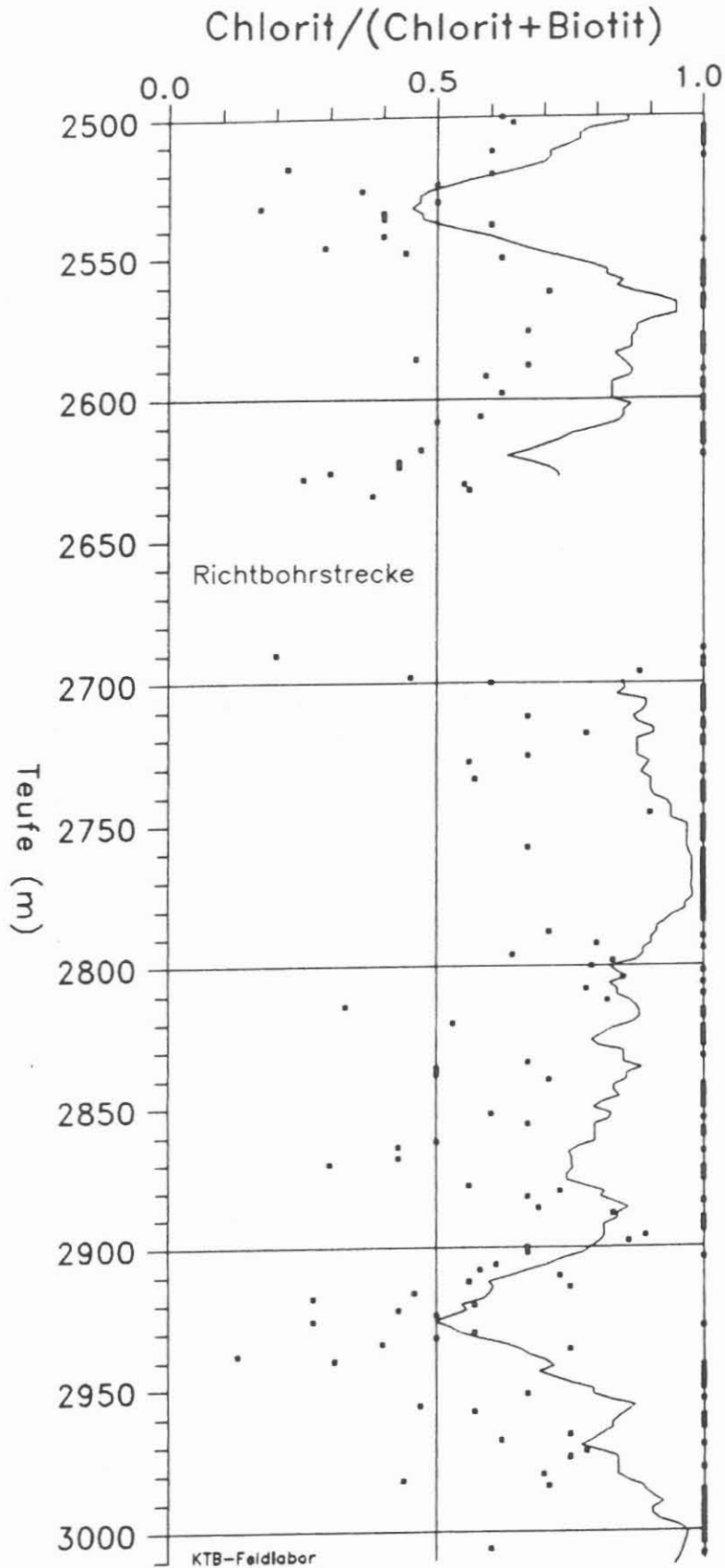


Abb. B.1.2: Das Chlorit/(Chlorit+Biotit)-Verhältnis ist auch in den Biotit-Hornblende-Gneisen ein Maß für die Alteration des Biotits, da die Chloritisierung der Hornblende geringfügig ist.

Der Einfallwinkel nimmt kontinuierlich von ca. 60° auf Werte unter 40° ab. Im Bereich des leicht drehenden Azimuts verflacht die Foliation abrupt, um bei 2650 m wieder geringfügig zu versteilen (Abb.B.1.3).

B.2 Abschnitt 2500 - 2585.5 m

B.2.1 Biotit-Hornblende-Gneise und Amphibolite

Wie aus dem Profil in Abb. B.1.1 hervorgeht, dominieren von 2500 m bis 2585.5 m Biotit-Hornblende-Gneise. Mit Amphibolitlagen und einigen cm-großen Hornblende-Linsen bilden diese somit eine kontinuierliche Fortsetzung der Abfolge zwischen 2469 und 2500 m (vgl. RÖHR et al. 1989: B27).

Als Hornblende-Gneise werden im folgenden Gesteine mit gneisigem Gefüge, weniger als etwa 40 % Hornblende und mehr als 5 - 10 % Quarz bezeichnet. Fast stets ist Biotit vorhanden, wobei das Biotit/Hornblende-Verhältnis stark schwankt. Die jeweils gewählte Gesteinsbezeichnung resultiert aus makroskopischem und mikroskopischem Befund, wodurch es im Einzelfall zu geringfügigen Diskrepanzen mit den durch RDA festgestellten Mineralanteilen kommen kann.

Makroskopisch erscheinen die Gesteine vorwiegend mittelkörnig. Charakteristisch ist ein Lagenbau, in dem cm- bis dm-mächtige, biotitreiche braune, durch Chloritisierung oft auch hellgrünliche Lagen mit dunklen, hornblendereichen Lagen wechseln. Dieser Lagenbau spricht für ein sedimentäres, eventuell pyroklastisches Edukt. Hinzu kommt der metamorphe Lagenbau mit mm-mächtigen hellen, plagioklasreichen Lagen. Der metamorphe Lagenbau liegt parallel zum sedimentären Lagenbau.

Der Gneis besaß ursprünglich ein metablastisches Gefüge. Charakteristisch sind gedrungene, mm-große Plagioklasblasten in einer feinkörnigen Biotit-Hornblendematrix. Dieses metablastische Gefüge ist oberhalb 2492 m gut erhalten. Unterhalb 2492 m ist es durch eine jüngere Verformung überprägt (s. RÖHR et al. 1989: B49). Unterhalb des Bereichs mit dominierendem Biotit-Hornblende-Gneis ist das metablastische Gefüge an geringmächtige Biotit-Hornblende-Gneis-Einschaltungen oder Amphibolite und deren unmittelbaren Sillimanit-Biotit-Gneis-Rahmen gebunden (2610 - 2628 m, 2900 - 2916 m, 2935 - 2940 m, 2950 - 2955 m).

Azimut der Foliation

Einfallen der Foliation

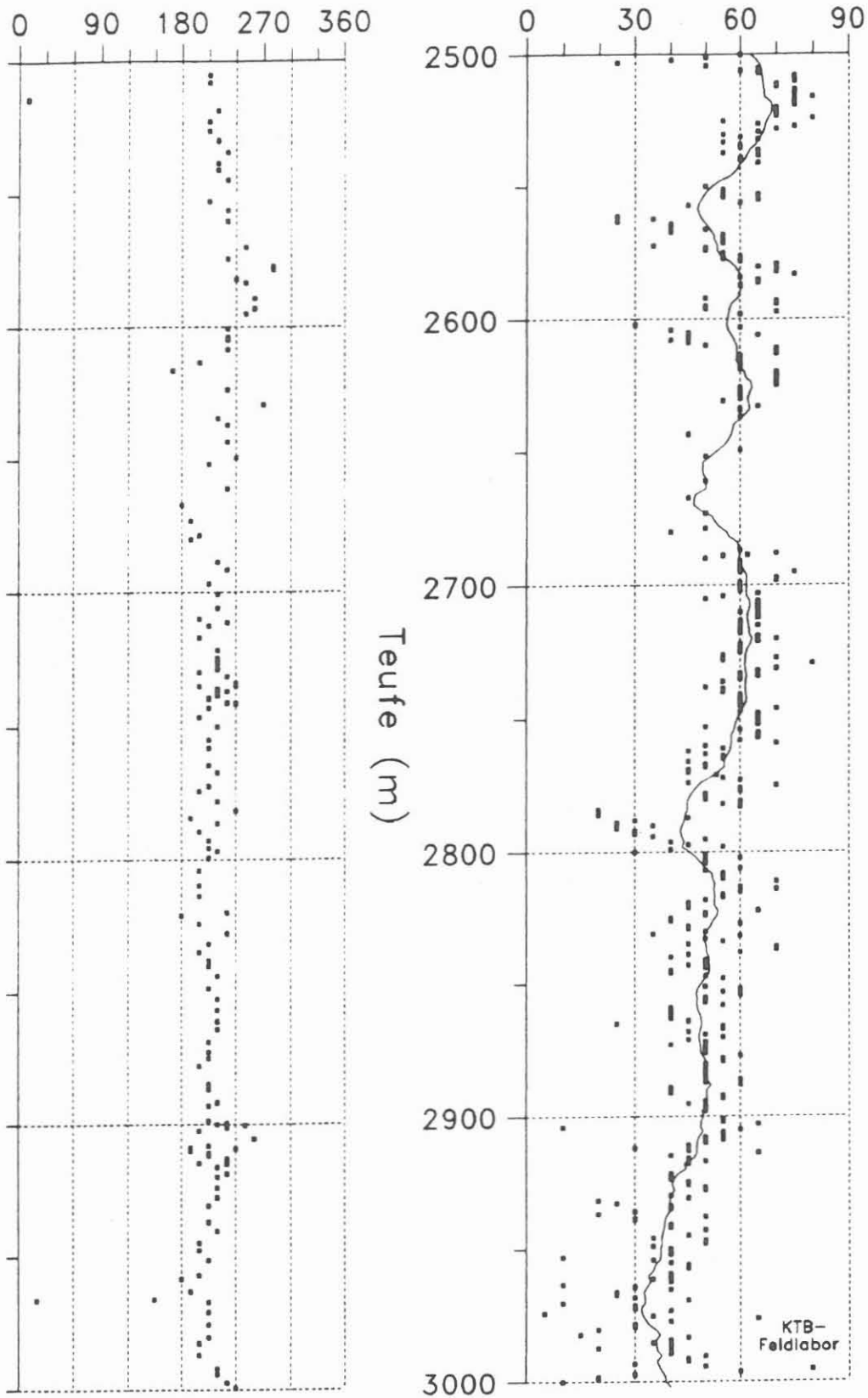


Abb. B.1.3: Azimut und Einfallswinkel der Gneisfoliation ($^{\circ}$). In der rechten Darstellung gibt ein gleitender Mittelwert (30 m Intervall, durchgezogene Linie) großräumigere Trends wieder.

Das post-metablastische Deformationsgefüge wird ab 2492 m in allen Biotit-Hornblende-Gneisen beobachtet. Die ehemals runden Plagioklasklasten sind geplättet (Abb. B.2.1). Die lange Achse dieser Aggregate definiert ein Streckungslinear (s. Mikrogefüge). Dieses liegt subhorizontal oder zeigt flaches Einfallen nach NW (300/20), während die Foliation nach SW (210/40 bis 210/75, 2502 m - 2507 m) einfällt.

Von 2504.4 m bis 2505.7 m tritt in den post-metablastisch deformierten Biotit-Hornblende-Gneisen eine mylonitisch-straflagige Sillimanit-Biotit-Gneis-Einschaltung auf. Hangend- und Liegendkontakt zum angrenzenden Biotit-Hornblende-Gneis sind tektonisch nicht gestört (Abb. B.2.2 bis B.2.5). Streckungsgefüge bzw. Raumlage des Streckungslinears sind identisch mit denen der umgebenden Biotit-Hornblende-Gneisen.

Unter dem Mikroskop zeigt das Hornblende-Teilgefüge im Schnitt senkrecht zum Streckungslinear linsige Aggregate aus rekristallisierten Hornblendekristallen mit ebenen Korngrenzflächen. In Schnitten parallel zur Streckungsfaser sind die Hornblendelagen boudiniert. Die Hornblende-Kristalle bilden in der Regel ein rekristallisiertes Gefüge (Kopfschnitte ca. 400 µm) und sind mit ihren c-Achsen bevorzugt parallel zum Streckungslinear eingeregelt. Gelegentlich findet man relik-tische, 1 bis mehrere mm große Großkristalle, die entweder ganz oder nur randlich rekristallisiert sind (Abb. B.2.6). Die sonst olivgrüne Hornblende weist ab und zu hellere, aktinolithische Säume auf.

Plagioklas ist meist durch Klinozoisit-Neubildung getrübt. Zum Teil sind Kornformen kaum noch erkennbar. Die geplätteten Plagioklasblasten liegen als längliche Aggregate vor. In Bereichen geringerer Plagioklas-Alteration werden vereinzelt in solchen Plagioklas-Aggregaten ebene Korngrenzflächen beobachtet (DS=Dünnschliff 613F1k, 2514.81 m), die für eine vollständige Rekristallisation der Blasten sprechen. Im Druckschatten kann rekristallisierter Quarz vorhanden sein. Ferner gibt es größere, nicht rekristallisierte Plagioklas-Einkristalle. Matrixquarze und -feldspäte treten in granoblastischer Verwachsung mit gebogenen Korngrenzen auf. Auffällig ist das Auftreten von Antiperthit. Er bildet sowohl kleine, granoblastische als auch ca. 2 mm große Körner (Abb. B.2.7). Möglicherweise gehören diese Antiperthite zum magmatischen Altbestand des Gneisedukts. In der Nachbarschaft kalksilikatischer Lagen wurde vereinzelt Mikroklin beobachtet.

Quarz kann in Lagen angereichert sein. Daneben tritt er in länglichen, fahnenartigen Kornaggregaten auf, deren Umrisse an Plattenquarze erinnern, die aber aus vielen Einzelkörnern bestehen. Biotit ist oft in Lagen angereichert und meist weitgehend oder völlig durch Chlorit oder Prehnit ersetzt.

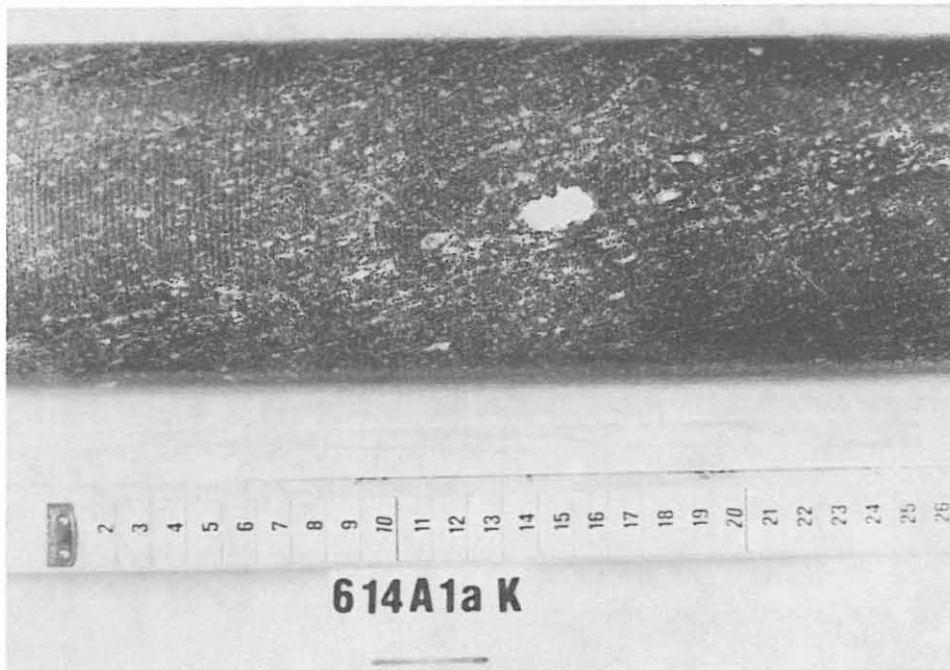


Abb. B.2.1: Postmetablastisch deformierter Biotit-Hornblende-Gneis. In der Mitte rundliches Quarz-Plagioklas-Aggregat. (Kernstück 614A1a, 2516.05 m).

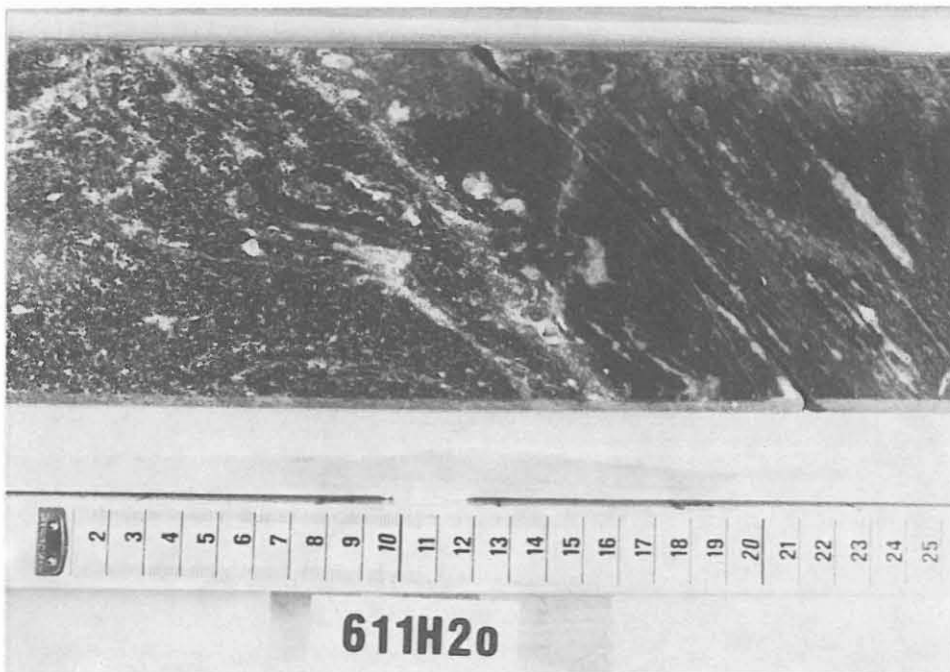


Abb. B.2.2: Kontakt zwischen Hochtemperatur-mylonitischem Sillimanit-Biotit-Gneis (rechts) und Biotit-Hornblende-Gneis (links). (Kernstück 611H2o, 2504.26 m).

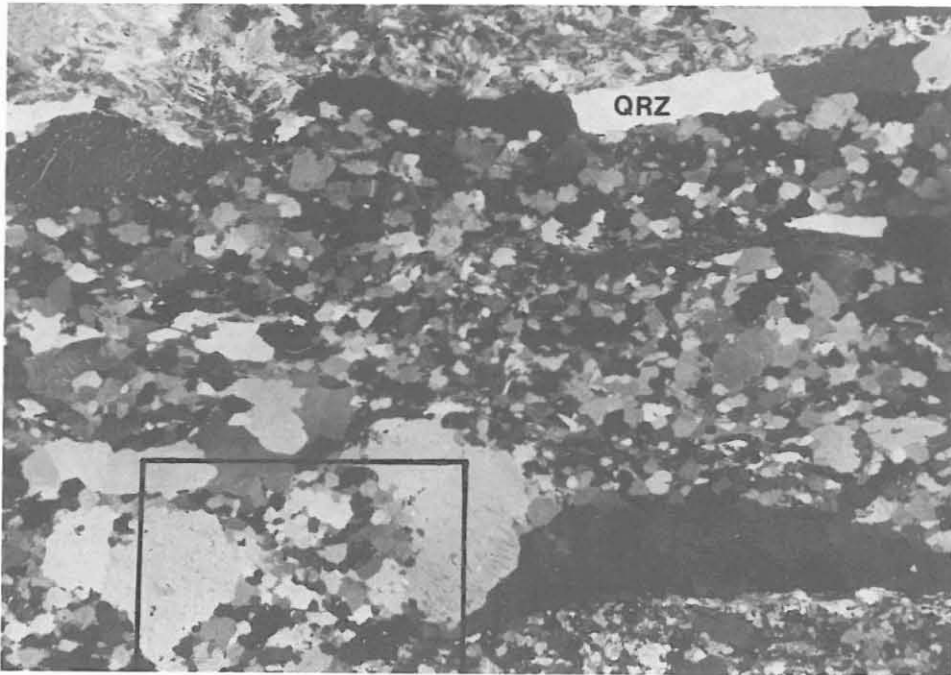


Abb. B.2.3: HT-mylonitische Sillimanit-Biotit-Gneis-Einschalung in Biotit-Hornblende-Gneis; zwischen den Plattenquarzzeilen (QRZ) bildet rekristallisierter Plagioklas ein polygonales Pflastergefüge. Links unten ist ein unvollständig, nur in der Mitte rekristallisierter Plagioklasklast erhalten. (vgl. Abb. B.2.4). Umrahmung: Bildausschnitt Abb. B.2.4. (DS 611H20 I, 2504.46 m, + Nicols, lange Bildk. ca. 17.8 mm).

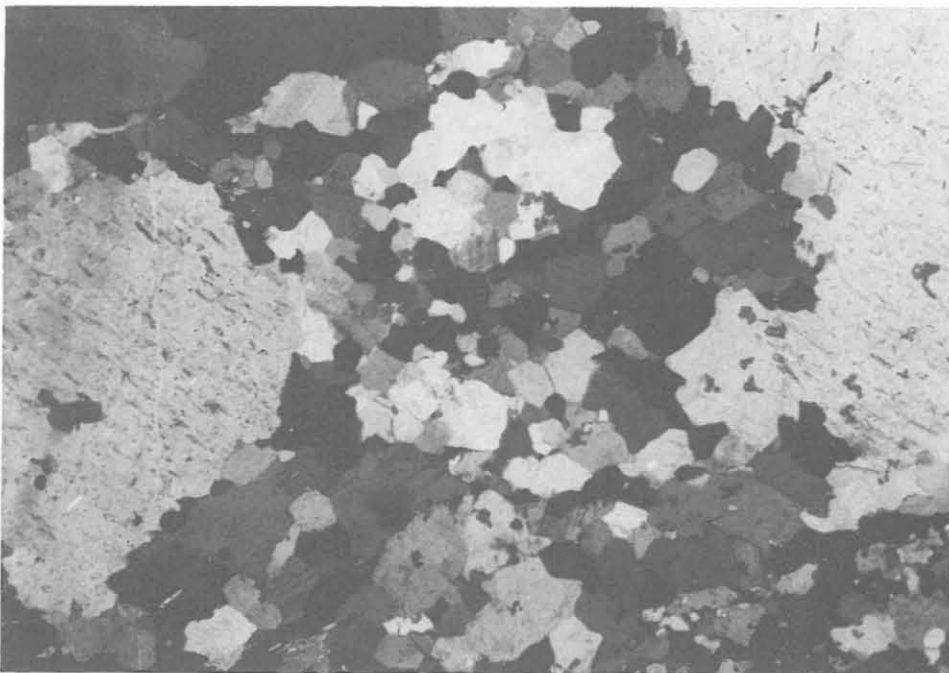


Abb. B.2.4: HT-mylonitische Sillimanit-Biotit-Gneis-Einschalung in Biotit-Hornblende-Gneis; vergrößerter Ausschnitt aus Abb. B.3.3. Rekristallisierter Plagioklas nimmt den Raum zwischen den Relikten des Altkornes ein. (DS 611H20 I, 2504.46 m, + Nicols, lange Bildk. ca. 6,3 mm).

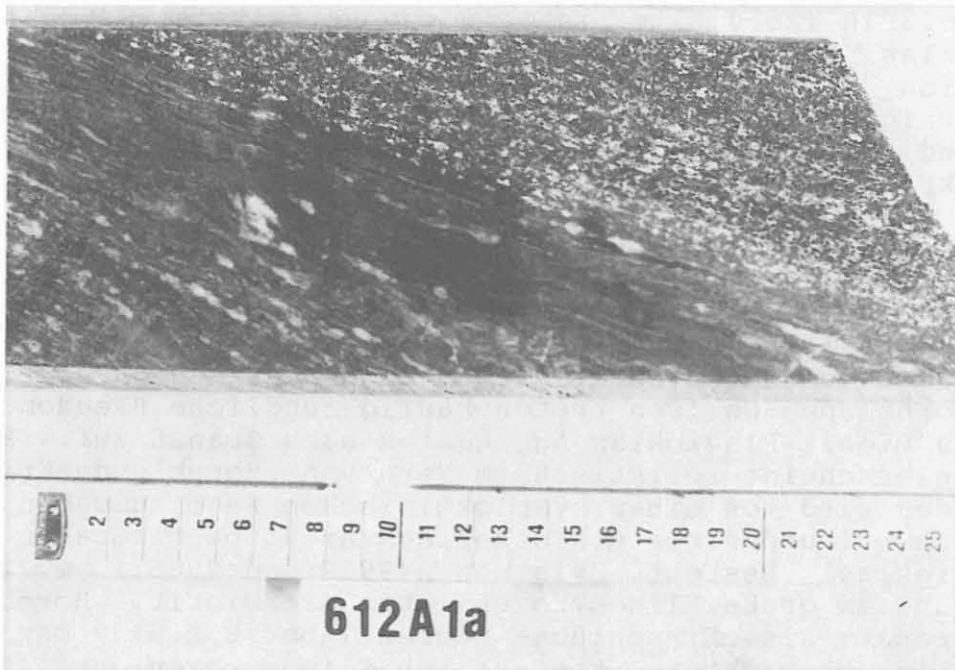


Abb. B.2.5: Konkordanter Kontakt an der Liegendgrenze zwischen HT-mylonitischer Sillimanit-Biotit-Gneis-Einschaltung (links) und post-metablastisch deformiertem Biotit-Hornblende-Gneis (rechts). Das Maßband zeigt in Richtung zunehmender Teufe. Die Foliation der Gneise fällt mit etwa 55° ein. Das Streckungslinear liegt annähernd senkrecht zur Bildebene und fällt mit ca. 20° ein. Die Verformung des Sillimanit-Biotit-Gneises ist im Bereich der Grenzfläche deutlich stärker als in den hangenden Bereichen.
(Kernstück 612A1a, 2506.60 m).

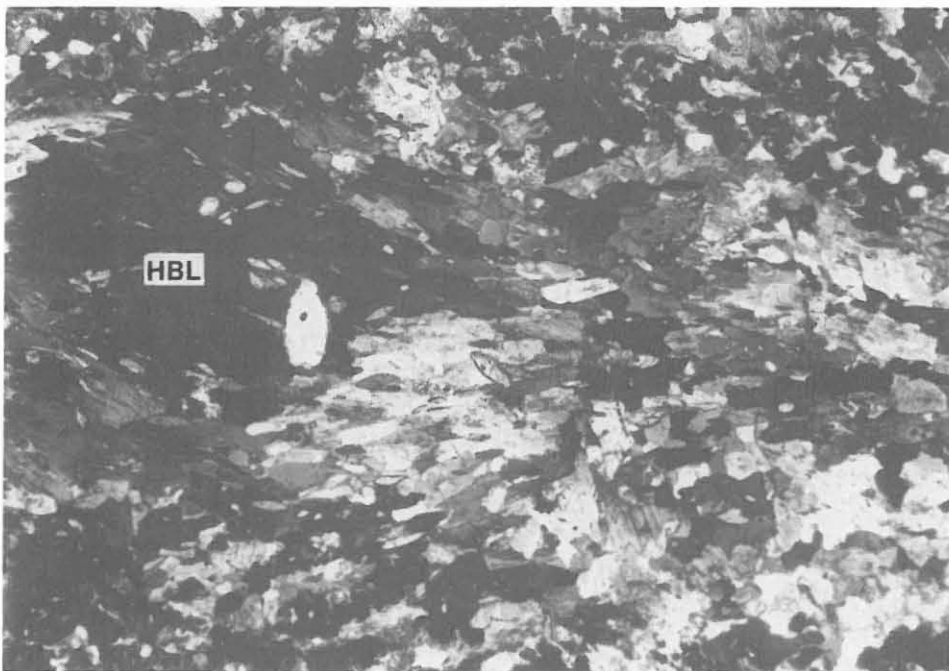


Abb. B.2.6: Hornblendeklast (HBL), randlich rekristallisiert (Bildmitte), in einer boudinierten hornblendereichen Lage.
(DS 626A1b, 2580.20 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 6.3 mm).

Im DS 613F1k (2514.81 m) ist ein eng verfaltetes Gängchen aus Plagioklas zu sehen, dessen Faltenachsebenen parallel zur Foliation liegen. Im Scharnierbereich sind die Hornblenden feinkörnig dynamisch rekristallisiert (Abb. B.2.8). Im Schenkel und in nicht gefalteten Bereichen sind auch präkinematisch kristallisierte, größere Kristalle erhalten.

Der Granatgehalt ist gering, aber durch das Auftreten von bis zu 1 cm großen, teilweise zonierten Kristallen mit rotbraunem Kern und farblosem Rand (DS 619E1gK, 2547.10m) makroskopisch auffallend. Die Granate werden durch Plagioklas-Reaktionssäume von Hornblende getrennt. In quarz- und biotitreichen Hornblende-Gneisen treten häufig rundliche Pseudomorphosen aus Biotit-Plagioklas-Aggregaten nach Granat auf. Klinopyroxen erscheint reliktsch im Kern von Hornblende-Kristallen oder wird von einem symplektitischen Saum umgeben, der aus Amphibol und einer mikroskopisch nicht bestimmbarer Phase (?Plagioklas) besteht. Zwischen 2499.2 und 2505.1 m treten bis zu 5 mm große Klinopyroxene auf, die Biotit, Hornblende und Granat als Einschlüsse führen (Abb. B.2.9). Der hier erstmalig beobachtete Kontakt von Klinopyroxen und Granat läßt bei geeigneter Zusammensetzung der Phasen ein frühes Hochdruck-granulitfazielles Stadium dieser Gesteine vermuten.

Titanit ist stets reichlich vertreten, häufig wird er von Ilmenit pseudomorph ersetzt (Abb. B.2.10, DS 722E2n, 2938.83 m aus Granat-Hornblende-Gneis-Einschaltung in Sillimanit-Biotit-Gneis). Titanit-Einschlüsse in Granat wurden zwischen 2519 und 2550 m erstmalig in der Bohrung beobachtet. Im Anschliff 622G1ad (2568.33 m) wurden Chalkopyrit-, Rutil- (Abb. B.2.11) und Ilmeniteinschlüsse im Titanit beobachtet. Die Mineralparagenese Plagioklas, Titanit, Ilmenit, Quarz und Granat in Metabasiten kann bei TiO_2 -Sättigung (Rutil) zur Abschätzung maximaler Bildungsdrücke herangezogen werden (GHENT & STOUT, 1984). Apatit und Allanit (DS 616F1hK) treten akzessorisch auf. Eine grünschieferfazielle Überprägung äußert sich durch die Neubildung von Epidot und Chlorit sowie gelegentlich Aktinolith. Prehnit ist auf Biotit-Spaltflächen und als Kluft- und Rißfüllung weitverbreitet. Er kann sogar als Kristallrasen auf noch offenen Klüften beobachtet werden (s. Kap. B.6).

Die Gehalte der Hauptminerale variieren in folgenden Bereichen (RDA, Gew.-%, vgl. Tab. B.2.1, unter Mitberücksichtigung von Biotit-Hornblende-Gneis- und Amphiboliteinschaltungen aus dem Teufenbereich 2585.5 - 3009.7 m):

	Biotit-Hornblende- Gneise	Amphibolite
Quarz	17-36	7-14
Plagioklas	24-48	8-44
Biotit+Chlorit	5-21	3-16
Amphibol	7-34	35-62
Granat	<3- 7	<3
Titanit	<3- 7	<3-12

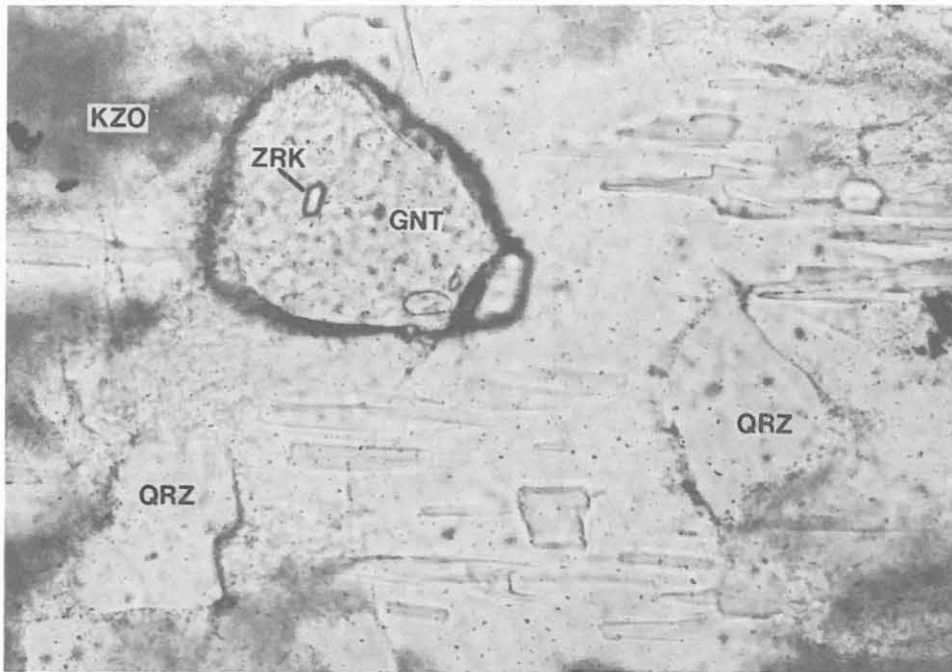


Abb. B.2.7: Antiperthit mit Quarz- und Granat-Einschlüssen in granat- und klinopyroxenreichem Hornblende-Biotit-Gneis. GNT = Granat, QRZ = Quarz, KZO = wolkige Klinozoisit-Einschlüsse, ZRK= Zirkon.
(DS 619E1gK, 2547.10 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 0.7mm).

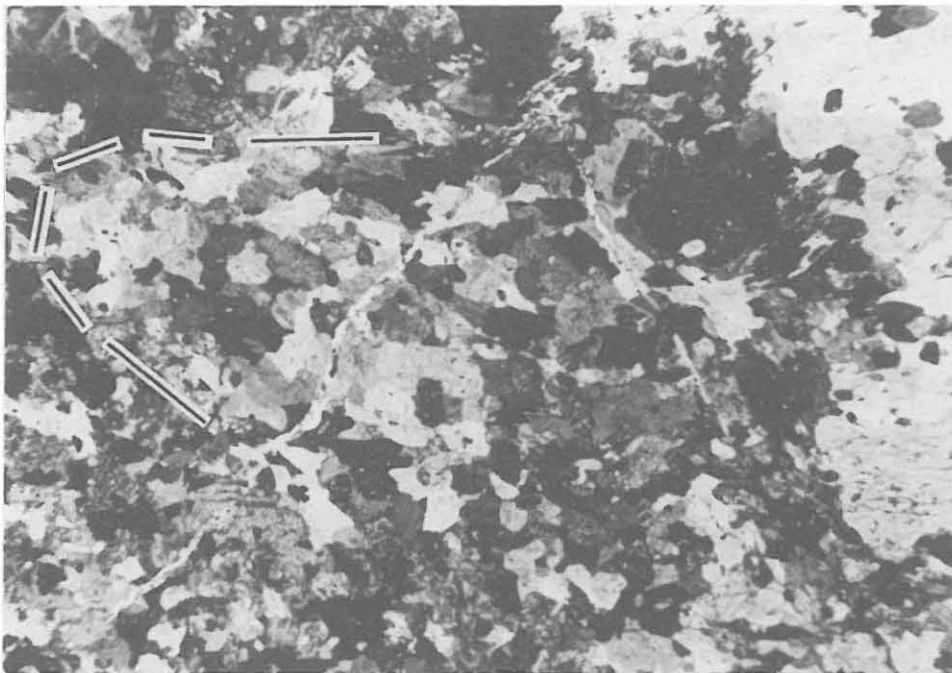


Abb. B.2.8: Bildmitte: feinkörnig rekristallisierte Hornblende im Scharnierbereich einer engen, symmetrischen Kleinfalte. Linker Bildrand, obere Hälfte: Umbiegungsbereich einer eng verfalteten feldspatreichen Lage. Rechter Bildrand (hell): Reliktischer Hornblende-Großkristall; Biotit-Hornblende-Gneis.
(DS 613F1k, 2514.81 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 7.1 mm).

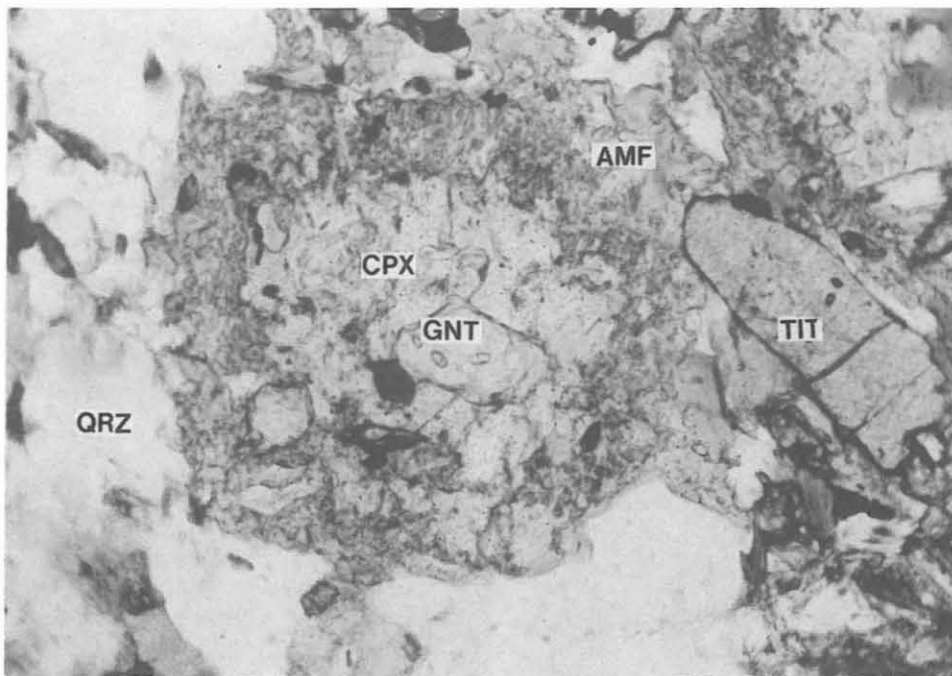


Abb. B.2.9: Klinopyroxen mit Granat-Einschluß und Amphibol-Plagioklas-Symplektit-Corona (AMF). Der Granat führt Zirkon-Einschlüsse. Der Antiperthit der Abb. B.2.7 befindet sich in unmittelbarer Nachbarschaft dieses Aggregats. QRZ = Quarz, CPX = Klinopyroxen, GNT = Granat, TIT = verzwillingter Titanit. Hornblende-Biotit-Gneis, granat- und klinopyroxenreich. (DS 619E1gk, 2547.10 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 1.1 mm).

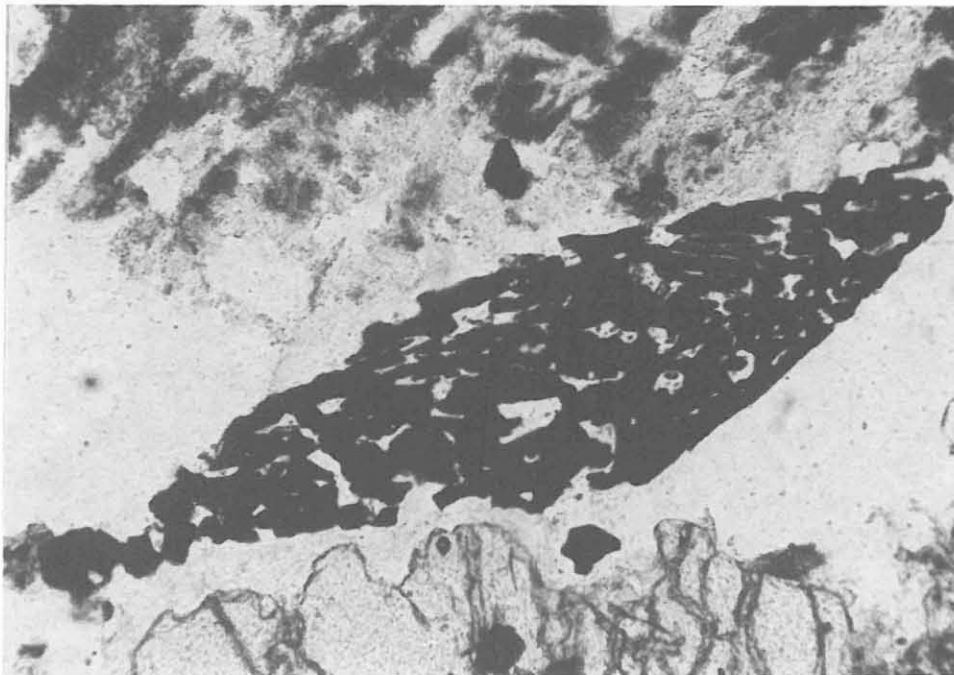


Abb. B.2.10: Ilmenit pseudomorph nach Titanit aus Granat-Hornblende-Gneis-Einschaltung in Sillimanit-Biotit-Gneis. (DS 722E2n, 2938.83 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 1.1 mm).

Biotit-Hornblende-Gneise

Kernstück	Teufe	QRZ	PLG	KPS	HGL	BIO	CHL	AMPH	GNT	EPD	PRH	TIT	Summe
611D2j	2501.25	28	44	-	-	9	3	16	-	-	-	-	100
614C1d	2517.45	20	39	-	-	6	4	30	-	-	-	-	99
614F1j	2519.45	17	31	-	-	-	5	31	6	-	6	5	101
616A1a	2526.20	23	34	5	4	14	7	12	-	-	-	-	99
616F1hK	2530.44	25	35	-	-	9	-	31	-	-	-	-	100
617E1m	2535.11	36	48	-	-	10	5	-1	-	-	-	-	99
618D1eKII	2540.29	31	42	-	-	-	5	16	6	-	-	-	100
618H1m	2543.81	25	43	-	-	-	7	26	-	-	-	-	101
619B1b	2544.71	34	46	-	-	13	-	-1	7	-	-	-	100
619C1c	2545.51	29	37	-	-	5	3	18	-	-	-	7	99
619E1gK	2547.10	21	40	-	-	1	17	14	-	-	-	7	100
619F1jK	2548.00	29	42	14	-	-	8	7	-	-	-	-	100
620C1c	2551.75	24	34	-	-	-	8	27	3	-	-	4	100
621A1aK	2556.30	20	32	-	-	-	16	27	-	-	-	5	100
685B3f	2811.73	20	24	-	12	-	15	30	-	-	-	-	101
713B1bK	2912.07	31	40	-	-	-	15	14	-	1	-	-	100
722E2m	2938.79	26	19	-	7	-	3	34	-	11	-	-	100

Amphibolit

Kernstück	Teufe	QRZ	PLG	KPS	HGL	BIO	CHL	AMPH	GNT	EPD	PRH	TIT	Summe
612C1d	2506.57	14	24	-	-	-	4	47	-	-	-	12	101
612D11K	2507.48	-	39	-	-	-	5	39	-	13	-	4	100
613E1hK	2514.10	7	44	-	-	-	3	39	-	-	-	7	100
614B1bK	2516.85	14	42	-	-	9	-	35	-	-	-	-	100
618D1eKI	2540.28	13	31	-	9	-	3	40	-	-	-	5	101
623B1b	2568.90	-	24	-	-	-	8	59	-	-	-	10	101
699B2d	2858.56	11	8	-	-	9	7	62	-	-	-	3	100
725A1a	2953.78	13	28	5	-	-	9	46	-	-	-	-	101

Tab. B.2.1: RDA-Analysen von Biotit-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten des Teufenabschnitts 2500 - 3009.7m (in Gew.-%).

Chlorit ist aus Biotit entstanden. Vereinzelt gemessene Prehnit- bzw. Kalifeldspat-Gehalte beruhen auf Kluftmineralisationen. Der hohe Epidot-Gehalt in Probe 722E2m (2938.5 m) ist überwiegend durch intensive Saussuritisierung von Plagioklas verursacht.

B.2.2 Kalksilikat-Lagen

Klinopyroxen bildet den charakteristischen Bestandteil von meist mm-mächtigen, hellen Kalksilikat-Lagen, die immer wieder konkordant in den Biotit-Hornblende-Gneisen auftreten. Nur zwischen 2572.4 m und 2573.0 m sowie zwischen 2573.6 und 2574.2 m ist der Bohrkern als buntes, feinlagiges Kalksilikatgestein anzusprechen. Dieses besteht neben Klinopyroxen und Plagioklas aus Mikroklin, pleochroitischem Titanit, Karbonat, Klinozoisit, Apatit, Pyrit und Chalkopyrit (RDA- und RFA-Analysen in Tab. B.2.2). Klinopyroxen ist gelegentlich von einem Amphibol-Saum umgeben.

Ein starkes Maximum im Summen-Gamma Ray Log (SGR) bei 2574.5 m (vgl. Profil im Anhang) korreliert mit dem Auftreten des Kalksilikatgesteins, wie Radiometriemessungen an den Kernstücken 623Flg (Meßteufe 2572.50 m), 624A1a/b (Meßteufe 2573.70 m und 624B1dk (Meßteufe 2574.95) belegen. Die Teufendifferenz zwischen Kernteufe und Logteufe beträgt in diesem Bereich zwischen 2 und 3 m (gamma-ray-Korrelation, mündl. Mitt. Bucker). Uran hat in den Bohrlochmessungen und im Kernstück 623Flg den größten Anteil an der Anomalie. Im Gamma-Spektrum der Kernstücke 624A1a/b und 624B1dK sind zusätzlich erhöhte Kalium- und Thoriumgehalte zu erkennen (Abb. B.2.12). Mit Autoradiographie am Bohrkern wird versucht, den Uranträger zu lokalisieren. Er scheint nicht an Kluftmineralisationen gebunden zu sein. Erhöhte Thorium-Gehalte im Kern könnten durch das Mineral Allanit (DS 624A1a) verursacht werden.

B.2.3 Chlorit-Hornblende-Schiefer

Zwischen 2509.4 m und 2509.7 m tritt ein feinkörniger Chlorit-Hornblende-Schiefer auf, der von Scherflächen begrenzt wird. Im DS 612G1q ist neben Chlorit und Hornblende noch Cummingtonit sowie etwas Plagioklas enthalten (vgl. RDA- und RFA-Analysen in Tab. B.2.3).

B.2.4 Leukokrate, kalifeldspatreiche Lagen

Zwischen 2579 und 2585.4 m sind in die oben erwähnten jüngeren, mylonitischen, granatführenden Biotit-Hornblende-Gneise leukokrate, relativ glimmerarme Lagen von wenigen Zentimetern Mächtigkeit eingeschaltet. Sie enthalten viel Quarz und Mikroklin, daneben Plagioklas, Chlorit, etwas Hellglimmer und Granat.

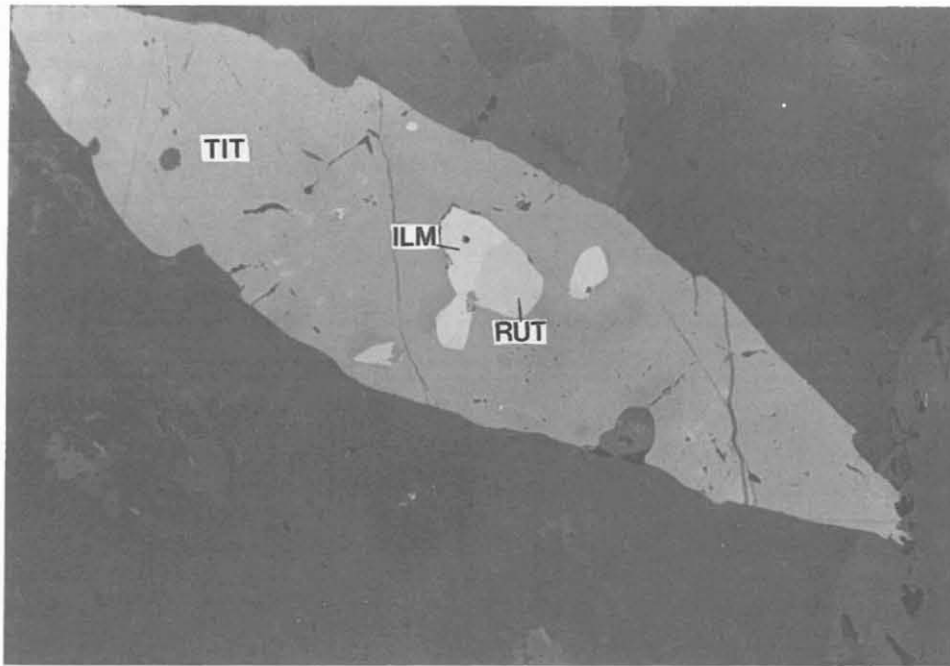


Abb. B.2.11: Ein idiomorpher Titanit schließt ein Rutil-Ilmenit-Aggregat ein. TIT = Titanit, ILM = Ilmenit, RUT = Rutil. Biotit-Hornblende-Gneis. (Anschliff 622G1ad, 2568.23 m, Luft, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 0.8 mm).

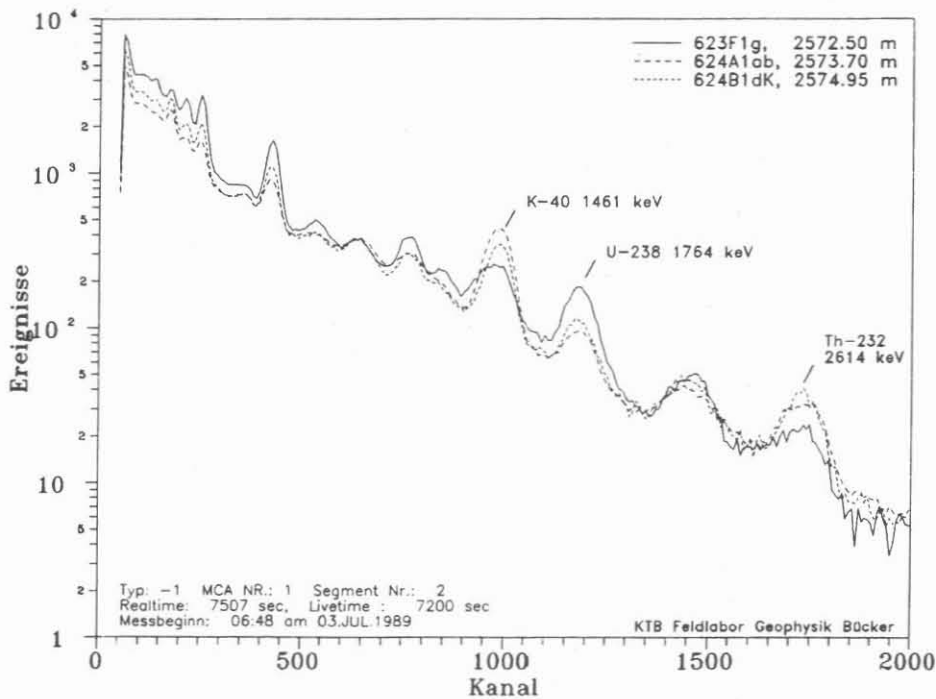


Abb. B.2.12: Gamma-Spektren der Kernstücke 623F1g, 624A1b und 624 Bld. An den verschiedenen Peakhöhen sind die unterschiedlichen Gehalte der Proben an Kalium, Uran und Thorium deutlich zu erkennen. Dargestellt sind die Originalspektren, geglättet über ein 10-Kanal Intervall. Die Spektren sind nicht Kernstücklängen-korrigiert; durch diese Korrektur könnten sich noch geringfügige Verschiebungen in den Peakhöhen ergeben.

Kern- stück	Teufe	QRZ	PLG	KFS	HGL	BIO	CHL	AMPH	GNT	EPD	PRH	TIT	Summe
623G1jI	2572.77	12	31	11	-	-	35	9	-	-	-	-	98
623G1jII	2572.76	-	31	7	6	-	3	14	4	35	-	-	100

Kern- stück	Teufe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb	Sr	Y	Zr	Ni
					Tot									
623G1jI	2572.77	52.3	1.15	17.4	11.70	3.37	4.45	3.01	2.70	93	196	61	492	12
623G1jII	2572.76	47.7	2.77	18.8	6.31	1.91	13.60	3.29	1.28	40	433	52	336	144

Tab. B.2.2: RDA- und RFA-Analysen eines Kalksilikatgesteins (in Gew.-% bzw. ppm).

Kern- stück	Teufe	QRZ	PLG	KFS	HGL	BIO	CHL	AMPH	GNT	EPD	PRH	TIT	Summe
612G1q	2509.54	-	10	-	-	-	17	64	-	-	-	9	100

Kern- stück	Teufe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb	Sr	Y	Zr	Ni
					Tot									
612G1q	2509.54	44.0	1.35	11.4	11.37	16.36	6.96	n.b.	1.57	45	78	18	136	323

Tab. B.2.3: RDA- und RFA-Analyse eines Chlorit-Hornblende-Schiefers (in Gew.-% bzw. ppm).

Mikroskopisch zeigt sich im Scharnierbereich einer asymmetrisch verfalteten, leukokraten Lage (vgl. Abb. B.2.13), daß der Biotit deformiert und weitgehend zu Chlorit umgewandelt ist (Abb. B.2.14). Quarz und Feldspat bilden ein sehr feinkörniges ($< 100 \mu\text{m}$), rekristallisiertes Korngefüge zwischen ca. $100 - 200 \mu\text{m}$ großen, statisch getemperten Körnern. Plagioklas ist meist serizitisiert (Abb. B.2.15). Mikroklin bildet zum Teil Porphyroklasten.

B.2.5 Sillimanit-Biotit-Gneis-Lagen

Die in die Biotit-Hornblende-Gneise eingeschalteten granatführenden Sillimanit-Biotit-Gneise unterscheiden sich nicht von denen des Teufenabschnitts 2585.5 bis 3009.7 m und werden daher in Kap. B.3.1 zusammenfassen beschrieben.

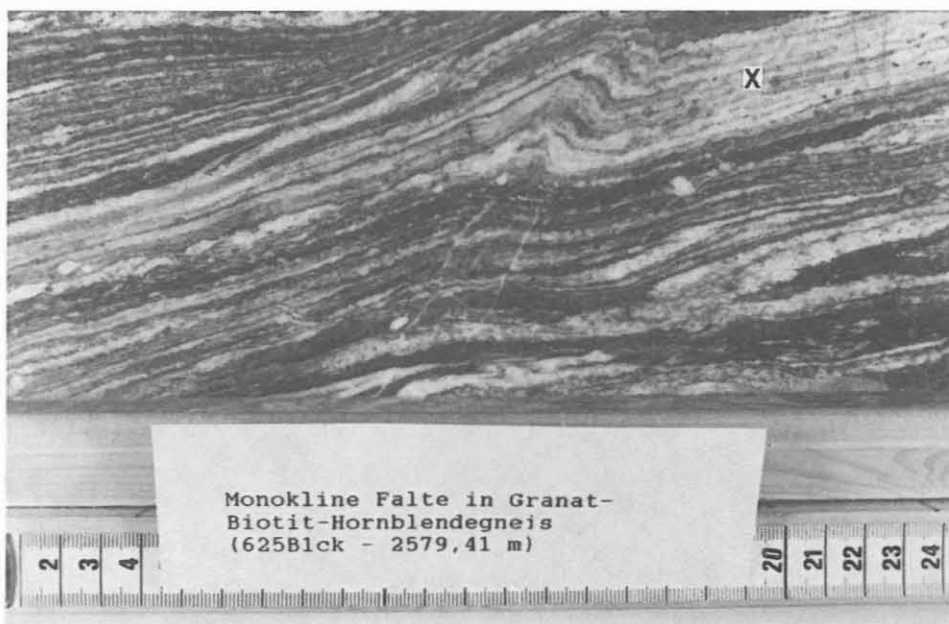


Abb. B.2.13: Mylonitischer Biotit-Hornblende-Gneis mit einer 2 cm mächtigen, kalifeldspatreichen, kompetenten Lage (x). Während der Granat-Biotit-Hornblende-Gneis die Scherbeanspruchung durch Rekristallisation des Quarzteilgefüges kompensierte, bildete die kompetentere Lage eine asymmetrische Falte (vgl. Abb. B.2.14 und 15).
(Kernstück 625B1ck, 2579.41 m).

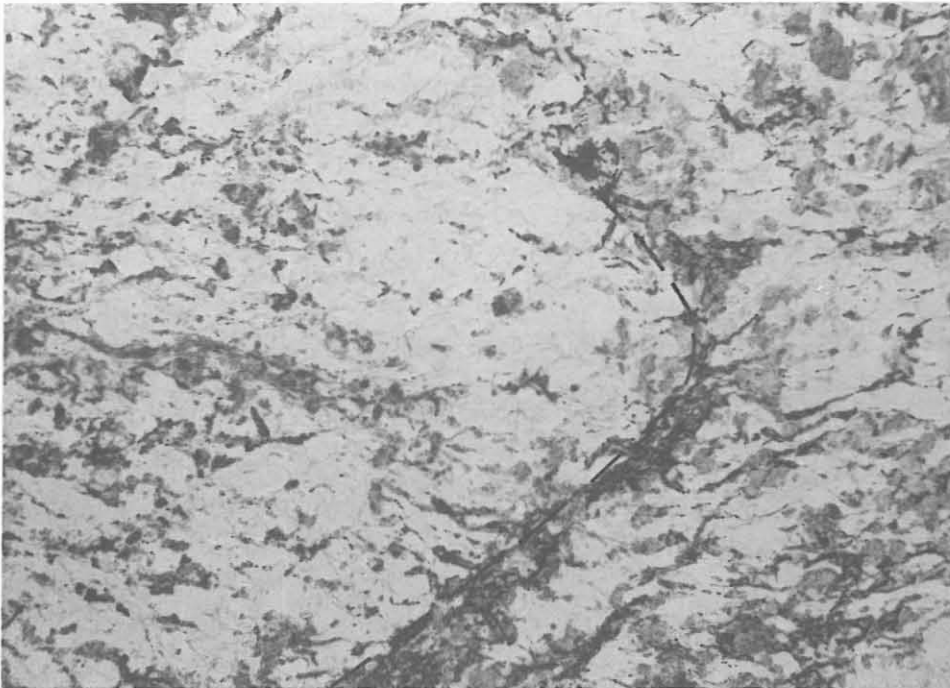


Abb. B.2.14: Spröde deformierter chloritisierter Biotit in einer asymmetrischen Schleppfalte (gestrichelt) mit achsen-ebenenparalleler Schieferung (parallel zur langen Bildkante, vgl. Abb. B.2.13 und 15). Leukokrate kalifeldspatreiche Lage. (DS 625B1cK, 2579.41 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 8 mm).

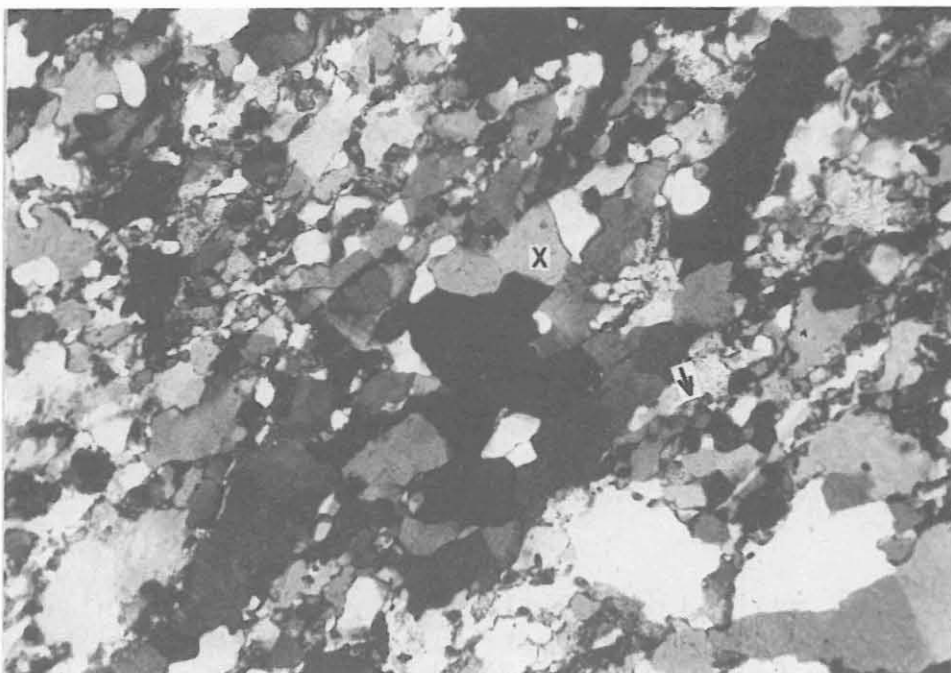


Abb. B.2.15: Feinkörnige Quarz- und Feldspat-Rekristallite (Pfeil) zwischen größeren, statisch getemperten Körnern (x). Vgl. Abb. B.2.13 und 14. Leukokrate kalifeldspatreiche Lage. (DS 625B1cK, 2579.41 m, + Nicols, lange Bildk. ca. 6.2 mm).

B.2.6 Chemische Zusammensetzung der Biotit-Hornblende-Gneise und Amphibolite, Diskussion

Der kleinräumige Wechsel von Biotit-Hornblende-Gneisen mit Kalksilikatlagen, Amphiboliten und Sillimanit-Biotit-Gneisen erinnert an die Abfolge zwischen 0 und 460 m. Die Lagigkeit spiegelt eine primäre Schichtung wider und ist nicht etwa durch metamorphe Differentiation entstanden. Es liegt nahe, auch hier wieder an eine Wechselfolge aus Sedimenten, möglicherweise Pyroklastika, mit einzelnen mergeligeren Lagen zu denken. Abgesehen von vereinzelt, idiomorphen Plagioklaskristallen, die oberhalb 2500 m beobachtet wurden, gibt es keine Hinweise auf ein primär magmatisches Gefüge.

Um zu testen, ob es sich bei den Biotit-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten tatsächlich um Orthogesteine handelt, wurden die Niggli-Werte c , mg und $al-alk$ der Analysen zusammen mit denen der Sillimanit-Biotit-Gneise in Diagrammen nach RIVALENTI & SIGHINOLFI (1969) dargestellt (Abb. B.2.16). Hierbei wurden auch 6 Analysen von Biotit-Hornblende-Gneisen aus dem Abschnitt 2469 - 2500 m mit einbezogen (vgl. KTB Report 89-2: C104). Während im Diagramm $c - mg$ fast alle Analysen im "Mischungsbereich" Calcit - Dolomit - Pelit liegen (allerdings unterhalb der Linie des "magmatischen Trends") und daher eine wesentliche Beteiligung von karbonatischem Material an der Sedimentation anhand dieses Diagramms nicht ausgeschlossen werden kann, liegen im Diagramm $al-alk - c$ alle Analysen von Biotit-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten im "Magmatit-Feld". Im Diagramm $MgO - K_2O - Na_2O$ (Abb. B.2.17) liegen einige, im Diagramm $Fe_2O_3 + TiO_2 + CaO - SiO_2 - Al_2O_3$ (Abb. B.2.18) fast alle Punkte weit außerhalb des Variationsfeldes für Grauwacken entlang der "magmatischen Trendlinie" (DE LA ROCHE 1965). Dies deutet auf einen vorwiegend orthogenen Charakter der hornblendereichen Gesteine hin, wobei aber vermutlich in einigen Lagen eine Vermischung mit pelitischem Material stattgefunden hat. Die hornblendereichen Lagen sind am einfachsten als Tufflagen im klastischen Sediment zu erklären, ohne daß geringmächtige Lavaströme ausgeschlossen werden können.

In Abb. B.2.19 sind die Analysen von Biotit-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten des gesamten Teufenabschnitts 2469 - 3009.7 m (Tab. B.2.4) zusammen mit solchen aus dem Abschnitt 0 - 460 m (Analysen von Biotit-Hornblende-Gneisen zwischen 0 und 460 m aus MÜLLER et al. 1989) und mit Amphiboliten, Metagabbros und Meta-Ultramafititen aus der Abfolge 1160 - 1610 m in Form von Variationsdiagrammen einiger Elemente gegen SiO_2 dargestellt. Biotit-Hornblende-Gneise und die meisten Amphibolite zwischen 2469 und 3009.7 m sind deutlich SiO_2 -, K_2O -, Rb - und Zr -reicher als alle Metabasite aus höheren Teufenbereichen. Sie liegen dagegen niedriger im Fe_2O_3 -, CaO -, MgO - und tendenziell auch im Ni -Gehalt. Die TiO_2 -Gehalte entsprechen denen der Metabasite zwischen 1160 und 1610 m und liegen deutlich unter denen der oberen Wechselfolge (0-460 m). Alle Gesteine mit Ausnahme der Meta-Ultramafitite weisen etwa gleiche Al_2O_3 -Gehalte um 16 Gew.-% auf.

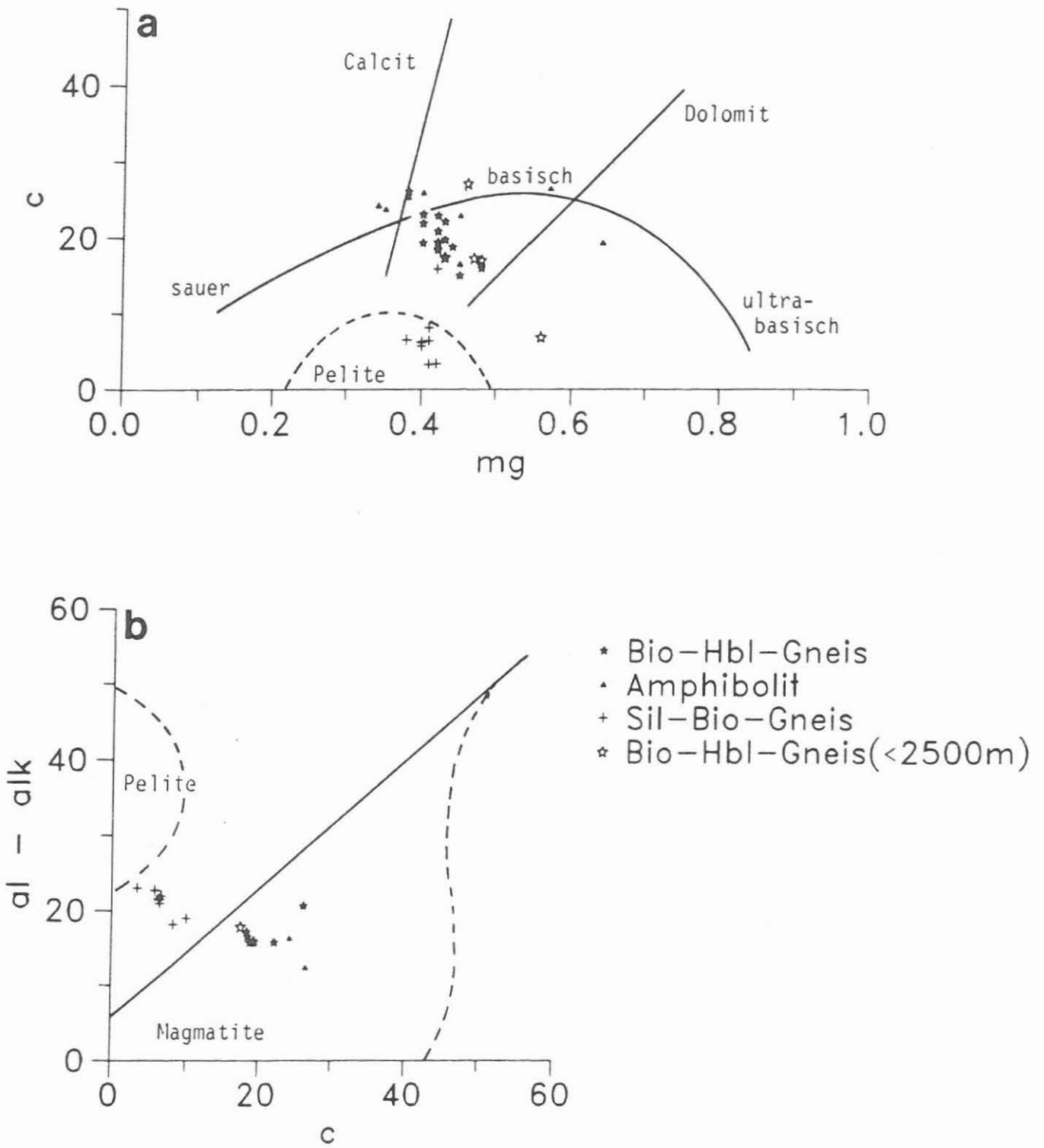


Abb. B.2.16: Diagramm c - mg (a) und al-alk - c (b) nach RIVALENTI & SIGHINOLFI (1969) für Biotit-Hornblende-Gneise, Amphibolite und Sillimanit-Biotit-Gneise zwischen 2469 und 3009.7 m.

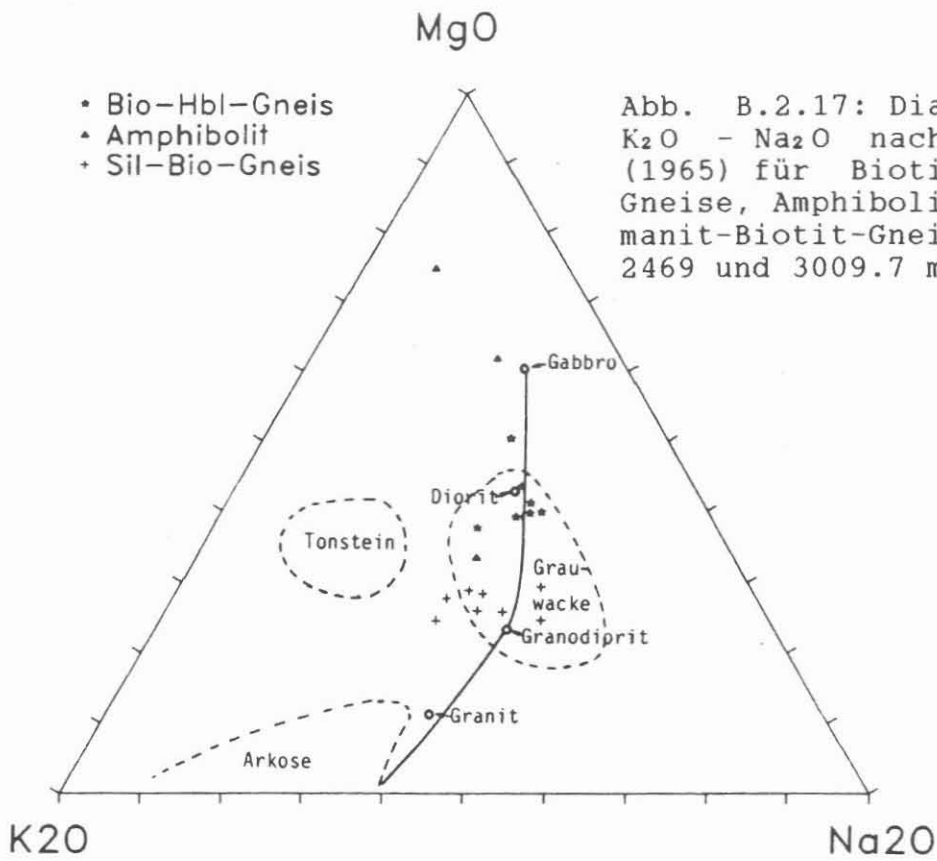


Abb. B.2.17: Diagramm MgO - K₂O - Na₂O nach DE LA ROCHE (1965) für Biotit-Hornblende-Gneise, Amphibolite und Sillimanit-Biotit-Gneise zwischen 2469 und 3009.7 m.

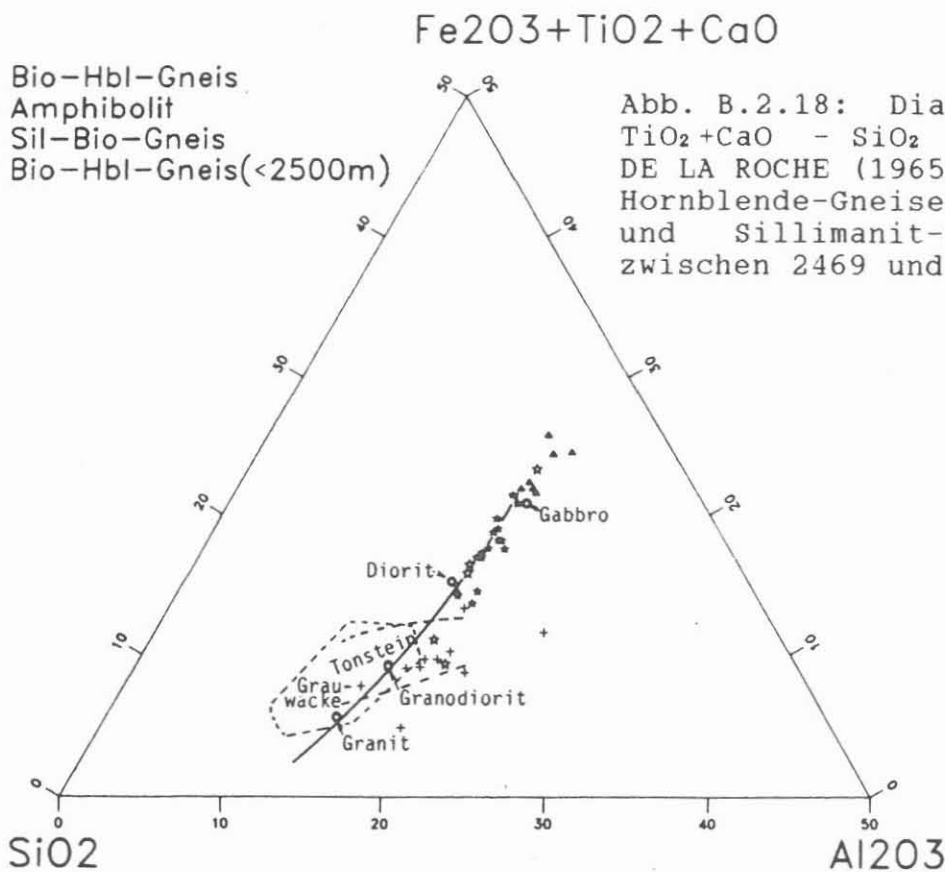


Abb. B.2.18: Diagramm Fe₂O₃ + TiO₂ + CaO - SiO₂ - Al₂O₃ nach DE LA ROCHE (1965) für Biotit-Hornblende-Gneise, Amphibolite und Sillimanit-Biotit-Gneise zwischen 2469 und 3009.7 m.

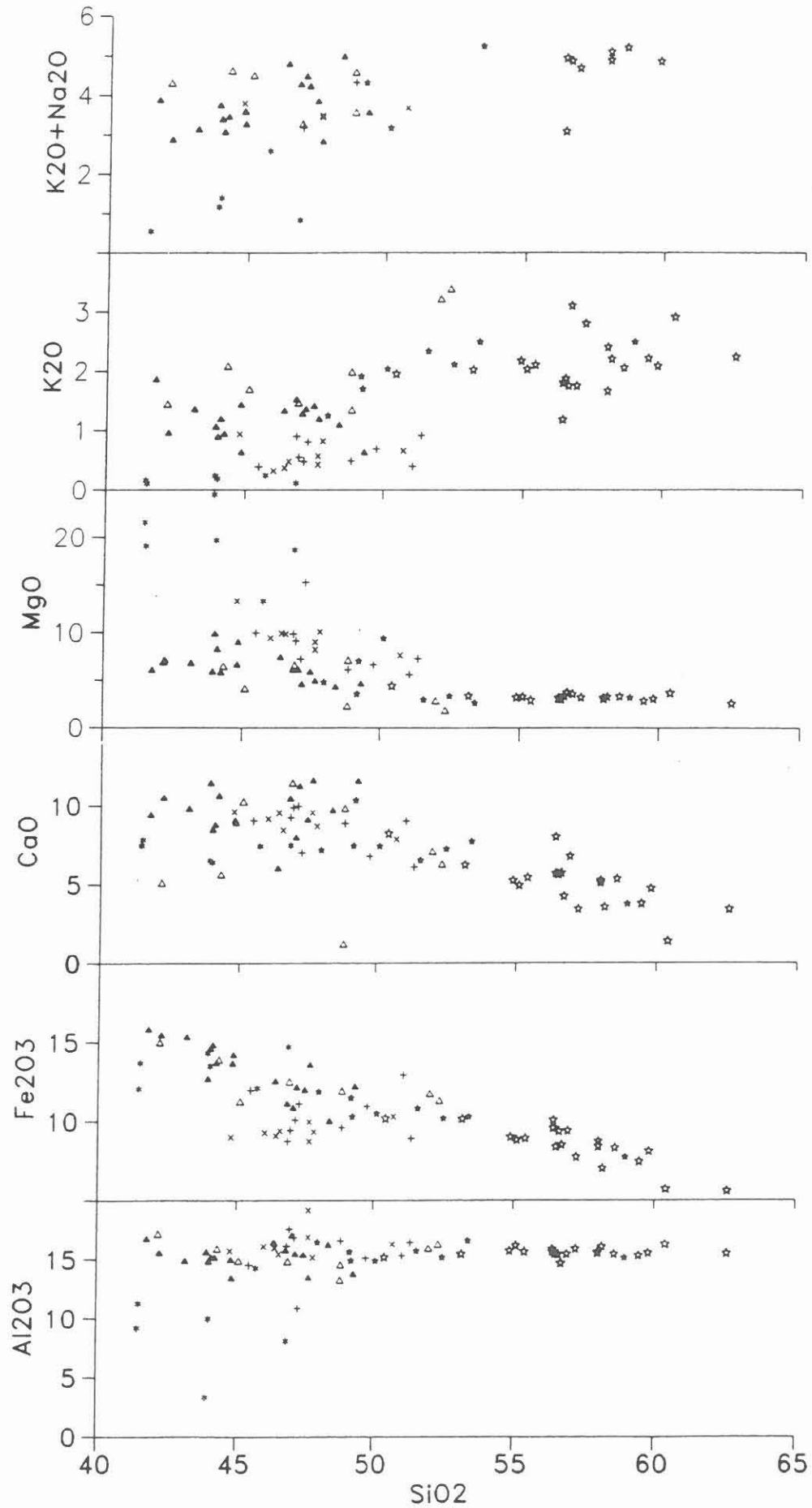


Abb. B.2.19: Variationsdiagramm verschiedener Elemente gegen SiO₂ für Metabasite zwischen 0 und 3009.7 m.

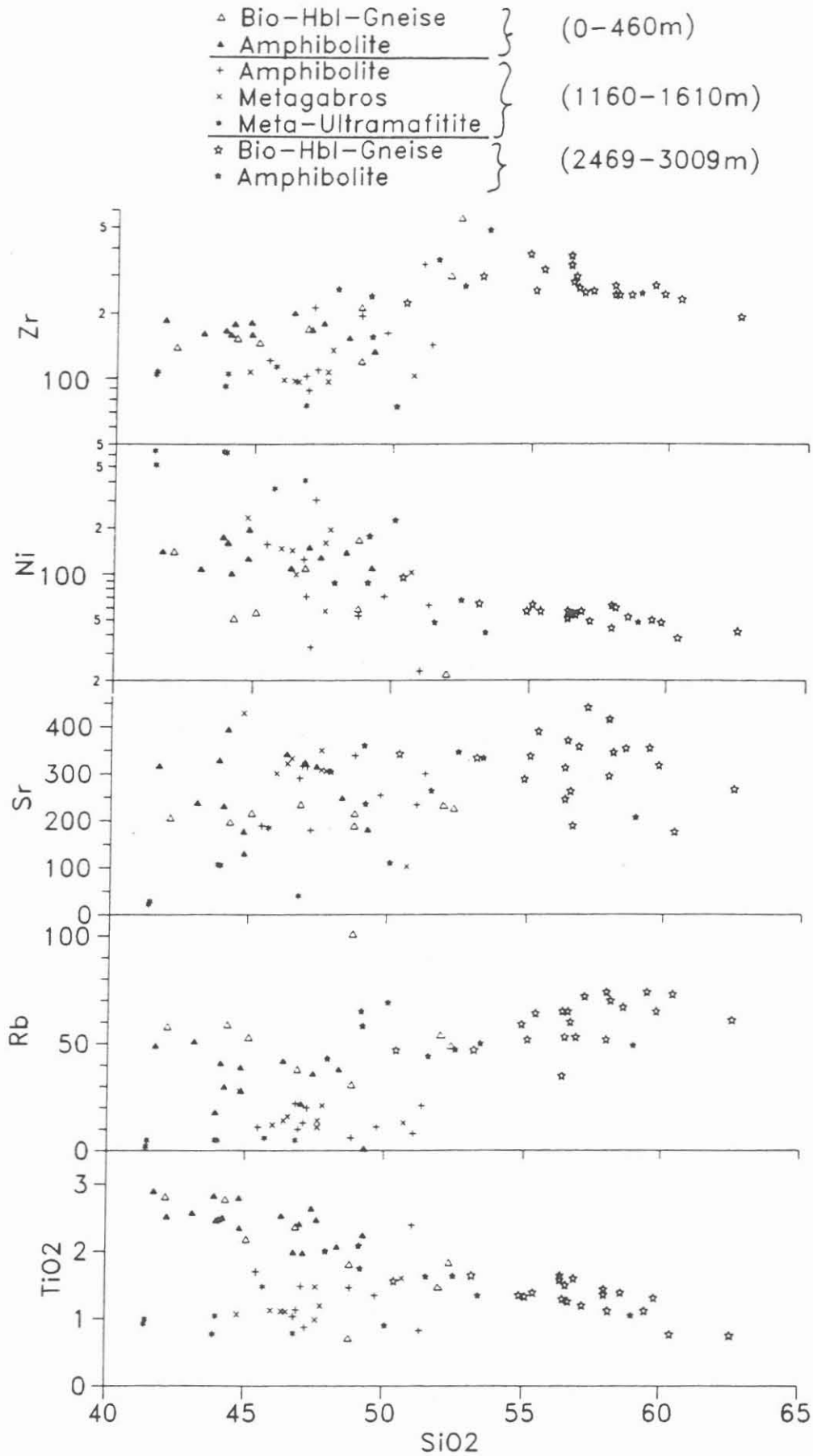


Abb. B.2.19: (Fortsetzung)

Biotit- Hornblende Gneise

Kern- stück	Teufe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ Tot	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb	Sr	Y	Zr	Ni
611D2j	2501.25	55.1	1.33	16.2	8.86	3.34	4.94	n.b.	2.04	52	337	38	253	63
614C1d	2517.45	56.9	1.60	15.5	9.43	3.61	6.78	2.93	1.76	53	357	40	249	57
614P1j	2519.45	54.6	1.51	16.0	9.42	2.85	7.01	n.b.	2.28	59	187	39	246	57
616A1a	2526.20	58.6	1.39	15.5	8.36	3.35	5.35	3.14	2.06	67	353	36	242	52
616P1hK	2530.44	55.4	1.39	15.7	8.95	2.96	5.44	n.b.	2.11	64	389	43	317	57
617E1m	2535.11	58.1	1.12	16.1	7.07	3.31	3.57	n.b.	2.21	70	345	34	242	60
618D1eKII	2540.29	59.0	1.05	15.2	7.76	3.19	3.74	n.b.	2.49	49	206	32	246	48
618H1m	2543.81	54.9	1.35	15.8	9.05	3.26	5.26	n.b.	2.18	59	288	46	372	57
619B1b	2544.71	59.5	1.12	15.4	7.49	2.91	3.79	n.b.	2.22	74	354	35	268	50
619C1c	2545.51	56.5	1.29	15.5	8.42	3.09	5.64	n.b.	1.88	53	370	39	278	55
619E1gK	2547.10	58.0	1.36	15.6	8.77	3.23	5.25	3.21	1.67	52	415	35	267	62
619P1jK	2548.00	57.2	1.20	15.9	7.78	3.26	3.45	n.b.	2.81	72	440	35	253	49
620C1c	2551.75	56.4	1.58	15.7	9.60	3.25	5.70	3.13	1.81	65	312	42	332	51
621A1aK	2556.30	56.6	1.50	15.5	9.40	3.41	5.72	3.11	1.76	65	262	43	295	55
713B1bK	2912.07	58.0	1.44	15.7	8.45	3.07	5.11	2.68	2.41	74	294	34	242	44
722E2m	2938.79	56.4	1.64	15.9	10.10	3.14	8.00	1.90	1.19	35	245	55	367	57

Amphibolit

Kern- stück	Teufe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ Tot	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb	Sr	Y	Zr	Ni
612C1d	2506.57	49.1	2.08	15.7	11.48	3.57	7.43	n.b.	1.91	65	359	41	238	87
612D11K	2507.48	47.9	2.00	16.5	11.87	4.82	7.15	n.b.	1.25	43	304	42	257	87
613E1hK	2514.10	51.6	1.62	15.8	10.81	2.98	6.51	n.b.	2.34	44	263	47	350	48
614B1bK	2516.85	52.5	1.63	15.2	10.20	3.37	7.22	n.b.	2.11	47	345	41	265	67
618D1eKI	2540.28	53.2	1.64	15.5	10.18	3.42	6.23	n.b.	2.03	47	333	43	295	64
623B1b	2568.90	49.2	1.74	14.9	10.30	7.01	10.30	2.61	1.70	58	235	29	154	176
699B2d	2858.56	50.1	0.90	14.9	10.50	9.40	7.40	1.12	2.04	69	110	25	74	224
725A1a	2953.78	53.4	1.34	16.6	10.30	2.64	7.70	2.74	2.49	50	332	55	478	41

Tab. B.2.4: RFA-Analysen von Biotit-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten des Teufenabschnitts 2500 - 3009.7 m (in Gew.-% bzw. ppm).

Im SiO_2 - Alkalien-Diagramm (Abb. B.2.20) fallen die Hornblende-Biotit-Gneise des Teufenabschnitts 2469 - 3009 m ins Andesitfeld, während die Amphibolite dieses Teufenabschnitts und die Metabasite aus den höheren Teufenbereichen eher basaltischen Chemismus zeigen.

Trotz der ähnlichen Gesteinsassoziation bestehen also deutliche Unterschiede im Chemismus zwischen der oberen Wechselfolge (0-460 m) und der in diesem Teufenabschnitt beobachteten. Es bleibt zu klären, ob die erhöhten Gehalte an SiO_2 , K_2O , Rb und Zr auf sedimentärer Zufuhr von Quarz, Tonmineralen und Schwermineralen beruhen oder ob es sich um ein primär anderes magmatisches Ausgangsmaterial gehandelt hat. Eine Teufenabhängigkeit dieser Elementgehalte besteht nicht.

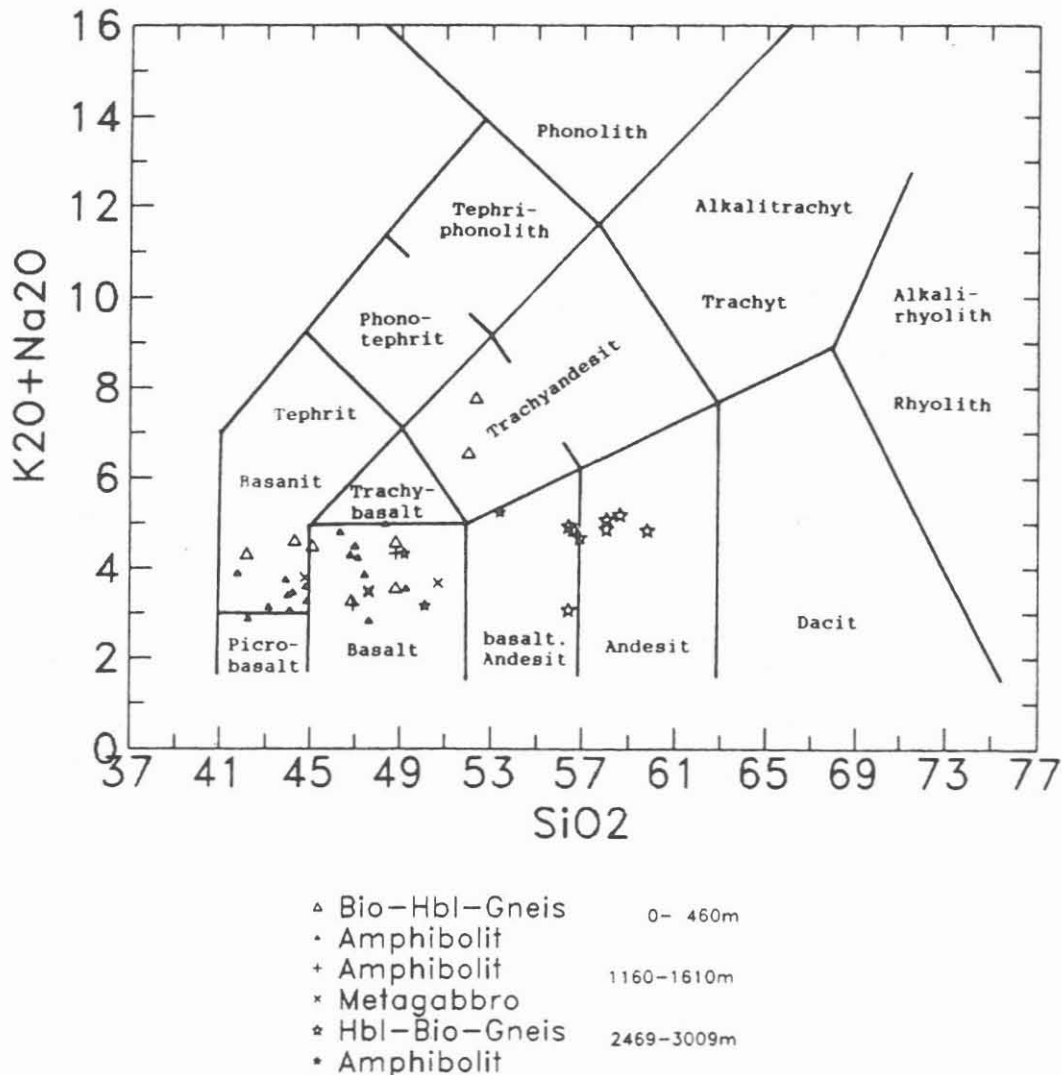


Abb. B.2.20: Alkalien - SiO_2 Diagramm mit Feldereinteilung nach LE MAITRE (1984). Die Hornblende-Biotit-Gneise des Teufenabschnitts 2469 - 3009.7 m unterscheiden sich durch ihren eher andesitischen Chemismus von den eher basaltischen Metabasiten aus den höheren Teufenbereichen.

B.3 Abschnitt 2585.5 - 3009.7

B.3.1 Sillimanit-Biotit-Gneise

Die granatführenden Sillimanit-Biotit-Gneise dieses Teufenabschnittes entsprechen den geringmächtigen Einschaltungen in den darüberliegenden Biotit-Hornblende-Gneisen. Die makroskopisch unterscheidbaren Gefügetypen sind in den Profilen in Abb. B.1.1 und B.11 ausgehalten.

Im mittelkörnigen Gneistyp ist der Lagenbau, der gelegentlich kleinmaßstäblich asymmetrisch verfaltet ist (Abb. B.3.1), deutlicher ausgebildet als in den entsprechenden Gneisen der vorangegangenen Berichtsstrecke (1709-2500 m). Auch treten die feinkörnig-straflagigen, Hochtemperatur-mylonitischen Gneise (vgl. RÖHR et al. 1989: B55) anteilmäßig stark zurück. Sie bilden selten mehr als 2 m mächtige, foliationsparallele Einschaltungen in überwiegend feinkörnigen, lagigen Gneisen. Im Gegensatz zur Kernstrecke von 1945 m - 2360 m fehlen in der mylonitischen Varietät der aktuellen Kernstrecke deformierte Mobilisate.

Plagioklas ist unterschiedlich stark serizitisiert und/oder durch feinstkörnigen Klinozoisit getrübt. Neben den bereits ab ca. 1920 m beobachteten Einschlüssen von reliktdischem Kyanit treten unterhalb 2585 m zusätzlich Sillimanit- (Abb. B.3.2), Biotit-, Granat- und Muskovit-Einschlüsse im Plagioklas auf. Hier scheint eine frühe Paragenese durch Plagioklas-Blastese konserviert worden zu sein. Je nach Alterationsgrad ist der Biotit teilweise oder vollständig in Chlorit umgewandelt. Gelegentlich hat Biotit nadelige Einschlüsse von Graphit und Ilmenit, untergeordnet auch von Sulfiden, die oft parallel zur Spaltbarkeit eingeregelt sind (DS 653C2cKII, 2720,78 m; DS 654B1b, 2722.25 m).

Granat tritt untergeordnet auf, ist aber gelegentlich in Lagen angereichert. Siebartige Granatkerne mit vielen Quarz- und Plagioklas-Einschlüssen sind selten. Vereinzelt kommen Granatkörner mit lagig angeordneten Biotit-, Rutil- und ?Graphit- oder ?Ilmenit-Einschlüssen vor, die vermutlich Entmischungskörper früherer Biotite darstellen, aus denen der Granat statisch gewachsen ist. Die Einschlüsse zeichnen ein internes "s" nach, daß spitzwinkelig zur externen Foliation orientiert ist (Abb. B.3.3). Dabei zeigen verschiedene Körner im selben Dünnschliff ähnliche Orientierung des Interngefüges. Dies deutet auf eine ältere Foliation hin, in die die ehemaligen Biotite eingeregelt waren. In Granat-Biotit-Gneisen ohne Al_2SiO_5 -Mineral und Muskovit wird der Granat in Biotit-Plagioklas-Aggregate umgewandelt (Abb. B.3.4). In einigen Dünnschliffen aus dem Teufenbereich 2910 bis 2913 m wurden massenhaft auftretende Rutil-Ilmenit-Aggregate als Einschlüsse in Granat beobachtet.

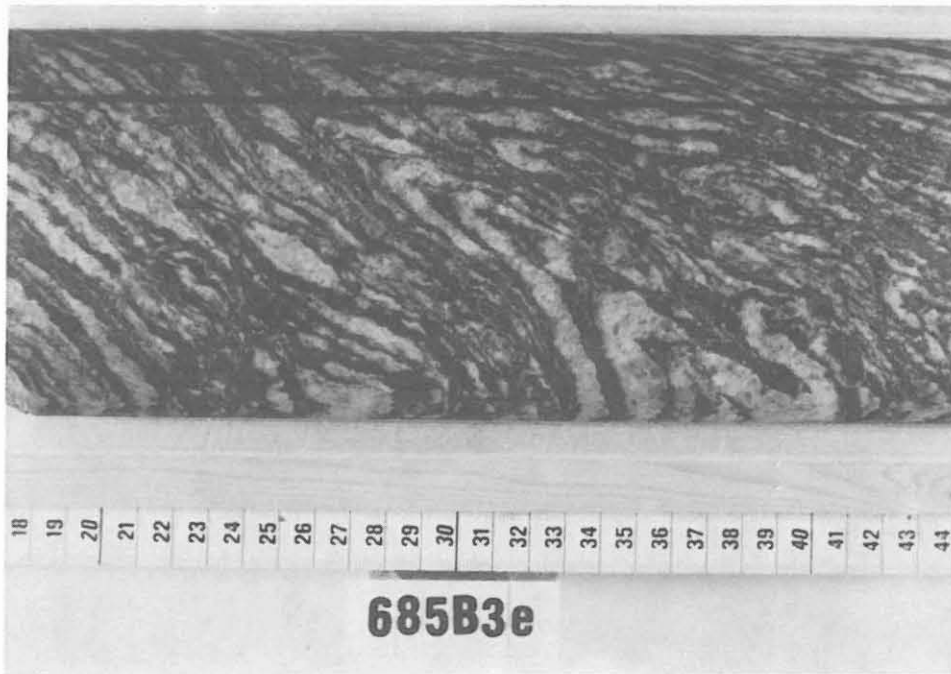


Abb. B.3.1: Asymmetrisch verfaltete Quarz-Feldspat-Lagen im Sillimanit-Biotit-Gneis.
(Kernstück 685B3e, 2811.15 m).

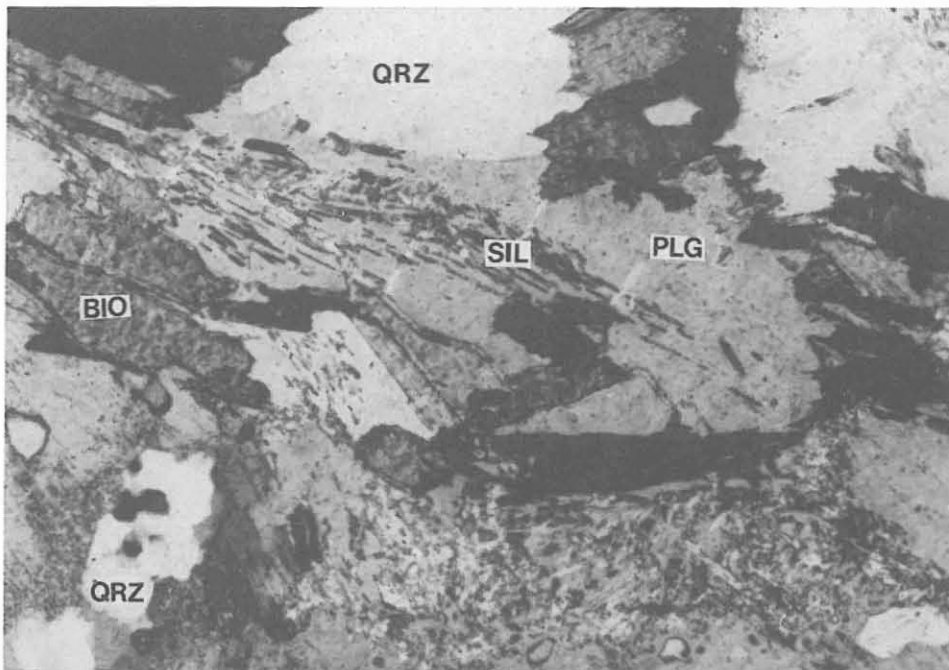
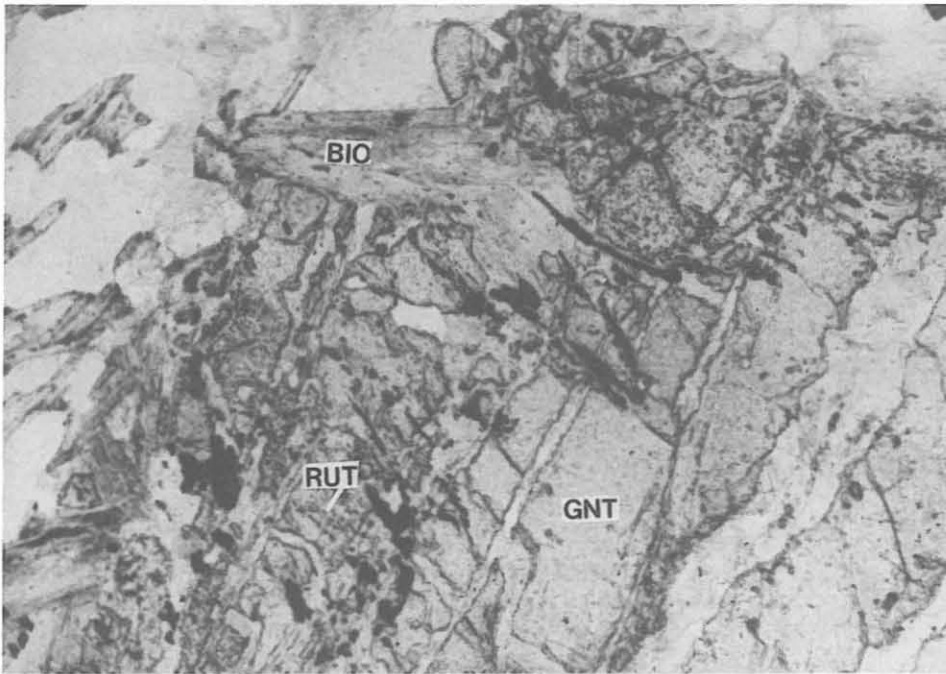


Abb. B.3.2: Schwarm aus Sillimanit-Nadeln als Einschluß in Plagioklas. Der Quarz unten rechts ist rekristallisiert. PLG = Plagioklas, SIL = Sillimanit, BIO = Biotit, QRZ = Quarz. Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis.
(DS 643A1aI, 2701.67 m, + Nicols, lange Bildkante ca 1.6 mm).

Risse

internes
's'



externes
's'

Abb. B.3.3: Granat mit eben orientierten Einschlüssen aus Rutil, Biotit und ?Ilmenit oder ?Graphit, die ein schiefwinklig zur externen Foliation orientiertes, internes "s" nachzeichnen. Risse im Granat sind mit Chlorit und etwas Hellglimmer verheilt. GNT = Granat, RUT = Rutil. Granat-Biotit-Gneis.

(DS 643A1b, 2701.82 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 2.5 mm).

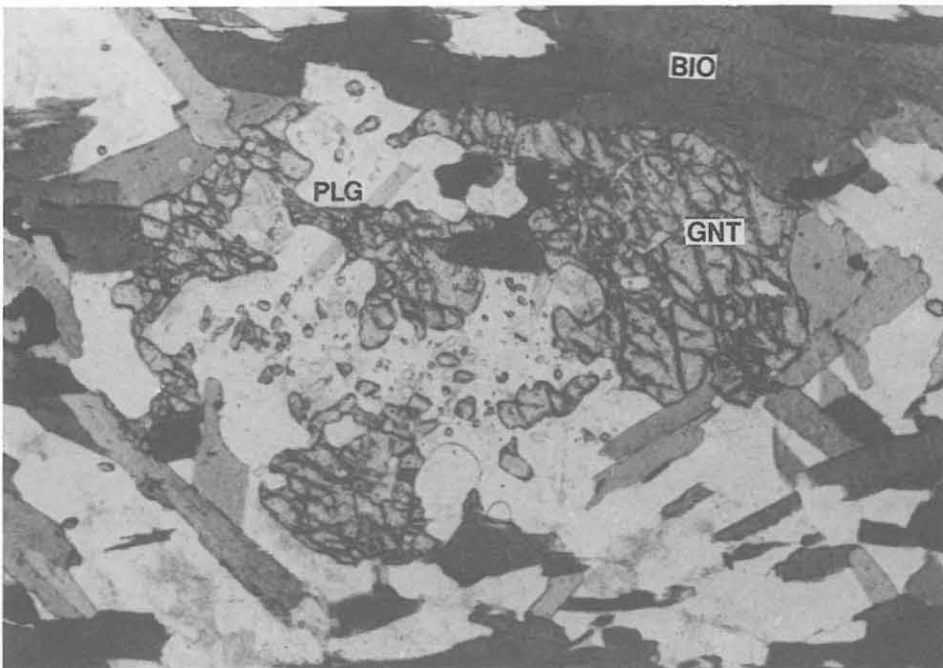


Abb. B.3.4: Pseudomorphose aus Biotit (BIO) und Plagioklas (PLG) nach Granat (GNT), der hier noch relictisch erhalten ist. Granat-Biotit-Gneis.

(DS 648B1d, 2709.32 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 1.6 mm).

Sillimanit tritt in der Regel als Fibrolith auf. Dieser ist meist stark serizitisiert. Sillimanit-Nadeln sind als Einschluß in Plagioklas konserviert. Neben dem Serizit aus Fibrolith gibt es undeformierte Einzelkörner und/oder Aggregate von Hellglimmer in Lagen mit deformierten Biotiten. Bei 2987.2 m bildet Muskovit eine etwa 2 mm dicke Lage aus 0.5 mm großen, regellos gewachsenen Körnern, die offensichtlich aus einer ehemaligen Fibrolithlage gesproßt sind (Abb. B.3.5).

Ein Schnitt durch das Scharnier einer kleinen asymmetrischen Falte (DS 640C2mK, 2693.80 m) zeigt postdeformative Kristallisation des Muskovits. Der größtenteils in Chlorit umgewandelte Biotit ist schwach deformiert. Eine monokline Verfäلتung des Lagenbaues bei 2603.0 m zeigt jedoch postdeformative Biotit-Rekristallisation (Abb. B.3.6). In beiden Faltenstrukturen ist der Quarz feinkörnig rekristallisiert. Schliffe von offenen Falten bei 2695.4 m und 2704.30 m zeigen verbogenen Hellglimmer (z.T. in Fischchenform) und gekniterten Biotit (Abb. B.3.7).

Kyanit ist fast ausschließlich reliktsch als Einschluß in Plagioklas erhalten. Hier bildet er maximal 0.2 mm große Körner, meist mit Serizit-Saum. Bei 2820.2 m tritt Kyanit in quarzreichen Lagen mit breiten Muskovitsäumen auf (Abb. B.3.8). Gelegentlich trennt noch ein schmaler Saum aus einem bisher noch nicht identifizierten, farblosen Mineral Kyanit und Muskovit.

In DS 676A3a erscheint gelbbrauner Turmalin mit Granat- und Sillimanit-Einschlüssen. Am Rand dieses Turmalins wird chloritisierte Biotit von einem jüngeren, grünen Turmalin überwachsen. (Abb. B.3.9).

Nach RDA-Analyse variieren die Hauptmineralgehalte folgendermaßen (in Gew.-%, Tab. B.3.1):

Quarz	24-52
Plagioklas	24-51
Muskovit/Sericit	<3-29
Biotit+Chlorit	8-19
Granat	≤3

Das Mikrogefüge der lagigen bis flaserigen Gneise ist in der Regel lepido-granoblastisch mit ebenen bis leicht gebogenen Phasengrenzflächen (Abb. B.3.10). Das Quarzteilgefüge bildet häufig jüngere Deformations- und Erholungsgefüge aus (vgl. RÖHR et al. 1989: B69). Neben vereinzelter Subkornbildung (DS 656B1cK, 2732.70 m, DS 657A1c, 2738.10 m) beobachtet man häufig Korngrenzenmigration im Quarz (z.B.: DS 635C1j, 2628.17 m; DS 640D4a, 2693.80 m) und/oder feinkörnige Rekristallitate. Beide Gefügetypen treten auch nebeneinander im gleichen Dünnschliff auf.

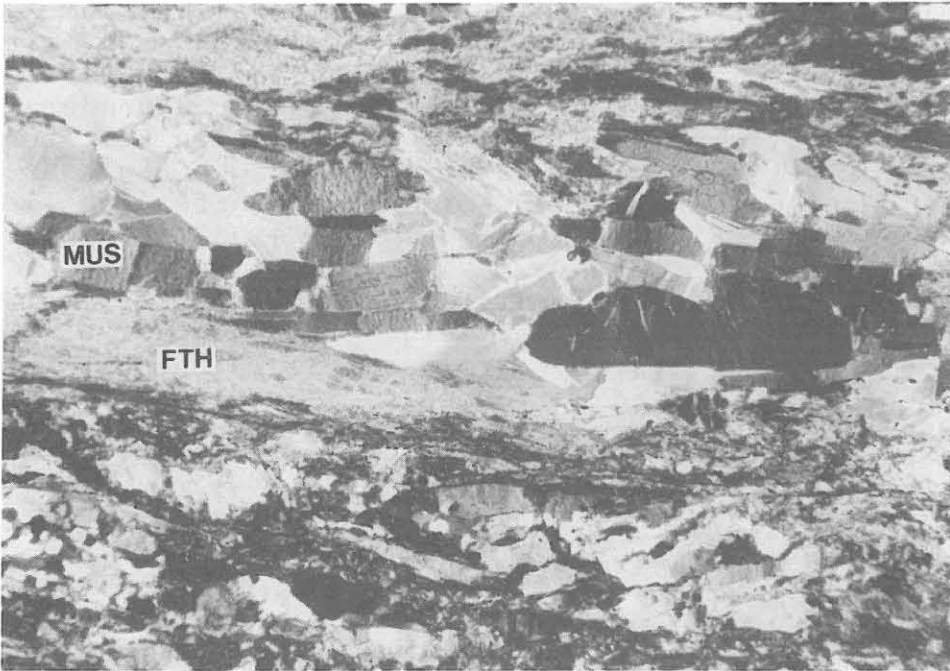


Abb. B.3.5: Lage aus durchschnittlich 0.5 mm großen, regellos gewachsenen Muskovit-Körnern (MUS). Viele Muskovite sind leicht geknickt. Einzelne Exemplare am Rand dieser Lage sind stärker deformiert. Die Lage wird von sericitisiertem Fibrolith (FTH) gesäumt. Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis. (DS 731E1q, 2987.20 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 5 mm).

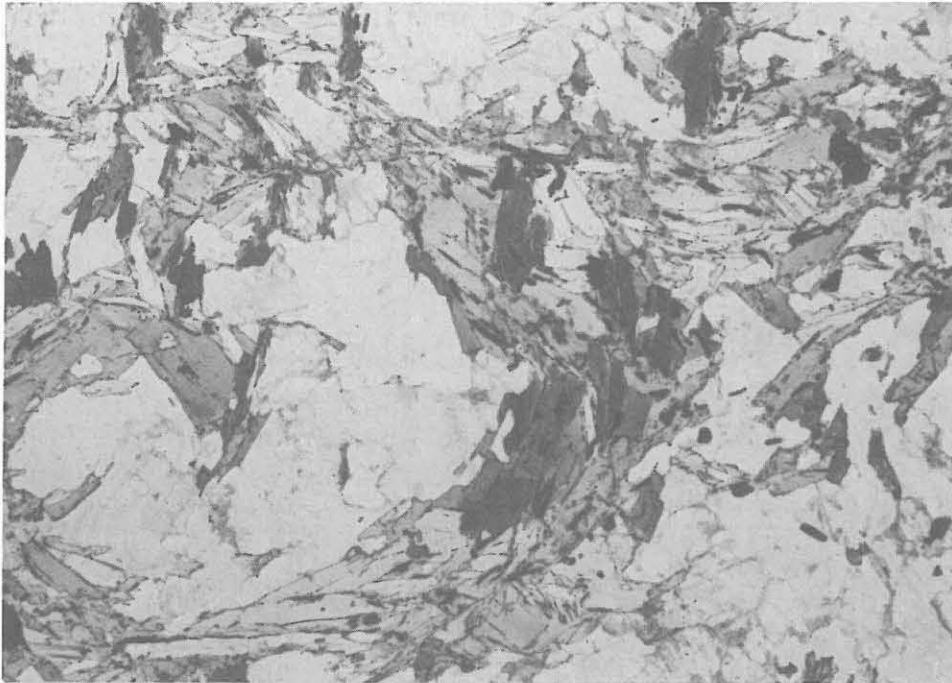


Abb. B.3.6: Postdeformativ kristallisierter Biotit in asymmetrischer Kleinfalte; Sillimanit-Biotit-Gneis. (DS 631A1a, 2603.00 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 6 mm).

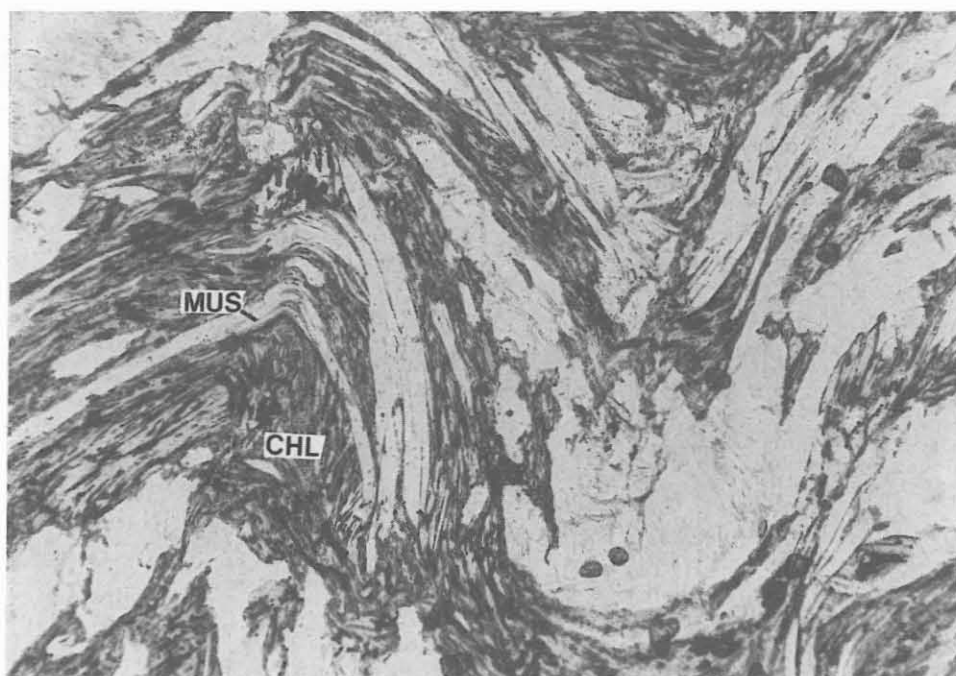


Abb. B.3.7: Im Scharnier offener Knickfalten deformierte Muskovite (MUS). CHL = chloritisierter Biotit. Alterierter Sillimanit-Muskovit-Biotit-Gneis. (DS 732D11, 2990.21 m, 1 Nicol, lange Bildkante 2.5 mm).

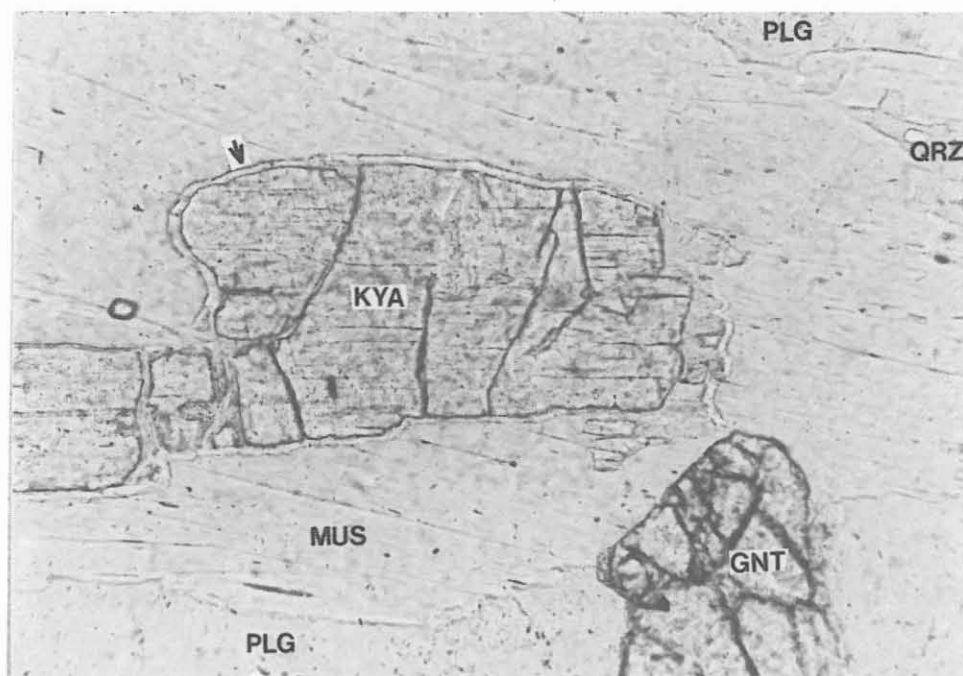


Abb. B.3.8: Kyanit wird von einem schmalen Saum eines unbekanntes Minerals (Lichtbrechung zwischen der von Kyanit und Muskovit, Pfeil) und einem breitem Muskovit-Saum umgeben. GNT = Granat, PLG = Plagioklas, QRZ = Quarz, KYA = Kyanit, MUS = Muskovit. Leukokrater Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis. (DS 688A4a, 2820.19 m, 1 Nicols, lange Bildkante ca. 0.7 mm).

Kern- stück	Teufe	QRZ	PLG	KFS	HGL	BIO	CHL	GNT	Summe
611H2p	2504.70	35	24	-	22	9	9	-	99
615E1fK	2523.45	38	53	-	-	9	-	-	100
624D1jK	2576.87	24	35	19	10	-	12	-	100
632E1uk	2612.52	36	43	-	14	-	8	-	101
644A1f	2703.03	45	30	-	14	1	8	2	100
652C1j	2717.50	29	28	-	29	-	14	-	100
655H1u	2731.66	32	42	-	14	6	6	-	100
659B2e	2746.45	39	30	-	19	3	7	-	98
661D1m	2754.78	52	30	-	10	-	8	-	100
662A1a	2758.12	49	27	-	12	-	12	-	100
663P1y	2762.50	39	35	-	15	-	11	-	100
672A1b	2782.10	36	26	-	23	7	8	-	100
674A6	2785.29	30	29	-	22	-	19	-	100
679B2f	2797.20	41	25	-	18	-	16	-	100
681A6T	2801.80	44	39	-	8	2	7	-	100
683C1g	2807.35	44	30	-	14	4	9	-	101
685E3r	2814.12	42	40	-	-	8	9	-	99
686C1o	2815.85	49	36	-	6	4	4	-	99
687A1b	2816.10	51	31	-	7	4	7	-	100
687C1g	2817.50	32	38	-	12	-	18	-	100
688A1R	2820.00	42	32	-	8	11	4	3	100
688B4g	2821.15	30	51	-	-	-	19	-	100
691A1R	2833.15	52	33	-	7	3	5	-	100
692A1a	2835.40	28	37	-	14	7	14	-	100
696C4l	2852.43	48	41	-	-	4	7	-	100
704A3aT	2872.65	37	33	-	14	4	12	-	100
708A1bK	2885.76	48	37	-	-	7	8	-	100
710D1p	2896.37	35	35	-	14	8	9	-	101
711H1a1T	2905.60	35	35	-	17	9	5	-	101
717A6aR	2918.18	45	36	-	10	6	4	-	101
726B1c	2960.44	36	38	-	16	-	11	-	101
727F2a	2968.05	42	30	-	16	6	6	-	100
730B1i	2978.60	31	31	-	19	-	19	-	100
733B1g	2991.82	40	26	-	22	-	12	-	100
735B1b	3002.92	39	39	-	10	3	10	-	101
Mittelwerte		39	34	-	12	3	10	-	

Tab. B.3.1: RDA-Analysen von granatführenden Sillimanit-Biotit-Gneisen des Teufenabschnitts 2500 - 3009.7 m (in Gew.-%).

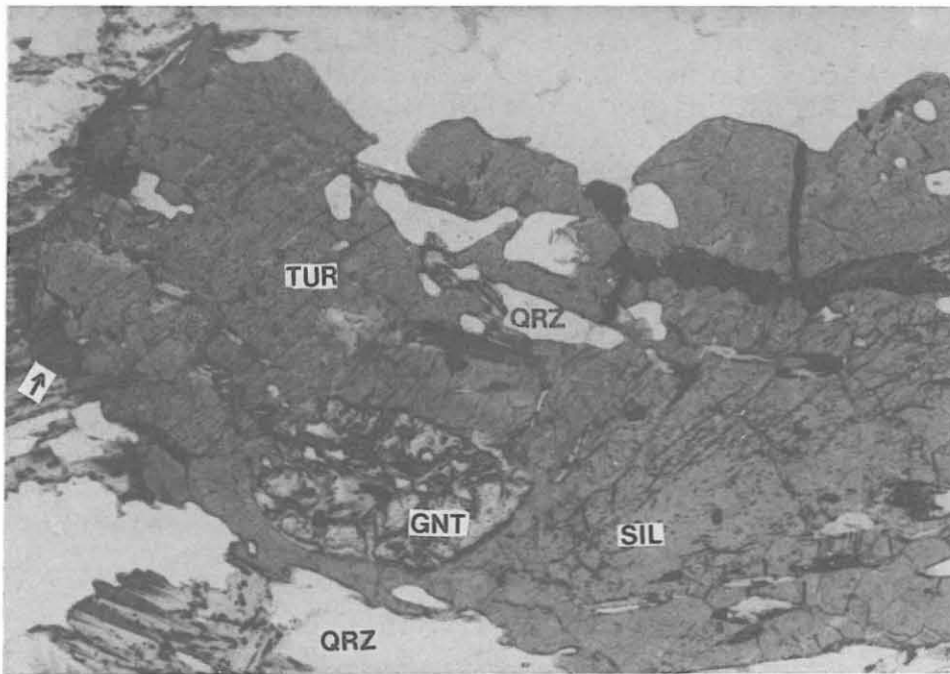


Abb. B.3.9: Gelbbrauner Turmalin schließt Quarz, Granat, Sillimanit und chloritisierten Biotit ein. Am linken Rand überwächst ein jüngerer, grüner Turmalinsaum chloritisierten Biotit (Pfeil). TUR=Turmalin, GNT=Granat mit chloritisiertem Biotit, QRZ= Quarz, SIL=Sillimanit-Einschlüsse. Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis.
(DS 676A3a, 2787.06 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 2.9 mm).

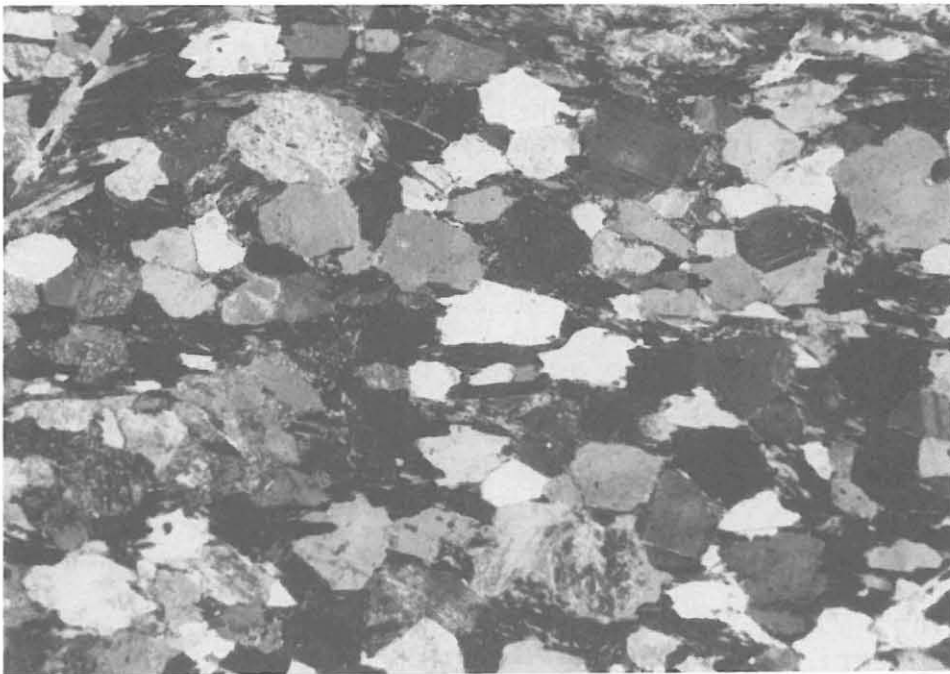


Abb. B.3.10: Rekrystallisiertes Quarz-Plagioklas-Gefüge im Sillimanit-Biotit-Gneis.
(DS 663Fly, 2762.50 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 6.2 mm).

Weniger häufig wurde eine feinkörnige Rekristallisation von Plagioklas beobachtet, die mit Myrmekitbildung (Abb. B.3.11) gekoppelt sein kann. Diese Rekristallisation führt zu einem ungleichkörnigen Gefüge (100-2000 μm) aus kleinen Rekristallisaten mit verzahnten Korngrenzflächen um wenige große Altkörner (DS 612B1c; 2506.05 m; Sillimanit-Biotit-Gneis-Einschaltung in Biotit-Hornblende-Gneis).

Die unterschiedliche Anisotropie von mittelkörnig-lagig-flaserigen bzw. feinkörnig-straflagigen Sillimanit-Biotit-Gneisen macht sich in den physikalischen Eigenschaften bemerkbar (s. Diskussion zu Abb. D.3.2). Es ist zu vermuten, daß manche physikalischen Eigenschaften auch innerhalb der Foliationsebene in Abhängigkeit vom Winkel zur Lineation variieren. Detaillierte Untersuchungen, ob die beobachteten Streckungslineationen (vgl. Kap. B.2) einen Einfluß auf die gesteinsphysikalischen Eigenschaften haben, werden durchgeführt.

Die chemischen Analysen der Sillimanit-Biotit-Gneise sind in Tab. B.3.2 zusammengefaßt. Abb. B.3.12 zeigt, daß sie in Bezug auf die Hauptelement-Verhältnisse $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ und $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ im gleichen Bereich variieren wie die Sillimanit-Biotit-Gneise der höheren Teufenbereiche. CaO und Sr liegen dagegen tendenziell etwas höher als im Bereich 1709 - 2469 m.

B.3.2 Biotit-Hornblende-Gneise

Mit Ausnahme der Biotit-Hornblende-Gneis-Einschaltungen zwischen 2635 und 2651 m sowie zwischen 2664 und 2681 m treten Biotit-Hornblende-Gneise und hornblendeführende Biotit-Gneise immer wieder als nur wenige m-mächtige Einschaltungen in den Sillimanit-Biotit-Gneisen auf. Petrographie und Gefüge wurden im Kap. B.2 bereits ausführlich beschrieben. Bei 2951.1 m beobachtet man in Quarzlagen innerhalb einer cm-mächtigen, feinkörnigen Lage Korngrenzenmigration und Rekristallisation (Abb. B.3.13).

B.3.3 Amphibolite

Amphibolit tritt in Form von cm- bis wenige m-mächtigen Einschaltungen sowohl in den Hornblende- als auch in den Sillimanit-Biotit-Gneisen auf. Neben konkordanten Lagen gibt es einen Amphibolitkörper in einer gefalteten Gneislage (vgl. Kap. B.7) sowie Boudins (Abb. B.3.14). Der Amphibolit ist in der Regel foliiert, grobkörnige Partien oder migmatitische Abschnitte sind richtungslos texturiert.

Bei 2709 m enthält ein grobkörniger Amphibolit mm-große Hornblendekristalle mit poikilitischem Interngefüge (Abb. B.3.15). Die gedrungenen Hornblenden führen Einschlüsse von gebleichtem Biotit, Granat, Quarz, einer Opakphase und saussuritisiertem Plagioklas mit Quarzeinschlüssen. Bei

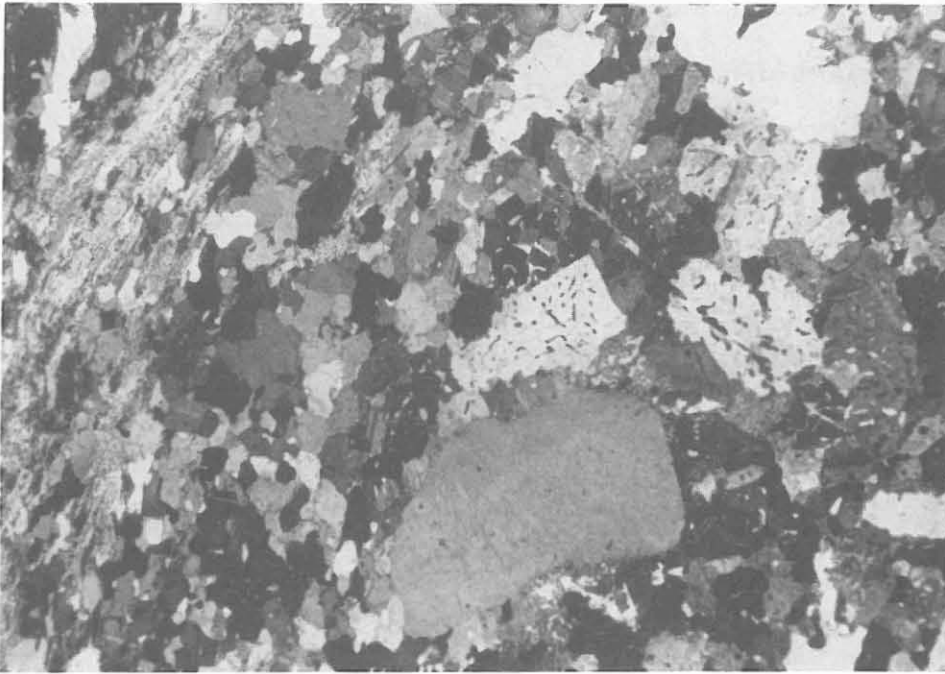


Abb. B.3.11: Plagioklas-Rekristallisate um ein größeres Altkorn (unten, Mitte), mit Myrmekitbildung. Sillimanit-Biotit-Gneis.
(DS 671B2d, 2781.18 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 6.2 mm).

Kernstück	Teufe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ Tot	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb	Sr	Y	Zr	Ni
611H2p	2504.70	53.3	1.08	20.0	7.80	2.73	0.73	n.b.	3.53	80	142	37	225	42
615E1fK	2523.45	59.2	1.09	16.0	7.13	2.56	3.36	n.b.	2.17	69	329	31	247	45
624D1jK	2576.87	63.6	0.80	15.7	6.10	2.18	1.94	3.05	3.66	104	222	28	213	35
632E1uK	2612.52	61.4	0.86	16.3	6.34	2.46	2.35	n.b.	2.29	73	223	27	188	39
681A6T	2801.80	70.8	0.72	13.6	4.86	1.68	1.53	3.22	1.93	71	214	25	226	30
688A1R	2820.00	67.3	0.83	15.5	6.10	2.08	1.30	2.79	2.45	81	180	29	229	36
704A3aT	2872.65	62.0	0.79	18.3	6.13	2.21	0.77	3.30	3.01	90	119	30	259	36
710D1p	2896.37	64.6	0.83	16.8	6.60	2.24	1.28	2.81	2.70	82	182	30	206	40
711H1a1T	2905.60	62.9	0.86	17.1	6.76	2.33	1.50	2.86	3.21	77	220	32	213	41
726B1c	2960.44	66.3	0.82	16.2	6.05	1.90	1.40	3.09	2.38	74	150	30	231	30
735B1b	3002.92	65.4	0.91	16.1	6.44	2.18	1.38	3.32	1.92	55	162	31	242	44
Mittelwerte		63.5	0.87	16.5	5.92	2.21	1.54	3.06	2.70	78	192	30	229	38

Tab. B.3.2: RFA-Analysen von granatführenden Sillimanit-Biotit-Gneisen des Teufenabschnitts 2500 - 3009.7 m (in Gew.-% bzw. ppm).

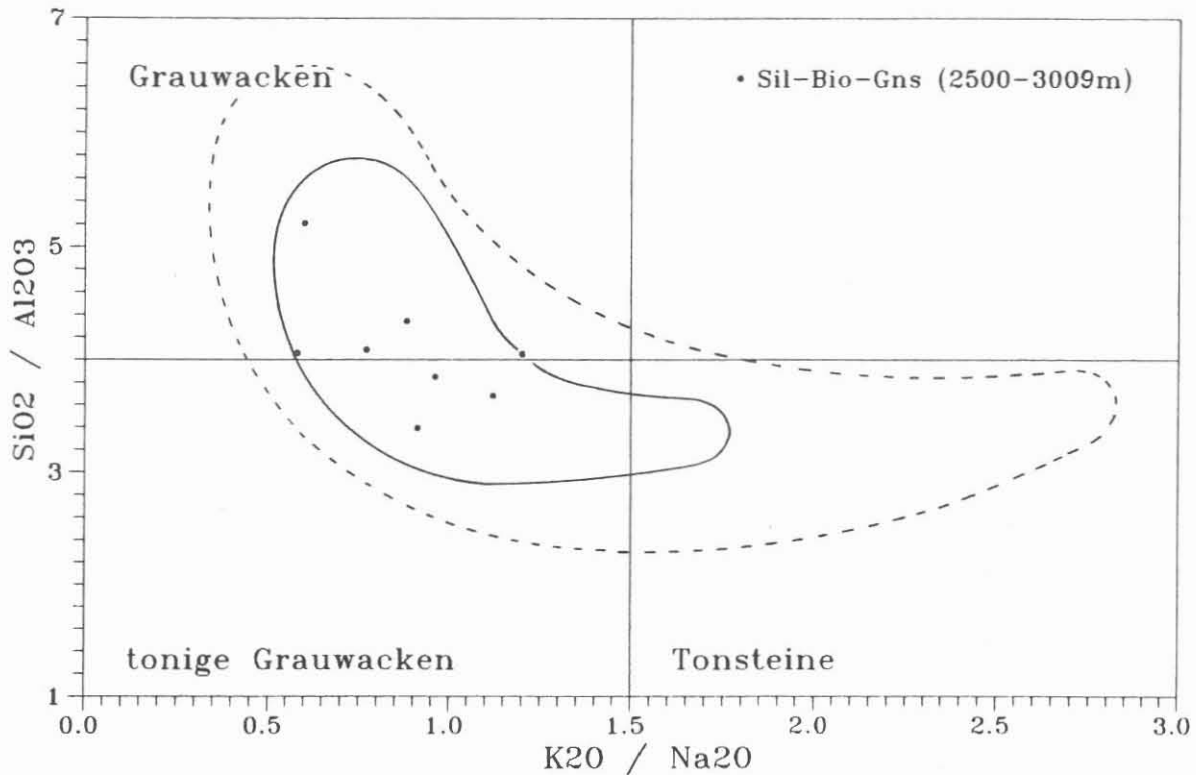


Abb. B.3.12: Sillimanit-Biotit-Gneise im Eduktdiagramm nach WIMMENAUER (1984); Variationsfeld aller zwischen 0 und 2500 m angetroffenen Sillimanit-Biotit-Gneise (gestrichelt); 85 % aller Analysen liegen im inneren Variationsfeld (durchgezogen).

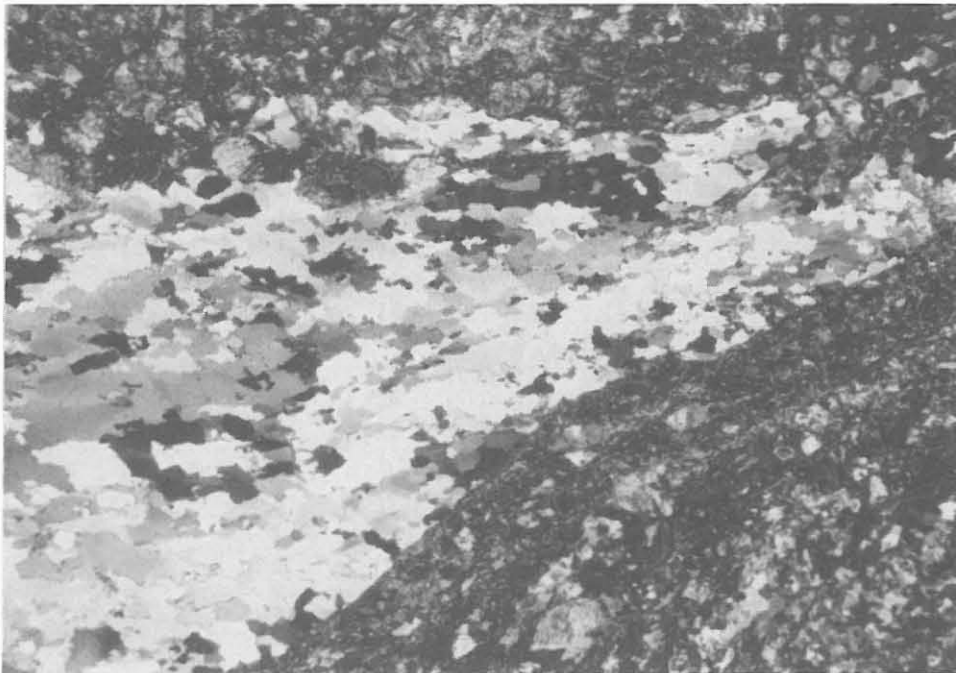


Abb. B.3.13: Deformierte Quarzlage mit Korngrenzenmigration und dynamischer Rekristallisation in einer cm-mächtigen Scherbahn in granatführendem Biotit-Hornblende-Gneis. (DS 724Flu, 2951.07 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 6 mm).

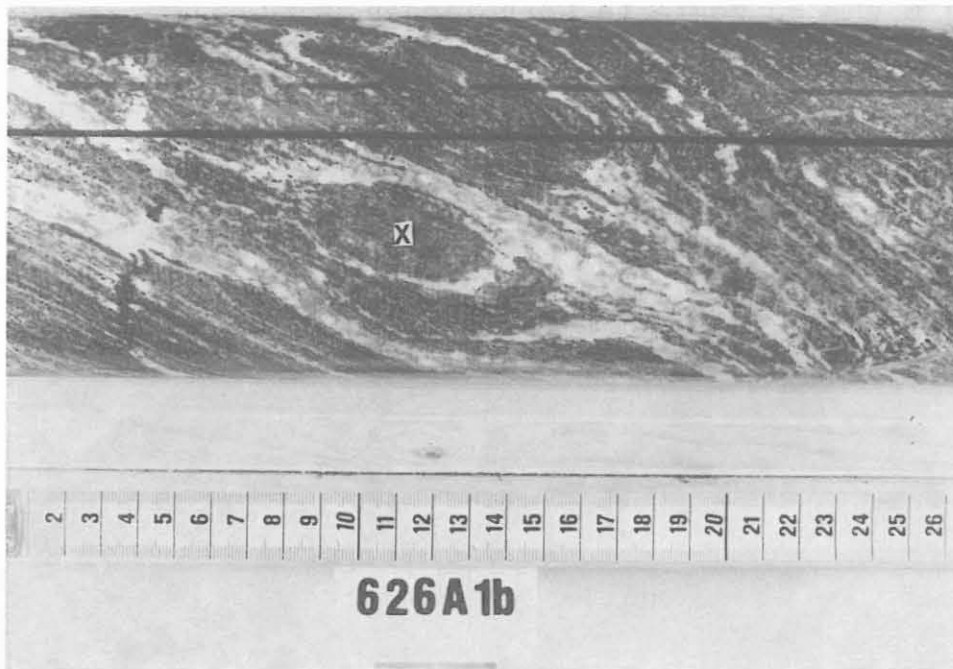


Abb. B.3.14: Amphibolitlinse (x) im Biotit-Hornblende-Gneis.
(Kernstück 626A1b, 2580.20 m).

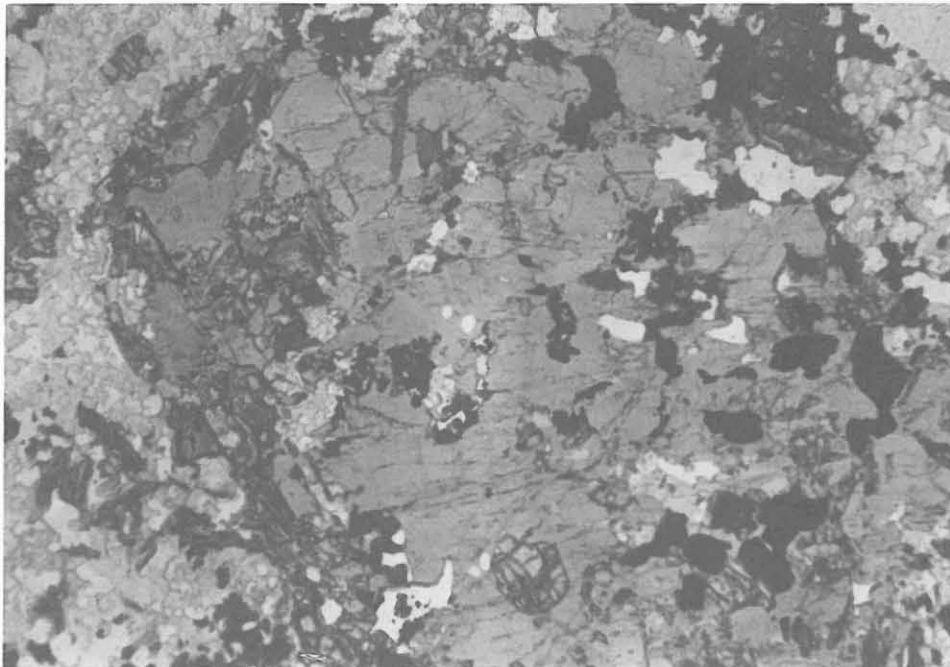


Abb. B.3.15: Poikiloblastischer Hornblende-Kristall mit Ein-
schlüssen von Biotit, Granat, Plagioklas, Quarz und einer
Opakphase. Amphibolit.
(DS 648A1bII, 2708.27 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 8 mm).

2916.90 m wurden zonierte Hornblenden und Granate beobachtet (Abb. B.3.16). Die Diskussion der chemischen Zusammensetzung erfolgt in Kap. B.2.

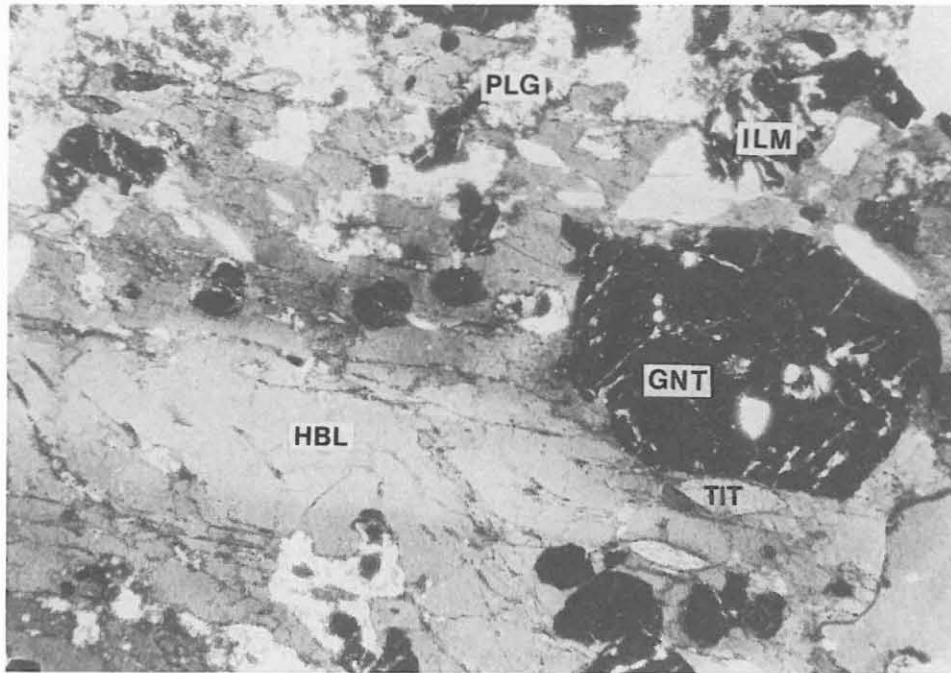


Abb. B.3.16: Zonierte Hornblende (HBL) überwächst Granate (GNT), vollständig saussuritisierte Plagioklase (PLG) und rautenförmige Titanite (TIT - oben links viele kleine Körner), großer Titanit rechts oben teilweise zu Ilmenit (ILM) umgewandelt. Granat-Amphibolit.
(DS 715B1b, 2916.9 m, 2 Nicol, lange Bildkante ca. 2 mm).

B.4 Gänge

B.4.1 Lamprophyre

Bei folgenden Teufen durchschlagen lamprophyrische Gänge die erbohrten Gesteine (KM=Kernmarsch):

2631.9-2632.6 m (KM 635-636)	2894.5 m	(KM 710A)
2695.7-2697.0 m (KM 641)	2898.6 m	(KM 710G)
2712.6-2712.7 m (KM 650)	2899.6-2900.6 m	(KM 710-711)
2740.8-2741.2 m (KM 658)	2902.2-2902.6 m	(KM 711C-D)
2767.3-2767.5 m (KM 664)	2905.4-2905.8 m	(KM 711G-H)
2812.0-2812.8 m (KM 685)	2980.4-2981.7 m	(KM 730)
2892.5-2893.3 m (KM 709)	2989.2-2989.5 m	(KM 732)
	2995.2-2995.6 m	(KM 733)

Bei mehreren geringmächtigen, in kurzen Teufenabständen das Gestein durchschlagenden Gängen (KM 709-711) handelt es sich vermutlich um Apophysen ein und desselben Ganges.

Die feinkörnig massigen Gänge sind durchweg diskordant zur Foliation des Nebengesteines und haben meistens flache bis mittelsteile, ebene Kontakte. Diese Kontaktflächen haben häufig als Scherflächen gedient. Vereinzelt treten geringmächtige Apophysen auf, die einen gebuchteten bzw. zerlappten Kontakt zum Nebengestein haben. Das Nebengestein sind stets Sillimanit-Biotit-Gneise und nie Biotit-Hornblende-Gneise oder Amphibolite, da diese vermutlich eine höhere Zugfestigkeit als die Sillimanit-Biotit-Gneise senkrecht zur Foliation aufweisen (vgl. RÖCKEL & NATAU 1989: H15). Geringmächtige Gänge sind vollständig vergrünt, bei Mächtigkeiten über 0.5 m beschränkt sich die Vergrünung auf das Salband. Die Anlage von salbandparallelen Klüften und kataklastischen Scherbahnen hängt von der Mächtigkeit eines Ganges ab, d.h. geringmächtige Gänge (KM 664, 2767.3 - 2767.5 m) sind vollständig von Scherbahnen durchzogen. Die gangparallelen Klüfte sind mit Quarz, Calcit, Adular, Epidot, Prehnit und Chlorit mineralisiert. Sie könnten als Folge der postmagmatischen Abkühlung entstanden sein (Abb. B.4.1).

Das Mikrogefüge der Lamprophyre ist regellos bis schwach fluidal. Hornblende und Biotit sind die vorherrschenden mafischen Minerale. Sie zeigen vorwiegend serial porphyrische Korngrößenverteilung und können in der häufig grobkörnigeren Gangmitte Korngrößen bis 250 µm erreichen, vereinzelt bis 500 µm. Beide Minerale zeigen eine sehr ähnliche rotbraune Farbe. Meist sind die Hornblendens geringfügig größer und haben Anwachssäume aus farblosem bis schwach grünlichem Aktinolith (Abb. B.4.2). Häufig sind kleine, im Querschnitt leistenförmige Anhäufungen von Leukoxen, bei denen es sich vermutlich um gänzlich zersetzte Biotite handelt. Generell sind idiomorphe, hexagonale Korn-Umrissse von Biotit sehr selten. In solchen Schnitten senkrecht zur c-Achse können dann oft Sagenit-

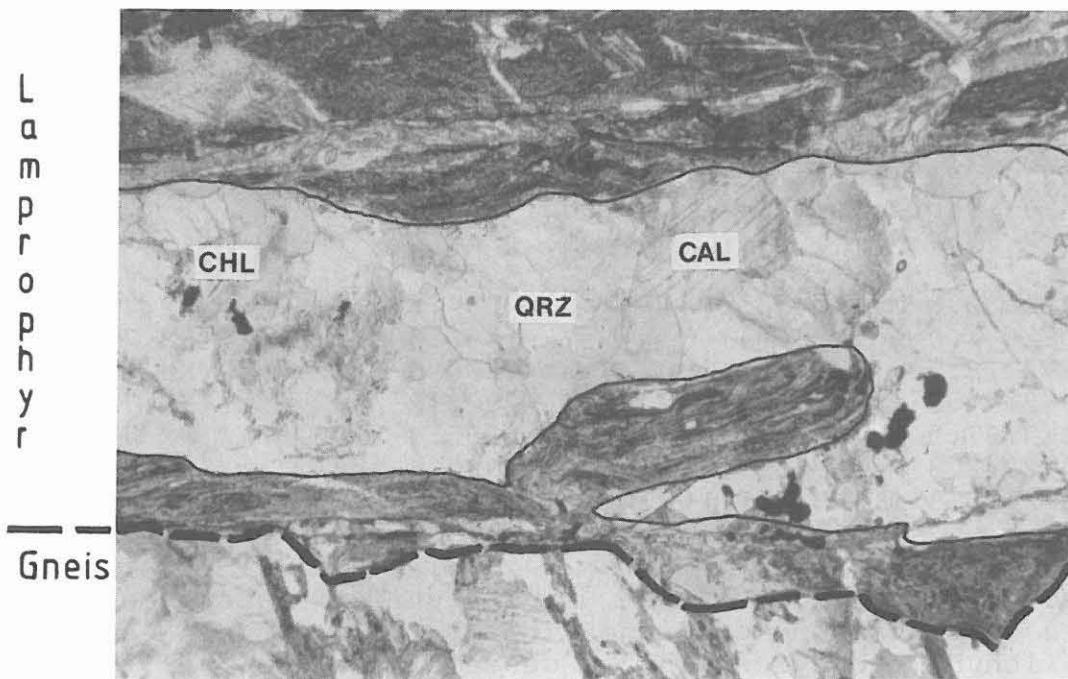


Abb. B.4.1: Primärer Kontakt (gestrichelt) zwischen Lamprophyr (oben) und Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis (unten). Die kontaktparallele Kluft (hell) im Lamprophyr - möglicherweise bei Abkühlung des Ganges entstanden - ist mit Quarz, Chlorit, Calcit und Sulfiden mineralisiert.
(DS 730D1y, 2980.48 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 5.2 mm).

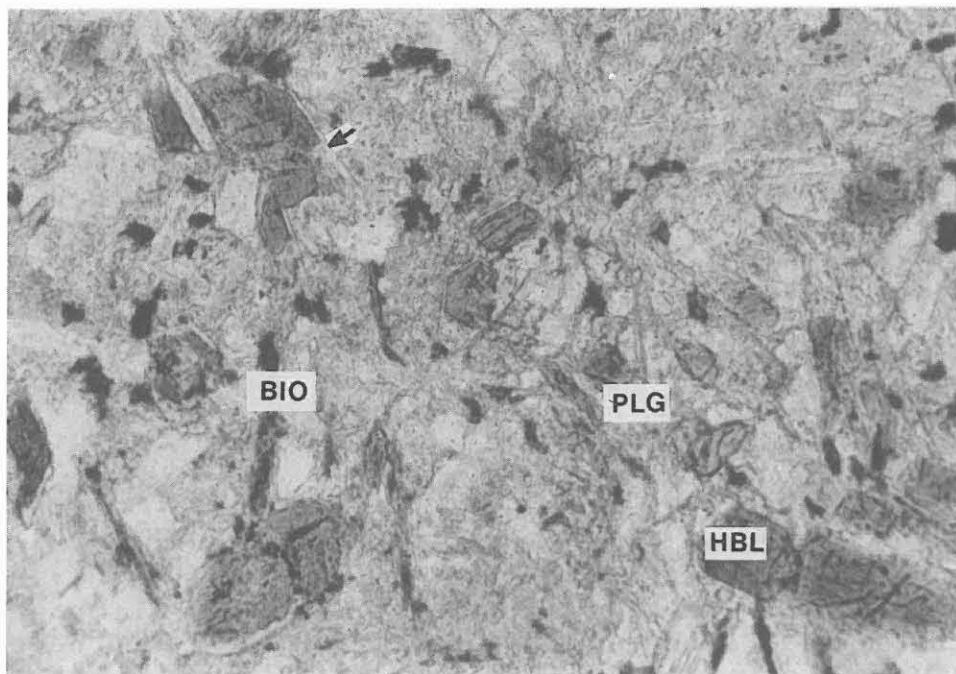


Abb. B.4.2: Braune Hornblende-Kristalle (Kopfschnitte in der Bildmitte) mit farblosem aktinolitischem Anwachsraum (Pfeil), zonierte Plagioklas-Leisten; die leistenförmigen Biotite sind teilweise in Leukoxen umgewandelt. Lamprophyr.
(DS 730D1aa, 2980.77 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 1.1 mm).

Gitter beobachtet werden. Neben Hornblende und Biotit gehört Plagioklas zur Grundmasse. Die meist leistenförmigen Kristalle sind frisch bis geringfügig alteriert und haben Durchmesser bis 300 μm , in plagioklasreicheren Lamprophyren (DS 641B1j, 2696.2 m) liegt die durchschnittliche Korngröße bei 400-500 μm . Häufig sind Zonarbau und/oder Verzwillingung sichtbar. Als Einsprenglingsphase können bis zu 2 mm lange Plagioklas-Leisten beobachtet werden (DS 658B1l, 2740.86 m), die vollständig in Chlorit und Quarz umgewandelt sind. Im Lamprophyr von 2695.7 - 2697.0 m treten bis zu 1 mm große Pseudomorphosen von Biotit und Chlorit möglicherweise nach Plagioklas auf. Olivin pseudomorphosen, wie sie zwischen 1709 m und 2500 m beschrieben wurden (RÖHR et al. 1989: B30), konnten nicht identifiziert werden.

Die durchteuften Lamprophyre weisen einen sehr geringen Anteil an Opakmineralen auf. Es handelt sich um sehr feinkörnige (meist < 0.01 mm), erratisch verteilte Einzelkörner aus Pyrit und weniger Chalkopyrit. Im Kontaktbereich zwischen Lamprophyr und Gneis treten im Gneis vermehrt Sulfide (Pyrit, Chalkopyrit) und Graphit auf. Neben Leukoxen, meist nach Biotit (evtl. Hornblende), sind xenomorphe Titanite, Epidot (häufig in chloritreichen Pseudomorphosen nach Feldspat oder ?Olivin), Calcit und Chlorit die häufigsten Alterationsminerale.

Anhand der RDA-Analysen (Tab. B.4.1) lassen sich zwei Typen von Lamprophyren unterscheiden: solche (nahezu) ohne Kalifeldspat und solche mit etwa gleichen Anteilen Plagioklas und Kalifeldspat. In den ersteren sind leistenförmige Plagioklas deutlich als häufige Grundmassekristalle zu erkennen, während sie in letzteren wesentlich seltener sind. Dort tritt Kalifeldspat vermutlich als sehr feinkristalliner Grundmassenbestandteil auf und ist mikroskopisch nicht ohne weiteres zu erkennen. Der höhere Plagioklas-Anteil in dem ersteren Lamprophyrtyp korrespondiert mit deutlich erhöhten CaO-, Na₂O- und Sr-Gehalten sowie wesentlich niedrigeren Ni-Gehalten (Tab. B.4.1). Die K₂O-Gehalte sind für Lamprophyre recht niedrig, was vielleicht auf die intensive Chloritisierung des Biotits, die möglicherweise unter gänzlicher Abfuhr des Kaliums stattgefunden hat, zurückzuführen ist.

Die Lamprophyre dieses Teufenbereiches (2500-3009 m) sind nach Mineralbestand und Chemismus kalkalkalisch und können als Spessartite bis Vogesite bezeichnet werden, da neben den wechselnden Plagioklas- und Kalifeldspat-Anteilen die Hornblende im Vergleich zu Biotit überwiegt.

Mitunter sind chloritisierte Pseudomorphosen im Kontaktbereich zum Gneis (DS 730D1y) im Vergleich zur Gangmitte (DS 730D1aa) häufiger. Andererseits ist eine Tendenz zu erkennen, daß die Korngröße in der Grundmasse zum Salband hin abnimmt (chilled margin). Undeformierte Plagioklas-Einsprenglinge können eine Fließregelung zeigen. Ebenso sind in einigen grobkörnigen Lamprophyren die Grundmasseminerale, insbesondere der Biotit, eingeregelt (DS 711H1ab).

Kernstück	Teufe	QRZ	PLG	KFS	HGL	BIO	CHL	Summe
636Ala	2631.95	-	41	6	9	10	8	100
641Alg	2695.95	15	36	-	2	10	18	100
641BljT	2696.10	22	51	-	-	4	8	100
650Bld	2712.41	10	18	17	-	-	54	99
658Cln	2741.06	34	14	23	-	-	29	100

Kernstück	Teufe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb	Sr	Y	Zr	Ni
					Tot									
636Ala	2631.95	50.0	1.55	16.4	9.11	7.96	7.51	2.03	2.46	90	451	26	234	144
641Alg	2695.95	54.0	1.25	16.1	8.20	7.93	5.36	2.40	1.91	85	476	23	223	179
641BljT	2696.10	51.7	1.03	14.7	7.61	11.24	5.96	n.b.	2.15	84	446	23	211	172
650Bld	2712.41	44.0	1.40	18.0	10.60	11.30	2.65	1.73	2.45	83	199	28	313	340
658Cln	2741.06	54.7	1.05	15.3	9.00	8.40	2.42	1.32	2.04	73	183	21	236	234

Tab. B.4.1: RDA- und RFA-Analysen von Lamprophyren (in Gew.-% bzw. ppm).

Die Lamprophyre sind während und nach der Platznahme deformiert worden. Die Deformation beschränkt sich bei mächtigeren Gängen auf den Salbandbereich. Pseudomorphosen sind mit Annäherung zum Salband hin eingeregelt und z.T. deutlich ausgelängt (DS 658 B11, 2740.86m). Die in der feinkörnigen Grundmasse häufigen Leukoxen-Aggregate (ehemalige Biotite und Hornblenden) sind geplättet und bilden eine meist salbandparallele Schieferung ab.

B.4.2 Adular-Quarz-Epidot-Gänge

Vier diskordante, bis 2.5 cm mächtige Gänge treten in Kernmarsch 681 (2804 m - 2806 m) auf. Sie bestehen aus Adular (Kalifeldspat), Quarz und Epidot, wobei Adular den Gängen eine charakteristische rosa Färbung verleiht. Der Kontakt zum Nebengestein ist buchtig (Abb. B.4.3), das Salband wird häufig von Adular gebildet. Als Folge einer späteren Deformation der Gänge sind die Minerale kataklastisch zerbrochen, Adular und insbesondere Quarz löschen undulös aus.

B.4.3 Pegmatoid

Bei 2856.1 m tritt zwischen hangendem Sillimanit-Biotit-Gneis und liegendem Amphibolit ein insgesamt 40 cm mächtiger grobkörniger Pegmatoid auf (Abb. B.4.4). Er wird von einer 10 cm mächtigen Amphibolit-Scholle oder -Lage unterbrochen. Die Randbereiche des Pegmatoids scheinen schwach deformiert worden zu sein. Er besteht aus Plagioklas, Quarz und wenig Biotit. Ein Teil des Plagioklases ist myrmekitartig von Quarz durchsiebt. Die nach ihrer Lichtbrechung intermediären bis albitreichen Plagioklase zeigen beginnende Serizitisierung. Größere Kristalle neigen randlich zur Ausbildung von Myrmekit. Es gibt große Plagioklas-Quarz-Aggregate, in denen beide Mineralphasen jeweils Vorzugsorientierungen zeigen (Abb. B.4.5). Hierbei könnte es sich um ehemaligen Schachbrett-Albit oder -Oligoklas nach Mikroklin gehandelt haben. Die Plagioklase sind z.T. leicht deformiert und verbogen. Der in feinen Lagen am Rand von großen Plagioklasen oder Plagioklas-Quarz-Verwachsungen angeordnete Biotit ist weitgehend zu Chlorit umgewandelt. Quarz tritt zwischen Plagioklaskörnern, als tropfenförmige Einschlüsse in Plagioklas sowie in monomineralischen Lagen besonders am Kontakt zum Nebengestein auf. Den Kontakt zum liegenden Amphibolit bildet eine mm mächtige Biotit-Lage (DS 699A2bII, 2858.39 m). Diskordante Klüftchen im Pegmatoid sind mit Calcit und Adular mineralisiert.

Eine weitere, etwa 10 cm mächtige pegmatoide Schliere tritt bei 2836.1 m auf. Auffällig sind Quarzeinschlüsse in schwach deformierten Plagioklasen (Abb. B.4.6).

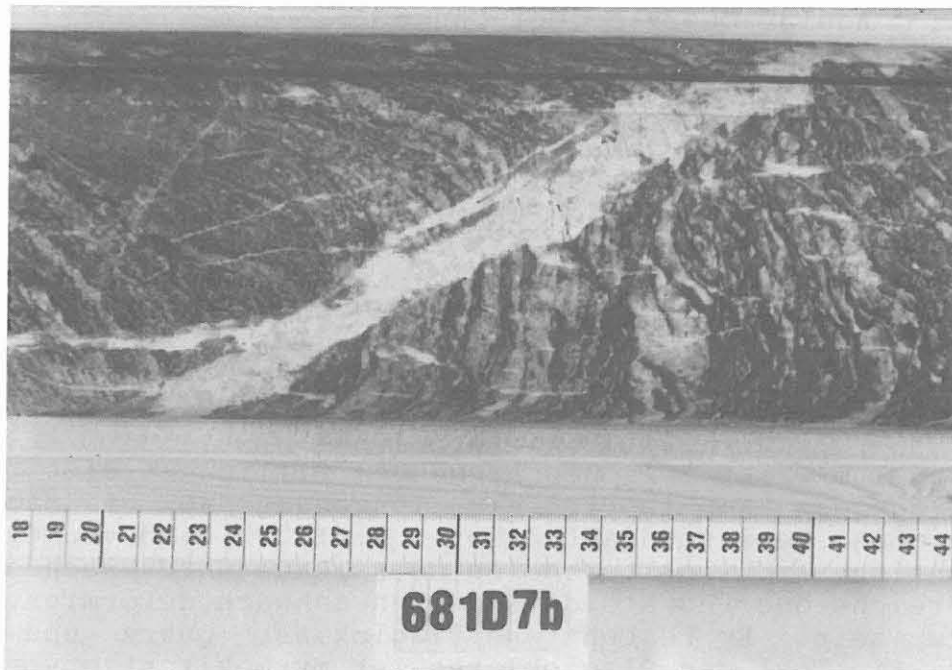


Abb. B.4.3: Diskordanter Adular-Quarz-Epidot-Gang. Das Salband besteht hauptsächlich aus rosa gefärbtem Adular. Sillimanit-Biotit-Gneis.
(Kernstück 681D7b, 2803.73 m).



Abb. B.4.4: Gangförmiger Quarz-Plagioklas-Pegmatoid mit Kontakt zu Amphibolit (rechts), in der Mitte Biotit-Linsen.
(Kernstück 699A2b, 2858.09 m).

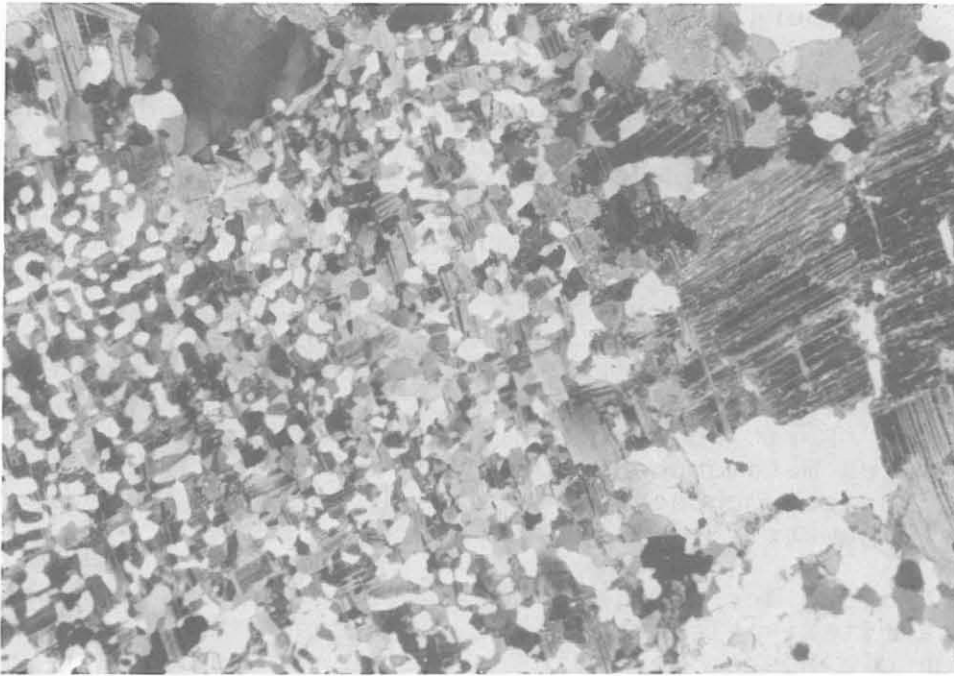


Abb. B.4.5: Graphische Verwachsung von Plagioklas und Quarz (hell) in Pegmatoid-Gang.
(DS 699A2bII, 2858.39 m, + Nicols, lange Bildk. ca. 5.6 mm).

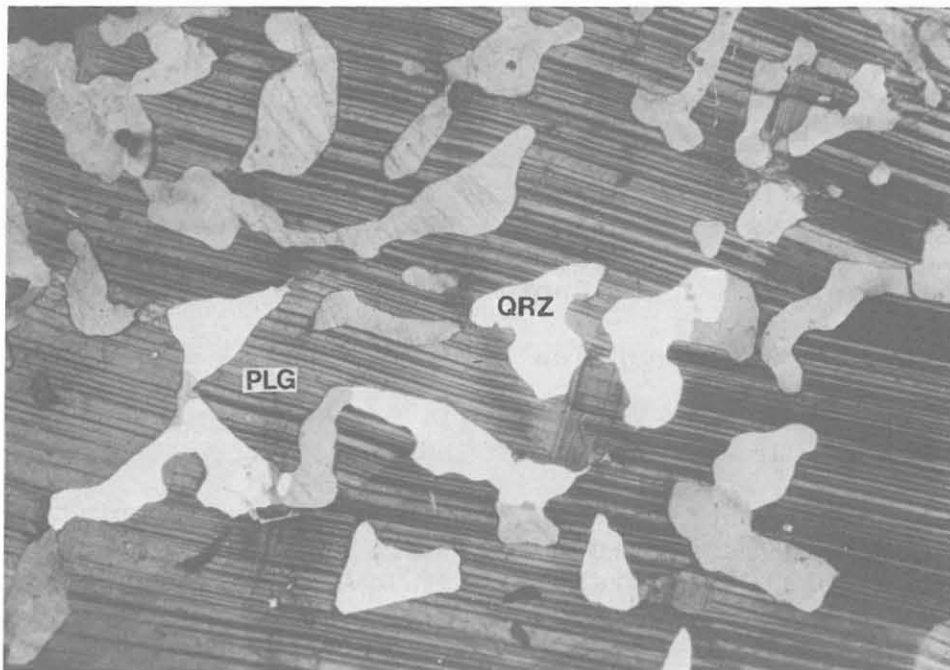


Abb. B.4.6: Schwach deformierter Plagioklas mit vielen Quarz-Einschlüssen. PLG = Plagioklas, QRZ = Quarz. 10 cm mächtiger Pegmatoid in Biotit-Sillimanit-Gneis.
(DS 692A1b, 2836.11 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 6 mm).

B.5 Erzmineralisation

Für die erzpetrographischen Untersuchungen wurden Anschliffe speziell von makroskopisch erkannten Anreicherungen von Erzmineralen im Bohrkern sowie repräsentativ zur Charakterisierung der lithologischen Einheiten bezüglich ihrer Opakmineral-Paragenesen ausgewählt. Weitere Hinweise auf Erzmineralisationen ergaben sich aus der Dünnschliffmikroskopie und aus Anomalien der Suszeptibilität und der natürlichen magnetischen Remanenz (NRM, siehe Kap. D).

Generell ist der Erzmineral-Anteil der durchteuften Gesteine gering. Makroskopisch sichtbare Erzmineralisationen (im wesentlichen Pyrit und Pyrrhotin) bestehen aus regellos oder parallel zum metamorphen Lagenbau orientierten Einzelkörnern, dünnen, unterbrochenen Lagen oder aus kleinen Erzlinsen in der Gesteinsmatrix.

Die Verteilung der Erzminerale im Gestein ist meist erratisch und quantitativ wie qualitativ inhomogen. Analog dazu treten auch die Muster der meist räumlich eng begrenzten magnetischen Anomalien regellos auf. Diese Anomalien werden bis auf ein einzelnes Vorkommen von Magnetit ausschließlich durch Pyrrhotin verursacht (siehe Kap. D - Suszeptibilitäten und natürliche magnetische Remanenz).

Mitunter sind Erzminerale in einzelnen cm-großen sulfidischen Linsen oder in leukokraten Mobilisaten angereichert; in den kalksilikatischen Einschaltungen treten mm-mächtige, lagige Sulfid-Anreicherungen auf.

Der opake Mineralbestand der durchteuften Gneise setzt sich aus den Sulfiden

Pyrit (PYR)	Pyrrhotin (FES)	Chalkopyrit (CPY)
Sphalerit (ZNS)	Galenit (PBS)	Pentlandit (PNT)
Markasit (FEK)	Arsenopyrit (ASS)	Molybdänit (MOS)
Covellin (CUV)	? Cuprit (CUP)	

und den oxidischen Mineralen

Ilmenit (ILM)	Rutil (RUT)	Anatas (ATS)
"Leukoxen" (LEX)	Magnetit (MGN)	

zusammen. Das Auftreten von Ag-Pentlandit und Cuprit (Cu_2O) wird vermutet; Molybdänit, Arsenopyrit und Covellin (CuS) treten nur lokal auf (siehe Tab. B.5.1, B.5.2).

Bisher kann in diesem Berichtsabschnitt aus der Art und der Verteilung der Opakminerale keine Lithologie- oder Teufenabhängigkeit abgeleitet werden.

Kernst.	Teufe (m)	Lithologie	PYR	FES	CPY	ZNS	PNT	FEK	PBS	Sonst.
612E1mK	2508.81	Amphibolit	++	+	+	+	(-)			
612F1nK I,II	2509.00	Amphibolit, Mobilis.	++	+	+		(-)			
612H1t	2510.96	KLK-Band, STÖ	++	+	+	(-)				
613C1e	2512.59	QRZ-Linse, HBL-Gneis	+	(+)	+		(+)			
613D1gK	2513.90	BIO-HBL-Gneis	+	++	(+)					
613F1k	2514.81	Amphibolit	+	++	+	(+)		+		
615D1e	2522.99	BIO-HBL-Gneis	+	++	+					
616C1e	2528.08	BIO-HBL-Gneis	+	(+)	+	+				
617A1a	2531.98	BIO-HBL-Gneis	+	++	(+)	(+)				
617B1h	2533.21	BIO-HBL-Gneis, QRZ-MOB	+	++	+			+		
617G1sK	2537.33	BIO-HBL-Gneis, QRZ-MOB	--	+	+	+				+
617H1zT I,II	2537.89	BIO-HBL-Gneis, KLK	+	++	+	(+)	+			
621B1bK	2557.19	BIO-HBL-Gneis	+	+	+	+				
621C1d	2557.80	BIO-HBL-Gneis	+	(+)	+					
622G1ad	2568.23	BIO-HBL-Gneis, MOB	++	+	+					MOS
623G1j I,II	2572.90	Kalksilik., Amphibolit	+	+	+	+			+	
624A1cK	2574.30	BIO-HBL-Gneis, KLK/MOB	+	++	+					
624B1dK	2574.78	GNT-BIO-Gneis	++	+	+					
626A1b	2580.20	GNT-BIO-Gneis	+	+	+		+			
626G1jK	2585.19	GNT-BIO-HBL-Gneis	++	++	+	+				
628B1h	2593.12	GNT-SIL-BIO-Gneis	+	+	+	+				
632E1nK I,II	2612.79	GNT-BIO-Gneis	+	+	+	+		+	+	ASS
633A2aK	2614.73	HBL-BIO-Gneis	+	+	+				+	ASS
633G2z I,II	2619.94	GNT-BIO-HBL-Gneis	+	+	+				+	?ASS
634G1w	2625.72	GNT-HBL-BIO-Gneis	+	+	+					
CUT	2664.00	Amphibolit	+	+	+		+			
CUT	2668.00	BIO-HBL-Gneis	+	+	+		+			
CUT	2670.00	BIO-HBL-Gneis	+	+	+	+	+		+	
648A1b I,II	2708.36	BIO-Gneis/AMP-Kontakt								
653C2eK	2720.84	HGL-SIL-BIO-Gneis	+		+	+				?
658F1u	2743.75	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+	+				
664B1d I,II	2765.38	SIL-BIO-Gneis, alt.	+		+					
666C1j I,II	2771.74	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+					
676E3o	2790.32	GNT-SIL-BIO-Gneis	+							
683D1n	2808.09	GNT-SIL-BIO-Gneis, ZnS	+		+	++			+	
685B3e	2811.68	SIL-BIO-Gneis/Lampr.	+	+	+	+				
685B3f	2811.86	Lamprophyr	+		+					
687D1k	2818.86	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+					
695A8R	2848.49	GNT-SIL-BIO-Gneis, FeS	+	++	+	+	+		+	
705B1g	2873.67	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+	+			+	
711C1j	2902.18	GNT-SIL-BIO-Gneis	+	+	+	+				
711D1e	2903.05	GNT-SIL-BIO-Gneis	+	+	+	+	+			
711E1m I,II	2903.19	HBL-BIO-Gneis, STÖ	++	++	+	+			+	
713A1aK I,II	2911.14	GNT-HBL-BIO-Gneis, MOB	+	++	+	?	+			
722F2o	2939.71	GNT-BIO-HBL-Gneis, MOB		+						
722F2p	2940.27	GNT-BIO-HBL-Gneis		++	+					
722G2r	2940.85	GNT-SIL-BIO-Gneis	+	+	+	+	+			
724A1c	2948.36	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		++	+			+	
724F1n I,II	2951.54	GNT-BIO-HBL-Gneis	+	+	+	+			+	
724G1s	2952.00	GNT-BIO-HBL-Gneis	++		+					
725B1k	2955.20	GNT-SIL-BIO-Gneis	++	+	+					CUV/CUP
728B1g	2969.49	GNT-SIL-BIO-Gneis, FeS	+		+	+				
729D1w	2977.47	GNT-SIL-BIO-Gneis	++							
736G1q	3008.13	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+	+				
736H1s	3009.05	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+					

Tab. B.5.1: Qualitative und semiquantitative Verteilung von sulfidischen Erzmineralen in der Bohrung "KTB-Oberpfalz VB", 2508 - 3009 m;

(++ = häufig, + = vorhanden, (+) = wenig, ? = fraglich).

Kernst.	Teufe (m)	Lithologie	ILM	RUT	ATS	LEX	MGN	CCC
612E1mK	2508.81	Amphibolit						
612F1nK I,II	2509.00	Amphibolit, Mobilis.	+	+				
612H1t	2510.96	KLK-Band, STÖ		(+)				
613C1e	2512.59	QRZ-Linse, HBL-Gneis						+
613D1gK	2513.90	BIO-HBL-Gneis			+			
613F1k	2514.81	Amphibolit	+	+				
615D1e	2522.99	BIO-HBL-Gneis						+
616C1e	2528.08	BIO-HBL-Gneis			+			
617A1a	2531.98	BIO-HBL-Gneis	+	+				+
617B1h	2533.21	BIO-HBL-Gneis, QRZ-MOB	+	+				
617G1sK	2537.33	BIO-HBL-Gneis, QRZ-MOB	+	+				+
617H1zT I,II	2537.89	BIO-HBL-Gneis, KLK	+	+				+
618C1d	2540.22	BIO-HBL-Gneis, Katakkl.						
621C1d	2557.80	BIO-HBL-Gneis						
622G1ad	2568.23	BIO-HBL-Gneis, MOB	+	+		+		+
623G1j I,II	2572.90	Kalksilik., Amphibolit						
624A1cK	2574.30	BIO-HBL-Gneis, KLK/MOB						
624B1dK	2574.78	GNT-BIO-Gneis		(+)		(?)		
626A1b	2580.20	GNT-BIO-Gneis	+					
626G1jK	2585.19	GNT-BIO-HBL-Gneis	+	+				
628B1h	2593.12	GNT-SIL-BIO-Gneis	+					+
632E1nK I,II	2612.79	GNT-BIO-Gneis	++	+		+		+
633A2aK	2614.73	HBL-BIO-Gneis	+	+		(-)		+
633G2z I,II	2619.94	GNT-BIO-HBL-Gneis	+					+
634G1w	2625.72	GNT-HBL-BIO-Gneis	+			+		+
CUT	2664.00	Amphibolit	+					+
CUT	2668.00	BIO-HBL-Gneis	-					+
CUT	2670.00	BIO-HBL-Gneis	+					+
648A1b I,II	2708.36	BIO-Gneis/AMP-Kontakt	+	+	+	-		
653C2eK	2720.84	HGL-SIL-BIO-Gneis	++					++
658F1u	2743.75	GNT-SIL-BIO-Gneis						+
664B1d I,II	2765.38	SIL-BIO-Gneis, alt.						+
666C1j I,II	2771.74	GNT-SIL-BIO-Gneis						
676E3o	2790.32	GNT-SIL-BIO-Gneis						+
683D1n	2808.09	GNT-SIL-BIO-Gneis, ZnS						
685B3e	2811.68	SIL-BIO-Gneis/Lampr.	+					+
685B3f	2811.86	Lamprophyr						
687D1k	2818.86	GNT-SIL-BIO-Gneis	+	+				
695A8R	2848.49	GNT-SIL-BIO-Gneis, FeS	+		+	+		(+)
705B1g	2873.67	GNT-SIL-BIO-Gneis						+
711C1j	2902.18	GNT-SIL-BIO-Gneis	+					
711D1e	2903.05	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+	+		
711G1m I,II	2903.19	HBL-BIO-Gneis, STÖ	++	+	+	+		
713A1aK I,II	2911.14	GNT-HBL-BIO-Gneis, MOB	+	+	+	+		
722F2o	2939.71	GNT-BIO-HBL-Gneis, MOB	+	+	+	+		
722F2p	2940.27	GNT-BIO-HBL-Gneis	++	+	+	+		
722G2r	2940.85	GNT-SIL-BIO-Gneis	+					+
724A1c	2948.36	GNT-SIL-BIO-Gneis	-		+	+		+
724F1n I,II	2951.54	GNT-BIO-HBL-Gneis			+			
724G1s	2952.00	GNT-BIO-HBL-Gneis			+			
725B1k	2955.20	GNT-SIL-BIO-Gneis					++	+
728B1g	2969.49	GNT-SIL-BIO-Gneis, FeS	+		+	+		
729D1w	2977.47	GNT-SIL-BIO-Gneis						
736G1q	3008.13	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+	-		+
736H1s	3009.05	GNT-SIL-BIO-Gneis	+		+	+		+

Tab. B.5.2: Qualitative und semiquantitative Verteilung von oxidischen Erzmineralen und Graphit in der Bohrung "KTB-Oberpfalz VB", 2508 - 3009 m;
 (++ = häufig, + = vorhanden, (+) = wenig, ? = fraglich).

B.5.1 Sulfidische Erzminerale

Pyrit und Pyrrhotin sind abwechselnd die dominierenden, häufig miteinander verwachsenen sulfidischen Phasen. Idio- bis hypidiomorpher Pyrit kann Pyrrhotin entlang von Deformationslamellen durchdringen oder wird von unregelmäßigen, buchtigen Pyrrhotin-Aggregaten umsäumt (Abb. B.5.1 bis Abb. B.5.4). Neben gesteinsbildenden Mineralen bilden Chalkopyrit, Pyrrhotin, Sphalerit und Galenit Einschlüsse bzw. Rißfüllungen in Pyrit (Abb. B.5.3 bis B.5.6).

Buchtiger Pyrrhotin zeigt lokal eine deformationsbedingte Lamellierung (Abb. B.5.1, B.5.2). Zwischen benachbarten bzw. miteinander verwachsenen Pyrrhotin- und Pyritkörnern kann auch Chalkopyrit als Verdränger einen schmalen Trennungsaum bilden (Abb. B.5.3, B.5.4, B.5.6 - B.5.8). Ebenso findet sich Chalkopyrit in Form kleiner Linsen im Randbereich von seltenen, bis 0.05 mm mächtigen Markasit-Gängchen in Pyrrhotin. Chalkopyrit bildet Einzelkörner in der Grundmasse und auch Rißfüllungen in Titanit. Bei 2948.36 m (Anschliff 724A1c) ist eine verstärkte Chalkopyrit-Führung an ein leukokrates Mobilisatband gebunden. Perlschnurartiger Markasit zeichnet manchmal Domänengrenzen in Pyrrhotin nach. Pentlandit entmischt häufig flammenförmig aus Pyrrhotin (Abb. B.5.8).

Sphalerit tritt in der Gesteinsgrundmasse in kleinen Einzelkörnern auf und kommt häufig aufgewachsen auf andere Sulfide (meist auf Pyrit) oder seltener als Einschluß in Pyrit vor (Abb. B.5.5, B.5.9). Er zeigt überwiegend rotbraune, im liegenden Teil des Berichtabschnittes aber auch vermehrt gelbliche Innenreflexe, was möglicherweise auf einen unterschiedlichen Fe-Gehalt des Minerals zurückzuführen ist. Sphalerit tritt fast stets zusammen mit Chalkopyrit, seltener mit Galenit auf. In einer 1 cm großen Pyrrhotinlinse (Abb. B.5.10) findet sich als Einlagerung Sphalerit mit Einschlüssen bzw. Entmischungen aus Chalkopyrit.

Sphalerit ist auch vermehrt an Kluftmineralisationen oder an Mobilisate gebunden (vgl. Kap. B.5.4). In Sphalerit sind Chalkopyrit, Pyrrhotin und bei 2808.09 m (AS 683D1n) Pyrit eingeschlossen bzw. entmischt.

Galenit bildet selten Einzelkörner in der Gesteinsgrundmasse und Einschlüsse und Spalten- bzw. Zwickelfüllungen in Pyrit, Arsenopyrit (siehe auch Kap. B.5.5) und Sphalerit (Abb. B.5.10, B.5.11).

Arsenopyrit wurde in einem Quarz-Feldspat-Gang bei 2612.70 m (Abb. B.5.12) durch RDA bestimmt. In Anschliffen aus diesem Bereich treten aus zusammengewachsenen Einzelkörnern aufgebaute Arsenopyrit-Aggregate auf. Pyrit scheint saumartig aufzuwachsen bzw. Arsenopyrit zu verdrängen (Abb. B.5.13) und wie auch Galenit Zwickel zwischen Einzelkörnern zu füllen. In der Grundmasse tritt selten idiomorpher, rautenförmiger Arsenopyrit auf.

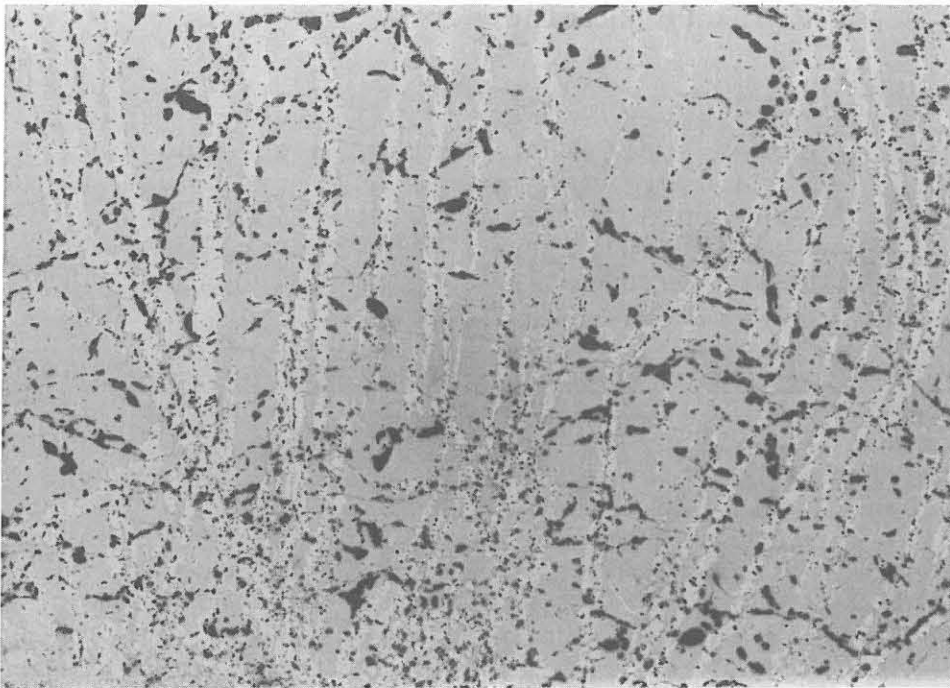


Abb. B.5.1: Entlang von Lamellengrenzen in Pyrrhotin schnurartig aufgewachsener, idiomorpher Pyrit (hellgrau) in einer Pyrrhotinlinse. Vergrünter Biotit-Hornblende-Gneis. (AS 711ElmII, 2903.33 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 1.7 mm).

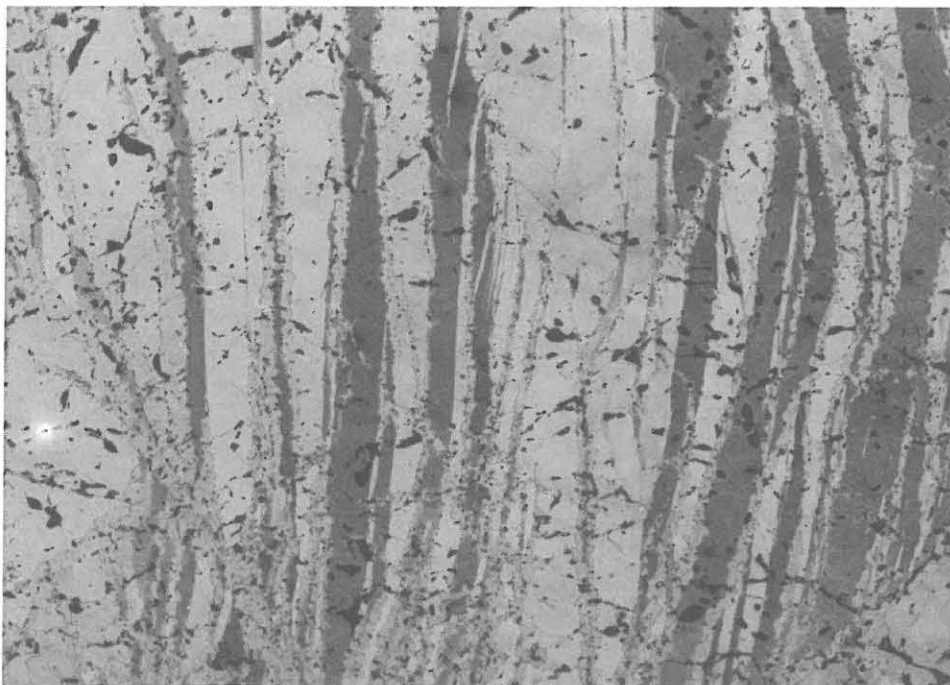


Abb. B.5.2: Wie Abb. B.5.1, jedoch mit nicht ganz gekreuzten Nicols; die Lamellierung des Pyrrhotins wird sehr deutlich.

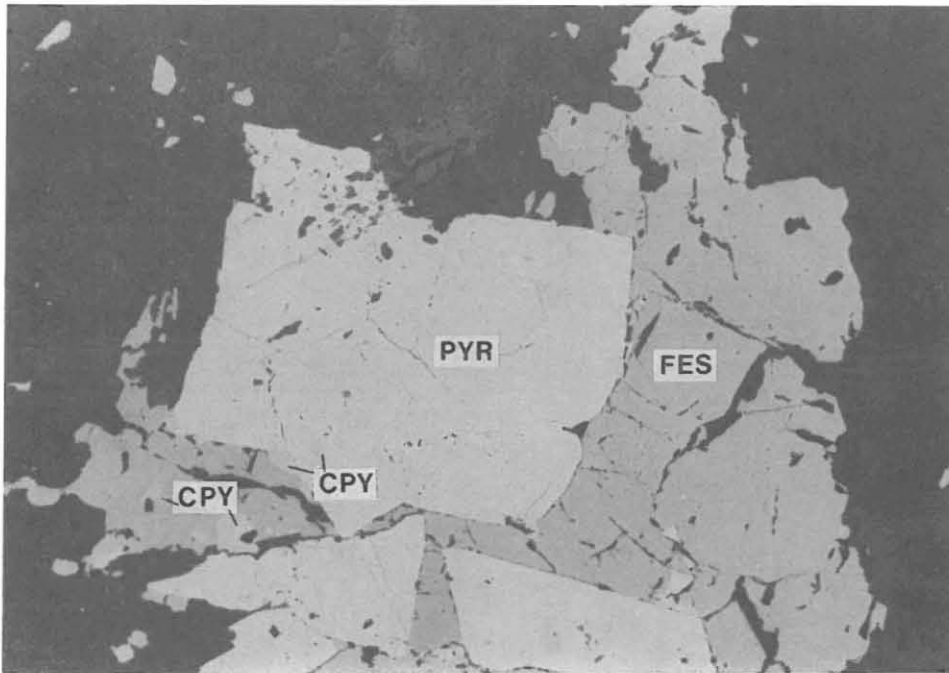


Abb. B.5.3: Idiomorpher Pyrit (PYR) wird von Pyrrhotin (FES) in einem feinlagigen Biotit-Hornblende-Gneis mit Amphiboliteinschaltungen umsäumt. Als Anlagerung zwischen Pyrit und Pyrrhotin und eingeschlossen in Pyrit findet sich Chalkopyrit (CPY).
(AS 613F1k, 2514.81 m, Luft, 1 Nic., lange Bildk. ca. 3.6 mm).

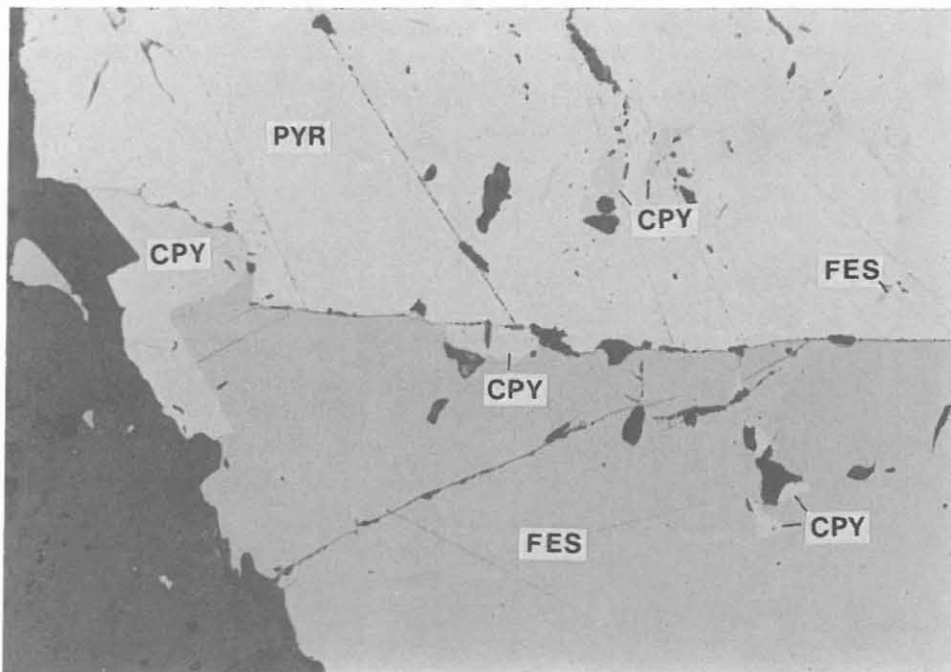


Abb. B.5.4: Idiomorpher Pyrit (PYR) mit Pyrrhotitanlagerung (FES); Chalkopyrit (CPY) bildet Einschlüsse in sowie Anlagerungen an Pyrit und Pyrrhotin. In Pyrit finden sich untergeordnet Pyrrhotin-Einschlüsse.
(AS 613F1k, 2514.81 m Luft, 1 Nic., lange Bildk. ca 0.9 mm).

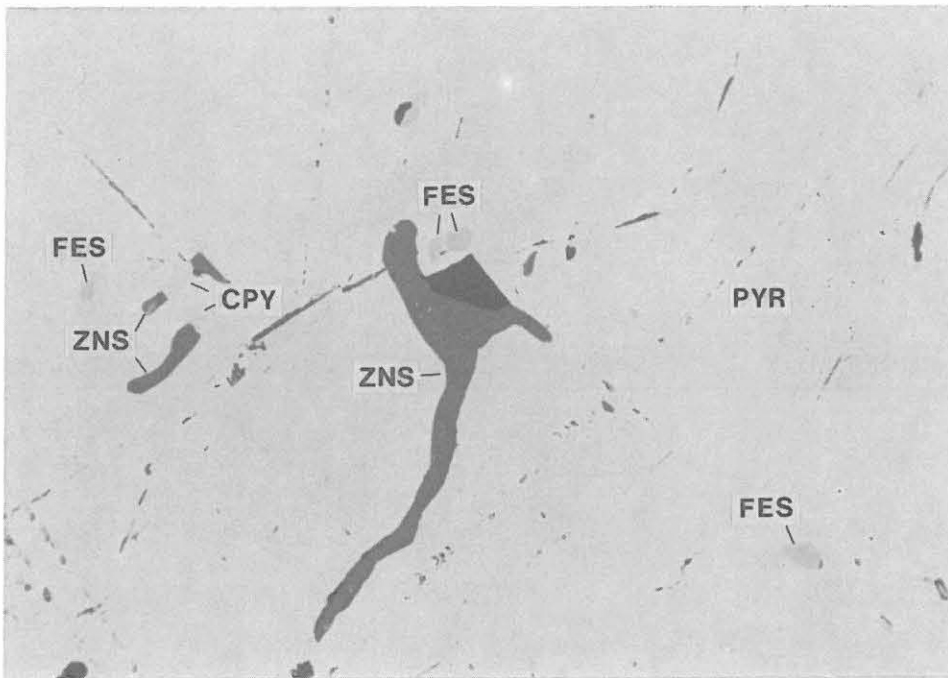


Abb. B.5.5: Sphalerit (ZNS)-, Chalkopyrit (CPY)- und Pyrrhotin-Einschlüsse (FES), stellenweise kombiniert, in Pyrit (PYR) in einem sulfidvererzten Quarzmobilisat in Biotit-Hornblende-Gneis.
(AS 617G1sK, 2537.33 m, Öl, 1 Nic., lange Bildk. ca. 0.36 mm).

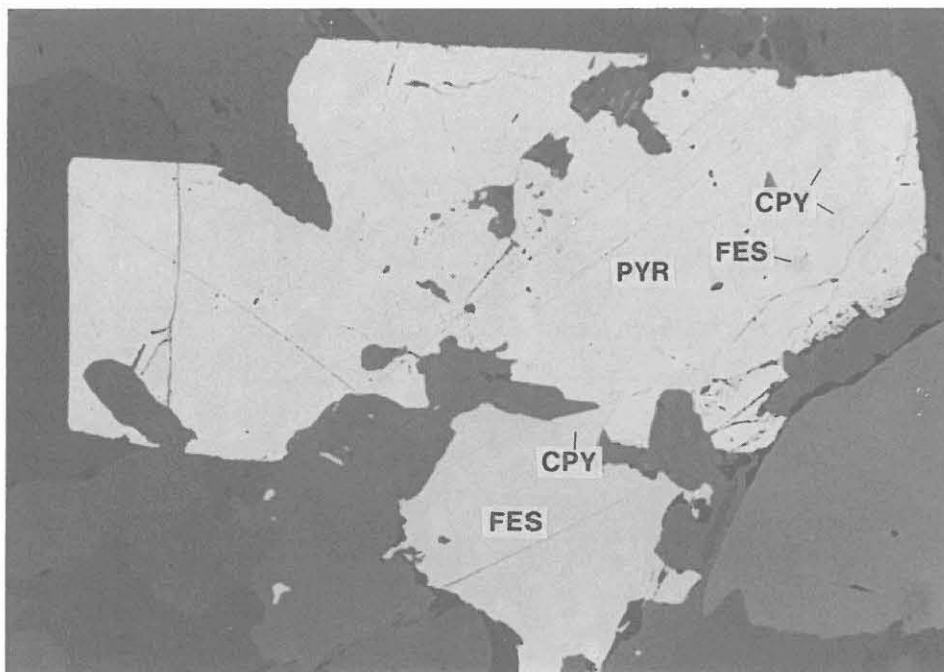


Abb. B.5.6: Idiomorpher Pyrit (PYR) mit Chalkopyrit (CPY)- und Pyrrhotin-Einschlüssen (FES); unten Chalkopyrit als Anlagerung an Pyrrhotin und als Verdränger von Pyrit (PYR).
(AS 617B1h, 2533.21 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.6 mm).

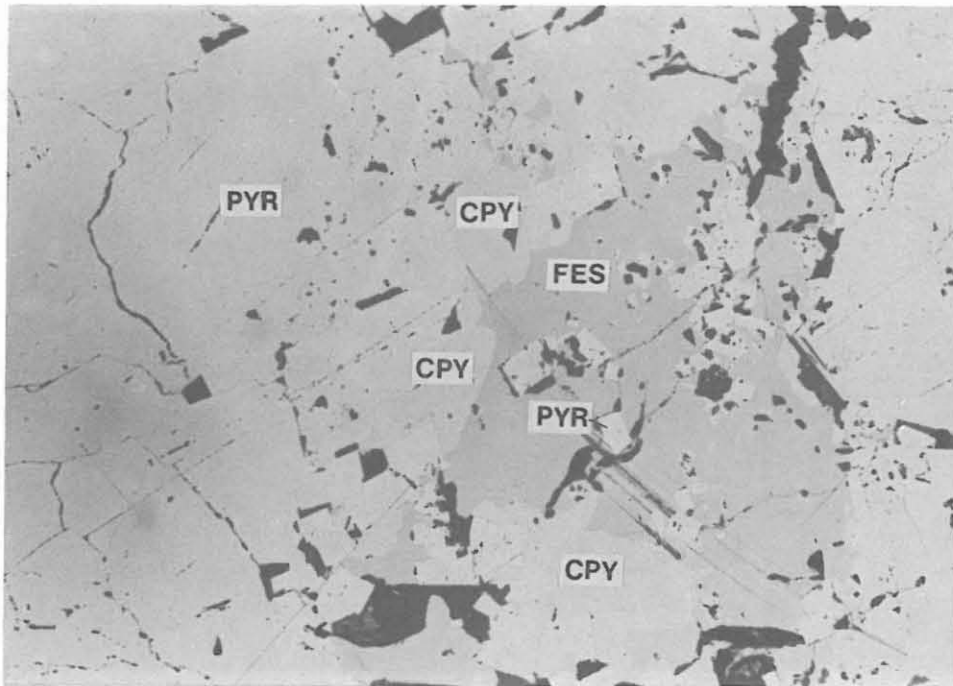


Abb. B.5.7: Pyrrhotin (FES) mit Chalkopyritsaum (CPY) wird von überwiegend idiomorphem Pyrit (PYR) umgeben. Auch im Pyrrhotin befinden sich idiomorphe Pyrit-Körner. Verheilte Störung.
(AS 711E1mI, 2903.19 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.6 mm).

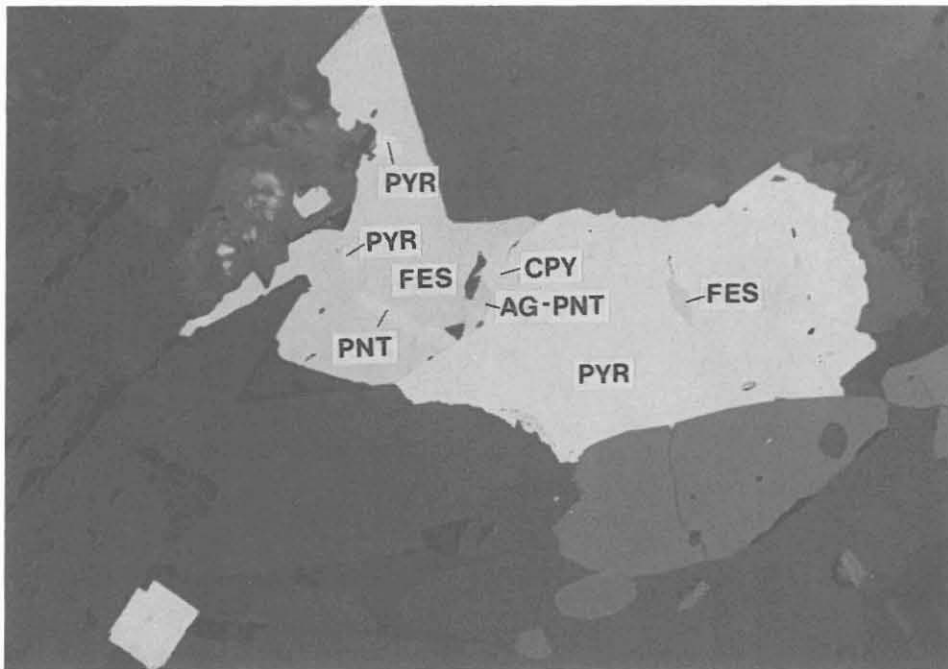


Abb. B.5.8: Pyrit (PYR) mit Anlagerungen von Chalkopyrit (CPY) und eventuell Ag-Pentlandit (AG-PNT) sowie Pyrrhotin-Einschlüssen (FES); angelagerter Pyrrhotin mit flammenförmigen Pentlanditentmischungen (PNT) und helleren, idiomorphen Pyriteinlagerungen. Biotit-Hornblende-Gneis mit sulfidführenden Quarzmobilisaten.
(AS 617B1h, 2533.21 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.5 mm).

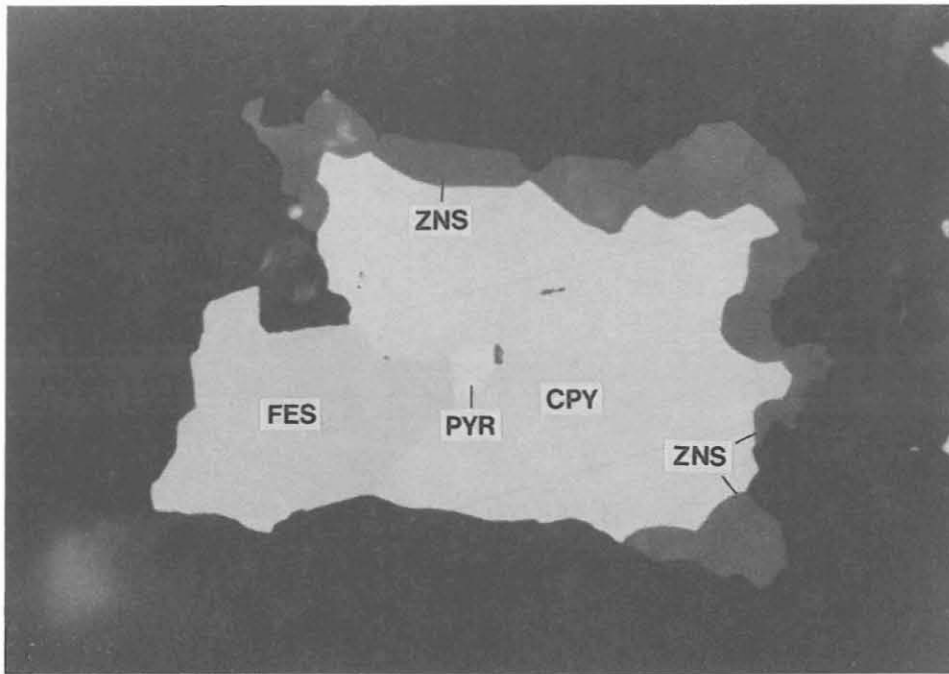


Abb. B.5.9: Chalkopyrit-Pyrrhotin-Verwachsung (CPY, FES) mit saumartig auf Chalkopyrit aufgewachsenem Sphalerit; zwischen Chalkopyrit und Sphalerit idiomorpher Pyrit (PYR). Lagiger Biotit-Hornblende-Gneis.
(AS 616C1e, 2528.08 m, Öl, 1 N., lange Bildkante ca. 0.2 mm).

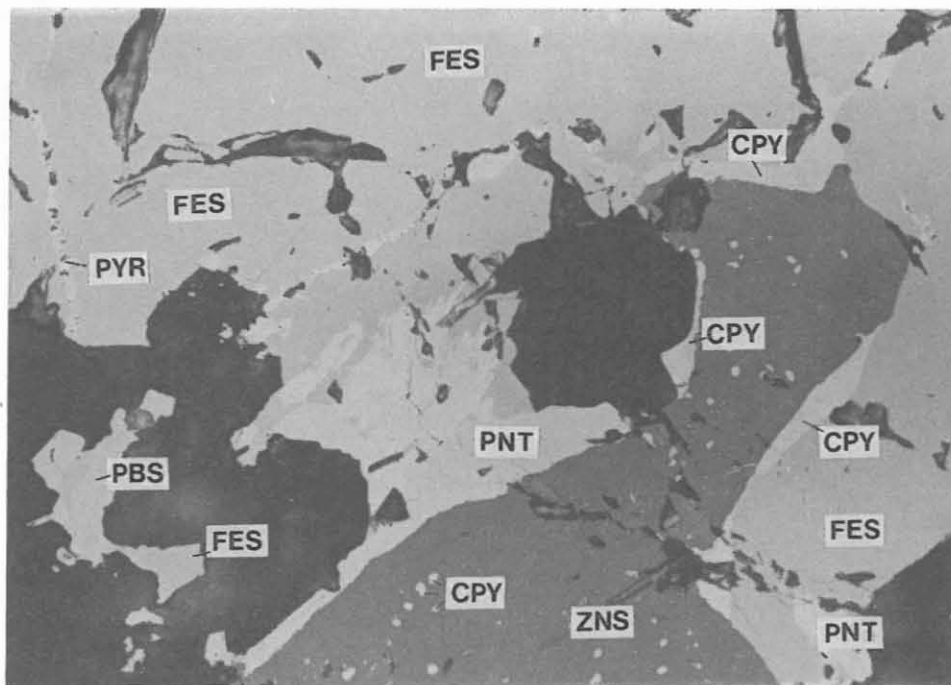


Abb. B.5.10: Komplexes Sulfid-Aggregat aus einer 1 cm großen Pyrrhotinlinse in Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis: Pyrrhotin (FES) mit flammenförmigen Pentlandit-Entmischungen (PNT), Chalkopyrit-Einschlüssen bzw. -Entmischungen und -Säumen (CPY) sowie mit schnurartig aufgereihtem idiomorphen Pyrit (PYR) entlang von Rissen; Verdrängung durch Sphalerit (ZNS) mit Chalkopyrit und durch Galenit (PBS).
(AS 695A8R, 2848.49 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.36 mm).

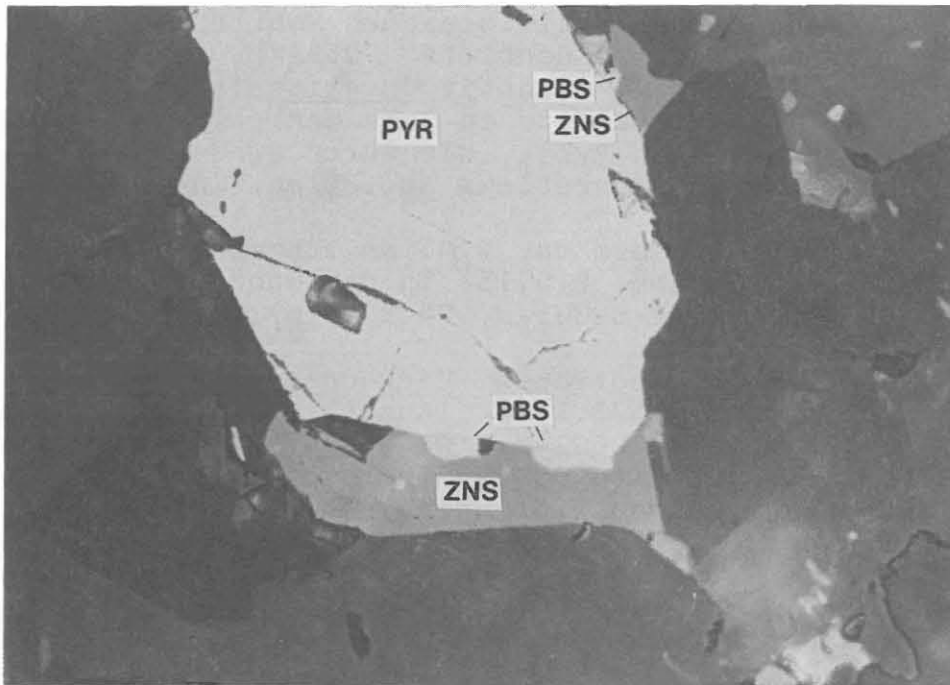


Abb. B.5.11: Pyrit (PYR) mit Galenit- (PBS) und Sphalerit-Anlagerung (ZNS). Amphibolitknolle in feinkörnigem Biotit-Hornblende-Gneis.
(AS 724FlnI, 2951.54 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.24 mm).

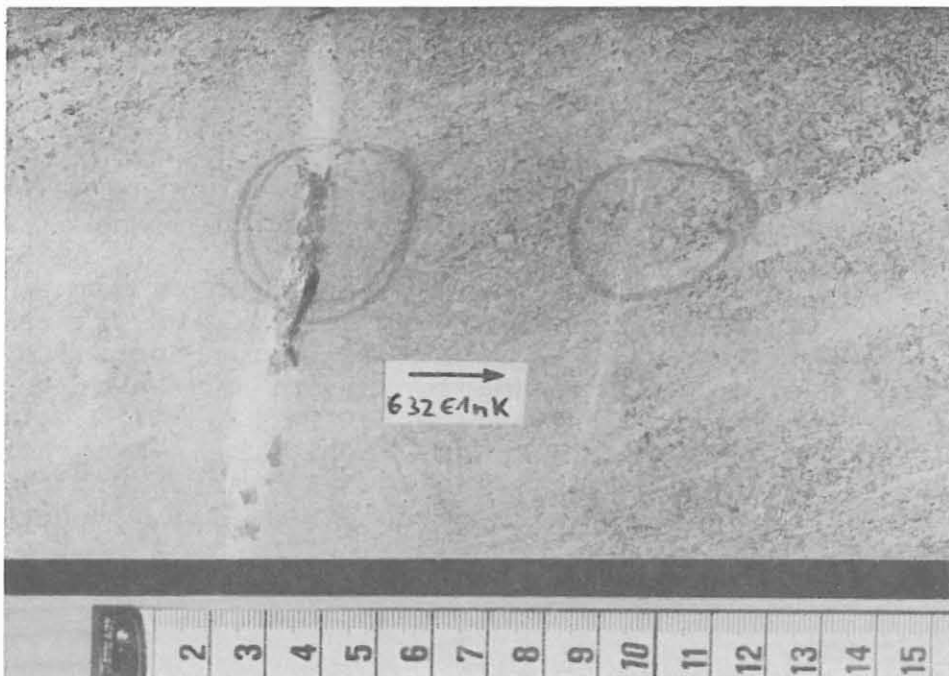


Abb. B.5.12: Arsenopyrit (dunkelgrau) führender Gang in metablastischem, stark vergrünem Granat-Biotit-Gneis.
(Kernstück 632E1nK, 2612.79 m).

In einem linsenförmigen, sulfidreichen Mobilisat findet sich bei 2955.20 m Teufe (Anschliff 725B1k) in Buchten und Zwickeln von Pyrit bzw. Magnetit Covellin (Abb. B.5.14). In dem gleichen Anschliff wird in wenigen, leicht bläulich-grauen Einschlüssen in Pyrit, die durch eine starke Anisotropie und tiefrote Innenreflexe auffallen, Cuprit vermutet.

Molybdänit tritt in Form ca. 0.05 mm langer Leisten in der Gesteinsgrundmasse (Abb. B.5.15) in der Nähe eines Quarzmobilisates auf (Anschliff 622G1ad, 2568.23 m).

In einer rötlichen, isotropen Verwachsung mit Chalkopyrit und Pyrrhotin bei 2533.21 m (Anschliff 617B1h) und bei 2585.19 m (Anschliff 626G1jK) wird Ag-Pentlandit vermutet (Abb. B.5.8), der bereits durch mineralchemische Untersuchungen an Probenmaterial aus geringerer Teufe der KTB Vorbohrung nachgewiesen wurde (FRIEDRICH et al. 1989a).

B.5.2 Oxidische Erzminerale

Das dominierende oxidische Erzmineral ist Ilmenit, der in wechselnden Anteilen fast in jedem untersuchten Schliff vorhanden ist. Ilmenit kann bis 1 mm große Tafeln und Körner mit z.T. unregelmäßig buchtigen Formen sowie Leisten ausbilden (Abb. B.5.16). Randliche oder stärkere, auch das Kornzentrum erfassende Umwandlungen zu Titanit und Anatas/Leukoxen sind charakteristisch. Als Rißfüllung und eingeschlossen findet sich Pyrrhotin. Mitunter ist Ilmenit mit Rutil verwachsen. Bis 2620 m wurden Ilmenit und Rutil als Einschlüsse in Titanit beobachtet (vgl. Kap. B.2., Abb. B.2.9). Seltener tritt Ilmenit in Granat auf (2619.94 m, AS 633G2z II).

Unterhalb von 2550 m (Anschliff 621B1bK, 2557.19 m) bildet Magnetit wenige, kleine Einschlüsse in Pyrit (Abb. B.5.15, B.5.17). Durch sein fast stets untergeordnetes Auftreten bewirkt er im Gegensatz zu Pyrrhotin bis auf eine Ausnahme keine ausgeprägten magnetischen Anomalien. Bei 2955.20 m (Anschliff 725B1k) tritt Magnetit jedoch zusammen mit Covellin in einem Quarz-Feldspat-Mobilisat im Grenzbereich zwischen flaserigem Granat-Biotit-Sillimanit-Gneis und einer körneligen Gneislinse mengenmäßig hervor und bewirkt eine eng begrenzte magnetische Anomalie (siehe Kap. D); "streifiger" Magnetit füllt hier Buchten, Hohlräume, Zwischenlagen und Zwickel in und um Pyrit (Abb. B.5.14, Abb. D.5.6). Die relative Altersstellung von Pyrit und Magnetit ist noch unklar.

B.5.3 Graphit

Graphit ist akzessorischer Bestandteil fast aller untersuchten Ancliffe. Er bildet knäuelartige oder sternförmige Aggregate oder auch mehr oder weniger stark verbogene oder zerknitterte Leisten in der Grundmasse sowohl der Sillima-

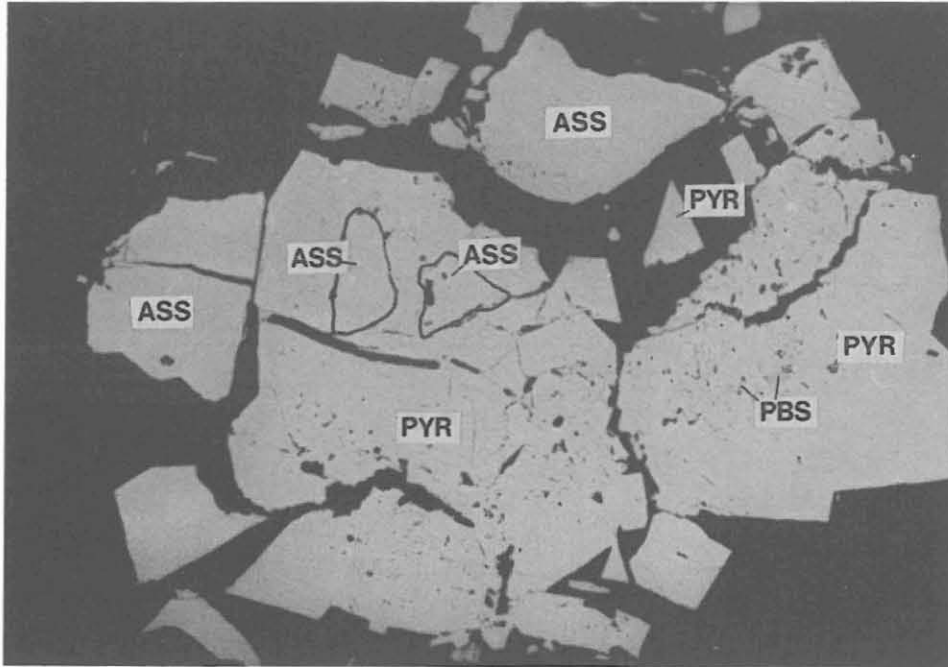


Abb. B.5.13: Kataklastisch überprägter Pyrit (PYR) mit ein- und angelagertem Arsenopyrit (ASS) sowie Galenit-Einschlüssen (PBS) in einer kleinen, gangförmigen Vererzung. Stark vergrüner, metablastischer Granat-Biotit-Gneis. (AS 632E1nKI, 2612.79 m, Öl, 1 N., lange Bildk. ca. 0.71 mm).

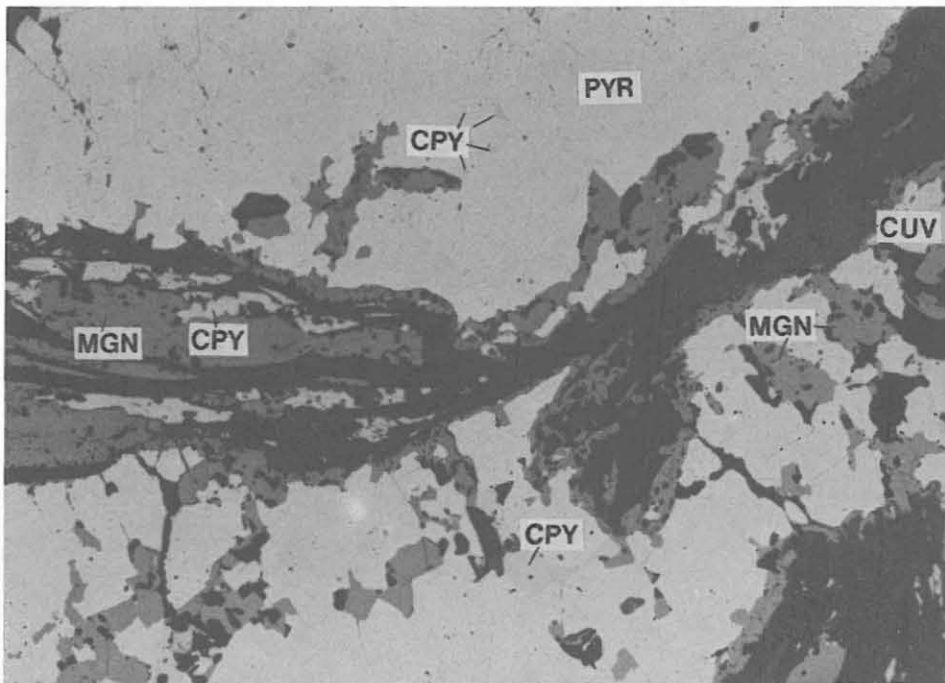


Abb. B.5.14: Pyrit (PYR) mit Chalkopyrit-Einschlüssen (CPY) und Magnetitein- und -anlagerungen (MGN); in Zwischenräumen lokal Covellin-Einlagerungen (CUV - wegen starker Bireflexion diffus grau) im Kontakt zwischen flaserigem und metablastischem Gneis (siehe auch Abb. D.5.6). (AS 725B1k, 2955.20 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca 0.8 mm).

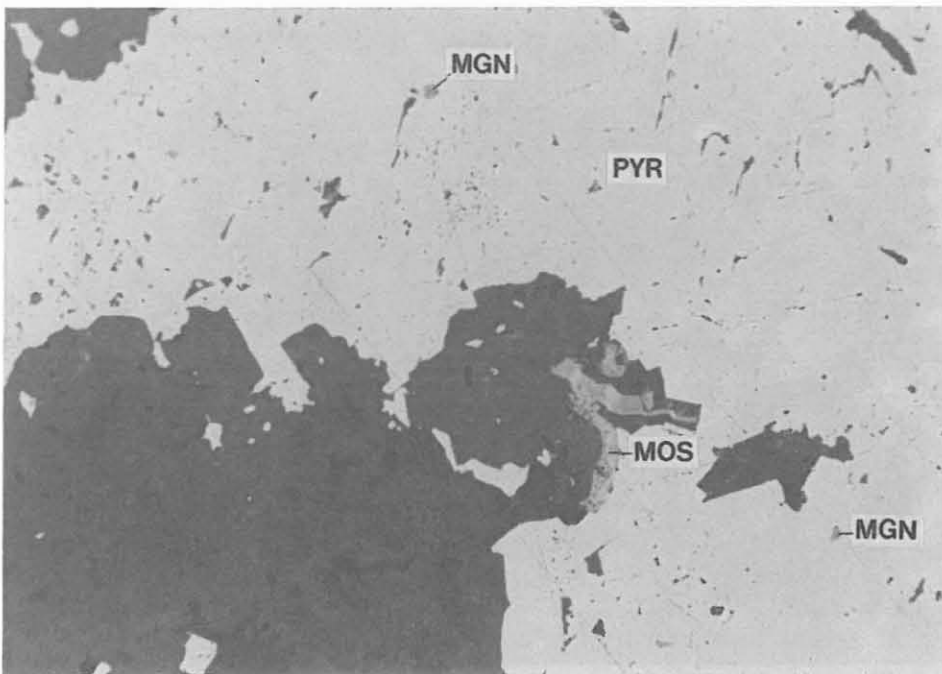


Abb. B.5.15: Molybdänit (MOS) in geknitterten Leisten an Pyrit (PYR); in Pyrit Magnetiteinschlüsse (MGN); am Rand einer 1 cm mächtigen Quarz-Plagioklas-Mobilisatlinse in Biotit-Hornblende-Gneis.
(AS 622G1ad, 2568.23 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.6 mm).

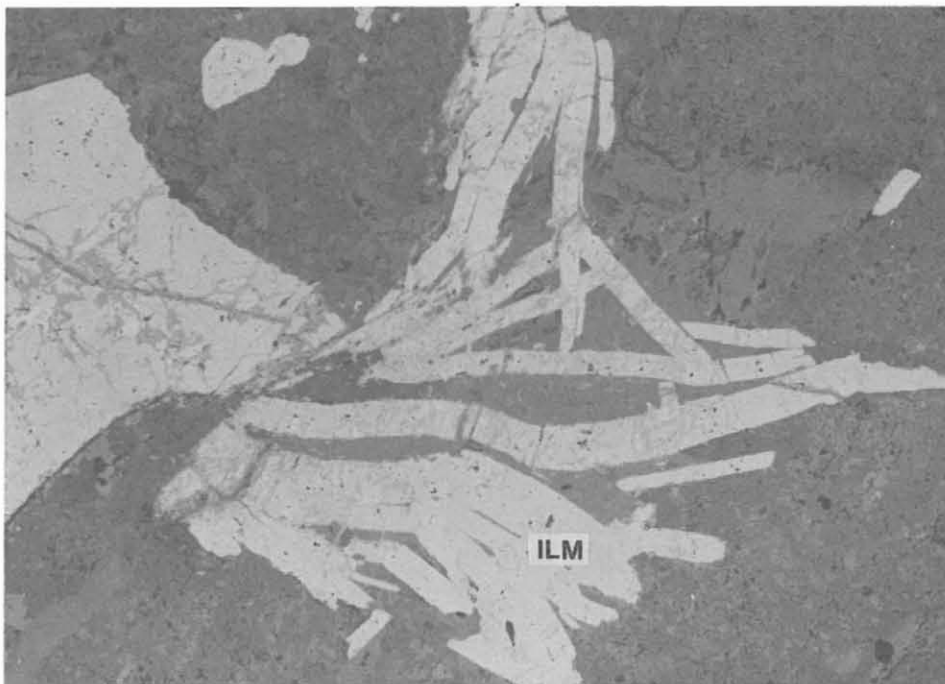


Abb. B.5.16: Bis 2 mm lange Ilmenitleisten (ILM) mit Anatas- und "Leukoxen"-Umwandlung (grau); in einer 10 cm mächtigen, pegmatoiden Einschaltung in einem metablastischen Biotit-Gneis.
(AS 722F2o, 2939.71 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 3.6 mm).

nit-Biotit-Gneise als auch der Biotit-Hornblende-Gneise. Leistenförmiger Graphit ist fast stets parallel zum metamorphen Lagenbau oder zu Scherbahnen orientiert. Mitunter ist er an sulfidische oder oxidische Erzminerale angelagert. In einer Kataklysezone bei 2593.12 m (Anschliff 628B1n) ist Graphit das dominierende Opakmineral in Form von z.T. verbogenen Leisten und Häutchen um Mineralkörner. Abb. B.5.17 zeigt Graphiteinlagerungen in Titanit. Bei 2811.68 m wurden ein ca. 1 mm großes Graphitknäuel und Graphit-Anlagerungen an Pyrit beobachtet (Abb. B.5.18).

B.5.4 Sphalerit als Gang- und Kluftmineralisation

Bei 2508.81 m (AS 612E1mK) und 2808.09 m (AS 683D1n) wurden mm- bis cm-mächtige, quarzreiche, sulfidvererzte Gangmineralisationen untersucht. Auf bis zu 0.5 mm großen Sphalerit-Aggregaten mit stellenweise schnurartigen Chalkopyrit-, Pyrit- und Pyrrhotin-Einschlüssen sind Pyrrhotin und Chalkopyrit meist saumartig aufgewachsen (Abb. B.5.19). Im Nebengestein findet sich im Anschliff 612E1mK eine mit der Gangmineralisation identische Sulfidparagenese. Hier bilden Sphalerit und Chalkopyrit auch Einschlüsse in Titanit. Bis zu 1 mm großer Pyrrhotin mit Deformationslamellen wird von Chalkopyrit umsäumt. Zwischen Pyrrhotin und Chalkopyrit kann Pyrit eingeschaltet sein.

Bei 2808.09 m tritt eine ganggebundene, fast reine Sphalerit-Mineralisation auf (Abb. B.5.20), die nur sehr kleine, zum Teil aufgereichte Chalkopyrit- und Pyriteinschlüsse sowie Rißfüllungen und Einlagerungen aus Galenit aufweist (Abb. B.5.21).

B.5.5 Altersbeziehungen

Aus den Verwachsungsphänomenen von Pyrit und Pyrrhotin geht hervor, daß Pyrrhotin sowohl jünger als auch älter als Pyrit sein kann. Im Anschliff 711E1mII (2903.33 m) erscheint spät gebildeter, idiomorpher Pyrit girlandenförmig entlang netzartiger Gängchen in Pyrrhotin (Abb. B.5.1, B.5.2). In AS 613F1k (2537.33 m) wird dagegen idiomorpher Pyrit von jüngerem Pyrrhotin umsäumt (Abb. B.5.3). In Anschliff 612H1t (2510.96 m) gibt es Hinweise auf zwei verschiedene Pyritgenerationen: auf größeren Aggregaten aus hypidio- bis xenomorphen, buchtigen Einzelkörnern aus Pyrit I ist saumartig "Sägeblatt"-ähnlicher Pyrit II aufgewachsen. Chalkopyrit, der an Pyrit II angelagert ist und in Pyrit I Zwickel füllt, stellt hier eine noch jüngere Phase dar. Chalkopyrit ist auch auf benachbartem Pyrit und Pyrrhotin aufgewachsen (Abb. B.5.4) oder tritt als Verdränger an ihren gemeinsamen Korngrenzen auf (Abb. B.5.3, B.5.6, B.5.7, B.5.8). Obwohl Chalkopyrit auch an Sphalerit angelagert ist (Abb. B.5.10), scheint dieser meist jünger als Chalkopyrit zu sein; Anschliff 616C1e bei 2528.08 m zeigt einen Sphalerit-Saum um Chalkopyrit (Abb. B.5.9). Galenit stellt in Form von Zwickel- und Rißfüllungen

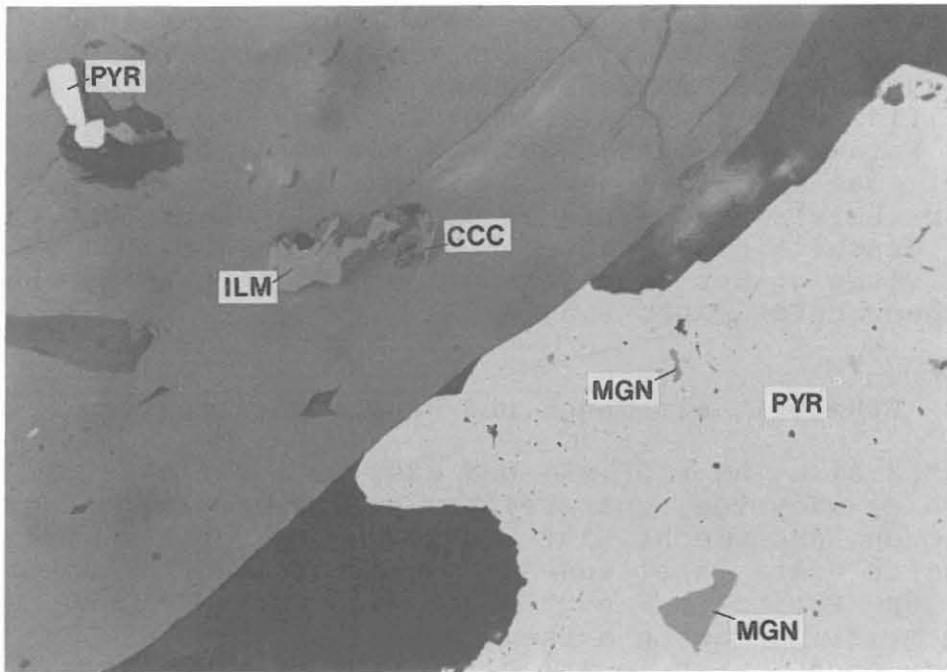


Abb. B.5.17: Titanit (grau) mit Pyrit (PYR), Ilmenit (ILM) und Graphit (CCC) neben Pyrit mit Magnetiteinschlüssen (MGN) in mobilisatreichem Biotit-Hornblende-Gneis.
(AS 622Glad, 2568.23 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.36 mm).

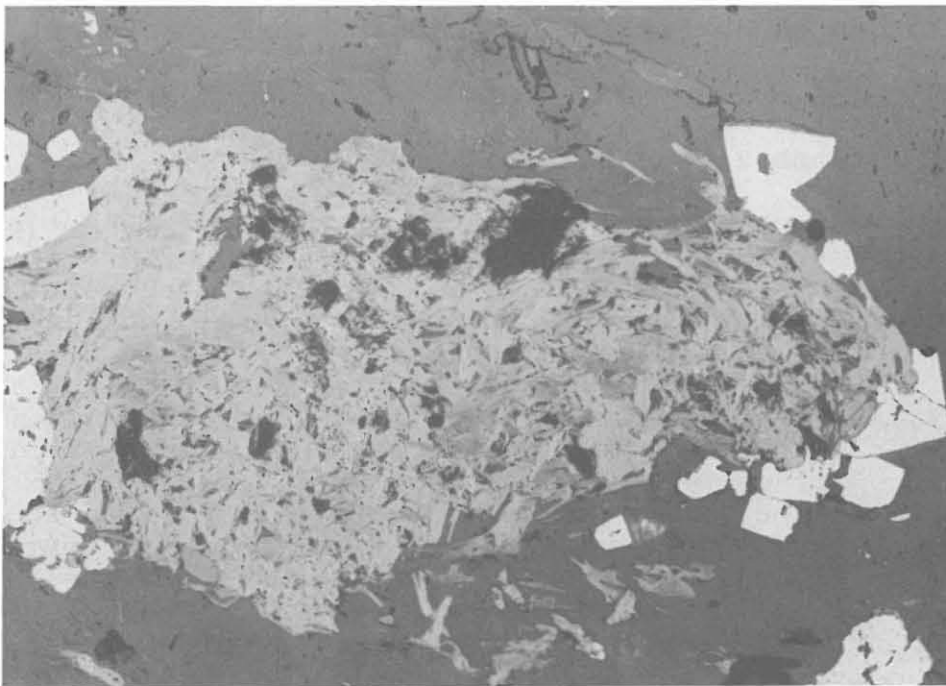


Abb. B.5.18: Knäuelartige Ansammlung von überwiegend leistenförmigem Graphit mit Pyrit (weiß) in Biotit-Gneis nahe des Hangendkontaktes einer Lamprophyr-Einschaltung.
(AS 685B3e, 2811.68 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 1.6 mm).

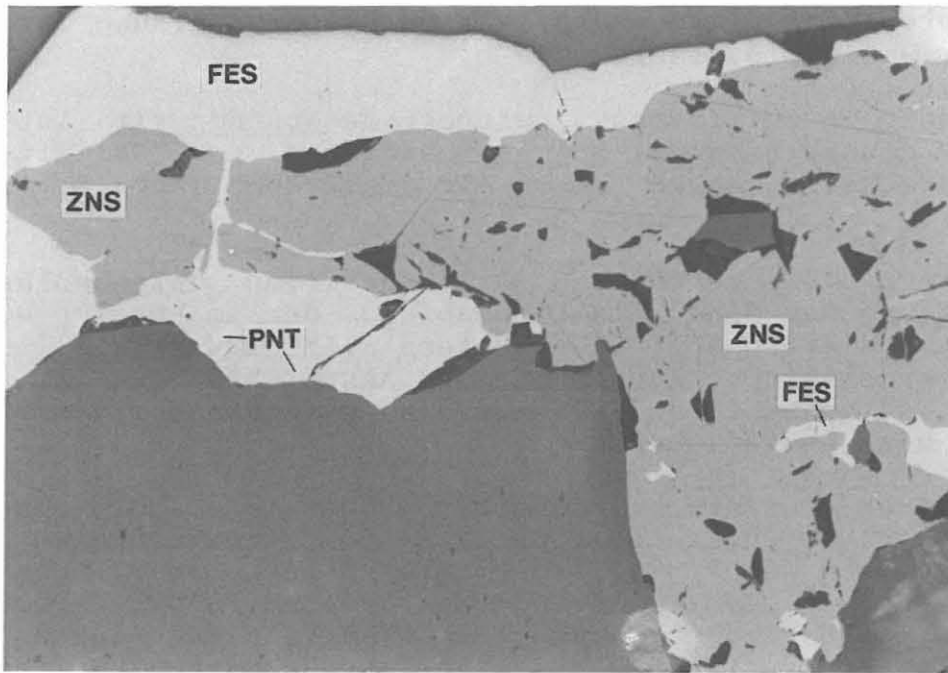


Abb. B.5.19: Sphalerit (ZNS) wird von Pyrrhotin (FES) mit flammenförmigen Pentlandit-Entmischungen (PNT) verdrängt; feinkörniger, lagiger, schwach vergrüner Amphibolit. (AS 612E1mK, 2508.81 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.9 mm).

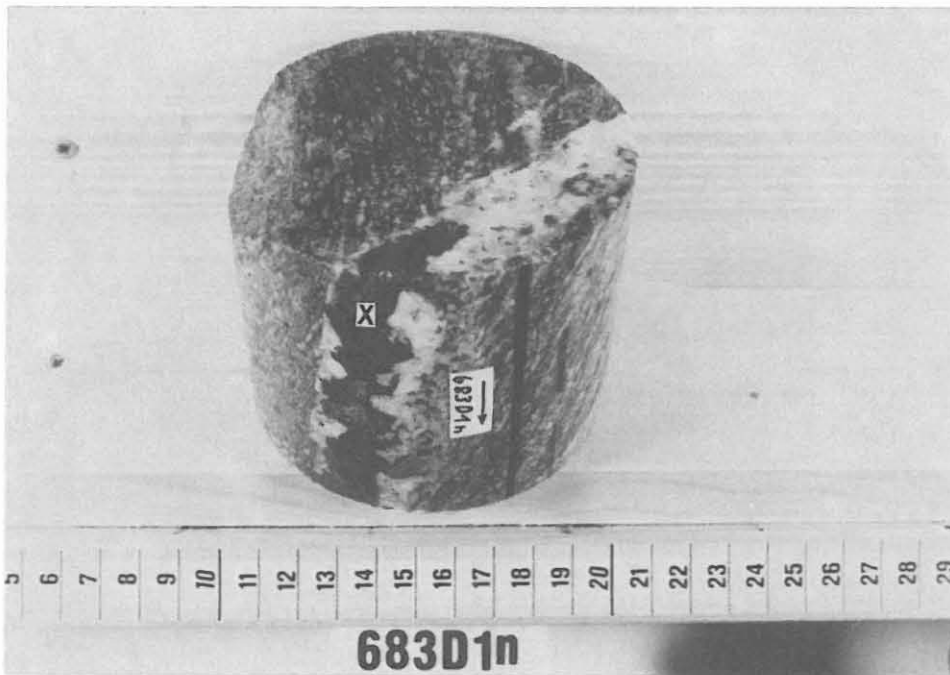


Abb. B.5.20: Gangförmige, hydrothermale Sphaleritvererzung (x) in granatführendem Sillimanit-Biotit-Gneis. (Kernstück 683D1n, 2808.09 m).

in anderen Mineralen ebenfalls eine spätere Bildung dar (Abb. B.5.13, B.5.21, B.5.22).

Auch der in Sulfidlinen auftretende Arsenopyrit ist eine relativ junge Bildung, muß aber aufgrund von Galenit- und Pyrit-Zwickelfüllungen älter als diese sein (Abb. B.5.13 und B.5.22).

Eine nach Temperatur und Bildungsmilieu aufgeschlüsselte Darstellung der Mineralisationsabfolge der im Bereich 0 - 540 m identifizierten Sulfide erläutern FRIEDRICH et al. (1989b). Die mikroskopische Auswertung der Anschliffe scheint diese Mineralisationsabfolge auch für den Teufenabschnitt 2500 bis 3009.7 m zu bestätigen.

Fast immer sind die sulfidischen Minerale jünger als die oxidischen. So füllt Chalkopyrit Risse in zerbrochenen Titanitkristallen oder in Ilmenit; er bildet aber auch Einschlüsse in Ilmenit. An anderen Stellen umgibt Pyrrhotin Titanit saumartig. Bei 2903.19 m (AS 711E1mI) durchschlägt ein kleiner Pyrit-Gang aus einer benachbarten Sulfidlinse tafelige Ilmenit (Abb. B.5.23).

Magnetit bildet Einschlüsse und Zwickelfüllungen in Pyrit (Abb. B.5.14, B.5.15, B.5.17, D.5.6).

Titanit bildet zwei unterschiedliche Generationen aus. Eine ältere besteht aus idiomorphen Einzelkristallen, eine jüngere ist als Umwandlungsprodukt häufig zusammen mit Anatas/Leukoxen Verdränger von Ilmenit.

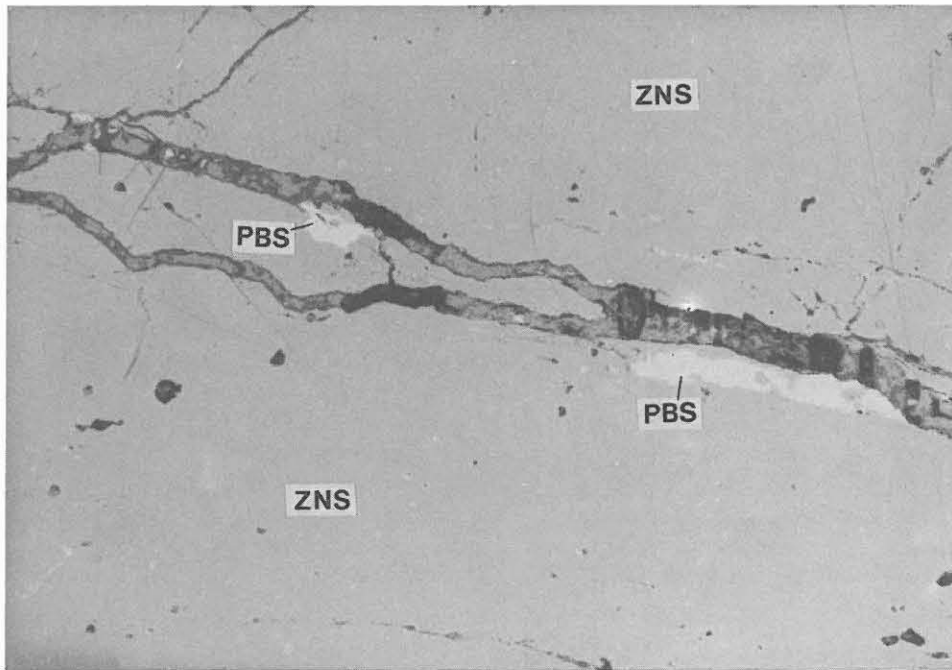


Abb. B.5.21: Sphalerit (ZNS) mit Galeniteinlagerungen (PBS) entlang von Rissen und sehr kleinen, helleren Chalkopyrit-Einschlüssen in der Grundmasse. Gestein wie Abb. B.5.20. (AS 683D1n, 2808.09 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 0.67 mm).

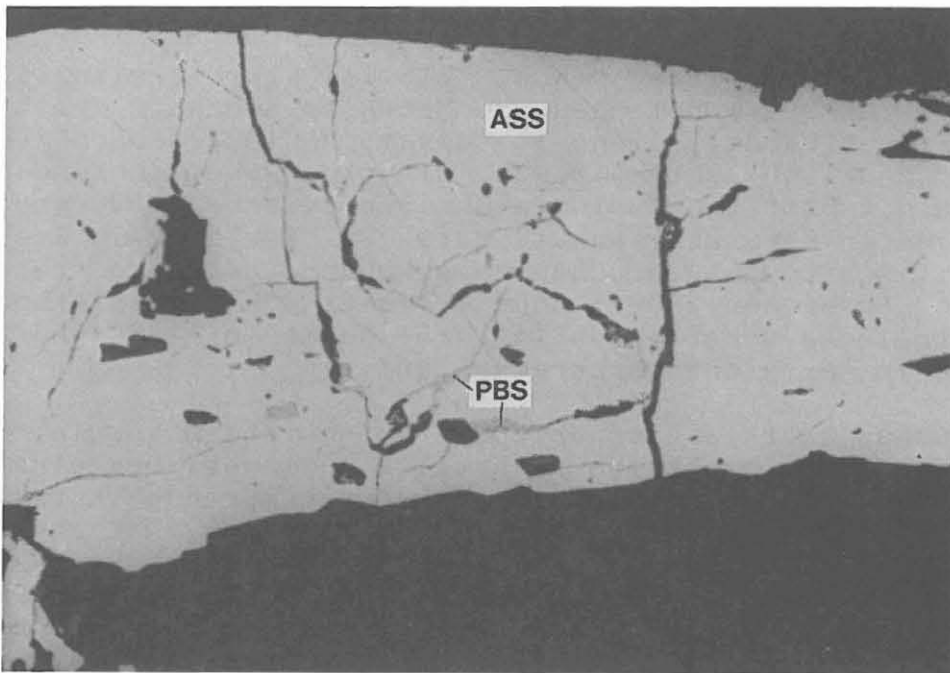


Abb. B.5.22: Galenit-Rißfüllungen (PBS) in Arsenopyrit (ASS) in einer kleinen, gangförmigen Mineralisation in stark vergrünem, metablastischem Granat-Biotit-Gneis. (AS 632E1nKI, 2612.79 m, Öl, 1 N., lange Bildk. ca. 0.32 mm).

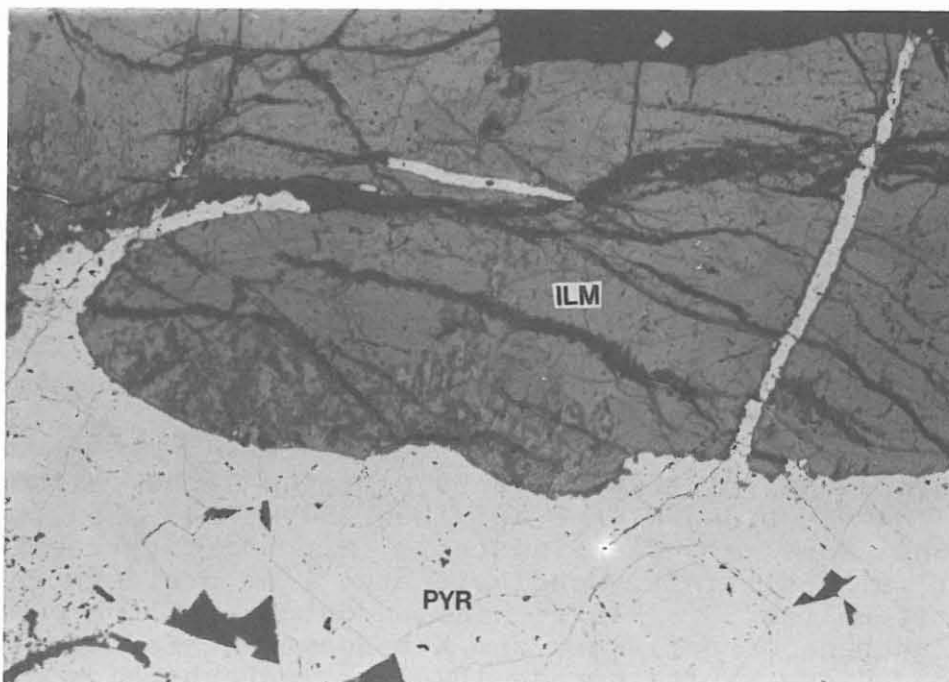


Abb. B.5.23: Ilmenit mit Anatas-"Leukoxen"-Umwandlungen (ILM) wird von Pyrit (PYR) entlang von Rissen verdrängt. Verheilte, erzmineralreiche Störung in Biotit-Hornblende-Gneis. (AS 711E1mI, 2903.19 m, Luft, 1 N., lange Bildk. ca. 3.2 mm).

B.6 Kataklastose und Kluftmineralisation

Die Klüftigkeitsziffer (Abb. B.6.1, Klüftigkeitsziffer = Anzahl offener Trennflächen pro Meter im Bohrkern unmittelbar nach Kernentnahme) liegt im gesamten Teufenabschnitt mit Werten deutlich unter 10 sehr niedrig, wobei besonders im Bereich mit Biotit-Hornblende-Gneisen zwischen 2500 und 2550 m sehr guter Kernzusammenhalt auffällt. Es ist kein Zusammenhang mit Bohrloch-Ausbrüchen zu erkennen. Letztere treten nur in den Bereichen 2590 - 2600 m (hier Chloritisierung und graphitbelegte Scherbahnen im Kern) sowie bei 2650 und 2668 m (beides in der Richtbohrstrecke) auf.

Das Ausmaß kataklastischer Überprägung ist im Vergleich zur hangenden Gesteinsabfolge wesentlich geringer. Der einzige im Profil ausgrenzbare, graphit- und pyritführende Kataklastit-horizont liegt zwischen 2775.4 m und 2776.8 m, hat aber keine Bohrloch-Auskesselung zur Folge. Die Kataklastose äußert sich in meist mm bis dm mächtigen, vergrüntem oder schwarzen Scherbahnen, an denen der Kern häufig seine Kohäsion behält. Minima im Gamma Ray Log, die durch starke Alteration des Biotits und damit einhergehende Kaliumverarmung hervorgerufen werden, und Bohrlochausbrüche, die im Kaliber-Log sichtbar sind, dienen zur Festlegung von Störungen innerhalb der Richtbohr-Strecke im detaillierten Litho-Profil (s. Anhang).

Einzelne, foliationsparallele Verschiebungsflächen treten im gesamten Teufenbereich auf. Diskordante, mittelsteile kataklastische Verschiebungsflächen lassen häufig einen auf-schiebenden Charakter erkennen (Abb. B.6.2). Jüngere Auf-schiebungen versetzen die älteren. Abschiebungen wurden kaum beobachtet. Die jüngsten kataklastischen Phänomene sind flache, mm-mächtige chloritisierte Diskontinuitätsflächen, an denen häufig ein geringer Versatz stattgefunden hat.

In unregelmäßigen Abständen sind steile bis saigere Klüfte vorhanden, die meist mit Quarz, Calcit oder Laumontit mineralisiert sind. Gelegentlich wurden auch mit Adular gefüllte Klüfte beobachtet (Abb. B.6.3). Zwischen 2563.0 m und 2566.5 m sowie bei 2615 m weisen mit Calcit verheilte Klüfte ein Salband aus frei in die Kluft gewachsenen Epidotkristallen auf (Abb. B.6.4 und B.6.5).

Im Teufenabschnitt 2500 bis 2554 m treten sechs halboffene, wenige mm mächtige Klüfte auf (bei 2509, 2532, 2542, 2545, 2546 und 2554 m). Sie sind teils mit Calcit, teils mit Prehnit mineralisiert, wobei ein etwa 1 mm breiter Spaltenraum offenblieb. Die Klüfte fallen durchweg flach ein und haben unebene Grenzflächen zum Nebengestein. Es ist auffällig, daß diese Klüfte gerade in einem Teufenbereich mit besonders niedrigen Klüftigkeitsziffern in den Biotit-Hornblende-Gneisen auftreten. Zuflüsse aus diesen Klüften wurden jedoch nicht beobachtet (vgl. Kapitel C.)

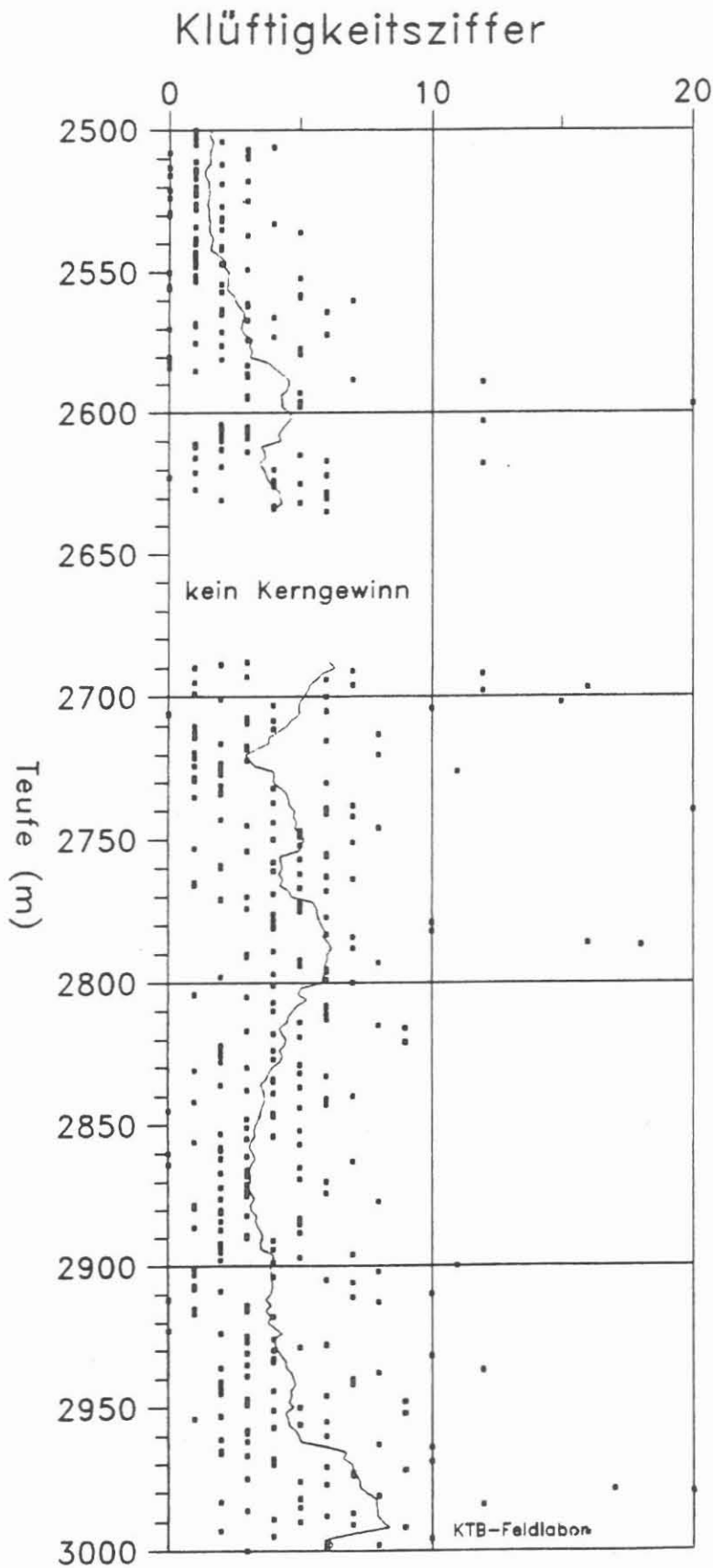


Abb. B.6.1: Klüftigkeitsziffer (Anzahl der Trennflächen, an denen der Kern zerbrochen ist pro Meter) in Abhängigkeit von der Teufe. Die Darstellung zeigt sowohl die einzelnen Werte als auch einen gleitenden Mittelwert über ein 30 m-Intervall.

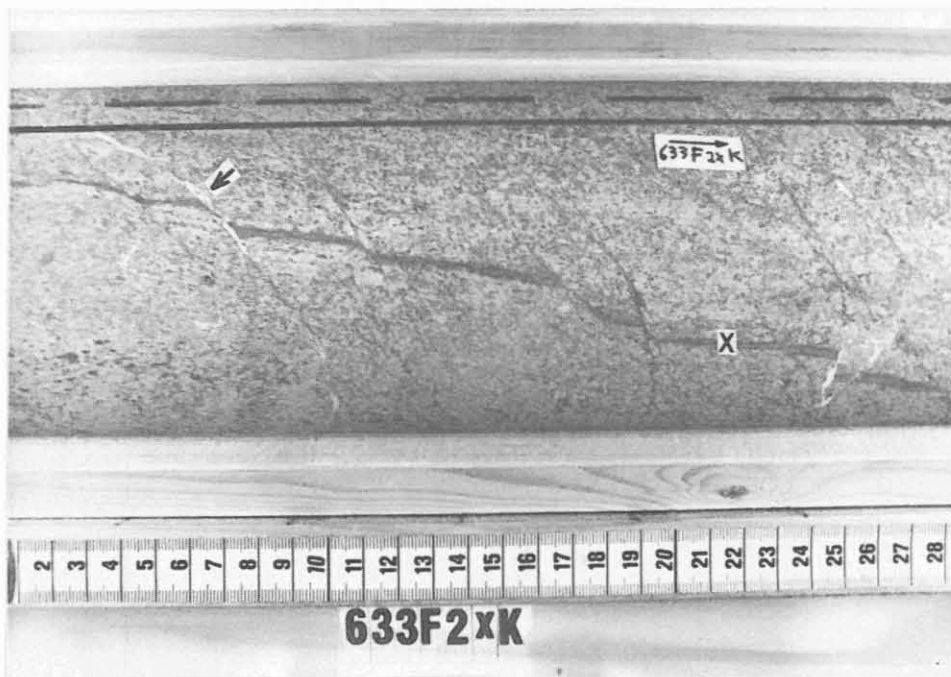


Abb. B.6.2: Eine Schar von diskreten Aufschiebungen (teilweise mit Laumontit mineralisiert, Pfeil) versetzt eine steile, graphitführende Kataklastosezone (x).
(Kernstück 633F2xK, 2618.68 m).

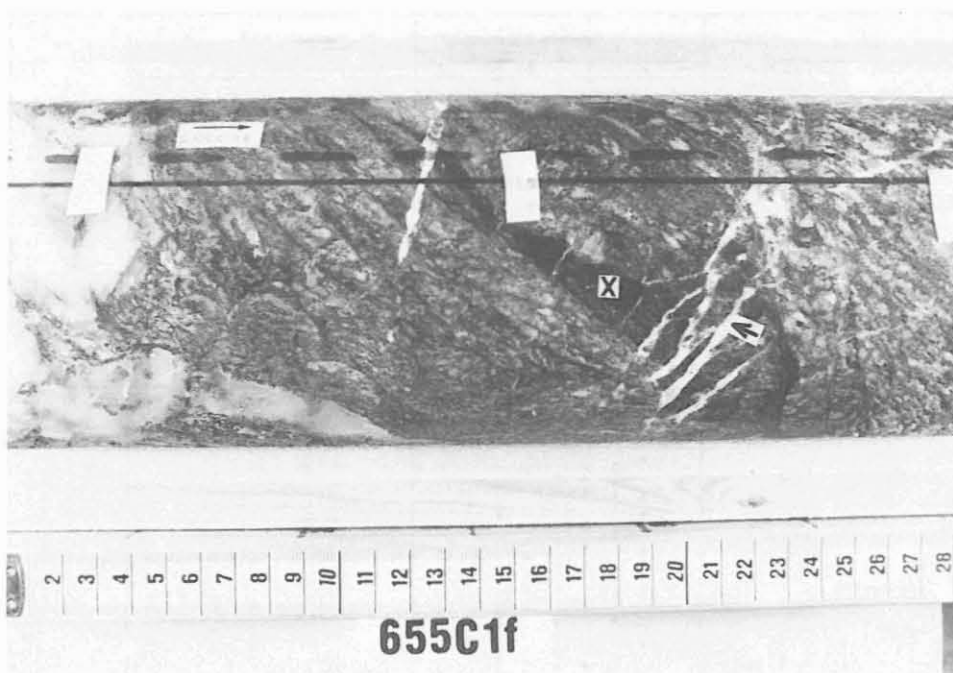


Abb. B.6.3: Mit Adular gefüllte Dehnungsklüfte (Pfeil) sind jünger als der graphitführende Kataklastit (x).
(Kernstück 655C1f, 2727.60 m).



Abb. B.6.4: Kluft mit Epidot und Calcit mineralisiert; die grünen Epidote bilden das Salband (Pfeil). (Kernstück 622B1gK, 2563.19 m).

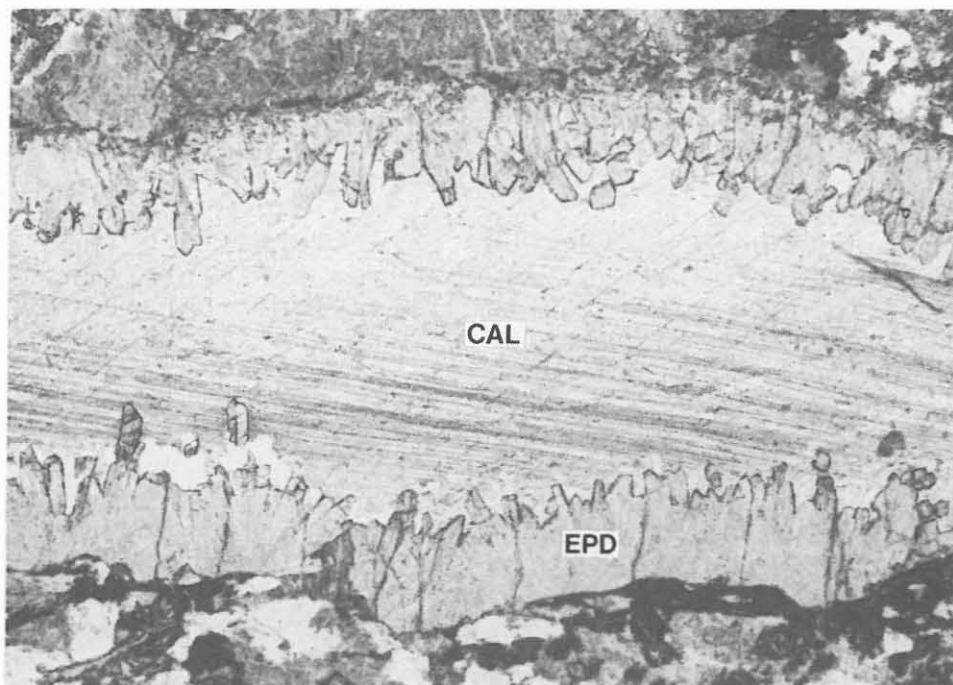


Abb. B.6.5: Dünnschliff einer ähnlichen Epidot- Calcit-Kluft wie in Abb. B.6.4; Epidote (EPD) sind senkrecht zum Salband in die offene Kluft gewachsen, die anschließend mit Calcit (CAL, deutliche Spaltbarkeit, Verwilligung) gefüllt wurde. (DS 633A2aK, 2614.73 m, 1 Nicol, lange Bildkante ca. 5.6 mm).

B.7 Deformationspfad

Eine Reihe von neuen Beobachtungen in diesem Berichtsschnitt führt zu einem komplexeren Bild der Gefügeentwicklung in den Gneisen als bisher bekannt war (vgl. RÖHR et al. 1989: B69). Von einer Zuordnung der Deformationsereignisse zu $D_1 - D_x$ wird deshalb abgesehen, bis nach Abschluß der Untersuchungen die an der KTB-VB gewonnenen Einzelergebnisse ein vollständiges Bild der Deformationsgeschichte liefern.

- Die planaren Interngefüge in Granaten sind vermutlich die ältesten Gefüge, die bisher in den Sillimanit-Biotit-Gneisen gefunden wurden. Sie deuten auf eine ältere als die heute zu beobachtende penetrative Foliation hin.
- Das undeformierte metablastische Gefüge der Biotit-Hornblende-Gneise (oberhalb 2492 m, KTB-Report 89-2) repräsentiert ein weiteres prädeformatives Gefüge bezüglich der penetrativen Foliation.
- Intrafolialfalten und die Gneisfoliation als dazugehörige achsenebenenparallele Schieferung bilden jüngere, makroskopisch sichtbare Deformationsgefüge. Ein makroskopisch erkennbares Streckungslinear wird mikroskopisch aus länglichen Plattenquarzen und homoaxial gestreckten, rekristallisierten Feldspatblasten bzw. boudinierten hornblendereichen Lagen gebildet.
- Konkordante Lage von Foliation und Streckungslinear in HT-mylonitischen Sillimanit-Biotit-Gneisen und Biotit-Hornblende-Gneisen belegen, daß die HT-Mylonitisierung der Sillimanit-Biotit-Gneise und die post-metablastische Verformung der metablastischen Biotit-Hornblende-Gneise dem gleichen Deformationsstadium angehören.
- Eine jüngere Deformation führte zur Verfaltung der penetrativen Gneisfoliation. Asymmetrische Kleinfalten in den Gneisen zeigen Quarz-Rekristallisation. Der Biotit ist sowohl in den Faltenscharnieren als auch im älteren Lagenbau entweder deformiert oder rekristallisiert.

Daneben gibt es zwei Faltenstrukturen im Meter-Maßstab. Die Falte zwischen 2708 m und 2709 m hat einem z.T. sehr grobkörnigen Granat-Amphibolit im Kern. Am Hangendschenkel tritt eine Diskordanz in der Foliation von etwa 40° auf (Abb. B.7.1.a). Da diese Diskordanz nicht kataklastisch überprägt ist, erfolgte die Abscherung vermutlich im Zuge der Faltung aufgrund des unterschiedlichen rheologischen Verhaltens von Sillimanit-Biotit-Gneis und granatreichem Amphibolit. Eine Quarzlage bildet den direkten Kontakt zwischen beiden. Der Saum dieser Quarzlage ist feinkörnig dynamisch rekristallisiert, innerhalb der Lage dominieren Korngrenzenmigration und Subkornbildung (Abb. B.7.1.c).

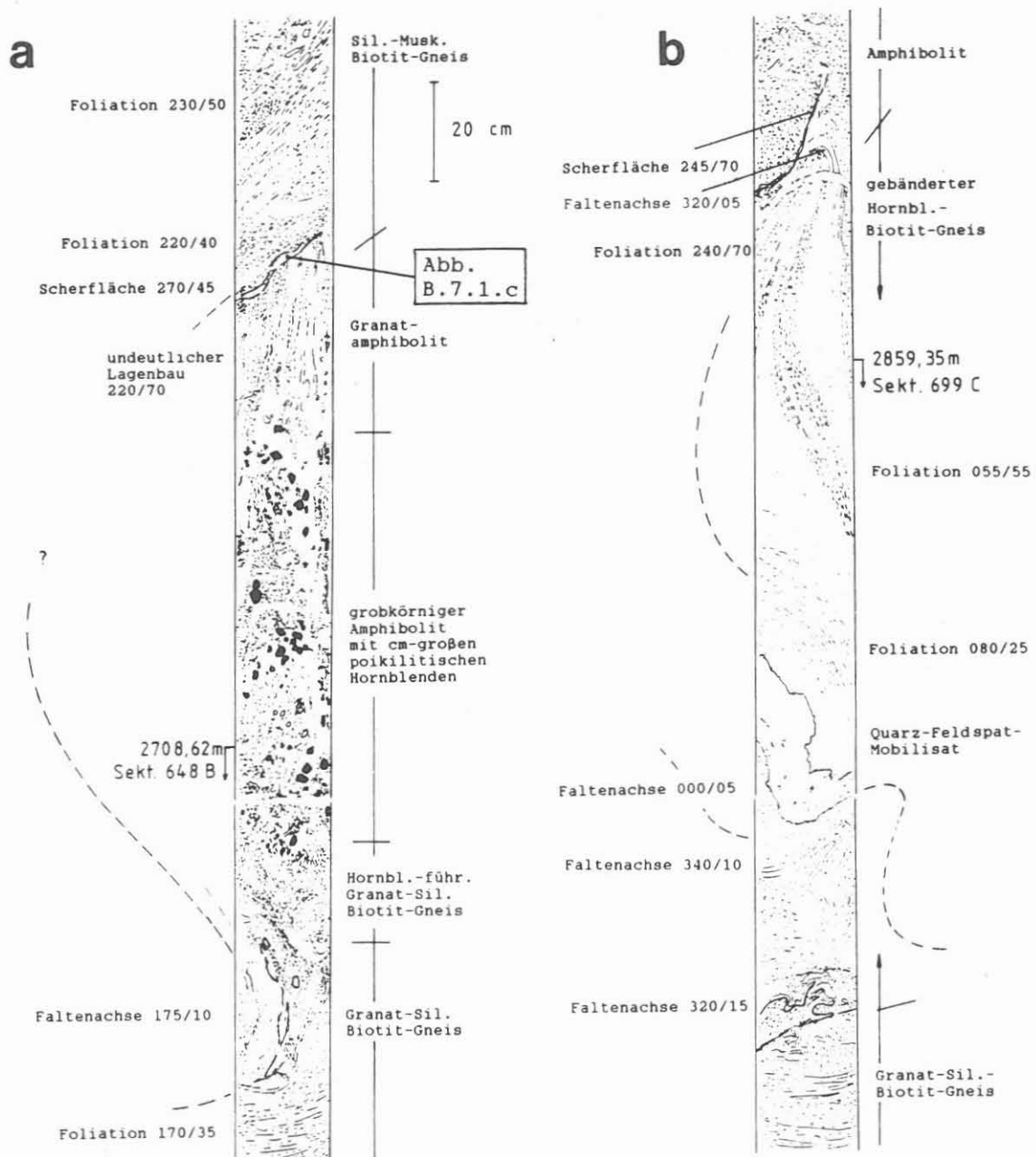


Abb. B.7.1:

(a) Diskordanz in der Foliation an einer duktilen Scherfläche zwischen Sillimanit-Biotit-Gneis und Granat-Amphibolit. In Verbindung mit der Falte im Liegenden wird der Amphibolit als Kern einer am Hangendschenkel abgescherten, liegenden Faltenstruktur aufgefaßt.

(b) Am Kontakt zum hangenden Amphibolit abgescherte Faltenstruktur. Abscherung und disharmonische Faltung wie auch die Verdrehung der Faltenachse und der Foliation im Bereich des Mobilisates sind wahrscheinlich Folgen des unterschiedlichen rheologischen Verhaltens der einzelnen Lagen.

Alle Azimutwerte sind punktuelle FMST-Auswertungen, deren Genauigkeit mit $\pm 15^\circ$ abgeschätzt wird.

Zwischen 2859 m und 2860 m tritt eine zweite m-große Faltenstruktur auf. Die halboffene Falte im Hornblende-Biotit-Gneis ist im Hangenden am Kontakt zum Amphibolit abgeschert. Ein mehrere Zentimeter mächtiges, kompetentes Quarz-Feldspat-Mobilisat wurde eng verfaultet (Abb. B.7.1.b).

- Nach der HT-Mylonitierung wurden die Gneise in einigen Bereichen erneut unter duktilen Bedingungen geschert, jedoch nicht mehr statisch getempert. Die bei diesem Vorgang entstandene strafflagige Foliation verläuft parallel zur penetrativen Foliation der Gneise. In einem Fall wurde diese jüngere, mylonitische Foliation asymmetrisch verfaultet.
- Wie im KTB-Report 89-2 beschrieben, sind die jüngsten Faltenstrukturen offene Falten (Abb. B.7.2) mit annähernd horizontal liegender Faltenachsenfläche. Außerdem gibt es Knickzonen mit meist subhorizontaler Knickfläche. Diese Strukturen treten häufiger in den Bereichen 2705 m - 2707 m, 2716.5 m - 2720.5 m, 2825 m - 2831 m sowie 2990 m - 3009.7 m auf. Es werden aber auch Faltenbilder mit senkrechter Faltenachsenfläche beobachtet.
- Die jüngsten tektonischen Ereignisse haben zu einer mehrphasigen, kataklastischen Überprägung der Gesteine geführt (vgl. Kap. E. und ZULAUF & KOHL 1989). Die Intrusion der Lamprophyre dürfte sich nach der ältesten bruchhaften Verformung ereignet haben, da Lamprophyre in Graphitkataklastite intrudierten (RÖHR et al. 1989: B30), aber von den jüngeren spröden Deformationen noch beeinflusst wurden.



Abb. B.7.1.c: Detail aus der mit Quarz verheilten Scherfläche in Abb. B.7.1.a. Subkornbildung ist das charakteristische Gefügemerkmal dieser mehrere mm mächtigen Quarzlage. (DS 648A1b, 2708.27 m, + Nicols, lange Bildkante ca. 3 mm).

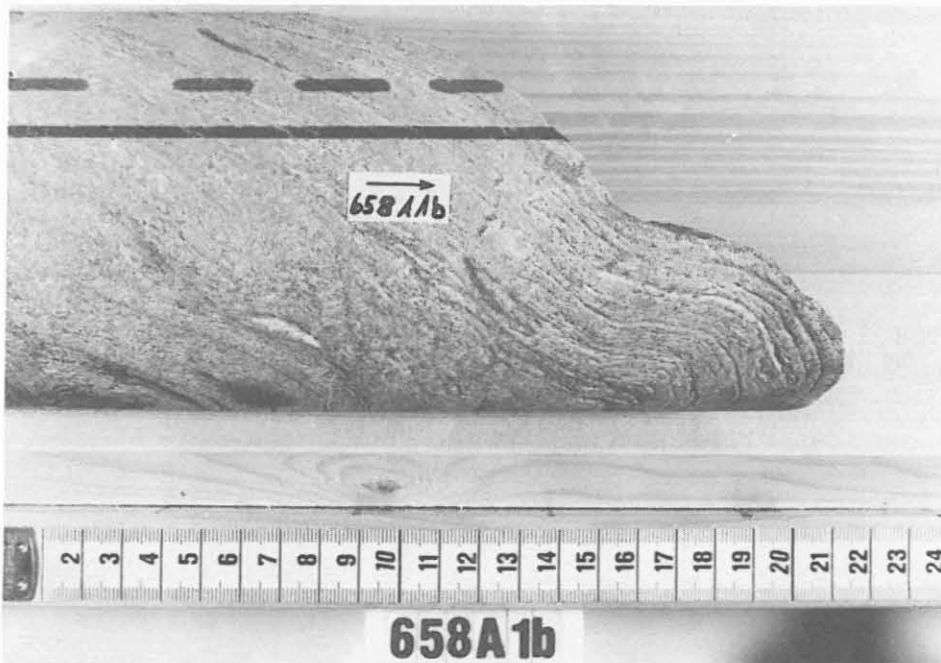


Abb. B.7.2: Offene Falte im Sillimanit-Biotit-Gneis. (Kernstück 658A1b, 2739.75 m).

B.8 Core-Disking

Zwischen 2901 m und 2905 m (KM 711) treten Einschaltungen von Hornblende-Biotit-Gneise auf, in denen die Foliation weniger deutlich ausgeprägt ist als in den umgebenden Sillimanit-Biotit-Gneisen. In diesem Abschnitt wurden erstmals eindeutige 'Core-Disking'-Strukturen beobachtet. Mit Core-Disking bezeichnet man eine scheibenförmige Zerlegung des Bohrkernes entlang sinusförmig verbogener Trennflächen, die senkrecht zur Kernachse liegen (Abb. B.8.1). Diese Trennflächen entsprechen keinen paläotektonisch erzeugten Strukturen, sondern sind Entlastungsrisse, die beim Herausschneiden der Gesteinsäule aus dem Anstehenden entstehen (vgl. BORM et al. 1989: 313ff.). Die räumliche Lage der in situ-Spannungsrichtung im Gebirge kann einen systematischen Einfluß auf die Symmetrie dieser Trennflächen haben (Dietrich, Wolter, mündliche Mitteilung).

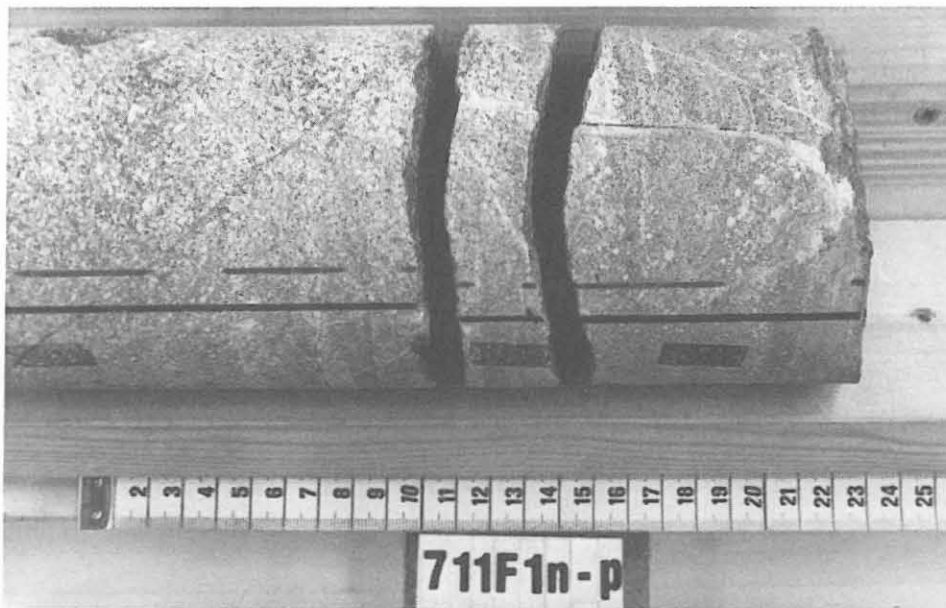


Abb. B.8.1: Typische Ausbildung von Core-Disking. Biotit-Hornblende-Gneis. (Kernstücke 711F1n-p, 2903.94 - 2904.19 m).

B.9 Literaturverzeichnis

- BORM, G., BÜHLER, M., LEMPP, Ch., NATAU, O., PIMENTEL, E. & RÖCKEL, Th. (1989): Bohrloch- und Bohrkern-Instabilitäten an Beispielen der KTB-Vorbohrung. KTB Report 89-3, 313-322.
- DE LA ROCHE, H. (1965): Sur l'existence de plusieurs facies géochimiques dans les schistes paléozoïques des Pyrénées Luchonaises. - Geol. Rdsch. 55, 274-301.
- FRIEDRICH, G., KOTNIK, M., VOGTMANN-BECKER, J., HERZIG, P., KONTRY, A. & KEYSSNER, S. (1989a): Erzpetrologie und Mineralchemie im Kontinentalen Tiefbohrprogramm - Vorbohrung "VB-Oberpfalz".- 2. Zwischenbericht, DFG FR 240/45-3, Inst. für Mineralogie und Lagerstättenlehre, RWTH Aachen, 70 S. (unveröff.).
- FRIEDRICH, G., HERZIG, P., KONTRY, A. VOGTMANN-BECKER. J., & KEYSSNER, S. (1989b): Erzpetrologie und Mineralchemie in der Kontinentalen Tiefbohrung (KTB Oberpfalz VB) - Mineralchemie, Geobarometrie, Geothermometrie.- 3. Zwischenbericht, DFG Fr 240/45-4, Inst. für Mineralogie und Lagerstättenlehre, RWTH Aachen, 40 S. (unveröff.).
- LE MAITRE, R.W. (1984): A proposal by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram. - Austral. J. Earth Sci. 31, 243-255.
- MÜLLER, H., TAPPER, M., EMMERMANN, R. & WIMMENAUER, W. (1989): Die Paragneise im Profil der KTB-Vorbohrung. - KTB-Report 89-3, 61-66.
- RIVALENTI, G. & SIGHINOLFI, G.P. (1969): Geochemical study of graywackes as possible starting material of para-amphibolites. - Contrib. Miner. Petrol. 23, 173-188.
- RÖCKEL, TH. & NATAU, O. (1989): Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB - erste Ergebnisse felsmechanischer Indexversuche bis 1998 m.- KTB Report 89-2, H1-H22.
- RÖHR, C., HACKER, W., KEYSSNER, S., KOHL, J. & MÜLLER, H. (1989): Tiefbohrung KTB-Oberpfalz VB, Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung im KTB-Feldlabor, Teufenbericht von 1709 bis 2500 m: B. Geologie; KTB Report 89-2, B1-B114.
- WIMMENAUER, W. (1984): Das prävariskische Kristallin im Schwarzwald. - Fortschr. Miner. 62, Bh. 2, 69-86.
- ZULAUF, G. & KOHL, J. (1989): Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB, Bruchtektonik im Teufenbereich von 1177 bis 1530 m. - KTB Report 89-2, E1-E14.

B.10 Danksagung

Für kritische Anmerkungen und hilfreiche Diskussionsbeiträge danken wir Prof. R. Emmermann, Prof. K. v. Gehlen, Prof. K. Weber, Prof. B. Stöckhert und Dr. M. Heinisch.

Die Probenvorbereitung und Schliffanfertigung lag in den Händen von X. Spies, E. Wiendl, S. Lang, O. Leitner und P. Prätori. Für die Unterstützung bei den fotografischen und zeichnerischen Darstellungen danken wir M. Neuber und E. Nuber.

B.11 Anhang

Der Anhang umfaßt das detaillierte geologische Profil (Abb. B.11 und Tab. B.11)

Erläuterungen zum geologischen Profil (Abb. B.11)

Spalte	Erläuterung
CUTTINGS	<p>Die erbohrten Cuttings werden vor Ort naß gesiebt, getrocknet und die Fraktionen volumetrisch ausgewogen. Dargestellt sind die prozentualen Anteile der Fraktionen. Der Graph zeigt:</p> <p>links: grobe Fraktion = größer als 1 mm mitte: feine Fraktion = 0.063 - 1 mm rechts: feinste Fraktion = kleiner als 0.063 mm</p> <p>Diese Spalte wird nur in kernlosen Strecken ausgefüllt. Weiterhin sind technische Angaben enthalten, die die Cuttings beeinflussen: E/A = Ein-/Ausbau des Gestänges, RM = Rollenmeißel, DIA = Diamant-Meißel, Richtbohren = der Meißel wird über einen Untertage-Motor angetrieben und aktiv in eine bestimmte Richtung abgelenkt.</p>
GAMMA-RAY	<p>In der Kurve GAMMA-RAY ist die natürliche Gamma-Strahlung der durchbohrten Gesteine in API-Einheiten angegeben. Sie ist ein Maß für den Gehalt an Kalium, Uran und Thorium im Gestein, den einzigen natürlich vorkommenden radioaktiven Elementen.</p>

KALIBER	Die Kurve KALIBER zeigt den Bohrlochdurchmesser an. Der Außendurchmesser der Bohrkronen beträgt 152 mm (6"). GAMMA-RAY und KALIBER sind Bohrlochmessungen.
LITHOLOGIE	Gesteinsname und seine graphische Darstellung. Abkürzungen siehe unten.
FOLIATION	Das Einfallen der Foliation in Grad ist als Zahl und zur Veranschaulichung als Graph angegeben.
ALTERATION	Nach der Cutting- und Dünnschliffanalyse wurde ein qualitativer Alterationsgrad nach folgendem Schema festgelegt: 1 = frisches Gestein 2 = schwach alteriertes Gestein 3 = deutlich alteriertes Gestein 4 = völlig alteriertes Gestein Die Grenze unterschiedlich alterierter Gesteine ist durch einen waagerechten Strich markiert. Über und unter ihr ist der entsprechende Alterationsgrad angegeben.
STÖRUNGEN	Störungen sind durch eine gerade Linie dargestellt.
KERNMARSCH	Ein Kernmarsch ist ein maximal 6 m langer Bohrkern, der in einem Arbeitsgang abgebohrt und dann geborgen wird. Kommt weniger Kernmaterial zu Tage als abgebohrt wurde, wird der fehlende Teil als VERLUST bezeichnet. Die über Tage angekommene Kernstrecke heißt GEWINN. Der Kerngewinn wird schematisch nach oben an den Beginn des Kernmarsches geschoben.
KLÜFTIGKEITSZIFFER	Für die Korrelation mit dem Bohrfortschritt, Auskesselungsbereichen oder sonstigen Bohrparametern wurden am Kern die Anzahl der Klüfte pro Meter (=Klüftigkeitsziffer) bestimmt. Gezählt wurden ebene Trennflächen, an denen der Kern bereits zerbrochen war oder an denen er in Kürze zerbrechen würde (latente Klüfte). Zur besseren Übersicht ist die Klüftigkeitsziffer in Abb. B.2.10 in komprimierter Form dargestellt.

PROBEN

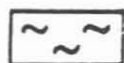
Hier sind die Beprobungspunkte des Feldlabors aufgelistet. Im Einzelnen bedeutet:

Zentrifuge RDA/RFA: An den markierten Stellen liegen Röntgen-Fluoreszenz-Analysen von Haupt- und Spurenelementen vor. Der modale Mineralbestand wurde durch quantitative Röntgen-Diffraktometer-Analysen ermittelt. Das Analysenmaterial ist eine Bohrmehlprobe. Sie wird durch Zentrifugieren der Bohrspülung gewonnen.
Anschliffe: An diesen Stellen liegen polierte Anschliffe für die Erzmikroskopie vor. Teilweise wurden Kernstücke, teilweise Cuttings (Bohrklein) zur Schliffherstellung benutzt.
Kernstücke RDA/RFA: Wie Zentrifuge RDA/RFA nur wurden hier Kernstücke analysiert.
Dünnschliffe: An diesen Stellen liegen Gesteinsdünnschliffe für die Durchlicht-Polarisations-Mikroskopie vor. Sie wurden von Kernstücken hergestellt.

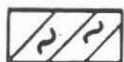
Abkürzungen:

GNT, HBL = Granat, Hornblende
QRZ, PLG = Quarz, Plagioklas
KYA, AMF = Kyanit, Amphibol
SIL, BIO = Sillimanit, Biotit
MUS, HGL = Muskovit, Hellglimmer
ALT = alteriert
GNS = Gneis
AMP = Amphibolit
MOB = Mobilisat
FLS = flaserig
KKL = kataklastisch, Kataklasit
E/A = Ein-/Ausbau des Gestänges
RM = Rollenmeißel
DIA = Diameißel

Signaturen:



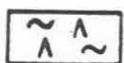
flaseriger Gneis



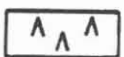
strafflagiger Gneis



Wechsellagerung zwischen flaserigem
und strafflagigem Gneis



hornblendeführender Gneis



Amphibolit



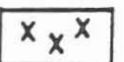
Lamprophyr



Aplitgranit



Kataklastit, kataklastischer Gneis

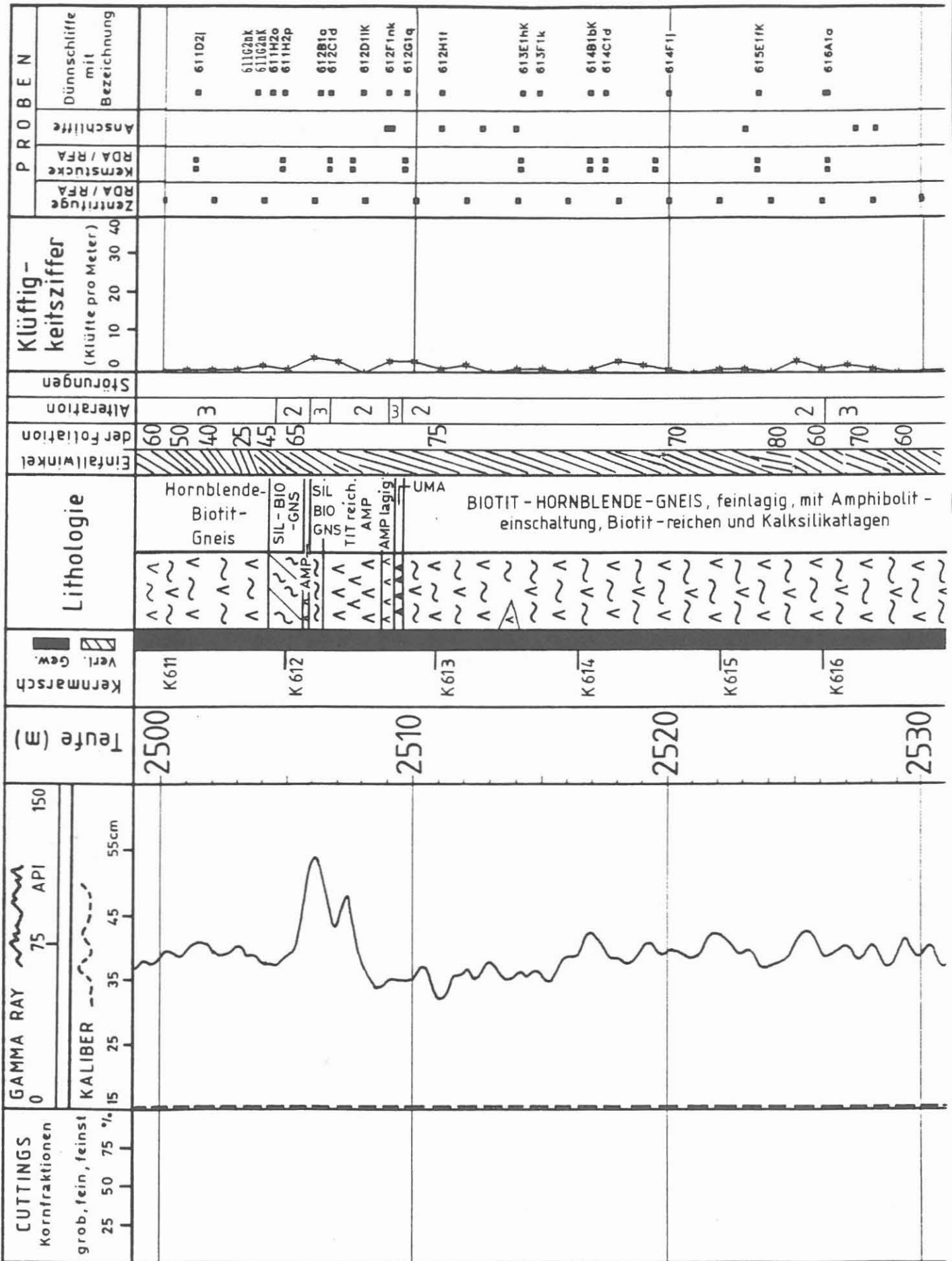


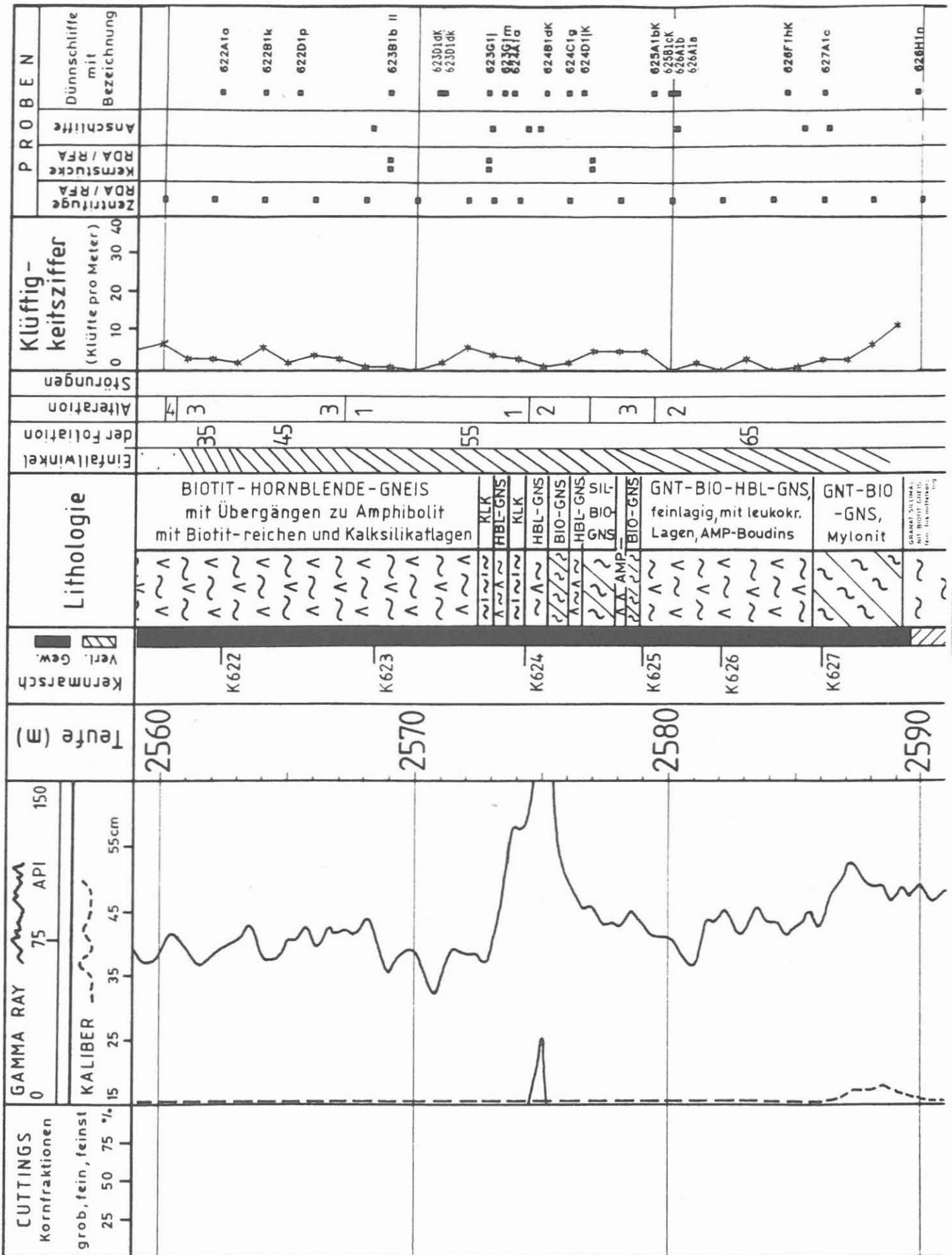
Quarzgang, Quarz-Feldspat-Mobilisat, Pegmatoid

Folgende Seiten:

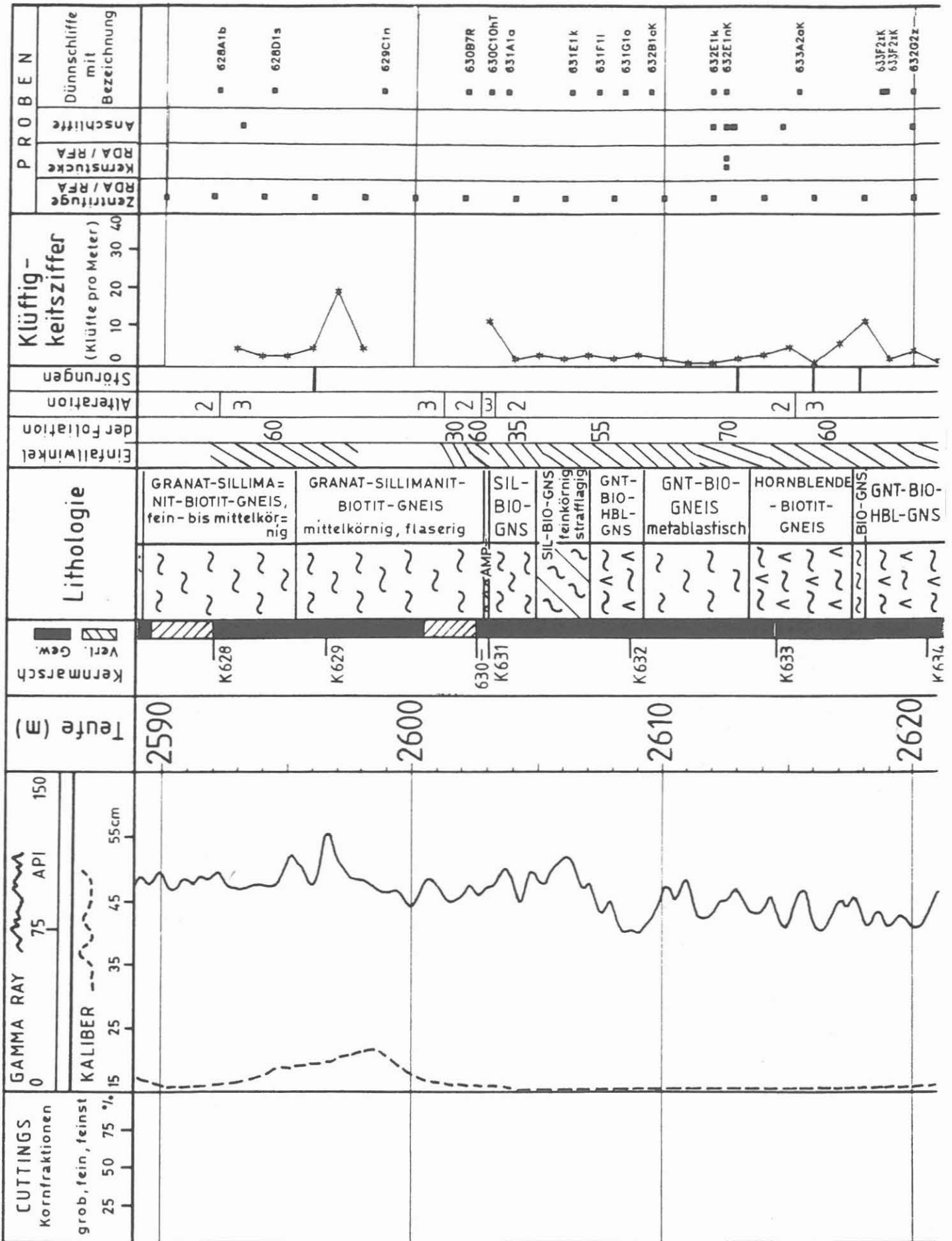
Abb. B.11: Profildarstellung der geologischen Ergebnisse im Vergleich mit ausgewählten bohrtechnischen Daten und Bohrlochmessungen im Maßstab 1:200.

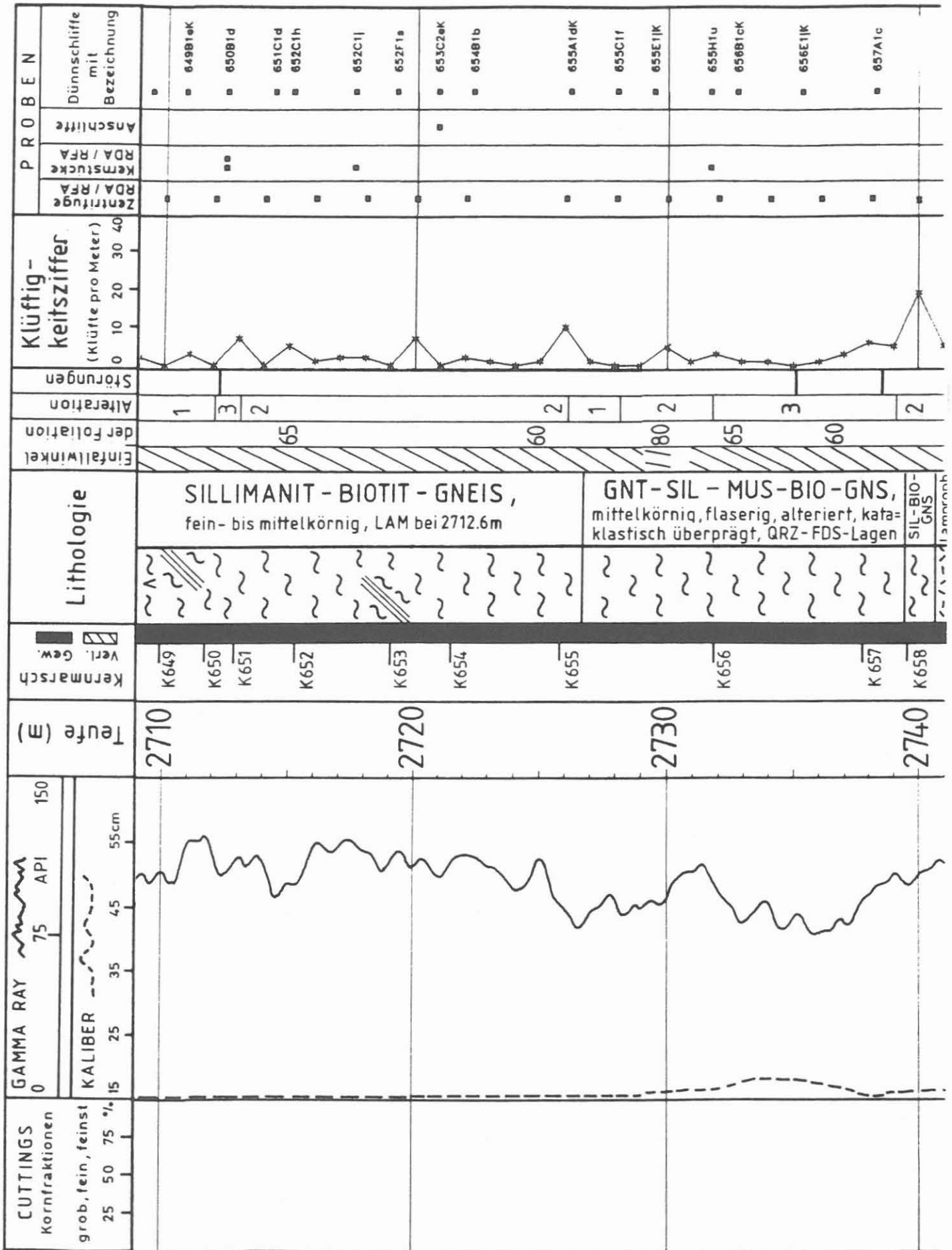
Mit zunehmender Teufe erhöht sich die Differenz zwischen Logteufe (gamma ray, Kaliber) und Kernteufe (Gestängeteufe). In diesem Profilabschnitt können die Logteufen bis zu 2 m größer sein als die Kernteufen.

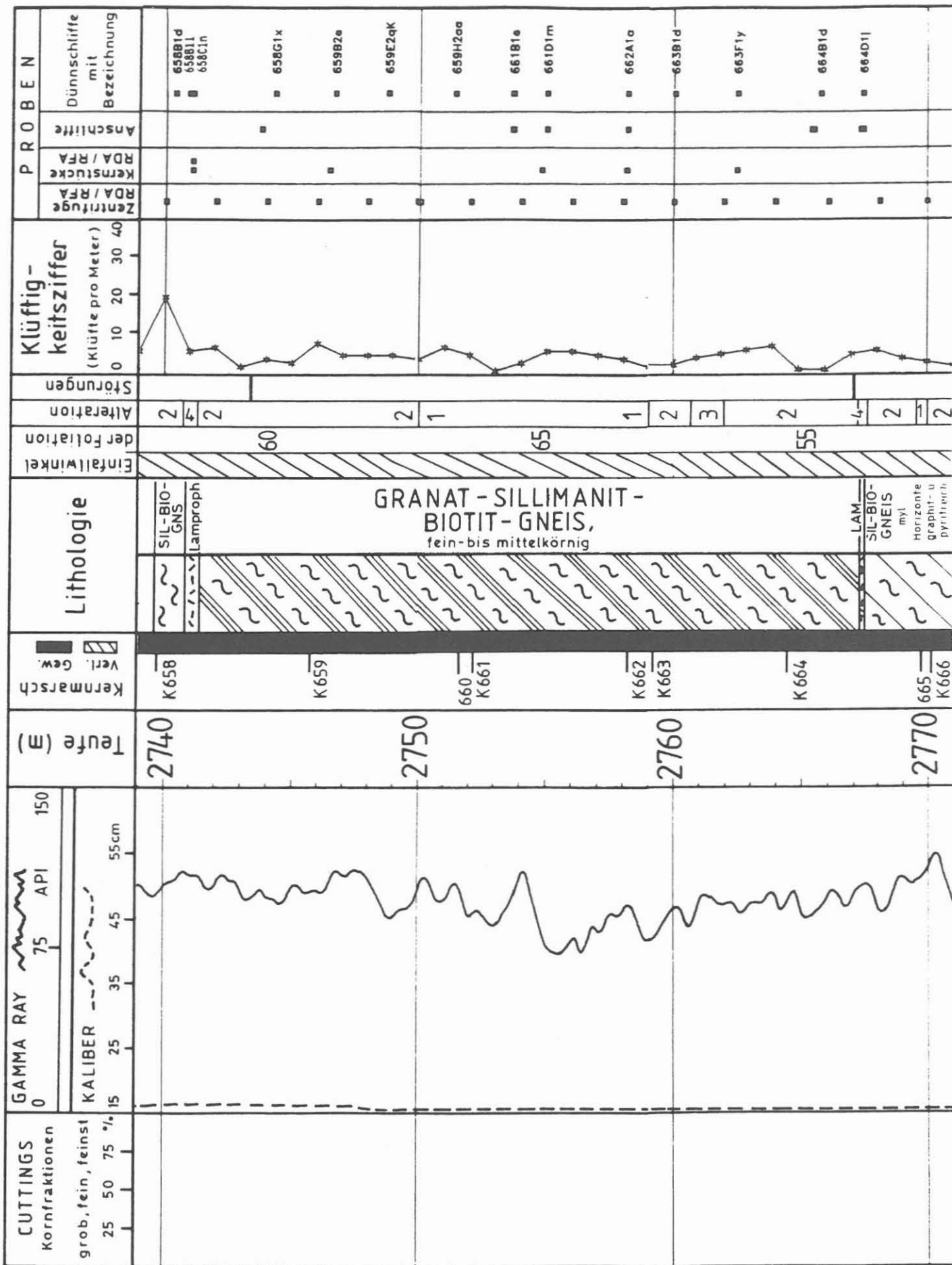


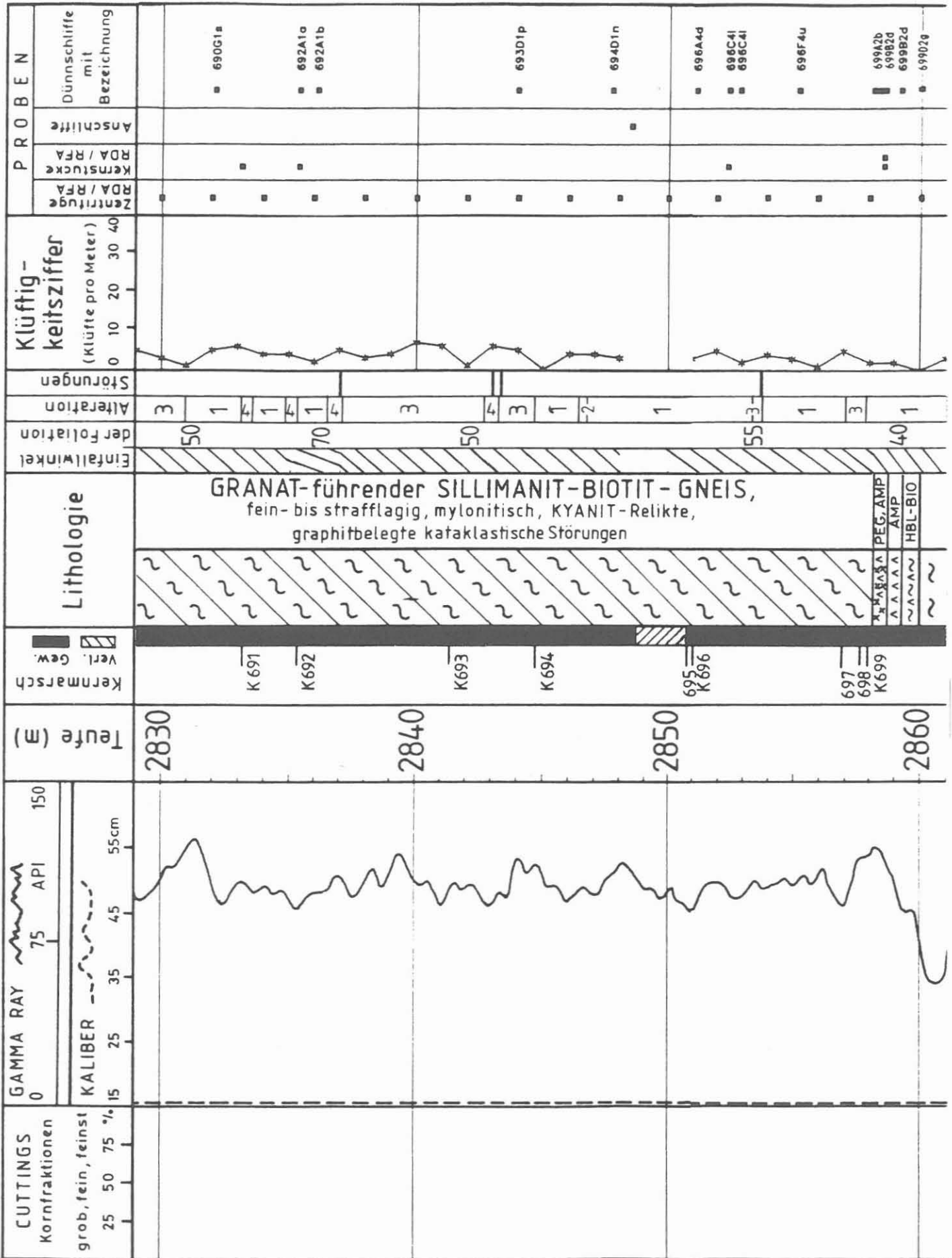


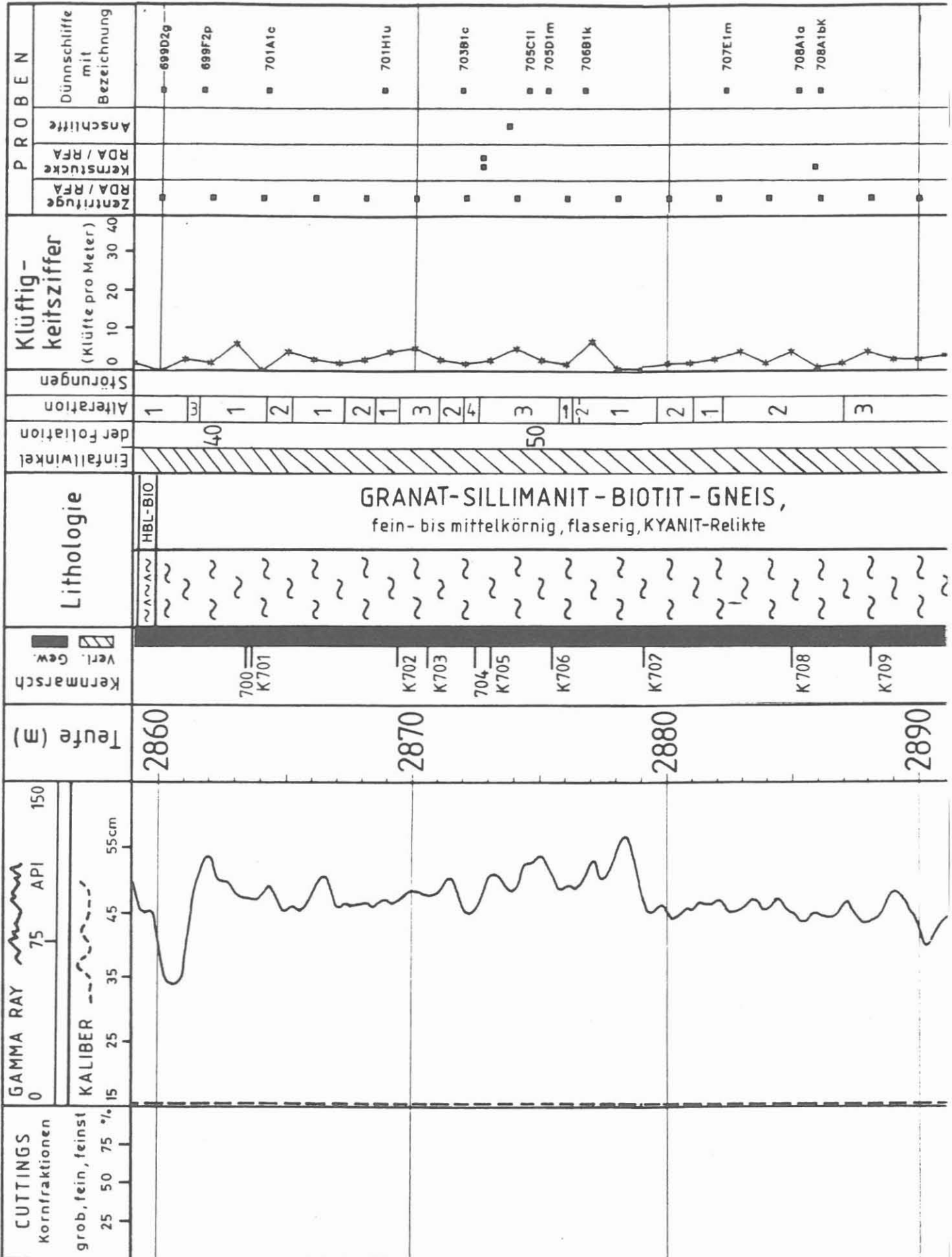
GRANAT-SULFID
mit Biotit-Gneis
mit Amphibolit

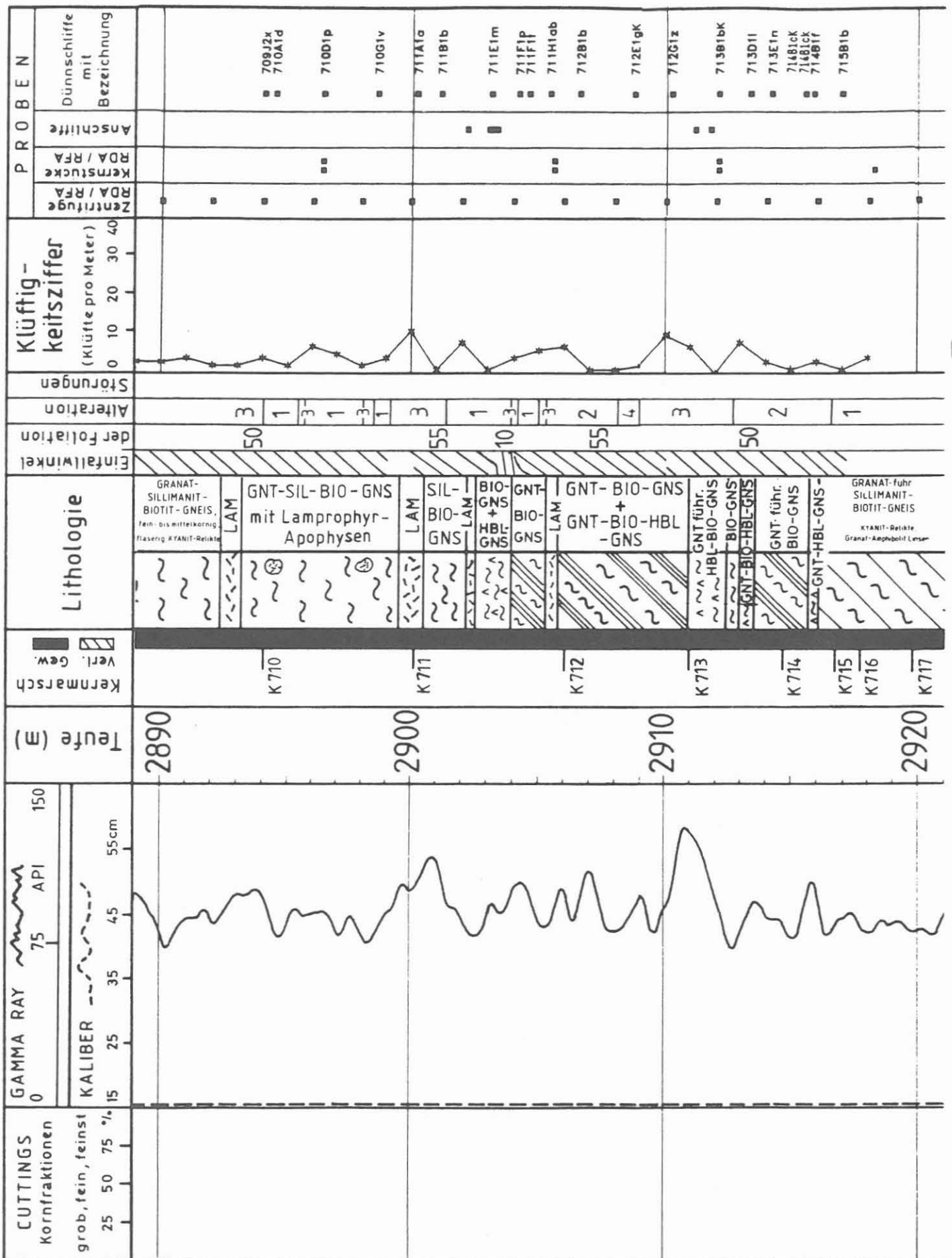


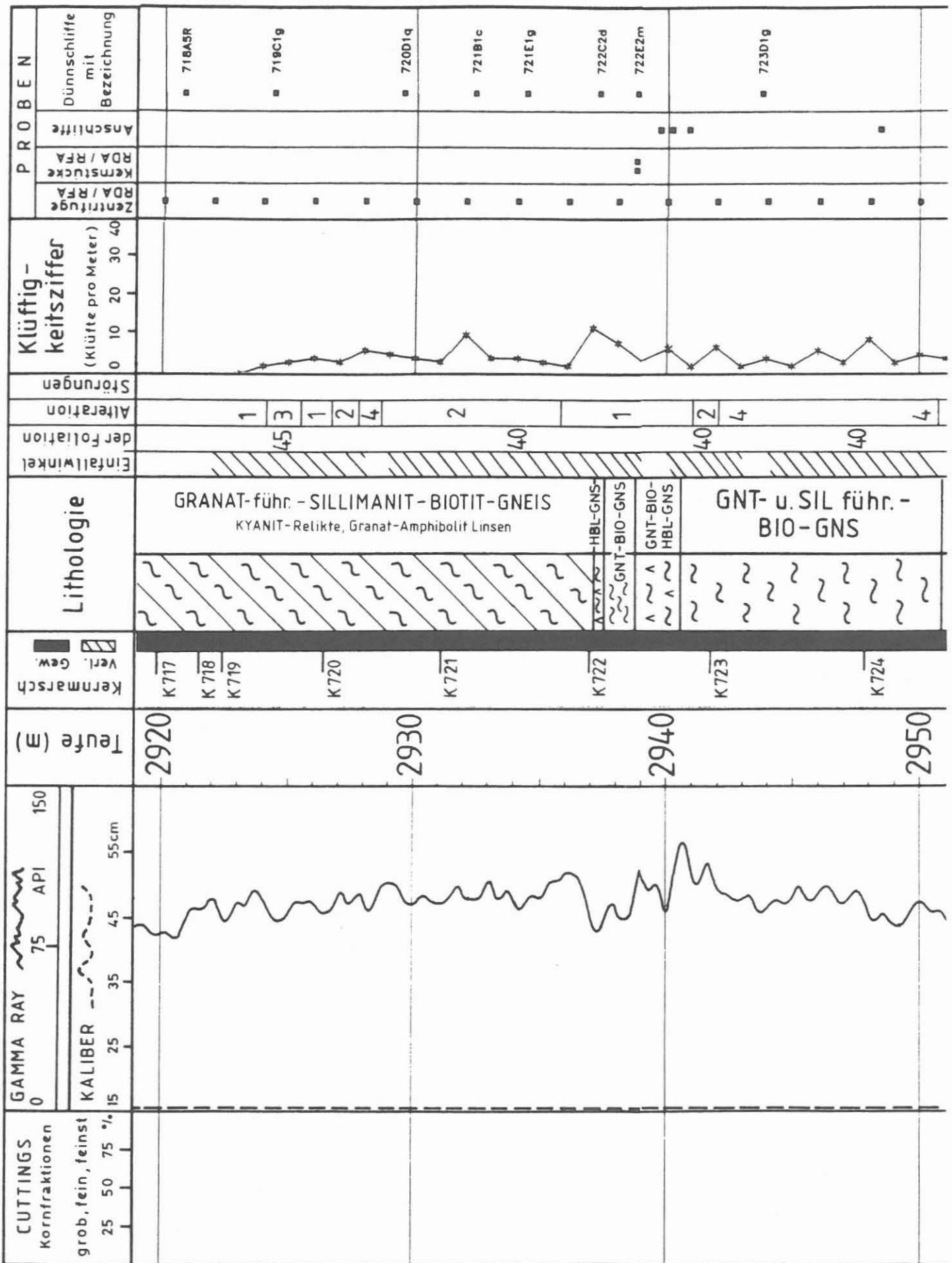


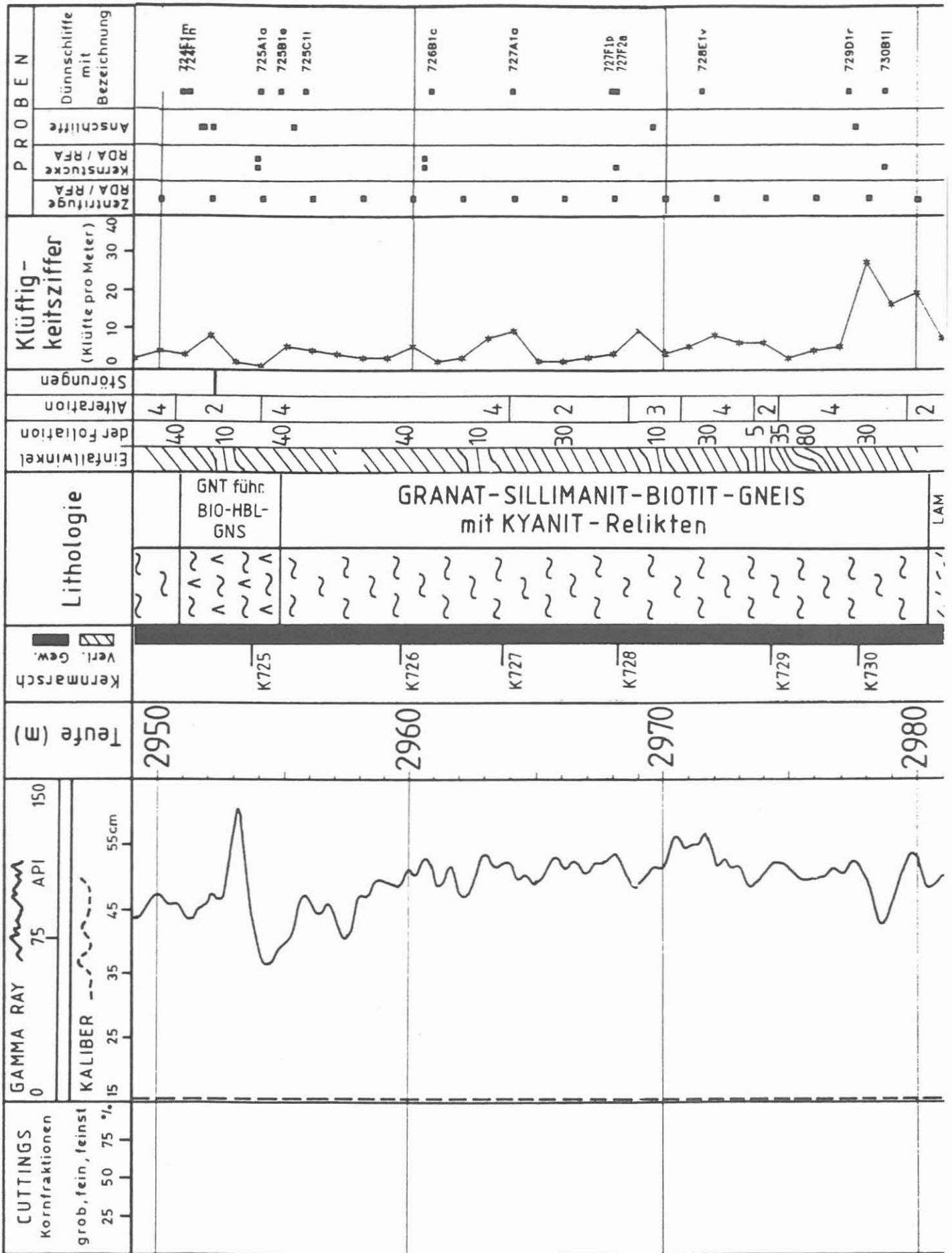


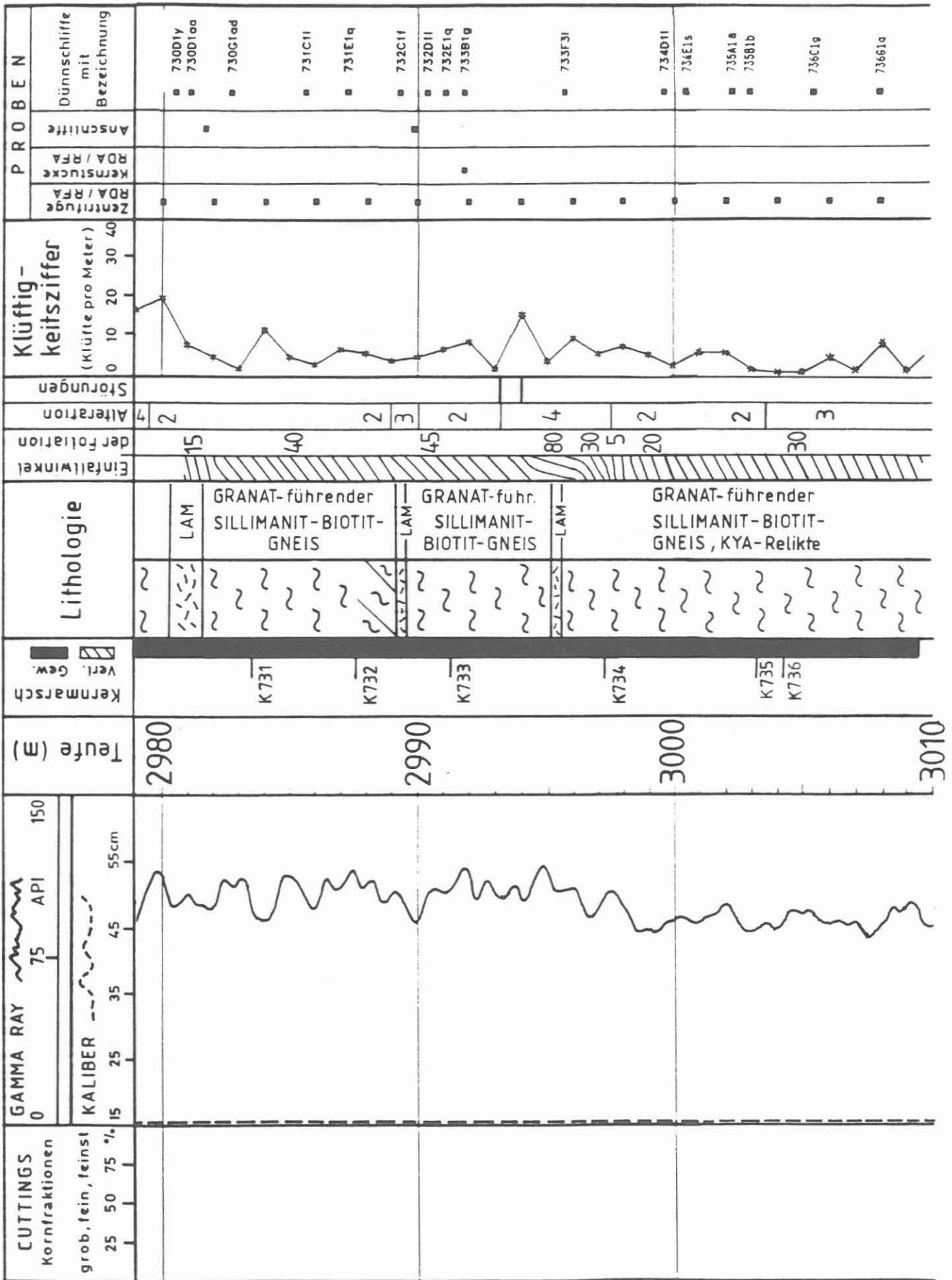












Tab. B.11: Profilbeschreibung für den Teufenabschnitt
2500 - 3009.7 m

Teufe (m)	Lithologisch-strukturelle Beschreibung
2494.2	----- gebänderter Granat-Hornblende-Biotit-Gneis mit hornblende- und biotitreichen Lagen, mit vereinzelt Klinopyroxen-Relikten
2504.4	----- feinkörniger, strafflagiger Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis mit geringer Granatführung und reliktmischem Kyanit
2505.7	----- titanitreicher Amphibolit
2506.0	----- flaseriger Granat-Biotit-Gneis
2506.5	----- titanitreicher Amphibolit (granat-, klinozoisit-, prehnit- und calcitführend) mit 1 cm mächtiger Kluftfüllung aus Quarz, Feldspat und Klinozoisit
2508.9	----- lagiger Amphibolit mit biotitreichen Lagen und einer porösen Kluft
2509.4	----- feinkörniger Chlorit-Amphibol-Schiefer in einer Scherzone
2509.7	----- feinlagiger Biotit-Hornblende-Gneis mit Amphiboliteinschaltung bei 2514,10 m, antiperthitführend, titanitreich, mit vereinzelt, 0.5 - 3 cm großen Granaten, mit bis zu 1 cm mächtigen biotitreichen Lagen, mit 1 cm mächtigen Kalksilikat-Lagen (Klinopyroxen, Plagioklas, Titanit, Karbonat, Epidot), mit Quarz-Linsen mit grobblastischem Hornblende-Saum, mit vereinzelt bis 1.3 cm großen hypidiomorphen bis runden Feldspäten, bei 2523.45 m mit einem eingefalteten Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis, bei 2535 m mit einem epidotreichen Band, bei 2532 m mit einer offenen Kluft mit Prehnit-Kristallrasen
2540.0	----- graphitreiche Scherbahn mit Quarz und 1 cm mächtigem Aplitgang, am Top alterierter, feinkörniger, (mylonitischer) Gneis
2540.4	----- postmetablastisch deformierter, massiger, regelloskörniger Biotit-Hornblende-Gneis mit Antiperthit, reliktmischem Kinopyroxen (bis 5 mm groß, mit Biotit- und Granat-Einschlüssen) und reliktmischem Granat, bei 2543 m mit einer Epidot-Linse (mit wenig Dolomit und Quarz), bei 2546 m ist entlang einer Epidot-Kluft auch das Nebengestein epidotisiert, dort auch mit einem Prehnit-Kristallrasen, bei 2549 m mit einer 10

- cm großen Quarz-Linse mit Epidotsaum, Graphit-Harnisch bei 2543 m und offener Kluft mit einem Calcit-Kristallrasen bei 2542 und 2545 m
- 2550.2 -----
foliiertes Biotit-Hornblende-Gneis mit Übergängen zu Amphibolit (stellenweise Epidot-Amphibolit) mit einigen biotitreichen Lagen, mit Kalksilikat-Lagen (mit Klinopyroxen mit Amphibolsaum), mit vereinzelt, 1 cm großen, idiomorphen Plagioklasen bei 2563 m und 2568 m, mit Calcit-Gängen mit beidseitigen Epidot-Salbändern zwischen 2564.5 und 2566.5 m, mit Calcit-Quarz-Epidot-Kluftfüllungen, mit einer Kluft mit Hohlräumen bei 2554 m, mit cm-großen, dunkelgrünen Hornblende-Linsen bei 2569 m
- 2572.4 -----
Kalksilikatgestein, feinlagig, mit wechselnden Gehalten an pleochroitischem Titanit, Klinopyroxen, Hornblende, Epidot, Karbonat, Mikroklin, Quarz, Granat, Plagioklas und Opakmineralen
- 2573.0 -----
Biotit-Hornblende-Gneis mit Amphibolit-Linsen
- 2573.6 -----
verfaltetes Kalksilikatgestein mit Biotit-Hornblende-Gneis-Lagen
- 2574.2 -----
Biotit-Hornblende-Gneis, metablastisch bis migmatitisch durch körnige bis schlierige Quarz-Feldspat-Mobilisate und mit Kalksilikat-Lagen
- 2575.1 -----
feinkörniger, mylonitischer Granat-Biotit-Gneis
- 2576.0 -----
metablastischer Biotit-Hornblende-Gneis
- 2576.5 -----
feinkörniger, mylonitischer Sillimanit-Biotit-Gneis, vergrünt, an der Basis epidotisiert und mit Graphit-Harnischen
- 2577.6 -----
mobilisatreicher Biotit-Gneis, vergrünt
- 2577.8 -----
migmatitischer Amphibolit, titanitreich, am Top mit einem 1 cm mächtigen Kalksilikat-Band
- 2578.2 -----
feinkörniger, mylonitischer Biotit-Gneis, vergrünt, mit Epidot-Klüften
- 2578.4 -----
migmatitischer Biotit-Gneis, vergrünt, mit Epidot-Klüften; im Liegenden feinkörniger, mylonitischer Biotit-Gneis, vergrünt, mit Graphit-Harnischen
- 2578.9 -----
feinlagiger, mylonitischer Granat-Biotit-Hornblende-Gneis, Antiperthit und Mikroklin führend, mit biotit- und hornblendereichen sowie mikroklinreichen, leukokraten Lagen und Amphibolit-Boudins, an der Basis metablastisch
- 2585.5 -----

- mylonitischer Granat-Biotit-Gneis mit foliationsparallelen Quarzbändern und Feldspat-Klasten, mit Zeolith-Klüften
- 2589.2 -----
Wechselagerung von vorwiegend mittelkörnig-flaserigem und feinkörnig-straflagigem Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis
- 2595.3 -----
mittelkörnig-flaseriger Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis, stark vergrünt und mit vielen Graphit-Scherbahnen, bei 2602.5 mit einem 10 cm großen, schlierigen Quarz-Feldspat-Mobilisat
- 2602.8 -----
grobkörniger Amphibolit
- 2603.0 -----
flaseriger Sillimanit-Biotit-Gneis, granatführend, teilweise schlierig-migmatitisch mit ausgeprägter Leukosom- und Melanosombildung
- 2604.8 -----
mittelkörniger, feinlagiger bis mylonitischer Sillimanit-Biotit-Gneis
- 2606.8 -----
kataklastisch überprägter Pegmatoid aus Quarz, Plagioklas und wenig Biotit
- 2607.1 -----
grobkörniger Granat-Biotit-Hornblende-Gneis mit 5 mm großen Granaten
- 2609.1 -----
mittelkörniger, metablastischer Granat-Biotit-Gneis, teilweise vergrünt, mit Prehnit-Gängchen und prehnitisiertem Biotit, bei 2612.5 m mit einer 2 cm mächtigen hornblendereichen Lage, bei 2613 m mit einem Arsenopyrit führenden Gängchen
- 2613.3 -----
mittelkörniger Hornblende-Biotit-Gneis mit hornblende- und biotitreichen Lagen und mit 5 mm großen Feldspat-äugen, bei 2614.73 m mit Calcit gefüllte Kluft mit Epidot-Salband
- 2617.4 -----
mittelkörniger bis feinkörniger Biotit-Gneis, kataklastisch mit Graphitharnischen, stark vergrünt, zum Teil hornblendeführend
- 2618.0 -----
mittelkörniger, metablastischer Granat-Biotit-Hornblende-Gneis, pyritführend
- 2621.2 -----
vorwiegend frischer, metablastischer Granat-Biotit-Gneis, am Top straaflagig, mit wenigen helleren und dunkleren Lagen, zum Teil mikroklinführend
- 2625.6 -----
lagiger Granat-Hornblende-Biotit-Gneis mit vereinzelt, 1 cm großen Granaten
- 2627.9 -----
flaseriger Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis mit Quarz-Calcit-Linsen und vereinzelt, cm-großen, titanit-

- reichen Granat-Amphibolit-Linsen
2631.9 -----
Lamprophyr
2632.6 -----
lagig-flaseriger Granat-Biotit-Gneis
2635.0 -----
Biotit-Hornblende-Gneis

**** Ab 2635.0 Richtbohrstrecke ohne Kerngewinn (Dia-Meißel)

- bei 2636.0 Granat-Hornblende-Gneis (Seitenkern)
2651.0 -----
mittelkörniger, biotitführender Granat-Amphibolit
2659.0 -----
Biotit-Hornblende-Gneis
2661.5 -----
mittelkörniger Amphibolit

**** Ab 2662.7 m Richtbohrstrecke (Rollenmeißel)

- 2664.0 -----
titanitreicher Biotit-Hornblende-Gneis, in alterier-
ten Bereichen chlorit-, epidot- und pyritführend,
zwischen 2664 und 2666 m mit einer graphitführenden
Kataklyse-zone
2681.0 -----
gebänderter Biotit-Hornblende-Gneis, teilweise stark
alteriert, mit 1 m mächtigen titanit- und epidotrei-
chen Amphibolit-Lagen und cm-mächtigen Kaiksilikat-
Lagen, mit Prehnit gefüllten, diskordanten Klüften

**** Ab 2687.0 Kernbohrstrecke

- 2690.0 -----
Wechselagerung von mittelkörnig-flaserigem, unterge-
ordnet feinkörnig-lagigem Granat-Sillimanit-Biotit-
Gneis, Sillimanit-Gehalt mit der Teufe zunehmend,
Laumontit und ?Apophyllit in Kluft bei 2695.40 m
2695.7 -----
Lamprophyr
2697.0 -----
vorwiegend mittelkörniger, flaseriger Sillimanit-
Muskovit-Biotit-Gneis mit einigen, 1-50 cm mächtigen,
feinkörnig-straflagigen Gneislagen, vereinzelt mit
bis 1 cm großen Granaten, Prehnitkluft bei 2702.31 m
2708.3 -----
grobkörniger Amphibolit mit einer feinkörnigen, gra-
natreichen Schliere am Top, abgesichert gegenüber dem
Hangenden
2708.9 -----
feinkörniger bis mittelkörniger, feinlagiger Sillima-

- nit-Biotit-Gneis (verfaltet, 2-5 mm mächtige Quarz-Feldspat-Lagen), am Kontakt zum hangenden Amphibolit schlierig-migmatitisch und hornblendeführend, bei 2712.6 m mit einem 10 cm mächtigen Lamprophyr-Gang in einer vergrüntem Kataklastosezone, bei 2718 m mit einer 1 cm mächtigen Quarz-Lage, ab 2724.5 m mit einigen kataklastischen, graphitführenden Scherbahnen, bei 2727.60 Adulargängchen
- 2726.8 -----
mittel- bis grobkörniger, flaseriger Granat-Sillimanit-Muskovit-Biotit-Gneis, alteriert, mit vielen Quarz-Feldspat-Lagen und -Linsen, leicht kataklastisch überprägt mit Graphit-Scherbahnen und mit Graphit belegten Harnischflächen, bei 2727.8 m tritt eine Quarz-Schliere in einer verheilten Kataklastosezone auf; Adular-Gängchen bei 2729.29 m
- 2739.6 -----
feinkörniger Sillimanit-Biotit-Gneis ohne die markanten Quarz-Feldspat-Lagen der hangenden Einheit
- 2740.8 -----
Lamprophyr mit Gneis-Einschlüssen
- 2741.2 -----
Wechselagerung von mittelkörnig-flaserigem und feinkörnigem Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis mit kataklastischen Scherbahnen, die teilweise mit Graphit belegt sind, bei 2760 m feinkörnige Biotit-Quarz-Linse in 15 cm mächtiger Biotit-Hornblende-Gneis-Lage
- 2767.3 -----
deformierter Lamprophyr und cm mächtiger Quarz-Gang in kataklastischer Störungszone
- 2767.5 -----
feinflaserig-lagiger Sillimanit-Biotit-Gneis mit feinkörnig-mylonitischen Einschaltungen bei 2775 m und 2777 m, mit wechselndem geringen Granat-Gehalt, in feinkörnigen, biotitreichen Horizonten Anlage einer undeutlichen Scherbandfoliation, mit konkordanten Quarz-Adular-Gängen (2772.2 pyritreich), zwischen 2775.4 m und 2776.8 m stark kataklastisch überprägt mit graphit- und pyritbelegten Störungsflächen, durchweg vergrünt
- 2778.8 -----
feinkörniger z.T. strafflagiger Sillimanit-Biotit-Gneis, granatarm (bei 2783 m 8mm große Granate), Kyanit-Relikte als Einschlüsse in Plagioklas und Muskovit, bei 2793 m flaserig mit Quarz-Feldspat-Mobilisaten und Turmalinen, Adular-Quarz-Chlorit-Gänge (2783 m) und Adular-Quarz-Calcit-Gänge (2796 m), bei 2778.8 m bis 2779.9 m kataklastisch überprägt mit graphitbelegten Harnischflächen, gesamter Profilabschnitt vergrünt, vereinzelt frische biotitreiche Lagen (2791.6 m)
- 2797.0 -----
Wechselfolge von feinkörnig-strafflagigen und flaserigen Sillimanit-Biotit-Gneisen, granatführend, bei 2807 m Sillimanit (Fibrolith) gehäuft, Adular-Quarz-

Chlorit-Gänge z.T. foliationsparallel, zwischen 2803.0 m und 2805.0 m vier diskordante bis 2.5 cm mächtige rosagefärbte Adular-Quarz-Epidot-Gänge, bei 2808 m bis 2809 m Quarz-Feldspat-Gang mit 2 cm mächtiger Sphalerit-Vererzung

2812.0 -----

Lamprophyr, deformiert und stark alteriert, von feinen Scherbahnen durchzogen, Fiederspalten und Salband mit Calcit und Adular mineralisiert

2812.8 -----

feinlagig-straflagiger bis mylonitischer, granatführender Sillimanit-Biotit-Gneis mit flaserigen Horizonten, Granat lagenweise angereichert (≤ 2 mm), Kyanit-Relikte als Einschlüsse in Plagioklas und Muskovit, vereinzelt eng bis isoklinal verfaltet (2816.2 m, 2821.0 m, 2831.5 m), bei 2836.1 m 10 cm mächtiges Pegmatoid, bis zu 5 mm mächtige Adular-Quarz-Gänge sind häufig, graphitbelegte kataklastische Störungen bei 2836.7 m, 2842.6 m und 2853.2 m

2858.0 -----

Pegmatit mit mikrographischen Quarz-Plagioklas-Verwachsungen, chloritisierten Biotiten und feinen Calcit-Adular-Adern

2858.3 -----

Amphibolit, Kontakt zum hangenden Pegmatit biotitreich

2858.4 -----

Pegmatit wie 2858.0 m

2858.5 -----

Amphibolit wie 2858.3 m, nicht foliiert, z.T. mit 3 mm großen frischen Biotiten, im liegenden Übergang zu Hornblende-Biotit-Gneis, granat- und titanitarm, Plagioklase serizitisiert und saussuritisiert

2859.1 -----

gebänderter Hornblende-Biotit-Gneis (weitspannig bis eng verfaltet), mit Wechsellagerungen von mm bis cm mächtigen hornblende- bzw. feldspatreichen Bändern, geringer Granatgehalt mit Korngrößen bis 1.5 mm, bei 2859.5 m verfaltetes Quarz-Feldspat-Mobilisat

2859.8 -----

feinkörnig-feinflaseriger Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis mit mittelkörnig-flaserigen Horizonten (2864 m - 2870 m, 2885 m - 2892.5 m), unterschiedlich starke Chloritisierung der Biotite, z.T. granat- und sillimanitreicher (Fibrolith) als hangende Gneise, Kyanit-Relikte in Plagioklas, in feinkörnigen Bereichen zeigen Quarz und Feldspat Subkornbildung und Rekristallisation, bei 2875.2 m 5 cm mächtige chloritreiche Lage mit massigem Interngefüge, vereinzelt graphitbelegte Harnischflächen

2892.5 -----

Lamprophyr

2893.3 -----

flaseriger Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis mit z.T. stärker chloritisierten und graphitbelegten Störungs-

- flächen, bei 2894.5 m und 2898.6 m Lamprophyr-Apophysen
- 2899.6 -----
Lamprophyr, am Salband kataklastisch deformiert, Hornblende-Einsprenglinge (bis 150 µm) mit Aktinolith-Anwachssäumen, Biotit-Einsprenglinge, Plagioklas-Leisten (bis 150 µm)
- 2900.6 -----
flaseriger, teilweise metablastischer (2901.2 m) granatführender Sillimanit-Biotit-Gneis mit chloritbelegten Kluftflächen und vereinzelt Adular-Gängchen
- 2902.2 -----
Lamprophyr
- 2902.6 -----
metablastischer, granat- und hornblendeführender Biotit-Gneis (vergrünt) mit Hornblende-Gneis-Einschaltungen (granat- und apatitführend, titanitreich), feine Calcit-Prehnit-Gänge
- 2904.0 -----
metablastischer Granat-Biotit-Gneis mit postmetablastisch deformierten, mylonitischen Horizonten bei 2904.1 m - 2904.4 m und unterhalb 2904.7 m
- 2905.4 -----
Lamprophyr, Hornblende-Einschlüsse bis 100 µm mit Aktinolith-Anwachssäumen, zonierte Plagioklas-Leisten (100 µm), z.T. Ausbildung einer Scherbandfoliation, sekundäre Calcit-Adular-Gänge
- 2905.8 -----
feinflaseriger, metablastischer Granat-Biotit-Gneis mit feinkörnig-mylonitischen Horizonten (Wechsel von quarz- und plagioklasreichen mit granat-, muskovit- und biotitreichen Lagen zwischen 2909.7 m und 2910.3 m), Granat-Biotit-Hornblende-Gneis-Einschaltungen zwischen 2906.8 m und 2907.1 m
- 2911.0 -----
lagiger granatführender Hornblende-Biotit-Gneis mit hornblende- und titanitreichen Lagen
- 2912.6 -----
lagiger, metablastischer, granatführender Biotit-Gneis (vergrünt)
- 2913.1 -----
metablastischer Granat-Biotit-Hornblende-Gneis, titanitreich, mit bis zu 8 mm großen Granaten
- 2913.7 -----
lagig-metablastischer granatführender Biotit-Gneis, zwischen 2915.0 m und 2915.3 m strafflagig, im Hangenden stärker vergrünt, vereinzelt pumpellyitführend, mit deutlichen Gehalten an Apatit und Opakmineralen (2915.5 m)
- 2915.8 -----
Granat-Hornblende-Gneis, relativ apatitreich
- 2916.1 -----
feinlagiger bis flaseriger, granatführender Sillimanit-Biotit-Gneis mit Kyanit-Relikten in Plagioklas,

- zirkonreich (50µm), Granate selten größer als 2 mm, teilweise stärker vergrünt, muskovitreich, Graphit-harnische bei 2931.5 m, bei 2916.9 m Granat-Amphibolit-Linse mit zonierten Granaten und Hornblenden, Ilmenit-Pseudomorphosen nach Titanit, Apatit und Klinopyroxen-Relikten
- 2937.2 -----
granatführender Hornblende-Gneis, titanitreich (teilweise in Ilmenit umgewandelt), Apatit und Allanit
- 2937.6 -----
feinflaseriger Granat-Biotit-Gneis, im Liegenden quarz- und feldspatreich
- 2938.8 -----
metablastischer Granat-Biotit-Hornblende-Gneis, titanitführend, bei 2939.0 m diskordanter 5 cm mächtiger Quarz-Gang, bei 2939.2 m - 2939.7 m quarz-, feldspat- und chloritreich (Mobilisat)
- 2940.5 -----
flaseriger granat- und sillimanitführender Biotit-Gneis, z.T. stark vergrünt, mit graphitbelegten Störungsflächen
- 2950.8 -----
lagiger bis metablastischer, granatführender Biotit-Hornblende-Gneis, in grobkörnigen Horizonten mikroklinführend (Hornblende bis 3 mm - 2953.8 m), titanitreich, im Übergang zum Liegenden apatitreich, Biotite häufig vollständig chloritisiert, bei 2951.7 m geringmächtige feinkörnige Biotit-Gneis-Lage (stark alteriert), bei 2951.1 m Kataklysezone mit Subkornbildung und Rekristallisation in Quarzgängchen
- 2954.8 -----
flaseriger Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis mit Kyanit-Relikten in Plagioklas, z.T. vergrünt, bei 2977 m zirkon- und allanitreich
- 2980.4 -----
Lamprophyr, Salband stark alteriert, Hornblende-Einsprenglinge mit Aktinolith-Anwachssäumen und Plagioklas-Leisten (bis 400 µm)
- 2981.7 -----
flaseriger, granatführender Sillimanit-Biotit-Gneis, ab 2986.6 m feinkörnig-mylonitisch, vereinzelt mit prismatischem Sillimanit und Kyanit-Kornhaufen in Plagioklas, muskovitreich
- 2989.2 -----
Lamprophyr, stark deformiert, Calcit-Gang am Salband
- 2989.5 -----
feinkörniger granatführender Sillimanit-Biotit-Gneis, muskovitreich
- 2995.2 -----
Lamprophyr, deformiert
- 2995.6 -----
flaseriger, granatführender Sillimanit-Biotit-Gneis mit Kyanit-Relikten in Plagioklas, kataklastisch verfaltet mit vertikalen Faltenachsenflächen, deutlich vergrünt, vereinzelt geringmächtige diskordante Adular-Gänge
- 3009.7 -----