

B. Geologie

KTB Oberpfalz VB –
erste Ergebnisse der geologischen Aufnahme
bis 992 m

G. Graup
W. Hacker
S. Keyssner
T. Massalsky
H. Müller
C. Röhr
S. Uhlig

KTB Report	88-2	B1-B60	29 Abb.	Hannover 1988
------------	------	--------	---------	---------------

Tiefbohrung KTB-Oberpfalz VB, Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung im KTB-Feldlabor (Windischeschenbach), Teufenbereich von 480 bis 992 m:

B. Geologie

W. Hacker, S. Keyssner, T. Massalsky, H. Müller, C. Röhr,
S. Uhlig & G. Graup

<u>Inhaltsverzeichnis:</u>		Seite
	Zusammenfassung/Abstract	B 1
B.1	Einleitung	B 2
B.2	Anmerkungen zum Lithoprofil	B 3
B.3	Petrographie	B 5
B.3.1	Paragneise	B 6
B.3.2	Hornblende- und/oder biotitreiche Bänder im Paragneis	B 9
B.3.3	Quarzdioritisches Ganggestein	B 12
B.3.4	Amphibolit	B 13
B.3.5	Quarz-Feldspat-Pegmatoid	B 14
B.3.6	Korrelation mit mineralogisch-geochemischen Analysen	B 14
B.4	Erzmineralisation	B 19
B.5	Strukturgeologie	B 24
B.5.1	Einleitung	B 24
B.5.2	Makrogefüge	B 24
B.5.2.1	Lagengefüge	B 24
B.5.2.1.1	Metamorpher Lagenbau	B 24
B.5.2.1.2	Kataklastische Scherzonen	B 26
B.5.2.2	Trennflächengefüge und Lineationen	B 30
B.5.2.3	Faltenstrukturen	B 30
B.5.2.4	Mikrogefüge	B 31
B.5.2.5	Rückorientierung	B 31
B.5.2.6	Strukturaufnahme	B 35
B.6	Schriftenverzeichnis	B 36
B.7	Anhang	B 37

Zusammenfassung

Der 2. Arbeitsbericht umfaßt die vorläufigen Ergebnisse der petrographischen und struktureologischen Bearbeitung des Bohrabschnittes 480 - 992 m der Tiefbohrung 'KTB Oberpfalz VB'. Durch das in diesem Teufenbereich verwendete Seilkern-Bohrverfahren standen zur Untersuchung durchgehend Bohrkerne zur Verfügung.

Es wurde eine meist um 60° einfallende, monotone Paragneisserie durchteuft, in die untergeordnet Quarzdiorit und Amphibolit eingeschaltet sind. Lagige oder schlierige Quarz-Feldspat-Mobilisate sind häufig. Die Paragneisse zeichnen sich durch wechselnde Granat-, Disthen- oder Sillimanitführung aus und liegen, ebenso wie die Amphibolite, amphibolitfaziell mit jüngerer, retrograder Überprägung vor.

Die Erzmineralführung ist generell gering. Pyrit tritt in chloritisierten, meist kataklastischen Bereichen vermehrt auf. Daneben wurden Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Molybdänglanz, Ilmenit und Rutil beobachtet. Zeolithe und Calcit treten bereichsweise als Kluffüllungen, Graphit überwiegend in Form von Harnischbelägen auf.

Der metamorphe Lagenbau der Paragneise ist überwiegend deutlich ausgeprägt und nur lokal migmatisch aufgelöst oder mylonitisch überprägt. Jüngere kataklastische Scherbewegungen haben bereichsweise zu einem straffen Lagenbau mit ausgeprägten Harnischlineationen geführt. Die Fallwinkel von Trennflächengefügen streuen in einem weiten Bereich. Mehrfach treten geringmächtige, z.T. verletzte Störungszonen auf. Eine Verfaltung des metamorphen Lagenbaus wird im gesamten Teufenbereich beobachtet; lokal kommen reliktmäßig erhaltene Internfalten hinzu. Für den Teufenbereich 745 - 750 m ergab der Vergleich mit Bohrloch-Televue-Aufnahmen ein SSW-gerichtetes Einfallen des metamorphen Lagenbaus.

Abstract

This second KTB field-laboratory report presents preliminary petrographic and structural results of the section 480 - 992 m of the research well 'KTB-Oberpfalz VB'. Mining drilling (with diamond core bits) combined with wireline coring resulted in very good core recovery.

The intersected rocks are uniform paragneisses of amphibolite facies with small intercalations of quartzdiorite and amphibolite. The paragneisses, dipping around 60°, contain varying amounts of garnet, kyanite, and sillimanite. Layered or schlieren-like quartz-feldspar mobilisates are common throughout the profile. The rocks are frequently affected by diaphoresis.

Generally, the content of ore minerals is minor. Pyrite,

pyrrhotite, chalcopyrite, sphalerite, galena, molybdenite, ilmenite, and rutile have been observed. Pyrite enrichment often correlates with chloritized cataclastic zones. Veins and fractures are filled with zeolite and calcite; slickensides are covered by graphite and chlorite.

The foliation of the paragneisses is, in general, prominent. In addition, thin fault gouges sometimes occur. Folding of foliation is common throughout the drilled section. Borehole televiwer analyses of the depth interval 745 - 750 m reveal a dipping of foliation to SSW.

B.1 Einleitung

Nach dem Einsetzen der 7" Führungsrohrtour bis 480 m wurde die Bohrung 'KTB Oberpfalz VB' in diesem Bohrabschnitt im Seilkernverfahren mit dem KTB-eigenen 5"-Seilkernbohrstrang bis in eine Teufe von 992 m unter Tage vertieft (Kernmärsche 74 bis 252). Bis zu dieser Teufe, die vor der Weihnachts- und Neujahrspause erreicht wurde, hatte sich im Bohrloch eine Neigung von ca. 10° (abweichend von der Vertikalen) aufgebaut.

Der Zustand der Bohrkerne hat sich mit dem Beginn des Seilkernens sowohl qualitativ als auch quantitativ stark verbessert. Der Kerngewinn erreichte ca. 98 %. Die verwendeten Diamant-Bohrkronen erzeugen durch "schneidendes Bohrverfahren" glattwandige Kerne. Daneben fällt an der Zentrifuge aus der Bohrspülung abgeschiedenes Bohrmehl an. Bohrklein in mm-Größe kann ganz überwiegend als Nachfall angesprochen werden. Auf Grund des großen Bohrfortschritts und dem, aus dem Bohrverfahren resultierenden, schnellen Kernausbringen ohne zeitraubenden Gestängeaus- und -einbau (Roundtrips) wurde die makroskopische, detaillierte petrographische und strukturgeologische Aufnahme mit EDV-mäßiger Erfassung der Daten in den im KTB Report 88-1 vorgestellten Formblättern zurückgestellt. Es konnte lediglich eine 'Bohrkernkurzbeschreibung' im Klartext durchgeführt werden.

Die geologische Bearbeitung des erbohrten Materials fand wie im vorhergehenden Berichtsabschnitt in den Räumen der Volksschule Windischeschenbach statt (zur Methodik vgl. GRAUP et al. 1988). Die Dünnschliffe wurden zum überwiegenden Teil in Göttingen (Institut für Geologie und Dynamik der Lithospäre), die Erzanschliffe in Aachen (Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre) angefertigt.

B.2 Anmerkungen zum Litholog

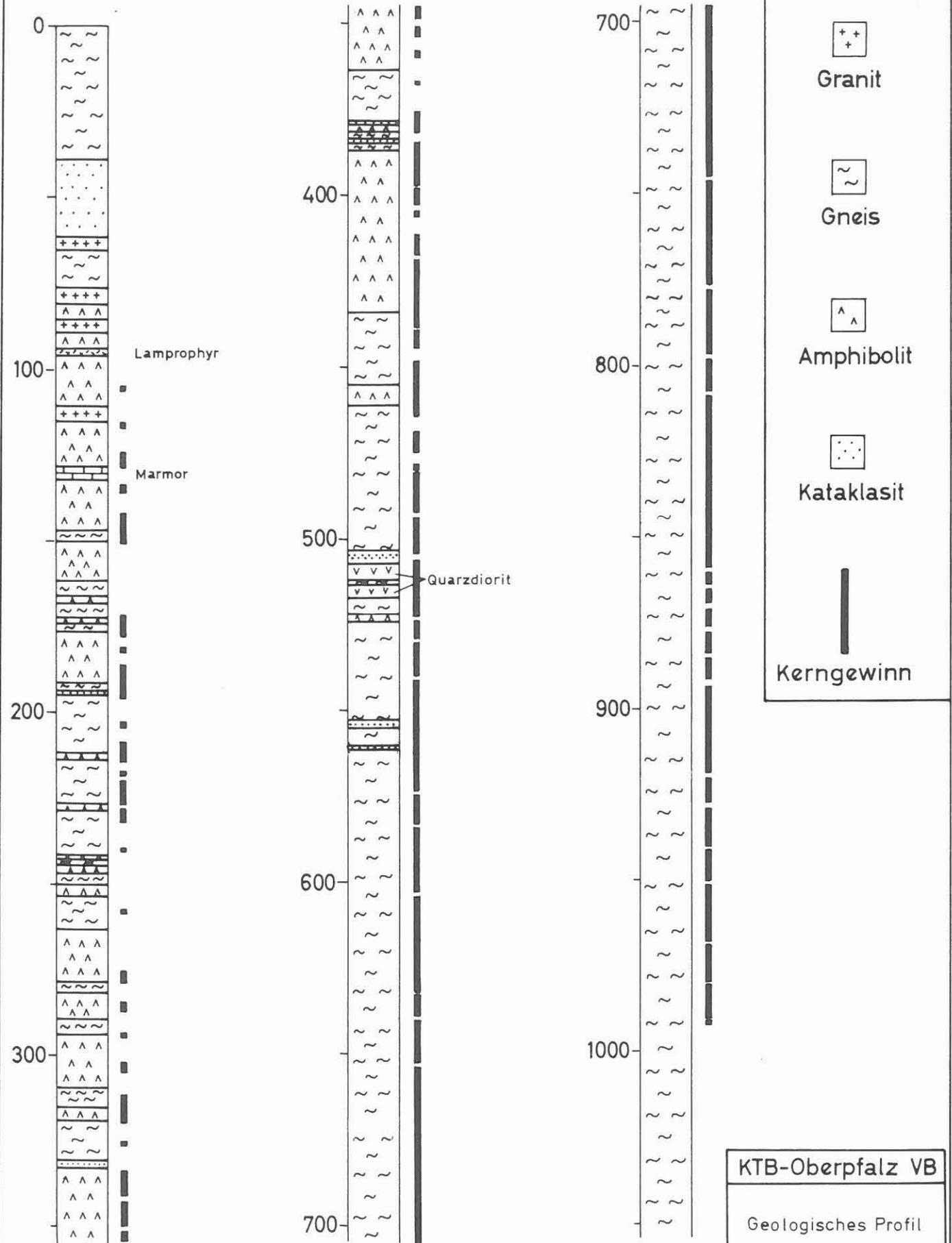
Die Erstellung des Lithologs (Abb. B.2.1, Abb. B.7.1 im Anhang) erfolgte anhand von Beobachtungen und Messungen an Bohrkernen unter Verwendung weiterer Logs (aufgeführt in KTB Report 88-1).

Im Gegensatz zum ersten Bohrabschnitt (0 - 480 m) wurde eine relativ monotone Paragneis-Serie durchteuft. Den Hauptanteil (86.5 %) bilden Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneise und Granat-Sillimanit-Biotit-Gneise, welche mit Granat-Muskovit-Biotit-Gneisen (498.2 - 507.9 m/526.7 - 536.3 m) und Granat-Biotit-Gneisen (517.0 - 524.4 m/687.5 - 718.6 m) wechsella gern. Diese gesamte Gneisserie ist teils metablastisch und metatektisch, teils mylonitisch überprägt. Bei 523 m wurde ein ca. 80 cm mächtiges Pegmatoid erbohrt, und zwischen 612 und 614 m sowie bei 750 m finden sich diatektische Partien. Basischere Gesteine kommen nur gelegentlich vor, wie z.B. ein Amphibolit von 524.4 - 526.7 m sowie geringmächtige, hornblende- und/oder biotitreiche Bänder zwischen 806 und 835 m. Ein feinkörniges magmatisches, bisher einmalig erbohrtes Gestein wurde auf der Strecke von 507.9 - 517.0 m angefahren. Nach seinem Modalbestand ist es als Quarzdiorit zu bezeichnen.

Nach den Befunden der Dünnschliffuntersuchungen variieren in den Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneisen die Modalgehalte der Indexminerale Disthen, Sillimanit und Granat beträchtlich bis hin zum gänzlichen Fehlen eines der drei Minerale. Für eine genauere Unterteilung des oben genannten Gneises, sowohl im Gesteinsnamen als auch im Litholog, ist jedoch der Abstand der Dünnschliffproben zu groß (bei gutem Kernzustand konnten keine Proben entnommen werden, da keine Säge zur Verfügung stand). Auch die übrigen Logs liefern dafür keine Hinweise. Deshalb und wegen offenbar fließender Übergänge zwischen Bereichen unterschiedlicher Modalgehalte wurden diese Bereiche zusammenfassend als einheitlicher Gneistyp im Litholog ausgehalten. Auch der Wechsel zu Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis bei 842 m erscheint fließend und wurde daher als unsichere Gesteinsgrenze im Litholog eingetragen. Vereinzelt Funde von reliktschem Disthen in diesem Gneis lassen vermuten, daß auch hier eine Disthen-Führung vorlag, der Disthen aber fast völlig in Sillimanit oder diaphthoritisch in Hellglimmer umgewandelt wurde. Darauf weisen auch die durchweg hohen Hellglimmer-Gehalte aus der RDA-Analyse von Zentrifugen-Proben hin (siehe Kap. C.2.3.3).

Zusätzlich zum Litholog sind in einer weiteren Profilsäule die Alteration der Gesteine und die Störungen dargestellt. Letztere wurden aus der makroskopischen Kernaufnahme übernommen. In manchen Fällen sind die Störungen mit einem Gesteinswechsel verbunden wie z.B. bei 507.9 und 517.0 m (Quarzdiorit), bei 522.8 und 523.6 m (Pegmatoid) und bei 687.5 m (Wechsel von Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis zu Granat-Biotit-Gneis). Dieser Befund läßt eine tektonische

Abb. B. 2.1 GEOLOGISCHES ÜBERSICHTSPROFIL
KTB - OBERPFALZ VB



KTB-Oberpfalz VB
Geologisches Profil
Bearb.: KTB Feldlabor
Zchn.: Nuber 15.02.88 A 2

Verschuppung der Gesteinspartien als plausibel erscheinen.

Die Klassifizierung der Gesteinsalteration in den Stufen von 1 (frisch) bis 4 (völlig alteriert) wurde im KTB Report 88-1, Kapitel B beschrieben. Sie beruht hauptsächlich auf Dünnschliffuntersuchungen sowie der makroskopischen Kernaufnahme (Vergrünungszonen). Wegen der großen Abstände von Dünnschliffproben im zweiten Berichtsabschnitt wurde als weiteres Kriterium das Mengenverhältnis von Chlorit/Biotit aus den RDA-Analysen verwendet. Dieses Verhältnis wurde zuvor an Dünnschliff-Ergebnissen aus dem ersten Berichtsabschnitt überprüft und "geeicht". Es ergaben sich folgende Variationsbereiche des Chlorit/Biotit-Verhältnisses für die Bestimmung des Alterationsgrades (RDA-Nachweisgrenze für Biotit = 2 %):

Alterations-Stufe	Chlorit/Biotit
1	< 0.5
2	0.5 - 1.0
3	1.1 - 20
4	> 20

Die Auskesselungen des Bohrlochs scheinen im oberen Teil (bis etwa 610 m) durch Störungen und durch eine damit einhergehende starke Alteration (Stufen 3-4) der Gesteine bedingt zu sein. Ein solcher Zusammenhang wird ersichtlich im Bereich des Pegmatoids (522.8 - 523.6) und vor allem in der Zone des feinkörnigen Quarzdiorits (507.9 - 517.0) mit sehr starken Auskesselungen von 506 - 510 m und 513 - 517 m. Diese fallen mit mächtigen Störungshorizonten und völliger Alteration des Quarzdiorits (Stufe 4) zusammen, während sich der etwas weniger alterierte Mittelteil (Stufe 3) zunächst als standfest erwies (erbohrt am 15.11.1987). Dieser überhängende Mittelteil ist später zum größten Teil nachgebrochen und wurde am 13.2. und 28.2.1988 erneut überbohrt.

B.3 Petrographie

Die bereits im vorherigen Bericht (0 - 480 m) beschriebenen, ab 369 m auftretenden, meist disthen- und sillimanitführenden Granat-Biotit-Gneise bilden ab 462 m eine monotone Abfolge, die nur von wenigen andersartigen Einschaltungen (feinkörniger Quarzdiorit, geringmächtige Amphibolitlage) unterbrochen wird. Die Gesteine gehören nach wie vor zur Amphibolitfazies und lassen sich vermutlich der Kalifeldspat-Sillimanit-Zone zuordnen, da Muskovit überwiegend eindeutig sekundär gebildet ist.

B.3.1 Paragneise (478.5-992.0 m, alle Schlicke außer den unten genannten)

Wie aus dem Detailprofil (Abb. B.7.1) ersichtlich ist, wechseln feinkörnige und mittel- bis (untergeordnet) grobkörnige Partien einander in ebenso engen Bereichen ab wie strafflagige und eher gneisige Texturen. Massige Gneise ohne erkennbare Foliation sind dagegen seltener. Intensiv migmatisch überprägte Partien beschränken sich auf den Bereich zwischen 500 - 625 m sowie zwischen 951 - 961 m. Quarz-Feldspat-Mobilisate treten aber im gesamten Teufenbereich auf und sind unterschiedlich lagig, linsig oder augenförmig ausgebildet.

Makroskopisch fallen vor allem unterschiedliche Granat- und Muskovitgehalte ins Auge, während Sillimanit nur bei reichlichem Auftreten als kleine, weiße Fasern eindeutig zu identifizieren ist. Hellglimmer ist vor allem an Scherzonen und Quarz-Feldspat-Mobilisate gebunden. Im Bereich von Störungszonen sind die Gesteine häufig stark vergrünt. Als Beläge auf Kluft- und Störungsflächen wurden Chlorit, Quarz, Pyrit, Graphit und Laumontit (ab 820 m reichlich) beobachtet. Kluftbeläge, die zunächst noch im 1. Feldlaborbericht nach dem mikroskopischen Befund im Körnerpräparat als Gips angesprochen wurden, konnten nun anhand von RDA-Analysen als Zeolith - mit hoher Sicherheit als Laumontit - identifiziert werden. Erstmals wurde ein derartiger Kluftbelag bei 224 m beobachtet. Laumontit bildet weiße oder klare, meist monomineralische Kristallrasen aus nadeligen bis stengeligen, z.T. radialstrahlig gewachsenen Kristallen, kommt aber auch zusammen mit Albit und Kalifeldspat vor. Ein hellgrüner, dichter Belag einer Trennfläche wurde als Sillimanit bestimmt (RDA, Kernstück 235D1m).

Mikroskopisch lassen sich Bereiche mit reichlicher Disthen- und Sillimanitführung, solche ohne Disthen oder auch ganz ohne Al_2SiO_5 -Minerale sowie Bereiche mit hohem Plagioklasanteil oder auch kalifeldspatreiche Partien unterscheiden. Die Hauptgemengteile Quarz und Plagioklas sind durchweg xenomorph körnig. Bei strafflagigem Gefüge sind zeilenförmig ausgelegte Quarzaggregate, die z.T. einheitliche kristallographische Orientierung aufweisen (Abb. B.3.1), häufig. Die Plagioklasse sind Oligoklase (Anorthitgehalt ca. 20 %, U-Tischmessung). Besonders hohe Plagioklasgehalte wurden zwischen 518.5 und 544.5 m sowie bei 893.7 m und bei 919.1 m beobachtet. Kalifeldspat tritt nach RDA-Messungen im Bereich 524-558 und 628-660 m mehrfach mit Gehalten bis 11 % auf. Er ist zwar vermutlich im wesentlichen an die hellen Quarz-Feldspat-Mobilisate gebunden, wurde in drei Fällen (85B7aT, 99C51T, 105E1anT) aber auch im Gneis in Form von Porphyroklasten gefunden. Biotit bildet rotbraune Einzelscheite oder langaushaltende Fasern mit häufigen pleochroitischen Höfen, meist um Zirkon. Granat tritt in großen, rundlichen Körnern, die oft im Zentrum kleine Quarz- und andere Einschlüsse aufweisen (Abb. B.3.2, B.3.3, B.3.4), oder in feinkörnig zerfallenen, buchtig korrodierten oder auch in entlang von Scherbahnen

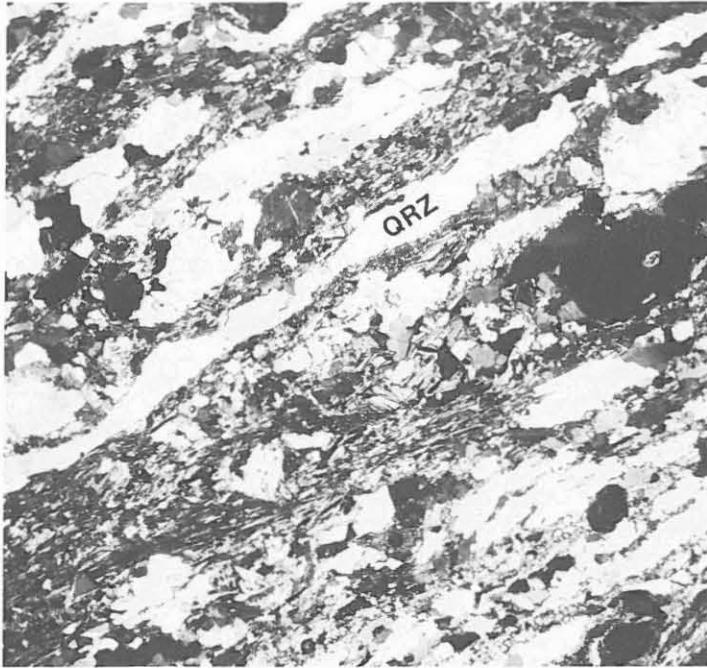


Abb. B.3.1: Strafflagiger Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis mit ausgeprägten Bänderquarzen, einheitlich auslöschend. QRZ = Quarz (Schliff 100B2d, + Nicols, 20-fach)

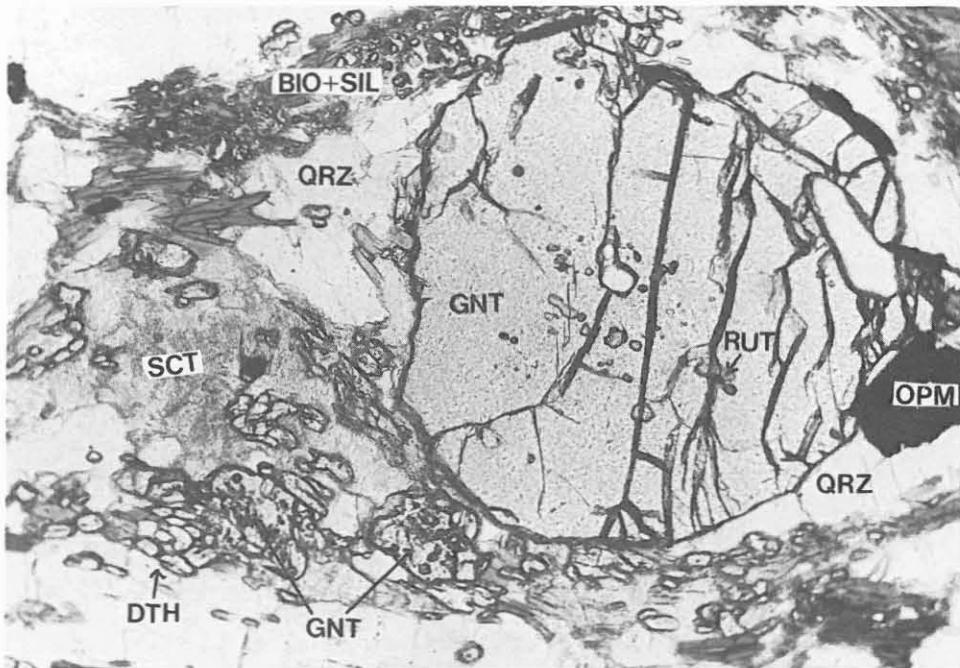


Abb. B.3.2: Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis mit großem, rundlichem Granat mit zentralen Einschlüssen, umflossen von Biotit-Sillimanit-Aggregat und feinkörnig zerfallenem Disthen. GNT = Granat, RUT = Rutil, OPM = Opakmineral (wahrscheinlich Graphit), QRZ = Quarz, DTH = Disthen, SCT = sericitische Substanz, BIO = Biotit, SIL = Sillimanit (Schliff 100B2d, 1 Nicol, 60-fach)

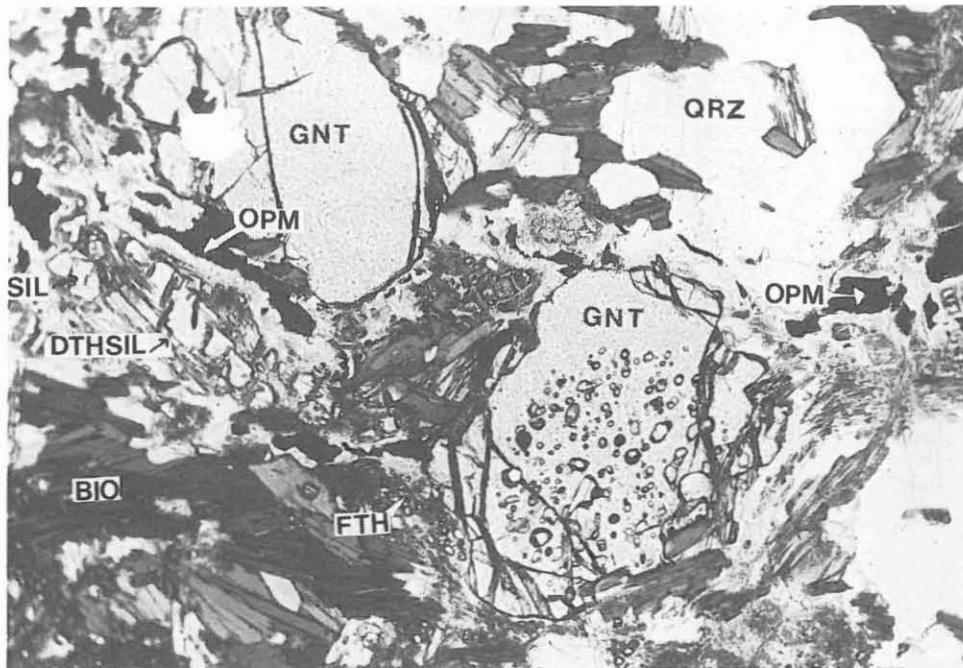


Abb. B.3.3: Einschlußfreies und einschlußreiches Granatkorn in Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis; in der linken Bildhälfte prismatischer Sillimanit und Disthsillimanit. Opakminerale sind von einem Sericitsaum umgeben.
QRZ = Quarz, BIO = Biotit, GNT = Granat, FTH = Fibrolith, SIL = prismatischer Sillimanit, DTHSIL = Disthsillimanit, OPM = Opakmineral
(Schliff 97D3h, 1 Nicol, 60-fach)

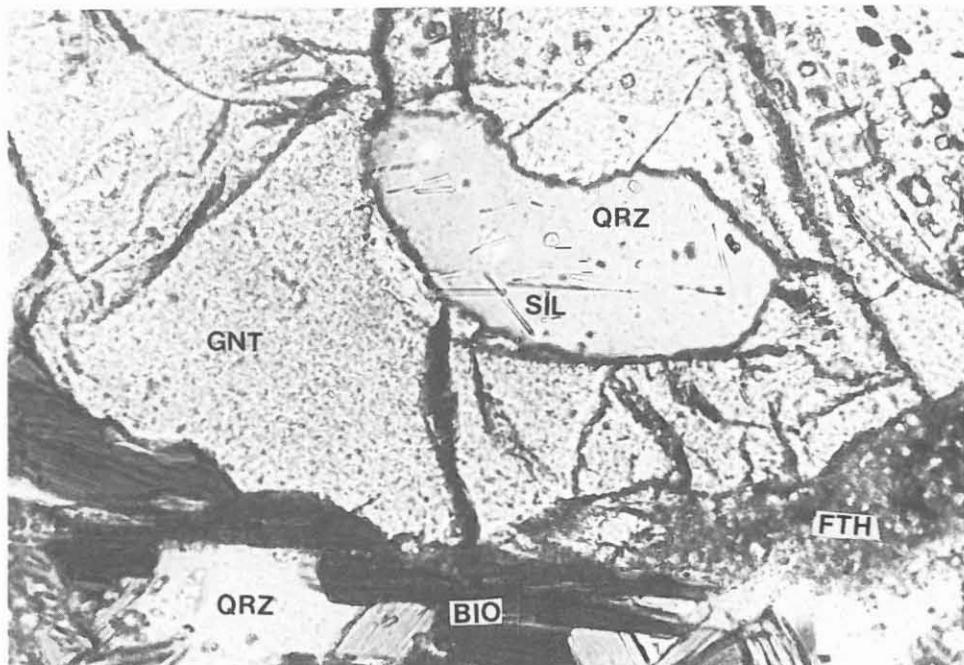


Abb. B.3.4: Quarz-Einschluß mit eingeschlossenen Sillimanitnadeln in Granat, unten rechts Fibrolithsaum, unten links Biotitsaum um Granat. (Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis)
QRZ = Quarz, SIL = Sillimanitnadeln, GNT = Granat, BIO = Biotit, FTH = Fibrolith
(Schliff 97D3h, 1 Nicol, 180-fach)

ausgelängten Aggregaten (z.B. 97D3h) auf. Vereinzelt wurden Fibrolithsäume um Granatkörner beobachtet (97D3h, Abb. B.3.4).

Die stengeligen Disthene tendieren häufig zu feinkörnigem Zerfall (Abb. B.3.2). In strafflagigen, mylonitischen Partien sind diese Einzelkörner dann oftmals weit auseinandergezogen (z.B. 100B2). In anderen Schlifften kann der Übergang zu Disthsillimanit oder die Umwandlung in Sericit beobachtet werden (Abb. B.3.5, B.3.6). Unterhalb 842 m tritt Disthen nicht mehr, bzw. nur in kleinen, von Quarz und Feldspat gepanzerten Relikten auf. Sillimanit kommt prismatisch oder als Fibrolith vor (Abb. B.3.6). In der Regel ist dieser Fibrolith eng mit Biotit verwachsen und bildet langgezogene Strähnen und Nester oder auch auffällige Wirbel (Abb. B.3.7). In 239A5T ist dagegen die direkte Umwandlung von prismatischem Sillimanit in Fibrolith zu beobachten (Abb. B.3.8). Die langgestreckten Fibrolithaggregate zeigen noch deutlich die Spaltbarkeit des Sillimanits. Muskovit tritt ganz überwiegend als retrogrades Umwandlungsprodukt von Disthen und Sillimanit auf und bildet bis 1 mm große (Poikilo-)Blasten und Nester mit Al_2SiO_5 -Relikten. Daneben treten in der Matrix auch kleinere Blättchen auf, deren wohl retrograde Herkunft nicht zweifelsfrei erwiesen ist. Im Kernstück 109C10d ist in einer Lage Biotit durch zart hellgrünen, optisch einachsigen Glimmer ersetzt.

Als häufige Übergangsteile treten Graphit in kleinen isolierten Schüppchen sowie hypidiomorpher Pyrit auf. Akzessorisch kommen Zirkon, Rutil, Turmalin und Apatit vor. Rutil als Einschluß in Granat ist nach P. BLÜMEL (frdl. pers. Mitt.) charakteristisch für die mitteldruckmetamorphe Gesteine der ZEV. Die deutlich erhöhte natürliche Gammastrahlung zwischen 525 und 545 m (Abb. B.7.1) werden durch starke Anreicherungen von Orthit und Zirkon hervorgerufen (Dünnschliff 93B1T; siehe auch RFA-Messungen in Kapitel C). Als Kluftfüllungen wurden Calcit, Quarz und Adular beobachtet.

B.3.2 Hornblende- und/oder biotitreiche Bänder im Paragneis (Dünnschliffe 114C6m II, 130A1b)

Geringmächtige (wenige Zentimeter), feinkörnige, biotit- und/oder hornblendereiche Bänder treten auf bei 607m, 806.6 m, 810.7-811.3 m (Abb. B.5.5), 813.4 m, 821-822 m, 824.9 m, 826.7 m und 832-835 m. Je nach Biotit- oder Hornblendevorwärtung wechselt die Farbe von dunkelbräunlich nach grünlich.

Mikroskopisch erkennt man ein feinkörniges, schlecht geregeltes Gefüge mit viel rotbraunem Biotit, hypidiomorph-gedrungener, blaßgrünlicher Hornblende sowie xenomorph körnigen Quarzen mit häufigen Deformationslamellen. Die Hornblende ist oft stark getrübt oder entlang von Spaltflächen karbonatisiert. Merkwürdig spindelförmig, entlang der Spaltflächen mit

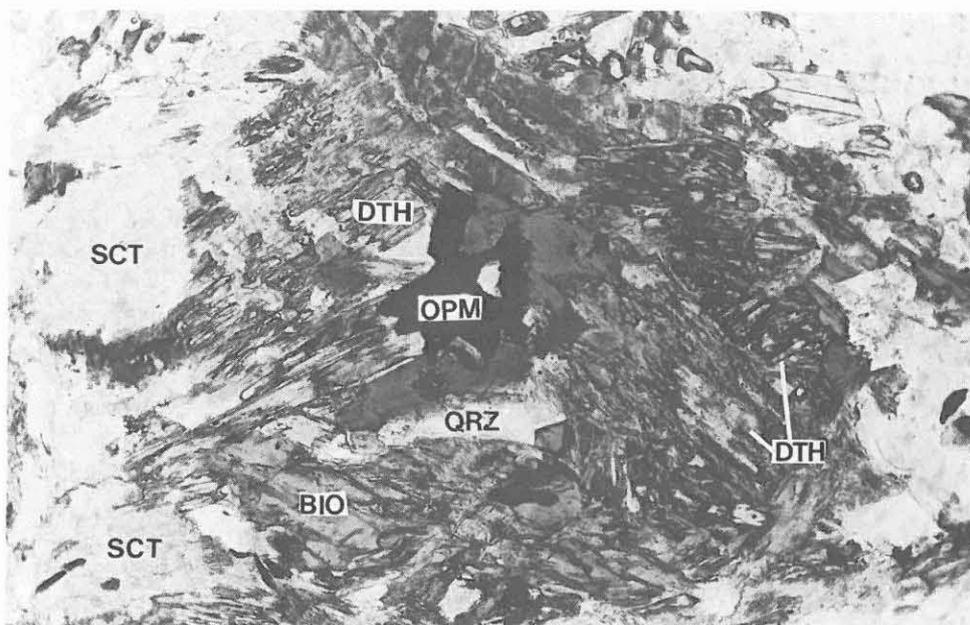


Abb. B.3.5: Rundliches Aggregat aus Biotit, Disthenstengeln (randlich zu einer hellbraunen, sericitischen Substanz alteriert), ?Graphit (opakes Korn im Zentrum), Quarz und feinstschuppigem Sericit (linker Bildrand). (Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis)
SCT = Sericit, BIO = Biotit, QRZ = Quarz, DTH = Disthen, OPM = Opakmineral (wahrscheinlich Graphit). (Schliff 131D4T, 1 Nicol, 100-fach)

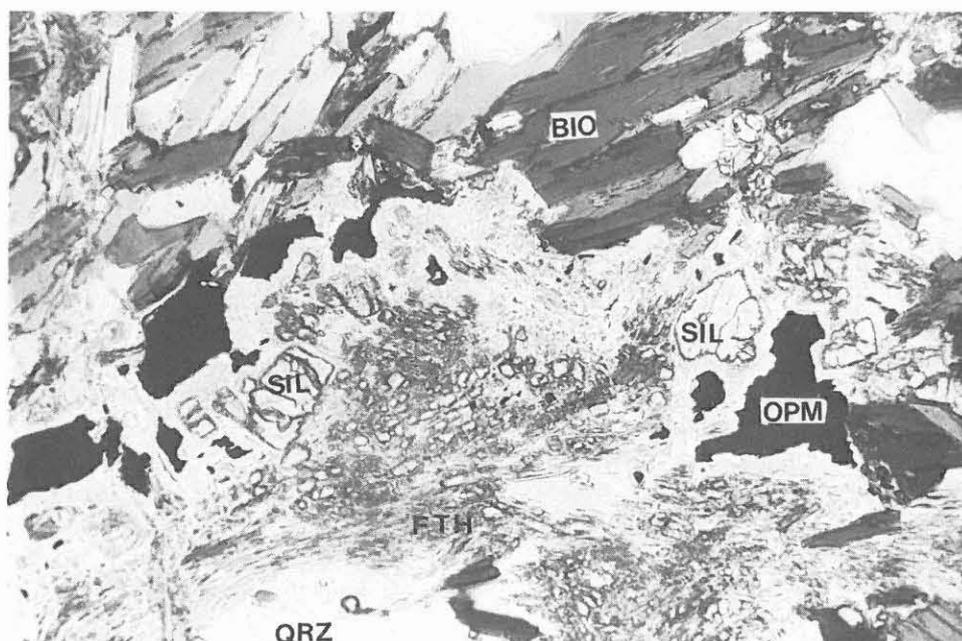


Abb. B.3.6: Prismatischer Sillimanit (Schnitte senkrecht zur c-Achse), teilweise von Fibrolith umwachsen, und Opakminerale mit Sericitsaum. (Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis)
SIL = Sillimanit, QRZ = Quarz, OPM = Opakmineral, BIO = Biotit, FTH = Fibrolith (Schliff 97D3h, 1 Nicol, 60-fach)

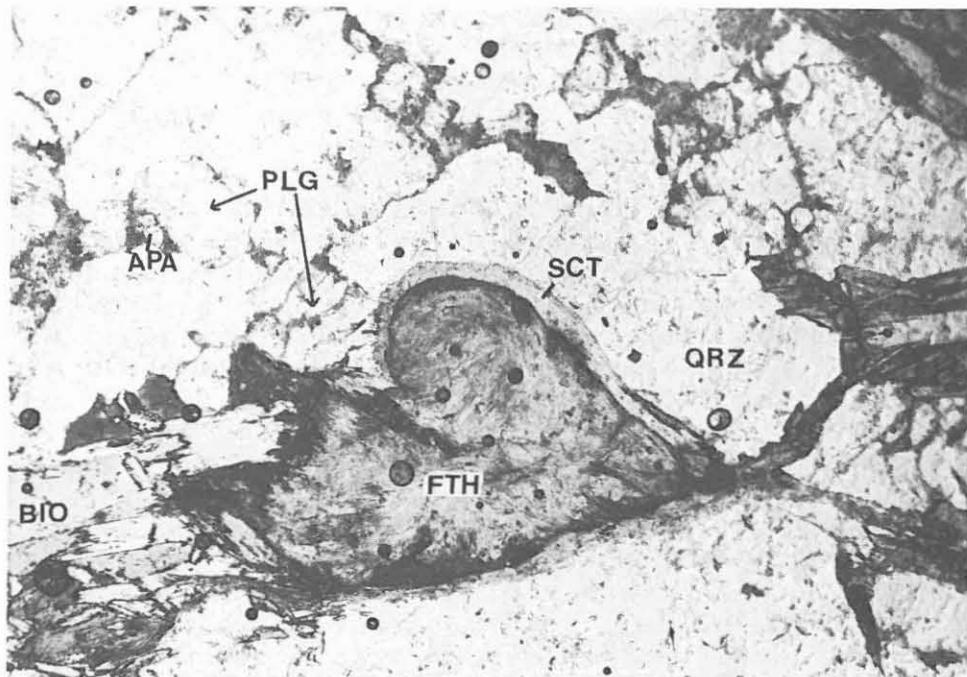


Abb. B.3.7: Fibrolith-Wirbel, randlich in Sericit umgewandelt. (Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis)
APA = Apatit, PLG = Plagioklas, QRZ = Quarz, SCT = Sericitsaum, FTH = Fibrolith, BIO = Biotit (Schliff 215ClyT, 1 Nicol, 15-fach)

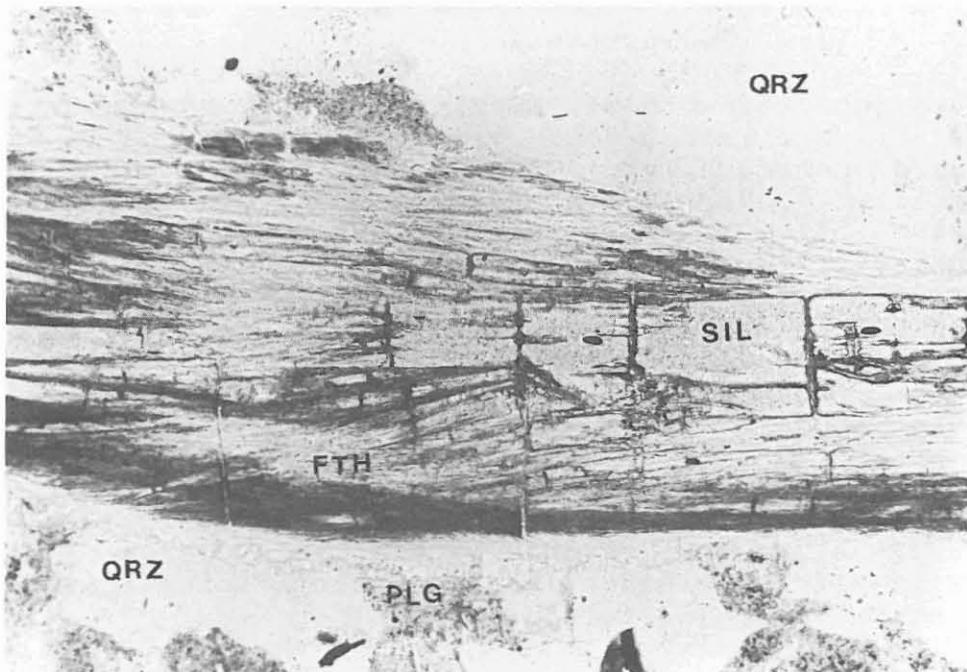


Abb. B.3.8: Prismatischer Sillimanit, der sich in Fibrolith umwandelt; in anderen Bereichen dieses Schliffes ist Fibrolith eng mit Biotit verwachsen. (Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis)
SIL = prismatischer Sillimanit, FTH = Fibrolith, QRZ = Quarz, PLG = Plagioklas (Schliff 239A5T, 1 Nicol, 100-fach)

Biotit verwachsen, treten langstengelige, blaßgrünliche Epidote bis Klinozoisite auf (Abb. B.3.9). In kleinen Mengen kommen auch Muskovit und sericitisierte, langgestreckte Fibrolithaggregate, Apatit sowie in Zwickeln Karbonat vor. Feldspäte werden nicht beobachtet.

Bei diesen konkordanten Bändern könnte es sich entweder um geringmächtige, ehemals mergelige oder aber tuffitische Einschaltungen in den klastischen Sedimenten handeln. Die Bänder sind jedoch zu schmal, um sich in den RDA-Analysen an Zentrifugen-Mischproben (Probenintervall bei jedem vollem Meter) deutlich zu dokumentieren (bei 812 m wurde ein wenig Amphibol nachgewiesen, der Biotitgehalt steigt jeweils um 5-10 Gew.-% an). Die RFA weist jeweils zwischen 810 und 817 m sowie zwischen 828 und 834 m erhöhte CaO und K₂O-Gehalte nach.

Eine massige, dunkelgrüne Einschuppung in normalen Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis (668.4 - 669.6 m, Schliff 130A1b), die mikroskopisch als intensiv zerscherter, sehr biotitreicher und feldspatarmer Gneis mit geringer Granatführung angesprochen werden muß, zeichnet sich durch hohe K₂O- und ungewöhnlich niedrige Na₂O-Gehalte und einen Rückgang des Plagioklasgehaltes auf 12 % aus (K₂O = 2.45 %, Na₂O = 1.48 %, Zentrifugenprobe 670 m, vgl. Abschnitt B.3.6).

B.3.3 Quarzdioritisches Ganggestein (507.9-516.9 m, Schliffe 82BlgT, 82C1h, 82G1uT, 82H2T, 83B6bT, 84D12a, 280NF (=Nachfall, der beim Abbohren von Kernmarsch 280 am 13.2.1988 auftrat)

Das sehr feinkörnige, dunkle, massige Gestein tritt unterhalb einer steilstehenden, vergrünzten Scherzone im Gneis auf und wird mehrfach von Gneiseinschaltungen unterbrochen. Die steilen Scherflächen erfassen auch noch das Ganggestein bis etwa 511.5 m, wobei der oberste Bereich bis 508.8 m völlig chloritisiert ist. Makroskopisch erkennt man rötlichbraune Biotite und kleine Quarz-Feldspat-Linsen in einer dichten, chloritreichen Matrix. Pyrit tritt feinverteilt oder auch in kleinen Linsen in der Matrix auf.

Das Bohrloch zeigt im Bereich der Ober- und der Untergrenze dieses Ganggesteins eine intensive, im Bereich der Bohrung deutlich wachsende Auskesselung, während der mittlere Bereich relativ stabil zu sein scheint. Der häufig nach Gestängeaus- und -einbau auftretende Nachfall aus dieser Zone erscheint wesentlich frischer (weniger chloritisiert) als die im Kern angetroffenen Gesteine.

Im Dünnschliff zeigt sich ein intersertalähnliches Gefüge aus Plagioklasleisten (bis 0.8 mm lang) und etwas kleineren, idiomorphen Biotiteinsprenglingen. Die Plagioklase sind fast völlig sericitisiert (im Nachfall noch sehr frisch), bereichsweise auch chloritisiert. Die Chloritisierung des Biotits unter Ausscheidung von Ti-Mineralen ist außer im Nach-

fall ebenfalls nahezu vollständig. Quarz tritt als Zwickelfüllung und in kleinen Linsen auf. Bis 0.4 mm lange, dickstengelige bis nadelige Apatite sind häufig.

Die RDA-Analysen aus diesem Bereich bestätigen den hohen Chloritgehalt (35 - 70 %) bei gleichzeitig sehr niedrigen Quarz- (12 - 20 %) und wechselnden Plagioklasgehalten (Plagioklas + Sericit 10 - 42 %; Dieses Ergebnis weist auf Zentrifugenproben von quarzdioritischem Gestein hin, die teilweise vermischt mit geringmächtigen Gneiszwischenlagen sind). Dagegen weisen die frischen Nachfallproben nur 16 % Chlorit bei 47 % Feldspat + Sericit und 34 % Quarz auf (beprobt wurden in diesem Fall Cuttings, die bei Räumarbeiten mit Rollenmeißel ausgespült wurden). Der hohe Quarzanteil in dieser Analyse wird vermutlich durch die Beteiligung von großen Quarzbruchstücken verursacht, die ebenfalls häufig im Nachfall beobachtet wurden, deren Teufenzugehörigkeit aber nicht eindeutig festgelegt werden kann.

Gleichzeitig mit der Chloritisierung muß eine deutliche Wegfuhr von Alkalien und SiO₂ stattgefunden haben, da die RFA-Analysen für ein dioritisches Gestein wesentlich zu niedrige Gehalte in diesen Elementen aufweisen:

	völlig chloritisierte Probe (82C1h), Gew.-%	frischeste Kern- Probe (82B1gT) Gew.-%
SiO ₂	28.41	47.38
TiO ₂	1.54	1.18
Al ₂ O ₃	19.76	20.28
Fe ₂ O ₃	17.41	10.14
MnO	0.18	0.13
MgO	21.74	8.01
CaO	0.65	0.67
Na ₂ O	0.30	4.10
K ₂ O	0.13	2.52
P ₂ O ₅	0.39	0.22
Summe	90.24	94.90

B.3.4 Amphibolit (524.4 - 526.7 m, DS 88A1T)

Die einzige Amphiboliteinschaltung im Teufenbereich zwischen 480 und 992 m tritt unterhalb eines steilstehenden, auf einen Meter Länge aufgeschlossenen Quarz-Feldspat-Pegmatoides auf. Der Kontakt zum unterlagernden Gneis ist stark vergrünt und undeutlich. Das feinkörnige, tektonisch stark beanspruchte Gestein ist intensiv chloritisiert und von Calcitadern durchzogen. Biotit, Plagioklas und Epidot bilden die Hauptgemengteile, während Hornblende makroskopisch nur undeutlich zu erkennen ist. Lokal treten feldspatreiche Bänder auf. Neben Chlorit ist Pyrit häufiges Kluftmineral.

Mikroskopisch handelt es sich um einen weitgehend chloritisierten, mittel- bis feinkörnigen Biotit-Amphibolit mit viel

Titanit und lagenweiser Plagioklasanreicherung. Die blaß-gelblich-grüne Hornblende bildet idiomorphe, kurzsäulige Kristalle. Plagioklas ist weitgehend sericitisiert. Quarz kommt in ausgelängten Linsen vor. Pyrit bildet idiomorphe Körner in der Grundmasse. Calcit ist an Klüftchen gebunden.

Die RDA-Zentrifugenproben weisen etwa 20 % Quarz, 33 % Plagioklas + Sericit, 6 % Biotit, 15 % Amphibol, 15 % Chlorit (aus Biotit und Amphibol), 6 % Calcit und in einer Probe 6 % Klinopyroxen nach. Die Kernprobe 88A1T ergibt 48 % Amphibol, 5 % Titanit und 15 % Chlorit bei nur 7 % Quarz und 21 % Plagioklas. In den RFA-Zentrifugenproben fallen im Vergleich zu den Paragneisen der Anstieg von Fe_2O_3t , CaO, TiO_2 , Cr, Ni, Sr und S sowie die niedrigen Na_2O -Gehalte auf.

B.3.5 Quarz-Feldspat-Pegmatoid (522.8-523.6 m)

Das weiße Gestein zeigt ein richtungslos-körniges Gefüge und enthält außer Quarz und Feldspat untergeordnet Chlorit und Calcit in Nestern und auf Klüftchen. Die RDA weist ca. 20 % Quarz, 10 % Kalifeldspat, 40 % Plagioklas (+ 10 % Sericit), 15 % Chlorit und 8 % Calcit nach.

B.3.6 Korrelationen mit mineralogisch-geochemischen Analysen

In Bereich von 765 bis 770 m wurde eine Störungszone im Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis durchteuft. Der Gneis ist hier intensiv parallel zur Foliation zerschert und wird von netzförmigen Quarzklüftchen durchsetzt. Bis zu 10 cm mächtige Bereiche sind verletzt. In den mineralogisch-geochemischen Profilen (vgl. Kapitel C.6 in diesem Bericht) fallen an dieser Stelle ausgeprägte Wechsel in Element- und Mineralgehalten auf:

- RFA-Zentrifugenproben: Von 764 bis 766 m (2 m Probenintervall) steigen sprunghaft die Gehalte an MgO , Fe_2O_3t , MnO , P_2O_5 , Cr, Ni und Cu, während die Gehalte an SiO_2 und Na_2O drastisch sinken.

- RDA-Modalanalyse: Von Probe 764 m zu Probe 766 m steigt der Chlorit-Gehalt bei gleichzeitig sinkendem Quarz-Gehalt an, d.h. die im Kern vorhandenen Quarzklüftchen können offensichtlich einen Verlust an Matrixquarz nicht ausgleichen.

Bei den RFA/RDA-Zentrifugen-Proben geht die plötzliche Änderung bei 766 m wieder kontinuierlich zurück und erreicht bei 780 m das normale Niveau. Eine RFA/RDA-Kernstück-Probe von 770 m zeigt dagegen schon wesentlich früher wieder 'normale' Gehalte. Es kann an dieser Stelle nur beispielhaft aufgezeigt werden, welche Datenfülle durch die kontinuierlichen RFA/RDA-Analysen zur Auswertung zur Verfügung steht.

Um das Edukt der Biotit-Gneise näher einzugrenzen, wurden chemische Hauptelement-Analysen (RFA) von Kernstücken und Zentrifugen-Proben in das $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ - Diagramm von WIMMENAUER (1984) geplottet (Abb. B.3.10). Die darstellenden Punkte fallen zum ganz überwiegenden Teil in das Feld der Grauwacken und tonigen Grauwacken. Einige Analysen von Kernstücken zeigen Tonsteine als Edukt an, während keine der Zentrifugen-Mischproben in dieses Feld fällt. Isocheme Metamorphose vorausgesetzt, handelt es sich bei den durchteuften Paragneisen also vorwiegend um Metagrauwacken und untergeordnet um Metapelite.

Abb. B.3.11 zeigt das Verhältnis Chlorit/(Chlorit+Biotit) aufgetragen gegen die Teufe, ermittelt an Zentrifugen-Proben (Bohrmehl, Mischproben im 2m Intervall). Da in diesem Teufenabschnitt Chlorit fast ausschließlich aus Biotit hervorgegangen sein muß (Amphibol tritt nur in den oben genannten geringmächtigen Zonen auf, Granat ist durchweg noch stabil), ist sein Gehalt ein geeignetes Indikator dafür, wieviel Prozent des Biotits in Chlorit umgewandelt wurde. Der Teufenabschnitt von 480 bis 992 m ist wegen seiner lithologischen Eintönigkeit gut geeignet für solche graphischen Darstellungen ohne weitere Aufarbeitung der Daten geeignet. Die Beeinträchtigung durch lithologische Wechsel (Amphibolit, Ganggestein) ist hier vergleichsweise gering. Eine Chloritanreicherung auf Störungen (Chloritharnische usw.) muß bei der Interpretation natürlich lokal berücksichtigt werden. Diese Beziehung macht deutlich, daß die Alteration stark und auf engem Raum wechselt. Durchschnittlich sind 65% des Biotits in Chlorit umgewandelt. Auffällig sind großräumige Schwankungen im 50 bis 100 m Bereich. Das genaue Ausmaß der Vermischung des Bohrmehls beim Aufstieg von der Bohrlochsohle bis zu Tage (Repräsentativität der Zentrifugen-Proben) wird zur Zeit untersucht.

Um eventuelle großräumigere Tonstein-Grauwacken-Wechselagerungen zu erkennen, wurde sowohl das $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - als auch das $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ -Verhältnis gegen die Teufe geplottet (Abb. B.3.12). Daten der Zentrifugen-Proben liegen bislang nur bis 850 m vor. Auffällig im $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis ist der deutliche Sprung bei 508 m. Hier beginnt das quarzdioritische Ganggestein, das bis 517 m reicht und an eine Störungszone gekoppelt ist. Ab 530 m stehen fast nur noch Paragneise an. Lagen mit einem Ausgangschemismus von tonigen Grauwacken und normalen Grauwacken (Punkte links bzw. rechts der Grenzlinie $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 4$) scheinen größenordnungsmäßig etwa im Abstand von 10 bis 30 m abzuwechseln, wobei der tendenziell gegensinnige Kurvenverlauf der beiden Elementverhältnisse vermutlich im wesentlichen die relativen Mengenverhältnisse von Quarz und Biotit widerspiegelt. Der deutliche Peak im $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis bei 680 m wird durch ein 30 cm mächtiges Quarzmobilisat bei 679 m verursacht. Die schon oben erwähnte Störungszone bei 765 m ist durch ein sehr niedriges $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis, aufgrund der Wegfuhr von Quarz, gekennzeichnet während sich das Alkalien-Verhältnis nicht auf-

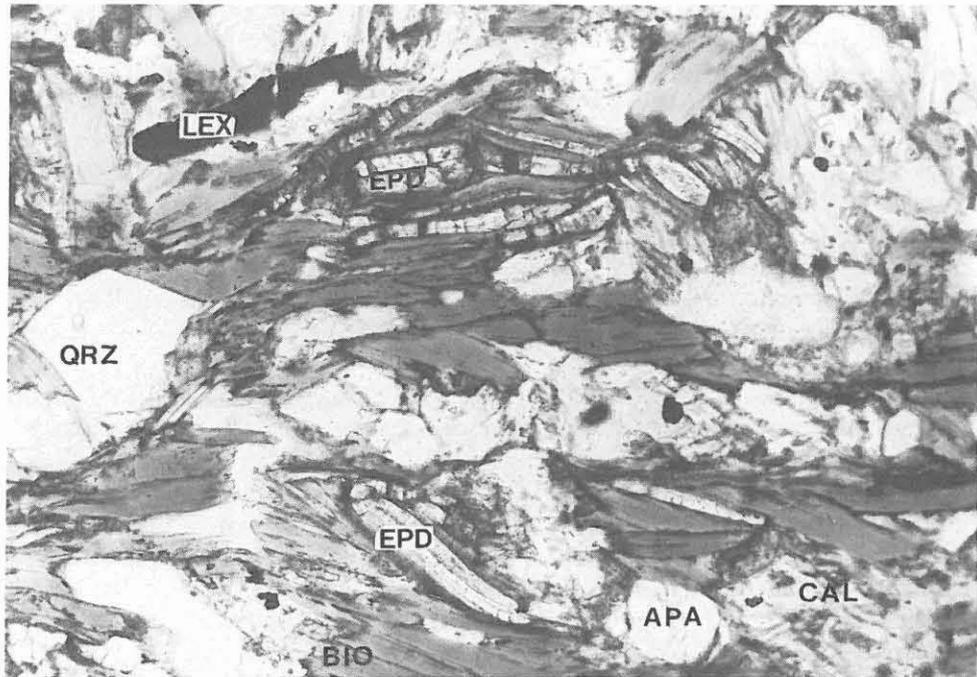


Abb. B.3.9: Stengelige, teilweise verbogene Epidot-/Klinozoisitkristalle sind eng mit Biotit parallel zu dessen Spaltbarkeit verwachsen. (feinkörniges, hornblende-führendes, biotitreiches Band)
APA = Apatit, CAL = Calcit, QRZ = Quarz,
LEX = Leukoxen, EPD = Epidot-/Klinozoisit
(Schliff 114C6mII, 1 Nicol, 100-fach).

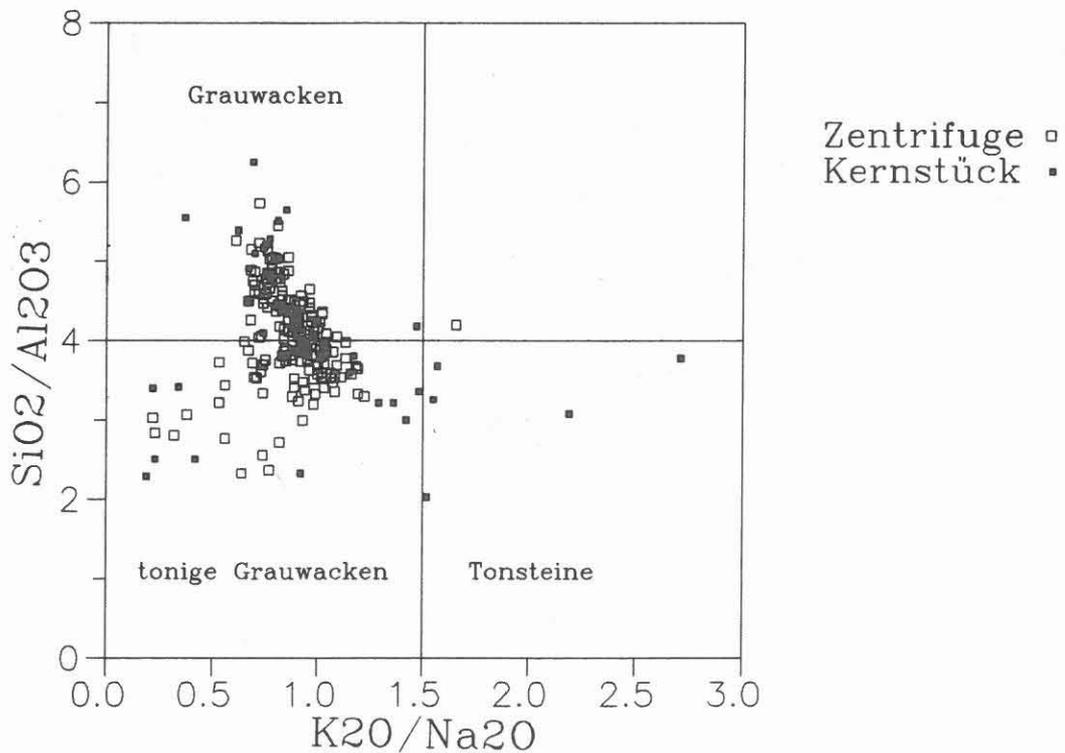


Abb. B.3.10: Eduktendiagramm für (Meta)-Sedimente nach WIMMENAUER (1984); eingetragen sind alle Zentrifugen- und Kernproben aus diesem Teufenbereich (auch Quarzdiorit und Amphibolit).

Chlorit/(Chlorit+Biotit)

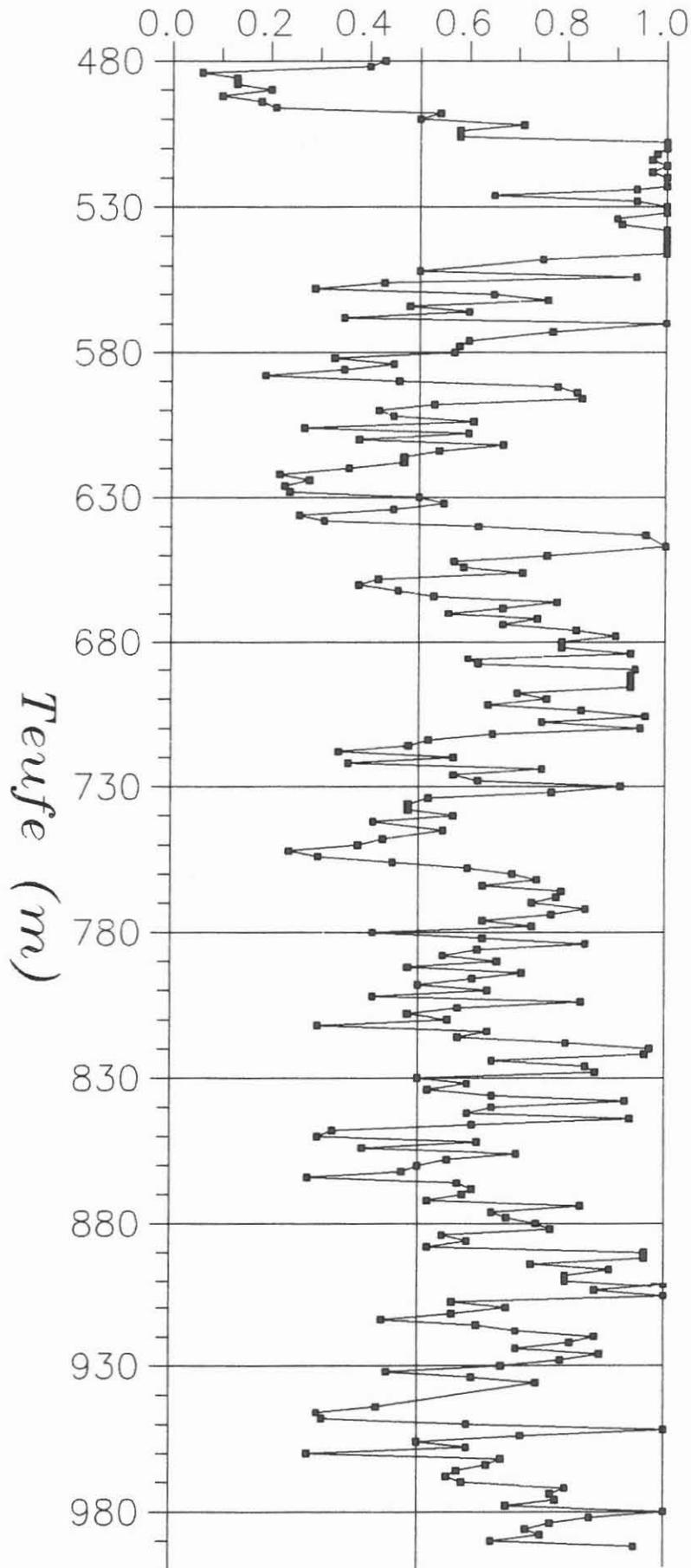


Abb. B.3.11: Tiefenlog von Chlorit/(Chlorit+Biotit) aus RDA-Analysen als Maß für den Alterationsgrad der Gesteine.

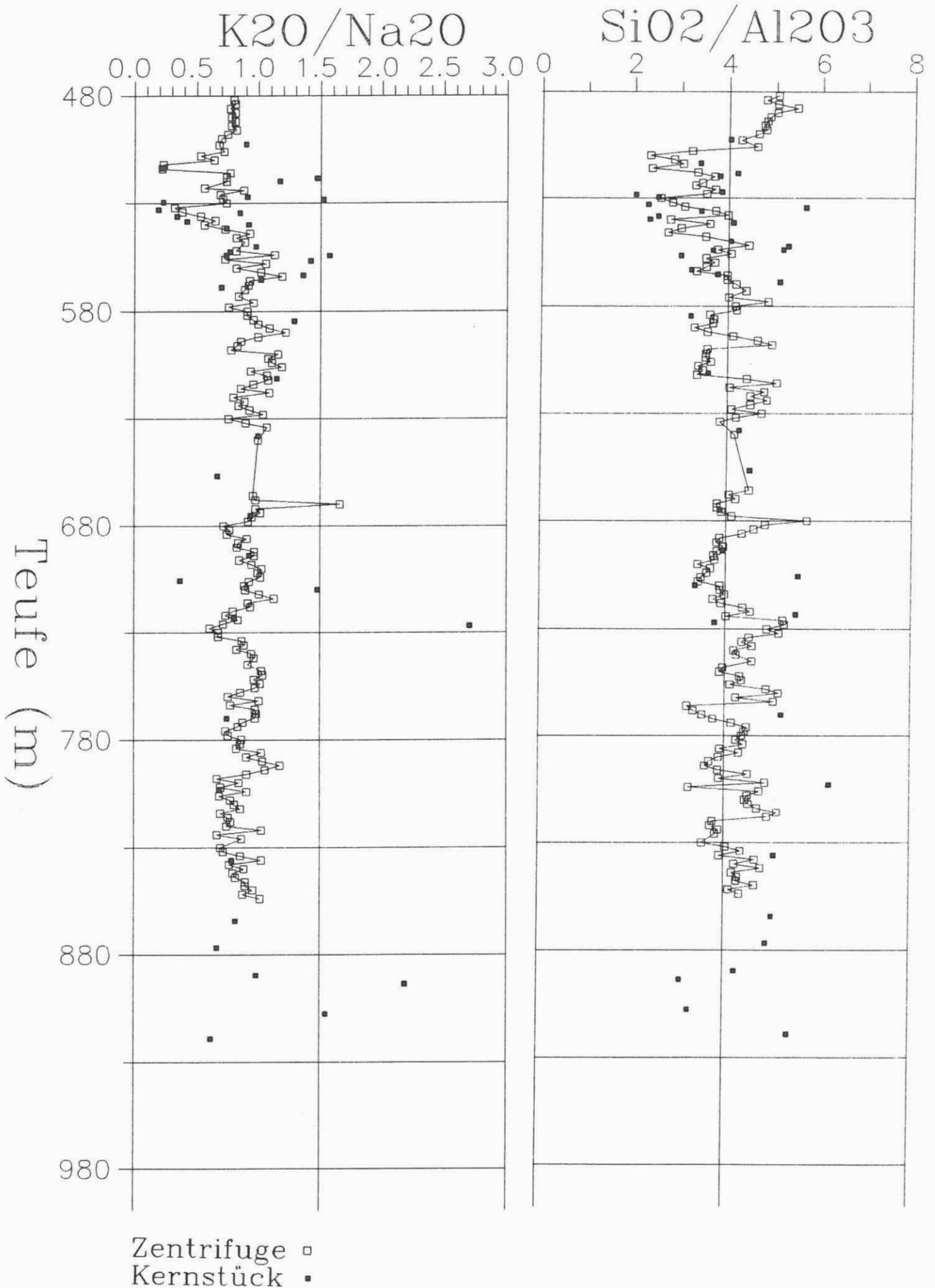


Abb. B.3.12: Teufenlog von SiO_2/Al_2O_3 und K_2O/Na_2O

fällig ändert. Der niedrige Wert der Zentrifugenprobe bei 804 m ist auf Nachfall von amphibolitischem Material zurückzuführen, das nach Gestängeein- und -ausbau zerbohrt wurde.

Das Verhältnis K_2O/Na_2O zeigt bei 670 m einen deutlich nach oben abweichenden Wert. Dieser ist durch die ca. 30 cm mächtige Einschuppung von stark zerschertem, sehr biotitreichem und feldspatarmem Gneis (vgl. Kap. B.3.2) bedingt. Hier fallen die Werte bereits bei der nächsttieferen Probe auf das Normalniveau zurück.

Noch deutlicher als beim SiO_2/Al_2O_3 -Verhältnis fällt beim K_2O/Na_2O -Verhältnis die größere Variationsbreite der Kernstücke gegenüber den Zentrifugenproben auf, die ja jeweils eine Mischprobe über einige Dezimeter des erbohrten Materials darstellen. Allerdings liegen viele Kernstückproben direkt auf dem dichtbesetzten Punktstreifen der Zentrifugenproben und fallen weniger stark ins Auge als die abseits liegenden.

B.4 Erzmineralisation

Die Erzmineralführung der Gesteine dieses Bohrabschnittes (Paragneise, Quarzdiorit, Amphibolit) ist nur gering und stimmt im wesentlichen mit den Ergebnissen von LEHMANN (1987) überein, der Paragneise der gleichen Ausbildung aus der Geothermiebohrung "PÜLLERSREUTH" untersucht hat.

Makroskopisch konnten Pyrit, Magnetkies und selten Kupferkies identifiziert werden. Die mikroskopische Auswertung von wenigen Anschliffen aus diesem Bereich ergab als sulfidische Phasen Pyrit, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz und Molybdänlanz sowie die oxidischen Minerale Ilmenit und Rutil.

Pyrit findet sich regellos in der Grundmasse des Gesteins in Form kleiner idio- bis hypidiomorpher Einzelkörner, bzw. als kleine linsige oder nestförmige Aggregate. Auf Trennflächen (Störungen, Klüften) tritt ebenfalls Pyrit auf, der stellenweise in Verbindung mit Harnischstriemung auf diesen Trennflächen ausgewalzt ist. Eine erhöhte Pyritführung im Gestein bzw. auf Trennflächen ist mit Alterationserscheinungen (meist Chloritisierung) zu korrelieren (z.B. KM 88 = 525.1 - 526.4 m, KM 90 = 526.8 - 529.1 m, KM 141 = 706.9 - 710.5 m, KM 146 = 727.2 - 729.9 m).

Im Kernmarsch 90 (526.8 - 529.1 m) ist in der Amphiboliteinschaltung eine tektonische Beanspruchung des Gesteins mit einer intensiven Graphitisierung und Pyritisierung verbunden. Pyrit tritt in der Gesteinsmatrix in Form von idiomorphen

Einzelkörnern und in linsenförmigen Aggregaten, in ca. 1 mm dünnen Bändchen und im Salband von Calcitbändern auf. In diesen Calcitbändern findet sich eine weitere, rötlichbraune, sehr feinkörnige Phase. Die erhöhten Zn-Werte in den Zentrifugenproben dieser Teufe (siehe Berichtsteil C.2.3.3 deuten auf Zinkblende hin (oder Kontamination durch Gestängefett!). Der Sulfidreichtum dieser Zone wird auch durch den hohen Schwefelgehalt belegt. Anschliffe liegen aus diesem Bereich noch nicht vor. Eine höchstens minimale Magnetkiesführung (?) deuten wenig erhöhte Werte der magnetischen Remanenz an.

Im Anschliff bildet Pyrit in der Gesteinsmatrix sowohl kleine idiomorphe bis hypidiomorphe Einzelkörner (überwiegend in den Paragneisen) als auch z.T. große, poröse, stark korrodierte Aggregate (Kernstück 88A3T bei ca. 525.4 m, Amphibolit). Im Quarzdiorit bei 512.7 m (83A6T) sind Pyritkörner einer starken kataklastischen Deformation mit zwei bevorzugten Trennflächen-richtungen unterworfen worden. Als Einschlüsse in, bzw. Verwachsungen mit Pyrit finden sich Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Magnetkies (?) und Graphit.

Der Anteil magnetischer Minerale (hier: Magnetkies) in den durchteuften Serien wurde in einigen Fällen erst durch die geophysikalische Vermessung der Bohrkerne (Remanenz, Suszeptibilität) nachgewiesen (siehe detaillierte Ergebnisse der Arbeitsgruppe Geophysik in Berichtsabschnitt D.4 und D.5).

Magnetkies tritt in sehr kleinen Linsen in der Gneisgrundmasse auf und ist neben den zahlreichen Biotitschüppchen makroskopisch nur schwer zu identifizieren. In dem Bereich bei 564 m, der durch hohe magnetische Remanenzen und Suszeptibilitäten auffällt, findet sich neben Magnetkies auch Pyrit. Andere Abschnitte mit deutlich magnetischen Eigenschaften (z.B. zwischen 793 und 798 m; entspricht KM 165 - 167) führen keine makroskopisch erkennbaren Erzminerale. In diesem Abschnitt ist eine, die magnetischen Charakteristika prägende, Mineralführung entweder nur mikroskopisch ausgebildet, oder größere Aggregate magnetischer bzw. magnetisierbarer Minerale sind nicht an der Kernaußenfläche angeschnitten. Stellenweise sind kleine Magnetkieslinsen in hellen Quarz-Feldspat-Mobilisaten eingeschlossen (Kernstück 181A1g bei ca. 827.4 m).

Im Kernstück 252A1gT (991.7 m) besteht mikroskopisch identifizierter Magnetkies aus größeren, von Rissen durchzogenen Aggregaten, die dünne, helle, flammenartige Entmischungen (eventuell Markasit) aufweisen. Hier ist auch eine intensive Verwachsung mit Zinkblende zu beobachten: es finden sich sowohl saumartige Aufwachsung auf Zinkblende als auch Einschlüsse und Anlagerungen von Zinkblende in/an Magnetkies.

Die Werte der magnetischen Remanenz sind in diesem Bereich nicht wesentlich erhöht und zeigen, daß der Magnetkiesanteil generell nicht sehr hoch sein kann.

Kupferkies konnte makroskopisch selten beobachtet werden. Er

tritt z.B. sehr feinkörnig im Kernstück 175A2T (817 m) und in der Sektion 246 B (978 m) in der Grundmasse neben Magnetkies und/oder Pyrit auf.

Mikroskopisch läßt sich Kupferkies als meist sehr untergeordneter Bestandteil fast jeder Probe bestimmen. Das Mineral findet sich sowohl in den Gneisen als auch im Amphibolit. Lediglich in der Quarzdioriteinheit konnte er bisher nicht nachgewiesen werden. Meist handelt es sich um sehr kleine, überwiegend hypidiomorphe Einzelkörner in der Gesteinsgrundmasse. Im Kernstück 95A1cT bei 539.8 m ist Kupferkies eng mit Zinkblende und auch mit Pyrit verwachsen. Feine Einschlüsse finden sich in Zinkblende (Abb. B.4.1). In zerbrochenen Pyritaggregaten bildet Kupferkies zusammen mit Bleiglanz jüngere Zwickel- und Spaltenfüllungen. Bei 659.3 m (128B1dT) ist Kupferkies an Ilmenit angelagert.

Zinkblende wurde bisher in zwei Anschliffen bei 539.8 m (95A1cT) und bei 991.7 m (252A1gT) beobachtet. Das Mineral weist bereits bei der Betrachtung in Luft und 1 Nicol gelblichbraune, seltener rötliche Innenreflexe auf, die bei gekreuzten Polarisatoren das ganze Mineralkorn erfassen. Im Gneis bei 991.7 m ist Zinkblende fast nur an eine helle Kluffüllung gebunden, in der sie sowohl in der Grundmasse der Kluffüllung als auch als Einschluß und in Buchten in Magnetkies auftritt. Bei 539.8 m stellt Zinkblende eine der wesentlichen Erzmineralphasen dar, die hier mit zahlreichen weiteren sulfidischen Mineralen (Kupferkies, Pyrit, Magnetkies (?), Bleiglanz) verwachsen ist (Abb. B.4.2/B.4.3).

Bleiglanz tritt nur sehr untergeordnet auf. Er wurde lediglich mikroskopisch als kleine, jüngere xenomorphe Zwickelfüllung zusammen mit Kupferkies in Pyrit gefunden.

Molybdänglanz wurde in diesem Bohrabschnitt bei 539.8 m (95A1cT) identifiziert (Abb. B.4.4). Das helle, leistenförmige Mineral findet sich in enger Nachbarschaft mit Graphit. Als Nachtrag zum vorherigen Bohrabschnitt von 0 bis 480 m sei angemerkt, daß sich bereits in einem granatführenden Amphibolit mit Kalksilikatlagen bei 284.5 m (42B3b) leistenförmiger Molybdänglanz in enger Vergesellschaftung zu Graphit findet.

Ilmenit tritt in den durchteuften Gneisen in nadeliger und unregelmäßiger bis isometrischer Form auf. Das rosa-braungraue Mineral ist selten mit Kupferkies, häufiger mit Rutil verwachsen.

Rutil findet sich fast stets in größerer Menge in den Präparaten. Es handelt sich sowohl um größere Einzelkörner als auch um kleine Sekundär-Bildungen in den Spaltflächen von Glimmermineralen. Rutil weist in größeren Körnern stellenweise Zwillingslammellen auf. Dort, wo eine Lamellierung fehlt, könnte laut RAMDOHR (1975, in LEHMANN 1987) eine Bildung des Rutils aus Ilmenit vorliegen. Kleinere Anatas-

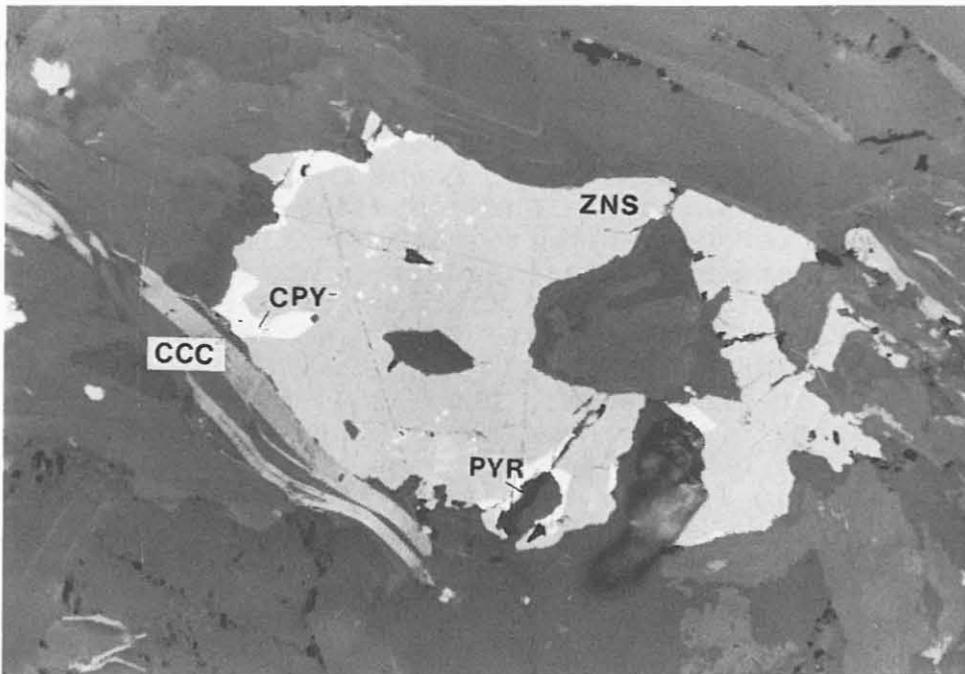


Abb. B.4.1: Zinkblende-Aggregat (ZNS) mit feinen Kupferkies-Einschlüssen (CPY) und randlichen Anwachsungen (Verdrängungen ?) von Kupferkies und Pyrit (PYR) neben nur wenig deformiertem, leistenförmigem Graphit (CCC) in einem feinkörnigen granatführenden Biotitgneis (Anschliff 95A2cT, ca. 539.8 m, 250fach, Luft, 1 Nic.)

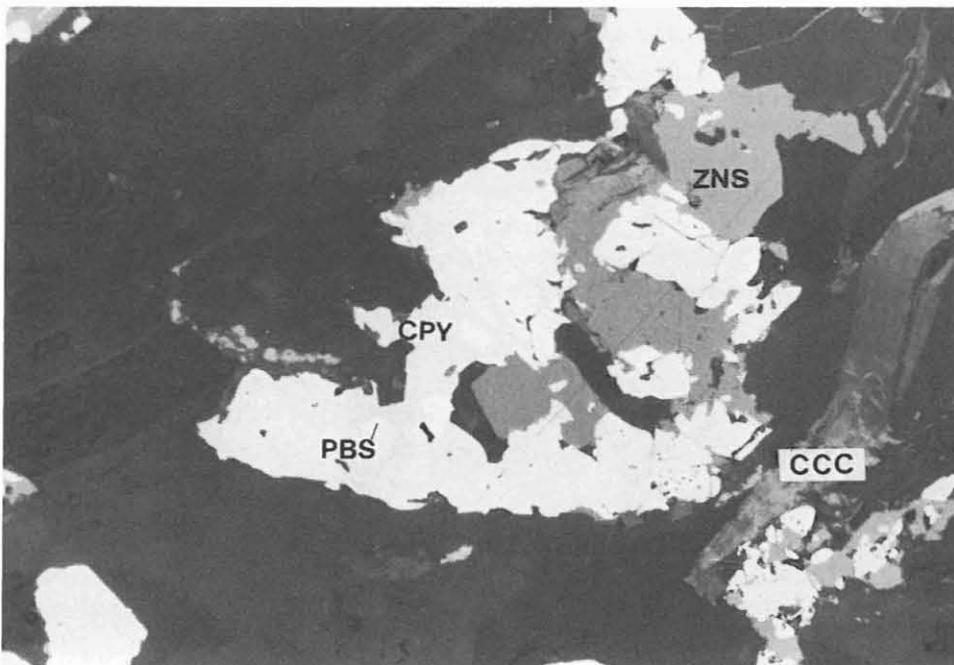


Abb. B.4.2: Enge Verwachsung von Zinkblende (ZNS) mit Kupferkies (CPY) und Bleiglanz (PBS); rechts unten leistenförmiger Graphit (CCC) (Anschliff 95A1cT, ca. 539.8 m, 250fach, Luft, 1 Nic.)

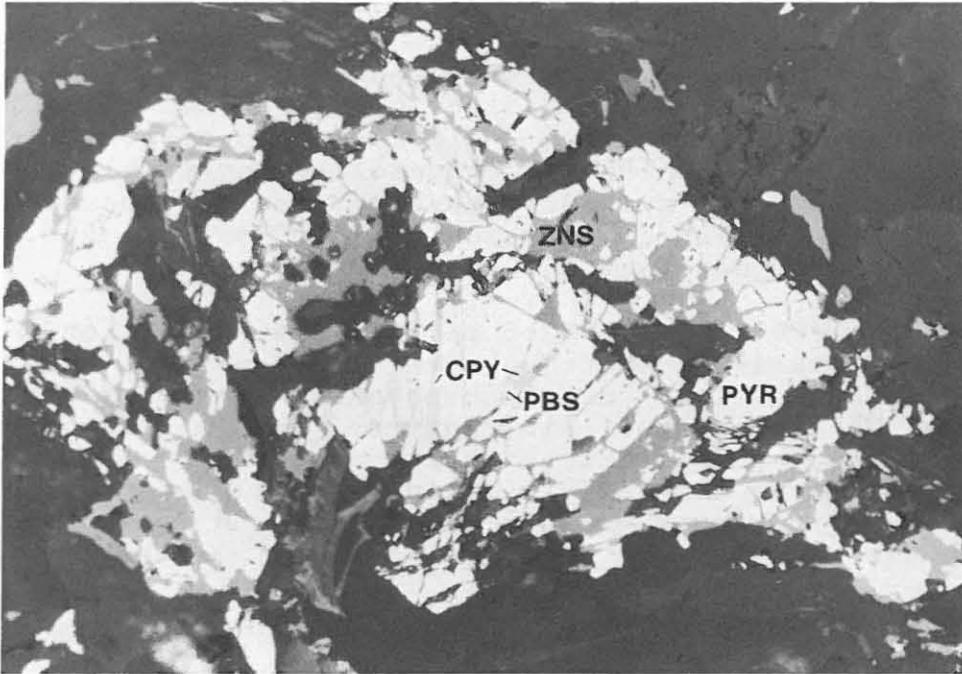


Abb. B.4.3: Verdrängung von Pyrit (PYR) durch Zinkblende (ZNS) Kupferkies (CPY) und Bleiglanz (PBS) in einem feinkörnigen granatführenden Biotitgneis (Anschliff 95A1cT, ca. 539.8 m, 200fach, Luft, 1 Nic.)

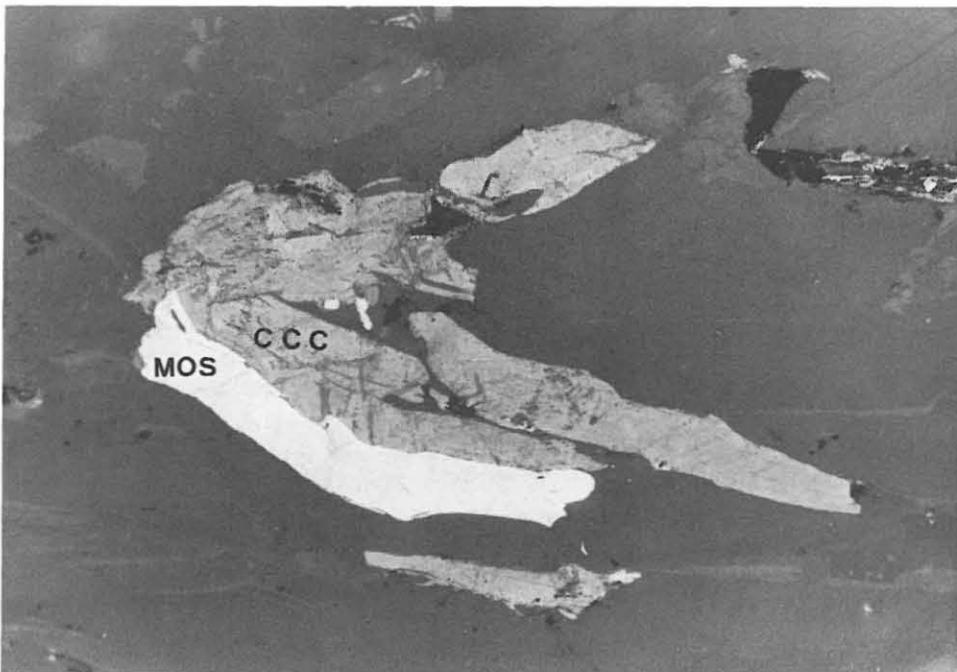


Abb. B.4.4: Anlagerungen von Molybdänglanz (MOS) an wenig deformierten Graphit (CCC) (Anschliff 95A1cT, ca. 539.8 m, 250fach, Luft, 1 Nic.)

aggregate finden sich neben Rutil.

Als weitere opake Phase stellt Graphit einen wesentlichen Bestandteil der Paragneiseinheiten dar. Das Mineral bildet sowohl aufgefiederte Leisten, die nur wenig deformiert erscheinen, als auch kugelförmig eingerollte Aggregate. Oft ist Graphit randlich mit sulfidischen Mineralen verwachsen oder in sie eingelagert (in Zinkblende in 94A1cT bei ca. 539.8 m). Sehr eng ist Molybdänglanz an Graphit gebunden.

Im Kernstück 138D1b (ca. 702.5 m) ist in einer hellen Gangfüllung aus Quarz-Feldspat-Muskovit-Sillimanit ein ungefähr 1 cm großes, leicht durchscheinendes, dunkelgraues bis schwarzes Mineralaggregat eingebettet, das im reflektierten Licht gelbbraun-grünlich transparent erscheint. Unter Auflicht weist dieses Mineral ein geringes Reflektionsvermögen, eine große Härte sowie Anisotropieeffekte und Spaltbarkeiten auf, die als Hinweise auf Wolframit gedeutet werden.

B.5 Strukturgeologie

B.5.1 Einleitung

Das tektonische Inventar der Kernbohrstrecke von 478.5 - 992 m ist übersichtsmäßig in einer Bohrkernkurzbeschreibung dokumentiert. Die gute Kernbeschaffenheit und der fast lückenlose Kerngewinn ermöglichten es, daß ein großer Teil des Materials auf dem Kernkopierer abgewickelt werden konnte. Dies hatte eine deutliche Vereinfachung und auch Verbesserung der strukturellen Aufnahme zur Folge. So konnten exakte Meßwerte (bezogen auf die relative, am Kern markierte Orientierungslinie) für Lagenbau und Trennflächengefüge mit Hilfe einer speziell entwickelten Schablone aus den Kernkopien ermittelt werden. Des weiteren ermöglicht die Kernabwicklungskopie einen Überblick über die strukturelle Ausbildung (Strukturtypen) der durchteuften Gesteine (Abb. B.5.1).

B.5.2 Makrogefüge

B.5.2.1 Lagengefüge

B.5.2.1.1 Metamorpher Lagenbau

Die Paragneise zeigen eine ausgeprägte metamorphe Foliation. Sie liegt parallel zu einem, meist mit diffusen Grenzen ausgebildeten Materialwechsel. Der Charakter der Foliation wechselt zwischen metablastisch - metatektisch in biotitreichen Paragneisen und hochtemperaturmylonitisch in biotit-

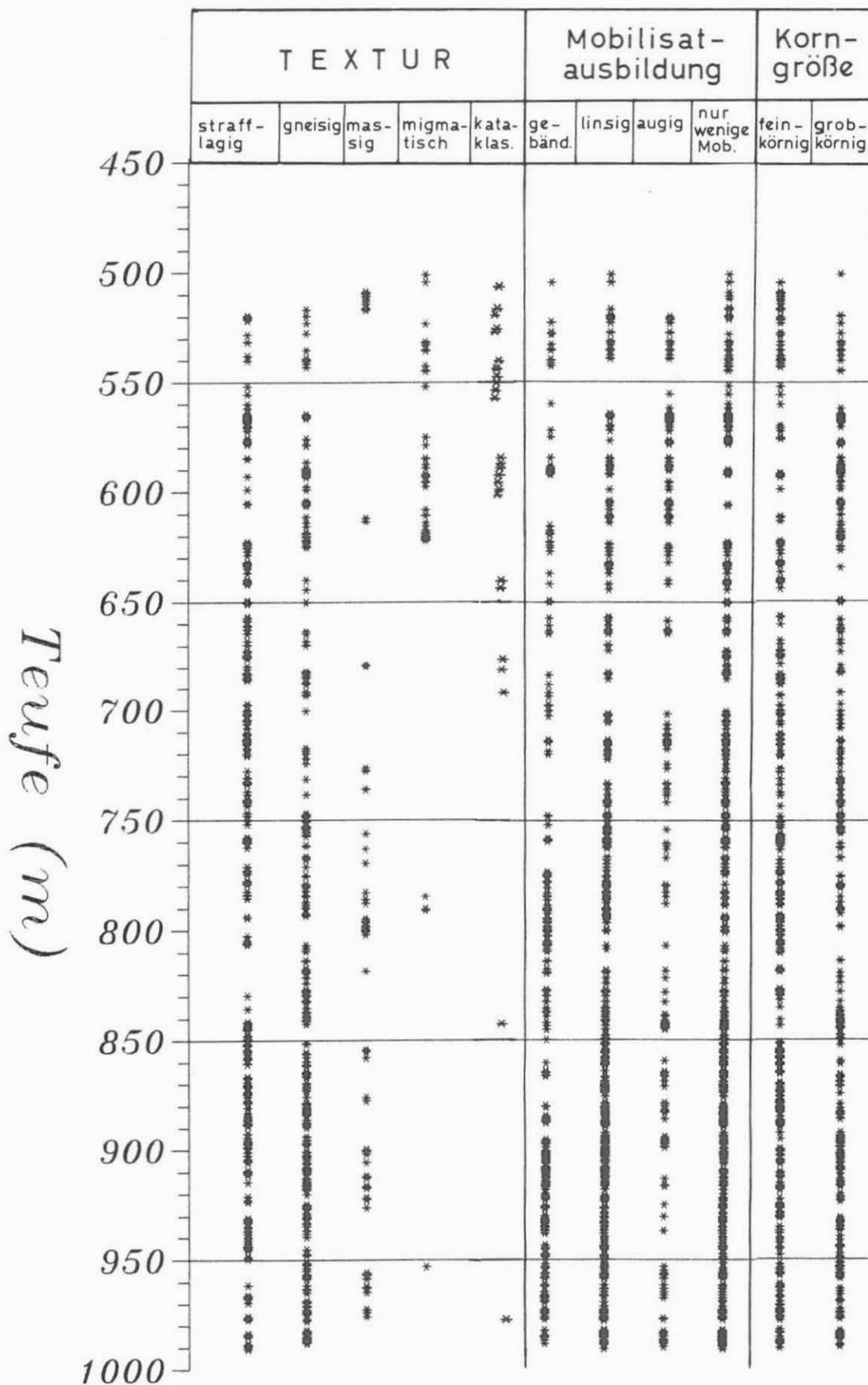


Abb. B.5.1: Kombiniertes Übersichtsprofil der Ausbildung von Textur, Mobilisaten und Korngröße nach der Auswertung der Kernabwicklung (zur Methode der Kernabwicklung vgl. KTB Report 88-1).

ärmeren, z.T. granatreichen Paragneisen (insbesondere zwischen 909 - 913.5 m und 926 - 946.5 m). Dieser mylonitische Lagenbau tritt im Wechsel mit lagig - flaserigen, metablastischen Gneistexturen auf. In Bereichen stärkerer migmatisch-diatektischer Überprägung (500 - 503 m, 612 - 614.5 m, 750 m) wird der Lagenbau undeutlich, in einzelnen Partien (951.4 - 961.4 m) in nebulitische Strukturen überführt. In den feinkörnigen, mylonitischen Paragneisen (besonders deutlich zwischen 932 und 937 m) erinnern porphyroblastische Feldspat-Augen bis zu 5 mm Länge und bis 2 mm große Sillimanitwirbel an die Gesteine der Geothermiebohrung "Püllersreuth" (WEBER 1985, WEBER & VOLLBRECHT 1986, HEIDELBACH, Dipl.-Arbeit in Vorb.).

Die Darstellung der Fallwerte der Foliation in Abb. B.5.2 zeigt eine weitspannige Undulation mit Wellenlängen im 100 m Bereich. Diese wird überlagert durch eine kleinräumigere Undulation mit Wellenlängen im Bereich mehrerer Meter bis Zehnermeter (z.B. zwischen 700 und 780 m). Die Darstellung in Abb. B.5.2 vermittelt den Eindruck einer weitspannigen Verfaltung des steil stehenden metamorphen Lagenbaus. Da die Wellenlängen größer sind, als die Länge einzelner Kernmärsche, läßt sich die Existenz dieser vermuteten Falten nur an Hand größerer Kernaussagen überprüfen. Hinweise ergeben sich aus örtlich auftretenden offenen Falten und Knickzonen bis Knickfalten (Abb. B.5.3 und B.5.4). Es handelt sich hier um postmetamorphe Faltenstrukturen mit horizontal bis flach einfallenden Faltenachsenflächen, die nach Steilstellung des metamorphen Lagenbaus im Verlauf postmetamorpher Extensionstektonik unter der Wirkung gravitativer Spannungen angelegt wurden (WEBER, persönliche Mitteilung). Abschiebende Knickzonen (Abb. B.5.4) vertreten Verschiebungsflächen und können in diese übergehen. Der Wiederanstieg des Einfallswinkels der Foliation bei 930 m fällt mit dem Auftreten von mylonitischen Paragneisen zusammen. Im Teufenbereich von 870 - 873 m wird durch papierdünne Biotitlagen ein zweites metamorphes s-Flächengefüge abgebildet. Es schneidet den metamorphen Lagenbau im spitzen Winkel oder liegt anastomisierend subparallel zur älteren Foliation. Einzelne Trennflächen zeigen feine Harnischlineationen.

Quarzdioritische Gesteine zwischen 507.9 und 516.9 m sowie ein Amphibolit zwischen 524.4 und 526.7 m sind richtungslos körnig ausgebildet.

B.5.2.1.2 Kataklastische Scherzonen

Kataklastische Scherzonen sind in folgenden Kernmärschen besonders ausgeprägt: KM82, KM83, KM96 - KM99, KM100, KM101, KM103 - KM104, KM108 - KM112. Die kataklastische Verformung, deren unterschiedliche Intensität in Abb. B.7.1 vermerkt ist, reicht in einzelnen Scherzonen bis zur Auslöschung des makroskopischen, metamorphen Gefüges und der Anlage eines mehr oder weniger straffen, kataklastischen s-Flächengefüges.

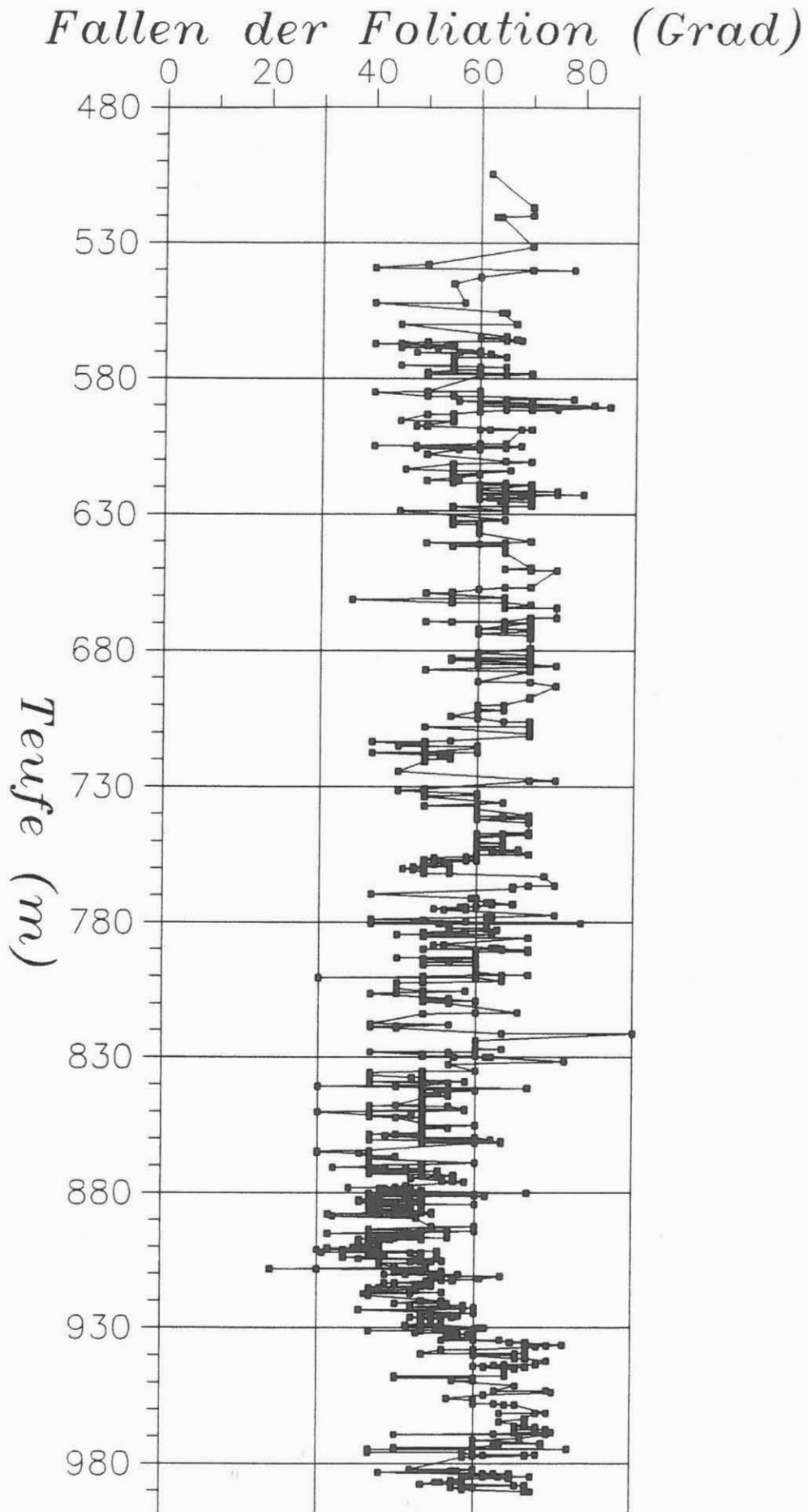


Abb. B.5.2: Einfallswerte der Foliation zwischen 480 und 1000 m.

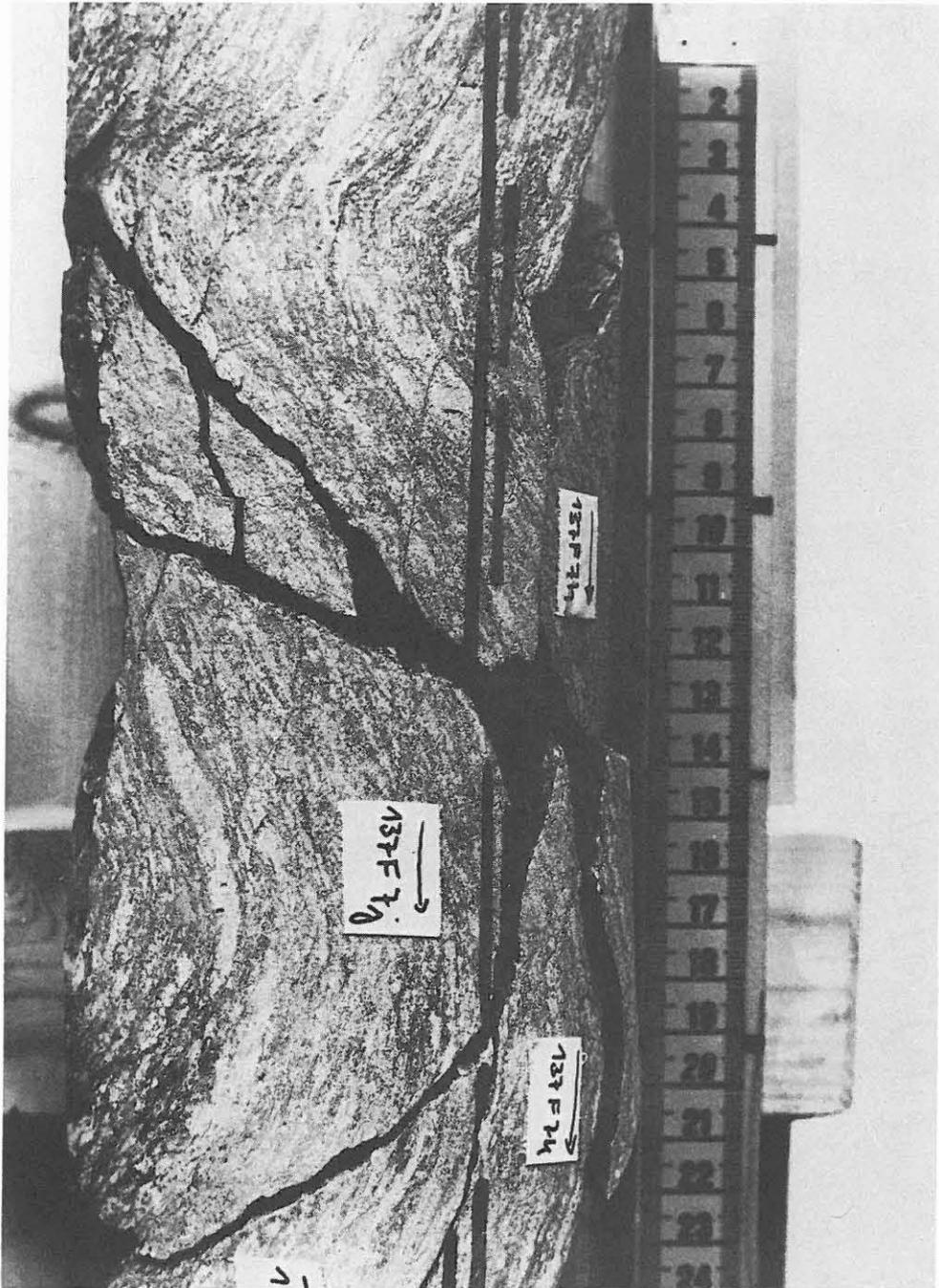


Abb. B.5.3: Weitspannige Verfaltung des metamorphen Lagenbaus um horizontale Faltenachsenflächen. Die Faltung erfolgte nach der Steilstellung des metamorphen Lagenbaus unter der Wirkung gravitativer Spannungen im Verlauf postmetamorpher Extensionstektonik. (Kerstücke 137F7g-1, 697.9 m)

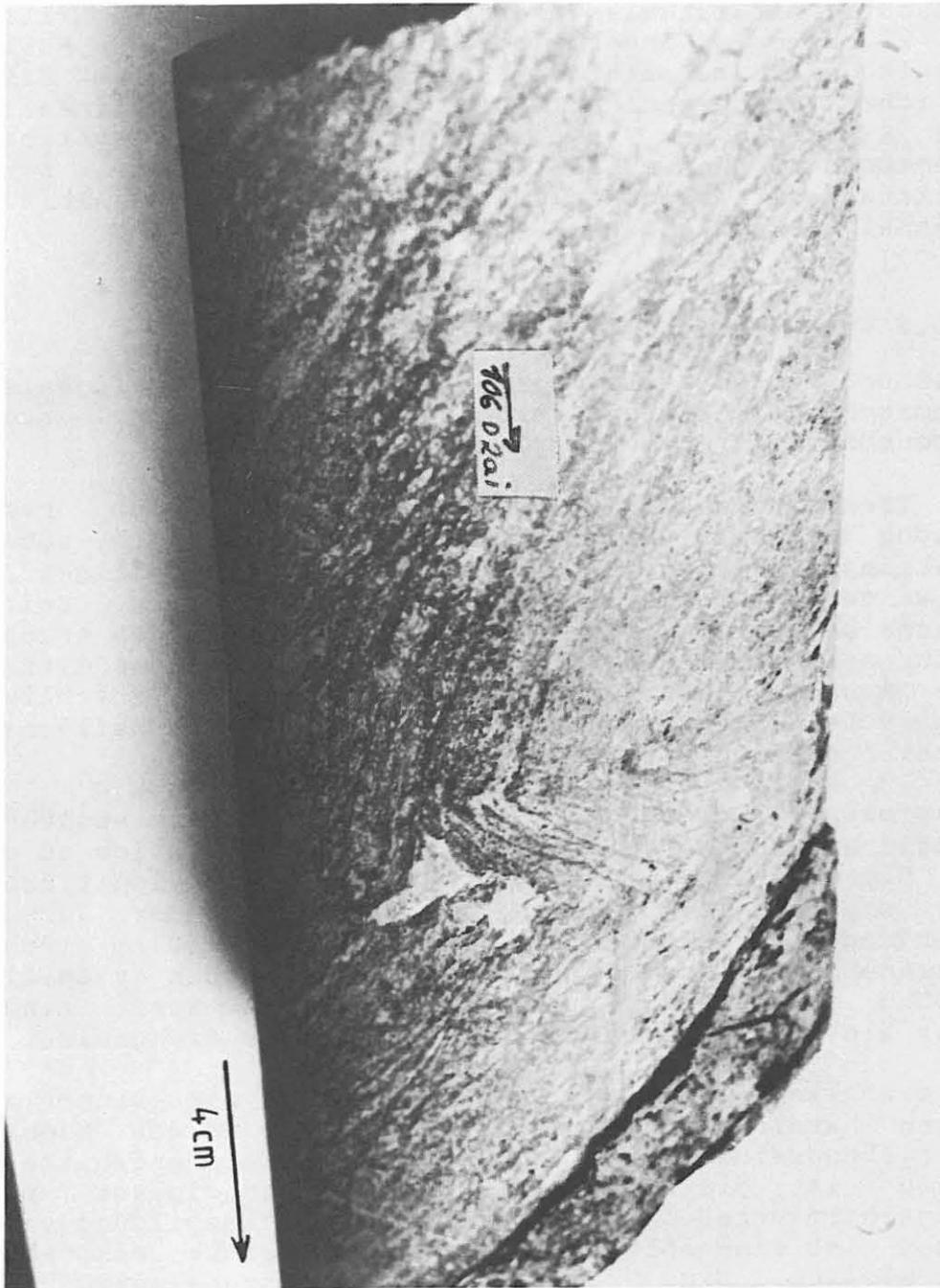


Abb. B.5.4: Abschiebende Knickzone mit schwach geneigten Knickflächen. Wenige Zentimeter darunter eine kataklastische, abschiebende Scherzone mit ähnlicher Raumlage wie die Knickzone. (Kernstück 106D2ai, 571.9 m)

Die Mächtigkeit kataklastischer Scherzonen beträgt Millimeter bis 20 Meter. Innerhalb der kataklastischen Horizonte wechselt die Intensität der Verformung über kurze Distanz. Sämtliche Verschiebungsflächen zeigen Harnischlineationen, deren Raumlagen und Verschiebungsvektoren noch systematisch eingemessen werden müssen. Teilweise gangförmige, schwarze Ultrakataklasite bestehen aus Chlorit, Quarz und Albit (RDA) und ähneln makroskopisch Pseudotachyliten.

B.5.2.2 Trennflächengefüge und Lineationen

Hierunter werden alle geöffneten (planaren) Gefügeelemente zusammengefaßt (Klüfte, Verschiebungsflächen etc., auch foliationsparallel orientiert).

Die Trennflächengefüge weisen eine erheblich breitere Streuung der Fallwinkel auf als der Lagenbau, d.h. neben den foliationsparallelen Elementen ist ein mannigfaltiges Inventar weiterer Absonderungsflächen zu beobachten. Zeitliche Engpässe bei der Durchmusterung aller Trennflächen ermöglichten nur sehr eingeschränkte Beobachtungen, so daß differenzierte Aussagen über die Raumlage, sowie eine anschließende statistische Auswertung von Klüftung, Verschiebungsflächen und Verschiebungssinn bisher nicht möglich war.

Foliationsparallele (chloritisierte) Biotitlagen spalten bevorzugt auf und geben eine feine Harnischlineation zu erkennen. Diese Harnischlineation ist sicher postmylonitisch und einer s-parallelen Scherung mit einhergehender Vergrünung zuzuordnen. Diesem Ereignis dürfte auch ein 10 cm mächtiger Katakklasehorizont bei 931 m angehören, der den mylonitischen Lagenbau durchschlägt. Die Katakklase ist somit eindeutig jünger als die mylonitische Überprägung der Paragneise.

Ein erheblicher Teil der Trennflächen ist mit einer ausgeprägten Harnischlineation versehen, die in der Regel den Verschiebungssinn zu erkennen gibt. Bei graphitbelegten Flächen ist die Oberfläche meist spiegelglatt poliert (Spiegelharnische). Bei einer derartigen Ausbildung von Harnischen ist eine Ableitung des Bewegungssinns makroskopisch nicht möglich. Eine Graphitführung ist unregelmäßig über den gesamten Teufenbereich zu beobachten. Zwischen 580 m und 606 m tritt sie jedoch deutlicher hervor. In diesem Abschnitt werden auch gehäuft verletzte Störungen beschrieben. Ober- und Untergrenze fallen in etwa mit Bereichen von Bohrlochwandausbrüchen zusammen.

B.5.2.3 Faltenstrukturen

Außer den in B.5.2.1.1 beschriebenen gravitativen Falten und Knickzonen treten Falten im Zentimeter - bis Meterbereich im gesamten Teufenbereich auf. Bis auf selten zu beobachtende

kleinmaßstäbliche, interne Falten, wird der metamorphe Lagenbau von allen anderen beobachteten Faltenverfaltet. Abbildung B.5.5 zeigt eine Falte im dm - Bereich in einem gebänderten Hornblende-Biotit-Gneis. Als Relikte interner Falten sind manche in der Foliation liegende Quarz-Feldspat-Knauern anzusehen, in denen durch Biotit-Polygonalbögen Faltenscharniere abgebildet werden. Monokline Kleinfalten im cm - Bereich treten in Paragneisen mit Quarz-Feldspat-Mobilisaten auf (789.1 - 792.9 m, Abb. B.5.6).

B.5.2.4 Mikrogefüge

Das Gefüge der Gneise ist durch granoblastisch - lepidoblastische Korngefüge gekennzeichnet. Die makroskopisch feinkörnigen, mylonitischen Gneisen (Dünnschliffe 100B2d, 100A1eT, 102A1aT, 104A10T, 109C10d) zeigen unter dem Mikroskop rekristallisierte Plattenquarze, die Granat und Feldspatklasten umfließen (Abb. B.5.7 und B.5.8). Mikroperthit, der seine feinen Albitmischungen in der Nachbarschaft zu breiteren Albitschnüren verliert, ist randlich rekristallisiert. Die rekristallisierten Körner sind frei von Albitmischungen. In ihrer Nachbarschaft und an dem Rand der Kalifeldspatklasten finden sich feinkörnige Plagioklase und Quarz-Plagioklas-Symplektite.

Diaphthoritische Gneise mit stabilem Biotit und stärkerer, sekundärer Muskovitbildung zeigen Korngrenzenmigrationen mit schlecht equilibrierten Korngrenzen im Quarzgefüge und häufigen konkav - konvexen Kornkontakten. (Teufe 693.8 - 726.9m, Schliffe 136E6T, 139C6T, 145E3T; Abb. B.5.9). In fibrolitreichen, feinkörnigen, strafflagigen Gneisen unterhalb 930 m sind Plattenquarze rekristallisiert und zeigen Subkorngefüge mit ausgeprägt diskontinuierlicher Undulosität (Schliffe 239A5T, 233C4T, 247A1aT). In kataklastisch überprägten Paragneisen sind zum Teil verschiedene Scherflächengenerationen zu erkennen (Abb. B.5.10).

B.5.2.5 Rückorientierung

Eine erste Rückorientierung gelang für den Kernmarsch 150 (745.6 - 750.3 m). Er zeichnet sich durch markante, steile, leicht gebogene Bruchgefüge aus, die z.T. von flacheren Brüchen abgeschnitten werden. Besonders die Abspielung der Amplitudenhöhe des reflektierten Ultraschallsignals der Borehole-TelevIEWer-Messung (BHTV) zeigt eine recht brauchbare Auflösung, seit eine Diamantkrone (schneidendes Verfahren) eingesetzt wird. Die während der ersten 480 m eingesetzte Rollenbohrkrone erzeugte offenbar eine zu "rauhe" Bohrlochwandoberfläche, um eine für eine Rückorientierung detailliert genug erscheinende Auflösung in der TelevIEWer - (BHTV) Auspielung zu ermöglichen. Nach Vergleich mit dem erbohrtem Kernmaterial wird deutlich, daß auch der metamorphe Lagenbau aufgelöst werden kann, auch wenn dieser meist nur im Bereich



Abb. B.5.5: Falte in einem Gneis mit hornblende- und/oder biotitreichen Bändern (Kernstücke 172B1q+r, 811 m).

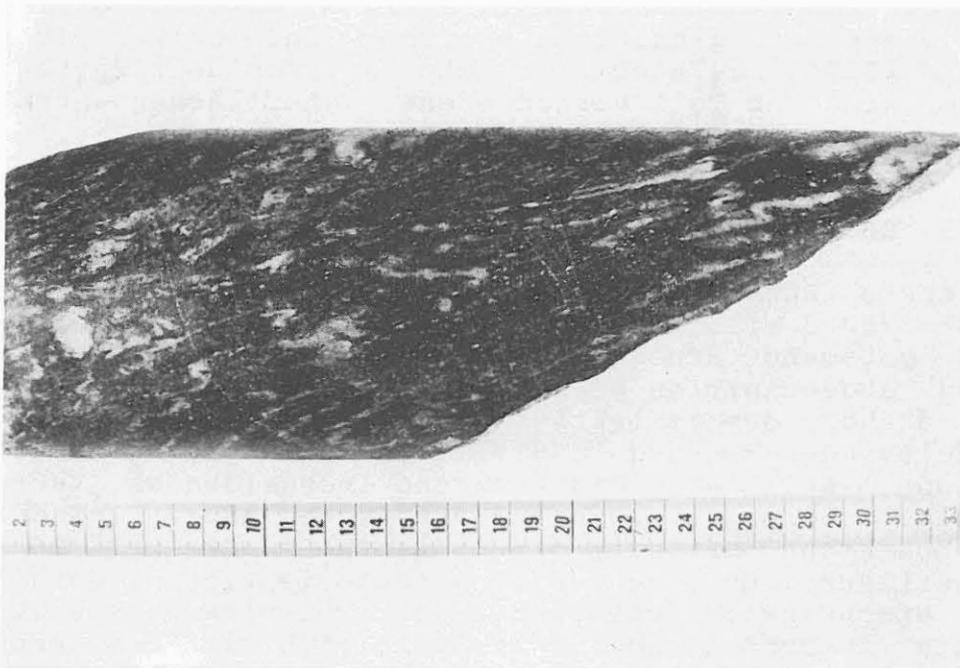


Abb. B.5.6: Monokline Kleinfältelung von Mobilisaten in einem feinkörnigem Granat-Sillimanit-Biotit-Paragneis (Kernstück 164C1s, 790.3 m).

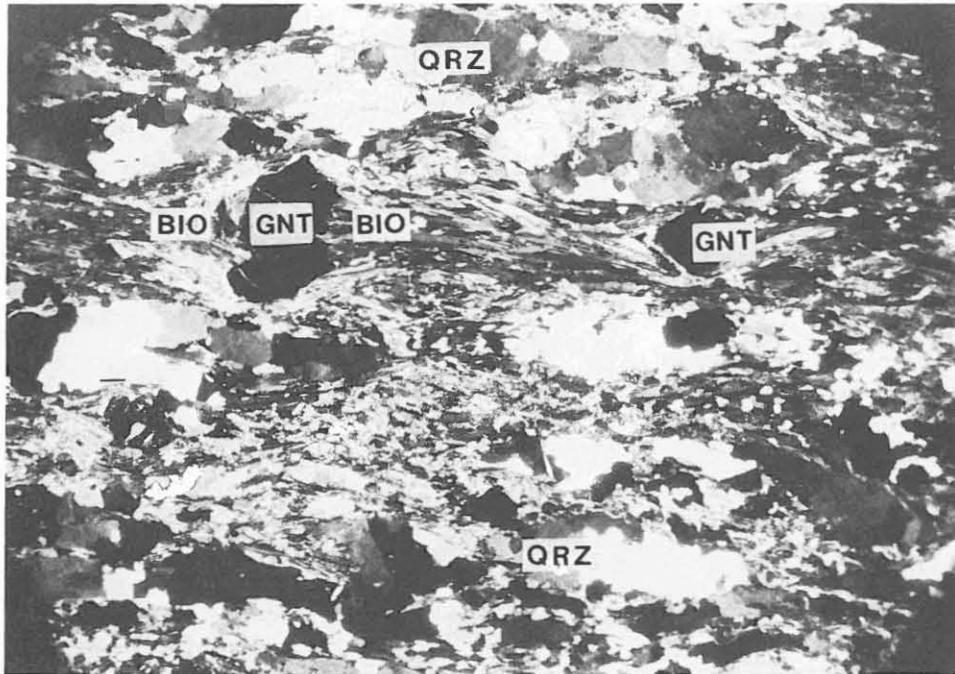


Abb. B.5.7: Langgestreckte Quarzaggregate (QRZ) und Biotitzöpfe (BIO) um Granat (GNT) deuten einen protomylonitischen Lagenbau im Paragneis an. (Schliff 109C10d, 584.6 m, + Nicols, 12.5-fach)

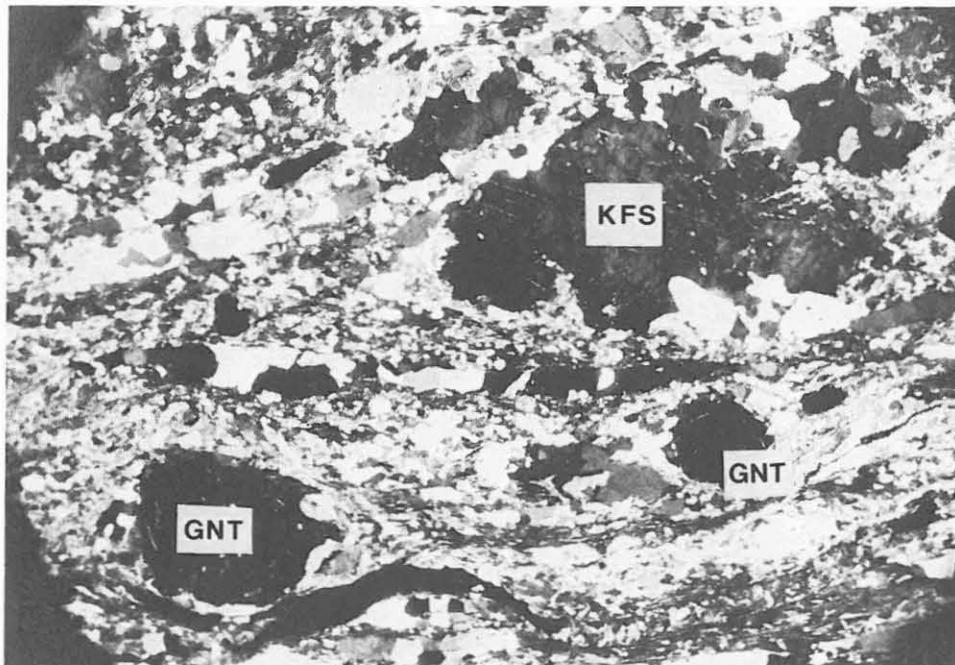


Abb. B.5.8: Protomylonitisches Paragneisgefüge. Augenförmiger Kalifeldspat-Porphyroklast (KFS) und runde Granate (GNT) werden von langgestreckten Quarzzeilen (QRZ) umflossen (Schliff 102A1aT, 556.8 m, + Nicols, 12.5-fach).

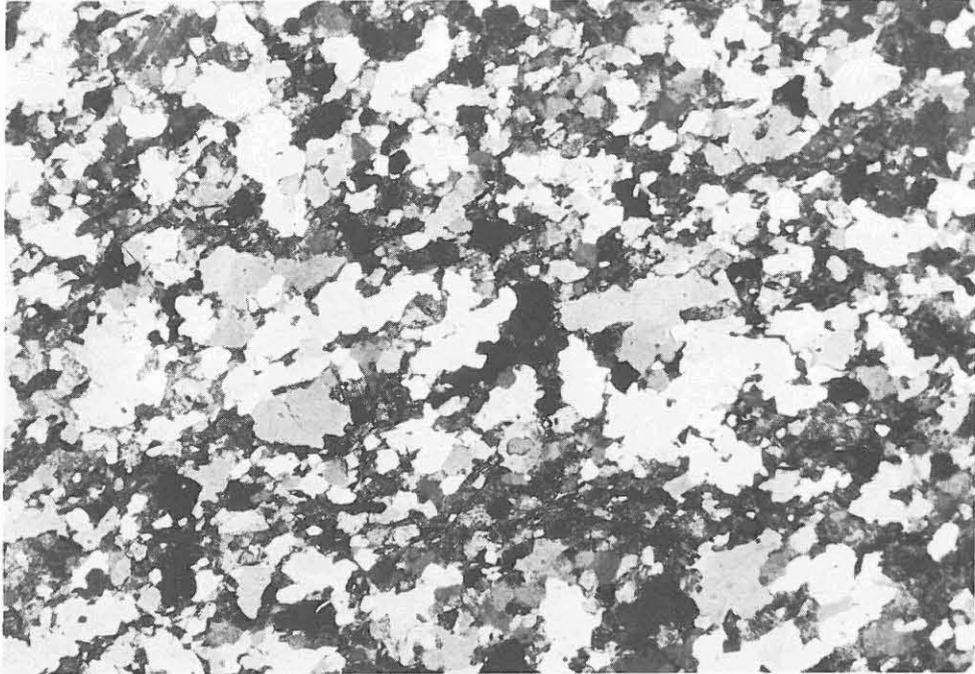


Abb. B.5.9: Sekundär rekristallisiertes Quarz-Korngefüge. Die Quarze zeigen unregelmäßige Kornformen und polygonale, schlecht equilibrierte, konkav-konvexe Korngrenzen (Schliff 145E3wT, 726.9 m, + Nicols, 16-fach).

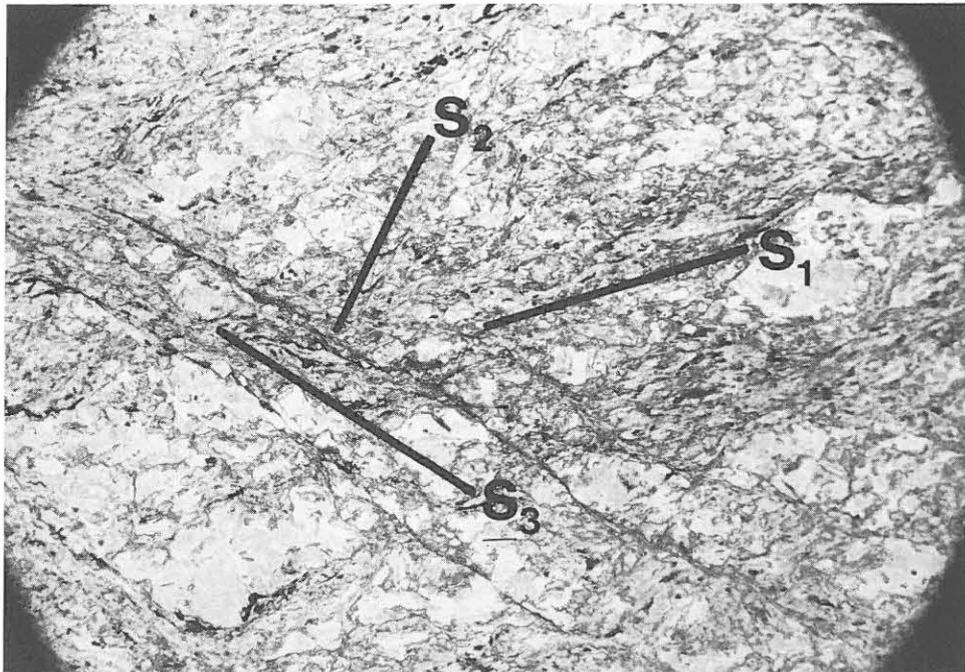


Abb. B.5.10: Kataklastisch überprägtes Paragneisgefüge. Verschieden alte Scherflächengenerationen (s_{1-3}) sind zu erkennen (Schliff 82B1gT, 507.9 m, 1 Nicol, 12.5-fach).

der Scheitelpunkte der ausgespielten Sinus - Kurve erkennbar wird. Aus der Bohrkernrückorientierung geht hervor, daß der metamorphe Lagenbau im angegebenen Teufenbereich in südsüdwestliche Richtung (etwa 195/60, CLAR'sche Werte) einfällt.

B.5.2.6 Strukturaufnahme

Im Übersichtsprofil (Abb. B.5.1) und im Detailprofil 1:200 (Abb. B.7.1 im Anhang) sind in einer Rubrik die Ergebnisse der Strukturaufnahme an Hand der Kernabwicklungen (Fotokopien der Kernoberfläche) aufgeführt. Die Aufnahme dient neben der Dokumentation dem Zweck, strukturell interessierten Probennehmern einen gezielten Zugriff auf für sie interessante Bereiche zu ermöglichen. Zur Methodik der Darstellung ist zu vermerken: Sind sehr viele Mobilisate vorhanden, erfolgt ein Eintrag bei der entsprechenden Ausbildung ('Bänder', 'Linsen', 'Augen') und der Spalte 'migmatisch'. Sind nur wenige Mobilisate vorhanden, wird deren Ausbildung vermerkt, und es erfolgt zusätzlich ein Eintrag unter 'wenige Mob.' Sind keine Mobilisate vorhanden, wird keine Eintragung vorgenommen. Einige Begriffe schließen sich nicht gegenseitig aus, z.B. kataklastisch und gneisig, oder sie deuten eine zwischen beiden Endtypen stehende Ausprägung an, z.B. strafflagig und gneisig. Scheinbar widersinnige Angaben wie zum Beispiel 'migmatisch' und 'wenige Mobilisate', sind auf schnellen Wechsel und die zu geringe Auflösung des Maßstabs zurückzuführen. Die kataklastischen Bereiche wurden direkt am Kern beobachtet und nach dem Ausmaß der kataklastischen Überprägung in vier Klassen eingeteilt:

1. schwach kataklastisch
2. kataklastisch
3. stark kataklastisch
4. vollständig kataklastisch (Kataklastit)

Die Korngrößenangaben sind geschätzt.

Als Gesamtergebnis bleibt festzuhalten, daß einige Strukturtypen im Wechsel mit anderen über den gesamten Teufenbereich auftreten, z.B. strafflagig und gneisig, andere aber auf bestimmte Abschnitte beschränkt sind, z.B. migmatische, mylonitische und kataklastische Texturen.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danken wir Professor Emmermann, Professor Weber und Dr. Dietrich. Bei der Abfassung des Berichtes war die technische Unterstützung durch die Herren O. Leitner, M. Neuber, E. Nuber, P. Prători, X. Spies und E. Wiendl sehr hilfreich.

Die untersuchten Dünn- und Anschliffe wurden zum Teil am Institut für Geologie und Dynamik der Lithosphäre/Göttingen und am Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre/Aachen angefertigt.

Für die Textverarbeitung und graphische Darstellungen stellte die Arbeitsgruppe Geophysik im Feldlabor freundlicherweise ihre Rechnersysteme zur Verfügung.

B.6 Schriftenverzeichnis

GRAUP, G., HACKER, W., KEYSSNER, S., MASSALSKY, T., MÜLLER, H., RÖHR, C. & UHLIG, S. (1988): KTB Oberpfalz VB - Erste Ergebnisse der geologischen Aufnahme bis 480 m.- KTB Report, 88-1: D1-D98, Hannover.

LEHMANN, P. (1987): Mikroskopie und ausgewählte Mineralchemie der Bohrung "PÜLLERSREUTH" - KTB-Lokation Oberpfalz.- Studienarbeit am Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre, RWTH Aachen, 67 S. (unveröff.).

RAMDOHR, P. (1975): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.- 4. Auflage, 1277 S., Akademie-Verlag, Berlin.

WEBER, K., Hrsg. (1985): 2nd International Symposium on Observation of the Continental Crust through drilling, 4th Alfred Wegener Conference.- Excursion Guide Oberpfalz, 84 S.

WEBER, K. & VOLLBRECHT, A., Hrsg. (1986): Ergebnisse der Vorerdungsarbeiten - Lokation Oberpfalz; aus zahlreichen Beiträgen der Arbeitsgruppe "Oberpfalz" zusammengestellt.- 2. KTB-Kolloquium, 19.-21.9.1986, 186 S. (unveröff.), Seeheim/Odenwald.

WIMMENAUER, W. (1984): Das prävariskische Kristallin im Schwarzwald.- Fortschr. Min., 62, Bh. 2, 69-86.

B.7 Anhang

1. Erläuterungen zum geologischen Profil
2. Geologisches Profil im Maßstab 1:200 (Abb. B.7.1)
3. Übersichtsdiagramm der Klüftigkeitsziffer (Abb. B.7.2)

Erläuterungen zum geologischen Profil

Detaillierte Hinweise werden im Kapitel B.2 (Anmerkung zum Litholog) gegeben. Die folgende Aufstellung dient zur schnellen Information:

Spalte	Erläuterung
GAMMA-RAY	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.
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
FOLIATION	Das Einfallen der Foliation in Grad ist als Zahl und zur Veranschaulichung als Graph angegeben.
ALTERATION/ STÖRUNGEN	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 eine Wellenlinie markiert. Über und unter ihr ist der entsprechende Alterationsgrad angegeben. Störungen, die am Kern beobachtet wurden, sind durch eine gerade Linie dargestellt.
KERNMARSCH	Ein Kernmarsch ist ein während der Seilbohrkernphase maximal 6 m langer Bohrkern, der in einem Arbeitsgang abgebohrt und dann übertage gebracht wird. Kommt weniger Kernmaterial zu Tage als abgebohrt wurde, wird der fehlende Teil als VERLUST bezeichnet. Die über Tage

entnommene Kernstrecke heißt GEWINN. Der Kerngewinn wird konventionell nach oben an den Beginn des Kernmarsches geschoben.

KLÜFTIGKEITS-
ZIFFER

Für die Korrelation mit dem Bohrfortschritt, den Auskesselungsbereichen oder verschiedenen 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.7.2 in komprimierter Form dargestellt.

STRUKTUR-
AUFNAHME

Anhand der Kernabwicklungen (Fotokopien der Kernoberflächen) wurde die Struktur der Gesteine klassifiziert. In Abschnitt B.5.2.6 ist die Aufnahme näher erläutert. Abbildung B.5.1 zeigt die Strukturverteilung in komprimierter Form.

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 zutage gefördert 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 Kernbruchstücken hergestellt.

Abkürzungen: HBL-BIO-GNS = Hornblende-Biotit-Gneis
PGD = Pegmatoid

Signaturen:

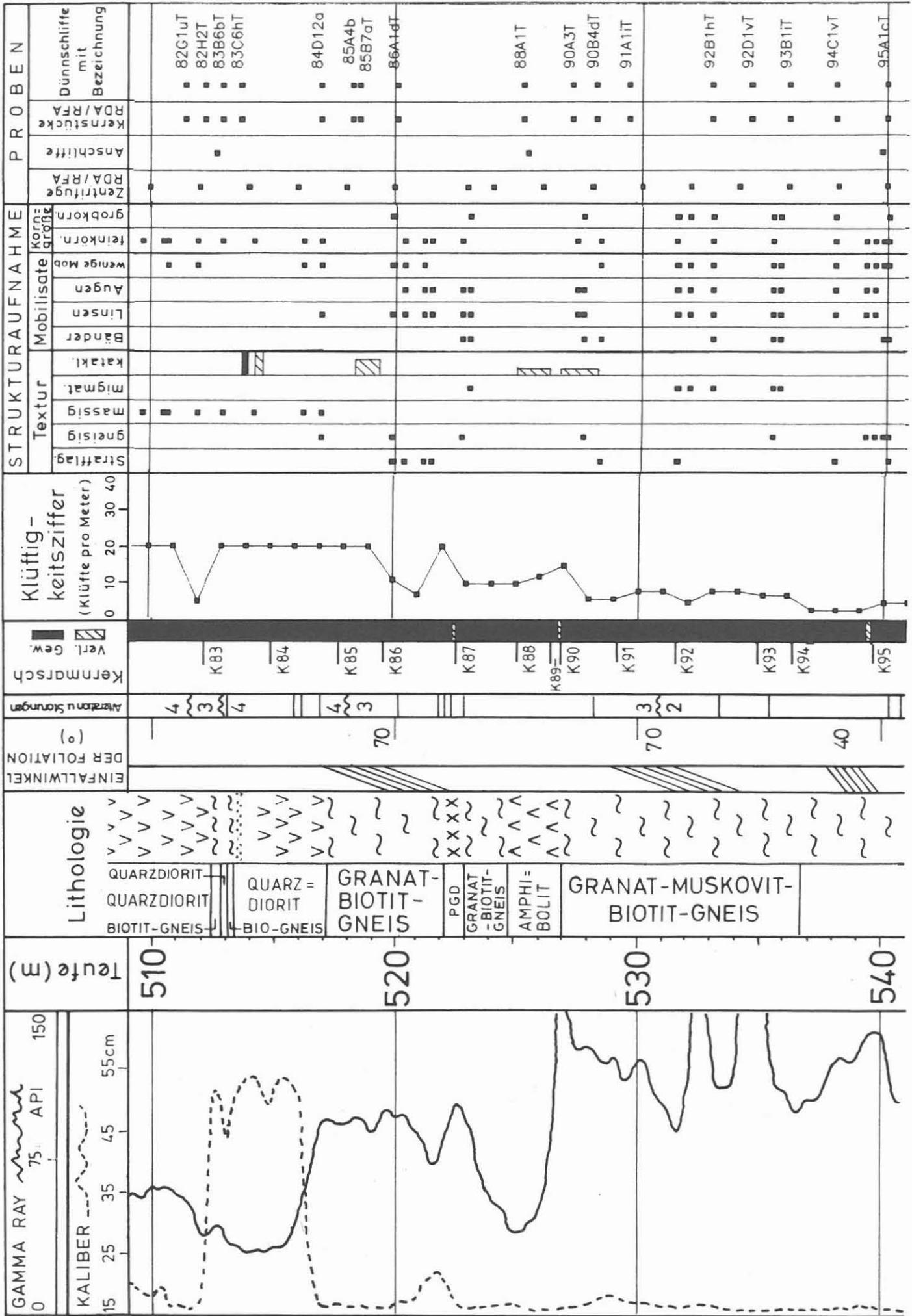
Lithoprofil

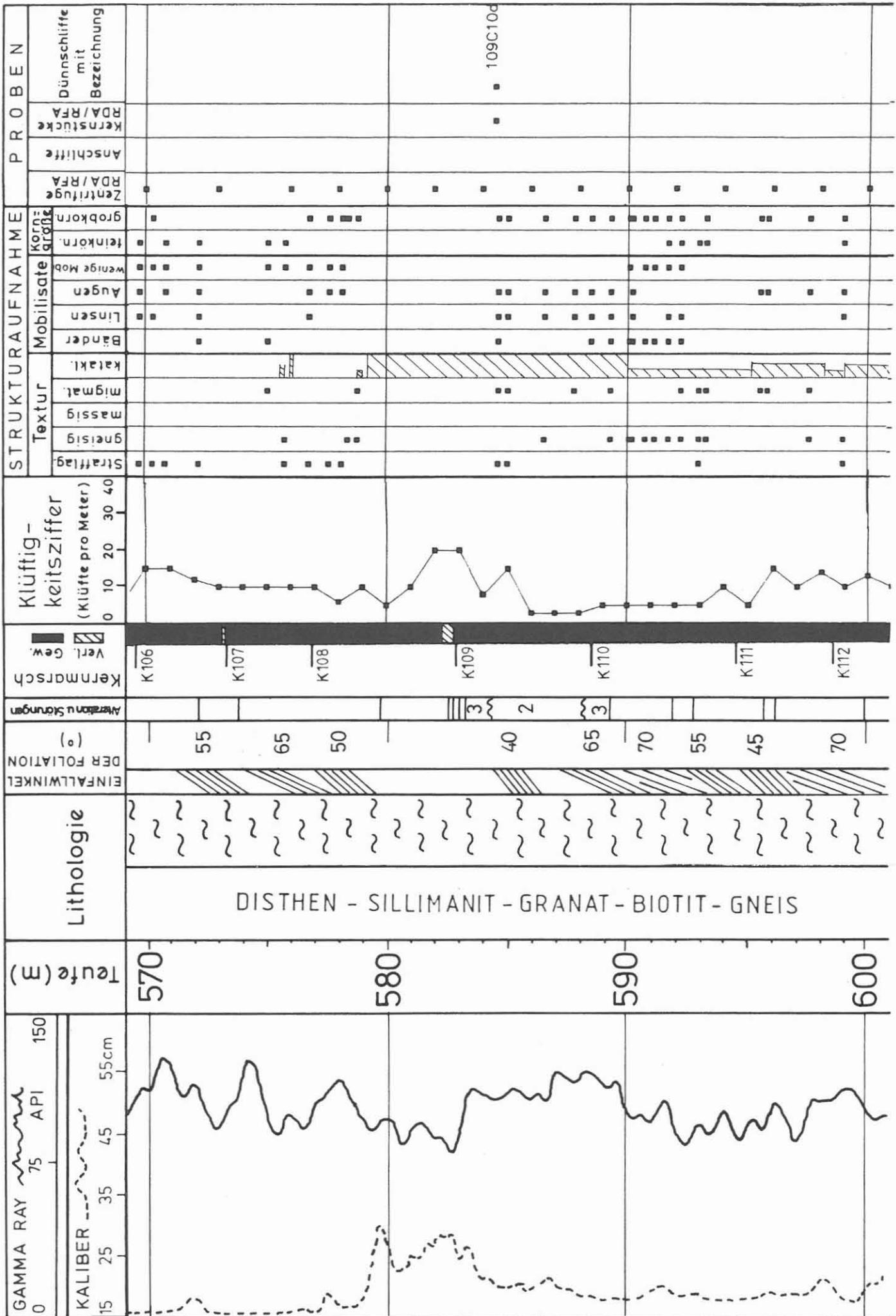
Biotitgneis	
Amphibolit	
Quarzdiorit	
Pegmatoid	
Kataklasit	

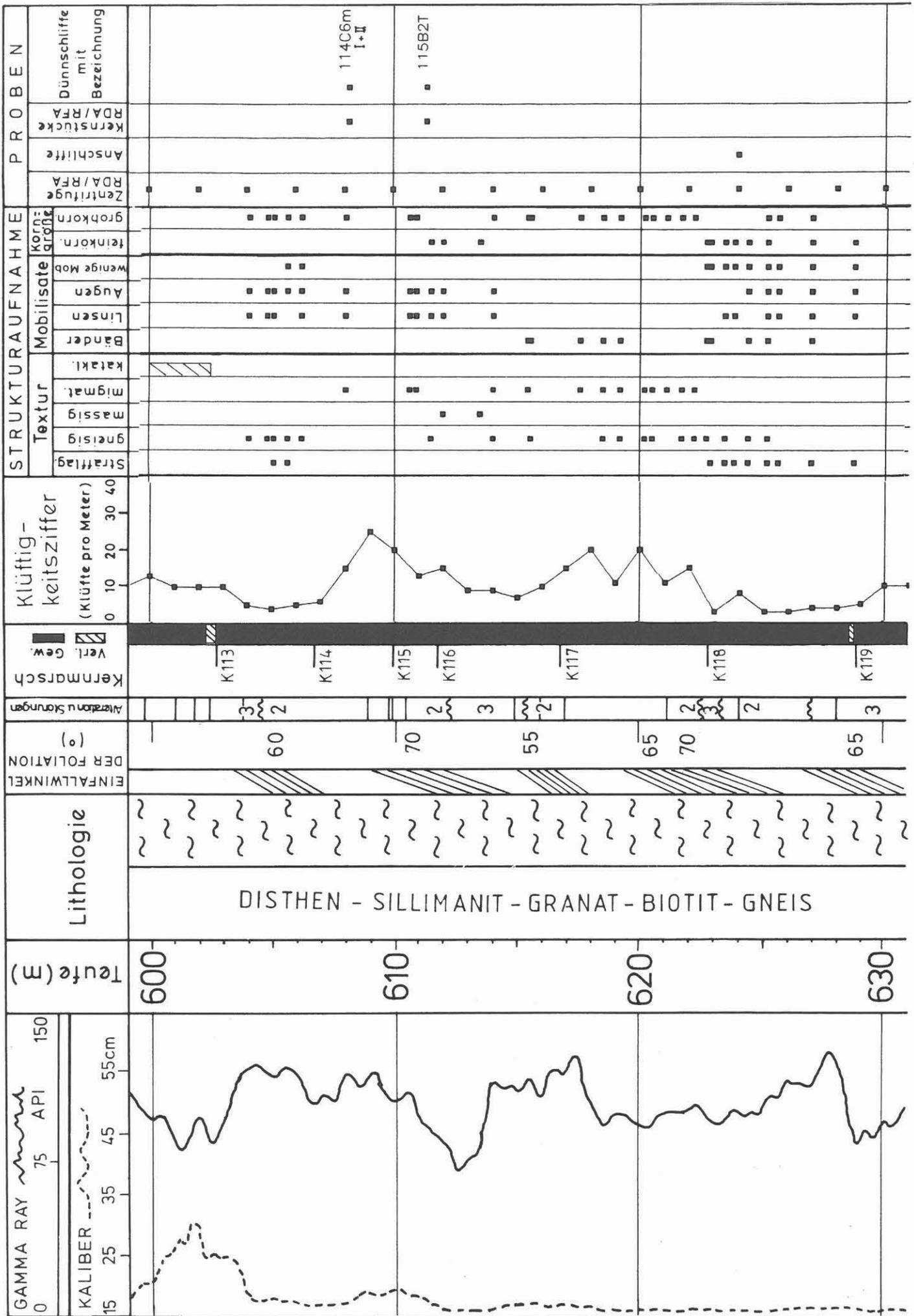
Strukturaufnahme

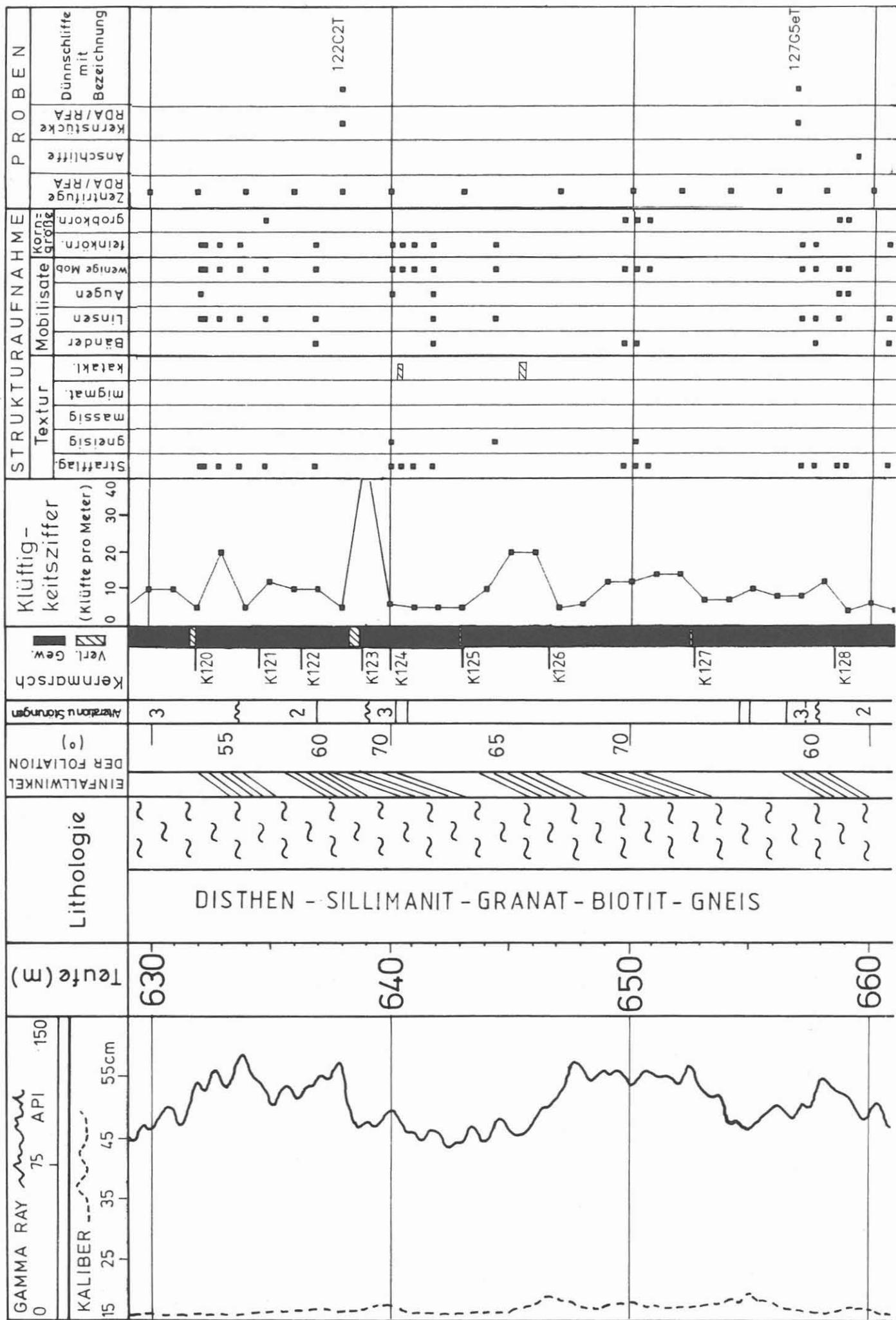
schwach kataklastisch	
kataklastisch	
stark kataklastisch	
vollständig kataklastisch (Kataklasit)	

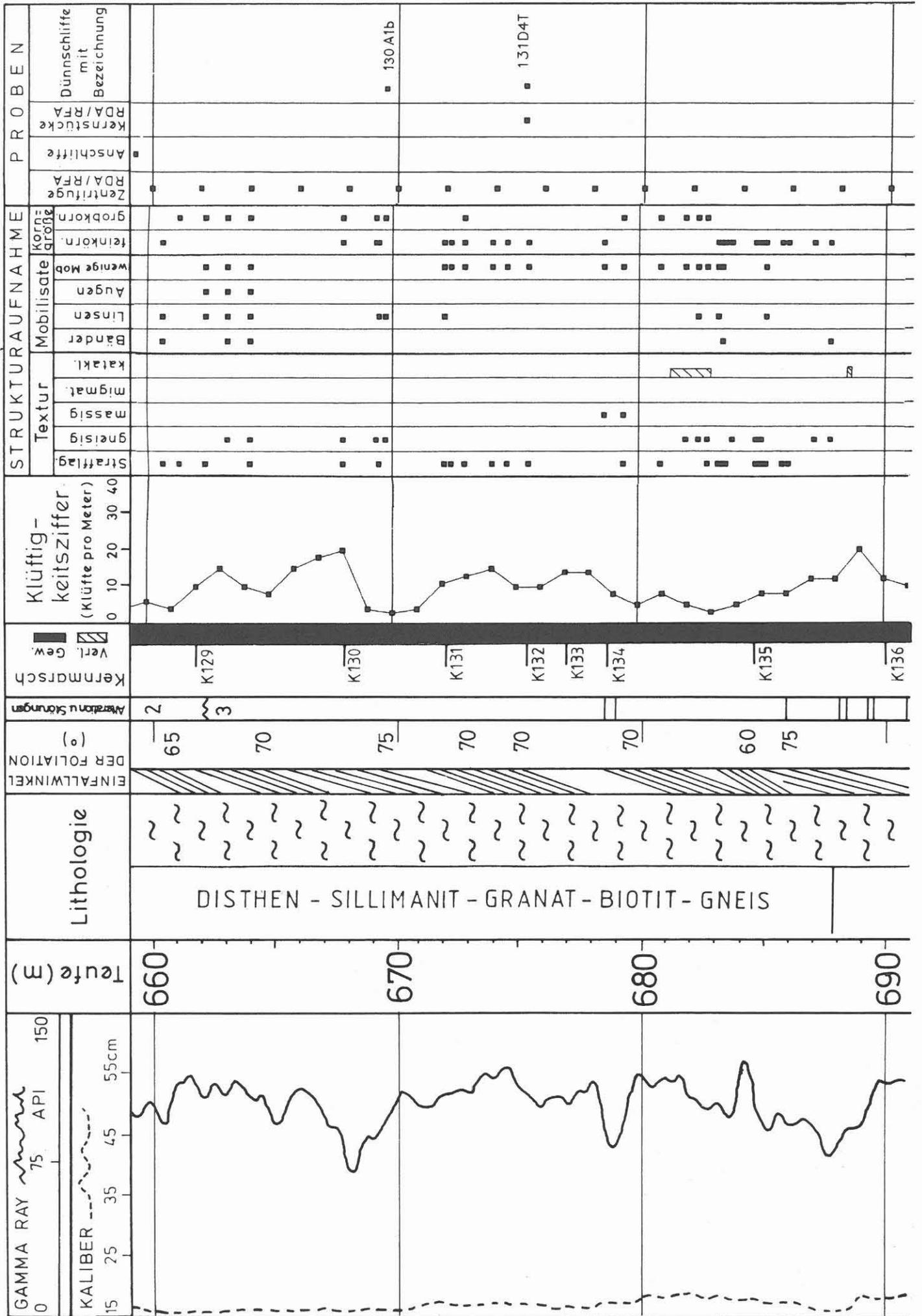
Abb. B.7.1 : Profildarstellung der geologischen Ergebnisse im Vergleich mit ausgewählten bohrtechnischen Daten und Bohrlochmessungen im Maßstab 1:200.

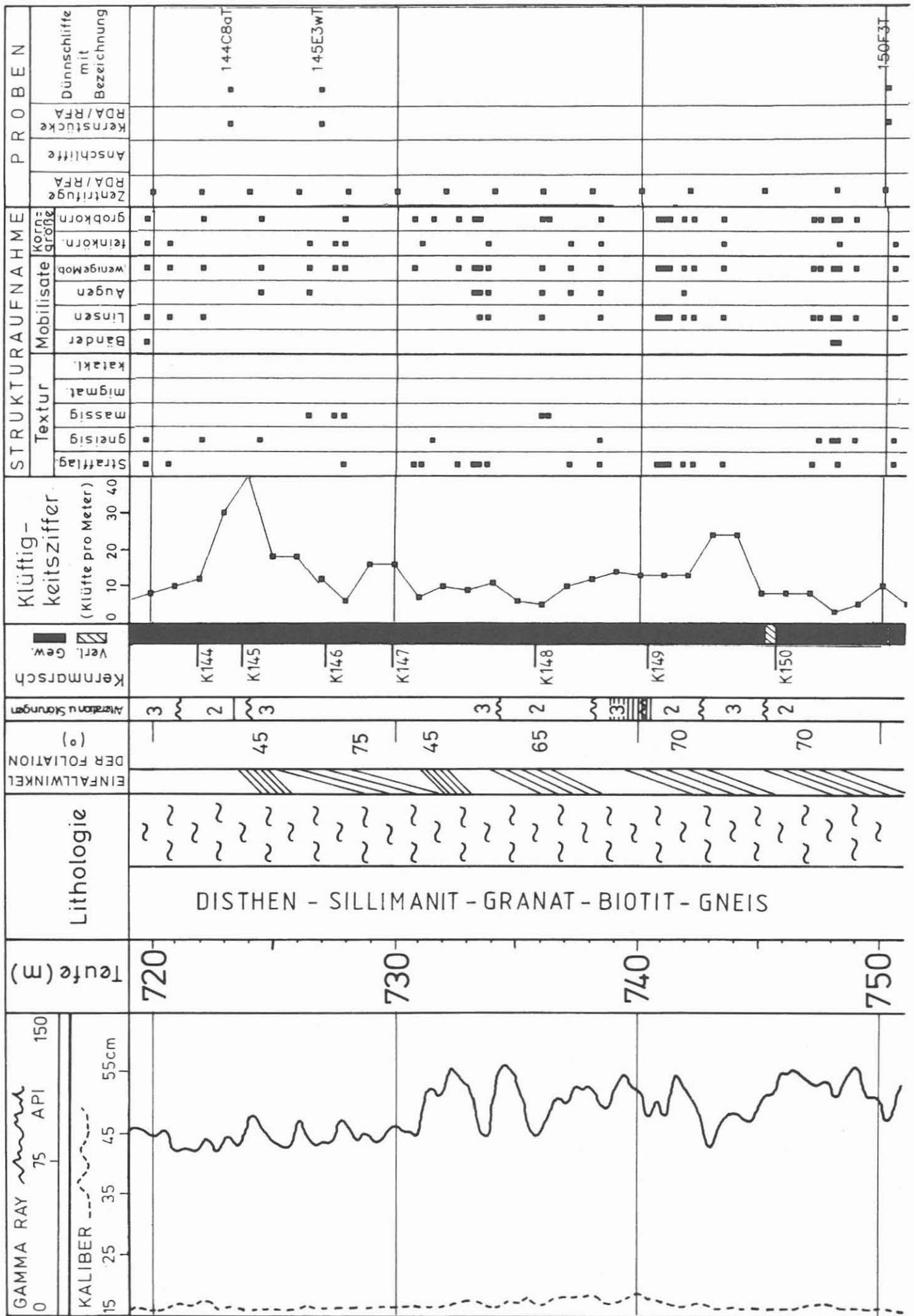


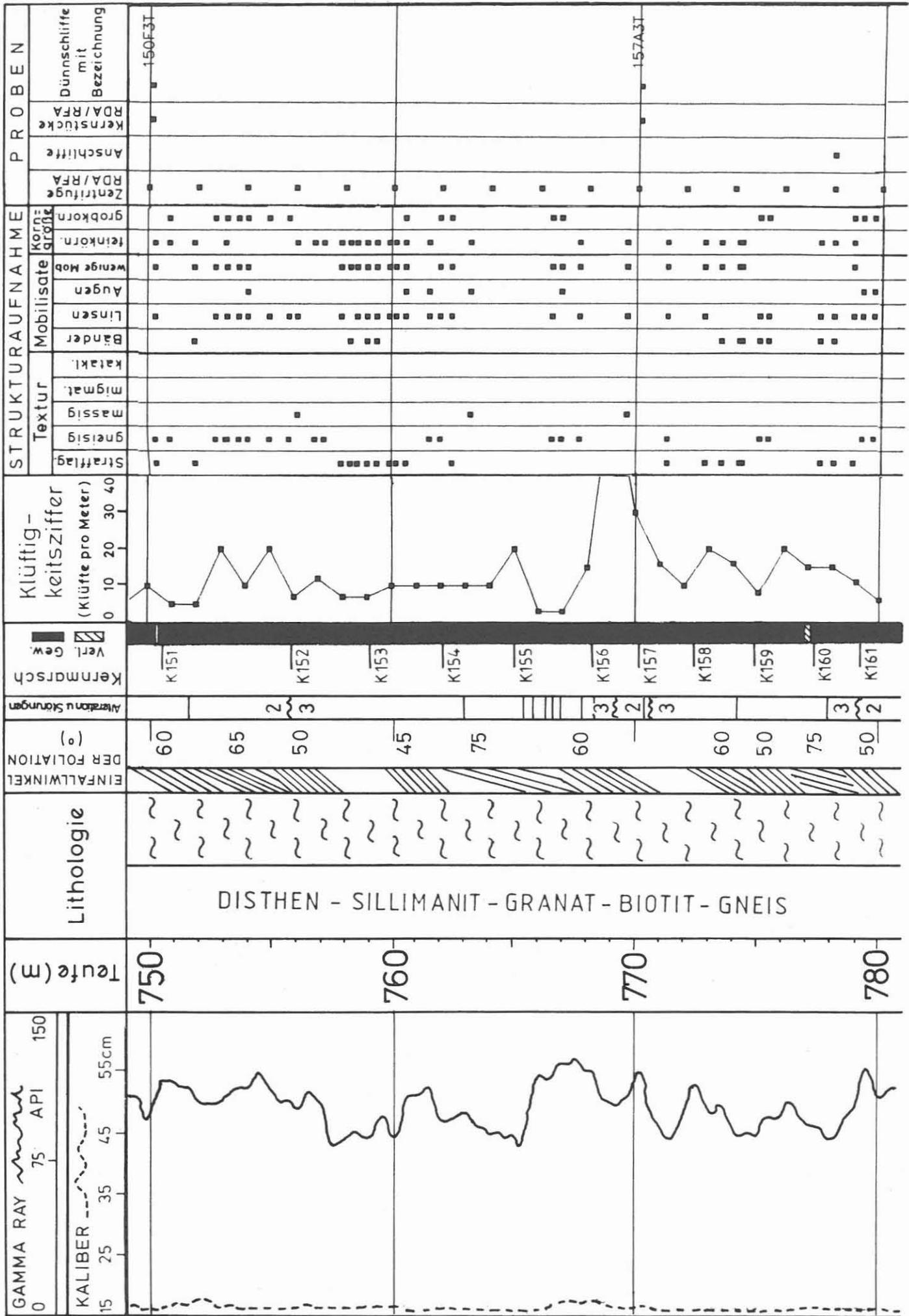


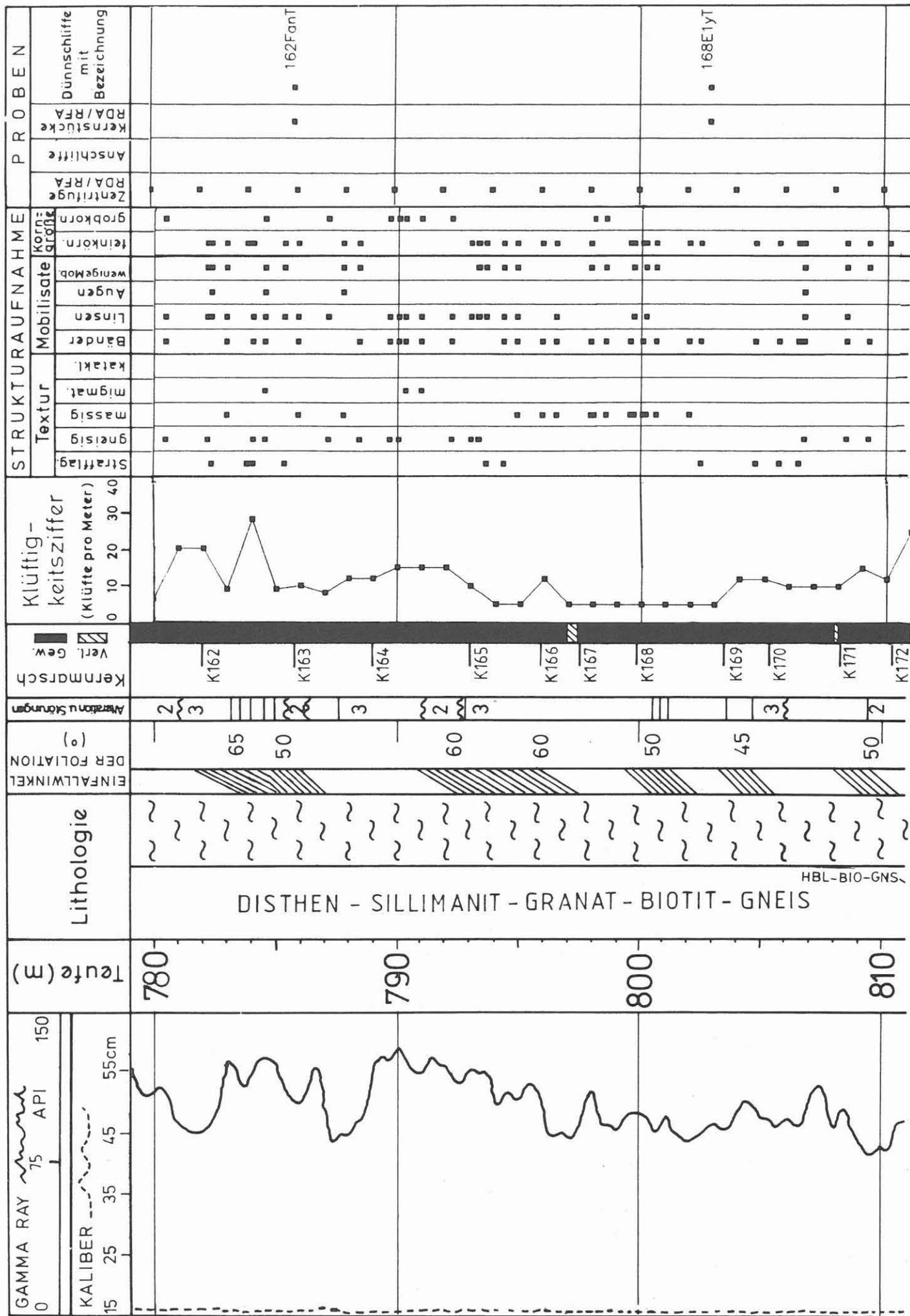


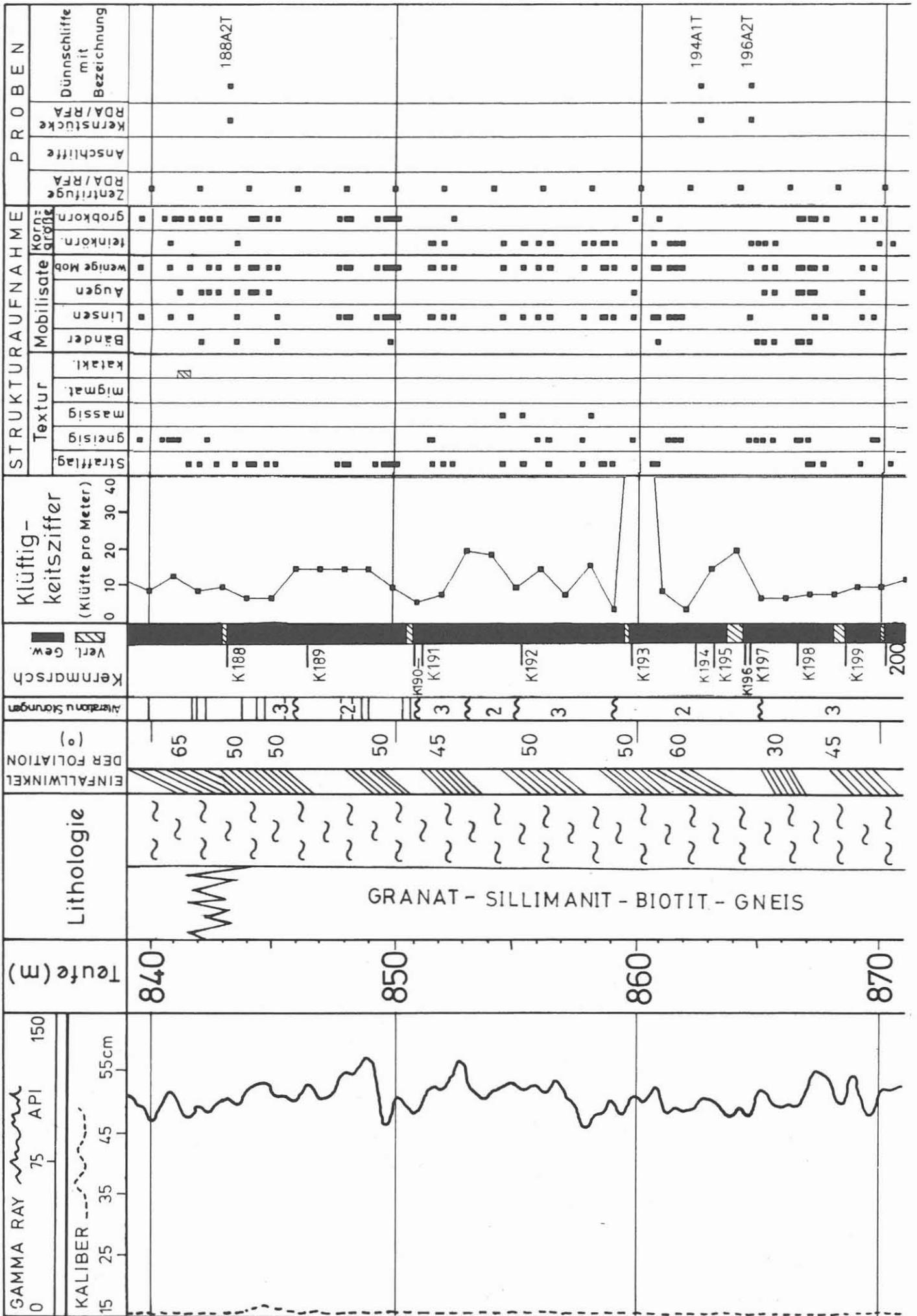


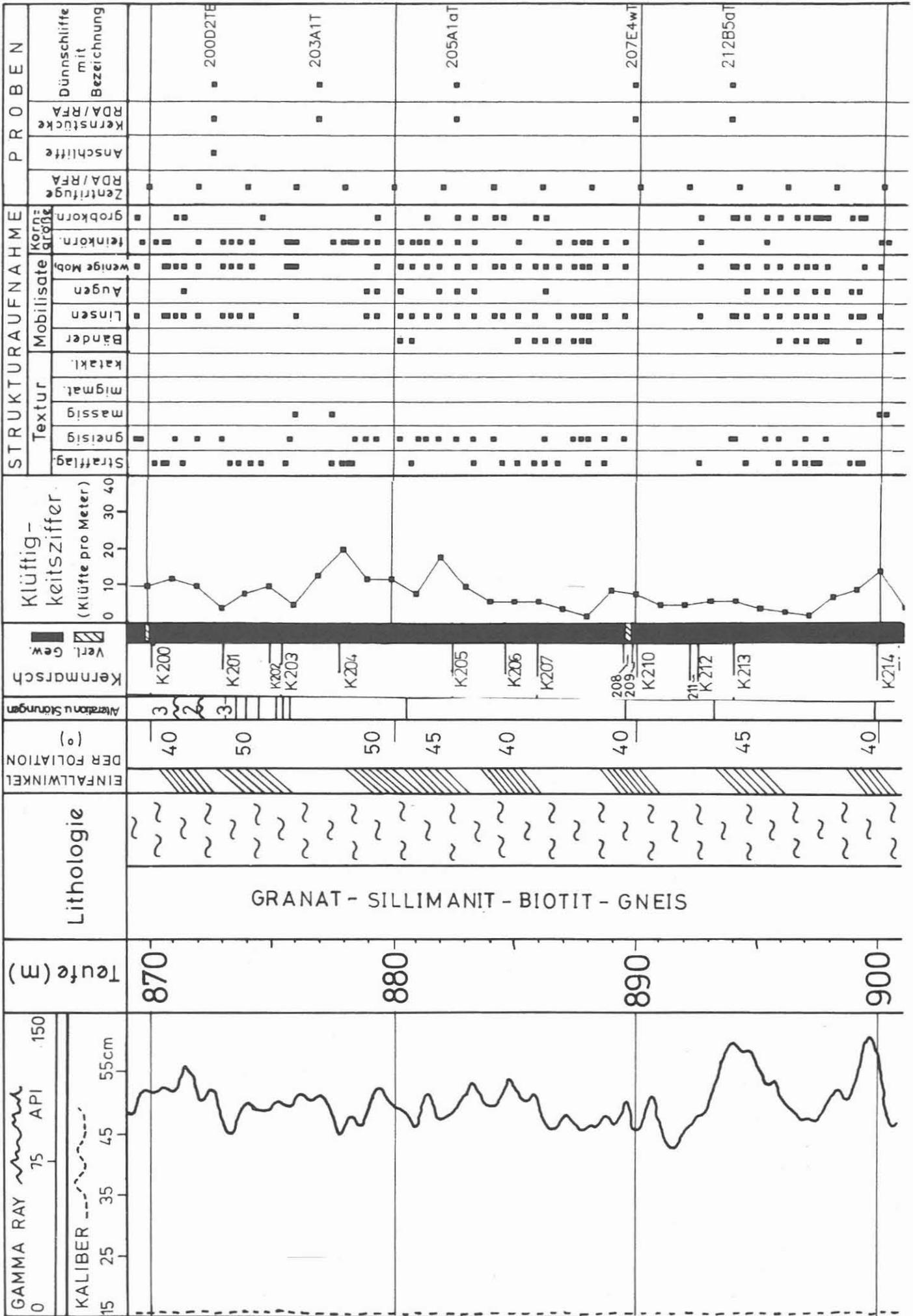












Klüftigkeitsziffer

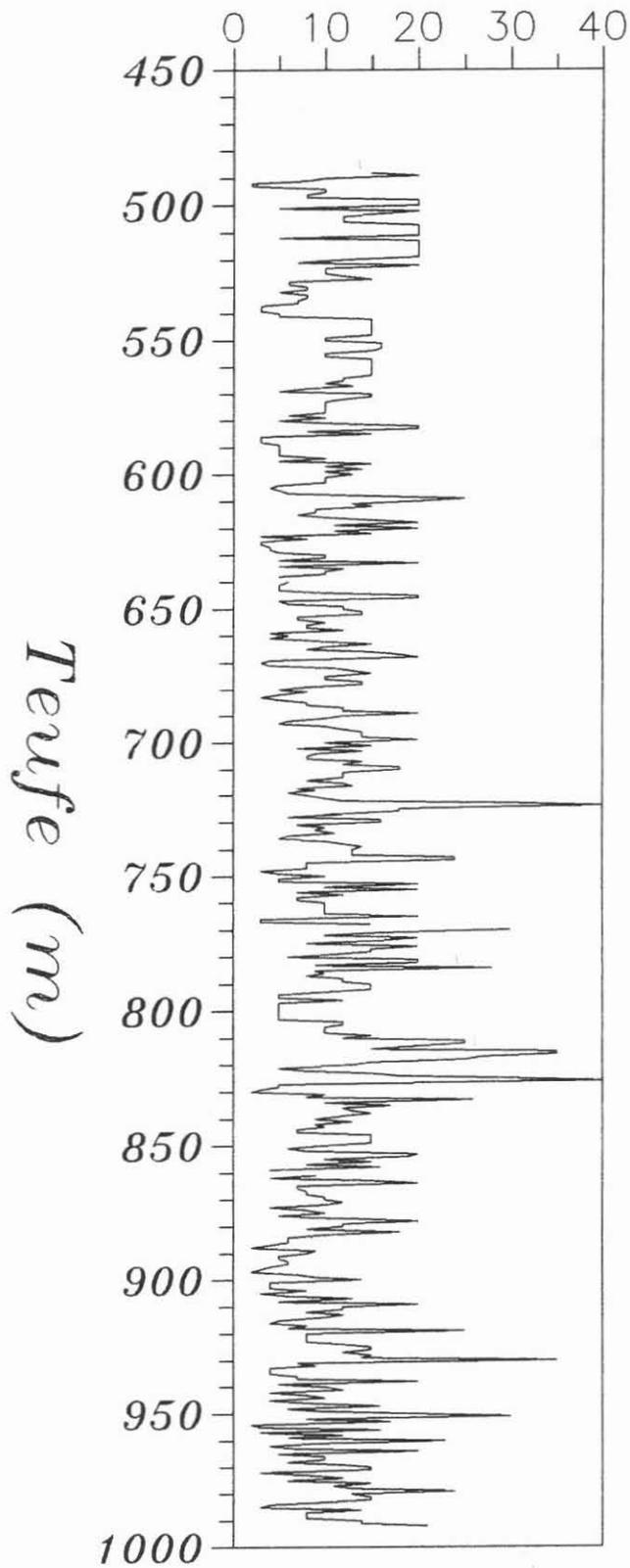


Abb. B.7.2 : Verlauf der Klüftigkeitsziffer mit der Teufe.