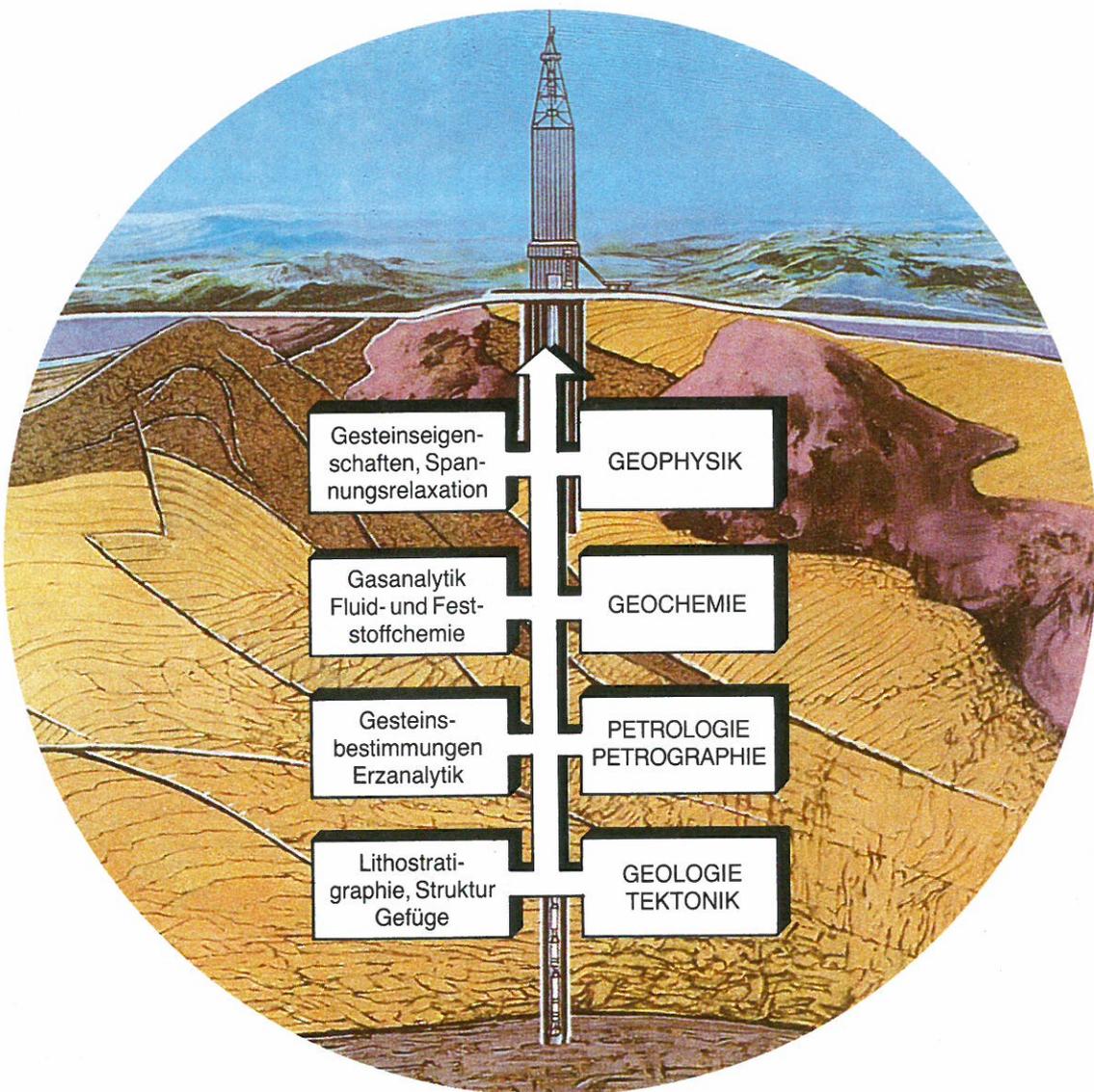


KTB REPORT 88-1

Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB

Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung
im KTB-Feldlabor

Teufenbereich von 0–480 m



Herausgegeben von der
Projektleitung Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland
im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung

R. Emmermann, H.-G. Dietrich, M. Heinisch, Th. Wöhr

Redaktion: Prof. Dr. R. Emmermann, Dr. H.-G. Dietrich,
Dr. M. Heinisch und Dipl.-Geophys. Th. Wöhrl

Druck: A. Bernecker, 3508 Melsungen

Titelbild: Arbeitsrichtungen und Ziele im KTB-Feldlabor
(Ergänzung einer Darstellung von Günther Radtke
zur KTB-Hauptbohrung)

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln
des Bundesministers für Forschung und Technologie (Forschungs-
kennzeichen: RG 8604) gefördert. Die Verantwortung für den In-
halt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Anschrift des Herausgebers: Projektleitung KTB im Nieder-
sächsischen Landesamt für Bodenforschung, Postfach 51 01 53,
D- 3000 Hannover 51. Telefon (05 11) 6 43-26 70.

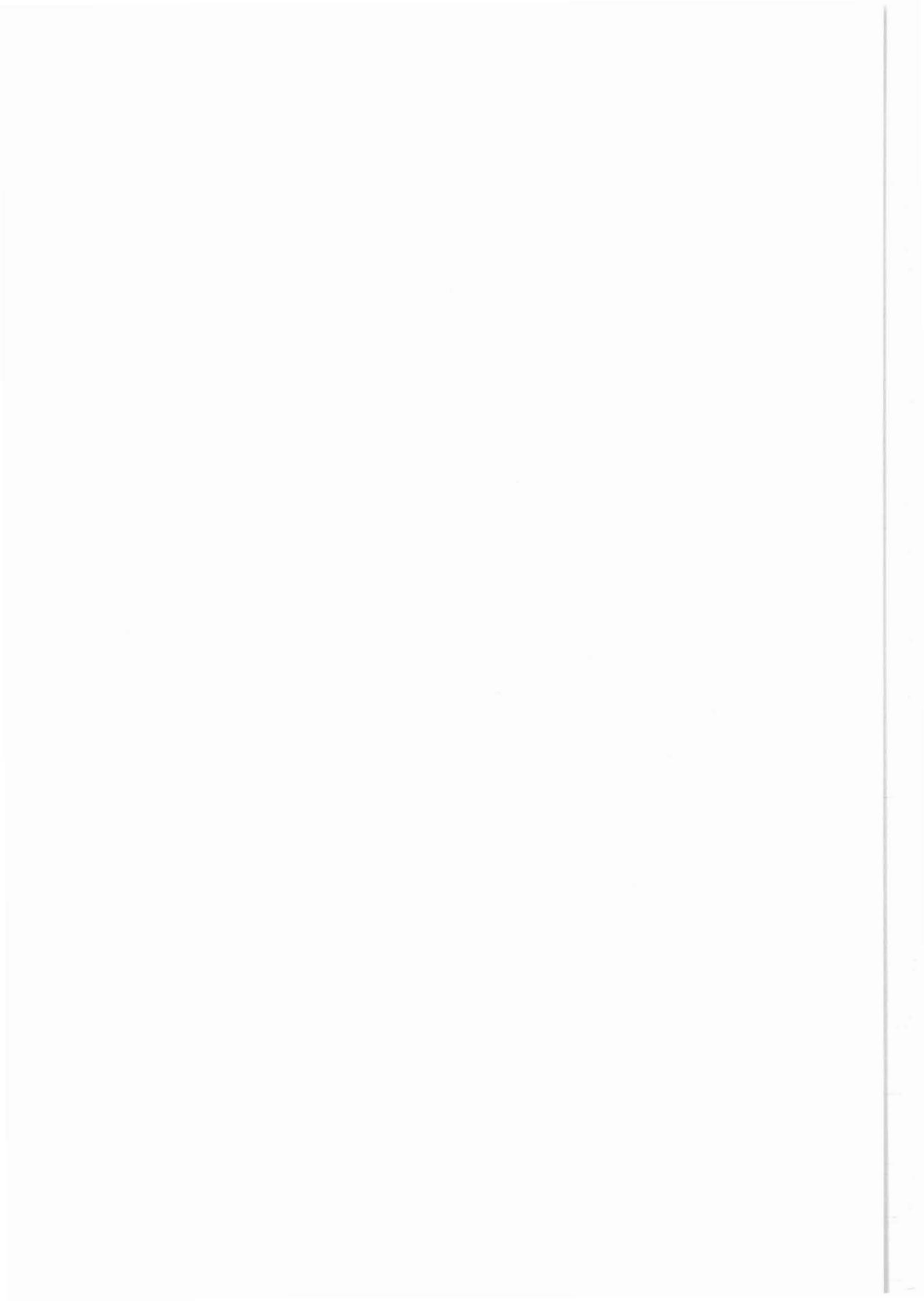
Tiefbohrung KTB-Oberpfalz VB
 Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung
 im KTB-Feldlabor

Teufenbereich von 0 - 480 m

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
A. Einleitung	1
B. Geologie	
Erste Ergebnisse der geologischen Aufnahme	B 1
Zusammenfassung / Abstract	B 2/3
1. Einleitung	B 4
1.1 Geologischer Überblick	B 4
1.2 Aufgabenstellung und Methodik	B 6
2. Zur Erstellung des Lithologs nach Cuttingsanalyse	B 10
3. Petrographie	B 14
3.1 Überblick und Methodik	B 14
3.2 Detailbeschreibung der Amphibolite	B 16
3.3 Detailbeschreibung der Biotit-Gneise (0 - 451 m)	B 24
3.4 Detailbeschreibung metapelitischer Gneise (meist mit Disthen und Sillimanit) ab 360 m	B 28
3.5 Detailbeschreibung der Ganggesteine, des Mamors und des graphitreichen Kataklasits	B 36
3.6 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	B 37
4. Erzmineralisation	B 40
4.1 Makroskopische Betrachtungen	B 40
4.2 Mikroskopische Betrachtungen	B 42
4.3 Erzmineralisation in Bezug zur "magnetischen Anomalie von Erbdorf"	B 44
5. Gefüge	B 44
5.1 Einleitung	B 47
5.2 Lagengefüge	B 47
5.3 Faltengefüge	B 50
5.4 Lineationen	B 50
5.5 Trennflächengefüge	B 50
5.6 Gänge	B 50
5.7 Mikrogefüge	B 51
5.8 Interpretation	B 54

	Schriftenverzeichnis	B 55
	Anhang	B 56
I	Erläuterungen zum geologischen Profil	B 57
	Geologisches Profil im Maßstab 1 : 200	B 60
	Konfraktionierung der Cuttings im Maßstab 1 : 2000	B 77
	Mineralisation anhand der Cuttinganalyse, 1: 2000	B 78
II	Hinweise für die Verwendung der Formblätter zur Kerninventarisierung und -aufnahme im Feldlabor; Liste der verwendeten Abkürzungen	B 79
C.	Geochemie	
	Röntgenanalytik	C 1
1.	Einleitung	C 2
2.	Probennahme und Probenaufbereitung für RFA / RDA- Analysen	C 2
3.	Beschreibung der Analyseergebnisse (RFA)	C 3
3.1	Ergebnisse der Hauptbestandteilanalysen (RFA)	C 3
3.2	Ergebnisse der Spurenbestandteilanalysen (RFA)	C 3
4.	Bestimmung der quantitativen modalen Mineralbe- standes an Bohrklein und Kernstücken mittels winkeldispersiver Röntgenpulverdiffraktometrie (RDA)	C 4
	Anhang	C 6
	Spülungsanalytik	C 60
1.	Einleitung	C 61
2.	Meßtechnik (Kationen)	C 61
3.	Meßtechnik (Anionen)	C 61
4.	Spülungszusatz	C 61
5.	Ergebnisse und Diskussionen (Kationen)	C 62
6.	Ergebnisse und Diskussionen (Anionen)	C 65
	Anhang	C 66

D.	Geophysik Gesteinsphysikalische Untersuchungen	D 1
1.	Einleitung	D 2
2.	Dichte	D 4
2.1	Allgemeines	D 4
2.2	Meßprinzip	D 4
2.2.1	Dichtebestimmung eines Bohrkerns unter Anwendung der Auftriebsmethode (Prinzip von Archimedes)	D 4
2.2.2	Dichtebestimmung des Bohrkleins mit dem Pyknometer	D 5
2.3	Beschreibung der Meßergebnisse	D 5
2.3.1	Dichte der Bohrkernkerne	D 6
2.3.2	Dichte des Bohrkleins	D 6
	Anhang	D 7
3.	Ultraschallseismik	D 14
3.1	Allgemeines	D 14
3.2	P-Wellengeschwindigkeit in radialer Kernrichtung	D 14
3.2.1	Meßprinzip	D 14
3.2.2	Meßtechnik	D 14
3.2.3	Beschreibung der Ergebnisse	D 15
	Anhang	D 16
4.	Natürliche remanente Magnetisierung der Bohr- kerne (NRM)	D 21
4.1	Allgemeines	D 21
4.2	Meßprinzip	D 21
4.3	Meßtechnik	D 21
4.4	Beschreibung der Ergebnisse	D 22
	Anhang	D 23
5.	Magnetische Suszeptibilität	D 33
5.1	Meßprinzip	D 33
5.2	Suszeptibilitätsmessungen an Bohrkernen	D 33
5.3	Suszeptibilitätsmessungen an Bohrklein	D 34
	Anhang	D 35



A. Einleitung

Die Einrichtung eines Feldlabors an der Bohrlokation spielt schon seit Beginn des Kontinentalen Tiefbohrprogramms der Bundesrepublik Deutschland (KTB) eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund wurde bereits Anfang 1983 im Rahmen der damaligen Organisationsstruktur eine Arbeitsgruppe "Feldlabor" unter Leitung von R. Emmermann (Gießen) etabliert, die sich in verschiedenen Sitzungen mit den Aufgaben eines derartigen Feldlabors und seiner personellen, apparativen und räumlichen Ausstattung befaßt hat. Im KTB-Statusbericht, der dem Bundesministerium für Forschung und Technologie Anfang 1984 im Zusammenhang mit der Beantragung dieses Großforschungsprojektes vorgelegt wurde, wurde auch die Konzeption des Feldlabors erstmals näher definiert:

"Das Feldlabor ist eine Gemeinschaftseinrichtung der Arbeitsgemeinschaft 4 "Probenauswertung" und soll alle Aufgaben übernehmen, die vor Ort, d. h. an der Bohrlokation und ohne Zeitverzögerung durchgeführt werden müssen. Hierzu gehören vor allem Routineuntersuchungen an erbohrtem Kernmaterial, Bohrklein und Spülung, so daß kurzfristige Entscheidungen über die Art des Bohrens getroffen werden können. Die Kernbearbeitung selbst soll bereits so umfassend und detailliert sein, daß die einzelnen Arbeitsgruppen auf dieser Basis eine gezielte Probennahme für ihre jeweiligen Untersuchungen vornehmen können. Es ist deshalb eine Kernbeschreibung in der Art, in dem Umfang und in der Qualität zu erstellen, wie sie etwa den am INTERNATIONALEN TIEFSEEBOHRPROJEKT mitarbeitenden Wissenschaftlern in den "INITIAL CORE DESCRIPTIONS" zur Verfügung gestellt wird.

Zu den weiteren wichtigen Aufgaben des Feldlabors gehört die Durchführung aller von den einzelnen Arbeitsgruppen definierten Untersuchungen, die unmittelbar nach der Probennahme notwendig sind. Schließlich fallen auch die Fotodokumentation, Kernverwaltung, Kernarchivierung, die Probenauswahl, die Probenvorbehandlung und der Probenversand für spezielle Untersuchungen in den Kompetenzbereich der im Feldlabor tätigen Wissenschaftler. Da die Untersuchungen der Gesteinsfluide ein zentrales Thema der ARGE 4 ist, werden besonders hohe Ansprüche an das "sample handling" gestellt, die nur von entsprechend ausgebildeten Wissenschaftlern erfüllt werden können".

Auf der Basis dieser Konzeption und ausgehend von den im KTB-Statusbericht niedergelegten Vorstellungen über die apparative, räumliche und personelle Ausstattung eines künftigen KTB-Feldlabors fand im April 1986 auf Schloß Rauischholzhausen bei Gießen ein erstes Grundsatzgespräch statt, in dem vor allem folgende Fragen eingehend erörtert wurden:

- 1) Warum ist die Einrichtung eines Feldlabors unerlässlich?
- 2) Welche Messungen bzw. Untersuchungen müssen auf jeden Fall vor Ort durchgeführt werden?
- 3) Welche apparative Ausstattung ist dazu erforderlich?
- 4) Welcher Personal- und Raumbedarf ergibt sich aus den definierten Anforderungen?

- 5) Wie kann die Verfügbarkeit von geschultem Personal gewährleistet werden und welche Institute sind bereit, den kontinuierlichen Betrieb eines derartigen Feldlabors gegebenenfalls sicherzustellen?

Aus der Diskussion ergab sich, daß die Anforderungen an eine Bohrungsbearbeitung in diesem geowissenschaftlichen Grundlagenforschungsprojekt wesentlich anders und vielfältiger sind als bei einer Industriebohrung, daß es keine sinnvolle und praktikable Alternative zu einem Feldlabor gibt, daß in der personellen Besetzung keine größeren Probleme gesehen werden und daß einige Institute bereit sind, quasi als "Mutterinstitute" mit allen sich daraus ergebenden Verpflichtungen hinter einer derartigen Einrichtung zu stehen. In weiteren Sitzungen der neuingerichteten ARGE 1 "Feldlabor" und in vielen Gesprächen zwischen der KTB-PL und einzelnen Wissenschaftlergruppen bzw. Instituten wurde daraufhin die konkrete Planung eines Feldlabors in Angriff genommen und in Abstimmung mit der DFG und dem BMFT eine Organisationsstruktur zu seiner Realisierung entwickelt.

Hauptaufgabenbereiche

Das Feldlabor ist konzipiert als eine Gemeinschaftseinrichtung aller am KTB beteiligten Wissenschaftler und Wissenschaftlergruppen. Es soll sicherstellen, daß kontinuierliche Untersuchungen an Kernmaterial, Bohrklein, Bohrspülung und Gesteinsfluiden durchgeführt werden und alle Größen und Eigenschaften gemessen und dokumentiert werden, die

- 1) für kurzfristige Entscheidungen über die Art des Bohrens, die Durchführung von Messungen und Tests und die Probennahme im Bohrloch notwendig sind,
- 2) zeitlichen Veränderungen unterliegen,
- 3) routinemäßig und als Funktion der Teufe erfaßt werden müssen,
- 4) für eine Korrelation mit anderen Untersuchungsergebnissen benötigt werden und
- 5) die Basis für alle nachgeschalteten Forschungsprojekte darstellen.

Im einzelnen sind folgende Untersuchungen vorgesehen:

Untersuchungen am Kernmaterial

- Kernbeschreibung
- fotografische Dokumentation
- geologisch-strukturelle Auswertung
- mikrosstrukturelle Untersuchungen
- mineralogische Phasenbestimmung (Mikroskop, Röntgendiffraktometrie)
- Erzpetrologie
- Analyse von chemischen Hauptbestandteilen und für die Gesteinscharakterisierung wichtigen Spurenelementen (RFA)
- erste Untersuchung von Fluideinschlüssen
- Dichtemessung
- natürliche Gamma-Strahlungs-Aktivität

- seismische Geschwindigkeiten
- elektrische Eigenschaften
- Wärmeleitfähigkeit
- magnetische Eigenschaften
- Porosität und Permeabilität
- Spannungsnachwirkungen

Untersuchungen am Bohrklein

- Durchmusterung der Cuttings
- geologisch-strukturelle Auswertung
- mineralogische Phasenbestimmung
- chemische Hauptbestandteile
- Schwermineralabtrennung
- Dichtemessung
- Schallgeschwindigkeit
- elektrische Eigenschaften
- magnetische Eigenschaften
- Porosität und Permeabilität
- natürliche Gamma-Strahlungs-Aktivität

Untersuchungen an der Bohrspülung

- Differenzmessung Einlauf / Auslauf
- Bestimmung von Kationen mit ICP - AES
- Bestimmung von Anionen mit Ionenchromatographie
- Traceranalysen
- Gasanalytik (Prozessgasmassenspektrometer)

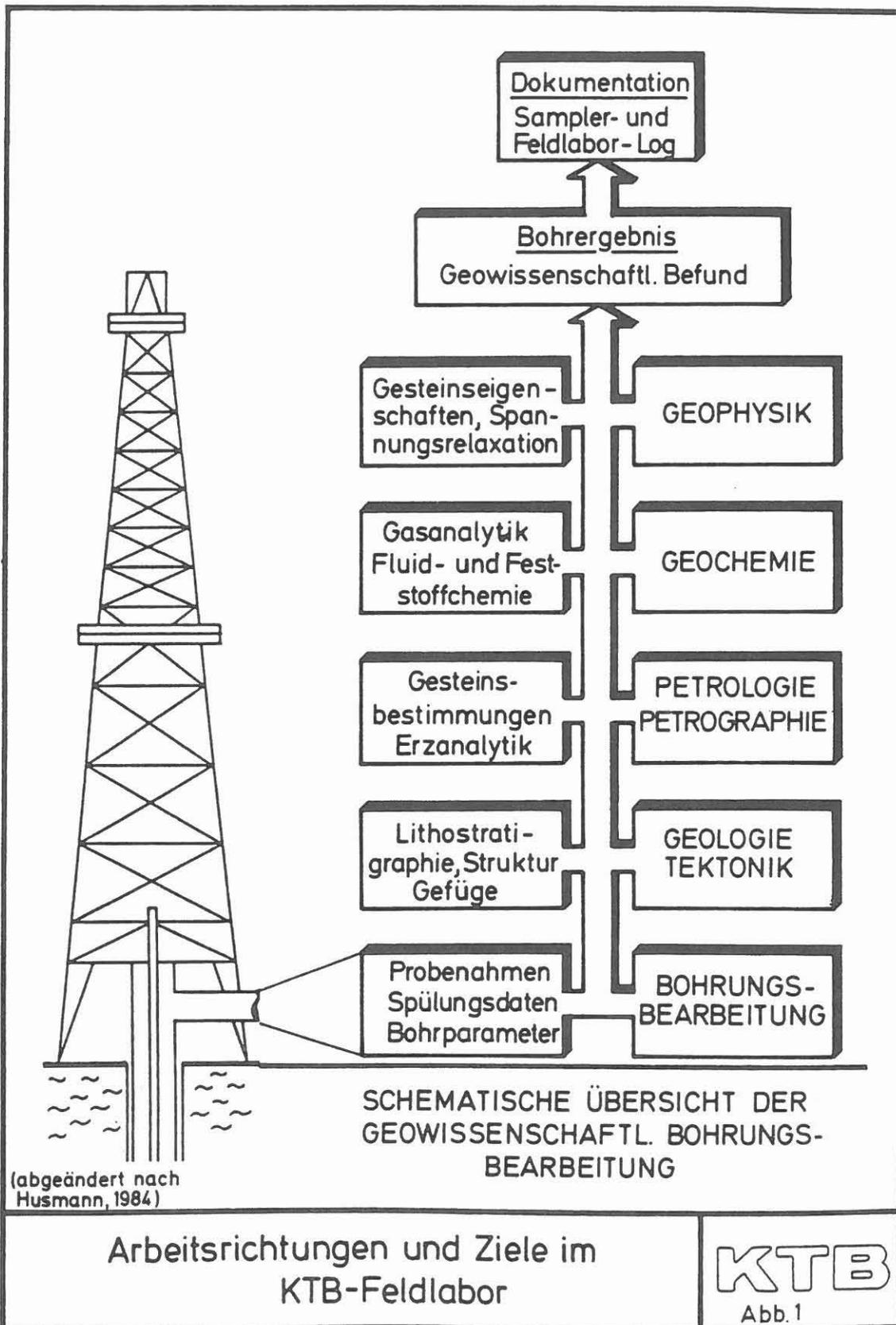
In den Aufgabenbereich des Feldlabors gehören darüber hinaus die Probenverwaltung und Probenarchivierung, die Datenkompilation und Datenaufbereitung sowie die regelmäßige Erstellung (ca. monatlich) erster wissenschaftlicher Berichte, die eine Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse und -daten und die Basis für gezielte Probenahmen weiterführender Untersuchungen bilden sollen.

Arbeitseinrichtungen

Abbildung 1 gibt eine schematische Übersicht über die vom KTB-Feldlabor wahrzunehmenden Aufgaben. Aus diesem Schema ergibt sich eine Untergliederung in die Bereiche:

- Bohrungsbearbeitung
- Geologie / Tektonik
- Petrologie / Petrographie
- Geochemie und
- Geophysik

Die Bohrungsbearbeitung hat u. a. das Ziel, Spülungsdaten zu ermitteln, Bohrparameter für die geowissenschaftliche Auswertung zu erfassen und Proben für die verschiedensten Untersuchungen und wissenschaftlichen Fragestellungen zu entnehmen. Die Arbeitsrichtung Geologie / Tektonik beschäftigt sich vorwiegend mit der Erstellung einer Lithostratigraphie, der Analyse des Gesteinsgefüges, der Erfassung struktureller Parameter und der Aufnahme tektonischer Daten. Die drei übrigen Arbeitsbereiche beschäftigen sich im wesentlichen mit der qualitativen und quantitativen Erfassung des Stoffbestandes und der physikalischen



Eigenschaften des erbohrten Gesteinsmaterials, der Spülanalytik und ersten Untersuchungen von Gesteinsfluiden. Die Resultate aller Untersuchungen werden vor Ort als Bohrerergebnisse zusammengefaßt und sowohl computergestützt gespeichert und verarbeitet als auch analog in Form von Sampler- und Feldlaborlogs aufgezeichnet.

Organisationsstruktur des Feldlabors und Aufgabenverteilung

Das Feldlabor untersteht organisatorisch dem Fachbereich "Operative Geologie" (Dr. Kehrer) der KTB-PL, der durch zwei festangestellte Mitarbeiter vor Ort vertreten wird, von denen einer (Dr. Dietrich) mit der Leitung beauftragt ist. Das wissenschaftliche und nicht-wissenschaftliche Personal wird im Rahmen eines DFG-Projektes "Personelle Ausstattung KTB-Feldlabor" (R. Emmermann, Gießen; H. Berckhemer, Frankfurt; D. Friedrich, Aachen; K. von Gehlen, Frankfurt; H. Soffel, München; K. Weber und K. H. Wedepohl, Göttingen) finanziert und ist über die Universität Gießen angestellt. In einem Vertrag zwischen dem NLfB und R. Emmermann sind die Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten im KTB-Feldlabor sowie die Haftungsfragen festgelegt.

Der Bau des Feldlabors und die apparative Ausstattung erfolgt mit Mitteln des BMFT über die Projektleitung, die auch die laufenden Mittel bereitstellen wird.

Die im Feldlabor durchzuführenden wissenschaftlichen Untersuchungen werden im Rahmen der ARGE 1 "Feldlabor" in Abstimmung mit der Projektleitung festgelegt, wobei die ARGE 1 und insbesondere die im gemeinsamen DFG-Antrag beteiligten Antragsteller für deren Realisierung zu sorgen haben.

Alle im Feldlabor erarbeiteten Daten und Ergebnisse werden in regelmäßigen Abständen im KTB-REPORT veröffentlicht, der von der Projektleitung herausgegeben und allen DFG-Antragstellern kostenlos zur Verfügung gestellt wird.

Personalstruktur im Feldlabor

Während bei einer konventionellen Industriebohrung nur wenige Wissenschaftler und / oder Techniker für die Bohrungsbearbeitung vor Ort eingesetzt werden, sind beim KTB-Projekt über 35 Wissenschaftler und Techniker für Bohrungsbearbeitung und wissenschaftliche Routinearbeiten im Feldlabor eingeplant.

Auf der Grundlage seiner DFG-Zuwendung stellt der Schwerpunkt zur Durchführung der geowissenschaftlichen Forschungsaufgaben zum ordnungsgemäßen Betrieb des geplanten KTB-Feldlabors folgendes Personal für die drei Tätigkeitsgruppen des Feldlabors (strukturelle und stoffliche Gesteinscharakterisierung, Geochemie und Geophysik) bereit

- Geowissenschaftler : 15 (davon 1 Stelle z. Zt. noch zurückgestellt)
- Techniker : 18
- Verwaltungspersonal : 2
- Praktikanten : 10 (wissenschaftliche Hilfskräfte nach Bedarf)

Das Organigramm (Abb.2) zeigt die Personalstruktur zum 3.11.87.

Kontinentales Tiefbohrprogramm
der Bundesrepublik Deutschland (KTB)
Organisation (03.11.87):
Betrieb KTB Oberpfalz VB (Vorbohrung)

Gestrichelte Linien=Berechtigt Zuständigkeit

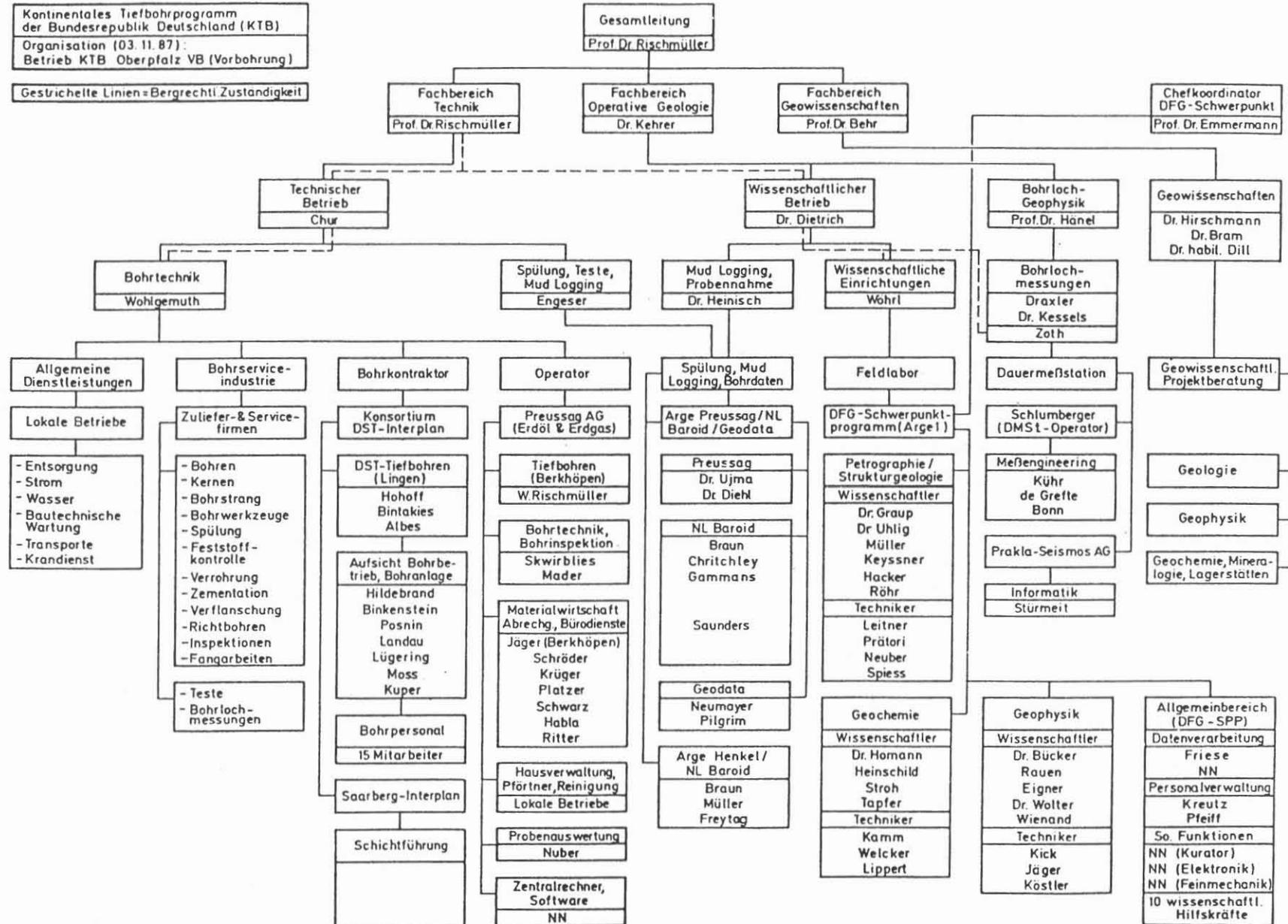


Abb. 2

Dimension des KTB-Feldlabors

Dieser Aufwand in der geowissenschaftlichen Analyse unmittelbar auf der Bohrlokation drückt sich auch im Raumbedarf für das KTB-Feldlabor aus. Während bei einer konventionellen Bohrung das Feldlabor nur etwa 20 m² Fläche umfaßt, gehört zum geplanten KTB-Feldlabor einschließlich aller Labors, Präparations- und Aufbereitungsräume, Arbeitszimmer für ständige Wissenschaftler und Techniker sowie Gastforscher ein etwa 120facher Raumbedarf (Abb. 3+4). Diese Zahl schließt die Fläche für das geowissenschaftliche Zentralmagazin ein, in dem einige Tausend m Kernmaterial, mehrere Tausend Proben der Bohrspülung und etwa 30000 - 40000 Spülproben und das gesamte präparierte Probenmaterial (Kalotten, Plugs, An- und Dünnschliffe) aufbewahrt werden sollen. Abb. 4 gibt einen Überblick über die Aufteilung des Zentralgebäudes KTB-Oberpfalz in die drei Großbereiche Feldlabor (Labor- und Präparationsräume usw. einschließlich Datenverarbeitung), geologisches Zentrallager und Bürotrakt, der auch vom Fachbereich Technik und der allgemeinen und kaufmännischen Verwaltung genutzt wird.

Apparative Ausstattung des Feldlabors

Zum Erreichen der wissenschaftlichen Ziele stehen den Mitarbeitern des Feldlabors im wesentlichen folgende Geräte zur Verfügung:

a) Geologie, Petrographie, Mineralogie, Geochemie

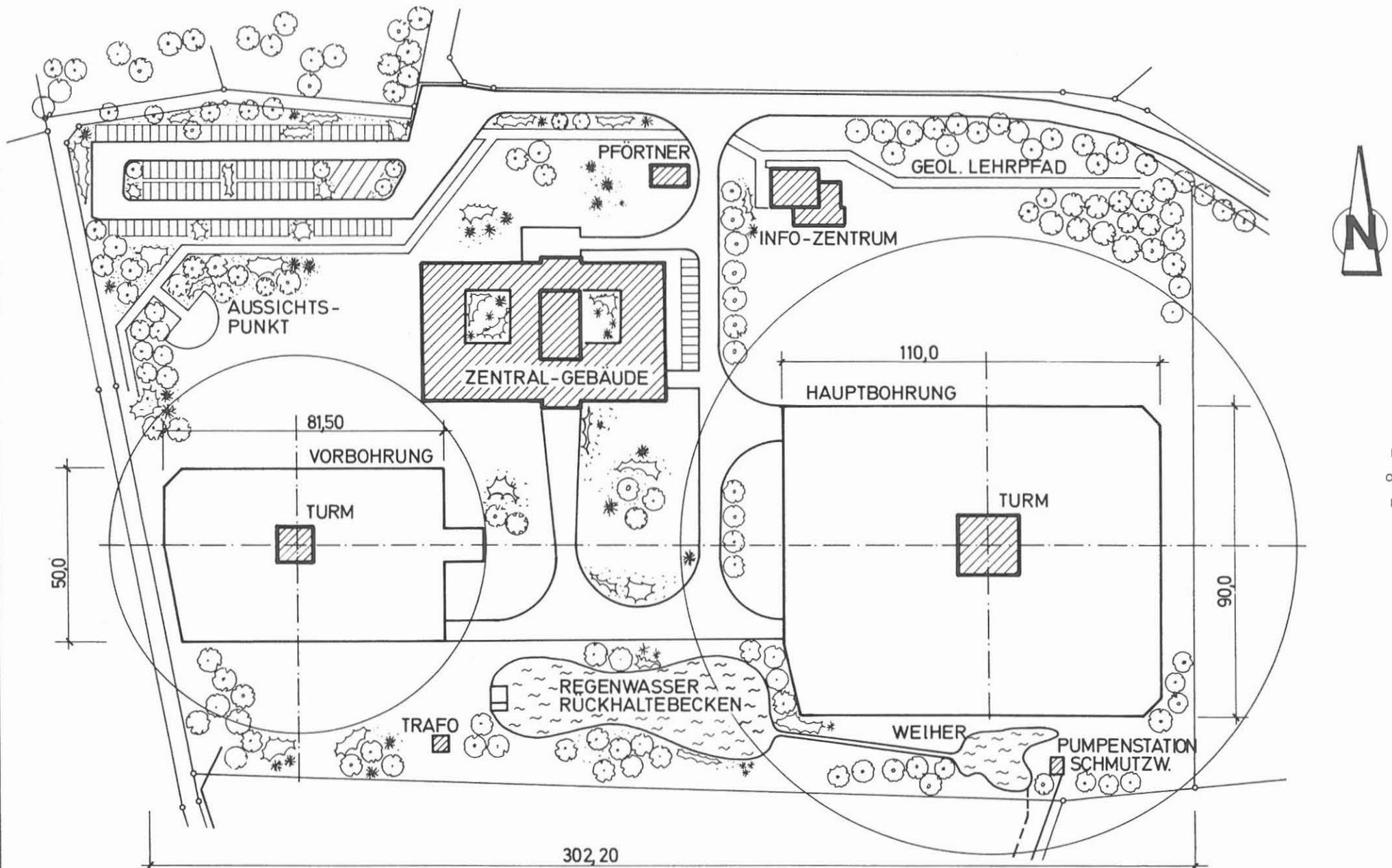
- Atomemmissionsspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)
- Ionenchromatograph
- Prozeßgasmassenspektrometer
- Röntgendiffraktometer (RDA)
- Röntgenfluoreszenzgerät (RFA)
- Polarisationsmikroskope
- Stereomikroskope
- Kopiergerät für die Bohrkernabwicklung
- Fotolabor

b) Geophysik

Es ist vorgesehen, mit Hilfe von weitgehend automatisierten und rechnergesteuerten Geräten folgende Parameter an Bohrkernen und zum Teil auch an Kernbruchstücken und Bohrklein zu messen:

- Dichte
- Seismische Geschwindigkeiten
- Magnetische Suszeptibilität
- Remanente Magnetisierung
- Elektrische Leitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit
- Natürliche Gammastrahlung
- Porosität
- Spannungsnachwirkungen

Die Meßgeräte sind im wesentlichen Entwicklungen der geophysikalischen Institute der Universitäten Berlin, Clausthal, Frankfurt, München.



Grundstücksfläche: 56802m²
 Grundfläche Zentralgebäude: 2824m²
 Grundfläche VB ~4.000m²
 Grundfläche HB ~9.500m²

Abb. 3

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Betriebsplatz KTB OBERPFALZ
Stand: 1/88

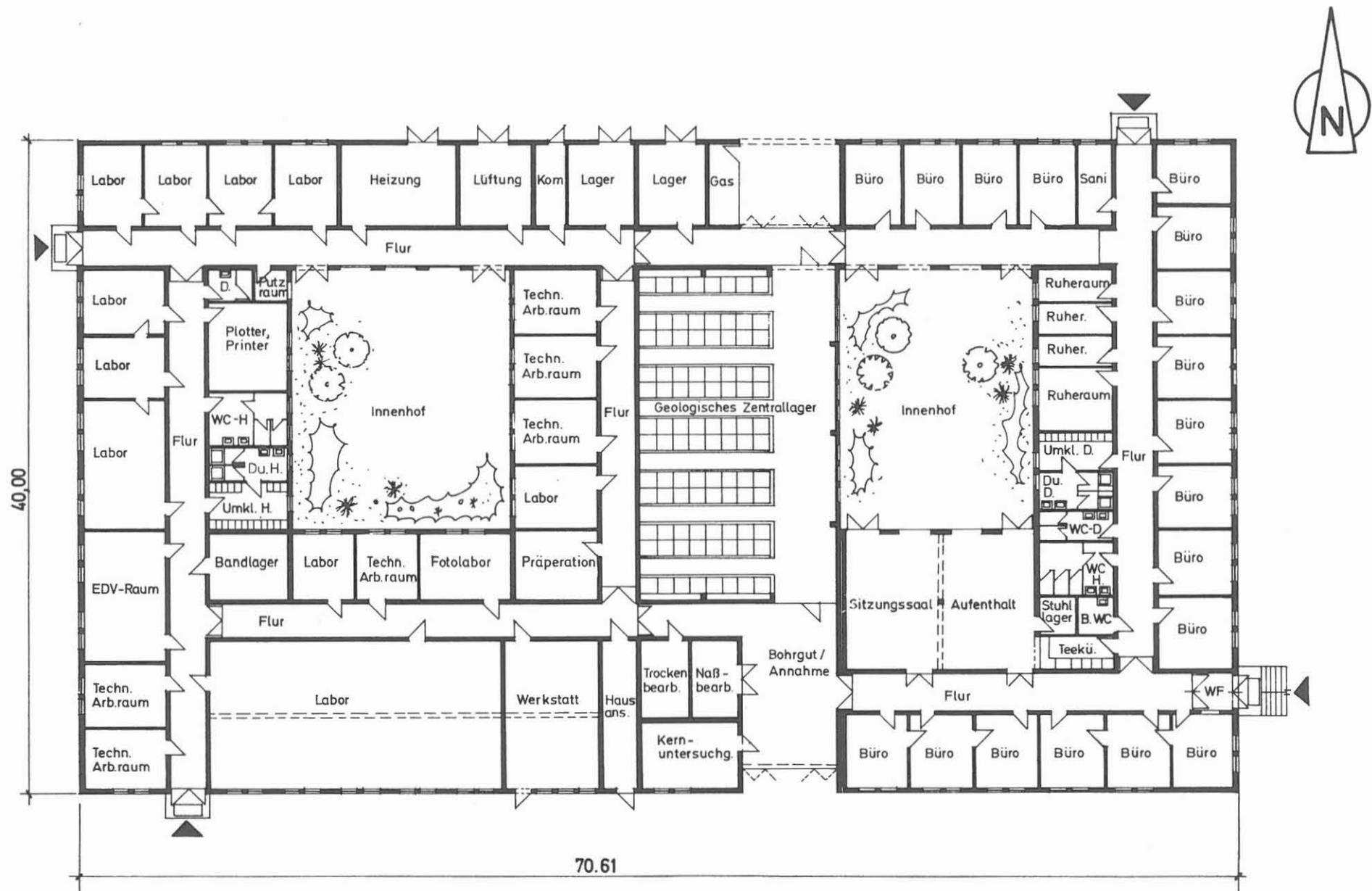


Abb. 4

KTB - Oberpfalz
 Grundriss Zentralgebäude
 Stand: 2/88

c) Probenvorbereitung und -präparation

Für die allgemeine Probenvorbereitung stehen u. a. folgende Geräte zur Verfügung:

Gesteinssägen, Backenbrecher, Gesteinsmühle, Laborsiebmaschine, Schleif- und Poliermaschinen für Dünn- und Anschliffe, Schleif- und Poliertisch, Ultraschallreiniger, Trockenschränke, Bohrmaschine, Druckfiltrationsgerät, Reinstwassersystem, Analysenwaagen.

Art und Untersuchungen der Proben

Für die Routineuntersuchungen im Feldlabor fallen sowohl Übertage am Bohrlochauslauf als auch direkt im Bohrloch in situ entnommene Proben zur Bearbeitung an (Abb. 5).

Alle Übertage-Proben werden zunächst mit dem im Bohrloch zirkulierenden Spülstrom an die Oberfläche gefördert, bevor sie am Spülsausrücklauf (in der Regel im Bereich der Spülrinne bzw. des Schüttelsiebs) entnommen werden können. Dabei kann die Zeit zwischen der Entstehung des Bohrkleins auf der Bohrlochsohle und dem Austrag desselben Übertage mehrere Stunden betragen, so daß bei den Übertage-Proben stets Teufenkorrekturen durchgeführt werden müssen. Dagegen handelt es sich bei den Untertage-Proben sowohl beim Kernen (Bohrkerne, Seitenkerne) als auch beim Testen und bei Zuflußmessungen (Proben von DST-Tests, Autoklavprobennehmern u. a.) um teufengenaue Proben (in situ-Proben).

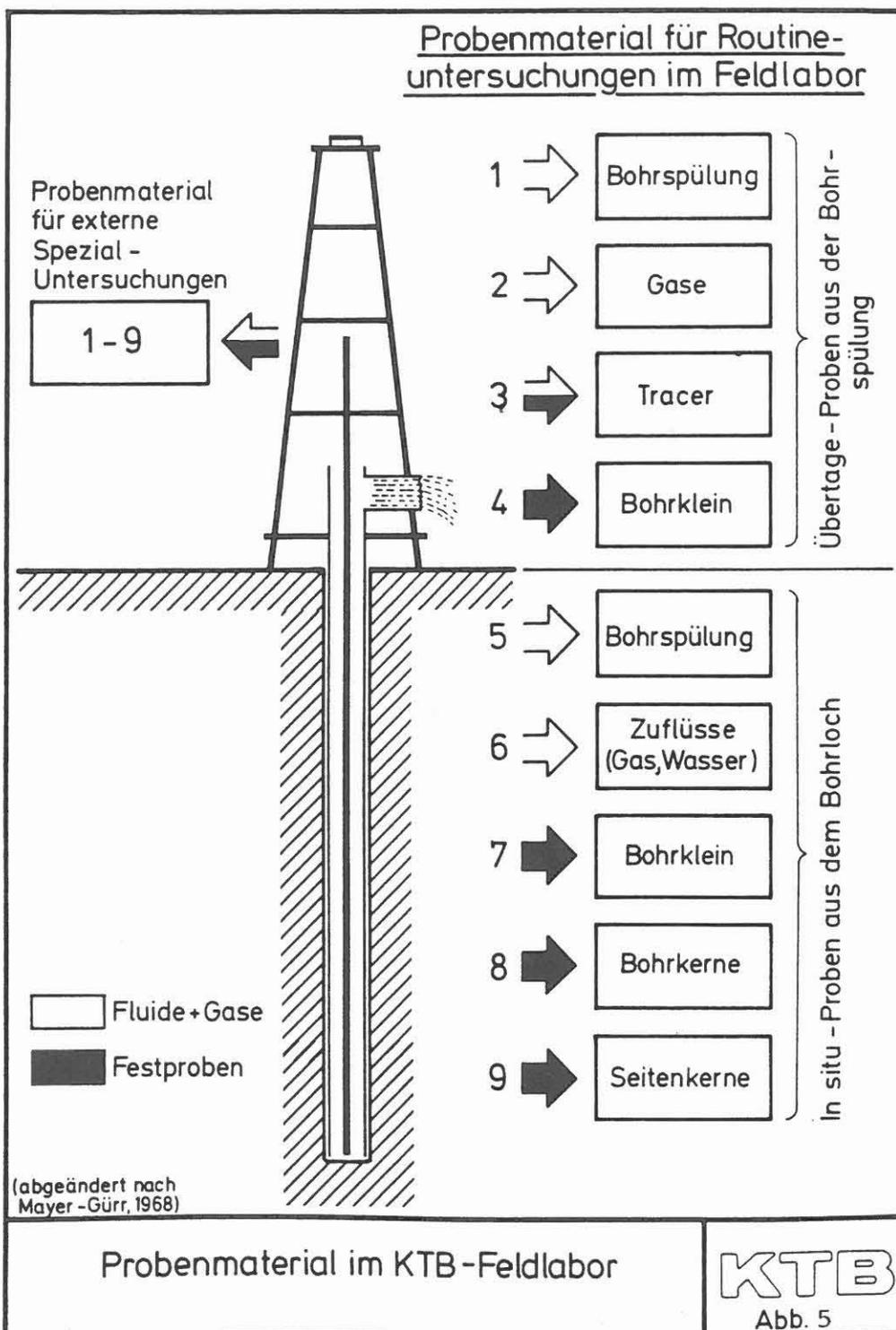
Die Zusammenstellung aller im KTB-Feldlabor durchzuführenden Routineuntersuchungen (Abb. 6) hebt einen Bereich der kontinuierlichen Bearbeitung der im Feldlabor und bei der Bohrungsbearbeitung anfallenden Proben und Daten hervor. Zu diesem Komplex gehört die Untersuchung fester, flüssiger und gasförmiger Proben unter Einbeziehung bohr- und spülungstechnischer Parameter und Logs verschiedener elektrischer Bohrlochmessungen, soweit sie für die Arbeiten im Feldlabor unmittelbar benötigt werden.

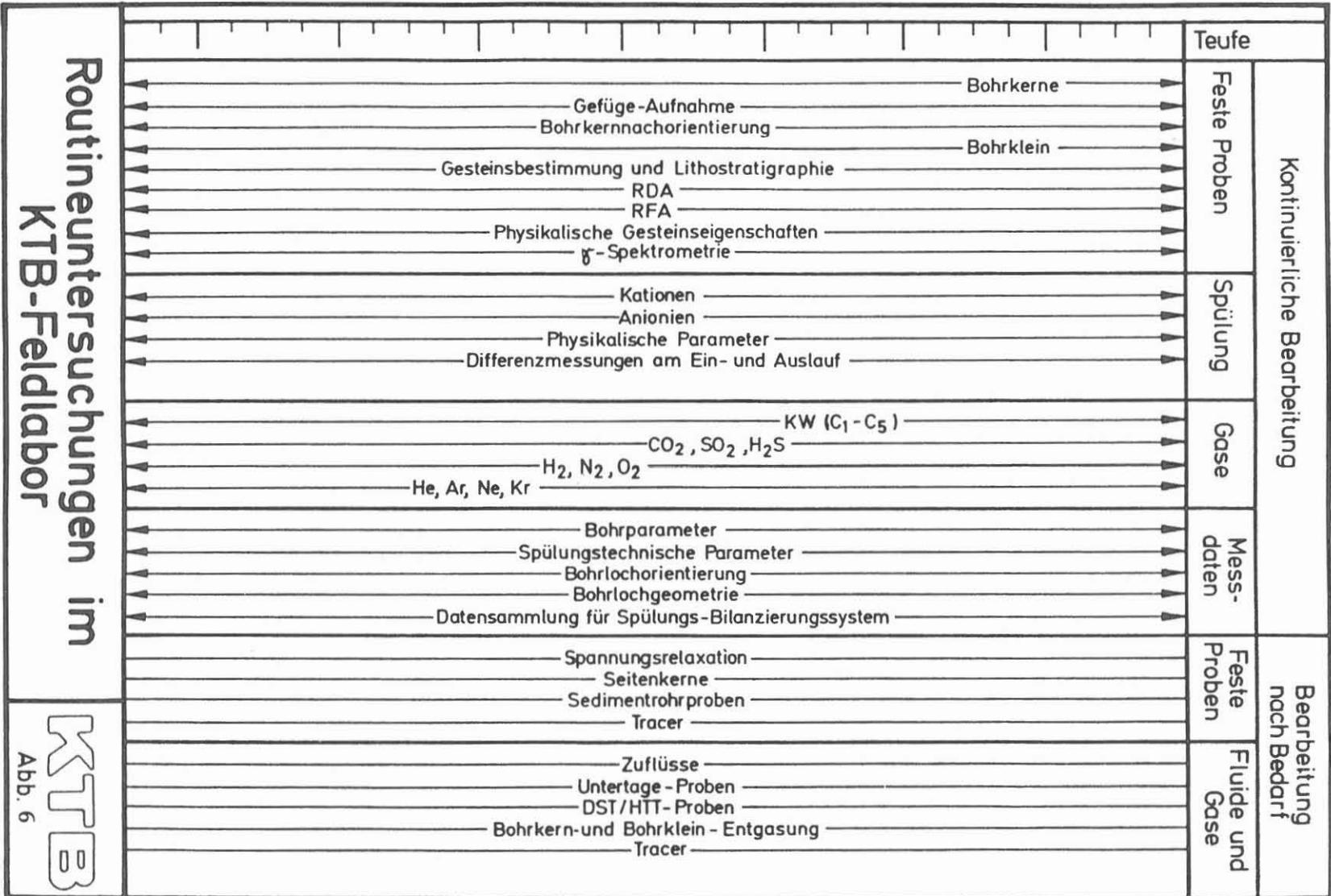
Arbeitsprogramm

Abbildung 7 stellt den Gesamtfließplan der Probenbearbeitung bezüglich Bohrkernmaterials, Bohrkleins und Gase im KTB-Feldlabor dar, sobald alle vorgesehenen Arbeiten und Untersuchungen nach Vervollständigung der Geräteausrüstung im Feldlabor durchgeführt werden können.

Bis zur Fertigstellung des Zentralgebäudes muß ein Überbrückungsprogramm durchgeführt werden:

Während die makroskopisch-strukturellen Bohrkernuntersuchungen vor Ort in von der Stadtverwaltung zur Verfügung gestellten Räumlichkeiten der Volksschule Windischeschenbach durchgeführt werden können, müssen die geochemischen und röntgenographischen Bearbeitungen (Kationen, Anionen bzw. RDA und RFA) an Bohrspülungs- und Fluidproben sowie an Bohrkleinmaterial und Bohrkernbruchstücken in Gießen erfolgen. Im Rahmen des geophysisi-





kalischen Meßprogramms werden die Messungen an frisch gewonnenem Kernmaterial mit den vorhandenen Geräten, teilweise mit provisorischen Mitteln, vor Ort durchgeführt. Die benötigten Dünn- und Anschliffe werden bis zur Fertigstellung des KTB-Feldlabors in Aachen und Göttingen angefertigt.

Abteufen der Bohrung

Die Bohrfortschrittskurve (Abb. 8) für den ersten Bohrabschnitt bis zur Absetzteufe der 8 5/8"-Ankerrohrtour gibt einen ersten Überblick über den Ablauf der Bohrarbeiten und die während des Bohrens durchgeführten Messungen. Hervorzuheben ist, daß während dieser Bohrphase Rollenbohrkronen (Abb. 9) eingesetzt worden sind, mit denen gleichzeitig Bohrkerne und Bohrklein gewonnen werden konnten. In den Teufenintervallen, in denen keine Kerne zu tage gebracht wurden (Tab. 1), liegen nur Bohrkleinproben (Cuttings) und Zentrifugenproben vor. Der Probenabstand beträgt ab etwa 85 m Teufe 0,5 m bei den Cuttings und 1.0 m bei den übrigen Proben.

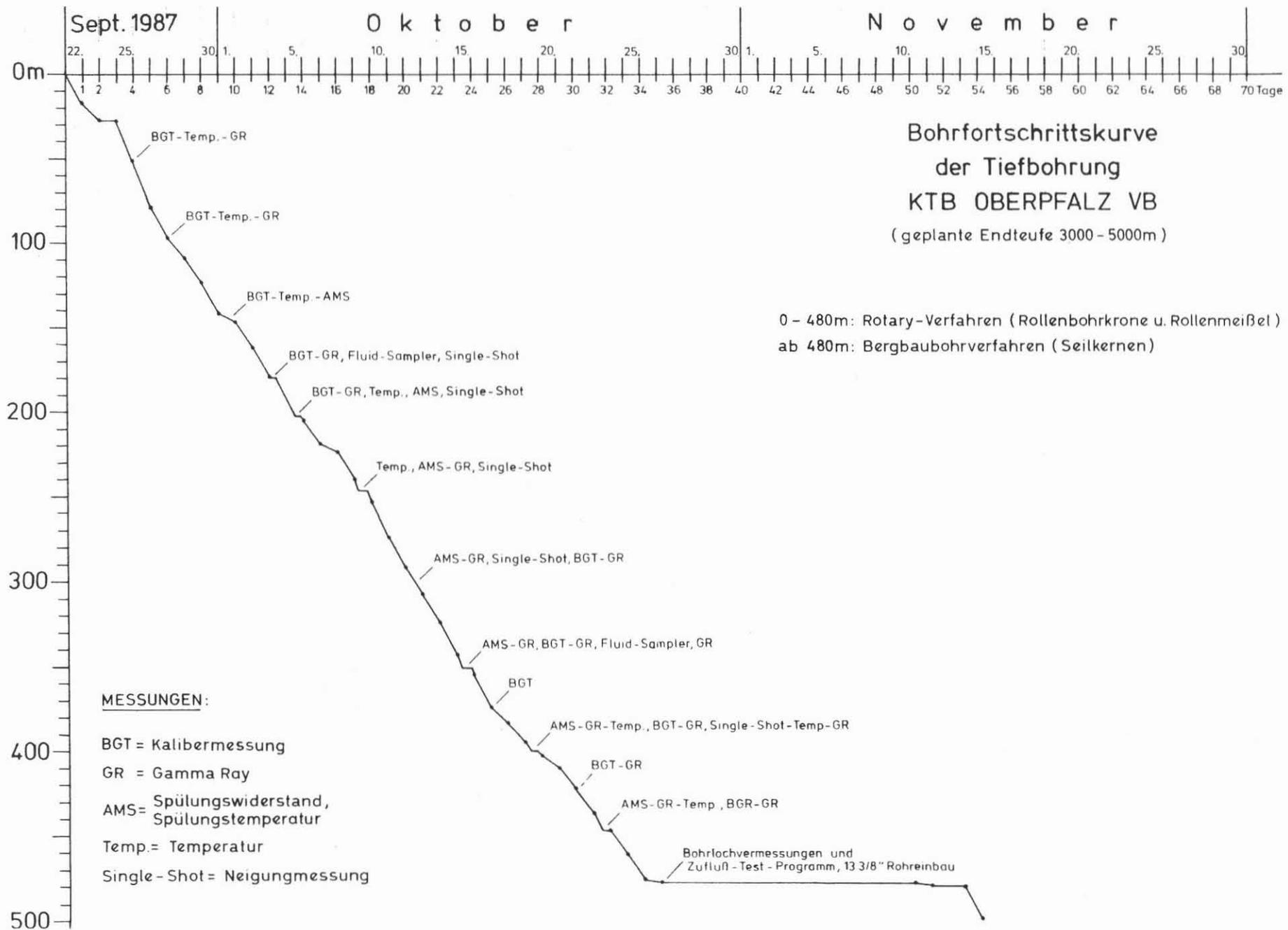
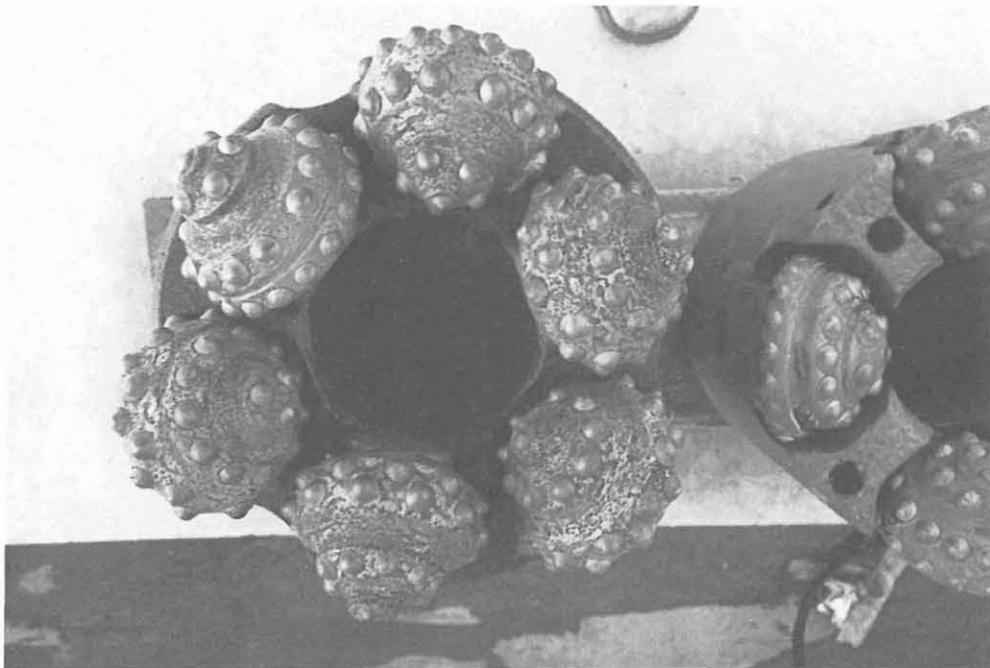
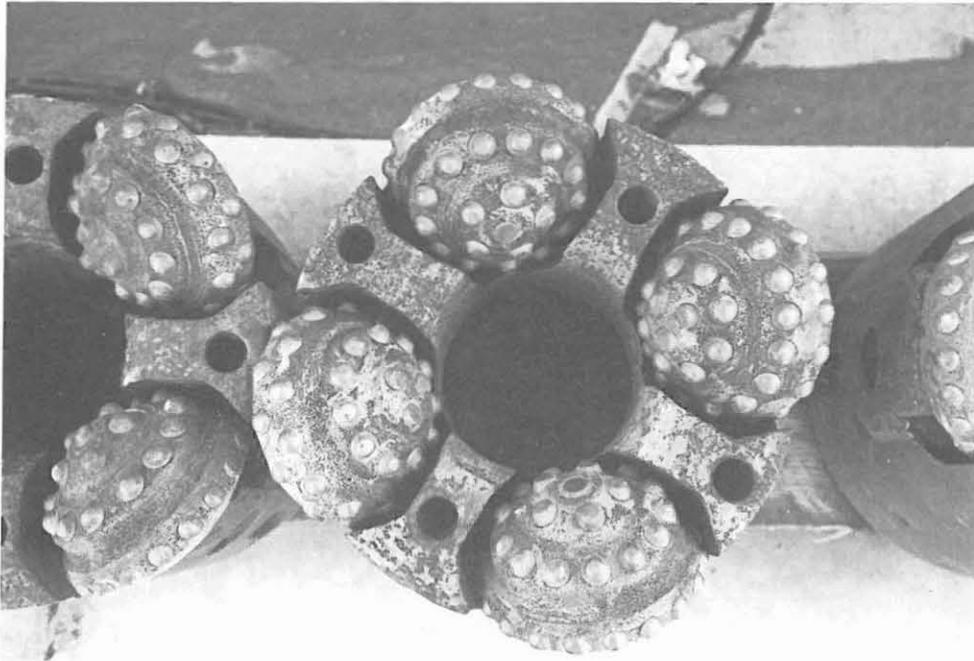


Abb. 8



von 28.1 - 478.5 m verwendete Rollenbohrkronen

Abb. 9

Bohrung: KTB-Oberpfalz VB 1

Datum	Meißel Ø	Typ	Bohr- verfahren	MM Nr.	KM Nr.	Teufe von m - bis m (=m)	Gewinn m %	Verlust m %	Bohr- fort- schritt m/h	Kernent- nahme h	Bemerkungen
22.09.87	171/2"RM	M4NS	Rotary	1		4.0 - 17.0			1.17		Standrohr 20" bis 6 m
23.09.87	"	"	"	1		17.0 - 23.0			0.85		
23.09.87	171/2"RM	EM9S	"	2		23.0 - 27.5			0.78		23.09. 133/8" Rohreinbau
24.09.87	121/4"RM	S4T	"	3		RS aufgebohrt - 27.5			-		
24.09.87	"	"	"			27.5 - 28.1			1.20		
25.09.87	105/8"RK	H87F	"		1✓	28.1 - 37.3	9.2 0	100	3.68	12.00	
25.09.87	"	"	"		2✓	37.3 - 39.0	1.7 0	100	3.40	14.30	
25.09.87	"	"	"		3✓	39.0 - 46.0	7.0 0.2 2.9	6.8 97.1	3.50	19.30	
25.09.87	"	"	"		4✓	46.0 - 50.0	4.0 0	100	2.67	00.00	KTB-Logging
26.09.87	105/8"RK	"	"		5✓	50.0 - 59.0	9.0 0	100	2.25	10.30	
26.09.87	"	"	"		6✓	59.0 - 68.0	9.0 0.5 0.55	8.95 99.45	1.63	18.30	
26.09.87	"	RBI	"		7✓	68.0 - 77.0	9.0 0.4 4.5	8.6 95.5	1.63	2.40	
27.09.87	105/8"RK	"	"		8✓	77.0 - 86.0	9.0 0	100	1.38	11.30	
27.09.87	105/8"DK	SC279	"		9✓	86.0 - 86.5	0.5 0.2 4.0	0.3 60.0	1.00	15.30	
27.09.87	105/8"RK	RBI	"		10✓	86.5 - 95.5	9.0 0.5 5.5	8.5 94.5	1.50	2.30	
28.09.87	"	"	"		11✓	95.5 - 104.0	8.5 0.5 5.9	8.0 94.1	1.42	22.00	KTB-Logging
29.09.87	105/8"RK	RBI	"		12✓	104.0 - 113.0	9.0 2.2 23.5	6.8 76.0	0.95	12.15	
29.09.87	"	"	"		13✓	113.0 - 114.7	1.7 0.7 4.5	0.96 56.5	0.85	17.00	
29.09.87	"	"	"		14✓	114.7 - 123.7	9.0 1.8 20.8	7.13 79.2	0.90	5.30	
30.09.87	105/8"RK	"	"		15✓	123.7 - 133.0	9.3 4.5 48.4	4.8 51.6	1.33	15.30	
30.09.87	"	H87F	"		16✓	133.0 - 141.3	8.3 2.5 31.0	5.7 60.0	1.10	6.00	
01.10.87	"	"	"		17✓	141.3 - 143.3	2.0 2.0 100		0.67	12.00	KTB-Logging

Bohrung: KTB-Oberpfalz VB 1

Datum	Meißel Ø	Typ	Bohr- verfahren	MM Nr.	KM Nr.	Teufe von m - bis m (=m)	Gewinn m %	Verlust m %	Bohr- fort- schritt m/h	Kernent- nahme h	Bemerkungen
01.10.87	105/8"RK	H87F	Rotary		18✓	143.3 - 145.0 1.7	1.5 88.2	0.2 11.8	0.57	3.00	
02.10.87	"	"	"		19✓	145.0 - 148.1 3.1	3.1 100		1.24	9.00	
02.10.87	"	"	"		20✓	148.1 - 149.6 1.5	1.46 97.3	0.04 2.7	1.00	14.30	
02.10.87	"	"	"		21✓	149.6 - 152.8 3.2	0.7 21.9	2.5 71.1	0.91	20.15	
03.10.87	"	"	"		22✓	152.8 - 162.3 9.5	0.8 8.5	8.7 91.5	1.12	11.30	
03.10.87	"	"	"		23✓	162.3 - 171.3 9.0	0.88 9.2	8.17 91.8	1.50	18.45	
04.10.87	"	RBI	"		24✓	171.3 - 180.3 9.0	6.45 71.7	2.55 28.3	1.00	9.00	KTB-Logging
04.10.87	"	"	"		25✓	180.3 - 185.0 4.7	2.17 46.2	2.53 53.8	0.85	22.10	
05.10.87	"	"	"		26✓	185.0 - 193.1 8.1	8.10 100	- -	1.08	9.30	
05.10.87	"	"	"		27✓	193.1 - 201.9 8.8	2.66 30.2	6.14 68.8	1.95	17.50	KTB-Logging
06.10.87	"	"	"		28✓	201.9 - 207.4 5.5	2.30 41.8	3.2 58.2	1.57	9.00	
06.10.87	"	"	"		29✓	207.4 - 216.0 8.6	6.75 78.5	1.85 21.5	1.43	18.30	
06.10.87	"	"	"		30✓	216.0 - 219.0 3.0	1.99 66.3	1.01 33.7	0.50	5.30	
07.10.87	"	"	"		31✓	219.0 - 219.3 0.30	0.30 100	- -	0.15	11.00	
07.10.87	"	RBI/ H87F	"		32✓	219.3 - 223.4 4.10	3.53 86.1	6.57 13.9	0.91	0.10	
08.10.87	"	"	"		33✓	223.4 - 224.0 0.60	0.41 68.3	0.19 31.7	0.60	6.00	
08.10.87	"	H87F	"		34✓	224.0 - 227.0 3.00	2.19 73.0	0.81 27.0	1.00	11.45	
08.10.87	"	"	"		35✓	227.0 - 229.4 2.40	2.41 100	- -	0.96	17.30	0.51 m v. KM 34
08.10.87	"	PBI	"		36✓	229.4 - 238.4 9.00	0.95 10.5	8.05 88.5	1.50	3.30	
09.10.87	"	"	"		37✓	238.4 - 247.4 9.00	1.62 18.0	7.38 82.0	1.64	12.30	Bohrlochmessung
10.10.87	"	"	"		38✓	247.4 - 256.4 9.00	1.07 11.9	7.93 81.1	1.06	10.50	
10.10.87	"	"	"		39✓	256.4 - 265.4 9.00	1.7 18.9	7.30 81.1	2.57	17.50	
11.10.87	"	"	"		40	265.4 - 274.4 9.00	- -	9.00 100	1.12	7.30	
11.10.87	"	"	"		41✓	274.4 - 283.4 9.00	3.83 42.6	5.17 57.4	1.64	19.30	

Bohrung: KTB-Oberpfalz VB 1

Datum	Meißel Ø	Typ	Bohr- verfahren	MM Nr.	KM Nr.	Teufe von m - bis m (=m)		Gewinn m %		Verlust m %		Bohr- fort- schritt m/h	Kernent- nahme h	Bemerkungen
11.10.87	105/8"RK	PBI	Rotary		42	283.4 - 292.4	9.0	2.92	32.5	6.08	67.5	1.28	5.30	
12.10.87	"	"	"		43	292.4 - 301.4	9.0	1.35	15.0	7.65	85.0	1.64	14.30	Bohrlochmes- sung
13.10.87	"	SEC	"		44	301.4 - 310.4	9.0	3.25	36.1	5.75	63.9	1.50	9.10	
13.10.87	"	RBI	"		45	310.4 - 315.0	4.6	-	-	4.60	100	0.90	18.00	
13.10.87	"	"	"		46	315.0 - 324.0	9.0	4.08	44.8	4.97	55.2	1.50	3.30	
14.10.87	"	"	"		47	324.0 - 333.0	9.0	1.70	18.9	7.30	81.1	0.89	14.30	
14.10.87	"	"	"		48	333.0 - 342.0	9.0	7.62	84.7	1.38	15.3	0.89	3.00	
15.10.87	"	"	"		49	342.0 - 351.0	9.0	7.69	85.5	1.31	14.5	1.20	15.15	Bohrlochmes- sung
16.10.87	"	"	"		50	351.0 - 357.2	6.2	3.05	49.2	3.15	50.8	0.88	12.10	
16.10.87	"	"	"		51	357.2 - 366.2	9.0	2.62	29.1	6.38	70.9	1.12	22.15	
17.10.87	"	"	"		52	366.2 - 375.0	8.8	1.67	19.0	7.13	81.0	1.25	7.00	Bohrlochmes- sung
17.10.87	"	SEC	"		53	375.0 - 377.3	2.3	2.30	100	-	-	0.77	16.00	
17.10.87	"	"	"		54	377.3 - 384.0	6.7	4.58	68.3	2.12	31.6	1.03	0.30	
17.10.87	"	"	"		55	384.0 - 384.8	0.8	0.65	81.25	0.15	18.75	0.53	5.30	
18.10.87	"	"	"		56	384.8 - 390.4	5.6	5.35	95.5	0.25	4.5	0.59	17.45	
18.10.87	"	"	"		57	390.4 - 393.6	3.2	3.20	100	-	-	0.53	2.00	
19.10.87	"	"	"		58	393.6 - 400.3	6.7	6.57	98.0	0.13	2.0	0.74	13.45	Bohrlochmes- sung
20.10.87	"	"	"		59	400.3 - 403.2	2.9	2.65	91.4	0.25	8.6	0.58	7.50	
20.10.87	"	"	"		60	403.2 - 410.8	7.6	2.53	33.3	5.07	66.7	0.66	1.10	
21.10.87	"	"	"		61	410.8 - 417.7	6.9	6.17	89.4	0.73	10.6	0.81	17.15	
21.10.87	"	"	"		62	417.7 - 424.0	6.3	6.3	100	-	-	1.05	4.00	Bohrlochmes- sung
22.10.87	"	"	"		63	424.0 - 426.2	2.2	2.04	92.7	0.16	7.3	0.88	13.20	

Bohrung: KTB-Oberpfalz VB 1															
Datum	Meißel Ø	Typ	Bohr- verfahren	MM Nr.	KM Nr.	Teufe von m - bis m (=m)		Gewinn m %		Verlust m %		Bohr- fort- schritt m/h	Kernent- nahme h	Bemerkungen	
22.10.87	105/8"RK	SEC	Rotary		64	426.2	- 432.9	6.7	6.70	100	-	-	1.03	00.15	
23.10.87	"	"	"		65	432.9	- 438.6	5.7	4.94	86.7	0.76	13.3	1.42	8.30	
23.10.87	"	"	"		66	438.6	- 447.5	8.9	5.18	58.2	3.72	41.8	1.27	21.00	Bohrlochmes- sung
24.10.87	"	"	"		67	447.5	- 453.9	6.4	6.01	93.9	0.39	6.1	1.07	14.45	
24.10.87	"	"	"		68	453.9	- 460.9	7.0	7.00	100	-	-	0.87	3.15	
25.10.87	"	"	"		69	460.9	- 467.7	6.8	3.62	53.2	3.18	46.8	1.36	12.00	
25.10.87	"	"	"		70	467.7	- 469.6	1.9	1.90	100	-	-	0.76	17.50	
25.10.87	"	"	"		71	469.6	- 471.3	1.7	1.52	89.4	0.18	10.6	0.68	23.55	
26.10.87	"	"	"		72	471.3	- 477.2	5.9	3.23	54.7	2.67	45.3		9.15	
26.10.87	"	"	"		73	477.2	- 478.5	1.3	1.23	94.6	0.07	5.4		13.45	
11.11.87	7 7/8"	S44	Seilkern.			RS aufgebohrt -480m									7.11. 85/8"
14.11.87	6 "	BY	"		74	480.0	- 481.6	1.6	1.50	93.8	0.1	6.2	1.60	8.50	Rohreinbau
14.11.87	"	"	"		75	481.6	- 485.4	3.8	3.80	100	-	-	3.80	14.00	12.11. 7"
14.11.87	"	"	"		76	485.4	- 487.8	2.4	2.40	100	-	-	2.40	16.20	Rohreinbau
15.11.87	"	"	"		77	487.8	- 492.4	4.6	4.33	94.1	0.27	5.9	2.30	21.20	Ab 480.0 m
15.11.87	"	"	"		78	492.4	- 496.4	4.0	4.00	100	-	-	2.00	0.15	Seilkernen
15.11.87	"	"	"		79	496.4	- 499.3	2.9	2.72	93.8	0.18	6.2	1.45	4.15	
15.11.87	"	"	"		80	499.3	- 503.3	4.0	3.55	88.8	0.45	11.2	1.60	9.00	
15.11.87	"	"	"		81	503.3	- 506.3	3.0	3.00	100	-	-	1.50	12.45	
15.11.87	"	"	"		82	506.3	- 512.3	6.0	6.00	100	-	-	2.40	16.40	
15.11.87	"	"	"		83	512.3	- 515.0	2.7	2.70	100	-	-	2.70	20.20	
16.11.87	"	"	"		84	515.0	- 517.8	2.8	2.80	100	-	-	1.86	0.30	
16.11.87	"	"	"		85	517.8	- 519.6	1.8	1.80	100	-	-	1.80	2.45	

B. Geologie

KTB Oberpfalz VB – erste Ergebnisse der geologischen Aufnahme bis 480 m

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

Januar 1988

Zusammenfassung

Der 1. Arbeitsbericht des Feldlabors liefert geowissenschaftliche Ergebnisse des Bohrabschnittes 0 - 480 m der Bohrung "KTB Oberpfalz VB". Zur Untersuchung standen aufgrund des speziellen Bohrverfahrens (Rotary mit Rollenbohrkronen) Cuttings und lückenhaft Bohrkerne zur Verfügung.

Die geologische Aufnahme umfaßt nach der Inventarisierung des Bohrgutes eine detaillierte makroskopische und mikroskopische, petrographische und strukturgeologische Bearbeitung.

Die fototechnische Abbildung der Oberfläche von Kernstücken soll die strukturgeologische Kernaufnahme erleichtern sowie durch die Korrelation mit Bohrlochmeßverfahren eine Rückorientierung der Bohrkerne ermöglichen.

Die Bohrung durchteuft eine steil bis saiger lagernde Metabasit-/Metapelit-Wechselfolge in Amphibolitfazies mit häufig migmatischem Charakter (Amphibolite, stellenweise granatreich, stellenweise kalifeldspatführend, unterhalb von 210 m mit geringmächtigen Kalksilikatlagen, Granat-Biotit-Gneise, teilweise hornblendeführend, teilweise mit Disthen und Sillimanit; zusätzlich gibt es Einschaltungen von Aplitgraniten, Lamprophyren und Marmor). Die Gesteine sind in unterschiedlichem Maß retrograd überprägt.

Die bisher makroskopisch und mit Hilfe weniger Anschliffe mikroskopisch identifizierte Erzmineralparagenese ist relativ eintönig und besteht aus den Sulfiden Pyrit, Magnetkies, Kupferkies und Bleiglanz sowie den Oxiden Magnetit, Hämatit, Limonit, Rutil, Anatas und Ilmenit.

Der Gesteinsverband wurde in unterschiedlich starkem Maße von einer kataklastischen Deformation betroffen, die besonders auf flachliegenden Scherbahnen stärkere Ausmaße annimmt. Ein älteres mylonitisches Deformationsstadium ist nur undeutlich ausgeprägt.

Abstract

This first report deals with preliminary scientific results and methodical procedures of the upper 480 m of the research well "KTB Oberpfalz VB". Due to the special drilling technique (rotary with roller cone core bits) cuttings as well as fragmentary drill core have been available for investigations.

After itemisation of cores, cuttings and drilling mud, geological data acquisition comprises of detailed macroscopical and microscopical studies and descriptions of petrographical and structural characteristics.

Surface copies of cylindric and well preserved core pieces by photocopying complete the structural description and shall make possible a reorientation of the core by correlation with logging methods.

Down to 480 m the well "KTB Oberpfalz VB" intersected a steep to vertical interlayering of metabasites and metapelites in amphibolite facies, often with migmatic character. Amphibolites are locally rich in garnet, locally with potassium feldspar and below 210 m with thin calcsilicate layers. Metapelites occur as garnet-biotite-gneisses, partly with hornblende, partly kyanite and sillimanite bearing. There are few intrusions of granite-aplites and lamprophyres and a 3 m intercalation of marble. All rocks exhibit retrogressive overprinting in different stages.

Ore mineralisation has been determined macroscopically and with the help of few polished sections. The investigation displays a rather monotonous paragenesis with pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, galena and magnetite, hematite, limonite, rutile, anatase, and ilmenite.

The whole rock sequence was affected to different degrees by cataclastic deformation. An older mylonitic stage of deformation is not distinct.

1. Einleitung

1.1 Geologischer Überblick

Das kristalline Grundgebirge der Oberpfalz als Zielgebiet der Kontinentalen Tiefbohrung stellt den westlichen Rand der Böhmisches Masse dar.

Aufgrund intensiver geologischer und geophysikalischer Studien im Vorfeld der Tiefbohrung wird für die Region im Grenzbereich Saxothuringikum/Moldanubikum eine hohe Krustenmobilität durch konvergierende Kontinentalplatten und eine weitgespannte Deckentektonik (Abb. 1) beschrieben (WEBER 1985, WEBER & VOLLBRECHT 1986).

Das engere geologische Umfeld der Bohrlokation gehört zur "Zone von Erbdorf-Vohenstrauß (ZEV)"; es wird als halbschüsselförmige, allochthone Einheit über der Grenzzone Saxothuringikum/Moldanubikum interpretiert. Die Gesteine der ZEV sind durch eine Mitteldruckmetamorphose gekennzeichnet, während das unterlagernde Basement nach der Modellvorstellung durch eine Niederdruck-Metamorphose geprägt wurde.

Oberflächenkartierungen (STETTNER in WEBER & VOLLBRECHT 1986) haben in der Umgebung des Bohrpunktes recht abwechslungsreiche Gesteinsserien (Amphibolite, Biotit-Sillimanit-Gneise, graphitführende Gneise, Granite und Granitaplite) beschrieben (Abb. 2). Diese lithologische Heterogenität hat sich in den oberen durchteuften Bereichen der Vorbohrung vollauf bestätigt.

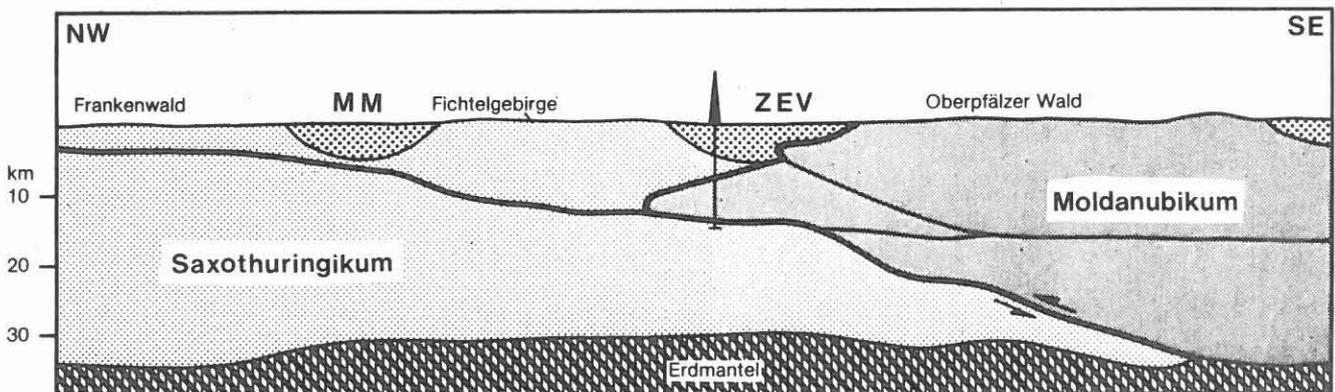


Abb. 1: Vereinfachtes schematisches Profil durch die KTB-Lokation "Oberpfalz" (verändert nach einer Vorlage der KTB-Projektleitung 1987)

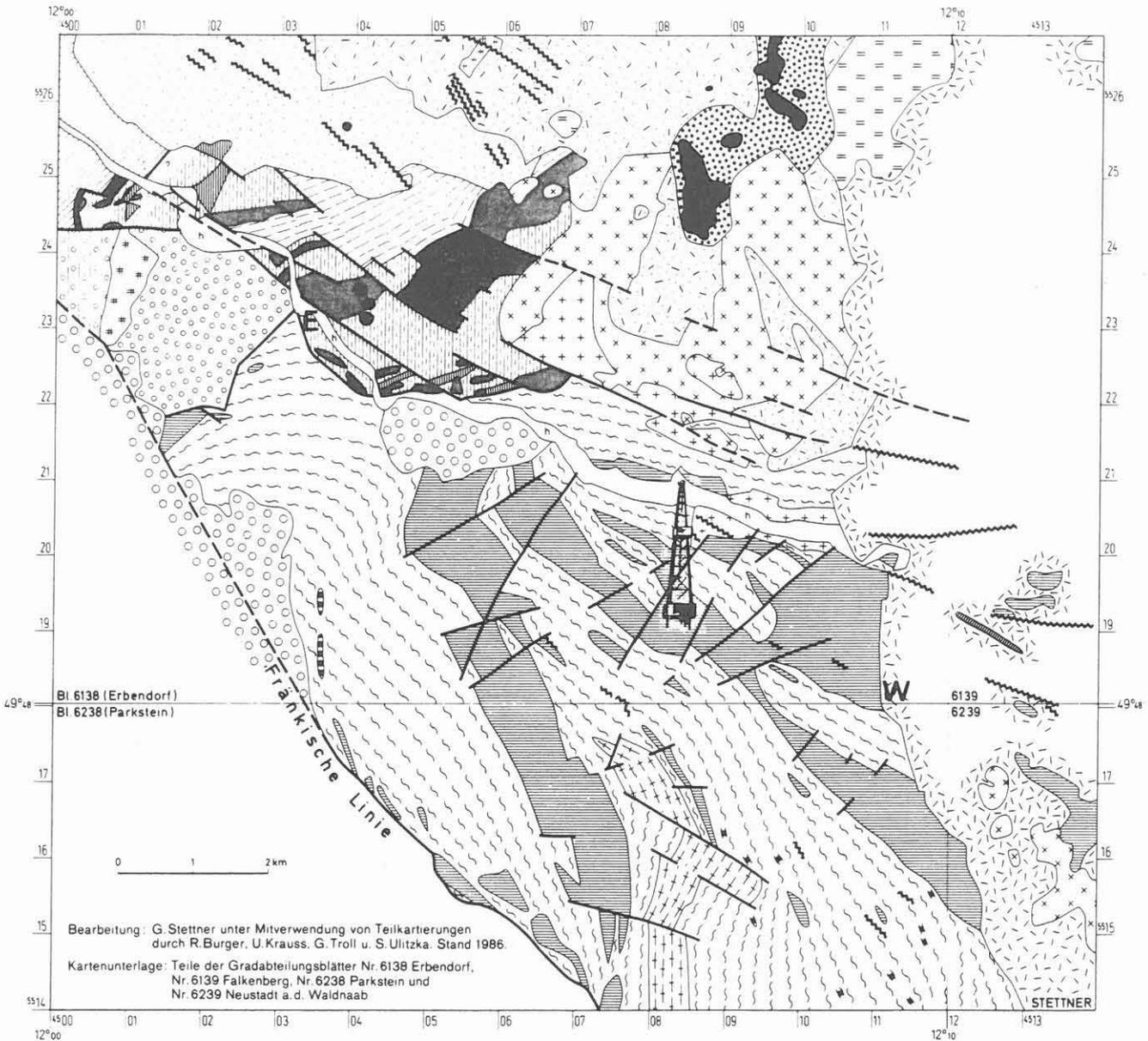


Abb. 2: Geologische Karte der Umgebung der Bohrlokation "KTB-Oberpfalz VB" (STETTNER, in WEBER & VOLLBRECHT 1986)

1.2 Aufgabenstellung und Methodik

Das wesentliche Ziel der geologischen Bearbeitung im KTB-Feldlabor ist die bohrbegleitende, kontinuierliche Aufnahme des erbohrten Materials und die Darstellung der erarbeiteten Ergebnisse als Basis für weiterführende Spezialuntersuchungen.

Das auf den oberen 480 m angewandte Bohrverfahren (10 5/8'' Rollenbohrkronen) lieferte sowohl Bohrkerne als auch Bohrklein (Cuttings). Die Beprobung der Cuttings erfolgte am Schüttelsieb, wo das Bohrklein (> 0.2 mm) von der Bohrspülung getrennt wird. Gebirgsmechanisch und bohrtechnisch bedingt ist der Kerngewinn auf dieser Strecke von stark unterschiedlicher Qualität. Insgesamt mit der Tiefe zunehmend beträgt der Kerngewinn über die ersten 480 m etwas mehr als 40%. Aus diesem Grund mußte ein wesentlicher Teil der geologischen Informationen, die zur lückenlosen Erstellung des lithologischen Profils benötigt werden, aus den Cuttings gewonnen werden.

Unter dem Gesichtspunkt einer nur partiell gekernteten Hauptbohrung sollen durch die parallele Untersuchung von Cuttings und Bohrkernen Möglichkeiten und eventuelle Grenzen einer fundierten geowissenschaftlichen Bearbeitung von Kristallingesteinen ausschließlich anhand von Cuttings getestet werden.

Eine weitere Aufgabe der Bearbeitung im Feldlabor ist die Rückorientierung der nicht orientiert gezogenen Bohrkerne. Zur Auswertung der am Kern aufgenommenen Strukturen und der mit Hilfe verschiedener Bohrlochmeßverfahren von der Bohrlochwand aufgezeichneten Strukturbilder findet eine enge Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe "Bohrlochgeophysik" statt.

Für die Bohrtechnik ist ein steter Informationsfluß über das Gefährdungspotential einzelner lithologischer Abschnitte hinsichtlich Bohrlochauskesselungen, Nachfall sowie erhöhter Werkzeugbeanspruchung bedeutend. Horizonte für die verschiedenen Tests im Bohrloch werden unter geologischen und technischen Aspekten in Diskussionen der betroffenen Arbeitsgruppen gemeinsam festgelegt.

In dieser ersten Untersuchungsphase war der Bau des neben der Bohrlokation geplanten Feldlabors noch nicht vollendet. Daher wurde lediglich ein Teil der Bearbeitung des gewonnenen Materials vor Ort in provisorisch hergerichteten Räumen der Volksschule Windischeschenbach durchgeführt. Da die gesamte geochemische Analytik der Feststoffe und Spülungsproben bisher noch in Gießen (Institut für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung), die Anfertigung von Dünn- und Anschliffen in Göttingen (Institut für Geologie und Dynamik der Lithosphäre) und Aachen (Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre) durchgeführt wurde, war nach der Probenauswahl ein umfangreicher Probenversand nötig.

Aus dem ersten Bohrabschnitt liegen z. Zt. ca. 100 Dünnschliffe vor, deren Probenpunkte während der Kernaufnahme nach makroskopischen Gesichtspunkten zur Gesteinscharakterisierung und zur Identifizierung des qualitativen und quantitativen Mineralbestandes ausgewählt wurden. Sechs Anschliffe (z.T. als Körnerpräparate aus Cuttings) wurden untersucht.

Erschwerend für die Auswahl von Schliff- und Analysenmaterial war, daß bisher von einer Zerkleinerung von Kernstücken abgesehen werden mußte, da einige erst zu einem späteren Zeitpunkt durchführbare Untersuchungen (z.B. geophysikalischer Parameter) an ganzen Kernstücken durchgeführt werden müssen. So konnten nur Kernbruchstücke bzw. -trümmer verarbeitet werden. Gut erhaltene Kernstücke wurden nur makroskopisch untersucht.

Das Aufgabenfeld der Arbeitsgruppe Geologie/Petrologie beginnt mit der Entnahme des Bohrkerns aus dem Kernrohr auf der Bohrlokation. Ein geschützter Transport der entnommenen Kerne in das ca. 3 km entfernte Feldlaborprovisorium war durch ein spezielles Transportgestell in einem PKW-Kombi gewährleistet.

Die sich anschließende Inventarisierung und Aufnahme der Bohrkernkerne eines Kernmarsches (Erläuterung im Anhang) erfolgt auf einer V-förmigen Rinne. Auf ihr werden die Kernstücke zusammengesetzt, wobei eine Rekonstruktion des Originalzustands des Bohrkerns im Bohrloch angestrebt wird. Der Kernmarsch wird möglichst durchgängig mit einer Orientierungslinie markiert (siehe Anhang), auf die sich vorerst alle am Kern gewonnenen Azimutdaten beziehen.

Die Kerne werden in Holzkisten mit 1 m Außenlänge verpackt. Bisher wurde davon abgesehen, Kernstücke aus Gründen der Platzersparnis zu zerbrechen bzw. zu zersägen, um Kernkisten aufzufüllen.

Die Kerninventarisierung und die Aufnahme des Kernmaterials bezüglich der makroskopisch erkennbaren, petrographischen und strukturellen Eigenschaften findet anhand von farbigen Formblättern statt (siehe Anhang). Die Verwendung dieser Formblätter soll die EDV-mäßige Umsetzung der gewonnenen Daten vereinfachen und eine Vereinheitlichung der Beschreibung auch bei den verschiedenen Bearbeitern gewährleisten.

Im Anschluß an die Kernaufnahme erfolgt die fotografische Dokumentation des Kernmaterials. Die Bohrkernkisten werden nach Kernmärschen in einem mit Maßstab und technischen Daten versehenen Rahmen unter stets gleichen Bedingungen schwarz/weiß (Abb. 3) und farbig fotografiert. Aus diesem Fotokatalog lassen sich so bereits erste Informationen über Kerngewinn, Kernzustand, Grobstrukturen usw. herauslesen.

Jedes gut erhaltene, zylinderförmige Kernstück wird über einem Fotokopierer automatisch abgerollt, d.h. die Kernoberfläche wird mit ihren Strukturen auf einem DIN A-3 - Blatt im Maßstab 1 : 1 abgebildet. Für die detailliertere Strukturauswertung steht somit eine originalgetreue Kernabwicklung zur Verfügung (Abb. 4). Aus einem Vergleich der "Kernstückkopien" mit "Borehole-Televue"- und "Formation Micro Scanner Tool"-Aufnahmen ist eine räumliche Nachorientierung der Bohrkernkerne vorgesehen. Diese Nachorientierung ist bisher aufgrund des abschnittsweise geringen Kerngewinns, der auf diese Weise entstehenden Probleme bei der exakten teufenmäßigen Zuordnung des gewonnenen Kernmaterials sowie noch nicht überwundener methodischer Probleme (z.B. Korrektur von Bohrlochmessungen) nicht durchgeführt worden.

KTB - OBERPFALZ VB1

Kernmarsch 67

Teufe 447,5 — 453,4 m Kerngewinn: 6,01 m



Sektionen

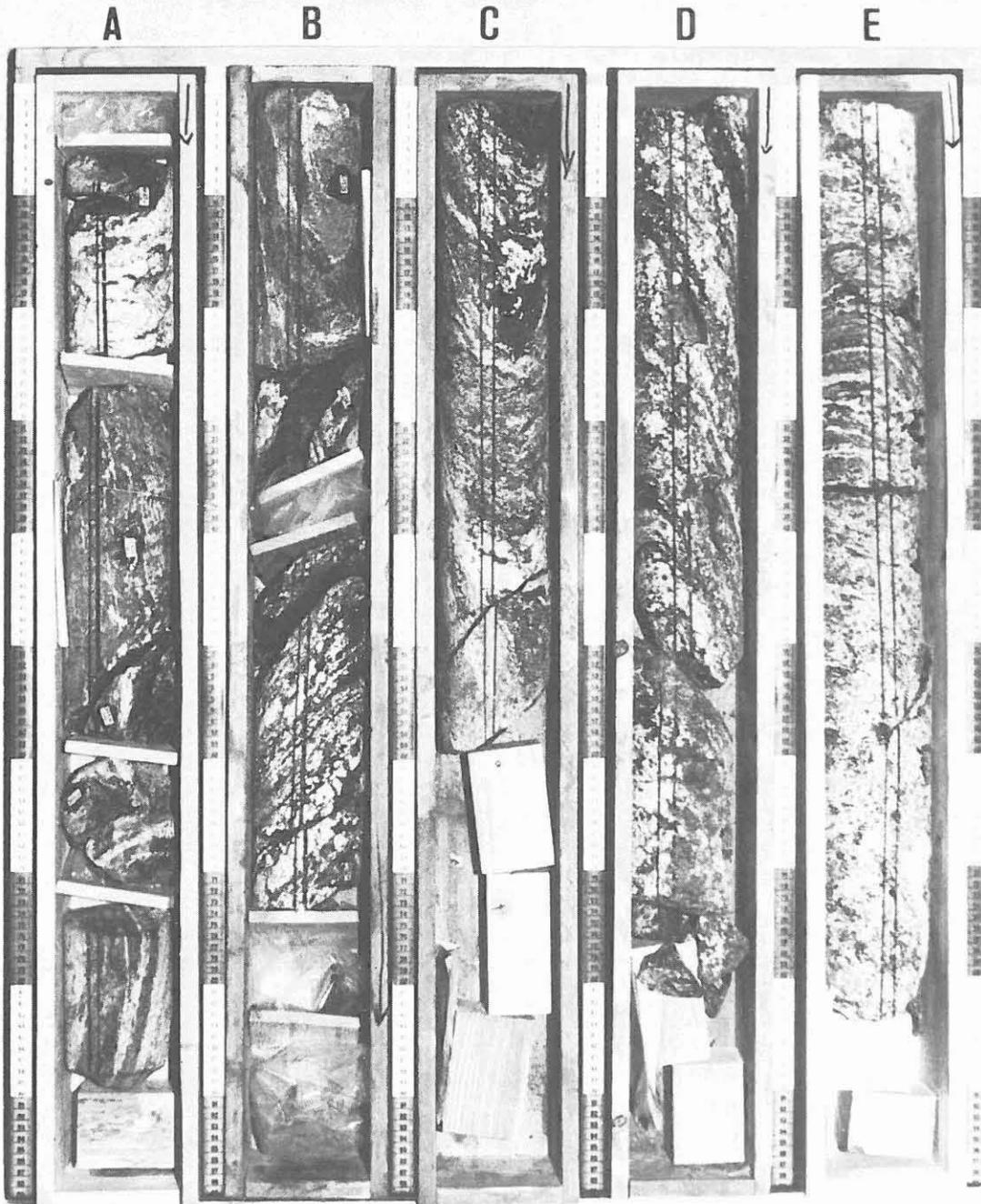
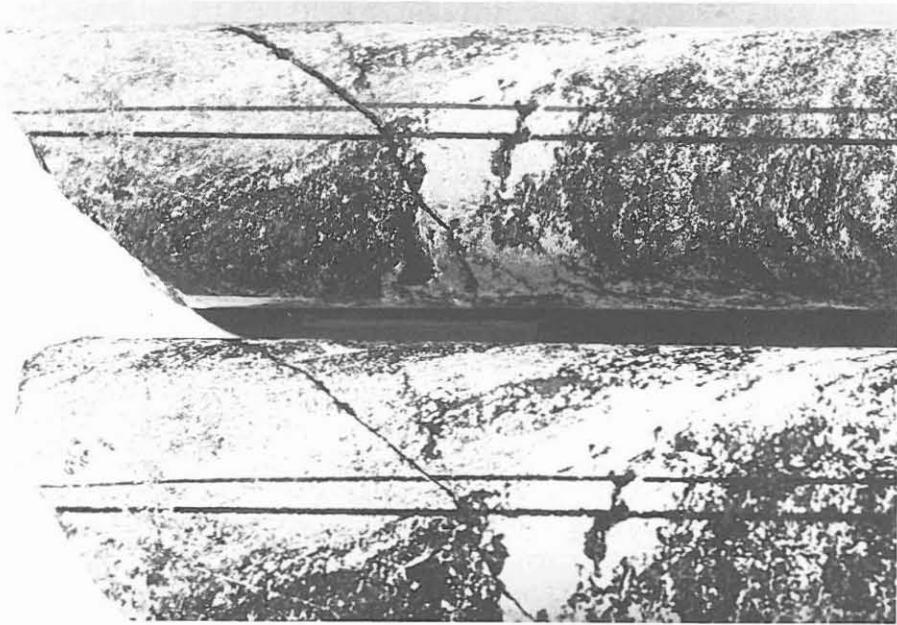


Abb. 3: Beispiel für die Fotodokumentation der gewonnenen Bohrkern



a



b

Abb. 4: Demonstration der Kernabwicklung:
a) Foto des Originalkernstückes (oben) und zusammenge-
rollte Kernabwicklung (unten)
b) Kernabwicklung, plano

2. Zur Erstellung des Lithologs nach Cuttings-Analyse (G. Graup)

Die starke tektonische Deformation des Grundgebirges, verbunden mit einer deutlichen Alteration der Gesteine sowie das gewählte Bohrverfahren (Rollenbohrkronen) führten zu einem erheblichen Kernverlust von ca. 60% auf der Anfangsstrecke bis zur Teufe von 480 m. Die Aufnahme des Lithoprofils mußte sich daher in großem Maße auf die Bearbeitung des ausgetragenen Bohrkleins (= Cuttings) stützen. Vor allem für die obersten 100 m stammt die Information nahezu ausschließlich aus der Cuttingsbearbeitung.

Das Beprobungsintervall der Cuttings beträgt über die gesamte beschriebene Strecke mindestens 1 m, z.T. 0.5 m. Daraus ergibt sich, daß wenigstens 480 Bohrklein-Proben untersucht wurden. Die Probennahme der Cuttings erfolgte unter Berücksichtigung der Aufstiegszeit im Bohrloch.

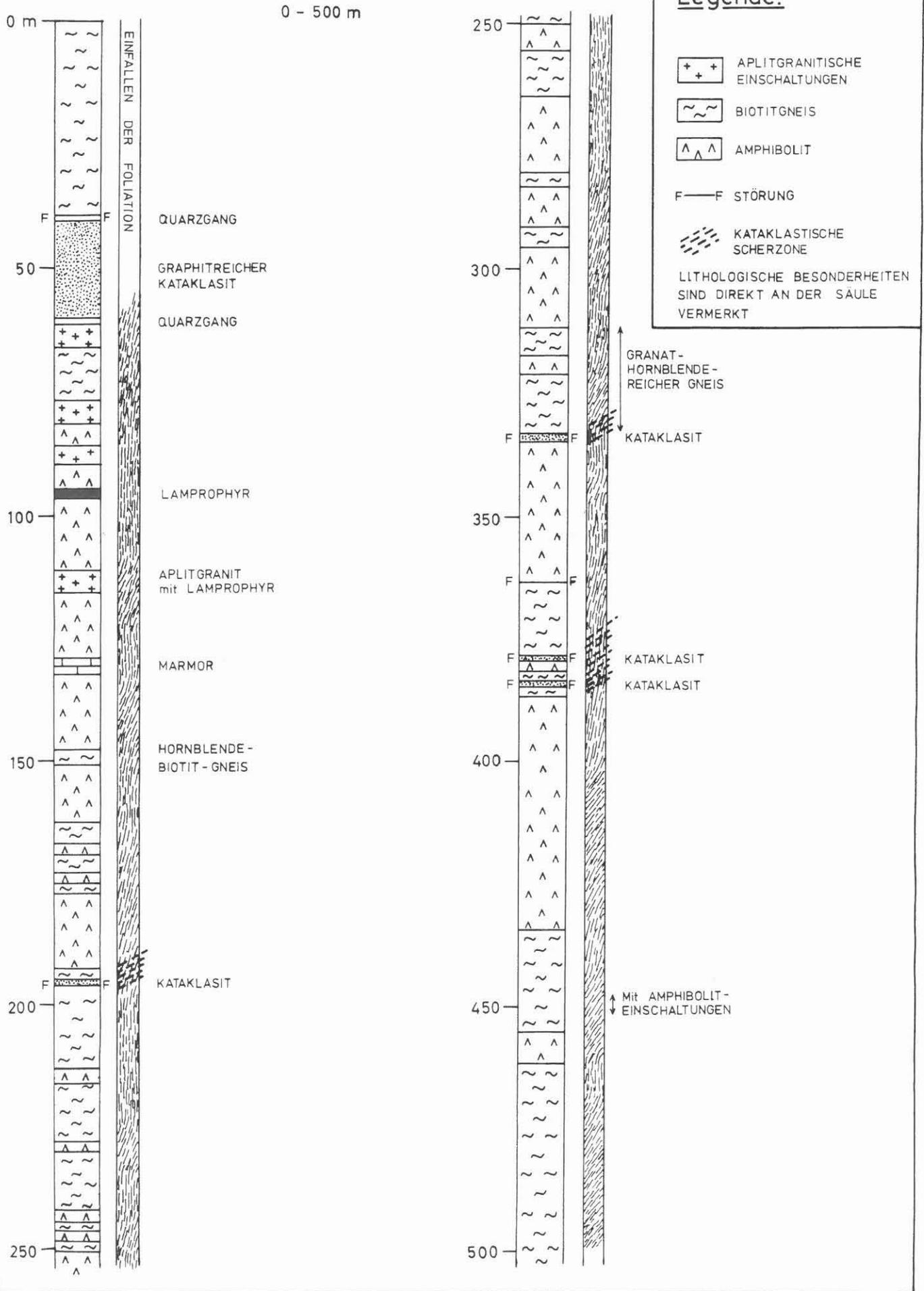
Das geologische Profil im Maßstab 1 : 200 befindet sich im Anhang, ein Übersichtsprofil im Maßstab 1 : 1000 zeigt Abb. 5.

Für die Erstellung des Lithoprofils, d. h. zur Bestimmung der Gesteinstypen und Festlegung der Gesteinsgrenzen, wurden zusätzlich zu den Cuttings sämtliche bereits verfügbaren Untersuchungsergebnisse herangezogen, welche im Endergebnis übereinstimmen sollen. Dazu gehören vor allem die der Dünnschliff-Mikroskopie, der makroskopischen Begutachtung des gewonnenen Kernmaterials und des Gamma-Ray-Logs. Von Bedeutung sind weiterhin die Feldlabor-Ergebnisse von geophysikalischen Messungen (Dichte, Suszeptibilität, remanente Magnetisierung), von RDA- und RFA-Analysen (sowohl von Cuttings als auch von Kernbruchstücken), wie auch die Auswertung verschiedener bohrungsspezifischer Parameter wie Bohrfortschritt, Prozentanteile von Grob- und Feinfraktion (Vol.-%) des gesiebten Cuttingmaterials (> 1mm / 1-0.063 mm / < 0.063 mm) sowie Kaliberlogs. Eine zusammenfassende Darstellung der Verteilung von Grob- und Feinfraktion über das gesamte Profil im Maßstab 1 : 2000 ist im Anhang beigelegt.

Neben der bekannten Aussagekraft des Gamma-Ray-Logs sind auch gewisse Einschränkungen aufzuführen, dergestalt, daß nicht jede stärkere Variation im Gamma-Ray-Log eine Gesteinsgrenze bedeuten muß. Solche Variationen können auch hervorgerufen werden durch Änderungen im Alterationsgrad ein und desselben Gesteins (aus Biotit retrograd gebildeter Chlorit enthält z.B. kein Kalium mehr) oder durch lagenweise Anreicherung von Akzessorien, die strahlende Elemente enthalten, wie Zirkon, Monazit und Orthit. So ergeben z.B. zirkon- bzw. orthitreiche Gneise im Teufenbereich 312 - 333 m z.T. sehr hohe Gamma-Werte.

Hinsichtlich der Bedeutung der RDA-Analysen von Cuttings zur Gesteinsbestimmung ist zu berücksichtigen, daß die Cuttings-Proben immer Mischproben einer meist mehrere Dezimeter umfassenden Bohrstrecke mit eventuellem Nachfall von den Bohrloch-Wänden

**Abb. 5: GEOLOGISCHES ÜBERSICHTSPROFIL
KTB OBERPFALZ VB**



darstellen. Eine sehr aufwendige Separation der verschiedenen Gesteinsfragmente einer Cuttings-Probe per Hand unter dem Bino-kular und nachfolgender RDA-Analyse würde die Genauigkeit der Auswertung erhöhen. Trotz dieser Einschränkungen soll und kann die petrographische Begutachtung von Cuttings-Proben nach Berücksichtigung aller zur Verfügung stehenden Parameter zu einem gut begründeten Litholog führen.

Die Cuttings-Analyse gestattet nicht nur, die beträchtlichen Lücken durch Kernverlust im Profil aufzufüllen, sondern sie erlaubt auch in gewissem Umfang, die Kerngewinne innerhalb des Kernmarsches in den richtigen Teufenbereich einzuordnen. In der Profilsäule "Kernmarsch" (im geologischen Profil 1 : 200 im Anhang) werden die Gewinne jedoch schematisch stets an den Beginn des Kernmarsches verschoben. Deshalb kann es vorkommen, daß ein im Litholog dargestelltes Gestein im Kern nicht vorhanden ist bzw. ein neben "Kernverlust" eingezeichnetes Gestein trotzdem als Kernprobe zur Verfügung steht, wie z.B. der Marmor bei 130 m. Infolge der hohen Austragsgeschwindigkeit aus dem Bohrloch kommt es nur zu relativ geringen Vermischungen des Bohrkleins, so daß auch geringer mächtige Gesteinseinheiten sowie leicht bohrbare Kataklasite an Störungen identifizierbar werden. So ergibt sich im Teufenbereich 378 - 390 m aus den Cuttings eine höhere Anzahl von Kataklasiten an Störungen gegenüber der Makroansprache am Kern (vgl. Litholog und Profil "Alteration"). Wegen des Maßstabes 1 : 200 der Profildarstellung wurden Gesteinseinheiten < 20 cm (entspricht 1 mm) nicht mehr dargestellt.

Aus der Cuttings-Analyse ergab sich erster Befund, daß es sich bei einigen der sehr stark vergrüneten Gesteine im Teufenbereich bis 115 m um Aplitgranite handeln muß. Dieser Befund wurde durch spätere Dünnschliff-Untersuchungen und RDA-/RFA-Analysen von Kernstücken bestätigt und steht auch im Einklang mit der geologischen Kartierung der Bohrlokation (ROHRMÜLLER, Diplomarbeit in Vorber.). Ferner liefern die Cuttings ein Hilfsmittel zur Unterscheidung von Amphibolit und Granat-Biotit-Gneis anhand der Granat-Farbe. Während der Granat im Amphibolit orangefarben ist (mit hohem Grossular-Anteil), ist er im o. g. Gneis rotviolett (Pyrop-Komponente ca. 20%, farbgebend, Spessartin-Komponente ca. 5-8 %; BLÜMEL, persönl. Mitt.). Eine weitere gute Übereinstimmung besteht zwischen Cuttings-Befund und geophysikalischen Messungen der Suszeptibilität sowie der remanenten Magnetisierung von Cuttings und Kernproben. Die hohen Meßwerte im Teufenabschnitt 116 - 154 m werden von Magnetit verursacht, der sich in den Cuttings als Bestandteil der Gesteinsmatrix erweist. Auch die höchsten Suszeptibilität-Werte bei 122 m stimmen mit einem geschätzten Modalgehalt von ca. 1.5 Vol.-% Magnetit in dieser Probe überein (s. a. Abschnitt 4, "Erzmineralisation").

In einer weiteren Säule des Lithoprofils ist der Alterationsgrad der erbohrten Gesteine dargestellt, da dieser für viele Untersuchungsmethoden von Bedeutung ist. Dieser Befund beruht zum größeren Teil auf Cuttings-Analysen und stellt eine rein qualitative Beurteilung des Gesteinszustandes dar. Diese

Beurteilung wurde jedoch an Dünnschliffen überprüft und nach dem folgenden Schema getroffen:

1. Frisches Gestein;
2. schwach alteriertes Gestein: Biotit wenig chloritisiert, Plagioklas schwach sericitisiert, Kalifeldspat und Hornblende noch frisch;
3. deutlich, alteriertes Gestein: Biotit häufig chloritisiert, Plagioklas häufig sericitisiert, Kalifeldspat noch kaum umgewandelt, Hornblende teilweise chloritisiert etc.;
4. völlig alteriertes Gestein: Biotit völlig chloritisiert, Plagioklas völlig sericitisiert, Kalifeldspat häufig sericitisiert, Hornblende völlig zersetzt.

Aus der Profildarstellung ist zu ersehen, daß bis zur Verrohrungsteufe nur wenige Bereiche mit frischen Gesteinen angetroffen wurden.

In die Profilsäule "Alteration" wurden der einfacheren Darstellbarkeit wegen (gegenüber der Lithosäule) die mit Störungen verbundenen Kataklasite eingezeichnet.

Eine weitere Rubrik des Lithoprofils gibt Einzelminerale - im Gegensatz zu Gesteinsbruchstücken - wieder, soweit sie in den Cuttings (ohne Dünnschliff-Untersuchung) mit Sicherheit erkannt werden konnten. Meist sind dies Mineralisationen von Klüften, Gängen oder Störungen. Die Kennzeichnung der Mineralkürzel (im Anhang erläutert) mit Unterstreichung, Klammer usw. soll eine halbquantitative Mengenangabe für jeweils eine Mineralart darstellen, ohne diese gleichzusetzen für andere Mineralarten.

Die Cuttings-Analyse kann auch möglicherweise einen Hinweis auf die Art und die Geometrie der Auskesselung der Bohrlochwand liefern. Im oberen Bereich bis ca. 310 m bilden die Auskesselungen langgewölbte Hohlformen verbunden mit Störungen und starker Alteration der Gesteine. Ab 370 m bis 390 m etwa sind die Auskesselungen mehr kleinzackig, fallen meist nicht mit Störungen zusammen, und die angefahrenen Gesteine erweisen sich z. T. als relativ frisch. Diese Auskesselungen korrelieren jedoch recht gut mit hohen Quarzgehalten in den Cuttings. Der Quarz stammt teils von quarz-reichen Lagen des Gneises, teils von Quarz-Kluftfüllungen (höhere Quarz-Anteile treten erst ab ca. 360 m auf). Der Mineralunterschied zwischen quarz- und biotitreichen Partien und ihr unterschiedliches Festigkeitsverhalten, verbunden mit zwei spitzwinklig zueinander verlaufenden Trennflächengefügen im Gneis, könnte möglicherweise die kleinzackige Form der Auskesselungen verursacht haben. Gleichzeitig würden die hohen Quarz-Gehalte auf dieser Strecke die Zwischen-Minima im Gamma-Ray-Log des hier angefahrenen Disthen-Granat-Biotit-Gneises erklären.

3. Petrographie

3.1 Überblick und Methodik

Auf den ersten 480 m der Vorbohrung wurde eine steillagernde Metabasit-Metapelit-Wechselfolge durchteuft.

Die Metabasite liegen in Amphibolitfazies (Hornblende + Plagioklas) vor und sind unterschiedlich stark retrograd überprägt (Albit, Chlorit, Klinozoisit/Epidot, Karbonat, Prehnit). Kalksilikatische Lagen (Klinopyroxen + Plagioklas + Titanit) sind stellenweise in geringer Mächtigkeit (mm - cm) im Amphibolit eingeschaltet. Kalifeldspat bildet häufig einen bemerkenswerten Nebengemengteil.

Die klastischen Metasedimente liegen im obersten Teufenbereich als weitgehend chloritisierte Biotit-Gneise, zwischen 150 und 451 m als granat- und/oder hornblendeführende Biotit-Plagioklas-Gneise und von 363 - 378 m sowie ab 460 m als Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneise vor. In den granat- oder hornblendeführenden Gneisen tritt auch Kalifeldspat als Hauptgemengteil auf, während er in den Gneisen mit Al_2SiO_5 -Mineralen nur winzige Körnchen bildet. Allerdings ist er dort mitunter Bestandteil der hellen Mobilisatlinsen. Muskovit kann nur stellenweise und unter Vorbehalt als primär zur Paragenese gehörig angesprochen werden. Hornblendeführende Gneise leiten ohne scharfe Grenze zu Amphiboliten über. Unterschiedlich starke und auf engem Raum rasch wechselnde, retrograde Überprägung führt zur Neubildung von Sericit/Muskovit und Chlorit.

Aplitgranitische und lamprophyrartige Ganggesteine durchschlagen die Metamorphite mehrfach im Bereich zwischen 60 und 115 m.

Die Art des Kontaktes zwischen zwei lithologischen Einheiten ist sehr häufig unbekannt, da die Grenzen in Zonen mit Kernverlust fallen. Ganz vereinzelt konnten jedoch konkordante und diskordante Kontakte im Kern beobachtet werden (Abb. 6).

Im Folgenden wird eine kurze, petrographische Charakterisierung der unterschiedlichen Typen gegeben. Sie beruht auf der makroskopischen Aufnahme und der Untersuchung von ca. 100 Dünnschliffen. Das Schliffmaterial stammt, wie in der Einleitung erläutert, ausschließlich aus dem durch den Bohrvorgang zerbrochenen Bohrkernmaterial. Es ist deshalb nicht in jeder Hinsicht repräsentativ. Zu fast jedem Schliff gibt es eine quantitative Modalanalyse (Röntgen-Diffraktometrie-Analyse, RDA) und eine chemische Analyse der Haupt- und Spurenelemente (Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA). Die Probenpunkte sind im geologischen Profil 1 : 200 im Anhang verzeichnet.

Zum besseren Verständnis der angegebenen Kernstückbezeichnungen (z.B. 22A1cT) folgende Erläuterung:



a



b

Abb. 6: Abwicklung (a) und Makroaufnahme (b) der Kernstücke 68B7a,b: diskordanter Kontakt zwischen Granat-Biotit-Gneis (rechts unten im Bild) zu Amphibolit mit Kalksilikat-Bändchen, getrennt durch helles Mobilisatband mit Biotitflasern

22 ist die Kernmarschnummer - ein Kernmarsch (KM) ist ein maximal 9 m langer Bohrkern, der in einem Arbeitsgang abgebohrt und gezogen wird -, A kennzeichnet die Sektion, d.h. die Kiste, in der der Kernmarschteil verpackt ist. 1c kennzeichnet das eigentliche Kernstück und T zeigt an, daß es stark zerbrochen ist ('Trümmer'); eine detailliertere Beschreibung des Kennzeichnungsprinzips ist im Anhang beigefügt.

3.2 Detailbeschreibung der Amphibolite

3.2.1 Heller, feingestreifter Amphibolit (81 - 168 m)

(Schliffe 10A1R, 11A4, 12A2T, 12B2T, 12C3T, 14A5T, 14B4T, 14C2T, 15A3T, 15A5T, 16A3T, 16A6T, 17B3T, 18A7T, 18B2T, 19B2c, 19B3T, 22A1bT, 22A1cT)

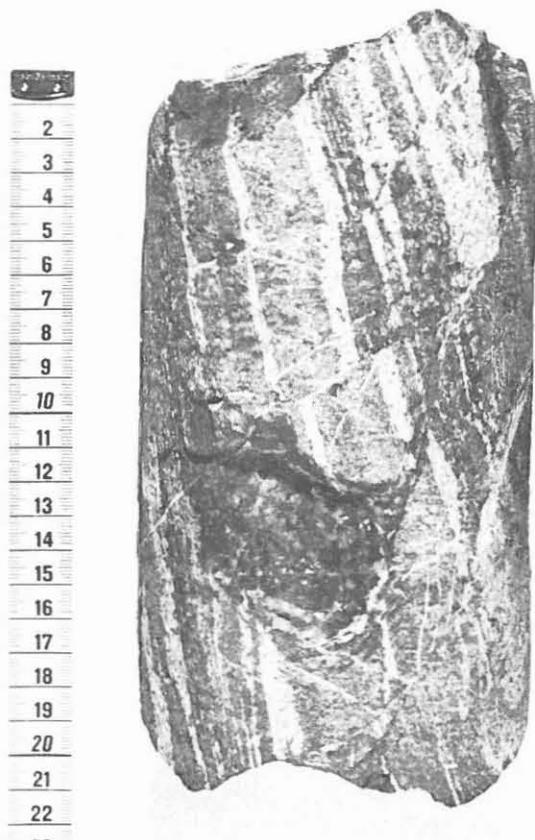
Das makroskopisch dunkelgrüne, meist massige Gestein ist im Dünnschliff straff und fein (1 mm) gestreift, feinkörnig (0.1 - 0.3 mm) und zeigt ein grano-nematoblastisches Gefüge. Die Hornblende ist bis auf einen kurzen Abschnitt bei 115 m (14B4T) völlig zu Chlorit (mit Karbonat- und Titanitkrümeln) alteriert. Der Plagioklas ist meist sericitisiert, teils zu größeren Hellglimmer-Aggregaten umgewandelt, teils aber auch fleckig dunkelbraun bis fast opak getrübt. Der Plagioklas in den völlig chloritisierten Amphiboliten ist Albit, im Abschnitt mit frischer Hornblende Oligoklas (U-Tisch Messungen nach RITTMANN). Epidot und Titanit sind reichlich vertreten. Kalifeldspat ist wie alle Hauptminerale lagenweise angereichert, höchstens schwach getrübt und zeigt teilweise Mikroklingitterung. Gesteine mit zusätzlich völlig chloritisiertem Biotit und höheren Quarzgehalten (KM 10-11) vermitteln zu gneisigen Typen. Apatit bildet als Einzelkörner oder Kornreihen einen konstanten Bestandteil. Quarz, Biotit (völlig chloritisiert) und opake Minerale treten stellenweise in geringen Gehalten auf. Der bei 120 m in die Matrix eingesprengte feinkörnige Magnetit verdient besondere Beachtung. Er tritt in einem epidotreichen Amphibolit auf, der durch rosa-farbene, konkordante, mm-mächtige Calcitbänder markant gekennzeichnet ist (Abb. 7). Da kurz darunter bei 130 m der Marmor folgt, könnte es sich hierbei um primäre Karbonatbändchen handeln.

Der Amphibolit wird generell stark von Calcitgängchen durchschlagen und infiltriert. Die modale Zusammensetzung der Hauptminerale dieses Abschnitts ergibt sich durchschnittlich nach quantitativer RDA (Röntgen-Diffraktometer-Analyse) in Gew.-% zu:

Hornblende (bzw. Chlorit)	20
Plagioklas	25
Epidot	15
Titanit	5
Kalifeldspat	15
Karbonat	20



b



a

Abb. 7: Magnetitförender Amphibolit mit rosafarbenen, konkordanten Karbonatlagen und weißen, diskordanten Calcitklüftchen; Abwicklung (a) und Makroaufnahme (b) von Kernstück 14B3

Eliminiert man sekundäres (?) Karbonat und Kalifeldspat, der wahrscheinlich erst später in den Amphibolit eindrang und zählt den Epidot zum Plagioklas, zeigt sich die für Amphibolite charakteristische Paragenese deutlicher:

Hornblende	35
Plagioklas	60
Titanit	5

3.2.2 Amphibolit (171 - 192 m)

(Schliffe 24A2T, 24B3T, 24J2T, 25A4T, 26F3T, 27B2T)

Die deutlich gröber körnigen (0.5 mm) Amphibolite sind nicht so straff und fein (2-3 mm) gestreift wie der unter 3.2.1 beschriebene Amphibolit. Die Hornblende ist hier nur mehr zum Teil chloritisiert. Der Plagioklas ist sericitisiert und zeigt teilweise eine braune, fast opake Trübung (vermutlich sehr feinkörniger Epidot/Klinozoisit). Auffällig sind einige bis 5 mm große Granatblasten, die auch teilweise chloritisiert werden. Titanit wird bis 2 mm groß und zeigt in einem völlig chloritisierten Teil dieser Einheit eine symplektitähnliche Verwachsung mit Opakmineralen (teilweise Leukoxen). Etwas Biotit (chloritisiert) und Apatit vervollständigen den Mineralbestand. Das Gestein ist sekundär auf Rissen von Calcit infiltriert.

Der durchschnittliche Mineralbestand in Gew.-% ist:

Hornblende (Chlorit)	45
Plagioklas	30
Calcit	20
Kalifeldspat	5

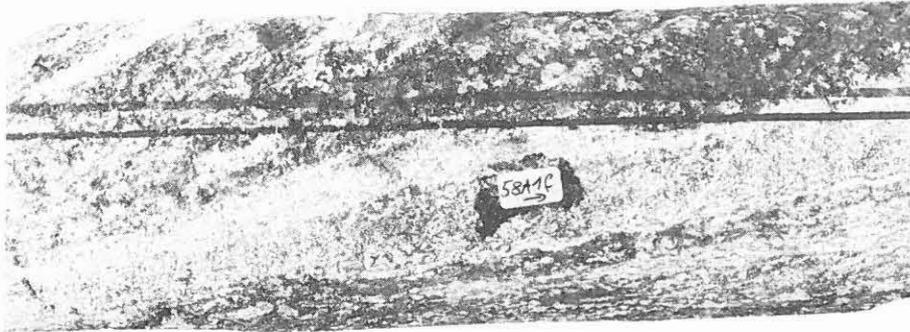
Ohne Calcit und Kalifeldspat:

Hornblende	60
Plagioklas	40

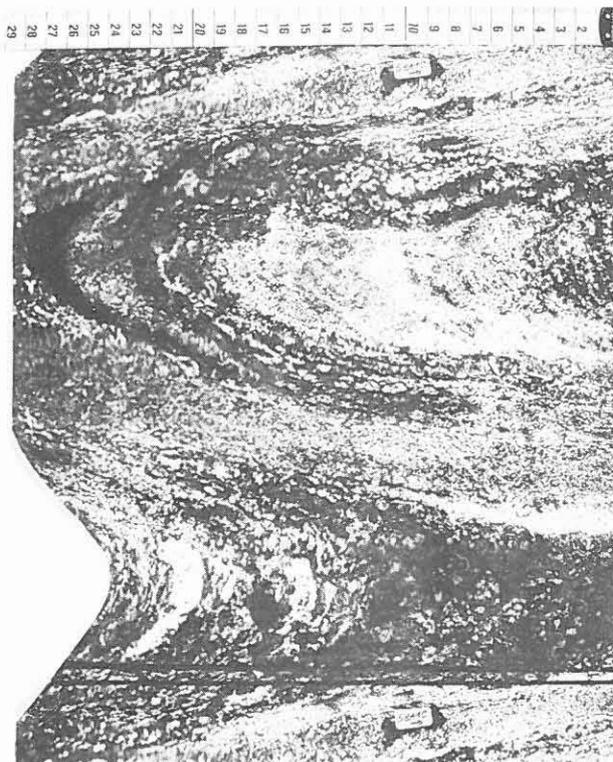
3.2.3 Amphibolit, stellenweise granatreich oder mit Kalksilikatlagen (212 - 424 m)

(Schliffe 38A8T, 39B8T, 41E2T, 42C3T, 44D5T, 48E1d, 49I22bT, 49K26T, 50D14T, 51B4T, 54B6T, 54E10T, 56A3T, 56B12T, 57C4T, 58C1qT, 59B6d, 60C1T, 61A2cT, 62A2T)

Das Gestein ist makroskopisch oft hell-dunkel streifig, stellenweise auch massig. Die meist cm-mächtigen, hellgrünen Kalksilikatbereiche liegen sowohl als konkordante Lagen (Abb. 8) (teilweise boudiniert, vgl. Abb. 11) als auch als unregelmäßig begrenzte Linsen vor. Öfters sind die Kalksilikatlagen reich an Magnetkies, manchmal fällt in der Mitte einer Lage ein Granatband auf.



a



b

Abb. 8: helle Kalksilikat-Lage (a), schräg von links unten nach rechts oben verlaufend) in feinlagigem granatführendem Amphibolit; Makroaufnahme (a) und Abwicklung (b) von Kernstück 58A1f

Unter dem Mikroskop sind in den vorwiegenden amphibolitischen Partien olivgrüne, selten braune Hornblende und Plagioklas die Hauptgemengteile. Die Hornblende (0.5 - 1 mm) ist stellenweise chloritisiert. Plagioklas tritt in den im ganzen Profil verbreiteten Frischegraden auf (frisch - sericitisiert - schwarzbraun getrübt) und ist oft deutlich invers zoniert: Der Kern hat einen An-Gehalt von 10 Gew.-%, der sich zum Rand hin kontinuierlich auf 20 Gew.-% erhöht (U-Tisch-Messungen). Granat fehlt selten, stellenweise ist er stark angereichert (max. 15 Gew.-%, dann Granatamphibolit). Er bildet fast nie gemeinsame Korngrenzen mit Hornblende, da er von einem Saum aus Plagioklas (oft sericitisiert), teilweise zusammen mit Biotit und kleinen, idiomorphen Hornblendes, ummantelt wird (Abb. 9). Einzelne Granate fallen einerseits durch Titanit-, andererseits durch Rutileinschlüsse auf. Titanit ist oft in beträchtlicher Menge (2 - 10 Gew.-%) in Form länglicher, hypidiomorpher Körner vorhanden oder symplektitisch mit Opakmineralen verwachsen. Biotit tritt öfters in geringen Gehalten (um 1 Gew.-%), stellenweise aber auch häufiger auf. Solche Gesteine leiten bei erhöhtem Quarzgehalt zu Gneisen über. Biotit zeigt oft noch seine braune Farbe. Eine retrograde Umwandlung in Chlorit, spindelförmigen Muskovit und Titanminerale ist in Ansätzen immer zu erkennen, teilweise aber vollständig abgelaufen. Der Gehalt an Opakmineralen wechselt zwischen 0 - 5 Gew.-%. Klinozoisit ist örtlich in Lagen angereichert. Prehnit bildet gern Säume um Opakminerale. Kalifeldspat wird stets durch die RDA nachgewiesen, läßt sich im Schliff aber manchmal nur schwer von unverzwilligtem Plagioklas unterscheiden. Quarz und Apatit treten immer wieder als Einzelkörner oder kleinere Aggregate in geringen Konzentrationen (bis 5 Gew.-%) auf. Als geringmächtige Lagen, Schlieren oder Linsen sind kalksilikatische Partien im Amphibolit zu beobachten (Abb. 10). Farbloser Klinopyroxen, der öfters polysynthetisch verzwilligt ist, kennzeichnet zusammen mit Plagioklas und Titanit diese helleren Bereiche. Opakminerale, Karbonatpoikiloblasten mit Klinozoisit/Epidot (bis zu 5 mm) treten örtlich hinzu. Calcit und Prehnit bilden einzeln und zusammen mm-mächtige Gängchen, die das Gestein durchschlagen und entlang dieser Gängchen das Nebengestein infiltrieren.

3.2.4 Amphibolit mit hellen Mobilisaten und Kalksilikat-Lagen (424 - 460 m)

(Schliffe 63A2T, 64B8T, 64E17dT, 68D7c, 68I13T)

Makroskopisch macht dieser Amphibolit durch oft reichlich vorhandene, helle Mobilisatfasern einen migmatitischen Eindruck. Die hellgrünen Kalksilikatlagen führen häufig Granat im zentralen Bereich der Lage (Abb. 11).

Unter dem Mikroskop ist das Auftreten von hellgrüner und olivfarbener Hornblende, weißen Mobilisatlinsen aus getrübttem Plagioklas und Kalksilikatlagen (Klinopyroxen + Plagioklas + Titanit) kennzeichnend. Granat, Titanit und Opakminerale sind immer vorhanden. Bereiche mit klarem, unverzwilligtem Plagioklas sowie großen,

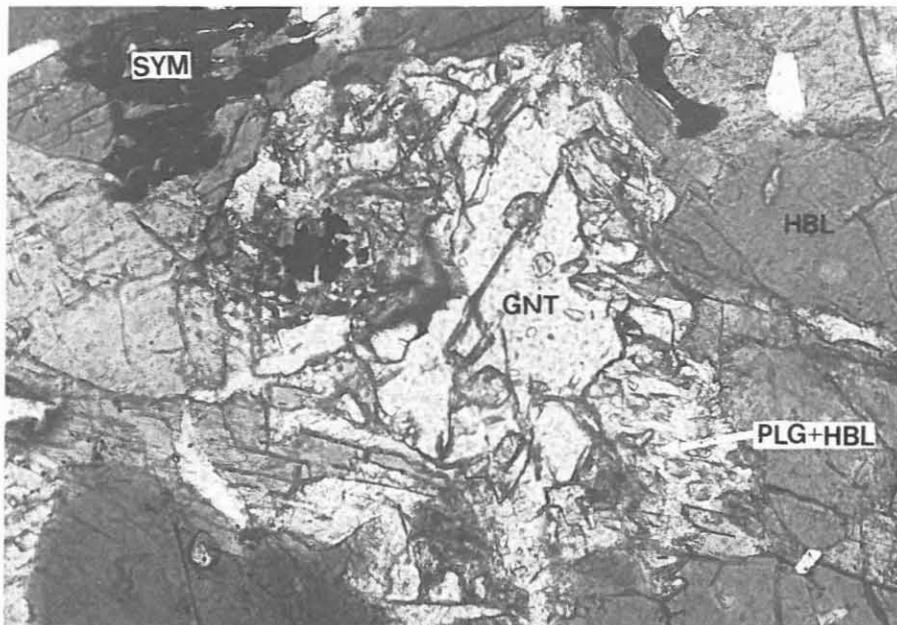


Abb. 9: Instabiler Granat mit Plagioklas-Hornblende-Saum im Amphibolit; GNT = Granat, HBL = Hornblende, PLG = Plagioklas, SYM = Titanit-Opakmineral-Symplektit. (Schliff 54E10T, ohne Analysator, 100-fach)

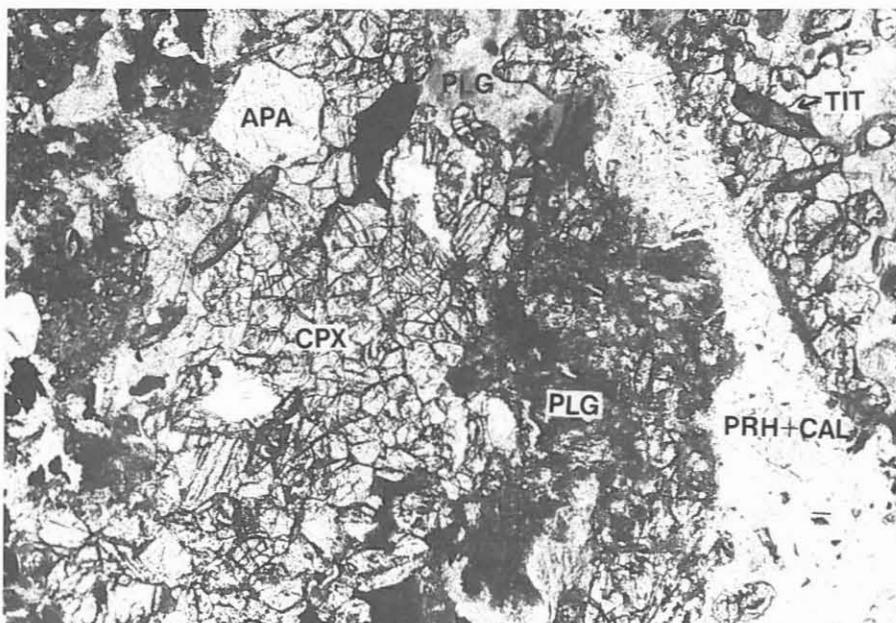


Abb. 10: Kalksilikatische Partie aus Amphibolit mit verschieden alteriertem Plagioklas (oben sericitisiert, in der Mitte mit viel Klinozoisit), körnigem Klinopyroxen und Prehnit-Calcit-Gängchen; APA = Apatit, TIT = Titanit, PLG = Plagioklas, PRH = Prehnit, CAL = Calcit (Schliff 48E1d, ohne Analysator, 45-fach)

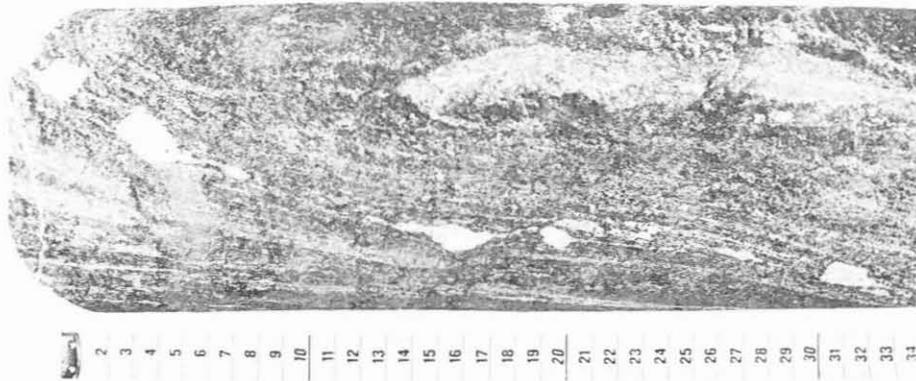


Abb. 11: Feinlagiger Amphibolit mit boudinierter Mobilisatlage (untere Bildhälfte) und Kalksilikat-Linse (rechts oben); Makroaufnahme von Kernstück 68F8n.

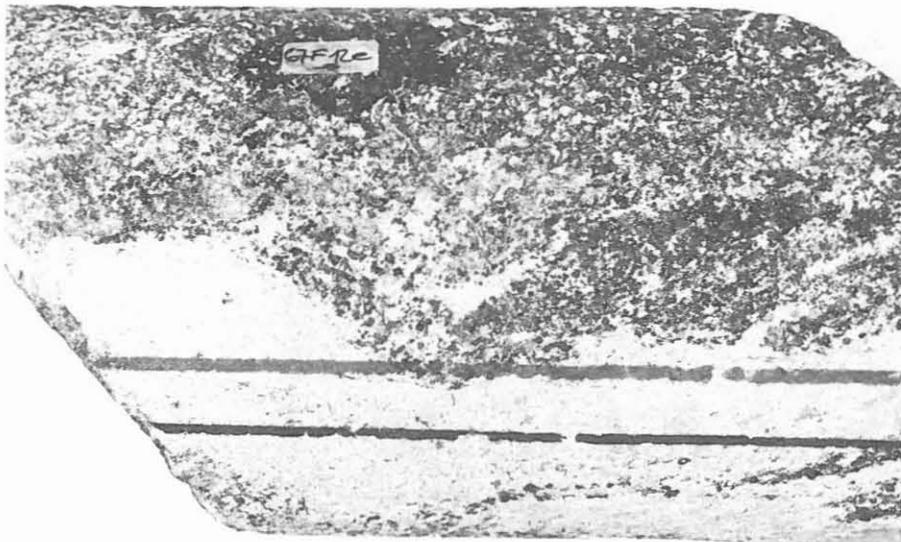


Abb. 12: Amphibolit mit idiomorpher Hornblende und hellem Mobilisatband; Makroaufnahme von Kernstück 67F12e; Etikettlänge = 16 mm.

klaren, idiomorphen Klinozoisit- und Hornblende-Kristallen sind einzig im bisherigen Lithoprofil (Abb. 12 und 13). Bei der feinnadeligen, hellgrünen Hornblende handelt es sich vermutlich um retrograd gebildete aktinolithische Hornblende. Entlang mm-dünner Quarzmobilisat-Lagen dringt Quarz ins Nebengestein vor. Prehnit tritt mit etwas Karbonat als Kluftfüllung auf, bildet aber auch wieder gerne Säume um Opakminerale. Aufgrund unterschiedlich großer Anteile der Mobilisate und der Kalksilikatlagen zeigen die Modalanalysen dieser Amphibolite stark schwankende Gehalte.

Schwankungsbereich des Mineralbestandes:

Quarz	0 - 9
Kalifeldspat	0 - 7
Plagioklas	15 - 20
Hornblende	7 - 60
Granat	0 - 10
Klinopyroxen	0 - 33
Klinozoisit/Epidot	0 - 25

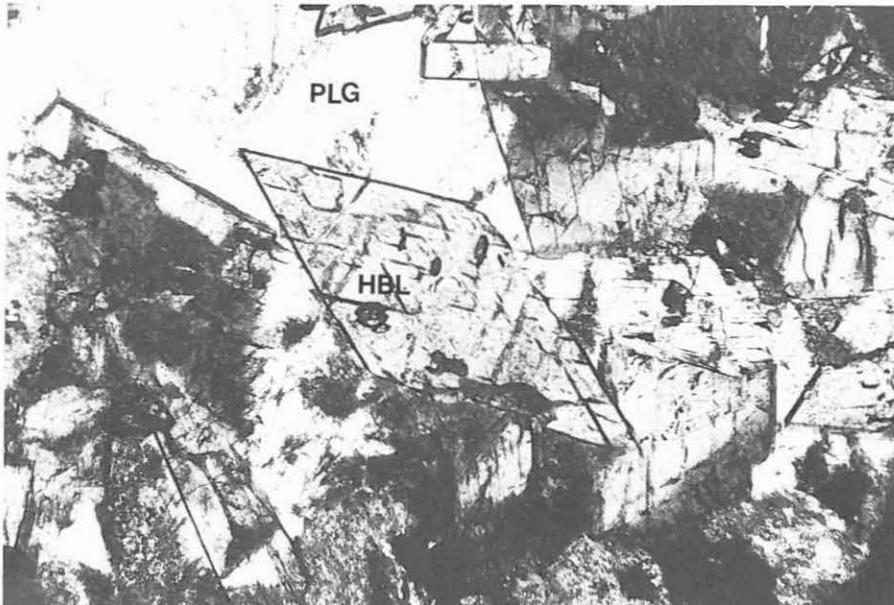


Abb. 13: Idiomorphe Hornblende mit Titanit-Einschlüssen und fast frischem Plagioklas. Aus einem Amphibolit mit hellen Mobilisaten; HBL = Hornblende, PLG = Plagioklas (Schliff 64E17dT, ohne Analysator, 30-fach)

3.3 Detailbeschreibung der Biotit-Gneise (0 bis 451 m)

Diese Gneise unterscheiden sich von den nachfolgenden metapelitischen Gneisen durch das nahezu vollständige Fehlen von Al_2SiO_5 -Mineralen, die intensive Wechsellagerung mit Amphiboliten und bereichsweise Hornblendeführung.

3.3.1 (Muskovit)-Biotit-Plagioklas-Gneis (0 - 40 m)

(Schliffe 2I, 2II, 2III)

Von diesem Gneistyp (0 - 39.5 m) liegt kein Kernmaterial vor. In den Cuttings ist von 0 bis 14 m frischer Biotit neben Muskovit zu erkennen. Darunter ist der Biotit chloritisiert. Bei 36 m wurden einige nußgroße Gesteinsbruchstücke ausgespült, die aus dem Bereich von 27.5 bis 36 m stammen.

In diesen ist mikroskopisch ein feinkörniges, ehemals straffes Gneisgefüge mit quarzreichen Lagen oder Adern zu erkennen, das intensiv kataklastisch überprägt und von Karbonatadern durchtränkt ist. Biotit ist völlig chloritisiert unter Ausscheidung von Leukoxen und teilweise von Hellglimmer verdrängt, dessen niedrige Interferenzfarben und kleiner Achsenwinkel Hydromuskovit vermuten lassen. Vereinzelt findet man in ihm noch pleochroitische Höfe um Zirkon. Foliationsparallel ist eine Muskovitblastese zu beobachten, wobei nicht ohne weiteres entschieden werden kann, ob es sich um eine primäre Phase handelt. Untergeordnet tritt Mikroklin auf. Die Kataklastose ist lokal von einer Pyritbildung begleitet; in der Matrix finden sich faserig-nadelige Opakminerale.

3.3.2 Granat-führender Biotit-Kalifeldspat-Gneis (162 - 250 m)

(Schliffe 23A6T, 23A7T, 33A3T, 34A1T, 37B3T, 38A1T)

Die makroskopisch meist feinkörnig-feinlagigen Gesteine sind lokal von einer grobblastischen, lagigen bis schlierigen Sprossung von rosafarbenen Kalifeldspäten betroffen (Abb. 14). Die Granatführung ist unterschiedlich; örtlich treten die auffällig dunkelroten Minerale gehäuft auf.

Mikroskopisch ist das meist feinkörnige, z.T. ungleichkörnige Gefüge, das von granoblastischen Quarz-Feldspat-Verwachsungen geprägt wird, durch auffällige Kalifeldspat- und Plagioklas-Großkristalle aufgelockert. Quarz tritt in ausgelängten, buchtigen Körnern auf. In kataklastisch überprägten Partien tritt im Quarz Subkornzerfall und beginnende Rekristallisation auf. Die Zwillingslamellen des meist stark sericitisierten Albits (Angehalt: 0 - 10) sind häufig geknickt. Kalifeldspat ist nach RDA-Befund mit 8 - 25 Gew.-% beteiligt und tritt in xenomorphen Körnern, meist mit Mikroklingitterung, aber auch als Ader- oder Fischschwamperthit auf. Biotit erscheint in der Regel in isolierten Paketen, ist an einer Stelle mit wenig Fibrolith verwachsen und zeigt reichlich pleochroitische Höfe um Zirkon und Mona-

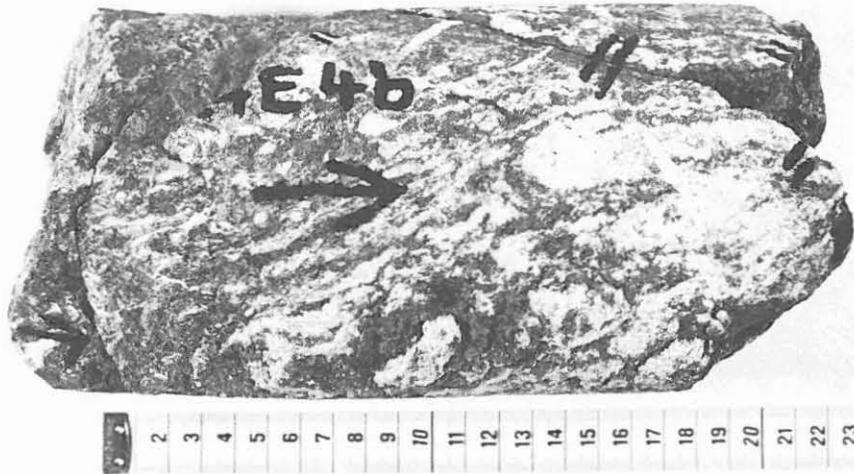


Abb. 14: Migmatischer granatführender Biotit-Kalifeldspat-Gneis;
Makroaufnahme von Kernstück 24E4b

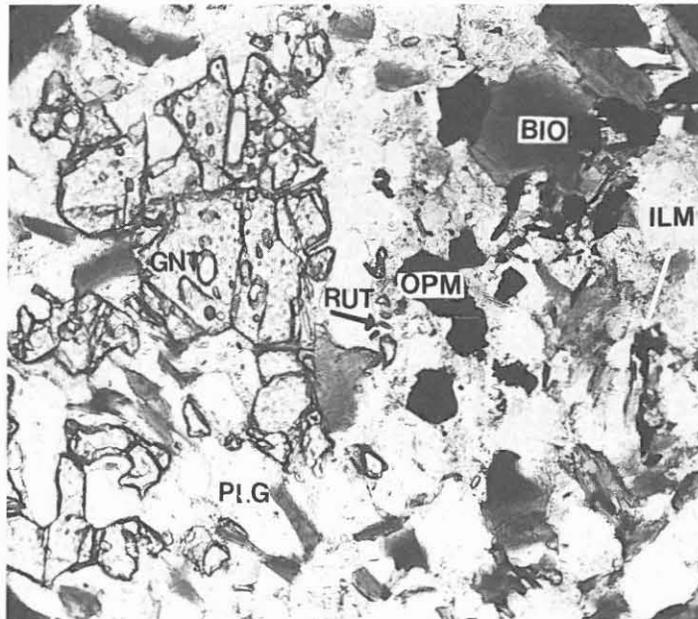


Abb. 15: In Auflösung befindlicher Granat mit orientierten, farb-
losen Einschlüssen. Aus einem granatführenden Biotit-
Kalifeldspat-Gneis; ILM = Ilmenit, OPM = Opakmineral,
BIO = Biotit, RUT = Rutil, GNT = Granat, PLG = Plagio-
klas;
(Schliff 34A1T, ohne Analysator, 80-fach)

zit. Meist ist er unter Leukoxenbildung chloritisiert. Granat kommt in bis 1 mm großen, von Rissen aus chloritisierten, runden oder lappig-xenomorphen oder auch länglichen Körnern vor. Er wird durch häufige Quarz- und vereinzelte Rutileinschlüsse charakterisiert (Abb. 15). Nach BLÜMEL (mündl. Mitt.) ist die Paragenese Granat + Rutil kennzeichnend für Mitteldruck-Metamorphose. Orthit ist ein auffälliger Bestandteil der kalifeldspatreichsten Partien. Er ist intensiv rotbraun gefärbt, zoniert und wird gern von kleinsten Zirkonkörnchen umlagert. Von den Opakmineralen konnten idiomorpher Pyrit und Graphitstengel identifiziert werden. Karbonat und lokal auch faserig-nadeliger Gips (KM 33) und (?)Zeolith (24F1T) als Kluftfüllung auf. Ein strukturell sehr ähnliches Gestein, aber mit nur sehr wenig Quarz, findet sich in Kernmarsch 28 (Schliffe 28A5T, 28C6T, Teufe 202 - 204 m). Es handelt sich praktisch um ein reines Feldspat-Biotit-Gestein mit 60 Gew.-% Plagioklas. Auffällig sind häufige, bis 0.2 mm große, idiomorphe Zirkon- und Monazitkörner, die den von der RFA nachgewiesenen Thorium-Peak von ca. 10 ppm hervorrufen.

Durchschnittlicher Mineralbestand:

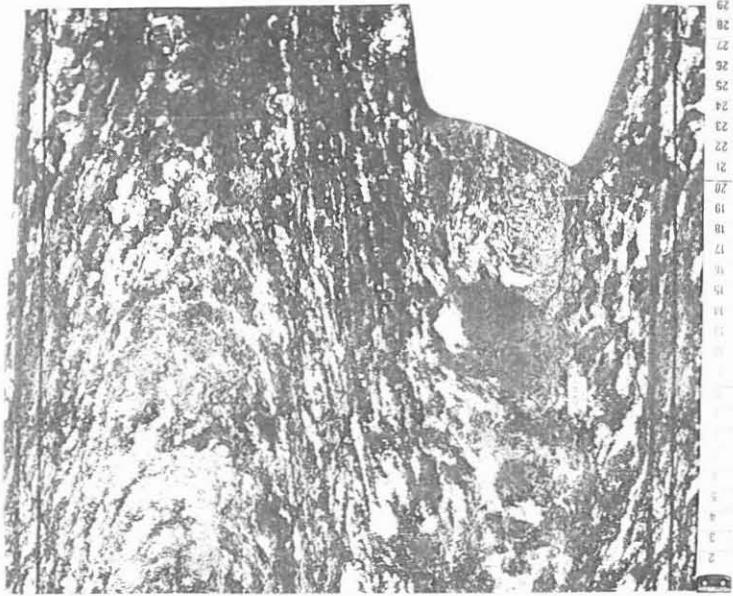
Quarz	10 - 28
Kalifeldspat	8 - 25
Plagioklas	30 - 50
Biotit (+Chlorit)	13 - 30

3.3.3 Hornblende-Granat-Biotit-Gneis (209 - 223, 291 - 294, 311 - 333 und 434 - 451 m)

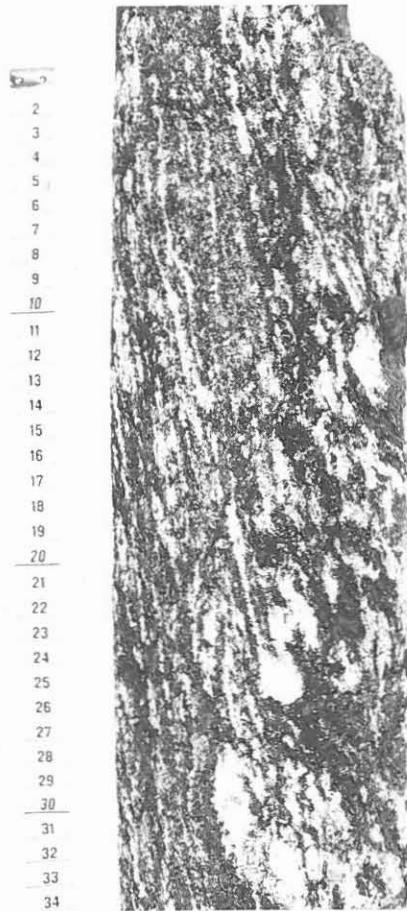
(Schliffe 29D1T, 43B1T, 46D9T, 47B5T, 65C16T, 65F22T, 67D10c)

Dieses dunkelgrüne, mittelkörnige Gestein zeigt ein flaseriges bis unregelmäßig-schlieriges bis massiges, selten auch feinelagiges Gneisgefüge mit cm-mächtigen Mobilisatlagen (Abb. 16). Feldspat tritt in bis 1 cm großen, idiomorphen, leicht ausgeschwänzten Blasten oder auch kleineren, blaßrosafarbenen Augen und Flecken auf.

Mikroskopisch bildet Quarz größere, linsenförmig ausgelängte Körner. Die großen, linsenförmigen Plagioklase sind zum Teil porphyroklastisch ausgewalzt und häufig sericitisiert oder auch durch vermutliche Epidotausscheidung sehr dunkel, fleckig getrübt. Granat bildet bis 1 mm große, oft stark zerbrochene, aber nur wenig chloritisierte Körner. Hornblende kommt in bis 1 mm großen, eingeregelteten Körnern vor, die meist hypidiomorph bis xenomorph entwickelt sind. Der Pleochroismus geht von blaugrün über gelbgrün zu blaßgelb. Biotit bildet bis 1 mm große, flaserige Pakete mit rotbraunem bis strohgelbem Pleochroismus. Pleochroitische Höfe, meist um Zirkone, sind in Biotit und Hornblende häufig. Titanit und Apatit erscheinen als idiomorphe, bis 0.3 mm große Körnchen.



a



b

Abb. 16: Migmatitischer Hornblende-Granat-Biotit-Gneis; Abwicklung (a) und Makroaufnahme (b) von Kernstück 65B11a

39B2T, 43B1T und 47B5T sind feinkörnige Varianten mit intensiv blaugrünen bis flaschengrünen Hornblenden und grünlich-bräunlichen Biotiten, die bislang einzig im Profil auftreten. Daneben fallen viele Kalifeldspäte (Ader- und Fleckenperthite) und relativ große Granatblasten ins Auge.

Mineralbestand in Gew.-% (2 Analysen):

Quarz	19 - 30
Plagioklas	39 - 43
Biotit (+ Chlorit)	10 - 18
Hornblende	1 - 8

3.4 Detailbeschreibung metapelitischer Gneise (meist mit Disthen und Sillimanit) ab 360 m

Hier lassen sich anhand unterschiedlicher Korngrößen, Straffheit des Lagenbaues und mengenmäßigen Anteils der Al_2SiO_5 -Minerale folgende Varianten unterscheiden:

3.4.1 Sillimanit-Disthen-Granat-Biotit-Gneis (359 - 375, und lokal bei 472 m)

(Schliffe 51C15T, 52A4T, 53B7T, 72A3c)

Diese mittelkörnigen, meist feinlagigen Gneise werden lokal von schlierigen, gefältelten und später zerscherten Mobilisaten durchzogen, die neben Quarz und Plagioklas auch Muskovit und Kalifeldspat führen können. Muskovit ist möglicherweise nicht primär, da in einem Fall die Ausbleichung von Biotit zu Muskovit beobachtet wurde.

Mikroskopisch zeigen diese Gneise ein schlecht geregeltes, xenoblastisches Gefüge. Insel- und lagenförmige Quarz-Feldspat-Aggregate liegen in einem Grundgewebe aus wolkenförmigen, feinkörnigen Disthen-Haufen, Biotit-Scheitern und großen Granatblasten (Abb. 17). Die stark ungleichkörnigen, xenomorphen Quarze zeigen z.T. gut equilibrierte Korngrenzen. In 51C15T treten größere Quarze mit Deformationslamellen auf. Plagioklas ist xenomorphkörnig und durch eine sehr feine polysynthetische Verzwilligung gekennzeichnet. Biotit bildet kaum eingeregeltere, bis 0.7 mm große Pakete mit häufigen, pleochroitischen Höfen. Sein Pleochroismus ist intensiv rotbraun nach blaß strohgelb. In 51C15T ist Biotit mit feinen Hellglimmerlamellen verwachsen. Disthen kommt überwiegend in großen, lockeren Haufen aus feinkörnigen Einzelkristallen vor. Lokal sind aber noch größere, langstengelige Kristalle und deren Zerfall zu kleinen Körnchen zu beobachten. Außerdem treten Disthensillimanite, die die Kornform der Disthene nachbilden, aber auch langnadeliger Sillimanit bis faseriger Fibrolith auf (Abb. 18). Granat besteht aus großen, rundlichen bis xenomorphen Körnern, die stark zerbrochen und von Rissen aus chloritisiert sind. Muskovit ist äußerst selten und kommt meist mit Biotit verwachsen in kleinen Blättchen, vermut-

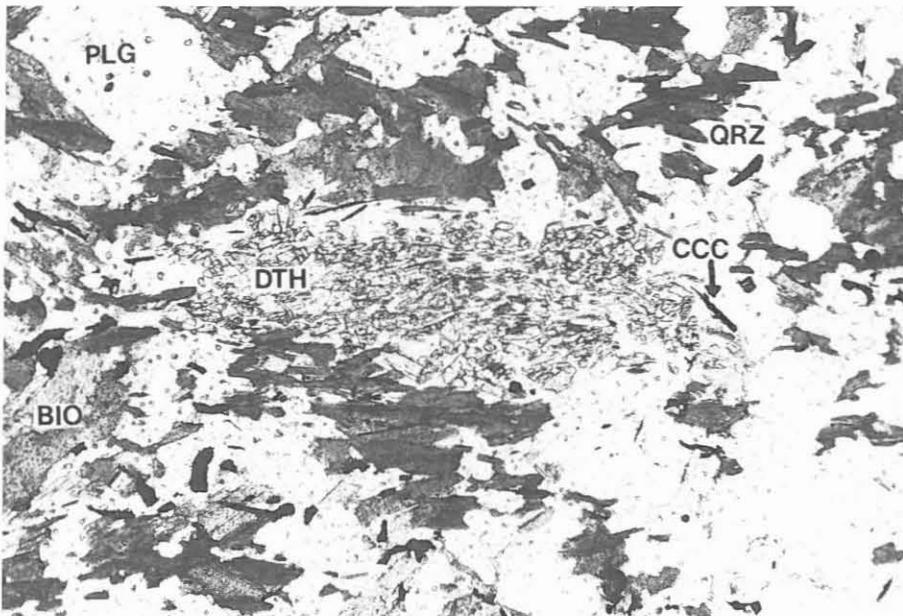


Abb. 17: Zu Kornhaufen zerfallener Disthen, von kleinen Biotiten und retrograden Muskoviten durchwachsen (Plagioklas ist durch Anfärben auf Kalifeldspat trüb fleckig). Graphit-reicher Disthen-Sillimanit-GranatBiotit-Gneis;
QRZ = Quarz, CCC = Graphit, BIO = Biotit, PLG = Plagioklas
DTH = Disthen;
(Schliff 53B7T II, ohne Analysator, 30-fach)

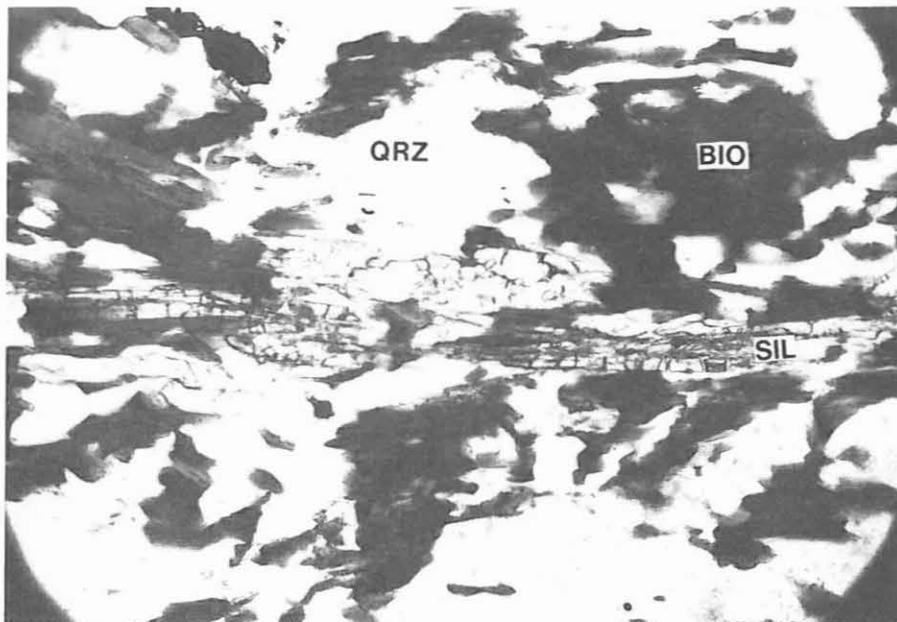


Abb. 18: Langprismatischer Sillimanit; in der Mitte wahrscheinlich als Pseudomorphose nach Disthen (Disthsillimanit);
Disthen-Sillimanit-führender Granat-Biotit-Gneis;
SIL = Sillimanit, BIO = Biotit, QRZ = Quarz;
(Schliff 72C10T, ohne Analysator, 80-fach)

lich sekundär, vor. Opakminerale sind recht häufig und treten tröpfchenförmig, rundlich oder auch unregelmäßig xenomorph auf. Zirkon kommt akzessorisch vor.

Der durchschnittliche Mineralbestand (Disthen und Sillimanit liegen fast stets unterhalb der Nachweisgrenze der RDA) in Gew.-% lautet:

Quarz	20 - 48
Plagioklas (+Sericit)	26 - 55
Biotit (+Chlorit)	12 - 39
Granat	0 - 19

3.4.2 Disthen-Sillimanit-führender Granat-Biotit-Gneis (381 - 383, 452 - 455, 470 - 478 m)

(Schliffe 54F14T, 67H20T, 71A4T, 72C10T, 73B6T)

Diese Gneise sind im Gegensatz zu dem unter 3.4.1 aufgeführten Typ feinkörnig und feinlagig mit teilweise sehr straffem Lagenbau. Makroskopisch erkennt man winzige, körnelige Feldspäte. Quarz-Feldspat-Mobilisate treten in Lagen, Schlieren und Linsen auf (Abb. 19).

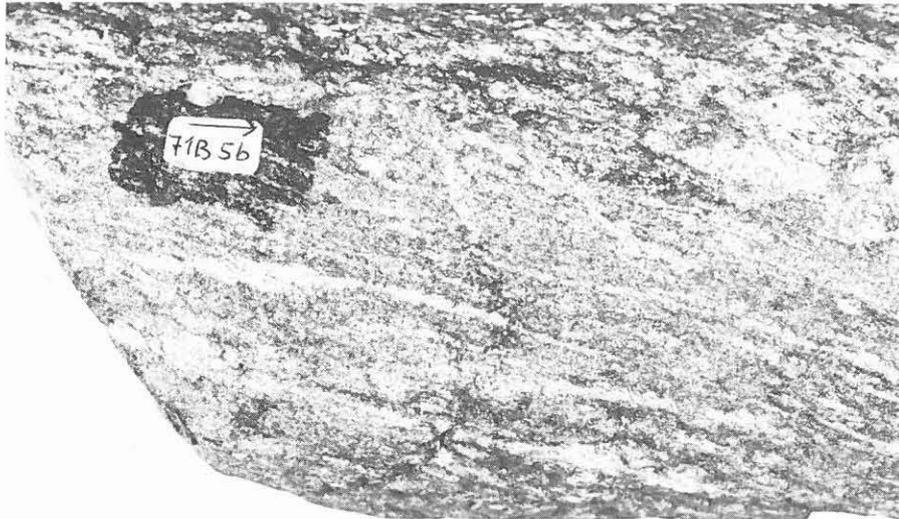


Abb. 19: Feinlagiger Disthen-Sillimanit-führender Granat-Biotit-Gneis mit hellen Mobilisaten; Makroaufnahme von Kernstück 71B5b, Länge des Etiketts: 16 mm

Mikroskopisch sind die Gneise durch ein grano-lepidoblastisches Gefüge mit Anklängen an einen mylonitischen Lagenbau gekennzeichnet (Abb. 20). Von den unter 3.4.1 beschriebenen Typen unterscheiden sie sich durch geringere Gehalte an Disthen und Sillimanit. Quarz bildet meist ein fein- bis kleinkörniges Mosaikgefüge, tritt aber auch zu größeren Linsen oder ausgelängten Körnern ähnlich Zeilenquarz zusammen. Die undulösen Körner zeigen feine Einschlußreihen und vereinzelt Subkornzerfall. Apatit bildet nadelige Einschlüsse im Quarz. Xenomorpher, feinkörniger Plagioklas ist invers zoniert (Kern: An₁₅, Rand: An₂₅, U-Tisch) und leicht sericitisiert. In dem besonders strafflagigen Typ 67H20T sind auch die Plagioklase gut eingeregelt. Kalifeldspat tritt in 71A4T und 73B6T in wenigen, winzigen Körnchen als Zwickelfüllung auf. Entgegen dem RDA-Befund von 5 Gew.-% konnte im Dünnschliff 72C10T kein Kalifeldspat nachgewiesen werden (angefärbt). Biotit hat die gleiche Farbe wie unter 3.4.1 beschrieben und bildet kurze, isolierte, teilweise schwach gebogene Scheiter, in den straff geregelten Typen auch länger aushaltende Flasern, die dann gut foliationsparallel eingeregelt sind. Pleochroitische Höfe um Zirkon sind unterschiedlich häufig. Die klein- bis feinkörnigen Granate sind rundlich bis hypidiomorph und führen im Kern winzige Quarzeinschlüsse, während der Rand einschlußfrei ist. In 72C10T treten auch größere, zentrale Biotit- und Quarzeinschlüsse auf. Neben diesen stabil erscheinenden Granaten konnten auch solche beobachtet werden, die durch ihre buchtigen Kornformen, teilweisen bis weitgehenden Zerfall in Einzelkörnchen und Verdrängung durch Plagioklas und Biotit auffallen und offensichtlich nicht mehr stabil sind (Abb. 21 und 22). Ein entsprechender Zerfall von Granat wurde auch in den unter 3.3.2 beschriebenen Granat-Biotit-Gneisen festgestellt. Disthen bildet lockere Haufwerke aus stengeligen Körnern, die vereinzelt poikiloblastisch Quarze umschließen. Größere Disthenleisten sind vereinzelt geknickt. In 72C10T ist der Disthen in biotitreichen Lagen angereichert und mit langstengeligem bis nadeligem Sillimanit verwachsen, der lang aushaltende Lagen bildet. Daneben tritt Fibrolith eng mit Biotit verwachsen auf. Hier kommen feinfilzige, gelbliche Aggregate im Bereich von Biotit-Granat-Disthen-Aggregaten vor, die entfernt an Pinit erinnern, aber vermutlich eher aus sericitisiertem, ehemaligem Sillimanit bestehen (Abb. 23). In 67H20T liegen nur vereinzelt Disthenkörnchen isoliert in Quarz-Feldspat-Lagen. Zirkon bildet sehr feinkörnige, rundliche Körnchen, die meist von Biotit eingeschlossen werden. Apatit erscheint in Form feinkörniger, langsäuliger Kristalle, meist als Einschluß in Quarz. Opakminerale treten als feinkörnige, nadelig-leistenförmige, teilweise gebogene Aggregate auf. Feinste Häkchen entlang der Korngrenzen machen Graphit wahrscheinlich. Entlang einer feinen Kluft ist Plagioklas verstärkt sericitisiert, Biotit chloritisiert sowie Muskovit neu gesprosst.

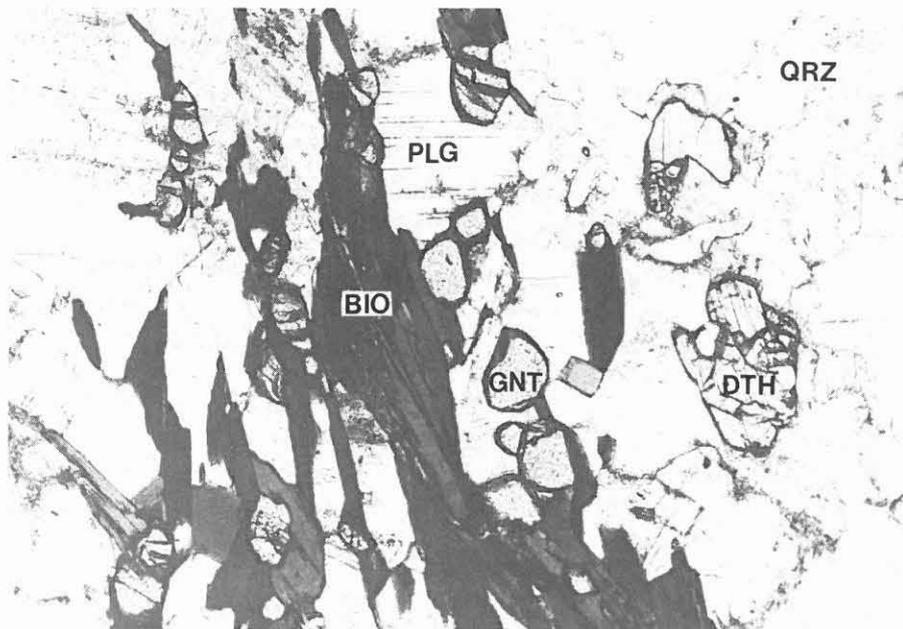


Abb. 20: Disthen-Granat-Biotit-Gneis; DTH = Disthen, PLG = Plagioklas, GNT = Granat, BIO = Biotit;
(Schliff 67H20T, ohne Analysator, 50-fach)

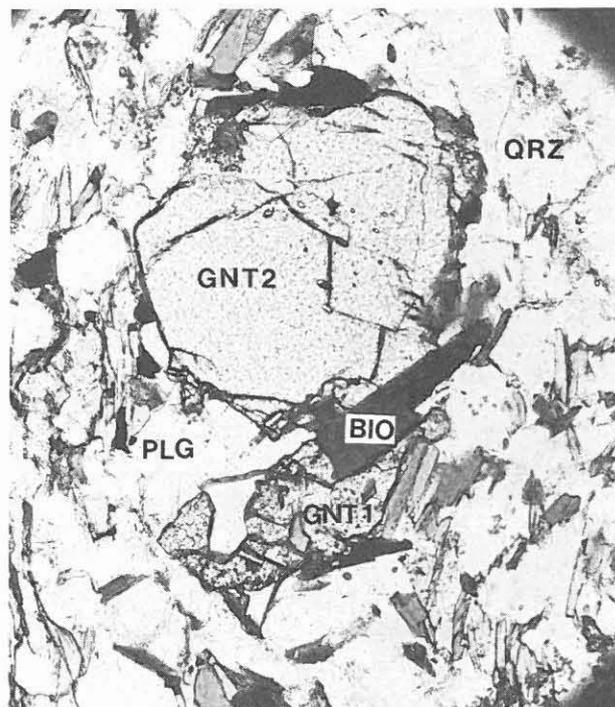


Abb. 21: Zwei unterschiedliche Granate:
GNT 1: klein, buchtig, korrodiert, einschlußreich
GNT 2: groß, rundlich-hypidiomorph, einschlußreicher Kern, einschlußfreier Rand;
aus einem Granat-Disthen-Gneis; PLG = Plagioklas, Bio = Biotit, QRZ = Quarz, GNT = Granat;
(Schliff 71A4T, ohne Analysator, 80-fach)

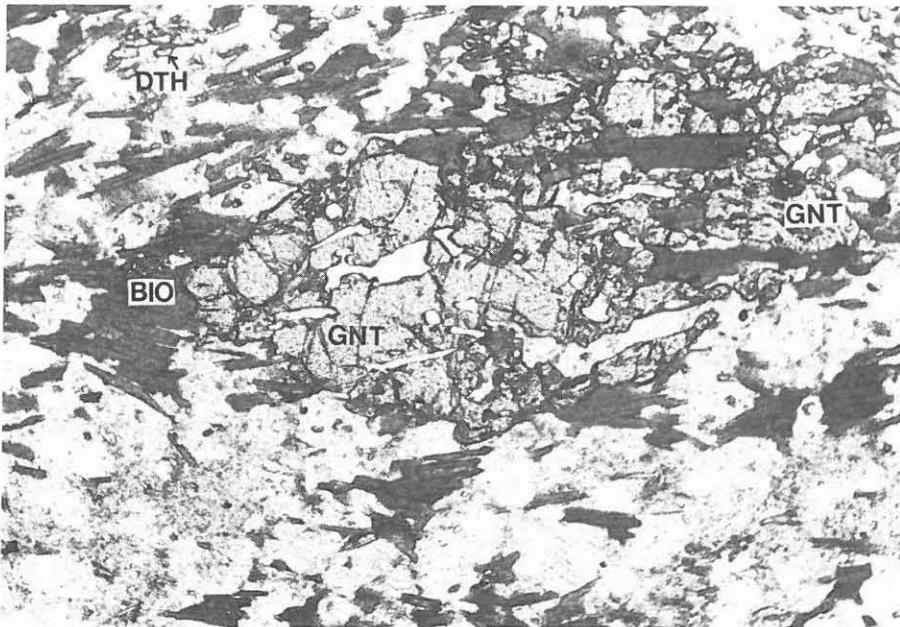


Abb. 22: Ausgelängter Granat wird von Biotit und Plagioklas aufgezehrt. Disthen-Sillimanit-führender Granat-Biotit-Gneis; DTH = Disthen, GNT = Granat, BIO = Biotit. (Schliff 72C10T, ohne Analysator, 30-fach)

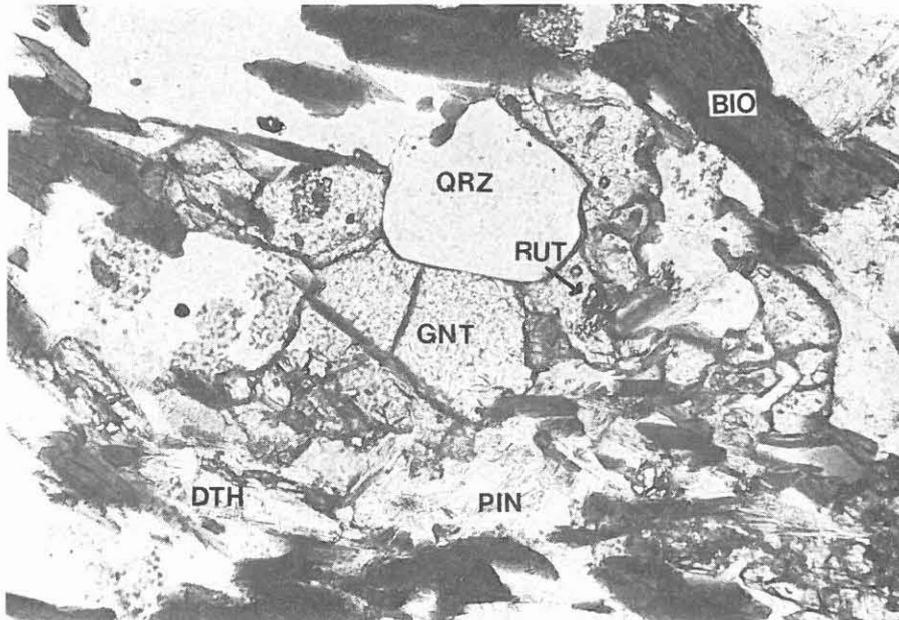


Abb. 23: Buchtiger Granat mit pinitähnlicher Substanz. Disthen-Sillimanit-führender Granat-Biotit-Gneis; DTH = Disthen, PIN = ?Pinit, GNT = Granat, QRZ = Quarz, RUT = Rutil, BIO = Biotit; (Schliff 72C10T, ohne Analysator, 100-fach)

3.4.3 Granat-Biotit-Gneis (383 - 385 m)

(Schliff 55A6T)

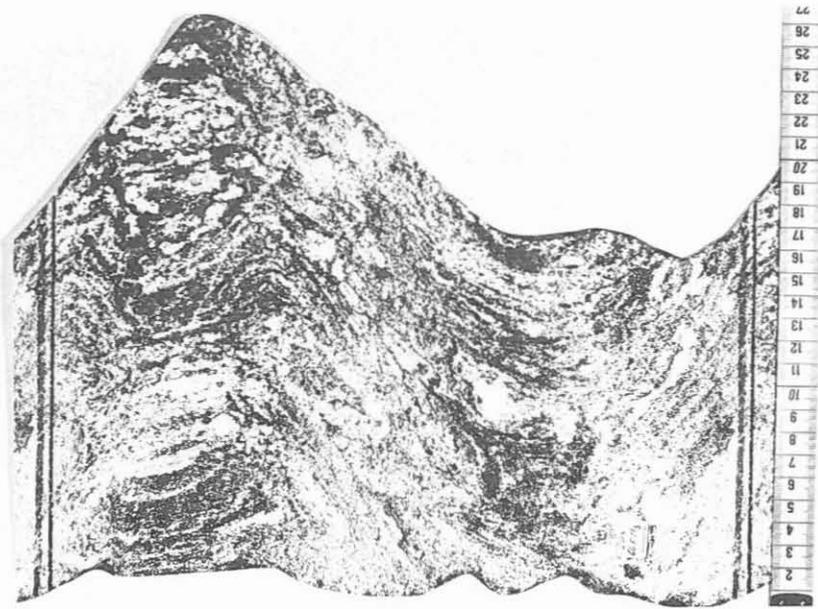
Dieses Gestein entspricht weitgehend dem unter 3.4.2 geschilderten Typ. Es unterscheidet sich durch das Fehlen von Disthen und Sillimanit und das Auftreten von normal zonierte Oligoklas (Kern: An₂₀, Rand: An₁₅). Biotit zeigt geringe Leukoxenbildung.

3.4.4 Granat-Muskovit-führender Biotit-Gneis (438 - 448 m)

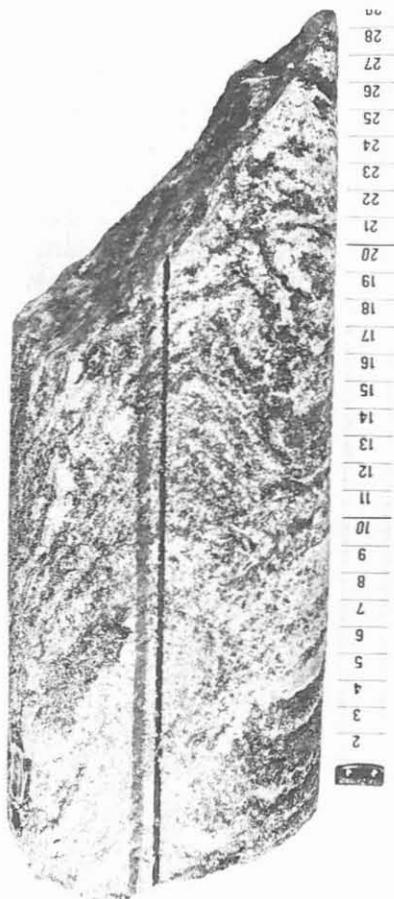
(Schliff 66F14T)

Das mittelkörnige Gestein ist stark von schlierig-migmatischen Mobilisaten durchzogen und läßt lokal einen im dm-Bereich gefalteten metamorphen Lagenbau erkennen (Abb. 24). Von den vorher beschriebenen Typen unterscheidet es sich durch den deutlichen Muskovitgehalt und das Fehlen von Al₂SiO₅-Mineralen.

Mikroskopisch erkennt man ein nur schwach lagiges, hetero-granular-verzahntes Gefüge. Quarz ist mittel- bis feinkörnig und zeigt verzahnte bis rundlich gebogene Korngrenzen. Es können Einschlußbahnen, schwach ausgeprägte Deformationslamellen und bei größeren Körnern auch Subkornzerfall beobachtet werden. Plagioklas ist stark ungleichkörnig entwickelt (0.02 - 8 mm), zeigt die gleichen Korngrenzentypen wie Quarz und eine leichte bis starke Sericitisierung. Biotit ist zum Teil lagig angereichert, bildet aber noch ein offenes Gefüge, in dem die bis 0.2 mm langen Pakete gut eingeregelt sind. Daneben tritt er aber auch in eher xenomorphen, isolierten Fetzen und Zwickeln auf. Sein Pleochroismus ist intensiv von blaß strohgelb bis rotbraun. Entlang von Rissen ist er chloritisiert und zeigt Erzausscheidung. Granat ist in biotitreichen Lagen konzentriert und bildet bis 0.3 mm große, rundliche bis ovale Körnchen. Vereinzelt treten aber auch deutlich größere, xenomorphe, zerbrochene Körner auf. Der Muskovit scheint hier primärer Bestandteil der Paragenese zu sein, denn er bildet etwa gleichgroße Scheiter wie Biotit und ist auch mit diesem verwachsen (nach der RDA-Analyse 10 Gew.-%, worin aber noch unbekannte Mengen Sericit aus alterierten Feldspäten enthalten sind). Zirkon erscheint als maximal 0.1 mm lange, hypidiomorphe kleine Säulen, die häufig pleochroitische Höfe in Biotit erzeugen. Apatit tritt in einem auffälligen, 2 mm großen, lappigen Aggregat mit anomaler Felderteilung auf, ist sonst aber selten. Opakminerale sind xenomorphe Körner und Aggregate und zeigen stellenweise einen Quarzsaum.



a



b

Abb. 24: Mobilisatreicher granat-muskovitführender Biotit-Gneis mit verfälteltem Lagenbau; Abwicklung (a) und Makroaufnahme (b) von Kernstück 66E1g.

3.5 Detailbeschreibung von Ganggesteinen, Marmor und graphitreichem Kataklasit

3.5.1 Marmor (128 - 131 m)

(Schliff 15E5T)

Der grauweiße Marmor zeigt nahe dem Kontakt zum Nebengestein eine graue Streifung parallel zur Foliation des Nebengesteins, ist sonst aber massig. Im Dünnschliff besteht er nahezu völlig aus ca. 1 mm großen, stark polysynthetisch verzwilligten, isometrischen Calcitkörnern. Regellos verteilt finden sich noch wenige 0.2 mm große, rundliche Quarz- und Plagioklaskörner (sericitisiert), mit denen noch hin und wieder einzelne, kleine Chlorit- und Hellglimmerkristalle verwachsen sind. Weiterhin treten rundliche Apatitkörner (0.1 mm), 0.1 mm lange Titanitstengel und Aggregate aus Rutilkörnern, die Titanitstengel pseudomorphosieren, auf.

3.5.2 Lamprophyr (bei 95.5 und 113 m)

(Schliffe 11A1T, 13A1b)

Die dunkelgrünen, makroskopisch dichten Gesteine lassen nur tiefdunkelgrüne Einsprenglinge (unter 0.5 mm) und Karbonatnester erkennen. Sie sind stark karbonatdurchädert und werden von bis 4 cm mächtigen Karbonatgängen durchschlagen. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß es sich um völlig alterierte, porphyrische Ganggesteine handelt. Sie zeigen ein regelloses, seriales Gefüge aus fast gänzlich sericitisierten Feldspatleisten. Als weitere Einsprenglingsphase war Biotit, jetzt in Chlorit, Leukoxen und andere Opakminerale umgewandelt, vorhanden. Vereinzelt treten rechtwinklig oder unregelmäßig eckig begrenzte Pseudomorphosen nach einem weiteren Mafit (Pyroxen?, Olivin?; die RDA weist Spuren von Klinopyroxen nach) auf, die von Karbonat und Chlorit erfüllt sind. In diesen Pseudomorphosen, aber auch in der Grundmasse finden sich winzige, idiomorphe, opake Spinelle. Quarz tritt in Zwickeln in sehr geringer Menge, daneben aber in Klüftchen und Linsen zusammen mit Karbonat auf.

Der mikroskopische Mineralbestand läßt auf einen Glimmerlamprophyr schließen. Der Mineralbestand nach RDA deutet auf ein Zwischenglied zwischen Minette und Kersantit (etwa gleich viel Kalifeldspat und Plagioklas) hin. Der mittels RFA bestimmte Hauptelementchemismus (mit hohen K-, Mg- und Fe-Gehalten) entspricht dem einer Minette:

Haupt- und Nebenelemente		Mineralbestand	
(Gew.-%)		(Gew.-%)	
SiO ₂	51.7	Quarz	5
TiO ₂	1.50	Kalifeldspat	10
Al ₂ O ₃	15.3	Plagioklas	15
Fe ₂ O ₃ (ges.)	7.75	(+ Sericit)	10
MnO	0.11	Biotit	10
MgO	6.47	(+ Chlorit)	30
CaO	4.07	(+ Titanit)	10
Na ₂ O	1.02	Calcit	10
K ₂ O	5.60	Spuren v. Klinopyroxen	
P ₂ O ₅	0.36		

3.5.3 Aplitgranit (61 - 99 m)

(Schliffe 6, 9A1T, 9A2b, 13A4bI,II)

Das leicht vergrünte Gestein besitzt xenomorph-mittelkörniges, massiges Gefüge, das stark kataklastisch überprägt und von Karbonat und Pyrit infiltriert ist. Der Albit (An 0) ist mäßig stark sericitisiert. Kalifeldspat tritt in Dünnschliff 6 und 9A2b als Mikroklin und als Aderperthit auf. In den beiden anderen Schliffen, von denen keine RDA-Analyse vorliegt, fehlt Kalifeldspat. Quarz ist durch starke Undulösität und Subkornzerfall gekennzeichnet. In Zwickeln finden sich noch geringe Gehalte von völlig chloritisiertem Biotit.

Mineralbestand (ohne Calcit) in Gew.-%:

Quarz	45
Kalifeldspat	0 - 10
Plagioklas	45
Biotit (Chlorit)	Spuren

3.6 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Auf den ersten 480 m wurde eine bunte, metamorphe, vulkanosedimentäre Wechselfolge mit mannigfaltigem, tektonischem Inventar durchteuft. Wie verhält sich nun dieser Profilabschnitt in Bezug auf die Modellvorstellungen, die der Wahl dieser Lokation zu Grunde lagen?

Die mitteldruckmetamorphe Hauptmetamorphose der ZEV ist durch die reiche Granat- und Disthenführung der Metapelite gut belegt. Entgegen der an der Oberfläche auskartierten Disthen-Muskovit-Zone (BLÜMEL & WAGNER-LOHSE in WEBER & VOLLBRECHT 1986) befinden sich die Gesteine der Bohrung im Übergangsbereich zum nächsthöheren Metamorphosegrad, der Sillimanit-Kalifeldspat-Zone. Primärer Muskovit fehlt den Metapeliten weitgehend. Das bei seinem Zerfall freiwerdende Wasser führt, wie zu erwarten, zur Schmelzbildung: Die oft starke Beteiligung von linsigen, knotigen

und flaserigen hellen Mobilisaten (im wesentlichen Quarz + Plagioklas) verleiht manchen Gneistypen ein migmatitisches Gepräge. Der entstehende Sillimanit ist oft eng mit Biotit verwachsen, beginnt aber auch schon Disthen, der wohl nur noch metastabil ist, zu verdrängen. Die Kalifeldspatarmut vieler Metapelite ist durch die Kaliumarmut der Gesamtzusammensetzung bedingt, stört die Einstufung in die metamorphen Zonen aber nicht. Diese Metamorphoseentwicklung kann erst ab ca. 350 m belegt werden, da oberhalb kaum zur Diagnose geeignete Metapelite durchteuft wurden und die spätere, retrograde Überprägung eine sichere Interpretation verhindert.

Die Flaseramphibolite aus dem Bereich westlich der Bohrlokation zeigen nach von WEBER & VOLLBRECHT (1986) zusammengefaßten geochemischen Voruntersuchungen des Zielgebietes Oberpfalz das Spurenelementmuster von Tholeiiten. Entsprechende Auswertungen der hier analysierten Amphibolite liegen noch nicht vor. Die erbohrten Amphibolite sind stellenweise sehr granatreich. Granat bildet aber keine stabile Phase in den mitteldruckmetamorphen Amphiboliten, da er in den meisten Fällen von einem Plagioklassaum umgeben wird. In den Ergebnissen der KTB-Voruntersuchungen wird die Granatbildung deshalb als ältere (Hochdruck?-) Metamorphose der nördlichen ZEV interpretiert. Der Kalifeldspatreichtum der Amphibolite kann noch nicht befriedigend erklärt werden. Neben seltenen kaliumreichen Spiliten als Edukt kann die sekundäre Zuführung von Kalifeldspat durch Mobilisierung aus den zwischenlagernden Metapeliten während der partiellen Aufschmelzung (Migmatisierung) oder die kontaktmetamorphe Beeinflussung durch den nahen Falkenberger Granit als mögliche Erklärung gelten. Die Bildung von drei verschiedenen Hornblenden und zwei verschiedenen Plagioklasen wird in dem von WEBER & VOLLBRECHT (1986) zusammengestellten Ergebnisband der KTB-Voruntersuchungen als Beleg für eine kontaktmetamorphe Überprägung durch den Falkenberger Granit gesehen. In Amphiboliten der Vorbohrung konnten verschiedenfarbige (braun-oliv-grün-blaugrün-hellgrün-fast farblos) und verschieden ausgebildete (gedrungen bis nadelig) Hornblenden beobachtet werden. Die übersichtsmäßige Vermessung der Plagioklase auf dem U-Tisch bestätigt unterschiedliche Anorthit-Gehalte und Zonierungen in einem Schliff.

Als ungeklärt muß bislang die Frage gelten, ob die ZEV bzw. ihr basaler Teil noch von einer jüngeren Niederdruck-Metamorphose betroffen wurde. Bestimmte junge Hornblendealter um 320 Ma aus dem Ostteil der ZEV (SCHÜSSLER et al. 1986) lassen eine solche Überprägung als möglich erscheinen. Unter diesem Aspekt muß dann auch in Erwägung gezogen werden, ob nicht auch schon die Sillimanit-Bildung und die Migmatisierung Folge einer niederdruckmetamorphen Überprägung sind, anstatt einer prograden Mitteldruckentwicklung. Granat sollte bei dieser Gesteinszusammensetzung unter niedrigdruckmetamorphen Bedingungen nicht mehr stabil sein und zu Biotit und Sillimanit zerfallen. Bisher wurde aber nur einmal ein Sillimanitsaum um Granat beobachtet. Häufiger ist dagegen der Zerfall von Granat zu buchtig korrodierten Körnern oder gar zu Relikten aus wenigen kleinsten Körnchen, die zusammen mit viel Biotit und Plagioklas den Umfang des ehema-

ligen großen Granats nachzeichnen. Detaillierte phasenpetrologische Untersuchungen werden diese Probleme klären können.

Das erbohrte Profil ist in wechselnder Intensität von retrograden Umwandlungen betroffen. Chloritisierung von Biotit und Granat, Sericitisierung von Sillimanit, Disthen und Plagioklas und die Sprossung sekundärer Muskovite sind typische Alterationsphänomene in den Metapeliten. In den Amphiboliten äußern sie sich im Auftreten verschiedener Hornblenden und deren Chloritisierung, der Sericitisierung von Plagioklas und der Neubildung von Albit, Epidot/Klinozoisit, Prehnit und Karbonat. Auf Klüften und Störungen kam es zur Bildung von Calcit, Prehnit, Sulfiden, Graphit, Quarz, Feldspat, Chlorit und Tonmineralen (Störungsletten), sehr selten auch von Gips und (?)Zeolith. Unterhalb der Berichtsteufe von 480 m wurden vermehrt Gips sowie Zeolith (hier durch RDA bestätigt) als Kluftminerale gefunden. Die zukünftigen Untersuchungen werden zeigen, inwieweit diese Erscheinungen mit verschiedenen paläozoischen Diaphthorese-Vorgängen des Umfelds, der Granitintrusion und weiteren meso- und känozoischen Ereignissen in Verbindung stehen.

4. Erzmineralisation

4.1 Makroskopische Betrachtungen

Sulfidische Erzminerale

Erstmals treten sulfidische Minerale in Cuttings ab einer Teufe von 33 m auf. Es handelt sich um sehr feinkörnige Pyritaggregate in einer Quarz-Feldspatmatrix. Oberhalb von 33 m belegt eine Limonitisierung der Sulfide noch wirksame supergene Einflüsse.

Pyrit stellt fast stets die dominierende Erzmineralphase dar. Das Mineral tritt sowohl feinstkörnig als auch in kleinen idiomorphen Einzelkörnern und xenomorphen, verwachsenen Aggregaten auf; es findet sich feinverteilt und in kleinen Nestern in der Grundmasse des Gesteins sowie als Kluftmineralisation je nach Raumangebot in Form ausgewalzter Beläge auf Harnischen oder als idiomorphe Einzelkörner. Eine fast "stockwerksartige" Pyritmineralisation tritt im Kernmarsch (KM) 32 (ca. 219 - 223 m) im Granat-Hornblende-Biotit-Gneis in Form netzartiger, dünner Gängchen auf, die sich bevorzugt an ein Kluftsystem orientieren, das hier entgegen dem generellen Trend flach einfällt. Verschiedene Alter von mineralisierten Klüften sind hier nachweisbar. Der Pyritgehalt der Gesteine schwankt zwischen 0 und ca. 10 Vol.-% (KM 9, 11).

Magnetkies konnte bisher unterhalb einer Teufe von ca. 100 m fast stets als begleitende Phase identifiziert werden. Das Mineral ist im Teufenabschnitt 320 - 340 m im Granat-Hornblende-Biotit-Kalifeldspat-Gneis bzw. Amphibolit stellenweise als Erzmineral dominierend. Es handelt sich überwiegend um kleine, feinstkörnige Aggregate, die linsenförmig oder fein verteilt in der Gesteinsgrundmasse auftreten. Selten finden sich mehrere Zentimeter große Magnetkiesnester (z.B. Kernstück 34A2c, im Bereich 224 - 227 m; 42A3b, 42B4a im Bereich 283 - 292 m sowie im Kernmarsch 64 zwischen ca. 426 - 433 m).

Die Magnetkiesführung des Gesteins ist aufgrund der stellenweise feinstkörnigen Ausbildung des Minerals oft nur an den magnetischen Eigenschaften der Cuttings bzw. des Kernmaterials oder aufgrund der Werte der magnetischen Remanenz zu belegen (z.B. in KM 34, 36, d.h. zwischen ca. 224 und 238 m).

Selten wurde makroskopisch Kupferkies beobachtet. Beispielhaft tritt dieses Mineral in einer Partie graphitführender Gneise mit hoher Sulfidführung in KM 29 (ca. 208 - 210 m) auf. Der hier teilweise dominierende, sehr feinkörnige Kupferkies ist an calcitmineralisierte Klüfte gebunden, wo er das Salband zwischen Kluftmineralisation und Nebengestein bildet.

In der Cutting-Probe aus 295 m, im Bereich einer lettenbelegten Störungszone, könnte ein metallisch-glänzendes, leicht bläulich schimmerndes Mineralkorn ein Hinweis auf das Auftreten von Bleiglanz sein.

Oxidische Erzminerale

Limonit findet sich im obersten Abschnitt der Bohrung oberhalb 33 m aufgrund supergener Oxidation des sulfidischen Eisenanteils.

Hämatit und Magnetit sind an eine Serie von stark chloritierten, lagigen Amphiboliten zwischen ca. 115 - 126 m gebunden. Magnetit (max. ca. 2 Vol.-%) bildet fast stets <1 mm große Einzelkörner mit viereckigen Querschnitten, die selten nestartig auftreten. Rotes "Zerreißel" von der Oberfläche der Magnetitkörner gilt als Hinweis auf Hämatit als randliche, saumartige Verdrängungsphase um Magnetit (siehe auch Abb. 25). Der hohe Anteil magnetischer Minerale in diesem Bereich bedingt die relativ hohen Suszeptibilitätswerte zwischen 105 und 150 m Teufe in den gemessenen Bohrkernstücken (siehe Berichtsteil Geophysik). Die Suszeptibilität weist in diesem Bereich keine konstant hohen Werte sondern zahlreiche Einzelpeaks auf.

Die auftretenden Granate besitzen manchmal Einschlüsse dunkelbrauner bis schwarzer Komponenten (z.B. KM 29 in einem Hornblende-Biotit-Gneis). Laut mikroskopischem Befund (Dünnschliff) handelt es sich um Ilmenit und Rutil.

Erzmineralverwachsungen

Die Art und der Umfang von Verwachsungen der Erzminerale ist auch unter Verwendung eines Binokulars bei den überwiegend feinst- bis feinkörnigen Phasen nur schwer zu bestimmen.

Eine submakroskopische Verwachsung bzw. eine Einlagerung von Magnetkies in Pyrit war oft an magnetisch beeinflussbaren größeren Pyrit-Einzelaggregaten in den Cuttings abzuleiten. In einer ca. 5 mal 1.5 cm großen "Erzlinse" im Amphibolit bei ca. 396 m Teufe (KM 58, Kernstück 58D1u) treten feinkörniger Magnetkies, Pyrit und Kupferkies eng verwachsen in einer Calcit-gefüllten Kluft auf. Die saumartige Umwachsung von Magnetit durch Hämatit wurde bereits beschrieben. Graphit wird in Gesteinen und auf Trennflächen fast stets von Sulfiden begleitet.

Kluftmineralisation

Die hangenden Serien der Bohrung weisen bis ca. KM 17 (ca. 143 m) überwiegend mit Pyrit und/oder Calcit mineralisierte, steile Klüfte auf, an die sich bis zum KM 39 (ca. 265 m) flachere, mit Pyrit (und/oder Chlorit, Calcit, Graphit) mineralisierte Systeme anschließen. Fast ausschließlich steile bis saigere Trenngefüge bis KM 42 (ca. 292 m) führen Pyrit und Graphit in wechselnder Dominanz. Bis zur Teufe von 480 m wechseln steile mit mittelsteilen, pyritführenden Systemen. Ab KM 46 bis KM 64 (ca. 315 bis 426 m) tritt Magnetkies als Kluftmineralisation meist in engem Zusammenhang mit Chlorit hinzu. Selten findet sich Kupferkies auf Klüften.

4.2 Mikroskopische Betrachtungen (Anschliffe)

Aus dem oberen Abschnitt der Bohrung bis 209 m liegen bisher sechs Anschliffe von Kernbruchstücken und Körnerpräparaten aus Cuttingproben für erzmikroskopische Betrachtungen vor.

Die mikroskopischen Untersuchungen bestätigen die makroskopischen Befunde. Eine Bleiglanzführung konnte für die Probe 34A1T nachgewiesen werden.

Sulfidische Erzminerale

Pyrit erscheint als dominierende Opakmineralphase in allen sechs Anschliffen. Das Mineral bildet feinste "staubartige" Ansammlungen wie auch bis 1.5 mm große idio- bis hypidiomorphe Einzelkristalle. Die Verteilung ist regellos bis bändchenartig (22A1bT = ca. 152.90 m). Einzelkristalle zeigen oft kataklastische Strukturen (Abb. 25). In Pyrit finden sich Einschlüsse von Magnetkies (Cut86a = Cuttings aus 86 m), Kupferkies (Cut86b) und Magnetit (22A1bT). Verwachsungen mit Rutil und Ilmenit wurden beobachtet.

Magnetkies findet sich in den Proben Cut86a und 34A1T (ca. 224 m). Das Mineral bildet meist regellos verteilte, xenomorphe Einzelaggregate. Es finden sich Einschlüsse in Pyrit; Verwachsungen mit Kupferkies und Ilmenit wurden in der Probe 34A1T beobachtet.

Kupferkies tritt nur sehr untergeordnet in fast allen Anschliffen, in der Probe 22A1bT nicht auf. Meist handelt es sich um kleinste Einzelkörner in der Gesteinsgrundmasse. Stellenweise ist Kupferkies mit Magnetkies verwachsen.

Bleiglanz bildet in dem Gneis der Probe 34A1T eine saumartige Aufwachsung an einer Magnetkies-Kupferkiesverwachsung.

Oxidische Erzminerale

Magnetit findet sich aufgrund der mikroskopischen Untersuchungen nicht nur im Amphibolit im Bereich 115 - 126 m (Probe 14C2), sondern auch im Teufenbereich 153 - 162 m (22A1bT). Magnetit bildet fast stets xenomorphe, meist kataklastisch zerbrochene Einzelkörner, die lagenförmig angeordnet sein können. In der Probe 14C2 (ca. 116.45 m) wird Magnetit von Kornrändern oder Rissen ausgehend durch Hämatit, der lediglich in dieser Probe auftritt, verdrängt (Martitisierung) (Abb. 26).

Ilmenit tritt in der Probe 34A1T auf, wo es die dominierende opake Phase darstellt. Das homogen aufgebaute, oft zerbrochene Mineral weist unregelmäßige Kornformen auf und wird stellenweise von Pyrit verdrängt.

Limonit ist als sekundäre, supergene Bildung auf Rissen und in Hohlräumen aus Pyrit (Cut86b = 86 m) entstanden.

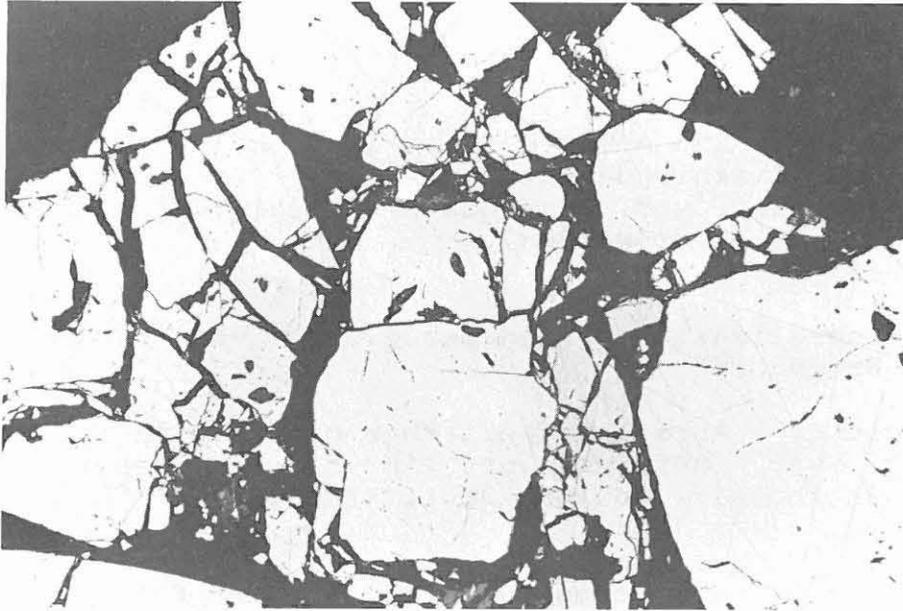


Abb. 25: Hypidiomorphe bis idiomorphe Pyritkristalle in einem kataklastischen Sulfidaggregat (Körnerpräparat); im Pyrit zahlreiche Gesteinseinschlüsse (Anschliff Cut86Erz, 86 m, 51fach, Luft, 1 Nicol)

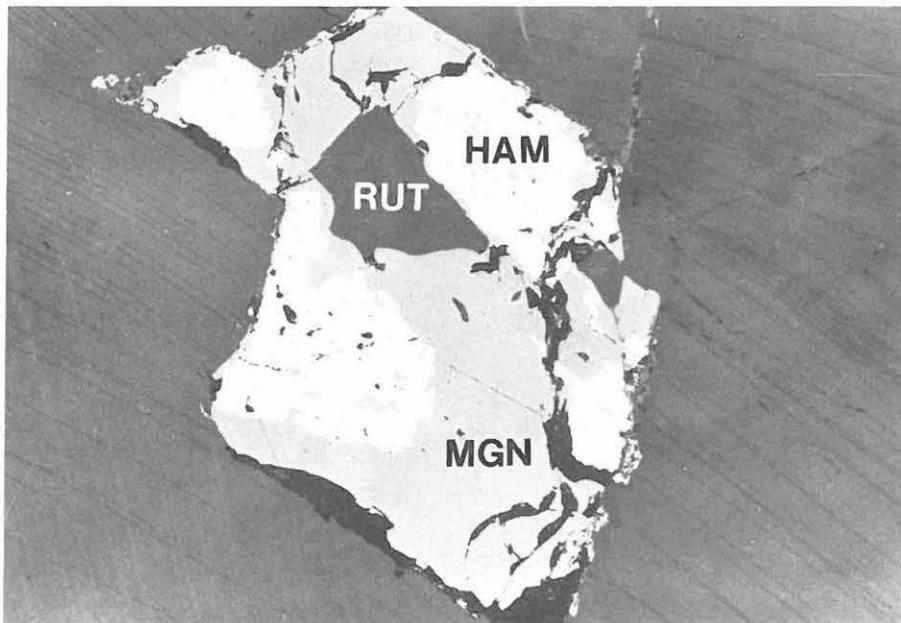


Abb. 26: Magnetit (grau) wird vom Kornrand ausgehend durch Hämatit (weiß) verdrängt. Der dunkelgraue Einschluß ist Rutil (Anschliff 14C2, ca. 116.45 m, 64fach, Luft, 1 Nicol)

Rutil und Anatas sowie Leukoxen finden sich in allen untersuchten Anschläffen. Oft treten diese Minerale auf den Spaltflächen von Schichtsilikaten auf.

Von Cuttings aus 295 m Teufe, wo laut Röntgendiffraktometrie-Analyse (RDA) Zinkblende mit ca. 2 Vol.-% vertreten ist, liegt noch kein Anschlag vor. Makroskopisch (Binokular) konnte Zinkblende nicht bestätigt werden.

4.3 Erzmineralisationen und Bezug zur "magnetischen Anomalie von Erbdorf"

Der relativ hohe Anteil magnetischer Minerale in den Kernen der Vorbohrung war aufgrund der in diesem Gebiet bekannten magnetischen Anomalie von Erbdorf (BFB 1971, PUCHER 1986) nicht überraschend.

Der Ansatzpunkt der Vorbohrung liegt an der Nordost-Flanke der Anomalie (Abb. 27) ca. 1 km nordwestlich der Profillinie (PUCHER 1986). Eine Projektion des Bohrpunktes auf die Profillinie ermöglicht einen Vergleich der Mineralführung der Gesteine mit den berechneten Störkörpermodellen. Bei dem gewählten Ansatzpunkt trafe die Vorbohrung nach diesen Berechnungen den nordöstlichen Abhang des dreidimensionalen "Störkörpers A" dicht neben seiner flachen, oberflächennahen Dachseite in einer Teufe von ca. 140 m (Abb. 28). Die Modellrechnungen stimmen nahezu mit dem aus dem Bohrgut bestimmten ersten Auftreten magnetischer Minerale unterhalb von 100 m Teufe überein.

Träger der Magnetisierung in den durchteuften Einheiten sind Magnetkies und Magnetit, wobei die Magnetkiesführung deutlich überwiegt. Magnetit findet sich an Amphibolitkörper gebunden; Magnetkies findet sich sowohl in Amphibolit- als auch in Gneiskomplexen (siehe auch PUCHER 1986).

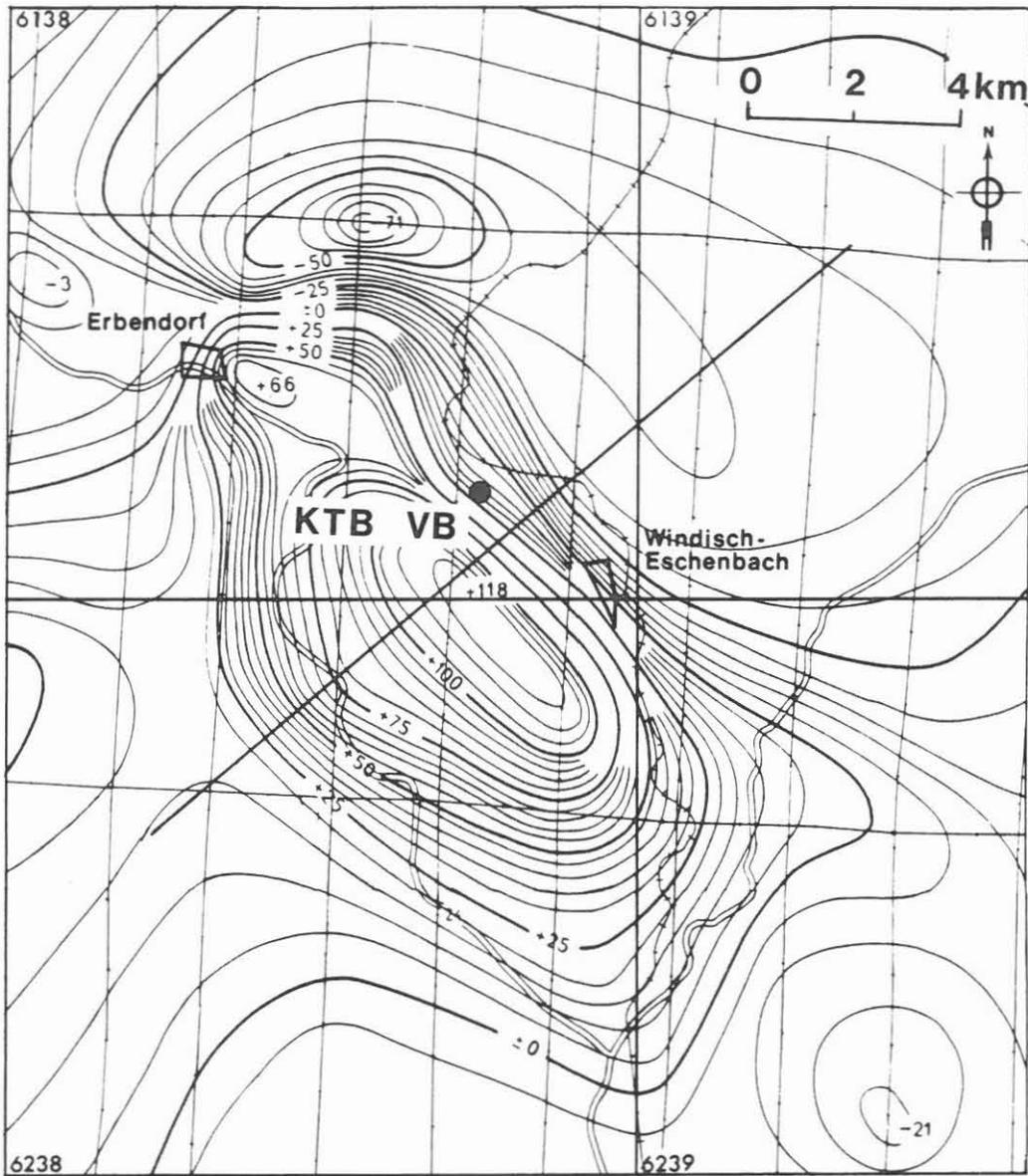


Abb. 27: Lage der KTB-Vorbohrung in einer Karte der Totalintensität (ΔF) des erdmagnetischen Feldes zwischen Erbendorf und Neustadt/Waldnaab (verändert nach BFB 1976, in PUCHER 1986) und Bezugslinie für Störkörpermodell-Berechnungen (verändert nach PUCHER 1986)

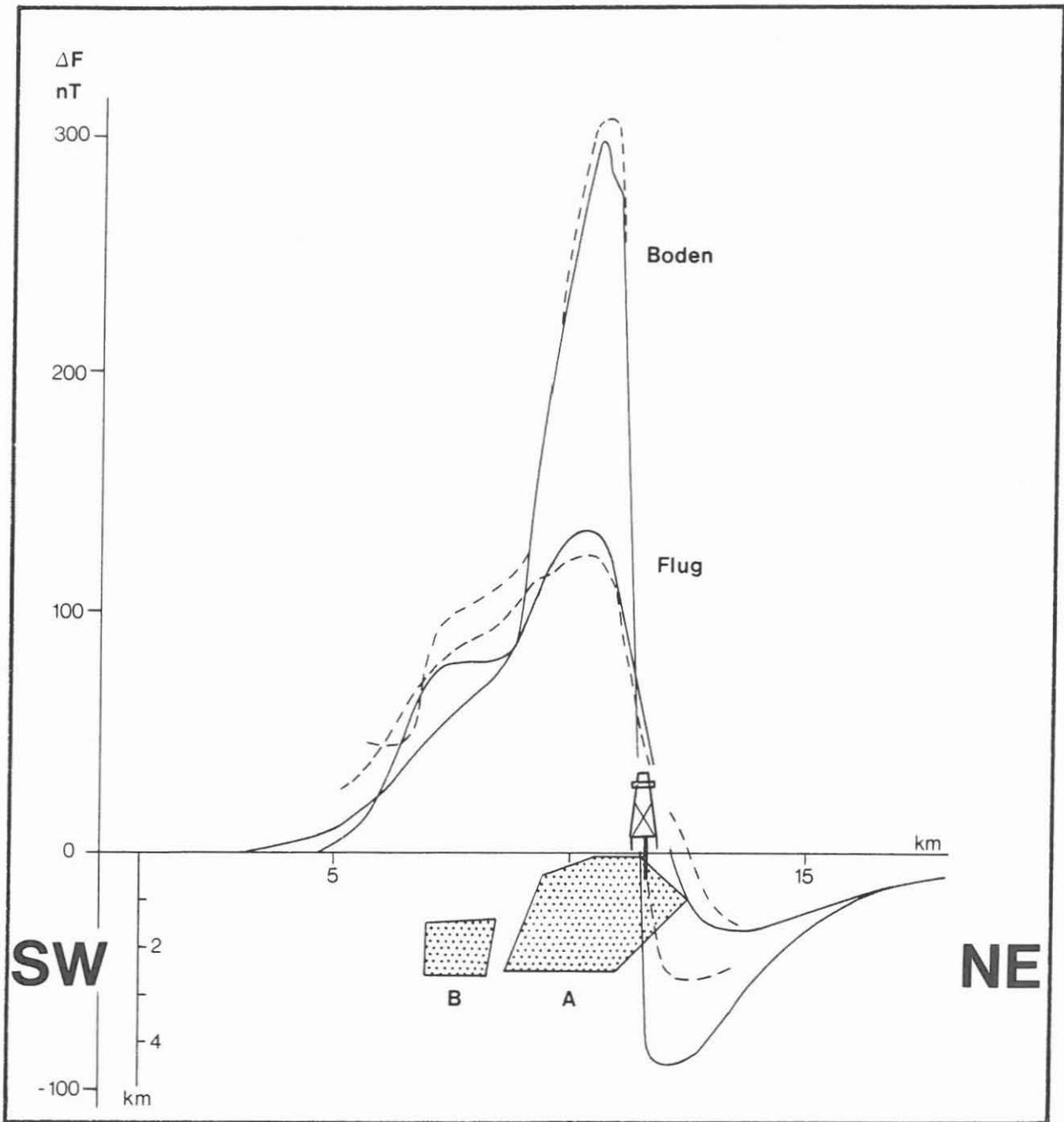


Abb. 28: Darstellung der magnetischen Anomalien (ΔF) und des berechneten Störkörpermodells entlang eines SW-NE-Profiles (verändert nach PUCHER 1986; siehe auch Abb. 27); Projektion der Bohrung auf die Profillinie

5. Gefüge

5.1. Einleitung

Die Aufnahme und Darstellung der makroskopischen Gefüge erfolgte kontinuierlich am Kernmaterial. Sie wird durch die mittels Fotokopierer erstellte Kernabwicklung unterstützt. Die räumliche Orientierung der Gefüge wird in Bezug auf die auf der Kernoberfläche willkürlich aufgetragene, kernachsenparallele Orientierungslinie sowie senkrecht dazu angegeben. Die Rückorientierung zum Bohrloch erfolgt über orientierte Bohrlochmessungen (z. B. Televiever Aufnahmen), wobei auch der Betrag der Bohrlochabweichung berücksichtigt werden muß. Im Berichtszeitraum war die Methodik der Auswerteverfahren der Bohrlochmessungen noch nicht so weit entwickelt, daß eine zweifelsfreie Rückorientierung der Gefüge möglich war. Die Angaben zur räumlichen Orientierung von Gefügeelementen beschränken sich deshalb vorerst auf die Angabe von Fallwerten, die noch um den Betrag einer geringen Bohrlochabweichung (0 - ca. 2° in nördlicher Richtung) korrigiert werden müssen.

5.2. Lagengefüge

Folgende texturellen Gefüge wurden in den auftretenden Gesteinen unterschieden:

- a) metamorpher Lagenbau (oder metamorphe Foliation) in Gneisen, Amphiboliten und kalksilikatführenden Amphiboliten;
- b) mylonitischer Lagenbau (als Ergebnis duktiler Deformation in Scherzonen);
- c) kataklastische Scherzone (als Ergebnis bruchhafter Deformation).

In Lamprophyren, Aplitgraniten und vereinzelt in Amphiboliten werden richtungslos-körnige Gefüge beobachtet.

zu a):

Die im Teufenbereich bis 480 m angetroffenen Gneise sind fein- bis mittelkörnig mit straffer bis flaseriger Foliation durch Parallelorientierung und lagenweiser Anreicherung von Glimmer, (meist Biotit), Hornblende, lagige, linsige und flaserige Quarz-Feldspat-Aggregate, gelegentlich auch durch lagenweise Anreicherung von fein- bis mittelkörnigen Granat. Im Bereich zwischen 400 - 447 m führt eine metablastische Überprägung zu einer Vergriesung des Gefüges.

In den Amphiboliten und kalksilikatführenden Amphiboliten wird der Lagenbau durch parallele Anordnung und lagenweise Anreicherung von Amphibol, hypidiomorphem Granat und karbonatreiche Flasern hervorgerufen. Lagenparallele Quarz-Feldspatanreicherungen, die hauptsächlich in Amphiboliten unterhalb 335 m auftre-

ten, bilden in diesen ein Flasergefüge ab.

Unregelmäßig geformte Quarz-Feldspatflasern werden als Mobilisate gedeutet. Sie erzeugen ein migmatisches Gefüge in Amphiboliten (Teufe 442.9 m) und in z.T. metablastischen Gneisen (Teufe 424 - 460 m).

Der metamorphe Lagenbau fällt bis zu einer Teufe von 400 m mit 70° bis 90° ein. Zum Liegenden überwiegen Fallwerte von 60° bis 80° . Erste Auswertungen der Televiever-Aufnahmen weisen darauf hin, daß der metamorphe Lagenbau wohl in südwestliche Richtung einfällt.

zu b):

Die verwendete Nomenklatur der duktilen Scherzonengesteine basiert auf WISE et al. (1984). Danach werden Protomylonite, Orthomylonite, Ultramylonite und Pseudotachylite unterschieden. Von diesen treten im Teufenbereich von 351 m bis 376 m mylonitische (?) Granat-Biotit-Gneise auf. Die mylonitische Foliation liegt parallel zum metamorphen Lagenbau. Bereichsweise werden hier kataklastische Gefüge beobachtet.

zu c):

Nach WISE et al. (1984) werden unter den kataklastischen Gefüge nach zunehmendem Verformungsgrad Breccien, Mikrobreccien und Störungsletten (fault gouges) unterschieden. Zunehmende Kataklastose führt zu einer Auflösung des metamorphen und mylonitischen Lagenbaus (Abb. 29). Im Dünnschliff ist teilweise eine flaserige Verschuppung zu beobachten.

Der gesamte Teufenbereich bis 480 m ist durch häufige kataklastische Verformung gekennzeichnet. Diese ist in Scherzonen konzentriert, die Millimeter bis 65 cm mächtig sein können. Die Einfallwinkel kataklastischer Scherzonen variieren zwischen 30° und 90° . In breiteren kataklastischen Scherzonen wie z. B. in einem ca. 30 cm mächtigen Abschnitt zwischen 378 und 380 m (wegen Kernverlusts nicht genauer lokalisierbar), wird ein Interngefüge aus flaserigen Feldspatlagen beobachtet, das mit etwa 40° - 50° einfällt, während die obere erhaltene Scherzonenbegrenzung mit 30° einfällt (Abb. 30). Nach ersten Auswertungen der Televiever-Aufnahmen scheinen kataklastische Scherzonen häufiger in der Richtung der Foliation einzufallen. Auf einzelnen Verschiebungsflächen innerhalb von Scherzonen sind häufig Graphitbeläge zu beobachten. Stark kataklastische Gesteine werden vor allem in den Teufenbereichen von 192 - 194 m und 352 - 384 m in diaphthoritischen Granat-Hornblende-Gneisen und Amphiboliten (352 - 384 m) sowie in mylonitischen Granat-Biotit-Gneisen (363 - 384 m) angetroffen.

In stark kataklastischen Bereichen befinden sich auch Abschnitte größerer Auskesselungen der Bohrlochwand. Darüber hinaus ist anzunehmen, daß Teufenabschnitte mit starkem bis totalem Kernverlust durch stärkere kataklastische Verformung gekennzeichnet



Abb. 29: Graphitreicher Kataklasit aus einer Scherzone im Biotit-Plagioklas-Gneis. Kluft (von links oben nach rechts unten) mit starkem Graphitbelag.
(Kernstück 27A2a, Kataklasitzone, 192 - 194 m)

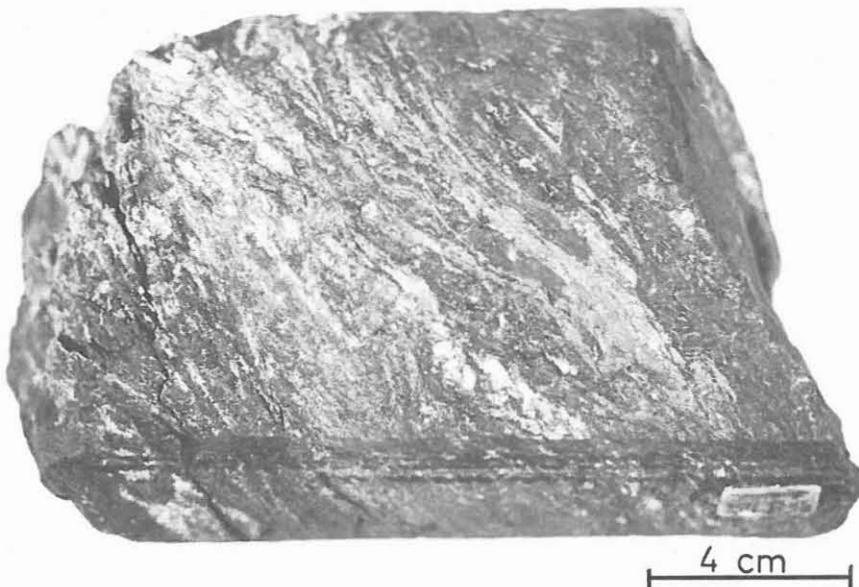


Abb. 30: Feinkörniger Kataklasit mit Interngefüge; Erläuterung im Text
(Kernstück 54B5a, Kataklasitzone, 378 - 380 m)

sind. Darauf weisen auch die Tevieweraufnahmen aus der Bohrlochvermessung hin. Im Teufenbereich zwischen 40 - 60 m, aus dem keine Bohrkerne gewonnen werden konnten, geben Cuttings Hinweise auf die Existenz eines mehrere Meter mächtigen kataklastischen Scherhorizontes.

5.3 Faltengefüge

In metablastischen Granat-Biotit-Plagioklas-Gneisen (etwa 442/446 m Teufe) wird eine Verfaltung des Lagenbaues beobachtet. Von der Faltenstruktur sind ein Schenkel und das Scharnier erhalten. Der Öffnungswinkel beträgt etwa 70° (s. Abb. 24).

5.4 Lineationen

Lineationen, ausgenommen Harnischlineare (siehe 5.5) wurden im Kernmaterial nicht beobachtet. Dies liegt daran, daß vorerst darauf verzichtet wurde, intakte Kernstücke s-flächenparallel zu spalten.

5.5 Trennflächengefüge

Zwei Trennflächenscharen treten gehäuft auf. Eine Flächenschar liegt ungefähr parallel zur Foliation und ist häufig an lithologische Wechsel gebunden. Eine weitere Trennflächenschar schneidet den metamorphen Lagenbau und fällt im Winkel von 40° bis 50° ein.

Meist tragen diese Trennflächen Harnischlineare und erweisen sich damit als Verschiebungsflächen oder in Verschiebungsflächen umgestaltete Klüfte. Die Fallwinkel der Lineare variieren zwischen 0° und 90° . Häufig weicht die Fallrichtung des Linears von der Einfallsrichtung der Trennfläche ab.

Makroskopisch war bisher kein eindeutiger Verschiebungssinn zu ermitteln, da es sich meistens um Spiegelharnische handelt. Mikroskopisch wurden diese Harnische noch nicht untersucht. Flachliegende Lineation deutet auf Seitenverschiebungen hin. Bisher fehlende Möglichkeiten zu einer EDV-gestützten statistischen Verarbeitung der Trennflächengefüge erlauben keine qualifizierten Aussagen über Vorzugsorientierung, Teufenbezug etc..

5.6 Gänge

Im Teufenbereich zwischen etwa 100 - 150 m treten maximal 2 mm mächtige Epidot- und Chloritgängchen auf. Die Gängchen zeigen keine erkennbare Vorzugsorientierung. Offensichtlich ist ihr Auftreten an Amphibolite gebunden.

5.7 Mikrogefüge

Für die Beschreibung der Mikrogefüge liegt nur eine sehr begrenzte Zahl von Dünnschliffen vor, die auch nur teilweise bearbeitet werden konnten (die Nummer und Teufen speziell beschriebener Dünnschliffe sind jeweils in Klammern angegeben), so daß die Beobachtungen nur Stichprobencharakter besitzen. Darüber hinaus wurden Dünnschliffproben nicht von intakten Kernabschnitten entnommen, sondern nur von kleineren Bruchstücken, die oft aus Störungszonen stammen. Deshalb können die Beobachtungen nicht als repräsentativ angesehen werden.

Die Gneise zeichnen sich durch ein grano- bis lepidoblastisches Gefüge aus (Abb. 31). Xenomorphe Quarz-Feldspataggregate bilden ein Pflastergefüge mit nur schwach verzahnten Korngrenzen. Die Glimmer bilden durch Vorzugsorientierung die Foliation ab.

In metablastischen Gneisen (unterhalb 434 m) herrscht eine Tendenz zur Gefügeentregelung (Abb 32). Die Glimmer neigen zur Quersprossung. Quarz tritt in rundlichen oder amöboid zerlappten Körnern und als Zwickelaggregat im Feldspatskelett auf. Feldspäte neigen zu isometrischen Kornformen (DS 66F14T/442.92 m).

Amphibolite zeigen granoblastische Gefüge mit einem Mosaik aus gedrungenen Amphibolkristallen.

In feinkörnigen Gneisen zeigen in der Foliationsebene gestreckte und in Lagen aneinandergereihte, gut equilibrierte Quarze eine starke Verformung bei relativ hohen Temperaturen an. Feldspäte und Hornblende bilden Porphyroklasten, die von Quarzlagen und Biotitscheitern umflossen werden. (DS 65C16T/435.25 m; DS 65F22T/437.15 m). Gut ausgebildete Tripelpunkt-Korngrenzen sind selten (DS 35A3T/223.76 m) (Abb. 33). Typische Mylonitgefüge wurden nicht beobachtet. Subkornbildung bei schwacher Undulosität in Quarz-Altkörnern belegt ein Erholungsgefüge, das unterhalb der Rekristallisationstemperatur von ca. 300°C angelegt wurde. Deformationlamellen (DS 44D5T/304.30 m) und kontinuierliche undulöse Auslöschung sind weitverbreitete Anzeichen für Übergänge zu Kaltverformungsgefügen, wie sie in den Kataklasiten beobachtet werden. In letzteren treten dann oft verzahnte Korngrenzen auf.

In Karbonaten dokumentieren vollkommene Verzwilligung bei sehr schmalen und häufig verbogenen Zwillingslamellen und fehlender Rekristallisation im Calcit hohen Strain bei Temperaturen unterhalb ca. 250°C (DS 15E5T/127.86 m; DS 65C6T/435.20 m).

In Kataklasiten reicht das Korngrößenspektrum der Bruchstücke bis in den submikroskopischen Bereich (Abb. 34). Die Kataklastose betrifft stets den gesamten Dünnschliffbereich, wobei die intensivste Kornzerkleinerung jeweils in Scherzonen konzentriert ist. Solche Gefüge wurden z.B. in einem Amphibolit (DS 9A1T/86.00 m), einem Granat-Biotit-Plagioklas-Gneis (DS 26K2T/192.22 m) und einem Granat-Hornblende-Biotit-Gneis (DS 30B4T/217.26 m) nachgewiesen.

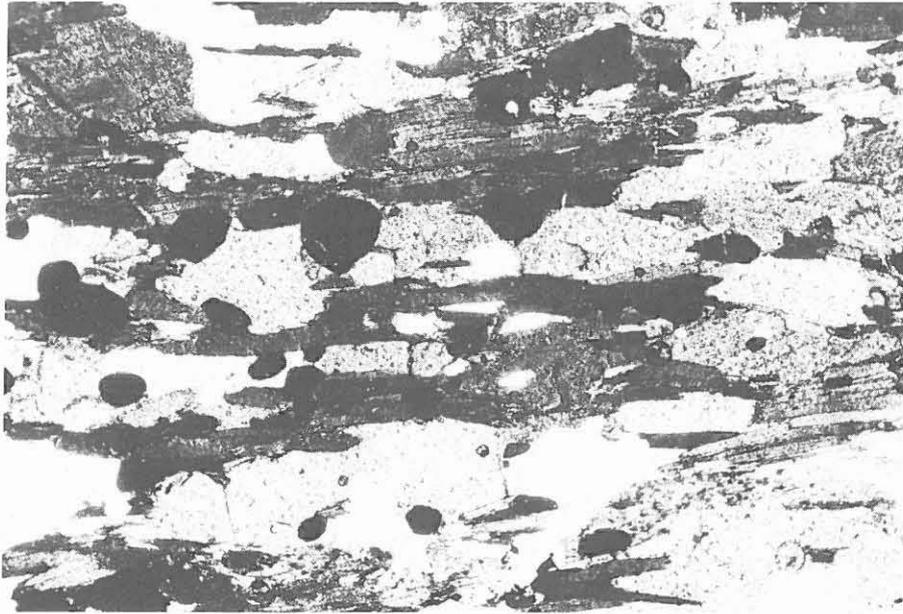


Abb. 31: Granoblastisch-lepidoblastisches Gefüge eines Granat-Biotit-Plagioklas-Gneises. Quarz und Feldspat (weiß, hellgrau) bilden ein xenomorphes Pflastergefüge. Biotite (dunkelgrau) sind in die Foliation eingeregelt. Granat (schwarz) zeigt idiomorphe Kornform und ist regellos verteilt
(DS 46D9T, 2 Nicols, 10.5fach)



Abb. 32: Metablastisches Gefüge in einem Granat-Muskovit-Plagioklas-Gneis: Sprossung der Feldspäte (grau, weiß durchstäubt) drängt den Quarz (weiß - schwarz) in Zwickelposition. Dieser zeigt unregelmäßig amöboide Kornformen
(DS 66F14, 2 Nicols, 10.5fach)

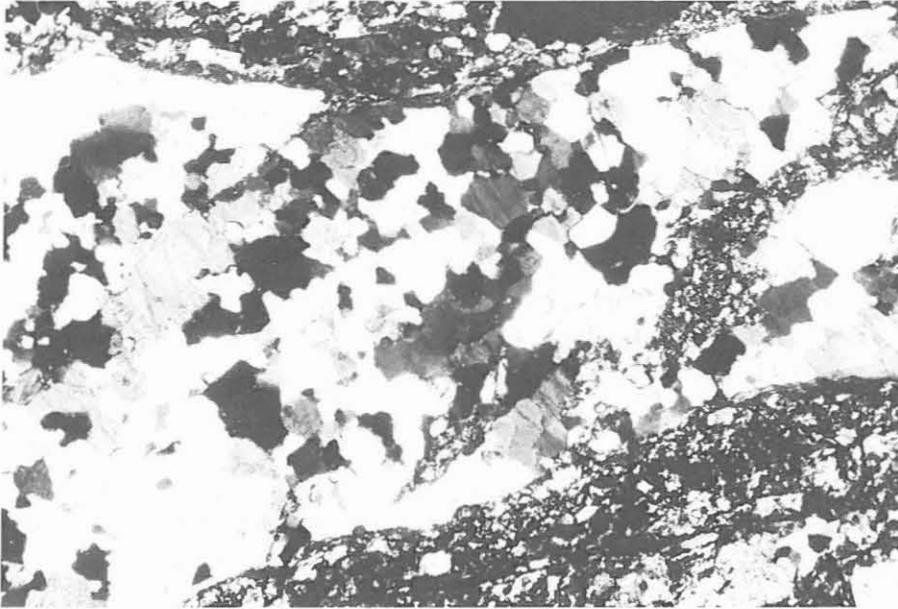


Abb. 33: Subkornzerfall und beginnende Rekristallisation des Quarzes in mm-mächtigem Quarzband eines feinkörnigen Biotit-Plagioklas-Gneises
(DS 33A3T, 2 Nicols, 10.5fach)

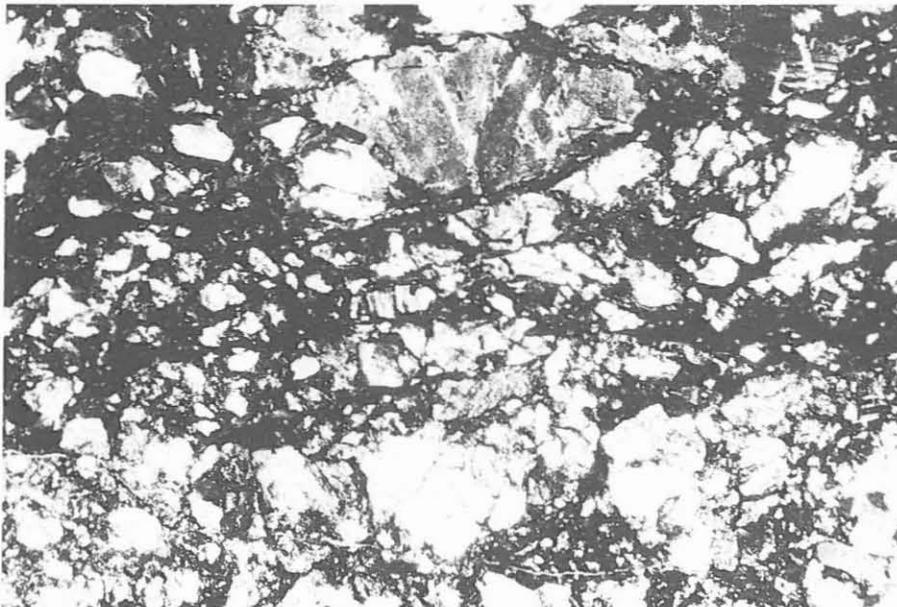


Abb. 34: Kataklastisches Gefüge eines Biotit-Plagioklas-Gneises; breites Korngrößenspektrum der Klasten
(DS 26K2T I, 2 Nicols, 10.5fach)

Die kataklastische Verformung ist mit einer intensiven retrograden Mineralneubildung (Diaphthorese) verbunden. Feldspäte sind intensiv sericitisiert, Amphibole in feinkörnigen Mineralfilz umgewandelt. Epidot tritt als häufige Mineralneubildung auf. Größere reliktsche Biotite sind vollkommen chloritisiert. Die Kataklastite sind häufig von intensiv verformten Calcitgängen durchhäutert. Calcit ist oft stark verzwilligt mit verbogenen Zwillingslamellen. Rekristallisierte Calcite treten nicht auf.

Kataklastite mit Subkorngefügen im Quarz lassen erkennen, daß die Erholungsgefüge älter sind als die kataklastische Kaltverformung.

5.8 Interpretation

Die makroskopischen und mikroskopischen Verformungsgefüge lassen unter Berücksichtigung des metamorphen Mineralbestandes auf einen retrograden PT-Pfad schließen. Dieser beginnt im amphibolitfaziellen Bereich, in dem ein mitteldruckmetamorphes (vermutlich granulitfazielles - WEBER, freundl. mündl. Mitt.) Gefüge in Teilbereichen metablastisch/migmatisch überprägt wird. An eine, nur andeutungsweise im Korngefüge ausgebildete, mylonitische Verformung schließt sich eine diskontinuierliche kataklastische Deformation an, die über den gesamten dargestellten Teufenbereich verbreitet ist.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht von Teilen 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 und P. Prätori sehr hilfreich. Wir danken Frau C. Ritter für einen Teil der Schreibarbeiten.

Die untersuchten Dünn- und Anschliffe wurden 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.

Schriftenverzeichnis

- BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG (BFB) (1971): Durchführung einer aeromagnetischen Vermessung der Bundesrepublik Deutschland 1965 - 1971.- Ber. Arch. NLfB, 8575, Hannover.
- PUCHER, R. (1986): Interpretation der magnetischen Anomalie von Erbdorf (Oberpfalz) und dazugehörige gesteinsmagnetische Untersuchungen.- Geol. Jb., E33, 31-52, Hannover.
- SCHÜSSLER, U., OPPERMANN, U., KREUZER, H., SEIDEL, E., OKRUSCH, M., LENZ, K.-L. & RASCHKA, H. (1986): Zur Altersstellung des ostbayerischen Kristallins - Ergebnisse neuer K-Ar-Datierungen.- Geol. Bavar., 89, 21-47, München.
- 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 Vorerkundungsarbeiten - Lokation Oberpfalz; aus zahlreichen Beiträgen der Arbeitsgruppe "Oberpfalz" zusammengestellt.- 2. KTB-Kolloquium, 19.-21.9.1986, 186 S. (unveröff.)., Seeheim/Odenwald.
- WISE, D.U., DUNN, D.E., ENGELDER, J.T., GEISSER, P.A., HATCHER, R.D., KISH, S.A., ODOM, A.L. & SCHAMEL, S. (1984): Fault-related rocks: suggestions for terminology.- Geology, 12, 391-394, Boulder.

ANHANG

- I : Erläuterung zum geologischen Profil
Geologisches Profil im Maßstab 1 : 200
Kornfraktionierung der Cuttings im Maßstab 1 : 2000
Mineralisation anhand der Cuttinganalyse im Maßstab 1 : 2000
- II: Hinweise für die Verwendung der Formblätter zur Kerninventarisierung und -aufnahme im KTB-Feldlabor; Liste der verwendeten Abkürzungen

Erläuterungen zum geologischen Profil

Detaillierte Hinweise werden im Kapitel 2 (Erstellung des Litho-logs nach Cuttings-Analyse) gegeben. Folgende Aufstellung dient zur schnellen Information.

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. Zur besseren Übersicht wird eine Darstellung im Maßstab 1:2000 dem Detail-Log vorangestellt.</p> <p>Der Graph zeigt:</p> <ul style="list-style-type: none">links: grobe Fraktion = größer als 1 mmmitte: feine Fraktion = 0.063 - 1 mmrechts: feinste Fraktion = kleiner als 0.063 mm
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> <p>Die Kurve KALIBER zeigt den Bohrlochdurchmesser an. Der Meißeldurchmesser beträgt 27 cm. GAMMA-RAY und KALIBER sind Bohrlochmessungen.</p>
FOLIATION	<p>Das Einfallen der Foliation in Grad ist als Zahl und zur Veranschaulichung als Graph angegeben.</p>
LITHOLOGIE	<p>Gesteinsname und seine graphische Darstellung</p>
ALTERATION	<p>Nach der Cutting- und Dünnschliffanalyse wurde ein qualitativer Frischegrad nach folgendem Schema festgelegt:</p> <ul style="list-style-type: none">1 = frisches Gestein2 = schwach alteriertes Gestein3 = deutlich alteriertes Gestein4 = völlig alteriertes Gestein
KERNMARSCH	<p>Ein Kernmarsch ist ein maximal 9 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 oben angekommene Kernstrecke heißt GEWINN. Der Kerngewinn wird schematisch nach oben an den Beginn des Kernmarsches geschoben.</p>

MINERALISATION Hier sind 5 ausgewählte Einzelminerale (im Gegensatz zu Gesteinsbruchstücken) nach der Cutting-Analyse für jeden Meter aufgelistet. Sie stammen wohl zum überwiegenden Teil von Klüften, Störungen, Gängen oder Mobilisaten. Durch Klammern (wenig), Unterstreichen (deutlich) und Einkreisen (viel) wird eine halbquantitative Mengenangabe gegeben. Zur besseren Übersicht wird eine Darstellung im Maßstab 1:2000 dem Detailprofil vorangestellt.

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

Cutting RDA/RFA: Hier liegt eine Modalanalyse mit Röntgen-Diffraktometer und eine Haupt- und Spurenelement-Analyse mit Röntgen-Fluoreszenz-Spektrometer von Cuttingmaterial vor.

Zentrifuge RDA/RFA: Das gleiche von einer Bohrmehlprobe. Sie wird durch Zentrifugieren der Bohrspülung gewonnen.



Biotitgneis



Marmor



Amphibolit



Lamprophyr



Aplitgranit



Kataklasit



Quarzgang

Mineral-/Gesteinsabkürzungen:

BIO - Biotit

KFS - Kalifeldspat

CAL - Calcit

KKL - Kataklasit

CCC - Graphit

PLG - Plagioklas

EPD - Epidot

PYR - Pyrit

GNT - Granat

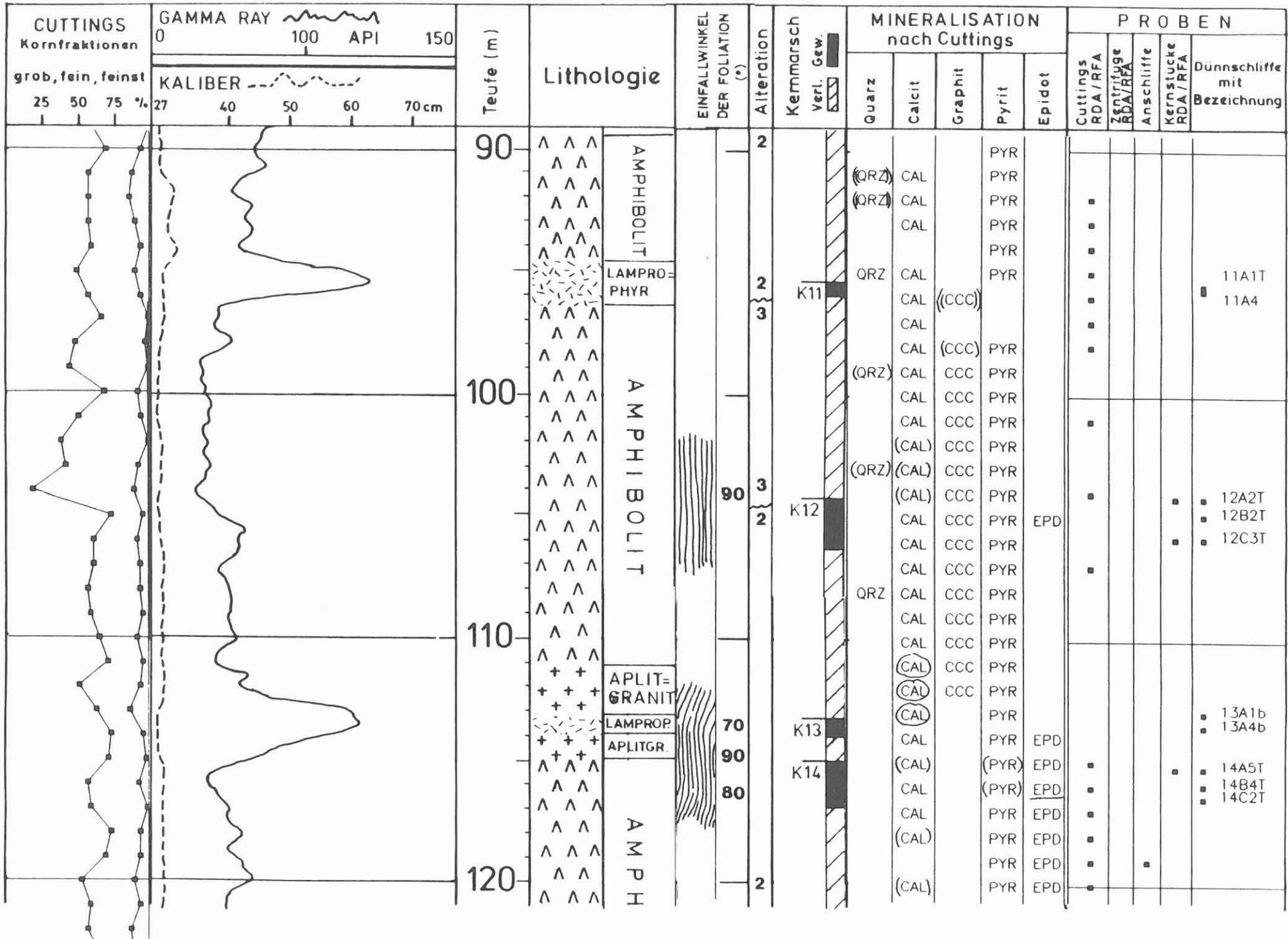
QRZ - Quarz

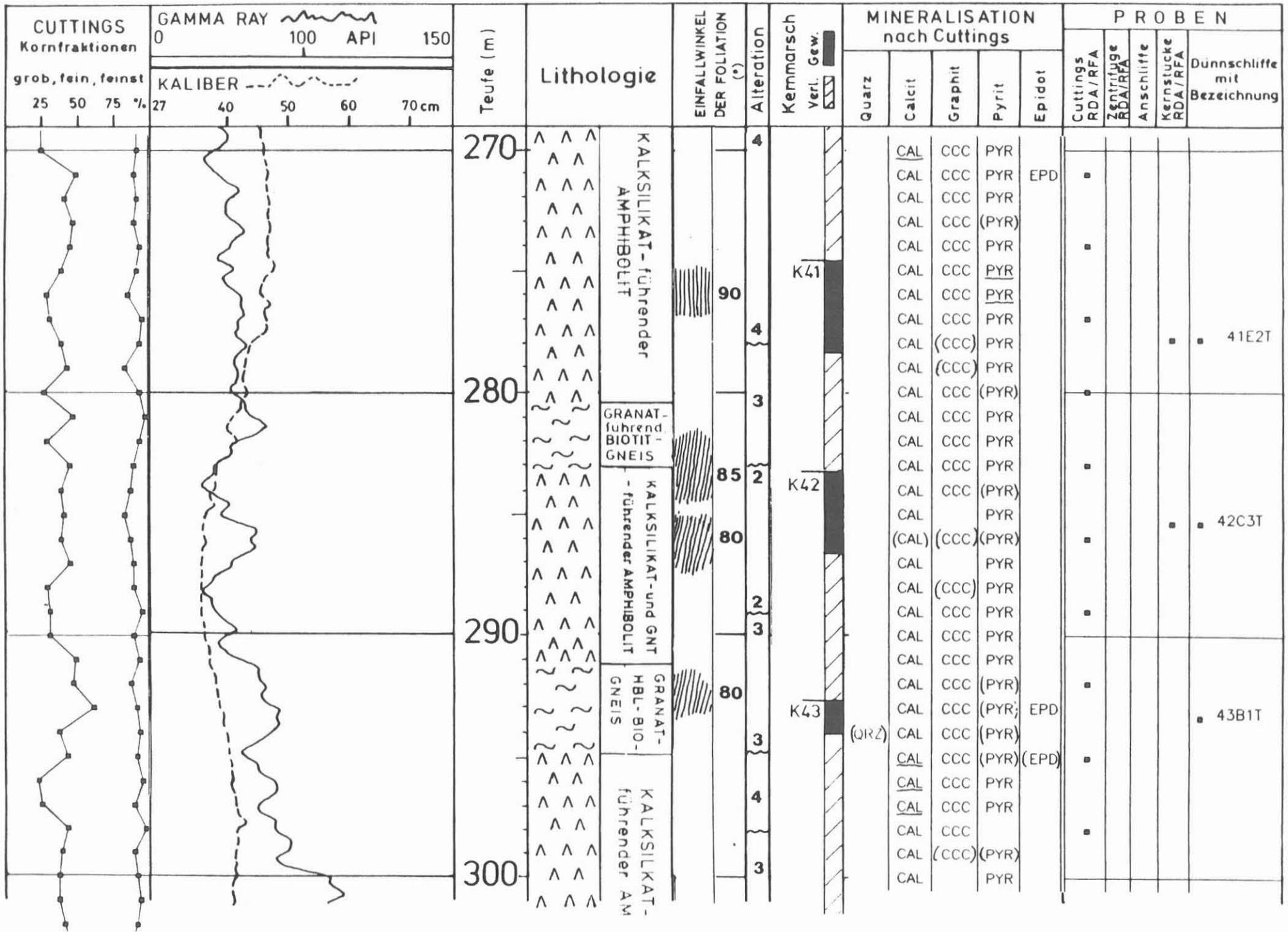
HBL - Hornblende

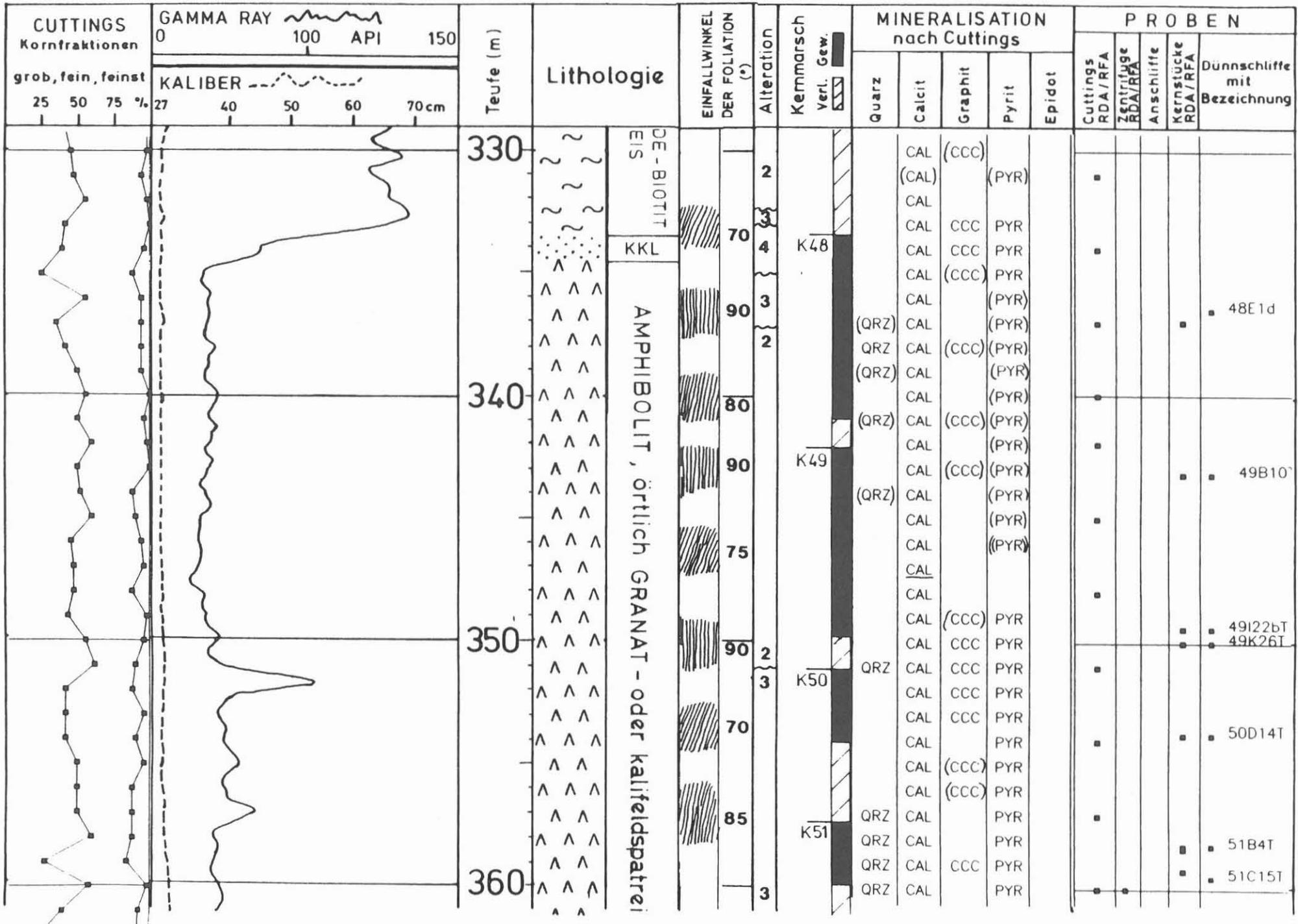
Abb. I - 1

Profildarstellung der geologischen Ergebnisse im Vergleich mit ausgewählten bohrtechnischen Daten und Bohrlochmessungen (Maßstab 1 : 200):

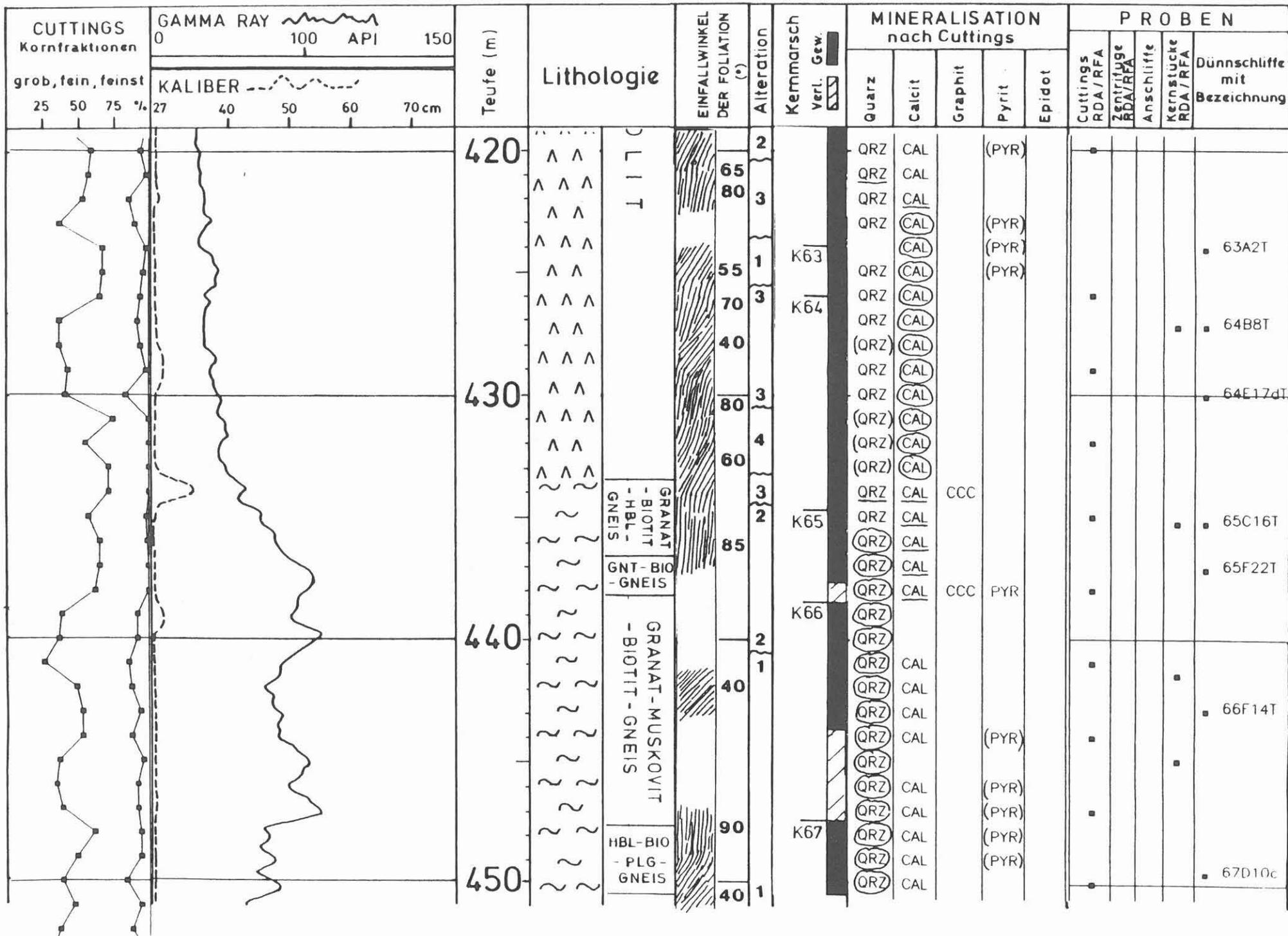
Lithologie, Gesteinsalteration und Kluftmineralisation nach Cuttings-Analyse (Bearbeiter: G. Graup),
Einfallen der Foliation (Bearbeiter: T. Massalsky;
Zeichnung: E. Nuber).

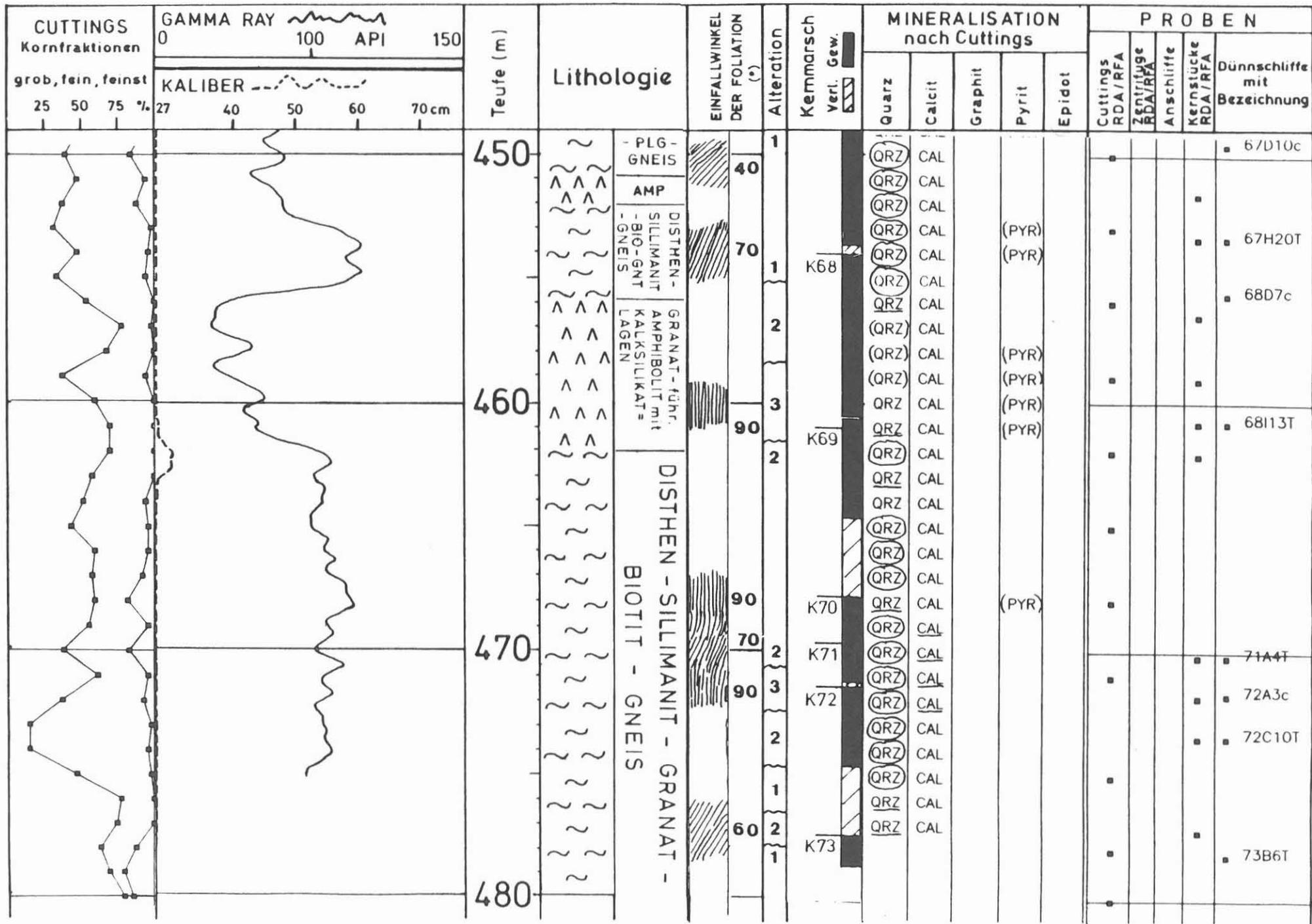






CUTTINGS Kornfraktionen	GAMMA RAY 0 100 API 150	Teufe (m)	Lithologie	EINFALLWINKEL DER FOLIATION (°)	Alteration	Kernmarsch Verl. Gew.	MINERALISATION nach Cuttings					P R O B E N						
							grob, fein, feinst 25 50 75 %	KALIBER 27 40 50 60 70 cm	Quarz	Calcit	Graphit	Pyrit	Epidot	Cuttings RDA/RFA	Zentrifuge RDA/RFA	Anschliffe	Kernstücke RDA/RFA	Dünnschliffe mit Bezeichnung
		390	G R A N A T - führender A M P H I B O L	80	3	K57	QRZ	CAL		(PYR)								
						2		QRZ	CAL									57C4T
						2	K58	(QRZ)	CAL									
						3		(QRZ)	CAL									58C1qT
						3		QRZ	CAL									
						2		(QRZ)	CAL	(PYR)								
						2		(CAL)		(PYR)								
		400			90	3		CAL		(PYR)								
						3		CAL		(PYR)								
						2	K59	CAL										59B6d
						2		CAL	(CCC)	(PYR)								
						2	K60	CAL	CCC	(PYR)								
						2		QRZ	CAL		(PYR)							60C1T
						2		QRZ	CAL		(PYR)							
						2		QRZ	CAL		(PYR)							
		410		40	2		QRZ	CAL	CCC		EPD							
					2		QRZ	CAL										
					2	K61	CAL										61A2cT	
					2		QRZ	CAL										
					3		QRZ	CAL										
					2		QRZ	CAL										
					2		(QRZ)	CAL										
					2		QRZ	CAL										
					2	K62	QRZ	CAL									62A2T	
					2		QRZ	CAL										
		420		70	2		QRZ	CAL		(PYR)								





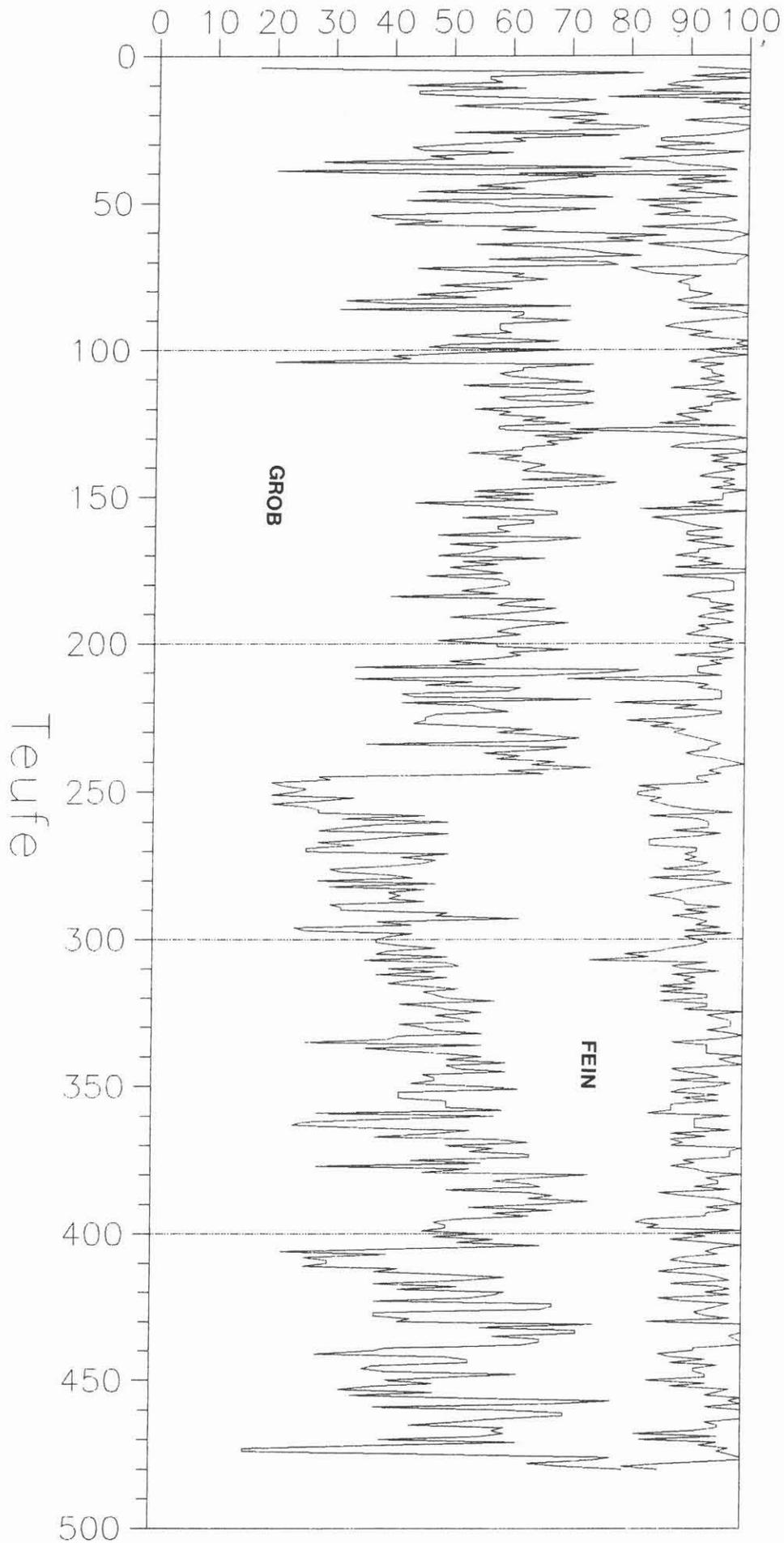


Abb. I-2: Prozentualer Anteil der Grob- (> 1 mm), Fein- (0.063 - 1 mm) und Feinstfraktion (<0.063 mm) der ausgetragenen Cuttings in Abhängigkeit von der Teufe

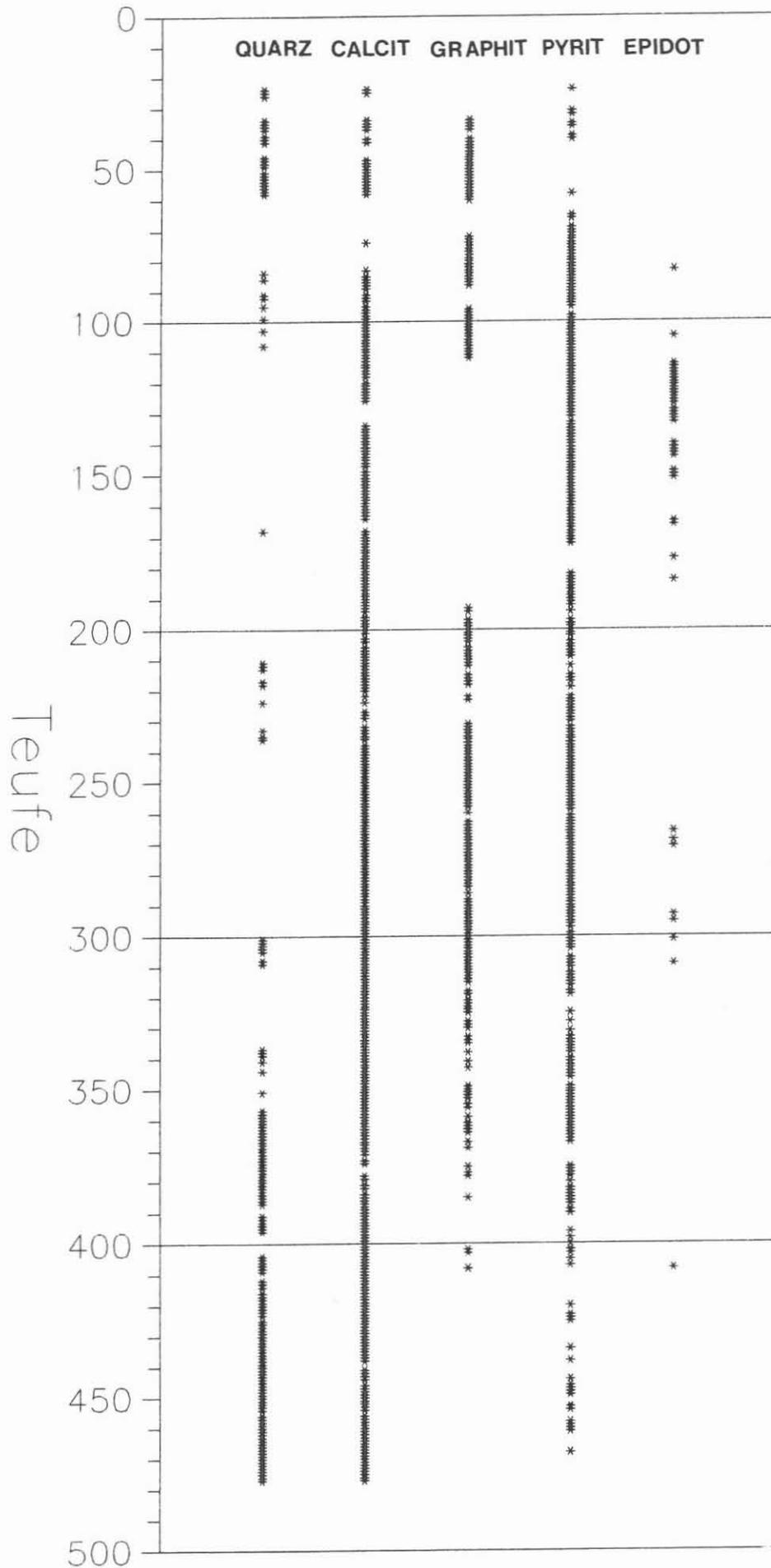


Abb. I-3: Verteilung bestimmter Einzelminerale in Abhängigkeit von der Teufe nach Cuttings-Analyse

HINWEISE FÜR DIE BENUTZUNG DER FORMBLÄTTER ZUR KERNAUFNAHME IM
KTB-FELDLABOR

S. Uhlig

1. Einleitung
2. Formblatt "Kerninventarisierung"
 - 2.1. Grundlagen
 - 2.1.1. Kernmarsch, Sektion
 - 2.1.2. Kernstücke
 - 2.2. Aufbau des Formblattes "Kerninventarisierung"
3. Formblatt "Makroskopische Aufnahme"
 - 3.1. Aufbau des Formblattes "Petrographie"
 - 3.2. Aufbau des Formblattes "Gefüge"
4. Formblatt "Petrographie Mikroskopisch"
5. Formblatt "Probenverwaltung"
6. Formblatt "Schliffverzeichnis"
7. Formblatt "Geochemie"
8. Formblatt "Spülung"
9. Formblatt "Fluid-Einschlüsse"

ANHANG (Kürzelkatalog, Formblätter)

1. Einleitung

Ausgehend von einer zukünftigen EDV-unterstützten Kerninventarisierung, -aufnahme und -auswertung (besonders in Hinblick auf einen Datenvergleich Vorbohrung - Hauptbohrung), sollten von Beginn der Vorbohrung an die dabei anfallenden Kerndaten EDV-gemäß aufgenommen werden. Dazu wurden die vorliegenden Formblätter geschaffen, die eine nachträgliche Dateneingabe in rechnergestützte "Masken" erlauben. Wichtig für die weitere Software-Struktur ist die grundlegende Anforderung, Daten nicht nur tiefenabhängig zu speichern und zu verarbeiten, sondern auch nach "internen Verknüpfungen". Damit ist eine optimale Dateninterpretation für die Lösung geologischer und bohrtechnischer Fragestellungen gewährleistet.

Voraussetzung für die EDV-unterstützte Kernaufnahme ist die Aufstellung und Verwendung eines ausbaufähigen Kürzelkatalogs der in den Formblättern verwendeten Fachbegriffe. Aus formalen Gründen wurden Kürzel gewählt, die aus einer Dreiergruppe von Großbuchstaben bestehen (siehe Anlage). Es wird angestrebt, den Kürzelkatalog durch Definitionen jedes Fachbegriffes zu ergänzen und für jede Datenspalte der Formblätter eine Liste der zu benutzenden Kürzel aufzustellen.

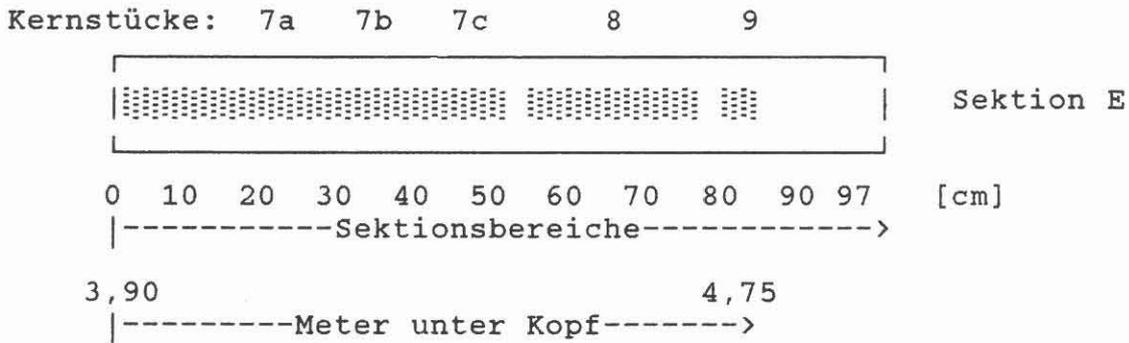


Abb. 2: Bezeichnung der Kern(teil)stücke

Im allgemeinen sollen die einzelnen Kernstücke eines Kernmarsches nach oben (beim Punkt 0 beginnend) zusammengeschoben werden. Ist es möglich, innerhalb des Kernrohres einen Kernverlustbereich festzulegen, so kann dieser wie ein Kernstück behandelt werden (und erhält wie dieses eine Nummer). Abschnitte des Kerngewinns, in denen nur "Roller" (+/- gerundete Gesteinsbruchstücke) vorhanden sind, werden ebenfalls wie ein Kernstück behandelt. Hinter der Kernstücknummer, die einem Sektionsbereich, in dem nur "Roller" vorhanden sind, gegeben wurde, weist ein R auf die Art des Kerngutes hin, V auf Kernverlust, K auf einen künstlich gebrochenen (z.B. gesägten) Kern und E auf einen Extrakern (Kernteil des letzten Kernmarsches, der beim Ziehen des Kernfangrohres stehen geblieben ist).

Die einzelnen Kernstücke werden mit kleinen Etiketten (max. 1 cm² groß), auf denen Kernmarsch, Sektion und Kernstücknummer vermerkt sind, gekennzeichnet. Auf diesen Etiketten zeigt ein Pfeil die Richtung des Bohrfortschrittes an. Zum Schutz dieser Etiketten sollte schnelltrocknender Klarsichtlack (farbloser Zweikomponenten-Autolack auf Acrylbasis) verwendet werden, falls sich selbstklebende Textiletiketten nicht bewähren.

Proben von Kernstücken erhalten folgende Kennzeichnung:
Kernmarschnummer + Sektionsangabe + Kernstücknummer und evtl. Ergänzungen zum Kernstück (R, V, E, T): z.B. 356A5bT (max. acht Zeichen)

2.2. Aufbau des Formblattes "Kerninventarisierung"

Seite: fortlaufende Blattnummerierung

Marsch: Nummer des Kernmarsches (mit der Teufe zunehmend von 1 bis XXXX)

Teufe: Angabe der oberen und unteren Teufe (vorläufige Bohrmeisterteufe) des Kernmarsches, in Meter mit zwei Nachkommastellen

Blatt: Zahl der Arbeitsblätter pro Sektion eines Kernmarsches (1-9 Blätter, kann jedoch beliebig erhöht werden)

Sektion: Sektionen des Kernmarsches (die max. Länge der Sektionen ist vorgegeben durch die Länge der Kernkisten, die Anzahl der

Sektionen durch die Länge des Kernmarsches, bzw. durch den Kerngewinn), Bezeichnung mit Großbuchstaben von A bis J); in Klammern () wird die letzte Sektion des Kernmarsches angegeben, bei nur einer Sektion: A (A)

Sektionsbeginn: Beginn der Sektion unter Kopf (des Kernmarsches), Angabe in Meter mit 2 Nachkommastellen

m u. Kopf: Meter unter Kopf, Beginn der Sektion unter Kopf (des Kernmarsches)

Datum: Datum der Kerninventarisierung

Gewinn: wirklicher Kerngewinn eines Kernmarsches (ohne Kernverlustzonen, aber einschl. Extrakern; Angabe in Metern mit zwei Nachkommastellen)

Verlust: Kernmarschlänge minus Kerngewinn, bzw. Länge der Kernstücke, die im Bohrloch zurückblieben (in Meter, s.o.)

Bearbeiter: Name des Bearbeiters in Großbuchstaben (max. 8)

Entnahmedatum: Datum der Kernentnahme

Zeit: Angabe der Uhrzeit (Ortszeit), zu der das Kernrohr bei "Nullteufe" angelangt ist

Kernstücke: Hier werden die Kernstücke einer Sektion graphisch (in ihren Umrissen) dargestellt; lithologische und strukturelle Merkmale können dabei kurz skizziert werden.

Zustand: Darstellung des Kernzustandes (Kernverlust, "Roller", Stückigkeit der Bohrkerne, Störungen, etc.; s. Abb. 3)

Orient.: Sektionsbereiche, in denen die Kernorientierungslinie auf den Kernstücken der Sektion aufgetragen wurde (eine schwarze durchgehende Linie und parallel dazu eine unterbrochene rote Linie, bei Blick in Bohrrichtung befindet sich die rote Linie links von der schwarzen Linie).

Kst.Nr: Bezeichnung der Kernstücke (Kernstücknummer)

Proben: Hier sollen Proben der Sektion eingetragen werden, die mit im Feldlabor zur Verfügung stehenden Methoden zu untersuchen sind (unter dem Kernstückteil, der untersucht werden soll, wird die Untersuchungsmethode eingetragen: DL = Durchlicht, RL = Reflektiertes Licht, FE = Flüssigkeitseinschlußuntersuchung, RDA = Röntgendiffraktometeranalyse, RFA = Röntgenfluoreszenzanalyse, Gesteinsphysik = GP, etc.). Es empfiehlt sich, den genauen Probenentnahmepunkt in der Darstellung des Kernstücks festzuhalten.

Lithologie: graphische Darstellung (Grobdarstellung) der Lithologie (auch Störungen, etc.)

Einheit: Angabe der Nummer der Lithologischen Einheit (mit zunehmender Teufe von 1 bis XXXX)

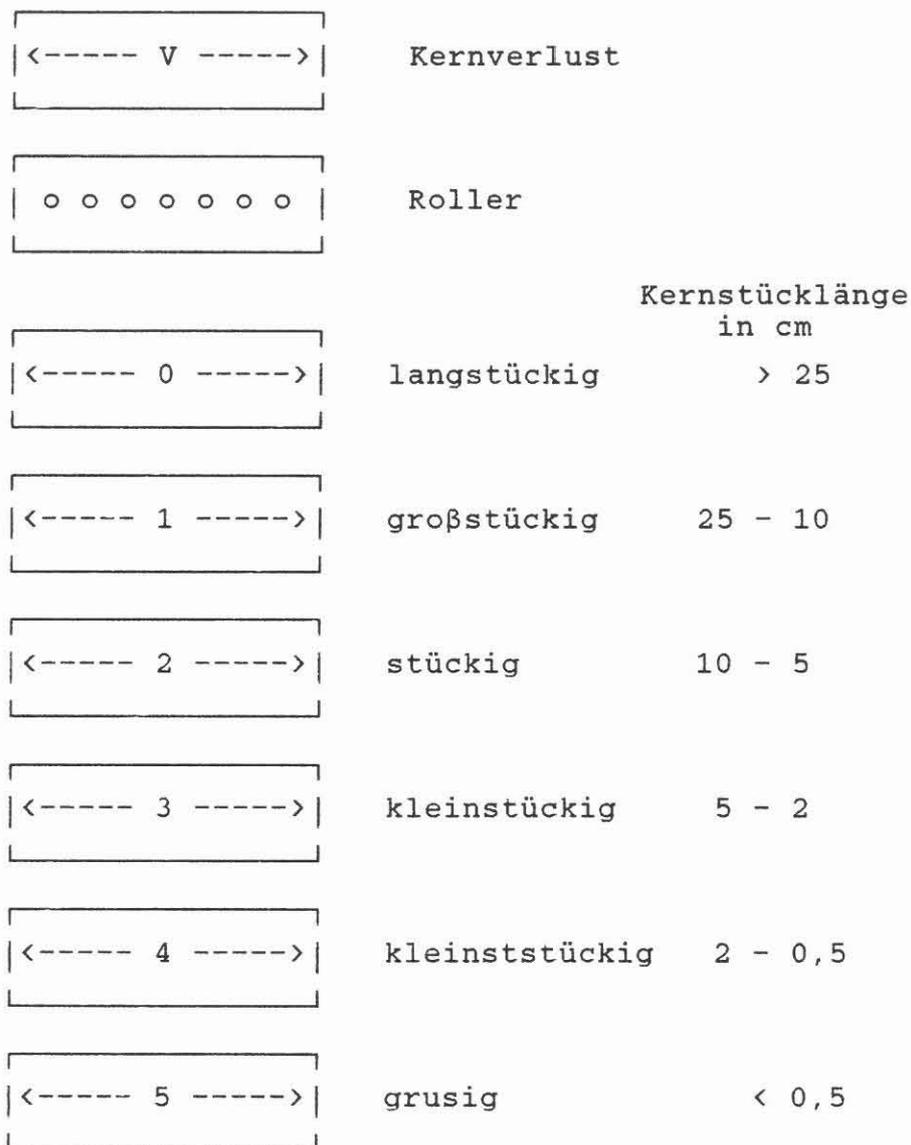


Abb. 3: Darstellung des Kernzustands und der Stückigkeit

Kernstücke (hier werden die Kernstücke einer Sektion aufgelistet, unter der Angabe von):

Nr: Nummer des Kernstücks (s.o.)

Sektionsbereich: Sektionsbereich des Kernstücks in cm (das obere Ende einer Sektion ist 0, das untere Ende liegt bei max. 97 cm), Angabe nur in ganzen Zentimetern; bei Kernstücken mit schrägen Anschnitten reicht deren Sektionsbereich von Spitze bis Spitze. Beginnt eine neue Sektion oder auch ein neuer Kernmarsch, so ist bei der Angabe "Meter unter Kopf" zu berücksichtigen, daß sich die "Spitzenbereiche" aufeinanderfolgender Kernstücke überlappen.

Obere Teufe: dem oberen Sektionsbereich eines Kernstücks entspricht eine obere Teufe (obere Teufe des Kernmarsches + "Meter unter Kopf"-Angabe), Angabe in Meter mit 2 Nachkommastellen

Lithologische Einheiten (gekernt): Hier werden die lithologischen Einheiten einer Sektion aufgelistet. Ihre Beschreibung erfolgt im Arbeitsblatt "Petrographie Makroskopisch".

Nr: Nummer der Lithologischen Einheit (mit zunehmender Teufe von 1 bis XXXX)

Sektionsbereich: Sektionsbereich der lithologischen Einheit (in ganzen cm), sollte die ganze Sektion aus einer lithologischen Einheit bestehen, wie auch die letzte (und/oder nächste) Sektion, so wird hier 0-97 eingetragen (Angabe in cm).

Beginn der Lith. Einh.:

KM: Kernmarsch, in der die Lithologische Einheit beginnt (erstmalig auftritt)

u.K.: Beginn der Lithologischen Einheit unter Kopf (des Kernmarsches)

Teufe: Teufe, in der die Lithologische Einheit beginnt

Gestein: Name der lithologischen Einheit (Eintrag erfolgt meist erst nach der petrographischen Detailaufnahme, Angabe in Kürzeln)

Bemerkungen: Ergänzende Angaben zum Kerngut der Sektion oder zum gesamten Kernmarsch

3. Formblatt "Makroskopische Aufnahme"

In diesem Formblatt sind die "Masken" der Arbeitseinheiten "Petrographie" und "Gefüge" zusammengefaßt. Der Kopfteil des Formblattes entspricht annähernd dem des Formblattes "Kerninventarisierung".

3.1. "Petrographie"

In diesem Formblatt sollen die Lithologischen Einheiten beschrieben werden. Eine Lithologische Einheit wird durch charakteristische Merkmale (Gefüge, Mineralbestand, etc.) definiert. Ändert sich mit zunehmender Teufe die Lithologie, so wird eine neue Lithologische Einheit unterschieden. Besteht ein Gestein aus einer engen Wechselfolge von unterschiedlichen, bis zu wenige dm mächtigen Lagen, so kann diese Wechselfolge als eine Lithologische Einheit beschrieben werden. Die einzelnen Lagen können hier z.B. als Teileinheiten beschrieben werden. Die Lithologischen Einheiten sollten von 1 bis XXXX durchnummeriert werden. Auch wenn eine Lithologische Einheit einer anderen, höher gelegenen Einheit (nicht der letzten!) entsprechen sollte, erhält sie eine neue (die fortlaufende) Nummer.

Aufbau des Formblattes "Petrographie":

Litholog. Einheit: fortlaufende Nummer der Lithologischen Einheit

Teileinheit: Nummer der Teileinheit (max. 9 sollten ausreichen)

Sektionsbereich in cm: Angabe des Sektionsbereichs, in dem die Lithologische (Teil-) Einheit auftritt

Gestein: Gesteinsbezeichnung der Lithologischen (Teil-) Einheit

Textur, Struktur: Angabe charakteristischer Gefügemerkmale der Lithologischen (Teil-) Einheit

Farbe: Farbeindruck der Lithologischen (Teil-) Einheit; neben den allgemeinen Farbbezeichnungen des Kürzelkatalogs sollte zusätzlich die Farbansprache (bei nassem Kern) der Internationalen Gesteinsfarbskala (Rock Color Chart) angegeben werden.

Alteration: Alterationszustand der Lithologischen (Teil-) Einheit

Verteilung, Anteil (%): Dimensionsangabe, Verteilung bzw. Abschätzung des Anteils (in Vol.-%) der Teileinheit in der Lithologischen Einheit

Mineral: mineralischer Bestandteil der Lithologischen (Teil-) Einheit, auf den sich die nachfolgenden Angaben beziehen

Volumen-Anteil: Volumenabschätzung des Mineralanteils oder Häufigkeitsangabe nach Kürzelkatalog (z.B. < 1 Vol.-% entspricht akzessorisch = AKZ)

Korngröße (mm): Korngrößenbereich des Minerals in mm

Kornausbildung: Ausbildung, Gestalt des Minerals

Verteilung: räumliche Anordnung, Verteilung des Minerals innerhalb der Lithologischen (Teil-) Einheit

Ergänzung: zusätzliche Angaben über Alterationsneubildungen, Altersabfolge, Mineralfarbe

3.2. Aufbau des Formblattes "Gefüge"

Sektionsbereich in cm: Lage des Gefügeelements innerhalb der Sektion (Angabe in Zentimeter, kann auch ein Bereich von XX bis XX sein)

m unter Kopf: Lage des Gefügeelements (bzw. des oberen Sektionsbereichs) unter Kernmarschkopf, Angabe in Meter mit 2 Nachkommastellen

Teufe: Lage des Gefügeelements als mittlere Teufenangabe oder als Angabe der oberen Teufe des Sektionsbereichs, in dem das Gefügeelement auftritt; Angabe in Meter mit 2 Nachkommastellen

Litholog. Einheit: Angabe der Lithologischen Einheit (Nummer), in der das beschriebene Element auftritt

Nr.: Nummer des Gefügeelements (je Sektion von 1 bis XX), Reihenfolge möglichst entsprechend der genetischen Abfolge

Element: Gefügeelement, auf das sich die nachfolgenden Angaben beziehen

Richtung: Fallrichtung des Gefügeelements (oder Streichrichtung, falls Angabe der Fallrichtung für das Gefügeelement nicht sinnvoll oder nicht möglich), d.h. bei nicht orientierten Kernen: relative Orientierung zur schwarzen Linie, der Orientierungslinie (von dieser ausgehend wird im Uhrzeigersinn gemessen)

Einfällen: Angabe des Fallwinkels (bzw. Fallwinkel und Fallrichtung)

Kernorient.: bei Entnahme von orientierten Bohrkernen wird dies hier mit einem Pluszeichen (+) festgehalten.

Ausprägung: Form und Ausbildung des Gefügeelements

Dimension (cm): Größe, Mächtigkeit, Amplitude des Gefügeelements

Mineralisation: Mineralisationen des Gefügeelements, Alterationserscheinungen

Altersbeziehung: Angabe zur relativen Altersabfolge von Gefügeelementen

Ergänzung: zusätzliche Angaben

4. Formblatt "Petrographie Mikroskopisch"

In diesem Formblatt werden die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung (im Durchlicht und/oder Auflicht) festgehalten.

Aufbau des Formblattes:

Seite: fortlaufende Nummerierung der Formblätter

Marsch: Nummer des Kernmarsches, aus dem die untersuchte Probe (Schliff) stammt

Obere Teufe: Kopfteufe des Kernmarsches

Blatt: Zahl der Formblätter einer Präparatbeschreibung

Sektion: Sektion, aus der das Präparat stammt; in Klammern () steht die letzte Sektion des Kernmarsches

Kernstück: Nummer des Kernstücks, von dem die Probe stammt

Datum: Datum der Bearbeitung

Schliff: Werden von einer Probe mehrere Präparate hergestellt, so wird hier die Schliffnummer eingetragen (1-9). Im Normalfall trägt der Schliff die Nummer der Probe (Kernmarsch + Sektion + Kernstücknummer) und (bei Bedarf) anstelle der Schliffnummer die Bezeichnung der Teilprobe.

m u. Kopf: Meter unter Kopf (des Kernmarsches); Beginn des Kernstücks, von dem die Probe stammt

Teufe: Angabe der Teufe, aus der der Schliff stammt

Bearbeiter: Durchführender der mikroskopischen Untersuchung

Lithologische Einheit: Nummer der Lithologischen Einheit, aus der die untersuchte Probe stammt

Teileinheit: Nummer der Teileinheit

Gesteinsname Makro: Gesteinsbezeichnung nach der makroskopischen Ansprache

Schnittlage: Angabe der Schnittlage bei orientierten Schliffen

Gesteinsname Mikro: Gesteinsbezeichnung nach der mikroskopischen Ansprache

Gefüge: strukturelle und tekturale Merkmale des Gesteins im Dünnschliff

Teileinheit im Schliff: Bezeichnung der Gesteinsteileinheit im Schliff (z.B. Flasern, Lagen, Kontaktbereiche, etc.)

Anteil, Verteilung im Schliff: Anteil, Verteilung, räumliche Anordnung der Gesteinsteileinheit im Schliff

Mineral: mineralischer Bestandteil, auf den sich die nachfolgenden Angaben beziehen (Kürzel und eine Zahlenangabe, um Mineralgenerationen zu unterscheiden; z.B. QRZ1, QRZ2)

Anteil, Vol.-%: Volumenabschätzung des Mineralanteils oder Häufigkeitsangabe nach Kürzelkatalog (z.B. < 1 Vol.-% entspricht akzessorisch = AKZ)

Korngröße (mm): Korngrößenbereich des Minerals in mm

Ausbildung, Gestalt: Ausbildung, Gestalt des Minerals

Verteilung: räumliche Anordnung, Verteilung des Minerals

Alteration: Alterationserscheinungen und Alterationsneubildungen

Abfolge, Reaktionssäume, Einschluß: Angabe von Altersbeziehungen zwischen Mineralen (und Gefügeelementen), Beschreibung von Reaktionssäumen und Einschlüssen

Ergänzung, optische Eigenschaften: ergänzende Bemerkungen, Besonderheiten und optische Eigenschaften (z.B. optischer Charakter, Pleochroismus, Eigenfarbe, Interferenzfarbe, etc.)

Skizze, Foto: Dieser Platz soll für Dünnschliffbilder etc. genutzt werden.

5. Formblatt Probenverwaltung

Dieses Formblatt dient dazu, die einzelnen Untersuchungsvorhaben an Kernproben festzuhalten und einen Überblick über noch ausstehende Arbeiten bzw. Proben zu geben.

Aufbau des Formblattes:

Seite: fortlaufende Nummerierung der Formblätter

Verzeichnis der Proben von Kernmarsch: Angabe des Kernmarsches, aus dem die zu untersuchenden Proben stammen

Obere Teufe: Kopfteufe des Kernmarsches (in Meter mit 2 Nachkommastellen)

Blatt: Blattzahl (max. 9 pro Kernmarsch)

Bearbeiter: Name des Bearbeiters

Datum: des ersten Eintrags

Skt: Angabe der Sektion, aus der die Kernprobe stammt

Kern: Bezeichnung des Kernstücks

Tl: Bezeichnung der Teilprobe, sofern erforderlich

m u. Kopf: Meter unter Kopf (des Kernmarsches), Beginn des Kernstücks, von dem die Probe stammt

Teufe: Angabe der Teufe, aus der die Probe stammt

Gestein: Gesteinsname

Methode: Untersuchungsmethode (z.B. AAS, ICP, RDA, RFA, etc.)

wo?: Ort der Untersuchungen (z.B. Inst. f. Geowissenschaften und Lithosphärenforschung in Gießen = Gi, Institut für Geowissenschaften und Dynamik der Erde = IGDL, Geophysikalisches Institut in München = Mü, etc.)

Ausgabe: Datum der Probenausgabe

Rückgabe: Datum der Probenrückgabe und/oder Eingang der Untersuchungsergebnisse

6. Formblatt "Schliffverzeichnis"

Dieses Formblatt dient der Inventarisierung der Schliffpräparate.

Aufbau des Formblattes:

Seite: fortlaufende Nummerierung der Formblätter

Kernmarsch: Nummer des Kernmarsches, aus dem die Kernproben für die Schliffpräparation stammen

Obere Teufe: Kopfteufe des Kernmarsches

Blatt: Blattzahl

Schliff-Nr: Schliffnummer (entspricht der Nummer des Kernstücks)

Skt: Sektion des Kernmarsches, aus der die Probe stammt

Kernstück: Kernstücknummer

Tl: Nummer der Teilprobe, falls erforderlich

unter Kopf: "Meter unter Kopf"-Angabe des Kernstücks

Teufe: Angabe der Teufe, aus der der Schliff stammt

Lage: Orientierung des Schliffes, falls zutreffend

Gestein: Gesteinsbezeichnung

DS,AS: Angabe ob Dünnschliff oder Anschliff

Auswertung: erfolgt, ja/nein

Bemerkungen: z.B. Spezialuntersuchungen, etc.

7. Formblatt "Geochemie"

In diesem Formblatt werden die Ergebnisse geochemischer Untersuchungen festgehalten. Aus Platzgründen wurden auf dem Formblatt drei Arbeitsblätter nebeneinander dargestellt.

Aufbau des Formblattes:

Seite: fortlaufende Nummerierung der Formblätter

Probenmaterial: K = Kern, C = Cuttings, Z = Zentrifuge

Marsch: Nummer des Kernmarsches, aus dem die untersuchte Kernprobe stammt (wird bei C- und Z-Proben nicht angegeben)

Skt: Angabe der Sektion

KStück: Bezeichnung des Kernstücks, aus dem die untersuchte Probe stammt

Teufe: Teufenangabe der Probe, in Metern mit 2 Nachkommastellen (bei C- und Z-Proben wird nur die Teufe angegeben)

Tl: Werden innerhalb eines Kernstückbereichs mehrere Proben genommen oder eine Probe in Teilproben unterteilt, so wird hier die Bezeichnung der Teilprobe eingetragen.

LabNr: Labornummer, Bearbeitungsnummer der zu untersuchenden Probe (interne Nummer der RFA)

Bearbeiter: Durchführender der RFA

Dat: Datum der geochemischen Untersuchung (getrennt für Haupt- und Spurenelementmessungen)

Hauptelemente Gew.-%: Konzentrationen (Gewichts-%) der aufgeführten Hauptelemente, jeweils Angabe von maximal 3 Zahlenstellen (z.B: 25,5; 2,45)

Spuren ppm: Konzentrationen (in ppm) der aufgeführten Spurenele-

mente

Summe: Summe (in Gew.-%) der bestimmten Hauptelementkonzentrationen

Bemerkungen: Anmerkungen zur Probe und/oder zur Analytik

8. Formblatt "Spülung"

In diesem Formblatt werden die Ergebnisse chemischer Untersuchungen an Spülungsproben eingetragen. Aus Platzgründen wurden auf dem Formblatt zwei Arbeitsblätter dargestellt.

Aufbau des Formblattes:

Seite: fortlaufende Nummerierung der Formblätter

Beprobung (Daten zur Probennahme und Probenkennzeichnung):

Datum: der Beprobung

Uhrzeit: der Beprobung

Teufe: Teufenangabe der Probe

Spülmenge: Menge der Spülungsprobe (in Liter)

Spülmittelzusätze: Art der Spülmittelzusätze

Datum: des Spülmittelzusatzes

Uhrzeit: des Spülmittelzusatzes

Einl (Daten zur Spülung bei Einleitung):

Eh: Eh-Wert

pH: pH-Wert

Ausl (Daten zur Spülung bei Verlassen des Bohrlochs):

Eh: s.o.

pH: s.o.

T: Temperatur (in °C)

Bearb: Durchführender der chemischen Untersuchungen

Datum: der chemischen Untersuchungen

K a t i o n e n :

Säurezusatz: bei Säurezusatz wird hier ein Plus (+) eingetragen
Konzentrationen der Kationen in ppm und mval/l

Σ: Summe der Kationenkonzentrationen

A n i o n e n :

Filtergröße: Siebgröße bei Filtration (in μ)
Konzentrationen der Anionen in ppm und mval/l
 Σ : Summe der Anionenkonzentrationen

Bemerkungen: Anmerkungen zur Probe und/oder zur Analytik

9. Formblatt "Fluid-Einschlüsse"

In diesem Formblatt werden die Ergebnisse der geochemischen Untersuchungen (Dekrepiations-ICP-Methode) von Flüssigkeitseinschlüssen festgehalten. Aus Platzgründen wurden auf diesem Formblatt drei Arbeitsblätter dargestellt.

Aufbau des Formblattes:

Seite: fortlaufende Nummerierung der Formblätter

Marsch: Nummer des Kernmarsches, aus dem die untersuchte Probe stammt

Skt: Angabe der Sektion

KStück: Bezeichnung des Kernstücks, von dem die Probe stammt

Teufe: Teufenangabe der Probe (in Metern mit 2 Nachkommastellen)

Tl: Werden innerhalb eines Kernstückbereichs mehrere Proben genommen oder eine Probe in Teilproben unterteilt, so wird hier die Bezeichnung der Teilprobe eingetragen.

LabNr: Labornummer, Bearbeitungsnummer der zu untersuchenden Probe

Bearbeiter: Durchführender der geochemischen Untersuchungen

Dat: Datum der geochemischen Untersuchung

Gehalte in äq. ppm: Element-Äquivalent-Gehalte in ppm

Σ Na+Ca+K: Summe der Element-Äquivalent-Gehalte von Na, Ca, K

Elementverhältnisse: Element-Gewichts-Verhältnisse

Equilibr.-Temp. in °C: Equilibrierungstemperaturen, berechnet nach verschiedenen Autoren:

K/Na, nach FOURNIER (1984)

K/Na, nach TRUESDELL (1984)

Na-Ca-K, nach FOURNIER & TRUESDELL (1972)

Na-Ca-K, nach BENJAMIN et al. (1983)

Zwei Leerzeilen für Bemerkungen

ANHANG

- Kürzelkatalog

- Formblätter "Kerninventarisierung"

"Makroskopische Aufnahme"

"Petrographie Mikroskopisch"

"Probenverwaltung"

"Schliffverzeichnis"

"Geochemie"

"Spülung"

"Fluid-Einschlüsse"

KURZLISTE DES KTB-FELDLABORS

NACH KÜRZELN SORTIERT

VERSION VOM 5.12.1987

ABG abgerundet
 ABN abnehmend
 ABR aufgebrochen
 ABS Abschiebung
 ABT ausgebildet
 ADE Ader
 AEG Aegirin
 AEN aehnlich
 AGF aufgefiedert
 AGG Aggregat
 AGO Antigorit
 AGR angereichert
 AKT Aktinolith
 AKZ akzessorisch
 ALB Albit
 ALK Alkali-
 ALM Almandin
 ALT alteriert
 ALW Ausloeschungswinkel
 AMB amoeboid
 AMF Amphibol
 AMO amorph
 AMP Amphibolit
 ANA anatektisch
 AND Andesit
 ANG angewittert
 ANI anisotrop
 ANL Andalusit
 ANO Anorthosit
 ANP Antiperthit
 ANT Anthophyllit
 AOR Anorthit
 APA Apatit
 APH aphanitisch < 0.06 mm
 APL Aplit
 APO Aplitoid
 APT aplitisch
 ARA Aragonit
 ARF Arfvedsonit
 ART arteritisch
 ASF Ausfuellung
 ASS Arsenkies
 ASS Arsenopyrit
 ATS Anatas
 ATX Anatexit
 AUF Aufschiebung

AUG Augit
 AUS ausgewalzt
 AUX Augentextur
 AWS Anwachssaum
 AZU Azurit
 BAH Bahn
 BAN Baenderung
 BAR Baryt
 BAR Schwerspat
 BAS Basalt
 BAT Basanit
 BCH Bruch
 BCU Bornit
 BCU Buntkupfererz
 BGE beige
 BGF Blaettergefuege
 BGR blaugruen
 BIO Biotit
 BIS Wismutglanz
 BLA blasto-
 BLS blass
 BLU blau
 BND Band
 BNK Bank
 BNT bunt
 BOG bogenfoermig (bogig)
 BDU Boudin
 BRE Breccie
 BRN braun
 BRS Bruchstuecke
 BRU bruechig
 BRY Beryll
 BSF Bruchschieferung
 BSG blasig
 BSH basisch
 BSI Basit
 BST Blasten
 BTT Blastit
 BTX Blaettertextur
 BUC buchtig
 BUD boudiniert
 BUE Bueschel, bueschelig
 BVS Blattverschiebung
 CAF Flusspat
 CAL Calcit
 CCC Graphit
 CFL konjugierte Falte
 CHL Chlorit
 CHR Chromit
 CLO Chloritoid
 COG Kobaltglanz
 COK Kobaltkies
 CON Kondomfalte
 COR Cordierit

CPX Klinopyroxen
 CPY Chalkopyrit
 CPY Kupferkies
 CRD Crossit
 CRY Chrysotil
 CSF Crenulationsschieferung
 CUP Cuprit
 CUP Rotkupfererz
 CUS Chalkosin
 CUS Kupferglanz
 CUV Covellin
 CUV Kupferindig
 DAZ Dazit
 DBL diablastisch
 DBL diablastisch
 DBR Doppelbrechung
 DEF definiert
 DEU deutlich
 DEX dextral
 DFB Deformationsbaender
 DFL Deformationslamellen
 DFM deformiert
 DGE durchgehend
 DIA Diabas
 DIC dicht
 DIK dick
 DIO Diorit
 DIS feinverteilt
 DKL dunkel
 DLG Druckloesung
 DLS Druckloesungsschieferung
 DMX Deformationsmaximum
 DNT dendritisch
 DOL Dolomit
 DPS Diopsid
 DRD Durchdringungsgefuege
 DRS drusig
 DRU Druse
 DSH Druckschatten
 DSK diskordant
 DSL durchschlaegt
 DST dichtstaendig
 DTH Disthen
 DTR durchtrennt
 DUN Dunit
 DXT Diatexit
 DZT durchsetzt
 DZW Druckzwillinge
 EAX optisch einachsige
 EBL ebenlagig
 EBN eben
 EFL Schleppfalte
 EIN einheitlich
 EIS Einschluss

EIZ	Einzelkorn. -Hoerner	FUD	fluoreszierend	GTR	getreppt	KAT	Kataklastisch
EKL	EKlogit	FUR	fuehrend, Fuehrung	HAL	Halit	KAU	Kaum
EKR	hemikristallin	GAB	Gabbro	HAM	Haematit	FBT	Farbonatit
ENF	entfaerbt	GAD	geaedert	HAR	Harnische	FER	Feratophyr
ENG	eng	GAF	gefaltet	HAU	Haufen	HFL	Hofferfalte
ENS	Enstatit	GBL	anastomisierend	HBL	Hornblende	KFS	Falifeldspat
ENT	Entmischung	GBL	gebogenlagig	HEL	hell	KGF	Konkretionsgefuege
EPD	Epidot	GBO	gebogen	HFL	Scherfalte	KGR	Kongruent
ERZ	Erzminerale	GBS	granoblastisch	HFS	Hornfels	KHU	Klinohumit
ESP	Einsprengling	GBU	gebuedelt	HGL	Hellglimmer	KKB	Kinkband
EST	engstaendig	GDL	graduell	HGS	Zinnober	KKI	Kakirit
EXT	extrem	GDR	gedreht	HHY	holohyalin	KKL	Kataklasit
FAC	Faltenachse	GEB	gebaendert	HLA	heteroblastisch	KKR	kryptokristallin
FAF	faecherfoermig	GEF	gefaltet	HLC	hololeukokrat	KKT	Kontakt
FAS	Fasertextur	GEL	gebleicht	HLN	Harnischlinear	KLK	Kalksilikatgestein
FAT	fast	GER	gerade	HMK	holomelanokrat	KLS	Kluftschar
FAZ	Fahlerz	GEW	gewellt	HMO	hypidiomorph	KLZ	Klufflette
FAZ	Tetraedit	GFL	gefleckt	HOF	Hof	KLU	Kluft
FBD	feingebaendert	GFU	gefuehlt	HOL	Hohlraum	KLY	Kelyphit
FBL	farblos	GHA	gehauft	HOM	homogen	KLZ	Klueftigkeitsziffer
FBS	farbbestimmend	GKO	grobkoernig 5 - 30 mm	HRS	Haarrisse	KNB	Knickband
FCH	flach	GKR	gekruemmt	HRT	hart	KNG	Korngrenze
FDS	Feldspat	GLA	Glaukophan	HRZ	Harzburgit	KNI	Knickfalte
FEB	Faltenachsebene	GLB	gelb	HYN	Hauyn	KNK	Konkordant
FEI	fein	GLE	gleichmaessig	HYP	Hypersthen	KNL	Knolle
FEK	Markasit	GLF	Glimmer-Fischlein	HZT	Horizont	KNT	Knoetchen
FEL	Fels	GLK	gleichkoernig	HZY	Herzynit	KNZ	Knickzone
FEO	Limonit	GLS	glasig	IAD	Jadeit	KOL	Kolumbit
FES	Magnetkies	GLT	glatt	IBL	idioblastisch	KOM	Kompakt
FES	Pyrrhotin	GMA	Grundmasse	IFF	Interferenzfarben	KON	Konkretion
FIB	fibroblastisch	GMA	Matrix	IFL	Isoklinalfalte	KOR	Korund
FKL	Fiederkluefte	GMT	geflammt	IFD	intrafolial	KPL	Korngrenzenparallel
FKO	feinkoernig < 1 mm	GNB	grano-nematoblastisch	IGL	isogranular	KRG	koernelig
FLA	flaechig	GNG	Gang	IGN	Ignimbrit	KRM	kruemelig
FLE	Fleckenperthit	GNL	grano-lepidoblastisch	IGR	intragranular	KRN	Korn
FLG	Fuellung	GNS	gneisig	IHO	inhomogen	KRN	koernig
FLI	Flitter	GNS	Gneis	ILM	Ilmenit	KRU	Kruste
FLK	fleckig	GNT	Granat	ILU	in Luft (Auflichtmkr.)	KRZ	kreuzend
FLM	Flammenperthit	GOE	Goethit	IMD	intermediaer	KST	Klast
FLS	flaserig	GOL	Freigold	IMO	idiomorph	KUP	kupfer, gediegen
FLT	Falte	GOL	Gold	INR	Innenreflexe	KZO	Klinozoisit
FLU	fluidal	GPO	grobporoes	INT	intern	KZT	konzentrisch-schalig
FLX	Flexur	GRA	Granit	INV	intensiv	LAG	Lage
FOI	Foid-	GRB	grob	IOE	in Oel (Auflichtmkr.)	LAL	Lamelle
FOL	Foliation	GRD	Granodiorit	IPH	interphasig	LAM	Lamprophyr
FPD	feinporoes	GRG	geregelt	ISM	isometrisch	LAN	lentikular
FRI	frisch	GRL	Granulit	ISO	isoklinal	LBR	Lichtbrechung
FSH	Faltenschenkel	GRN	gruen	ITL	intersertal	LCH	lich (-lich z.B. bei Farben)
FSI	felsig	GRS	Grossular	ITP	isotrop	LEI	leicht
FSR	faserig	GRT	granitisch	ITR	Intrusion	LEP	lepidoblastisch
FST	fest	GRU	grau	IYS	invers	LET	Stoerungsletten
FTG	Faltung	GSH	geschlossen	KAB	Karbonat	LEU	leukokrat
FTH	Fibrolith	GST	gestreift	KAK	kakiritisch	LEX	Leukoxen
FUI	Fluessigkeitseinschluesse	GTD	Granitoid	KAN	scharfkantig	LHR	Lherzolith

LIG	lagig	MRS	Mikrorisse	OXI	oxidiert	RAU	rauh
LIN	Lineation	MSG	Mosaikgefuege	PAL	Palingenit	RDZ	Rhyodazit
LKM	leukokrate Minerale	MSK	mesokrat	PAR	Paramorphose	REA	Reaktionshof
LLA	lila	MSM	Melanosom	PBS	Bleiglanz	REG	regelmessig
LMI	Charak. d. Hauptz. minus, l=(-)	MST	mittelstaendig	PEG	Pegmatit	REI	reich
LNE	linear	MTA	Meta-	PER	Peridotit	REK	rechteckig
LNG	laenglich	MTK	metatektisch	PFL	Pflastergefuege	REL	relikt, reliktmisch
LOB	lobat	MTL	mittel	PGD	Pegmatoid	RFL	kongruente Falte
LDC	locker	MTX	Metatexit	PHI	phyllitisch	RHY	Rhyolith
LOK	lokal	MUR	muerbe	PHK	phanerokristallin > 0.06 mm	RIE	Riebeckit
LOL	Loellingit	MUS	Muskovit	PHL	Phlogopit	RIS	Riss
LPL	Charak. d. Hauptz. plus, l=(+)	MYB	mylonitischer Lagenbau	PHO	Phonolith	RKR	Rekristallisation
LRT	lachsrot	MYK	myrmekitisches	PHT	Phyllonit	RLS	richtungslos
LSE	Linse	MYL	Mylonit	PHY	Phyllit	RMB	rhombisch
LSM	Leukosom	MYO	mylonitisch	PIN	Pinit	RND	rund
LST	leistenfoermig	MYR	Myrmekit	PKL	Parallelkluefte	ROR	roehrenfoermig
MAC	maechtig	MZO	Monzo-	PKR	polykristallin	ROS	rostfarben
MAF	mafisch	MZT	Monazit	PKT	parkettartig	ROT	rot
MAG	Magnetit	NAC	post-	PLE	pleochroitisch	RSA	rosa
MAM	mafische Minerale	NAD	nadelig	PLG	Plagioklas	RST	Restit
MAN	mandelsteinartig	NAP	Nadelperthit	PLL	parallel	RUN	Runzellinear
MAR	Marmor	NBN	neben	PLN	planar	RUS	Ruscheln
MAS	massig	NCH	nach	PLU	plumos	RUT	Rutil
MBA	Metabasit	NEB	nebulitisch	PLY	polygonal	RUZ	Ruschelzone
MBL	metablastisch	NEG	Negativkristall	PMO	panidiomorph	SAB	Salband
MBR	muscheliger Bruch	NEZ	netzartig	POH	Porphyr	SAG	Sagenit
MBT	Metablastit	NIK	Rotnickelerz	POI	Poikilitit-Gefuege	SAL	saeulig
MEI	meist	NIS	Bravoit	POL	poliert	SAM	Saum
MES	Mesoperthit	NIS	Nickelpyrit	POR	Porphyrit	SAT	spaat-
MGM	magmatisch	NOR	Norit	POR	porphyrisch	SAU	sauer
MGN	Magnetit	NOT	nicht	POS	poroes	SBK	Spaltbarkeit
MIA	miarolitisch	NOT	un-	PRA	Para-	SBR	Scherbruch
MIG	migmatisch	NFH	Nephelin	PRG	Pargasit	SBS	Antimonglanz
MIG	Migmatit	NRM	normal	PRH	Prehnit	SBS	Stibnit
MIK	Mikroperthit	NST	Nest	PRM	primaer-	SCA	schalig
MIN	mineralisiert	OBL	homoeoblastisch	PRS	prismatisch	SCG	sc-Gefuege
MIT	mit (= tritt auf mit)	OCK	ocker	FSE	pseudomorph	SCH	Schicht
MKL	Mikroklin	ODR	oder	PSE	Pseudomorphose	SCK	schlackig
MKO	mittelkoernig 1 - 5 mm	OFF	offen	PSY	polysynthetisch	SCS	sericitisiert
MKR	mikrokristallin	OKR	holokristallin	PTA	Pseudotachylit	SCT	Sericit
MLG	metamorpher Lagenbau	OLI	oliv	PTH	Perthit	SEN	senkrecht
MLN	Minerallinear	OLV	Olivin	PTT	plattig	SER	sehr
MMM	mehrere Minerale	OMF	Omphacit	PTX	Paralleltextur	SFC	s-Flaeche
MMX	Metamorphosemaximum	ONE	optischer Charakter negativ	PTX	paralleltexturiert	SFF	straff
MNK	melanokrat	OOL	oolitisch	PXT	Pyroxenit	SFL	Sekundaerfalte
MNO	Psilomelan	OPH	ophitisch	PYL	phyllonitisch	SGK	sehr grobkoernig > 30 mm
MNS	Manganspat	OPM	Opakmineral	PYP	Pyrop	SGR	schriftgranitische Verwachsung
MOB	Mobilisat	OPD	optischer Charakter positiv	PYR	Pyrit	SHA	schaumig
MON	monoklin	OPX	Orthopyroxen	PYX	Pyroxen	SHE	Scheelit
MOR	Moertelstruktur	ORA	orange	QZ	Quarz	SHF	Scherflaeche
MOS	Molybdaenglanz	ORT	Allanit	QUE	quer	SHG	Schergefuege
MPE	Metapelit	ORT	Orthit	QZT	Quarzit	SHI	schiefrig
MFH	Melaphyr	OTO	Ortho-	RAD	radial	SHL	Schliere
MRG	Margarit	OVL	oval	RAN	Rand	SHM	Schmitze

SHO	Scholle	SYM	Symplektit	VOL	voellig	ZUN	zunehmend
SHR	Schieferung	SYN	syn-	VOR	prae-	ZUS	zusammen mit
SHT	Schichtung	TAF	tafelig	VOZ	Vorzeichnung	ZVX	2Vx
SHU	schuppig	TAL	Talk	VRM	Vermiculit	ZVY	2Vy
SHW	schwarz	TAN	Tantalit	VRZ	vererzt	ZWG	Zwilling
SHZ	Scherzone	TAP	Tapete, tapetenartig	VSG	versiegelt	ZWI	Zwickel
SID	Eisenspat	TDZ	Trachydazit	VSH	Verschiebungsflaeche	ZWL	Zwischenlage
SID	Siderit	TEF	Tephrit	VTL	verteilt		
SIL	Sillimanit	TEX	Textur	VTZ	versetzt		
SIN	sinistral	TGR	transgranular	VUL	Vulkanit		
SKA	Skarn	THE	Theralith	VWI	verwittert		
SKP	Skapolith	THO	Tholeiith	VZA	verzahnt		
SKT	skelettartig	TIM	Titanomagnetit	VZG	verzweigt		
SKU	Skutterudit	TIT	Sphen	VZT	vereinzelt		
SLL	Schieferlamelle	TIT	Titanit	VZW	verzwillingt		
SLT	selten	TKL	triklin	WCH	weich		
SNE	Schneeballstruktur	TKT	Tektonit	WEB	Websterit		
SNO	Zinnstein	TKT	tektonisch	WER	Wehrlit		
SNS	Stannin	TLT	Tonalit	WIS	weiss		
SNS	Zinnkies	TLW	teilweise	WKO	wechselkoernig		
SNT	Schnittlinear	TLW	zum Teil	WLG	Wechselagerung		
SOD	Sodalith	TON	Tonminerale	WLM	Wachstumslamellen		
SPA	Spalte	TOP	Topaz	WOL	Wolframit		
SPE	sperrig	TRA	Trachyt	WSL	Wechsel		
SPG	spaetig	TRB	trueb	WST	weitstaendig		
SPI	Spinell	TRE	Tremolit	WST	Wollastonit		
SPK	Speiskobalt	TRM	Trum	WUF	wuerfelig		
SPL	splittrig	TRO	trocken	WUR	Wurtzit		
SPR	sproed	TRT	Traktolit	WZL	wurzellos		
SPT	Serpentinit	TSF	Transversalschieferung	WZN	Wachstumszonierung		
SPU	Spurit	TSH	Tasche	WZW	Wachstumswillinge		
SQZ	Schraegquarz	TUR	Turmalin	XEN	Xenolith		
SRI	seriat	UBA	ultrabasisch	XMO	xenomorph		
SRL	spiralfoermig	UBS	Ultrabasit	XXX	Kristall		
SRP	Serpentin	UBW	ueberwiegend	YFL	ptygmatische Falte		
SSH	Schiefer	UDT	Undeutlich	YRD	porphyro-		
SST	Saussurit	UEB	Ueberschiebung	ZAL	Zeiger auf Linear		
STA	stark	UGK	ungleichkoernig	ZAS	Zeiger auf s-Flaeche		
STC	Streckung	UMI	unbekanntes Mineral	ZAX	optisch zweiachsig		
STE	Stengelung	UMY	Ultramylonit	ZBE	zerkluefteter Bereich		
STG	strahlig	UND	Unduloese Ausloeschung	ZEL	zellig		
STI	Stilpnomelan	UNR	unregelmassig	ZEO	Zeolith		
STK	Stockwerk	UNS	unsicher	ZER	zersetzt		
STL	steil	UNV	unverwittert	ZFL	Zick-Zack-Falte		
STO	Stoerung	URN	Uraninit	ZLR	zahlreich		
STR	Striemung	USF	Umfaltungsschieferung	ZNC	Zinkspat		
STU	Staurolith	VER	Verwerfung	ZNS	Zinkblende		
STV	staffelfoermig versetzt	VES	Vesuvian	ZOI	Zoisit		
STX	Stengeltextur	VEW	verwachsen mit	ZON	Zone		
STY	Stylolith	VGR	vergruent	ZPT	zerlappt		
STY	stylolitisch	VGZ	Vergenz	ZRK	Zirkon		
SUB	Subkorngefuege	VHE	verheilt	ZRZ	Zerruettungszone		
SWA	schwach	VID	violett	ZSH	zerschert		
SYE	Syenit	VKN	Verknuepfung	ZUK	zuckerkoernig		

KTB-Feldlabor: "Geochemie"

Vorbohrung

Seite: _____

Probenmaterial: _____		Probenmaterial: _____		Probenmaterial: _____	
Marsch: _____	Skt: _____	Marsch: _____	Skt: _____	Marsch: _____	Skt: _____
KStück: _____		KStück: _____		KStück: _____	
Teufe: _____, _____m Tl: _____		Teufe: _____, _____m Tl: _____		Teufe: _____, _____m Tl: _____	
LabNr: _____		LabNr: _____		LabNr: _____	
Bearb: _____		Bearb: _____		Bearb: _____	
Dat: ____/____/8_ ____/____/8_		Dat: ____/____/8_ ____/____/8_		Dat: ____/____/8_ ____/____/8_	
Hauptelemente	Spuren	Hauptelemente	Spuren	Hauptelemente	Spuren
Gew.-%	ppm	Gew.-%	ppm	Gew.-%	ppm
SiO2 _____	Cr _____	SiO2 _____	Cr _____	SiO2 _____	Cr _____
TiO2 _____	Co _____	TiO2 _____	Co _____	TiO2 _____	Co _____
Al2O3 _____	Ni _____	Al2O3 _____	Ni _____	Al2O3 _____	Ni _____
Fe2O3g _____	Cu _____	Fe2O3g _____	Cu _____	Fe2O3g _____	Cu _____
Fe2O3 _____	Pb _____	Fe2O3 _____	Pb _____	Fe2O3 _____	Pb _____
FeO _____	Zn _____	FeO _____	Zn _____	FeO _____	Zn _____
MnO _____	Th _____	MnO _____	Th _____	MnO _____	Th _____
MgO _____	Rb _____	MgO _____	Rb _____	MgO _____	Rb _____
CaO _____	Sr _____	CaO _____	Sr _____	CaO _____	Sr _____
Na2O _____	Y _____	Na2O _____	Y _____	Na2O _____	Y _____
K2O _____	Zr _____	K2O _____	Zr _____	K2O _____	Zr _____
P2O5 _____	Nb _____	P2O5 _____	Nb _____	P2O5 _____	Nb _____
CO2 _____	W _____	CO2 _____	W _____	CO2 _____	W _____
H2O+ _____	Sn _____	H2O+ _____	Sn _____	H2O+ _____	Sn _____
_____	Ba _____	_____	Ba _____	_____	Ba _____
_____	Ga _____	_____	Ga _____	_____	Ga _____
_____	U _____	_____	U _____	_____	U _____
_____	S _____	_____	S _____	_____	S _____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
Summe _____	_____	Summe _____	_____	Summe _____	_____
Bemerkungen:.....		Bemerkungen:.....		Bemerkungen:.....	
.....		
.....		
.....		

KTB-Feldlabor: "Spülung"

Vorbohrung

Seite: _____

Beprobung:		Beprobung:	
Datum: __/__/198_ Uhrzeit: __. __		Datum: __/__/198_ Uhrzeit: __. __	
Teufe: ____, __m SpülMenge: ____l		Teufe: ____, __m SpülMenge: ____l	
Spülmittelzusätze: _____		Spülmittelzusätze: _____	
Datum: __/__/198_ Uhrzeit: __. __		Datum: __/__/198_ Uhrzeit: __. __	
Einl: Eh: ____ pH: __		Einl: Eh: ____ pH: __	
Ausl: Eh: ____ pH: __ T: __, __°C		Ausl: Eh: ____ pH: __ T: __, __°C	
Bearb: _____ Datum: __/__/198_		Bearb: _____ Datum: __/__/198_	
K a t i o n e n	A n i o n e n	K a t i o n e n	A n i o n e n
Säurezusatz: _	Filtergröße: ____	Säurezusatz: _	Filtergröße: ____
ppm mval/l	ppm mval/l	ppm mval/l	ppm mval/l
K _____	F ⁻ _____	K _____	F ⁻ _____
Li _____	CO ₃ ²⁻ _____	Li _____	CO ₃ ²⁻ _____
Sr _____	Cl ⁻ _____	Sr _____	Cl ⁻ _____
Ba _____	Br ⁻ _____	Ba _____	Br ⁻ _____
Fe _____	NO ₃ ⁻ _____	Fe _____	NO ₃ ⁻ _____
Mn _____	PO ₄ ²⁻ _____	Mn _____	PO ₄ ²⁻ _____
Mg _____	SO ₄ ²⁻ _____	Mg _____	SO ₄ ²⁻ _____
Zn _____	_____	Zn _____	_____
Si _____	_____	Si _____	_____
Al _____	Σ _____	Al _____	Σ _____
Cr _____	_____	Cr _____	_____
Ni _____	Bemerkungen:	Ni _____	Bemerkungen:
Na _____	_____	Na _____	_____
Ca _____	_____	Ca _____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
Σ _____	_____	Σ _____	_____

KTB-Feldlabor: "Fluid-Einschlüsse"

Vorbohrung

Seite: _____

Marsch: _____ Skt: _	Marsch: _____ Skt: _	Marsch: _____ Skt: _
KStück: _____	KStück: _____	KStück: _____
Teufe: _____, ___m Tl: _	Teufe: _____, ___m Tl: _	Teufe: _____, ___m Tl: _
LabNr: _____	LabNr: _____	LabNr: _____
Bearb: _____	Bearb: _____	Bearb: _____
Datum: __/__/198_	Datum: __/__/198_	Datum: __/__/198_
Gehalte in äq. ppm:	Gehalte in äq. ppm:	Gehalte in äq. ppm:
Na _____ Ca _____	Na _____ Ca _____	Na _____ Ca _____
K _____ Li _____	K _____ Li _____	K _____ Li _____
Zn _____ Al _____	Zn _____ Al _____	Zn _____ Al _____
P _____ S _____	P _____ S _____	P _____ S _____
Si _____ Sc _____	Si _____ Sc _____	Si _____ Sc _____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
Σ Na+Ca+K _____	Σ Na+Ca+K _____	Σ Na+Ca+K _____
Elementverhältnisse:	Elementverhältnisse:	Elementverhältnisse:
K/Na _____ Ca/Na _____	K/Na _____ Ca/Na _____	K/Na _____ Ca/Na _____
Li/Na _____ Zn/Na _____	Li/Na _____ Zn/Na _____	Li/Na _____ Zn/Na _____
___/___ _____	___/___ _____	___/___ _____
___/___ _____	___/___ _____	___/___ _____
Equilibr.-Temp. in °C:	Equilibr.-Temp. in °C:	Equilibr.-Temp. in °C:
K/Na, nach	K/Na, nach	K/Na, nach
FOURNIER 1984 _____	FOURNIER 1984 _____	FOURNIER 1984 _____
TRUESDELL 1984 _____	TRUESDELL 1984 _____	TRUESDELL 1984 _____
Na-Ca-K, nach	Na-Ca-K, nach	Na-Ca-K, nach
F. & T. 1972 _____	F. & T. 1972 _____	F. & T. 1972 _____
BENJAMIN et al. _____	BENJAMIN et al. _____	BENJAMIN et al. _____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

C. Geochemie

KTB Oberpfalz VB – Röntgenanalytik

A. Stroh
M. Tapfer

Messung der chemischen Haupt- und Spurenbestandteile und der mineralogischen Zusammensetzung von Bohrklein und Bohrkernen der KTB-Oberpfalz VB

INHALT

1. Einleitung
2. Probennahme und Probenaufbereitung
3. RFA-Analysen
4. RDA-Analysen

1. Einleitung

Die erste Erfassung wichtiger geochemischer Parameter in Abhängigkeit von der Teufe ist das Ziel der Analyse chemischer Haupt- und Spurenbestandteile von Bohrklein und Bohrkernen der KTB-Oberpfalz VB. Die Analysen sollen Hinweise für eine spätere detaillierte Bearbeitung liefern und zum jetzigen Zeitpunkt Daten für die geochronologische Beprobung sowie für die Erstellung eines Lithologs bereitstellen. Durch die RDA-Analysen ist erstmals eine teufenbezogene Bestimmung des quantitativen Mineralbestandes an Bohrklein- und Bohrkernmaterial möglich.

2. Probennahme und Probenaufbereitung für RFA / RDA-Analysen

Die anfallenden Festproben (Cuttings oder Material aus der Zentrifuge) wurden im Abstand von 1 m genommen. Teile von Kernstücken wurden im Feldlabor beprobt und zur geochemischen Untersuchung weitergegeben.

Der Beprobungsabstand des Bohrkleins für die RFA / RDA-Analysen richtet sich nach dem Bohrfortschritt und beträgt 2 - 3 m. Stellenweise wurde die Beprobung auf 1 m verdichtet, um eine genauere Auflösung zu erzielen. Um die Feinfraktion des Bohrkleins nicht auszuspülen, werden die Proben ungewaschen (d. h. inkl. Bohrspülung, DHT 1.2%ig) 24 Stunden bei 105° C getrocknet. Jeweils 50 ml der Proben werden dann im Wolframkarbid-Mahlgefäß einer Planeten-Kugelmühle analysenfein << 63 µ aufgemahlen. Von den Kernstücken wird ein aliquoter Teil des zuvor im Backenbrecher (Stahl) grob zerkleinerten Materials aufbereitet. Die Mahldauer beträgt für Zentrifugenproben 15 Min., für Cuttings und Kernmaterial 25 Min.

Zur Bestimmung des quantitativen Mineralbestands mittels Röntgenpulverdiffraktometrie (RDA) wird das analysenfeine Pulver mit 1 - 3 Tropfen Moviol versetzt und mit einem Druck von 650 bar zu einer Tablette verpreßt. Die RFA-Analyse der Spurenbestandteile wird an den gleichen Tabletten durchgeführt. Die Messung der chemischen Hauptbestandteile mit der RFA erfolgt an Schmelztabletten. Das beprobte Material wird mit einer Labornummer, Teufe bzw. Kernmarschnummer versehen. Die zugehörigen Preß- und Schmelztabletten werden in Folie verschweißt und für nachfolgende Untersuchungen aufbewahrt.

3. Beschreibung der Analysenergebnisse (RFA)

3.1 Ergebnisse der Hauptbestandteilanalysen (RFA) von 0 - 480 m Teufe

Die Analysenergebnisse sind als Teufenlog im Maßstab 1 : 400 dargestellt. Zur Übersicht wurde zusätzlich ein Log im Maßstab 1 : 2000 erstellt.

Anhand der Hauptbestandteilanalysen können im Teufenabschnitt 0 - 480 m in erster Näherung zwei Bereiche unterschieden werden. Der erste Bereich von 0 - ca. 200 m Teufe wird charakterisiert durch eine stetige Abnahme des SiO_2 -Gehaltes von ca. 70 Gew.-% auf ca. 40 Gew.-%. Al_2O_3 -, MgO -, Na_2O - und K_2O -Gehalte unterliegen starken Schwankungen, während die Konzentrationen von P_2O_5 , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 und besonders CaO stetig ansteigen oder Maxima durchlaufen. Der zweite Teufenabschnitt von ca. 200 - 480 m ist durch annähernd konstante SiO_2 -, Al_2O_3 und Na_2O -Gehalte gekennzeichnet. Auffällig ist die markante Konzentrationsabnahme von P_2O_5 , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 und CaO im Teufenbereich 360 - 380 m. Für diesen Teufenbereich wurden neben der kontinuierlichen Bohrkleinanalyse zusätzlich Analysen von Zentrifugenmaterial durchgeführt und die Ergebnisse auch im Teufenlog im Maßstab 1 : 400 dargestellt. Die Ergebnisse von Bohrkleinanalysen und Zentrifugenmaterialanalysen unterscheiden sich in ihren Absolutgehalten. Aus dem Log geht jedoch deutlich hervor, daß markante Zu- oder Abnahmen in der Konzentration eines Oxids von beiden Analysenergebnissen nachgezeichnet werden. Für den Teufenbereich 360 - 380 m muß deshalb eine enge Korrelation von Bohrklein- und Zentrifugenproben angenommen werden. Ergebnisse von analysierten Kernbruchstücken aus diesem Bereich lassen sich dagegen schlecht, wenn überhaupt, in das Log einordnen. Zu berücksichtigen ist in jedem Fall, daß es sich bei den Bohrklein- und Bohrmehlproben um Mischproben handelt. Diese Abweichungen können aus der ungenauen Teufenzuordnung der Kernbruchstücke resultieren und / oder aus deren Probengröße. Bei Kernstrecken mit größeren Kernverlusten ergeben sich durch das "nach oben schieben" der Kernteile Abweichungen in der Teufenzuordnung von mehreren Metern.

3.2 Ergebnisse der Spurenbestandteilanalysen (RFA) von 0 - 480 m Teufe.

Die Analysenergebnisse sind als Teufenlog im Maßstab 1 : 400 dargestellt. Zur Übersicht wurde zusätzlich ein Log im Maßstab 1 : 2000 erstellt.

Im Übersichtslog, bei ca. 200 m Teufe, fallen die Peak-Maxima von Cu, Ba, Pb und S besonders auf. Dieser Teufenbereich ist zusätzlich durch hohe Rb-, Y- und Zn-Gehalte markiert. Eine grobe Zweigliederung des Übersichtslogs wie in der Darstellung der Hauptbestandteilanalysen ist nicht möglich. In der Darstellung der Spurenbestandteilanalysen ist hingegen die hohe S-Konzentration von Bedeutung. Auffallend ist auch die stetige Zunahme der Sr-Konzentration mit der Teufe (wenn man den Bereich um ca. 380 m nicht berücksichtigt). Hervorzuheben sind die Zr- und Nb-Konzentrationen im Teufenbereich von 250 - 340 m. Für die Spurenbestandteilanalysen wurden im Bereich von 360 - 380 m Teufe neben Bohrkleinproben und Kernstückproben auch Zentrifugenproben untersucht. Die Korrelation der Analysenergebnisse von Bohrklein-

und Zentrifugenproben ist offensichtlich (ausgenommen bei Zn, was auf Verunreinigungen zurückgeführt wird). Die Analyseergebnisse der Kernbruchstücke korrelieren teilweise sehr schlecht mit den Ergebnissen von Bohrklein- und Zentrifugenproben, bei Zr, Sr und Ba hingegen auffallend gut. Abweichungen lassen sich mit Verunreinigungen der Proben und der ungenauen Teufenzuordnung der Kernbruchstücke erklären.

4. Bestimmung des quantitativen modalen Mineralbestandes an Bohrklein und Kernstücken mittels winkeldispersiver Röntgenpulverdiffraktometrie (RDA).

Ergebnisse

Außer einer Beprobung des Cuttingmaterials wurden im Berichtszeitraum ca. 80 Kernstücke bearbeitet. Weiterhin erfolgten Korrelationstests zwischen Cuttings und Zentrifugenproben, um festzustellen, ob Zentrifugenproben die mineralogische Zusammensetzung des anstehenden Gesteins repräsentativ wiedergeben.

Es muß an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß bei der röntgenographischen Phasenanalyse selbstverständlich nur der tatsächlich in der Probe vorhandene Phasenbestand identifiziert werden kann, d. h. Verwitterungs- und Alterationsprodukte inbegriffen.

Neben einem Übersichtslog im Maßstab 1 : 2000 sind die Ergebnisse aller gemessener Proben in einem Teufenlog (Maßstab 1 : 400) dargestellt. Aus den graphischen Darstellung im Anhang wird deutlich, daß eine gute Korrelation der Ergebnisse zwischen Cuttings und Zentrifugenproben besteht. Ein weiterer Korrelationstest über einen größeren Tiefenbereich findet derzeit bei einer Teufe von 1000 m statt.

Bei einem Vergleich der Daten von Bohrklein und Kernbruchstücken werden teilweise deutliche Abweichungen der Ergebnisse erzielt. Dies ist auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- 1) Während der ersten 480 m war der Kerngewinn äußerst gering, so daß eine teufengerechte Zuordnung der Bruchstücke bisher nicht erfolgen konnte.
- 2) Bohrklein stellt in aller Regel eine Mischprobe über einen Bereich von einigen Dezimetern dar. Bei der beobachteten starken Veränderung der Mineralgehalte wird klar, daß einige, z. T. nur wenige Gramm schwere Kernbruchstücke für das anstehende Gestein nicht repräsentativ sein können.

Aufgrund der generell stark wechselnden mineralogischen Zusammensetzung des erbohrten Materials ist eine detaillierte Beschreibung des durch die quantitative röntgenographische Phasenanalyse bestimmten modalen Mineralbestandes nicht möglich. Es erfolgt daher eine grobe Einteilung des Profils in vier besonders charakteristische Teufenbereiche.

Der Teufenbereich von 0 bis 100 m ist gekennzeichnet durch eine Abfolge von quarzreichen Partien mit einem Maximum im Quarzgehalt (75%) bei 62 m. Diese Partien sind dolomit- oder calcitführend. Die durchschnittliche Chloritkonzentration nimmt mit zunehmender Teufe stetig zu. Neben stark schwankenden Gehalten von Plagioklas und Hellglimmer treten untergeordnet

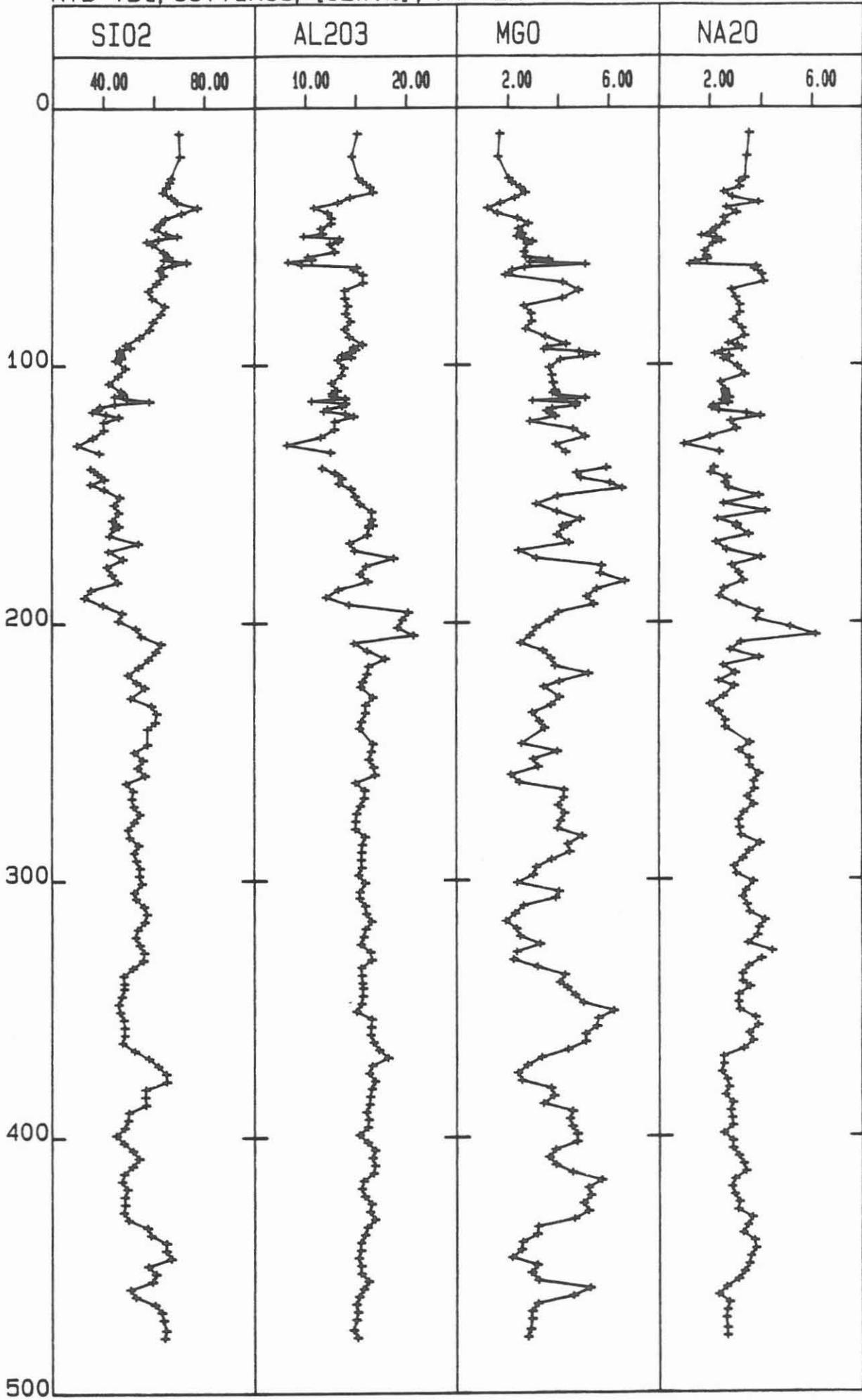
Kalifeldspat, Klinopyroxen und Biotit auf.

Im Bereich von 100 - 200 m ist ein markanter Anstieg der Chlorit- und Calcitkonzentration zu beobachten. Der Calcitgehalt durchläuft bei 131 m ein Maximum von 85% (im Kernstück). Die Chloritgehalte schwanken um 45%. Der Quarzanteil im Gestein nimmt, mit Ausnahme eines Quarzganges bei 114 m, stetig ab und ist ab 145 m nur noch vereinzelt nachzuweisen. Die Gehalte von Plagioklas und Kalifeldspat korrelieren negativ mit den Chlorit- und Calcitdaten. Auffallend ist die hohe Konzentration (ca. 10%) von Titanit im Bereich des Calcitmaximums.

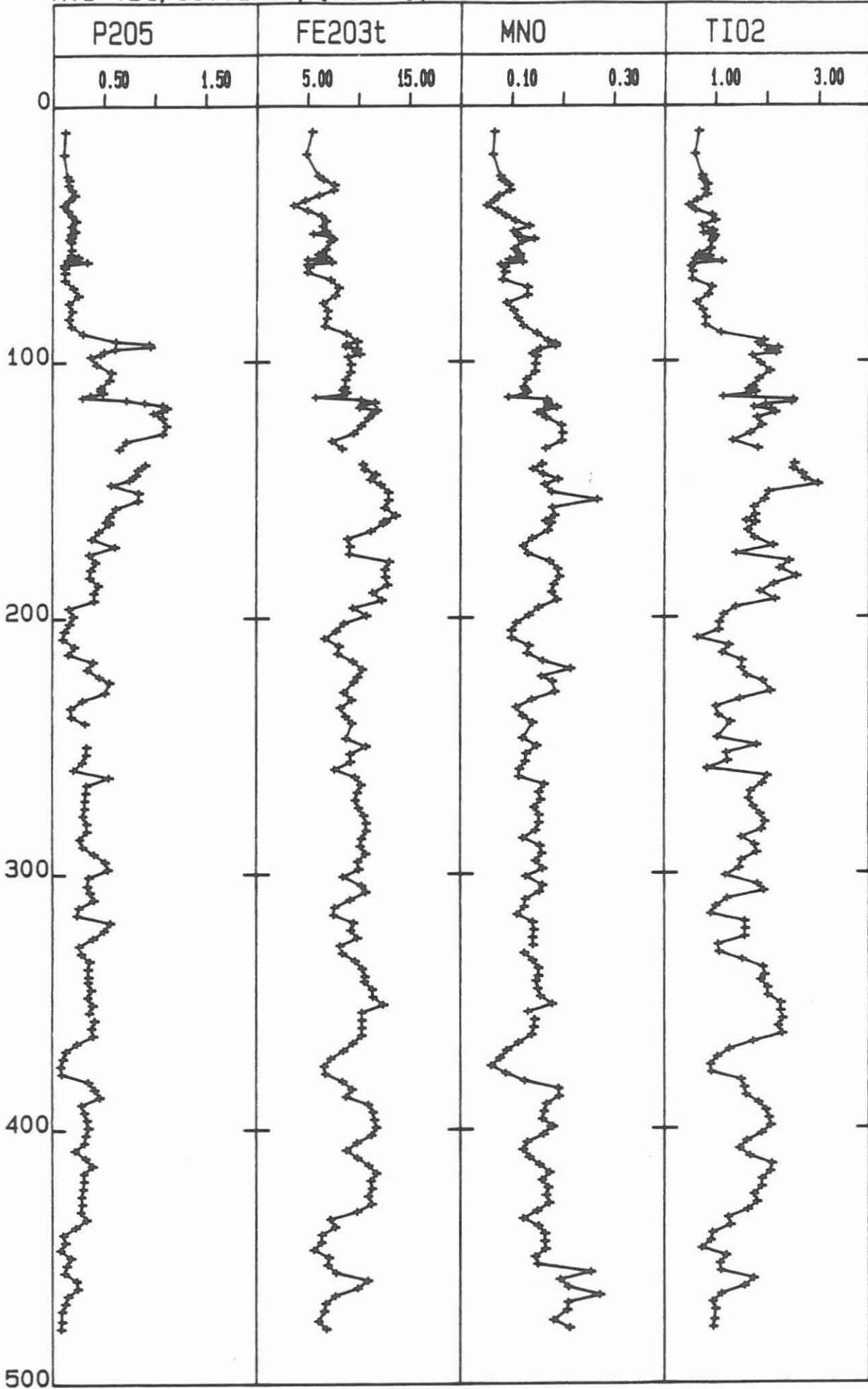
Weiterhin kann die Teufenzone von 200 - 350 m abgegrenzt werden. Im Vergleich zum Hangenden erfolgt eine drastische Reduzierung des Calcitgehaltes. Calcit tritt ab 210 m nur noch ganz vereinzelt auf und wird ab 350 m nicht mehr nachgewiesen. Der mittlere Chloritgehalt in der Zone von 200 - 350 m nimmt mit zunehmender Teufe stetig ab. Erstmals im Log tritt als charakteristische Phase für diesen Teufenbereich Amphibol auf (bis 45%). Mit 65% liegt das Plagioklasmaximum ebenfalls in dieser Zone. Ein sprunghaftes Ansteigen des Quarzgehaltes ist in Verbindung mit dem ersten Auftreten der Amphibole bei 214 m zu beobachten. Quarz durchläuft mit zunehmender Teufe ein Maximum von 45%, nimmt stark ab und bleibt dann relativ konstant mit Gehalten um 15%. Auffällig ist die punktuell hohe Kalifeldspat-Konzentration und die deutliche Klinopyroxenführung in diesem Bereich.

In der letzten der vier abzugrenzenden Zonen (350 - 480 m) ist ein erneutes sprunghaftes Ansteigen der Quarzgehalte zu beobachten. Dieser vierte Teufenbereich ist weiterhin durch das Auftreten von Granat und Titanit gekennzeichnet, während Klinopyroxen nicht mehr nachzuweisen ist. Amphibol tritt weiterhin als Hauptgemengteil auf; Kalifeldspat hingegen ist nur noch vereinzelt und in geringen Konzentrationen eingeschaltet. Der mittlere Chlorit-Gehalt nimmt zum Liegenden hin ab und ist ab 440 m nur noch in Kernbruchstücken anzutreffen.

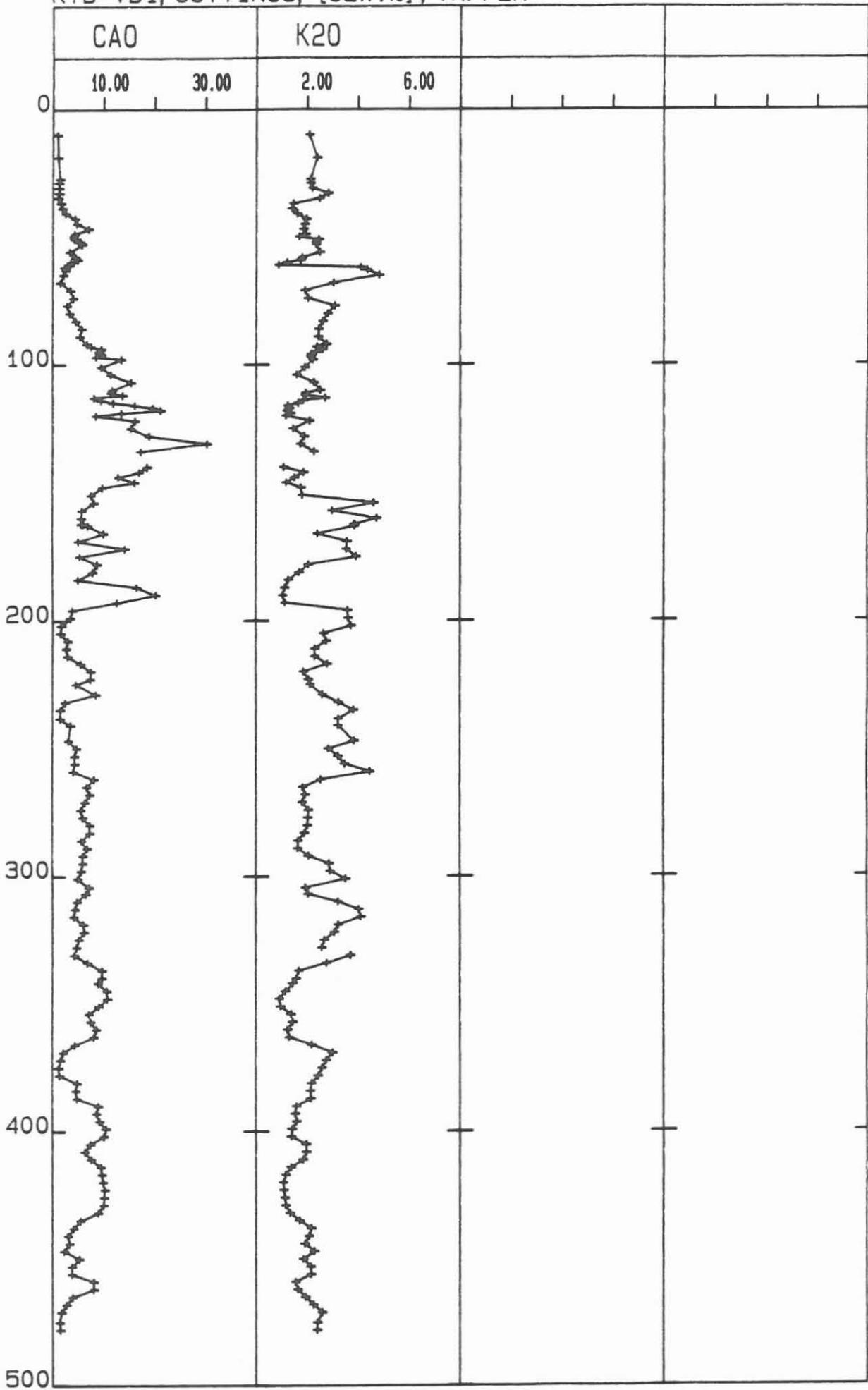
KTB-VB1, CUTTINGS, [GEW. %], TAPFER



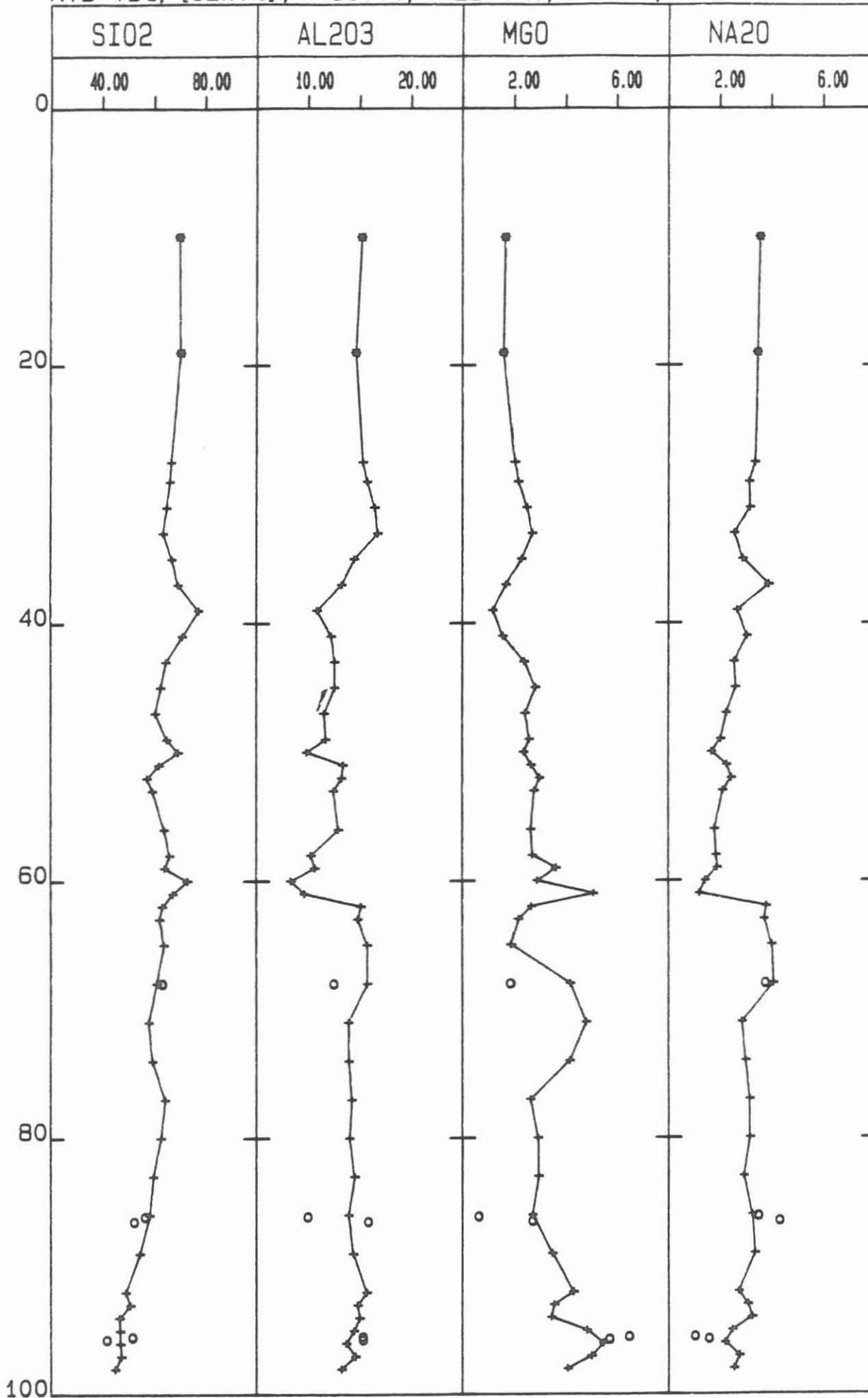
KTB-VB1, CUTTINGS, [GEW. %], TAPFER



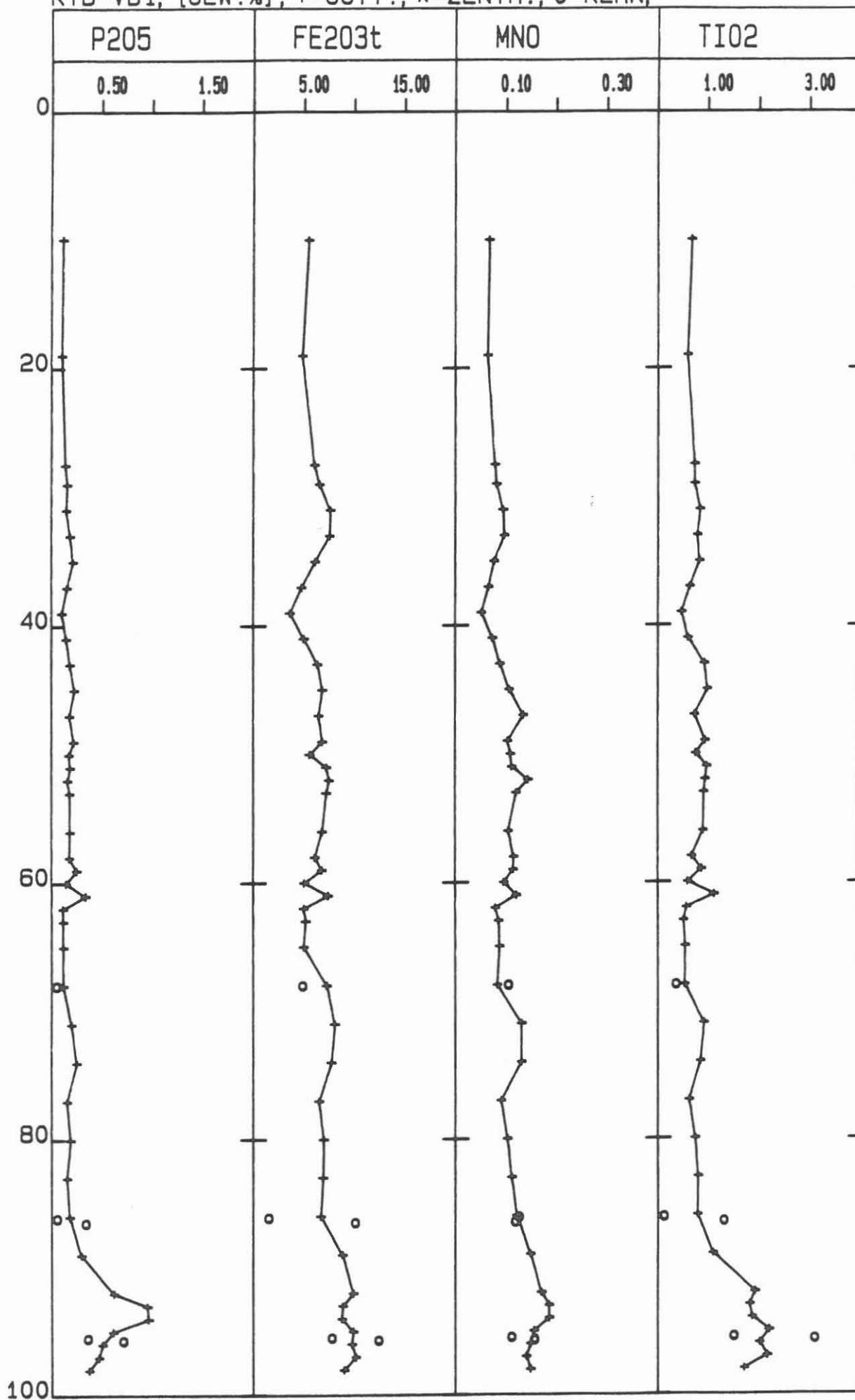
KTB-VB1, CUTTINGS, [GEW. %], TAPFER



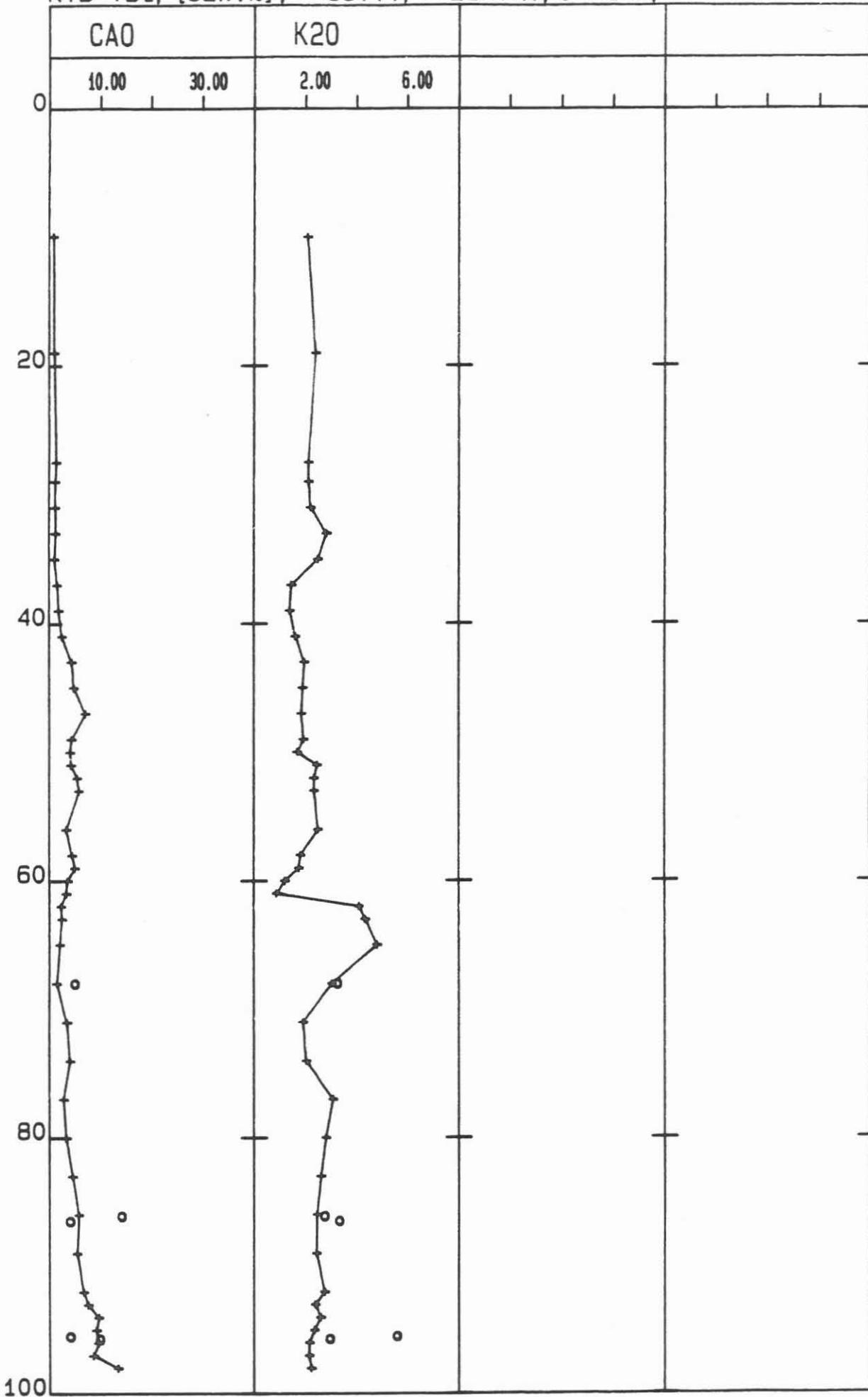
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



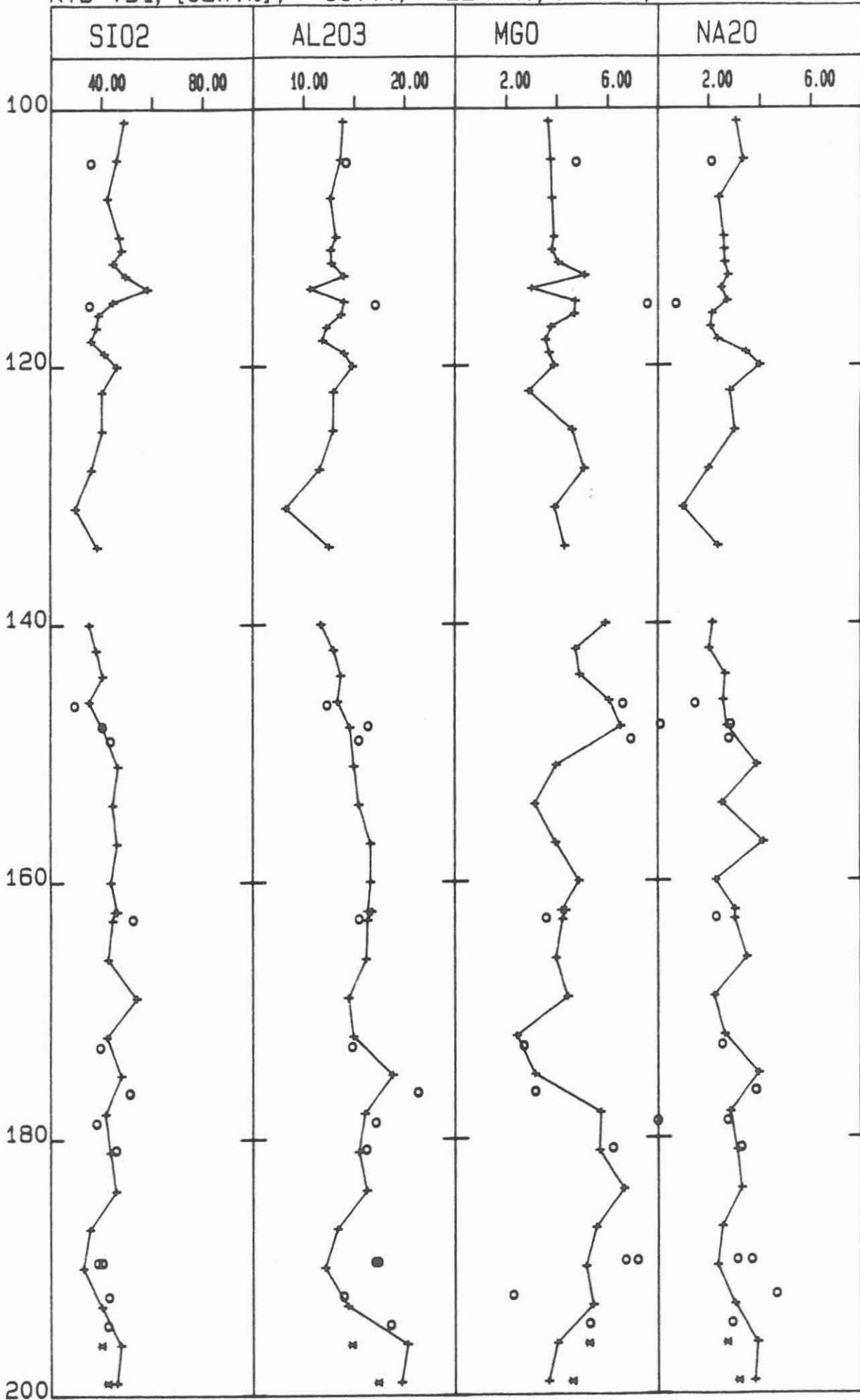
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



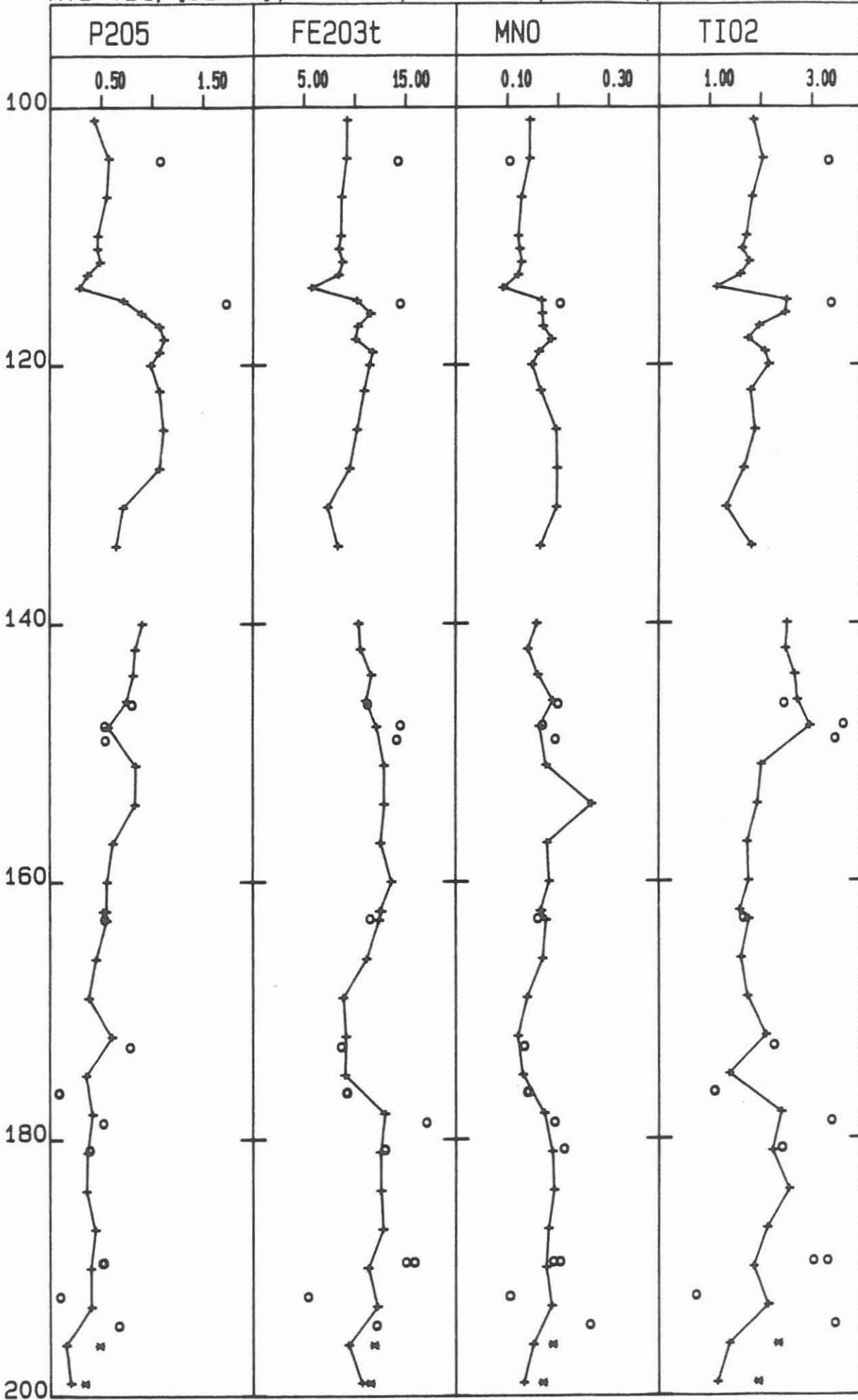
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



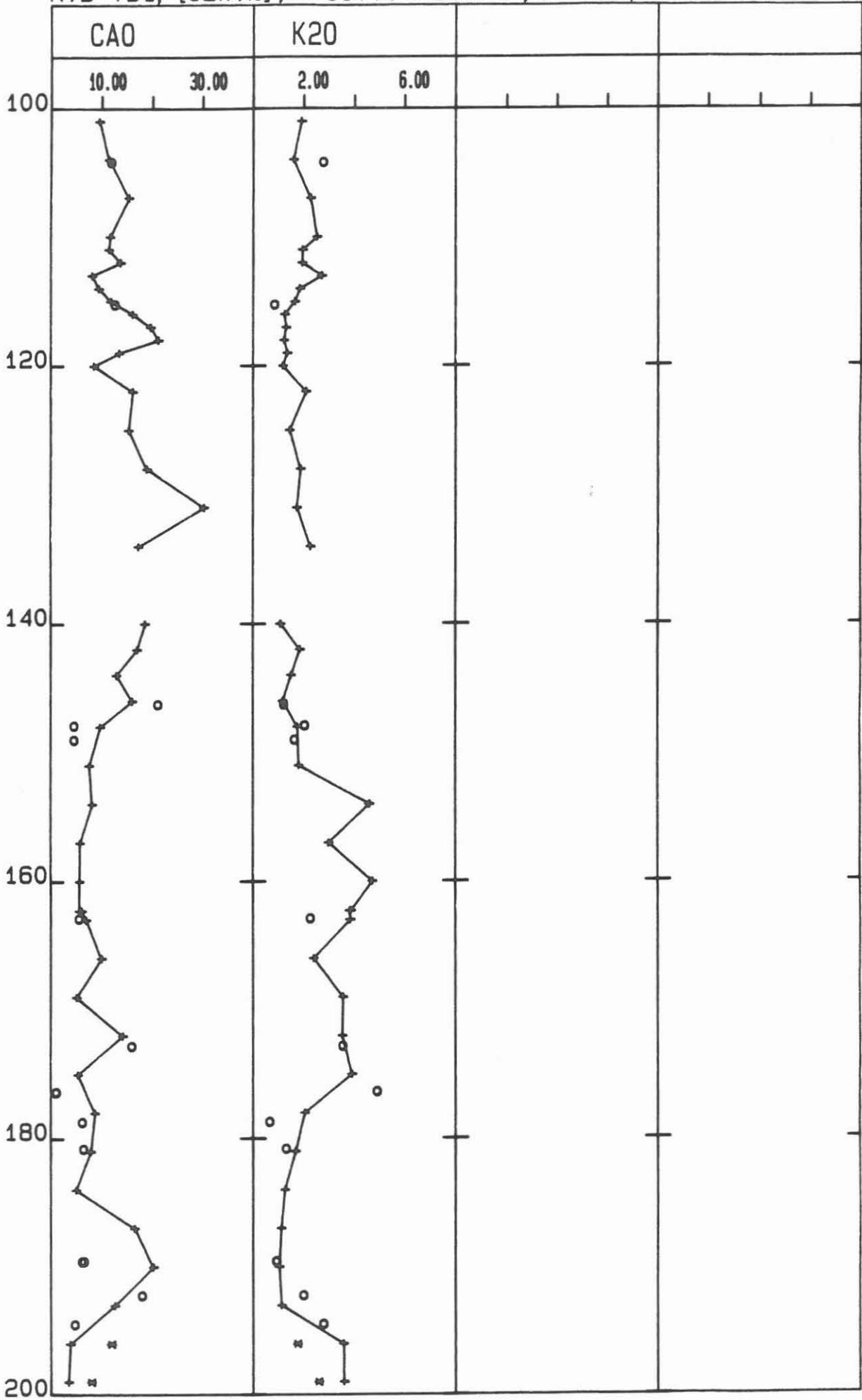
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



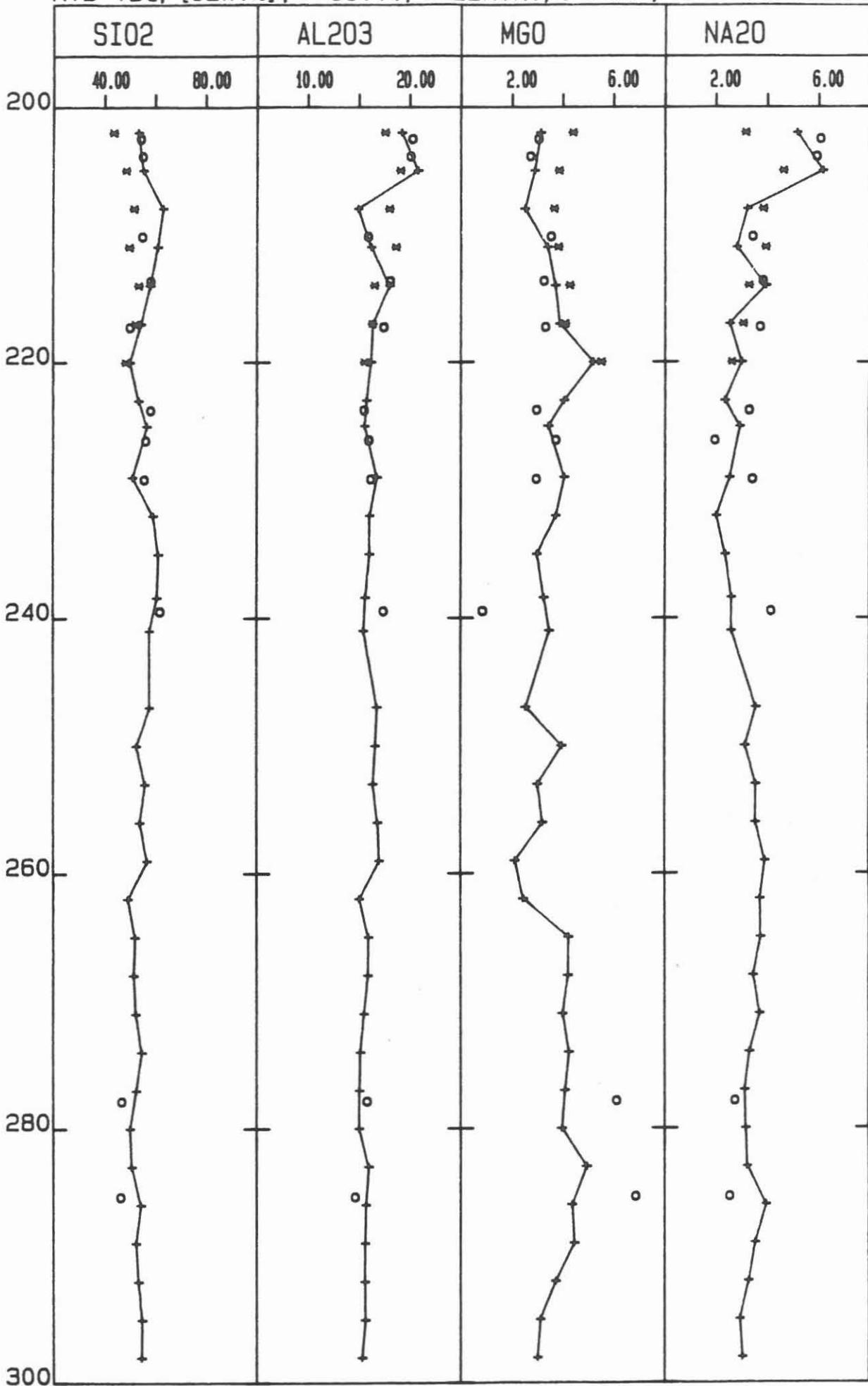
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



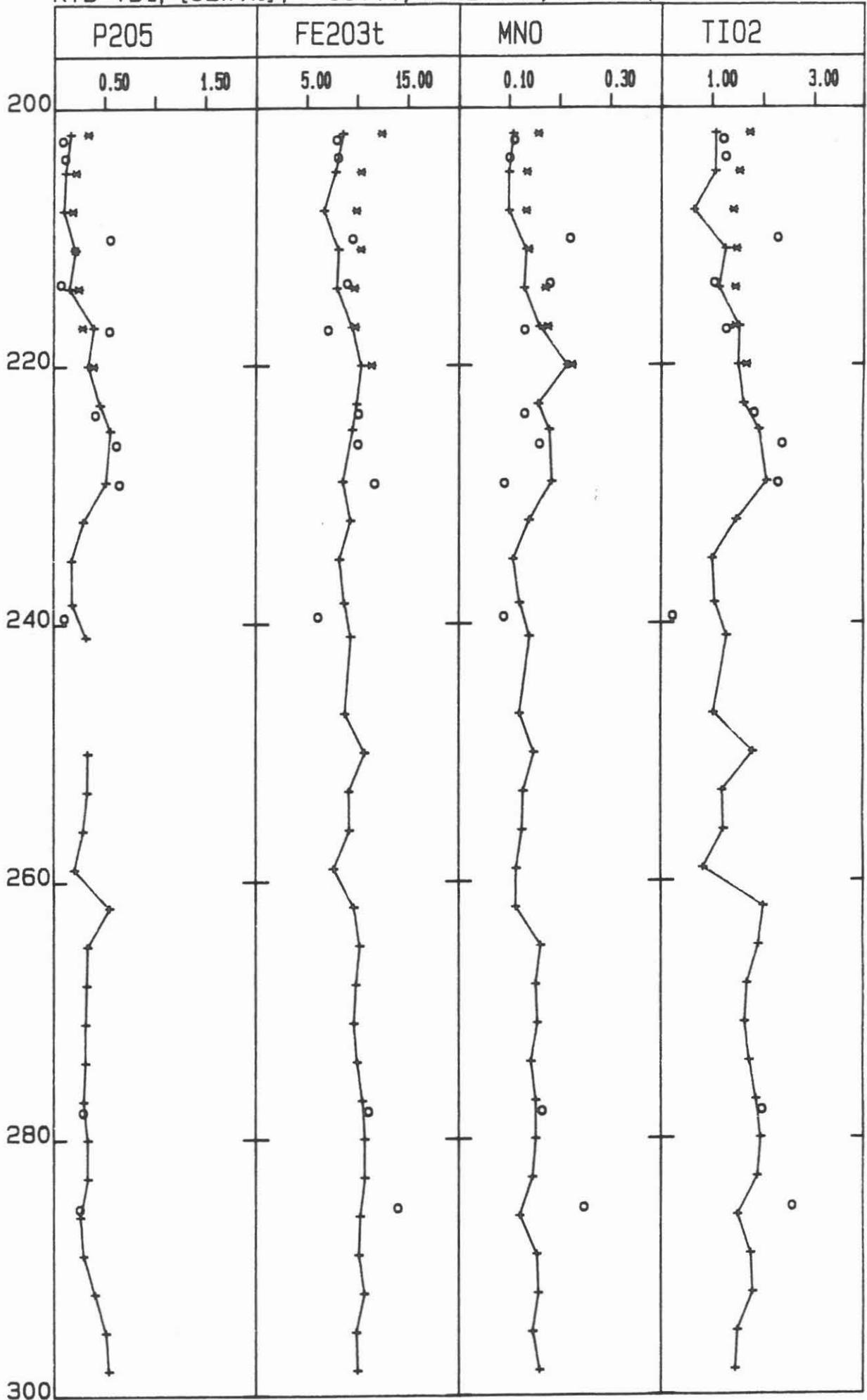
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT.*=ZENTR., O=KERN,



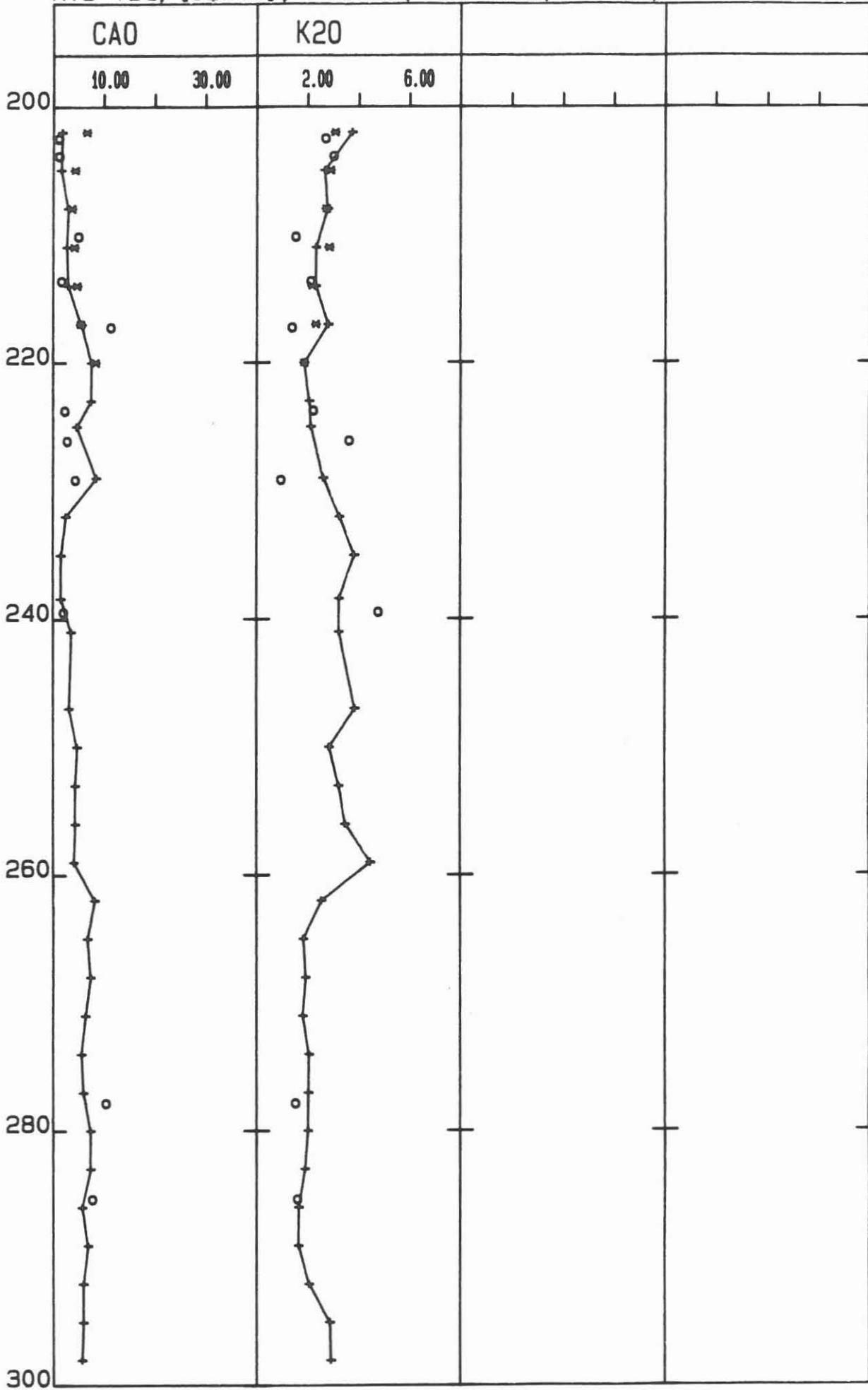
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN.



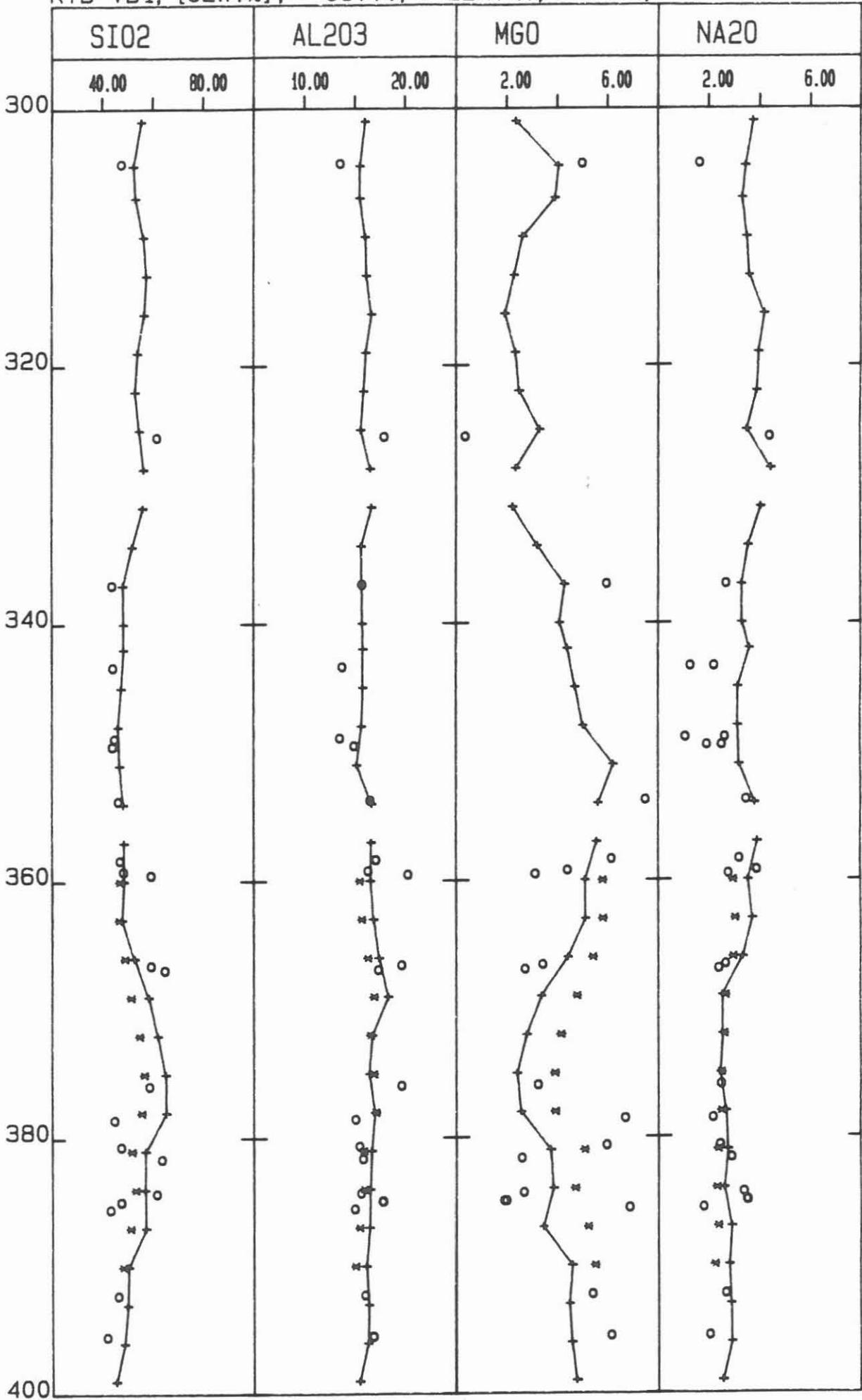
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



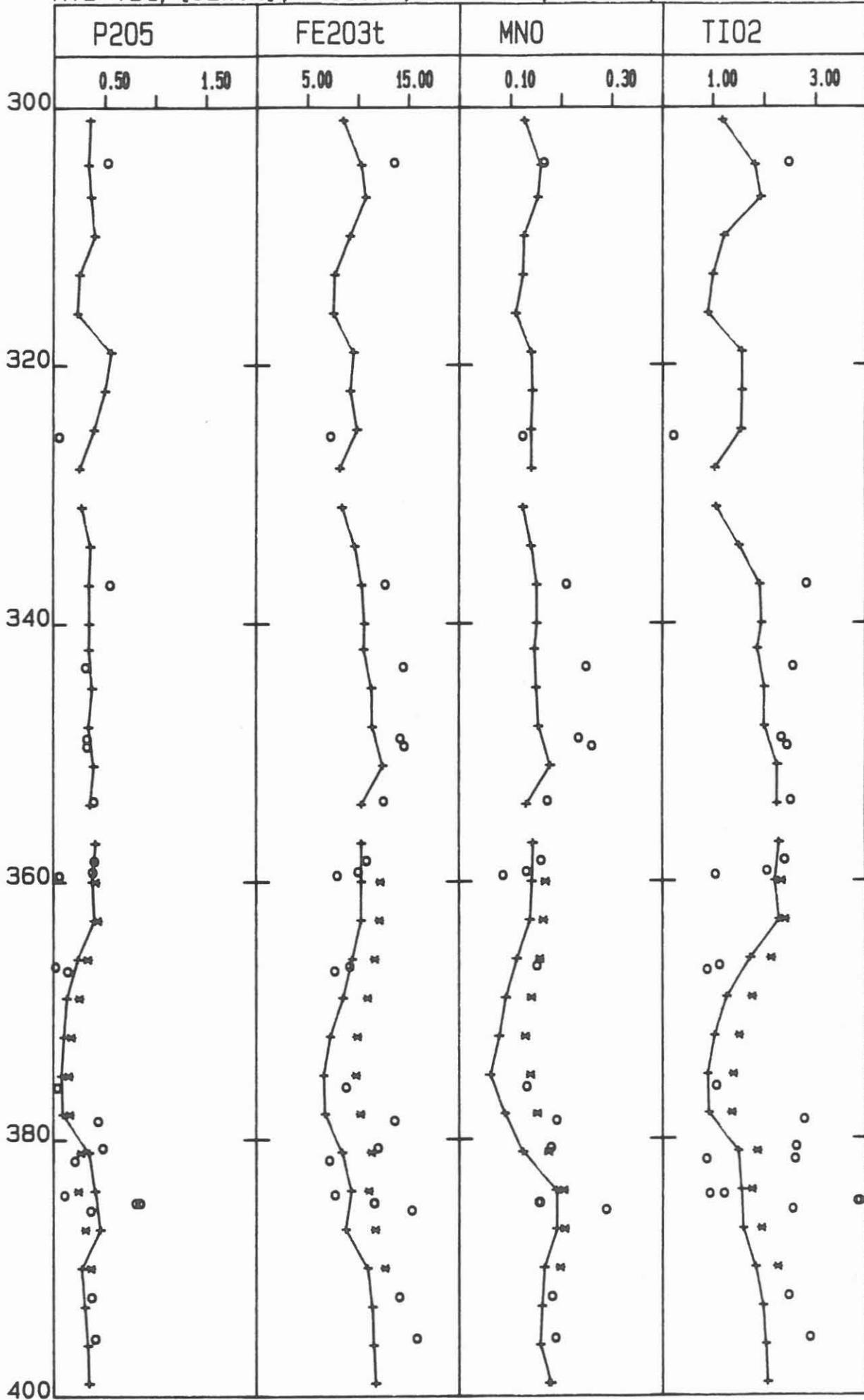
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



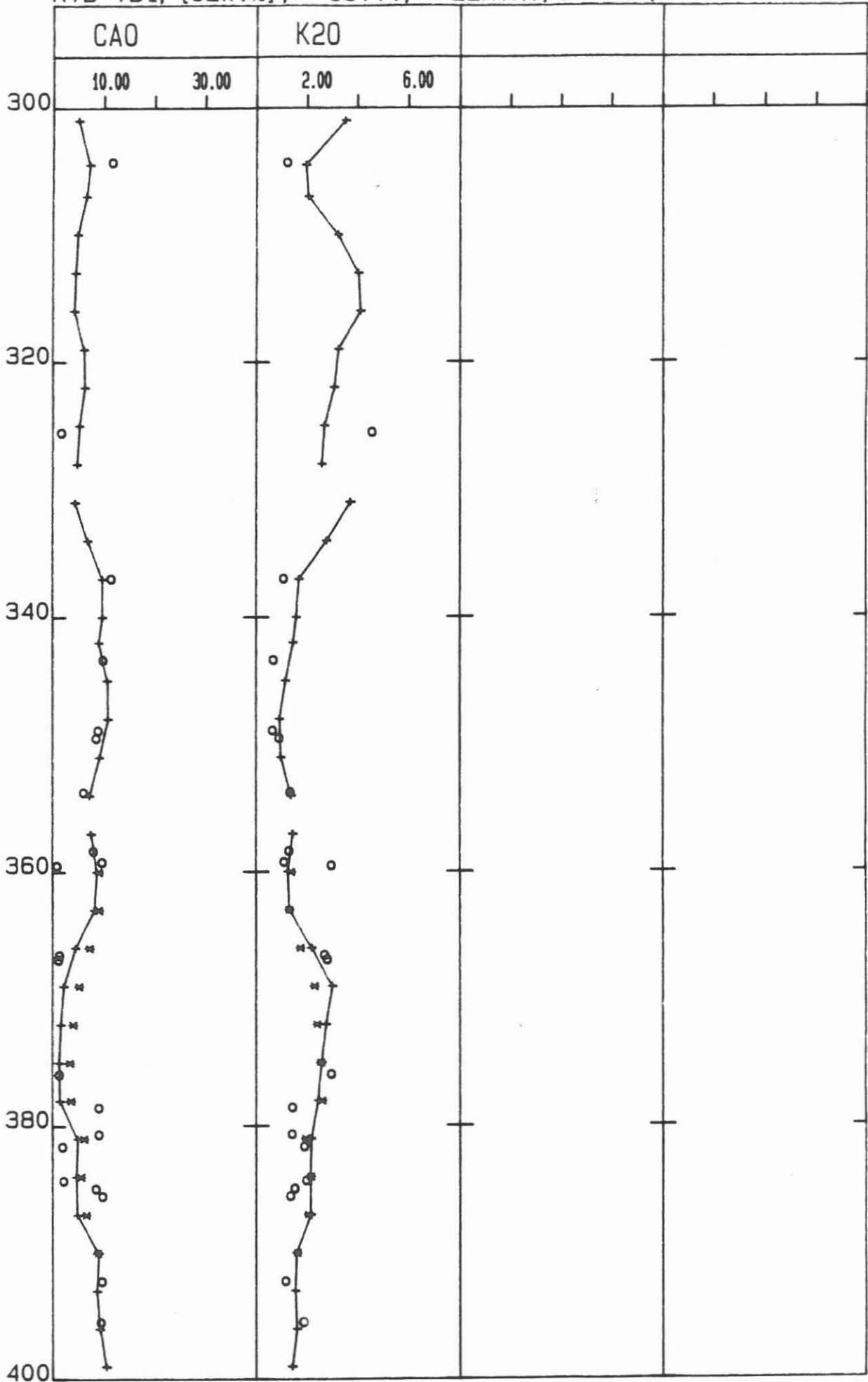
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



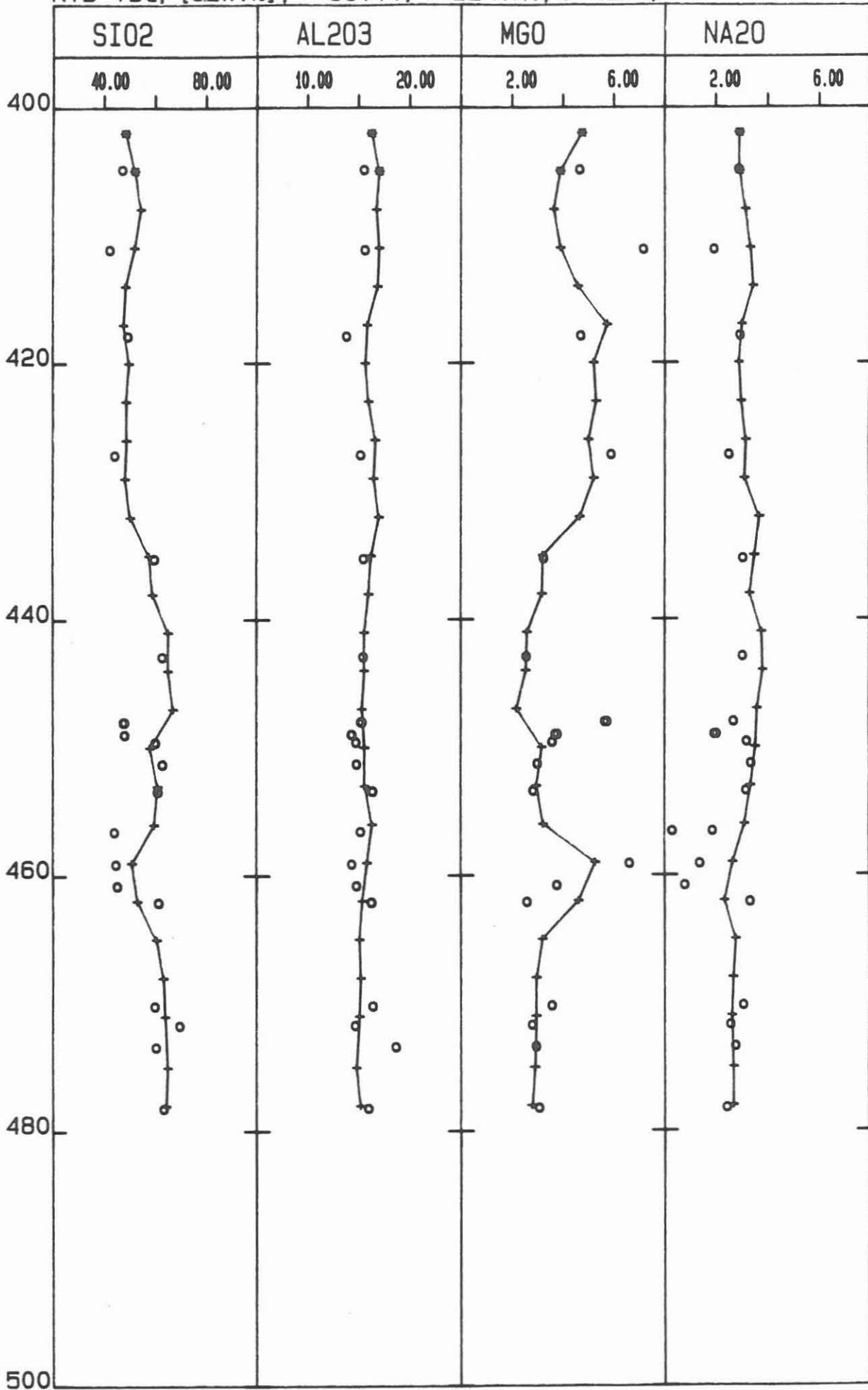
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



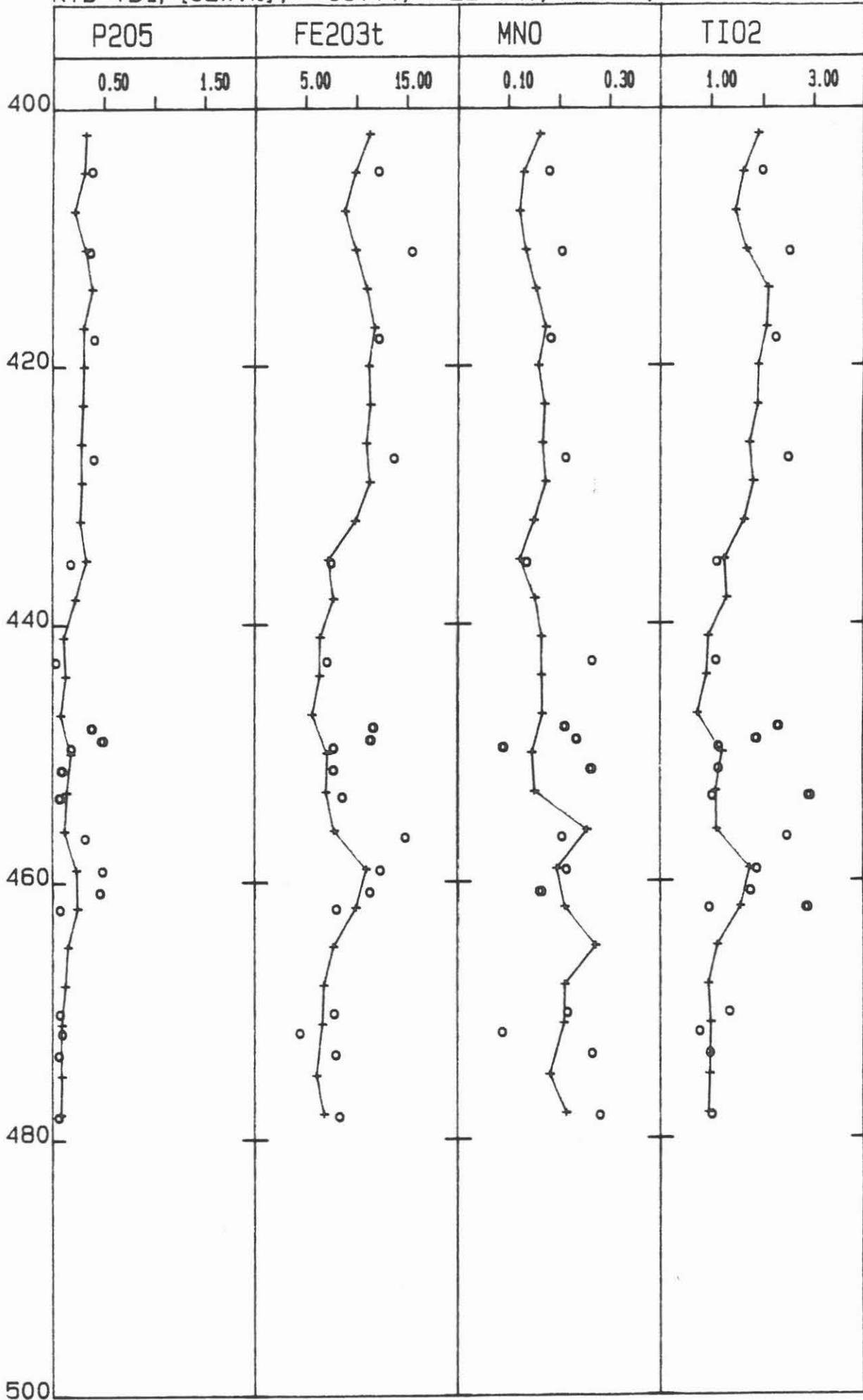
KTB-VB1, [GEW. %], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



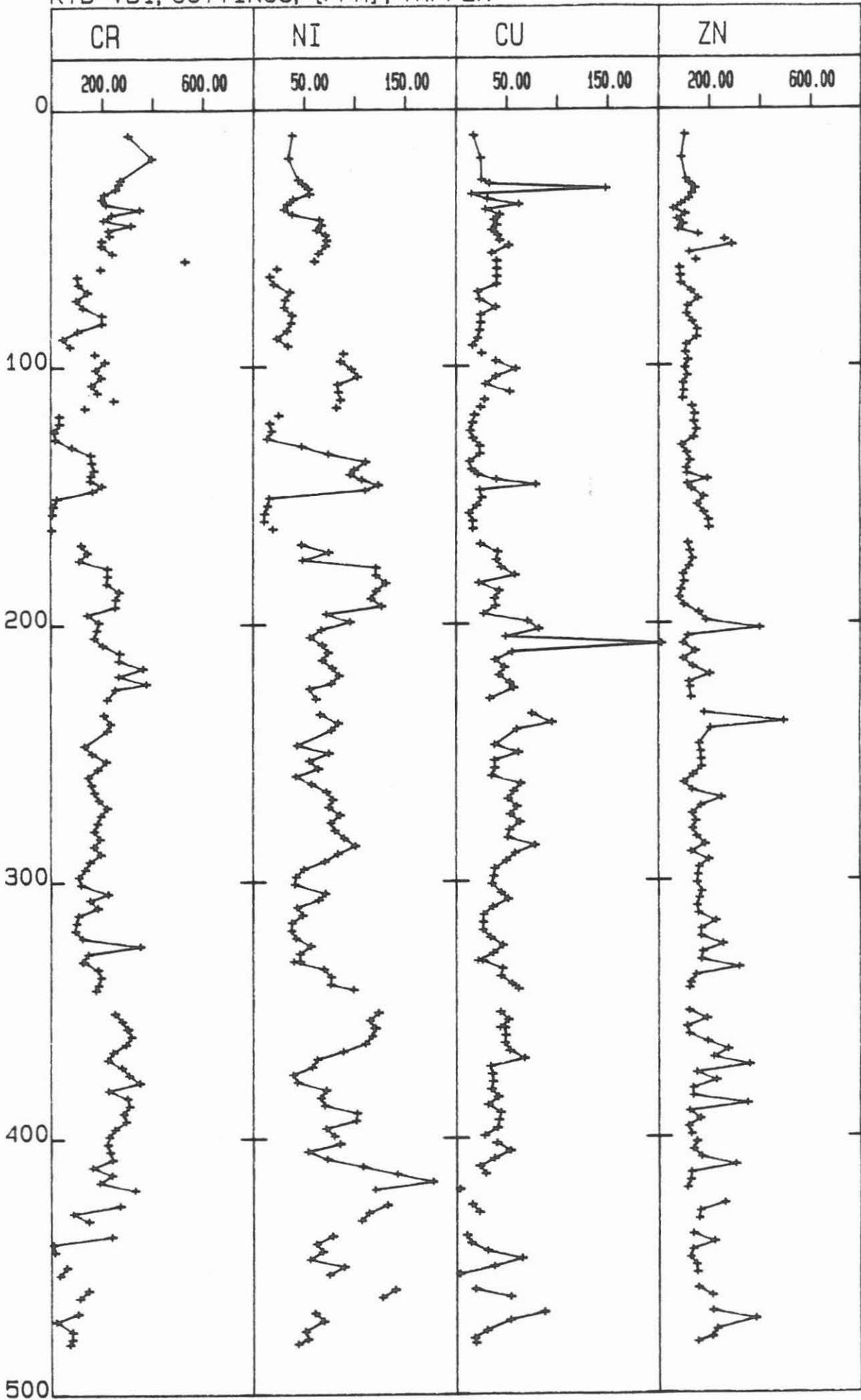
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



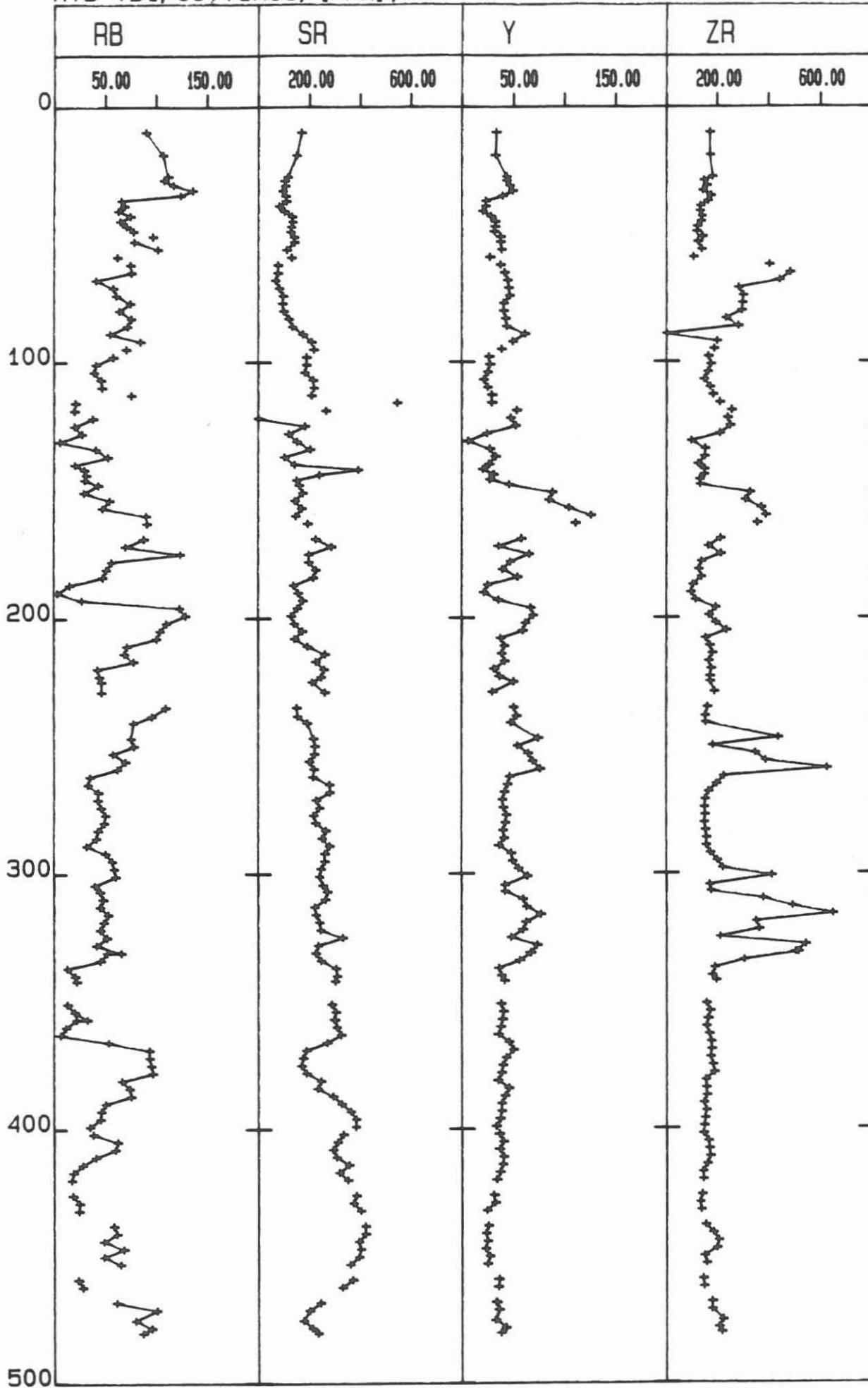
KTB-VB1, [GEW.%], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN.



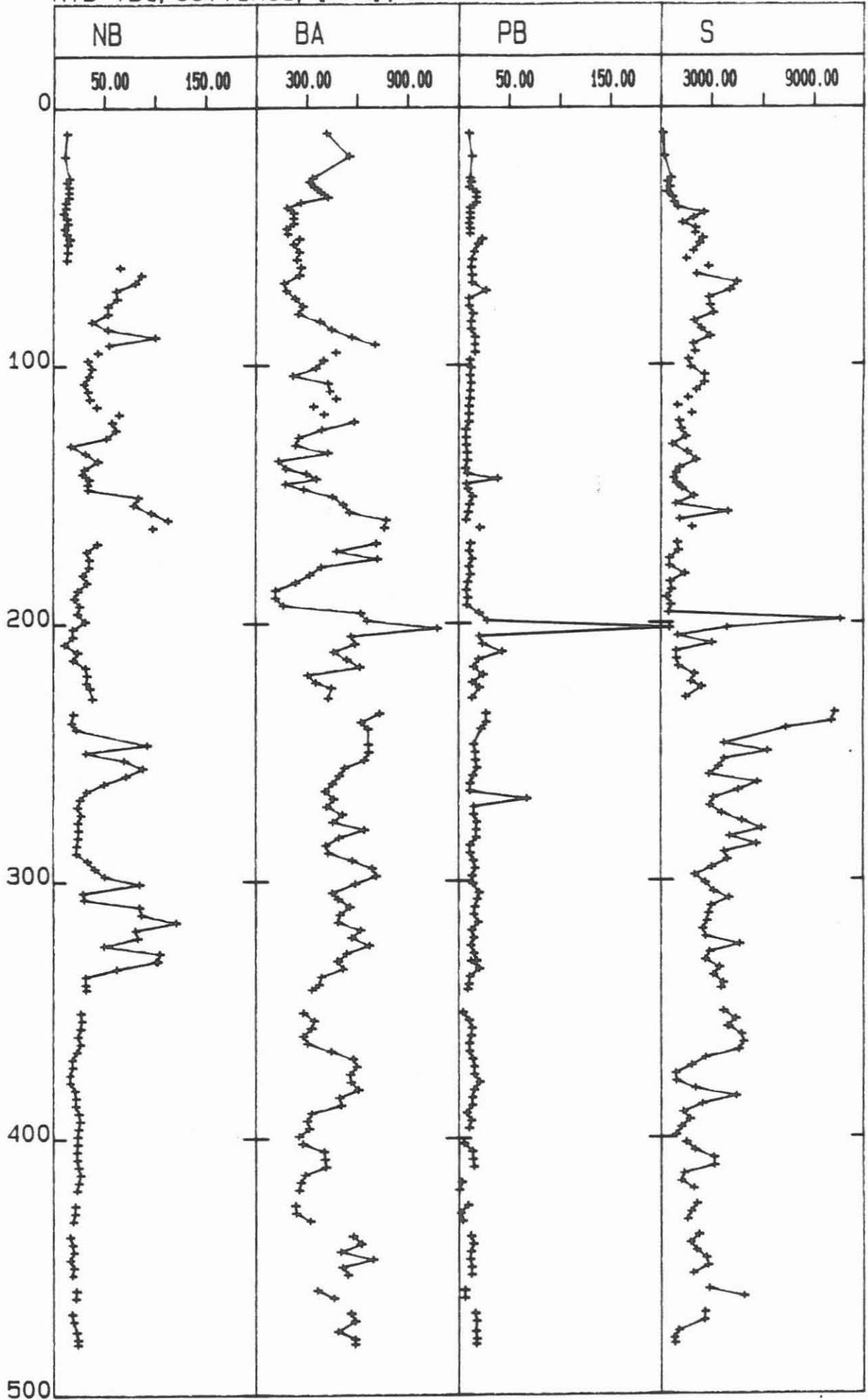
KTB-VB1, CUTTINGS, [PPM], TAPPER



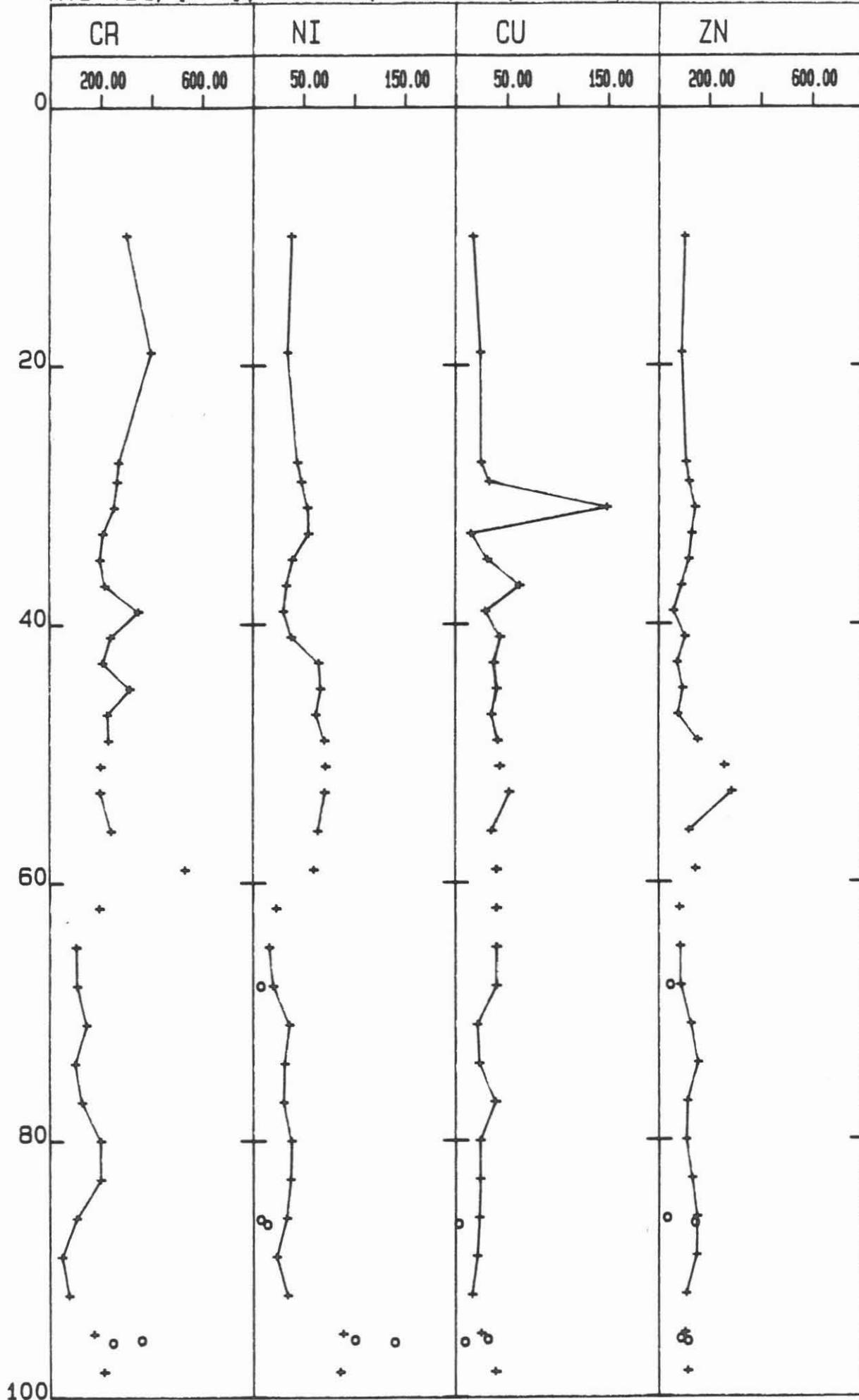
KTB-VB1, CUTTINGS, [PPM], TAPFER



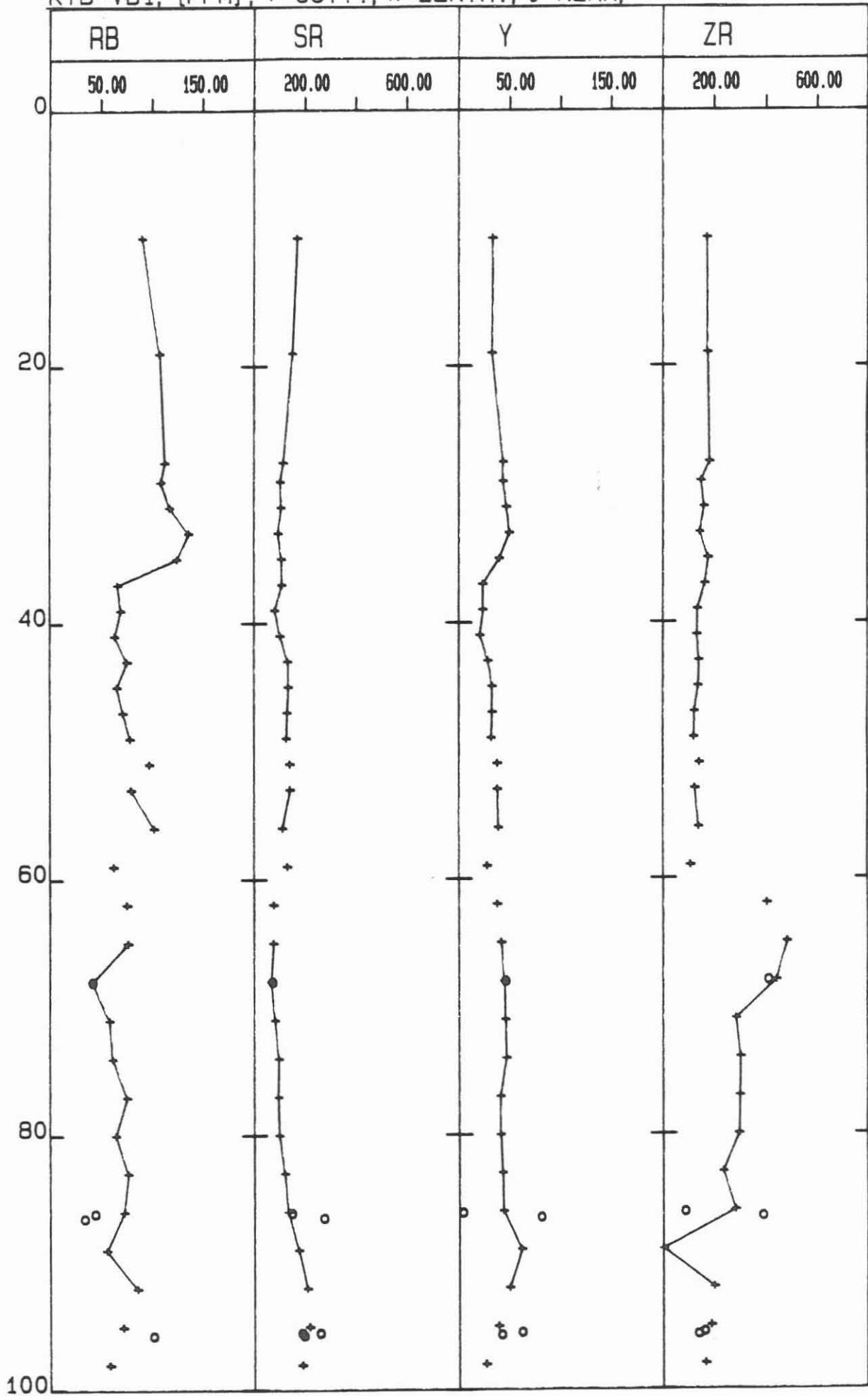
KTB-VB1, CUTTINGS, [PPM], TAPFER



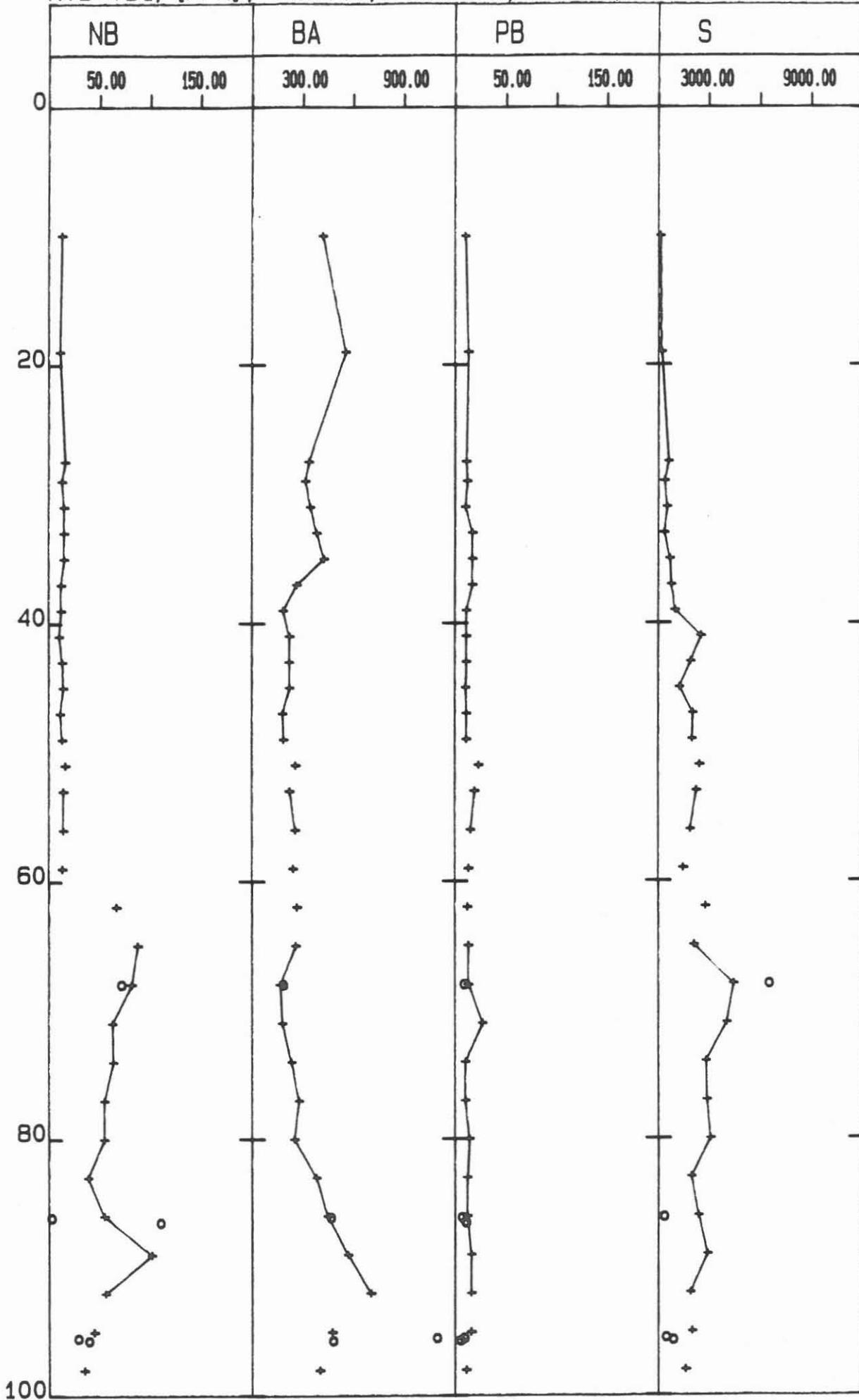
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



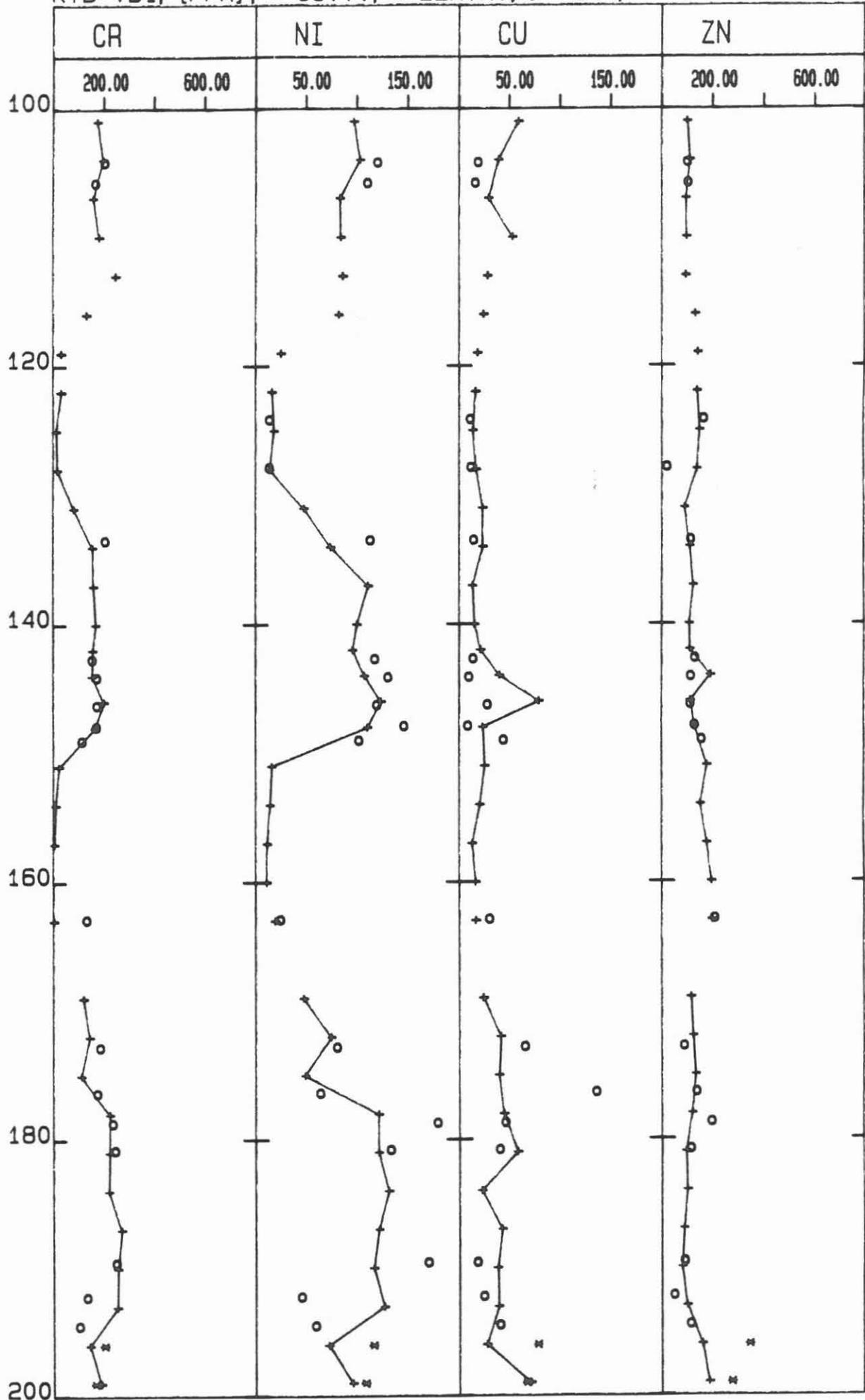
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



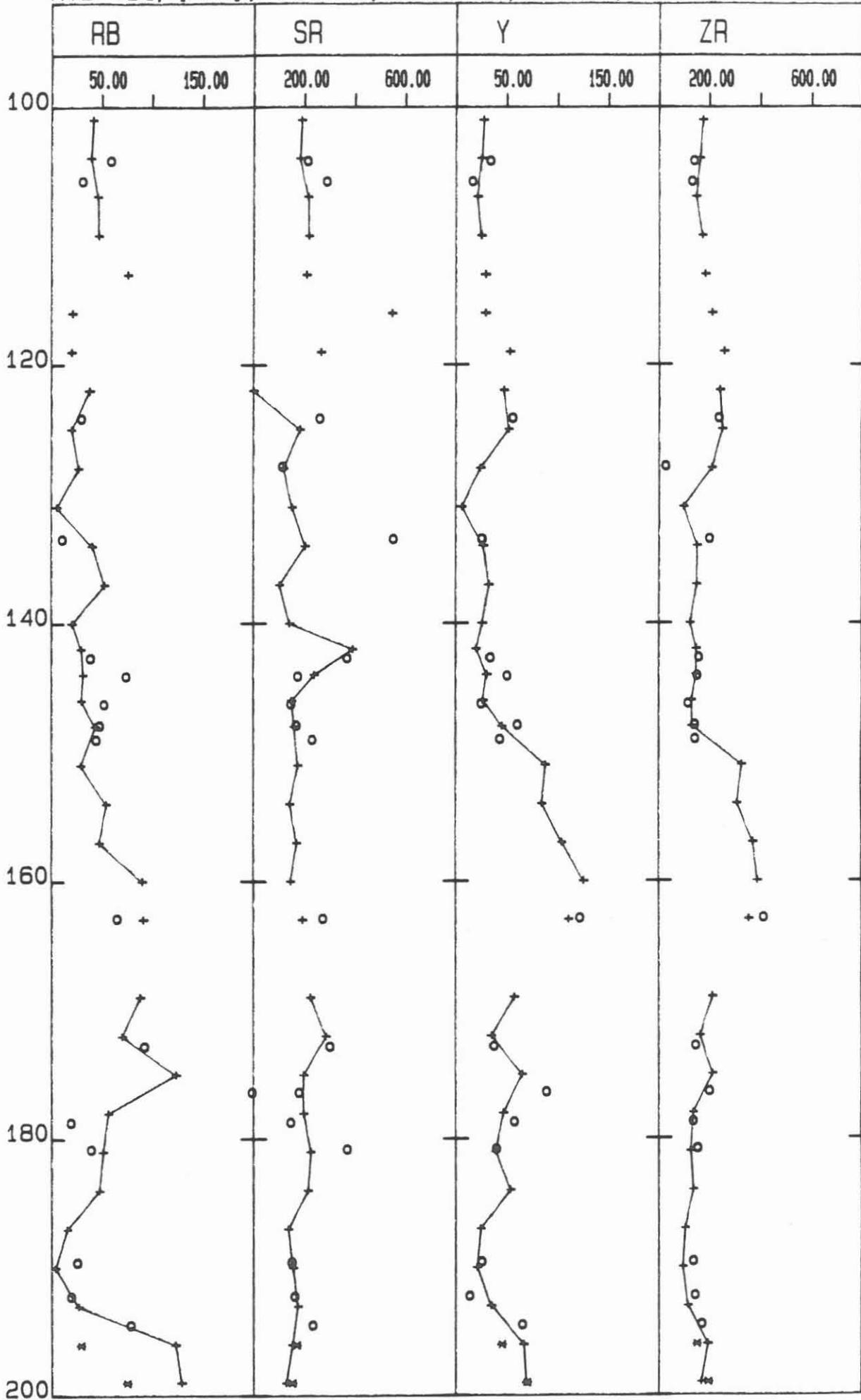
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



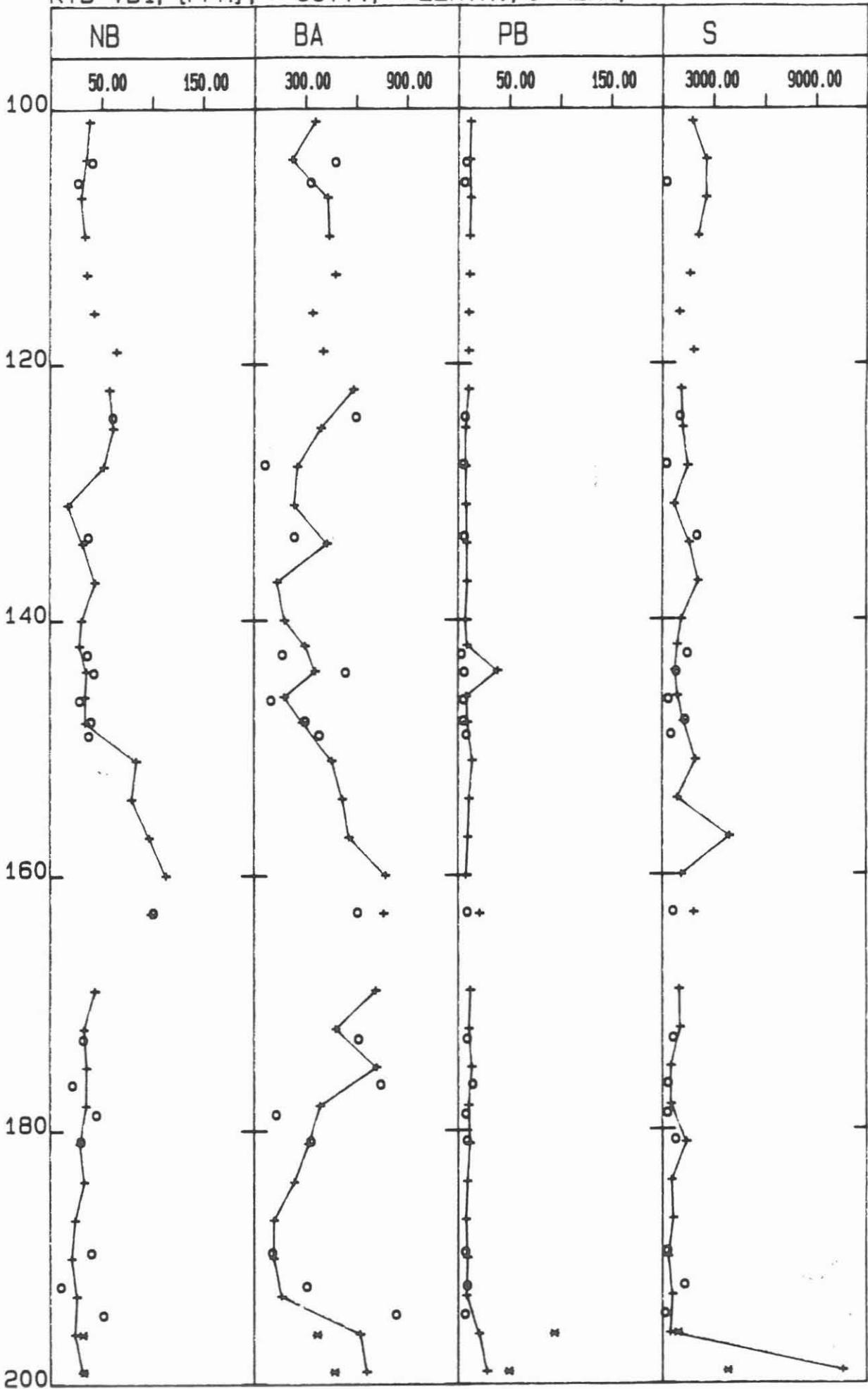
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



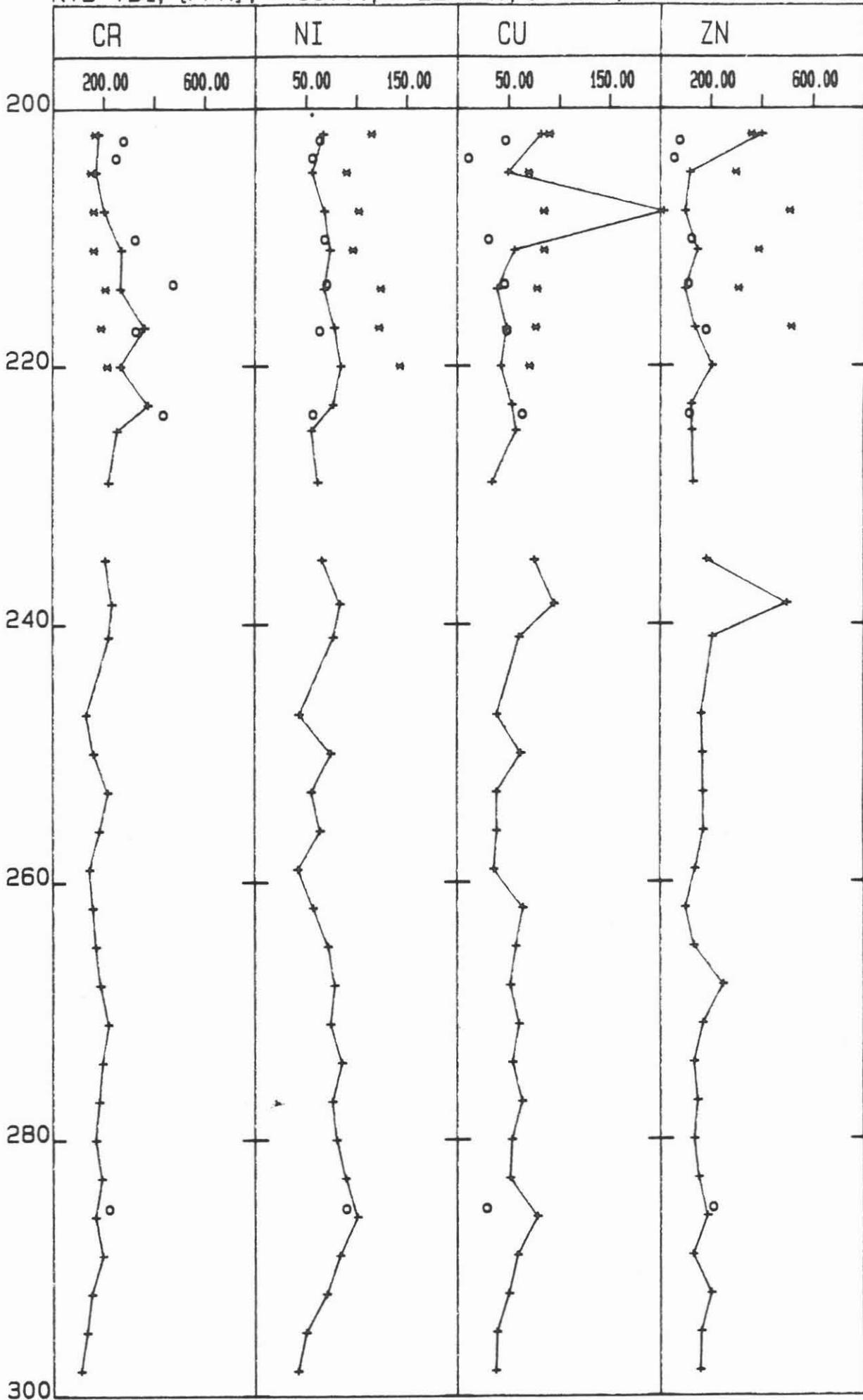
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



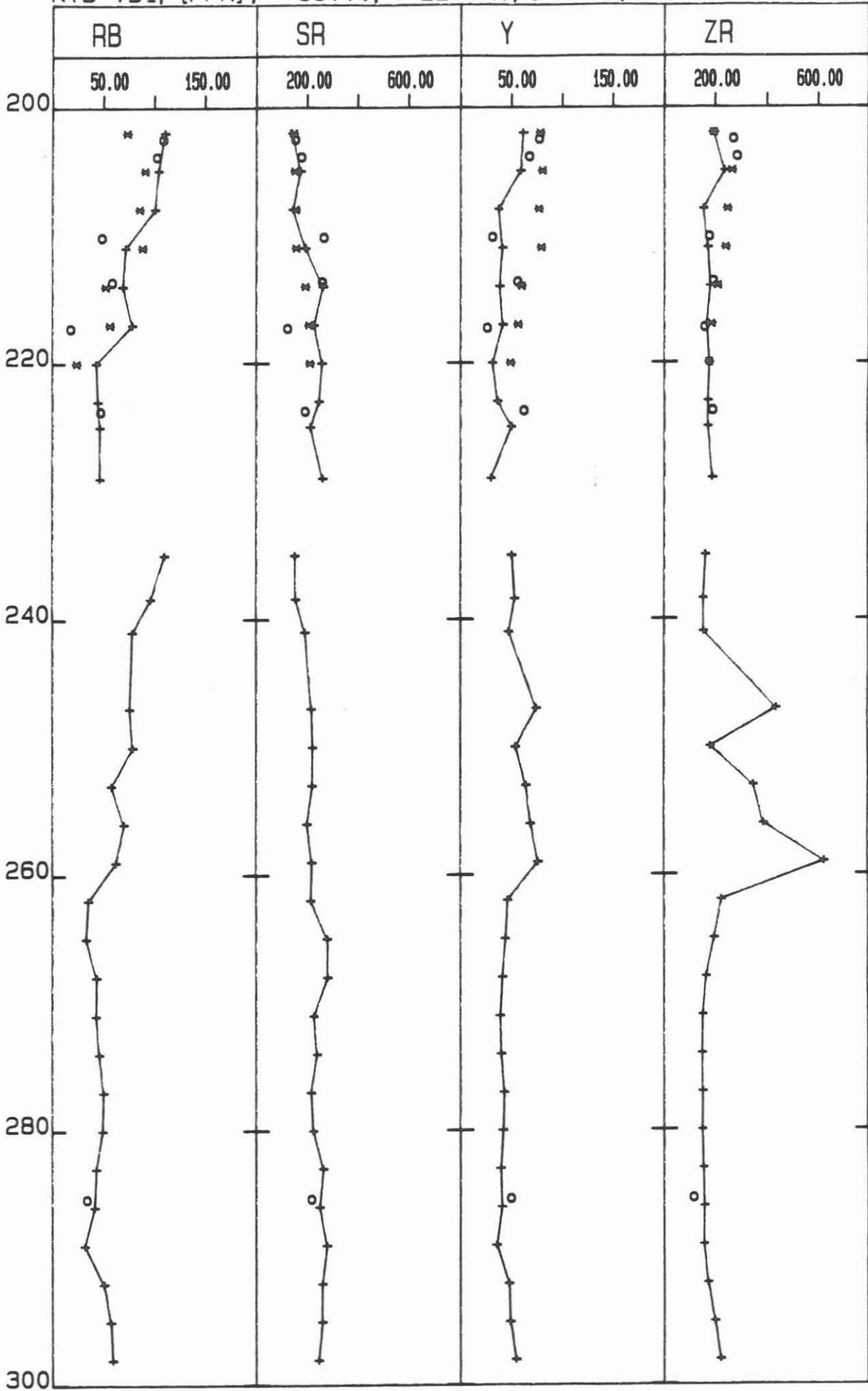
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



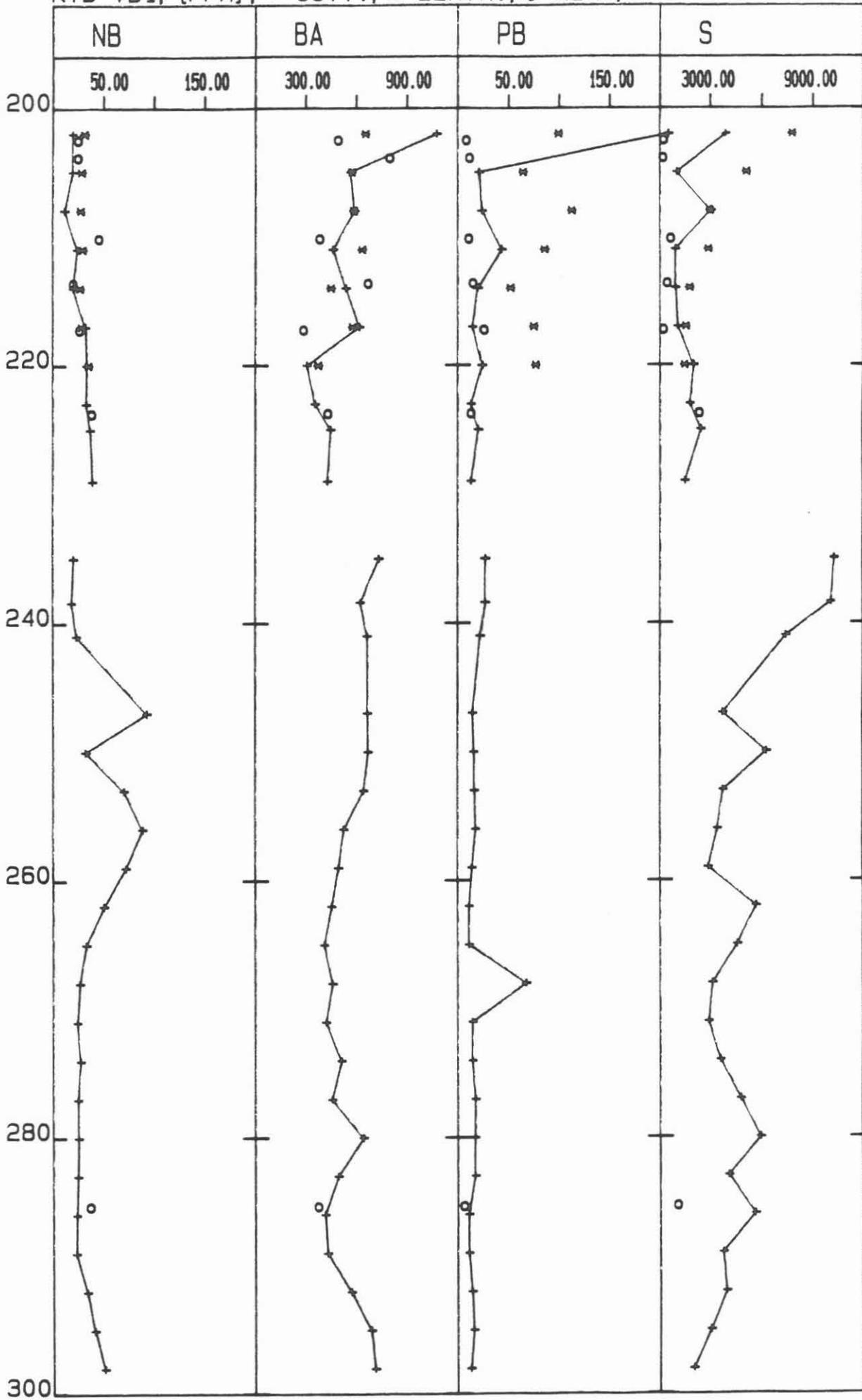
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN.



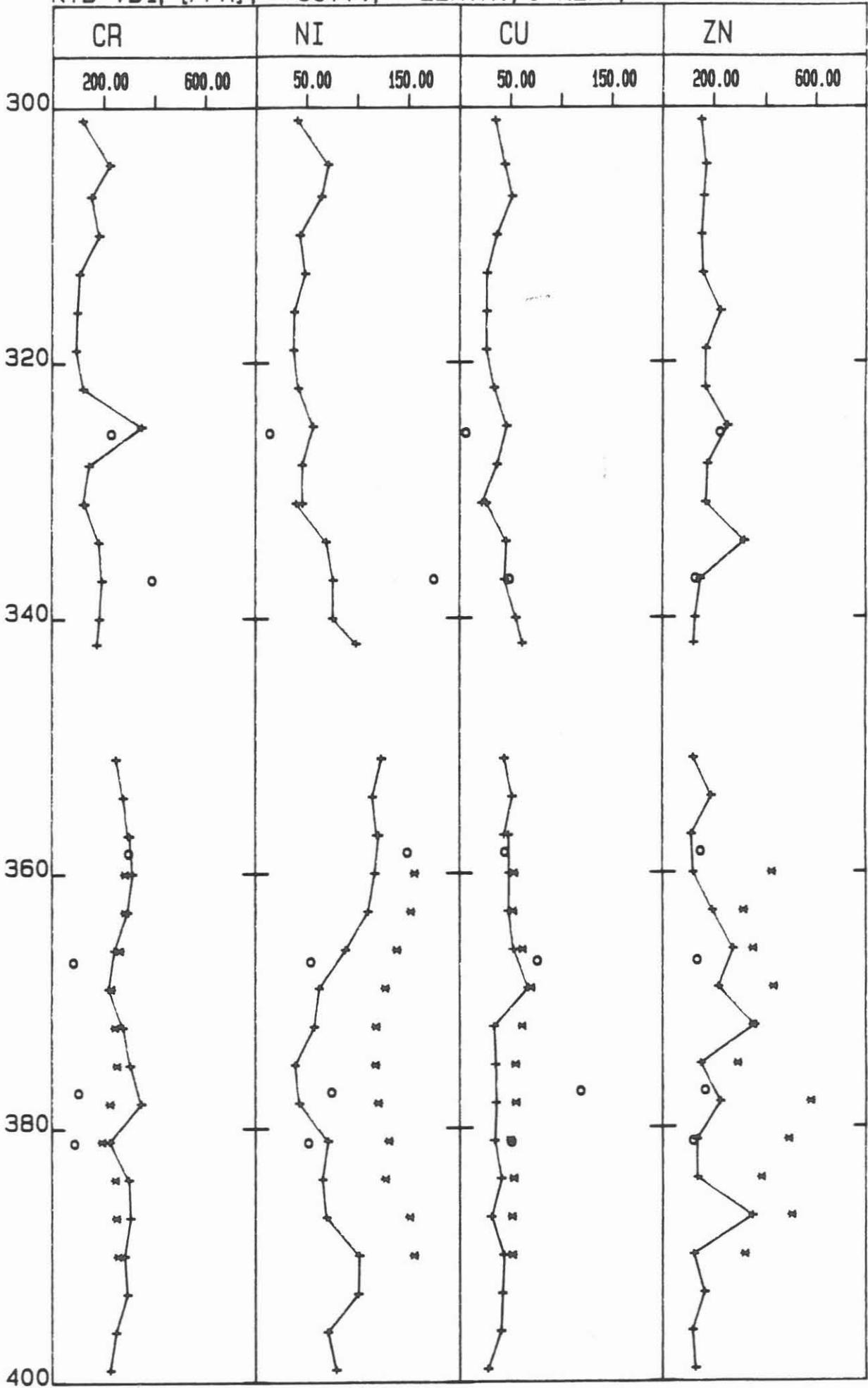
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



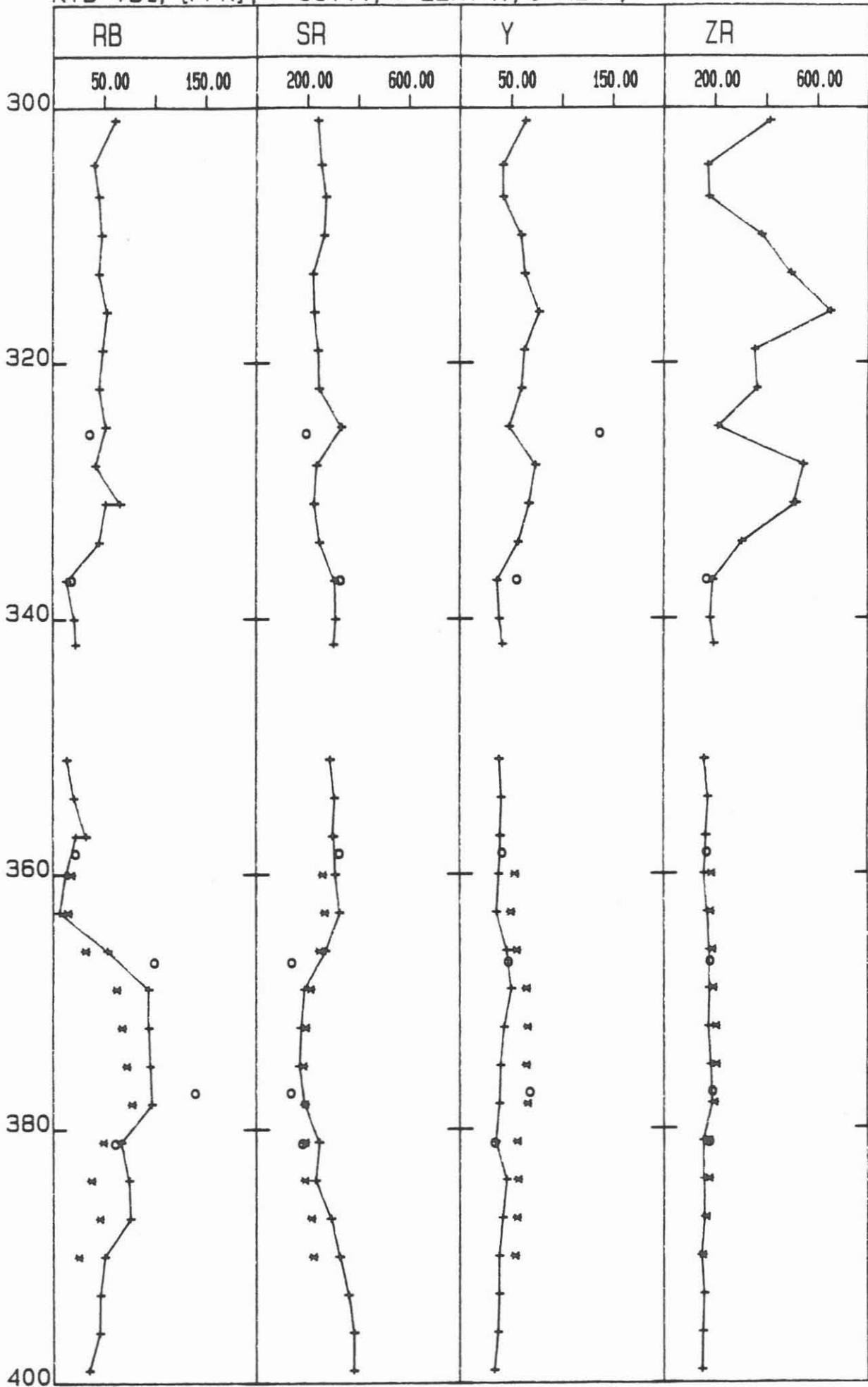
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



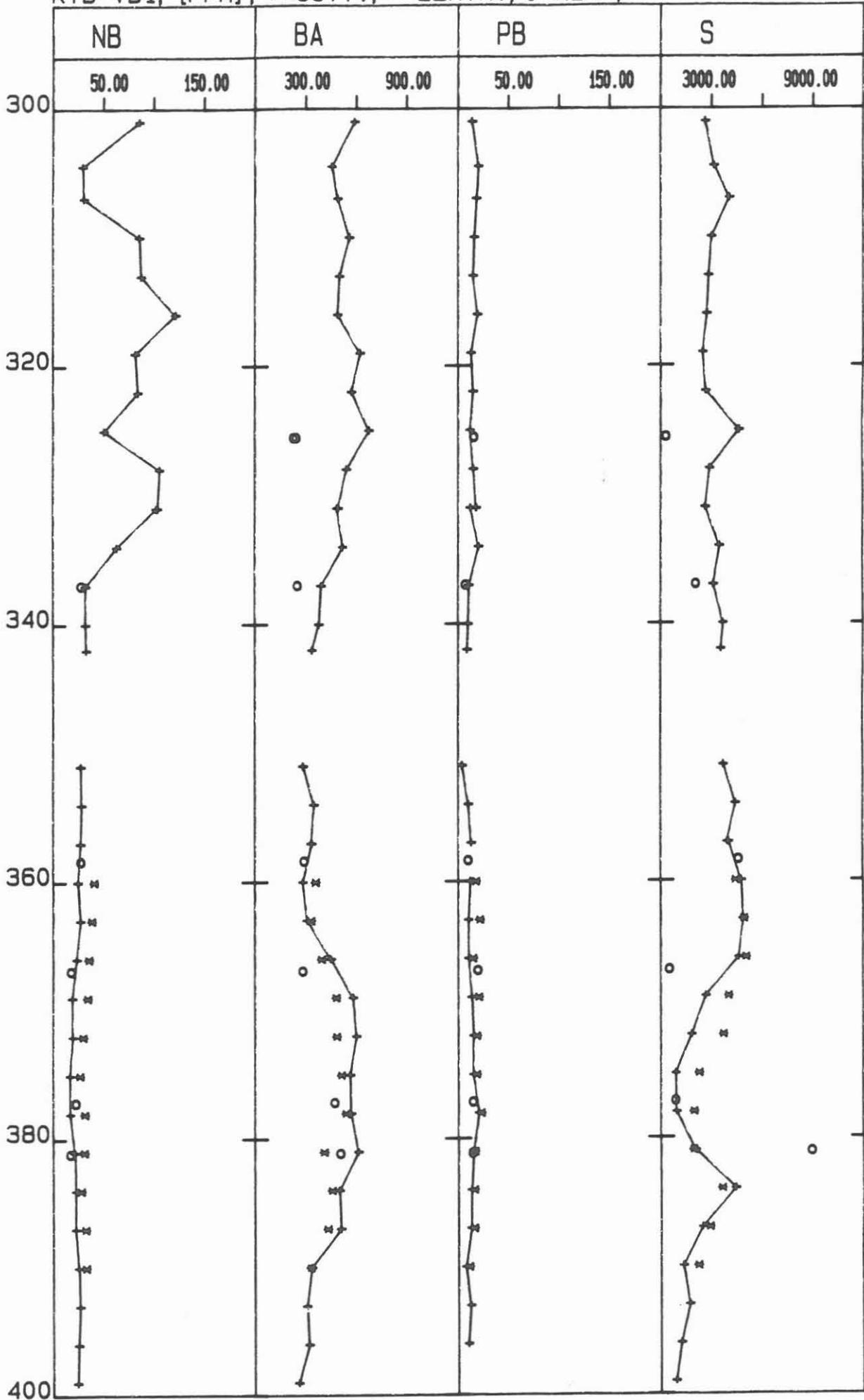
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



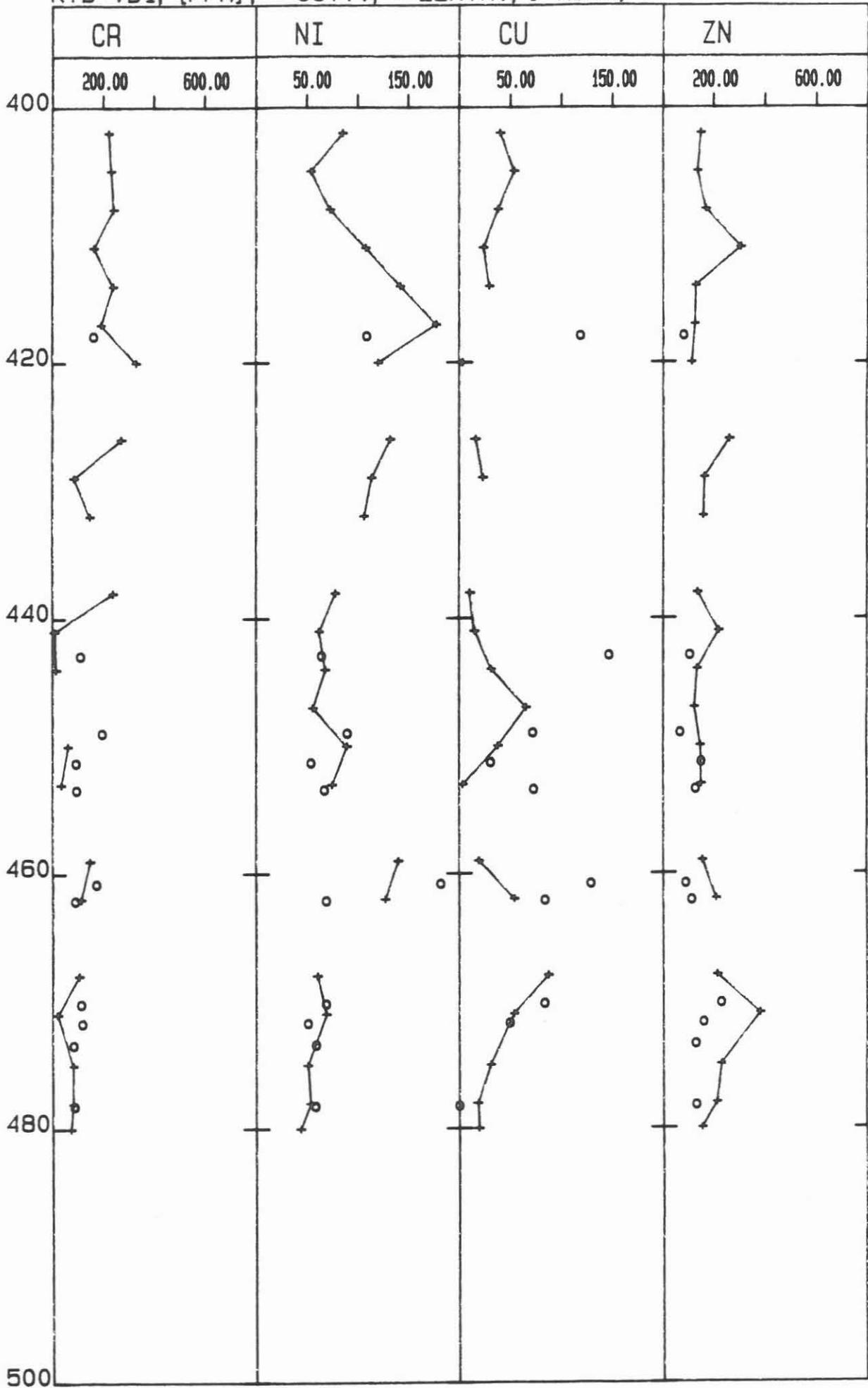
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



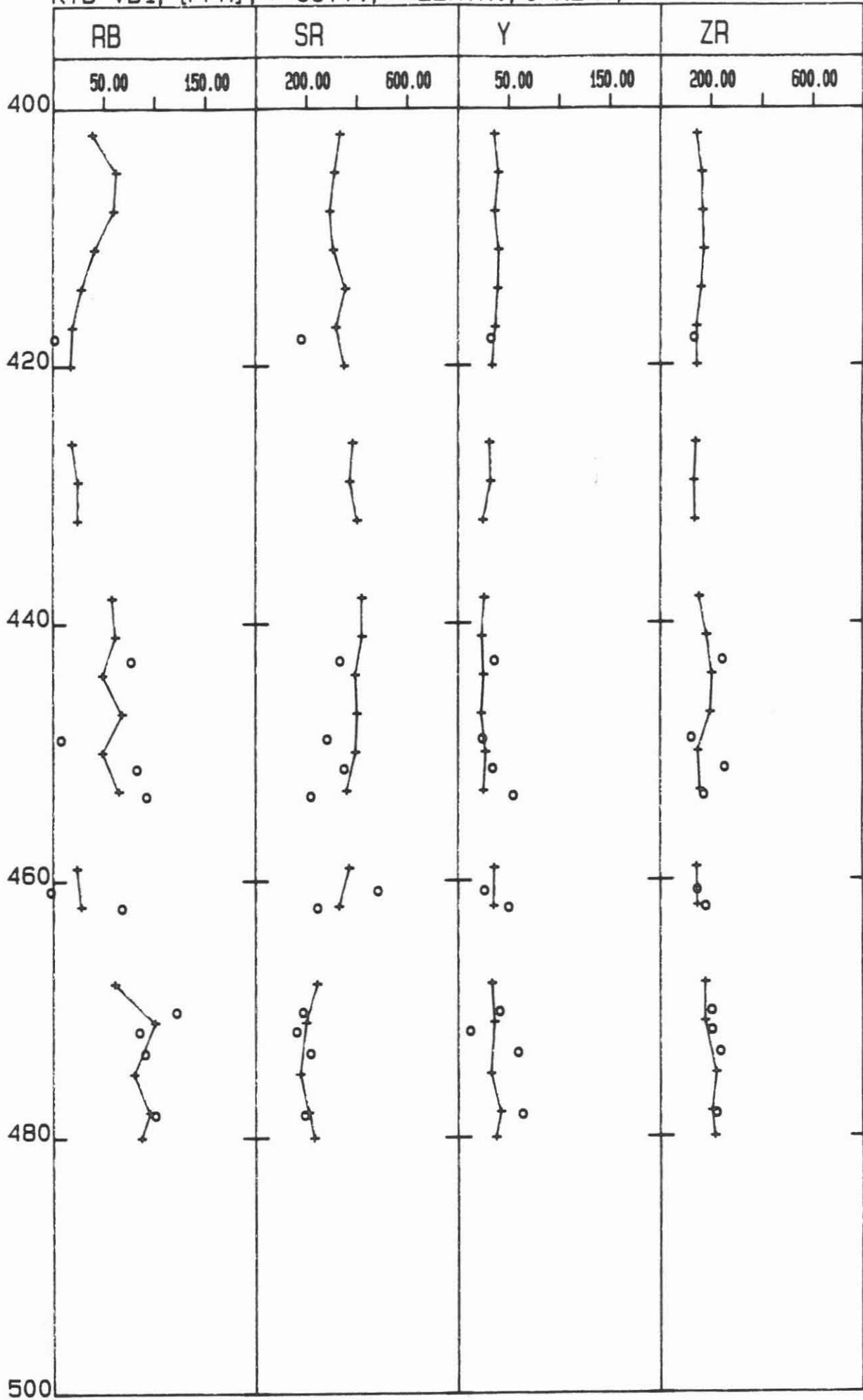
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



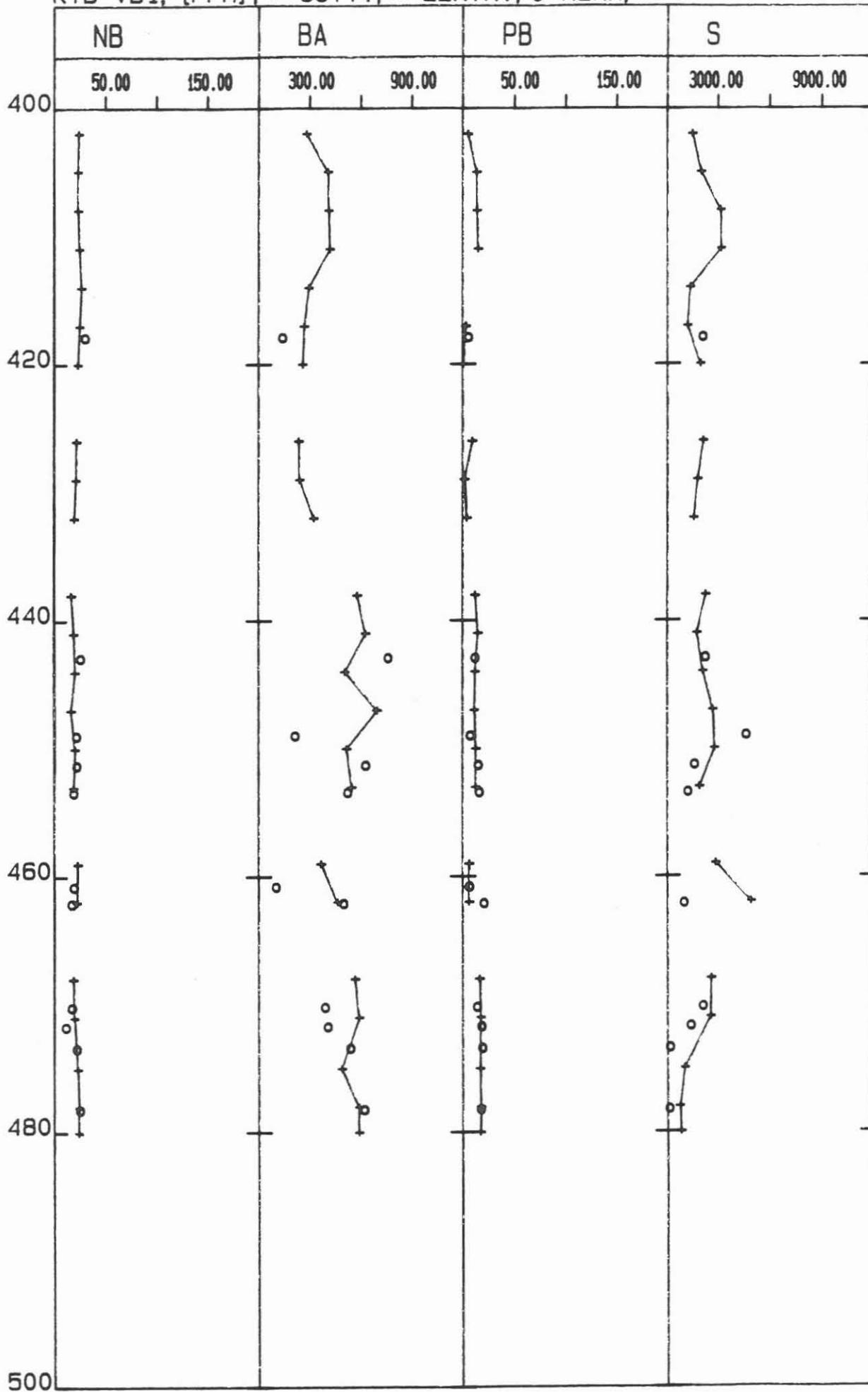
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., 0=KERN,



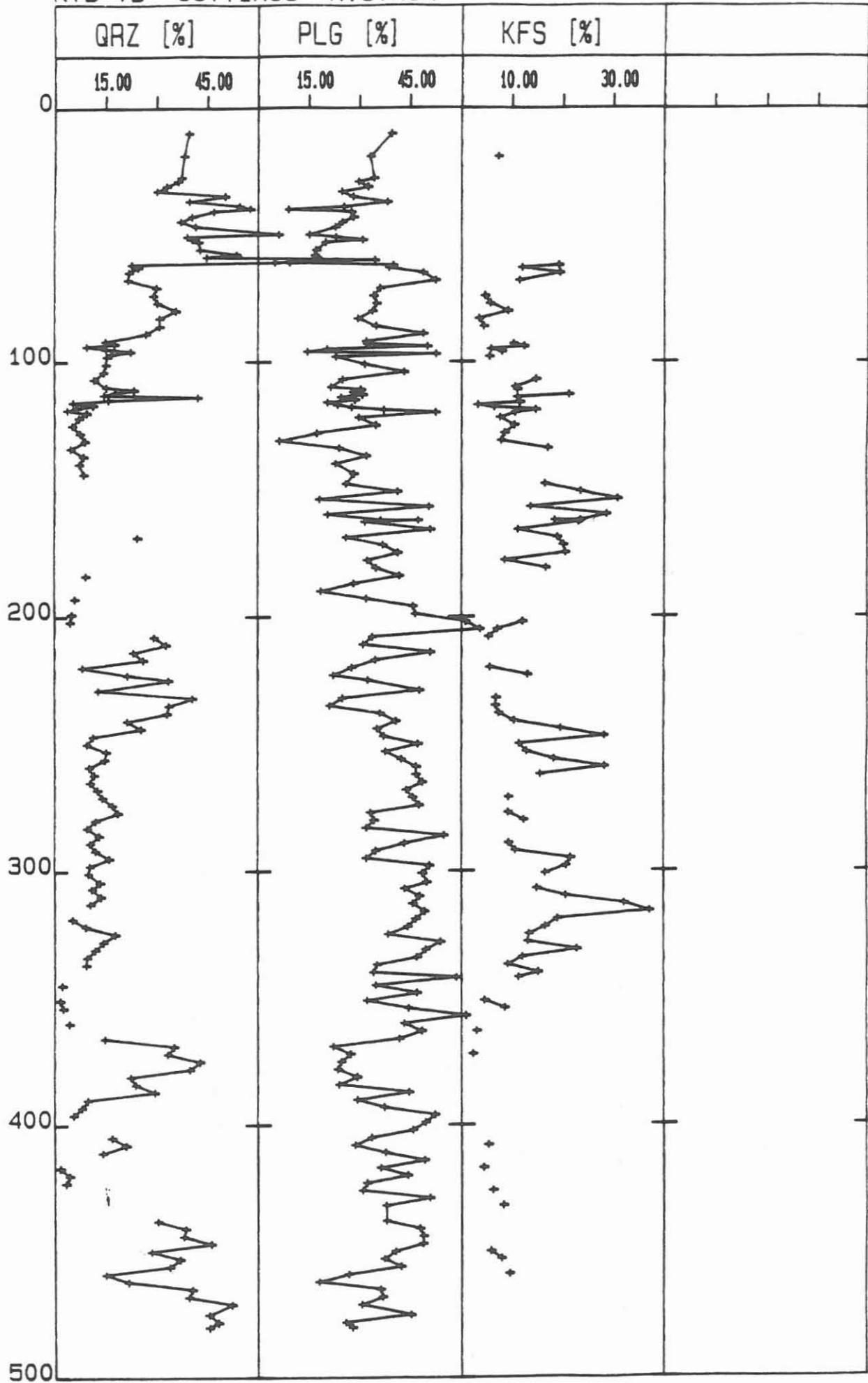
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



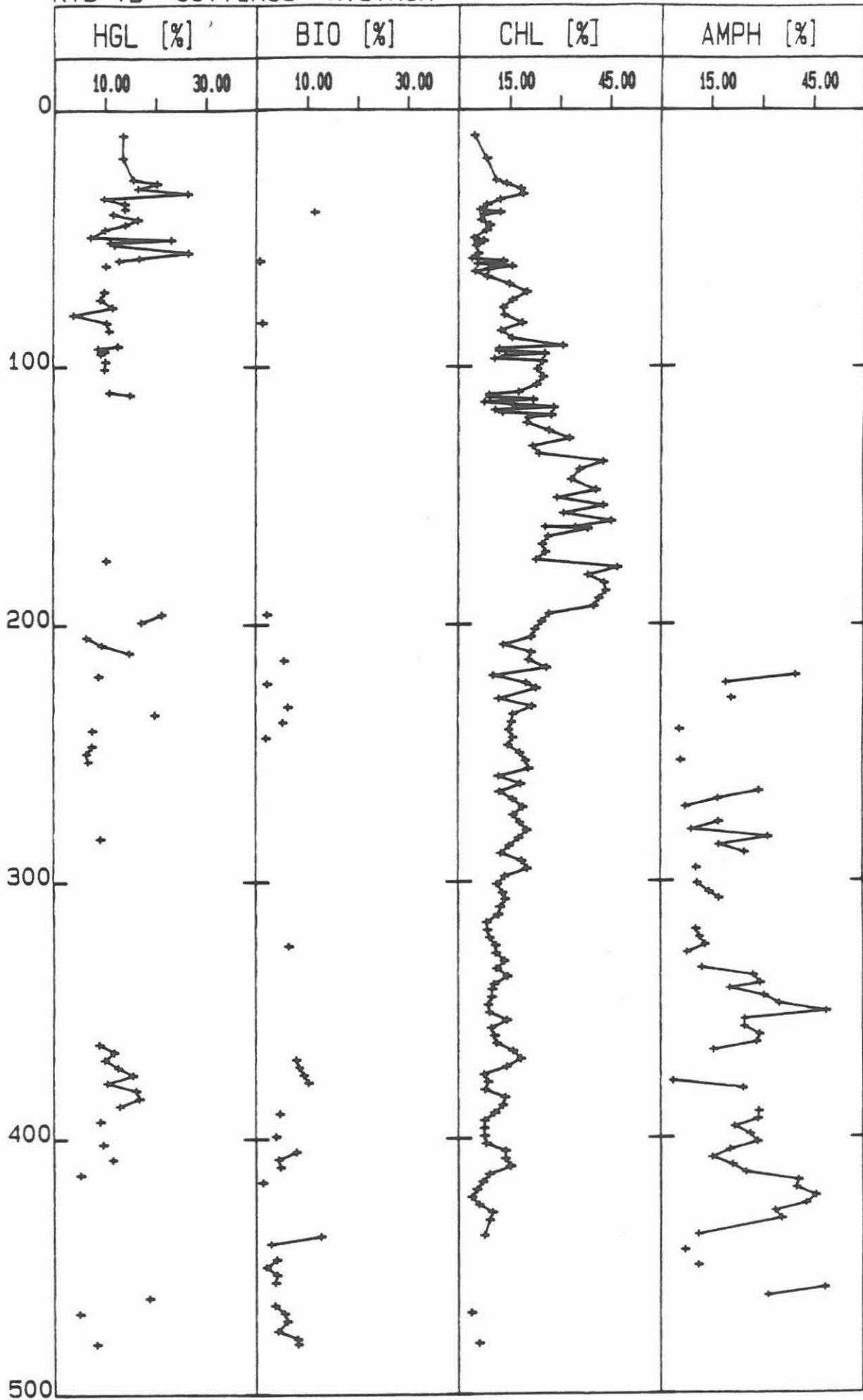
KTB-VB1, [PPM], +=CUTT., *=ZENTR., O=KERN,



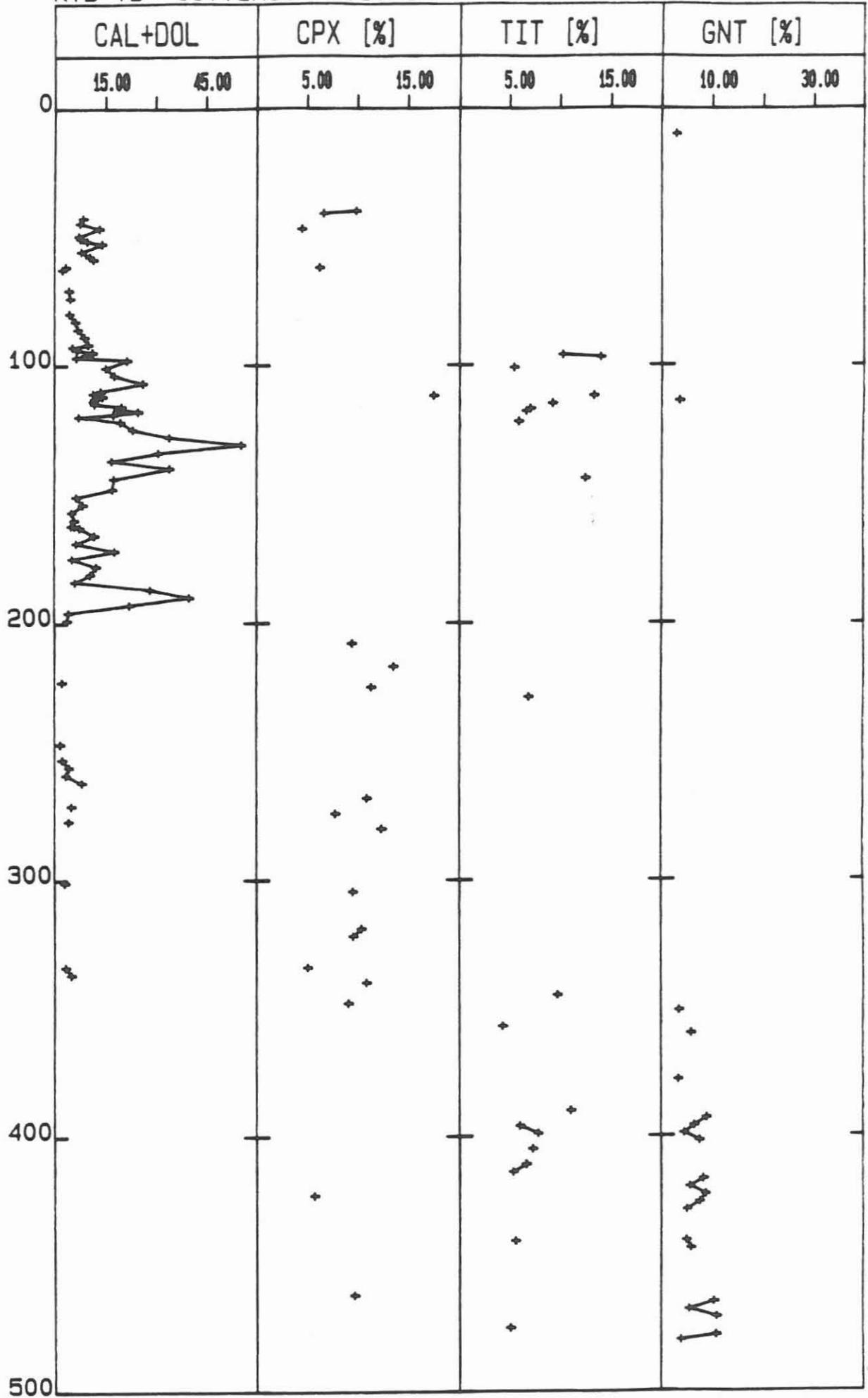
KTB-VB CUTTINGS A. STROH



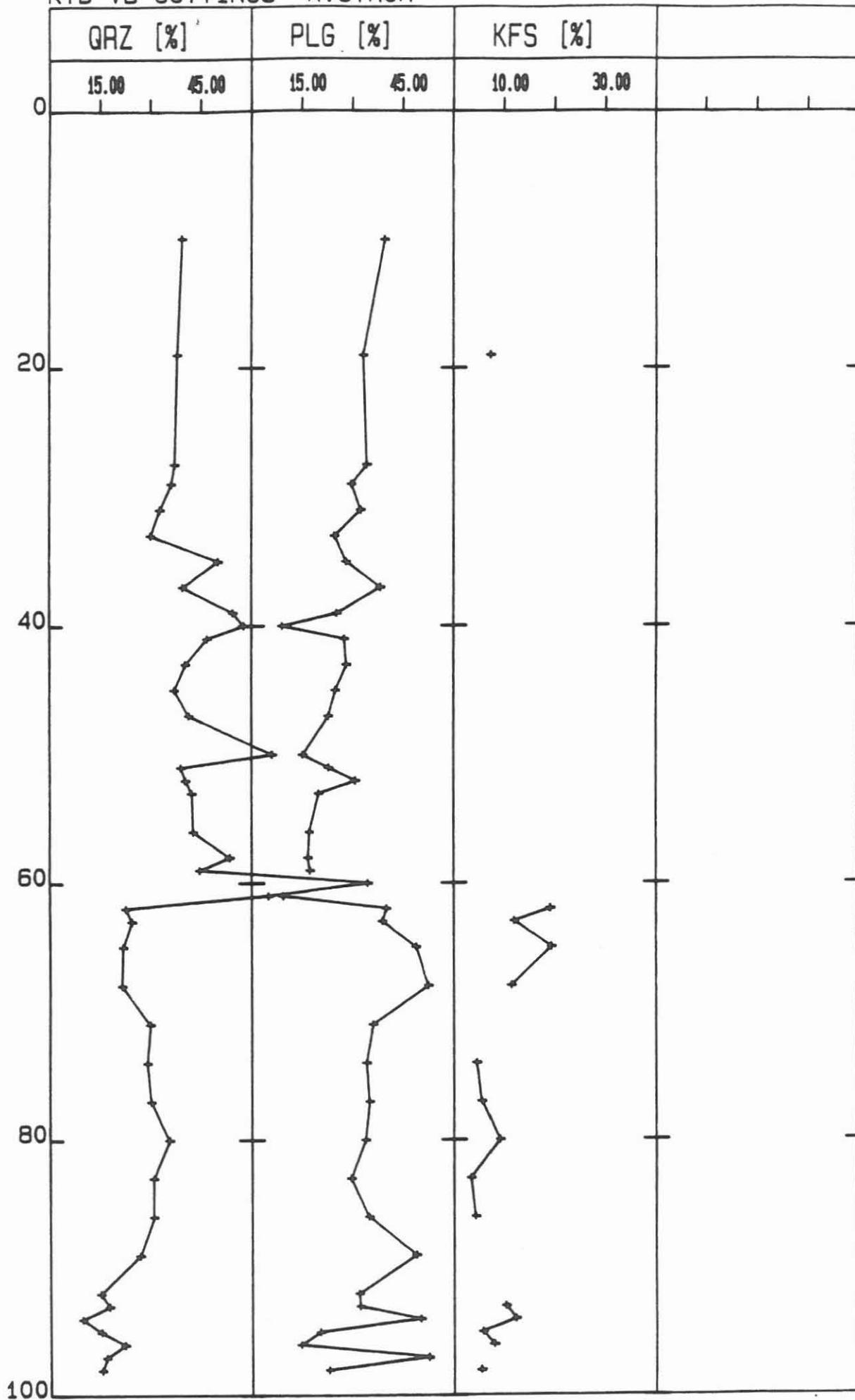
KTB-VB CUTTINGS A. STROH



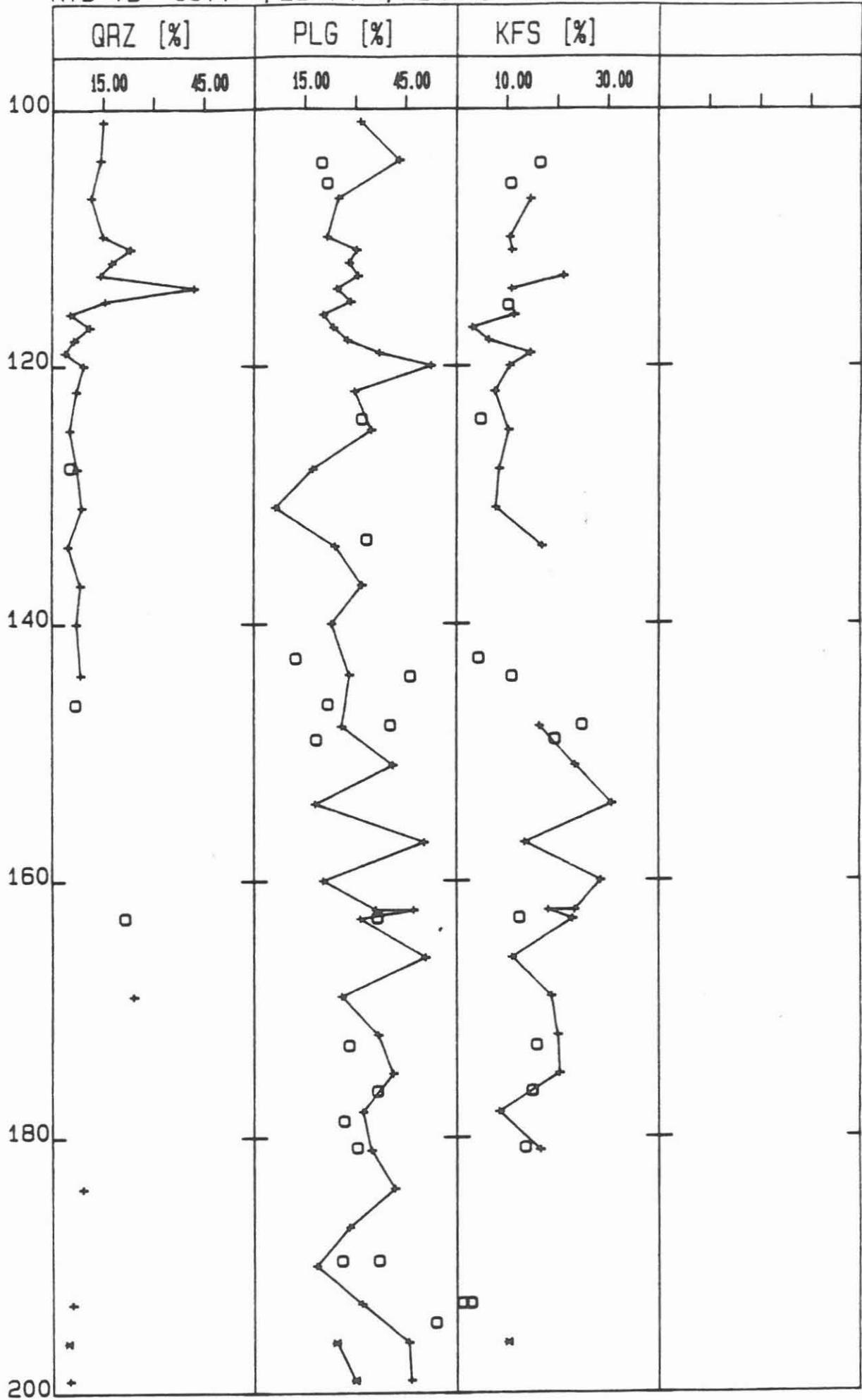
KTB-VB CUTTINGS A.STROH



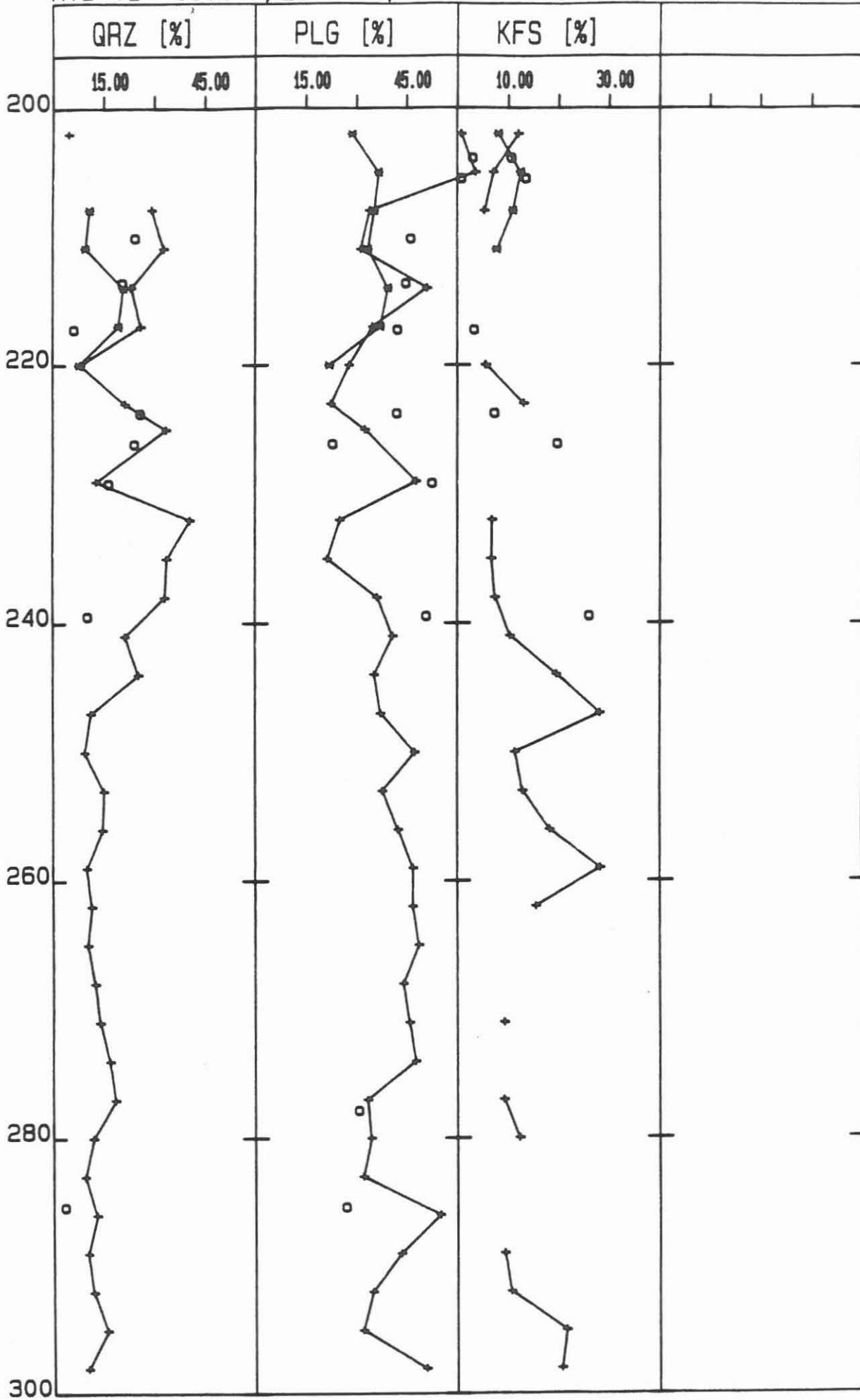
KTB-VB CUTTINGS A. STROH



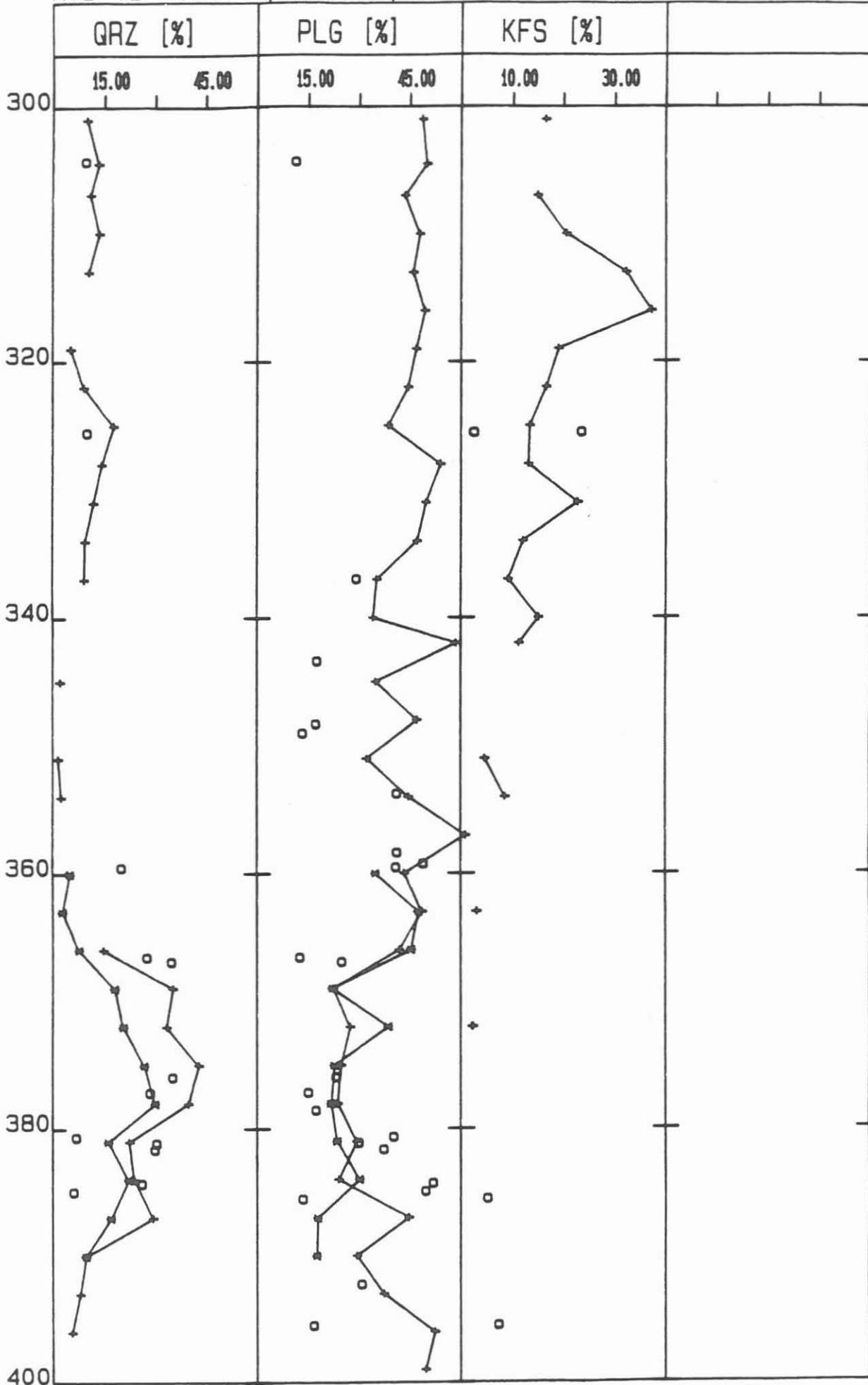
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



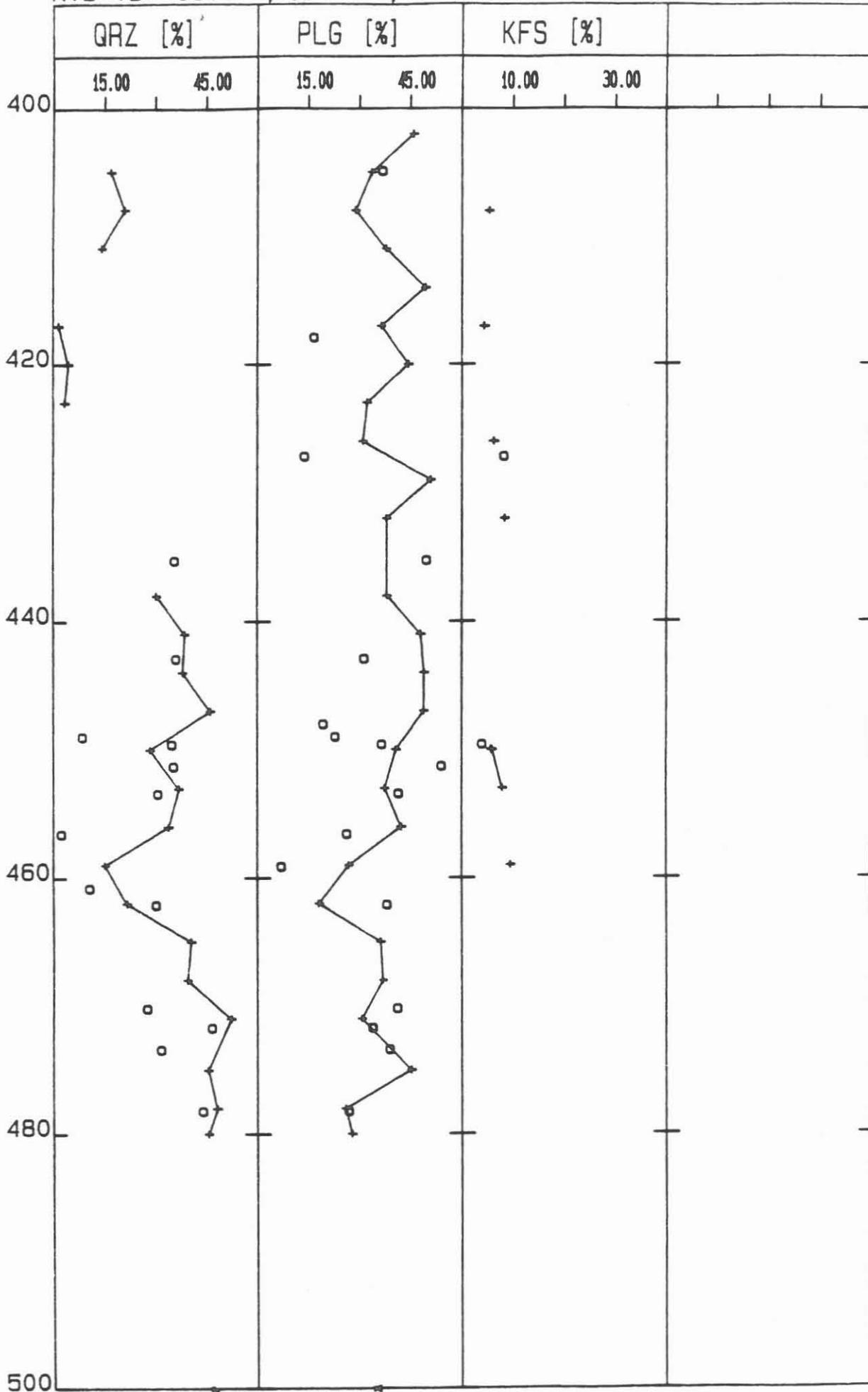
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=O A.STROH



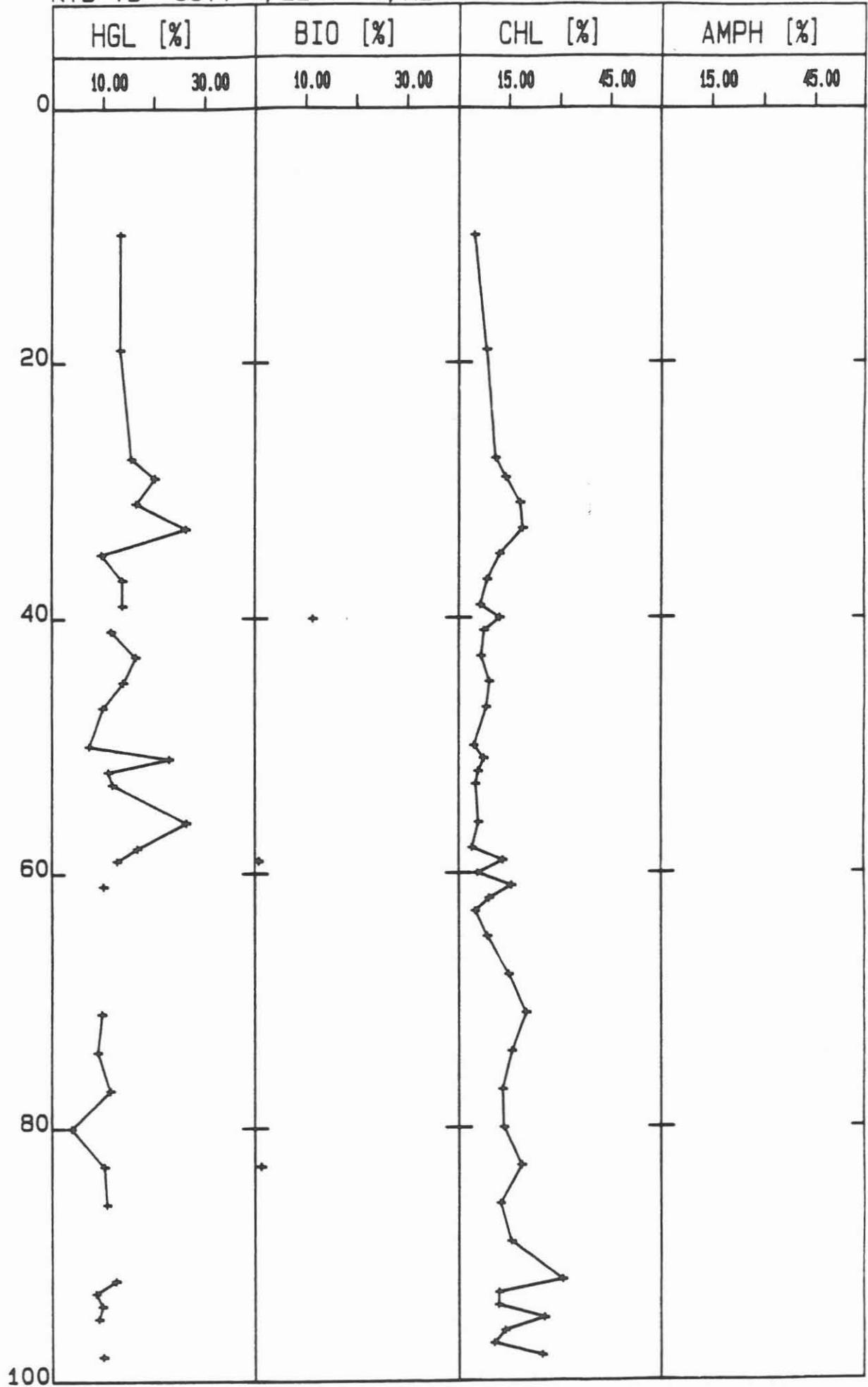
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



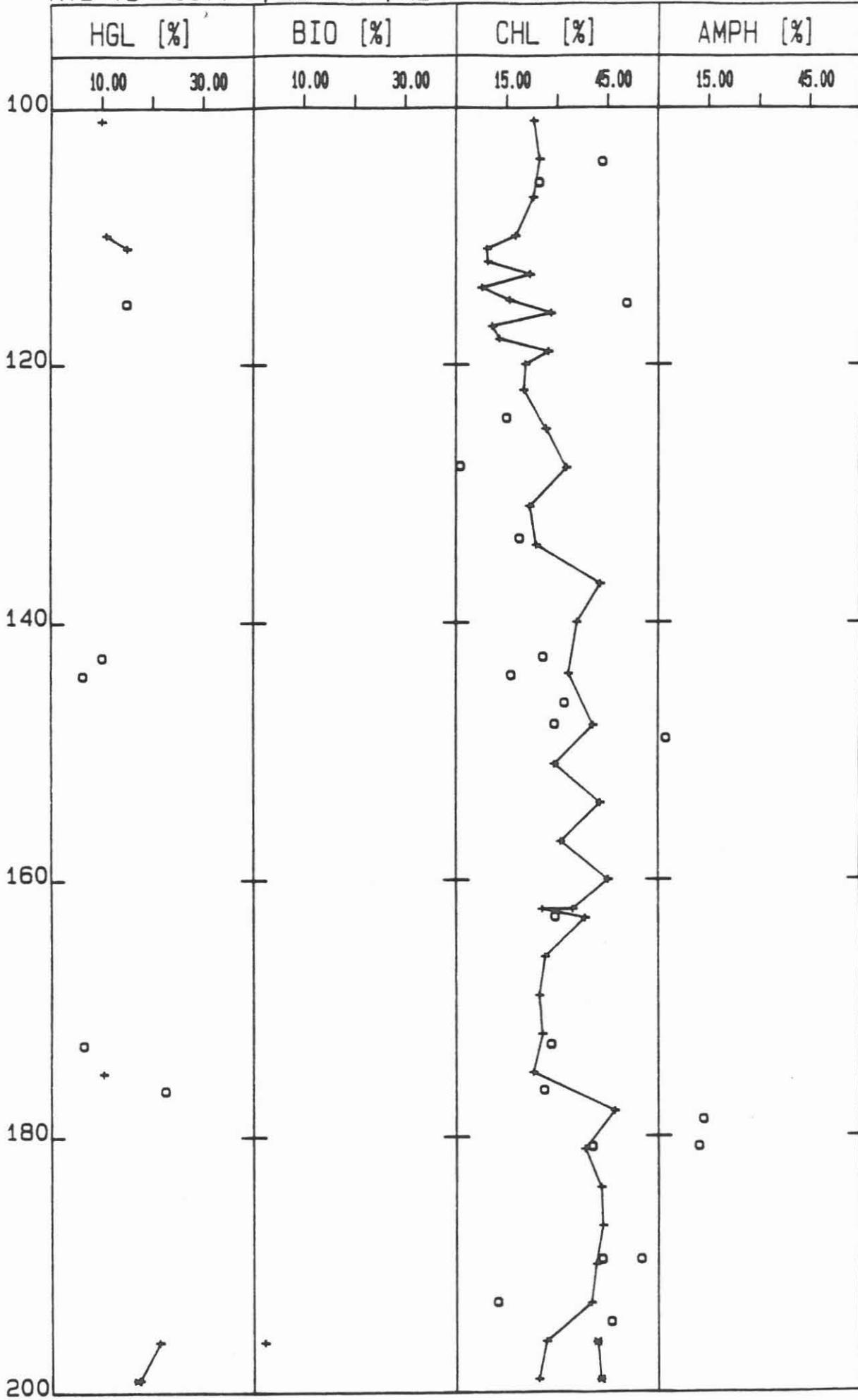
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A.STROH



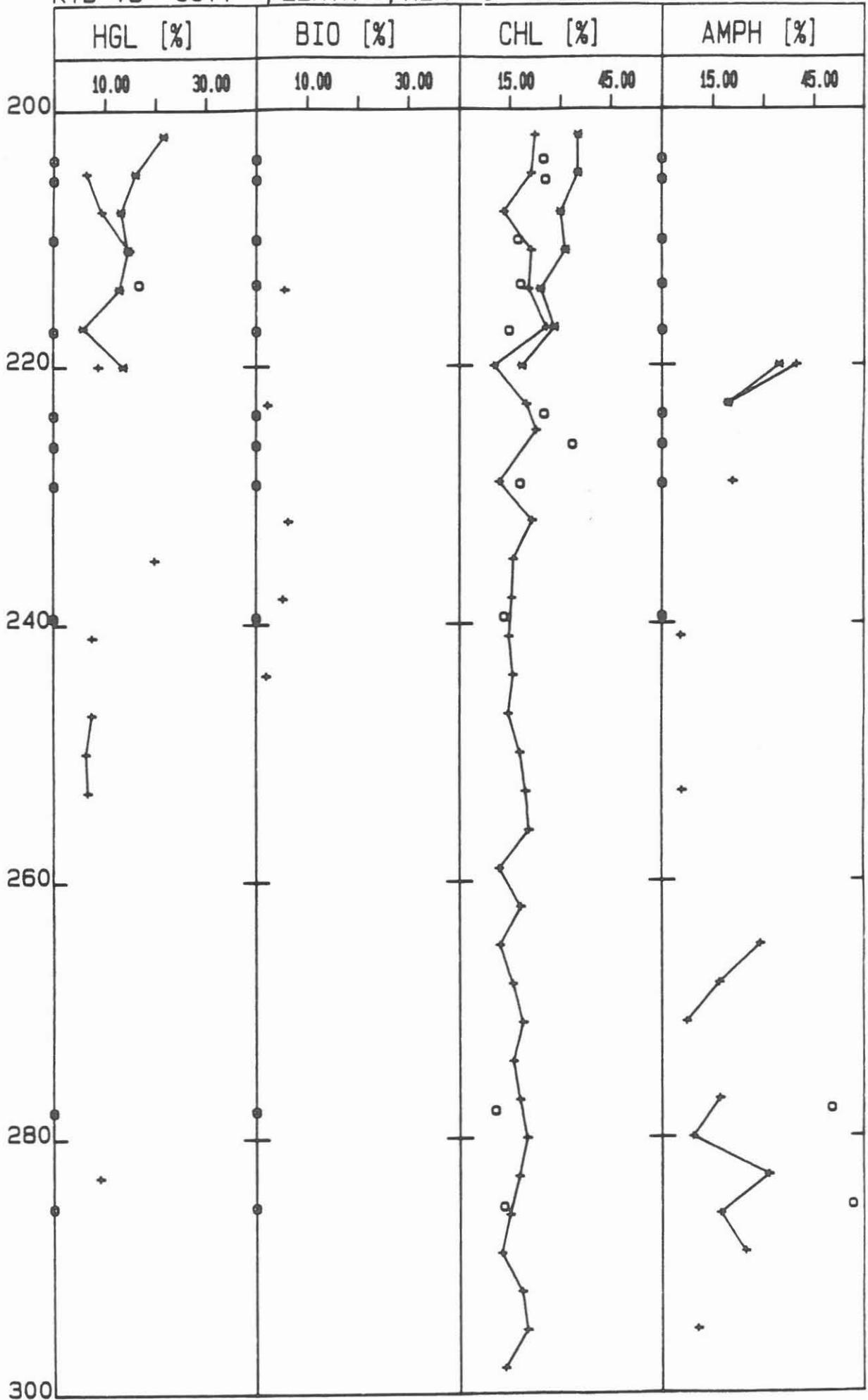
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



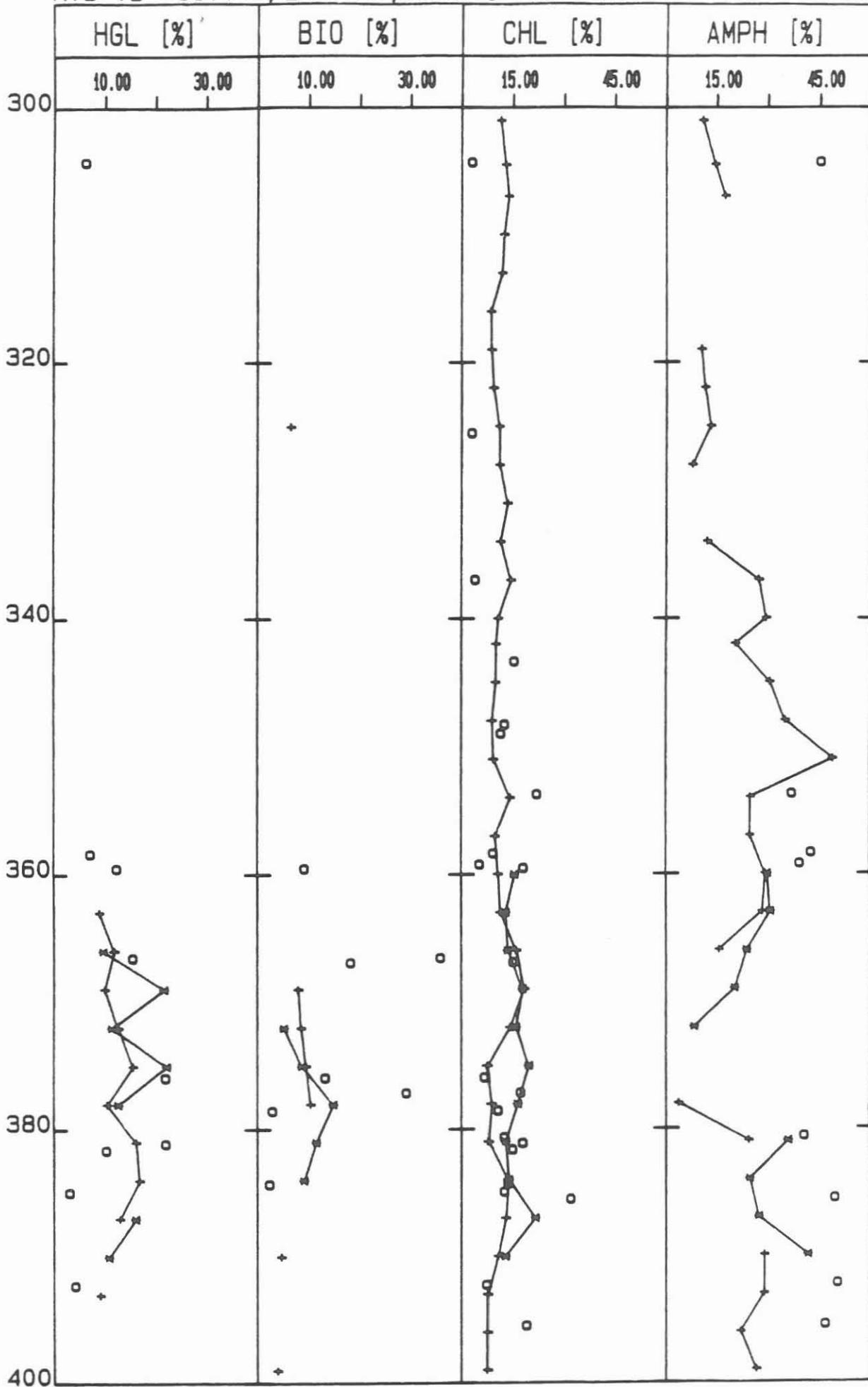
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



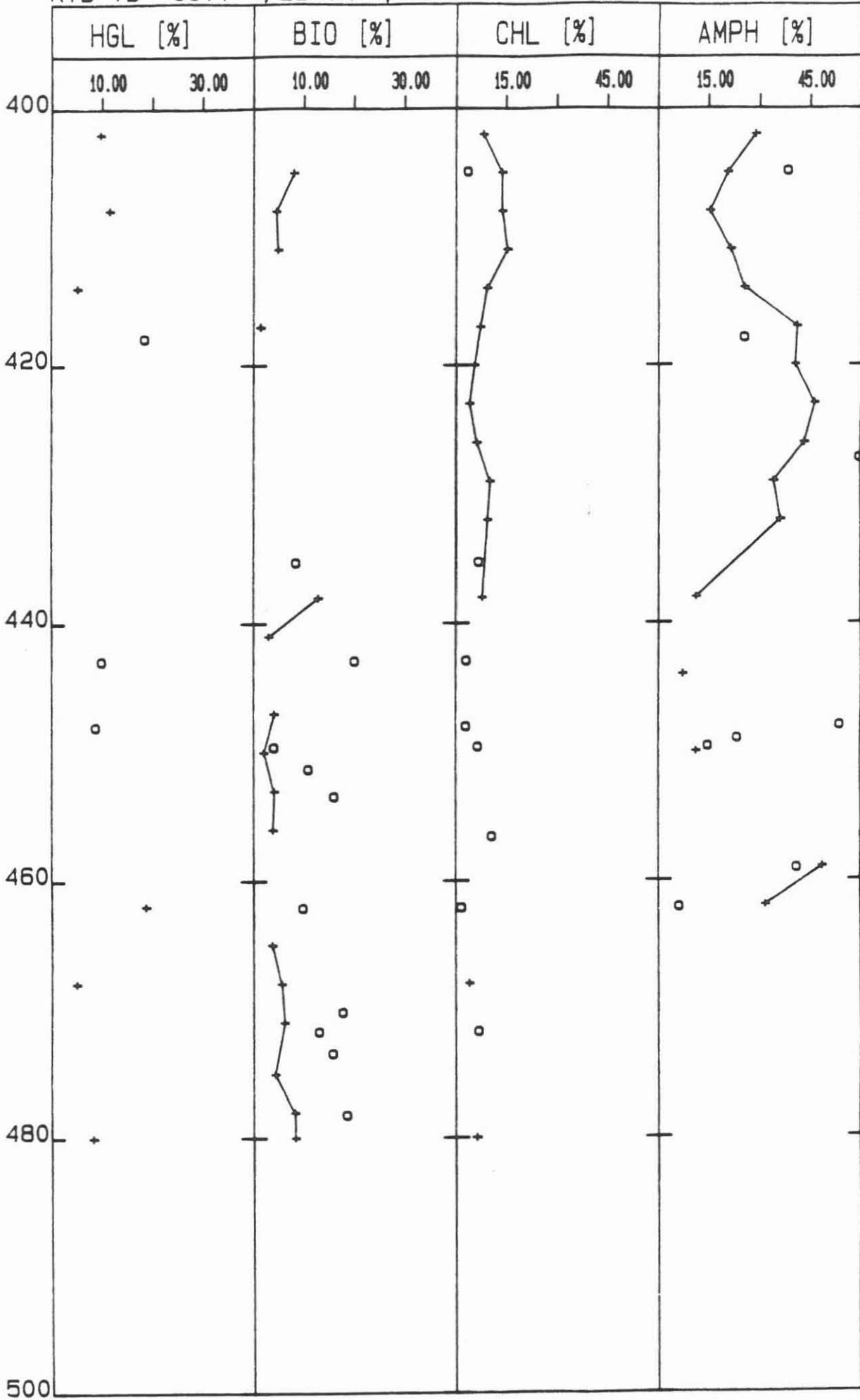
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



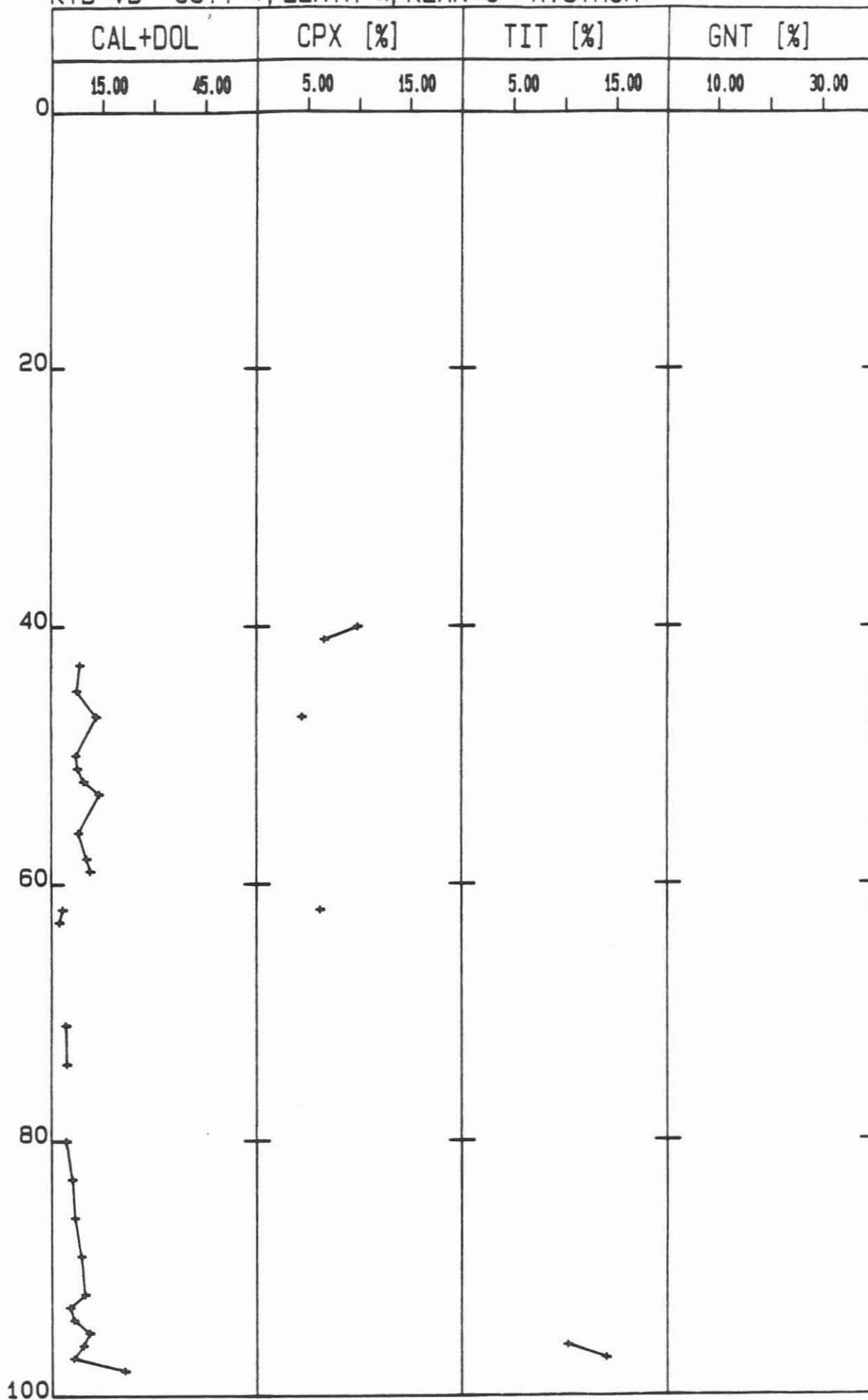
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



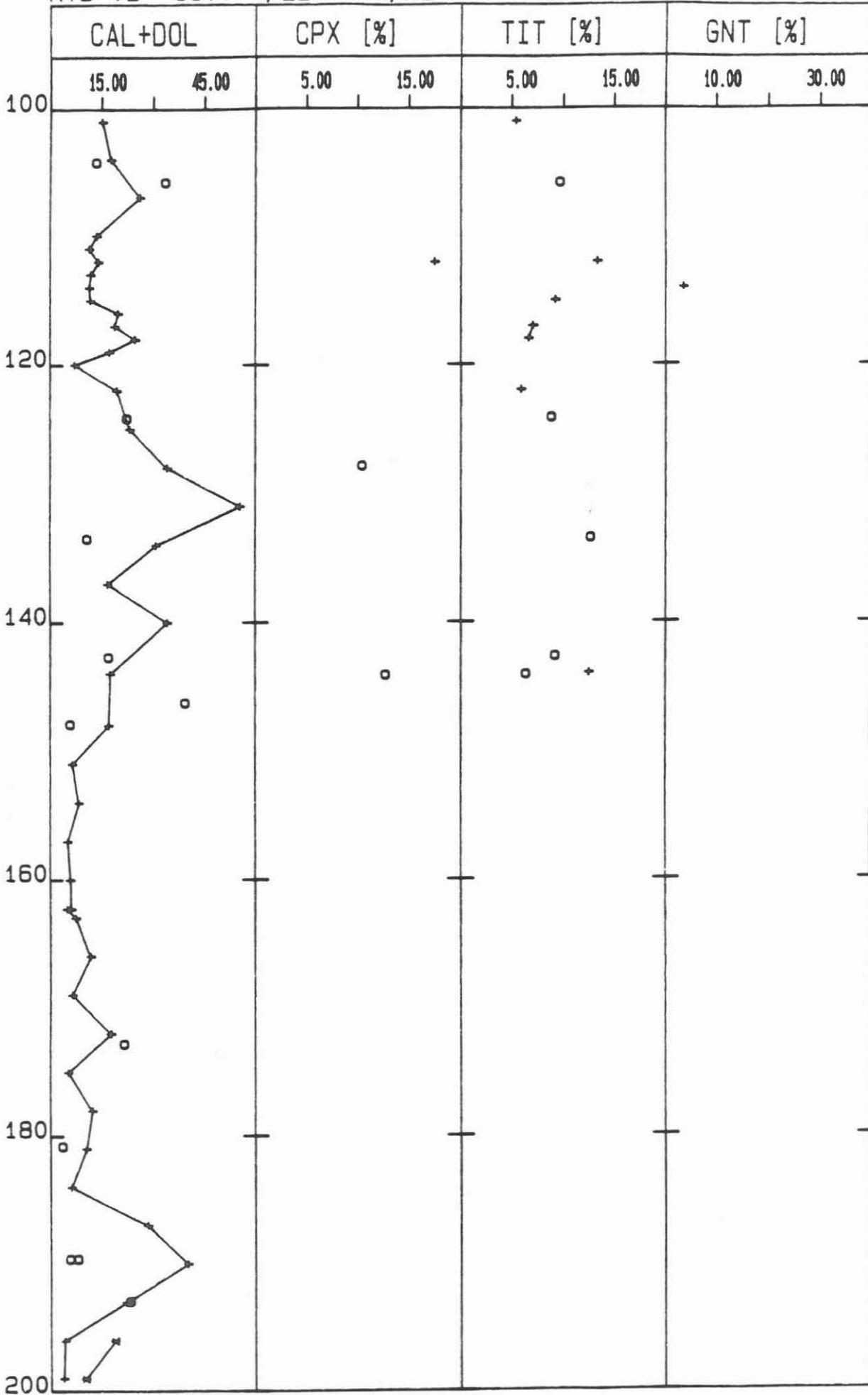
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



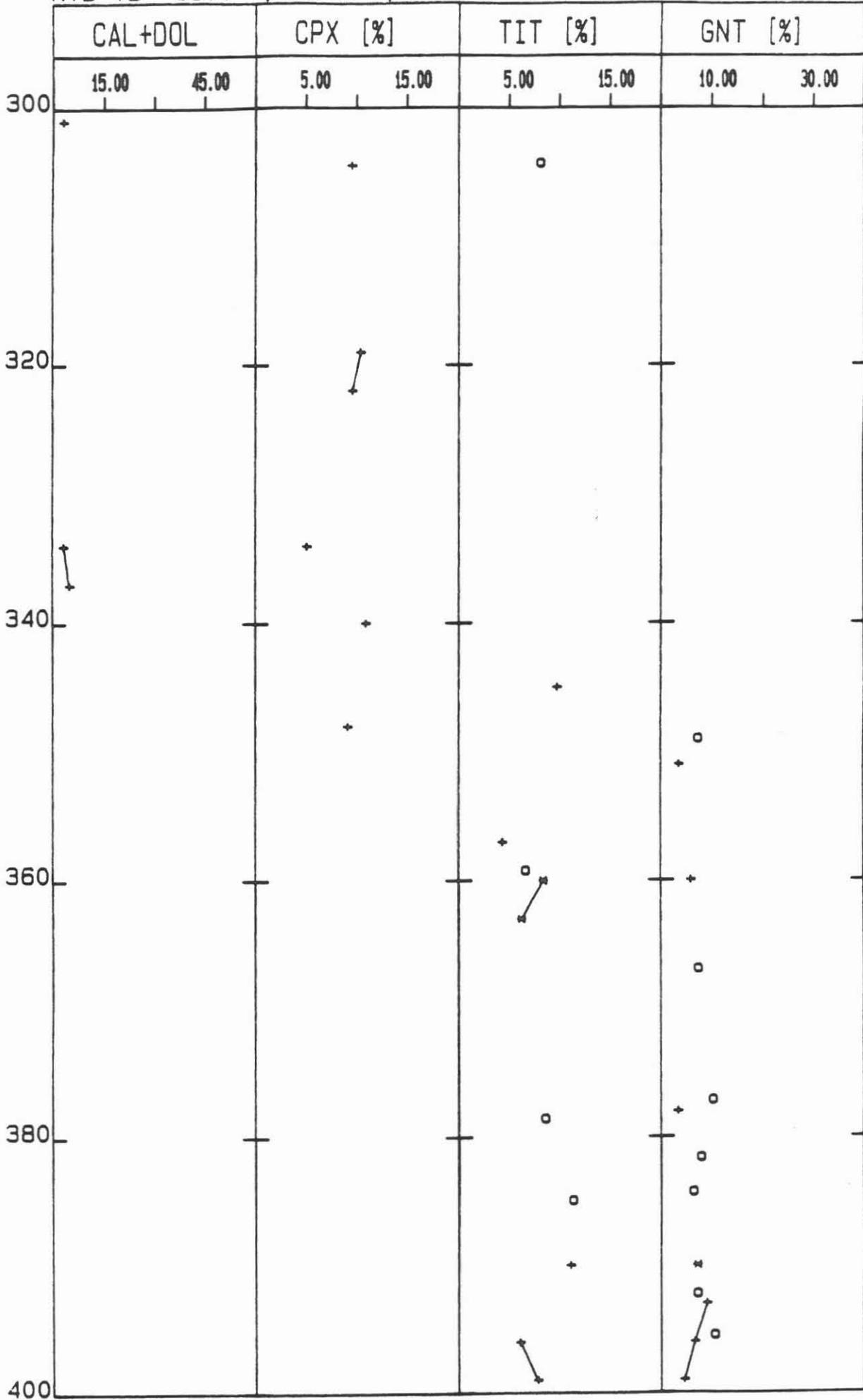
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A.STROH



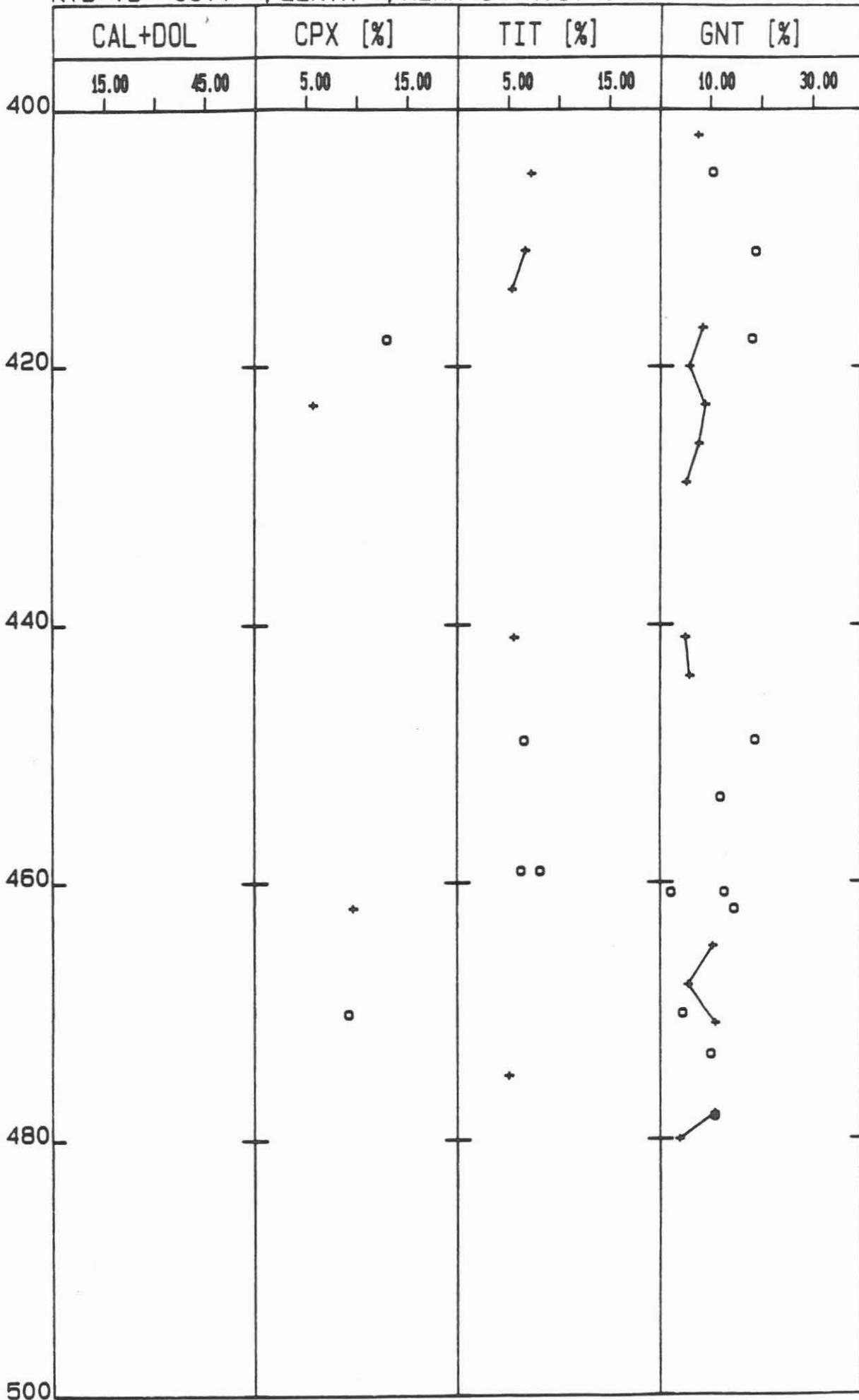
KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A. STROH



KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=O A. STROH



KTB-VB CUTT=+, ZENTR=*, KERN=0 A.STROH



C. Geochemie

KTB Oberpfalz VB –
Spülungsanalytik bis 480 m

H.-J. Heinschild
D. Homann
H. Kamm
H.-J. Welker

1. Einleitung

Die Bohrspülung unterliegt während des Bohrfortschritts der ständigen chemisch-analytischen Kontrolle durch das KTB-Feldlabor.

Eines der Hauptziele der kontinuierlichen Spülungsanalytik besteht darin, Zufluß-Horizonte von frei migrierenden Wässern, wie z. B. Formationswässern, einzugrenzen, so daß eine gezielte Probennahme dieser Fluide möglich wird.

Während der ersten Phase der Vorbohrung (bis 480 m) wurden in der Spülung die Konzentration der Kationen Na, Ca, K, Li, Sr, Ba, Fe, Mg und Mn, sowie die Gehalte der Anionen Cl⁻ und SO₄²⁻ bestimmt.

Um die Spülungs- bzw. Bohrlochstabilität zu gewährleisten, wird bei der Kontinentalen Tiefbohrung ein anorganischer temperaturbeständiger Spülungszusatz (Dehydril HT des Herstellers Henkel KGaA) verwendet.

Dieser Spülungszusatz bietet gegenüber den bei industriellen Bohrungen verwendeten Spülungsarten, wie wasserbasischen oder öl-basischen Spülungen, den Vorteil einer relativ geringen Kontamination der Spülung selbst, als auch des Cuttingmaterials und der Kerne.

2. Meßtechnik (Kationen)

Die Kationen-Gehalte in der Spülung werden mit dem Verfahren der ICP-Atomemissionsspektroskopie bestimmt. Im KTB-Feldlabor steht ein ICP von ARL (3580 Vakuum) zur Verfügung. Das Gerät ist mit zwei Spektrometern, einem Monochromator und einem Polychromator ausgerüstet. Mit dem Polychromator ist die simultane Analyse der Elemente Na, Ca, K, Li, Zn, Si, Al, S, P und Sc möglich. Ein Primärspaltverschiebungsmechanismus erlaubt auch bei der simultanen Analyse eine Untergrundkorrektur. Im Monochromator ist die Sequenzanalyse beliebiger Elemente möglich.

3. Meßtechnik (Anionen)

Die Bestimmung der Anionen wird mit dem Chromatografie-System der Fa. Waters durchgeführt. Die Trennung der verschiedenen Anionen erfolgt über eine Trennsäule im Zusammenspiel mit einem Borat-Glukonat-Eluenten. Durch die Kombination dieser 2 Komponenten lassen sich prinzipiell folgende Anionen bestimmen: HCO₃⁻, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, Br⁻, PO₄³⁻ und SO₄²⁻. Die Detektion der abgetrennten Anionen erfolgt über die Leitfähigkeit.

4. Spülungszusatz

Der Spülungszusatz Dehydril HT (D-HT) besteht hauptsächlich aus den Elementen Si, Mg, Na, Li und O (Herold et al. 1987).

Tab. 1 zeigt die vom Hersteller angegebene chemische Schwankungsbreite des D-HT. Vergleichbare Elementgehalte wurden an einer vom KTB-Feldlabor analysierten Probe erzielt.

Für die bohrtechnische Verwendung wird D-HT als Pulver in 2.5%-iger Konzentration mit Leitungswasser aus dem Ortsnetz Windisch-essenbach vorgequollen und dann auf 1.25%-ige D-HT-Konzentration verdünnt. Die Viskosität der D-HT-haltigen Spülung ist abhängig vom pH-Wert.

In 2.5%-iger Konzentration weist die Spülung einen pH-Wert zwischen 9 und 10 auf. Zur Erhaltung der rheologischen Eigenschaften der Spülung in diesem pH-Bereich wird der auf 1.25% verdünnten Spülung NaOH zugesetzt.

In Tab. 2 ist die chemische Zusammensetzung des Leitungswassers, der 2.5 sowie der 1.25%-igen Bohrspülung dargestellt. Leitungswasser und Spülmittelzusatz ergeben ein kolloidales System mit thixotropen Eigenschaften.

Charakteristisch für Systeme, die aus kolloidalen Partikeln auf der Basis silikatischer Strukturen bestehen, ist die Ausbildung negativ geladener Ladungswolken.

Die Spülung besitzt daher Adsorptionseffekte für positiv geladene Ionen.

Die aus dieser Eigenschaft resultierenden analytischen Probleme - vor allem die Frage der Probenvorbereitung für die unterschiedlichen Meßtechniken - mußten in der Zeit der ersten Phase der Vorbohrung gelöst werden. Auf Grund laufender Patentverfahren für das Dehydril HT stand bis zu Beginn der Vorbohrung keine Probe des Spülmittelzusatzes für analytische Untersuchungen zur Verfügung; auch über die Struktur des D-HT lagen von der Fa. Henkel keine Informationen vor.

5. Ergebnisse und Diskussionen (Kationen)

Probenvorbereitung für die Analyse mit dem ICP:

Die Bohrspülung muß vor der Analyse von feinem Bohrmehl (Korngröße $\leq 1\text{mm } \phi$) befreit werden. Das Bohrmehl kann prinzipiell durch Filtrieren oder Zentrifugieren aus der Spülung entfernt werden.

Filtrationsversuche zeigen jedoch, daß die Absolutgehalte der Kationen im Filtrat der Porengröße des Filtermaterials einerseits und von der Ausgangskonzentration des D-HT vor der Filtration andererseits abhängen. Die Ergebnisse eines Filtrationsversuches (s. Tab. 3), bei dem eine Spülprobe (73m) in unterschiedlichen Ausgangsverdünnungen filtriert wurde, verdeutlichen, daß mit steigender D-HT-Konzentration im Blauband-Filter die Gehalte der Elemente Ca, K, Sr, Ba, Fe und Mn sowie Li und Mg im Filtrat abnehmen. Eine höhere Konzentration des D-HT im Blauband-Filter führt durch die adsorptiven Eigenschaften des Spülmittelzusatzes zu einer zusätzlichen Filtrationswirkung. Während die Elemente Ca, K, Sr, Ba, Fe und Mn adsorptiv an den Spülmittelzusatz gebunden sind, läßt sich für das Element Na keine vergleichbare Bindung an das D-HT nachweisen. Bei unterschiedlichen Ausgangsverdünnungen derselben Spülprobe vor der Filtration wird im Filtrat stets eine - im Rahmen der Meßgenauigkeit des ICP - konstante Na-Konzentration bestimmt. Auch bei der anschließenden Filtration der Blauband-Filtrate mit 0.45μ - Filtern läßt sich keine Änderung der Na-Gehalte im 0.45μ -Filtrat feststellen.

Die Absolutgehalte der Elemente Ca, K, Li, Sr, Ba und Mg in den 0.45μ -Filtraten sind etwa mit den Gehalten der 20-fach ver-

dünnten und blaubandfiltrierten Proben vergleichbar. Die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse aus den 0.45 μ -Filtraten ist jedoch schlechter. Des weiteren sind die Elementgehalte von Fe und Mn in den 0.45 μ -Filtraten zusätzlich gegenüber den 20-fach verdünnten blaubandfiltrierten Proben um den Faktor 2 verarmt.

Die oben dargestellten Ergebnisse lassen es wenig sinnvoll erscheinen, für die Kationen-Analyse mit den ICP-AES eine Proben-vorbereitung durch Filtration vorzunehmen.

Die Entfernung des feinkörnigen Bohrmehls aus den Spülproben wird daher durch Zentrifugieren durchgeführt. Positiv auf die Reproduzierbarkeit der Analysenergebnisse und auf die Beseitigung auftretender Phasentrennungen des Spülungszusatzes wirkt sich eine Ultraschall-Behandlung der verdünnten Spülproben vor der Zentrifugierung aus. Auch beim Zentrifugieren haben die Adsorptionskräfte des Spülungszusatzes einen Einfluß auf das Analysenergebnis der Kationen. Bei verdünnten Spülproben hängen jedoch die Elementgehalte im Zentrifugat in geringerem Maße von der Ausgangskonzentration der Spülung vor der Zentrifugen-Behandlung ab als es bei filtrierten Proben der Fall ist. Die Ergebnisse in Tab. 4 zeigen, daß im gewählten Verdünnungsbereich (1 : 10 - 1 : 100) einer Spülprobe für die Elemente Na, Li, Fe und Mg keine, für die Elemente K, Ba und Mn nur eine relativ geringe Abhängigkeit der Absolutgehalte von der D-HT-Ausgangskonzentration vor der Zentrifugen-Behandlung besteht. Die Absolutgehalte der Elemente Ca und Sr sind in stärkerem Maße von der Ausgangskonzentration der Spülprobe vor dem Zentrifugieren abhängig. Die Probenvorbereitung der Spülproben für die Analyse mit dem ICP-AES wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- a) Verdünnung der Spülproben, 1 ml-Spülung auf 100 ml Bidest.
- b) Ultraschall-Behandlung der verdünnten Spülung bis zur vollständigen Homogenisierung des Spülungszusatzes 15 bis teilweise 45 Minuten. Ab 153 m liegt eine deutliche Phasentrennung des Spülungszusatzes vor, welche nur durch die Ultraschall-Behandlung beseitigt werden kann.
- c) Zentrifugen-Behandlung 20 Minuten bei 3800 U/min.
- d) Überführen des klaren, ab 153 m deutlich braun-gelb gefärbten Zentrifugats in 50 ml Polyethylen-Flaschen.

Bohrspülungs-Logs:

In den Abb. 1, 2 und 3 sind die teufenbezogenen Gehalte der Elemente Na, Ca, K, Li, Sr, Ba, Fe, Mg und Mn in der Bohrspülung dargestellt. Die Anfangsgehalte der analysierten Elemente in der Spülung bleiben etwa konstant bis in eine Teufe von 27 m.

Die Gehalte der Elemente Mg und Li erlauben eine sehr genaue Abschätzung der Konzentration des Spülungszusatzes in der Spülung. Beim Aufbohren des zementierten Rohrschuhs bei 27.4 m reichert die Spülung in starkem Maße Ca und Sr an. Die Ca- bzw. Sr-Gehalte steigen von etwa 80 ppm auf 850 ppm bzw. von 0.6 ppm auf 4 ppm an. Die hohe Ca-Zufuhr bewirkt einen nahezu vollständigen Verlust des Spülungszusatzes in der Spülung. Die Elemente Mg und Li verarmen um etwa 90% ihrer ursprünglichen Gehalte. Der Spülungszusatz hat im Teufenbereich zwischen 27 und 45 m nur noch eine Konzentration von 0.15%.

Die Gehalte der Elemente Fe und Mn verarmen in diesem Teufenbereich im gleichen Maße wie die Elemente Mg und Li. Die

Na-Gehalte werden nicht durch die Kontamination des Zements und den dadurch bewirkten Verlust des Spülungszusatzes beeinflusst. Die technische Zugabe von Na_2CO_3 führt bei etwa 48 m zu einer Verarmung der hohen Ca- und Sr^{2+} -Gehalte durch die chemische Ausfällung dieser Elemente in Form von Karbonaten.

Die gleichzeitige technische Zugabe von D-HT bewirkt eine Stabilisierung der rheologischen Eigenschaften der Spülung. Die Spülung erreicht in einer Teufe von 60 m eine etwa 2%-ige D-HT-Konzentration. In dieser Teufe werden Na-Gehalte von etwa 1600 ppm erreicht. Verbunden mit dem Anstieg der Na-Gehalte ist ein Anstieg der K- und Ba-Gehalte. Der Teufenbereich zwischen 60 und etwa 150 m ist charakterisiert durch eine leichte Verarmung der Na, Sr und Ba-Gehalte, eine leichte Anreicherung der Ca-Gehalte sowie eine stärkere Anreicherung der K, Fe und Mn-Gehalte in der Spülung.

Ab 153 m zersetzt sich der Spülungszusatz in eine wasserlösliche und eine nicht wasserlösliche Phase. Diese Phasentrennung läßt sich nur durch eine Ultraschall-Behandlung der verdünnten Spülproben vor dem Zentrifugieren beseitigen. Vergleicht man in den Bohrspülungslogs die Analysenergebnisse ultraschallbehandelter Proben (jeweils höhere Elementgehalte) mit den Ergebnissen nicht ultraschallbehandelter Proben (jeweils niedrige Elementgehalte), so wird deutlich, daß in ultraschallbehandelten Proben die Elementgehalte des Spülungszusatzes Li und Mg quantitativ erfaßt werden können. Auch die adsorptiv an den Spülungszusatz gebundenen Elemente Ca, K, Ba, Fe und Mn können durch diese Probenvorbereitung in ihren Gesamtgehalten gemessen werden.

Im Teufenbereich zwischen 153 und 480 m sind die Gehalte der Elemente Ca, Sr, K und Ba in ultraschallbehandelten Proben um den Faktor 2 - 4 gegenüber nicht ultraschallbehandelten Proben angereichert. Die Elementgehalte von Mg und Li sowie von Fe und Mn sind etwa um den Faktor 6 angereichert. Die Phasentrennung der Spülung ab 153 m ist möglicherweise durch eine erhöhte adsorptive Bindung von Fe und Mn an die kolloidalen Partikel des Spülungszusatzes zu erklären. Die Gehalte der Elemente Ca, Sr, K, Ba sowie Li und Mg (Ultraschall-Proben) variieren im Teufenbereich zwischen 153 und 480 m in relativ engen Grenzen. Die Fe und Mn-Gehalte (Ultraschall-Proben) werden ab 240 m mit steigender Teufe in der Spülung stark angereichert.

Die Anreicherung von Fe und Mn-Gehalten korreliert mit einer Anreicherung der SO_4^{2-} -Gehalte der Spülung (s. Anionen Kap. 6) und erhöhtem S-Gehalt in Cutting- und Kernmaterial (s. RFA-Analysen).

Die Anreicherung der Fe- und Mn-Gehalte sowie der SO_4^{2-} -Gehalte der Spülung tritt in einem lithologischen Horizont⁴ auf, der gekennzeichnet ist durch das Auftreten weniger stark alterierter Amphibolite (Hornblende laut RDA-Analyse) und durch erhöhte Pyritvererzungen.

Die Oxidation 2-wertigen Eisens aus dem Pyrit₂ unter Bildung 3-wertigen Eisens bei gleichzeitiger S zu SO_4^{2-} -Umsetzung stellt eine mögliche Erklärung für die Anreicherung⁴ von Fe, Mn und SO_4^{2-} in der Spülung dar (s. auch Kap. 6 Anionen).

Zuflüsse salinärer Wässer, die durch erhöhte Na- und/oder Ca-Gehalte gekennzeichnet wären, sind bis 480 m nicht nachgewiesen; saline Formationswässer sind allerdings in dieser Teufe noch nicht unbedingt zu erwarten.

Die chemische Schwankungsbreite der analysierten Elemente in der Bohrspülung beruht hauptsächlich auf Schwankungen bedingt durch technische Zugaben von Wasser, NaOH, NaCO₃, und D-HT.

6. Ergebnisse und Diskussionen (Anionen)

Vom Gerätehersteller des Chromatographie-Systems für die Anionen-Analyse wird eine Membranfiltration (0.45 µm) zum Schutz der Trennsäule gefordert. Die Proben werden wegen fehlender Druckfiltrationseinheit mit Hilfe einer Spritze und einem angeschraubten Filterhalter filtriert. Vor der Filtration werden die Proben, je nach Feststoffgehalt, 20-fach bzw. 40-fach verdünnt

Der Einfluß des D-HT (Minderbefunde je nach Präparationsart) auf die Anionen ist nicht meßbar. In der filtrierten, verdünnten Spülung sind Hydrogenkarbonat, Chlorid, Sulfat und Nitratspuren nachweisbar.

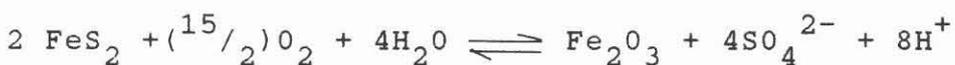
Das Nitrat stammt aus dem Leitungswasser und die Gehalte liegen, bedingt durch die benötigte Verdünnung, unterhalb der Nachweisgrenze.

Die Hydrogenkarbonatgehalte variieren sehr stark, da die Spülung durch die CO₂-Aufnahme aus der Luft eine zeitlich zu verfolgende Absättigung erfährt. Der Bohrspülung wurde nach dem Durchbohren des Rohrschuhs (27.4 m) Na₂CO₃ zugegeben, um den Ca-Überschuß (s. Kationen, Kap. 5) als CaCO₃ auszufällen. Durch diese Zugabe und der CO₂-Aufnahme lassen sich keine auswertbaren Aussagen über die HCO₃-Gehalte machen. Für die Chlorid- und Sulfatbestimmungen werden gute Reproduzierbarkeiten von etwa 3% relativer Standardabweichung erzielt.

Bohrspülungs-Logs:

Die Chloridgehalte der Bohrspülung (s. Abb. 4) blieben anfangs relativ stabil (ca. 50 ppm), um jedoch während des Durchbohrens des zementierten Rohrschuhs bei 27 m sprunghaft auf 220 ppm anzusteigen. Eine Anionenanalyse des Zements ergab sehr hohe Chloridgehalte. Danach nahmen die Cl-Gehalte sukzessiv, bedingt durch Spülungseinleitungen (H₂O, vorgequollene Spülung, Na₂CO₃, D-HT), auf ca. 120 ppm ab.

Für die Sulfat-Gehalte zeigt sich seit Bohrbeginn (ca. 66 ppm) eine deutlich ausgeprägte Zunahme. Der zementierte Rohrschuh zeigte keinen Einfluß auf die Sulfat-Gehalte. Ab der Teufe 390 m nahmen die Sulfat-Gehalte von 390 ppm auf ca. 340 ppm bei 480 m ab. Die Sulfat-Gehalte lassen sich mit den Schwefel-Gehalten der Cuttings (RFA-Analysen) korrelieren. Die RDA-Untersuchungen belegen als Hauptsulfidträgerminerale Pyrit und ± Zinkblende. Die Sulfat-Zunahme in der Bohrspülung kann durch folgende Reaktion erklärt werden:



Dies ist auch durch die Korrelation von Sulfat und Eisen in der Bohrspülung belegbar.

Der pH-Wert der Spülung wurde vor Bohrbeginn mit NaOH auf pH 10 eingestellt. Der pH-Wert stieg während des Durchbohrens des zementierten Rohrschuhs auf 12.2 an und fiel danach mehr oder weniger kontinuierlich auf 9.3. Diese pH-Absenkung wird durch Spülungseinleitungen und durch die Oxidation der Sulfide verursacht.

Tabelle 1: Chemische Schwankungsbreite des Spülungszusatzes Dehydril HT; Angaben des Herstellers im Vergleich zu einer Analyse (ICP-AES) durch das KTB-Feldlabor.

Gew.-%	D-HT Zusammens. Angabe des Herst.		D-HT Zusammens. KTB-Feldlabor (ICP-AES)
Si	25 - 29	!	n. b.
Mg	14 - 17	!	13.8
Na	1.5- 2.5	!	1.7
Li	0.2- 0.3	!	0.3
Ca	0.082	!	0.14
K	< 0.01	!	0.024
Fe	0.022	!	0.024
Sr	n. b.	!	0.001
Ba	n. b.	!	0.001
Mn	< 0.01	!	< 0.001

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung des Leitungswassers (Ortsnetz Windischeschenbach), der 2.5%- und der 1.25 %-igen Bohrspülung zu Beginn der Vorbohrung

ppm	Leitungswasser	2.5% Spülung	D-HT	Berechnet* 2.5%	1.25% Spülung	D-HT	Berechnet* 1.25%
Na	3	440		428	270		214
Ca	17	50		52	70		35
K	5	14		11	15		8
Li	0.03	68		75	37		38
Sr	0.06	0.5		0.3	0.7		0.2
Ba	0.11	4		0.4	7		0.3
Fe	0.01	6		6	9		3
Mg	8	3,150		3,460	1,740		1,730
Mn	n. d.	0.2		0.3	0.3		0.2
Cl ⁻	8	n. b.		-	42		-
SO ₄ ²⁻	9	n. b.		-	66		-
NO ₃	15	n. b.		-	n. b.		-

* Berechnet aus dem Mischungsverhältnis (2.5% bzw. 1.5%) der reinen Komponenten, Leitungswasser (Tab.2) und D-HT (Tab. 1)

Tabelle 3: Abhängigkeit der Analysenergebnisse im Filtrat von der unterschiedlichen Ausgangsverdünnung einer Bohrspülungsprobe (VB 73m) vor der Filtration mit Blauband- bzw. Blauband- und 0.45 μ -Filtern; keine Ultraschall-Be handlung; Elementgehalte in ppm.

Blauband filtriert:

Verdünnung	Na	Ca	K	Li	Sr	Ba	Fe	Mg	Mn
1 : 100*	1310	220	280	30	1.1	4.0	500	1550	6.3
2 : 100	1350	170	190	20	0.8	2.8	340	1040	4.2
5 : 100	1320	50	80	7	0.3	0.9	100	330	1.2

Blauband und anschließend 0.45 μ filtriert:

1: 100	1290	80	70	6	0.4	0.5	40	270	0.6
2 : 100	1290	70	60	7	0.3	0.6	50	300	0.7
5 : 100	1260	40	40	5	0.2	0.5	50	250	0.5
nicht ver- dünnt	1300	0.9	13	0.4	0.02	0.04	0.3	2.4	0.01

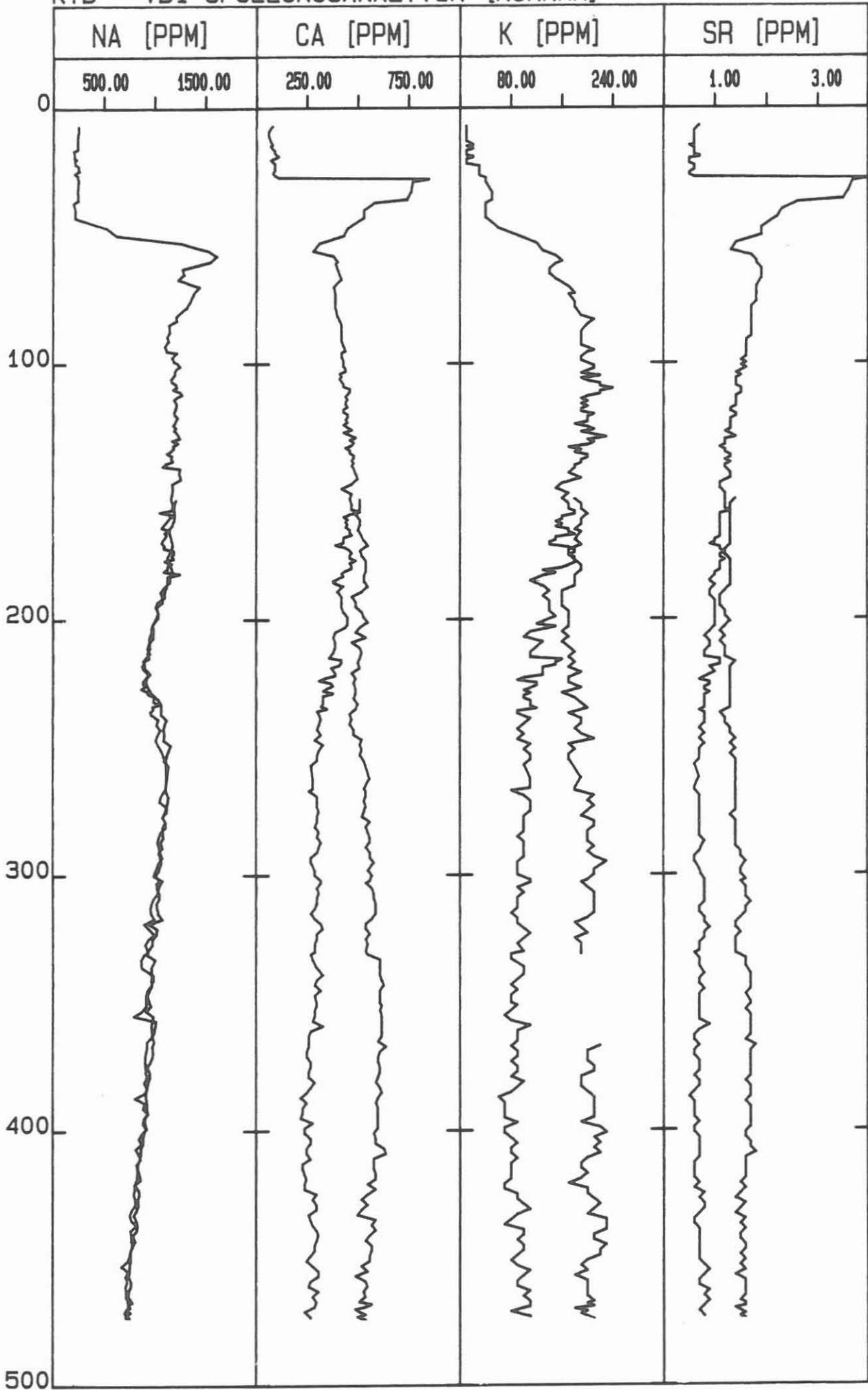
* 1 : 100 = 1ml Bohrspülung auf 100ml Bidest verdünnt

Tabelle 4: Abhängigkeit der Analysenergebnisse im Zentrifugat von der unterschiedlichen Ausgangsverdünnung einer Bohrspülungsprobe (VB73 m) vor der Zentrifugierung; Ultraschall-Behandlung der verdünnten Bohrspülung; Elementgehalte in ppm.

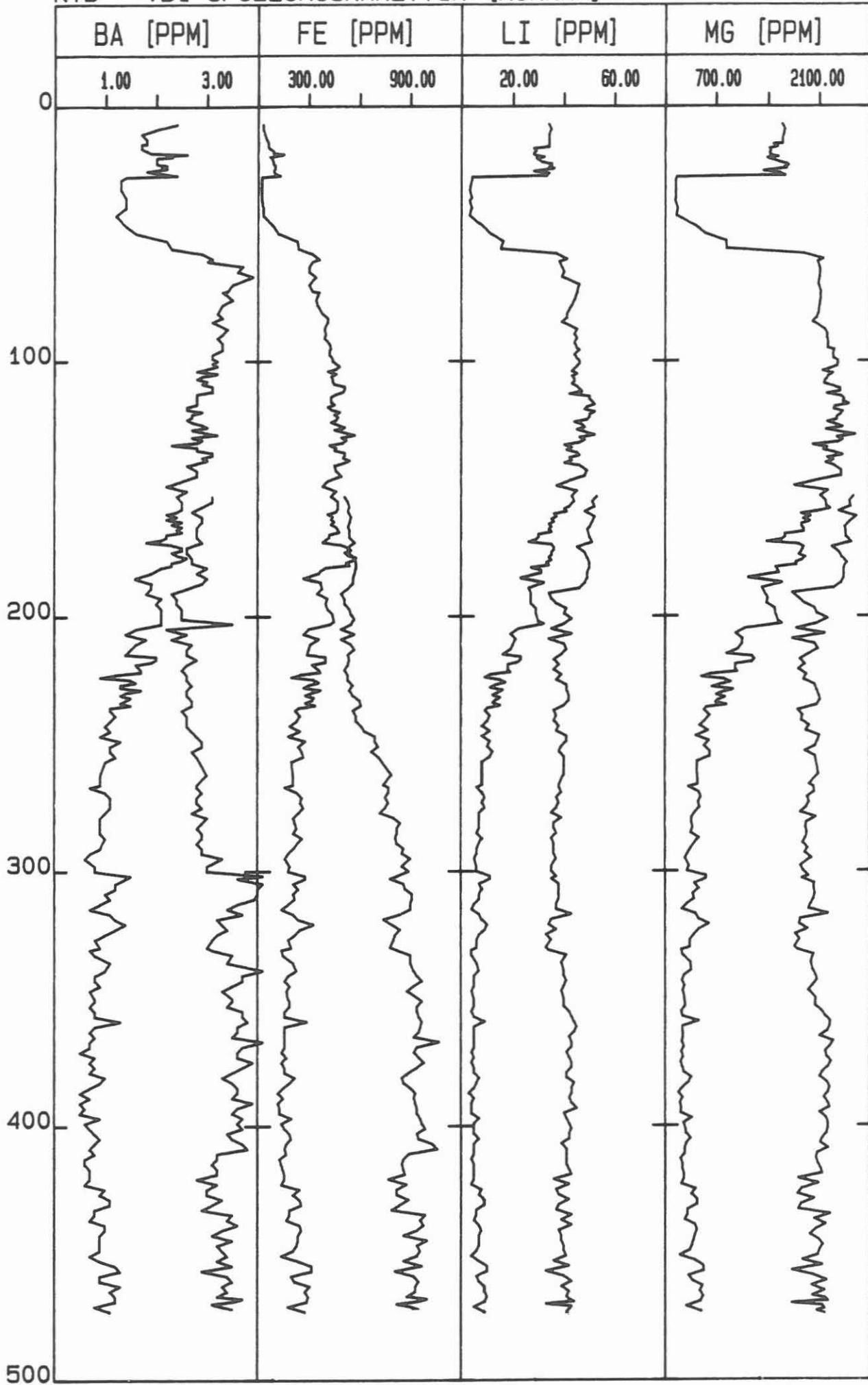
Verdünnung	Na	Ca	K	Li	Sr	Ba	Fe	Mg	Mn
1 : 100*	1340	430	180	46	1.8	3.2	440	2220	6.5
3 : 100	1370	250	170	48	1.2	3.3	450	2320	6.1
5 : 100	1350	180	160	47	1.0	3.0	430	2250	5.9
7 : 100	1320	140	160	44	0.8	3.0	440	2180	5.6
9 : 100	1310	120	150	45	0.8	2.9	440	2280	5.6

*1 : 100 = 1ml Bohrspülung auf 100ml Bidest verdünnt

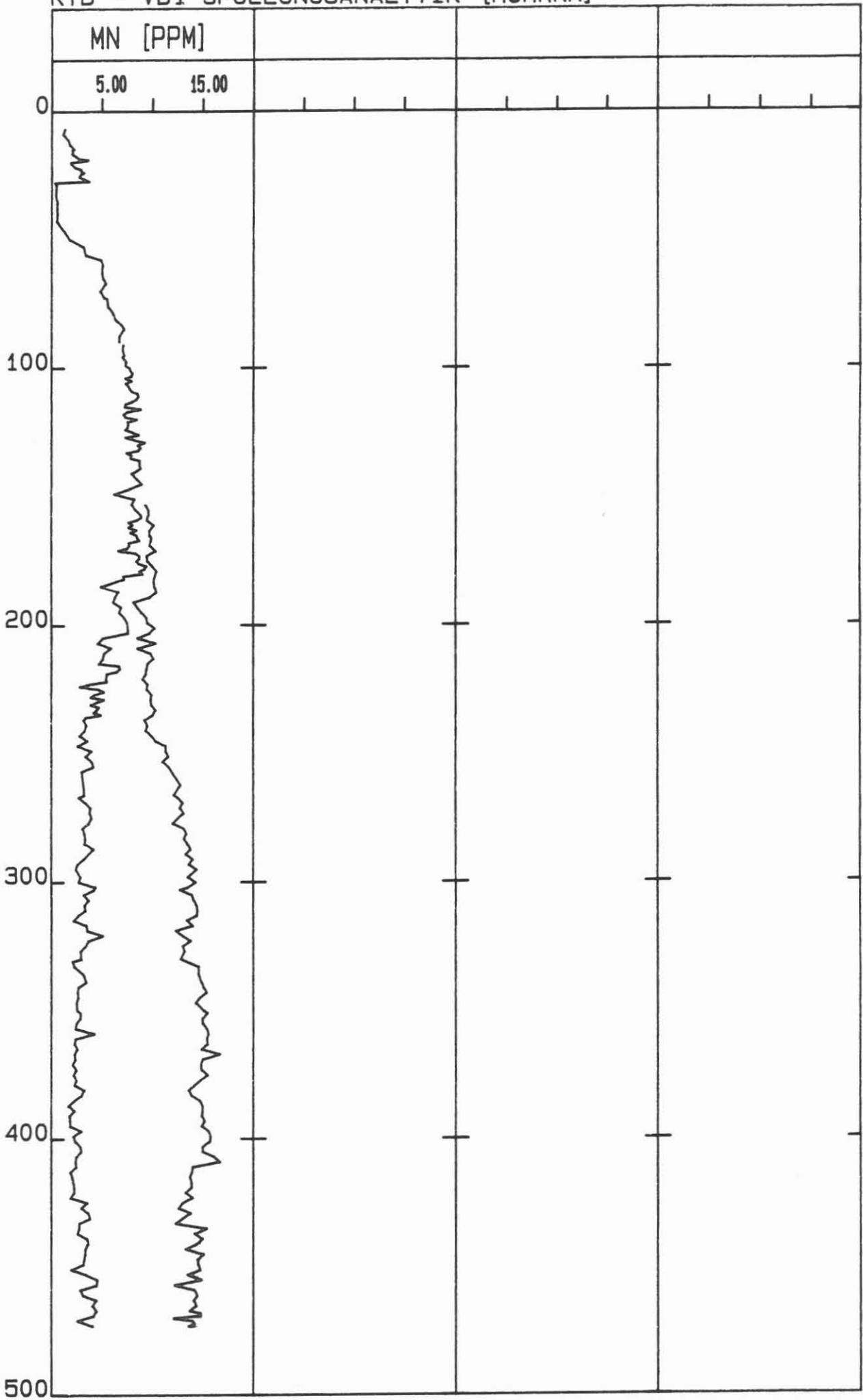
KTB - VB1 SPUELUNGSANALYTIK [HOMANN]



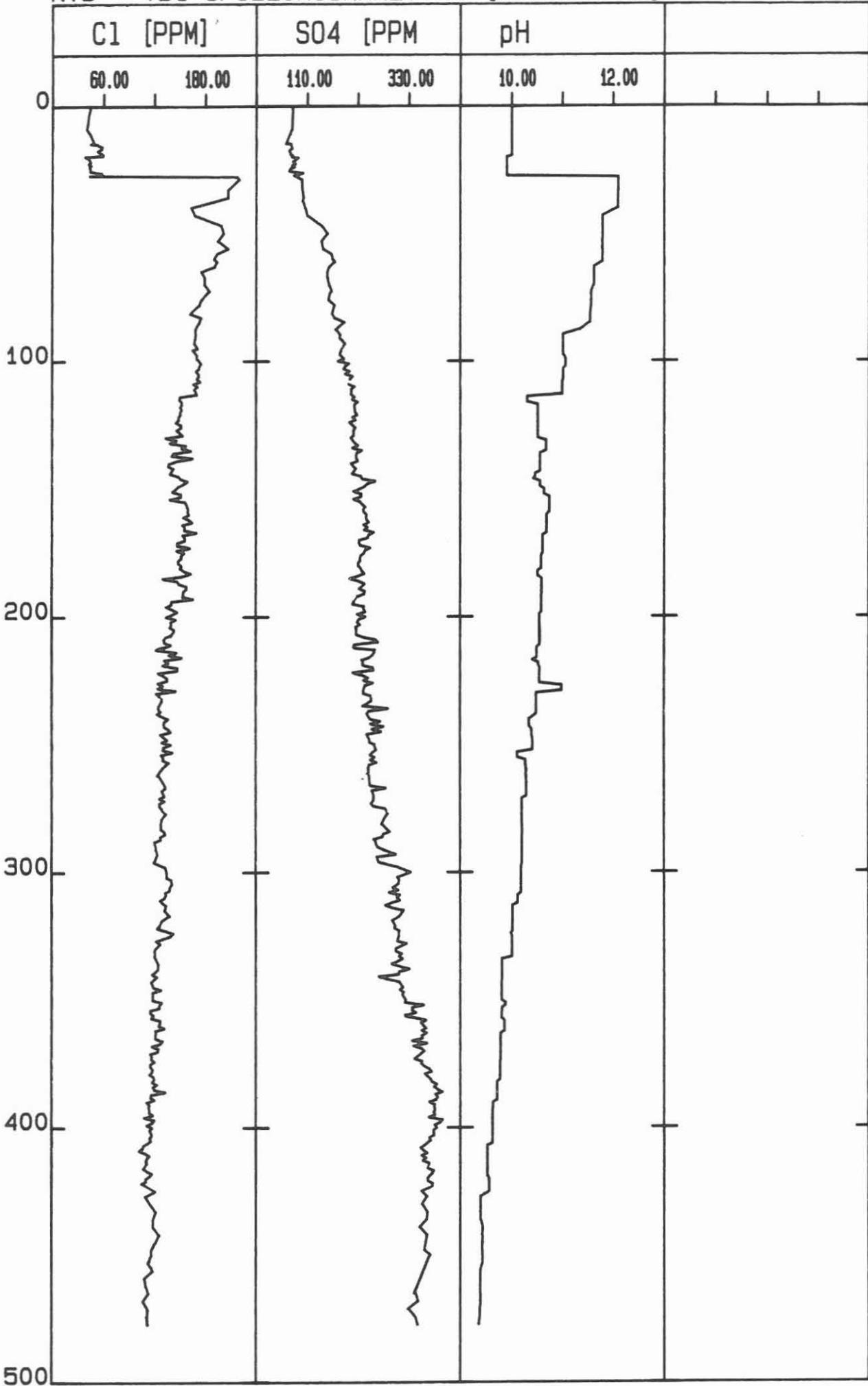
KTB - VB1 SPUELUNGSANALYTIK [HOMANN]

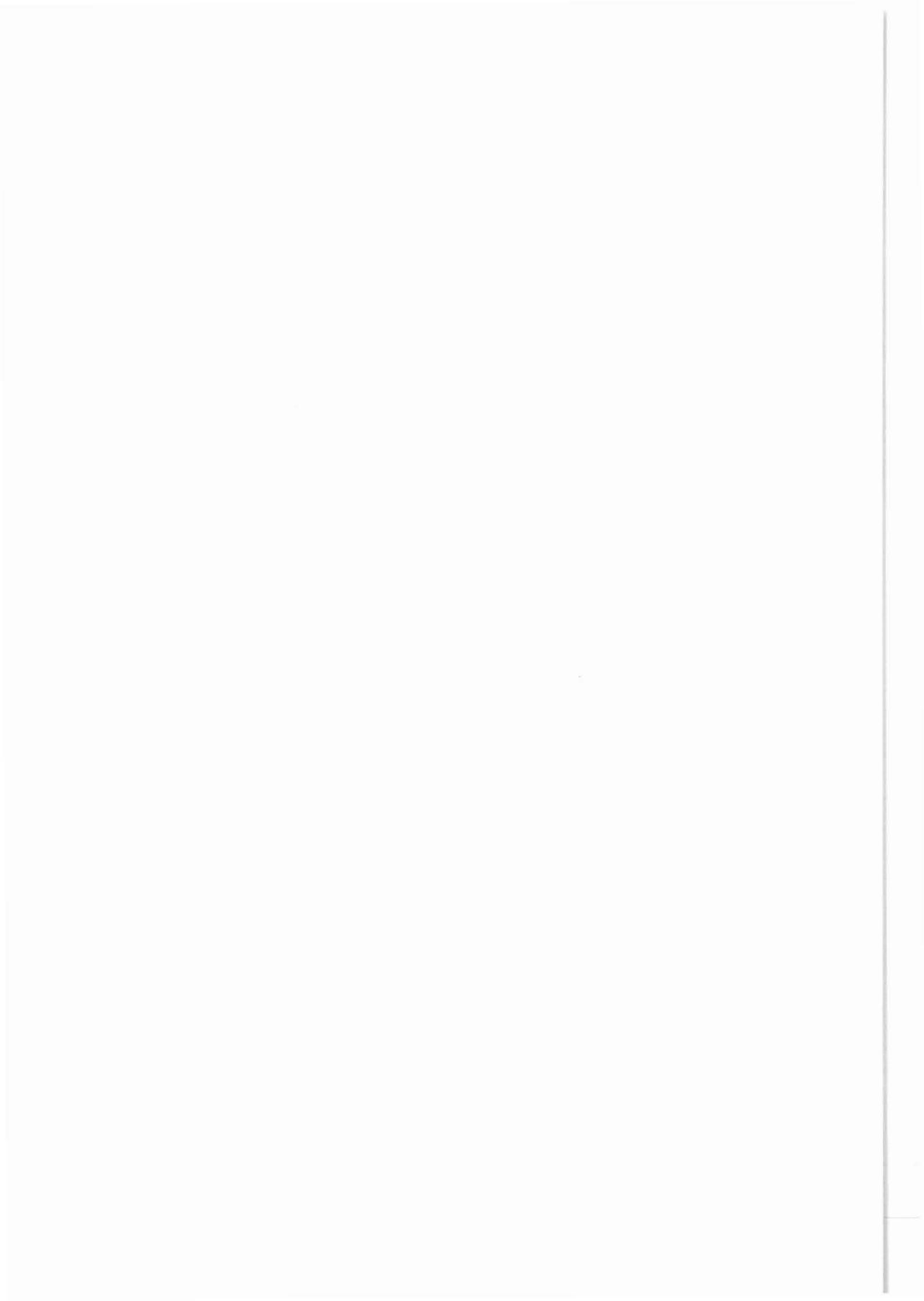


KTB - VB1 SPUELUNGSANALYTIK [HOMANN]



KTB - VB1 SPUELUNGSANALYTIK [HEINSCHILD]





D. Geophysik

KTB Oberpfalz VB – Gesteinsphysikalische Untersuchungen

C. Bucker
K.-H. Eigner
E. Rauch
J. Wienand
K. Wolter

Inhalt

1. Einleitung
2. Dichte
3. Seismische Geschwindigkeit
4. Remanente Magnetisierung
5. Magnetische Suszeptibilität

1. Einleitung

Ziel der Messung physikalischer Eigenschaften von Bohrkernen, von Kernbruchstücken und von Bohrklein im Feldlabor ist die erste Erfassung wichtiger petrophysikalischer Kenngrößen in Abhängigkeit von der Teufe und der Lithologie.

Sie dient weiterhin zur

- Charakterisierung der Lithologie
- Korrelation mit Bohrlochmessungen
- Interpretation von Bohrlochmessungen
- Interpretation der Oberflächen-Geophysik
- Auswahl von Proben für spezielle Untersuchungen

Derzeit ist die Messung folgender Parameter im Feldlabor vorgesehen:

- Dichte
- Seismische Geschwindigkeiten
- Magnetische Suszeptibilität
- Remanente Magnetisierung
- Elektrische Leitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit
- Natürliche Gammastrahlung
- Porosität

Außerdem sollen Spannungs-Nachwirkungs-Messungen und akustische Emissionsmessungen durchgeführt werden.

Die physikalischen Parameter werden möglichst an unbearbeiteten Kernen gemessen werden, um eine Beeinflussung des Probenmaterials durch Bohren und Sägen zu minimieren. Sie sollten auch sobald wie möglich nach der Gewinnung des Probenmaterials gemessen werden, um etwaige zeitliche Veränderungen auszuschließen. Die Parameter werden unter Normalbedingungen (Druck und Temperatur im Feldlabor) bestimmt und sind wegen der Druckentlastung und der Abkühlung nur bedingt mit den in situ-Werten zu vergleichen.

Eine möglichst kontinuierliche Erfassung der physikalischen Eigenschaften wird angestrebt. Dies erfordert aus Zeit- und Personalgründen eine weitgehende Automatisierung der Messungen mit Transport der Proben durch rechnergesteuerte Schrittmotoren und eine entsprechende Datenerfassung.

Die Planung der apparativen Ausrüstung für das Feldlabor begann im Sommer 1986, die Entwicklung der ersten Meßapparaturen im Winter 86/87.

Im September 1987 konnten mit Beginn der KTB-Vorbohrung im provisorischen Feldlabor in der Volksschule in Windischeschenbach Apparaturen zur Messung der Dichte, der seismischen Geschwindigkeiten, der magnetischen Suszeptibilität und der remanenten Magnetisierung aufgestellt und in Betrieb genommen werden.

Vorläufige Ergebnisse der Messungen an dem bisher gewonnenen Probenmaterial (Bohrkerne und Bohrklein) bis in die Teufe von 480 m werden nachfolgend dargestellt.

Zur Teufenzuordnung der Meßergebnisse

Bohrkerne

Sofern keine Kernverluste auftreten, kann die Teufe recht exakt angegeben werden.

Leider waren größere Verluste die Regel. In einem derartigen Fall wird der Kerngewinn vereinbarungsgemäß nach oben "geschoben" und so an den Kopf des Kernmarsches angehängt. Man tut also so, als ob der obere Teil des Kernmarsches Gewinn war und der Verlust nur den unteren Teil betrifft. Dadurch ergeben sich zwangsläufig Ungewißheiten in der Teufe von einigen Metern.

Eine Teufenkorrektur kann erst nach Auswertung der akustischen Televiever-Logs erfolgen.

Cuttings

Das Bohrklein (Cuttings) liegt in Form von getrockneten Mischproben vor, d.h. nicht nach Korngröße sortiert (ca. 0.2 - 10 mm). Auch die Teufe, die der Probe zugeordnet ist, ist eine "Mischteufe", in der auch ein nicht bekannter Anteil von Nachfall (also von Material aus geringeren Teufen) enthalten sein kann. Ebenso ist zu berücksichtigen, daß die Aufstiegszeit insbesondere bei größeren Cuttings abhängig ist von Gewicht, Größe und Form der einzelnen Körner. Bei der Probennahme der Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB wird die berechnete Aufstiegszeit berücksichtigt, sodaß nur noch geringe, in der Regel zu vernachlässigende Teufenkorrekturen erforderlich wären.

2. Dichte

2.1 Allgemeines

Die natürliche Dichte von Gesteinen hängt im wesentlichen von der mineralischen Zusammensetzung und der im Gestein enthaltenen Hohlräume (Porenvolumen) ab, die einen gewissen Anteil des Gesamtvolumens ausmachen. Bei Tiefengesteinen ist der Anteil der Hohlräume (Porenvolumen) im allgemeinen gering und ist daher für die Dichtebestimmung vernachlässigbar. So sind die Dichteunterschiede im wesentlichen auf unterschiedliche mineralische Zusammensetzung zurückzuführen. Eine wichtige Rolle spielt die Dichte für die Interpretation und Reduktion von Schweredaten.

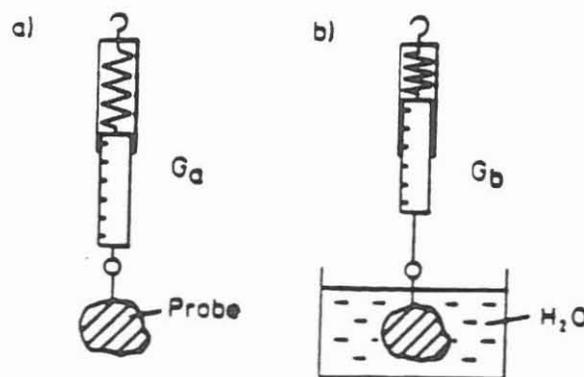
2.2 Meßprinzip

2.2.1 Dichtebestimmung eines Bohrkerns unter Anwendung der Auftriebsmethode (Prinzip von Archimedes)

Bei der Bestimmung der Dichte eines Bohrkernes mit Hilfe der Auftriebsmethode wird der Kern je einmal in Luft und in Wasser gewogen. Mit Hilfe der sogenannten "Wasserwägung" wird der Auftrieb des Kerns bestimmt, aus dem sich das Kernvolumen berechnen läßt. Aus gewogener Kernmasse und berechneten Kernvolumen ergibt sich die Dichte (Abb. 2.1) als :

Dichte = Masse/Volumen

Einheit: g/cm^3



$$\rho = \frac{G_a}{G_a - G_b} \rho_{H_2O}$$

Abb. 2.1: Meßprinzip der Auftriebsmethode

2.2.2 Dichtebestimmung des Bohrkleins mit dem Pyknometer

Zur Bestimmung der Dichte von Bohrklein wird das Pyknometer einmal mit reinem Wasser und einmal mit einem Gemisch aus Wasser und Bohrklein in einem genau definierten Volumen gewogen. Zusammen mit dem Gewicht des Bohrkleins und der bekannten Dichte von Wasser (bei der entsprechenden Meßtemperatur) läßt sich die Dichte des Bohrkleins bestimmen (Abb.2.2).

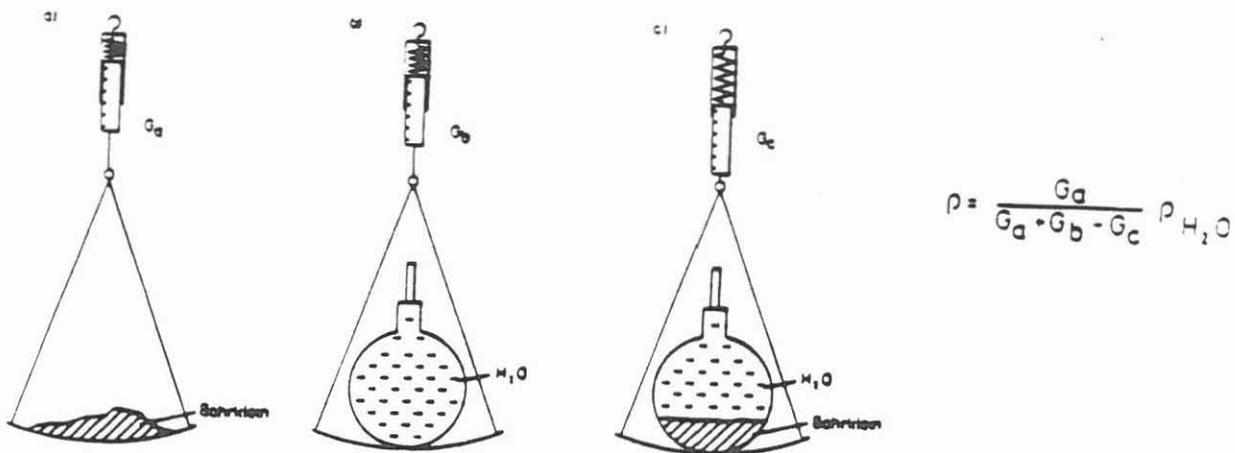


Abb. 2.2: Meßprinzip Pyknometermethode

2.3 Beschreibung der Meßergebnisse

Im oberen Bereich der Bohrung bis zur Teufe 480m wurde die Dichte sowohl an den erbohrten Kernen als auch an entnommenem Bohrklein bestimmt. Die Dichtebestimmung der Bohrkern wurde nach dem Prinzip von Archimedes, die des Bohrkleins mit dem Pyknometer.

Der Fehlerbereich für die Pyknometermessungen beträgt etwa 2% und für die Dichtebestimmung nach dem Archimedischen Prinzip etwa 5%. In der Log-Darstellung wurden sämtliche Dichtewerte gegen die Teufe aufgetragen. Zur Übersicht wurde eine Darstellung im Maßstab 1:2000 (Abb. 2.3 und 2.4) gewählt. Die Meßergebnisse sind nochmals in 50 m-Schritten in einem vergrößerten Maßstab (Abb. 1.5 a-e) dargestellt. Beim Vergleich der Daten läßt sich sagen, daß die Bohrkleindichte generell etwas niedriger liegt als die Dichte der Bohrkern. Dies ist dadurch zu erklären, daß es sich bei dem Bohrklein um Mischproben handelt, in denen auch Nachfall mit geringerer Dichte aus dem oberen Teufenbereich enthalten sein kann. Zudem ist ein Verlust von sehr kleinen Mineralen hoher Dichte, wie z.B. Fe_3O_4 , FeS denkbar, die durch das Schüttelsieb fallen. Aus diesem Grund treten markante Dichteunterschiede bei den Bohrkernen deutlicher hervor.

2.3.1 Dichte der Bohrkerne

Die Dichte an den Bohrkernen konnte nur lückenhaft bestimmt werden, da in den oberen 480 m sehr hohe Kernverluste auftraten. So stand bis zu einer Teufe von 68 m kein Kernmaterial zur Verfügung. Auch ließ sich aufgrund der Kernqualität teilweise keine Dichte bestimmen, da die Bohrkerne auseinanderfielen, sobald sie mit Wasser in Berührung kamen.

Für die Dichte stellt sich eine generelle Tendenz heraus: Diese nimmt bis ungefähr 463 Meter zu. Ab hier nehmen die Dichtewerte wieder ab. Zwischen 387 und 432 Metern ist ein Bereich deutlich erhöhter Dichte zu erkennen. Lithologisch ist dieser Bereich durch das Auftreten von Granatamphiboliten gekennzeichnet.

Die an den Bohrkernen gemessenen Dichten liegen zwischen minimal 2.49 und maximal 3.18 g/cm³. Der minimale Dichtewert tritt in einer Teufe von 377.5-378.5 Metern auf. Es handelt sich hier um einen Kataklasit. Der maximale Dichtewert stammt aus dem Teufenbereich von 460 bis 461 Metern. Hierbei handelt es sich um einen vergrüntem, granatführenden Amphibolit.

2.3.2 Dichte des Bohrkleins

Die Dichte des Bohrkleins (Cuttings) wurde lückenlos in 1 m - Abständen über den gesamten Teufenbereich bis 480 m gemessen. Die Meßwerte stellen allerdings keine repräsentativen Dichtewerte aus dem jeweiligen Teufenbereich dar. Da es sich um Mischproben handelt, kann auch nur eine Mischdichte ermittelt werden. Hierdurch kommen die markanten Unterschiede, wie sie bei den Bohrkernen auftreten, nicht heraus.

In einer Teufe von 387-432 Metern ist beim Bohrklein ein Bereich erhöhter Dichte zu erkennen, der auch bei den Dichtemessungen der Bohrkerne deutlich auftritt. Im oberen Bereich der Bohrung treten stellenweise sehr niedrige Dichtewerte auf. Aus diesem Teufenbereich konnten keine Bohrkerne gewonnen werden. Am niedrigsten sind die Dichtewerte im Teufenbereich von 8 bis 9 Metern. Die Tendenz, die sich bei den Bohrkernen abzeichnete, daß die Dichte mit der Teufe zunimmt, ist auch schwach beim Bohrklein zu erkennen. Die Dichtewerte des Bohrkleins liegen zwischen 2.54 und 3.06 g/cm³. Die Teufenangaben der Extremwerte bei Bohrklein und Bohrkernen stimmen nicht überein. Im Bereich von 376 bis 378 Metern, in dem die Dichtewerte der Bohrkerne minimal sind, weisen die Dichtewerte des Bohrkleins zwar auch ein lokales, aber nicht so deutliches Minimum auf. Das Dichte-Maximum bei den Bohrkernen liegt knapp unter 461 Metern, während beim Bohrklein in diesem Bereich nichts Auffälliges zu erkennen ist. Das Dichte-Maximum des Bohrkleins liegt bei 298 Metern. Ein Vergleich mit den Bohrkernen läßt sich allerdings hier nicht ziehen, da aus diesem Bereich kein Kernmaterial zur Verfügung steht.

- D 7 -

Dichte (Bohrkerne) in g/cm^3

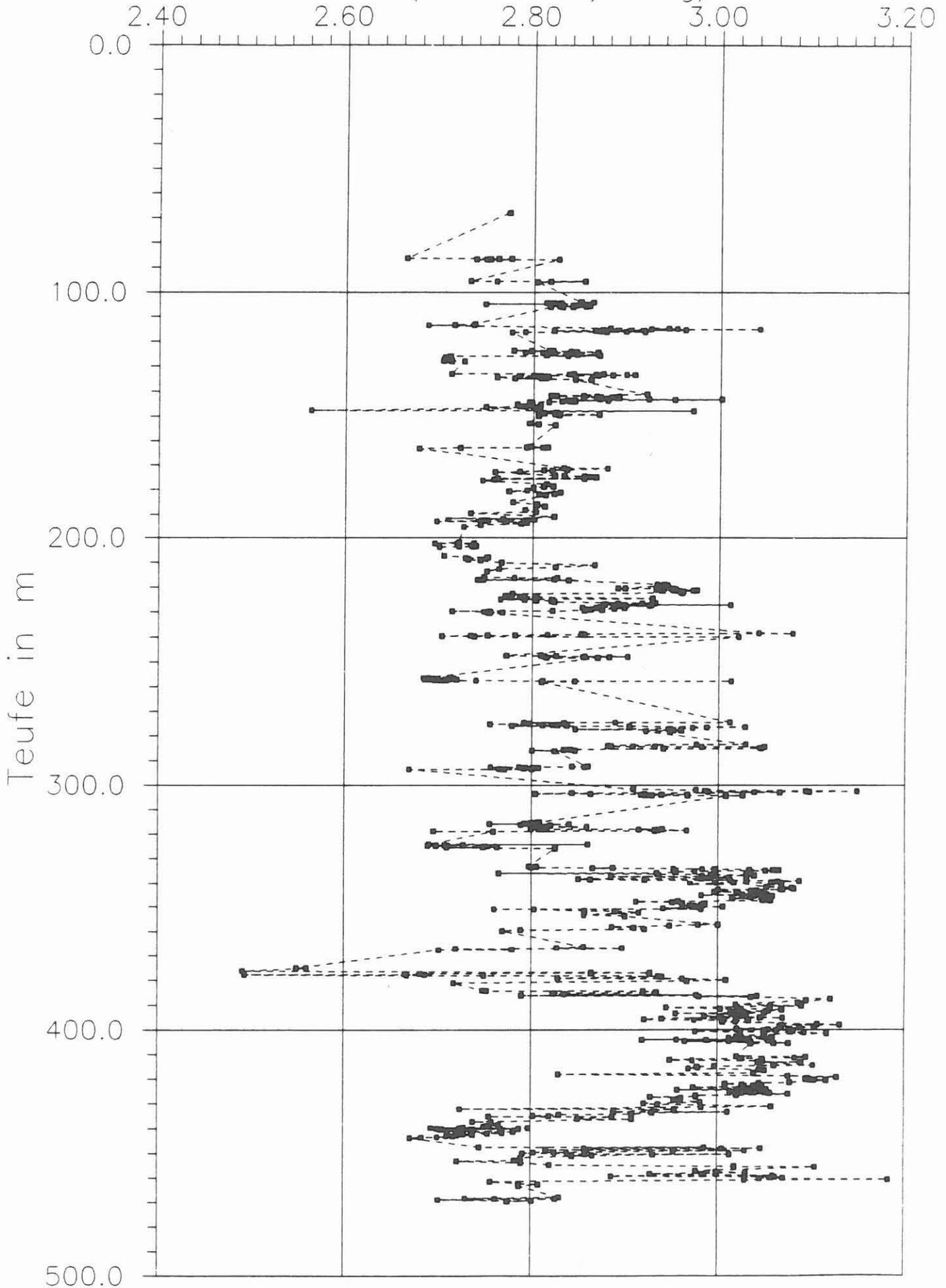


Abb. 2.3.

KTB VB Dichte Bohrklein, g/cm³

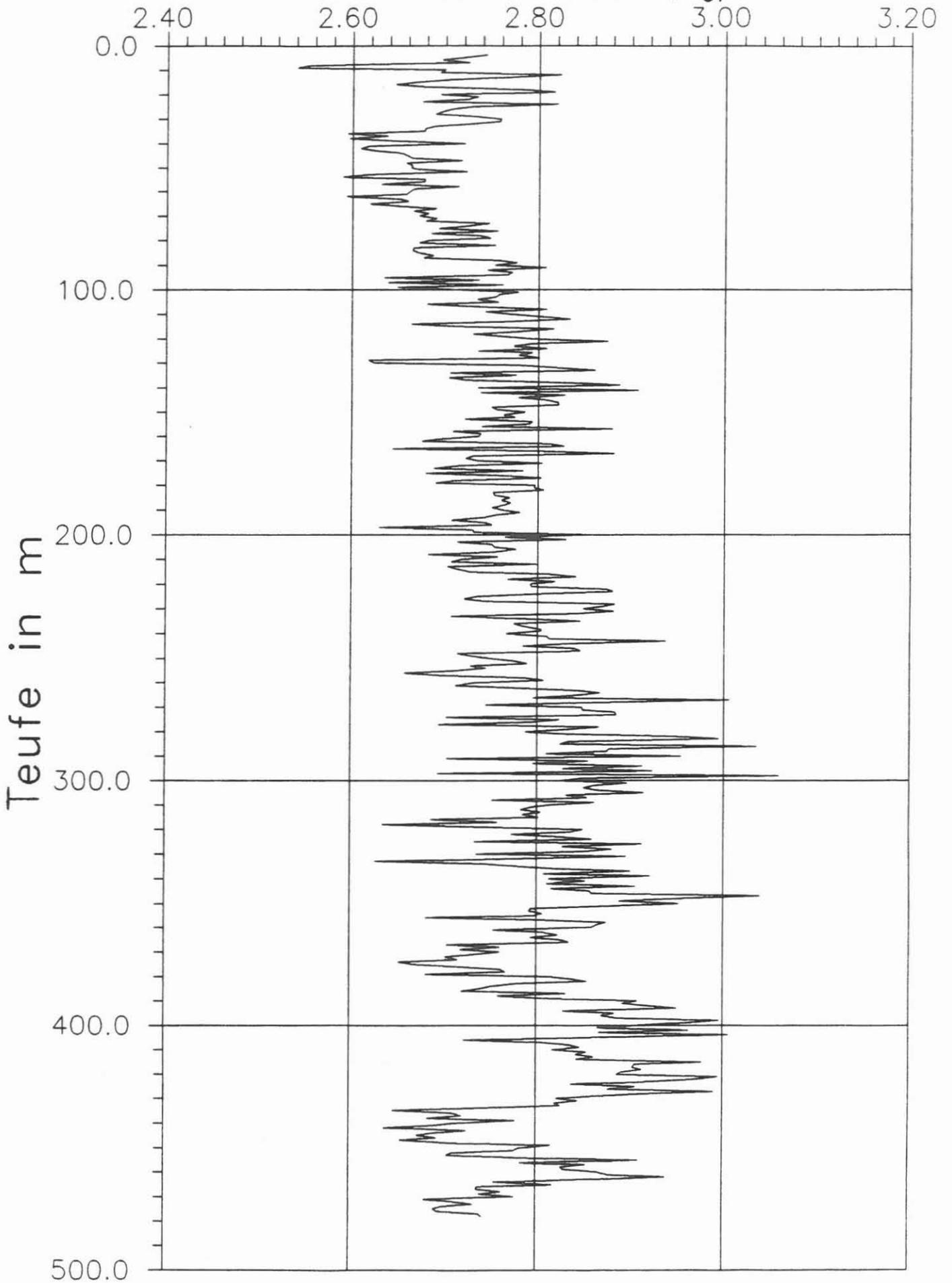


Abb. 2.4.

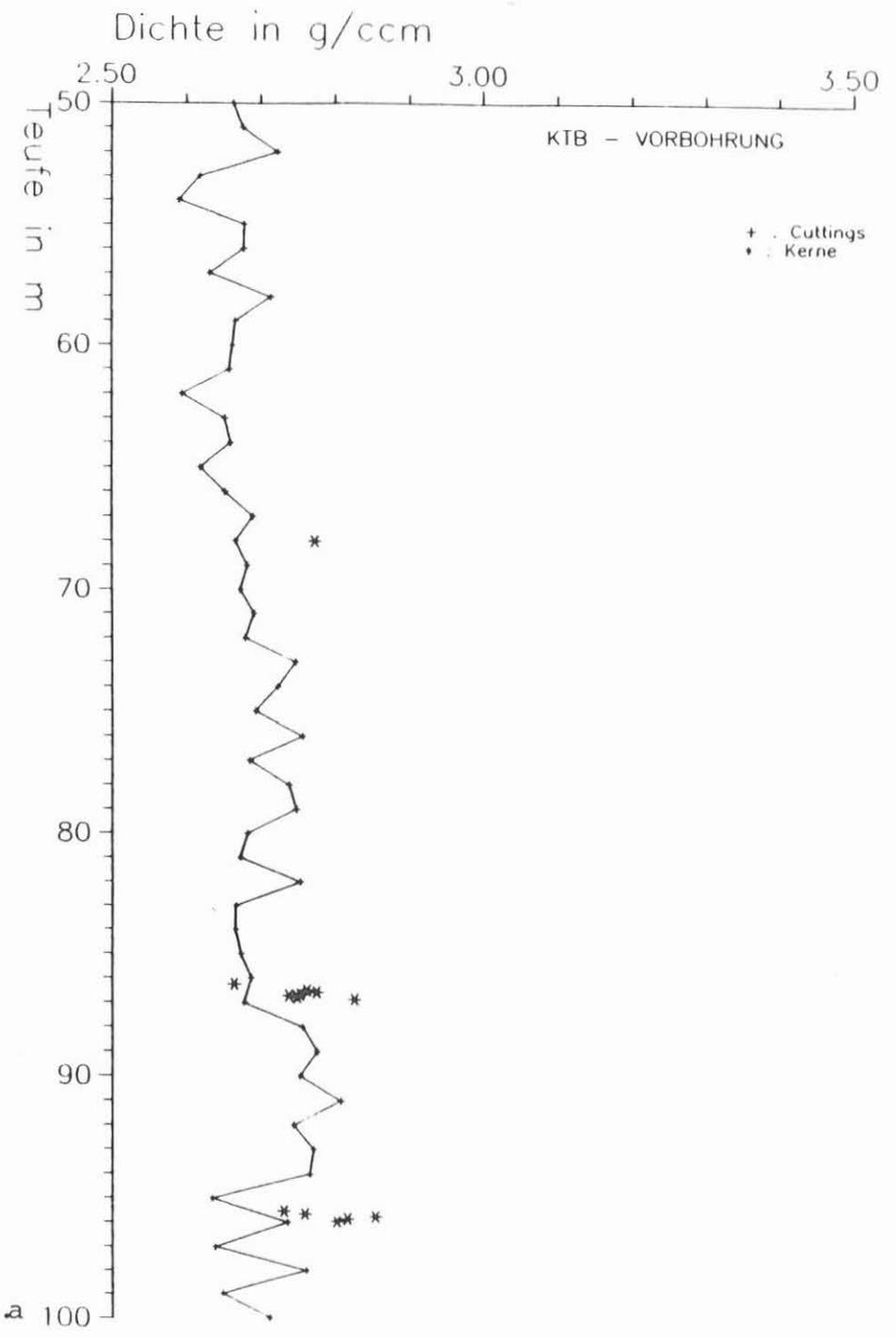
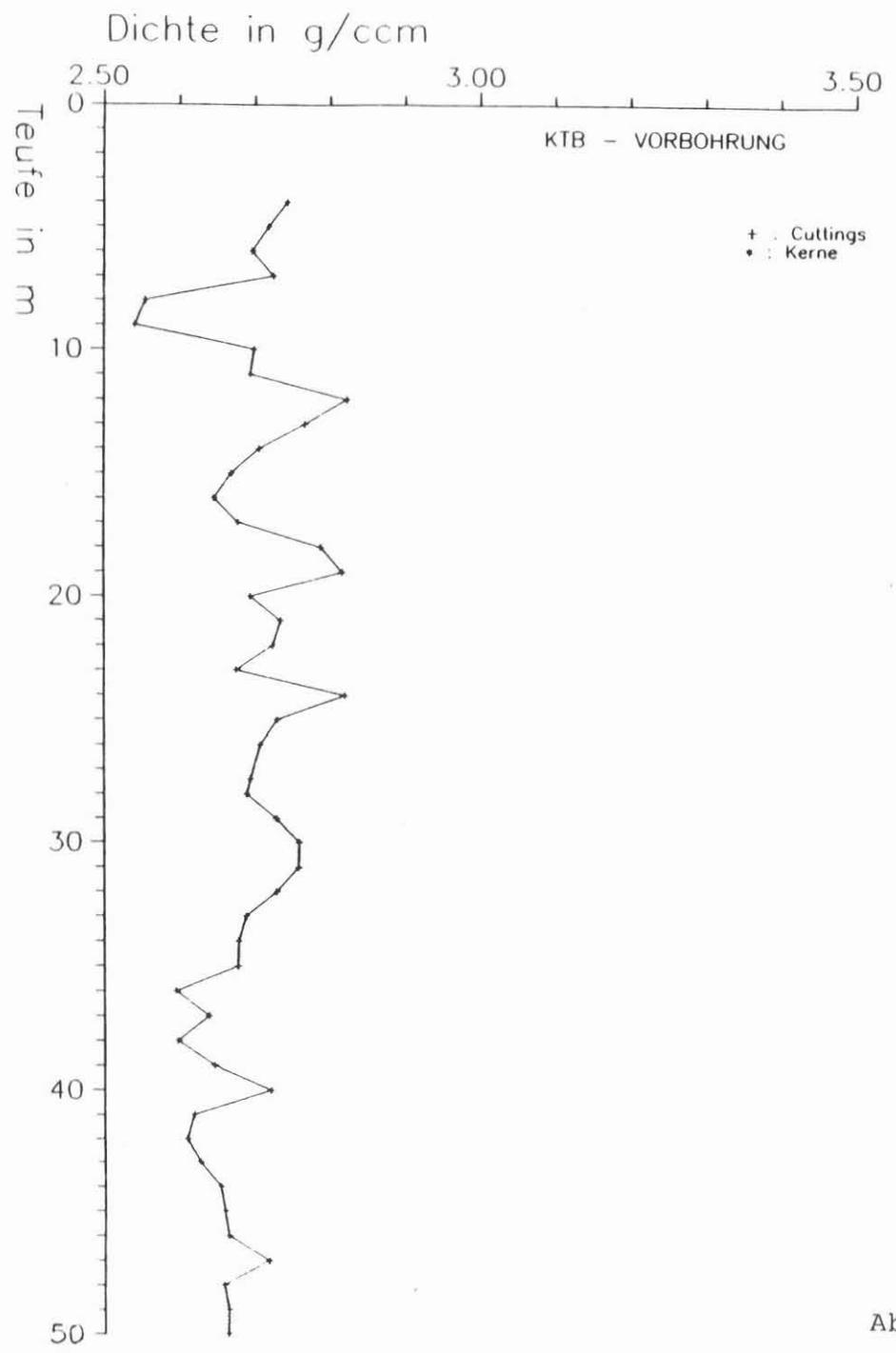


Abb. 2.5 a

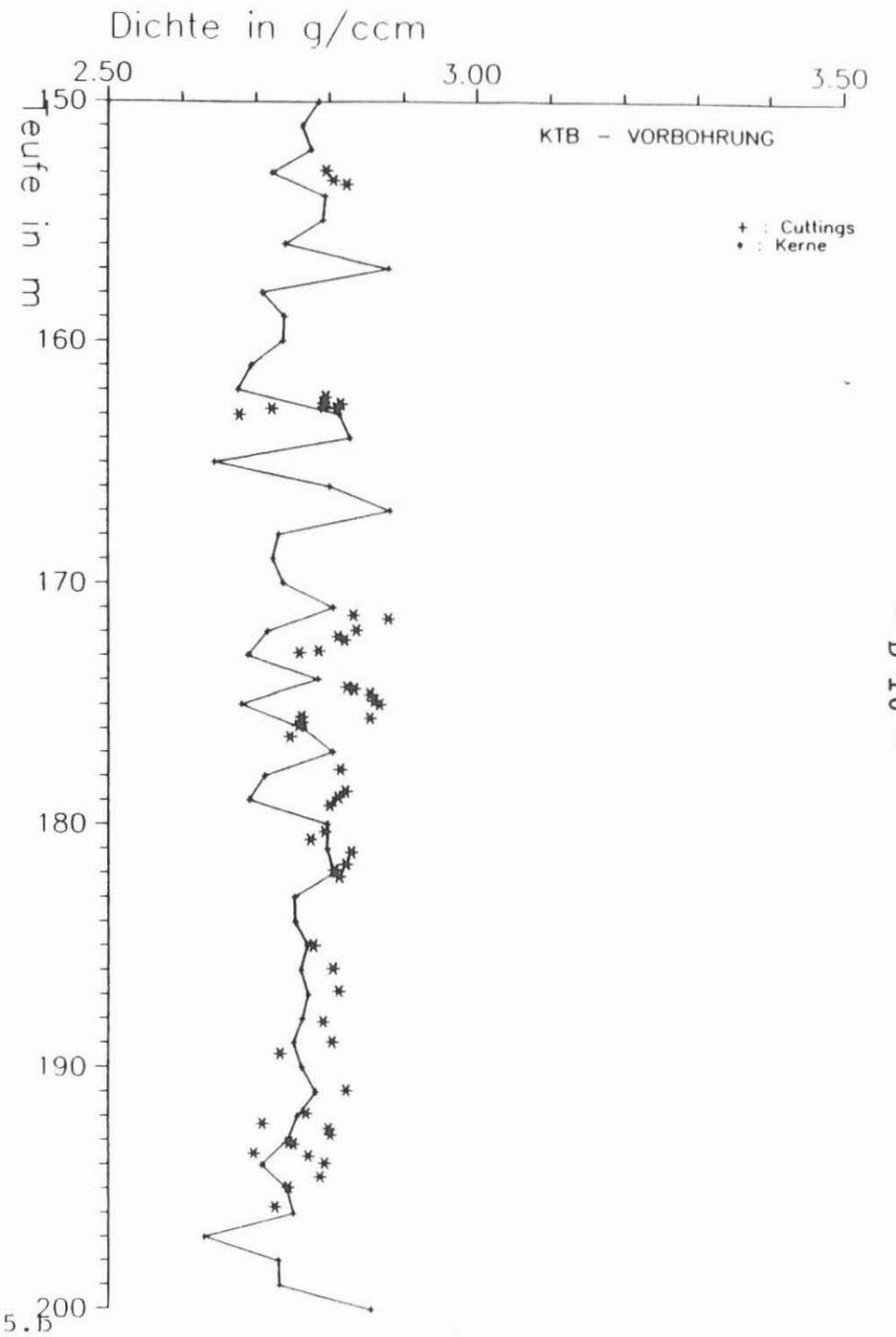
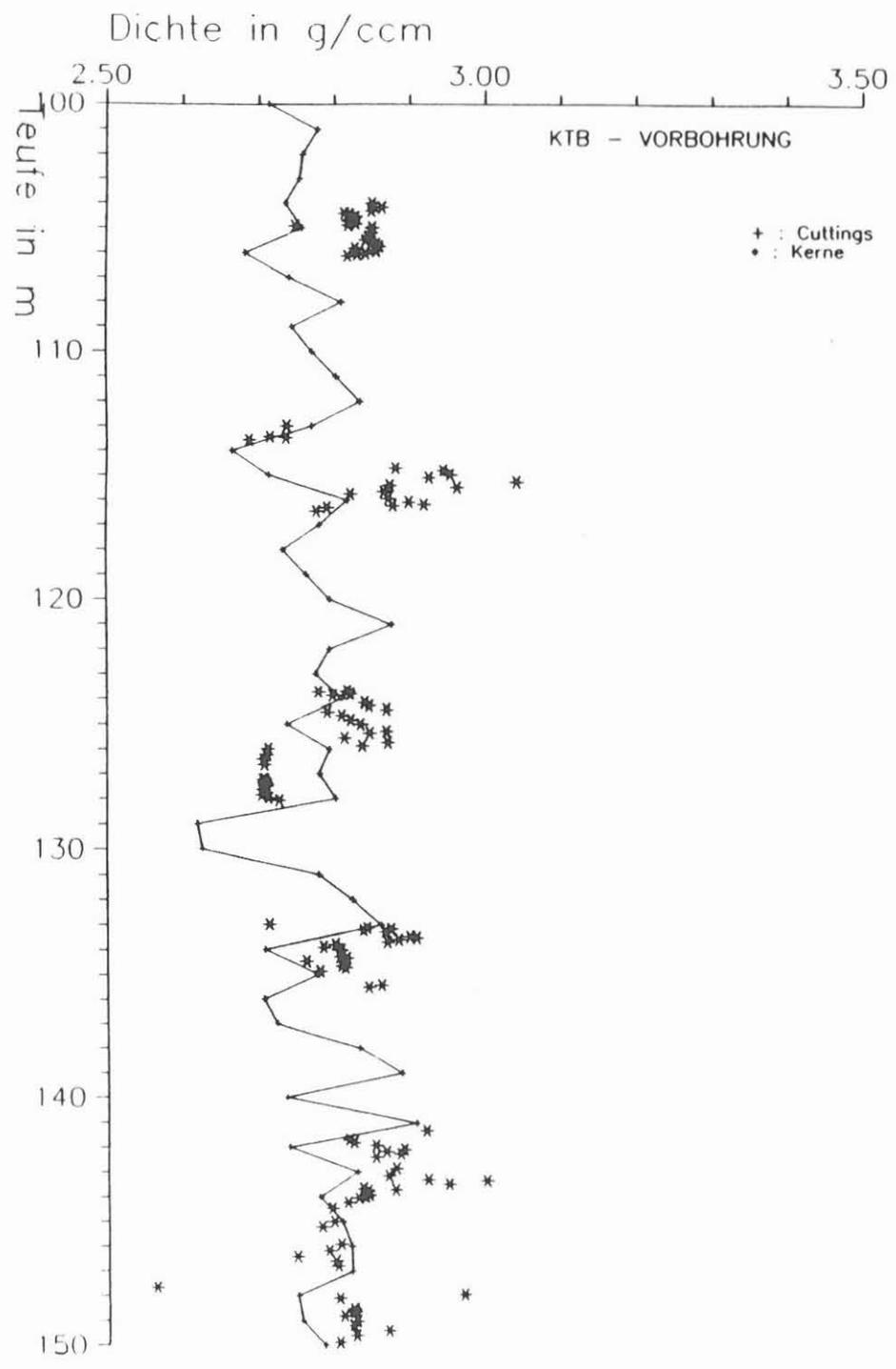
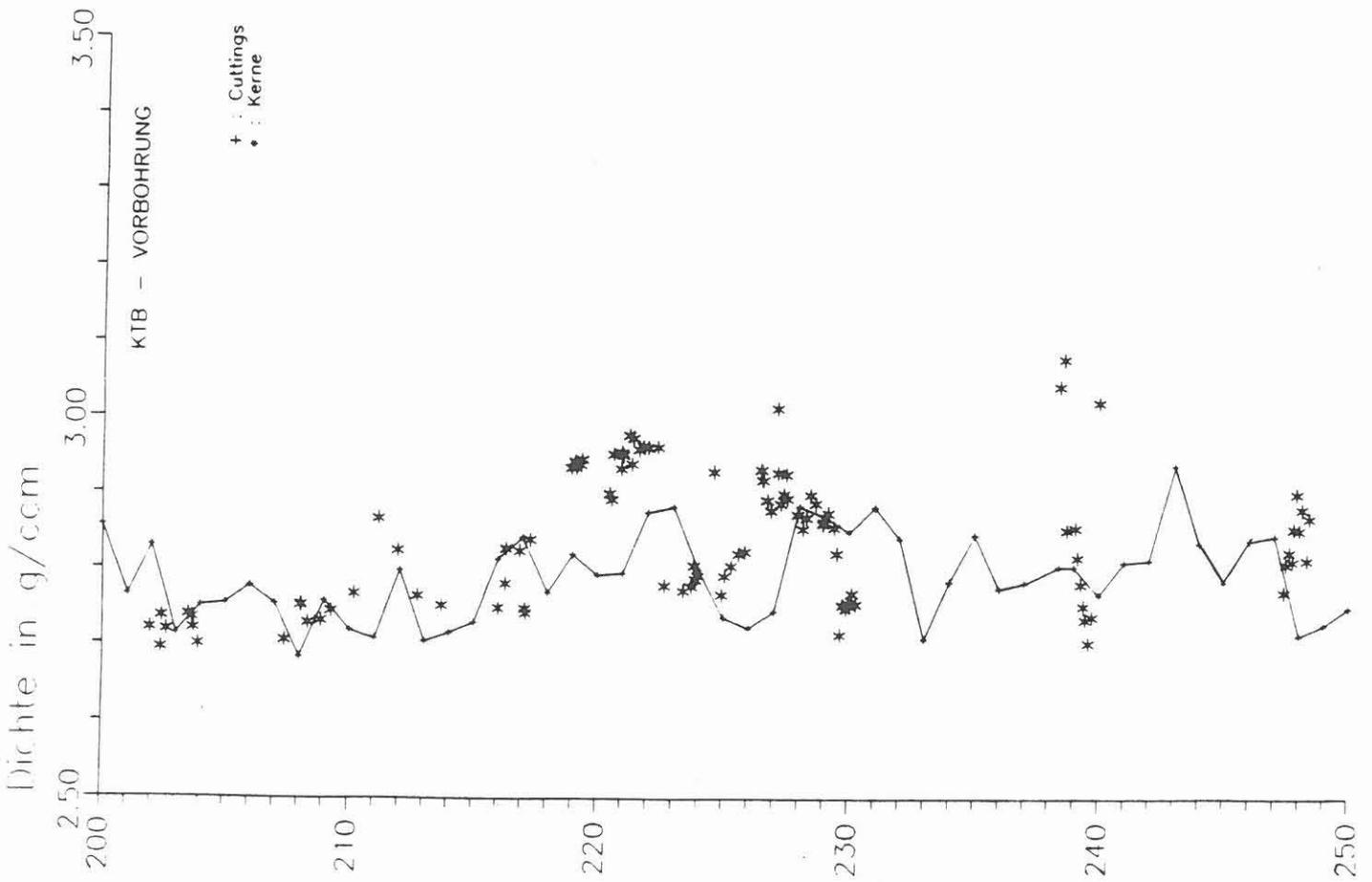
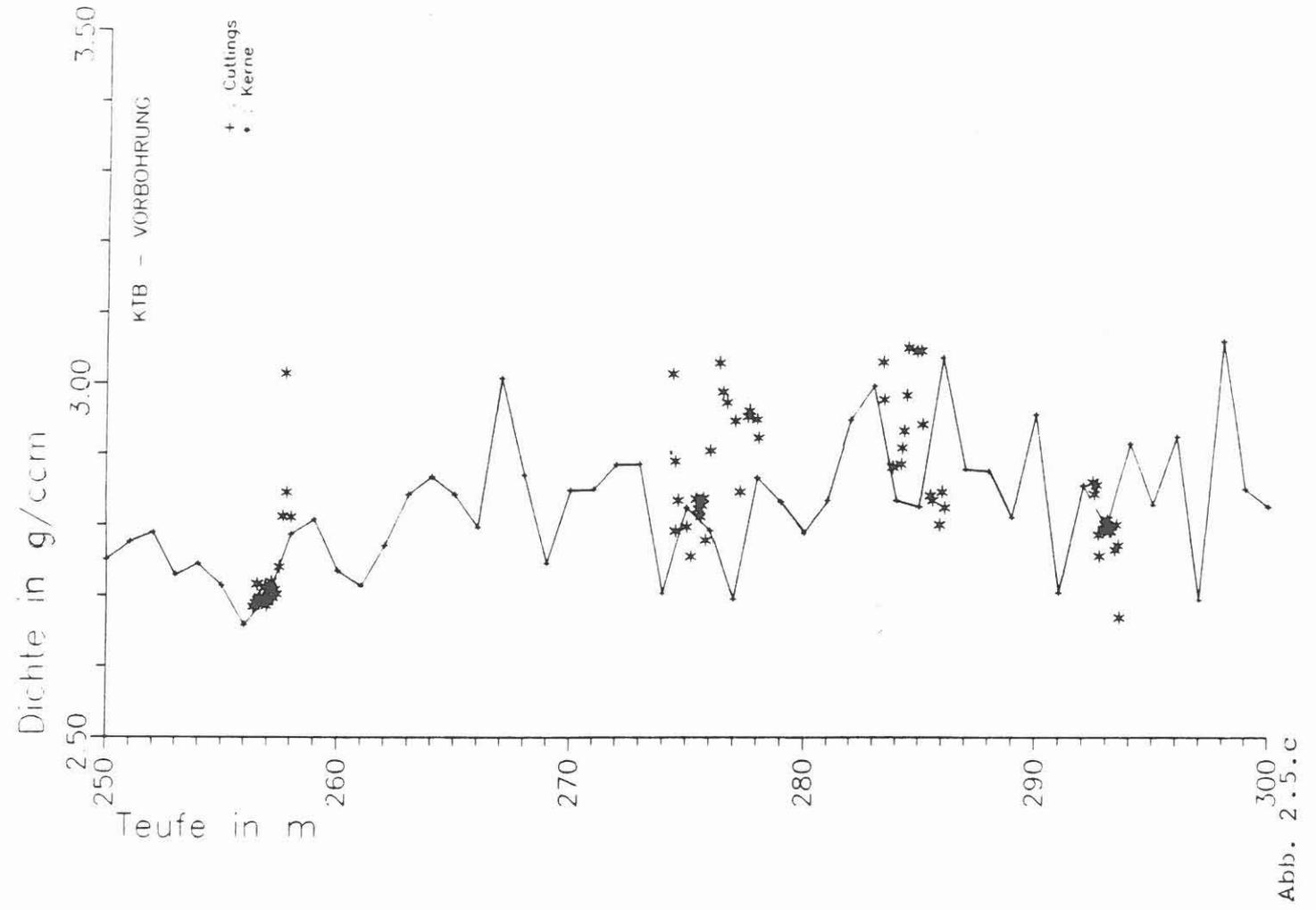


Abb. 2.5.5



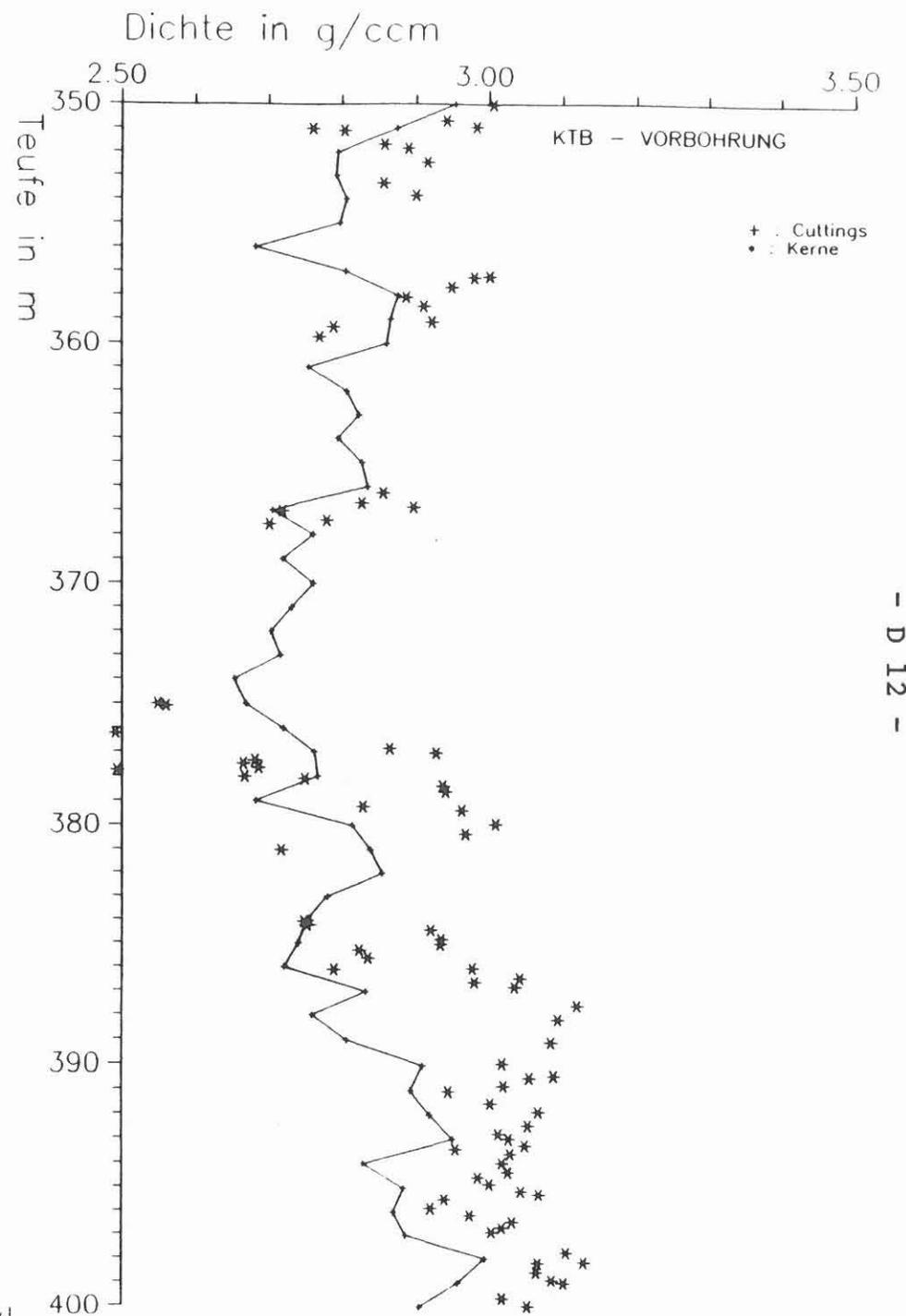
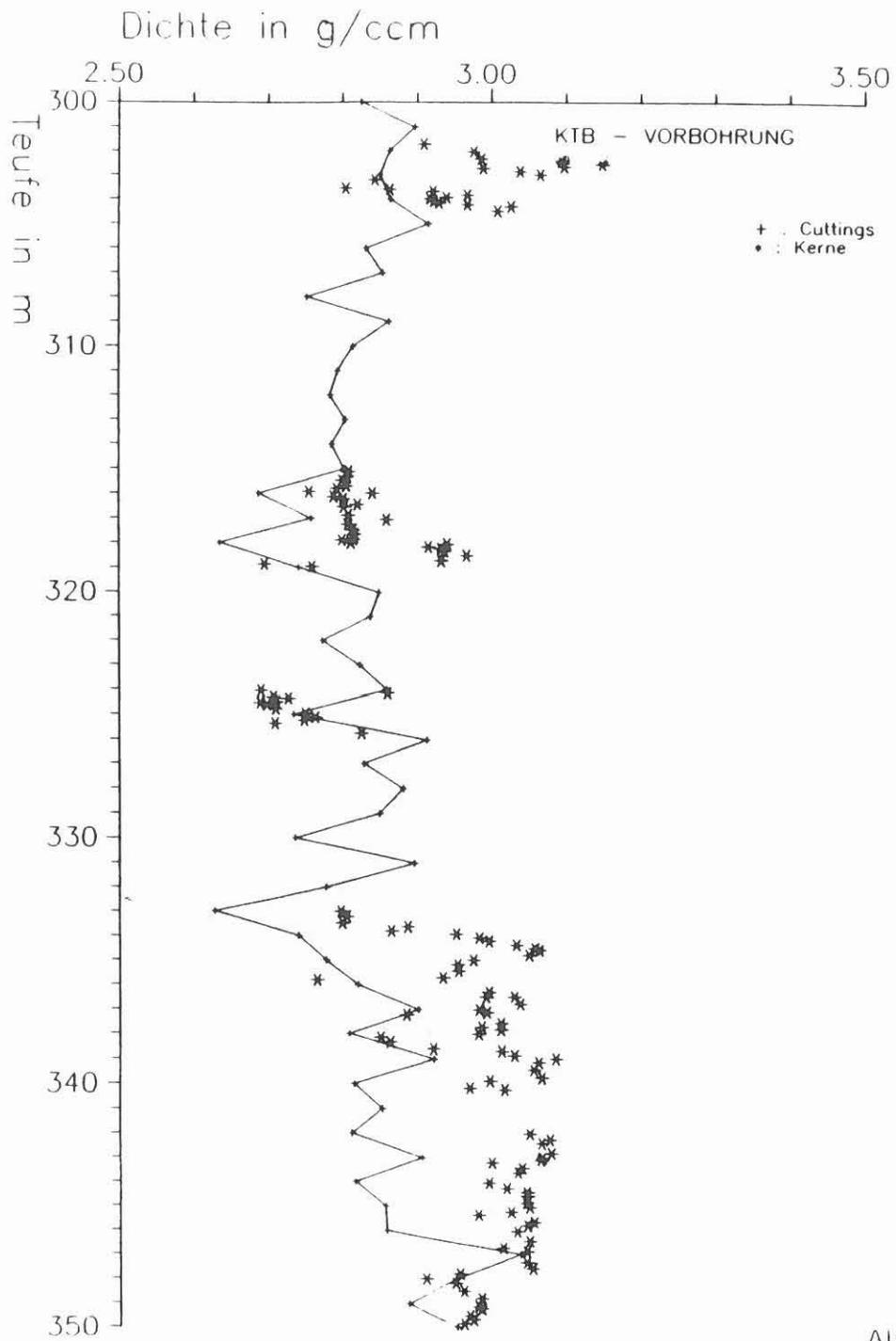


Abb. 2.5.d

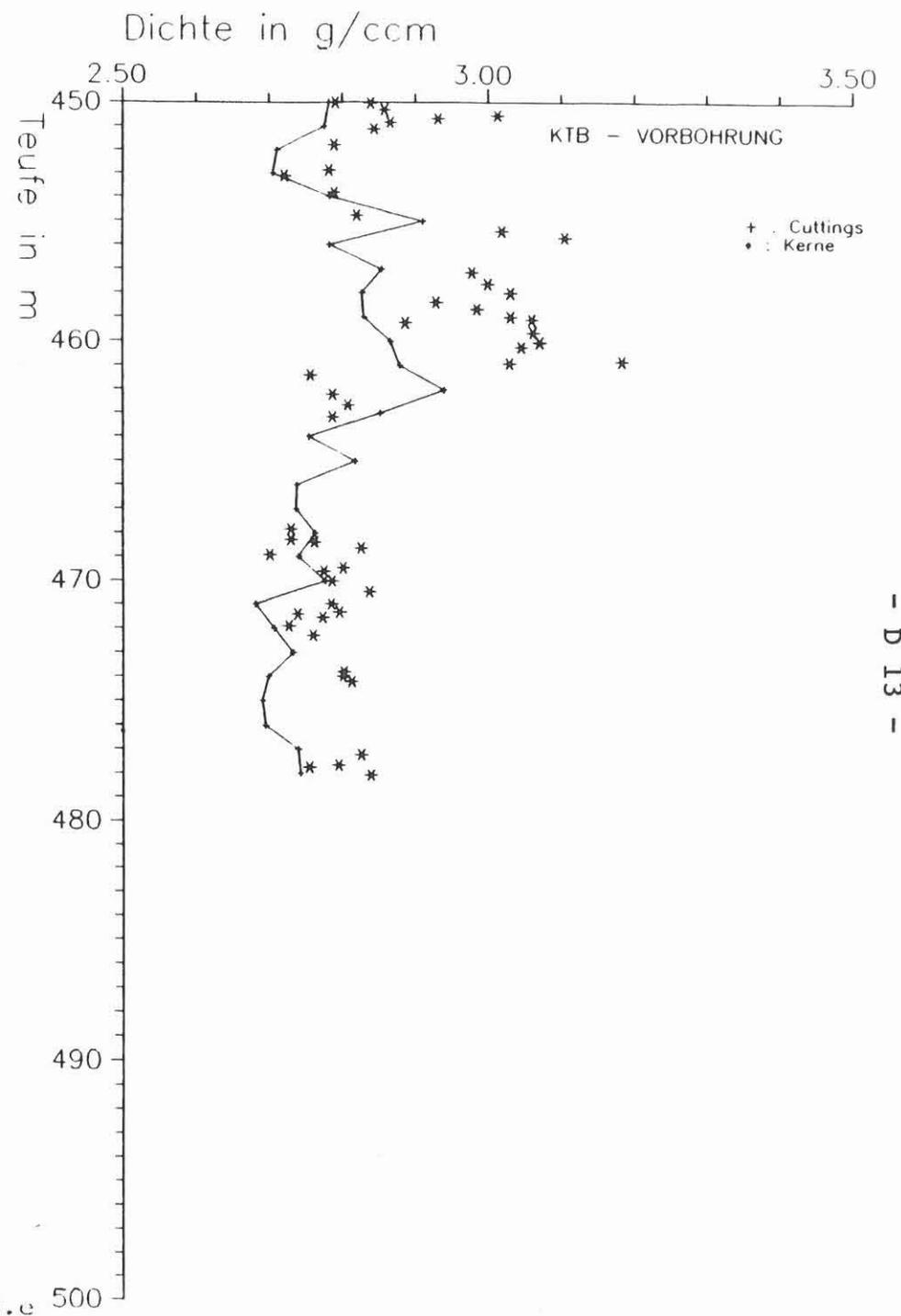
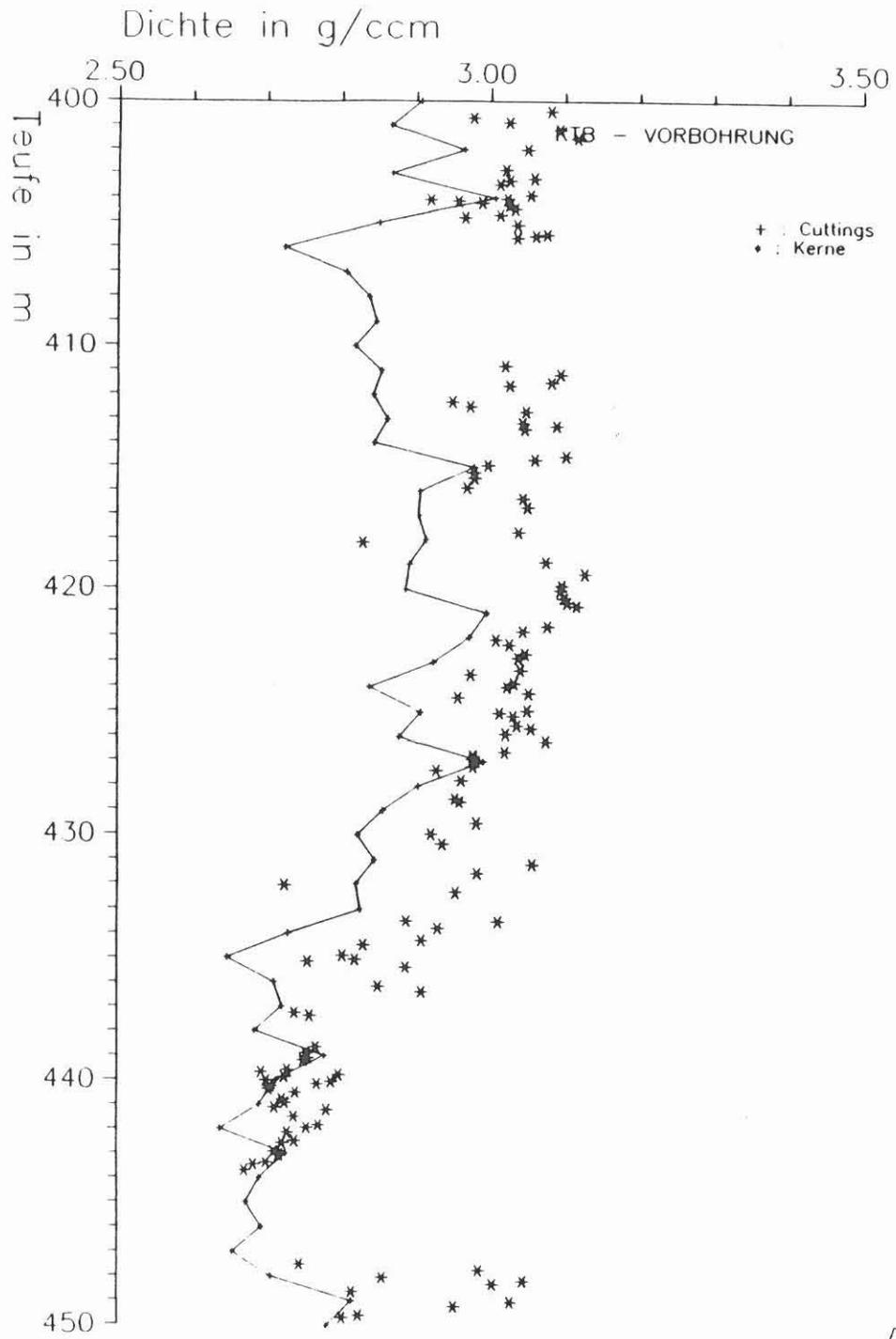


Abb. 2.5.e

3. Ultraschallseismik

3.1 Allgemeines

Die Geschwindigkeiten von Ultraschallwellen sind wichtige petrophysikalische Kenngrößen. Sie werden nicht nur durch den Chemismus und den Mineralbestand der Gesteine, sondern auch in hohem Maße durch deren Porosität (einschließlich Porengeometrie und Porenfüllung), sowie den Temperatur-, Druck- und Spannungszustand bestimmt.

Es ist zwar nicht anzunehmen, daß Ultraschallmessungen an Bohrkernen bei Normalbedingungen zu den gleichen Werten führen, wie seismische in-situ-Messungen oder akustische Bohrlochmessungen. Aus den Unterschieden zu den Bohrlochmessungen können aber Rückschlüsse auf die Veränderung der Proben im Vergleich zum in-situ-Zustand gezogen werden (mechanische Beanspruchung durch den Bohrvorgang, Druckentlastung, Temperaturschock, Veränderung der Porenfüllung).

Ultraschallmessungen liefern weiterhin Kriterien für die gezielte Auswahl geeigneter Proben für Spezialuntersuchungen anderer Gruppen, z.B. für Untersuchungen der Eigenspannungen, der Porosität und Permeabilität, sowie von V_p und V_s bei hohen Drücken und Temperaturen. Schließlich dienen sie auch als Referenzmessungen zur Kontrolle der fortschreitenden Gefügeflockung der Bohrkerns mittels Wiederholungsmessungen. Aus diesem Grund sollten sie auch besonders schnell nach der Kernentnahme durchgeführt werden.

3.2 P-Wellengeschwindigkeit in radialer Kernrichtung

3.2.1 Meßprinzip

Zur Bestimmung der P-Wellengeschwindigkeit in Radialrichtung werden die unbearbeiteten Kerne mittels Ultraschallschwingern längs eines Durchmessers durchschallt. Die beiden Schwinger werden mit dem Kern unter Wasser in Kontakt gebracht. Schwingerabstand und Signallaufzeit werden gemessen und hieraus die Geschwindigkeit bestimmt (Abb.3.1.). Zur Ermittlung der Anisotropie wird unter verschiedenen Kernazimuten gemessen. Die Variation in z-Richtung wird durch Verschiebung des Schwingerpaares längs des Kerns erfaßt.

3.2.2 Meßtechnik

Verwendet werden hochbedämpfte 1 MHz-Schwinger (Typ H1N der Firma Krautkrämer), die ein relativ breitbandiges Signal abstrahlen. Die Ansteuerung und Signalregistrierung erfolgte im Überbrückungsprogramm mit kommerziellen Ultraschallgeräten (USL33 bzw. USIP11 der Firma Krautkrämer).

3.2.3 Beschreibung der Ergebnisse

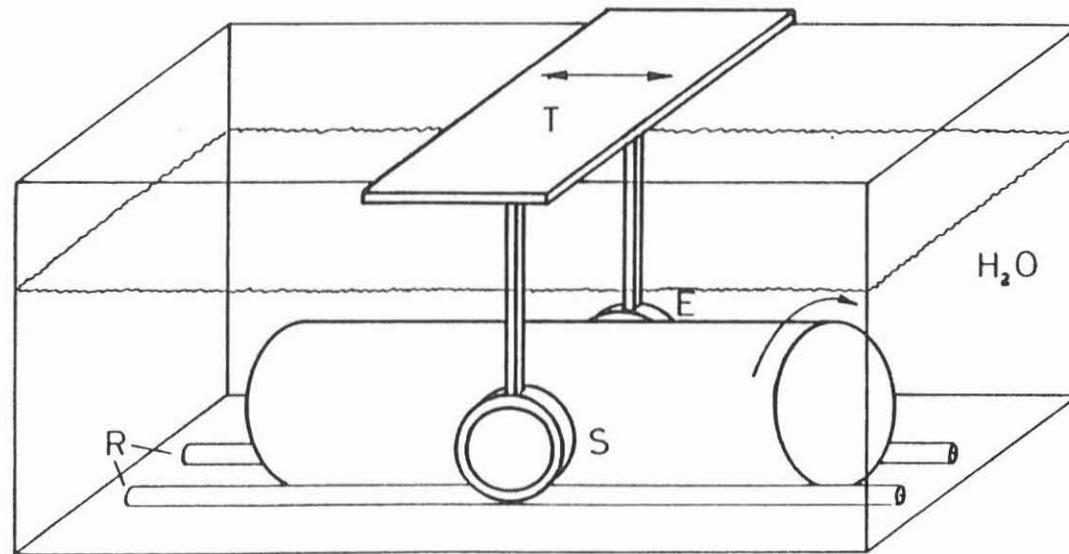
Die Abbildung 3.2. gibt einen Überblick über die ersten vorläufigen Meßergebnisse bis zu einer Teufe von 478.5 m. Vorhandene Lücken sind begründet durch mangelnden Kerngewinn, schlechte Kernbeschaffenheit bzw. den großen Zeitaufwand für jede Messung bei der derzeitigen Instrumentierung. Die Abbildungen 3.3.a und 3.3.b geben dieselben Messungen in einem dichter vermessenen Teufenbereich wieder. Die dargestellten Geschwindigkeiten sind Mittelwerte über verschiedene Azimute bei der betreffenden Teufe, hierbei wurde über bis zu 20 Geschwindigkeits-Bestimmungen gemittelt. Bei schwer durchschallbaren Kernen liegt der angegebene Mittelwert wahrscheinlich eher zu hoch. In den Abbildungen wurde nicht unterschieden, ob über viele oder wenige Einzelmessungen gemittelt wurde.

Es werden starke kleinräumige Geschwindigkeitsschwankungen beobachtet, die für das Reflexionsvermögen bei in-situ Messungen von Bedeutung sein dürften. Der Mittelwert über die oberen 478.5 m beträgt 5549 m/s mit einer Standardabweichung von $\sigma = 454$ m/s.

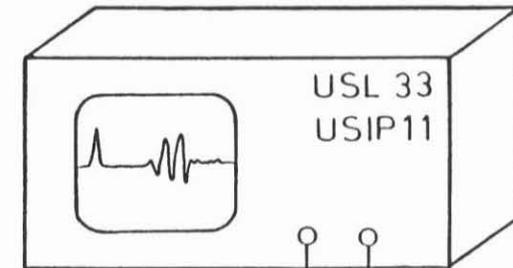
Viele Kerne im hier vorgestellten Teufenbereich besitzen eine deutliche azimutale Anisotropie (z.B. 17% für Kern 68F80 mit der Teufe 458m, Abb. 3.4.). Sie korrespondiert mit steil stehenden Schieferflächen. Der Betrag der Anisotropie übersteigt oft deutlich die möglichen Meßfehler.

Eine Korrelation zwischen Geschwindigkeit und der Lithologie ist zum Teil möglich. So scheinen z.B. graphitführende Gneise durch niedrige, granatführende Gneise und Amphibolite durch hohe Geschwindigkeiten gekennzeichnet zu sein.

Prinzip der Geschwindigkeitsmessung $v_{p, radial}$



R = Rollenlager für Kernrotation
T = Translationswagen



Sender S
Empfänger E

Abb. 3.1. Versuchsaufbau zur Messung der seismischen P-Wellengeschwindigkeit

KTB VB V_p-Geschwindigkeit in m/s

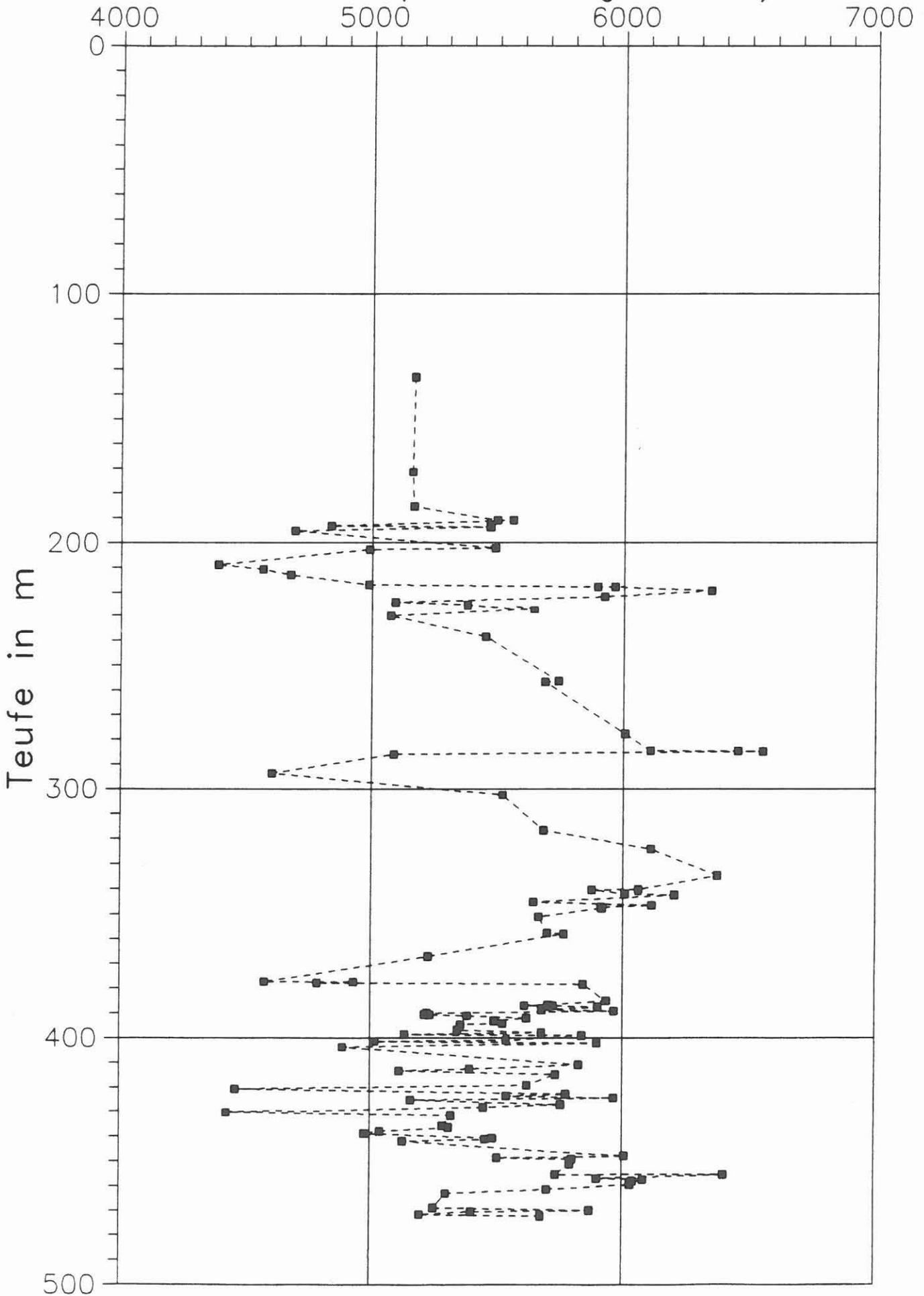


Abb. 3.2.

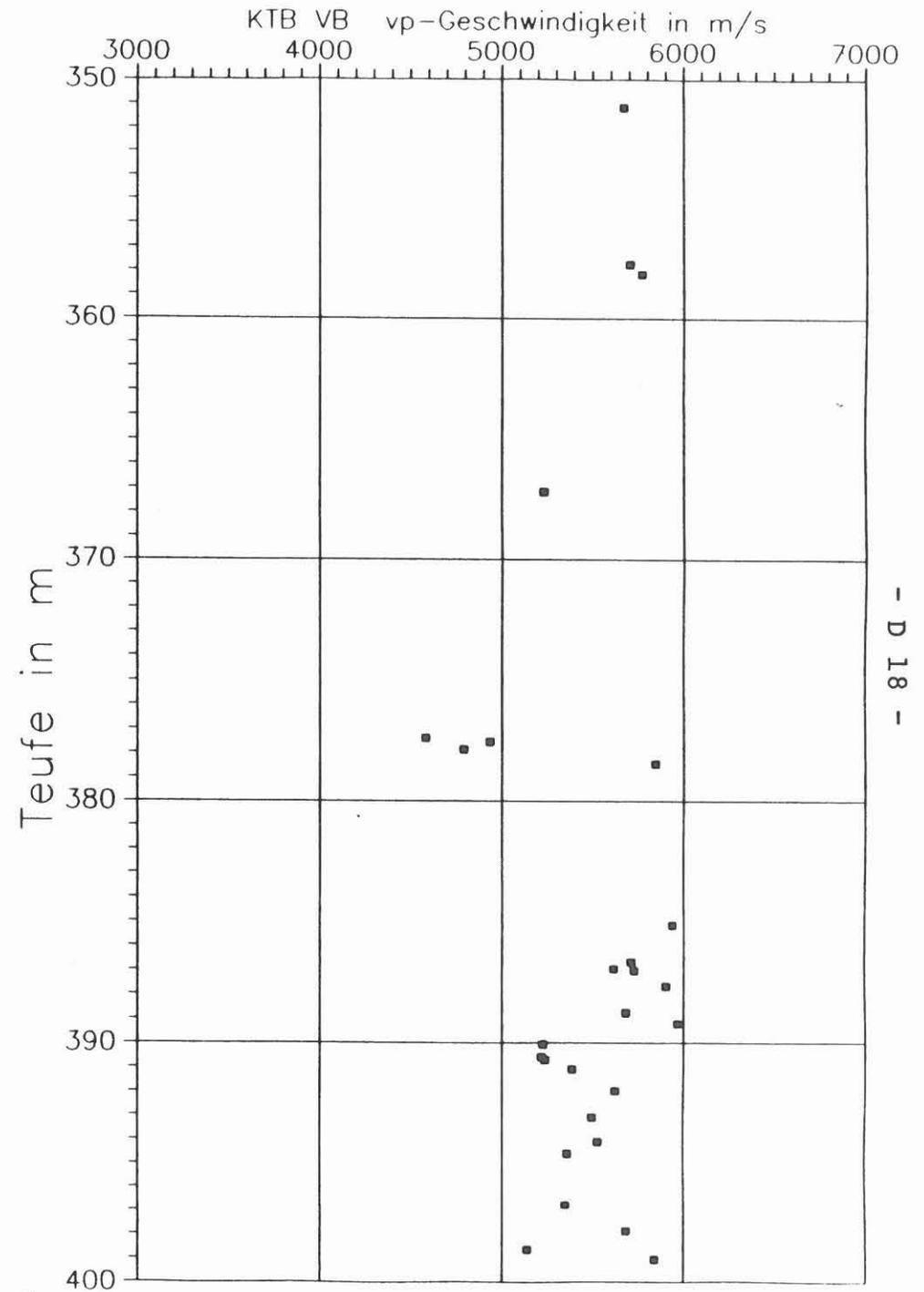
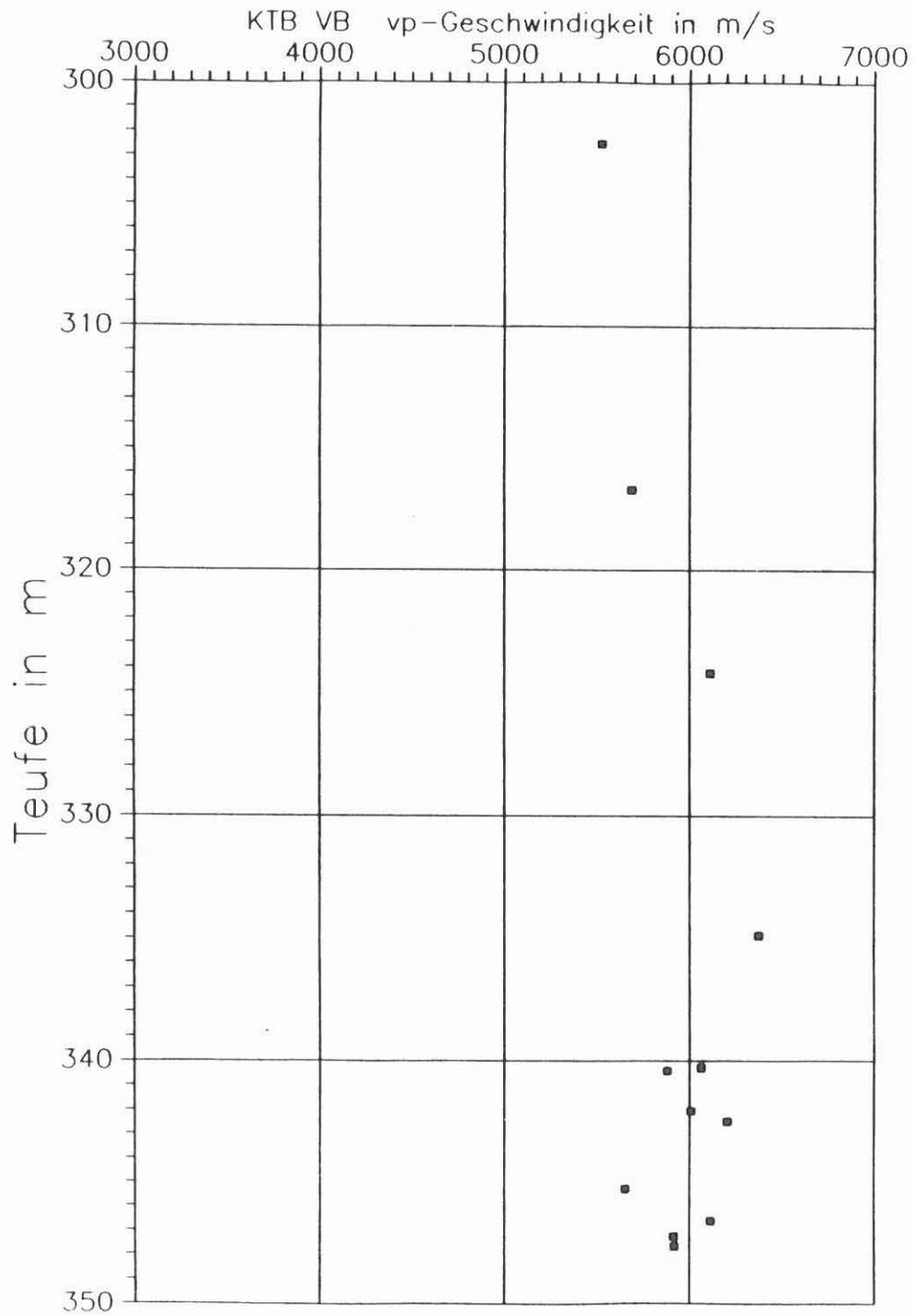


Abb. 3.3.a

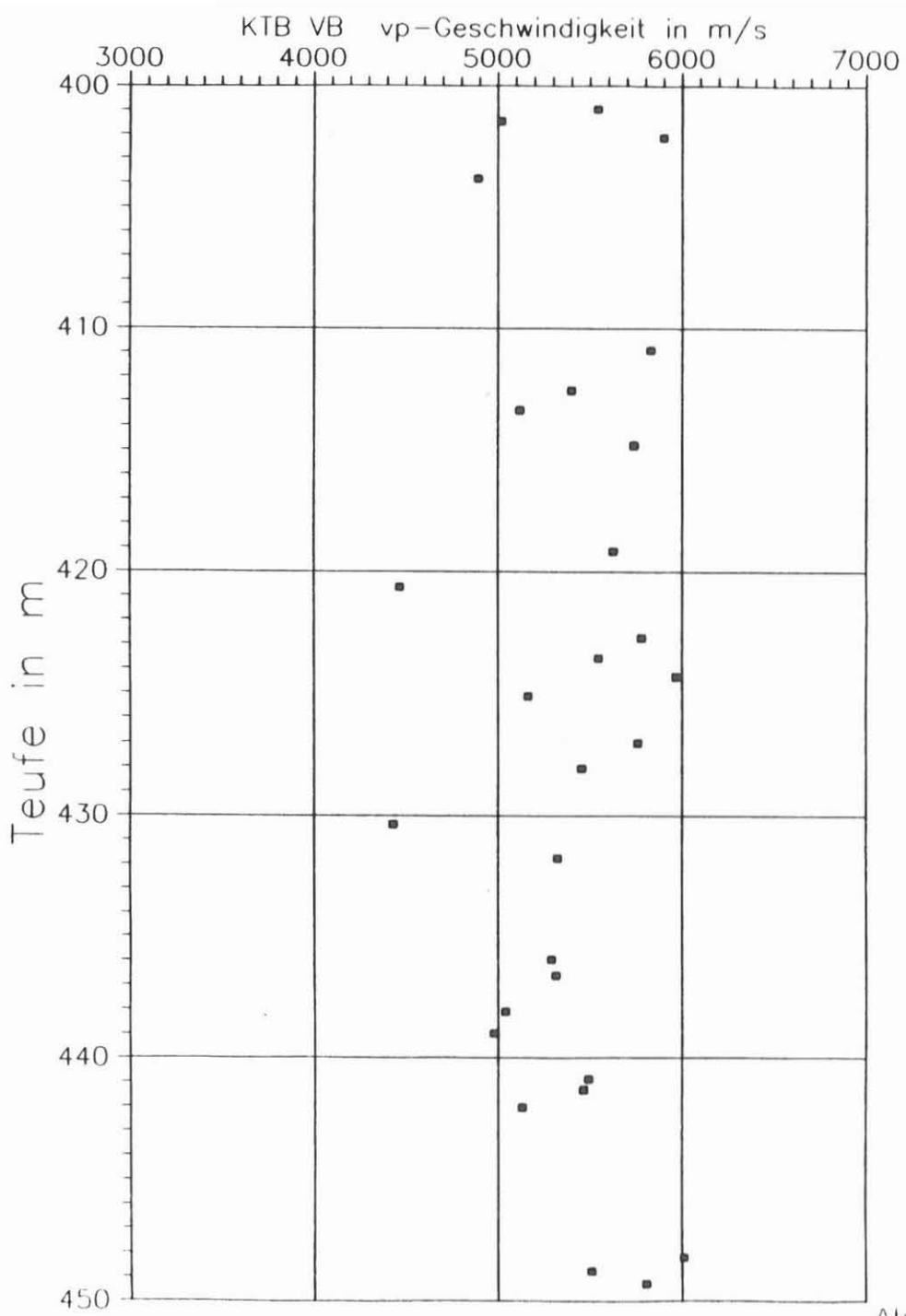
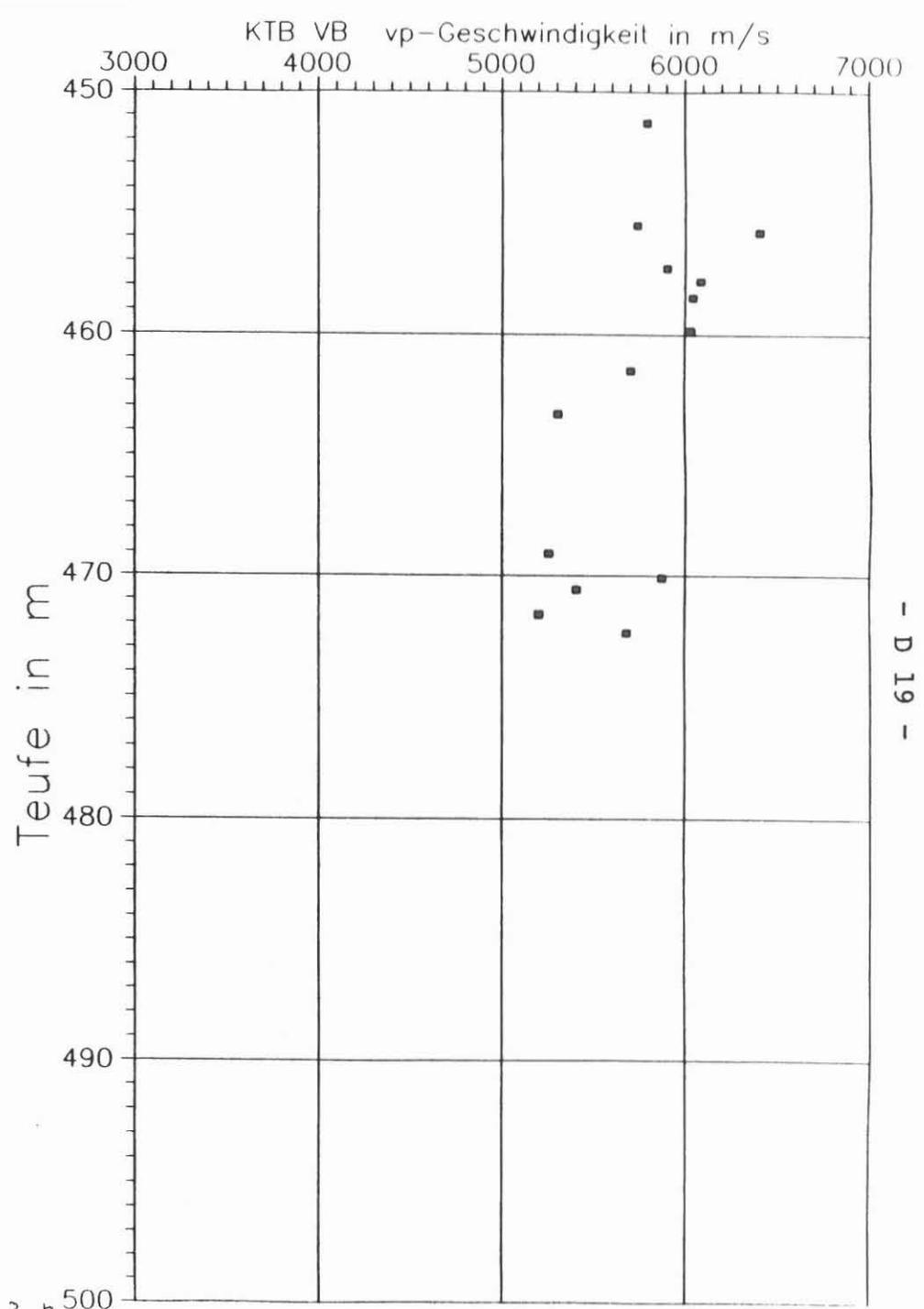


Abb. 3 . 3 . b



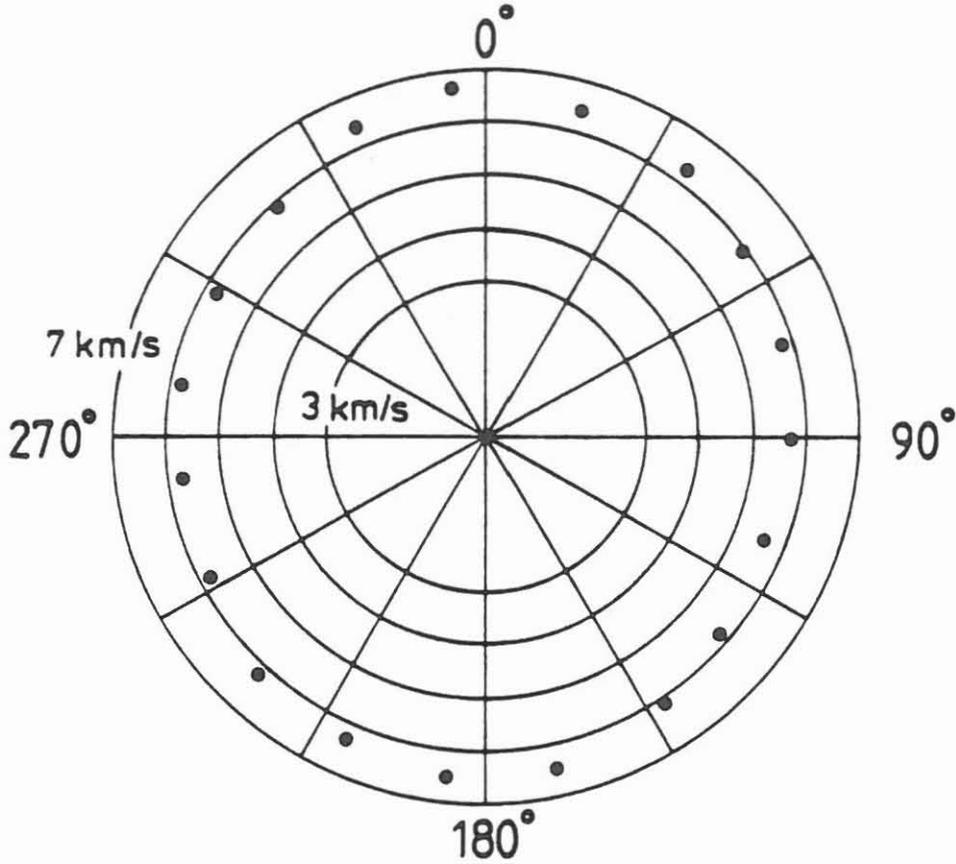


Abb. 3.4. Azimutale Anisotropie der P-Wellengeschwindigkeit.
Kernstück 68F80 aus einer Teufe von 458 m.

Das Kernstück ist nicht orientiert, d.h. Azimut 0° ist zunächst eine willkürliche Richtungsvorgabe bis zur Nachorientierung des Bohrkernmaterials.

4. Natürliche remanente Magnetisierung der Bohrkerne (NRM)

4.1 Allgemeines

Für die Interpretation magnetischer Anomalien und für den Paläomagnetismus ist die Magnetisierung der Gesteine ein wichtiger Parameter. Sie setzt sich zusammen aus einem durch das heutige Erdmagnetfeld induzierten Anteil (proportional zur Suszeptibilität und parallel zum heutigen Erdfeld) und einem remanenten Anteil, der beliebig gerichtet sein kann.

Die Magnetisierung der Gesteine wird durch eine kleine Gruppe von natürlichen ferrimagnetischen Mineralien bestimmt, unter denen der Magnetit und die Titanomagnetite, der Hämatit und der Magnetkies zu den wichtigsten zählen.

Viele Vererzungszonen sind mit Anreicherungen an Magnetit oder Magnetkies verbunden, sodaß durch Vermessung der Suszeptibilität im Bohrloch und an den Bohrkernen solche Zonen erkannt werden können.

Die ferrimagnetischen Erzkomponenten können auch eine remanente Magnetisierung tragen. Dadurch können vererzte Zonen erkannt werden. Die remanente Magnetisierung wird ebenfalls für paläomagnetische Untersuchungen vermessen und kann Aufschluß über das Alter von Gesteinsumbildungen geben.

Die magnetischen Messungen sind nicht destruktiv und können sowohl an unbehandelten Bohrkernen als auch an Kernfragmenten durchgeführt werden.

4.2 Meßprinzip

Zur Bestimmung der remanenten Magnetisierung der Bohrkerne wird das magnetische Streufeld in der Umgebung der Kerne in axialer und in radialer Richtung gemessen. Aus den gemessenen Feldkomponenten kann dann, mit bestimmten Einschränkungen und unter gewissen Voraussetzungen (z. B. \pm homogene Magnetisierung der Kerne), die remanente Magnetisierung der Bohrkerne berechnet werden. Bei nicht azimuthal orientierten Kernen kann außer dem Betrag der Magnetisierung nur die Inklination im terrestrischen Koordinatensystem angegeben werden.

4.3 Meßtechnik

Zur Messung der magnetischen Streufelder werden die Bohrkerne kontinuierlich mittels Schrittmotoren an Förstersonden in geeigneter Anordnung (Abb.4.1.) vorbeigezogen und schrittweise um 360° rotiert. Um induzierte Magnetisierungen und andere äußere Störungen möglichst gering zu halten, wird das Erdmagnetfeld durch eine 3-fach μ -Metall-Abschirmung am Ort der Probe und der Sonden weitgehend abgeschirmt (Abb.4.2). Zusätzlich ist die gesamte Meßanordnung in Ost-West-Richtung orientiert. Die Meßwerte der Förstersonden werden über einen A/D-Wandler zusammen mit Angaben über die Teufe (durch die Schrittmotorensteuerung) und die Geometrie der Kerne in einen PC-Rechner übertragen und für eine erste Bewertung gleich anschließend graphisch dargestellt. Mit einem Rechenprogramm und Eichfaktoren (erhalten aus

künstlichen, definiert magnetisierten Gips-Basaltsand-Kernen) werden die gemessenen Werte in Magnetisierungswerte umgerechnet, ausgedruckt und für die weitere Verwendung auf Disketten gespeichert. Ein Graphik-Programm ermöglicht die Darstellung der aus den Meßwerten berechneten Magnetisierungen und Inklinationen gegenüber der Teufe in frei wählbaren Maßstäben (z.B. 1:200).

Die am Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik der Universität München entwickelte Apparatur zur automatisierten Vermessung der magnetischen Streufelder von Bohrkernen hat sich auch im Dauerbetrieb bewährt. Die derzeit erreichbare Empfindlichkeit von ca. 1 nT kann als zufriedenstellend angesehen werden.

4.4 Beschreibung der Ergebnisse

Die ersten vorläufigen Meßergebnisse aus der Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB bis zu einer Teufe von 478.5 m liegen inzwischen vor. Allerdings konnte durch Kernverluste und aufgrund teilweise schlechter Konsistenz der Bohrkern der Teufenbereich nicht gleichmäßig vermessen werden; zum Teil konnten auch über ganze Teufenabschnitte keine Meßwerte gewonnen werden (Lücken in den Diagrammen), da die Bohrkern zu schwach magnetisiert waren, um mit der Meßanordnung noch auswertbare Daten zu liefern ($\text{NRM} < 5 \text{ mA/m}$). Aufgetragen wurden daher nur NRM-Werte $> 5 \text{ mA/m}$.

Die mittlere Magnetisierung der Bohrkern liegt bei ca. 0.3 A/m (vgl. Abb. 4.3). Besonders hohe Magnetisierungswerte wurden im Teufenbereich von 200-300 m gemessen mit Werten von über 10 A/m. Die Ursache für diese hohen Magnetisierungen muß durch Spezialuntersuchungen und durch Korrelation mit den Ergebnissen der Erz-mikroskopie geklärt werden.

Die mittlere Inklination der NRM der Bohrkern liegt relativ steil bei ca 80°. Diese steilen Inklinationen könnten möglicherweise mit dem in der Bohrung häufig angetroffenen steilen Lagerverband korrespondieren. Ein Vergleich mit der Auswertung der Gefügeuntersuchungen sollte hier Aufklärung bringen. Es ist aber auch nicht auszuschließen, daß die steilen Inklinationen zum Teil durch das Kernrohr bei der Kernentnahme verursacht werden.

Auffallend in der Darstellung der Inklination mit der Teufe (Abb. 4.5) sind einige Bereiche mit negativer Inklination (bei 70 m, 115 m, 225 m und 395 m). Ob aufgrund dieser negativen Inklinationen auf eine inverse Magnetisierung der entsprechenden Bohrkern geschlossen werden kann, muß noch durch spezielle Untersuchungen geklärt werden. Möglicherweise ist es hier zu Fehlern bei den Kernorientierungen (oben und unten vertauscht) gekommen, was noch überprüft werden muß.

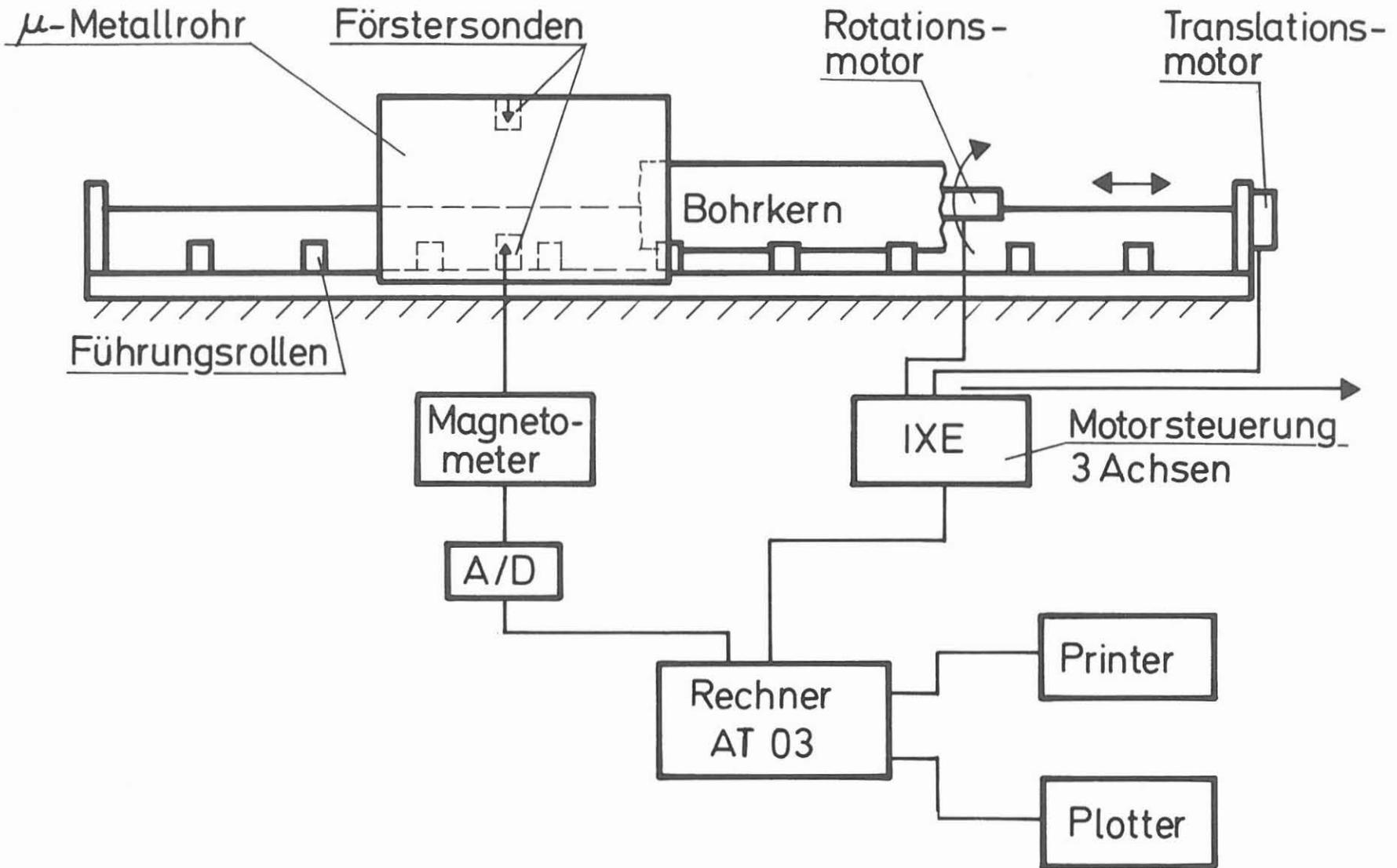


Abb. 4.1: Schematischer Aufbau zur Messung der remanenten Magnetisierung von Bohrkernen.

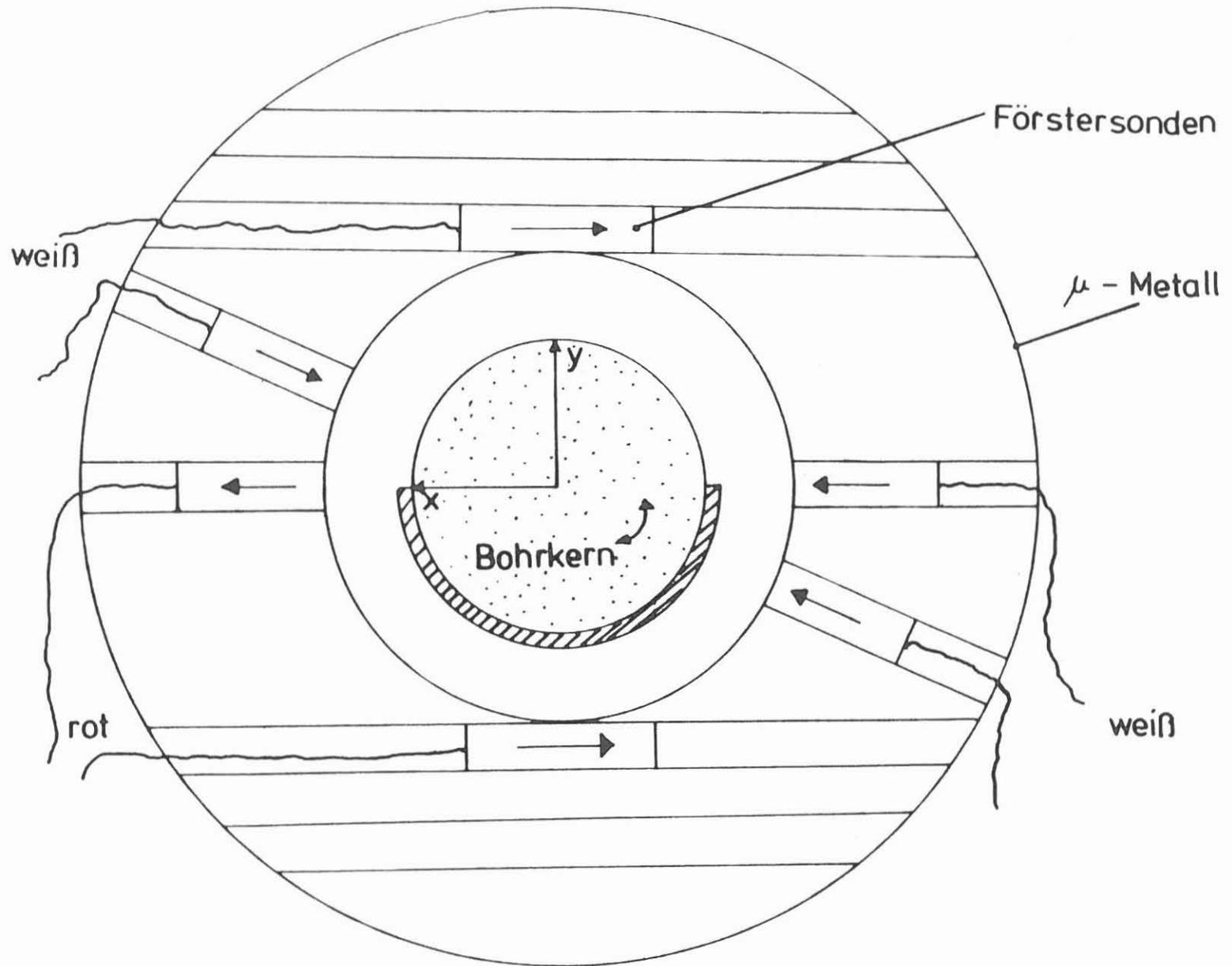


Abb. 4.2. Anordnung der Förstersonden in der Apparatur zur Messung der remanenten Magnetisierung von Bohrkernen.

KTB vB NRM in mA/m

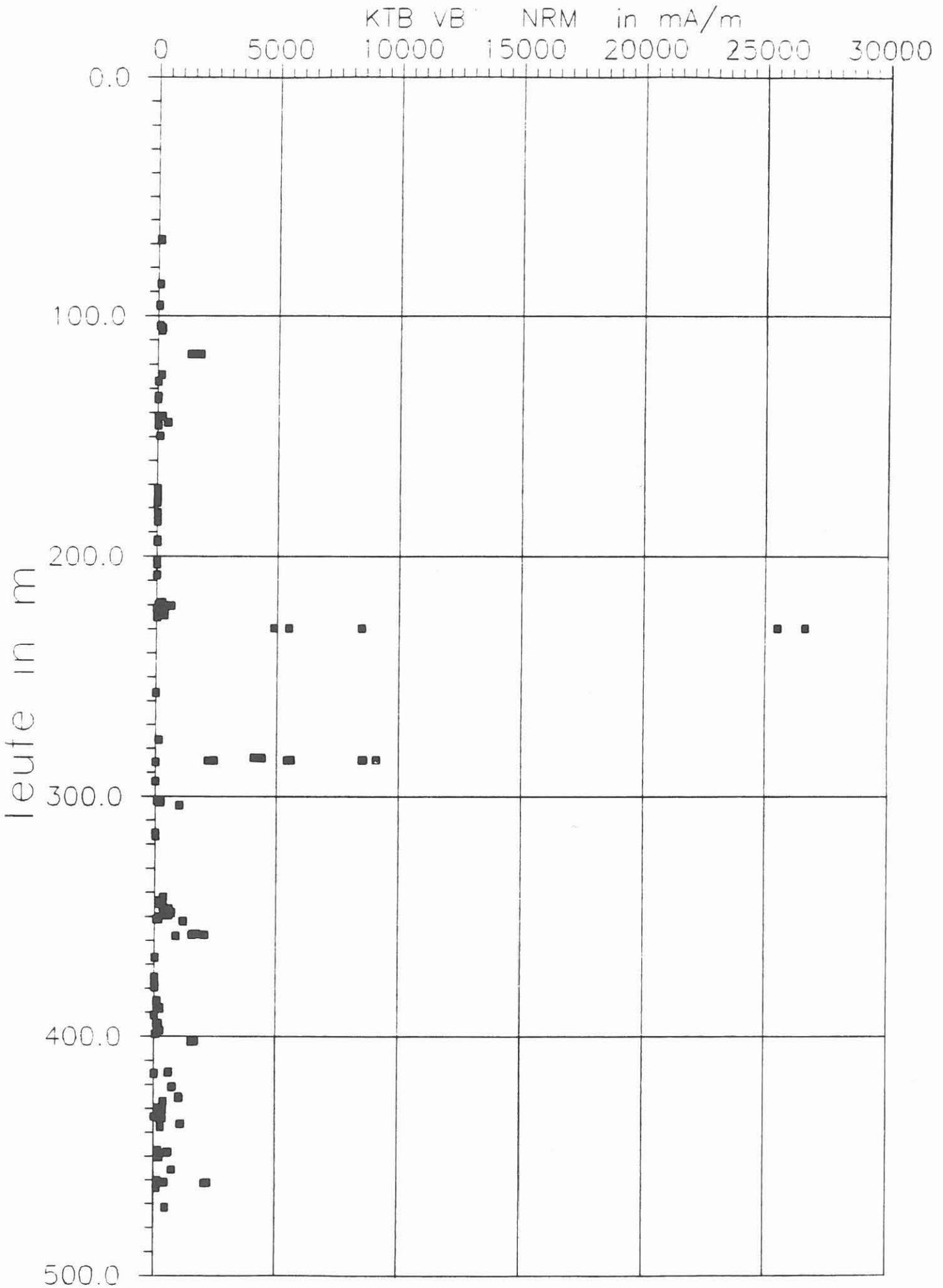


Abb. 4.3.

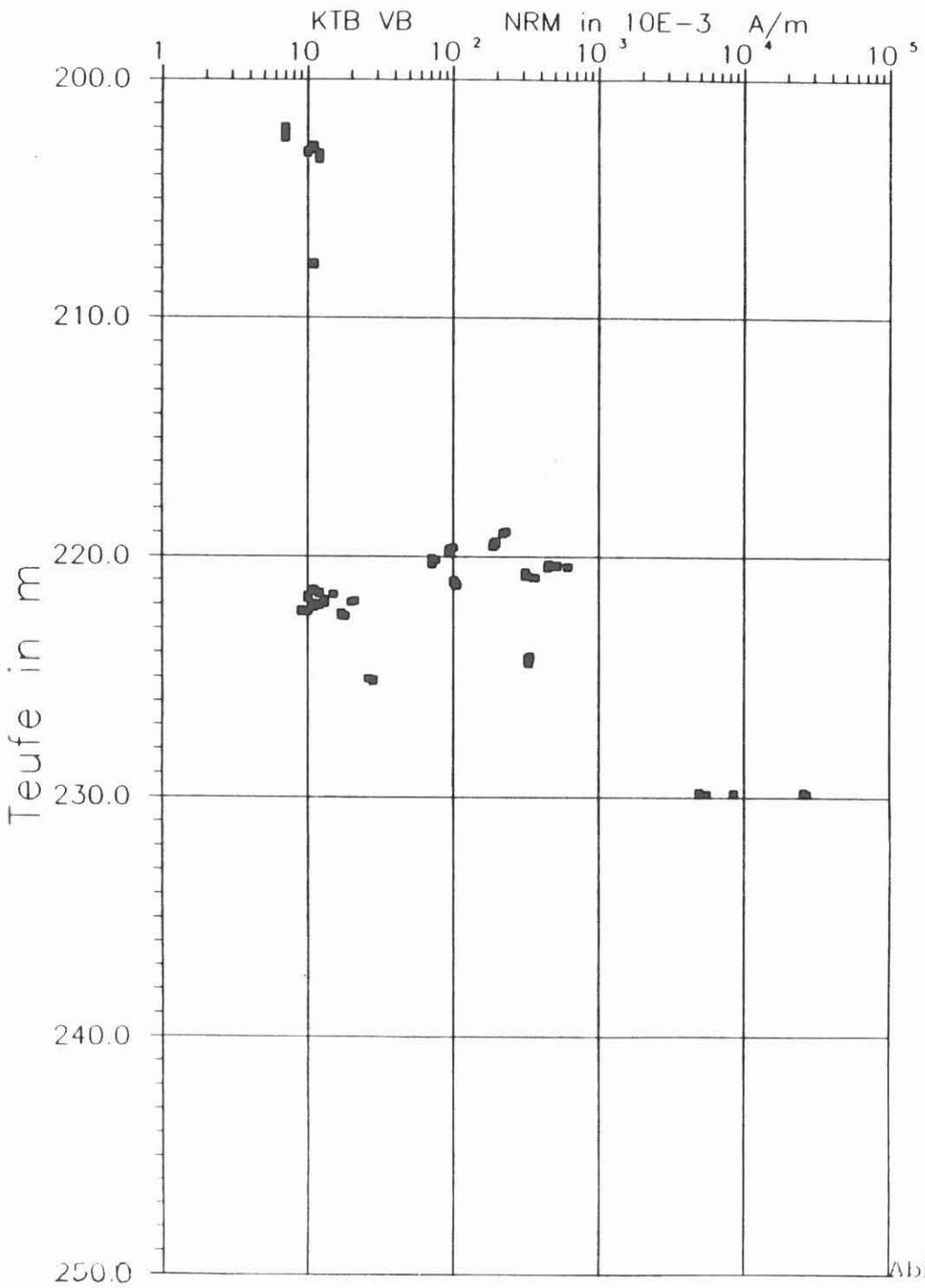
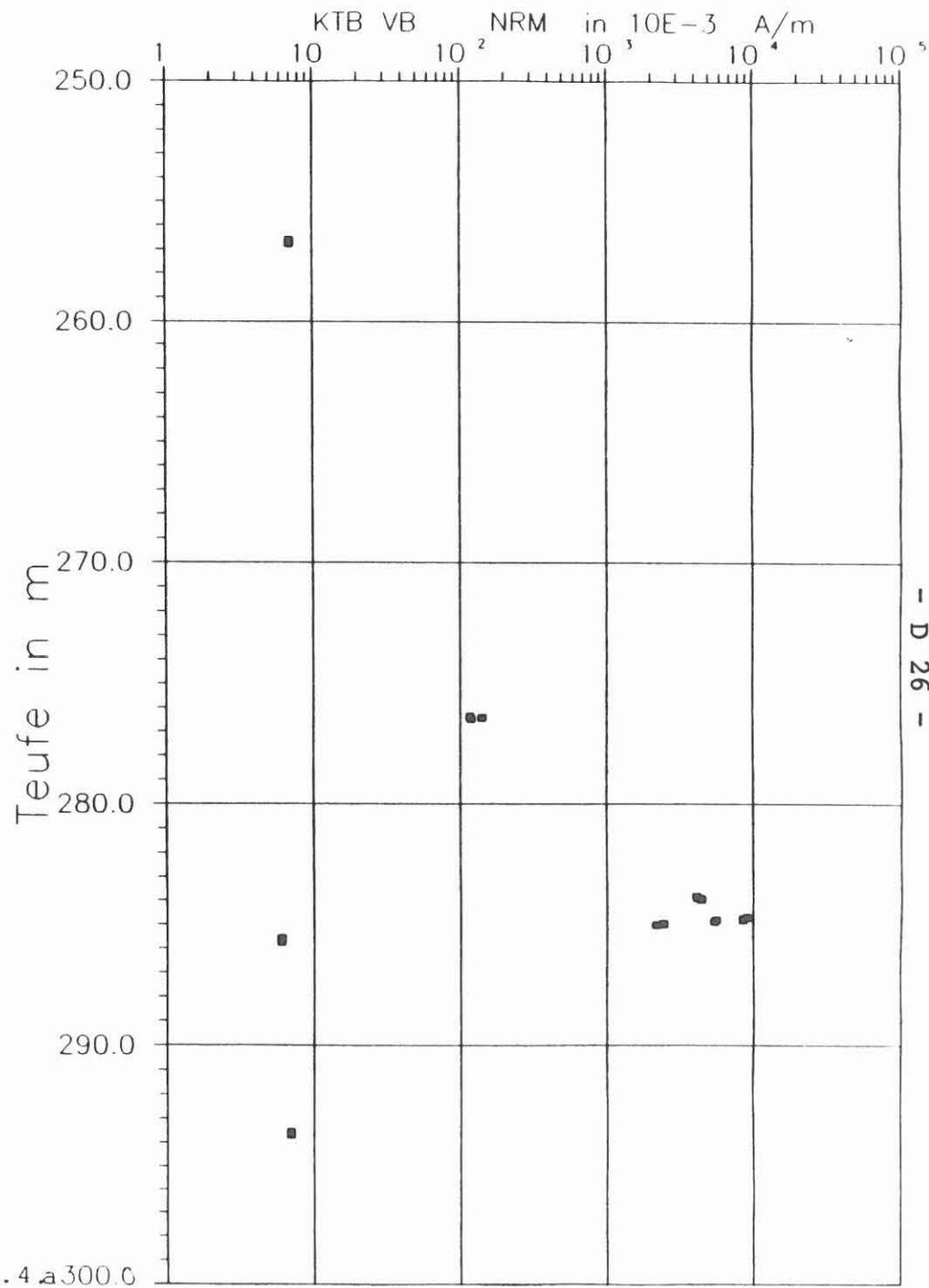
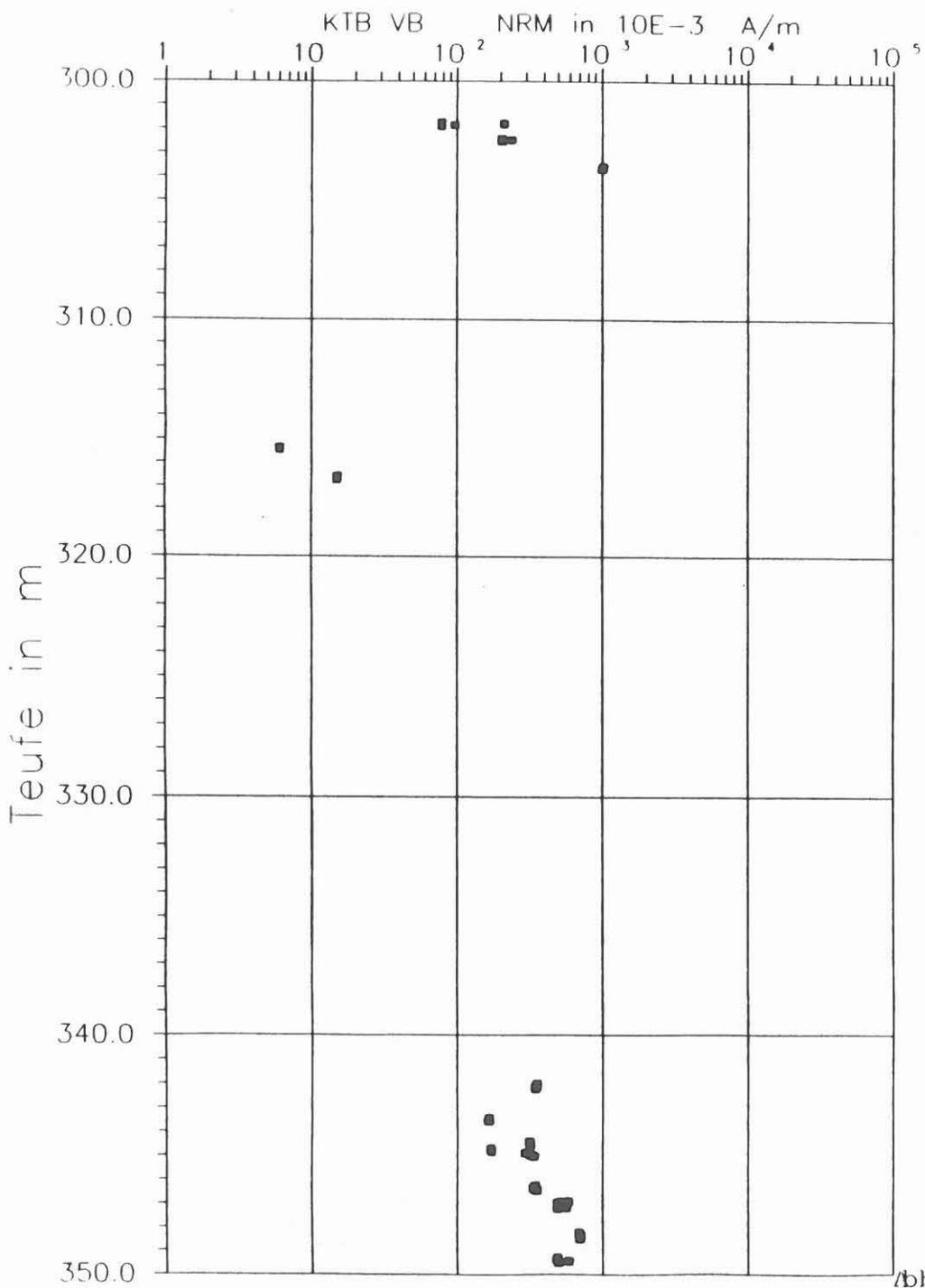


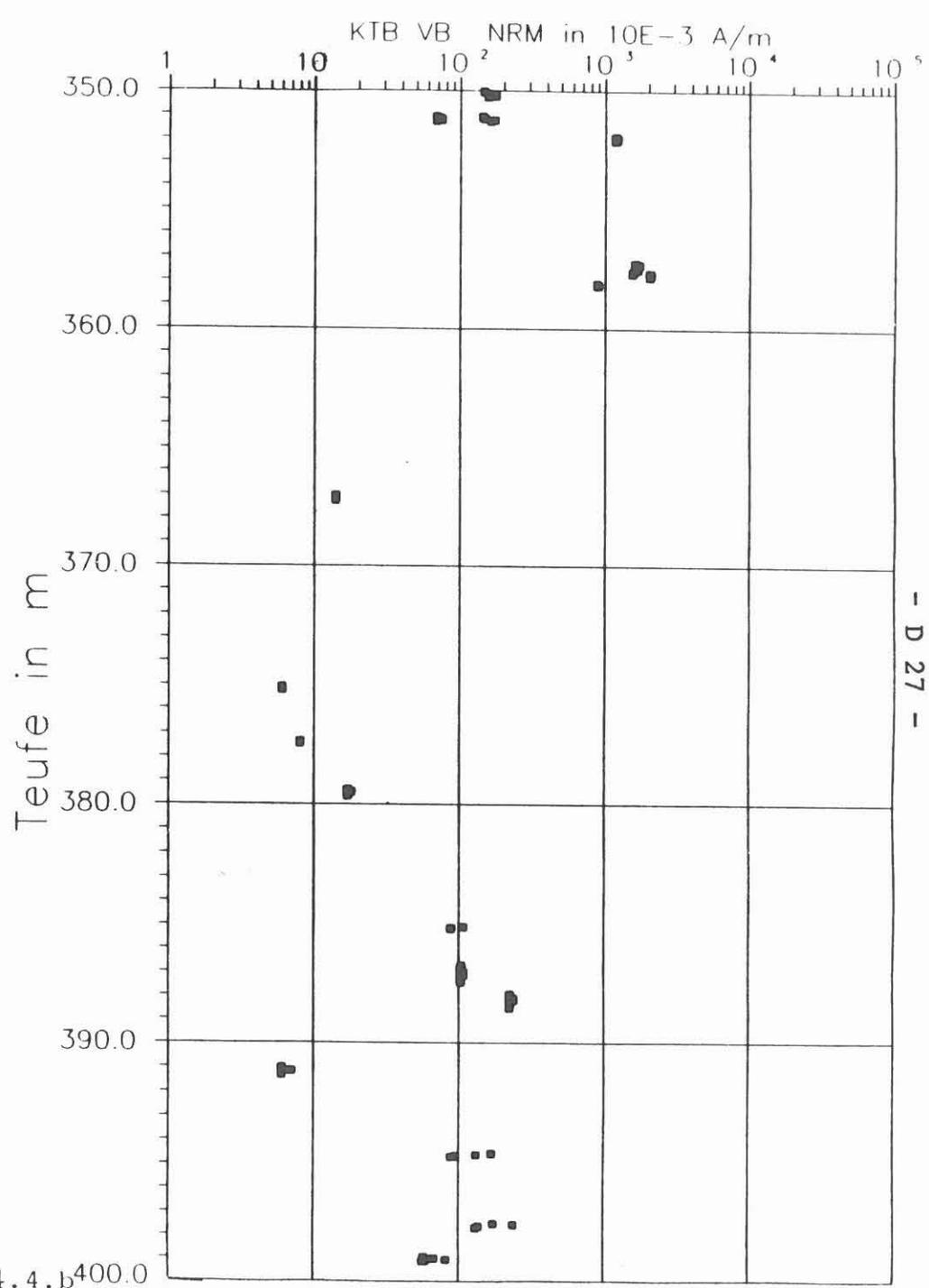
Abb. 4.4 a 300.0



- D 26 -



bb. 4.4.b



- D 27 -

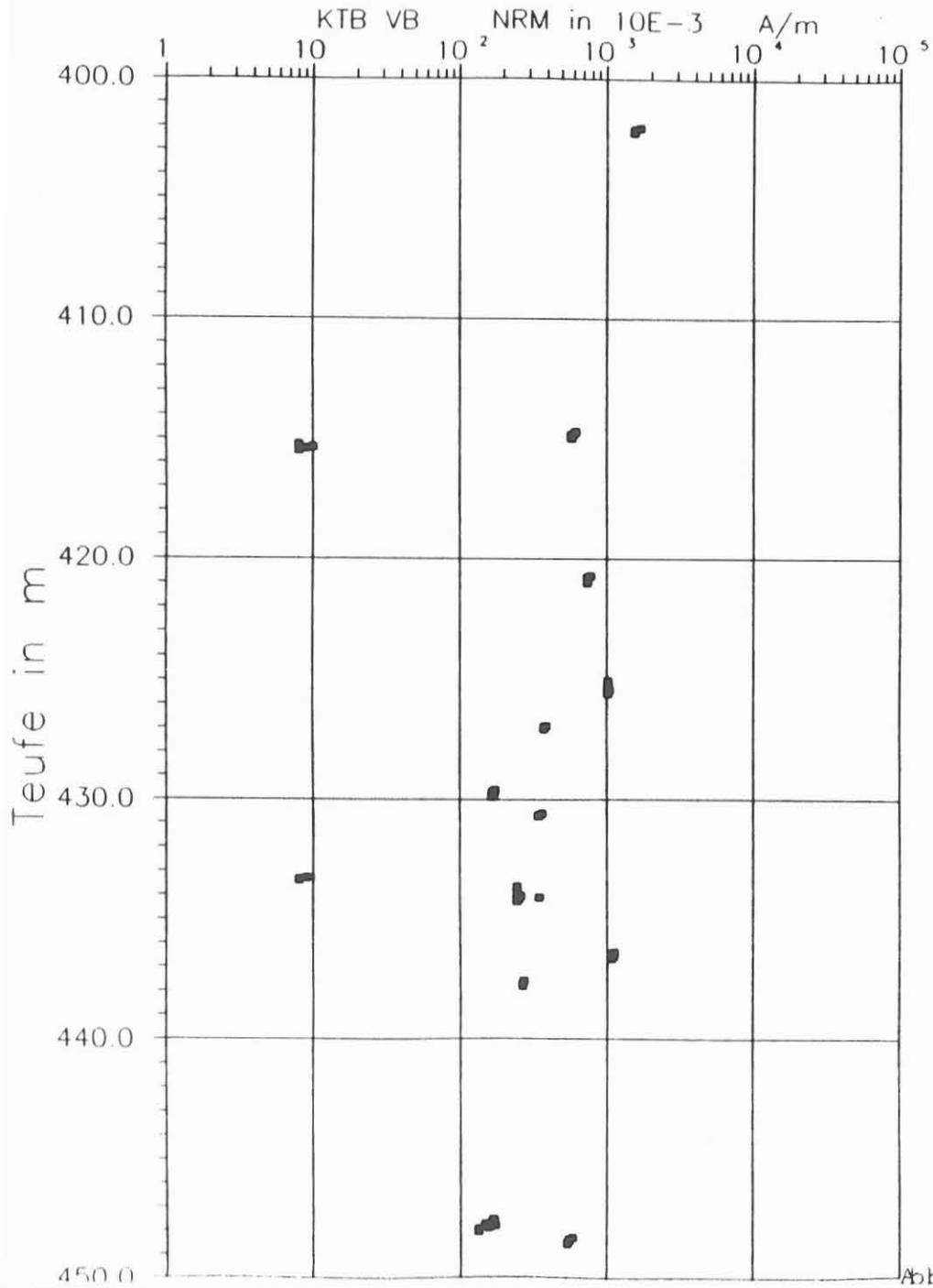
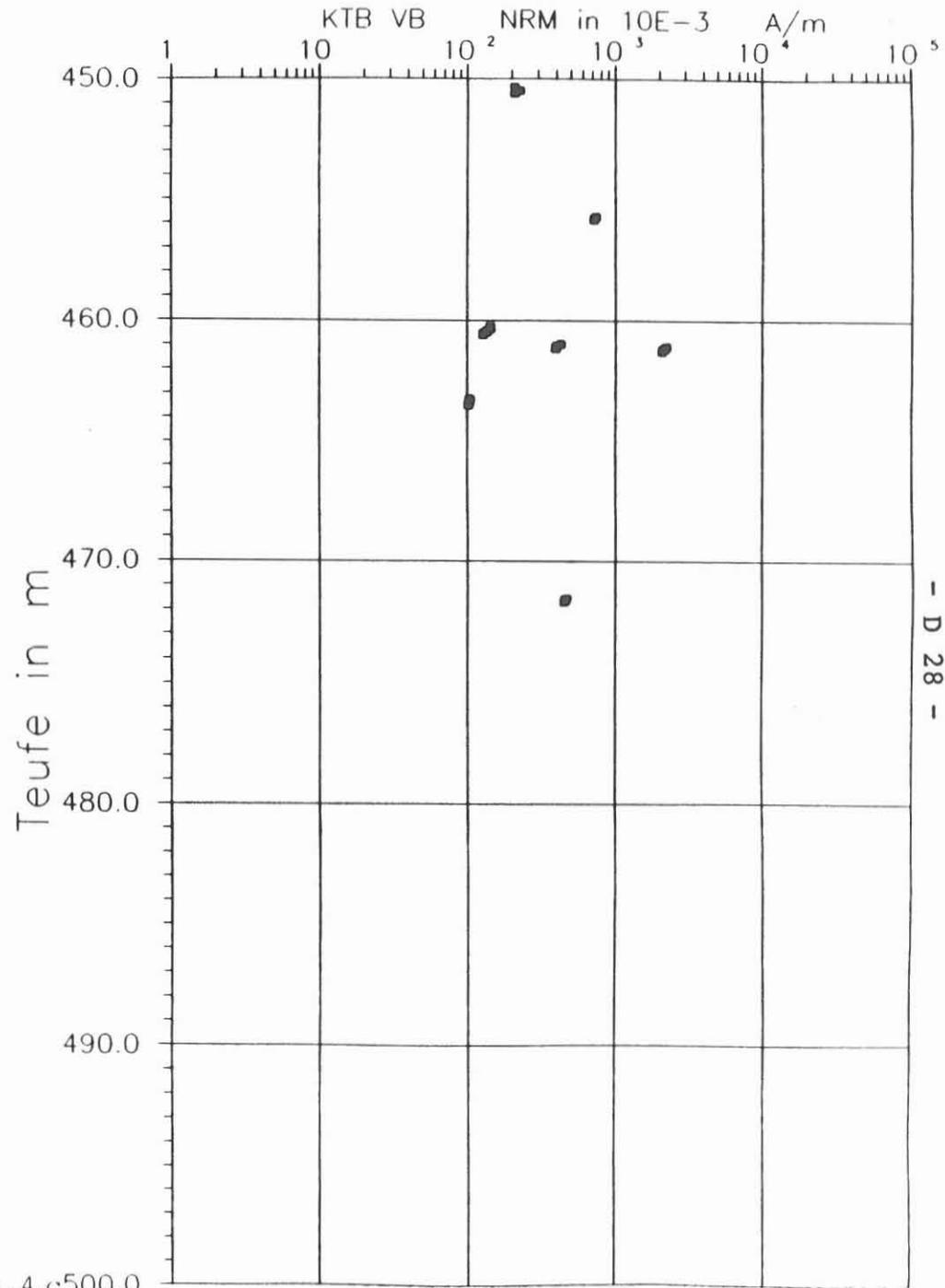


Abb. 4.4 c



- D 28 -

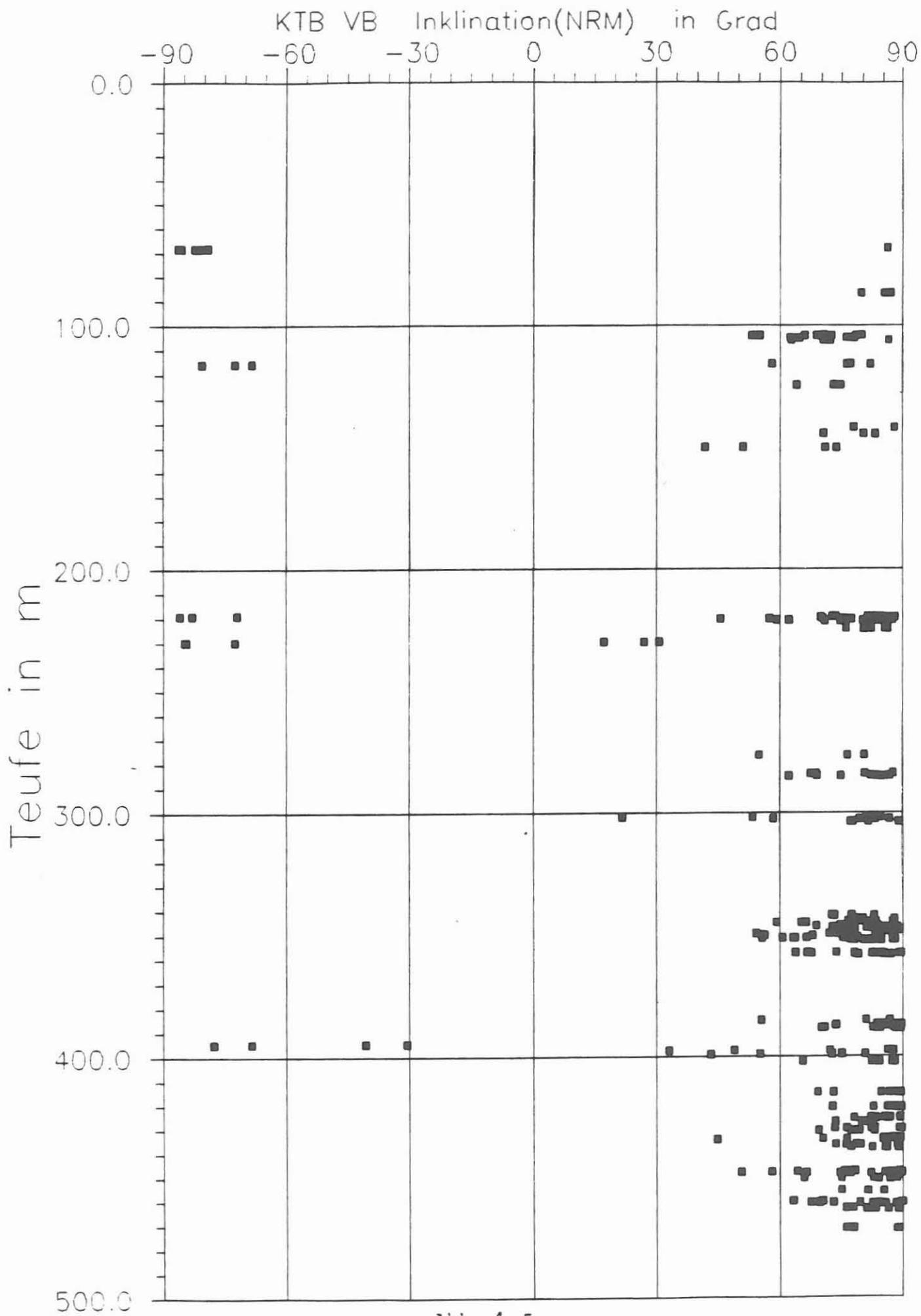
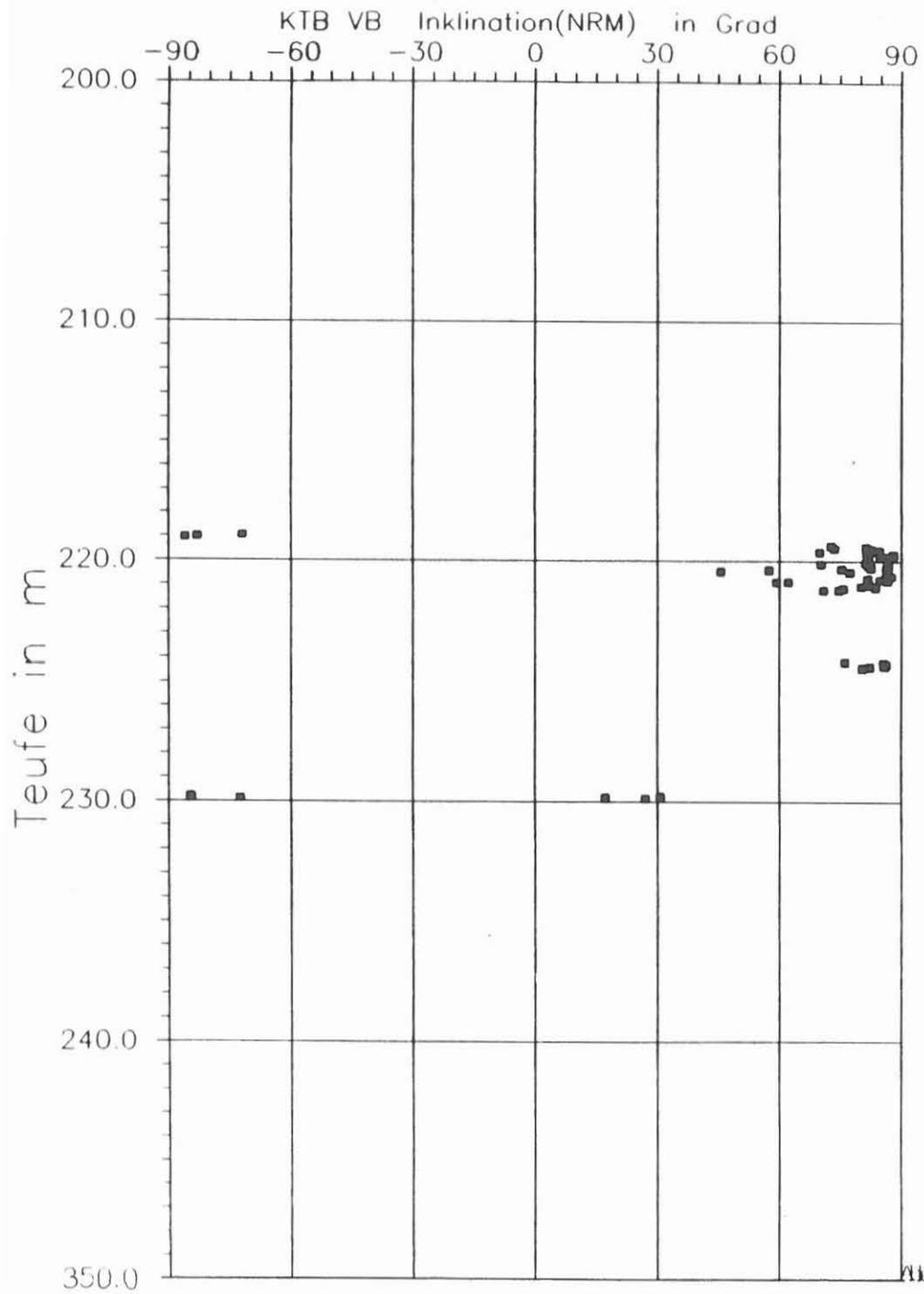
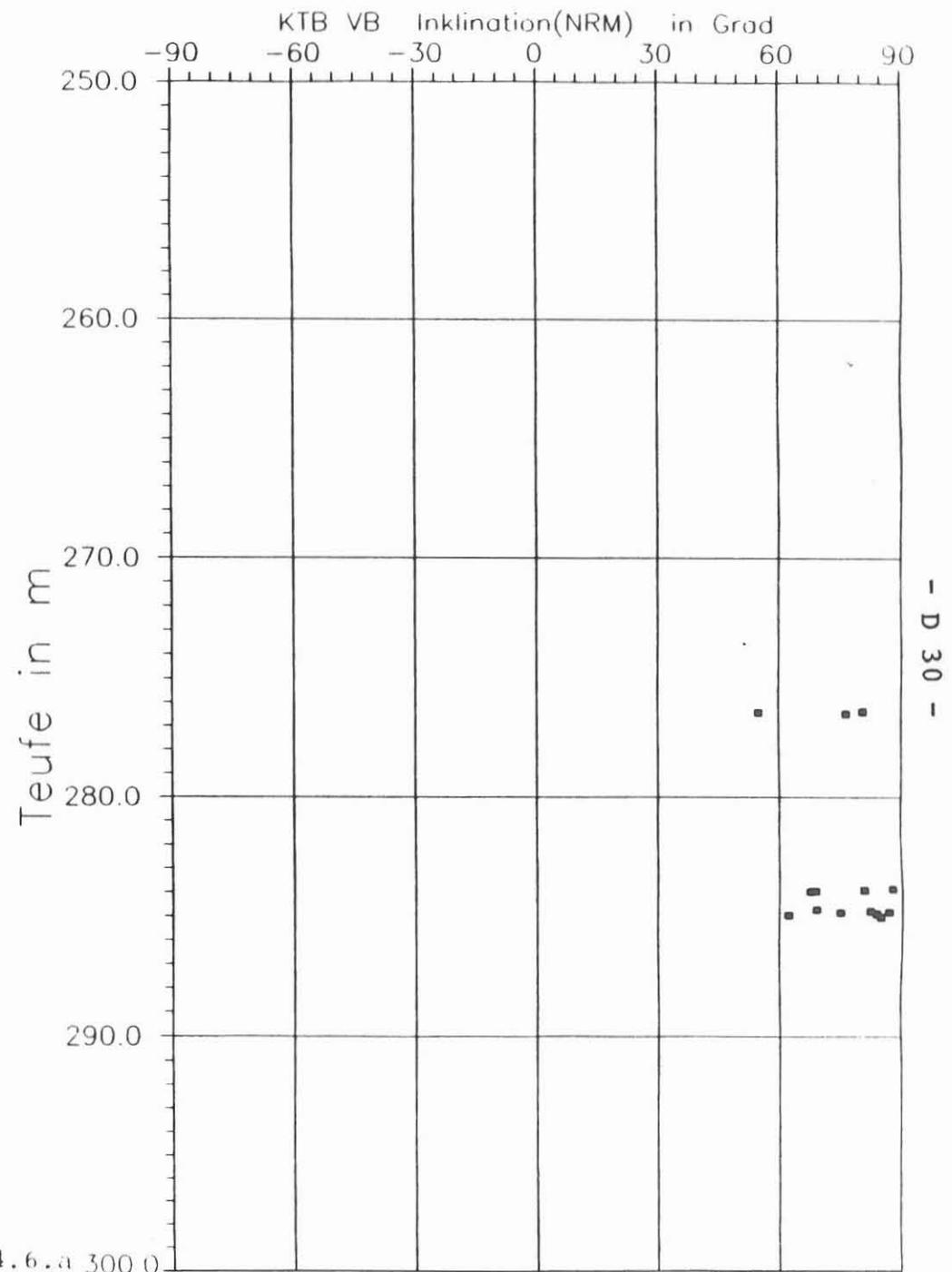


Abb. 4.5.



Ab. 4.6.a 300 0



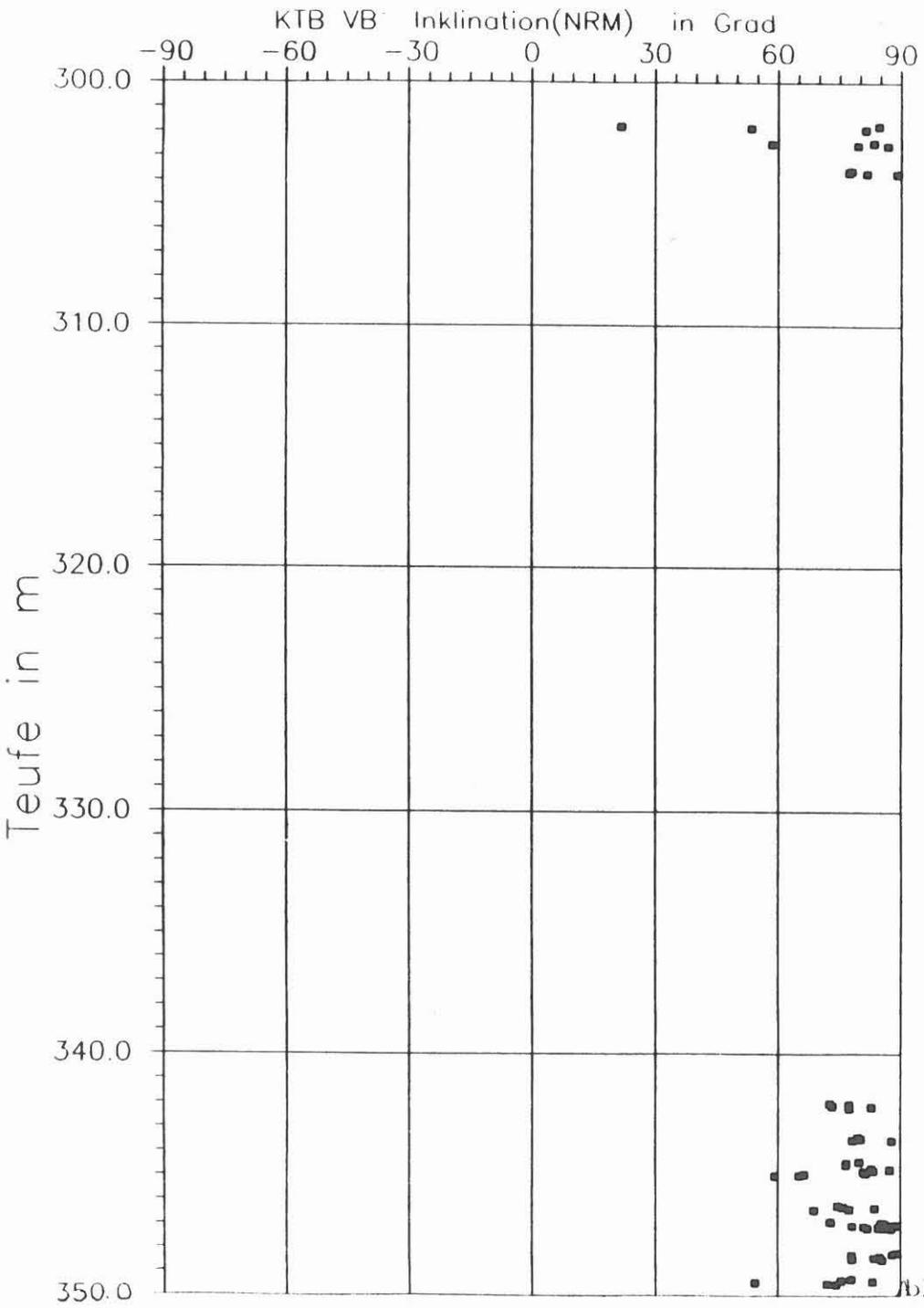
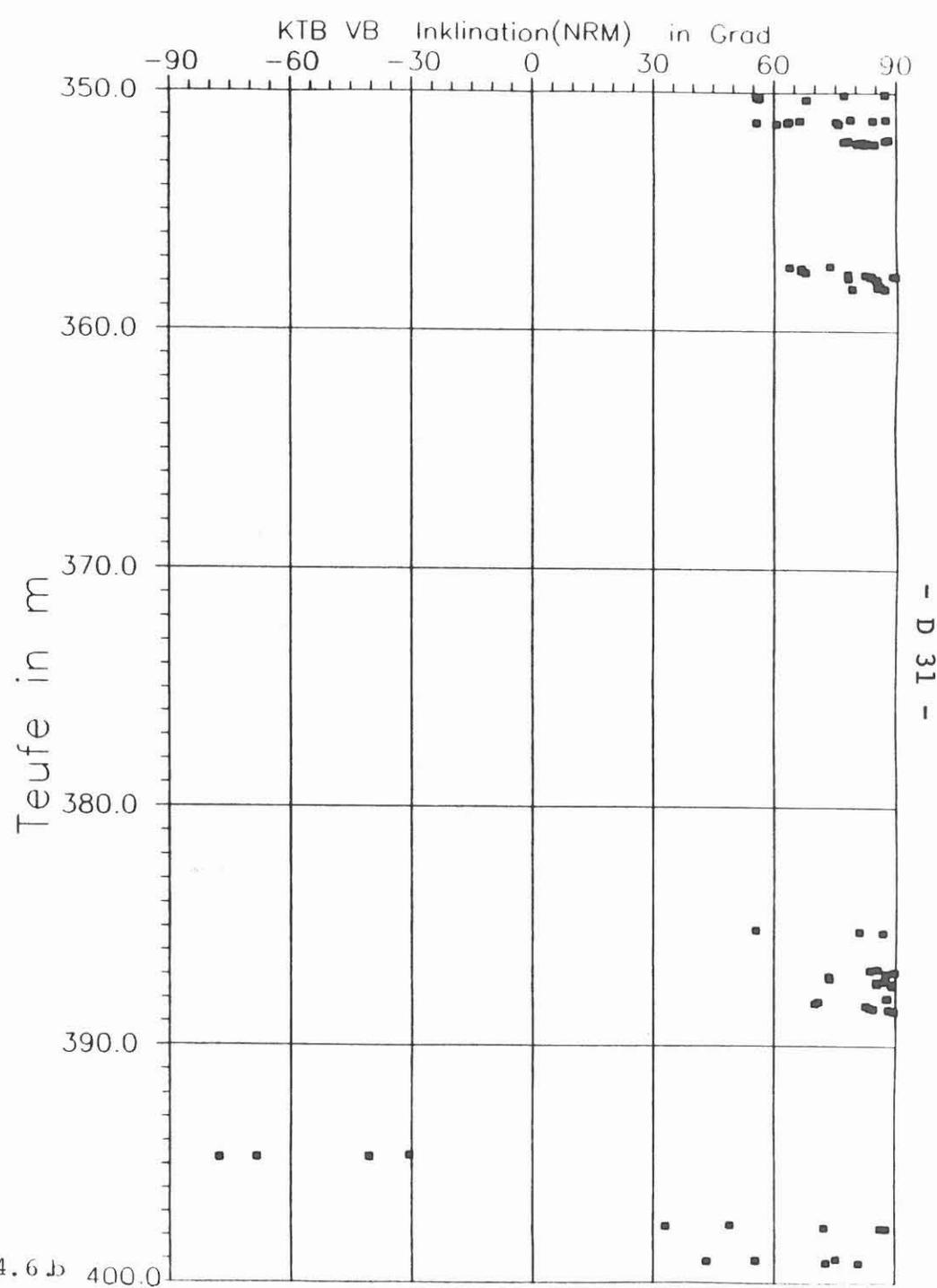
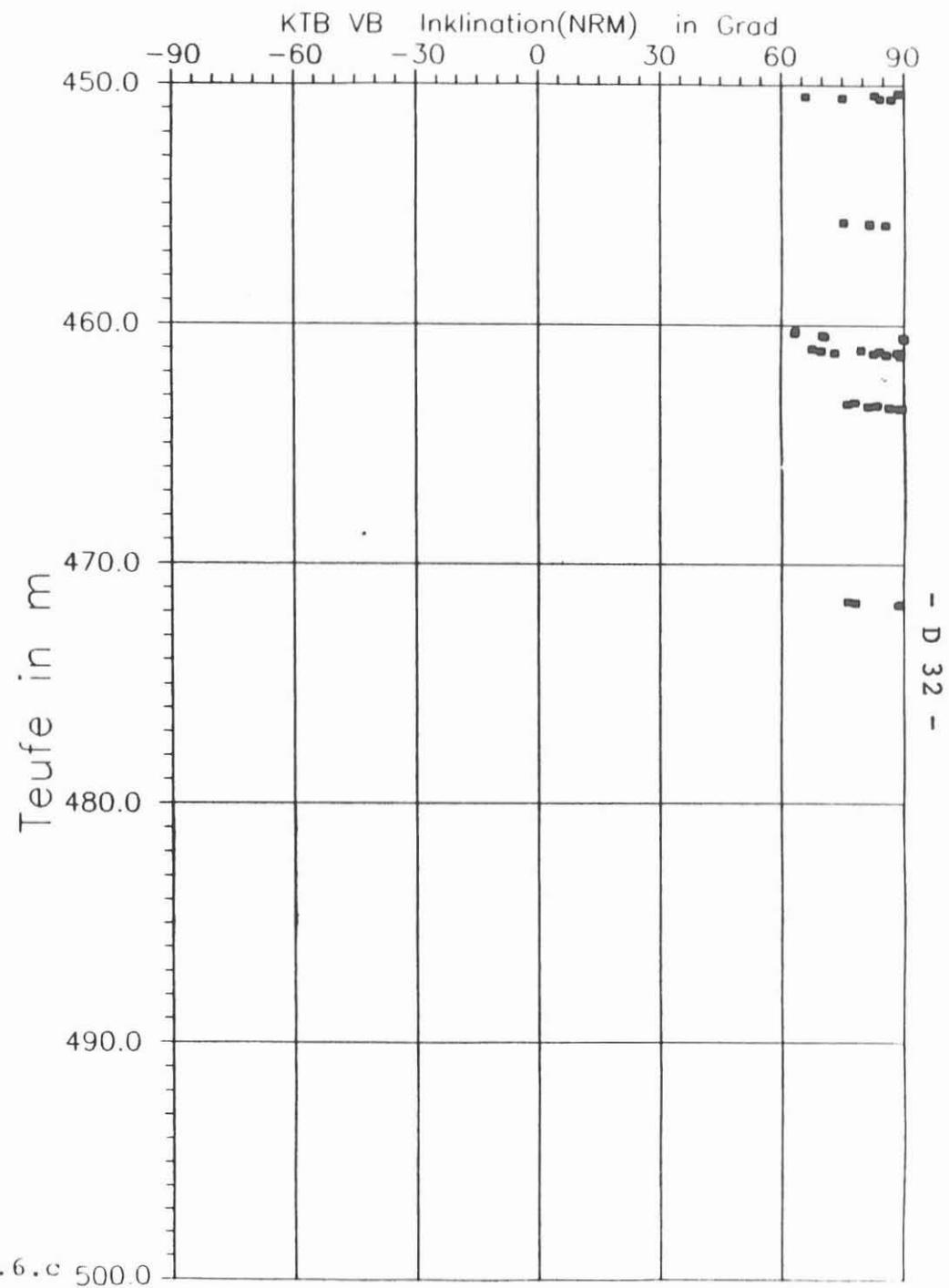
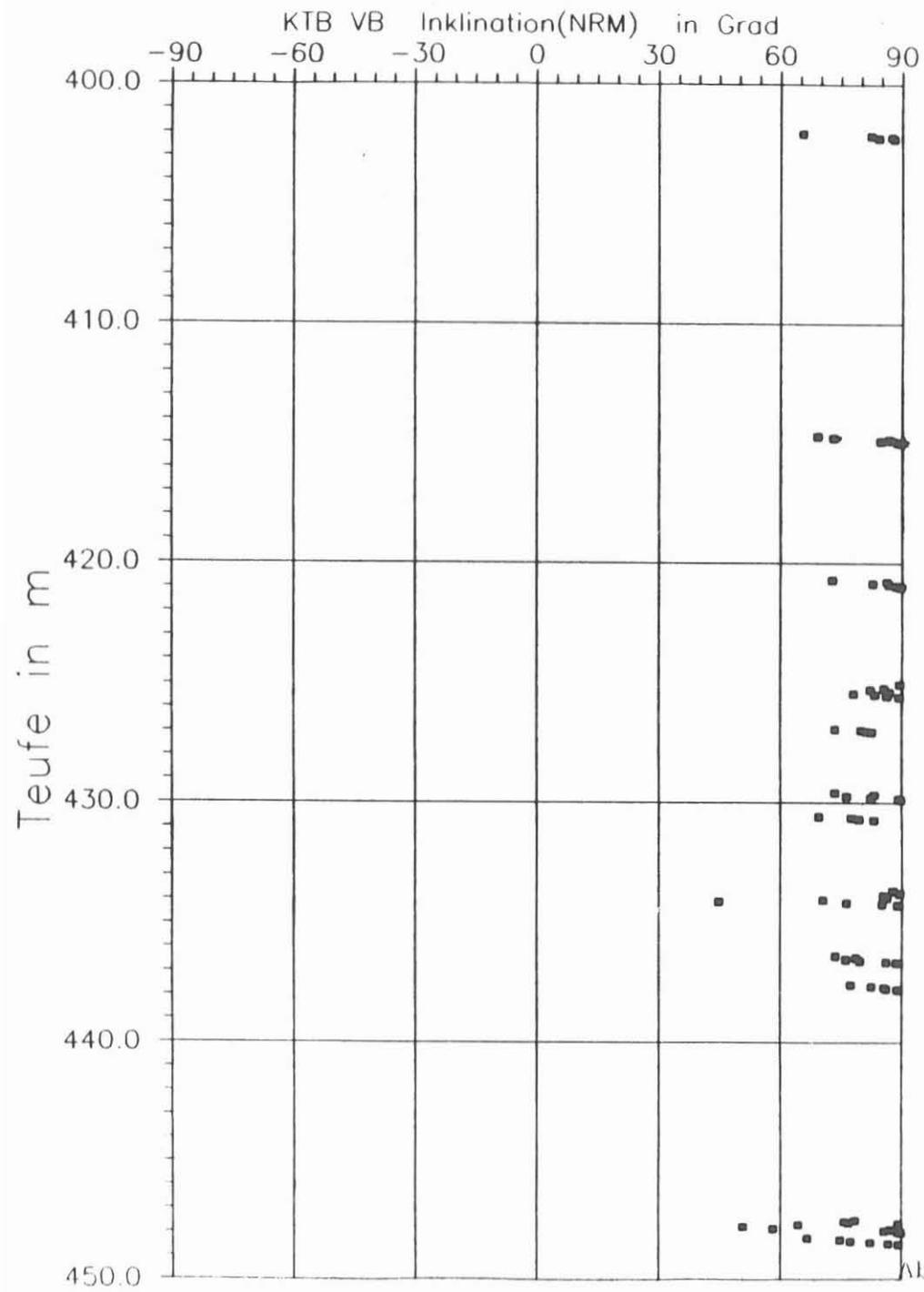


Abb. 4.6 b



- D 31 -



5. Magnetische Suszeptibilität

5.1. Meßprinzip

Die Suszeptibilität sowohl an Bohrkernen als auch an Bohrklein wird über das gleiche Meßgerät (Kappameter M.S.2. der Firma Bartington) registriert. Dieses Gerät arbeitet induktiv. Die Probe wird in den Einflußbereich einer Spule gebracht; in Abhängigkeit von der Suszeptibilität der Probe wird die Induktivität der Spule verändert und damit ein Schwingkreis verstimmt. Dieser Effekt ist ein Maß für die zu messende Suszeptibilität.

5.2. Suszeptibilitätsmessungen an Bohrkernen

Für die Messungen wird ein Sensor in Form einer Spule verwendet (Innendurchmesser 133 mm), durch die der Bohrkern geschoben wird. Die Meßpunktabstände liegen bei 1 cm über den gesamten Kern. Sowohl die Steuerung der Messung über Schrittmotoren als auch die Meßwerterfassung und Abspeicherung auf Diskette erfolgt rechnerunterstützt (Siehe Abb. 5.1.). Nach Normierung auf den Kerndurchmesser wird der Meßwert als Suszeptibilität in SI-Einheiten abgespeichert.

Aus einem auf diese Weise erhaltenen Profil werden ein oder auch mehrere charakteristische Werte mit der zugehörigen Teufe abgelesen und dann in Form eines Logs dargestellt. In der Abbildung 5.2. ist das Übersichts-Log der Kerne im Teufenmaßstab 1:2000 und in linearer Darstellung der Suszeptibilitäten gezeigt.

Auf den ersten Blick fällt ein starkes Maximum bei ca. 118 m auf. Hier liegt die Suszeptibilität bei etwa 0.15 SI-Einheiten. Im Teufenbereich von etwa 105 m bis 150 m lassen sich einige sehr ausgeprägte Maxima erkennen. Lithologisch durchteuft die Bohrung hier einen Bereich mit kalifeldspatreichen Amphiboliten, die teilweise sehr hohe Magnetit-Gehalte aufweisen. In größeren Teufen unterhalb 150 m sind die Schwankungen der Suszeptibilität wesentlich kleiner, auch die hier auftretenden Maxima liegen deutlich unter den hohen Suszeptibilitäts-Werten bei ca. 118 m Teufe.

In den Abbildungen 5.4.a bis 5.4.e sind die Suszeptibilitäten von Bohrkernen und Bohrklein in ein gemeinsames Log im vergrößerten Teufenmaßstab eingetragen. In dieser logarithmischen Darstellung lassen sich auch die schwachen Suszeptibilitäten mit Werten < 0.001 SI-Einheiten auflösen.

5.3. Suszeptibilitätsmessungen an Bohrklein

Die Bohrklein-Proben liegen in Form von getrockneten Mischproben vor. Mit diesen Mischproben werden kleine (ca. 8.5 cm³ große) Kunststoffbehälter gefüllt und der Inhalt gewogen. Ein spezieller Sensor des Suszeptibilitäts-Meßgerätes ist für die Aufnahme dieser genormten Döschen vorgesehen.

Die so erhaltenen Meßwerte werden auf ein bestimmtes Volumen normiert und stellen dann die Volumen-Suszeptibilität oder einfach die Suszeptibilität in SI-Einheiten dar. Aus den ebenfalls ermittelten Probengewichten können auch Massen-Suszeptibilitäten (durch Normierung auf die Probenmasse) angegeben werden. Die Meßpunktabstände betragen in der Regel 1 Meter, entsprechend dem angelieferten Probenmaterial des gewaschenen, gesiebten und getrockneten Bohrkleins.

Die Abbildung 5.3. zeigt die Werte der Suszeptibilität, gemessen an Cuttings in einem Übersichts-Plot im Teufenmaßstab 1:2000. Auch hier fällt zunächst der Bereich von 105 m bis etwa 150 m als ein Bereich mit stark wechselnden Werten auf. Der größte Suszeptibilitäts-Wert ist bei etwa 122 m erreicht, und liegt damit um ca. 4 m unter der Teufe für das Maximum aus den Messungen an den Kernen. Diese Differenz in der Teufe läßt sich gut mit dem Kernverlust erklären, der bei diesem Kernmarsch immerhin bei 6.88 m liegt. Außerdem liegt das Maximum um fast den Faktor 10 unter dem Betrag des Maximums aus den Kernmessungen. Dies ist wiederum mit den Eigenschaften der Mischproben erklärbar, die ja stets einen größeren Teufenbereich umfassen. Dadurch können bei den Bohrklein-Messungen geringmächtige Lagen von Materialien mit erhöhter Suszeptibilität schlechter erfasst werden. Vermutlich aus dem gleichen Grund ist das Bohrklein-Diagramm in Teufen über ca. 150 m wesentlich gleichförmiger und zeigt wesentlich weniger deutliche Peaks als das Log der Kerne.

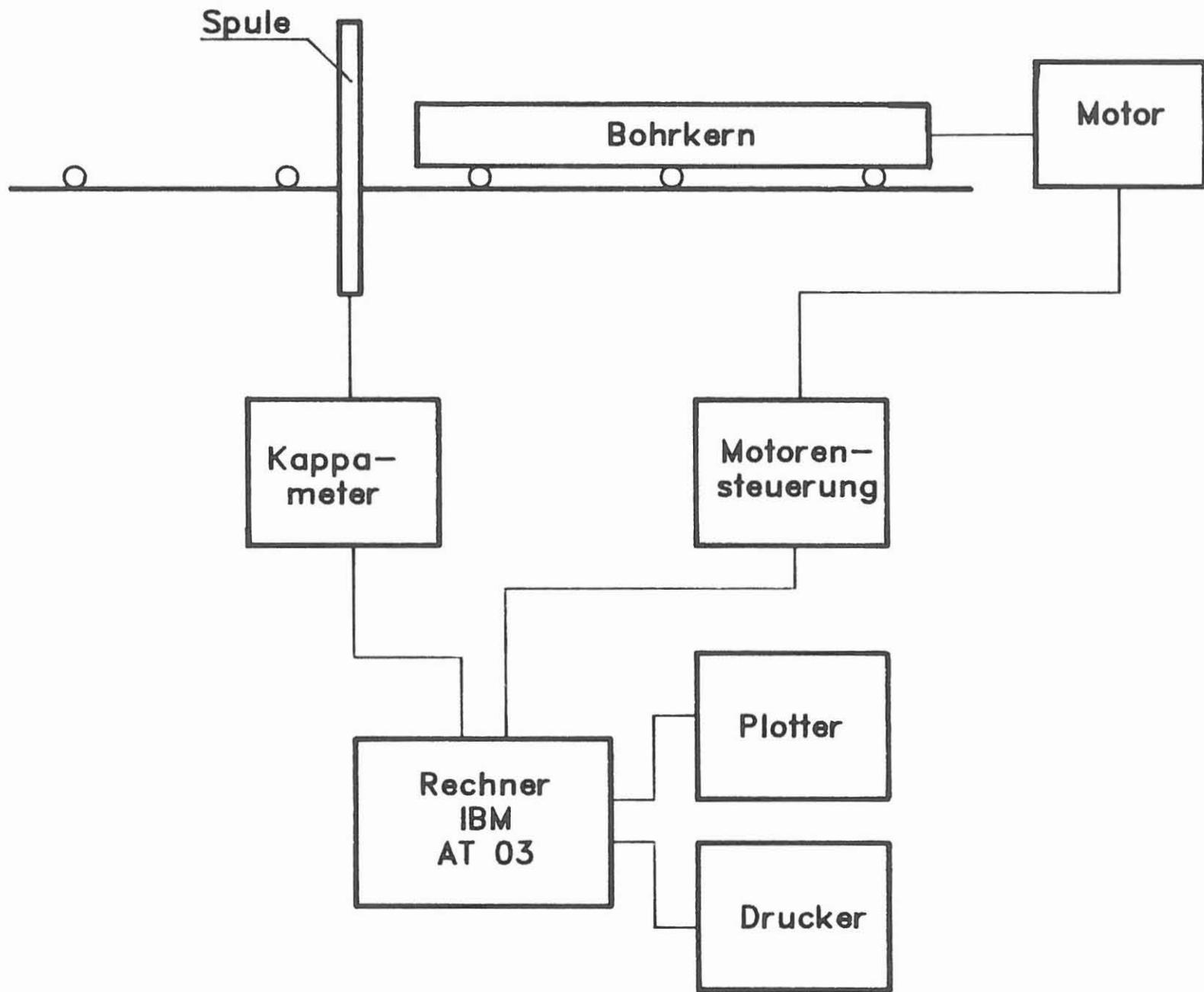


Abb. 5.1.: Schematischer Aufbau zur Messung der magnetischen Suszeptibilität von Bohrkernen.

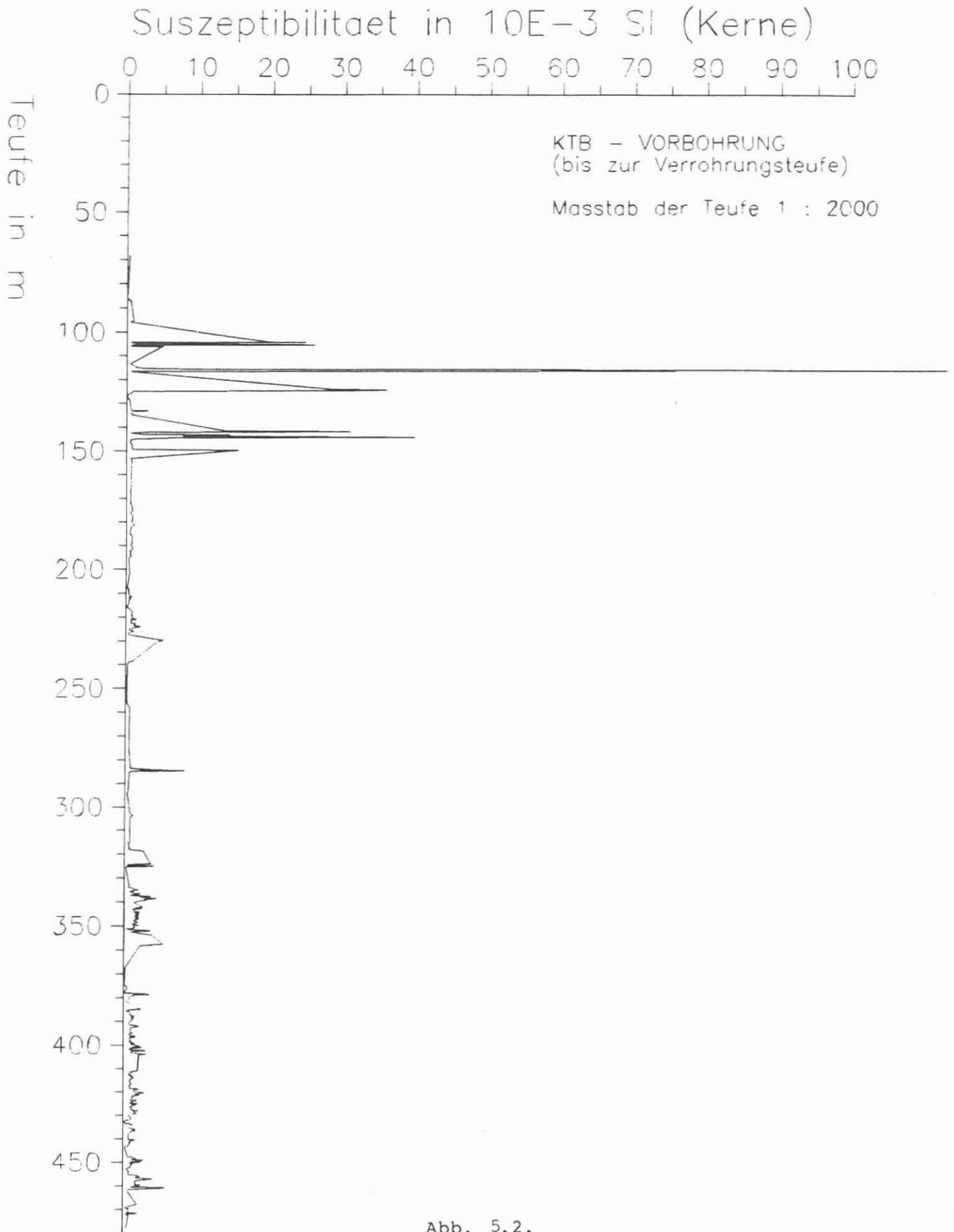


Abb. 5.2.

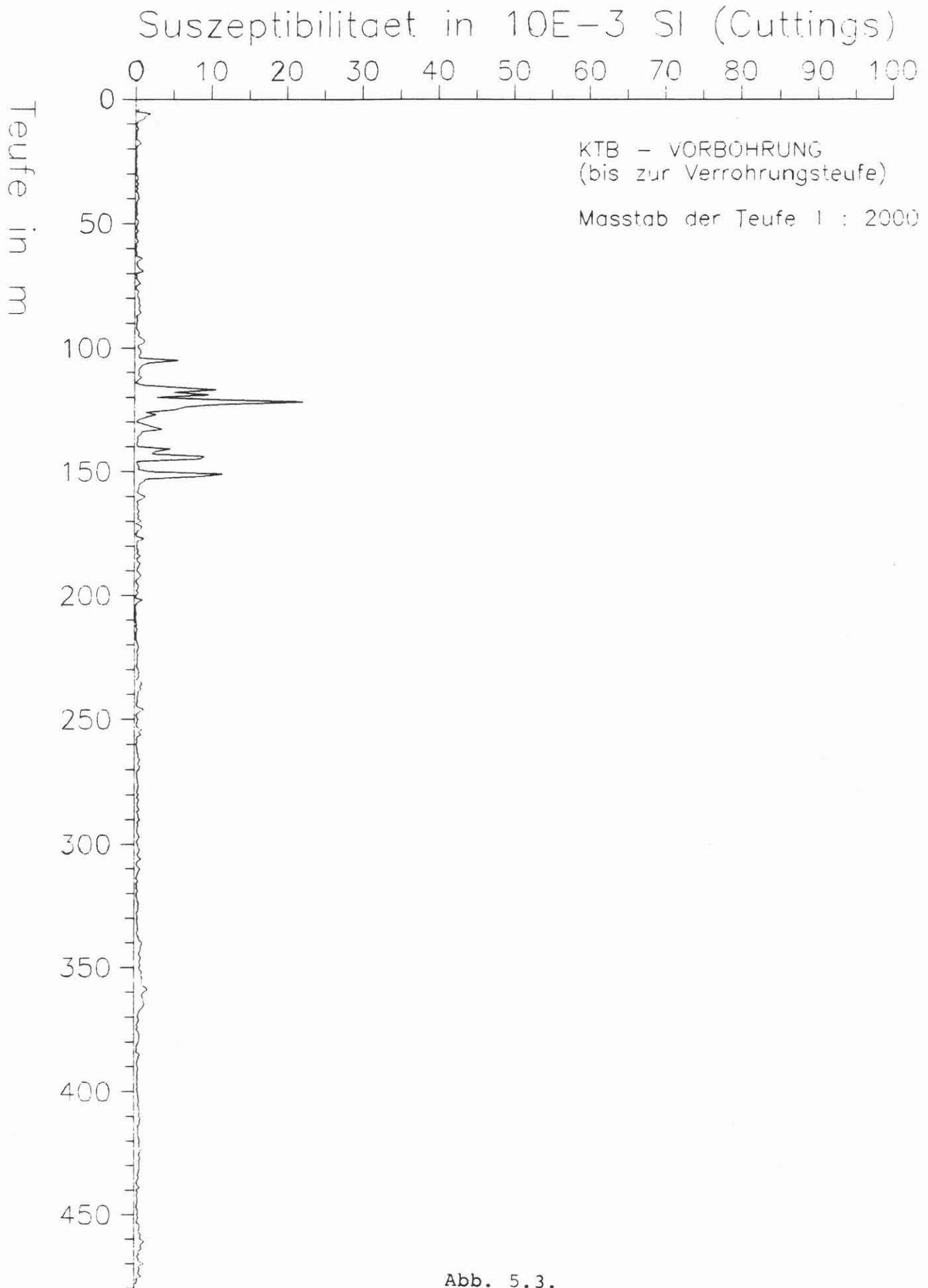


Abb. 5.3.

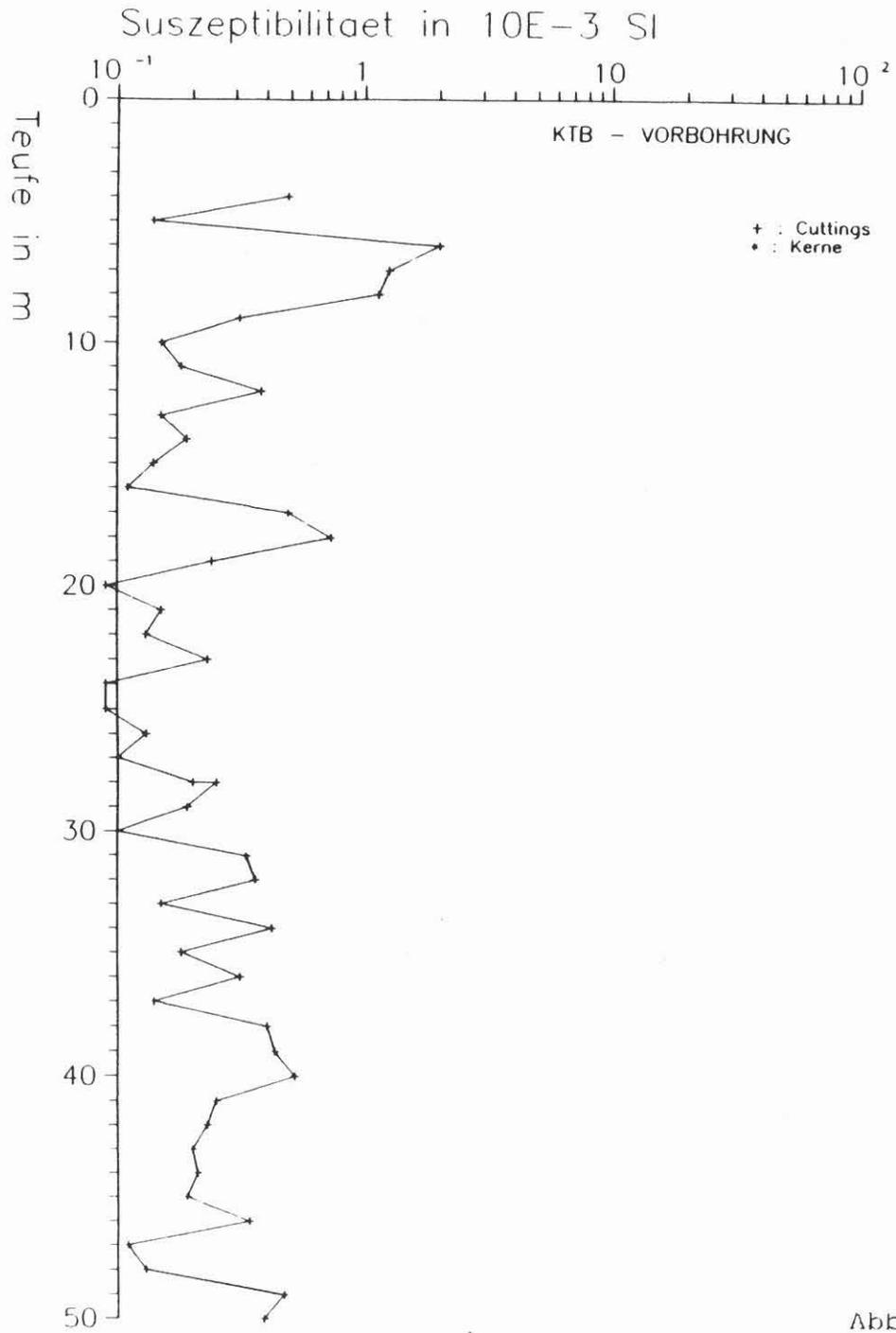
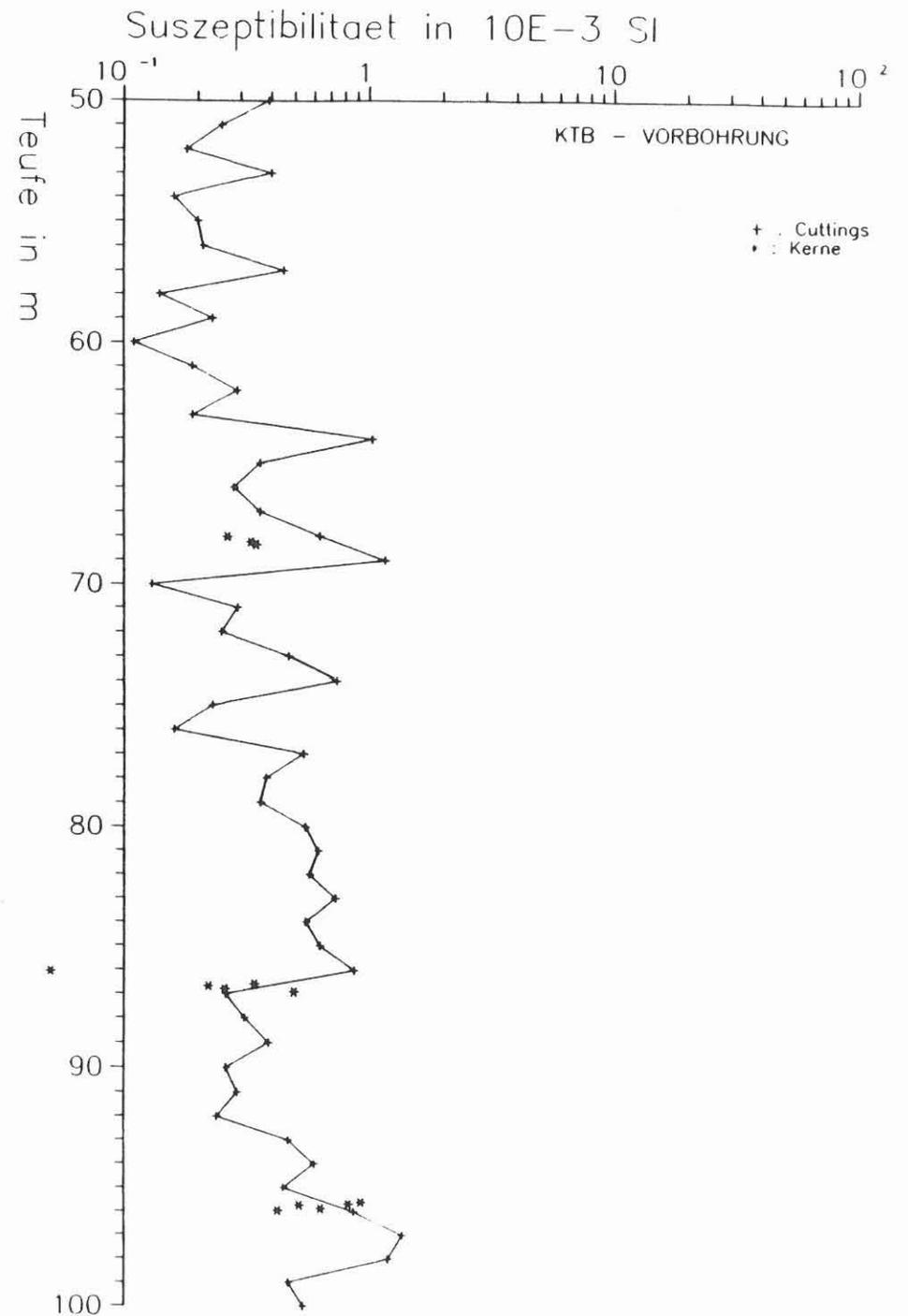
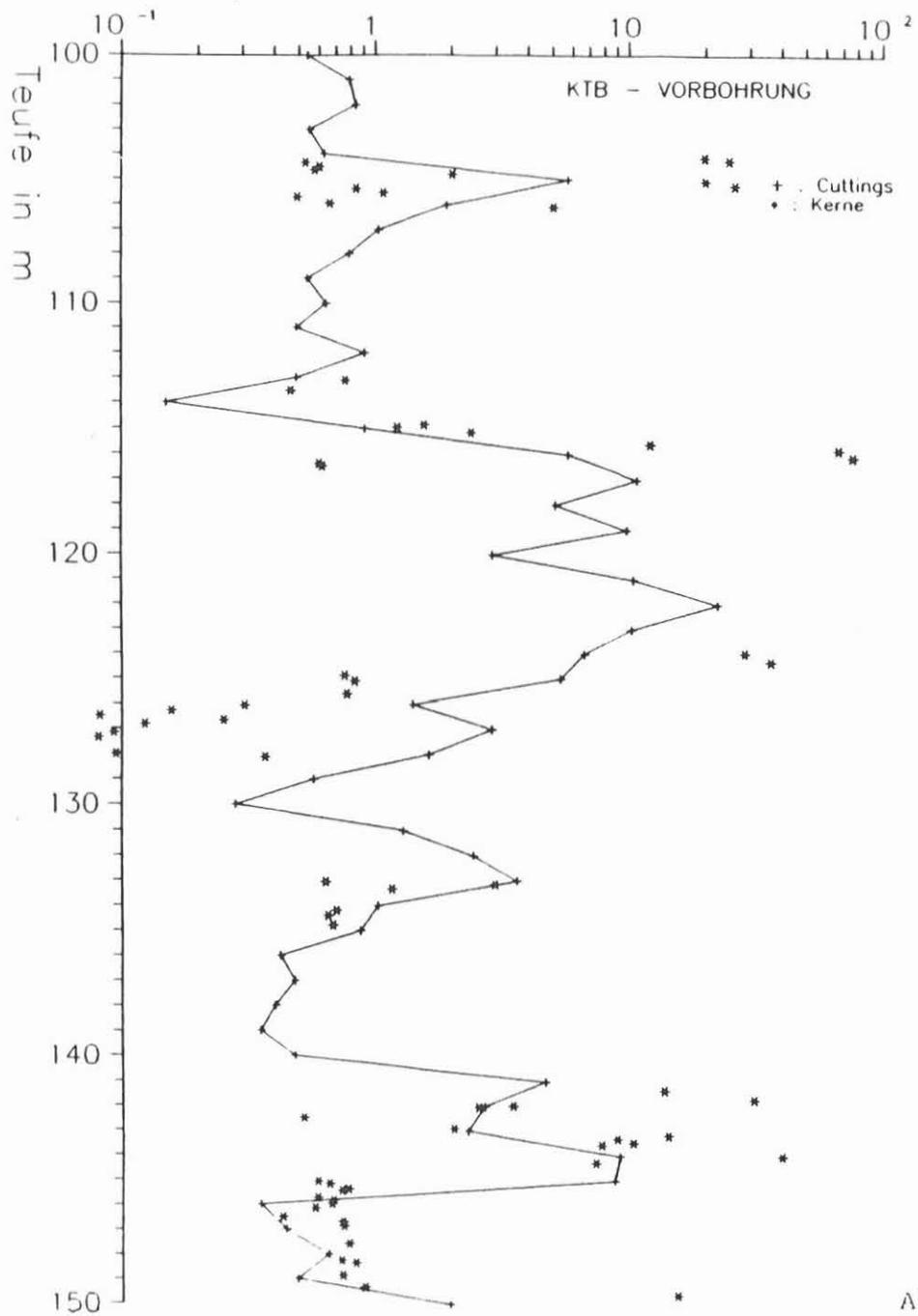


Abb.5.4. a



Suszeptibilitaet in $10E-3$ SI



Suszeptibilitaet in $10E-3$ SI

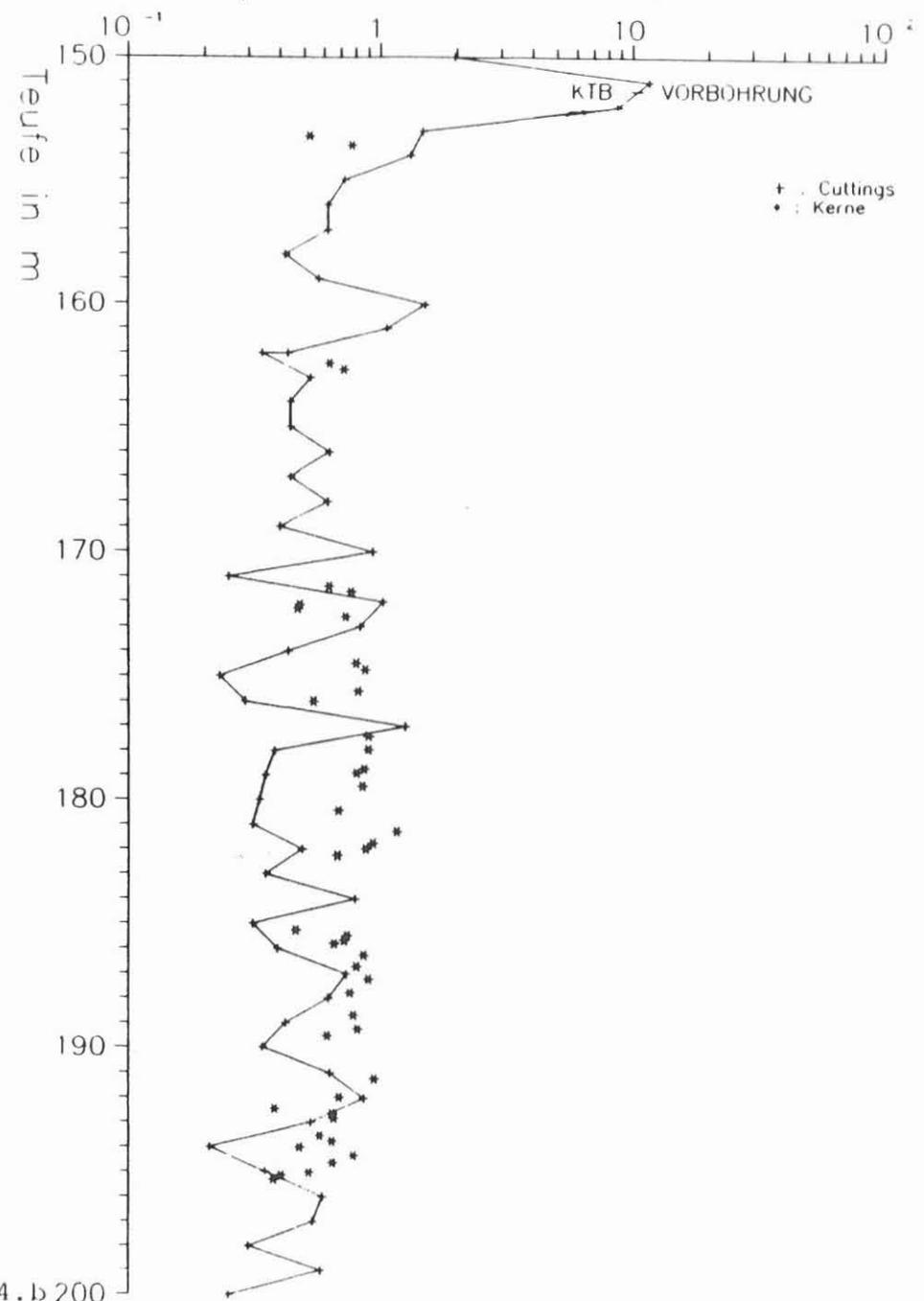


Abb. 5.4.b 200

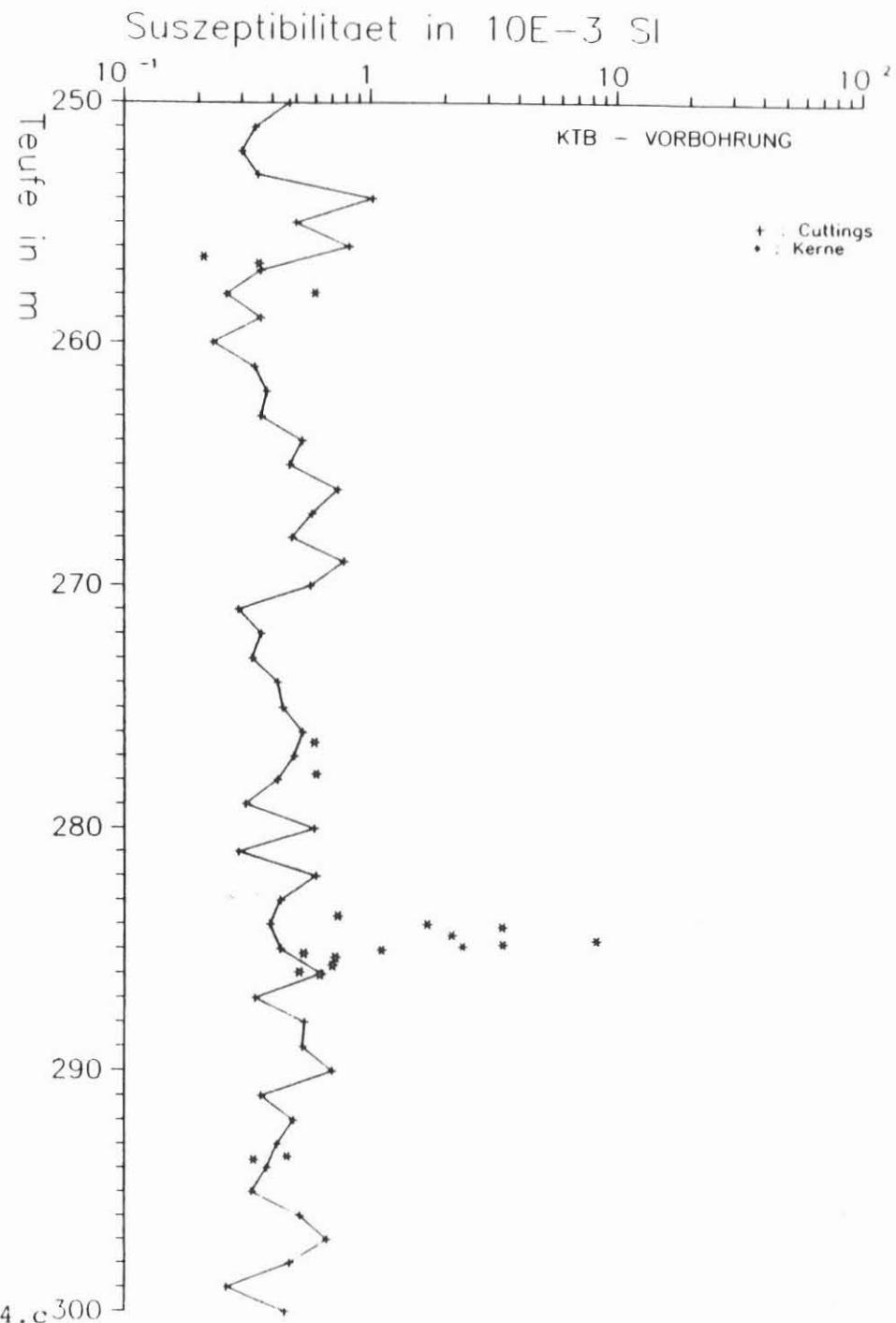
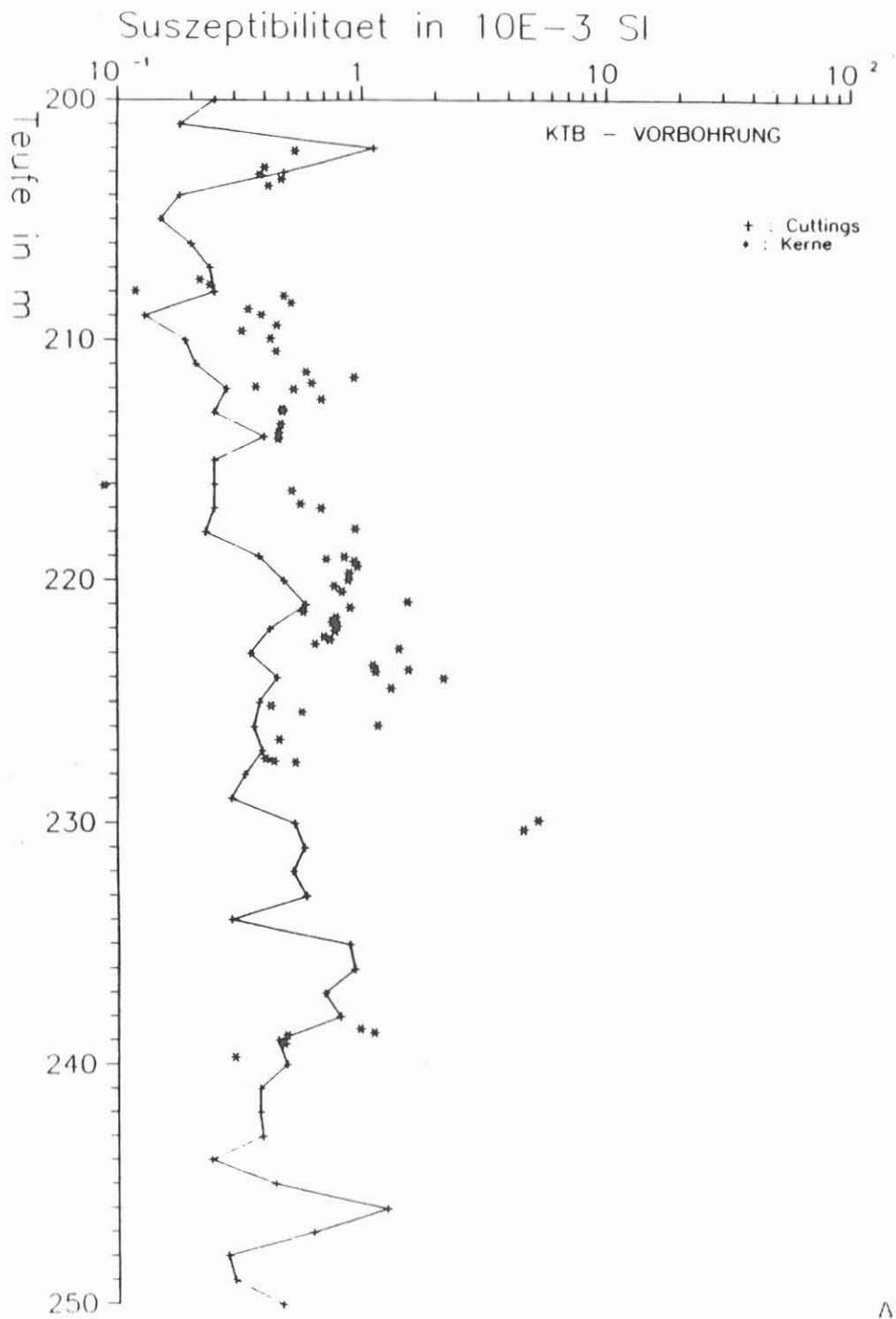


Abb. 5.4.c 300

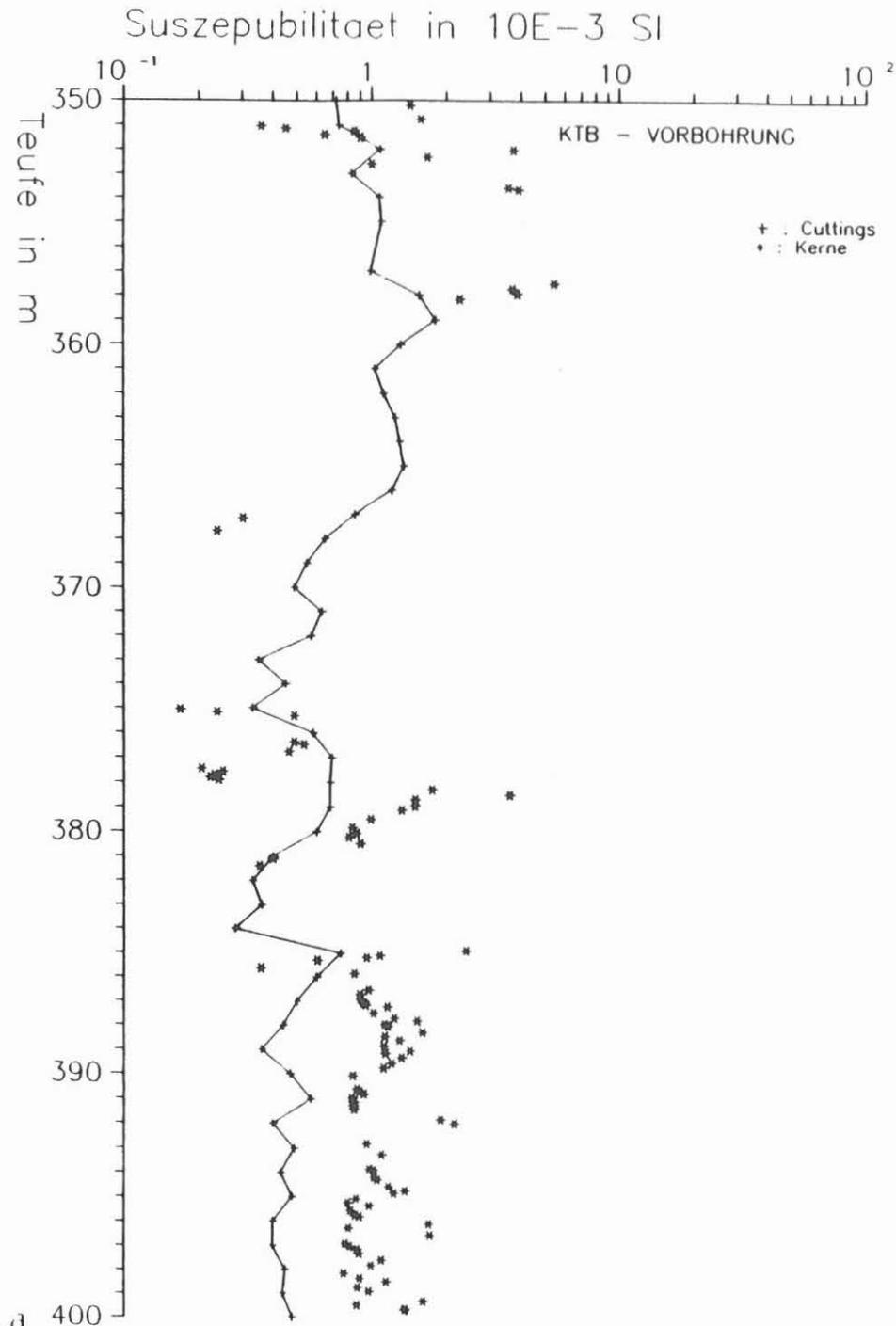
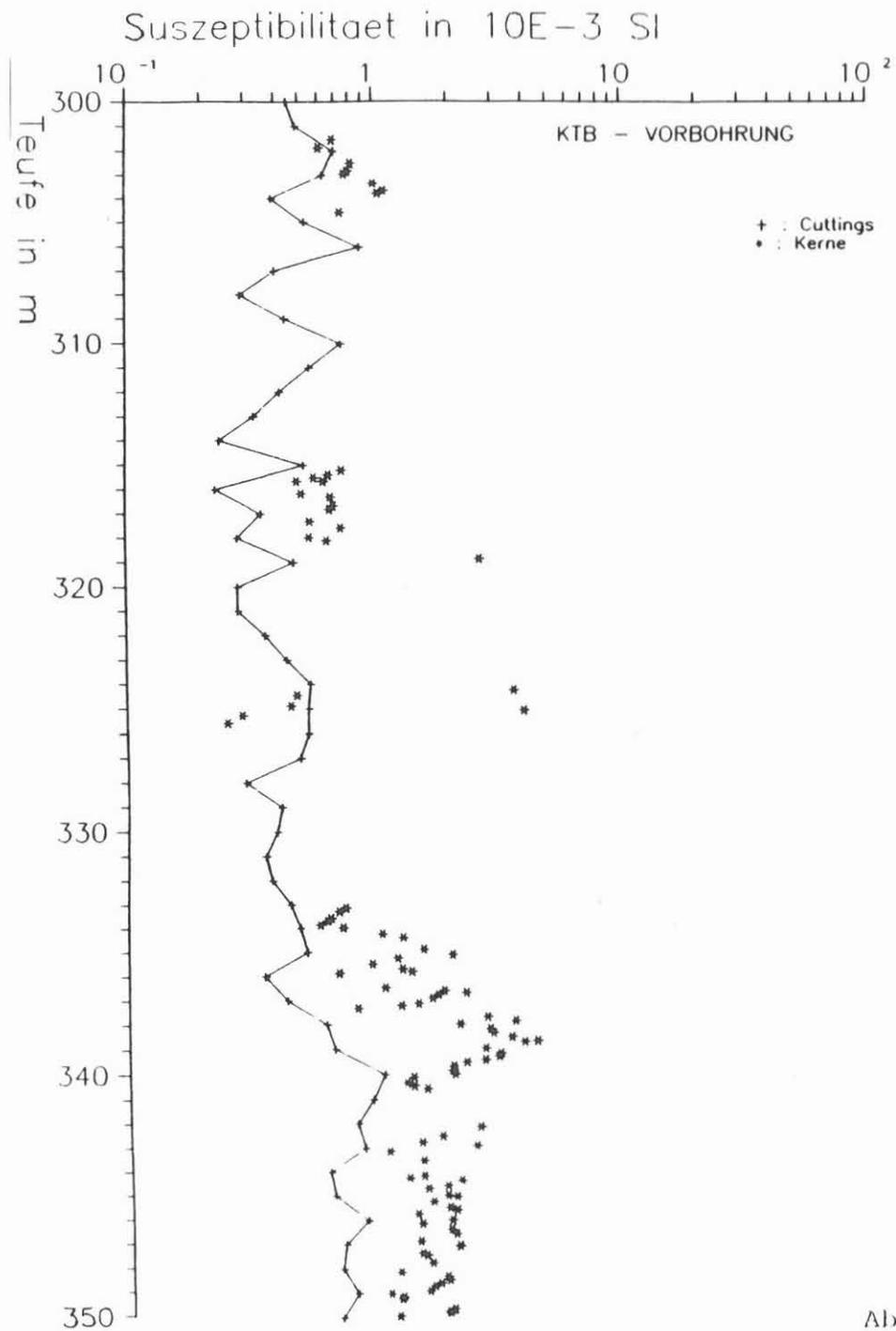


Abb. 5.4.d

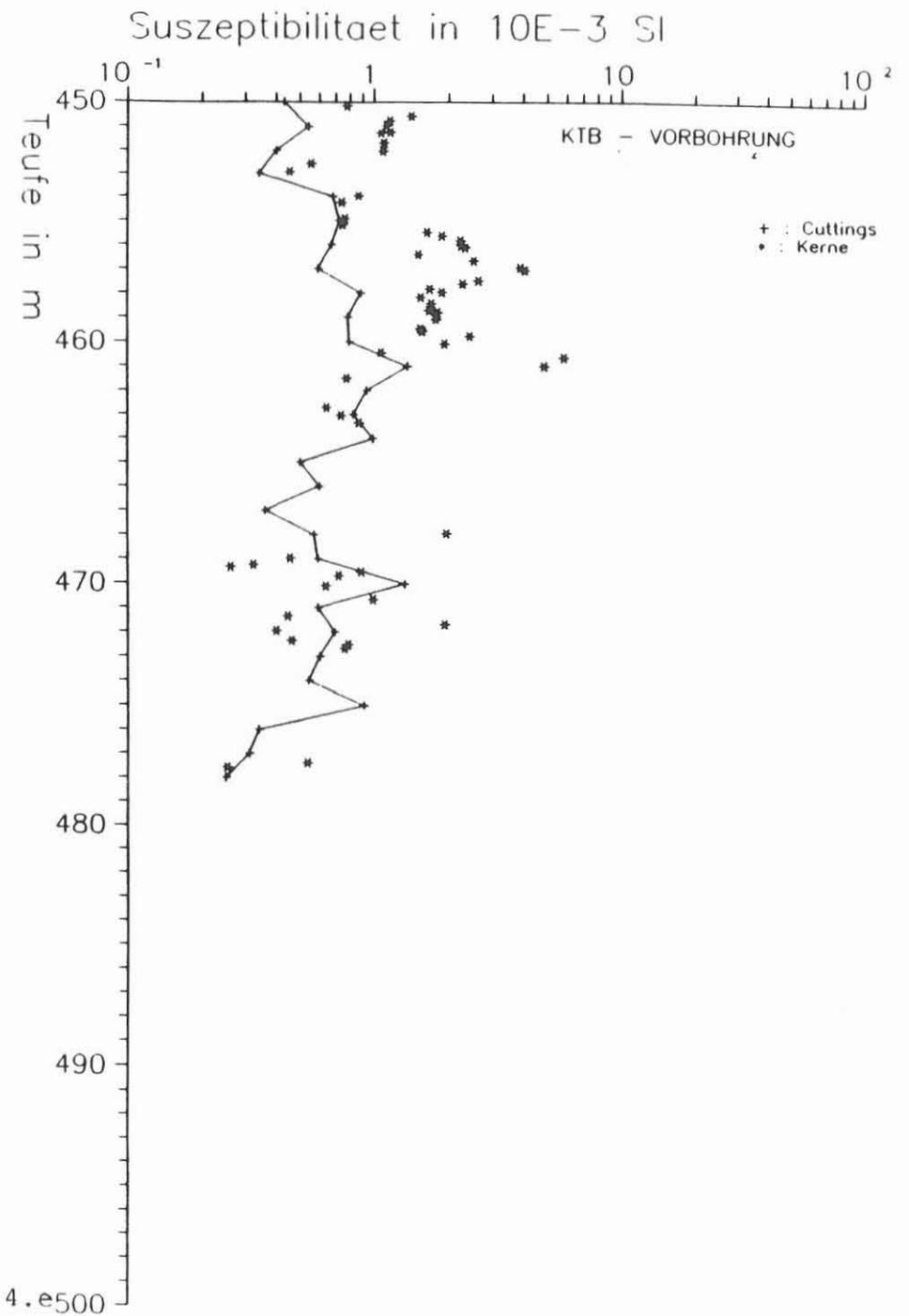
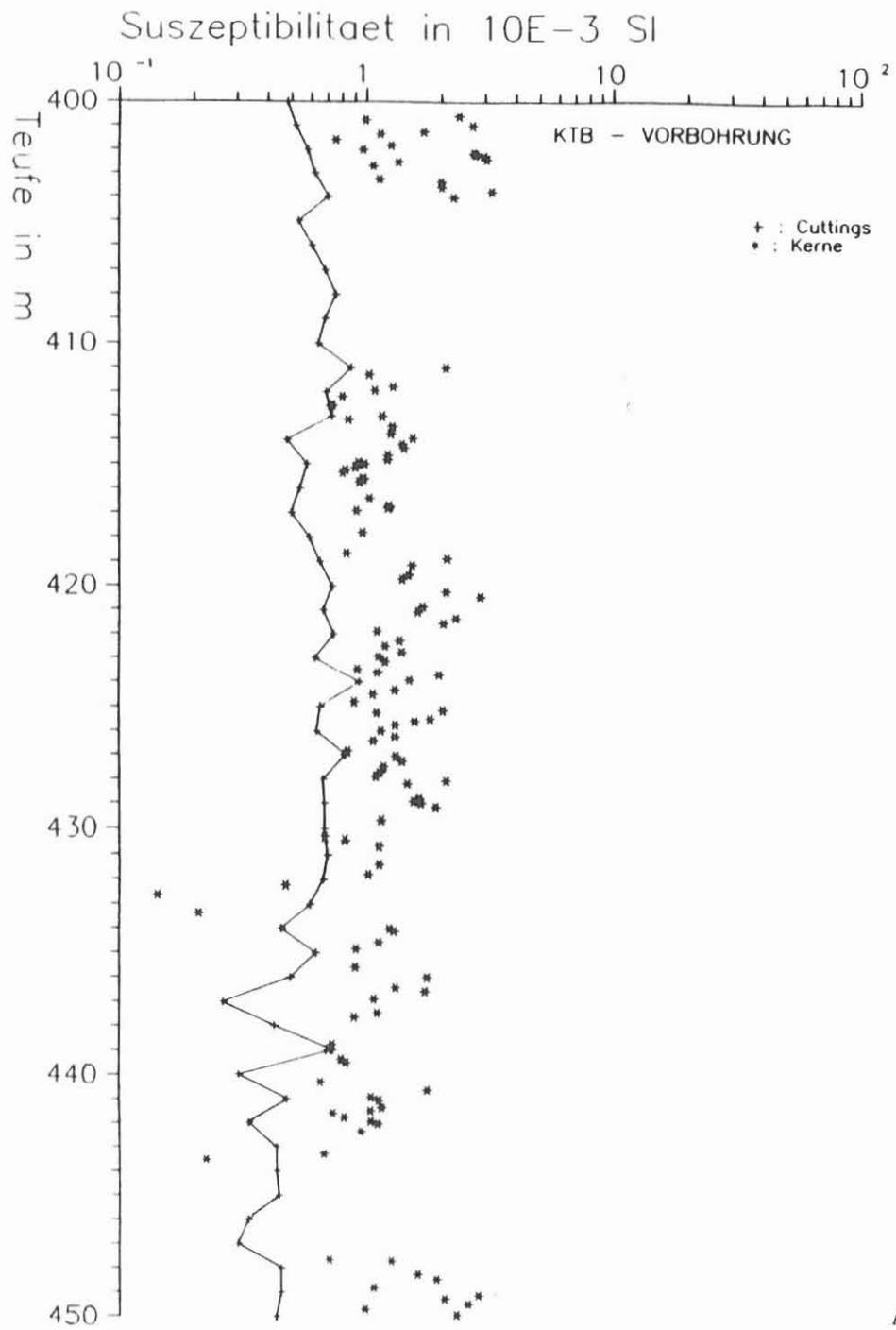


Abb. 5.4.e500