

KTB REPORT 88-2

Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB

Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung
im KTB-Feldlabor

Teufenbereich von 480–992 m



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

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

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

Druck: A. Bernecker, 3508 Melsungen

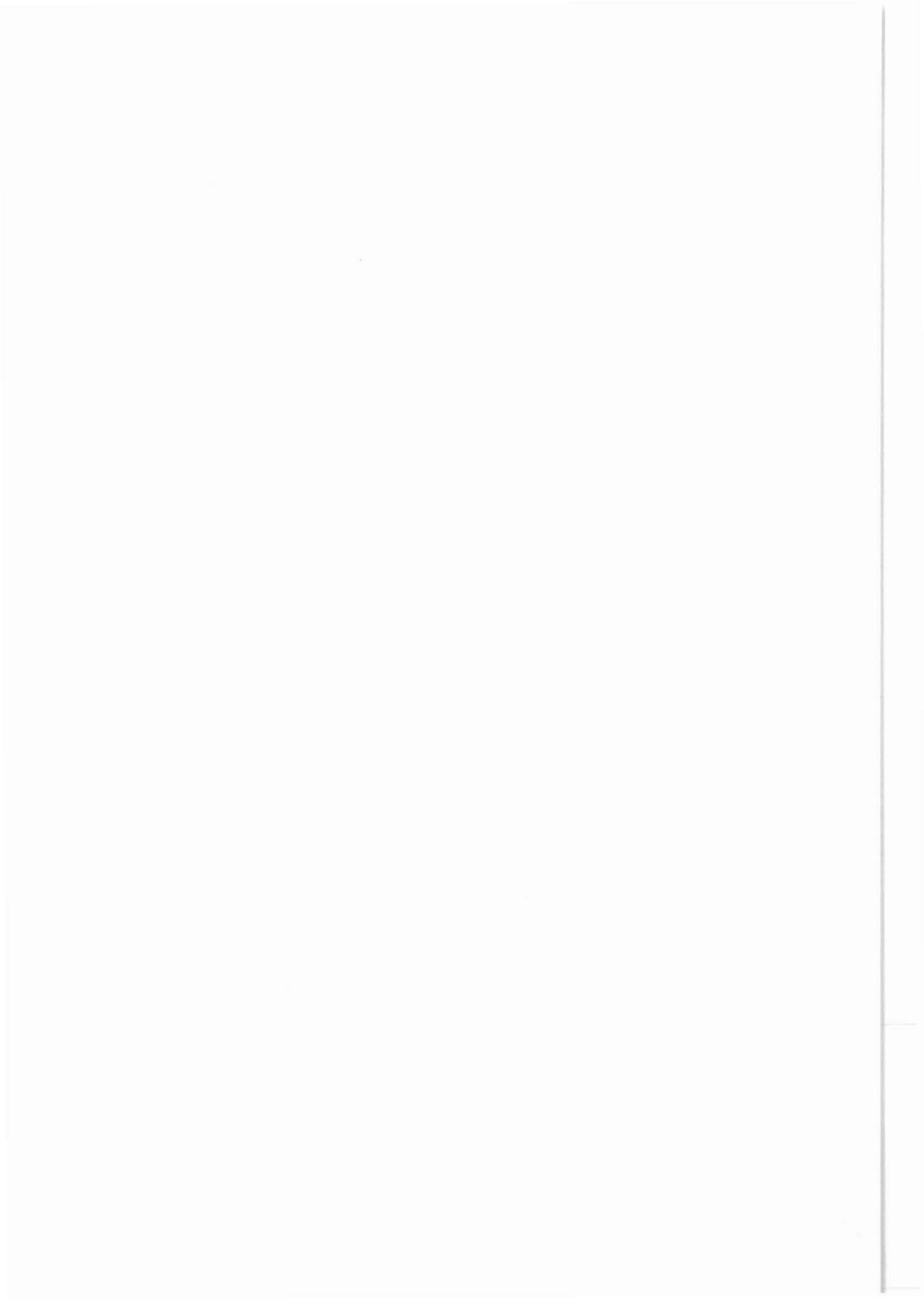
Titelbild: Dünnschliffaufnahme, 42fache Vergrößerung
Biotitgneis, disthen- und granatführend, mit myloni-
tischem Lagenbau. KTB Oberpfalz VB, 552,3 m

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.

VORWORT

Das KTB-Feldlabor ist konzipiert als eine Gemeinschaftseinrichtung aller am KTB beteiligten Wissenschaftler und Wissenschaftlergruppen. Es untersteht organisatorisch dem Fachbereich "Operative Geologie" der KTB-Projektleitung, der vor Ort durch die Mitarbeiter Dr. H.-G. Dietrich (als Leiter des Feldlabors) und Dipl.-Geophys. Th. Wöhrle vertreten wird. Sie werden nach Möglichkeit unterstützt von Dr. M. Heinisch (Arbeitsbereich Mud Logging Unit und Probennahme). Das wissenschaftliche und technische Personal wird aus KTB-Sondermitteln des BMFT von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert und ist über die Universität Gießen angestellt. Antragsteller des DFG-Projektes "Personelle Ausstattung KTB-Feldlabor" sind: Prof. Dr. H. Berckhemer, Universität Frankfurt; Prof. Dr. R. Emmermann, Universität Gießen; Prof. Dr. G. Friedrich, RWTH Aachen; Prof. Dr. K. von Gehlen, Universität Frankfurt; Prof. Dr. H. Soffel, Universität München; Prof. Dr. K. Weber und Prof. Dr. K. H. Wedepohl, Universität Göttingen.



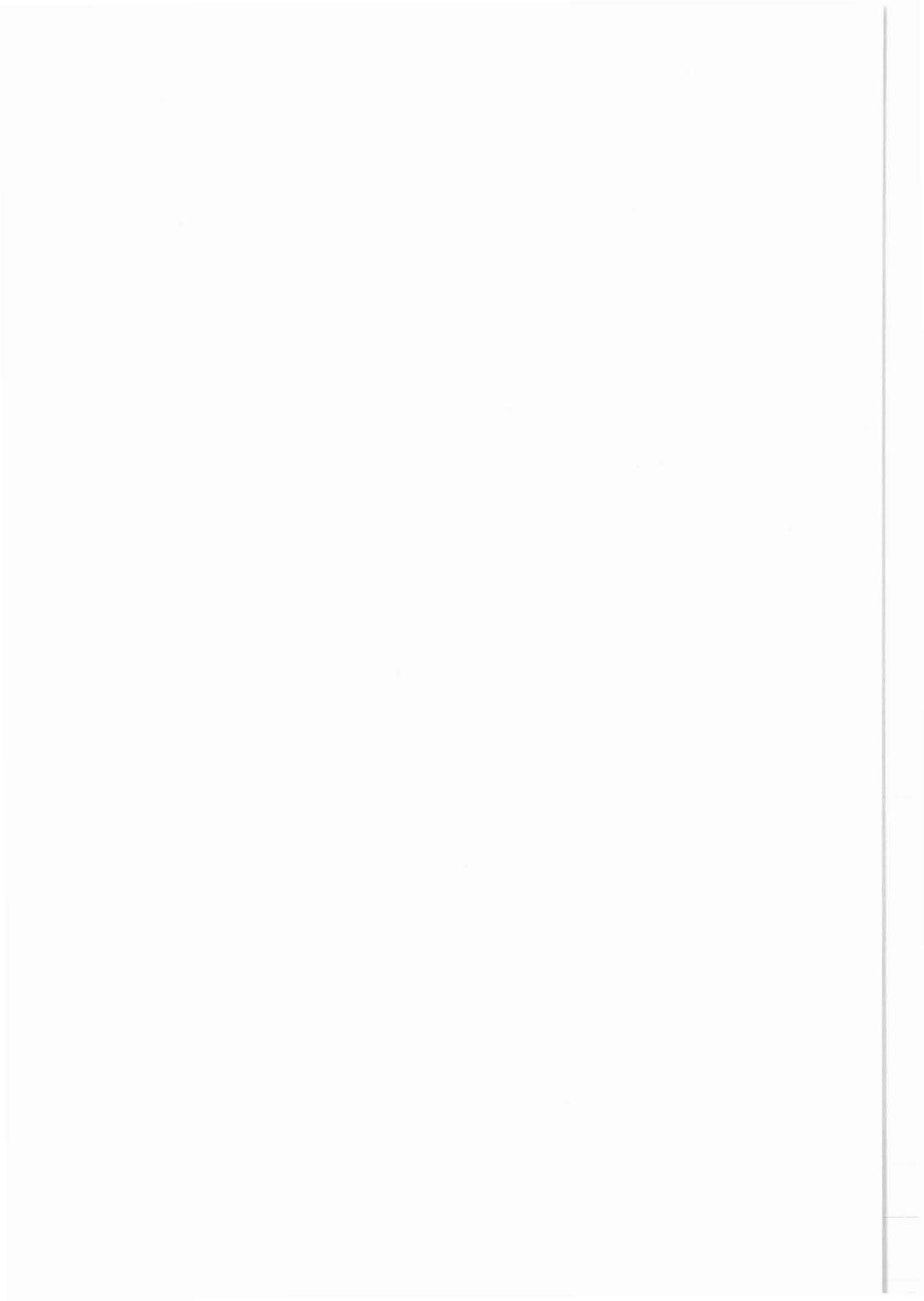
Tiefbohrung KTB-Oberpfalz VB
 Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung
 im KTB-Feldlabor

Teufenbereich von 480 - 992 m

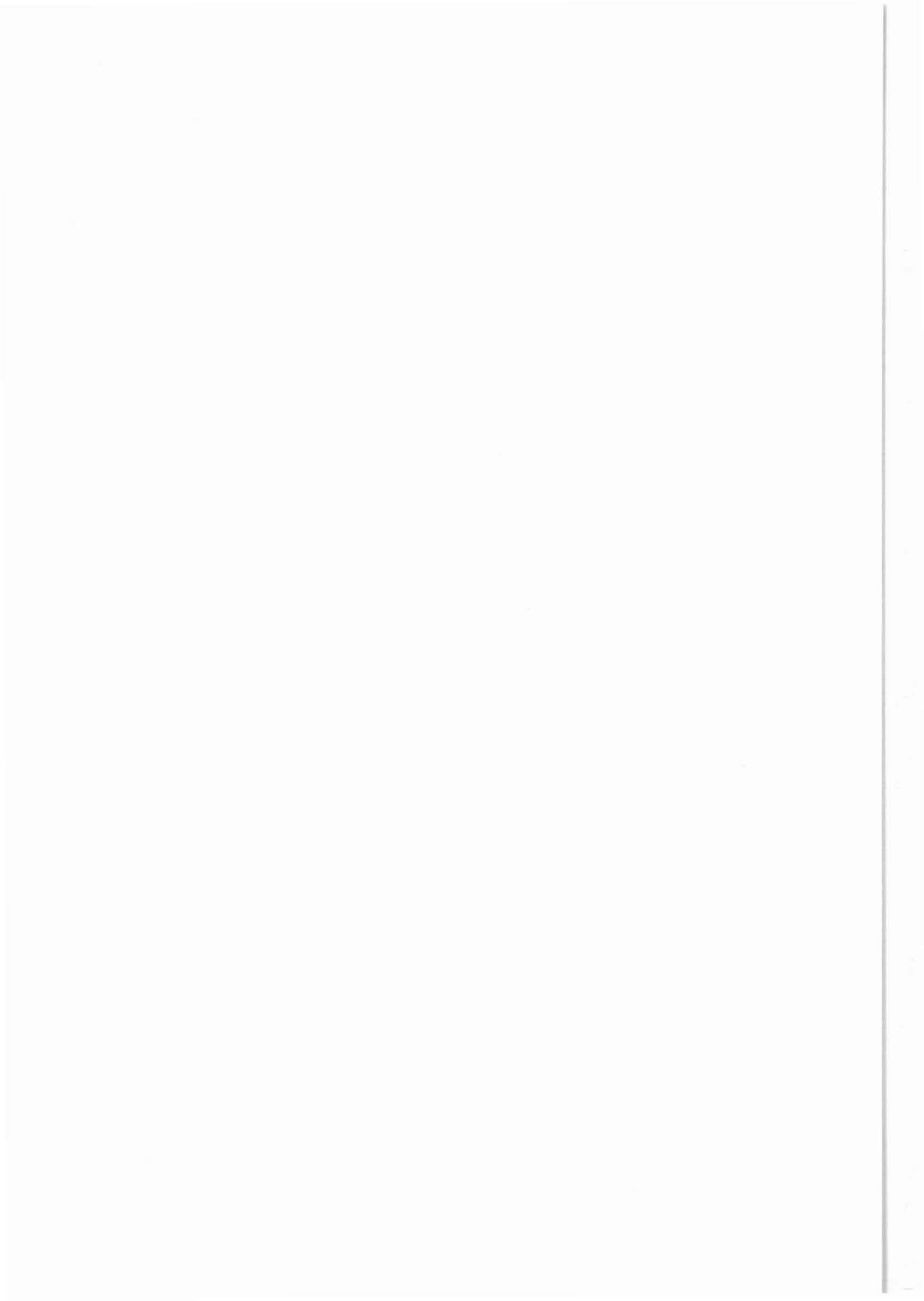
INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
Vorwort	
A. Einleitung	A 1
Anhang	A 17
B. Geologie	
Erste Ergebnisse der geologischen Aufnahme Zusammenfassung/Abstract	B 1
1 Einleitung	B 2
2 Anmerkungen zum Lithoprofil	B 3
3 Petrographie	B 5
3.1 Paragneise	B 6
3.2 Hornblende- und/oder biotitreiche Bänder im Paragneis	B 9
3.3 Quarzdioritisches Ganggestein	B 12
3.4 Amphibolit	B 13
3.5 Quarz-Feldspat-Pegmatoid	B 14
3.6 Korrelation mit mineralogisch-geoche- mischen Analysen	B 14
4 Erzmineralisation	B 19
5 Strukturgeologie	B 24
5.1 Einleitung	B 24
5.2 Makrogefüge	B 24
5.2.1 Lagengefüge	B 24
5.2.1.1 Metamorpher Lagenbau	B 24
5.2.1.2 Kataklastische Scherzonen	B 26
5.2.2 Trennflächengefüge und Lineationen	B 30

		SEITE
5.2.3	Faltenstrukturen	B 30
5.2.4	Mikrogefüge	B 31
5.2.5	Rückorientierung	B 31
5.2.6	Strukturaufnahme	B 35
6	Schriftenverzeichnis	B 36
7	Anhang	B 37
C.	Geochemie Röntgenanalytik	
1	Einleitung	C 2
2	Probennahme und Probenaufbereitung	C 2
3	Röntgenanalytik	C 2
3.1	RFA-Analysen	C 2
3.1.1	Geräteparameter und verwendete Meßprogramme	C 2
3.2	RDA-Analysen	C 4
3.2.1	Quantitative röntgenographische Phasenanalyse	C 4
3.2.2	Gerätekonfiguration und Geräteparameter	C 5
3.3	RFA/RDA Ergebnisse am Bohrklein 480 - 992 m	C 5
3.3.1	Vergleich der Ergebnisse von Bohrmehl und Kernbruchstücken	C 7
4	Spülungsanalytik	C 8
4.1	Funktionsprinzip des Ionenchromatographie- Systems	C 8
4.2	Ergebnisse	C 8
4.2.1	Zirkulationstest 5.11.87 (478.5 m)	C 8
4.2.2	Bohrphase von 480-992m	C 9
4.2.3	Zirkulationstest 5.1.88 (992 m)	C 11
5	Gasanalytik	C 12
6	Zusammenfassung	C 13
7	Schriftenverzeichnis	C 13
8	Danksagung	C 14
9	Anhang	C 14
D.	Geophysik Gesteinsphysikalische Untersuchungen	
1.	Einleitung	D 1

		SEITE
2.	Dichte	D 2
2.1	Allgemeines	D 2
2.2	Dichte der Bohrkerne	D 2
3.	Ultraschallseismik	D 15
3.1	Allgemeines	D 15
3.2	Meßprinzip und Meßtechnik	D 15
3.3	Ergebnisse	D 17
4.	Natürliche remanente Magnetisierung	D 30
4.1	Allgemeines	D 30
4.2	Beschreibung der Auswertung	D 30
4.3	Beschreibung der Ergebnisse	D 31
5.	Suszeptibilität	D 45
5.1	Allgemeines	D 45
5.2	Suszeptibilität der Bohrkerne	D 45
6.	Schriftenverzeichnis	D 59
7.	Danksagung	D 59



A. Einleitung



A. Einleitung

A.1. Allgemeines

Der nachfolgende Bericht stellt die Ergebnisse der Untersuchungen im Feldlabor für den Teufenbereich von 480 m (Verrohrungsteufe) bis 992 m vor. Diese Untersuchungen wurden ebenfalls noch im Rahmen des Überbrückungsprogramms (siehe KTB REPORT 88-1) durchgeführt. Das KTB-Zentralgebäude (Richtfest 13. Nov. 1987) mit den vorgesehenen Labors, Präparations- und Arbeitsräumen einschließlich des geologischen Zentralmagazins wurden erst zum Jahresende 1987 fertiggestellt, so daß mit der Einrichtung des KTB-Feldlabors unmittelbar auf der Bohrlokation erst im Januar 1988 begonnen werden konnte. Das provisorische KTB-Feldlabor war somit auch im November und Dezember in der etwa 3.5 km entfernten Volksschule in Windischeschenbach untergebracht (Abb. A.1.1 - A.1.3).

Die Bohrarbeiten dauerten vom 14.11.87 bis zum 19.12.87. Das anschließende Bohrlochmeßprogramm umfaßte 4 Tage. Vom 23.12.87, 14.00 Uhr bis zum 04.01.88, 6.00 Uhr wurde die Bohrung vorübergehend stillgelegt (vgl. Abb. A. 2.1).

A.2 Bohrtechnik

Nach Durchführung eines umfassenden Logging- und Testprogrammes im Teufenbereich von 0 - 478,5 m wurde die Bohrung mit 8 5/8"-Rohre ausgebaut und die Rohrtour zementiert. Der Rohrschuh wurde aufgebohrt, die Bohrung um 1.5 m vertieft und anschließend nach dem Zementaufbohren die mit Chloriden kontaminierte Spülung ausgesichert und ausgetauscht. Danach erfolgte der Einbau einer 7"-Rohrtour (vgl. Abb. A. 2.2.), die als Führungsrohrtour ohne Zementation im Sackbohrloch abgesetzt wurde.

Die weitere Vertiefung der Bohrung erfolgte mit 6" Diamantbohrkronen (vgl. Abb. A.2.3) im Seilkernbohrverfahren.

Um eine Beeinträchtigung der chemischen Analysen durch den Bohrbetrieb zu minimieren, wurde zunächst mit dem Gestängefett ONTROPEN K 280, einen Perflurpolyester mit PTFE, gearbeitet. Da sich die Konsistenz dieses Fettes jedoch in Verbindung mit der Bohrspülung veränderte, was zu Gewindefschäden am Bohrgestänge führte, wurden ab einer Tiefe von ca. 643 m die Gestängeverbindungen mit KOPR KOTE, einem mineralölbasischen Fett mit 40% metallischem Kupfer, eingefettet.

A.3 Probennahme

Im Tiefenbereich von 480 m bis 992 m wurden insgesamt 179 Kernmärsche gezogen. Der Kerngewinn betrug ca. 98%. Die tech-

nischen Daten der Bohrkerngewinnung sind in Tab. A.1 aufgeführt.

Die Beprobung des Bohrkleins erfolgte am Schüttelsieb, die Beprobung des Bohrmehls (Gesteinsmehl <0.01 mm) erfolgte an der Zentrifuge der Bohranlage. Pro Bohrmeter wurde eine Probe genommen.

Die Spülflüssigkeit wurde an der offenen Spülrinne - pro Bohrmeter jeweils zwei 0.5 l-Proben - genommen. Zur Ermittlung von hydraulischen Parametern, sowie zur Gewinnung von Fluiden wurden folgende fünf Horizonte für Drill-Stem-Teste (DST) ausgesucht:

505 m - 531 m, 556 m - 592 m, 813 m - 839 m 707 m - 733 m und 908 m - 932 m.

Davon hatten die ersten beiden Horizonte die höchste Priorität. Insgesamt sollten drei Horizonte getestet werden, wobei die letzten beiden als "Ersatzhorizonte" vorgesehen waren.

Wegen technischer Schwierigkeiten (Packer-Verklemmung und Verlust einer Packermanschette) sowie verstärkter Bohrlochrand-Ausbrüche, gerade in den zu testenden Zonen und dem damit erhöhten Risiko für die Bohrung, wurde die Testserie nach dem ersten Versuch abgebrochen. Zuflüsse wurden nicht festgestellt.

Mit den Fluidsamplern (SALVAMOSER-Sampler und GEOCOM-Sampler) wurden in insgesamt acht verschiedenen Horizonten Fluide aus dem Bohrloch genommen. Die Ergebnisse der chemischen Analysen sind im Abschnitt C.3.5 aufgeführt.

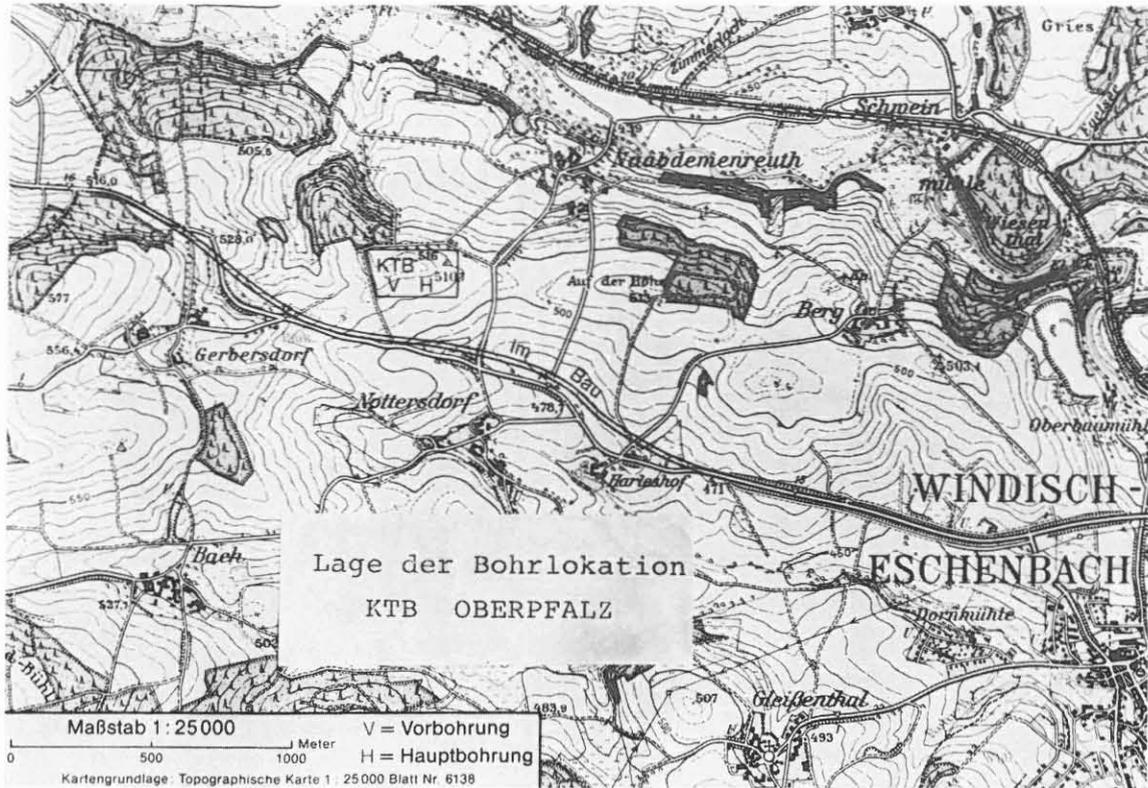


Abb. A 1.1.: Lage der Bohrlokation KTB OBERPFALZ

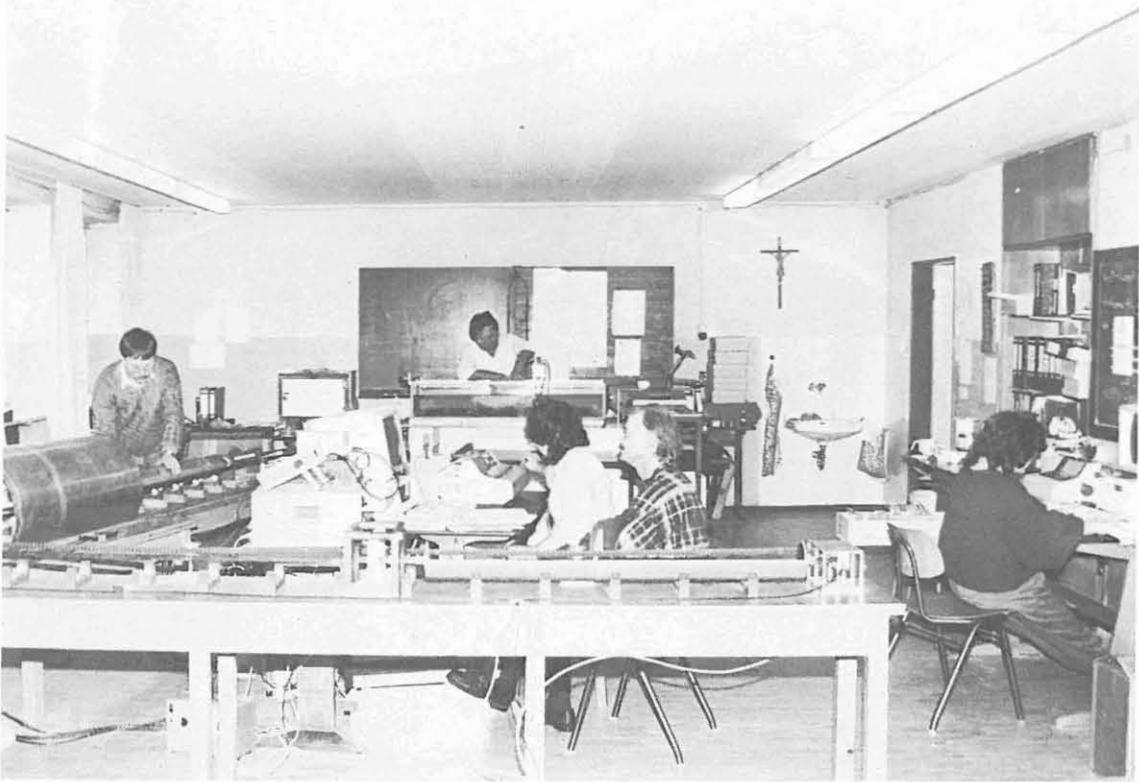


Abb. A.1.2.: Geophysikalische Untersuchungen im prov. Feldlabor



Abb. A.1.3.: Makroskopische Kernbearbeitung und Bohrprobenlager im prov. Feldlabor

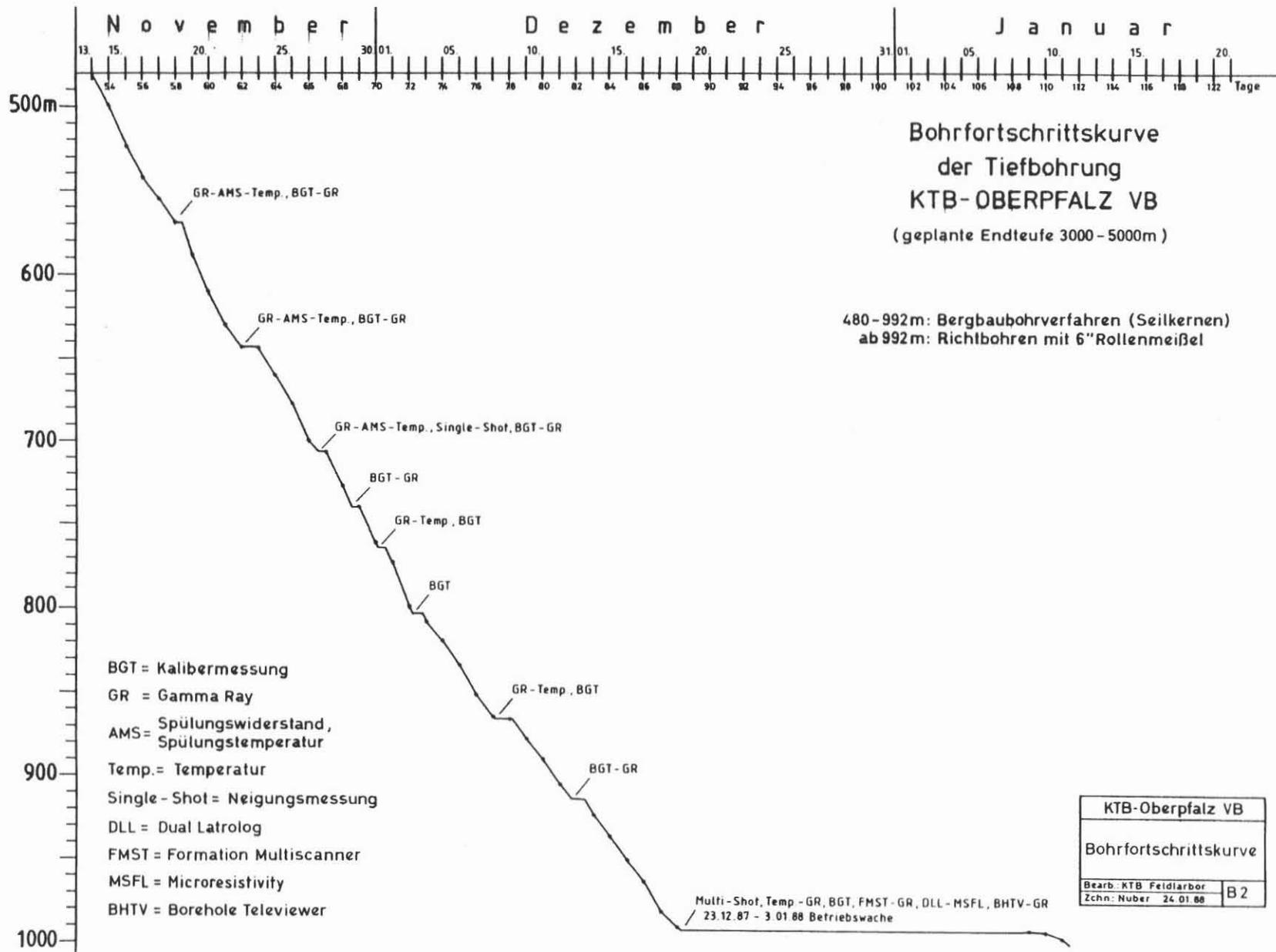
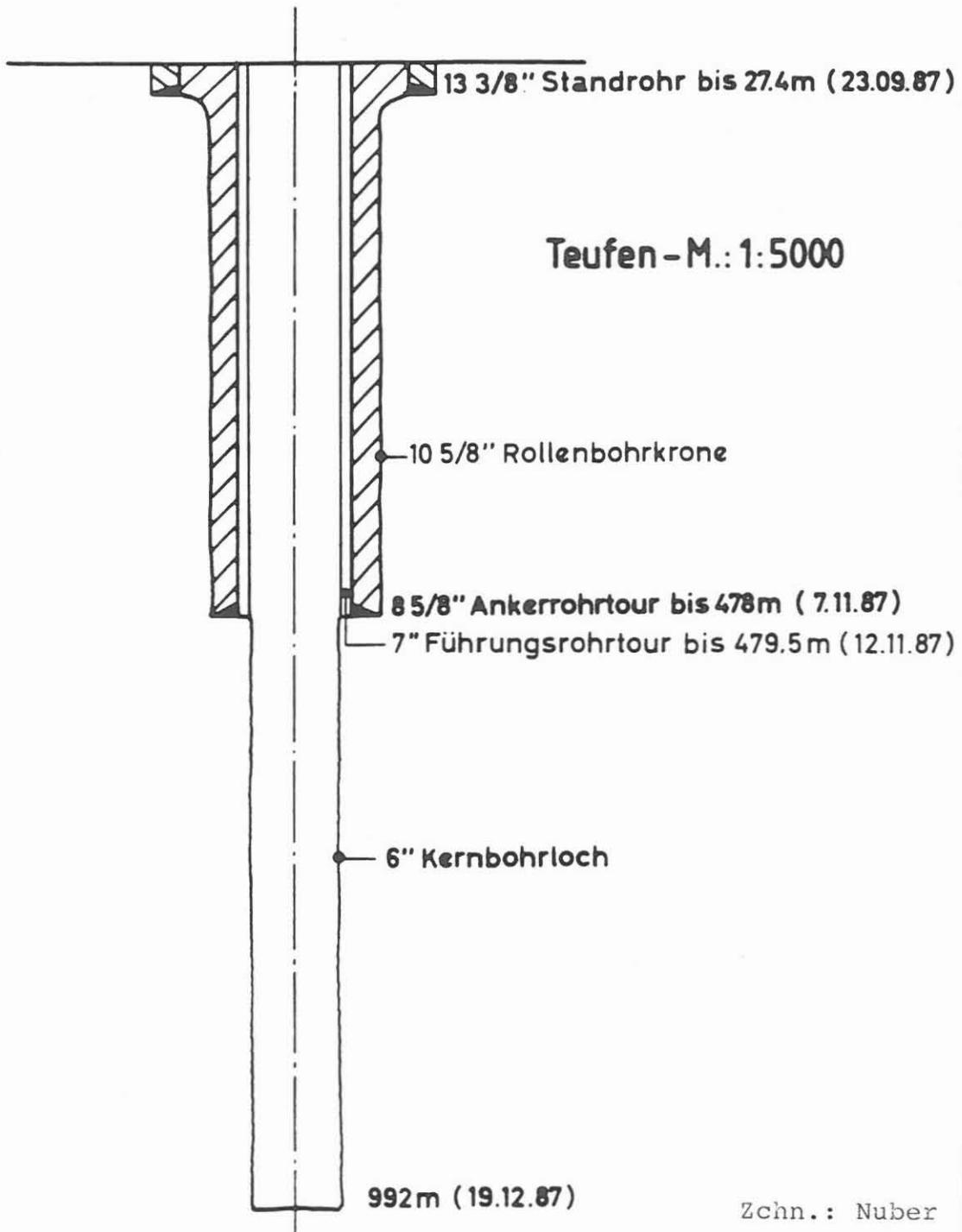


Abb.: A2.1.

KTB-Oberpfalz VB



Bohr- und Vehrrohrungsschema

KTB

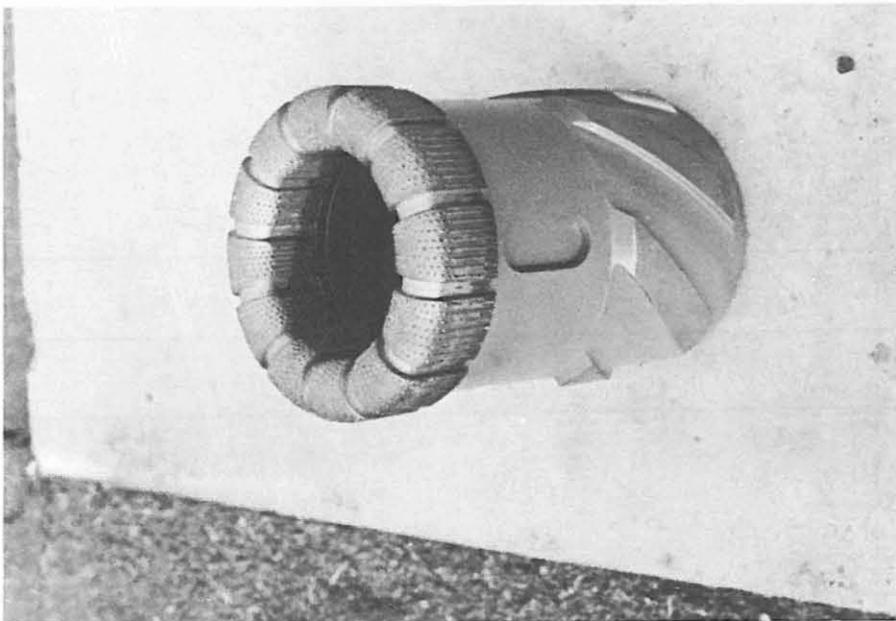
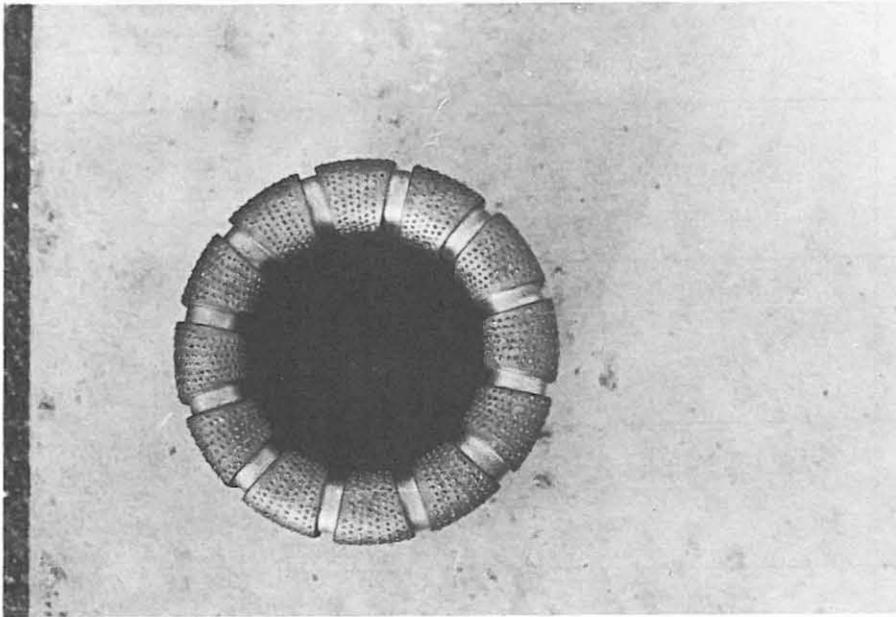


Abb. A.2.3.: 6"-Diamantkernkronen

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 93.2	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		

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
16.11.87	6"	BY	Seilkern.		86	519.6 - 522.6 3.0	2.75 91.7	0.25 8.3	3.00	5.40	
16.11.87	"	"	"		87	522.6 - 525.1 2.5	2.50 100	- -	1.66	8.15	
16.11.87	"	"	"		88	525.1 - 526.4 1.3	1.30 100	- -	1.30	10.10	
16.11.87	"	"	"		89	526.4 - 526.8 0.4	0.30 75	0.10 2.5	0.80	12.15	
16.11.87	"	"	"		90	526.8 - 529.1 2.3	2.15 93.5	0.15 6.5	2.06	14.00	
16.11.87	"	"	"		91	529.1 - 531.5 2.4	2.40 100	- -	1.60	16.30	
16.11.87	"	"	"		92	531.5 - 534.8 3.3	3.3 100	- -	1.32	20.20	
16.11.87	"	"	"		93	534.8 - 536.2 1.4	1.4 100	- -	1.40	23.00	
17.11.87	"	"	"		94	536.2 - 539.5 3.3	2.99 90.6	0.31 9.4	0.82	3.20	
17.11.87	"	"	"		95	539.5 - 541.5 2.0	2.16 100	- -	1.00	7.30	0.16 m v. KM
17.11.87	"	"	"		96	541.5 - 544.5 3.0	3.00 100	- -	1.20	12.05	94
17.11.87	"	"	"		97	544.5 - 548.5 4.0	4.00 100	- -	1.33	16.50	
17.11.87	"	"	"		98	548.5 - 550.1 1.6	1.60 100	- -	1.06	19.30	
18.11.87	"	"	"		99	550.1 - 553.5 3.4	3.32 97.6	0.08 2.4	0.85	0.30	
18.11.87	"	"	"		100	553.5 - 554.9 1.4	1.40 100	- -	0.93	4.00	
18.11.87	"	"	"		101	554.9 - 556.8 1.9	1.90 100	- -	0.76	8.50	
18.11.87	"	"	"		102	556.8 - 559.6 2.8	2.80 100	- -	0.93	13.40	
18.11.87	"	"	"		103	559.6 - 563.3 3.7	3.70 100	- -	1.23	18.30	
18.11.87	"	"	"		104	563.3 - 565.6 2.3	2.30 100	- -	0.92	22.30	
19.11.87	"	"	"		105	565.6 - 569.5 3.9	3.90 100	- -	0.60	7.00	
19.11.87	"	M-Rm	"		106	569.5 - 573.3 3.8	3.60 91.7	0.2 5.3	3.80	22.30	
20.11.87	"	"	"		107	573.3 - 576.8 3.5	3.50 100	- -	3.50	0.15	
20.11.87	"	"	"		108	576.8 - 582.8 6.0	5.50 91.7	0.5 8.3	4.00	3.15	

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
20.11.87	6"	M-R	Seilkern.		109	582.8	- 588.4	5.6	6.1	100	-	2.80	7.15	0.5 m v. KM 103
20.11.87	"	"	"		110	588.4	- 594.4	6.0	6.0	100	-	4.00	10.30	
20.11.87	"	"	"		111	594.4	- 598.4	4.0	4.0	100	-	2.66	13.55	
20.11.87	"	"	"		112	598.4	- 602.8	4.4	4.0	91.4	9.0	1.46	18.55	
20.11.87	"	"	"		113	602.8	- 606.8	4.0	4.2	100	-	1.60	22.00	0.2 m v. KM 112
21.11.87	"	"	"		114	606.8	- 610.0	3.2	3.2	100	-	1.06	2.30	
21.11.87	"	"	"		115	610.0	- 611.8	1.8	1.75	97.2	0.05	0.60	7.30	
21.11.87	"	DBO	"		116	611.8	- 616.7	4.9	4.80	98	0.10	3.26	21.30	WW
22.11.87	"	"	"		117	616.7	- 622.7	6.0	6.00	100	-	3.00	0.45	
22.11.87	"	"	"		118	622.7	- 628.7	6.0	6.00	96.7	0.2	3.3	4.20	
22.11.87	"	"	"		119	628.7	- 631.9	3.2	3.00	93.7	0.2	6.3	7.45	
22.11.87	"	"	"		120	631.9	- 634.5	2.6	2.60	100	-	1.30	10.30	0.2 m v. KM 119
22.11.87	"	"	"		121	634.5	- 636.3	1.8	1.80	100	-	1.80	14.00	
22.11.87	"	"	"		122	636.3	- 638.8	2.5	2.00	80	0.5	2.0	17.30	
22.11.87	"	"	"		123	638.8	- 640.0	1.2	1.70	100	-	2.40	20.15	0.5 m v. KM 122
23.11.87	"	"	"		124	640.0	- 643.0	3.0	2.90	96.7	0.1	3.3	4.20	
24.11.87	6	AMT	"		125	643.0	- 646.5	3.5	3.50	100	-	7.00	13.30	Logging, WW
24.11.87	"	"	"		126	646.5	- 652.5	6.0	5.75	95.8	0.25	4,2	15.55	
24.11.87	"	"	"		127	625.5	- 658.3	5.8	5.80	100	-	3.87	22.30	
25.11.87	"	"	"		128	658.3	- 662.0	3.7	3.70	100	-	3.70	7.10	
26.11.87	"	"	"		129	662.0	- 668.0	6.0	6.00	100	-	3.70	10.55	
25.11.87	6"	AMT	Seilkernen		130	668.0	- 672.1	4.1	4.10	100	-	2.05	18.15	

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
25.11.87	6 "	AMT	Seilkernen		131	672.1 - 675.4 3.3	3.30 100	- -	1.32	21.45	
26.11.87	"	"	"		132	675.4 - 677.0 1.6	1.60 100	- -	0.80	0.30	
26.11.87	"	"	"		133	677.0 - 678.6 1.65	1.60 - 100	- -	0.80	5.50	WW
26.11.87	6"	EC	"		134	678.6 - 684.6 6.0	6.0 - 100	- -	4.00	21.25	
26.11.87	"	"	"		135	684.6 - 689.9 5.3	5.3 - 100	- -	5.30	23.50	
27.11.87	"	"	"		136	689.9 - 694.0 4.1	4.1 - 100	- -	2.73	2.40	
27.11.87	"	"	"		137	694.0 - 700.0 6.0	6.0 - 100	- -	3.00	5.20	
27.11.87	"	"	"		138	700.0 - 703.5 3.5	3.5 - 100	- -	2.33	8.15	
27.11.87	"	"	"		139	703.5 - 705.7 2.2	2.2 - 100	- -	1.47	11.45	
27.11.87	"	"	"		140	705.7 - 706.9 1.2	1.2 - 100	- -	0.60	14.30	WW, Logging
28.11.87	6 "	EC-Imp	"		141	706.9 - 710.5 3.6	3.6 - 100	- -	7.20	8.00	
28.11.87	"	"	"		142	710.5 - 716.0 5.5	5.5 - 100	- -	5.50	10.10	
28.11.87	"	"	"		143	716.0 - 722.0 6.0	6.0 - 100	- -	6.00	12.55	
28.11.87	"	"	"		144	722.0 - 723.8 1.8	1.8 - 100	- -	3.60	14.45	WW
29.11.87	6 "	EC	"		145	723.8 - 727.2 3.4	3.4 - 100	- -	3.40	5.25	
29.11.87	"	"	"		146	727.2 - 729.9 2.7	2.7 - 100	- -	1.35	8.30	
29.11.87	"	"	"		147	729.9 - 735.8 5.9	5.9 - 100	- -	1.97	12.50	
29.11.87	"	LY-11	"		148	735.8 - 740.3 4.5	4.5 100	- -	2.25	16.00	WW, Logging
30.11.87	6 "	LYM	"		149	740.3 - 745.6 5.3	4.7 89.8	0.54 - 10.2	5.30	15.45	
30.11.87	"	"	"		150	745.6 - 750.3 4.7	4.6 97.9	0.10 - 2.1	3.13	18.45	
30.11.87	"	"	"		151	750.3 - 755.8 5.5	5.5 100	- -	3.66	22.15	
01.12.87	"	"	"		152	755.8 - 759.0 3.2	3.15 98.4	0.05 - 1.6	2.13	0.15	

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
01.12.87	6 "	LY-M	Seilkern		153	759.0 - 762.0 3.0	30 - 100	- -	2.00	3.30	
01.12.87	"	"	"		154	762.0 - 764.9 2.9	29 - 100	- -	2.90	8.15	WW, Logging
02.12.87	6 "	LY	"		155	764.9 - 768.1 3.2	32 - 100	- -	2.13	0.30	
02.12.87	"	"	"		156	768.1 - 770.0 1.9	19 - 100	- -	1.90	3.00	
02.12.87	"	"	"		157	770.0 - 772.2 2.2	21 - 95.5	- -	2.20	5.20	
02.12.87	"	"	"		158	772.2 - 774.7 2.5	26 - 100	- -	1.67	8.00	0.1 m v.KM 157
02.12.87	"	"	"		159	774.7 - 777.1 2.4	21 - 87.5	0.3 - 87.5	2.40	9.55	
02.12.87	"	"	"		160	777.1 - 779.0 1.9	20 - 100	- -	1.90	12.00	0.1 m v.KM 159
02.12.87	"	"	"		161	779.0 - 782.0 3.0	30 - 100	- -	2.00	14.35	
02.12.87	"	"	"		162	782.0 - 785.9 3.9	39 - 100	- -	2.60	17.20	
02.12.87	"	"	"		163	785.9 - 789.1 3.2	32 - 100	- -	2.13	19.50	
02.12.87	"	"	"		164	789.1 - 792.9 3.8	37.5 - 98.7	0.05 - 1.3	2.53	22.50	
03.12.87	"	"	"		165	792.9 - 795.8 2.9	29 - 100	- -	2.90	1.20	
03.12.87	"	"	"		166	795.8 - 797.4 1.6	1.05 - 65.6	0.55 34.4	1.60	3.15	
03.12.87	"	"	"		167	797.4 - 799.7 2.3	28.5 100	- -	1.53	5.50	0.55 m v.KM166
03.12.87	"	"	"		168	799.7 - 803.3 3.6	3.6 - 100	- -	2.40	9.50	WW, Logging
04.12.87	6"	NL	"		169	803.3 - 805.1 1.8	20 - 100	- -	3.60	4.15	0.2 m Extra
04.12.87	"	"	"		170	805.1 - 808.0 2.9	27.0 - 98.1	0.2 - 6.9	2.90	6.15	
04.12.87	"	"	"		171	808.0 - 810.1 2.1	21.0 - 100	- -	2.10	9.00	
04.12.87	"	"	"		172	810.1 - 812.2 2.1	21.0 - 100	- -	2.10	11.00	
04.12.87	"	"	"		173	812.2 - 814.5 2.3	23 - 100	- -	2.30	13.15	
04.12.87	"	"	"		174	814.5 - 816.9 2.4	23 - 95.8	0.10 - 4.2	1.60	15.40	

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
04.12.87	6"	NL	Seilkerner		175	816.9 - 817.9 1.0	1.0 100	- -	1.00	18.00	
04.12.87	"	"	"		176	817.9 - 819.2 1.3	1.3 100	- -	0.65	22.45	WW, Logging
05.12.87	"	EC	"		177	819.2 - 820.9 1.7	1.6 91	0.10 59	1.70	14.10	
05.12.87	"	"	"		178	820.9 - 822.9 2.0	2.1 100	- -	2.00	17.30	0.1 m v. KM 177
05.12.87	"	"	"		179	822.9 - 825.1 2.2	2.2 100	- -	1.47	20.45	
05.12.87	"	"	"		180	825.1 - 826.9 1.8	1.8 100	- -	1.80	23.15	
06.12.87	"	"	"		181	826.9 - 829.0 2.1	2.1 100	- -	2.10	4.35	
06.12.87	"	"	"		182	829.0 - 831.8 2.8	2.6 - 96	0.15 - 5.4	1.87	4.17	
06.12.87	"	"	"		183	831.8 - 833.9 2.1	2.1 100	- -	2.10	7.17	
06.12.87	"	"	"		184	833.9 - 835.2 1.3	1.3 100	- -	0.87	10.20	
06.12.87	"	"	"		185	835.2 - 836.5 1.3	1.3 100	- -	0.87	13.30	
06.12.87	"	"	"		186	836.5 - 838.4 1.9	1.9 100	- -	1.90	16.10	
06.12.87	"	"	"		187	838.4 - 843.2 4.8	4.6 95.8	0.2 4.2	1.92	20.05	
06.12.87	6"	EC 1	Seilkerner		188	843.2 - 846.5 3.3	3.5	- -	2.20	22.50	+ 0.20 m Extra
07.12.87	"	"	"		189	846.5 - 850.9 4.4	4.05	0.35 -	2.20	2.15	
07.12.87	"	"	"		190	850.9 - 851.2 0.3	0.20	0.10 -	0.60	-	WW, Logging
07.12.87	"	"	"		191	851.2 - 855.2 4.0	4.35 100	- -	2.00	17.15	+ 0.35 m Extra
07.12.87	"	"	"		192	855.2 - 859.7 4.5	4.30	- 0.20 -	2.25	20.35	
07.12.87	"	"	"		193	857.9 - 862.4 2.7	2.70 100	- -	1.80	23.20	
07.12.87	"	"	"		194	862.4 - 863.1 0.70	0.65	- 0.05 -	1.40	1.40	
08.12.87	"	"	"		195	863.1 - 864.4 1.3	0.45	- 0.85 -	0.65	5.30	
08.12.87	"	"	"		196	864.4 - 864.6 0.3	0.30 100	- -	0.60	13.00	WW, Logging

Bohrung: KTB-Oberpfalz VB 1

Datum	Meißel Ø	Typ	Bohr- ver- fah- ren	MM Nr.	KM Nr.	Teufe von m bis m (=m)	Gewinn m %	Verlust m %	Bohr- fort- schritt m/h	Kern- ent- nahme h	Bemerkungen
09.12.87	6"	IDB2 7119	Seil- kernen		197	864.6 - 866.5 1.9	1.85	0.05	1.90	11.35	
09.12.87	"	"	"		198	866.5 - 868.5 2.0	1.50	0.50	4.00	13.55	
09.12.87	"	"	"		199	868.5 - 870.2 1.7	1.50	0.20	1.13	16.50	
09.12.87	"	"	"		200	870.2 - 873.0 2.8	3.00	-	1.40	20.45	+0.20 v. KM 199
10.12.87	"	"	"		201	873.0 - 875.6 2.6	2.50	0.10	0.86	2.10	
10.12.87	"	"	"		202	875.6 - 876.9 1.3	1.20	0.10	0.86	5.22	
10.12.87	"	"	"		203	876.9 - 877.9 1.0	1.00	-	0.67	8.40	
10.12.87	"	"	"		204	877.9 - 882.5 4.6	4.40	0.20	2.30	12.10	
10.12.87	"	"	"		205	882.5 - 884.7 2.2	1.85	0.35	1.10	15.13	
10.12.87	"	"	"		206	884.7 - 886.0 1.3	1.70	-	0.65	18.50	+0.40 v. KM 205
10.12.87	"	"	"		207	886.0 - 889.6 3.6	4.00	-	1.20	23.23	+0.40 m Extra
11.12.87	"	"	"		208	889.6 - 889.9 0.3	-	0.30 100	0.26	2.25	
11.12.87	"	"	"		209	889.9 - 890.0 0.1	-	0.1 100	0.10	17.00	WW, Logging
11.12.87	6"	BY-	"		210	890.0 - 892.3 2.3	1.15 50	1.15 50	2.30	17.35	
11.12.87	"	Form	"		211	892.3 - 892.5 0.2	0.95 100	-	0.40	19.40	+0.65 m v. KM 200
11.12.87	"	"	"		212	892.5 - 894.1 1.6	1.60 100	-	3.20	22.17	
12.12.87	"	"	"		213	894.1 - 899.9 5.8	5.80 100	-	2.90	1.45	
12.12.87	"	"	"		214	899.9 - 905.8 5.9	5.90 100	-	2.36	6.13	
12.12.87	"	"	"		215	905.8 - 907.9 2.1	2.10 100	-	1.40	8.58	
12.12.87	"	"	"		216	907.9 - 910.4 2.5	2.50 100	-	1.67	12.06	
12.12.87	"	"	"		217	910.4 - 913.5 3.1	3.10 100	-	0.88	17.20	

Bohrung: KTB-Oberpfalz VB 1

Datum	Meißel Ø	Typ	Bohr- ver- fah- ren	MM Nr.	KM Nr.	Teufe von m bis m (=m)	Gewinn m %	Verlust m %	Bohr- fort- schritt m/h	Kern- ent- nahme h	Bemerkungen
12.12.87	6"	BY-	Seil-		218	913.5 - 914.6 1.1	1.1 100	- -	0.37	22.00	WW, Logging
13.12.87	"	Form B NEUN	kernen		219	914.6 - 916.6 2.0	1.85 92.5	0.15 7.50	1.33	16.35	
13.12.87	"	"	"		220	916.6 - 919.0 2.4	2.20 91.7	0.20 8.30	0.80	21.05	
14.12.87	"	"	"		221	919.0 - 921.4 2.4	2.40 100	- -	1.20	0.40	+0.20 m v. KM 220
14.12.87	"	"	"		222	921.4 - 922.8 1.4	1.40 100	- -	0.93	3.45	
14.12.87	"	"	"		223	922.8 - 924.3 1.5	1.50 100	- -	0.50	8.11	
14.12.87	"	"	"		224	924.3 - 924.7 0.4	0.40 100	- -	0.27	13.10	
14.12.87	"	"	"		225	924.7 - 926.2 1.5	1.50 100	- -	1.50	15.20	
14.12.87	"	"	"		226	926.2 - 928.0 1.8	1.17 65.0	0.63 35	3.60	17.45	
14.12.87	"	"	"		227	928.0 - 928.6 0.6	0.60 100	- -	0.60	20.45	+0.18 m v. KM 226
15.12.87	"	"	"		228	928.6 - 933.1 4.5	4.50 100	- -	2.25	0.05	+0.25 m v. KM 226
15.12.87	"	"	"		229	933.1 - 935.5 2.4	2.40 100	- -	0.80	4.00	
15.12.87	"	"	"		230	935.5 - 937.9 2.4	2.30 95.8	0.10 4.2	0.60	8.31	
15.12.87	"	"	"		231	937.9 - 938.1 0.2	0.20 100	- -	0.40	10.00	
15.12.87	"	"	"		232	938.1 - 940.2 2.	1.50 71.4	0.60 28.6	2.10	15.05	
15.12.87	"	"	"		233	940.2 - 941.4 1.2	1.20 100	- -	1.20	17.13	+0.60 m v. KM 232
15.12.87	"	"	"		234	941.4 - 943.9 2.5	2.50 100	- -	2.50	20.00	
15.12.87	"	"	"		235	943.9 - 946.4 2.5	2.50 100	- -	2.50	22.10	
16.12.87	"	"	"		236	946.4 - 949.4 3.0	2.90 96.7	0.10 3.30	2.00	0.50	
16.12.87	"	"	"		237	949.4 - 950.6 1.2	0.85	0.35	2.40	15.00	WW, Logging
16.12.87	6"	LY	"		238	950.6 - 952.3 1.7	1.70 100	- -	3.40	23.50	
17.12.87	"	"	"		239	952.3 - 955.5 3.2	3.20 100	- -	6.40	2.20	

Bohrung: KTB-Oberpfalz VB 1

Datum	Meißel Ø	Typ	Bohr- ver- fah- ren	MM Nr.	KM Nr.	Teufe von m bis m (=m)	Gewinn m %	Verlust m %	Bohr- fort- schritt m/h	Kern- ent- nahme h	Bemerkungen
17.12.87	6"	LY	Seil-		240	955.5 - 961.4 5.9	5.9 100	- -	3.93	5.00	
17.12.87	"	"	kernen		241	961.4 - 964.7 3.3	2.8	0.50	2.20	8.00	
17.12.87	"	"	"		242	964.7 - 967.5 2.8	2.35	0.45	1.87	11.15	
17.12.87	"	"	"		243	967.5 - 969.4 1.9	1.9 100	- -	0.95	14.30	+0.45 m v. KM 242
17.12.87	"	"	"		244	969.4 - 972.7 3.3	3.3 100	- -	2.20	17.30	
17.12.87	"	"	"		245	972.7 - 977.0 4.3	4.3 100	- -	2.15	22.30	+0.75 m ?
18.12.87	"	"	"		246	977.0 - 979.4 2.4	2.15 89.6	0.25 10.4	1.60	1.00	
18.12.87	"	EC	"		247	979.4 - 981.5 2.1	2.10 100	- -	2.10	10.30	WW
18.12.87	"	"	"		248	981.5 - 983.8 2.3	2.20 95.4	0.10 4.3	2.30	22.00	
19.12.87	"	"	"		249	983.8 - 986.9 3.1	3.10 100	- -	1.55	1.10	+0.1 m v. KM 248
19.12.87	"	"	"		250	986.9 - 990.0 3.1	3.05	0.05 1.6	2.07	5.20	
19.12.87	"	"	"		251	990.0 - 991.5 1.5	1.50 100	- -	0.43	11.00	+0.05 m v. KM 250
19.12.87	"	"	"		252	991.5 - 992.0 0.5	0.30 60	0.20 40	0.50	15.30	

An das
KTB-Feldlabor
z.Hd. Herrn Dr. H.-G. Dietrich
D-8486 Windischeschenbach

Betr.: Anforderung von KTB-Probenmaterial

1. Bohrung: KTB-Oberpfalz VB

2. Zuständiger Wissenschaftler:

Name:
Institut:
Straße/Postfach:
Ort:
Telefon: Telex:

3. Förderung durch:
Projektthema:
.....
.....
Kennwort:
Aktenzeichen:
Antragszeitraum:

4. Zielsetzung des Projektes:
Bitte Kurzfassung des Förderungsantrags als Anlage beifügen.

5. Vorgesehene detaillierte Untersuchungen und Arbeitsmethoden:
Kurzfassung:

6. Art des Probenmaterials: bitte hier angeben:
Probenanzahl, -menge, -größe:
Bohrkernprobe O
Bohrkernbruchstück O
Bohrklein/Cuttingsmaterial O
Bohrmehl/Zentrifugenmaterial O
Spülungsproben O
Sonstiges O

Anmerkungen zum Probenmaterial:

7. Herkunft des Probenmaterials:
(Angabe bestimmter Lithol. Einheiten und/oder Teufenbereiche
anhand des geologischen Profils im KTB-Feldlabor-Report)

8. Detaillierte Angaben über den Zustand der Proben nach der Untersuchung:

(Gesteinspulver, Gesteinsaufschlüsse, Flüssigkeiten, Präparat, weiterverwendbare Probenreste, etc.)

9. Auswahl des Probenmaterials:

Es wird allgemein nahegelegt, für die erste Probenauswahl von Bohrkernen, Bohrklein, Spülung usw. zur Bohrlokation zu kommen, um sich über die Gegebenheiten im KTB-Feldlabor ausreichend informieren zu können. Bohrkernmaterial sollte auf jeden Fall vor Ort für die Bearbeitung/Probenverteilung ausgesetzt werden.

10. Verteilung der Probenanforderung:

Das Original der Probenanforderung ist an das KTB-Feldlabor nach Windischeschenbach zu schicken. Kopien der Probenanforderungen sind dem Hauptkoordinator Herrn Prof. Dr. R. Emmermann (Institut für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung, Senckenbergstr. 3, D-6300 Gießen) und Herrn Prof. Dr. H.-J. Behr (Projektleitung KTB, NLfB, Stilleweg 2, D-3000 Hannover 51) zuzusenden.

11. Richtlinien zur Verteilung von Probenmaterial:

Die Richtlinien zur Verteilung von Probenmaterial der Bohrungen des KTB sind einzuhalten. Die Ausführungsbestimmungen werden nach Erscheinen den Antragsstellern zugeschickt.

12. Berichterstattung:

Jeder Wissenschaftler (jede Arbeitsgruppe), der (die) Proben erhält, ist verpflichtet, 6 Monate nach Probenerhalt einen ersten Zwischenbericht zum Fortgang der Arbeiten und nach 1 Jahr einen Ergebnisbericht vorzulegen. Diese Berichte sind in 3-facher Ausfertigung an den Hauptkoordinator Herrn Prof. Dr. R. Emmermann (Adresse s.o.) zu schicken, der die Weiterleitung vornimmt. Erstveröffentlichungen sind für die KTB-Report-Reihe vorzusehen.

13. Zusätzliche Bemerkungen für die Probenanforderung:

Ort: Datum: ../../19..

Unterschrift:

=====
Bearbeitungsvermerke im KTB-Feldlabor:

B. Geologie

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

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



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

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

B. Geologie

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

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



Zusammenfassung

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

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

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

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

Abstract

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

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

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

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

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

B.1 Einleitung

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

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

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

B.2 Anmerkungen zum Litholog

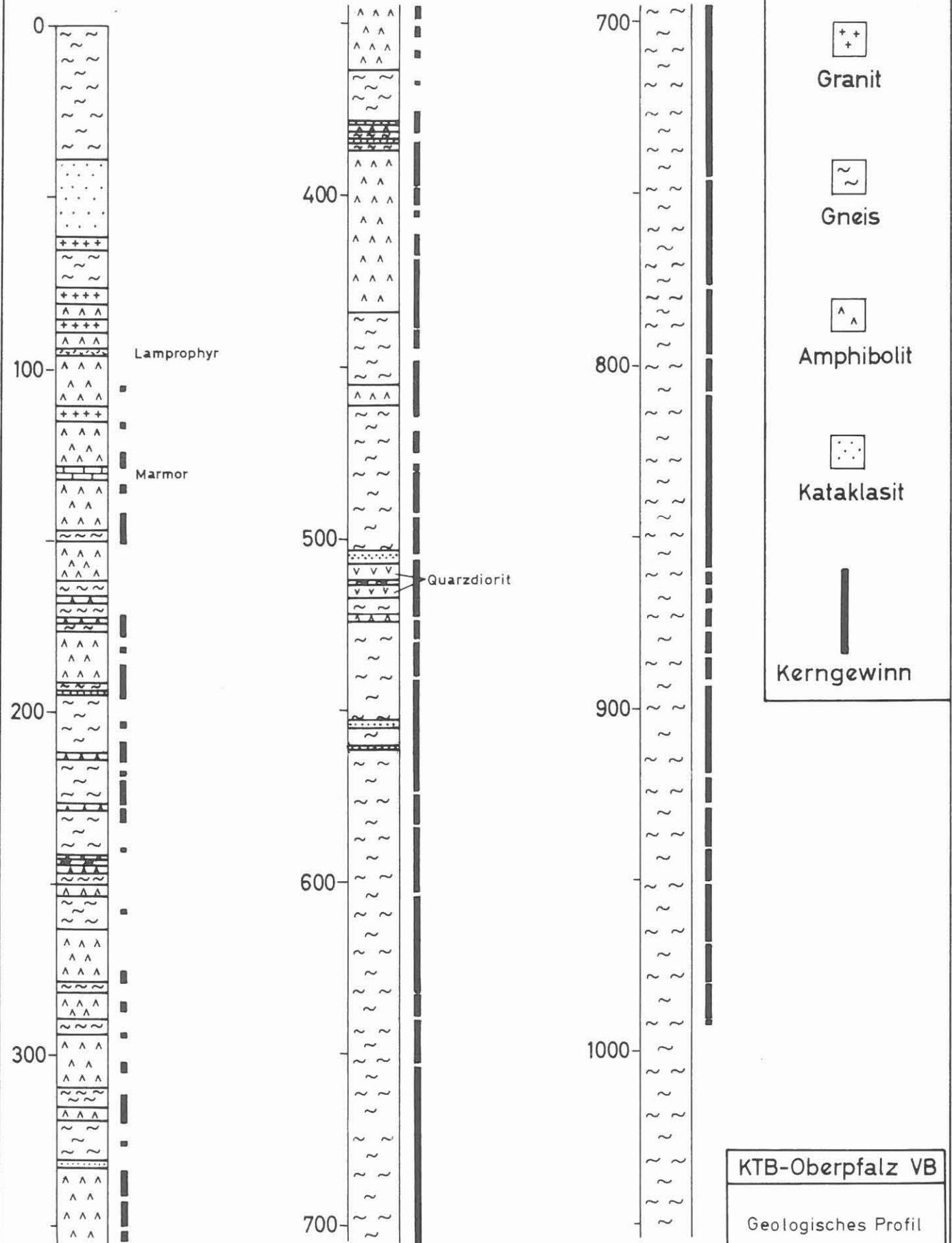
Die Erstellung des Lithologs (Abb. B.2.1, Abb. B.7.1 im Anhang) erfolgte anhand von Beobachtungen und Messungen an Bohrkernen unter Verwendung weiterer Logs (aufgeführt in KTB Report 88-1).

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

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

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

Abb. B. 2.1 GEOLOGISCHES ÜBERSICHTSPROFIL
KTB - OBERPFALZ VB



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

Verschuppung der Gesteinspartien als plausibel erscheinen.

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

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

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

B.3 Petrographie

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

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

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

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

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

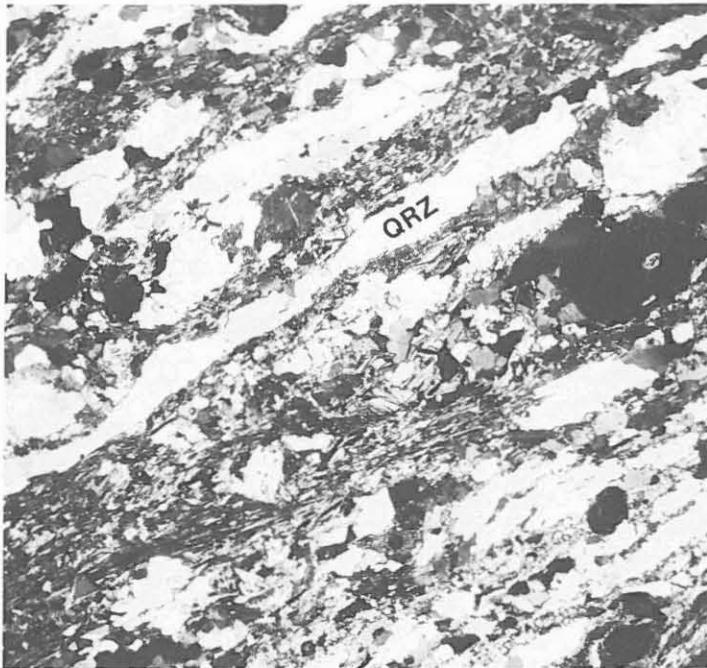


Abb. B.3.1: Strafflagiger Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis mit ausgeprägten Bänderquarzen, einheitlich auslöschend. QRZ = Quarz (Schliff 100B2d, + Nicols, 20-fach)

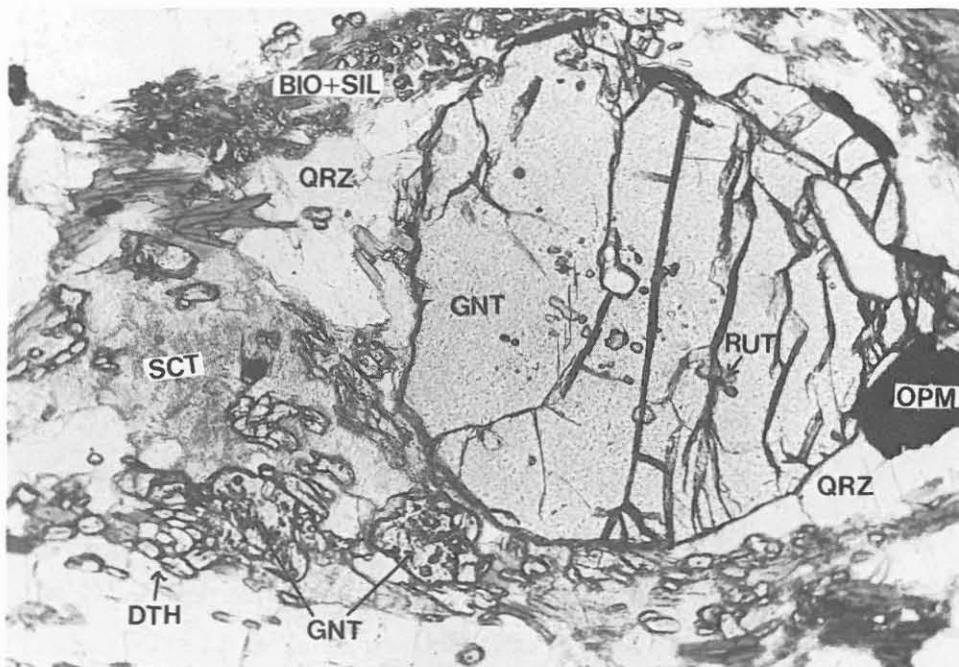


Abb. B.3.2: Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis mit großem, rundlichem Granat mit zentralen Einschlüssen, umflossen von Biotit-Sillimanit-Aggregat und feinkörnig zerfallenem Disthen. GNT = Granat, RUT = Rutil, OPM = Opakmineral (wahrscheinlich Graphit), QRZ = Quarz, DTH = Disthen, SCT = sericitische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

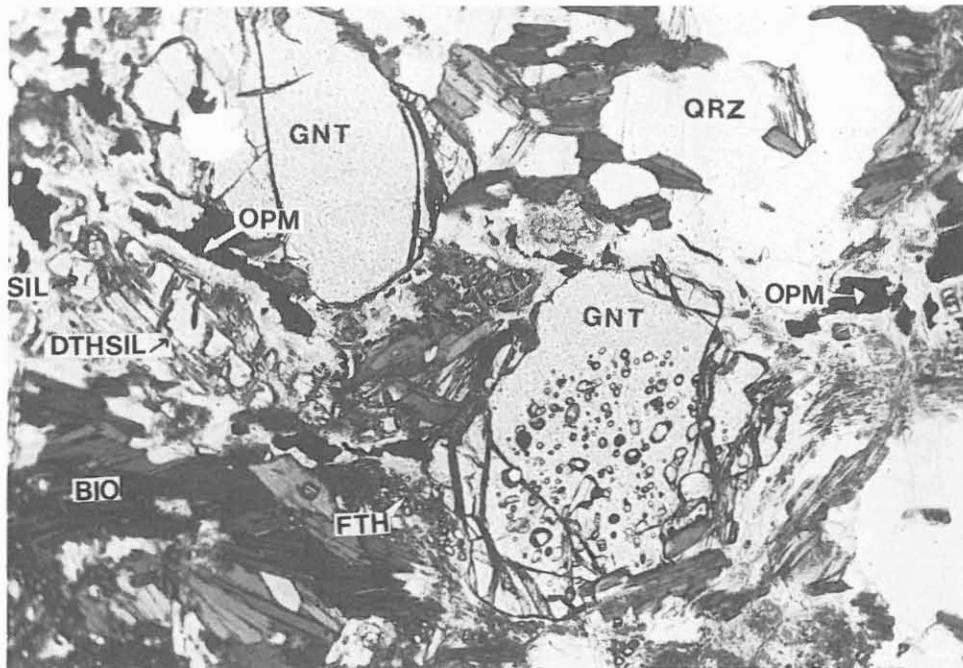


Abb. B.3.3: Einschlußfreies und einschlußreiches Granatkorn in Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis; in der linken Bildhälfte prismatischer Sillimanit und Disthsillimanit. Opakminerale sind von einem Sericitsaum umgeben.
QRZ = Quarz, BIO = Biotit, GNT = Granat, FTH = Fibrolith, SIL = prismatischer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

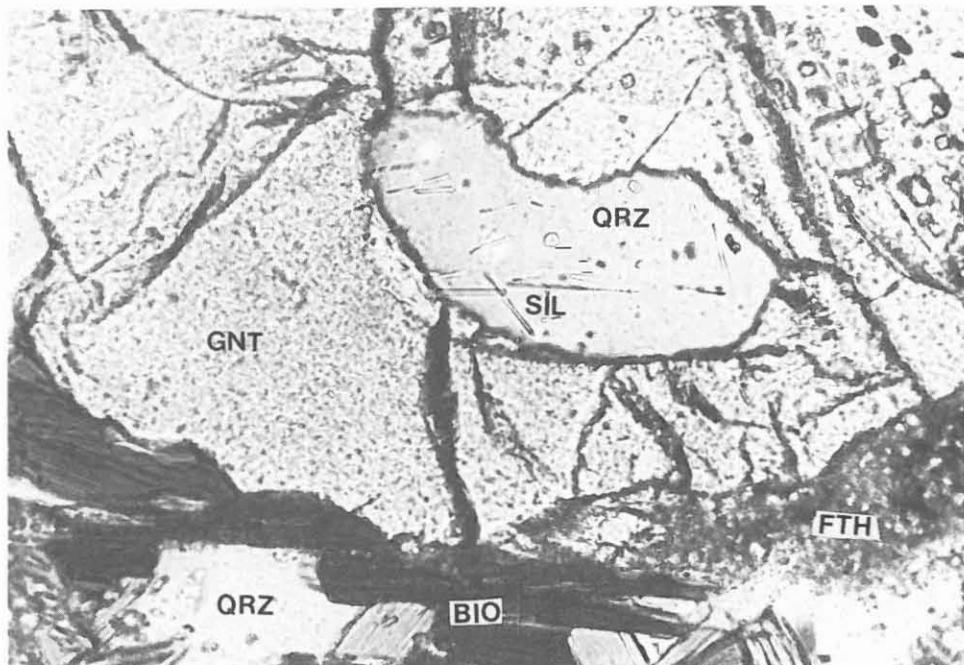


Abb. B.3.4: Quarz-Einschluß mit eingeschlossenen Sillimanitnadeln in Granat, unten rechts Fibrolithsaum, unten links Biotitsaum um Granat. (Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis)
QRZ = Quarz, SIL = Sillimanitnadeln, GNT = Granat, BIO = Biotit, FTH = Fibrolith
(Schliff 97D3h, 1 Nicol, 180-fach)

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

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

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

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

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

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

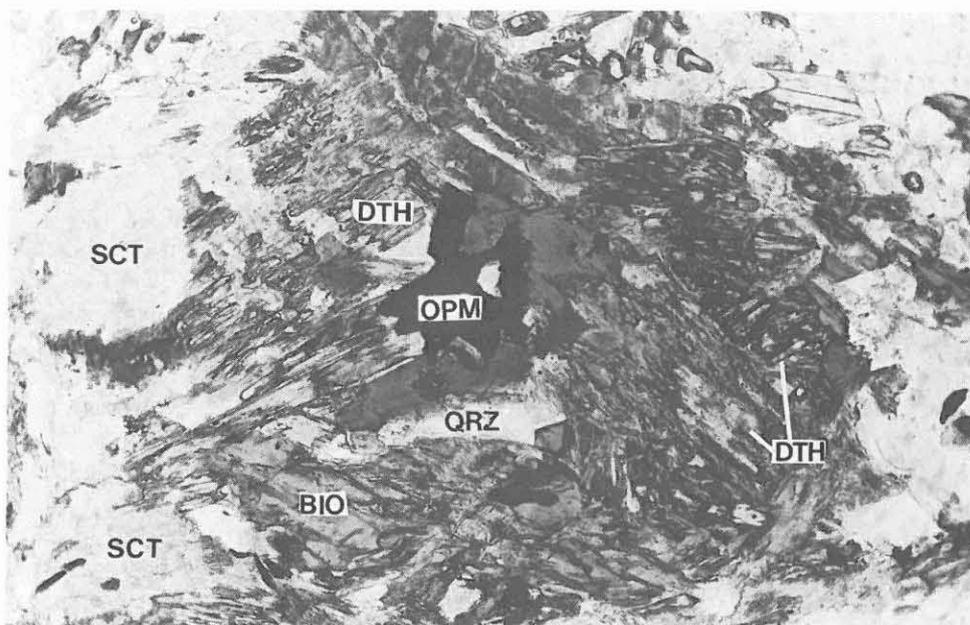


Abb. B.3.5: Rundliches Aggregat aus Biotit, Disthenstengeln (randlich zu einer hellbraunen, sericitischen Substanz alteriert), ?Graphit (opakes Korn im Zentrum), Quarz und feinstschuppigem Sericit (linker Bildrand). (Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis)
SCT = Sericit, BIO = Biotit, QRZ = Quarz, DTH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

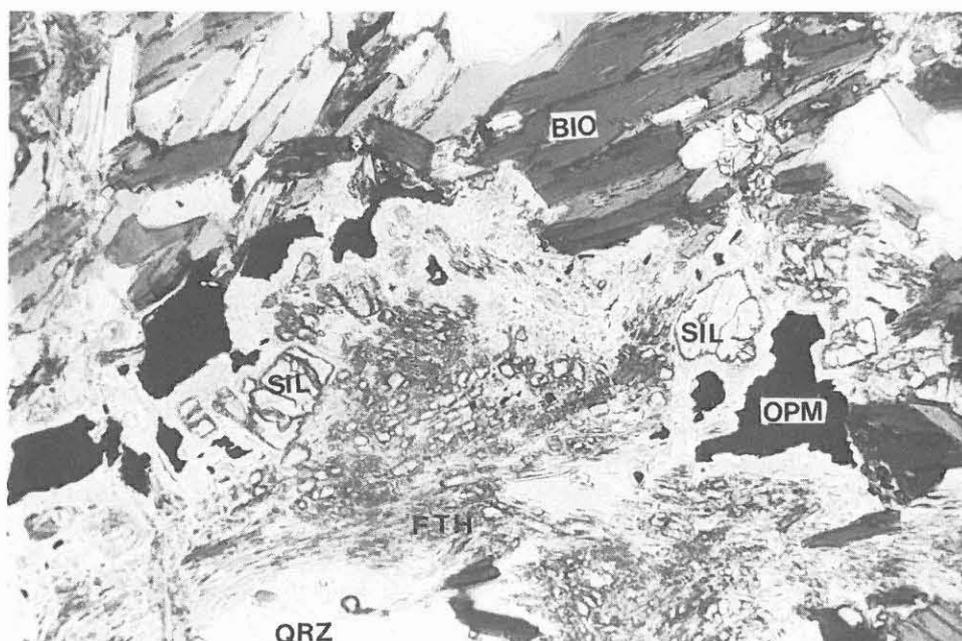


Abb. B.3.6: Prismatischer Sillimanit (Schnitte senkrecht zur c-Achse), teilweise von Fibrolith umwachsen, und Opakminerale mit Sericitsaum. (Disthen-Sillimanit-Granat-Biotit-Gneis)
SIL = Sillimanit, QRZ = Quarz, OPM = Opakmineral, BIO = Biotit, FTH = Fibrolith (Schliff 97D3h, 1 Nicol, 60-fach)

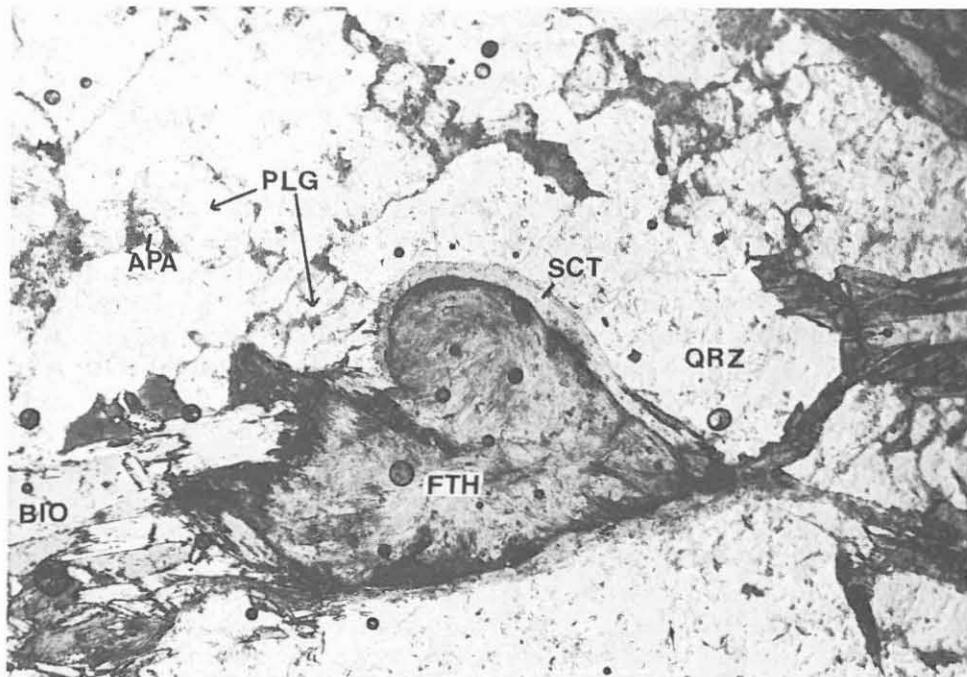


Abb. B.3.7: Fibrolith-Wirbel, randlich in Sericit umgewandelt. (Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis)
APA = Apatit, PLG = Plagioklas, QRZ = Quarz, SCT = Sericitsaum, FTH = Fibrolith, BIO = Biotit (Schliff 215ClyT, 1 Nicol, 15-fach)

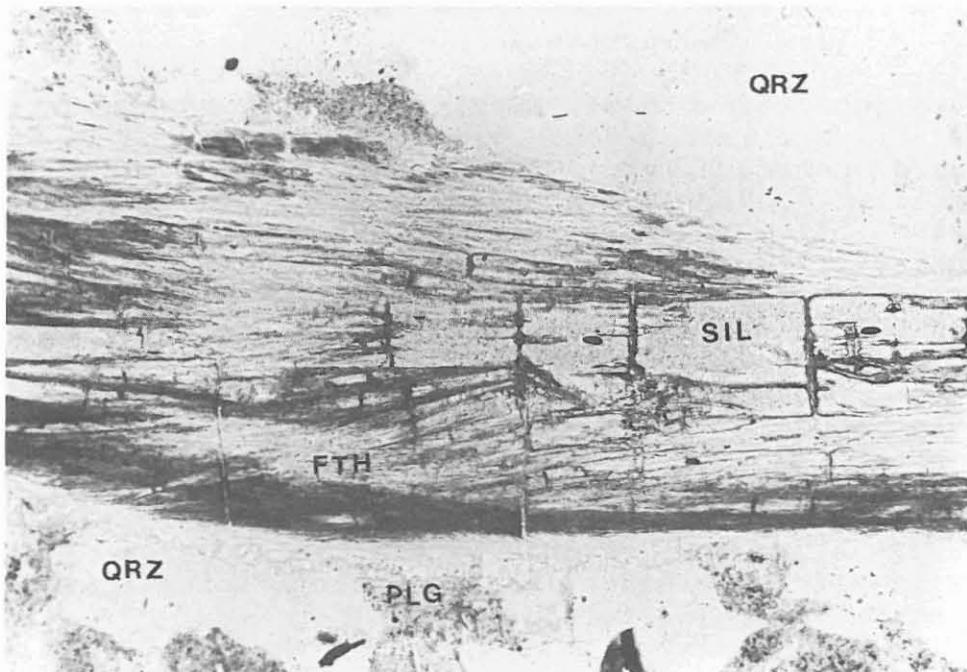


Abb. B.3.8: Prismatischer Sillimanit, der sich in Fibrolith umwandelt; in anderen Bereichen dieses Schliffes ist Fibrolith eng mit Biotit verwachsen. (Granat-Sillimanit-Biotit-Gneis)
SIL = prismatischer Sillimanit, FTH = Fibrolith, QRZ = Quarz, PLG = Plagioklas (Schliff 239A5T, 1 Nicol, 100-fach)

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

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

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

B.3.3 Quarzdioritisches Ganggestein (507.9-516.9 m, Schliffe 82B1gT, 82C1h, 82G1uT, 82H2T, 83B6bT, 84D12a, 280NF (=Nachfall, der beim Abbohren von Kernmarsch 280 am 13.2.1988 auftrat)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Die RDA-Zentrifugenproben weisen etwa 20 % Quarz, 33 % Plagioklas + Sericit, 6 % Biotit, 15 % Amphibol, 15 % Chlorit (aus Biotit und Amphibol), 6 % Calcit und in einer Probe 6 % Klinopyroxen nach. Die Kernprobe 88A1T ergibt 48 % Amphibol, 5 % Titanit und 15 % Chlorit bei nur 7 % Quarz und 21 % Plagioklas. In den RFA-Zentrifugenproben fallen im Vergleich zu den Paragneisen der Anstieg von Fe_2O_3 , CaO, TiO_2 , Cr, Ni, Sr und S sowie die niedrigen Na_2O -Gehalte auf.

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

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

B.3.6 Korrelationen mit mineralogisch-geochemischen Analysen

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

- RFA-Zentrifugenproben: Von 764 bis 766 m (2 m Probenintervall) steigen sprunghaft die Gehalte an MgO , Fe_2O_3 , MnO , P_2O_5 , Cr, Ni und Cu, während die Gehalte an SiO_2 und Na_2O drastisch sinken.

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

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

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

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

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

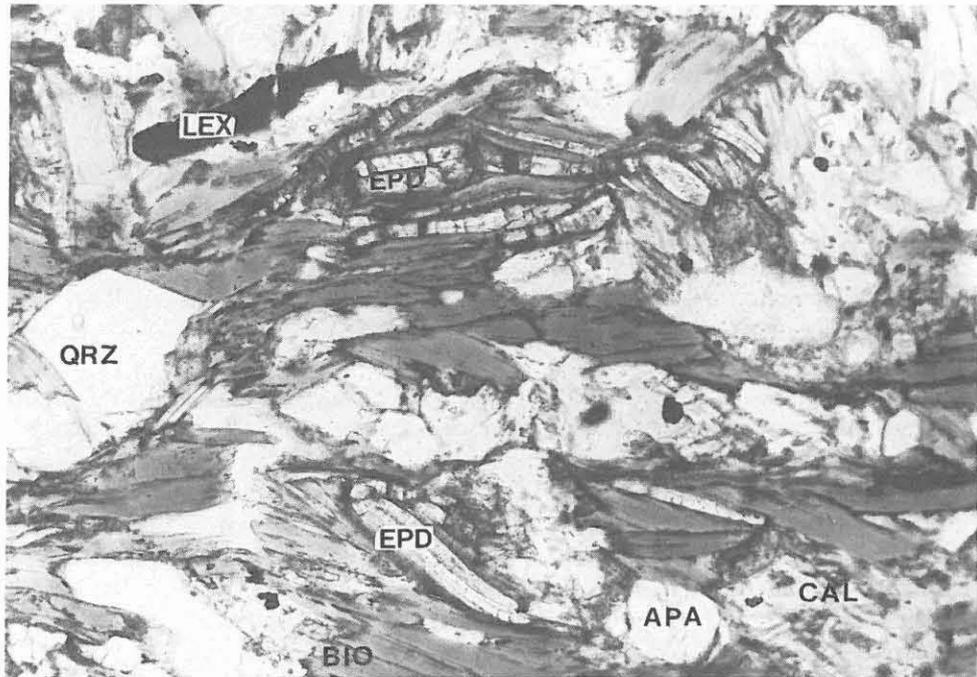


Abb. B.3.9: Stengelige, teilweise verbogene Epidot-/Klinozoisitkristalle sind eng mit Biotit parallel zu dessen Spaltbarkeit verwachsen. (feinkörniges, hornblende-führendes, biotitreiches Band)
APA = Apatit, CAL = Calcit, QRZ = Quarz, LEX = Leukoxen, EPD = Epidot-/Klinozoisit (Schliff 114C6mII, 1 Nicol,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

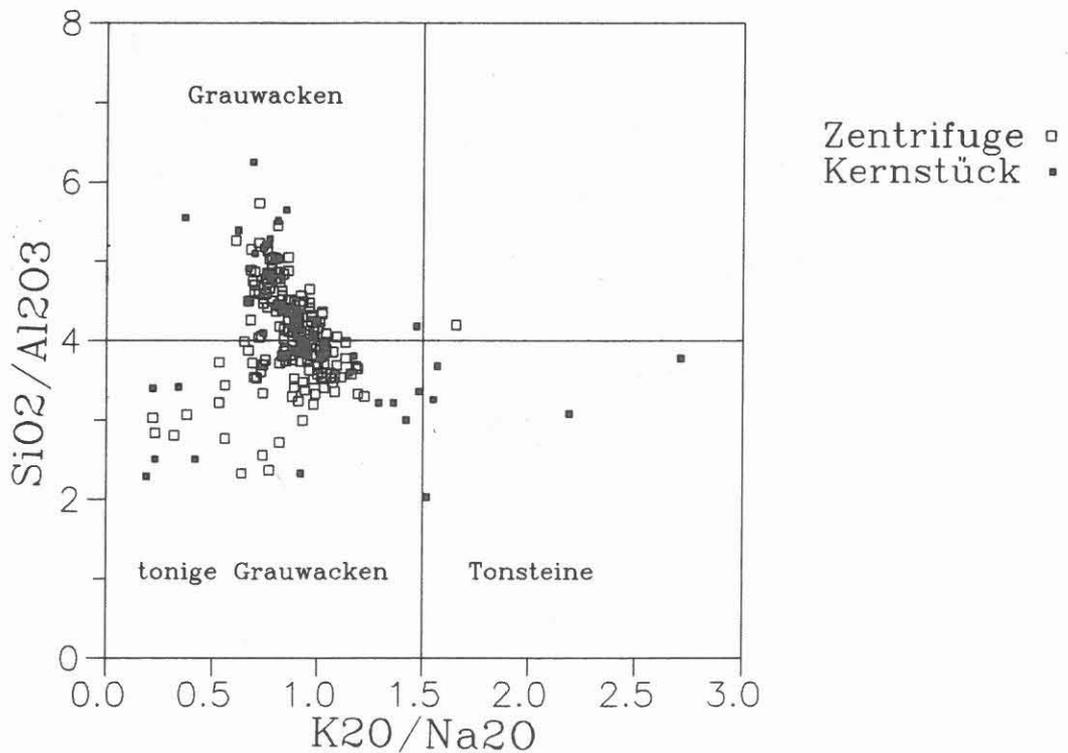


Abb. B.3.10: Eduktendiagramm für (Meta)-Sedimente nach WIMMENAUER (1984); eingetragen sind alle Zentrifugen- und Kernproben aus diesem Teufenbereich (auch Quarzdiorit und Amphibolit).

Chlorit/(Chlorit+Biotit)

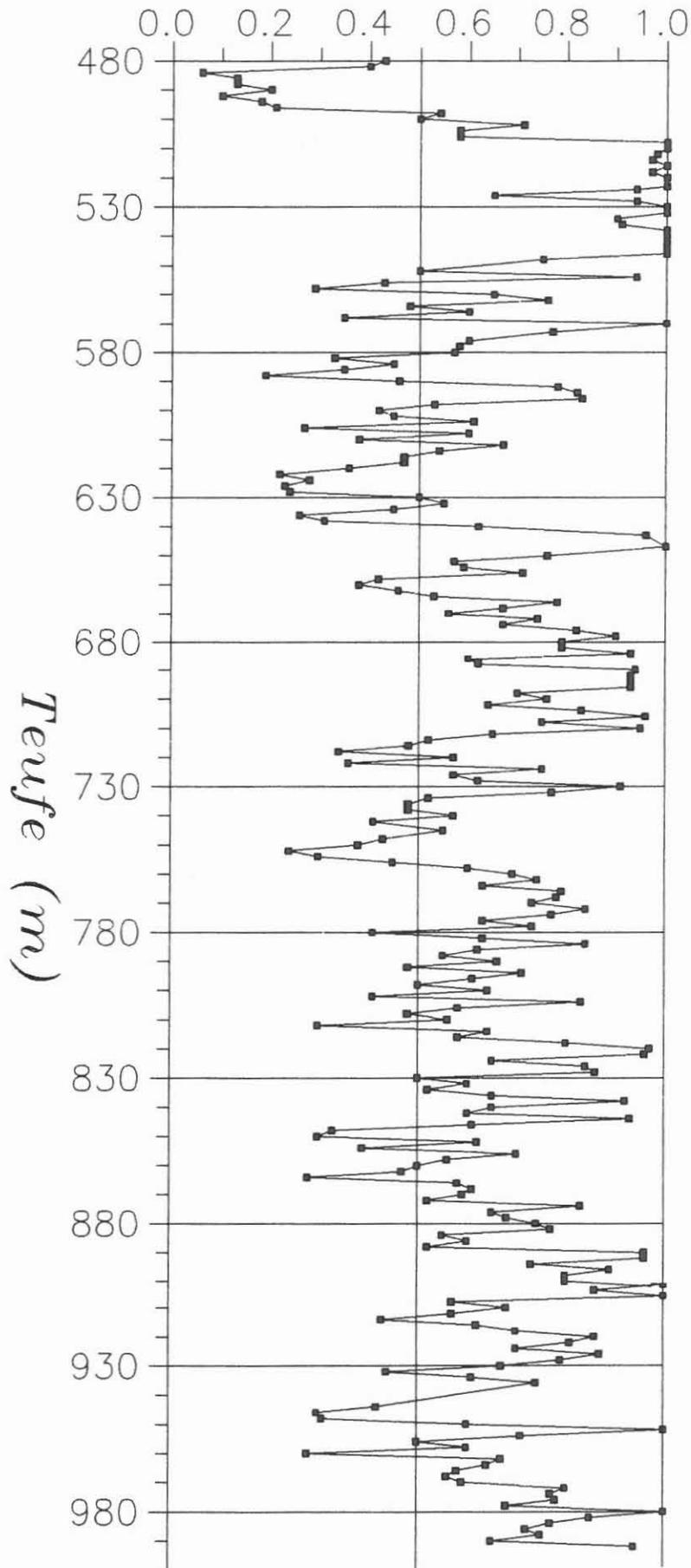
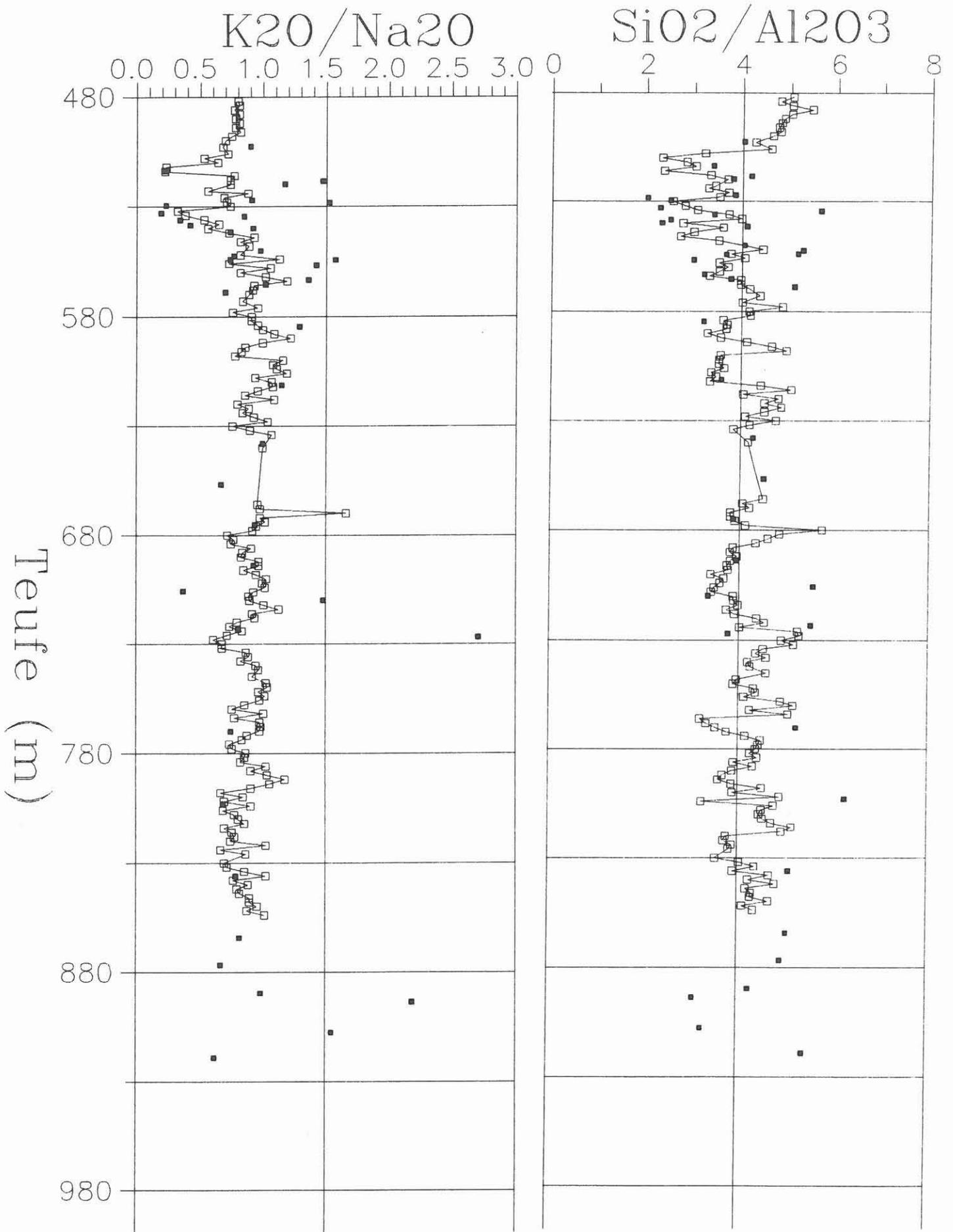


Abb. B.3.11: Tiefenlog von Chlorit/(Chlorit+Biotit) aus RDA-Analysen als Maß für den Alterationsgrad der Gesteine.



Zentrifuge □
Kernstück ■

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

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

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

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

B.4 Erzmineralisation

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kupferkies konnte makroskopisch selten beobachtet werden. Er

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

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

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

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

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

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

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

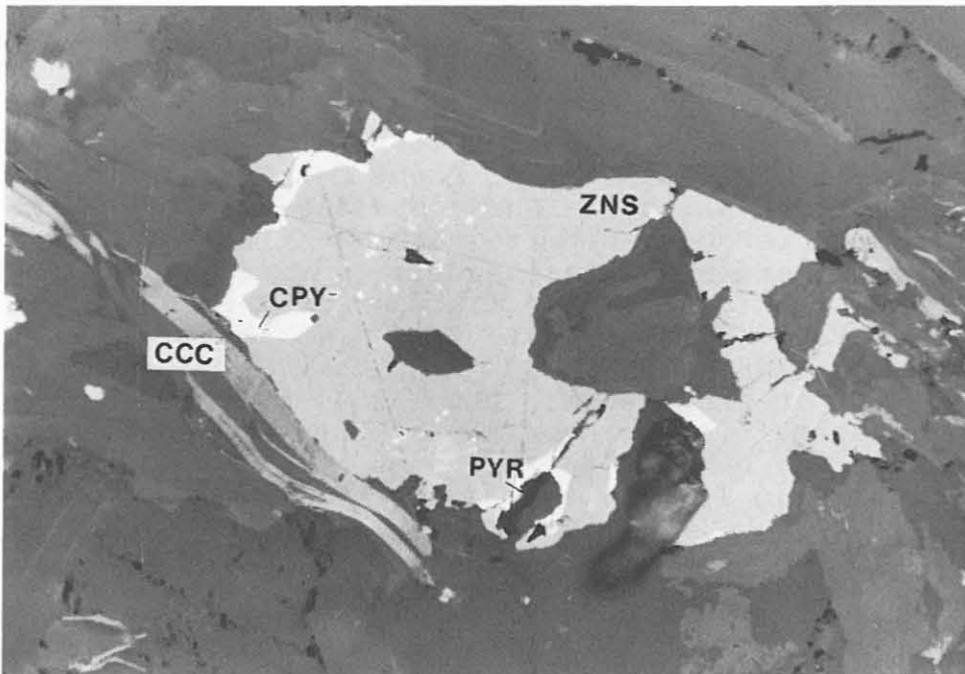


Abb. B.4.1: Zinkblende-Aggregat (ZNS) mit feinen Kupferkies-Einschlüssen (CPY) und randlichen Anwachsungen (Verdrängungen ?) von Kupferkies und Pyrit (PYR) neben nur wenig deformiertem, leistenförmigem Graphit (CCC) in einem feinkörnigen granatführenden Biotitgneis (Anschliff 95A2cT, ca. 539.8 m, 250fach,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

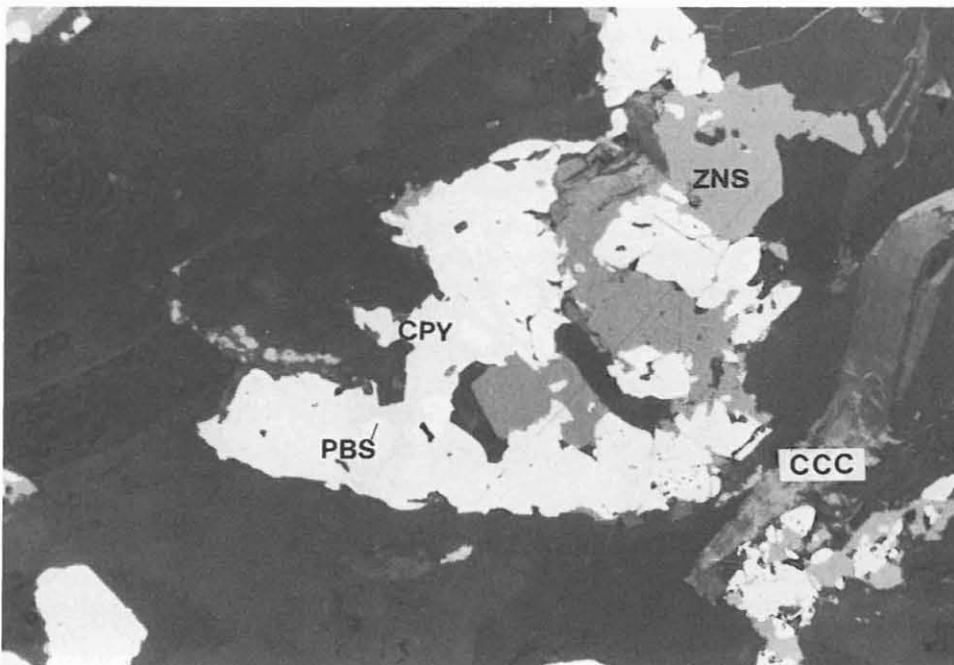


Abb. B.4.2: Enge Verwachsung von Zinkblende (ZNS) mit Kupferkies (CPY) und Bleiglanz (PBS); rechts unten leistenförmiger Graphit (CCC) (Anschliff 95A1cT, ca. 539.8 m, 250fach, Luft, 1 Nic.)

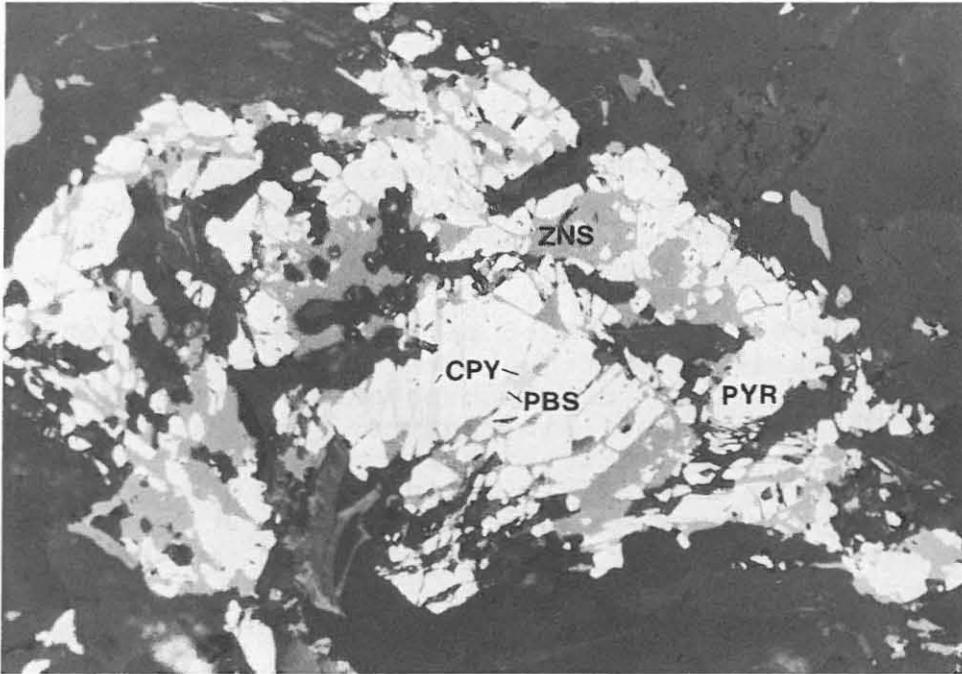


Abb. B.4.3: Verdrängung von Pyrit (PYR) durch Zinkblende (ZNS) Kupferkies (CPY) und Bleiglanz (PBS) in einem feinkörnigen granatführenden Biotitgneis (Anschliff 95A1cT, ca. 539.8 m, 200fach, Luft, 1 Nic.)

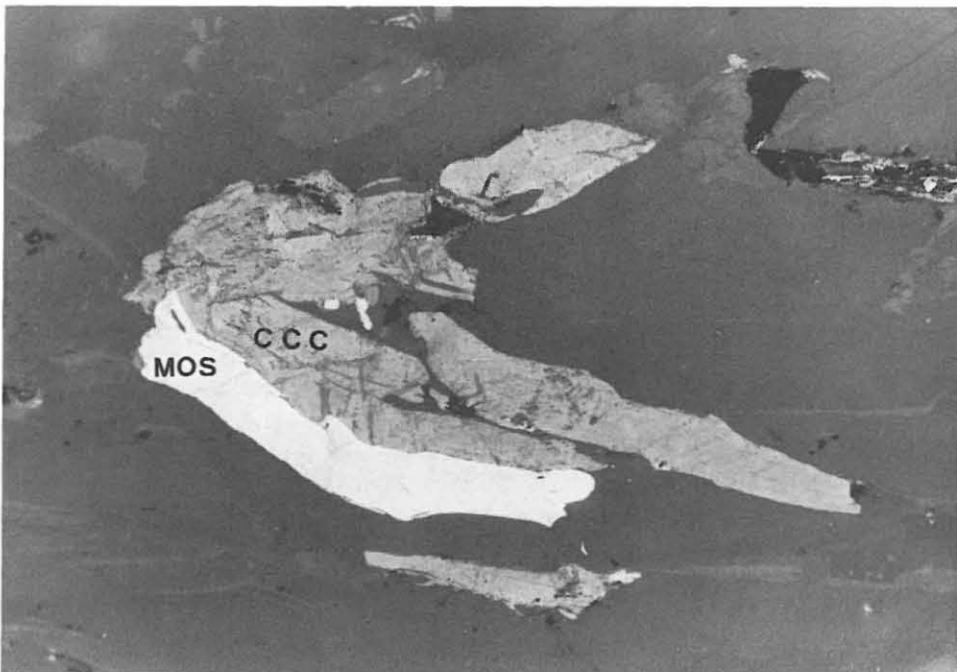


Abb. B.4.4: Anlagerungen von Molybdänglanz (MOS) an wenig deformierten Graphit (CCC) (Anschliff 95A1cT, ca. 539.8 m, 250fach, Luft, 1 Nic.)

aggregate finden sich neben Rutil.

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

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

B.5 Strukturgeologie

B.5.1 Einleitung

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

B.5.2 Makrogefüge

B.5.2.1 Lagengefüge

B.5.2.1.1 Metamorpher Lagenbau

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

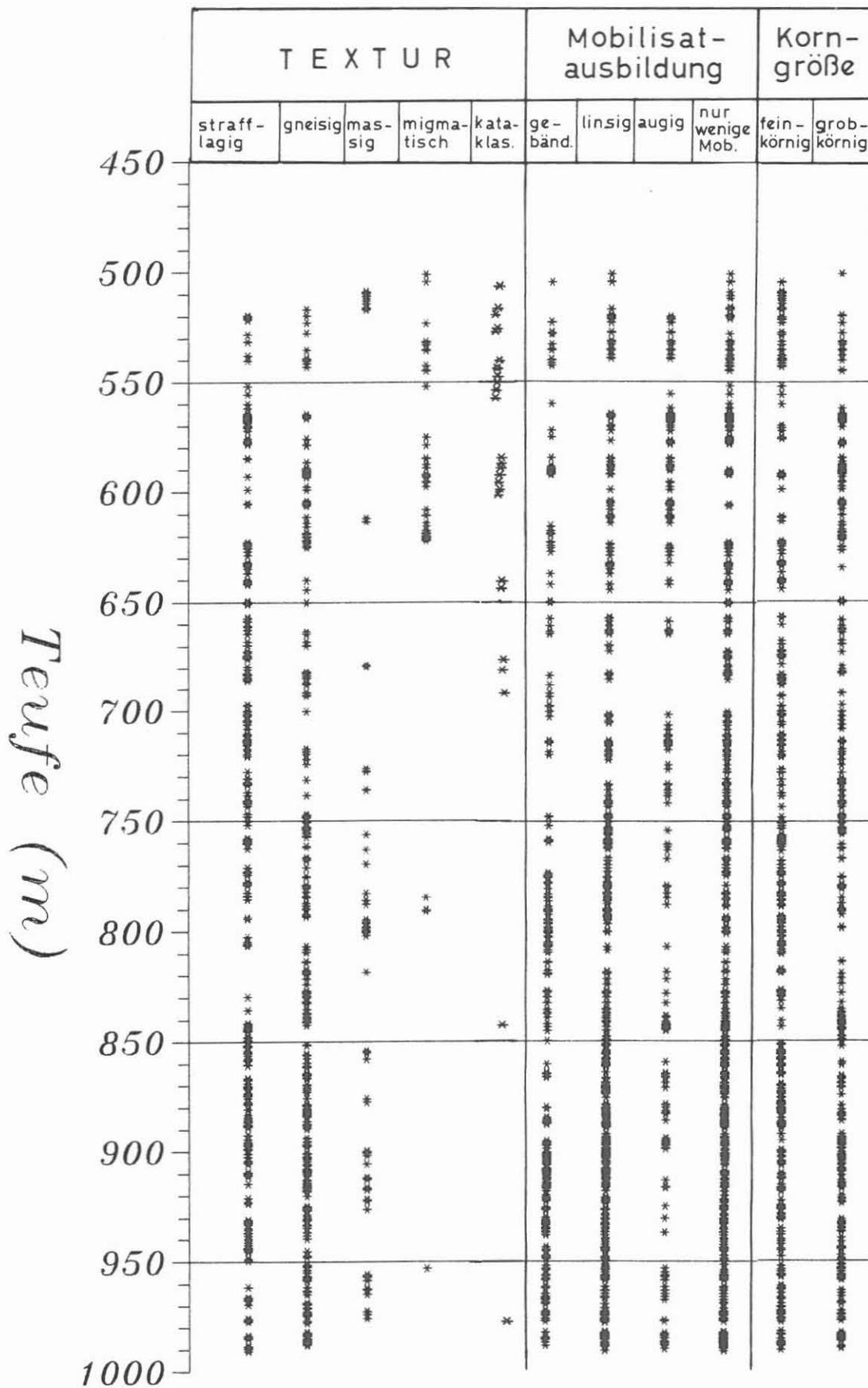


Abb. B.5.1: Kombiniertes Übersichtsprofil der Ausbildung von Textur, Mobilisaten und Korngröße nach der Auswertung der Kernabwicklung (zur Methode der Kernabwicklung vgl. KTB Report 88-1).

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

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

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

B.5.2.1.2 Kataklastische Scherzonen

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

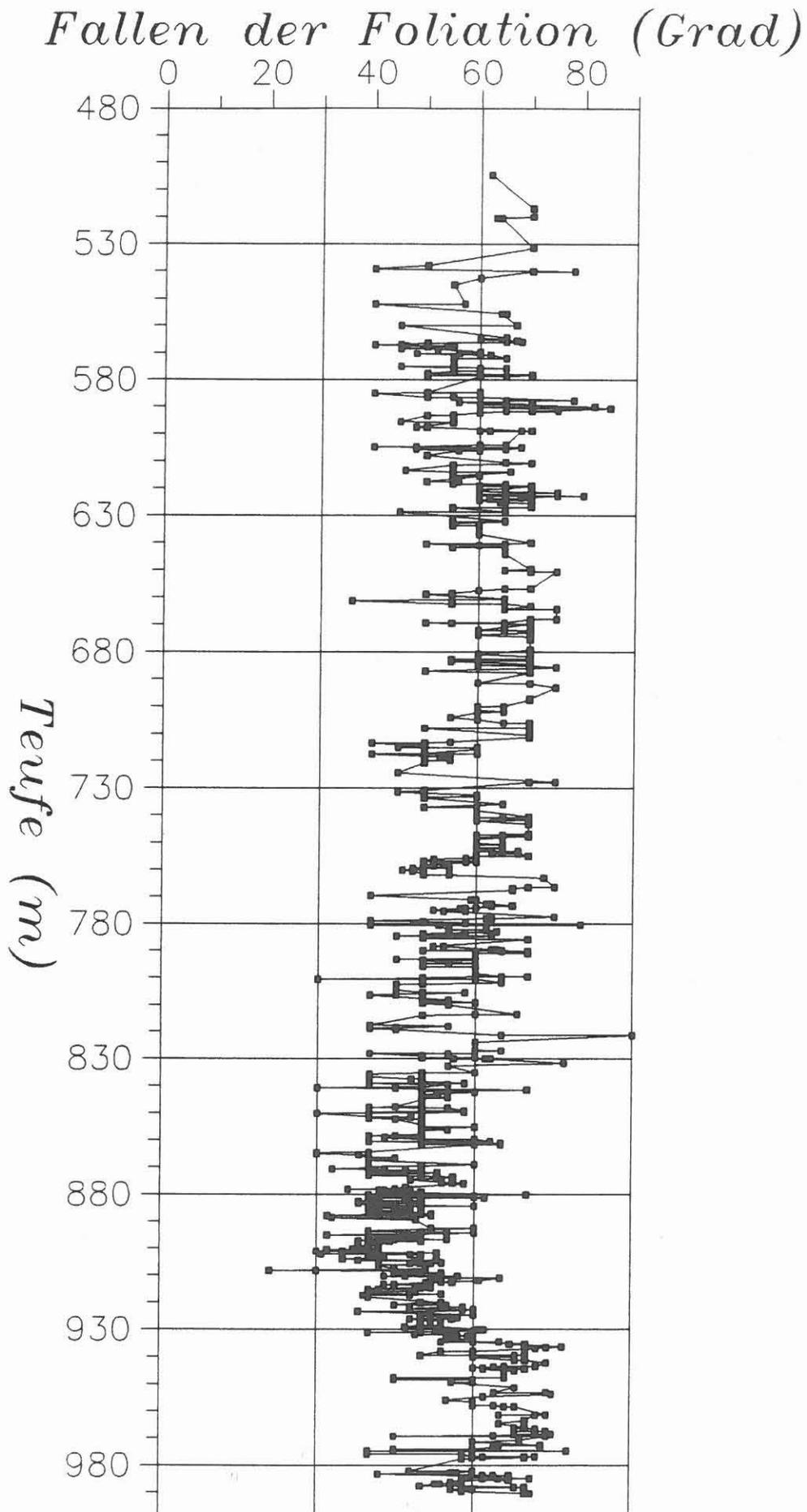


Abb. B.5.2: Einfallswerte der Foliation zwischen 480 und 1000 m.

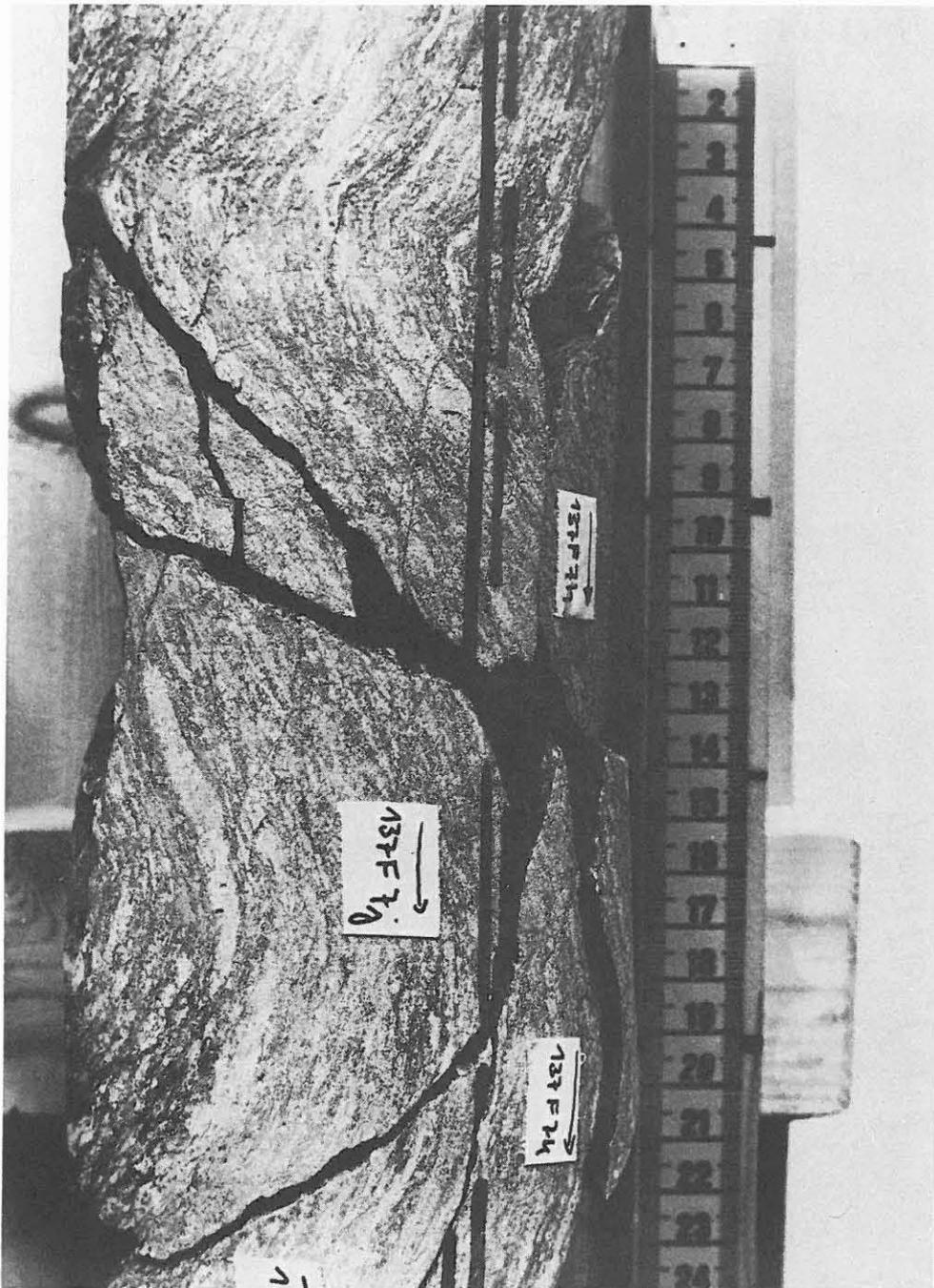


Abb. B.5.3: Weitspannige Verfaltung des metamorphen Lagenbaus um horizontale Faltenachsenflächen. Die Faltung erfolgte nach der Steilstellung des metamorphen Lagenbaus unter der Wirkung gravitativer Spannungen im Verlauf postmetamorpher Extensionstektonik. (Kerstücke 137F7g-1, 697.9 m)

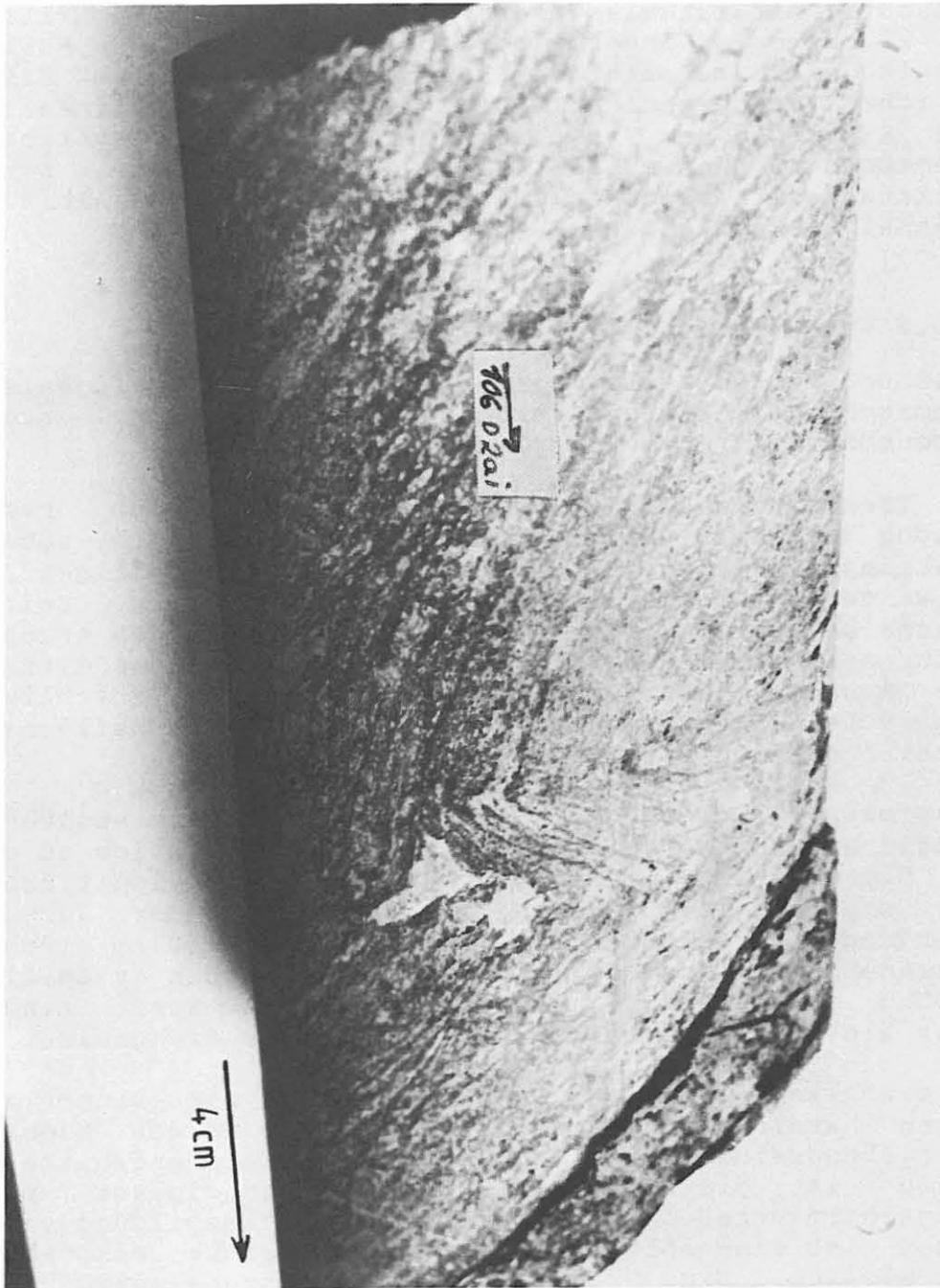


Abb. B.5.4: Abschiebende Knickzone mit schwach geneigten Knickflächen. Wenige Zentimeter darunter eine kataklastische, abschiebende Scherzone mit ähnlicher Raumlage wie die Knickzone. (Kernstück 106D2ai, 571.9 m)

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

B.5.2.2 Trennflächengefüge und Lineationen

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

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

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

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

B.5.2.3 Faltenstrukturen

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

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

B.5.2.4 Mikrogefüge

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

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

B.5.2.5 Rückorientierung

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



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

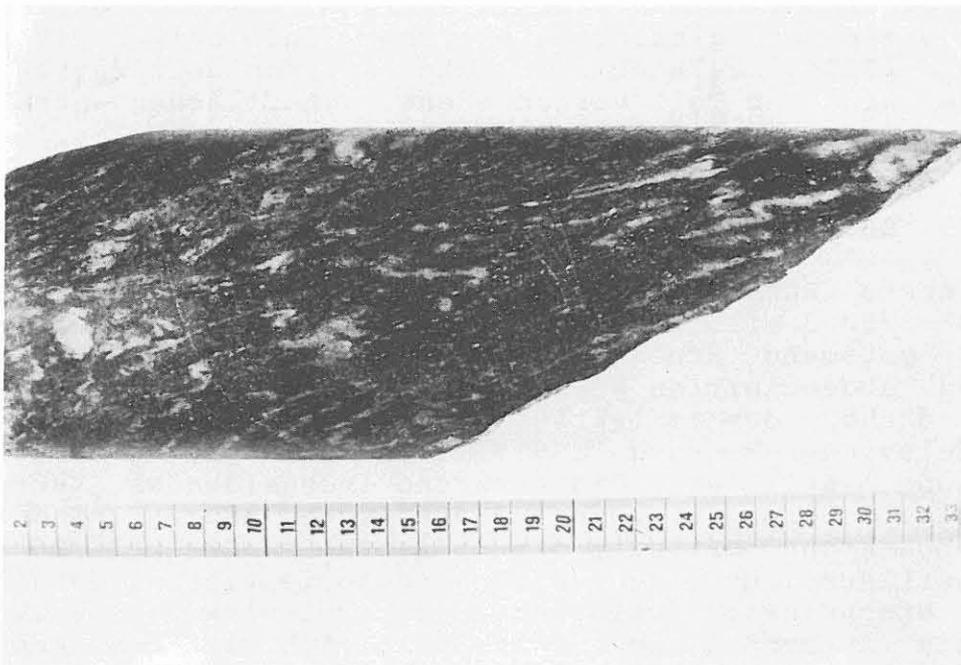


Abb. B.5.6: Monokline Kleinfältelung von Mobilisaten in einem feinkörnigem Granat-Sillimanit-Biotit-Paragneis (Kernstück 164C1s, 790.3 m).

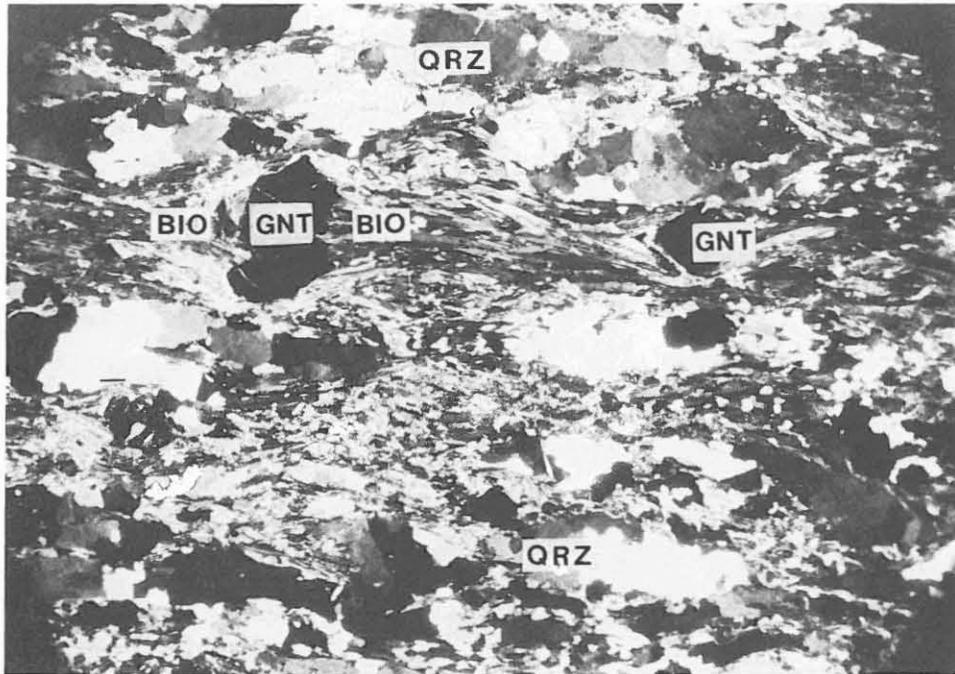


Abb. B.5.7: Langgestreckte Quarzaggregate (QRZ) und Biotitzöpfe (BIO) um Granat (GNT) deuten einen protomylonitischen Lagenbau im Paragneis an. (Schliff 109C10d, 584.6 m, + Nicols, 12.5-fach)

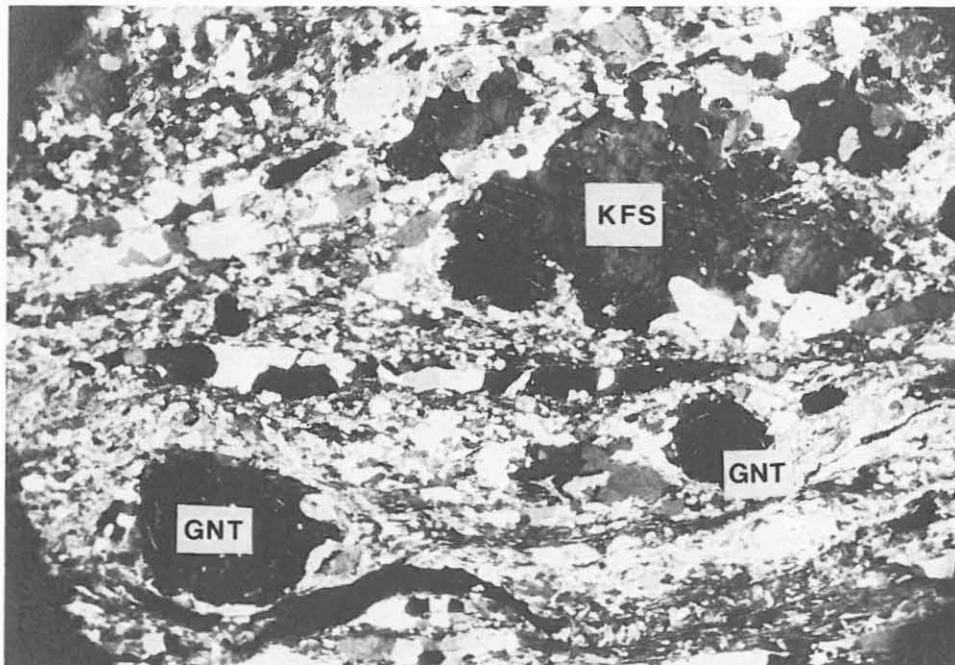


Abb. B.5.8: Protomylonitisches Paragneisgefüge. Augenförmiger Kalifeldspat-Porphyroklast (KFS) und runde Granate (GNT) werden von langgestreckten Quarzzeilen (QRZ) umflossen (Schliff 102A1aT, 556.8 m, + Nicols, 12.5-fach).

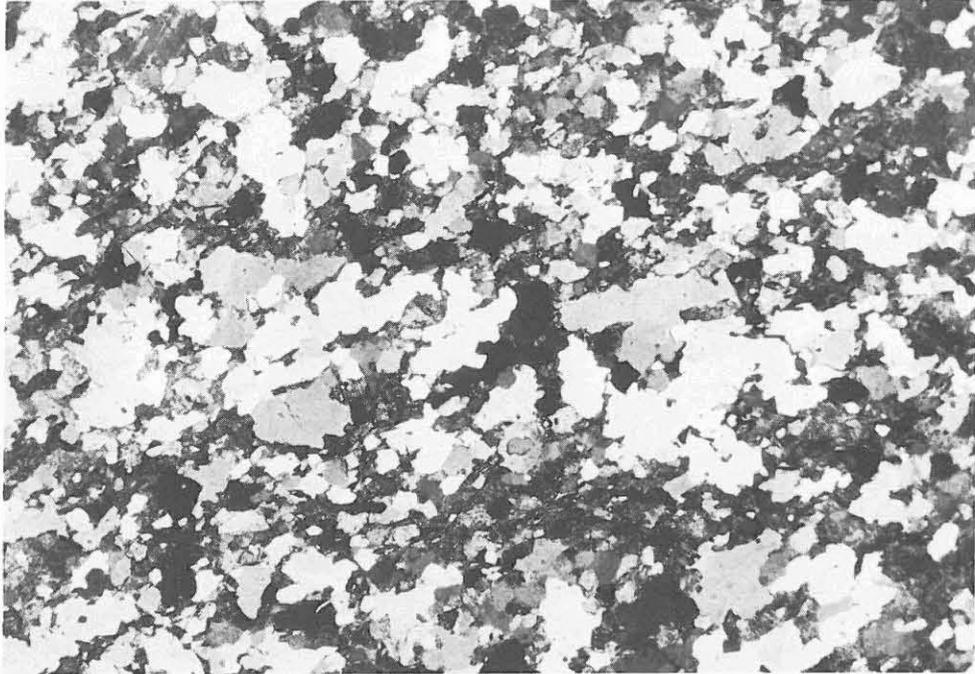


Abb. B.5.9: Sekundär rekristallisiertes Quarz-Korngefüge. Die Quarze zeigen unregelmäßige Kornformen und polygonale, schlecht equilibrierte, konkav-konvexe Korngrenzen (Schliff 145E3wT, 726.9 m, + Nicols, 16-fach).

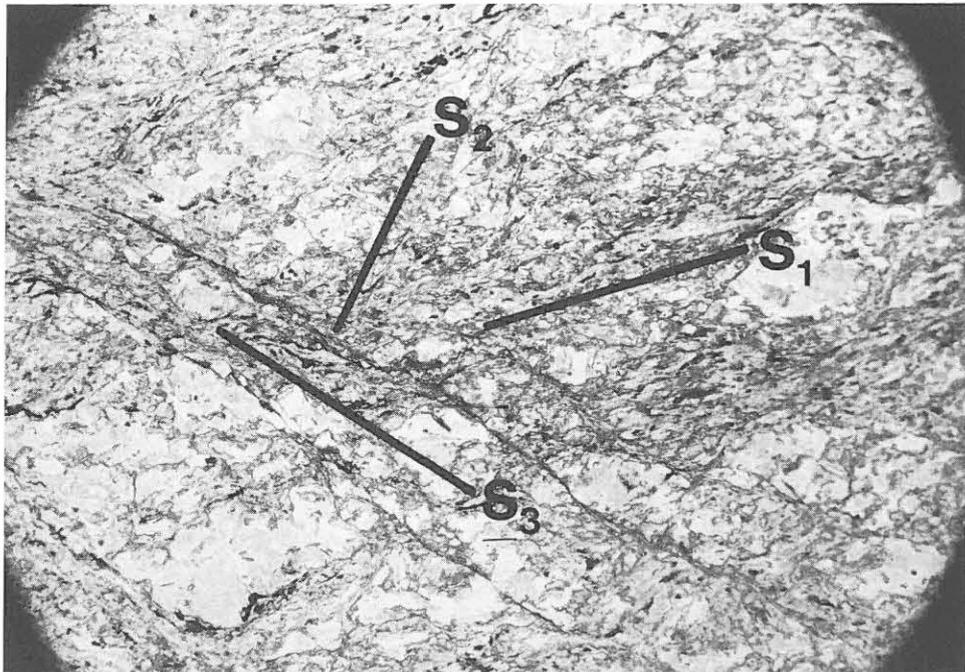


Abb. B.5.10: Kataklastisch überprägtes Paragneisgefüge. Verschieden alte Scherflächengenerationen (s_{1-3}) sind zu erkennen (Schliff 82B1gT, 507.9 m, 1 Nicol, 12.5-fach).

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

B.5.2.6 Strukturaufnahme

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

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

Die Korngrößenangaben sind geschätzt.

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

Danksagung

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

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

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

B.6 Schriftenverzeichnis

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

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

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

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

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

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

B.7 Anhang

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

Erläuterungen zum geologischen Profil

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

Spalte	Erläuterung
GAMMA-RAY	In der Kurve GAMMA-RAY ist die natürliche Gamma-Strahlung der durchbohrten Gesteine in API-Einheiten angegeben. Sie ist ein Maß für den Gehalt an Kalium, Uran und Thorium im Gestein, den einzigen natürlich vorkommenden radioaktiven Elementen.
KALIBER	Die Kurve KALIBER zeigt den Bohrlochdurchmesser an. Der Außendurchmesser der Bohrkronen beträgt 152 mm (6"). GAMMA-RAY und KALIBER sind Bohrlochmessungen.
LITHOLOGIE	Gesteinsname und seine graphische Darstellung
FOLIATION	Das Einfallen der Foliation in Grad ist als Zahl und zur Veranschaulichung als Graph angegeben.
ALTERATION/ STÖRUNGEN	Nach der Cutting- und Dünnschliffanalyse wurde ein qualitativer Alterationsgrad nach folgendem Schema festgelegt: 1 = frisches Gestein 2 = schwach alteriertes Gestein 3 = deutlich alteriertes Gestein 4 = völlig alteriertes Gestein Die Grenze unterschiedlich alterierter Gesteine ist durch eine Wellenlinie markiert. Über und unter ihr ist der entsprechende Alterationsgrad angegeben. Störungen, die am Kern beobachtet wurden, sind durch eine gerade Linie dargestellt.
KERNMARSCH	Ein Kernmarsch ist ein während der Seilbohrkernphase maximal 6 m langer Bohrkern, der in einem Arbeitsgang abgebohrt und dann übertage gebracht wird. Kommt weniger Kernmaterial zu Tage als abgebohrt wurde, wird der fehlende Teil als VERLUST bezeichnet. Die über Tage

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

KLÜFTIGKEITS-
ZIFFER

Für die Korrelation mit dem Bohrfortschritt, den Auskesselungsbereichen oder verschiedenen Bohrparametern wurden am Kern die Anzahl der Klüfte pro Meter (=Klüftigkeitsziffer) bestimmt. Gezählt wurden ebene Trennflächen, an denen der Kern bereits zerbrochen war oder an denen er in Kürze zerbrechen würde (latente Klüfte). Zur besseren Übersicht ist die Klüftigkeitsziffer in Abb. B.7.2 in komprimierter Form dargestellt.

STRUKTUR-
AUFNAHME

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

PROBEN

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

Zentrifuge RDA/RFA: An den markierten Stellen liegen Röntgen-Fluoreszenz-Analysen von Haupt- und Spurenelementen vor. Der modale Mineralbestand wurde durch quantitative Röntgen-Diffraktometer-Analysen ermittelt. Das Analysenmaterial ist eine Bohrmehlprobe. Sie wird durch Zentrifugieren der zutage gefördert Bohrspülung gewonnen.

Anschliffe: An diesen Stellen liegen polierte Anschliffe für die Erzmikroskopie vor. Teilweise wurden Kernstücke, teilweise Cuttings (Bohrklein) zur Schliffherstellung benutzt.

Kernstücke RDA/RFA: Wie Zentrifuge RDA/RFA nur wurden hier Kernstücke analysiert.

Dünnschliffe: An diesen Stellen liegen Gesteinsdünnschliffe für die Durchlicht-Polarisations-Mikroskopie vor. Sie wurden von Kernbruchstücken hergestellt.

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

Signaturen:

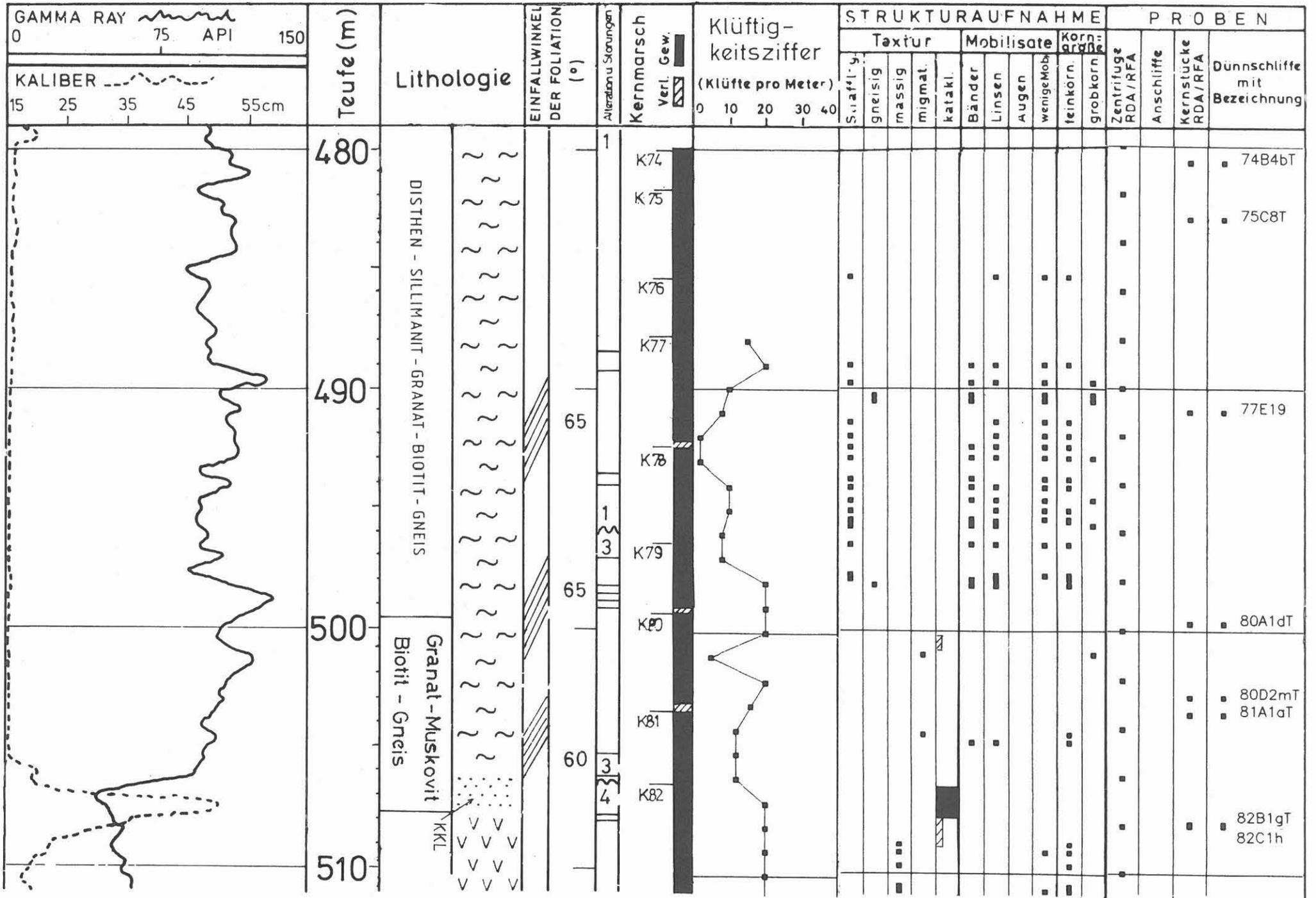
Lithoprofil

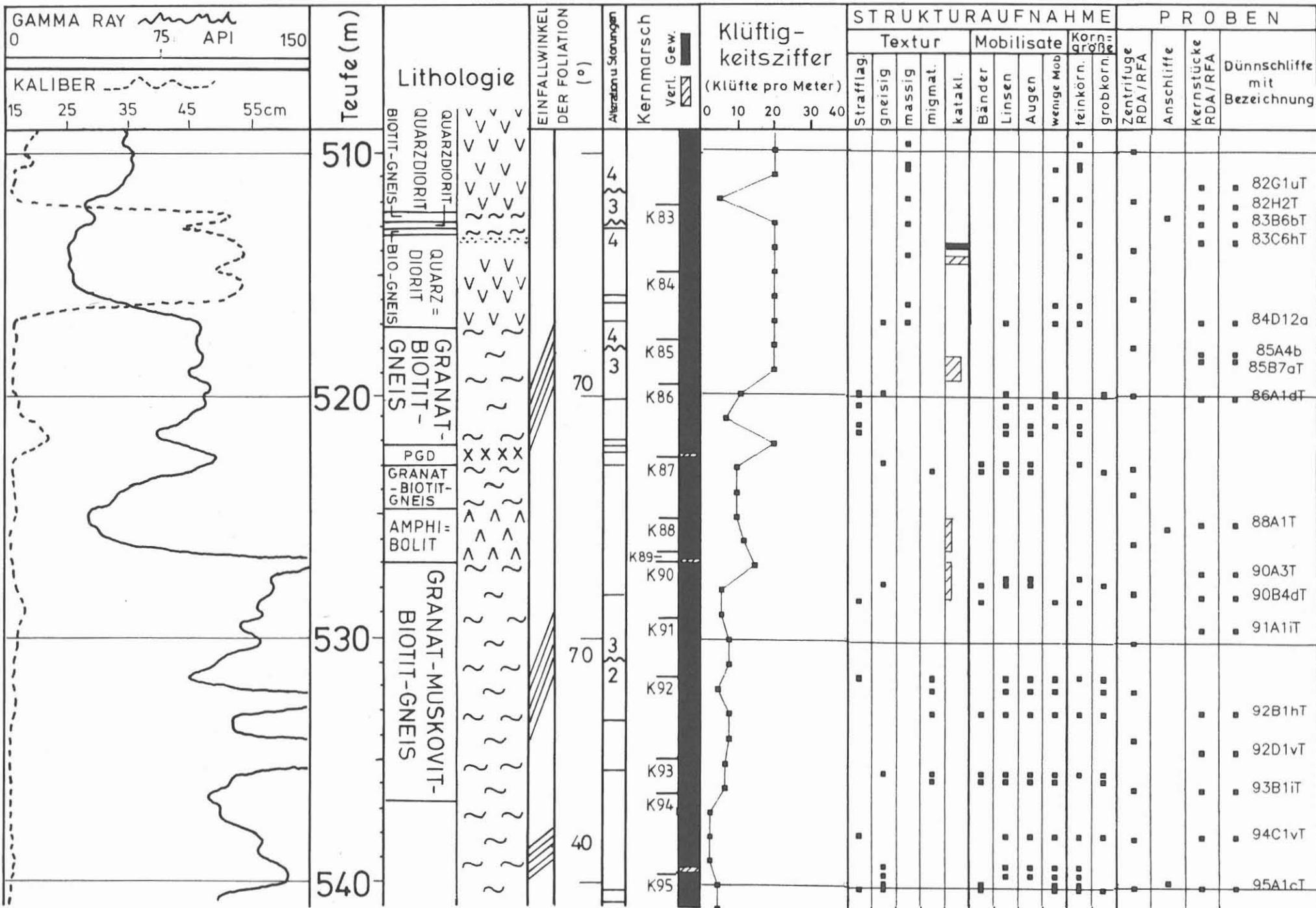
Biotitgneis	
Amphibolit	
Quarzdiorit	
Pegmatoid	
Kataklasit	

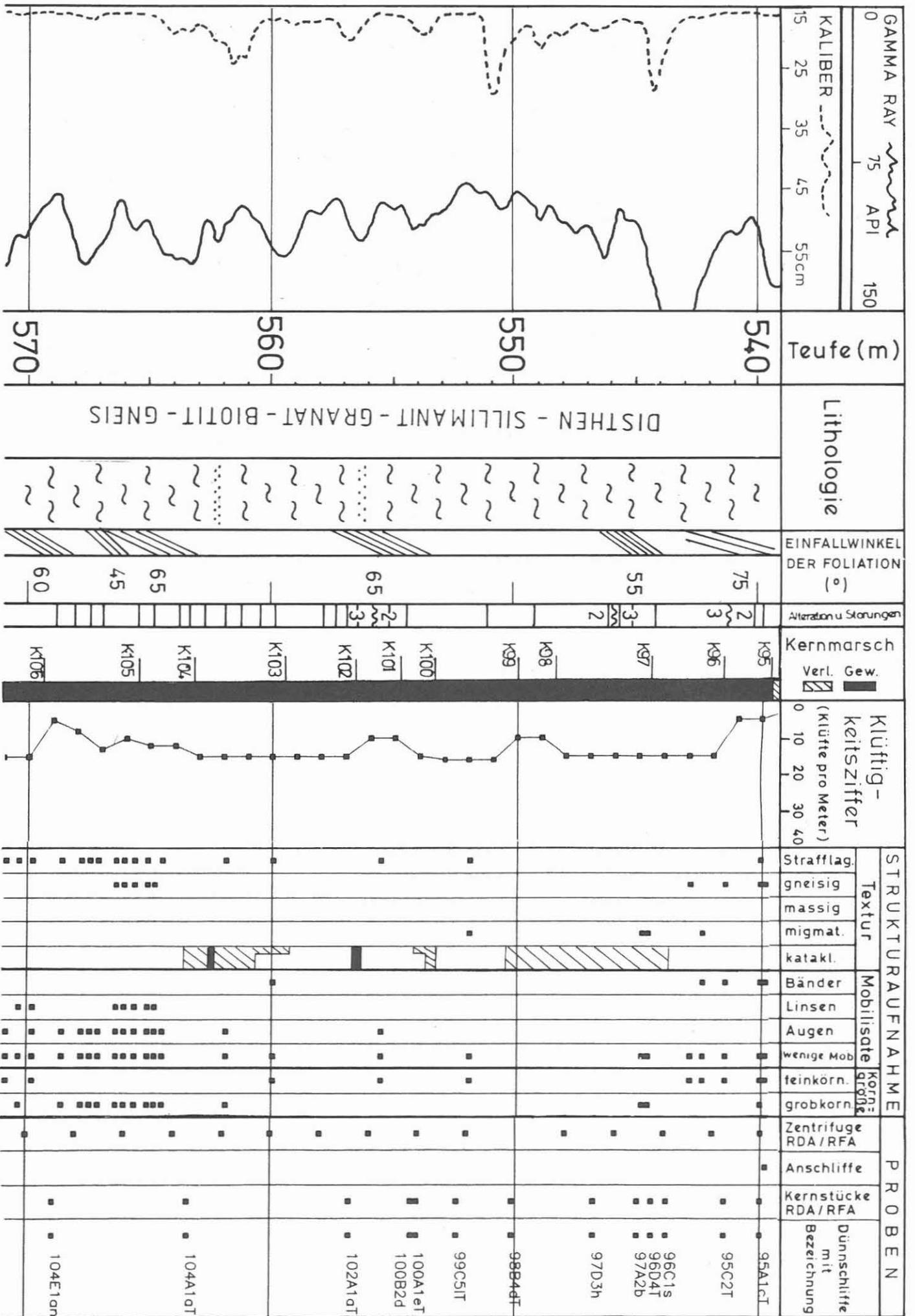
Strukturaufnahme

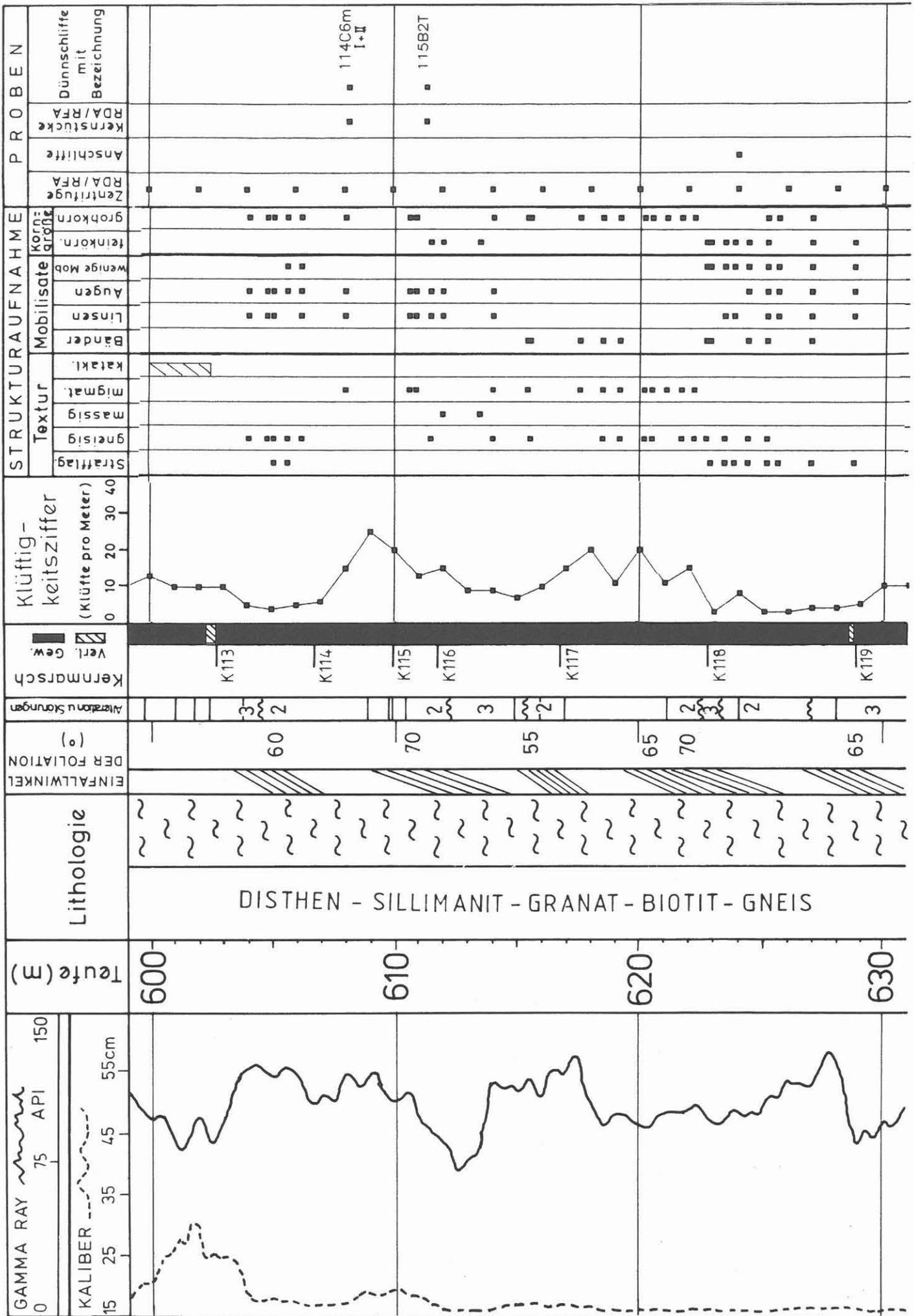
schwach kataklastisch	
kataklastisch	
stark kataklastisch	
vollständig kataklastisch (Kataklasit)	

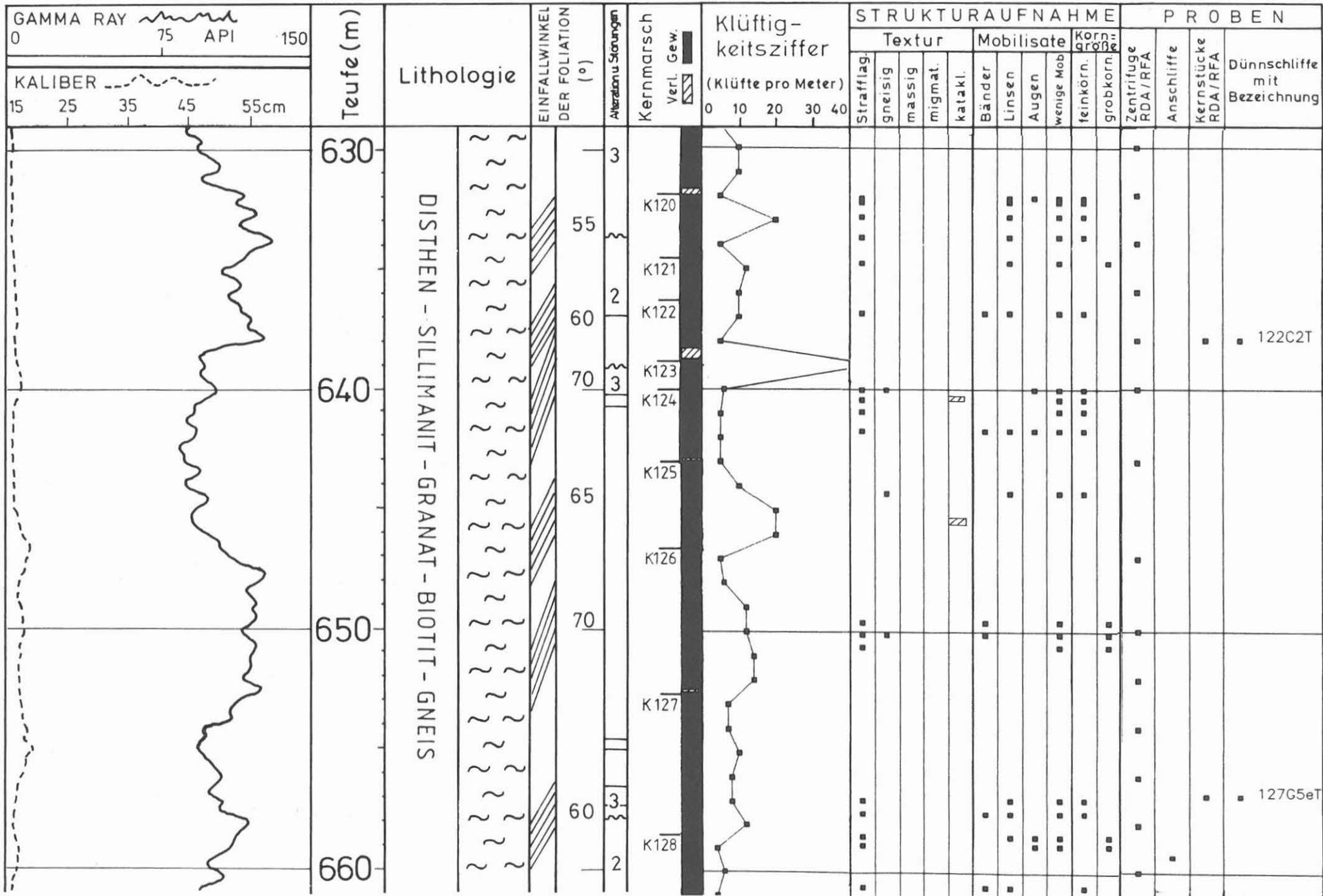
Abb. B.7.1 : Profildarstellung der geologischen Ergebnisse im Vergleich mit ausgewählten bohrtechnischen Daten und Bohrlochmessungen im Maßstab 1:200.

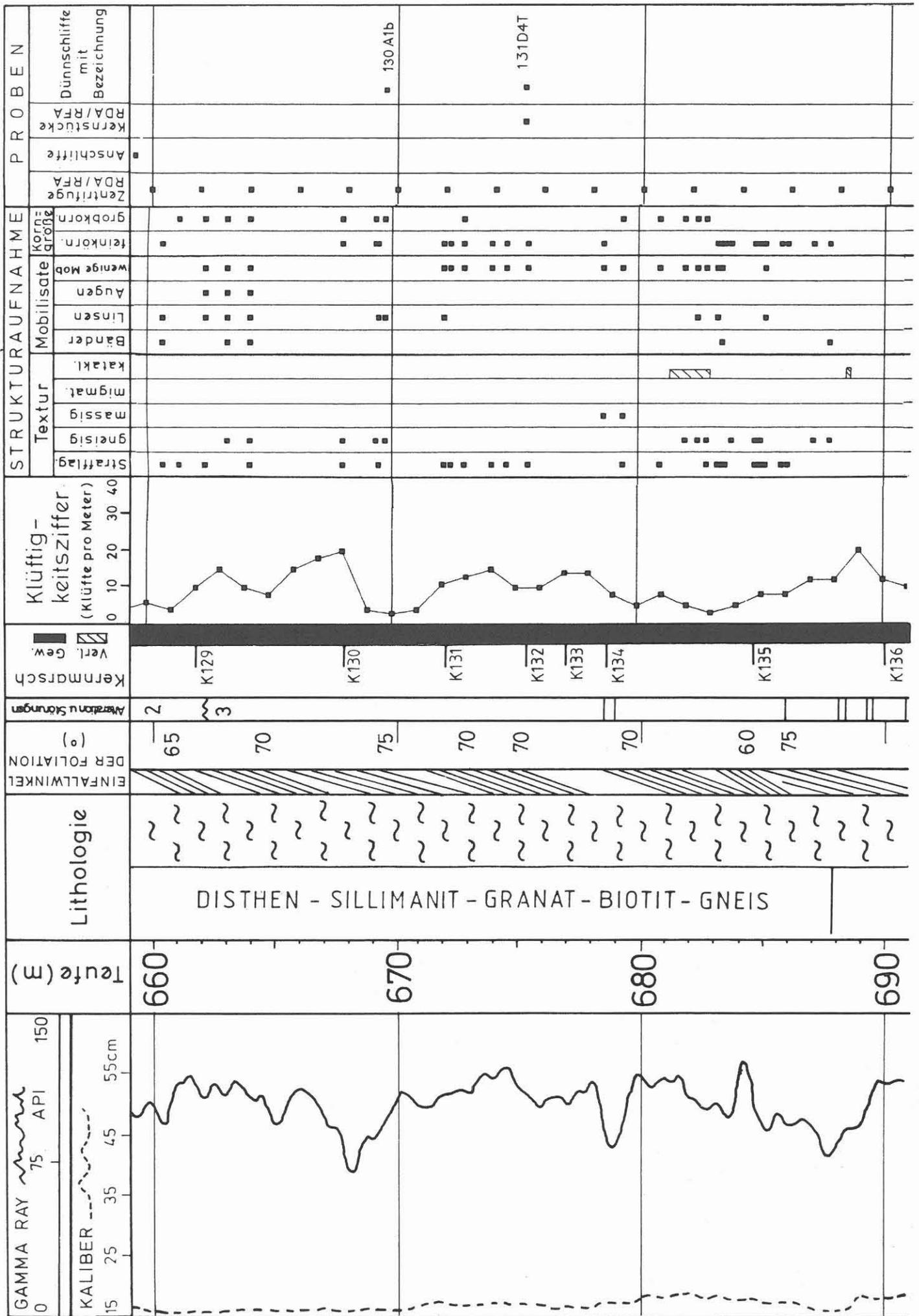


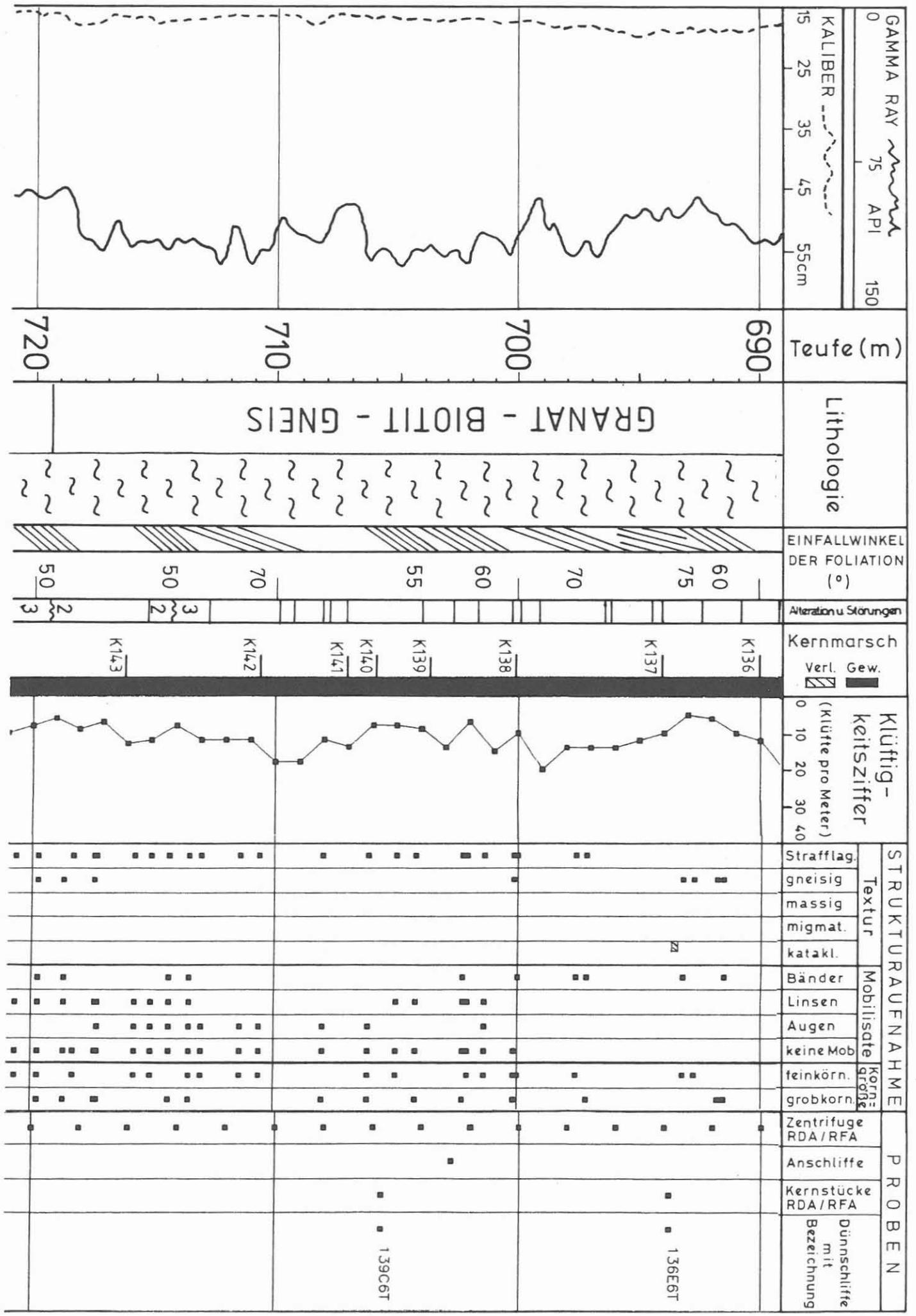


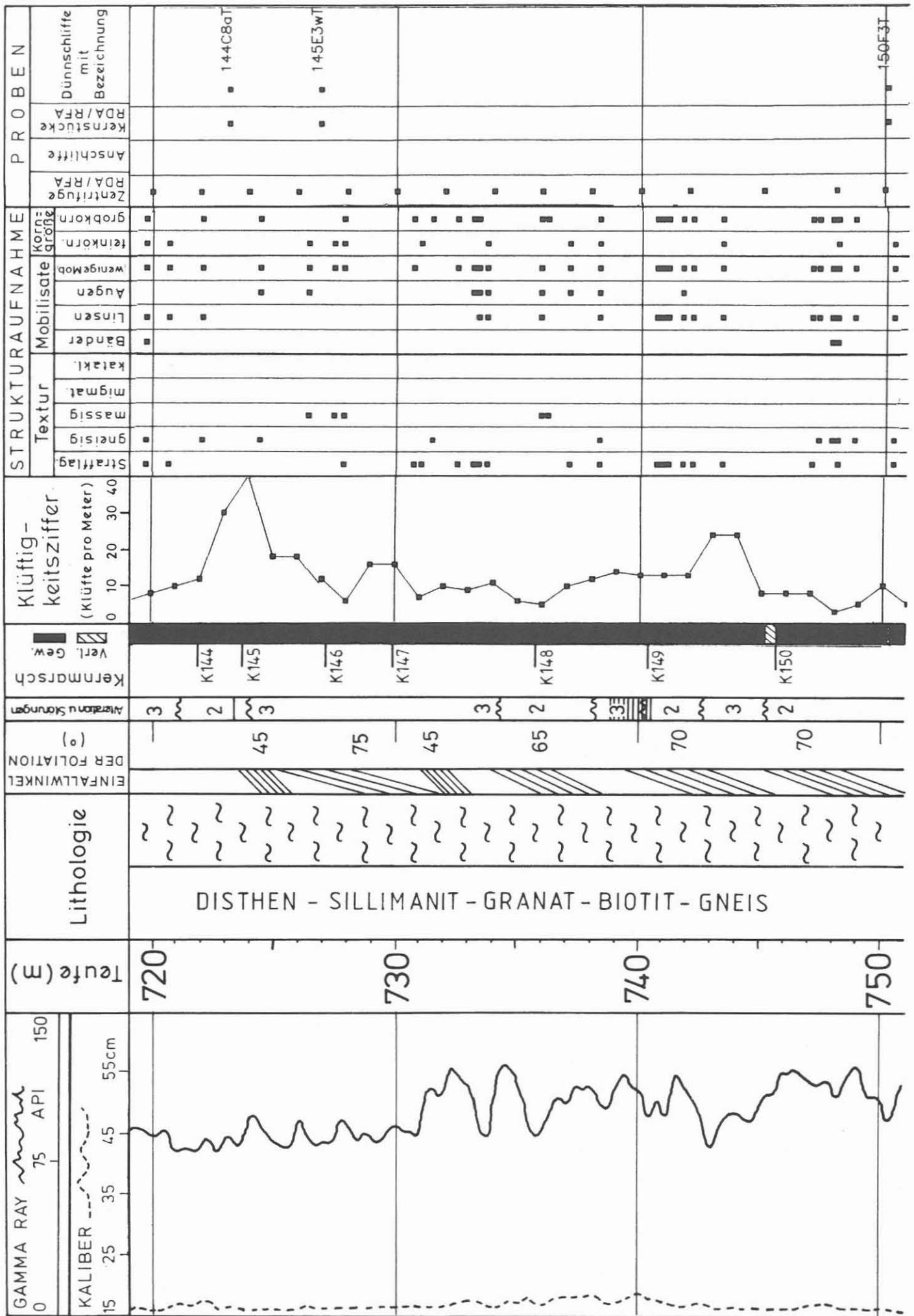




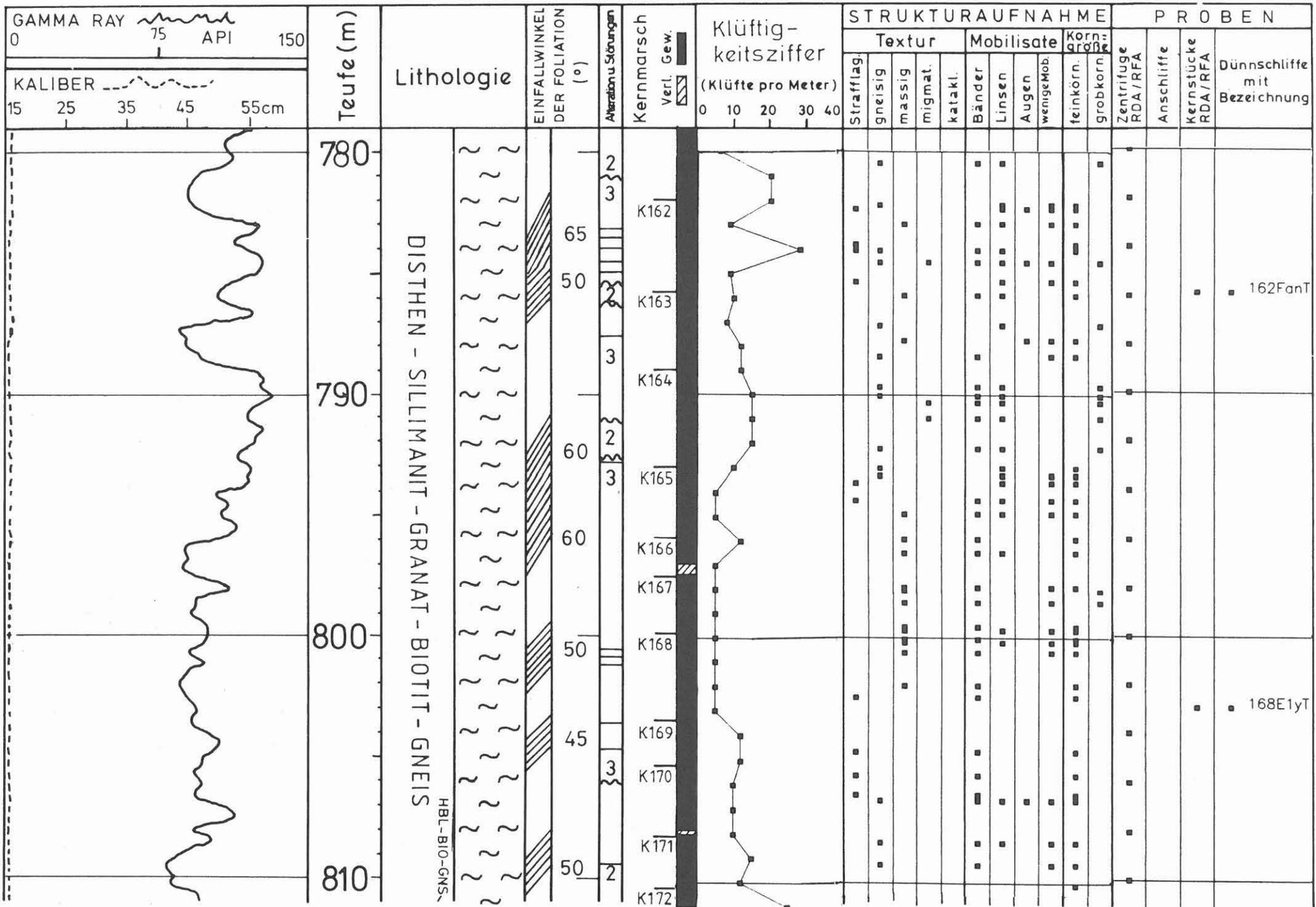


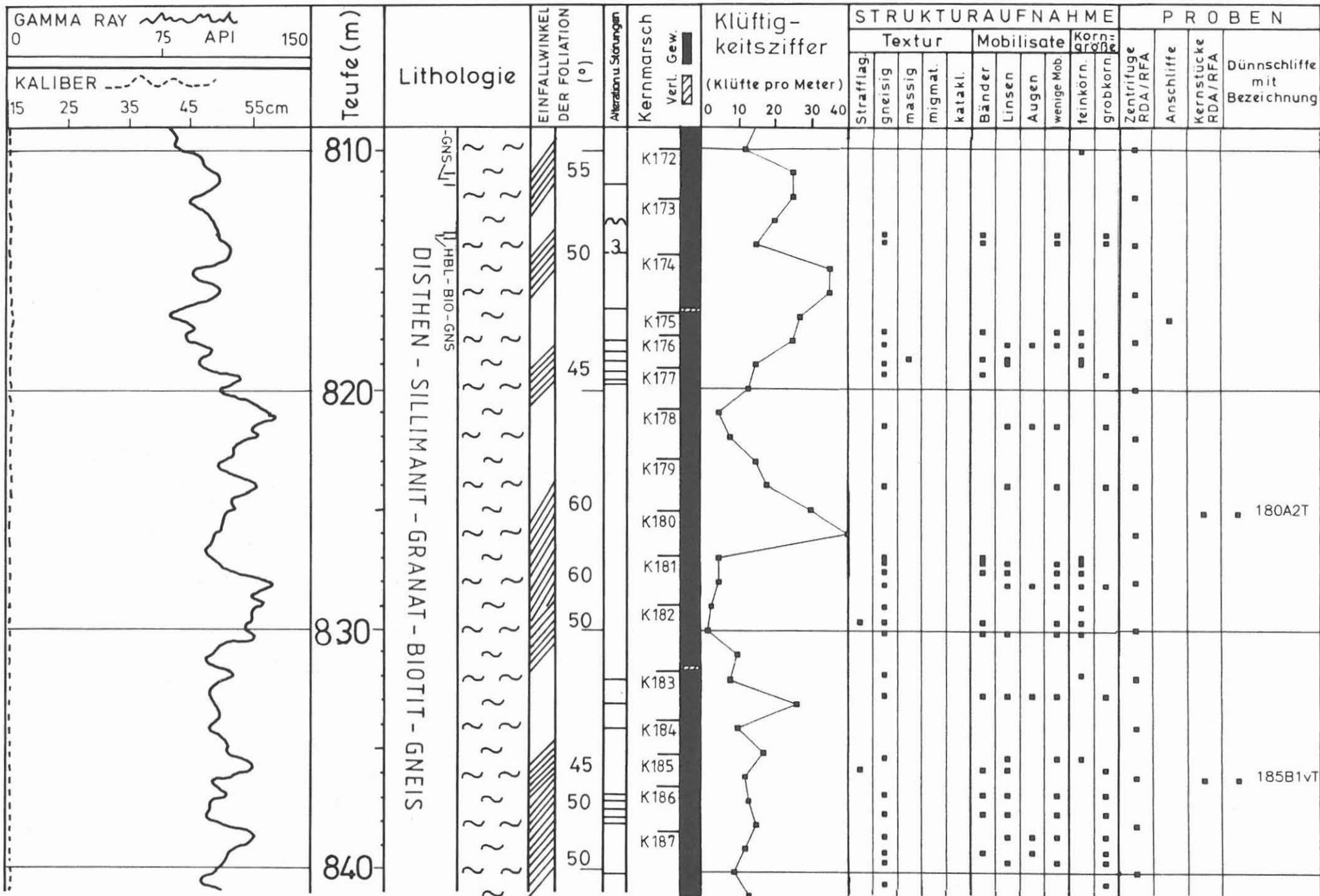


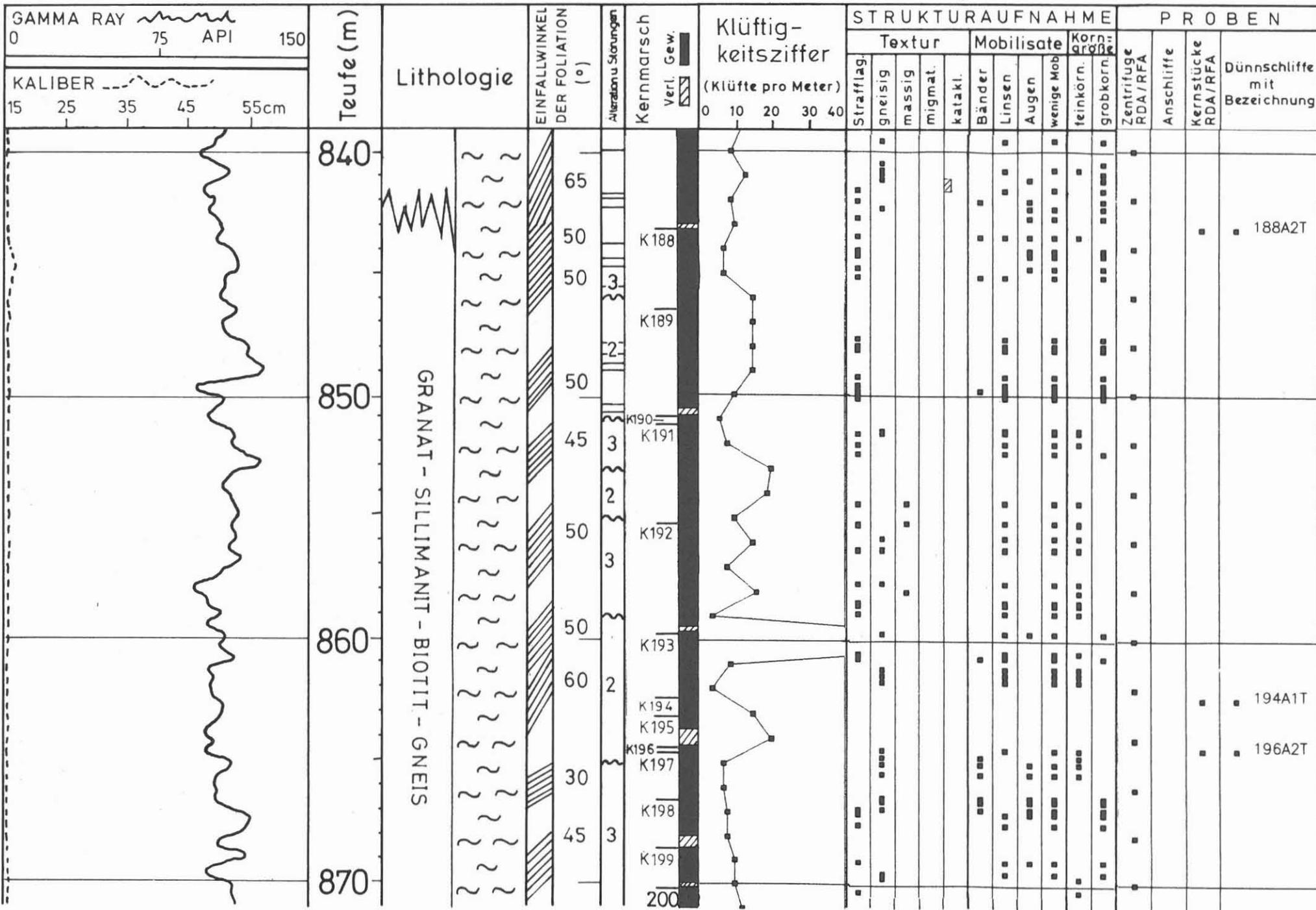


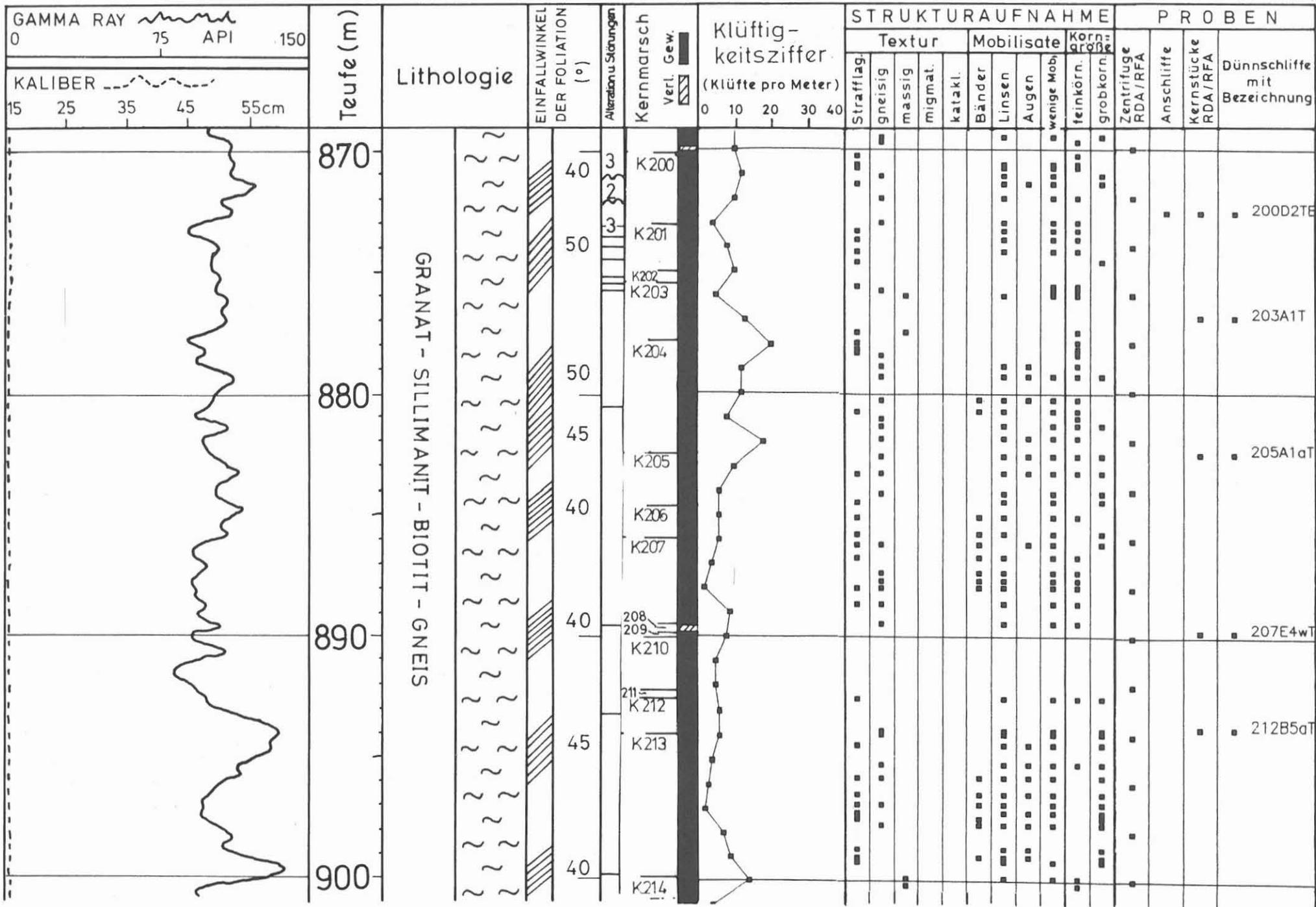


GAMMA RAY		75 API		150							
KALIBER		15	25	35	45	55cm					
Teufe (m)					750	760	770	780			
Lithologie					DISTHEN - SILLIMANIT - GRANAT - BIOTIT - GNEIS						
EINFALLWINKEL DER FOLIATION (°)					60	65	50	45	75	60	50
Alteration u. Störungen					2	3	2	3	2	3	2
Kernmarsch					Verl. Gew.						
Klüftigkeitsziffer (Klüfte pro Meter)					0	10	20	30	40		
STRUKTURAUFNAHME					PROBEN						
Textur					Korngröße						
Mobilisate					Korngröße						
Strafflag.					Zentrifuge RDA/RFA						
gneisig					Anschliffe						
massig					Kernstücke RDA/RFA						
migmat.					Dünnschliffe mit Bezeichnung						
katakl.					150F3T						
Bänder					157A3T						
Linsen											
Augen											
wenige Mob											
feinkörn.											
grobkörn.											
Kernstücke RDA/RFA											
Anschliffe											
Dünnschliffe mit Bezeichnung											
Kernstücke RDA/RFA											
Dünnschliffe mit Bezeichnung											









Klüftigkeitsziffer

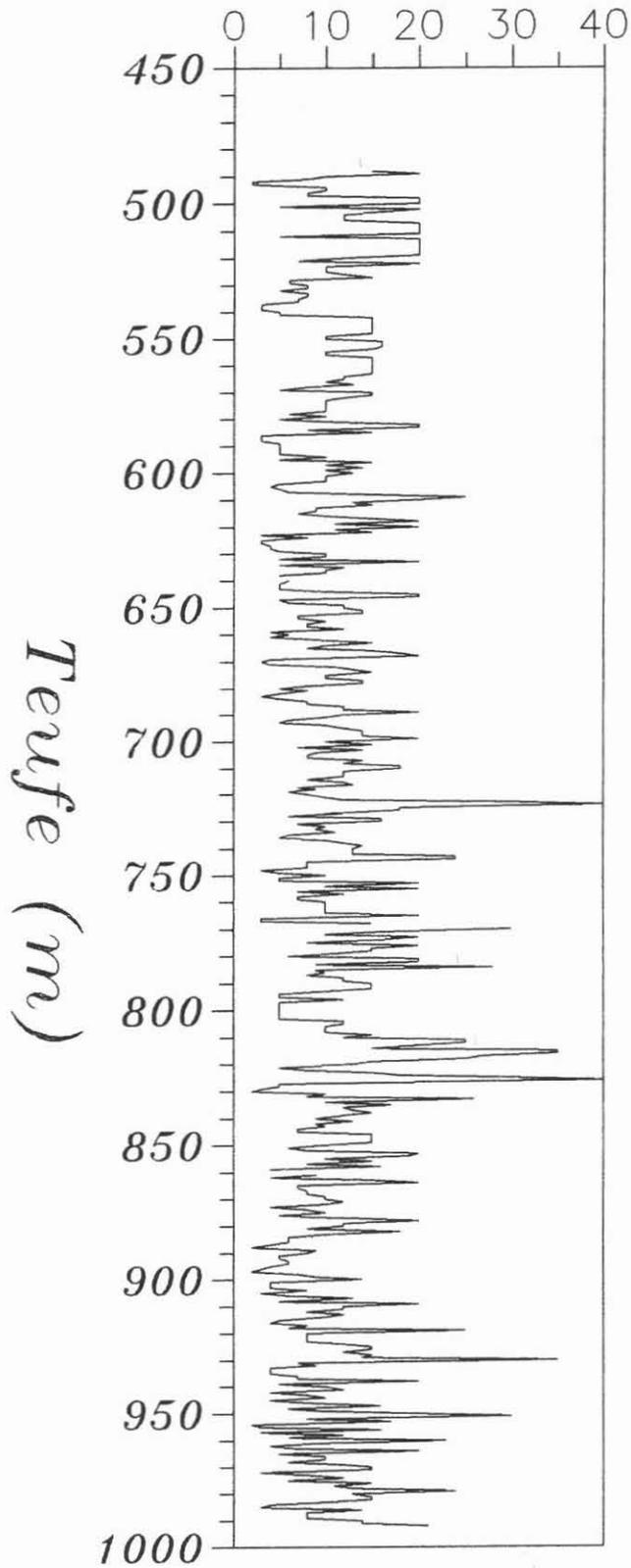
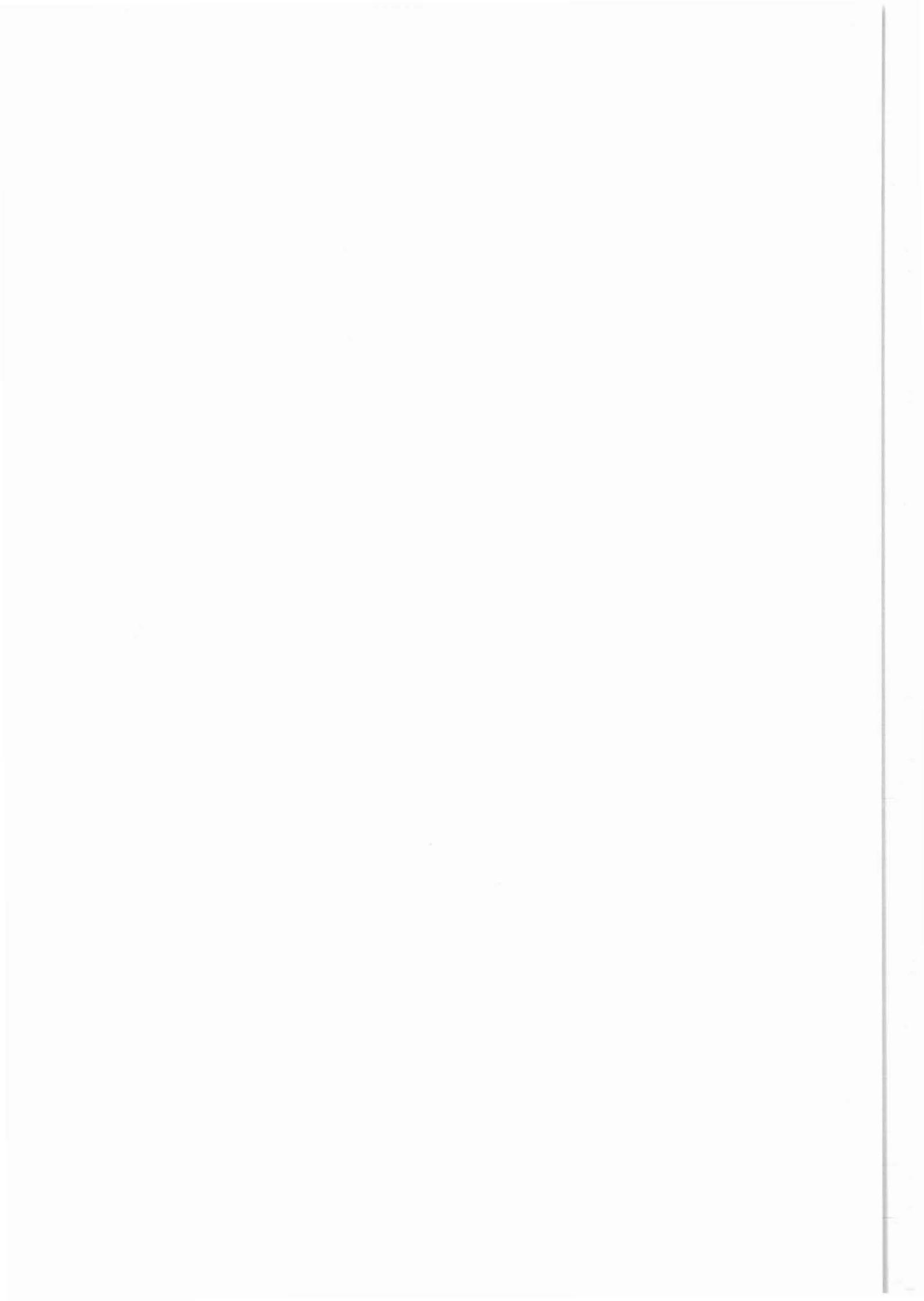


Abb. B.7.2 : Verlauf der Klüftigkeitsziffer mit der Teufe.

C. Geochemie

KTB Oberpfalz VB –
Röntgenanalytik

A. Stroh
M. Tapfer



KTB Report	88-2	C1-C107	10 Tab.	Hannover 1988
------------	------	---------	---------	---------------

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

C. Geochemie

H.-J. Heinschild, K.D. Homann, A. Stroh. & M. Tapfer

<u>Inhaltsverzeichnis:</u>		Seite
C.1	Einleitung	C 2
C.2	Probennahme und Probenaufbereitung	C 2
C.3	Röntgenanalytik	C 2
C.3.1	RFA-Analysen	C 2
C.3.1.1	Geräteparameter und verwendete Meßprogramme	C 2
C.3.2	RDA-Analysen	C 4
C.3.2.1	Quantitative röntgenographische Phasenanalyse	C 4
C.3.2.2	Gerätekonfiguration und Geräteparameter	C 5
C.3.3	RFA/RDA Ergebnisse am Bohrklein 480 - 992 m	C 5
C.3.3.1	Vergleich der Ergebnisse von Bohrmehl und Kernbruchstücken	C 7
C.4	Spülungsanalytik	C 8
C.4.1	Funktionsprinzip des Ionenchromatographie-Systems	C 8
C.4.2	Ergebnisse	C 8
C.4.2.1	Zirkulationstest 5.11.87 (478.5 m)	C 8
C.4.2.2	Bohrphase von 480-992m	C 9
C.4.2.3	Zirkulationstest 5.1.88 (992 m)	C 11
C.5	Gasanalytik	C 12
C.6	Zusammenfassung	C 13
C.7	Schriftenverzeichnis	C 13
C.8	Danksagung	C 14
C.9	Anhang	C 14

C.1 Einleitung

Die Arbeitsgruppe Geochemie gewährleistet eine detaillierte quantitative Analyse (RDA/RFA) der durch den Bohrprozeß anfallenden Feststoffe (Kerne, Cuttings und Bohrmehl), und führt kontinuierliche Spülungs- und Gasuntersuchungen (ICP, IC, M-Spektrometer) durch.

Die RDA/RFA - Untersuchungen belegen lithologische Wechsel sowie makroskopisch weniger gut zu erkennende Gesteinsinhomogenitäten. Dadurch wird die geologische und petrographische Cuttings-Aufnahme einer kernlosen Bohrphase wesentlich unterstützt. Der Bohrtechnik werden durch die kontinuierliche quantitative Phasenanalyse wichtige Hinweise bei der Klärung von Bohrfortschrittsänderungen, Meißelabrieb, usw. gegeben.

Mit Hilfe der Bohrspülungsuntersuchungen sollen Zutritte von wäßrigen und gasförmigen Zuflüssen erkennbar sein, so daß mögliche Zuflußhorizonte lokalisiert werden können.

Durch Bohrspülungs/Gesteinswechselwirkungen kommt es zu unterschiedlichen Elementanreicherungen (z. B. Ca, Fe, Mn, SO_4^{2-}) in der Spülung. Diese Reaktionen können auch zu Veränderungen der Bohrspülungseigenschaften wie z. B. Viskosität, pH-Wert usw. führen. Eine detaillierte Untersuchung und quantitative Erfassung dieser Reaktionen findet in Langzeittests statt.

C.2 Probennahme und Probenaufbereitung

Unterhalb 478.5 m wurde das Kernbohren mit Rollenmeißeln durch das Seilkernverfahren mit Diamantbohrkronen ersetzt.

Durch die Verwendung einer dünnlippigen Diamantbohrkrone fiel als Feststoff im wesentlichen nur noch Bohrmehl ($< 100 \mu m$) an. Dieses Material stellt eine homogene Mischprobe über einen Bereich von vermutlich wenigen Dezimetern dar und wird durch eine Zentrifuge aus der Bohrspülung abgetrennt. Neben den Zentrifugenproben wurden auch einige Kernbruchstücke entnommen und untersucht (siehe Abb. B.7.1).

Die Probennahme und Probenaufbereitung für die chemischen Untersuchungen im Teufenbereich 480-992 m entsprechen im wesentlichen den im KTB Report 88-1 beschriebenen Verfahren. Die Untersuchung des Bohrkleins erfolgte kontinuierlich im Abstand von 2 m. Der Beprobungsabstand für die Kationen- und Anionenanalyse der Bohrspülung beträgt 1-2 m.

C.3 Röntgenanalytik

C.3.1 RFA-Analytik

C.3.1.1 Geräteparameter und verwendete Meßprogramme

Im KTB-Feldlabor wird das Röntgenfluoreszenzgerät SRS 303 AS der Firma SIEMENS zur Analyse der Haupt- und Spurenbestandteile eingesetzt.

Geräteparameter sind :

Röntgenröhre : Rh (Stirnfensterrohre)
 Max. Anodenspannung : 60 kV
 Max. Röhrenstrom : 80 mA
 Max. Leistung : 3 kW
 Probenwechsler : 72
 Kollimatoren : fein : Öffnungswinkel 0.15°
 : grob : Öffnungswinkel 0.40°
 Kristalle : LiF 110, LiF 100, PET, OVONYX 53
 Detektoren : Durchflußzähler, Szintillationszähler

Die Messung der Hauptbestandteile erfolgte an Lithiumborat-Schmelztabletten (vergl. KTB Report 88-1, Probenaufbereitung). Zur Analyse der Hauptbestandteile wurden zwei Meßprogramme eingerichtet, das eine ist mehr für basische und das andere mehr für saure Gesteine geeignet (Tab.C.3.1).

Tabelle C.3.1: Eichkurvenbereich der beiden Meßprogramme "Amphi" (basische Gesteine) und "Gneis" (saure Gesteine) in Gew.- %.

	(Amphi)	(Gneis)
SiO ₂	38.20 - 60.62	52.40 - 76.95
Al ₂ O ₃	9.00 - 18.44	12.08 - 18.44
MgO	0.50 - 13.49	0.50 - 4.40
Na ₂ O	1.00 - 8.95	1.00 - 8.95
P ₂ O ₅	0.10 - 0.95	2.00 - 9.90
Fe ₂ O ₃ t	2.00 - 17.82	2.00 - 9.96
MnO	0.08 - 0.77	0.05 - 0.77
TiO ₂	0.13 - 3.69	0.10 - 1.09
CaO	1.09 - 14.77	1.00 - 7.98
K ₂ O	0.20 - 5.51	1.70 - 5.51

Das Spurenelementmeßprogramm umfaßt 14 Elemente, deren Konzentrationen an Pulvertabletten gemessen werden. Die Matrix-Korrektur wird mit Hilfe der sogenannten "Gamma-Routine" durchgeführt. Die durch die einzelnen Referenzgesteine abgedeckten Bereiche der verwendeten Eichkurven sind in Tabelle C.3.2 zusammengestellt.

Tabelle C.3.2: Eichkurvenbereich des Spurenelementmeßprogrammes (alle Angaben in ppm).

Ba	50 - 1400	Pb	10 - 50
Ni	10 - 250	Th	10 - 100
Cu	15 - 200	Rb	20 - 500
Zn	15 - 250	Sr	50 - 750
Ga	15 - 60	Y	20 - 150
Nb	10 - 300	Zr	20 - 300
Cr	20 - 450	S	100 - 700

C.3.2 RDA-Analysen

Im KTB-Feldlabor wird eine kontinuierliche, teufenbezogene Bestimmung des quantitativen Mineralbestandes von Bohrklein mittels winkeldispersiver Röntgenpulverdiffraktometrie durchgeführt. Die Entwicklungsarbeit dieser neu konzipierten Analysenmethode wurde während der Vorbereitungsphase des KTB in Gießen durchgeführt (siehe Posterband 1. KTB-Schwerpunkt-Kolloquium in Gießen 28.01.-29.01.88 : A. Stroh, J. Lauterjung und R. Emmermann). Seit Bohrbeginn wurden bereits ca. 500 Proben untersucht.

C.3.2.1 Quantitative röntgenographische Phasenanalyse - Einige Bemerkungen zur Methodik -

Die röntgenographische Phasenanalyse ermöglicht eine qualitative und quantitative Bestimmung des Mineralbestandes an Pulverproben. Durch den Einsatz Computer-gesteuerter Röntgendiffraktometer in den letzten Jahren ist eine schnelle Aufnahme und Auswertung von Röntgenbeugungsspektren möglich geworden. Die Programme für die quantitative Auswertung der Spektren wurden in Zusammenarbeit mit Dr. Lauterjung, Gießen, entwickelt. Das Programmpaket beinhaltet:

1. Berechnung eines Polynoms an das beobachtete Beugungsspektrum zur exakten Festlegung des Untergrundes.
2. Berechnung eines 2-fach abgeleiteten Spektrums zur Entfaltung von Linienüberlagerungen und zur Bestimmung der Peaklagen.
3. Profilanalyse zur Bestimmung der genauen Linienintensitäten des gesamten Beugungsspektrums.

Berücksichtigt werden unter anderem auch die funktionellen Parameter, wie z.B. Asymmetrie und Halbwertsbreite der Beugungsreflexe sowie $K\alpha_1$ - $K\alpha_2$ - Aufspaltung.

Die Identifizierung der Mineralphasen erfolgt über einen Vergleich der d-Werte und Intensitäten des Probenspektrums mit den Röntgenbeugungsdaten von ca. 200 reinsten, natürlichen Mineralphasen. Die Daten der Reinphasen wurden in der Vorphase der Bohrung mit dem gleichen Diffraktometer vermessen und sind in einer "Mineraldatei" abgespeichert. Außer den d-Werten und Intensitäten sind in dieser Datei die chemische Vollanalyse und die Massenabsorptionskoeffizienten der Minerale abgespeichert. Nach der qualitativen Bestimmung des Phasenbestandes wird die quantitative Zusammensetzung der Probe aus den abgebeugten Intensitäten durch ein lineares Gleichungssystem berechnet. Dabei erfolgt die Kalkulation der Mineralgehalte nicht an Einzelreflexen, sondern - und das ist der große Vorteil der Methode gegenüber anderen Verfahren - mit allen im Probenspektrum beobachteten Reflexen. Der Einfluß von Textureffekten und Variationen im Chemismus der Mischkristallphasen auf die Intensität von Einzelreflexen wird dadurch minimiert. Voraussetzungen für die Lösung dieses Gleichungssystems sind :

1. Alle in der Probe vorhandenen Minerale müssen als Standardphasen in der Mineraldatei verfügbar sein.

2. Die genauen Massenschwächungskoeffizienten (Absorptionskoeffizient) der beteiligten Phasen müssen bekannt sein.

Eine generelle Nachweisgrenze kann bei dieser Methode nicht definiert werden. Sie ist von der Mineralparagenese, den Gehalten der einzelnen in der Probe enthaltenen Phasen, der chemischen Zusammensetzung und der Kristallstruktur abhängig. In der Regel liegt die Nachweisgrenze zwischen 2 und 3 Gew.-%. Die bei der röntgenographischen Erfassung des quantitativen Mineralbestandes auftretenden Fehler sind im allgemeinen kleiner als bei der optischen Integrationsanalyse.

An dieser Stelle muß besonders darauf hingewiesen werden, daß bei der röntgenographischen Bestimmung des Mineralbestandes die Alterationsprodukte mit erfaßt werden. Dadurch kann es bei der petrographischen und röntgenographischen Charakterisierung der Gesteine gelegentlich zu unterschiedlichen Bezeichnungen kommen (z.B. chloritisierter Biotit = Chlorit oder Al-Silikat = Hellglimmer).

Eine detaillierte Beschreibung der theoretischen Grundlagen der hier angewendeten quantitativen Phasenanalyse wird im Laufe des Jahres publiziert. Es wird dann an entsprechender Stelle darauf hingewiesen.

C.3.2.2 Gerätekonfiguration und Geräteparameter

Für die Durchführung der Röntgenbeugungsuntersuchungen steht im Feldlabor das Röntgendiffraktometer D 500 der Firma SIEMENS zur Verfügung. Die Datenauswertung erfolgt durch eine Micro PDP11/73 Plus der Firma DIGITAL EQUIPMENT.

Geräteparameter sind:

verwendete Röntgenstrahlung:	Cu K α ; Lambda = 1.5405A
Röhrenstrom	: 30 mA
Beschleunigungsspannung	: 40 kV
Monochromator	: Graphit-Kristall
Detektor	: Szintillationszähler
Meßbereich	: 5 - 65° (2 - Theta)
Schrittweite	: 0.02°/ sec.

C.3.3 RFA/RDA Ergebnisse am Bohrklein 480 - 992 m

Alle vorhandenen Ergebnisse sind im Anhang (RFA:C.9.1, RDA:C.9.2) als Teufenlogs im Maßstab 1:2000 zusammengefaßt. Detaillogs im Maßstab 1:400 können bei Bedarf von den Autoren angefordert werden.

Die Analysenergebnisse des Teufenbereiches 480-992 m charakterisieren im wesentlichen eine Paragneisabfolge. Das Profil läßt sich in zwei Bereiche untergliedern. Dabei sind die Gesteine der Teufenzone von 480-548 m durch eine große Variation ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung gekennzeichnet. Als Hauptgemengteile treten Quarz, Plagioklas, Chlorit und Muskovit sowie untergeordnet Granat, Biotit, Kalifeldspat und Amphibol

auf. Die stark wechselnden Mineralparagenesen in diesem Bereich werden hauptsächlich durch mehrere Meter mächtige Störungszonen zwischen 508 und 520 m hervorgerufen. Das Chloritmaximum in diesen Störungen liegt bei 70 % (516 m). Biotit und Granat werden in diesem Teufenbereich abgebaut. Die Quarz- und Plagioklas-Gehalte zeigen einen großen Variationsbereich von 10 - 45 %. Muskovit tritt nur ganz untergeordnet auf. Chemisch ist dieser Bereich durch eine starke Zunahme von MgO, Fe₂O₃, TiO₂, P₂O₅, Cr, Ni, Y, Nb und Zr sowie eine deutliche Abnahme von SiO₂, Na₂O, K₂O, Rb und Sr charakterisiert. Sowohl im Hangenden als auch im Liegenden läßt sich eine intensive, an die Störung gebundene Sulfid-Vererzung durch die erhöhten S-Gehalte (bis 1.25 %) belegen. Als Haupt-Erzmineral konnte röntgenographisch Pyrit (2-3 Gew.- %) nachgewiesen werden. Bei dem in der Störungzone anstehenden Gestein handelt es sich um einen stark alterierten Quarz-Diorit, dessen petrographische und geochemische Beschreibung in Kap. B.3.3 aufgeführt ist.

Auffallend sind weiterhin stark erhöhte CaO-Gehalte sowie partiell erhöhte K₂O-, Rb- und Zr-Gehalte im nachfolgenden Teufenbereich bis 548 m. Die CaO-Erhöhung korreliert ausgezeichnet mit einer Amphiboliteinschaltung zwischen 524 und 528 m, die durch die RDA-Analysen belegt werden kann. Die chemische und modale Zusammensetzung des Amphibolits ist in Tab. C.3.3 dargestellt. Die höheren K₂O- und Rb-Gehalte werden durch kalifeldspatführende Partien bei 524, 540, 546 und 558 m hervorgerufen. Die starke Zunahme der Zr-Werte ist auf erhöhte Zirkongehalte zurückzuführen (Schliff 93BlIT). Weiterhin wurde in diesem Schliff Orthit identifiziert, der stellenweise mit Klinozoisit verwachsen ist. Diese Beobachtung erklärt auch den sehr großen Gamma-Ray Peak in diesem Teufenbereich.

Tabelle C.3.3 : Chemische und mineralogische Zusammensetzung des Amphibolits 524-528 m (88A1T).

	Gew.- %		ppm	Mineral	Gew.- %
SiO ₂	50.4	Cr	255	Quarz	8
Al ₂ O ₃	13.5	Ni	138	Plagioklas	21
MgO	6.62	Cu	73	Amphibol	48
Na ₂ O	2.16	Zn	255	Chlorit	15
P ₂ O ₅	0.23	Nb	25	Titanit	6
Fe ₂ O ₃	12.66	Ba	401	Graphit	2
MnO	0.19	Pb	31		
TiO ₂	1.76	Zr	145		
CaO	6.05	Rb	46		
K ₂ O	1.50	Sr	158		
		Y	45		

Im Bereich 548 - 992 m wurde eine monotone Paragneisabfolge durchteuft, die im wesentlichen aus Disthen-Sillimanit-Biotit-Gneisen und Granat-Sillimanit-Gneisen zusammengesetzt ist. Die mittlere chemische und mineralogische Zusammensetzung ist in Tab. C.3.4 dargestellt.

Tabelle C.3.4: Durchschnittliche chemische und mineralogische Zusammensetzung der untersuchten Paragneise im Teufenbereich 548 - 850 m.

	Gew.-%	ppm	Mineral	Variationsbereich	Gew.-%
SiO ₂	60.0	Cr 150	Quarz	30 - 60	38
Al ₂ O ₃	15.0	Ni 60	Plagioklas	10 - 30	20
MgO	3.00	Cu 60	Biotit	5 - 30	10
Na ₂ O	2.20	Zn 150	Muskovit	5 - 30	15
P ₂ O ₅	0.15	Nb 20	Chlorit	5 - 15	10
Fe ₂ O ₃	8.00	Ba 500	Granat	4 - 12	7
MnO	0.13	Pb 30			
TiO ₂	1.00	S 500			
CaO	1.00	Rb 70			
K ₂ O	2.30	Sr 130			
		Y 50			
		Zr 200			

Al-Silikate konnten nur bei Teufe 948 m (Sillimanit 5 %) röntgenographisch nachgewiesen werden. Eine deutliche Granatführung wurde im Bereich bis 600 m festgestellt. In allen anderen untersuchten Proben lagen die Gehalte dieser Mineralphasen unterhalb der röntgenographischen Nachweisgrenze. Die Al-Silikate sind zudem häufig in Hellglimmer umgewandelt und werden dann bei den RDA-Untersuchungen als Muskovit-Komponente erfaßt. Bei der Zusammenstellung der durchschnittlichen Chlorit-Gehalte wurden immer wieder auftretende Chloritmaxima nicht mit berücksichtigt. Diese Maxima erscheinen als charakteristisch scharfe Peaks im Meterbereich und korrelieren ausgezeichnet mit den bei der Kernuntersuchung festgestellten Störungszonen und den durch Kalibermessungen dokumentierten Auskesselungen. Diese Bereiche zeigen die gleichen, für eine Chloritisierung charakteristischen chemischen Konzentrationsänderungen einzelner Elemente, wie sie bereits im Teufenbereich 508 - 520 m beschrieben wurden.

C.3.3.1 Vergleich der Ergebnisse von Bohrmehl und Kernbruchstücken

Um zu überprüfen, ob die an Zentrifugenproben ermittelten Daten für das anstehende Gestein repräsentativ sind, wurde versucht, die an Kernbruchstücken gemessenen Werte teufengerecht einzuhängen. Die Ergebnisse sind im Anhang dargestellt. Es wird eine insgesamt gute Korrelation zwischen den Daten von Zentrifugenproben (*) und Kernbruchstücken (o) erzielt. Stellenweise beobachtete Abweichungen der absoluten Gehalte beruhen auf folgenden Faktoren:

1. Die untersuchten Kernbruchstücke sind recht klein und inhomogen.
2. Bohrmehl ist in der Regel eine Mischprobe über einen Bereich von wenigen Dezimetern.

Die gewonnenen Daten zeigen, daß das durchteufte Gestein durch den an Bohrmehl bestimmten Mineralbestand zweifelsfrei identifiziert werden kann.

Da je nach Art des verwendeten Meißeltyps Bohrklein unterschiedlicher Kornfraktion (Cuttings und / oder Bohrmehl) anfällt, stellt sich die Frage, welches Material für eine kontinuierliche Bestandsaufnahme der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung am besten geeignet ist. Ein Vergleich der Daten beider Probenarten war während der Richtbohrphase (992 - 1228 m) über mehrere Zehner-Meter möglich. Die Ergebnisse werden im nächsten KTB-Report ausführlich diskutiert.

C.4 Spülungsanalytik

C.4.1 Funktionsprinzip des Ionenchromatographiesystems

Zur quantitativen Anionenbestimmung wird ein Ionenchromatographiesystem (IC) der Firma WATERS verwendet. Es besteht aus folgenden Komponenten: Eluentenpumpe, Probeninjektorsystem, Trennsäule, Leitfähigkeitsdetektor, Interface mit PC zur Datenverarbeitung.

Das Funktionsprinzip des IC's soll anhand des Weges, den eine eingegebene Probe im System zurücklegen muß, erklärt werden. Die Bohrspülung wird für die Analyse im Chromatographen 20-fach verdünnt und anschließend mit einem 0.45 µm Filter filtriert. Die so vorbehandelte Probe wird in das System eingegeben und durch eine mit Polymetacrylatgel gefüllte Trennsäule transportiert. Als Transportmedium dient ein Eluent, der aus den Komponenten Borsäure, Glukonsäure, Lithiumhydroxid, Glycerin, Acetonitril und Wasser besteht. In der Trennsäule werden die einzelnen Anionen verschieden stark festgehalten und migrieren mit unterschiedlichen Raten durch die Säule. Die Probe wird also in ihre Anionenkomponenten zerlegt. Die so voneinander getrennten Anionen werden durch den Eluenten in den Leitfähigkeitsdetektor transportiert. Die durch unterschiedliche Konzentration der Anionen hervorgerufene Leitfähigkeitsänderungen werden in Chromatogrammen dargestellt. Die Zeitdauer für eine vollständige Abtrennung beträgt je nach Eluentenkonzentration zwischen 10-12 Minuten.

C.4.2 Ergebnisse

C.4.2.1 Zirkulationstest 5.11.87 (478.5 m)

Mit dem Erreichen der Teufe von 478.5 m wurde ein 9 tages geophysikalisches Meßprogramm gestartet. Während dieser Phase wurde die Bohrspülung nicht zirkuliert, sondern nur durch ein- und ausfahrende Meßsonden durchbewegt.

Mögliche Zuflußhorizonte führen zu einer lokalen Veränderung der chemischen Zusammensetzung in der stehenden Spülungssäule. Nach Beendigung des Meßprogramms wurde deshalb die stehende Spülung durch eine neu angesetzte Bohrspülung mit bekannter Zusammensetzung (Saugtankprobe) ausgetauscht. Die neue Spülung wurde mit konstanter Pumprate durch das Gestänge in das Bohrloch eingebracht. Während der Auszirkulation der alten Spülung erfolgte eine Probennahme in einem zeitlichen Abstand von 2 Minuten. Bei bekannter Pumprate, bekanntem Ringraum- und Gestängeverdrängungsvolumen, ist es möglich den genommenen Proben jeweils eine Teufe zuzuordnen. In der Tabelle C.4.1 sind die Kationen- und Anionengehalte des Zirkulationstestes, der verdrängenden Spülung (Saugtankprobe) und der Spülung der Teufe 478.5m zum Vergleich aufgeführt.

Tabelle C.4.1: Anionen- und Kationengehalte des Zirkulationstests (478.5 m).
(Alle Angaben in ppm)

Teufe (m)	Na	Ca	K	Li	Sr	Ba	Fe	Mg	Mn	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
0	710	480	200	37	1.5	3.7	900	1950	13	129	338
50	750	530	220	41	1.7	4.0	970	2140	14	101	338
100	760	550	220	46	1.8	4.5	1030	2370	15	103	338
150	770	570	240	47	1.8	4.9	1100	2430	16	117	348
200	740	570	220	46	1.8	4.5	1060	2360	16	108	333
250	750	560	220	46	1.8	4.6	1040	2370	16	103	332
300	750	550	210	46	1.7	4.0	1030	2350	15	103	337
350	730	530	210	45	1.7	3.9	1010	2290	15	114	349
400	740	520	210	45	1.6	3.7	970	2300	15	98	319
450	740	540	210	44	1.7	4.1	970	2270	15	114	-
500	800	560	220	47	2.1	10.0	1040	2410	16	160	343
Saugt.	760	500	190	42	1.5	3.4	870	2160	13	108	343
478	730	530	210	41	1.6	3.7	980	2140	15	112	349

Die auszirkulierte Spülung zeigt außer einer Cl⁻-Anreicherung in der ersten entnommenen Probe (Teufe 0 m) keine signifikanten Konzentrationsänderungen im Vergleich zur Bezugsprobe (Teufe 478.5 m). Die Cl⁻-Anreicherung wird auf Reaktion der Spülung mit dem zementierten Rohrschuh bei 28 m zurückgeführt. Dem Zement wurde CaCl₂ als Verzögerer zugesetzt.

C.4.2 Bohrphase von 480-992 m

Nach dem Zirkulationstest wurde das Bohrloch bis auf 478.5 m verrohrt. Anschließend wurden der zementierte Rohrschuh sowie 2m Gestein durchbohrt. Wie die Spülungsanalysen beim Durchteufen des ersten zementierten Rohrschuhs bei 28 m belegen, verursacht das Aufbohren des Zementes eine erhebliche Kontamination der Spülung durch eine Anreicherung von Ca, Sr und Cl⁻ (siehe KTB Report 88-1). Erhöhte Kationen- und Anionengehalte in der Spülung erschweren die Eingrenzung möglicher Zuflußhorizonte. Deshalb wurde die Bohrspülung nach dem Durchbohren des zweiten zementierten Rohrschuhs vollständig ausgetauscht.

Die neu angesetzte Bohrspülung zeigt für die meisten untersuchten Elemente sehr niedrige Initialgehalte (230 ppm Na, 80 ppm Ca, 20 ppm K, 32 ppm Li, 0.4 ppm Sr, 1.5 ppm Ba, 20 ppm Fe, 1430 ppm Mg, 0.6 ppm Mn, 18 ppm Chlorid und 62 ppm Sulfat).

Die erzielten Ergebnisse sind in Übersichtslogs (Maßstab 1:2000) dargestellt (Anhang C.9.3). Detaillierte Tiefenlogs können bei Bedarf von den Autoren angefordert werden. Der Variationsbereich der untersuchten Elemente im Berichtszeitraum ist in Tab. C.4.2 aufgeführt.

Tab. C.4.2: Variation der untersuchten Elemente im Teufenbereich 478.5 - 992 m.

Element	Konzentration	
	min.	max.
	(ppm)	
Na	230	310
Ca	60	300
K	20	240
Li	10	32
Sr	0.4	1
Ba	1.5	5
Fe	20	1050
Mg	800	1500
Cl ²⁻	10	38
SO ₄ ²⁻	60	85

Mg, Li und Na sind Hauptbestandteile des Spülungszusatzes (D-HT) und ermöglichen eine genaue Bestimmung der D-HT-Konzentration der Bohrspülung. Durch diverse Einleitungen, wie z.B. H₂O, Bohrspülung unterschiedlichster D-HT-Konzentration und NaOH kommt es zu einer Veränderung der absoluten Gehalte der Elemente. Eine Zusammenstellung dieser Einleitungen in das Spülungssystem während der Bohrphase zwischen 478.5 und 992 m ist in Tab. C.4.3 aufgeführt.

Tab. C.4.3: Zusammenstellung der Einleitungen während der Bohrphase 478.5 - 992 m

Teufe (m)	Technische Einleitungen	Volumen in m ³ der zirkulierenden Spülung
480	40 m ³ 1%D-HT, Spülsaustausch	
490	17 m ³ 1% D-HT	36.7
530	10 m ³ 1%D-HT	39.7
600	5 m ³ Wasser	37.7
640	10 m ³ alte Spül., x%D-HT	33.8
650	6 m ³ 1%D-HT mit xkg NaOH	27.9
675	5 m ³ Kellerspül., 10 m ³ 1% D-HT mit 10 kg NaOH	42.5
725	6 m ³ 1% D-HT	44.0
740	4 m ³ 1% D-HT	39.3
750	8 m ³ <1% D-HT, 5m ³ Kellerspül.	43.5
790	7 m ³ <1% D-HT mit 20kg D-HT	45.3
820	12 m ³ 1% D-HT mit ca. 2kg NaOH	46.4
830	4.3 m ³ Wasser	47.3
870	12 m ³ 1.25% D-HT mit 2kg NaOH	-
880	3.6 m ³ Wasser	47.0
910	2.7 m ³ Wasser	40.4
930	2.4 m ³ Wasser	49.3
975	7 m ³ 0.8% D-HT	50.0
992	13 m ³ 0.8% D-HT mit 4kg NaOH	-

Charakteristisch für den Teufenbereich zwischen 480-992m₂ ist eine kontinuierliche Anreicherung von K, Ba, Fe, Sr und SO₄ in der Bohrspülung. Eine deutliche Anreicherung der Ca-Gehalte bis zu maximal 300 ppm im Teufenbereich 523-527 m und bei 551 m korreliert mit hornblendeführenden Partien, die bis zu 6 Gew.-% CaO aufweisen (vergl. RFA Analyse C.9.1). Die Anionenanalyse dokumen-

tiert zwischen 480 und 580 m einen Bereich verstärkter Sulfatzunahme in der Bohrspülung. RFA-Analysen an Bohrmehl aus Gesteinen dieses Teufenbereiches zeigen erhöhte Schwefelgehalte. Um die Ursache dieser Anreicherungen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Gesteinszusammensetzung zu klären, wurden reine Mineralseparate von Kalifeldspat, Amphibol, Biotit, Chlorit und Pyrit sowie eine Probe aus dem Bereich eines Marmors (80% Calcit) bei 131 m aufgemahlen (< 60 µm) und je 1 g Substanz mit 50 ml 1.25 %iger D-HT-Spülung versetzt. Nach einer 14-tägigen Reaktionszeit bei 25°C konnten die ersten Daten ermittelt werden. Als Bezugsprobe (Blindwert) wurde die reine 1.25 %ige D-HT-Spülung gemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. C.4.4 zusammengestellt.

Tab. C.4.4: Ergebnisse von Leaching-Versuchen zur Charakterisierung möglicher Spülungs/Gesteinswechselwirkungen. (Alle Angaben in ppm)

	pH	Na	Ca	Fe	Sr	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
D-HT	9.6	350	40	60	0.2	<20	<40
Amphibol	9.8	340	90	110	1.0	<20	<40
Chlorit	9.5	340	40	70	0.3	<20	<40
Kalifeldspat	9.6	340	40	60	0.2	<20	<40
Calcit	9.5	340	870	70	0.9	<20	<40
Pyrit	3.1	340	40	940	0.2	<20	3000
Biotit	9.3	340	40	80	0.2	<20	<40

Die Ergebnisse in Tab. C.4.4 zeigen deutlich, daß die kontinuierliche Anreicherung einzelner Elemente in der Bohrspülung durch Bohrspülungs/Gesteinswechselwirkungen entsteht und somit das Ergebnis von Leaching- und Oxidationsprozessen darstellt. Eine Erhöhung der Ca- und Sr-Gehalte wird in der mit Calcit und Hornblende versetzten Spülung gemessen. Erhöhte Fe-Gehalte werden von allen Fe-haltigen Mineralen hervorgerufen. Eine drastische Fe-Anreicherung wurde in der pyrithaltigen Spülung ermittelt. Gleichzeitig stiegen in erheblichem Maße die Sulfat-Gehalte an und der pH wurde erniedrigt. Weitere Untersuchungen zur Druck-, Temperatur- und pH-Abhängigkeit dieser Reaktionen werden in Zusammenarbeit mit der Fa. Henkel durchgeführt.

C.4.2.3 Zirkulationstest 5.1.88 (992 m)

Nach dem Erreichen der Teufe von 992 m wurde die Bohrung für 14 Tage unterbrochen. Nach dieser "Stillstandsphase" wurden mit Fluidsamplern 9 verschiedene "zuflußträchtige" Horizonte angefahren. Danach wurde ein neuer Zirkulationstest gestartet.

Als Fluidsampler standen der GEOCOM-Sampler (1.4 und 3 L) und der SALVRMOSER-Sampler (unterschiedliche Zusammenstellung von Probenkammern) zur Verfügung. Der GEOCOM-Sampler wird evakuiert bis auf die Zielteufe herabgesenkt und das Einlaßventil geöffnet (Einströmprobennehmer). Der SALVAMOSER-Sampler (Durchströmprobennehmer) pumpt auf der Zielteufe die umgebende Flüssigkeit durch seine Probenkammern. Je nach auftretenden Problemen, wie Nichtschließen der Einlaßventile und/oder Verstopfen dieser Ventile, waren die Probennehmerkammern unterschiedlich gefüllt.

Die chemische Zusammensetzung dieser Fluidsamplerproben und der Proben des Zirkulationstestes ist in den Tabellen C.4.5 und C.4.6 aufgeführt. Zum Vergleich ist jedesmal die Bohrspülungszusammensetzung der Teufe 992 m mit dargestellt. Die Analyseenergebnisse der Fluidsamplerproben entsprechen den Daten, die während der Bohrphase (480 - 992 m) gemessen wurden.

Tabelle C.4.5: Chemische Zusammensetzung der Fluidsampler-Proben

Teufe (m)		Na	Ca	K	Li	Sr	Ba	Fe	Mg	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
514	S	300	90	170	27	0.8	4.7	760	1400	27.9	84
582	G	270	80	170	23	0.7	4.3	670	1170	29.0	87
602	G	300	100	200	28	1.0	5.4	840	1460	24.4	82
722	G	320	100	220	31	1.0	5.8	890	1610	27.7	84
817	G	320	100	220	31	1.0	6.8	950	1640	23.6	84
841	G	300	90	150	29	0.8	5.1	700	1490	23.9	-
907	G	310	100	180	31	0.9	6.4	820	1630	27.9	-
971	G	310	110	190	34	1.0	6.0	870	1730	25.4	84
971	S	290	90	170	28	0.8	4.4	710	1400	24.8	-

S = SALVRMOSER-Sampler

G = GEOCOM-Sampler

Alle Angaben in ppm

Tabelle C.4.6: Anionen- und Kationengehalte des Zirkulationstests (992 m)

Teufe (m)	Na	CA	K	Li	Sr	Ba	Fe	Mg	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
300	320	90	170	30	0.8	5.1	850	1560	24.5	89
380	300	60	140	19	0.5	3.3	540	980	27.2	88
460	290	70	140	22	0.6	3.7	610	1140	25.2	84
540	290	90	180	28	0.8	4.9	770	1410	27.4	81
620	290	90	160	28	0.8	4.6	740	1420	20.4	81
700	290	90	170	28	0.9	4.6	750	1420	19.1	78
780	310	100	190	30	0.9	5.3	840	1540	21.9	82
865	310	100	190	30	0.9	5.4	830	1510	19.9	80
950	310	100	190	31	0.9	6.2	840	1560	21.2	84
992	300	90	230	29	0.9	4.7	1010	1480	23.2	79

Alle Angaben in ppm

C.5 Gasanalytik

Da im Berichtszeitraum keine Degassereinrichtung zur Verfügung stand, konnte an Proben aus dem Teufenbereich 478.5-992 m keine Gasmessung durchgeführt werden.

C.6 Zusammenfassung

Im KTB-Feldlabor findet eine kontinuierliche mineralogische und chemische Bestandsaufnahme des erbohrten festen Materials und der Bohrspülung statt. Die Analyse der Feststoffe wurde an Kernbruchstücken und Zentrifugenproben durchgeführt. Die erzielten Ergebnisse zeigen eine im wesentlichen monotone Paragneisabfolge mit untergeordneten Einschaltungen von stark alteriertem Quarz-Diorit und Amphibolit. Die lithologischen Wechsel lassen sich durch die chemischen und mineralogischen Untersuchungen exakt aufzeigen. Immer wieder auftretende, stärker chloritisierte Partien unterschiedlicher Mächtigkeit fallen genau mit Störungszonen zusammen, die in Kaliberlogs z.T. als Auskesselungen auftreten.

Die Analysen von Zentrifugenproben und Kernbruchstücken des gleichen Teufenbereichs zeigen praktisch identische Ergebnisse. Die am Bohrmehl erzielten Ergebnisse sind somit repräsentativ für das durchteufte Gestein. Es kann schon jetzt gesagt werden, daß die Bohrkleinuntersuchungen eindeutige Aussagen über die Zusammensetzung der anstehenden Gesteine während einer kernlosen Bohrophase liefern werden.

Die Bohrspülung wurde auf ihre Anionen- und Kationengehalte untersucht. Die Ergebnisse belegen eine Aufkonzentrierung einzelner Elemente in der Bohrspülung. Diese Elementanreicherungen werden durch Bohrspülungs/Gesteinswechselwirkungen verursacht, wie durch Laborexperimente belegt werden kann.

Innerhalb des Teufenbereichs 478.5 - 992 m lassen sich anhand chemischer Parameter (Anionen und Kationen) keine Zuflüsse erkennen.

Für den Teufenbereich 478.5 - 992 m konnten wegen fehlendem Spülungsdegasser keine Gasmessungen durchgeführt werden.

C.7 Schriftenverzeichnis

Heinschild, H.-J., Homann, K. D., Kamm, H., Stroh, A., Tapfer, M., Welker, H. (1988): Tiefbohrung KTB - Oberpfalz VB, Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung im KTB - Feldlabor, Teufenbereich von 0 bis 480 m: C.Geochemie.- KTB Report 88-1: C1 - C73, Hannover.

Stroh, A., Lauterjung, J. & Emmermann, R.: Quantitative Phasenanalyse mit Röntgenbeugung. - Posterband: S. 11, 1. KTB-Schwerpunkt - Kolloquium in Giessen, 28.- 29.Januar 1988.

C.8 Danksagung

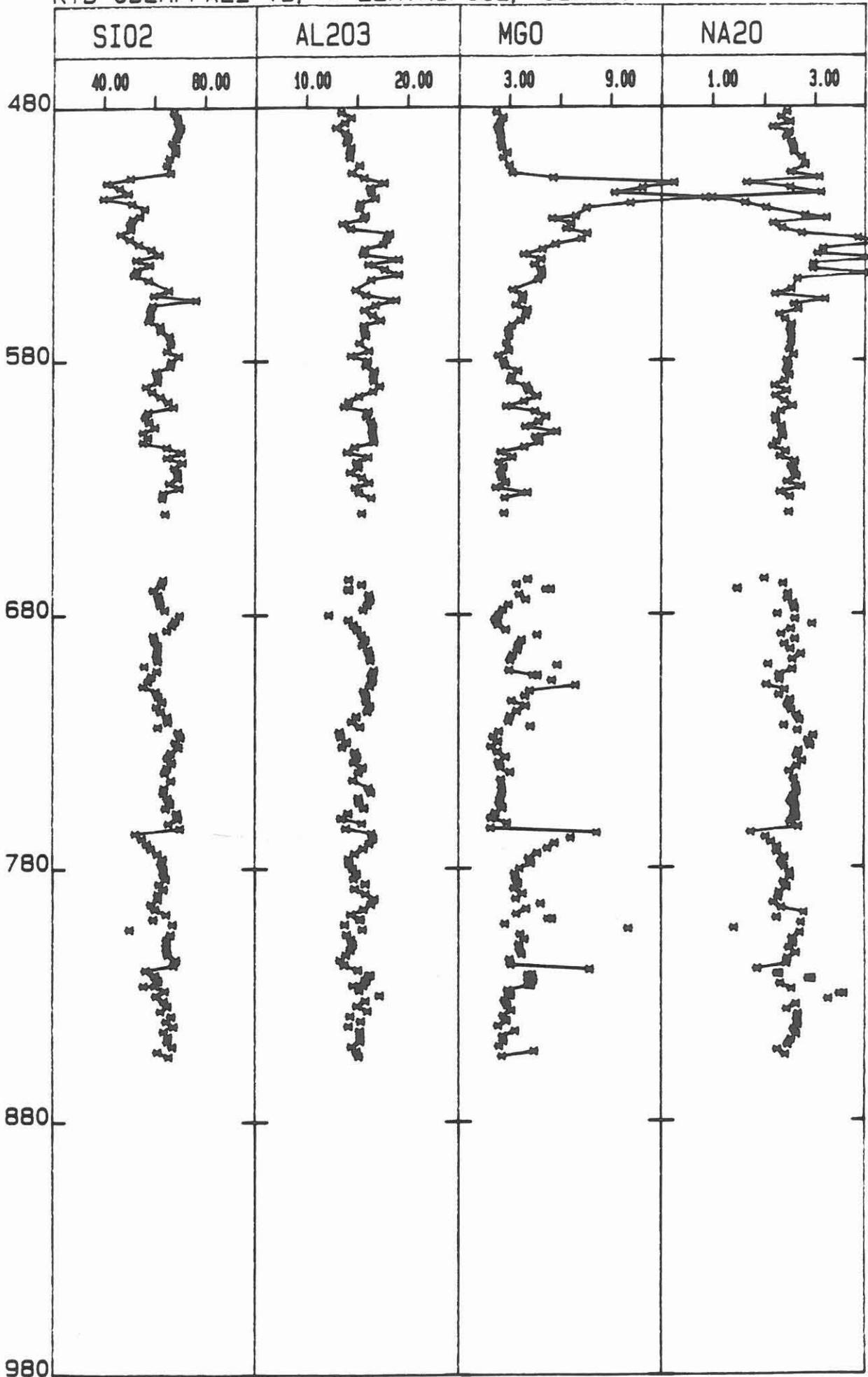
Die Schmelztabletten wurden im Institut für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung in Giessen hergestellt und dort auch z. T. gemessen. Unser Dank gilt dem Leiter des Institutes, Herrn Prof. Dr. Emmermann und seinen Mitarbeitern, insbesondere Frau M. Grünhäuser für die Durchführung der Messungen. Unser weiterer Dank gilt den Technikern der Geochemiegruppe im Feldlabor, Herrn Kamm, Herrn Lippert, Herrn Welker sowie Frau Weber. Herrn Dr. Lauterjung sind wir für die Erarbeitung des verwendeten Plot-Programms zu großem Dank verpflichtet. Weiterhin danken wir Herrn Prof. Dr. R. Emmermann für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

C.9. Anhang

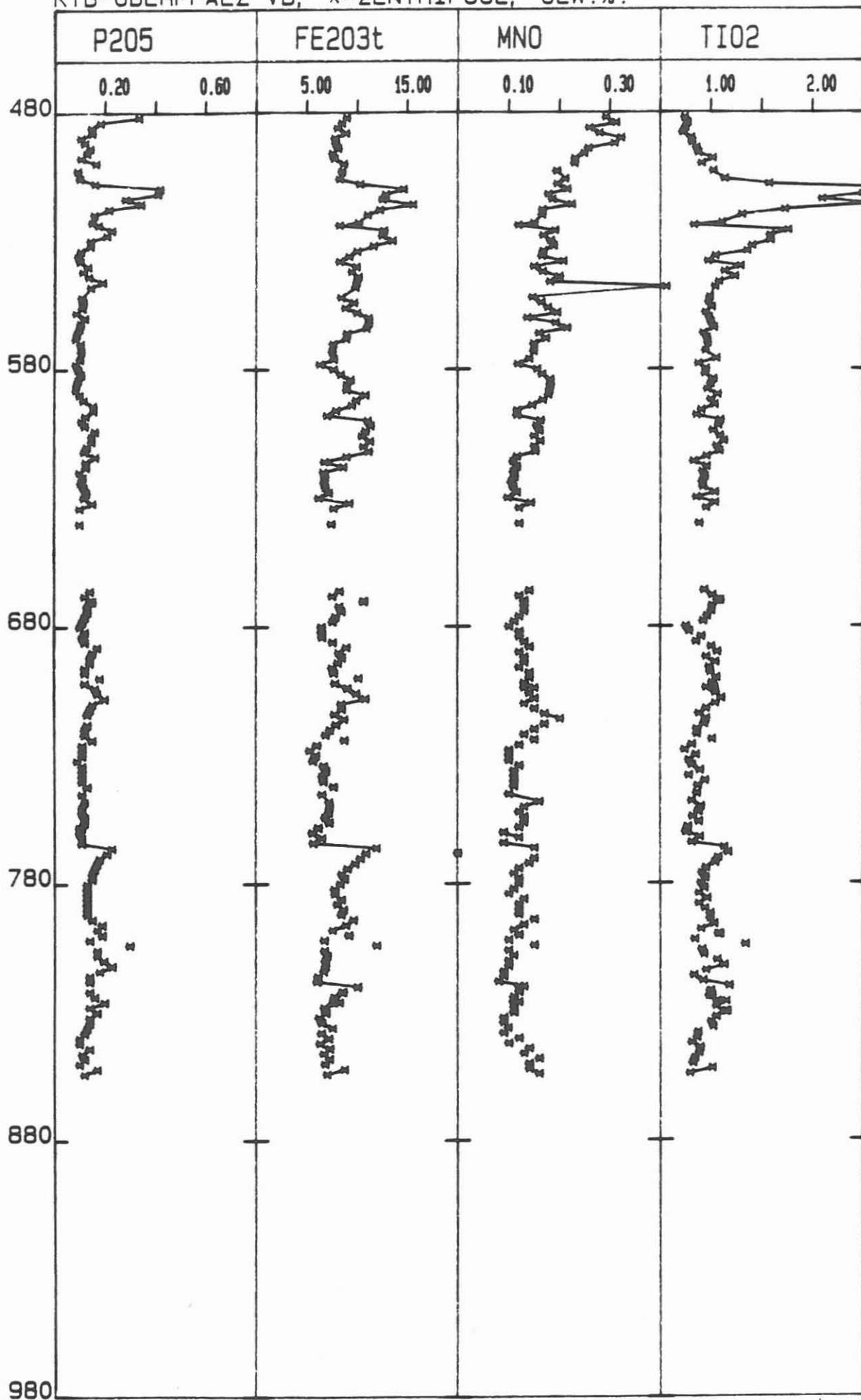
- C.9.1 Tiefenlogs der RFA-Analysen
- C.9.2 Tiefenlogs der RDA-Analysen
- C.9.2.1 Vergleich der Ergebnisse von Bohrmehlproben und Kernbruchstücken
- C.9.3 Tiefenlogs der Kationen- und Anionengehalte der Bohrspülung

C.9.1 Tiefenlogs der RFA-Analysen

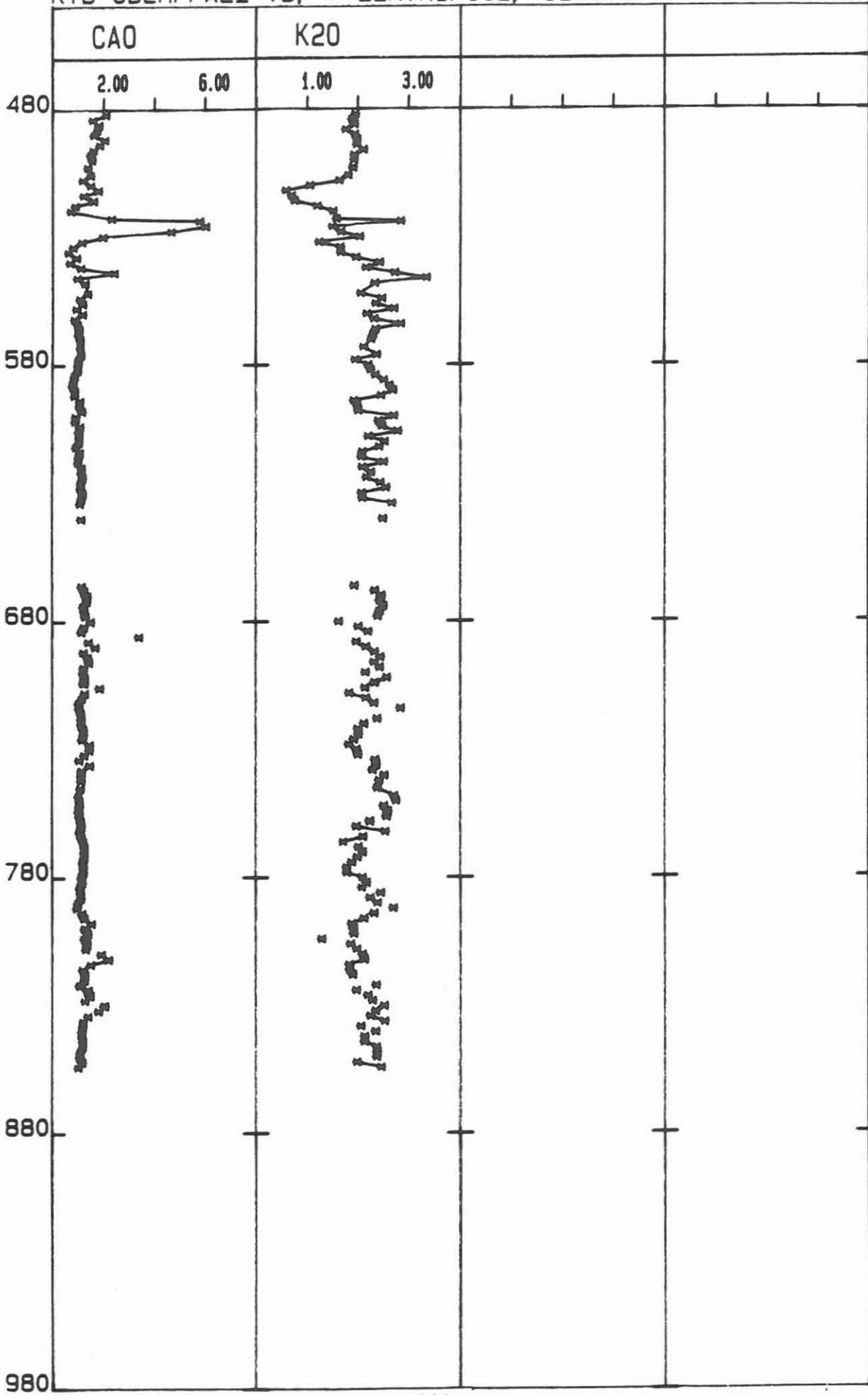
KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, GEW.%.
* indicates centrifuge results, GEW.% indicates weight percent.



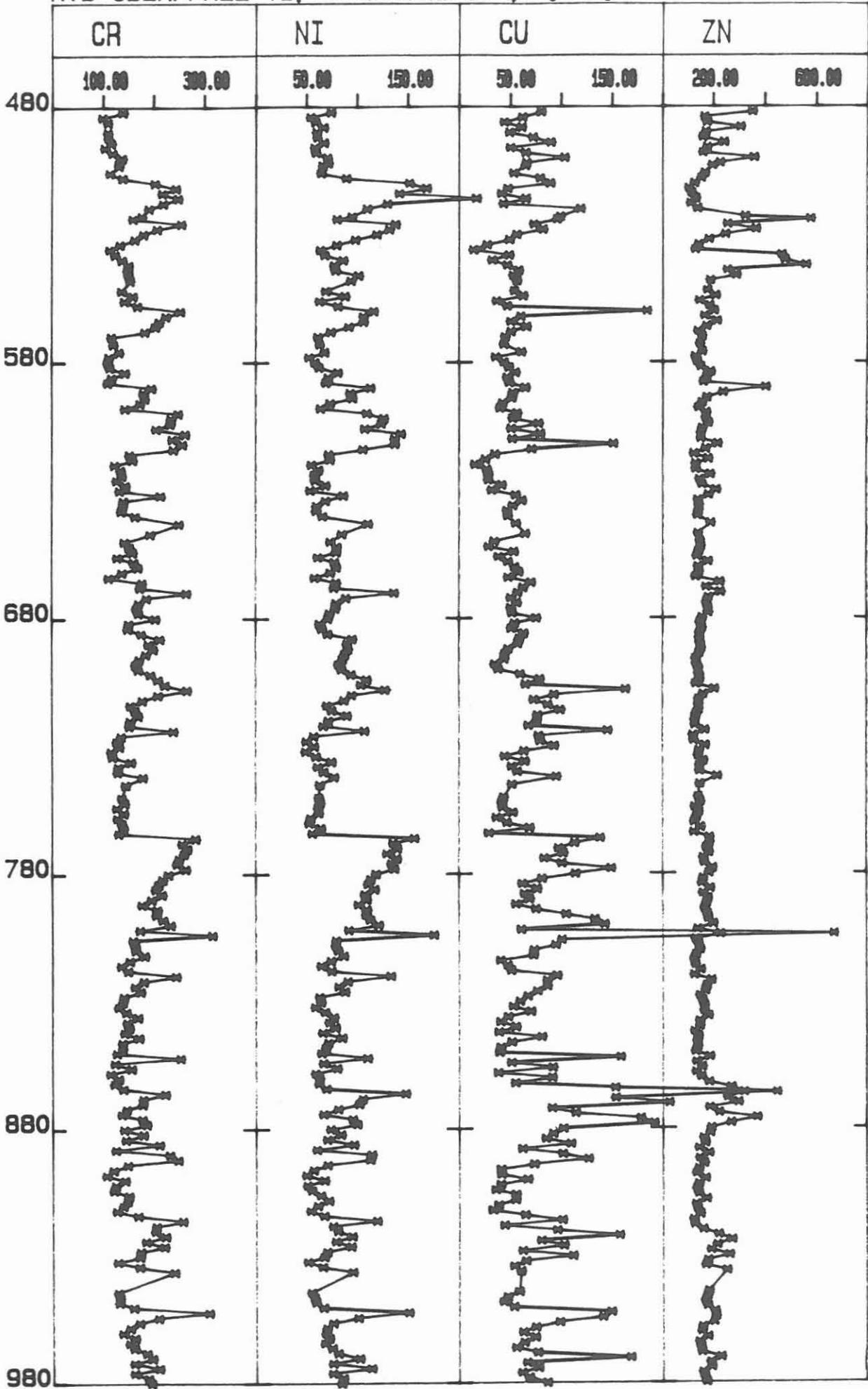
KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, GEW.%.

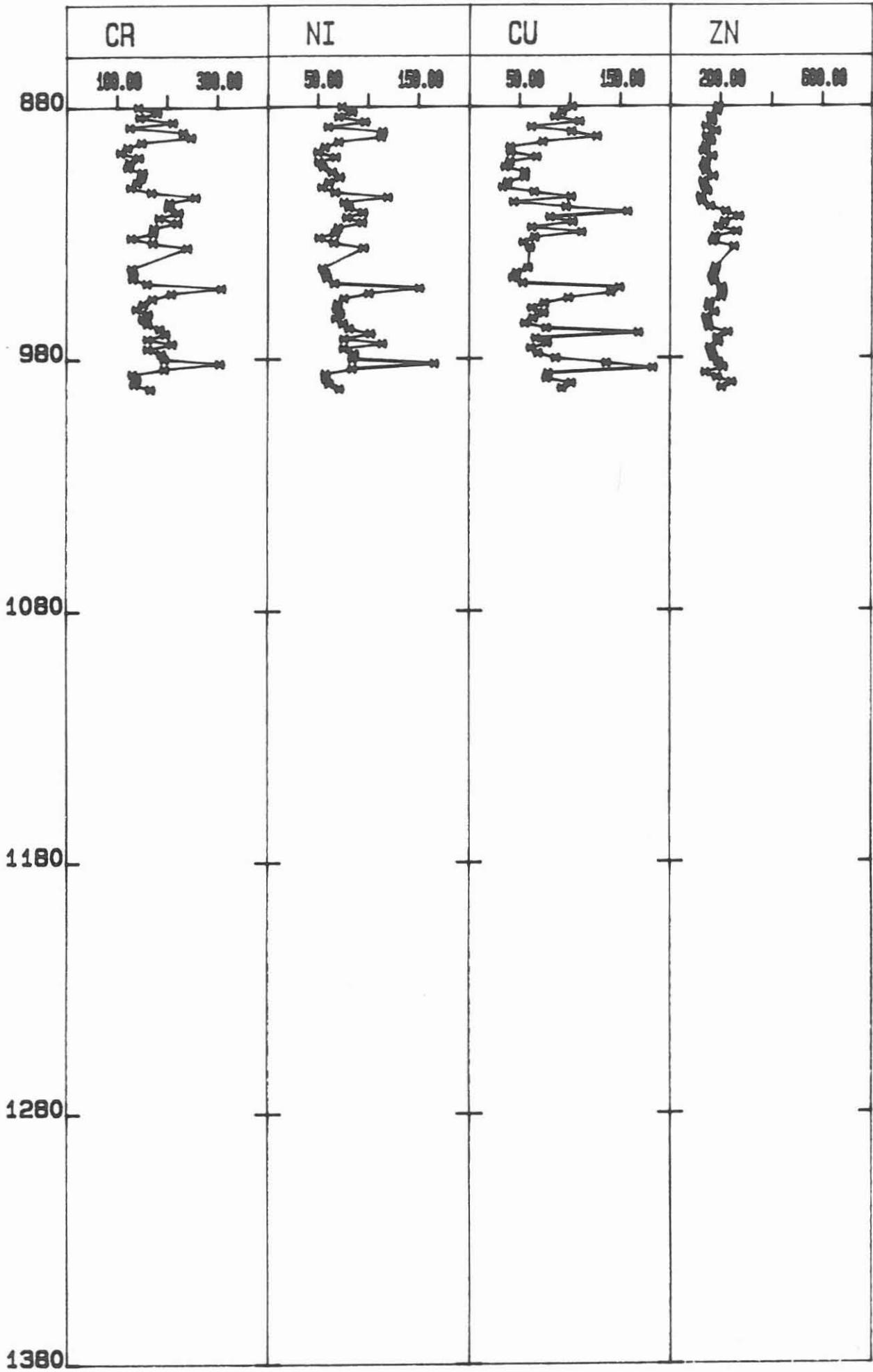


KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, GEW.%.

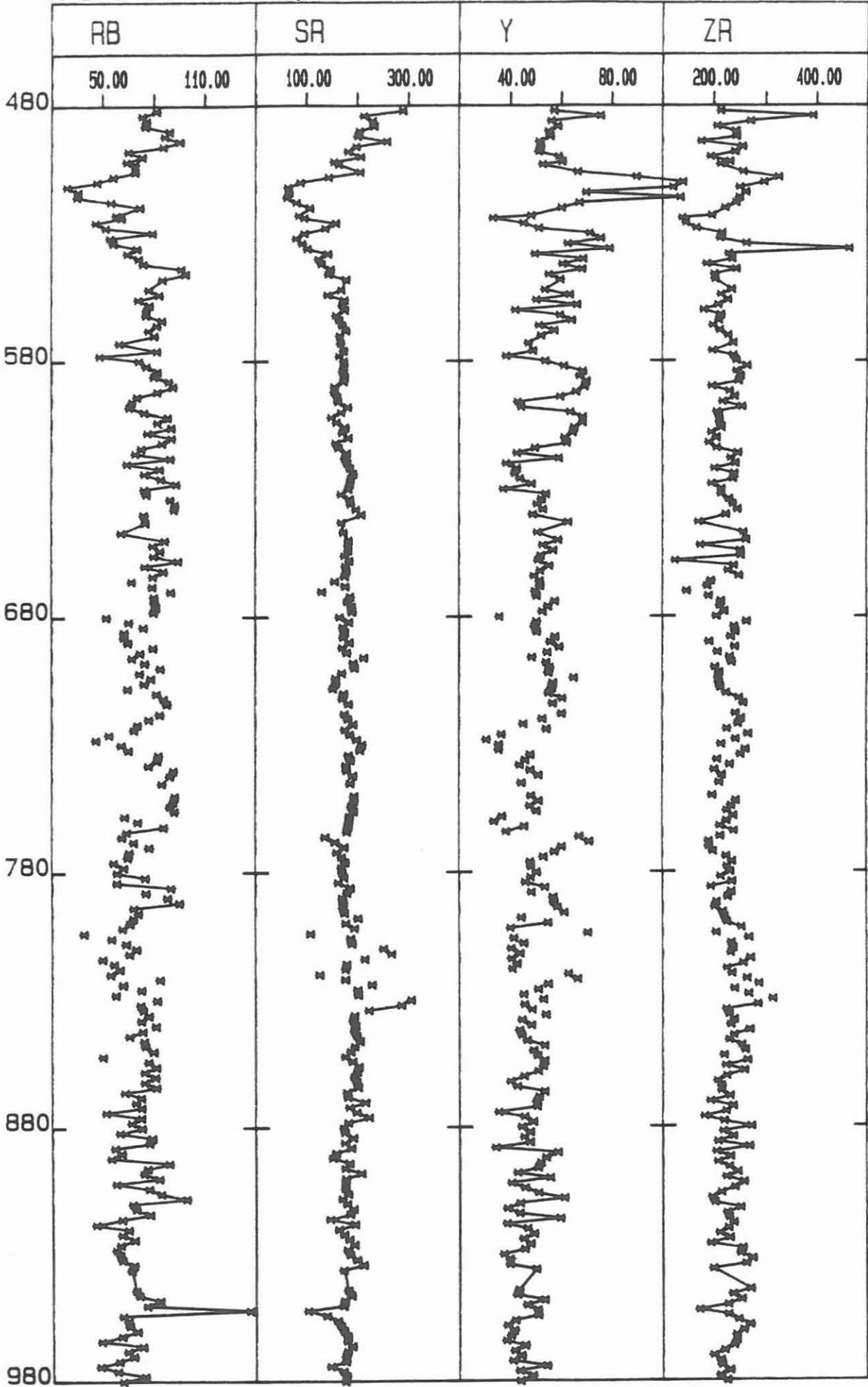


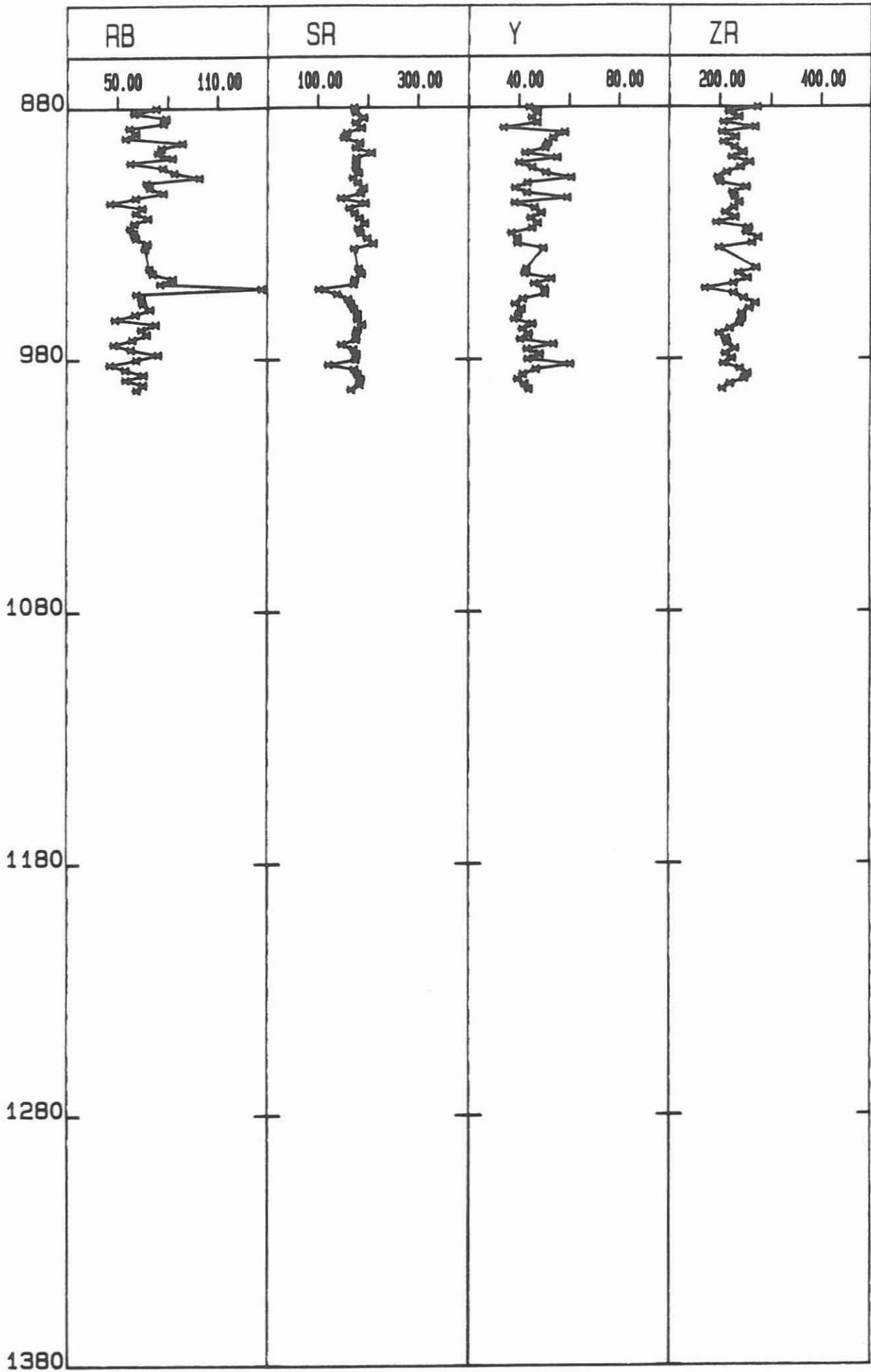
KTB-OBERPFALZ VB, *-ZENTRIFUGE, [PPM]



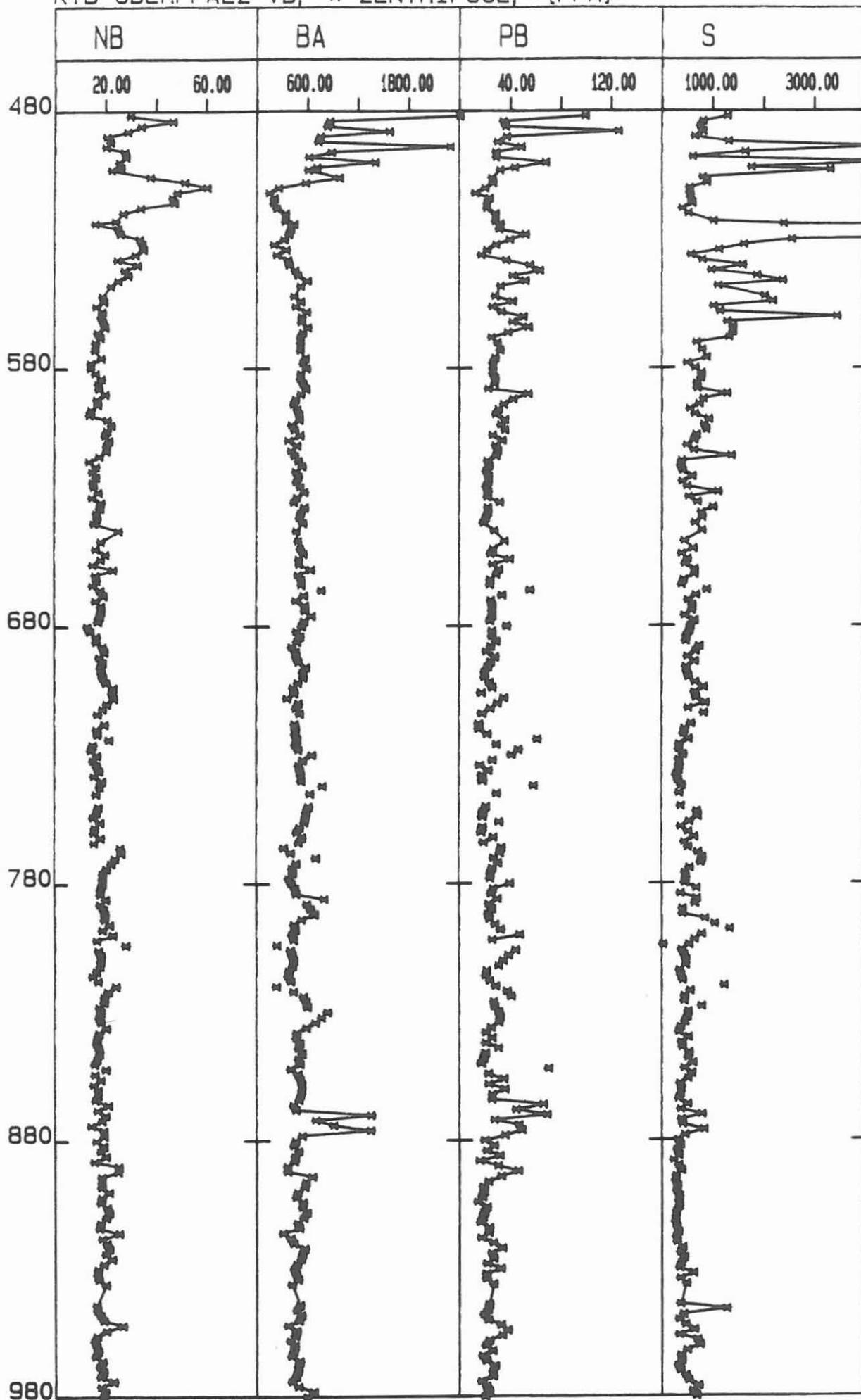


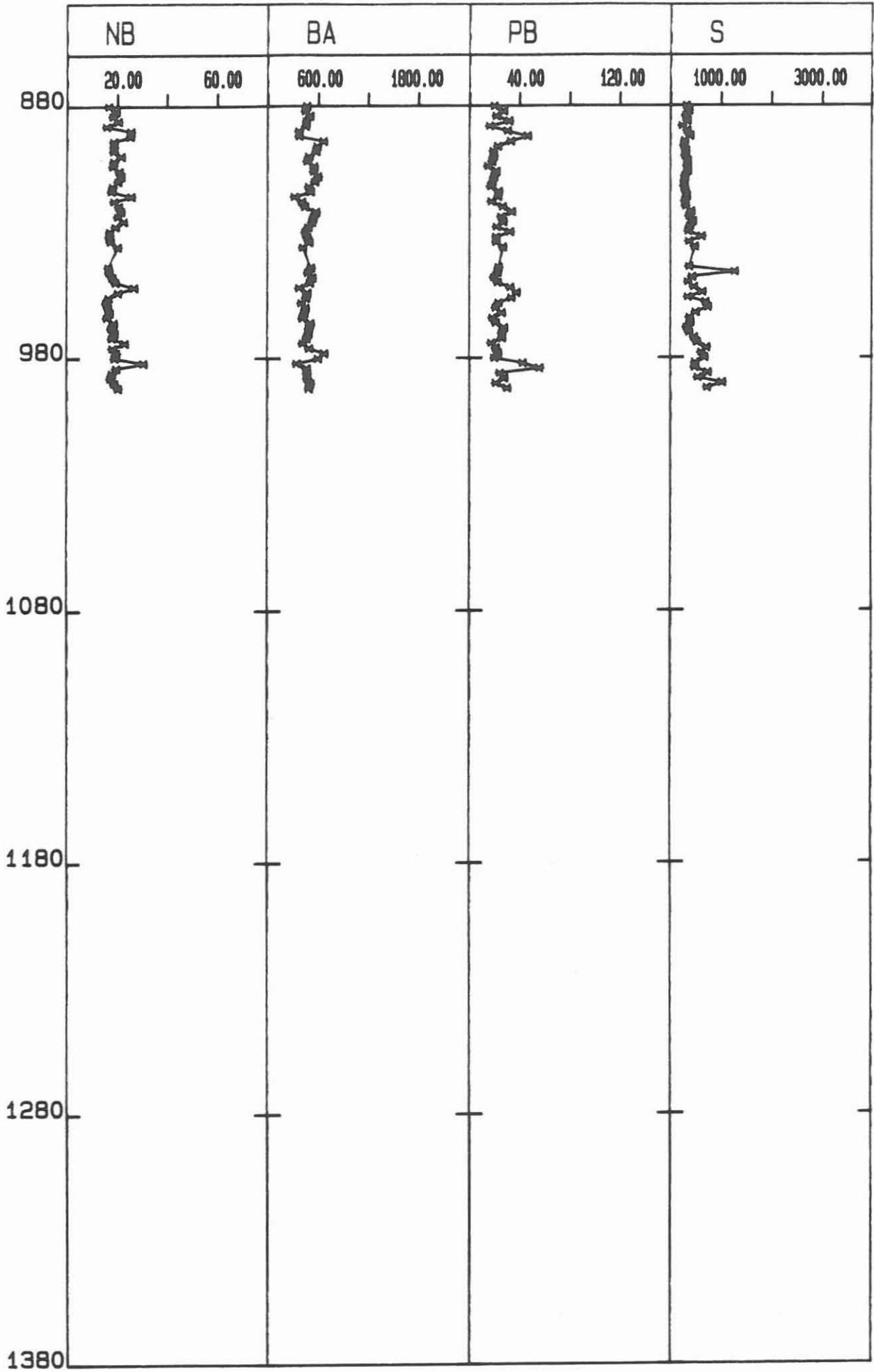
KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, [PPM]





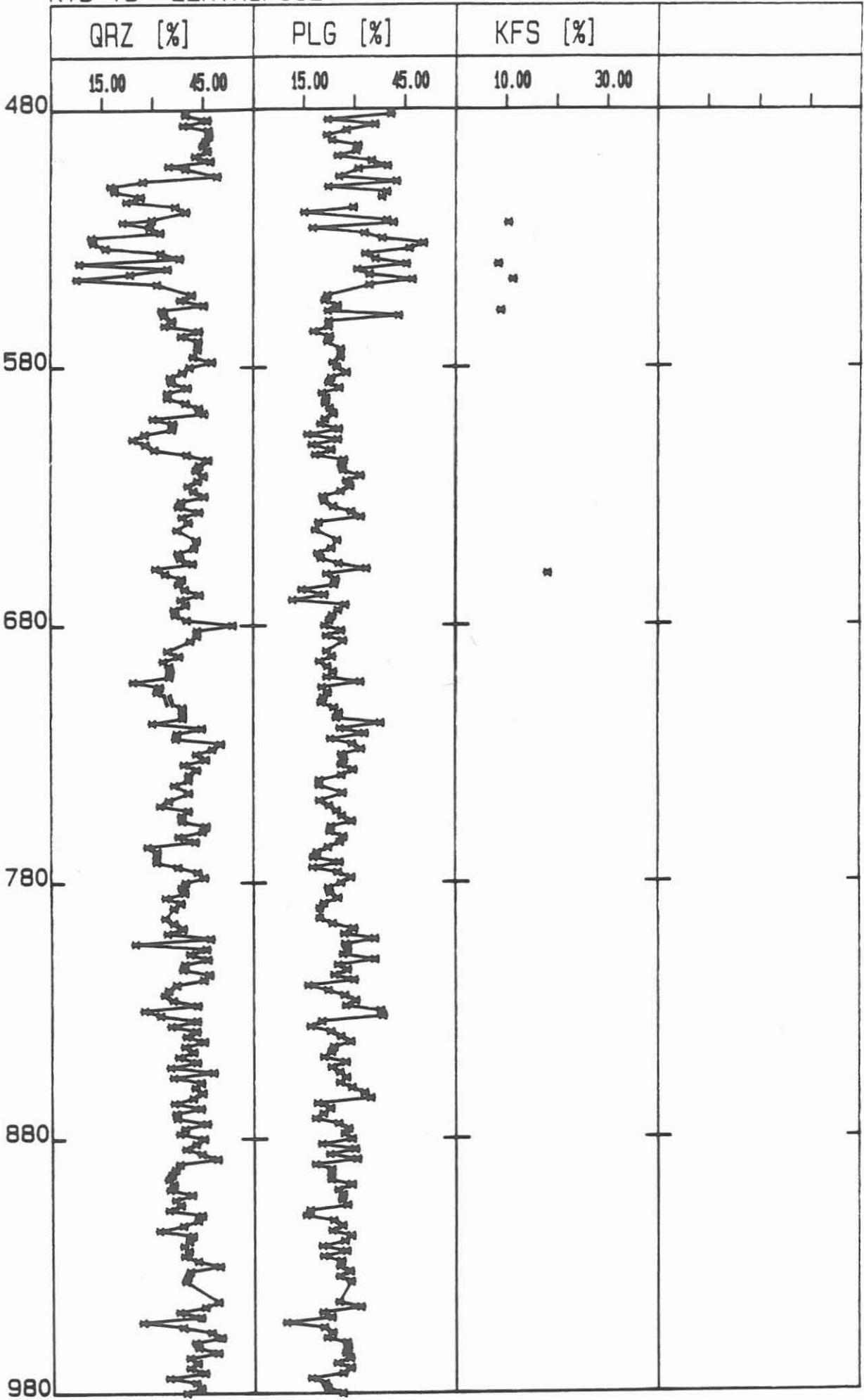
KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, [PPM]



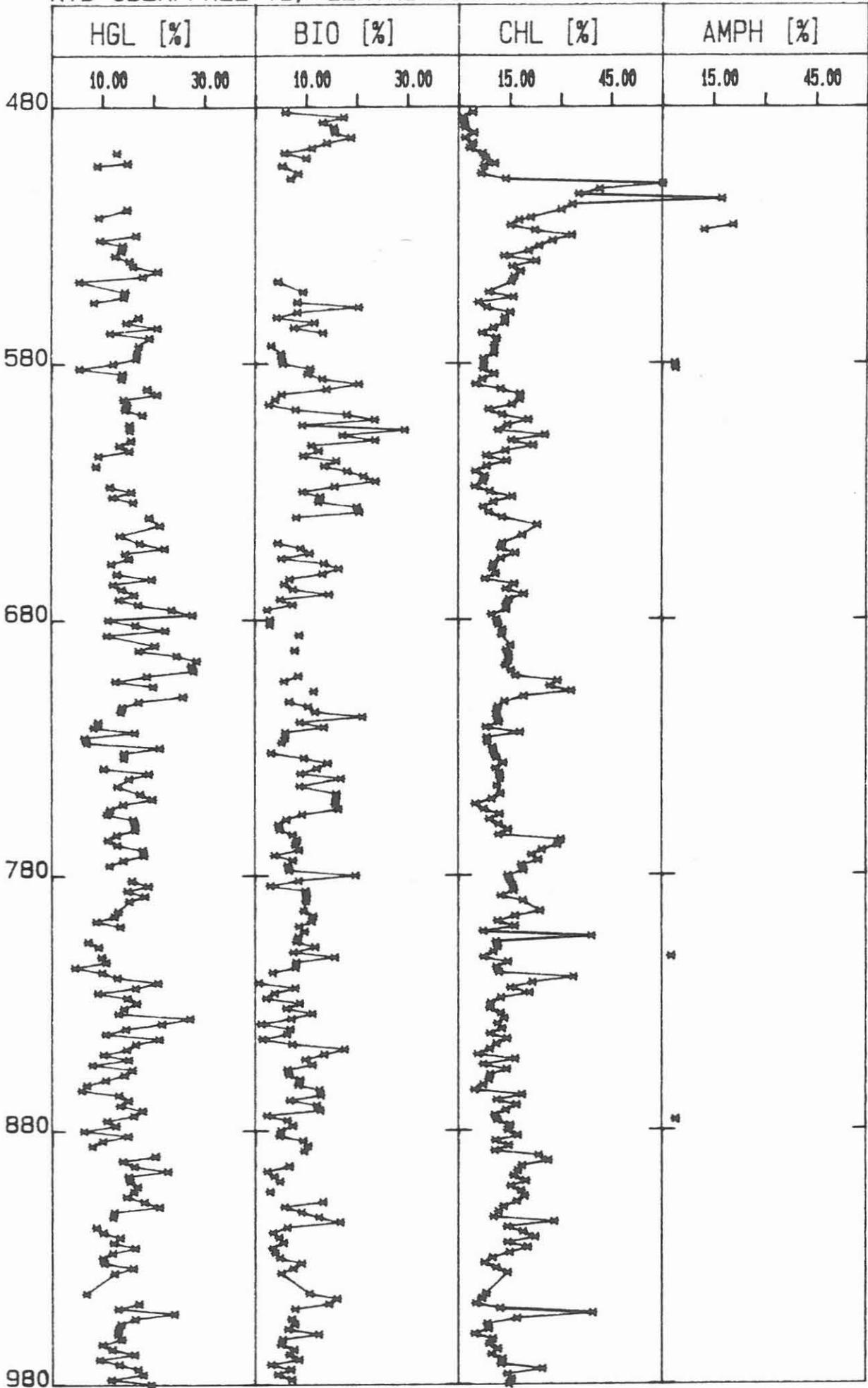


C.9.2 Tiefenlogs der RDA-Analysen

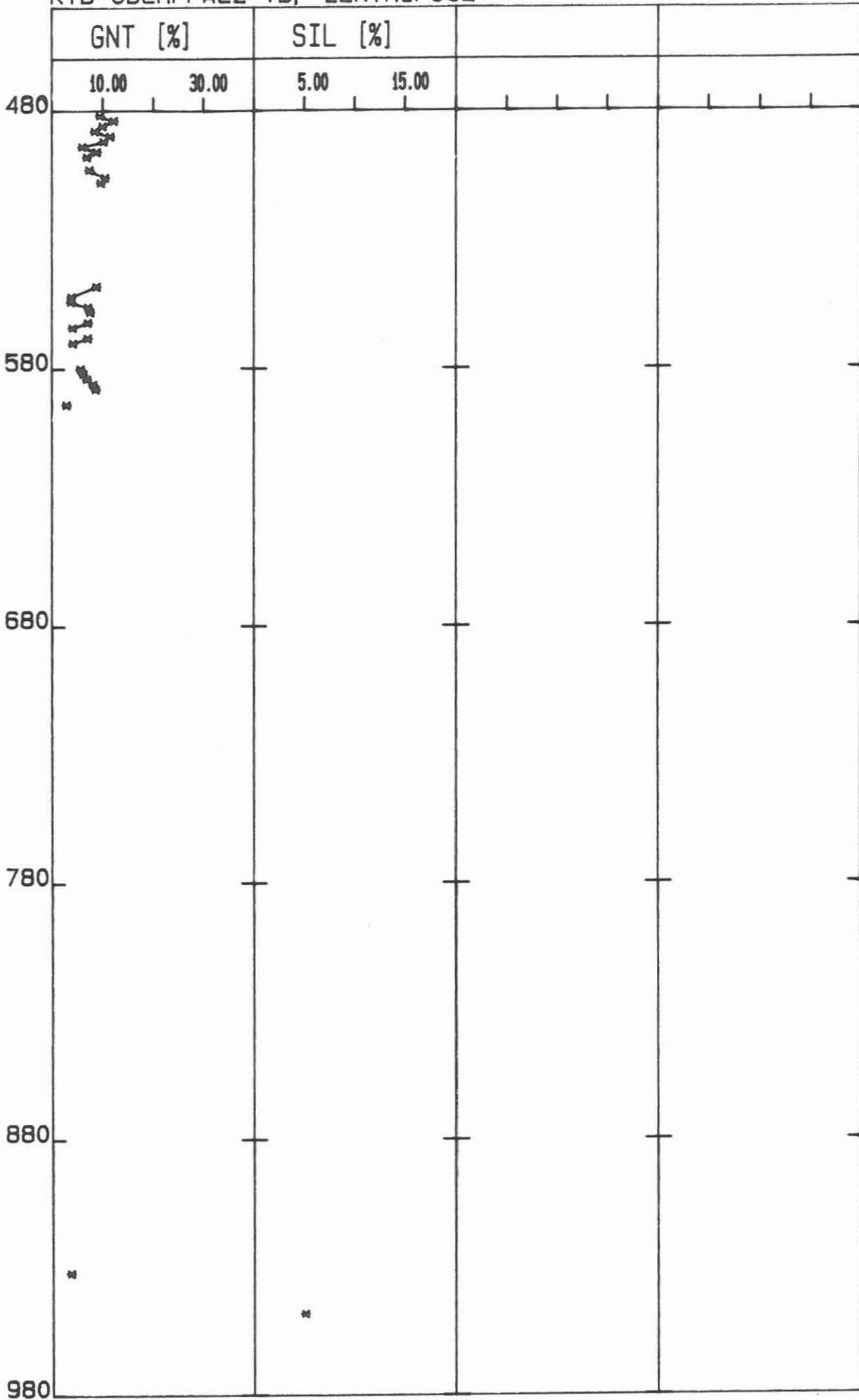
KTB-VB ZENTRIFUGE



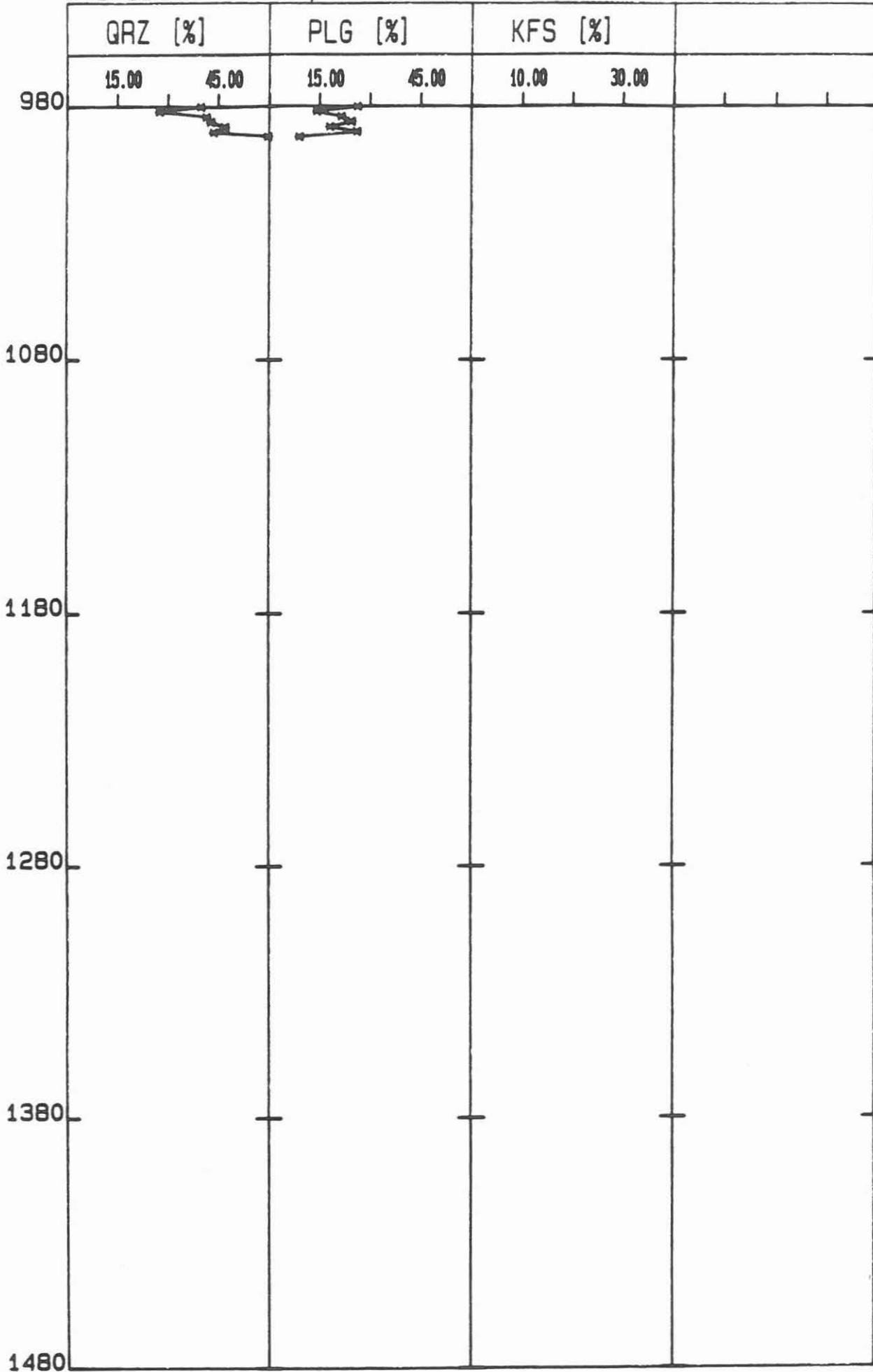
KTB-OBERPFALZ VB, ZENTRIFUGE



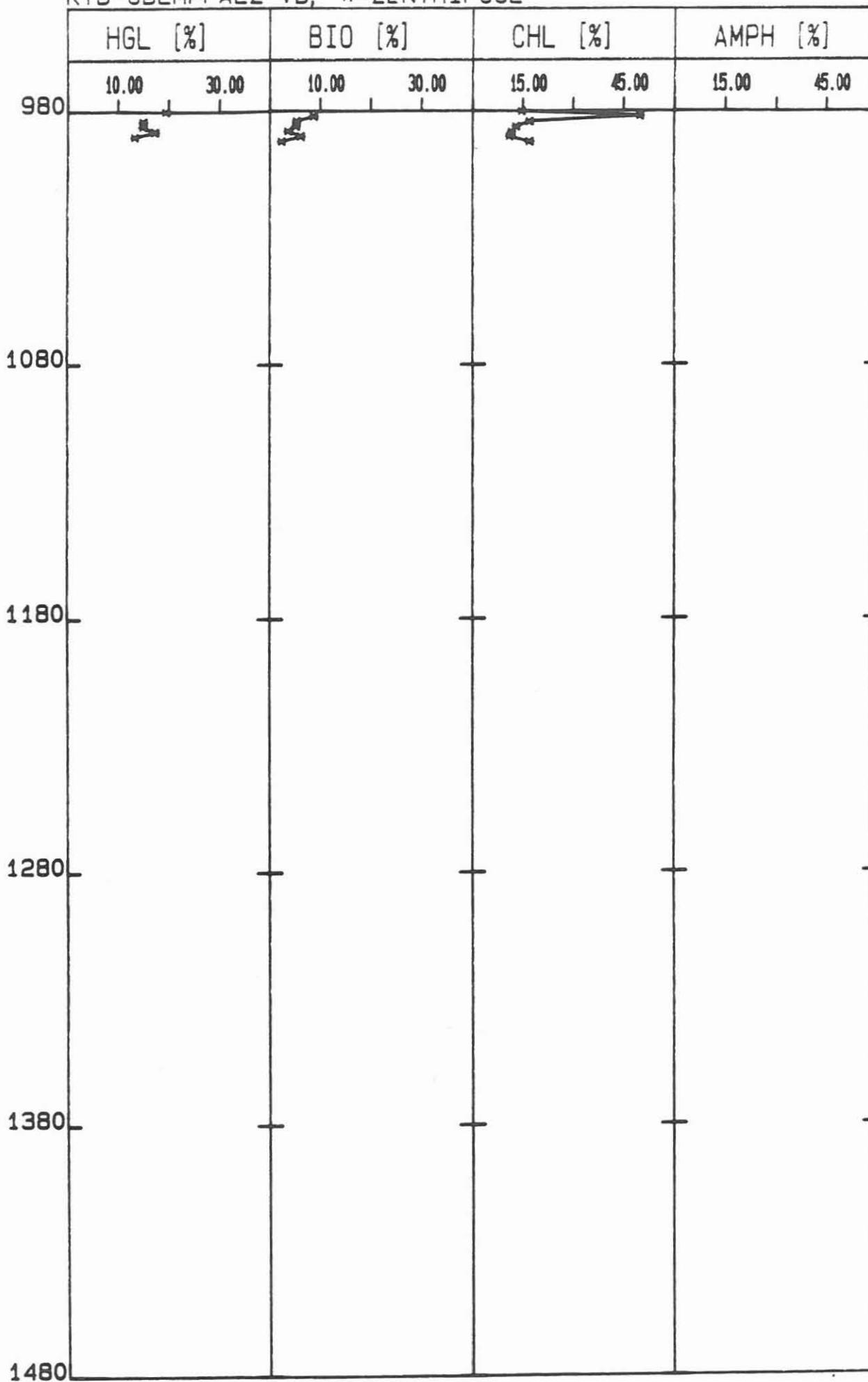
KTB-OBERPFALZ VB, ZENTRIFUGE



KTB-OBERPFALZ VB, *-ZENTRIFUGE

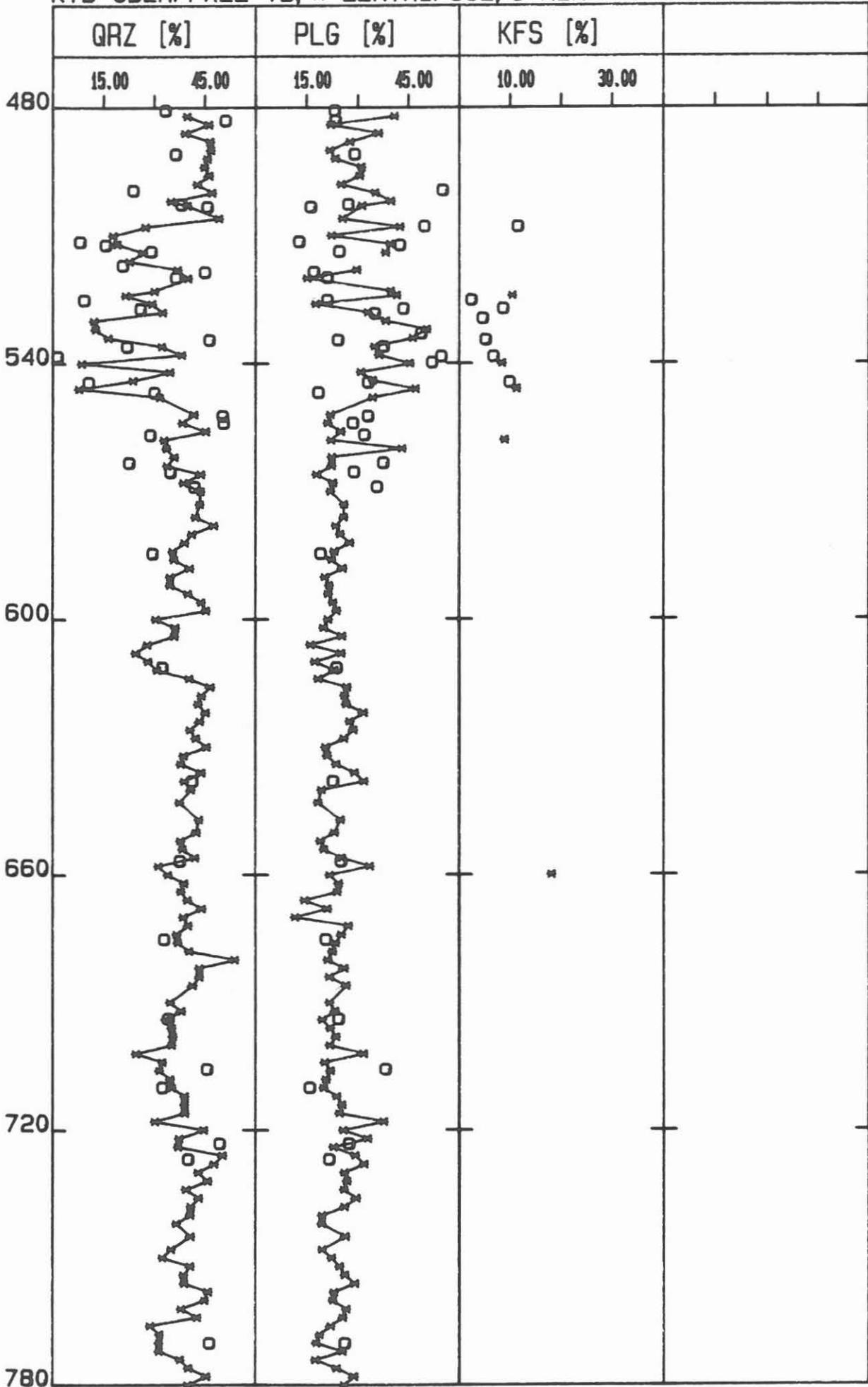


KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE

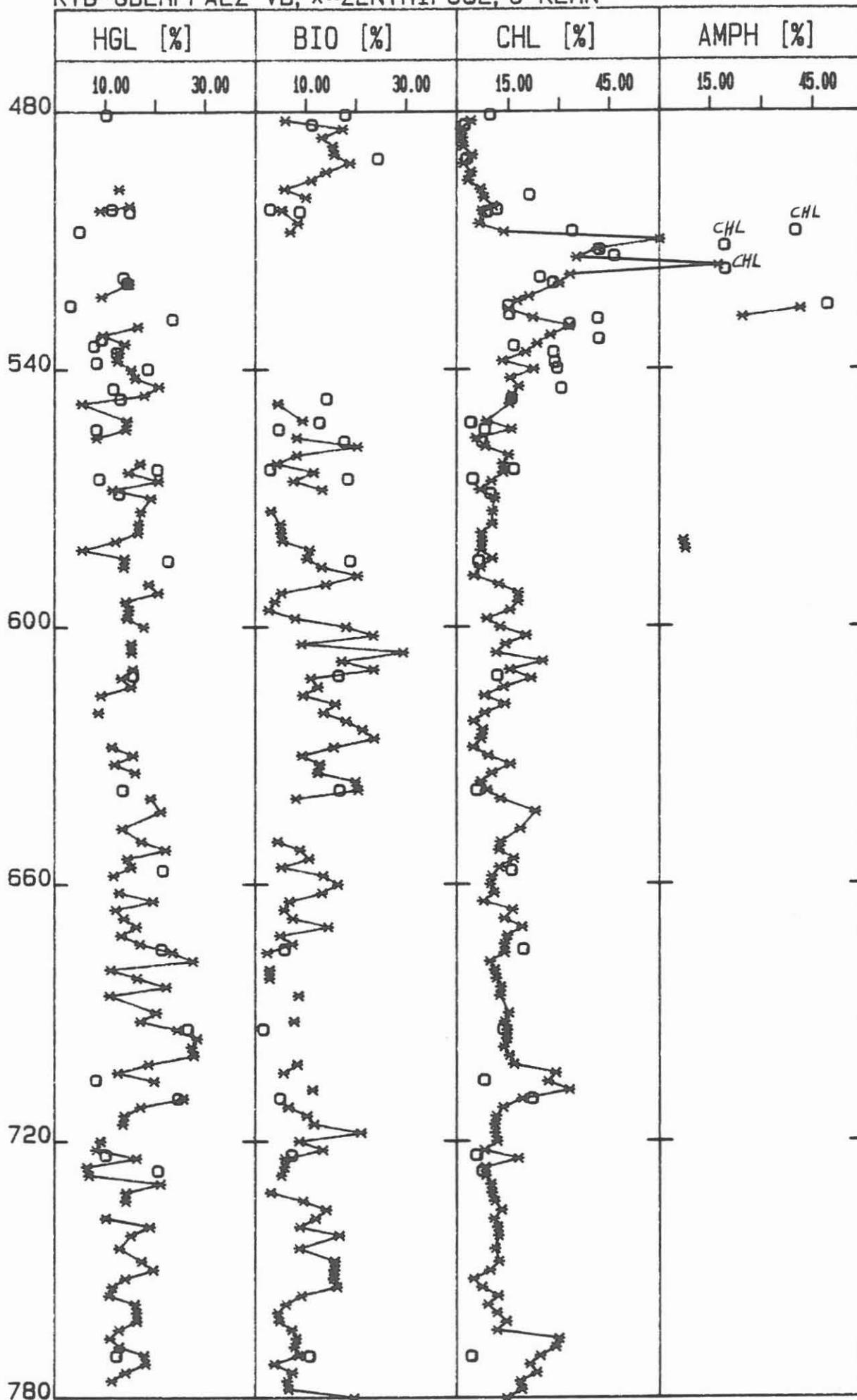


C.9.2.1 Vergleich der Ergebnisse von Bohrmehlproben und Kern-
bruchstücken

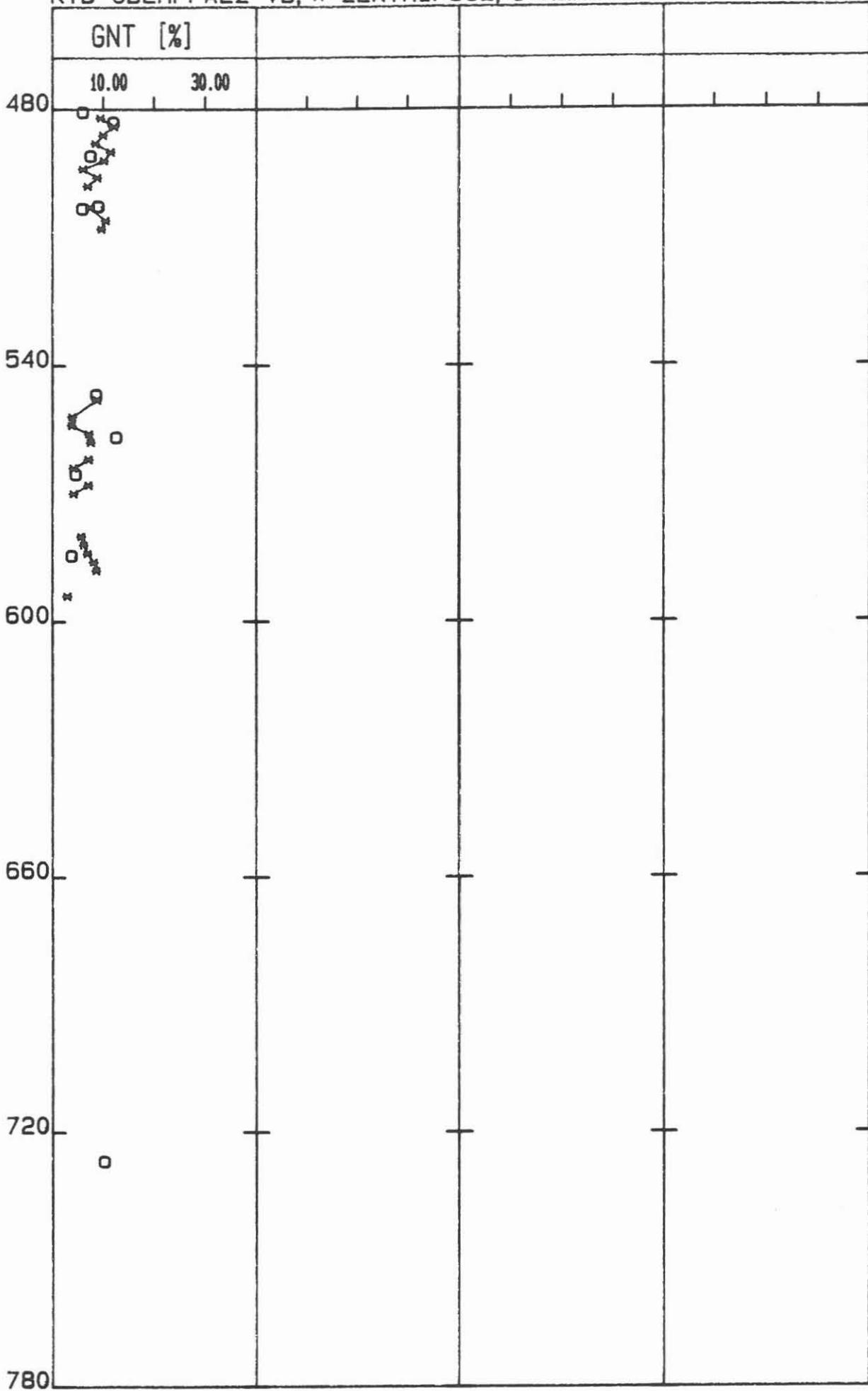
KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, O=KERN



KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, O=KERN

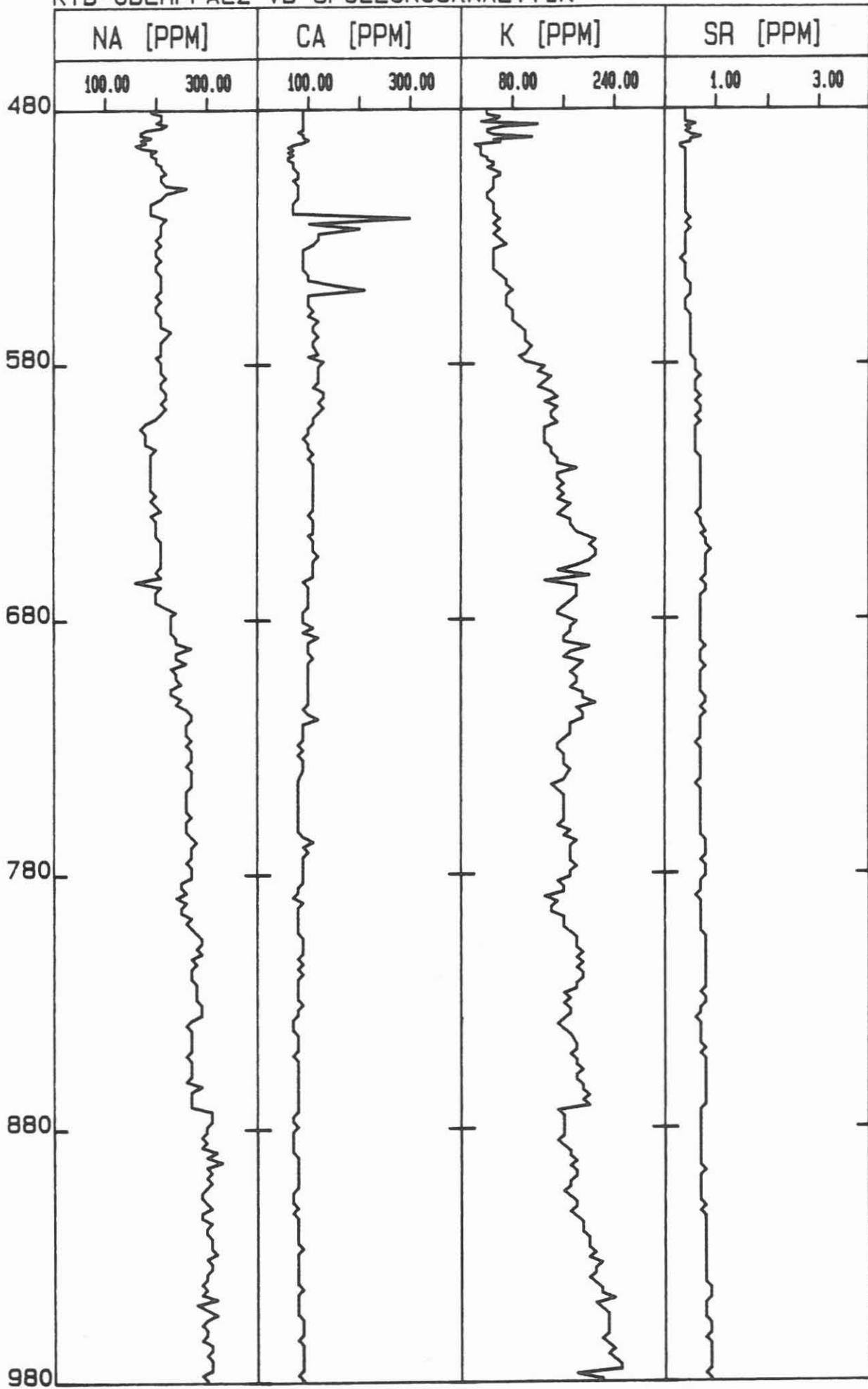


KTB-OBERPFALZ VB, *=ZENTRIFUGE, O=KERN

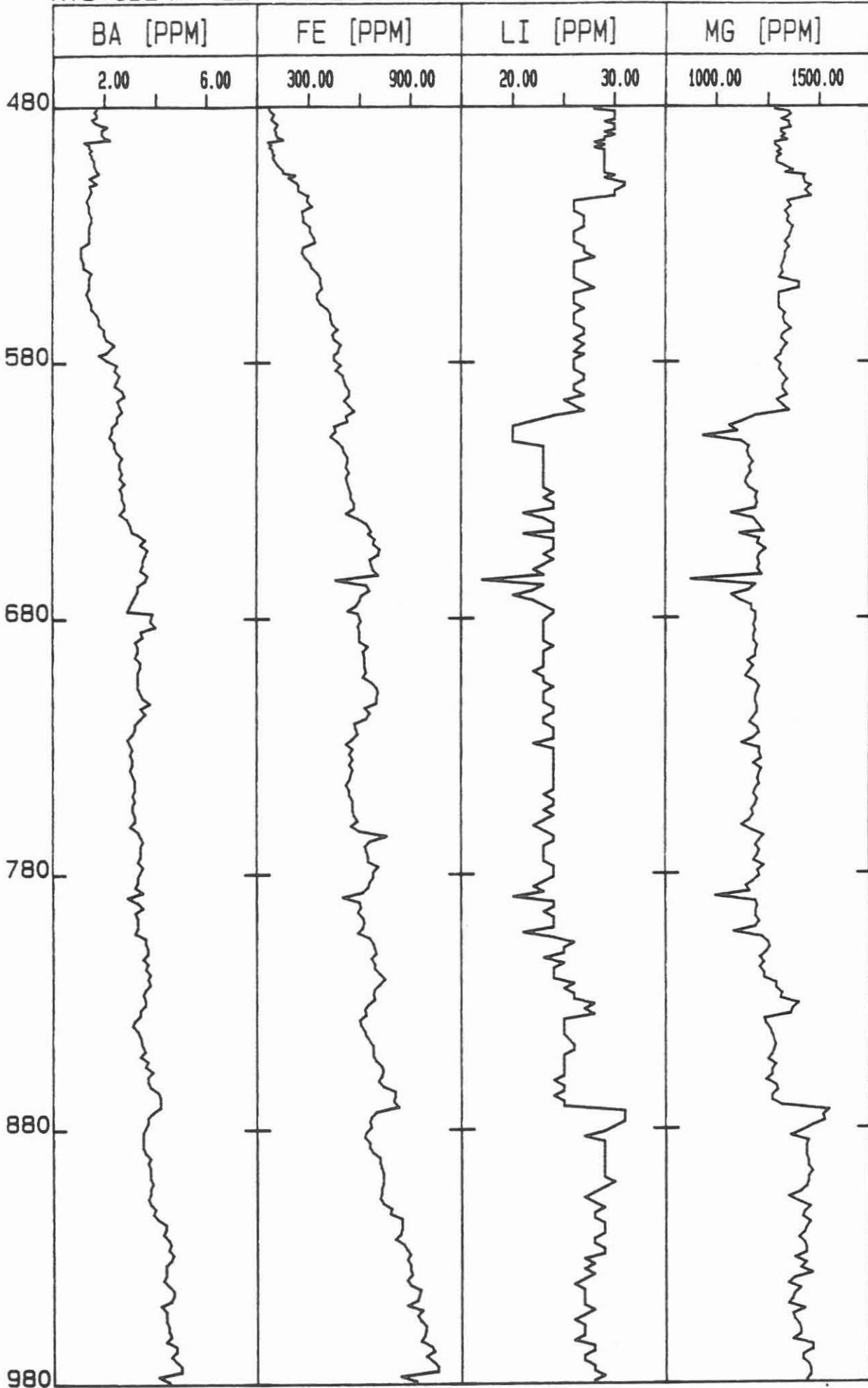


C.9.3 Tiefenlogs der Kationen- und Anionengehalte der
Bohrspülung

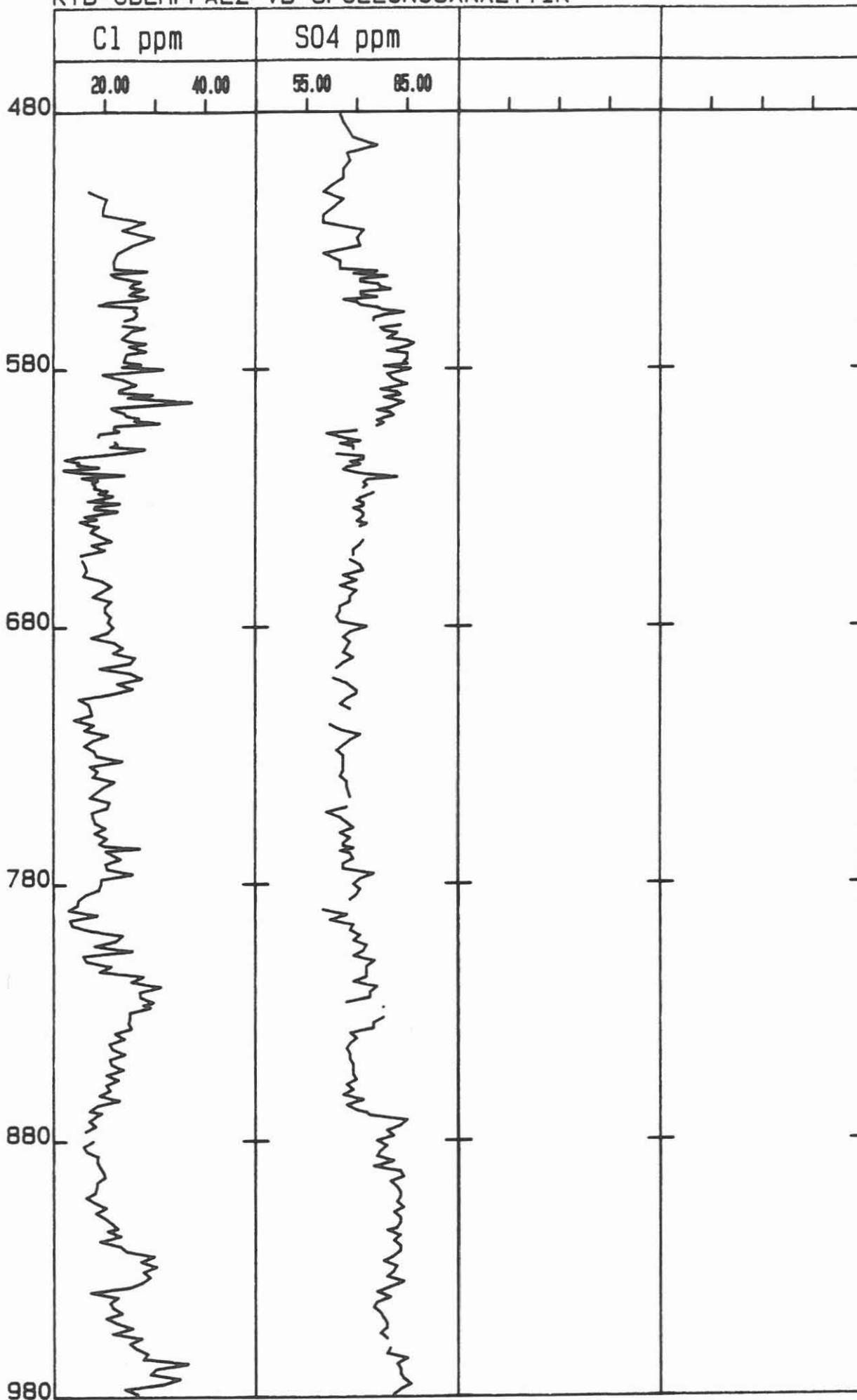
KTB-OBERPFALZ VB SPUELUNGSANALYTIK



KTB-OBERPFALZ SPUELUNGSANALYTIK



KTB-OBERPFALZ VB SPUELUNGSANALYTIK



KTB-OBERPFALZ VB SPUELUNGSANALYSEN

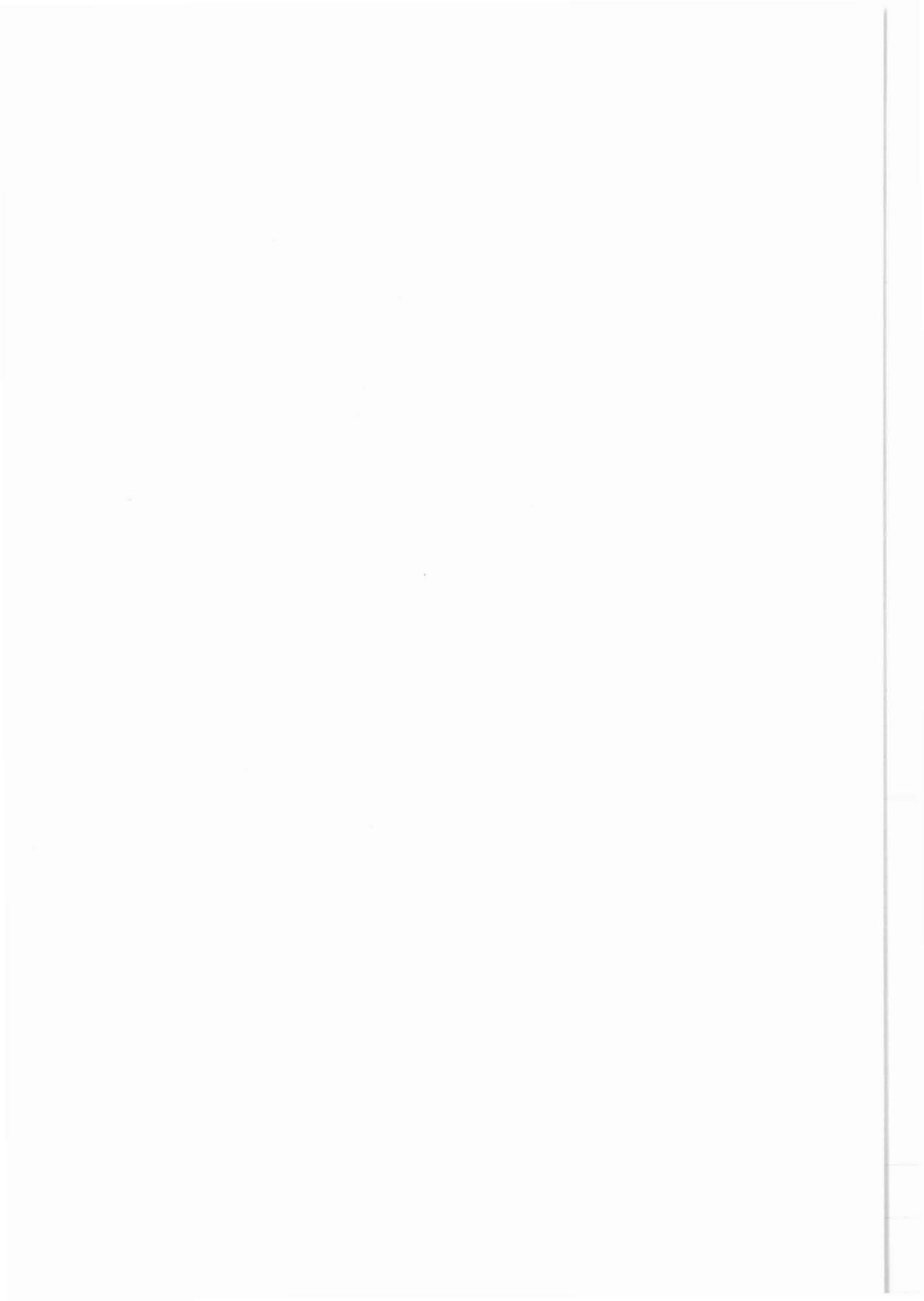
	NA [PPM]	CA [PPM]	K [PPM]	SR [PPM]
	100.00 300.00	100.00 300.00	80.00 240.00	1.00 3.00
980	ζ	ζ	ζ	
1080				
1180				
1280				
1380				
1480				

KTB-OBERPFALZ VB SPUELUNGSANALYTIK

	BA [PPM]	FE [PPM]	LI [PPM]	MG [PPM]
	2.00 6.00	300.00 900.00	20.00 30.00	1000.00 1500.00
980	ζ	ζ	ζ	ζ
1080				
1180				
1280				
1380				
1480				

KTB-OBERPFALZ VB SPUELUNGSANALYTIK

	C1 ppm	S04 ppm		
	20.00 40.00	55.00 85.00		
980				
1080				
1180				
1280				
1380				
1480				

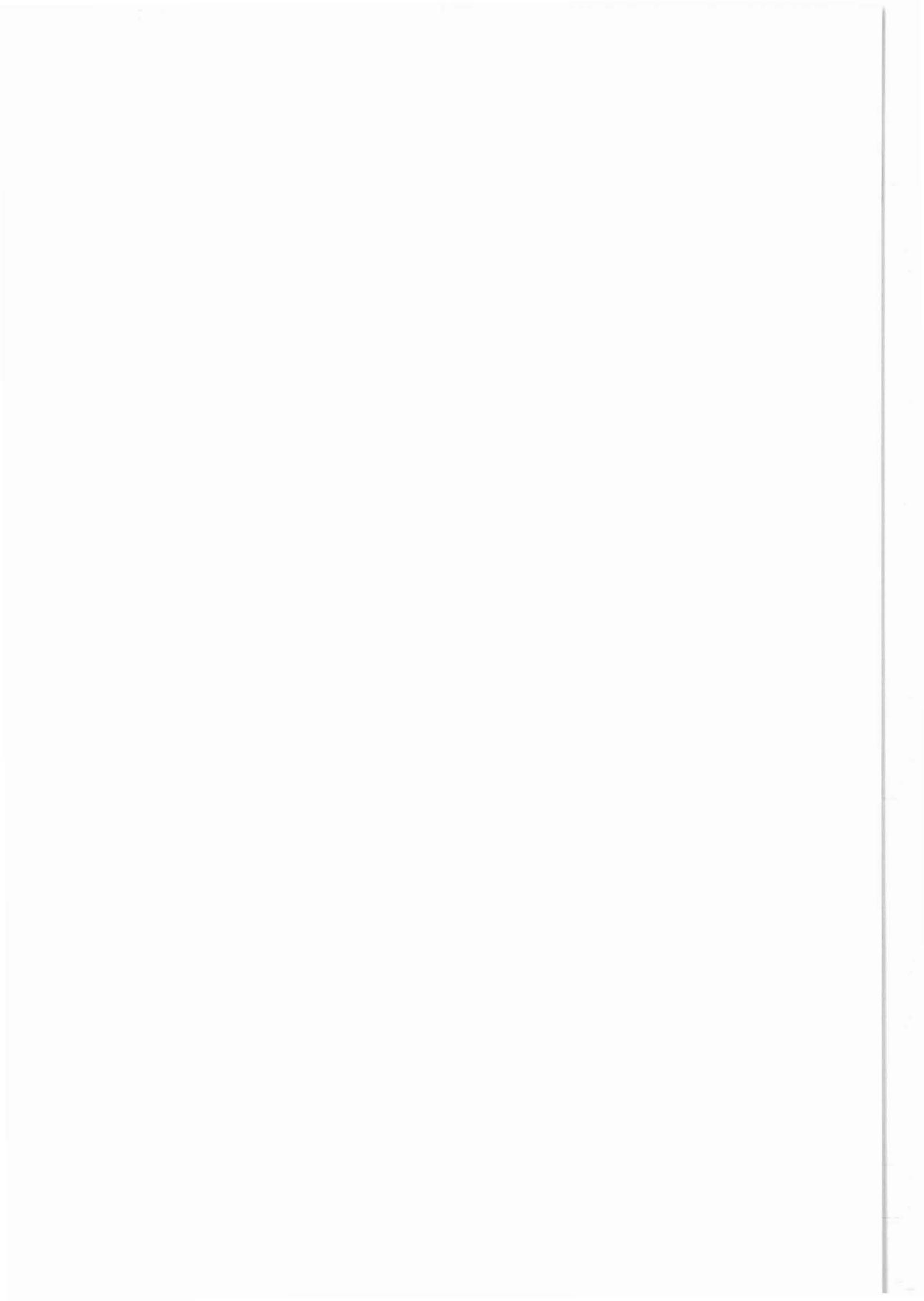


D. Geophysik

KTB Oberpfalz VB – Gesteinsphysikalische Untersuchungen

C. Bücken
K.-H. Eigner
A. Rauen*
J. Wienand
K. Wolter

* Herr Rauen war auch im Bereich Geophysik am KTB-Report 1 beteiligt.
Der Name „Rauch“ wurde irrtümlich gedruckt!



KTB Report	88-2	D1-D59	55 Abb.	Hannover 1988
------------	------	--------	---------	---------------

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

D. Geophysik

J. Wienand, K.E. Wolter, A. Rauen, K.-H. Eigner & Ch. Bucker

<u>Inhaltsverzeichnis:</u>		Seite
D.1.	Einleitung	D 1
D.2.	Dichte	D 2
D.2.1	Allgemeines	D 2
D.2.2	Dichte der Bohrkerne	D 2
D.3.	Ultraschallseismik	D 15
D.3.1	Allgemeines	D 15
D.3.2	Meßprinzip und Meßtechnik	D 15
D.3.3	Ergebnisse	D 17
D.4.	Natürliche remanente Magnetisierung	D 30
D.4.1	Allgemeines	D 30
D.4.2	Beschreibung der Auswertung	D 30
D.4.3	Beschreibung der Ergebnisse	D 31
D.5.	Suszeptibilität	D 45
D.5.1	Allgemeines	D 45
D.5.2	Suszeptibilität der Bohrkerne	D 45
D.6.	Schriftenverzeichnis	D 59
D.7.	Danksagung	D 59

D.1. Einleitung

In der Arbeitsgruppe Geophysik des KTB-Feldlabors wurden die Messungen der Dichte, der seismischen Geschwindigkeit, der natürlichen remanenten Magnetisierung und der magnetischen Suszeptibilität im Teufenbereich 480 - 992 m soweit wie möglich kontinuierlich fortgesetzt. Die Ergebnisse werden auf den folgenden Seiten detailliert dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, daß auch diese Messungen noch im provisorischen Feldlabor in der Schule in Windischeschenbach vorgenommen wurden.

D.2. Dichte

D.2.1 Allgemeines

Die Dichtebestimmung an den Bohrkernstücken erfolgte wiederum nach dem Archimedischen Prinzip. Hierauf wurde bereits im KTB Report 88-1 (BÜCKER et al. 1988) näher eingegangen. Es wurde versucht, jeweils mindestens ein Kernstück pro Meter zu vermessen, was im allgemeinen auch erreicht wurde. Bei einigen Kernmärschen war dieses Vorgehen nicht möglich. Der wesentliche Grund lag in der Qualität der Bohrkern, d.h. entweder waren nur sehr kleine Kernbruchstücke vorhanden, oder die Kernstücke waren so groß, daß die technischen Möglichkeiten der Apparatur überschritten wurden.

Die Dichtewerte sind in einer Übersichtsdarstellung im Teufenmaßstab 1:2000 eingetragen (Abb.D.2.1). Außerdem sind alle Dichtewerte in 50 m-Schritten im vergrößerten Teufenmaßstab dargestellt (Abb.D.2.2 - D.2.12). Diese Plots können auf Anforderung zugesandt werden.

D.2.2 Dichte der Bohrkern

Aufgrund der Messungen ergab sich für den Teufenbereich 480 - 992 m der Bohrung eine mittlere Dichte von 2.75 g/cm^3 . Die an den Bohrkernen gemessenen Werte variieren zwischen den Werten 2.60 und 2.99 g/cm^3 . Die Dichtewerte weisen keine so große Streubreite auf wie auf den ersten 480 m der Bohrung. Das ist lithologisch dadurch bedingt, daß in diesem 2. Bohrabschnitt vor allem Paragneise anstehen, in die einige geringmächtige Amphibolite und in einer Teufe von 509 - 517 m intermediäre Ganggesteine eingeschaltet sind.

In der Übersicht fallen allerdings einige Abschnitte auf, in denen die durchschnittliche Dichte signifikant vom Mittelwert abweicht. Im Bereich von 818 - 912 m ist insgesamt eine etwas erhöhte Dichte feststellbar. Im Bereich von 912 - 929 m liegt die Dichte im Mittel etwas niedriger und steigt unterhalb dieser Teufe wieder an. Eine eindeutige petrologische Erklärung läßt sich für diese Dichteschwankungen zur Zeit noch nicht angeben. Eventuell sind hierfür unterschiedliche Erzführungen der Gneise verantwortlich. Hinweise hierauf geben die Suszeptibilitätsmessungen, die zum Teil mit den Dichtemessungen korrelieren.

Der kleinste Dichtewert (2.60 g/cm^3) tritt in einer Teufe von 523 m auf. Er repräsentiert ein Mobilisat aus Calcit, Quarz und Feldspat. Der höchste Dichtewert (2.99 g/cm^3) tritt im Bereich von 525 m bis 527 m auf. Es handelt sich hier um einen Biotit-Gneis mit hohen Pyritanteilen. Ein weiterer Bereich mit einer hohen Dichte tritt bei einer Teufe von 486 - 487 m auf. Bei dem betreffenden Gestein handelt es sich um einen Granat-Biotit-Gneis. Unterhalb von 527 m hat das Gestein eine relativ einheitliche Dichte, die nur geringfügig um den Mittelwert von 2.75 g/cm^3 schwankt. Ein markanter Dichteunterschied taucht allerdings im Teufenbereich von 811 m bis 812 m auf. Hier steigt die Dichte sprunghaft auf einen Wert von 2.98 g/cm^3 . Es handelt sich hier um einen Sillimanit-Biotit-Gneis mit Einlagerungen von Hornblende-Biotit-Gneis-Bändern.

- D 3 -

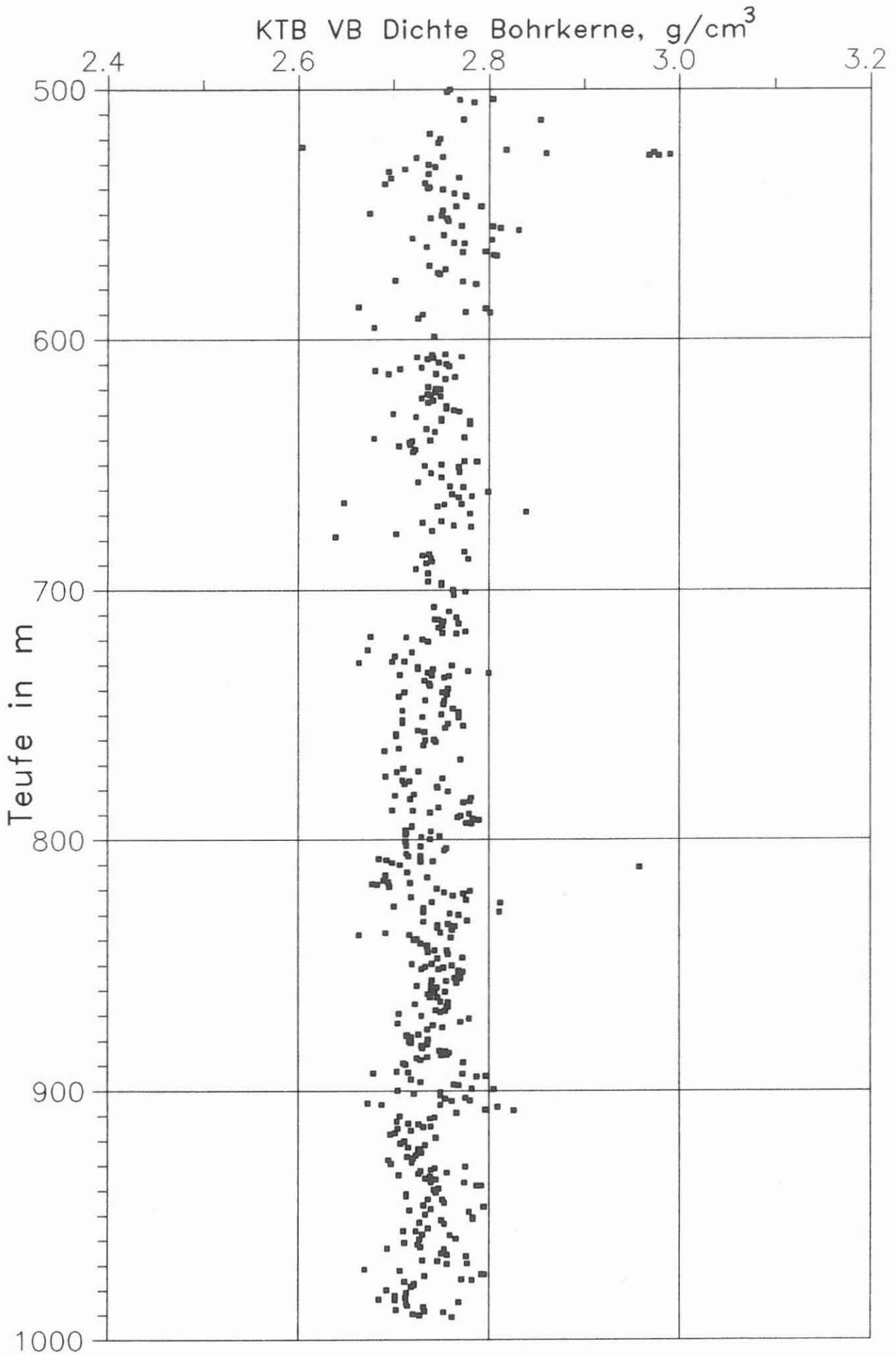


Abb. D.2.1

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

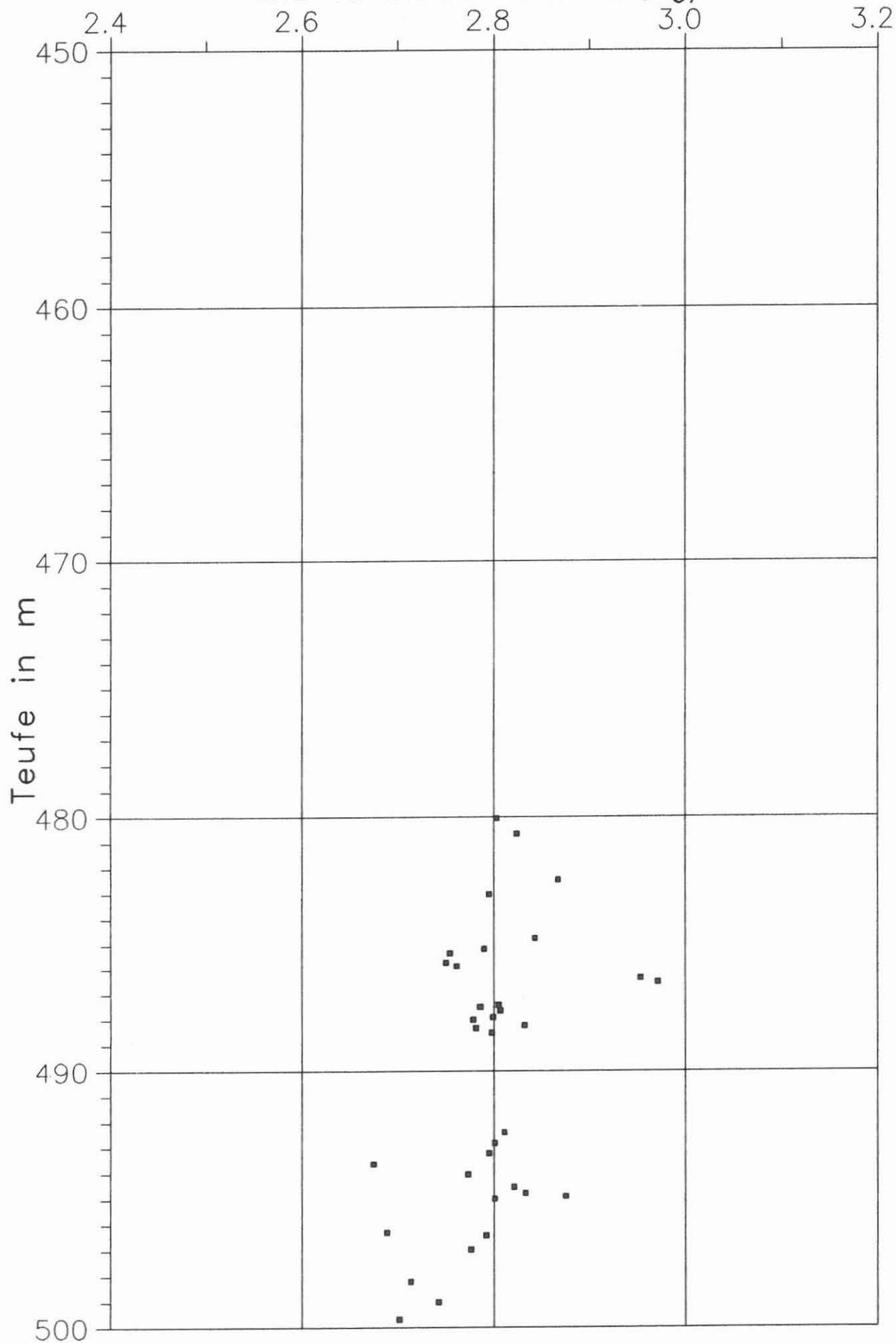


Abb. D.2.2

- D 5 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

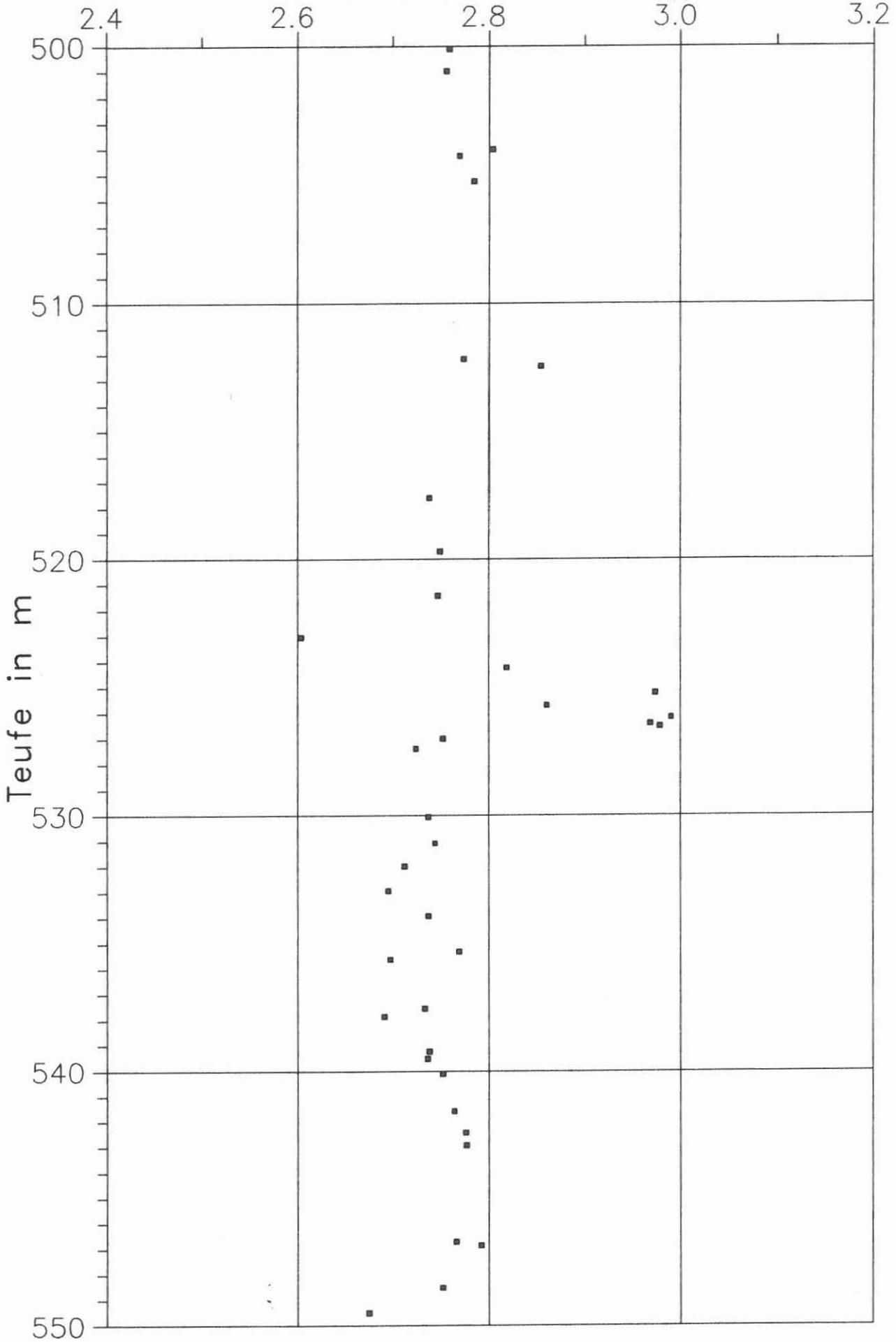


Abb. D.2.3

- D 6 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

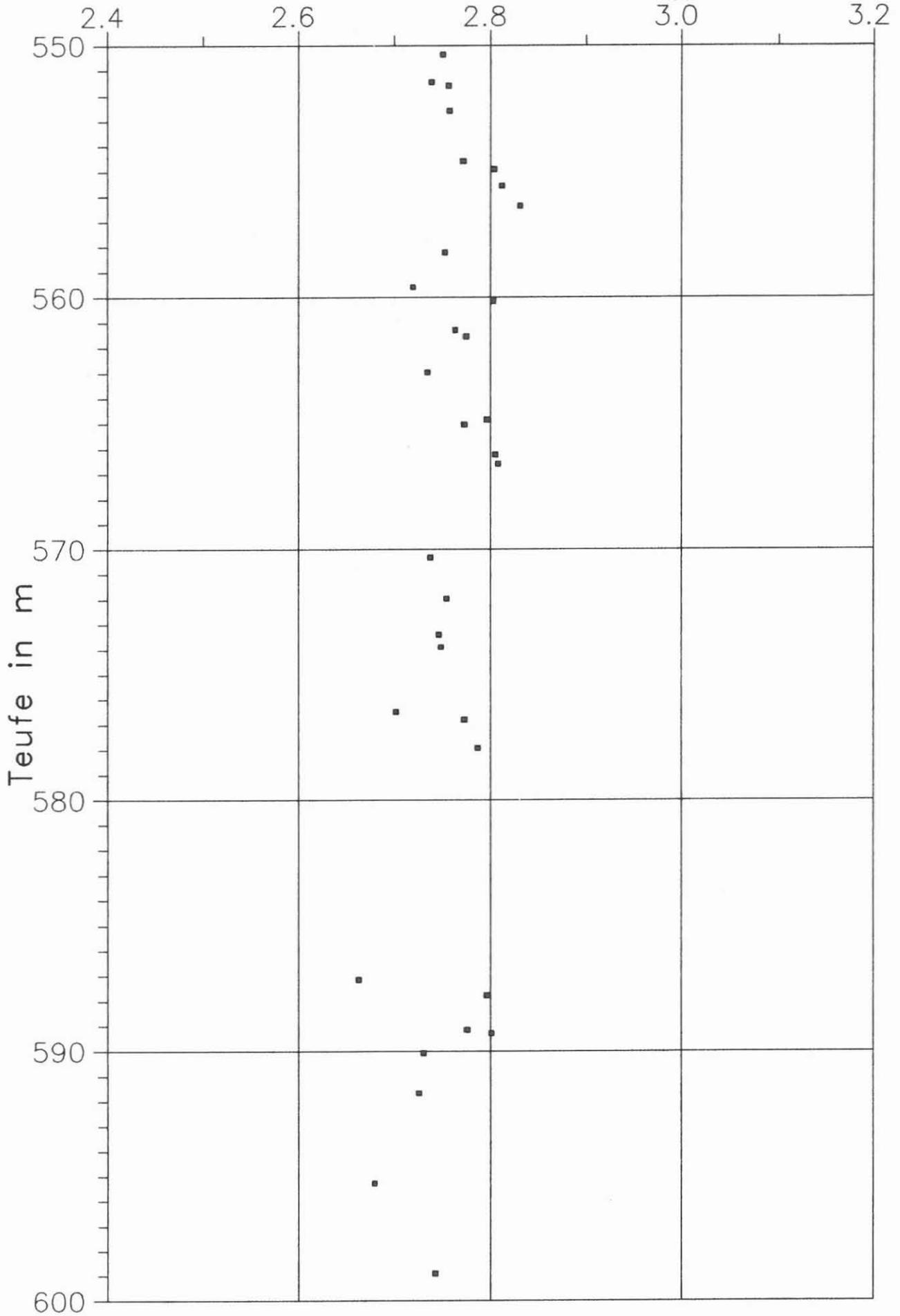


Abb. D.2.4

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

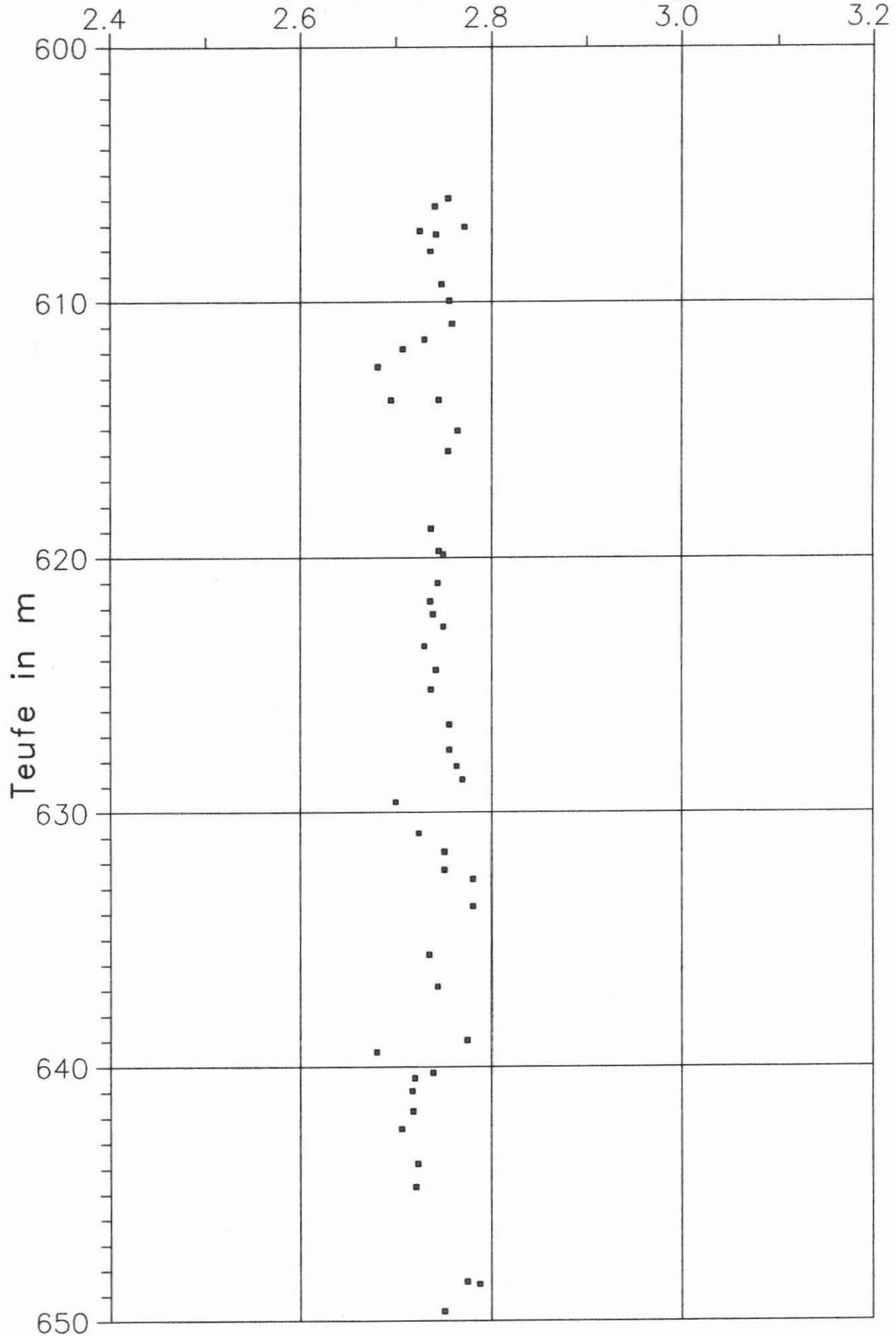


Abb. D.2.5

- D 8 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

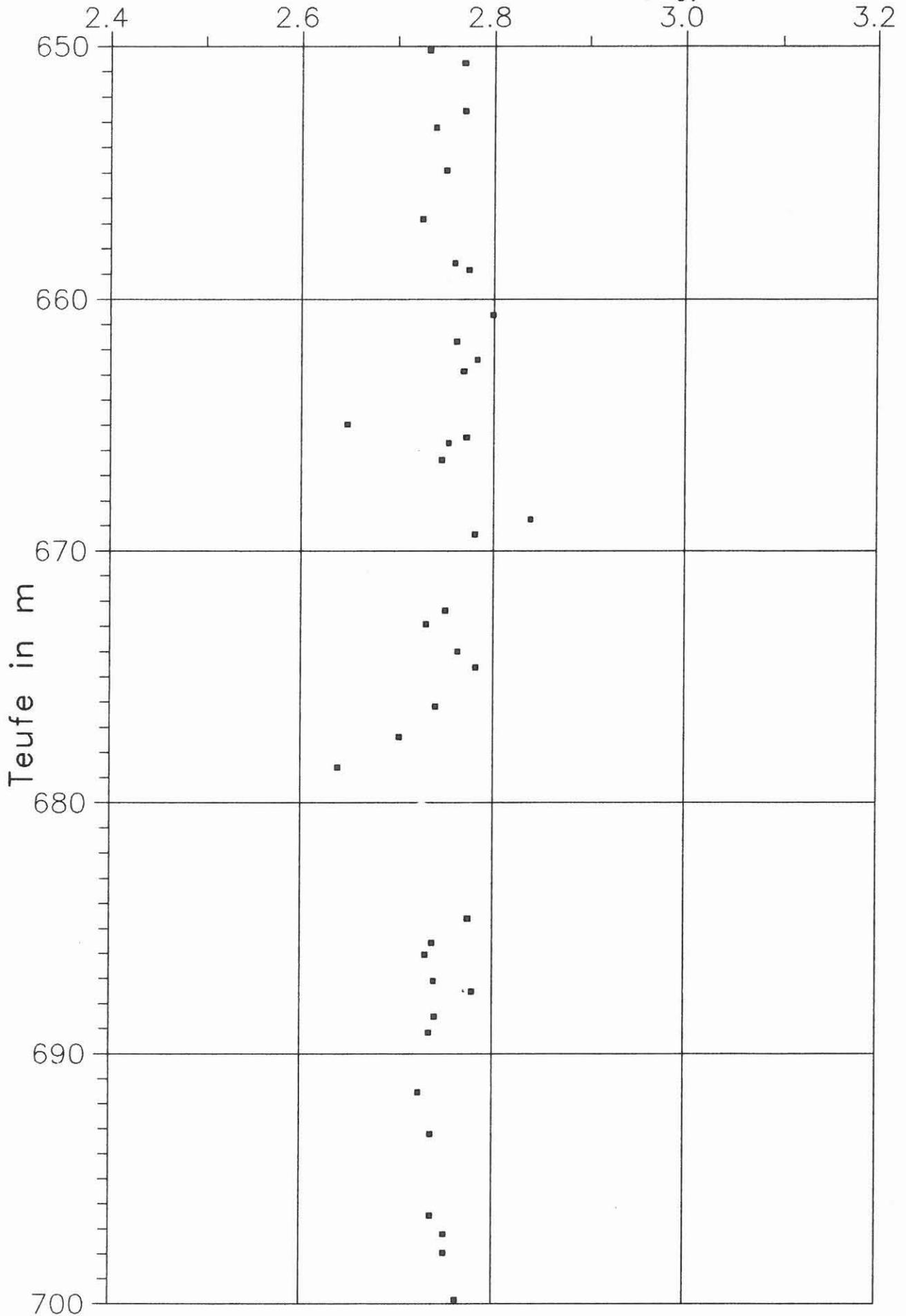


Abb. D.2.6

- D 9 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

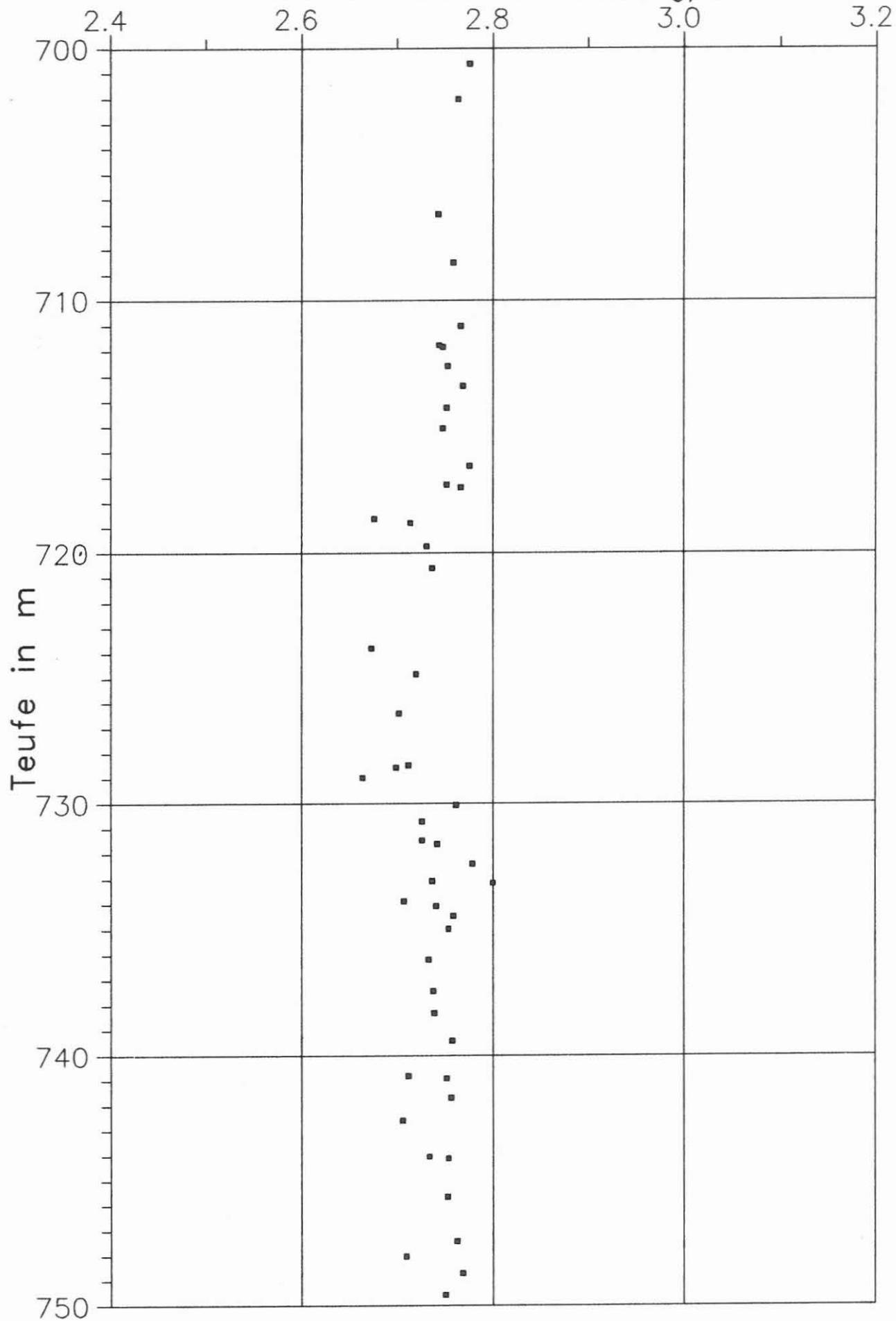


Abb. D.2.7

- D 10 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

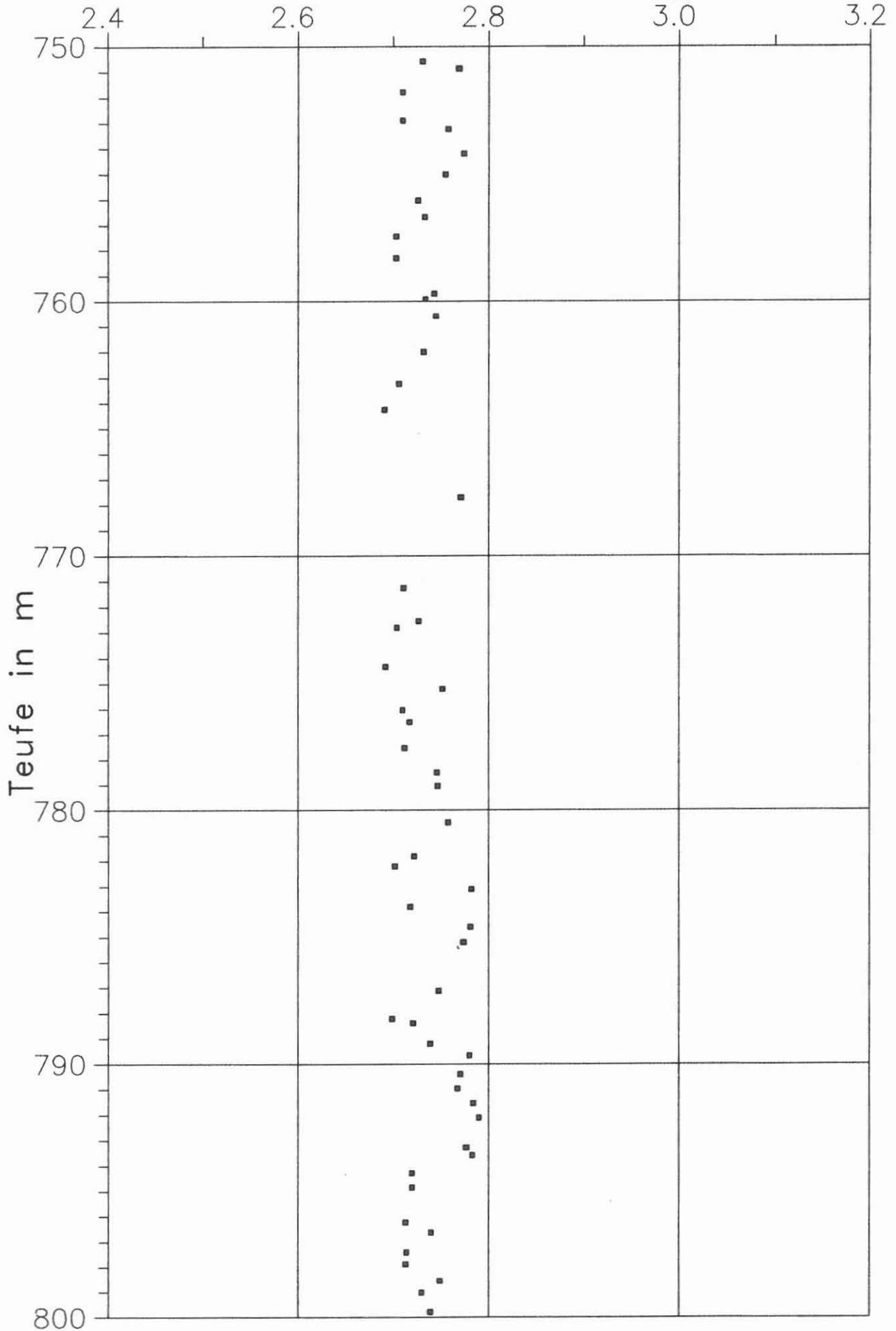


Abb. D.2.8

- D 11 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

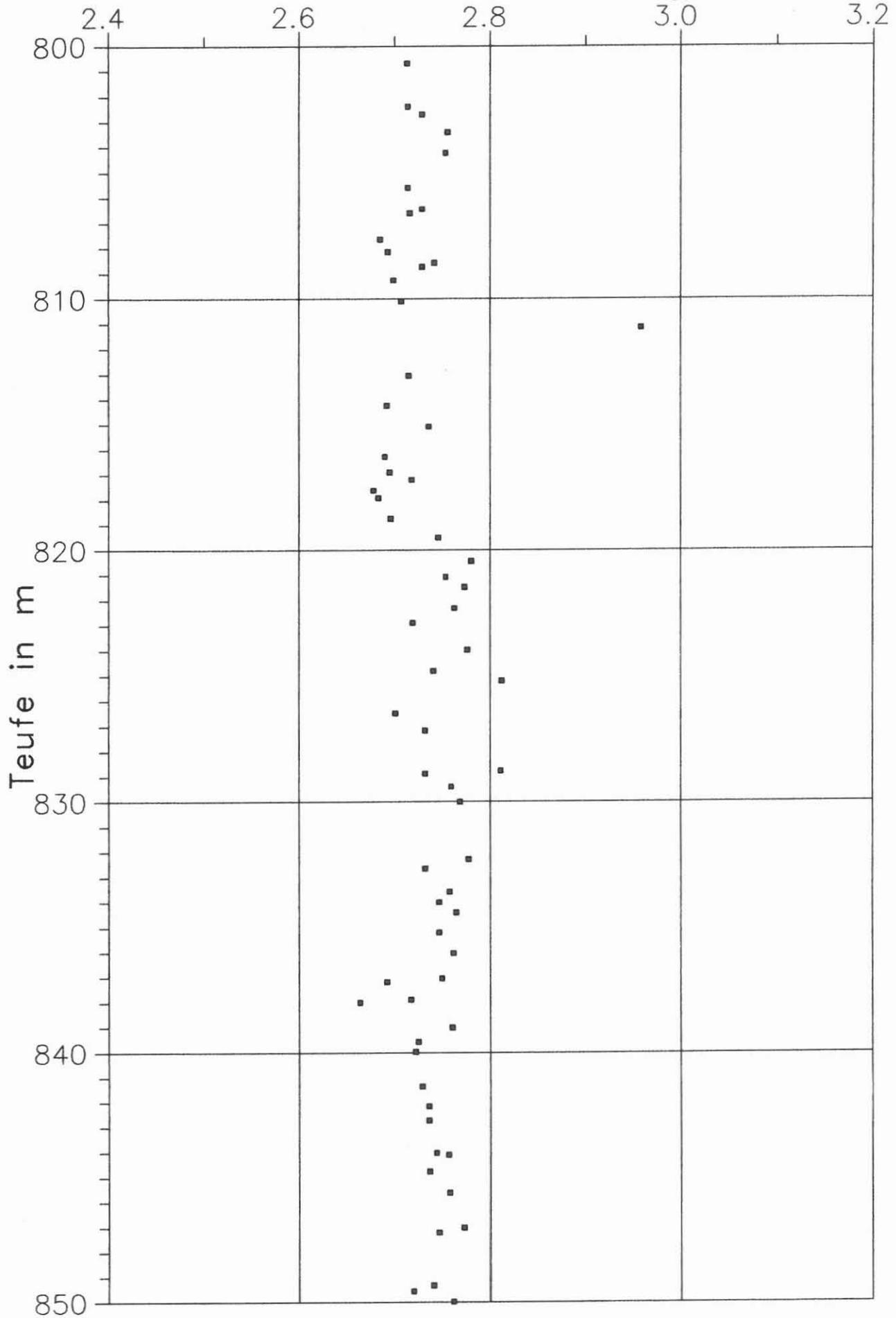


Abb. D.2.9

- D 12 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm³

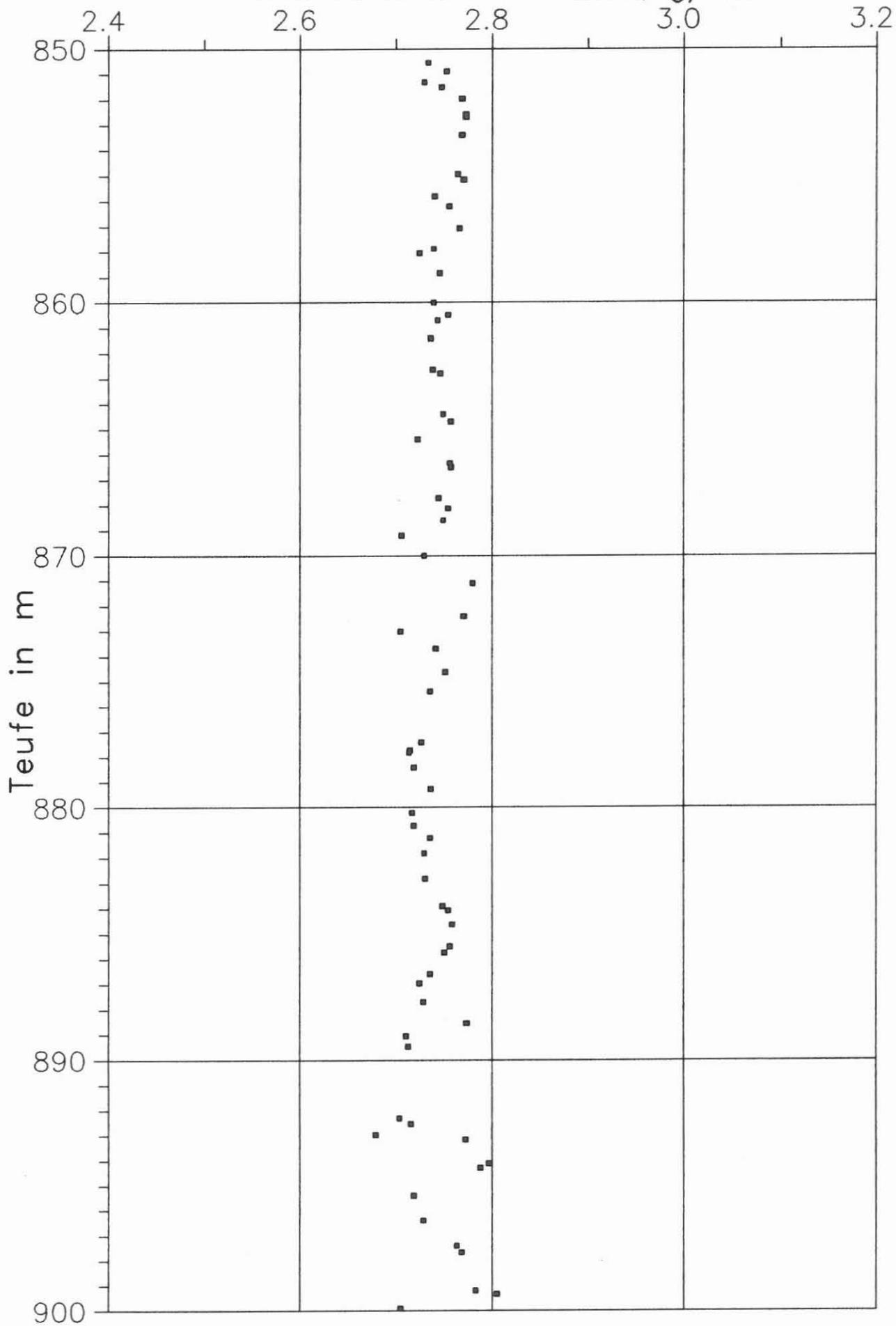


Abb. D.2.10

- D 13 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm^3

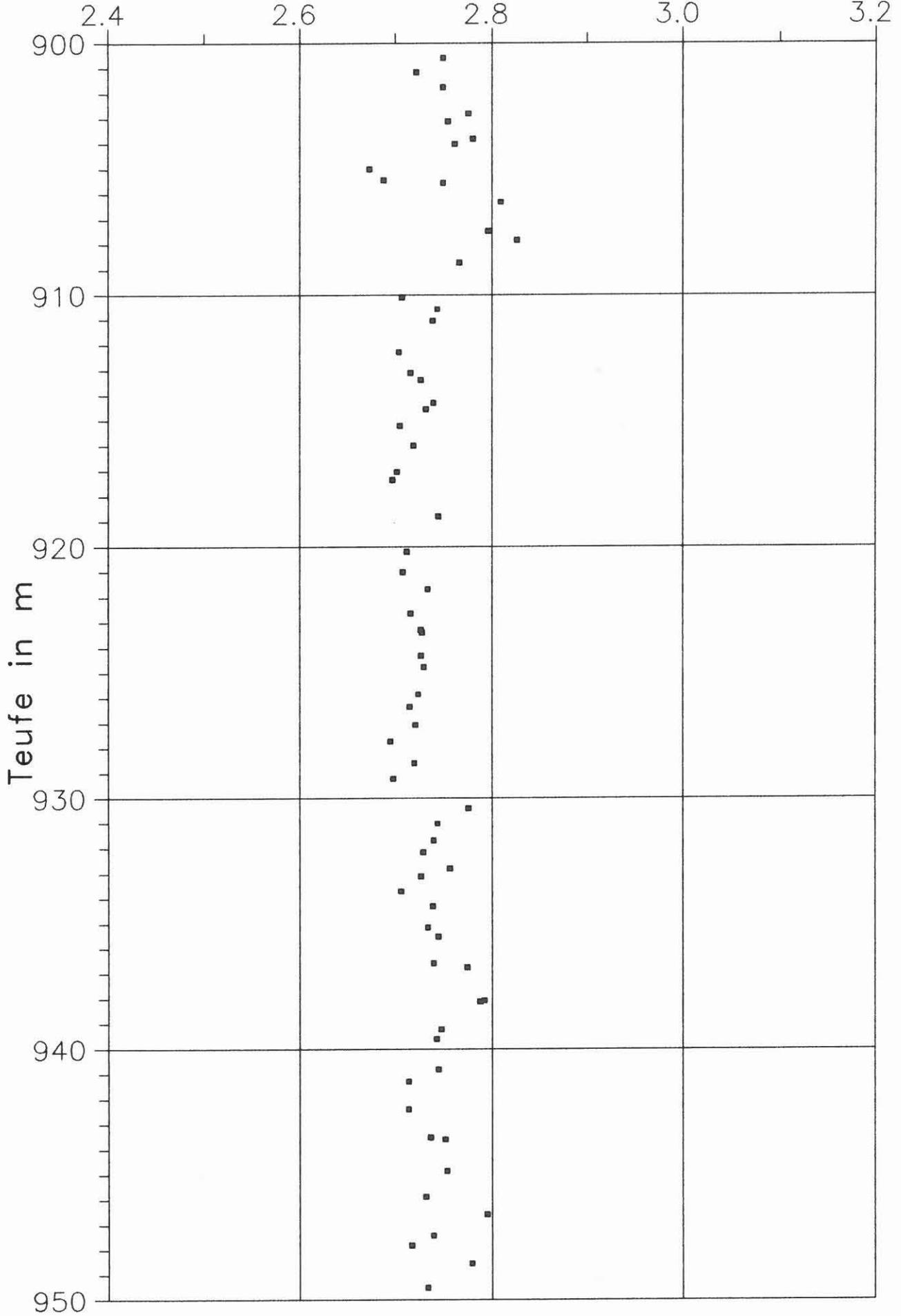


Abb. D.2.11

- D 14 -

KTB VB Dichte Bohrkerne, g/cm^3

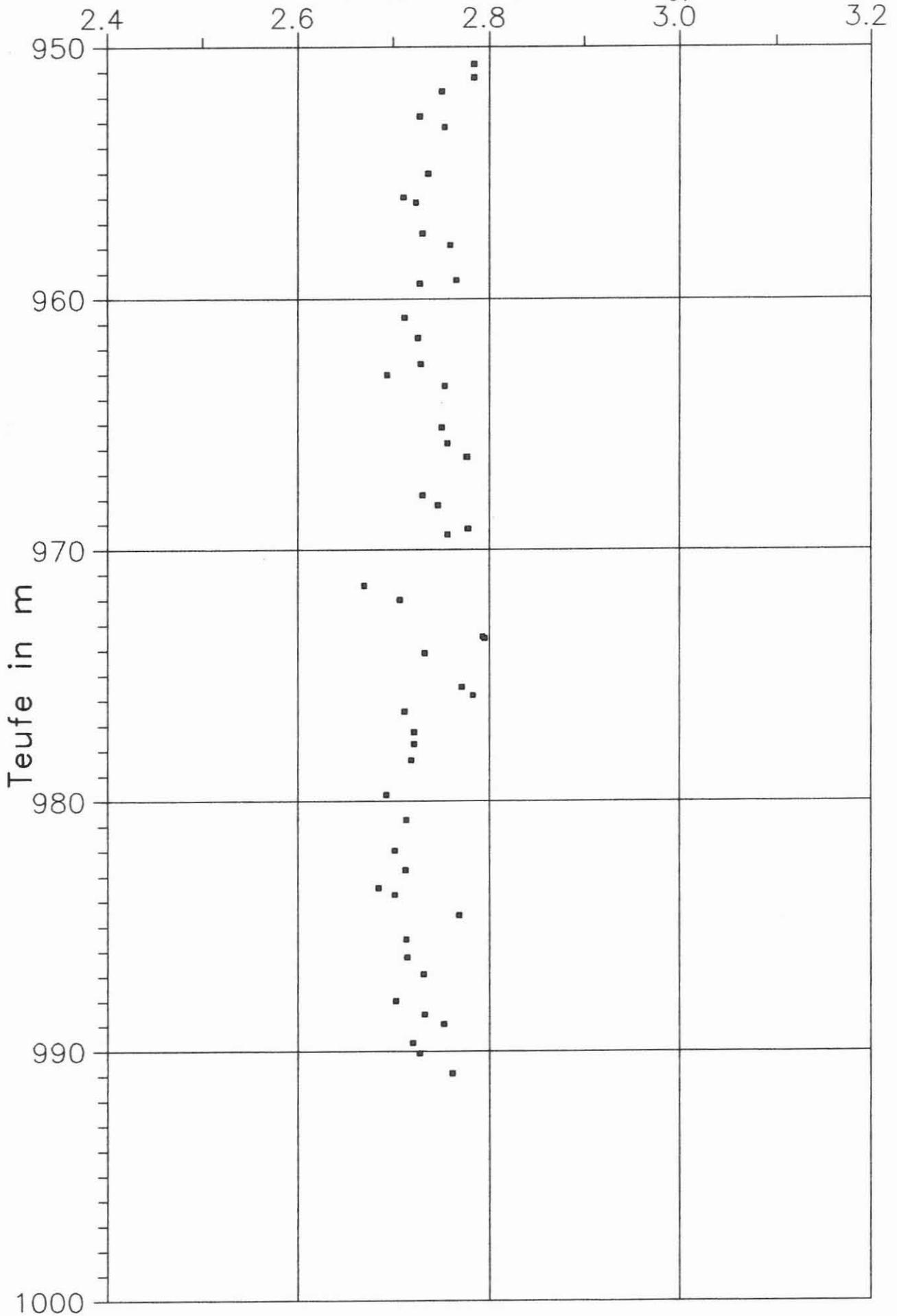


Abb. D.2.12

D.3 Ultraschallseismik

D.3.1 Allgemeines

Im Berichtszeitraum wurde die Radialdurchschallung der un-
bearbeiteten Bohrkerns bei Normalbedingungen fortgesetzt. Insgesamt
wurden im Teufenbereich von 480 - 992 m P-Wellengeschwindigkeiten
bei variablem Azimut in 196 Teufen gemessen. Mit den geplanten
Vp- und Vs-Messungen in axialer Kernrichtung konnte noch nicht
begonnen werden, da die Inbetriebnahme des am Institut für Allge-
meine und Angewandte Geophysik der Universität München entwickel-
ten Meßplatzes u.a. wegen Verzögerungen bei der Rechnerbeschaf-
fung bisher noch nicht möglich war. Das derzeitige Meßprogramm
ist daher noch ein Notprogramm.

D.3.2 Meßprinzip und Meßtechnik

Das Meßprinzip der Vp-Messung in Radialrichtung wurde im ersten
Feldlabor-Bericht (BÜCKER et al. 1988, KTB Report 88-1) beschrie-
ben und im Berichtszeitraum in unveränderter Form beibehalten.
Anstelle der früher verwendeten analogen Ultraschallapparatur vom
Typ USL33 (Leihgerät der Firma Krautkrämer) wird ab der Teufe
806.71 m (Kern 170C4y) standardmäßig mit einem moderneren digita-
len Gerät desselben Herstellers gemessen (USD10). Als Ultra-
schallgeber und -empfänger werden wie bisher hochbedämpfte
1 MHz-Schwinger verwendet.

Die Umstellung von USL33- auf USD10-Gerät wurde durch ausführli-
che Vergleichsmessungen an 41 Bohrkernen aus dem Teufenbereich
782 bis 890 m kontrolliert. Die Abbildung D.3.1 gibt das Ergebnis
einer repräsentativen Vergleichsmessung wieder.

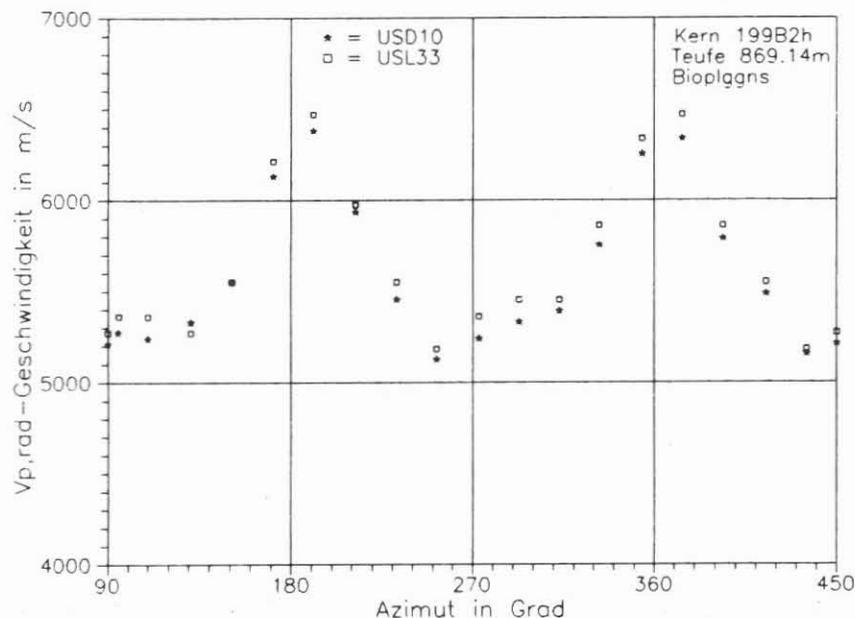


Abb. D.3.1: Repräsentatives Beispiel für eine azimutale Ver-
gleichsmessung zwischen USD10 und USL33 an einem
Biotit-Gneis. Die Winkelangaben beziehen sich auf die
azimutale Kernmarkierung (vorläufige Orientierungsli-
nie) und sind im Uhrzeigersinn bei Blickrichtung in
zunehmende Teufe aufgetragen.

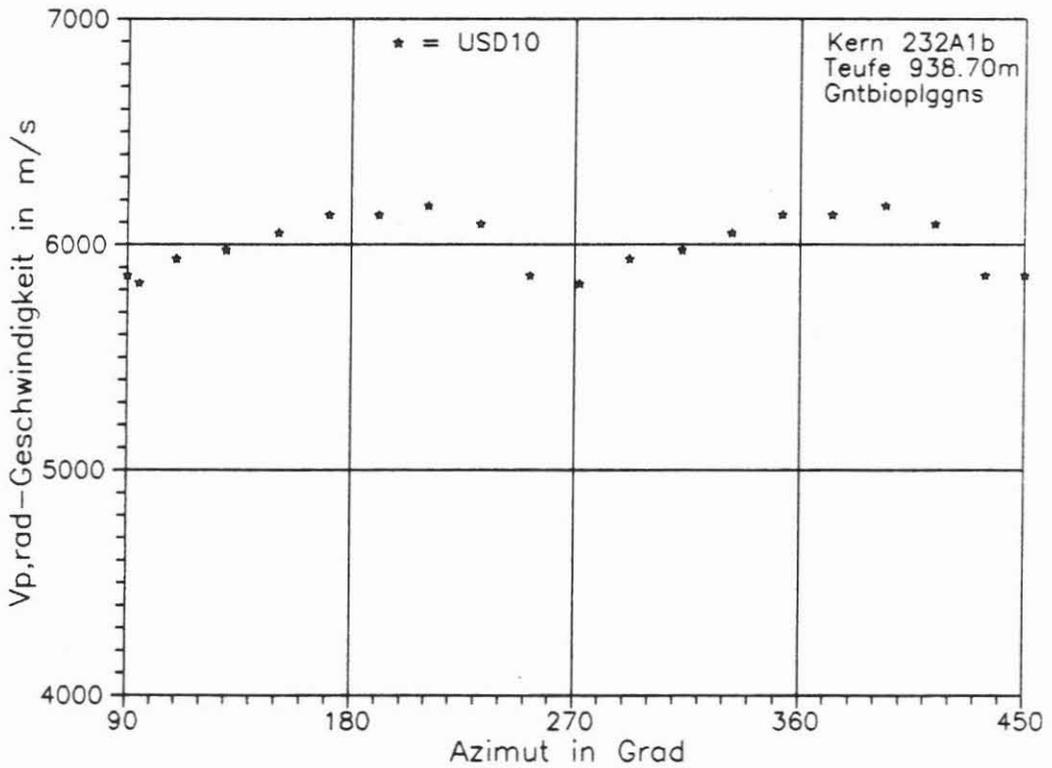
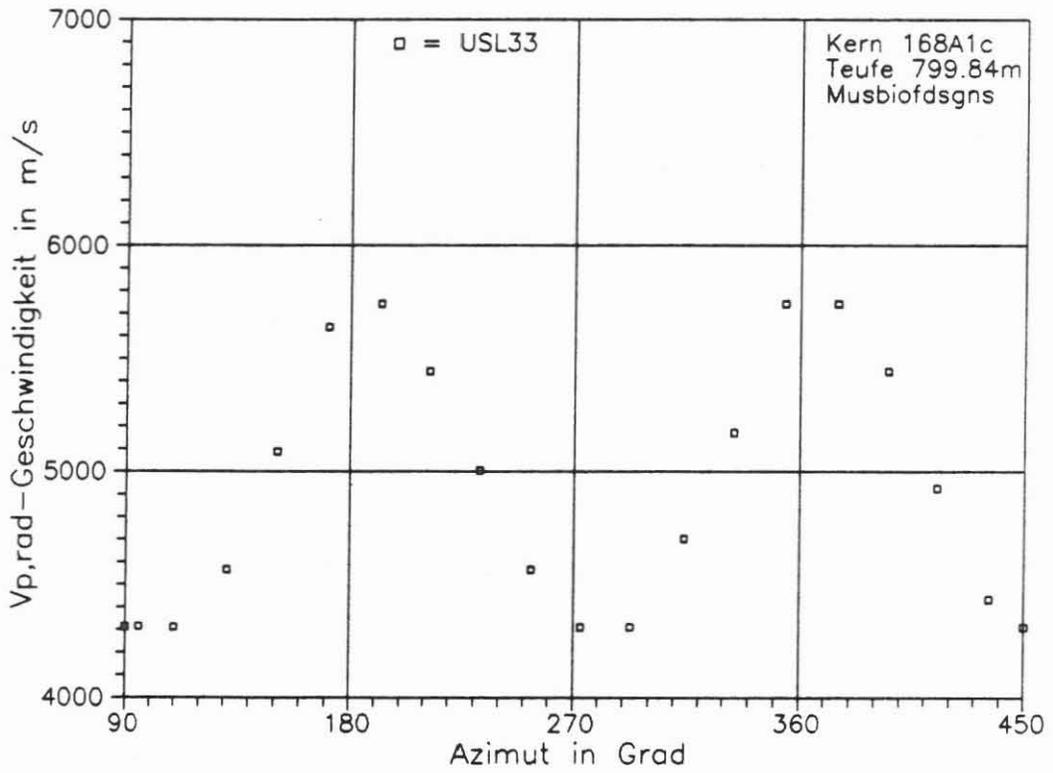


Abb. D.3.2 und D.3.3: Maximale bzw. minimale Anisotropie im Teufenbereich 480 - 992 m an einem Granat-Biotit- bzw. Muskovit-Biotit-Feldspat-Gneis. Die Winkelangaben beziehen sich auf die azimutale Kernmarkierung (vorläufige Orientierungslinie).

Obwohl durch eine geeignete Wahl der Verstärkung und durch die Berücksichtigung von Gerätelaufzeiten versucht wurde, systematische Unterschiede zu vermeiden, konnte eine völlige Übereinstimmung der Meßwerte der beiden verwendeten Meßgeräte nicht erzielt werden. Das USD10-Gerät liefert im Mittel um 75 m/s niedrigere Geschwindigkeiten (Standardabweichung 21 m/s) als das USL33-Gerät. Welcher Meßwert der richtige ist, muß noch durch Absolutmessungen kontrolliert werden. Die im Abschnitt D.3.3 dargestellten Ergebnisse enthalten bisher keine Korrektur dieses Geräte-Effekts. Oberhalb von 806 m sind einheitlich die Meßwerte des USL33-Gerätes, ab 806 m sind einheitlich die des USD10-Gerätes angegeben.

D.3.3 Ergebnisse

Auch im Teufenbereich 480 - 992 m ist durchweg eine mehr oder weniger ausgeprägte azimutale Anisotropie der P-Wellengeschwindigkeit zu beobachten. Der Anisotropiefaktor A_p^* , definiert durch

$$A_p^* = 100\% \cdot (V_{p,max} - V_{p,min}) / \bar{V}_p,$$

variiert im Teufenbereich zwischen 5.7 und 29.1 % für azimutal dicht vermessene Kerne. Er korreliert mit dem Einfallen der Foliation. Die Abbildungen D.3.2 und D.3.3 dokumentieren die beiden Extremfälle minimaler und maximaler Anisotropie. Da es sich um Anisotropien in der Radialebene handelt, können die räumlichen Anisotropien noch größer sein. Inwieweit aufgrund dieser Ergebnisse mit einer großräumigen Anisotropie bei feldseismischen Messungen gerechnet werden muß, kann erst nach der absoluten Azimutal-Orientierung der Kerne beurteilt werden.

Aus Zeitgründen, aber auch aus Gründen der Energieübertragung, konnten nicht alle Kerne azimutal gleich dicht vermessen werden. In der Regel ist die Energieübertragung in den schnellen Richtungen (parallel zur Foliation) besser als in den langsamen Richtungen (senkrecht zur Foliation). Häufig kann aus diesem Grund senkrecht zur Foliation bis jetzt noch keine Geschwindigkeit bestimmt werden.

Die Abbildung D.3.4 gibt einen Überblick über die azimutal gemittelten Geschwindigkeiten als Funktion der Teufe. Ihr Mittelwert zwischen 480 und 992 m Teufe beträgt 5691 m/s und weist mit $\sigma = 291$ m/s eine deutlich kleinere Streuung als oberhalb von 480 m auf (vergleiche KTB Report 88-1: $\bar{V}_p = 5549$ m/s, $\sigma = 454$ m/s). In den Abbildungen D.3.5 bis D.3.15 sind die azimutalen Mittelwerte in Analogie zu den anderen Meßgrößen dieses Berichtes in Teufenabschnitten von 50 m dargestellt.

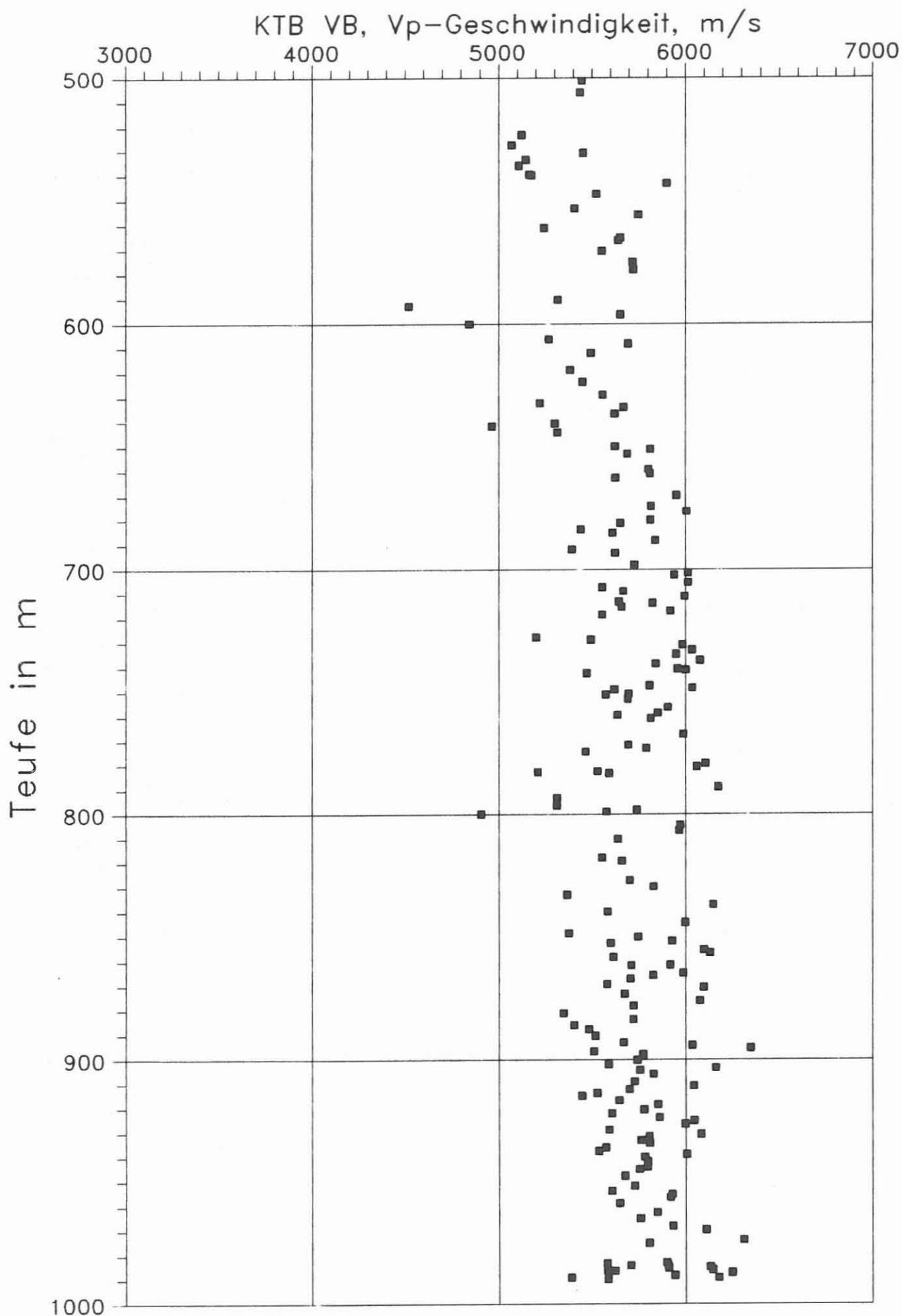


Abb. D.3.4

KTB VB, V_p -Geschwindigkeit, m/s

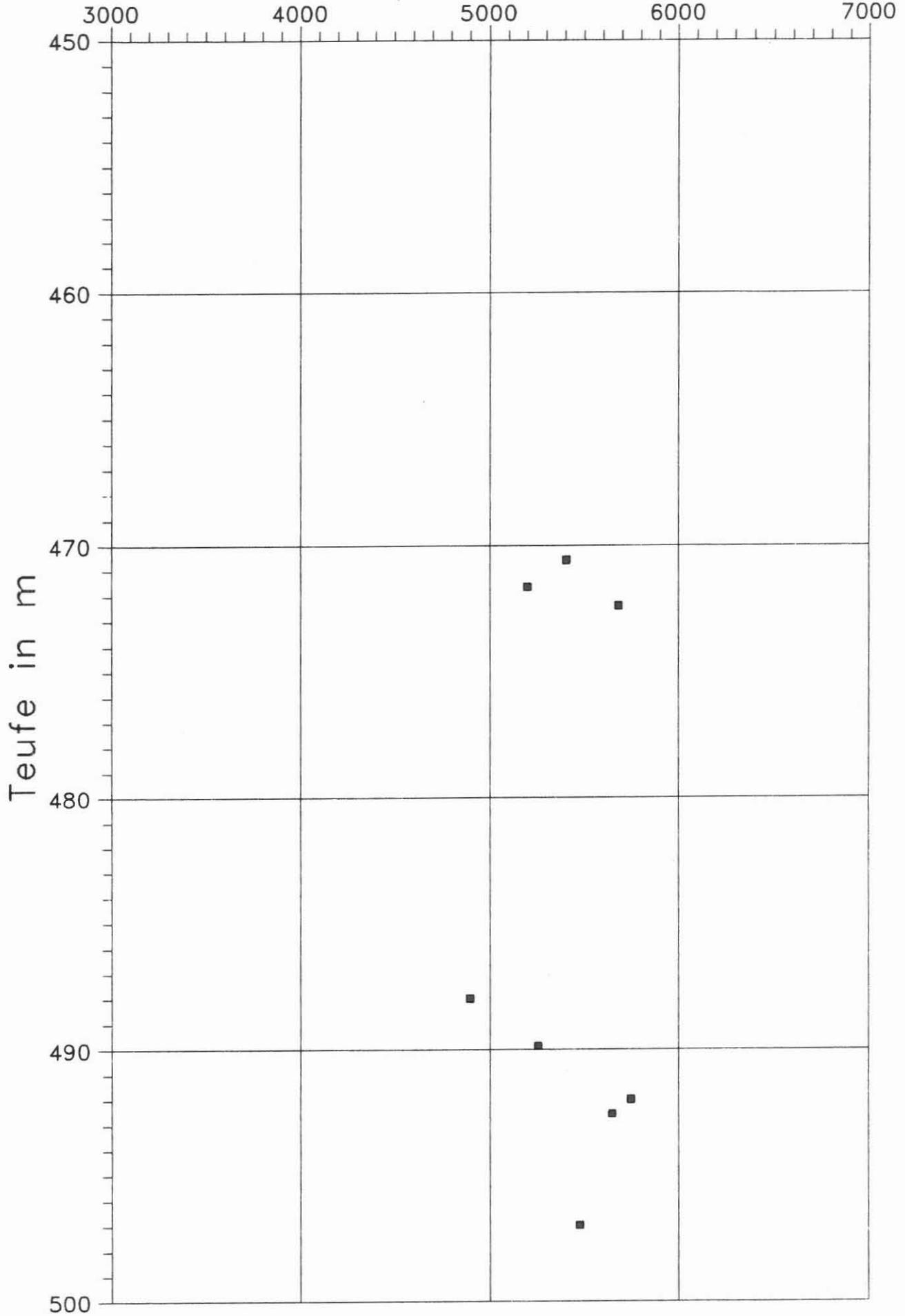


Abb. D.3.5

KTB VB, V_p -Geschwindigkeit, m/s

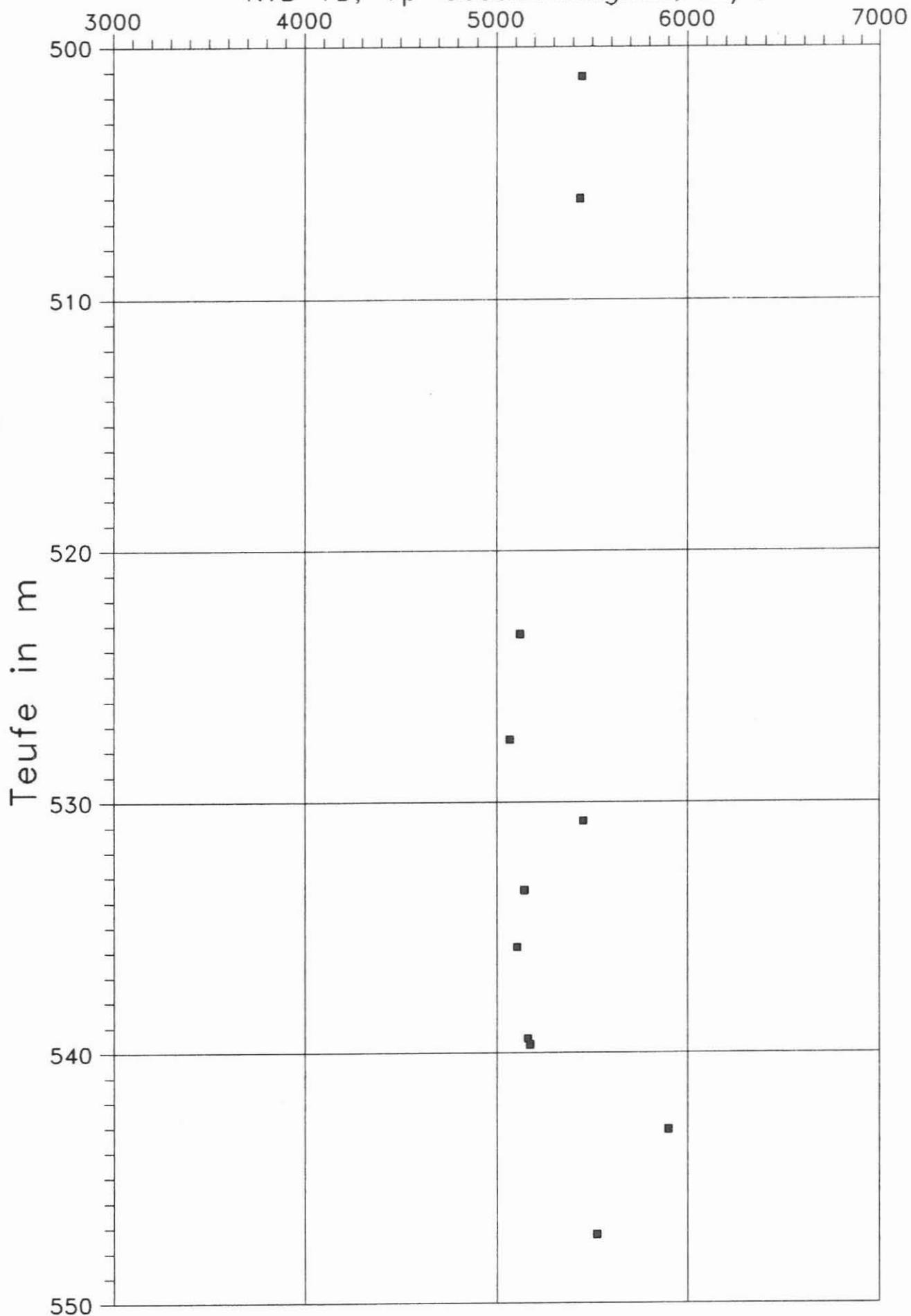


Abb. D.3.6

KTB VB, Vp-Geschwindigkeit, m/s

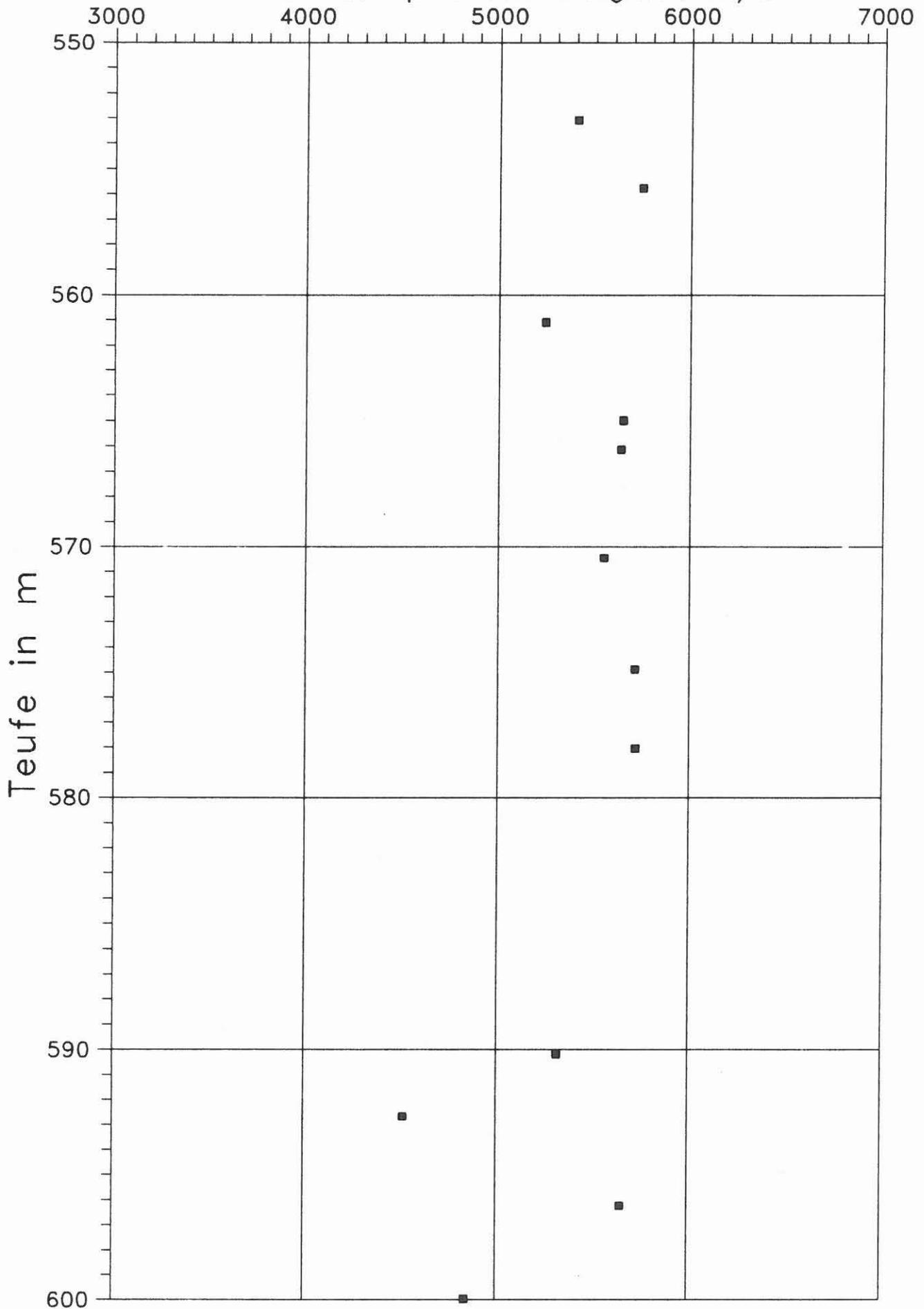


Abb. D.3.7

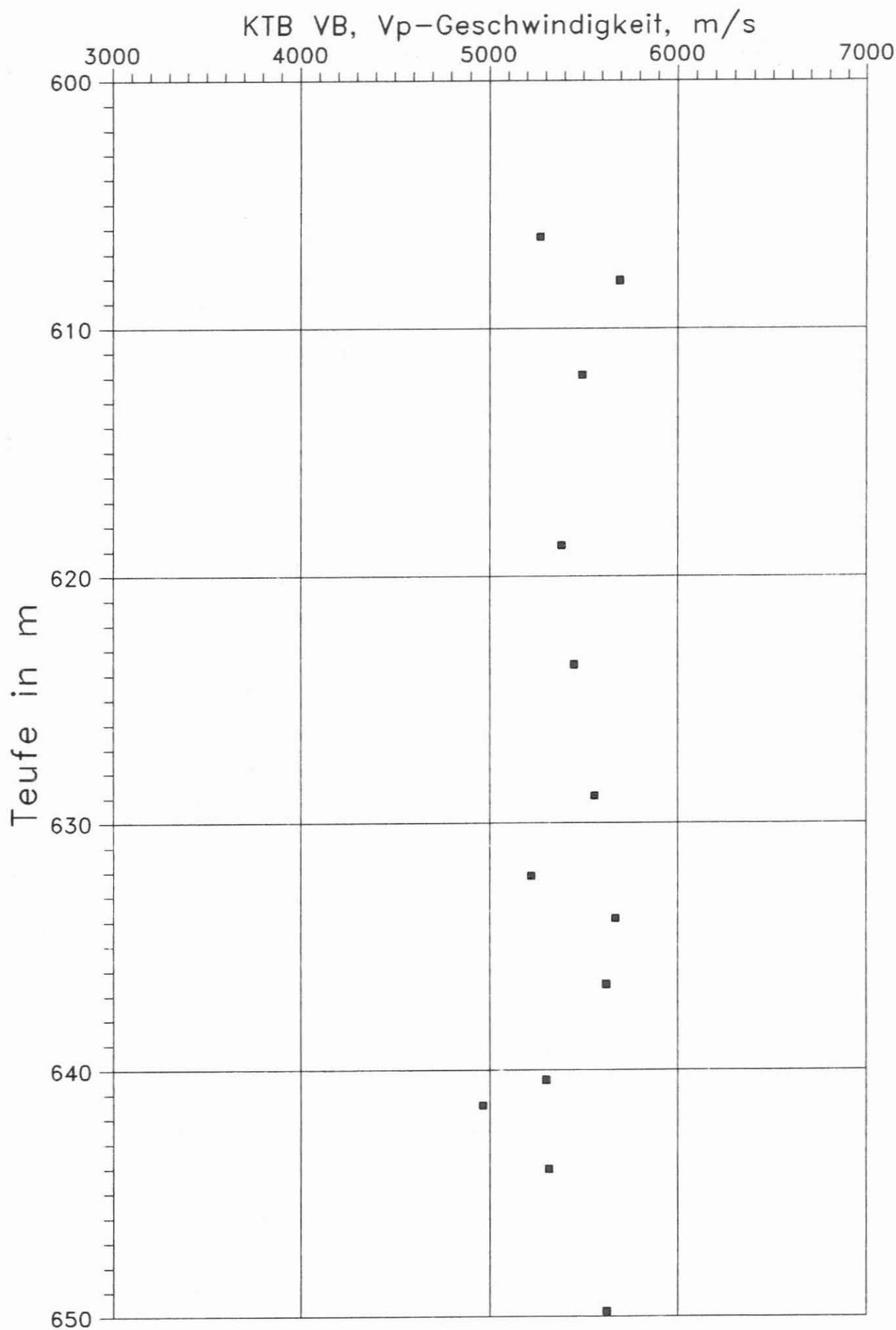


Abb. D.3.8

KTB VB, V_p -Geschwindigkeit, m/s

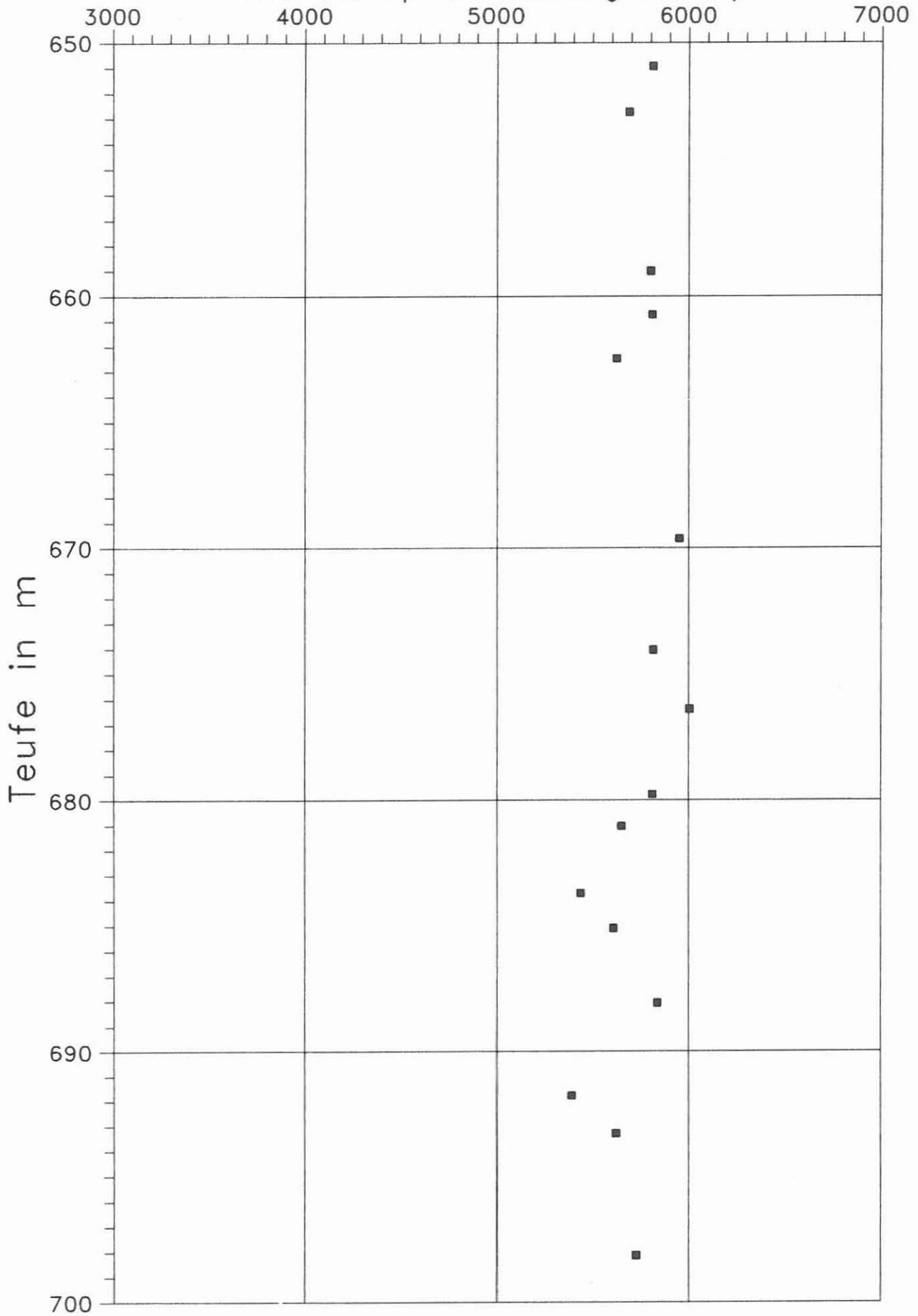


Abb. D.3.9

KTB VB, V_p -Geschwindigkeit, m/s

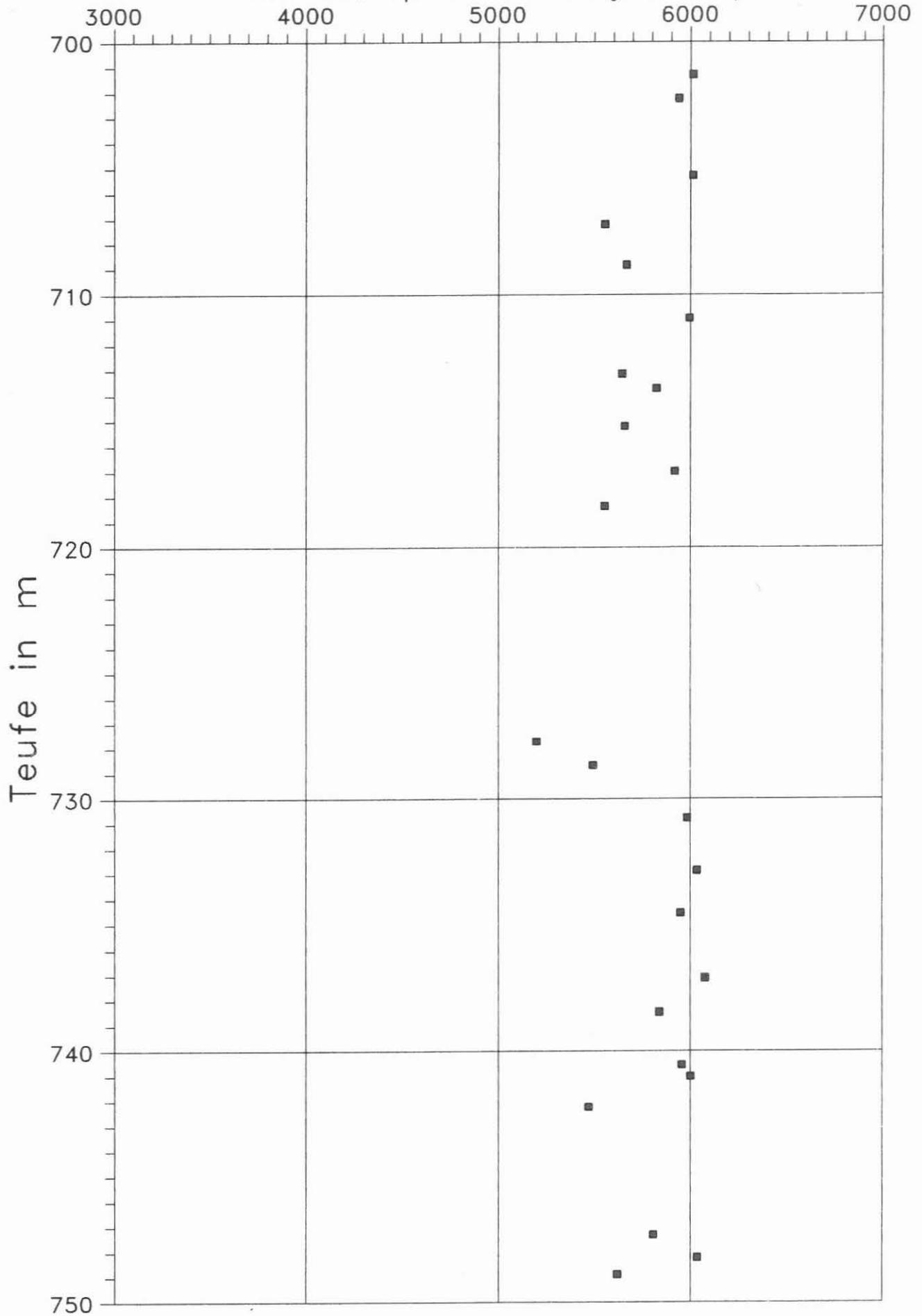


Abb. D.3.10

- D 25 -

KTB VB, Vp-Geschwindigkeit, m/s

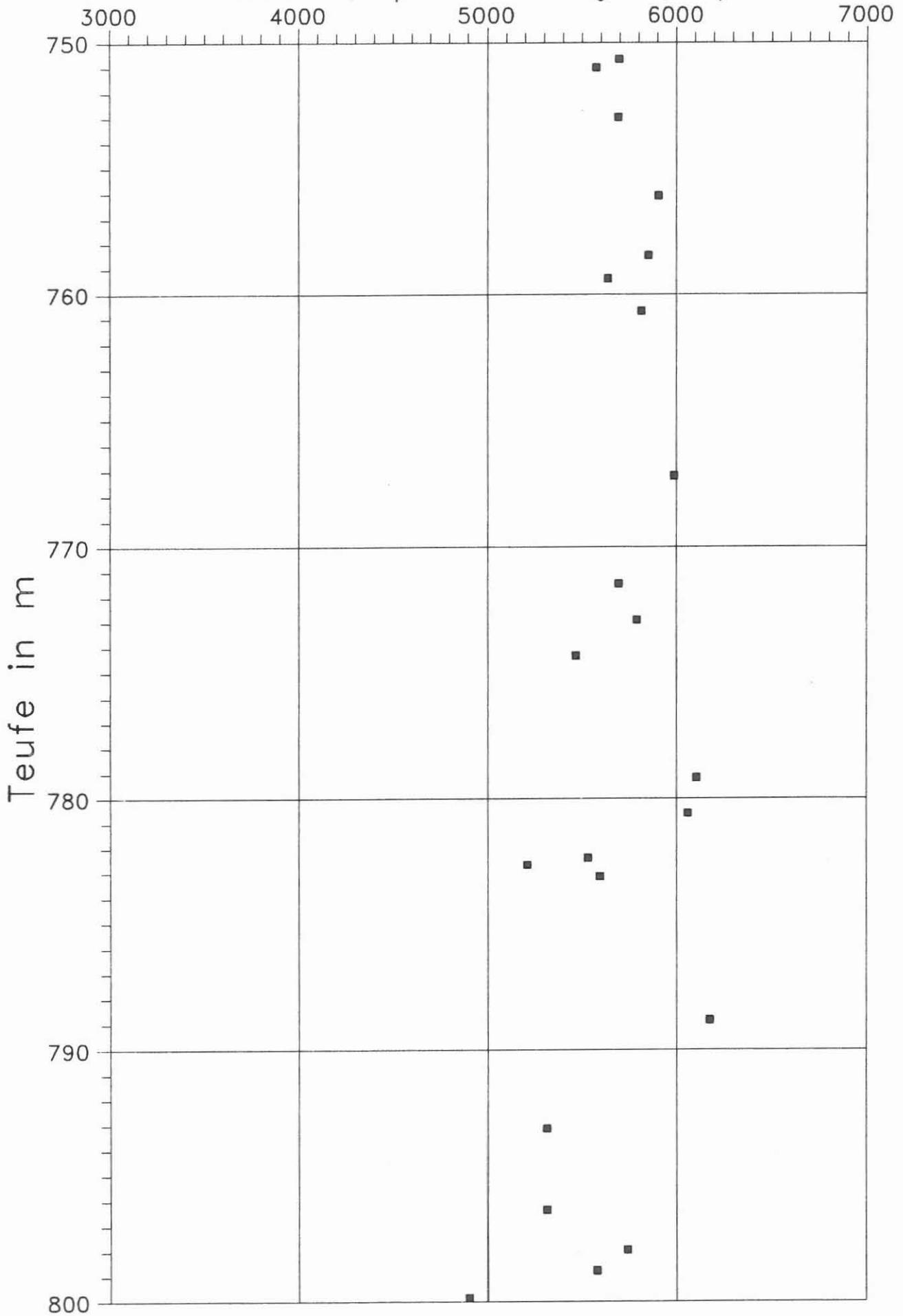


Abb. D.3.11

KTB VB, V_p -Geschwindigkeit, m/s

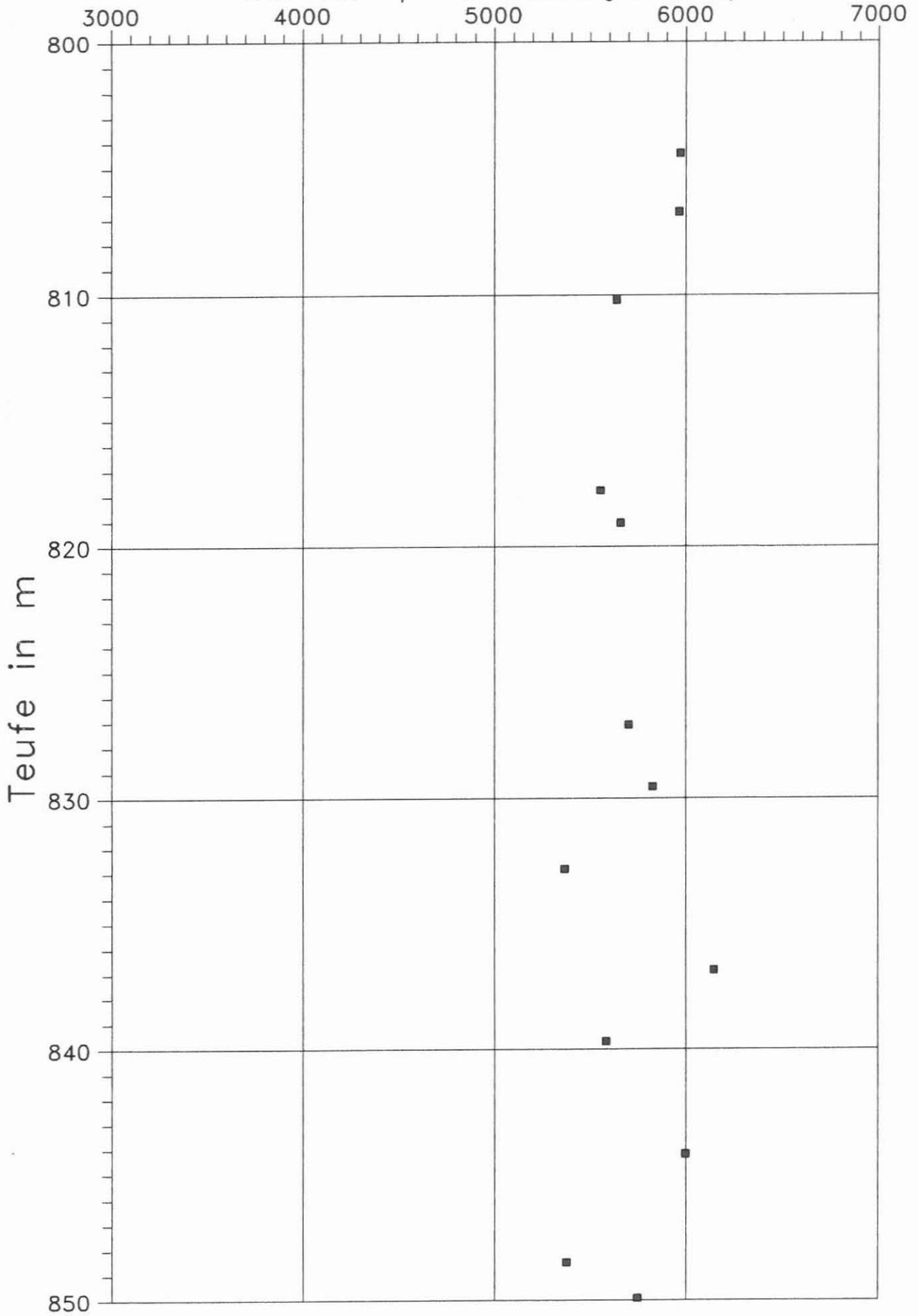


Abb. D.3.12

- D 27 -

KTB VB, V_p -Geschwindigkeit, m/s

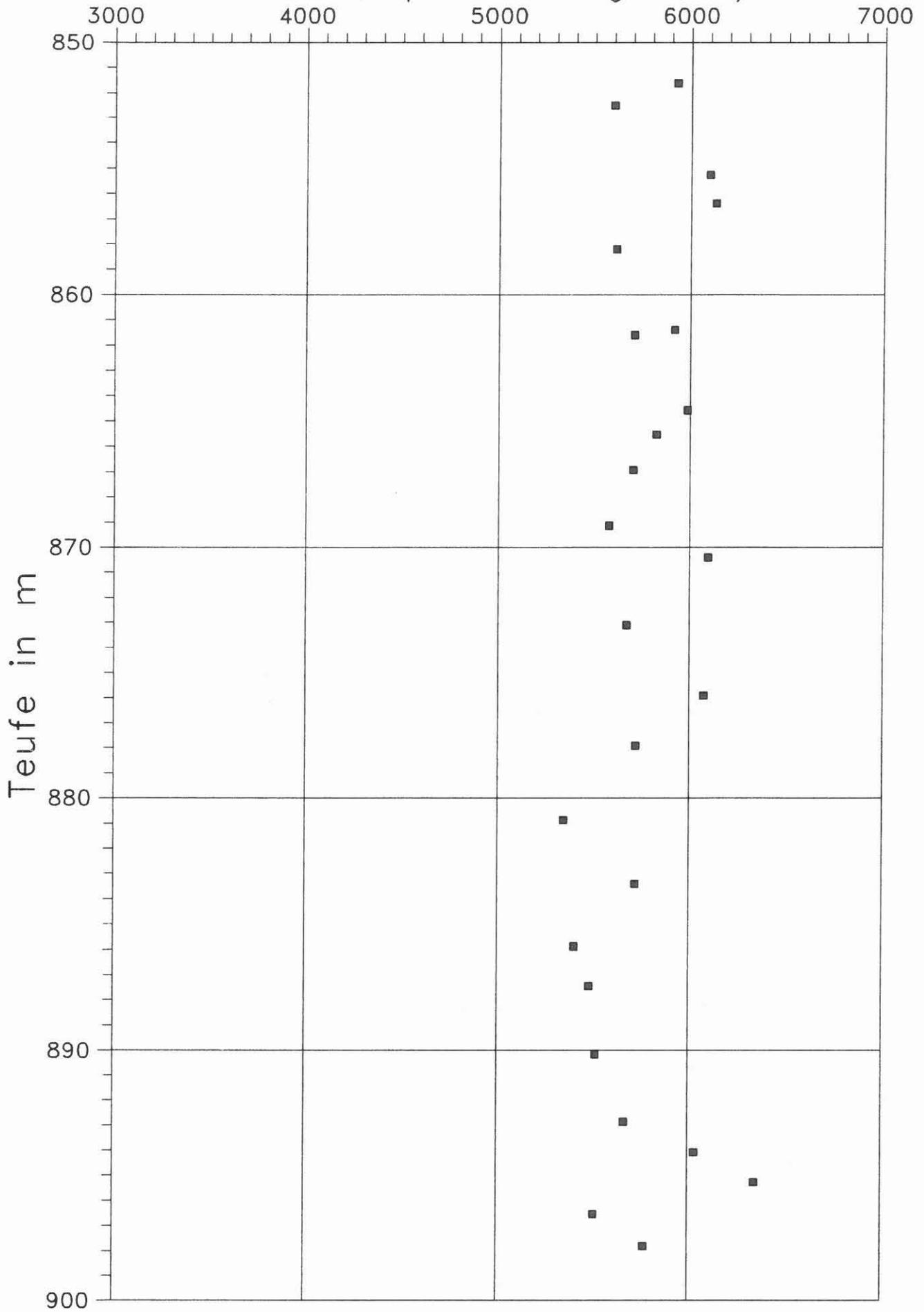


Abb. D.3.13

KTB VB, Vp-Geschwindigkeit, m/s

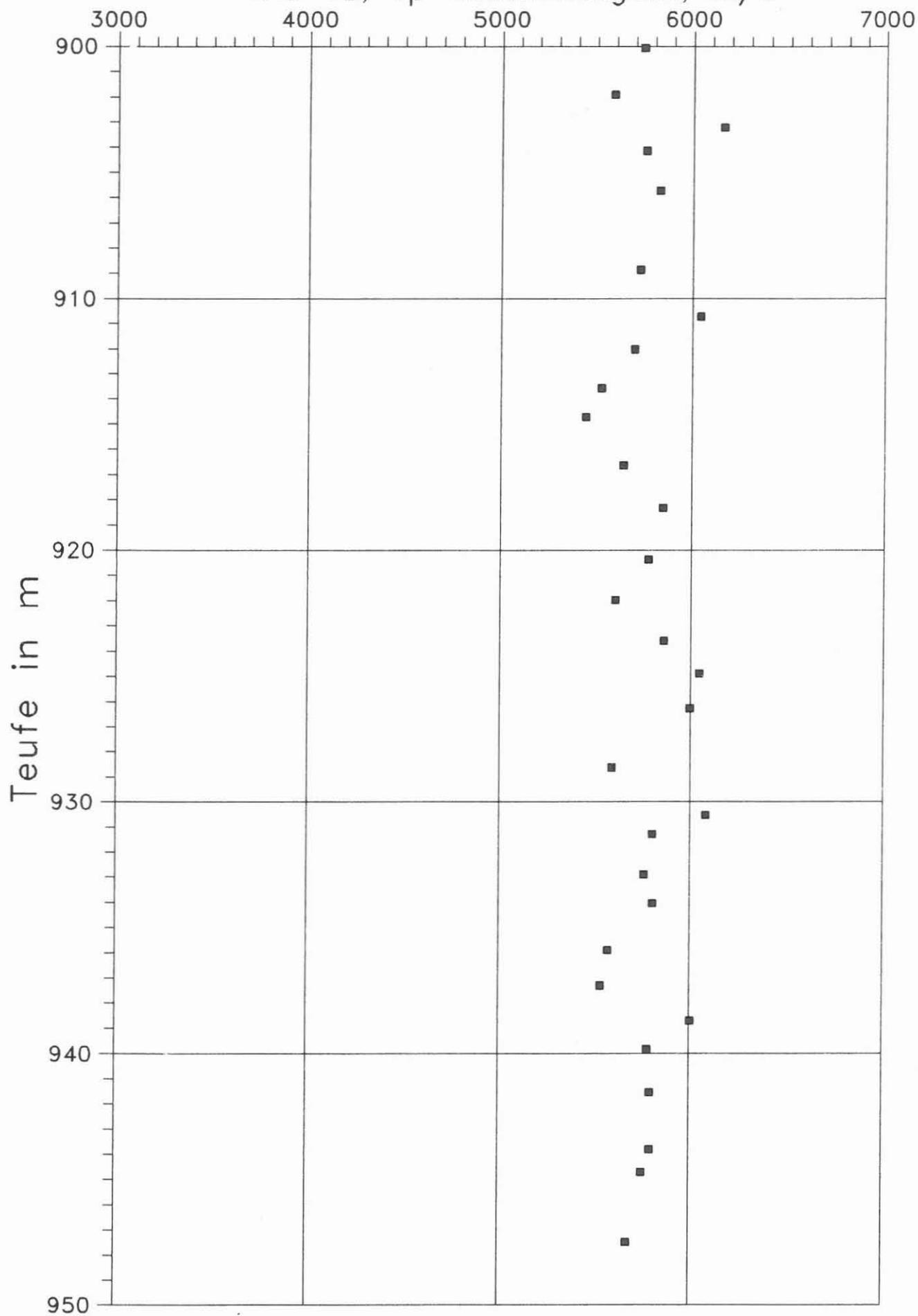


Abb. D.3.14

KTB VB, V_p -Geschwindigkeit, m/s

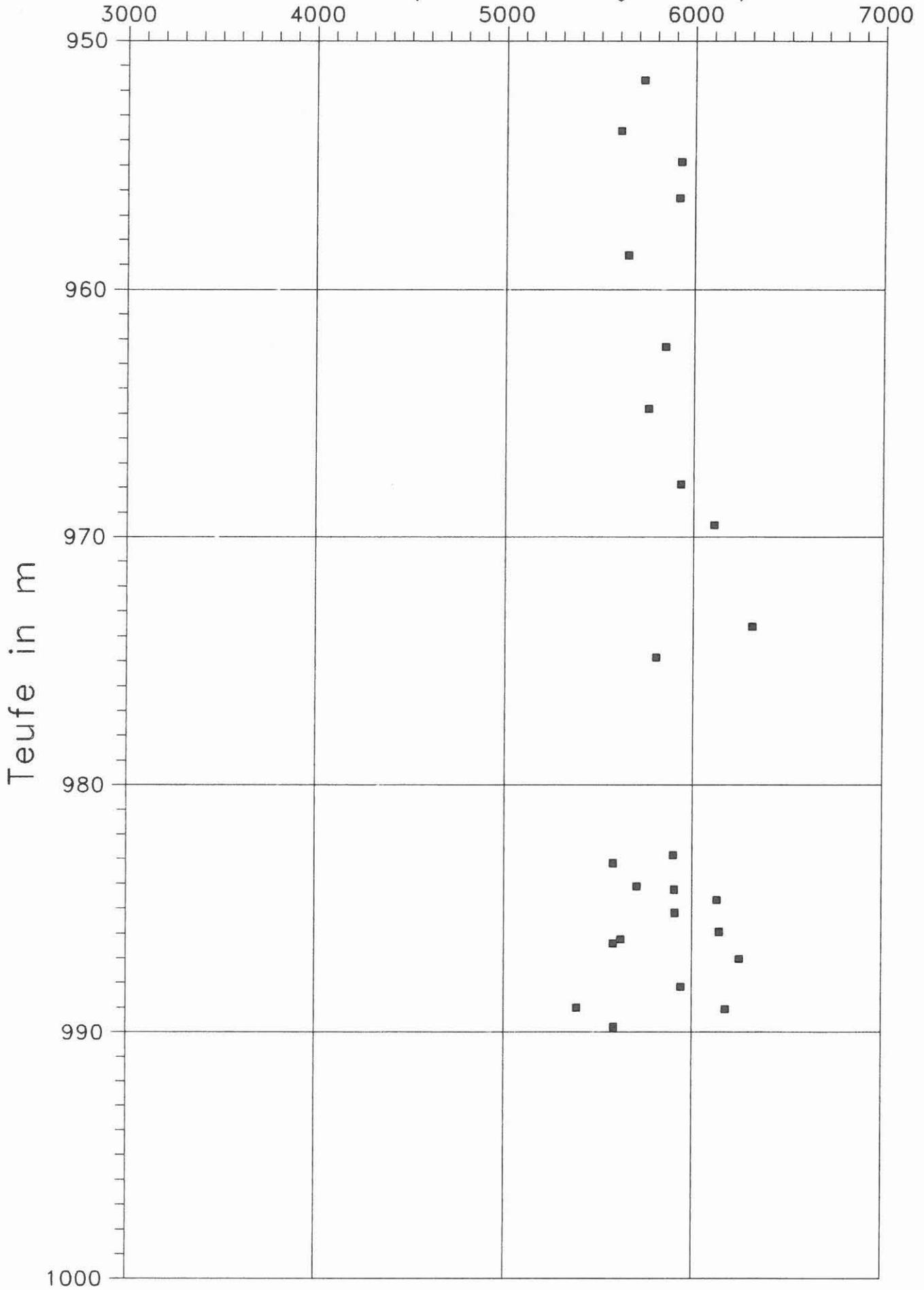


Abb. D.3.15

D.4. Natürliche remanente Magnetisierung der Bohrkerne (NRM)

D.4.1 Allgemeines

Im Teufenbereich von 480 - 992 m (im folgenden mit Abschnitt "B" bezeichnet) konnte die natürliche remanente Magnetisierung an 183 Kernstücken bestimmt werden (Kernmärsche 75 - 251). Im Mittel wurde alle 2 m ein Kernstück in 2 cm - Abständen (radial zusätzlich in 22.5° - Schritten) vermessen. Die Ergebnisdaten liegen auf Diskette (MS-DOS-Format), auf Hardcopy und als Plot vor.

D.4.2 Beschreibung der Auswertung

Die aus den Messungen gewonnenen Rohdaten (16 Werte je Rotation alle 2 cm für die x- und y-Komponente plus 4 Werte (90°-Rotation) alle 2 cm für die z-Komponente) werden im ASCII-Format in Datenfiles abgespeichert. Zur Auswertung der Messungen werden die Rohdaten in ein Auswerteprogramm eingelesen. Die x- und y-Komponenten der Magnetisierung des Bohrkerns werden mittels einer verkürzten Fourier-Analyse und unter Berücksichtigung der Eichfaktoren aus den 22.5°-Rotationsmessungen berechnet (vgl. auch Abb. D.4.1). Mit der x- und y-Komponente der Magnetisierung läßt sich die Deklination (bezogen auf die vorläufige Orientierungslinie) angeben. Aus den 4 Meßreihen für die z-Komponente (90°-Rotation) werden jeweils die Minima und Maxima bestimmt und daraus wiederum über den Eichfaktor die z-Komponente der Magnetisierung berechnet (vgl. Abb. D.4.2). Mit Hilfe der z-Komponente der Magnetisierung kann die Inklination angegeben werden.

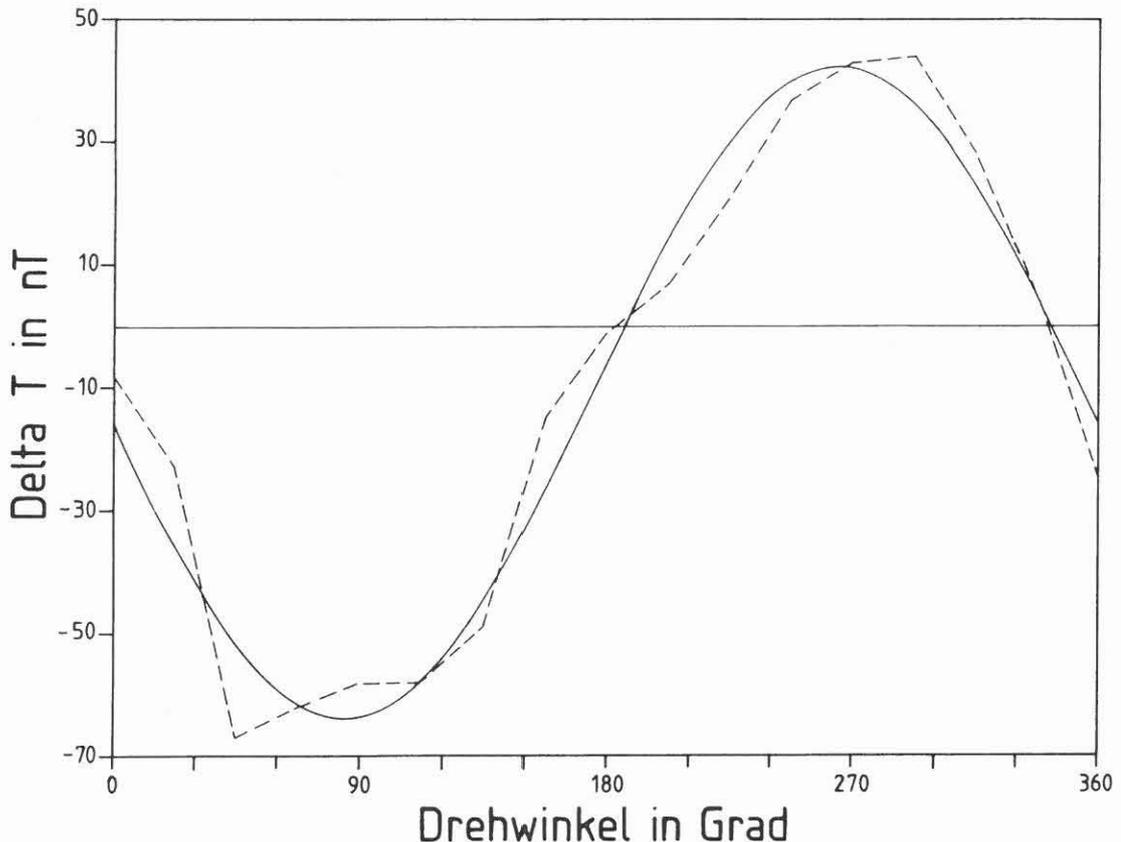


Abb. D.4.1: Darstellung des gemessenen Magnetfeldes in radialer Richtung während einer Rotation in 22.5°-Schritten. Die gestrichelte Kurve ist gemessen, die durchgezogene ist daraus mittels verkürzter Fourier-Analyse berechnete Kurve. Aus dieser Kurve werden die x- und y-Komponenten der Magnetisierung bestimmt.

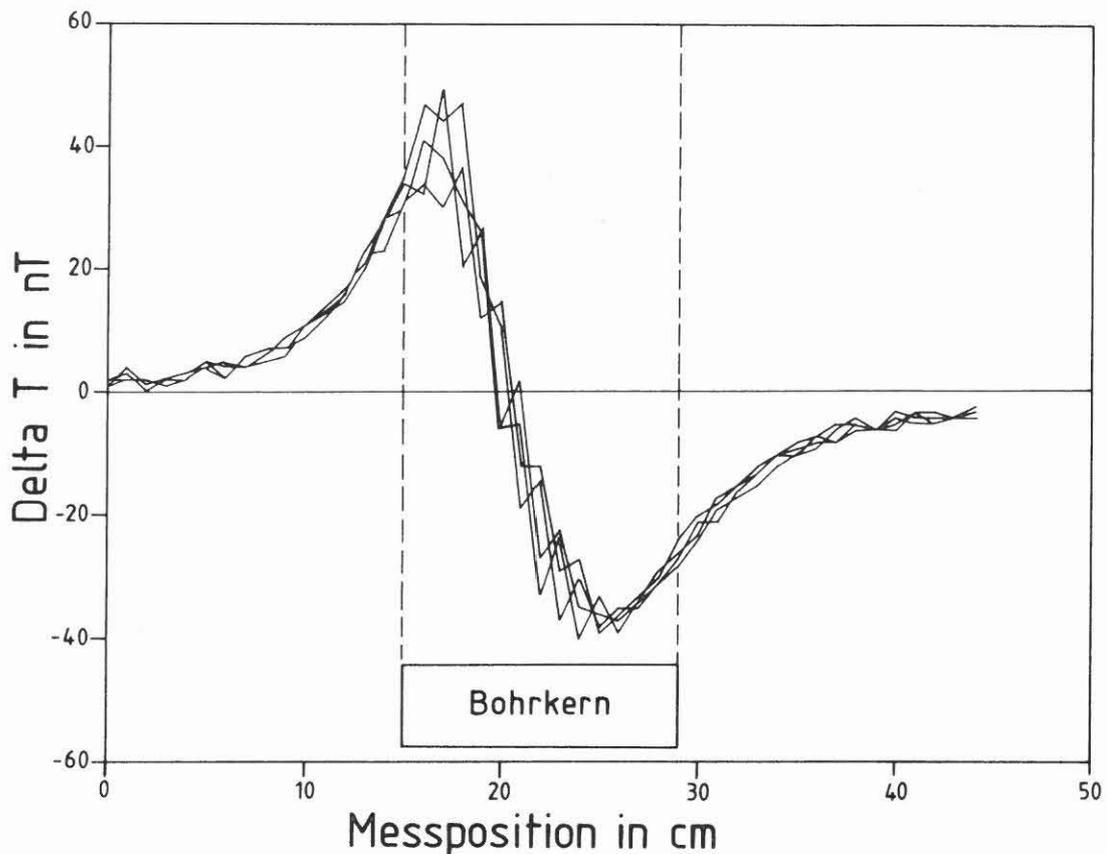


Abb. D.4.2: Darstellung des gemessenen Magnetfeldes in axialer Richtung über vier, jeweils um 90° gedrehte Bohrkernstellungen. Sind die vier Kurven (innerhalb eines Streubereiches) nicht identisch, ist die Magnetisierung des Bohrkerns inhomogen. Aus dieser Darstellung wird die z-Komponente der Magnetisierung bestimmt.

D.4.3 Beschreibung der Ergebnisse

In den Abbildungen D.4.5 - D.4.15 ist jeweils im linken Teil die NRM und im rechten Teil die Inklination der NRM einmal im Maßstab 1:2000 zur Übersicht und in den folgenden Abbildungen in einem vergrößerten Maßstab dargestellt. Ausgewertet und dargestellt wurden, wie auch schon im Abschnitt 0 - 480 m, nur NRM-Werte $> 5 \text{ mAm}^{-1}$. Entsprechend der Empfindlichkeit der Apparatur können Meßwerte $> 10 \text{ mAm}^{-1}$ (1 nT) als zuverlässig betrachtet werden. Diese Grenze ist durch die gestrichelte Linie in den Abbildungen gekennzeichnet. In den Darstellungen der Inklination kennzeichnet die gestrichelte Linie den Wert der Inklination des heutigen Erdmagnetfeldes im Bereich der Bohrlokation (61°).

Die mittlere Magnetisierung der Bohrkerns liegt in dem hier betrachteten Teufenabschnitt von 500 - 1000 m bei etwa 10 mAm^{-1} ($= 0.01 \text{ Am}^{-1}$). Die Magnetisierung ist damit deutlich niedriger als in dem Abschnitt 0 - 500 m, in dem die mittlere Magnetisierung bei 0.3 Am^{-1} lag. Dieses Ergebnis steht in gutem Einklang mit der Lithologie, da im Abschnitt 500 - 1000 m hauptsächlich Biotit-Gneise mit nur schwacher Magnetisierung und kaum noch

Amphibolite erbohrt wurden. Demgegenüber wurden höhere Werte der Magnetisierung in den Teufenbereichen um 501.45 m, 564.60 m, 766.95 m, 827.50 m, 944.40 m und um 973.60 m gemessen mit Werten, die 100 mA^{-1} überschreiten. Diese hohen Magnetisierungswerte sind zum Teil auf Magnetkiesvererzungen zurückzuführen (s.a. Kapitel B: "Erzmineralisation"); sie korrelieren auch recht gut mit höheren Suszeptibilitätswerten (s. a. Abschnitt D.5: "Suszeptibilität").

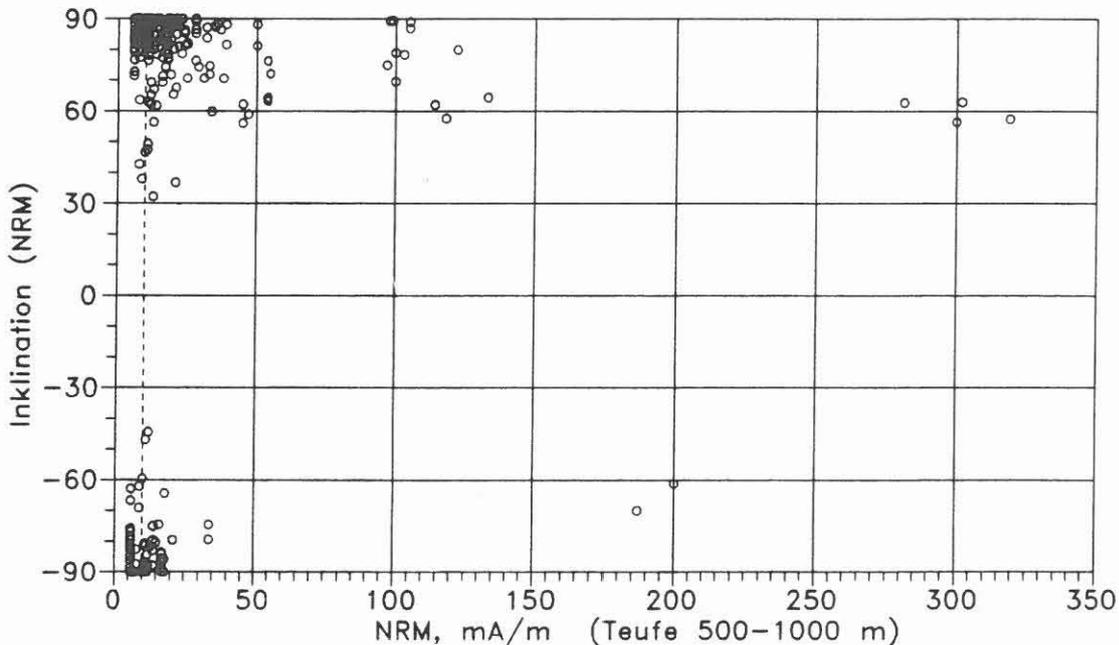


Abb. D.4.3: Abhängigkeit der Inklination von der Amplitude der NRM. Die gestrichelte Linie kennzeichnet die Empfindlichkeitsgrenze der Meßapparatur. Steile sowie negative Inklinationen fallen hauptsächlich mit schwacher Magnetisierung zusammen.

Die mittlere Inklination der NRM der Bohrkerns liegt wieder relativ steil bei ca. 80° . Steile Inklinationen stehen auffallend häufig in Zusammenhang mit einer schwachen Magnetisierung (Abb. D.4.3). Auch die negativen Inklinationen werden fast ausnahmslos bei schwachen remanenten Magnetisierungen gemessen. Möglicherweise reicht bei diesen niedrigen Werten die Empfindlichkeit der Apparatur für genaue Inklinationsbestimmungen nicht aus. Im folgenden sollen aber noch weitere Erklärungsmöglichkeiten (Arbeitshypothesen) für die steilen Inklinationen gegeben werden:

- Die gemessene Inklination der NRM ist die tatsächliche Inklination der Magnetisierung. Dies ist insofern denkbar, als die oberproterozoischen bis altpaläozoischen Gesteine der ZEV ursprünglich in Äquatornähe bei flacher Inklination entstanden sind. Demgegenüber sind die Gesteinsschichten der ZEV heute steilstehend, und somit werden auch steile Inklinationen gemessen. Dies könnte auch den häufigen Zusammenhang der Inklination mit der Foliation erklären. Insbesondere bei den stark magnetisierten Kernstücken 155C6s und 155C6t (Teufe 766.74 - 767.13 m) entspricht die berechnete Inklination dem Fallwert des metamorphen Lagenbaus der Bohr-

kerne. Einer Klärung dieser Möglichkeit kann man näher kommen durch eine stufenweise Entmagnetisierung der Bohrkernne bis zu einer stabilen Richtung der Magnetisierung.

- Das Kernrohr, in das der Gesteinskern direkt nach dem Erbohren geschoben wird, hat im Innern ein relativ starkes axiales Magnetfeld, welches der NRM eine VRM (viskose remanente Magnetisierung) überprägt. Diese VRM wird hauptsächlich axial aufgeprägt, wodurch ebenfalls steile Inklinationen gemessen werden. Diese VRM sollte sich aber durch eine schwache Wechselfeld-Entmagnetisierung mit Spitzenfeldstärken von einigen 10er Oe beseitigen lassen. Zur Überprüfung einer Kernrohrmagnetisierung sollte aber auch das Kernrohr von innen mit Förstersonden vermessen werden.

- Im Kontaktbereich Bohrkronen/Gestein entstehen durch die Reibungswärme Temperaturen von 200 - 400°C mit Spitzenwerten bis zu 700°C (CHUR 1988, mündl. Mitteilung). Die Curie-Temperaturen von Magnetkies (325°C) und von Magnetit (585°C) werden damit beim Bohrvorgang erreicht wenn nicht gar überschritten. Es wäre denkbar, daß zumindest in einer äußeren Randzone des Bohrkerns Ummagnetisierungsprozesse stattfinden. Beim Wiederabkühlen des Bohrkerns im Kernrohr wird dann eine Magnetisierung "eingefroren", die in Richtung und Betrag proportional ist zum Magnetfeld im Kernrohr. Es ist anzunehmen, daß das Magnetfeld im Kernrohr eine starke axiale Komponente besitzt, sodaß durch den Ummagnetisierungsprozeß steile Inklinationen der Magnetisierung verursacht werden.

Zur Überprüfung dieser Erklärungsmöglichkeit werden von einem lithologisch möglichst homogenen Bohrkern mit meßbarer Magnetisierung entlang eines Profils in radialer Richtung Mini-plugs (max. ½" ϕ) entnommen und diese exakt vermessen werden (s.a. Abb. D.4.4). Die Interpretation der Meßergebnisse dieser Mini-plugs sollte klären, ob durch den Bohrvorgang eine Ummagnetisierung hervorgerufen wird.

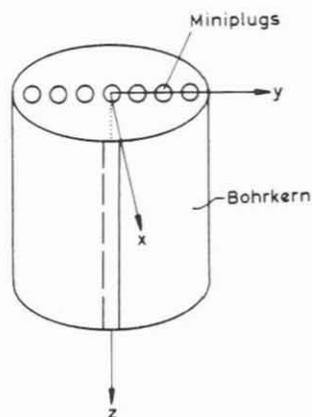


Abb. D.4.4: Skizze für die Entnahme von Mini-plugs aus der Radialfläche eines Bohrkerns für Spezialuntersuchungen.

Im Routinebetrieb im Feldlabor ist es kaum möglich, die oben angesprochenen speziellen gesteins- und paläomagnetischen Untersuchungen durchzuführen; diese werden deshalb für die Zeit zwischen Vor- und Hauptbohrung zurückgestellt.

Es ist unwahrscheinlich, daß die negativen Inklinationen den tatsächlichen Inklinationen entsprechen. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, daß es zu Fehlern bei den Kernorientierungen kommt.

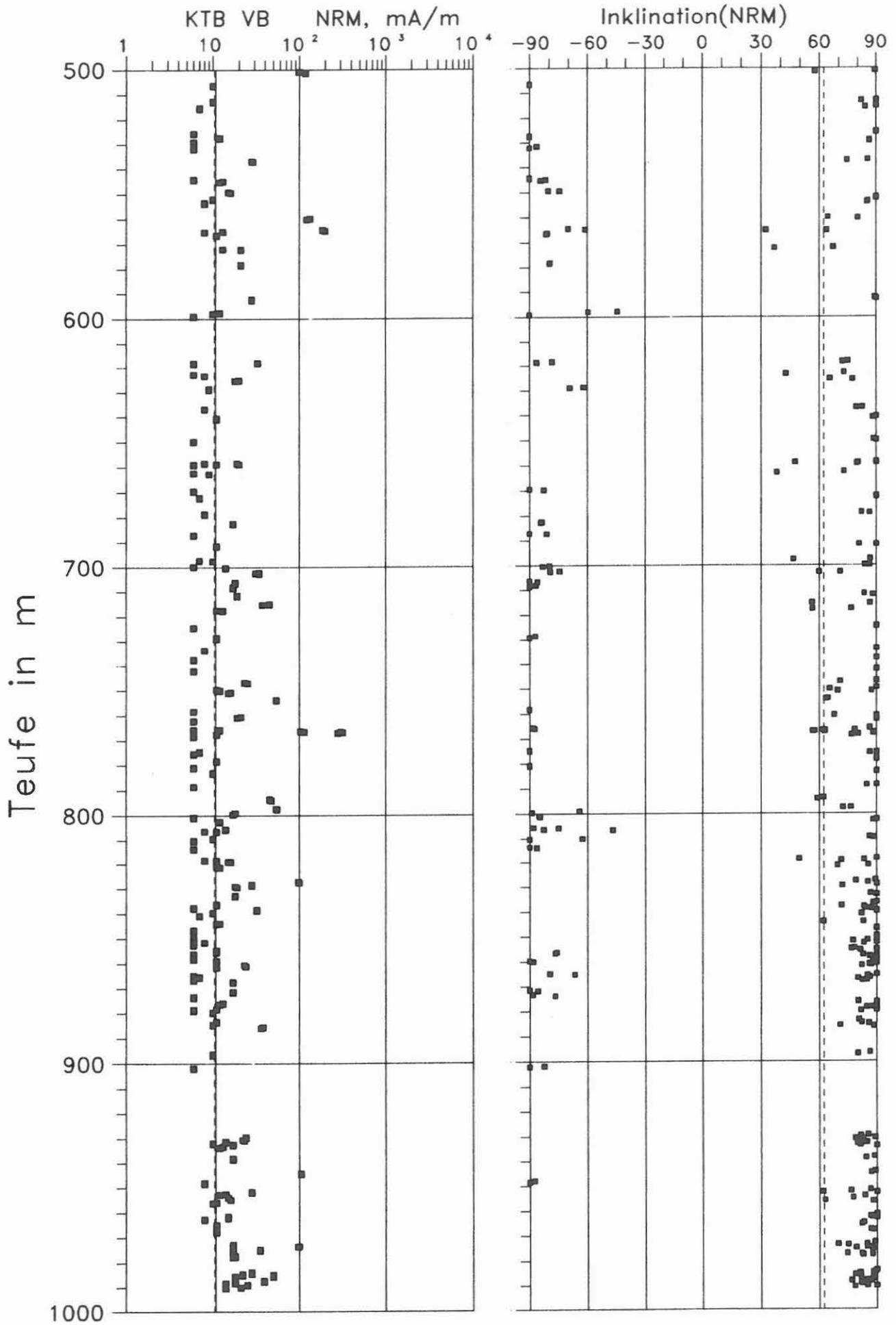


Abb. D.4.5

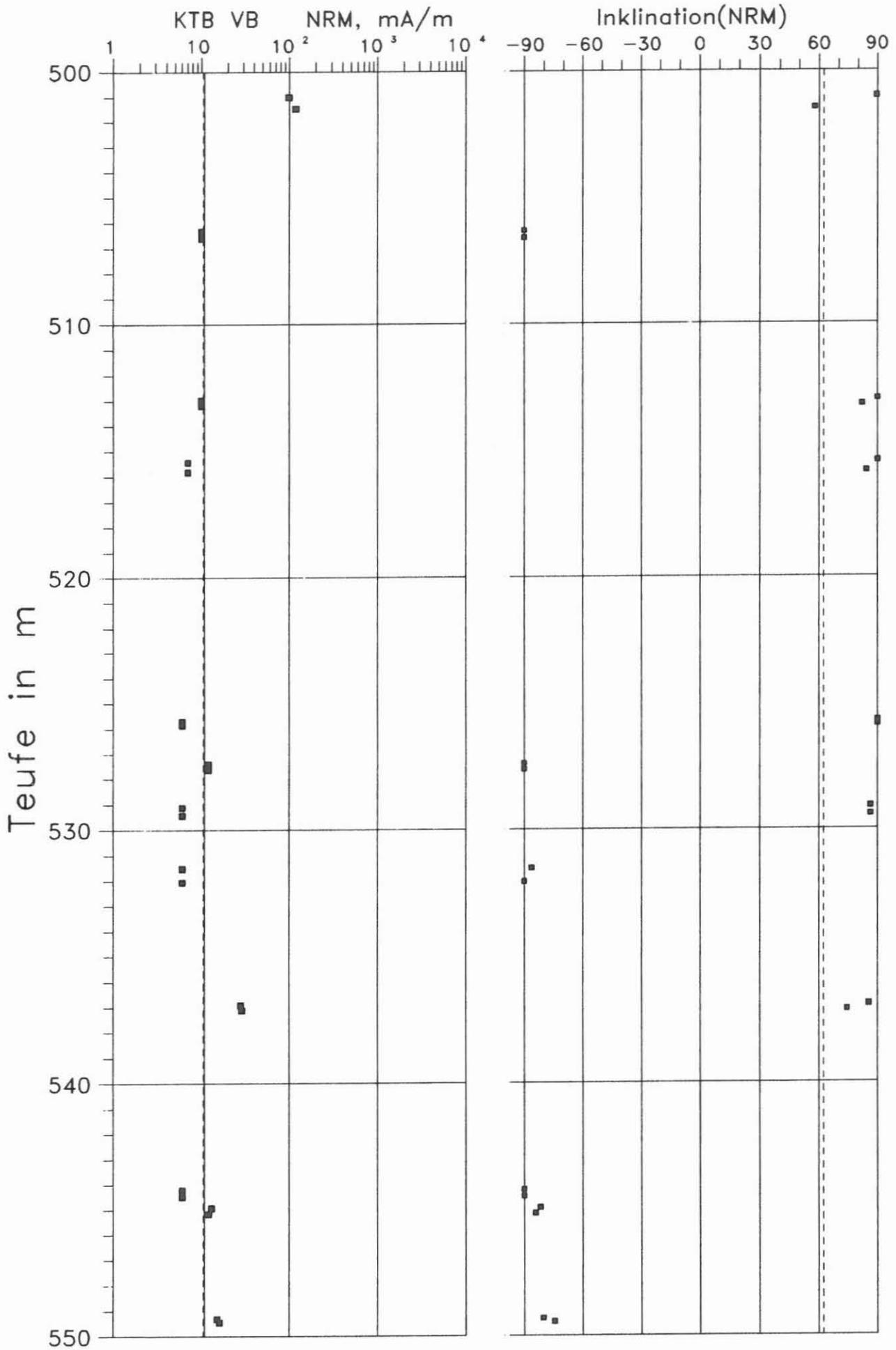


Abb. D.4.6

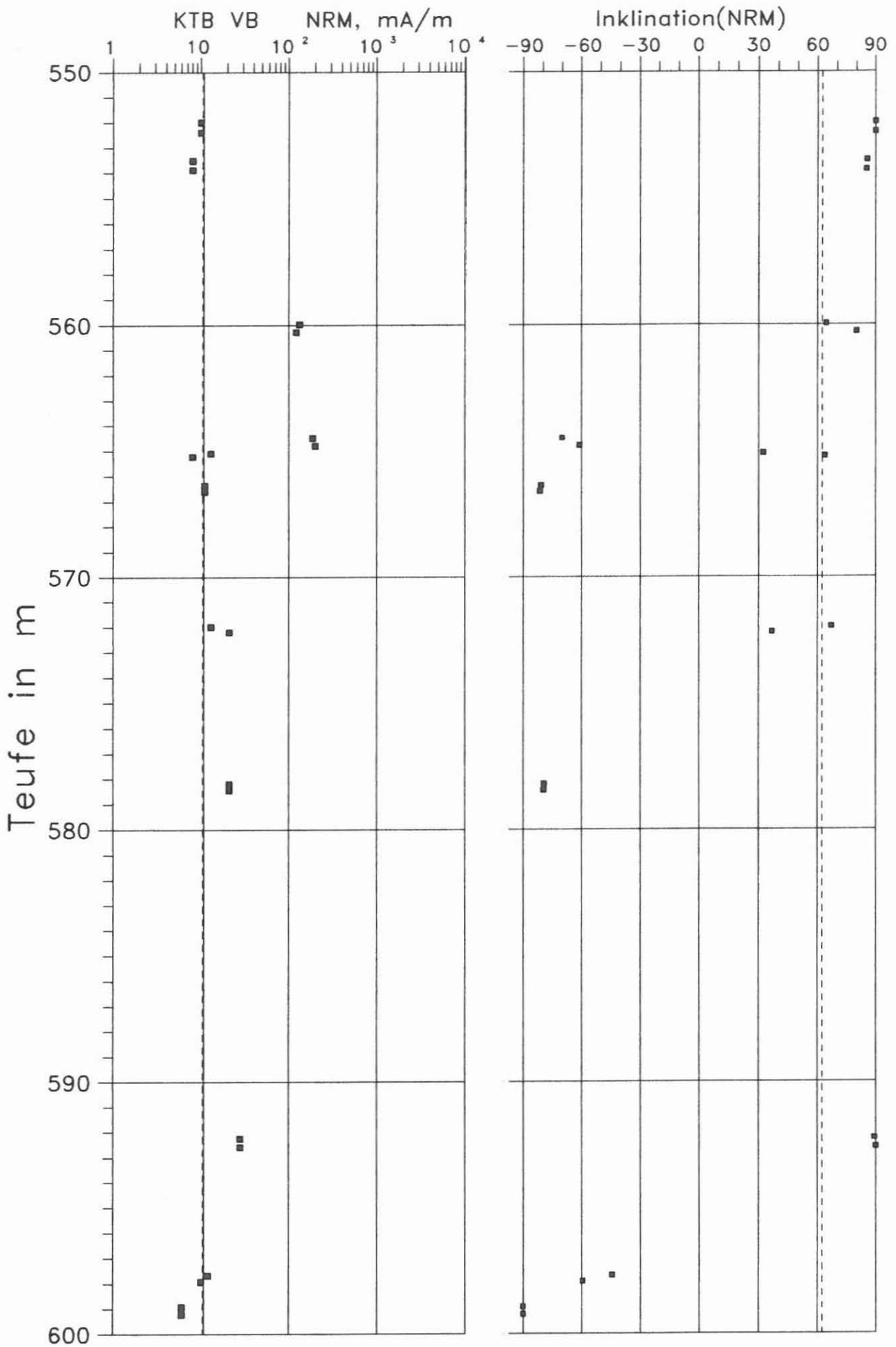


Abb. D.4.7

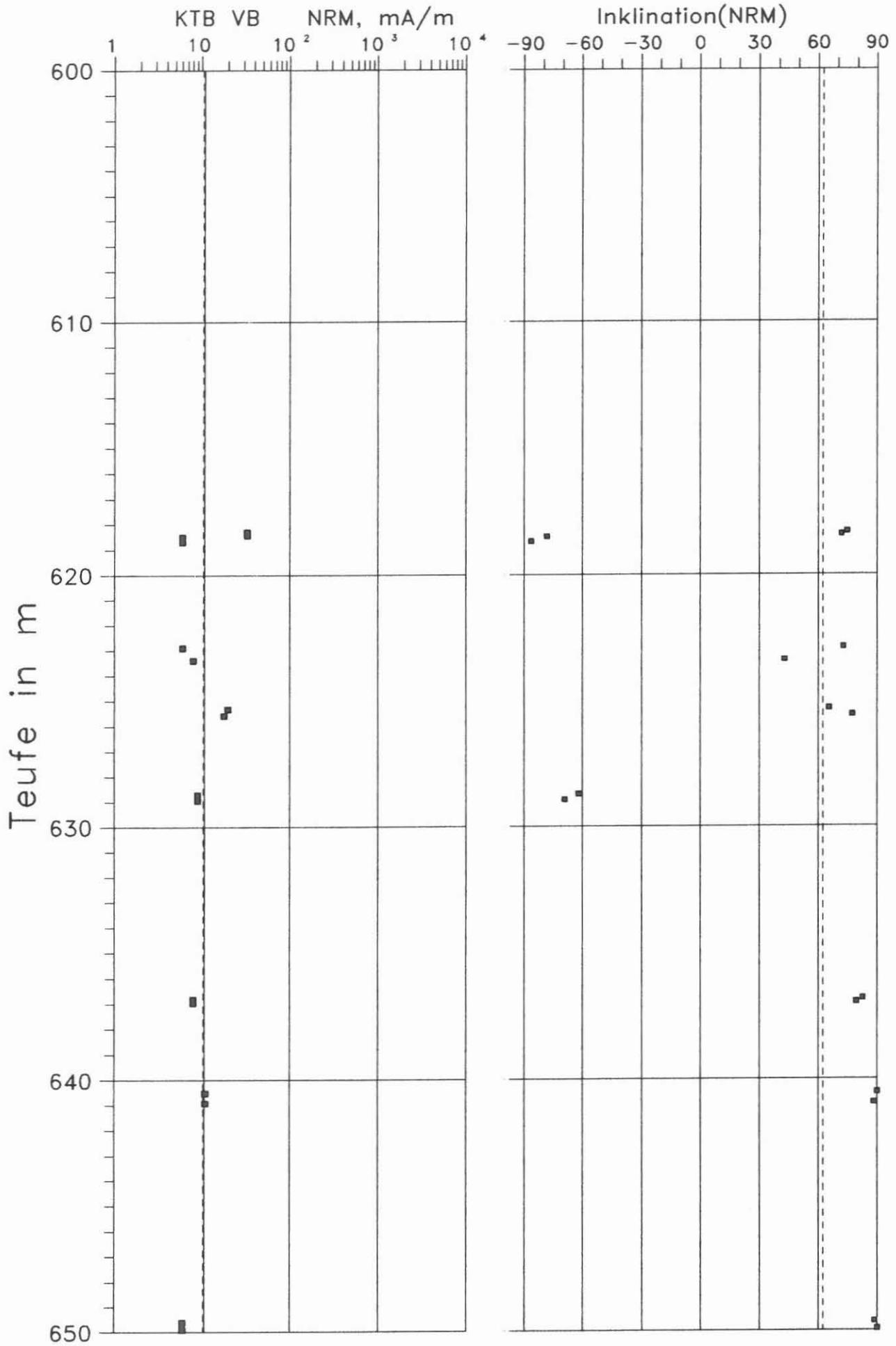


Abb. D.4.8

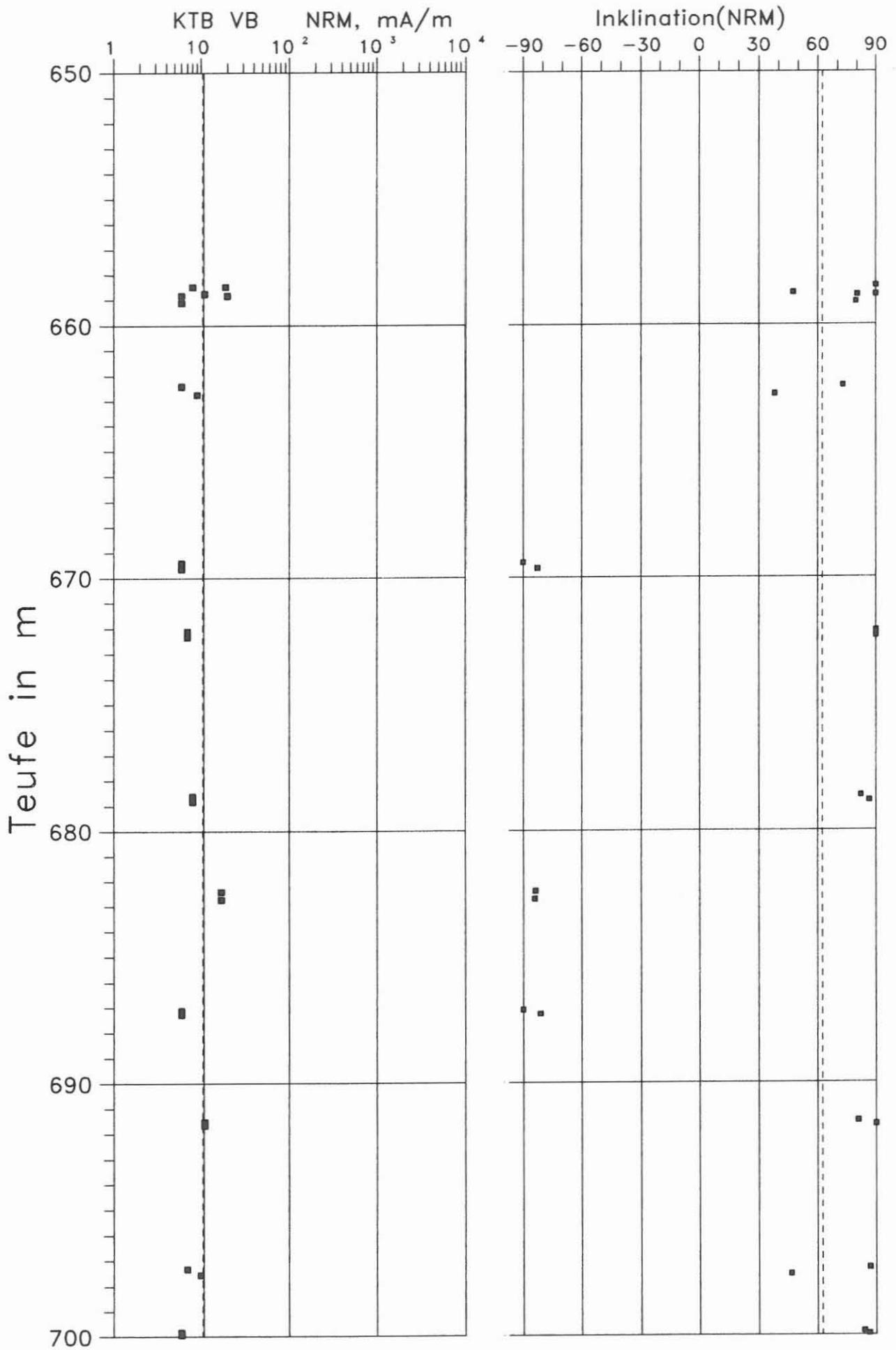


Abb. D.4.9

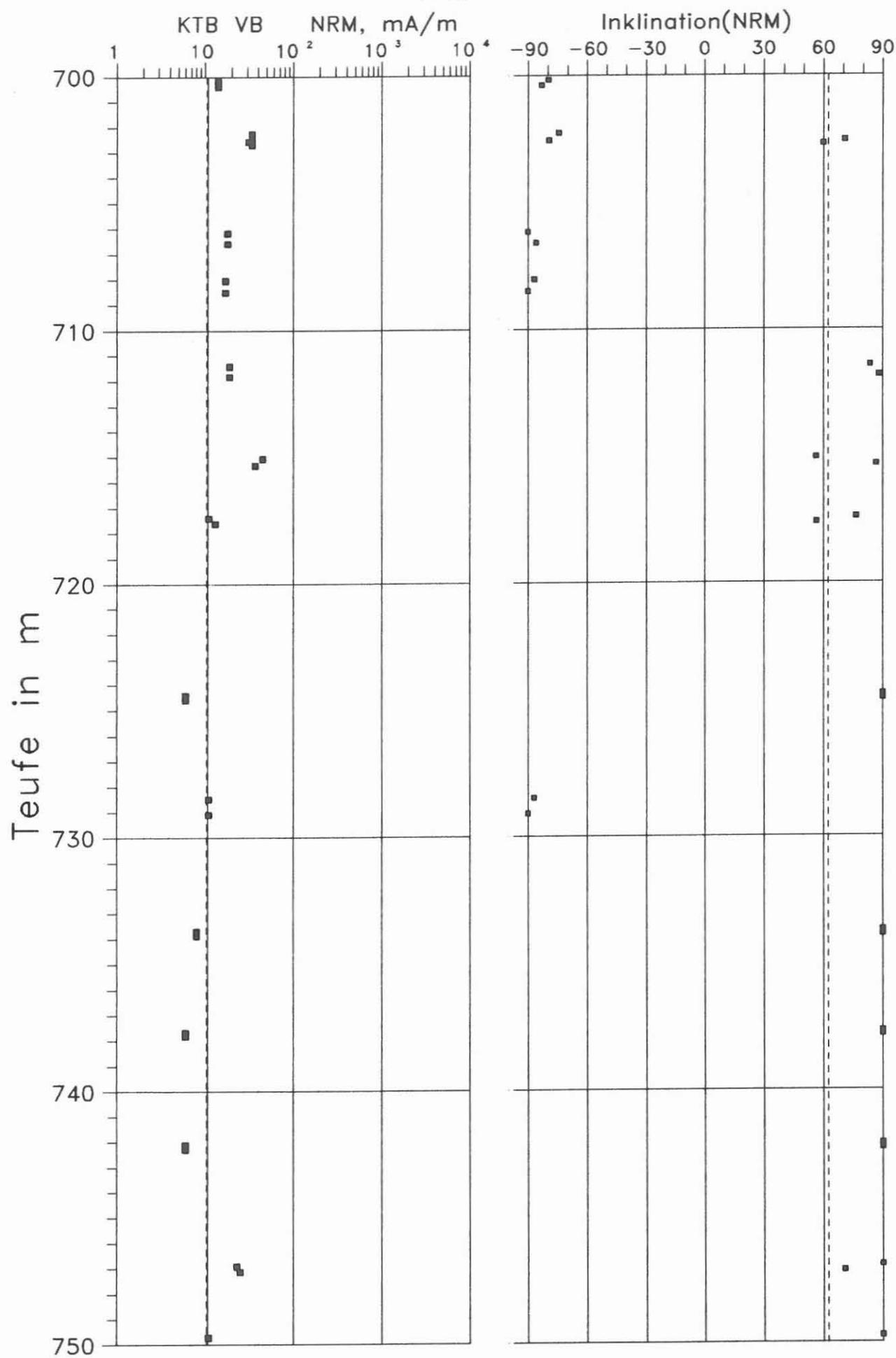


Abb. D.4.10

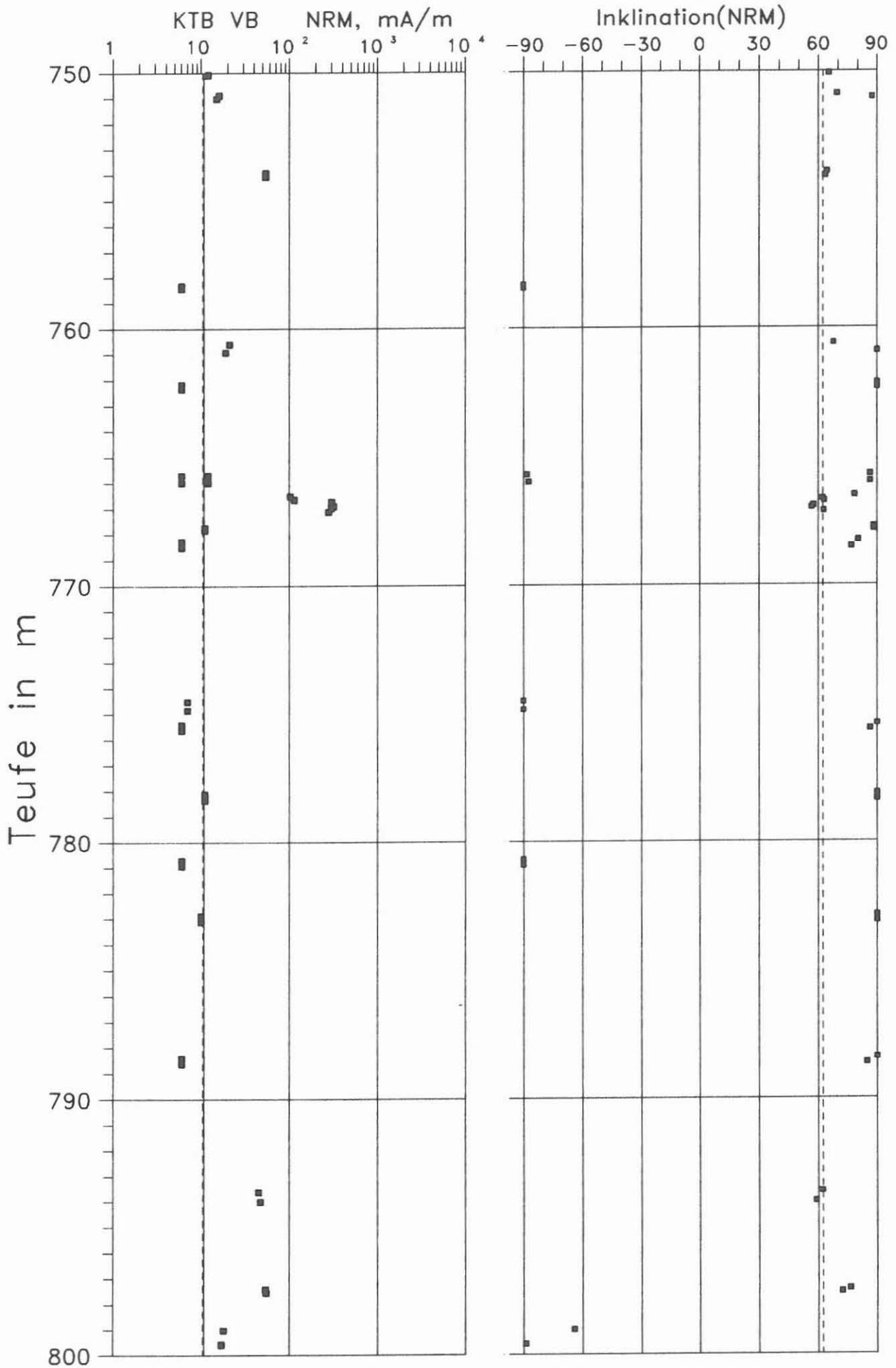


Abb. D.4.11

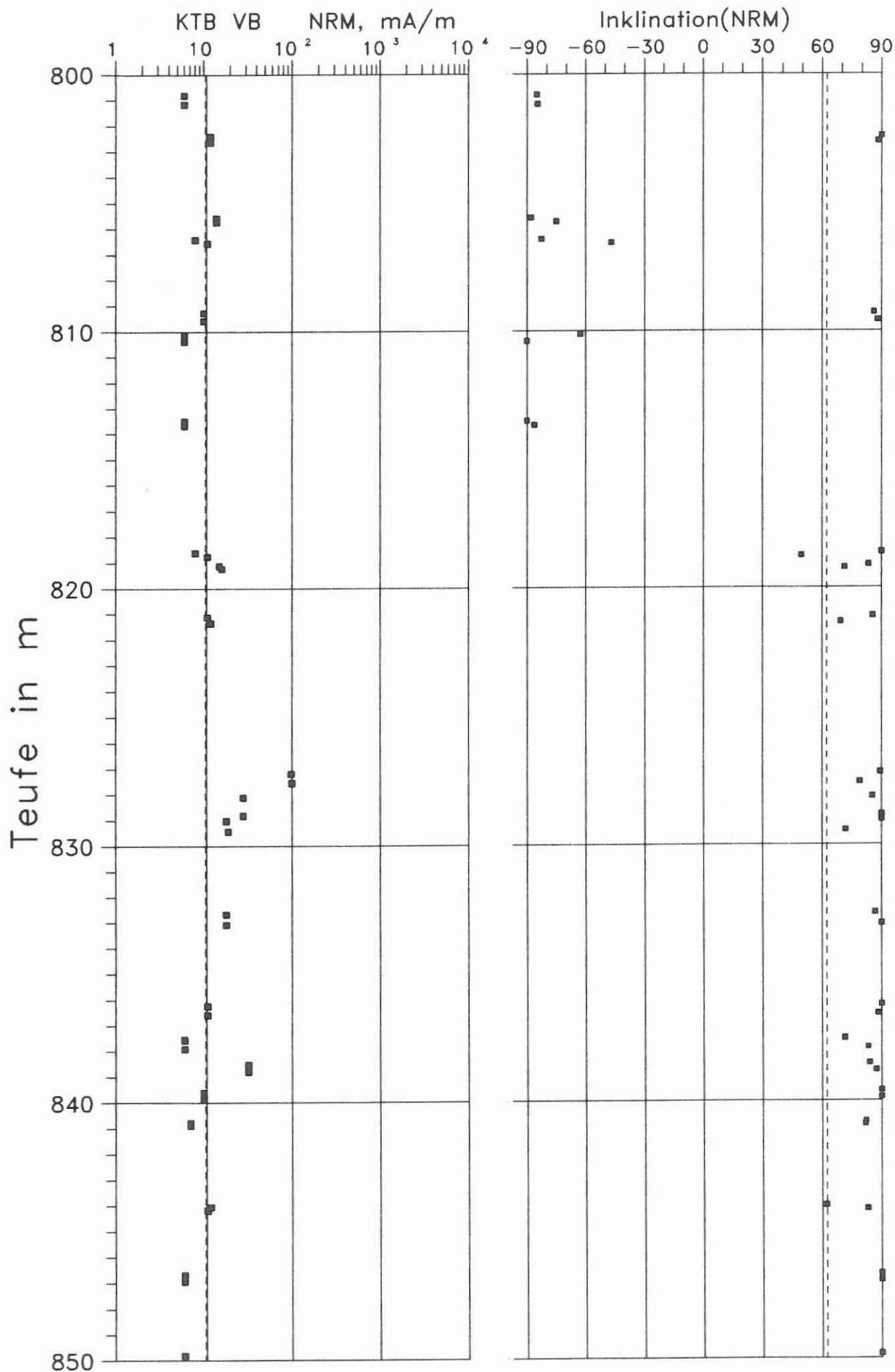


Abb. D.4.12

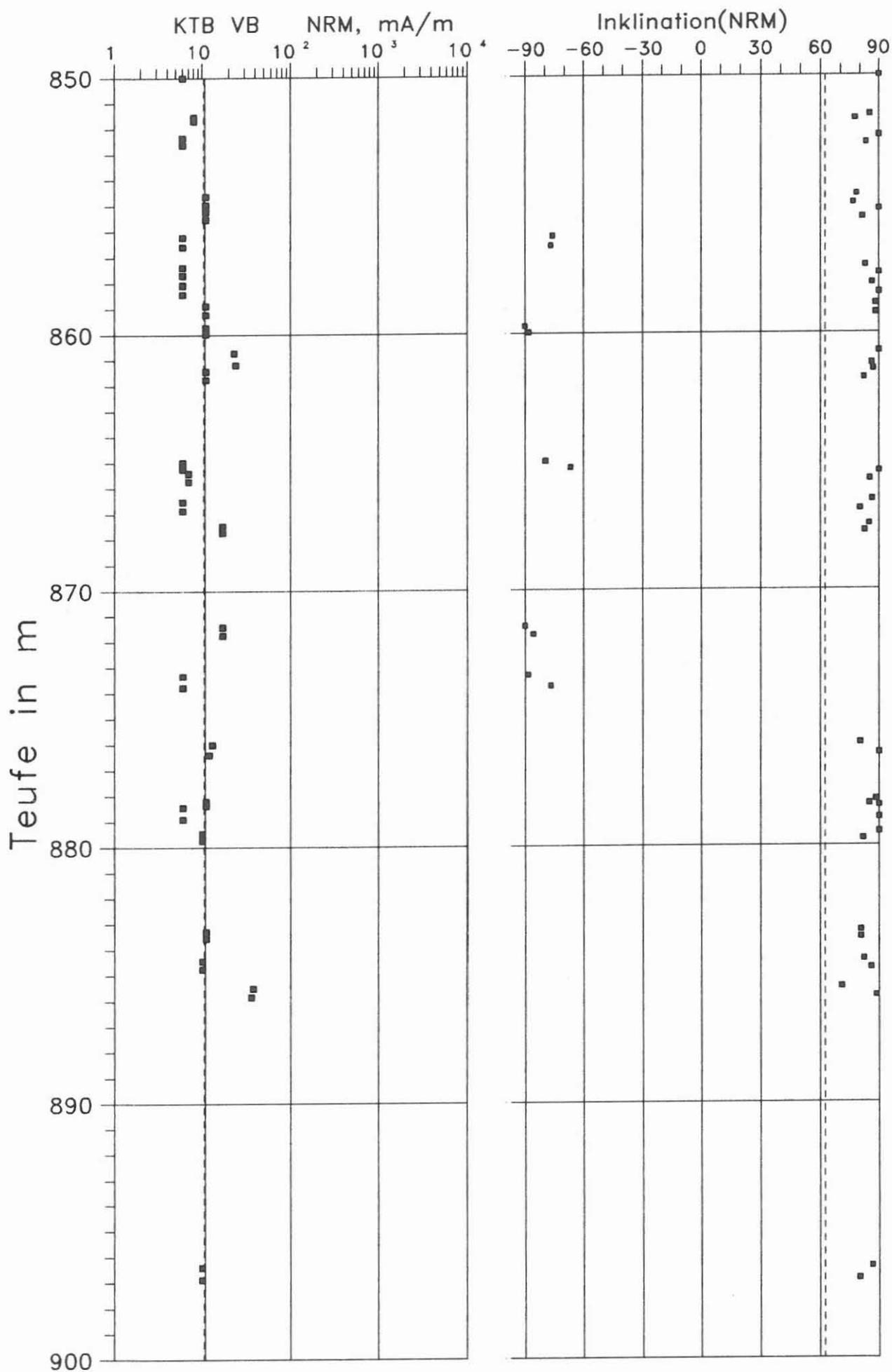


Abb. D.4.13

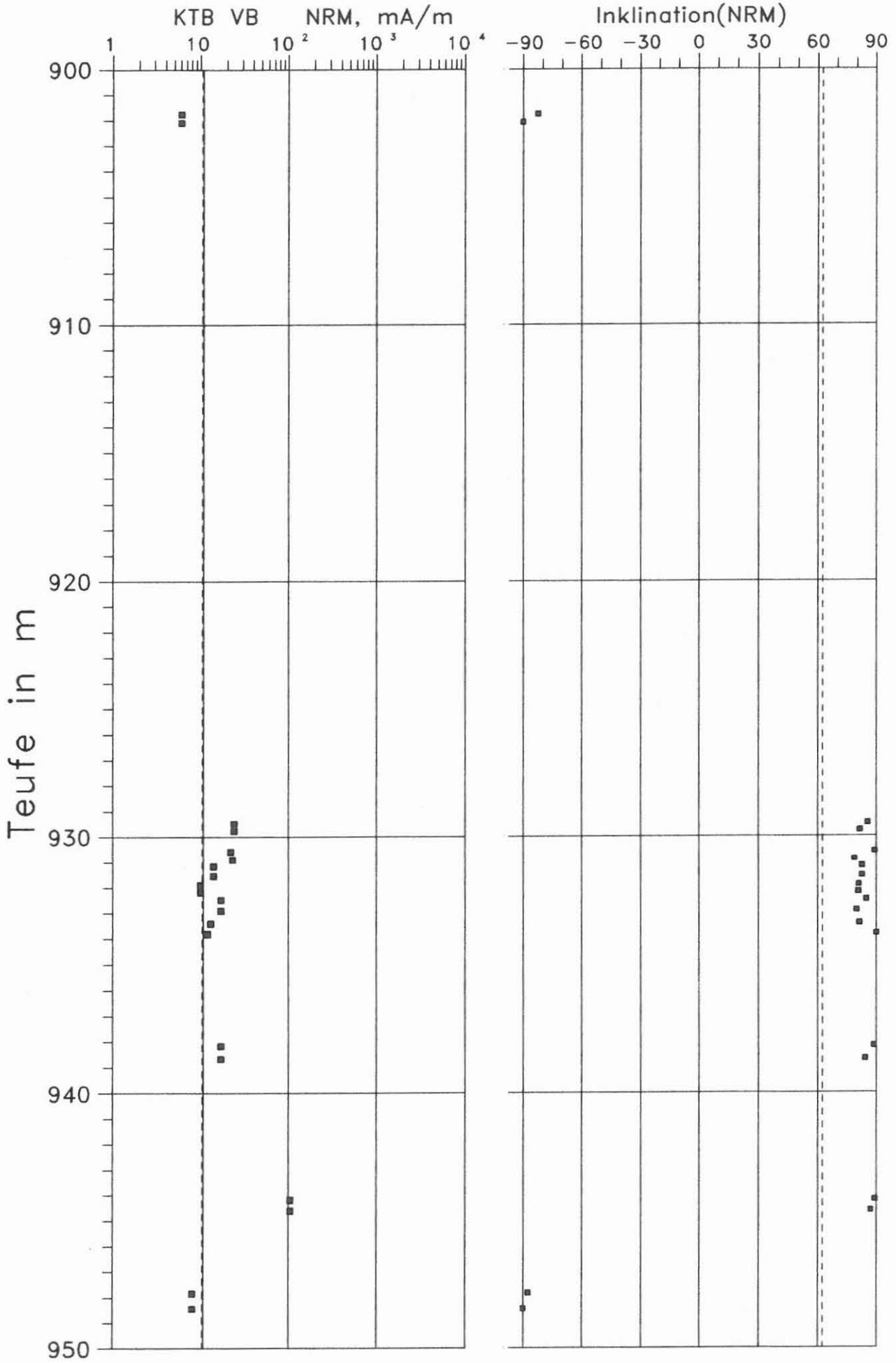


Abb. D.4.14

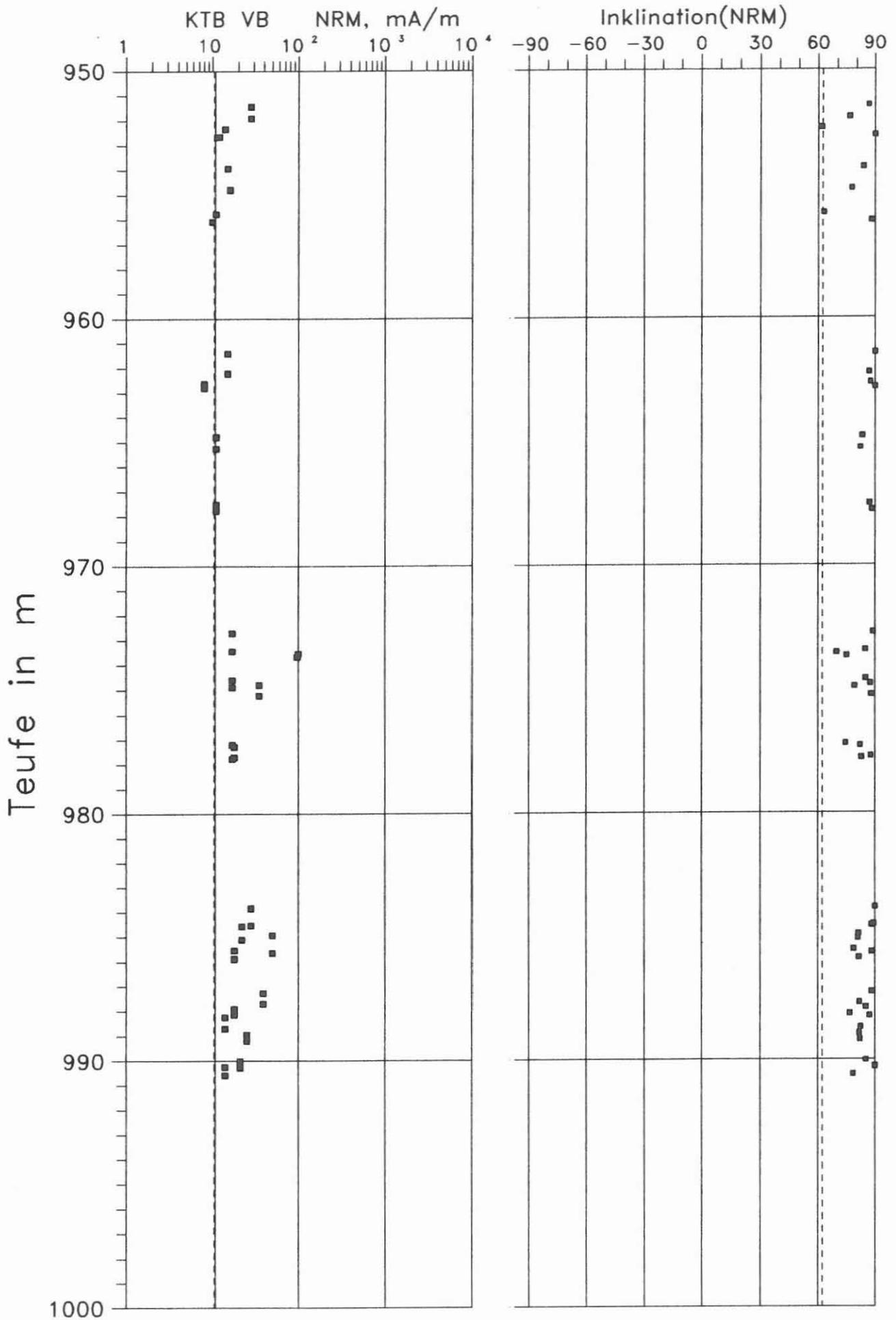


Abb. D.4.15

D.5. Suszeptibilität

D.5.1. Allgemeines

Auf das Prinzip der Messung der Suszeptibilität an Bohrkernen wurde im KTB Report 88-1 näher eingegangen. Auch hier wurde die magnetische Suszeptibilität in 1 cm-Schritten aufgezeichnet. Aus diesen Rohdaten wurden mehrere charakteristische Werte (etwa ein Wert alle 30 cm) ausgewählt und in einer Graphik-Datei abgespeichert. Über ein Programm zur graphischen Darstellung können diese Daten in Teufen-Logs mit annähernd beliebigem Maßstab dargestellt werden.

D.5.2. Suszeptibilität der Bohrkerne

Im Gegensatz zu dem Teufenintervall des 1. Berichtes (also von 0 bis 480 m) liegen aus dem Teufenbereich von 480 m bis 992 m nur Meßergebnisse von Bohrkernen vor, da das angefallene Bohrkleinmaterial sich als ungeeignet für die Messungen erwies.

Die magnetische Suszeptibilität, gemessen an Bohrkernen, liegt, wie in den beiden Übersichts-Darstellungen im Maßstab der Teufe von 1:2000 (Abbildungen D.5.1. und D.5.2.) gut sichtbar wird, größtenteils im Bereich von $0.2 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$ SI-Einheiten, mit einem Mittelwert von $0.45 \cdot 10^{-3}$ SI-Einheiten. Die Variationsbreite der gemessenen Suszeptibilität ist wesentlich geringer als im Teufenbereich bis 480 m. (Hier waren Suszeptibilitätswerte von $0.05 \cdot 10^{-3}$ SI bis hinauf zu $151 \cdot 10^{-3}$ SI meßbar, mit einem Mittelwert von $2 \cdot 10^{-3}$ SI-Einheiten.)

In den Suszeptibilitätswerten paust sich somit die im Abschnitt 480 m bis 992 m wesentlich homogenere Lithologie durch (in Form von Gneisen mit vereinzelt Amfibolit-Einschaltungen), die ganz im Gegensatz steht zu der sehr stark wechselnden Lithologie auf den ersten 480 Metern.

In den Abbildungen D.5.3. bis D.5.13. ist der gesamte durchteufte Bereich noch einmal in vergrößertem Teufenmaßstab gezeichnet. Einige Bereiche mit erhöhten Suszeptibilitäts-Werten fallen auf: bei 492 m, 499 m, 501.5 m, um 550 m, im Bereich von 560 m bis 565 m, im Bereich von 820 m bis 835 m, bei 931 m und um 975 m. Diese Maxima lassen sich gut korrelieren mit den Maxima in den Beträgen der remanenten Magnetisierung, die am deutlichsten auftreten bei 501.45 m, 564.60 m, 766.95 m, 827.50 m, 944.40 m und bei 973.60 m. (Siehe dazu den Abschnitt "natürliche remanente Magnetisierung" im gleichen Kapitel). In einigen der vorgenannten Teufenabschnitte konnten makroskopisch (Lupe) Magnetkies-Vererzungen nachgewiesen werden (siehe dazu den Abschnitt "Erzmineralisation" im Kapitel B). So ist das Maximum der Suszeptibilität in Höhe von etwa $5 \cdot 10^{-3}$ SI bei der Teufe von 564.4 m verursacht durch Vererzung des Granat-Biotit-Gneises mit Magnetkies. Weiterhin ist ein deutliches Minimum von $0.03 \cdot 10^{-3}$ SI in der Teufe 678.9 m zu sehen, hier durchteufte die Bohrung einen Quarzgang.

Eine Darstellung der Königsberger Q-Faktoren (Verhältnis von remanenter zu induzierter Magnetisierung), die für paläomagnetische Untersuchungen von Bedeutung sind, wird im nächsten Bericht folgen.

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

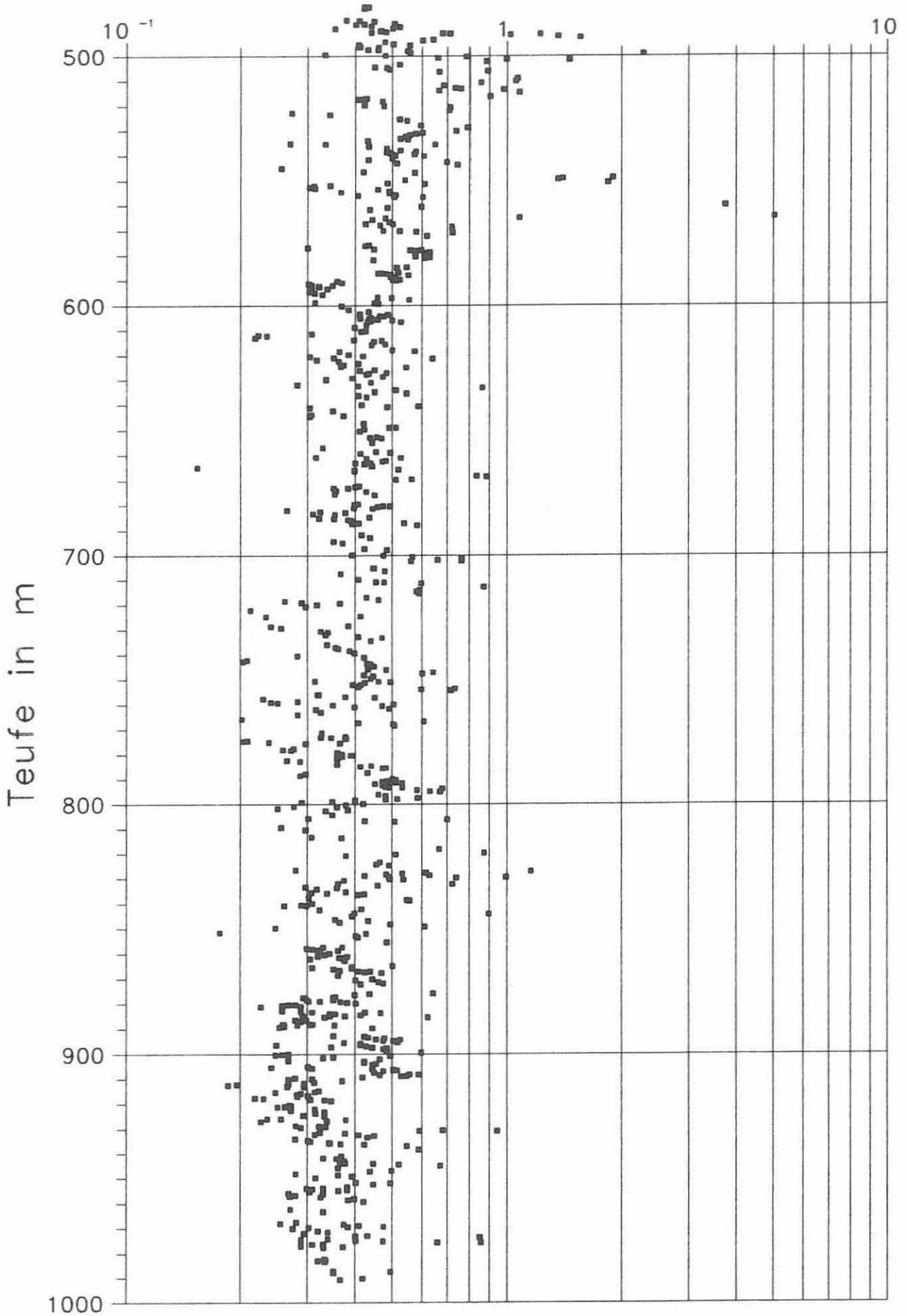


Abb. D.5.1

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

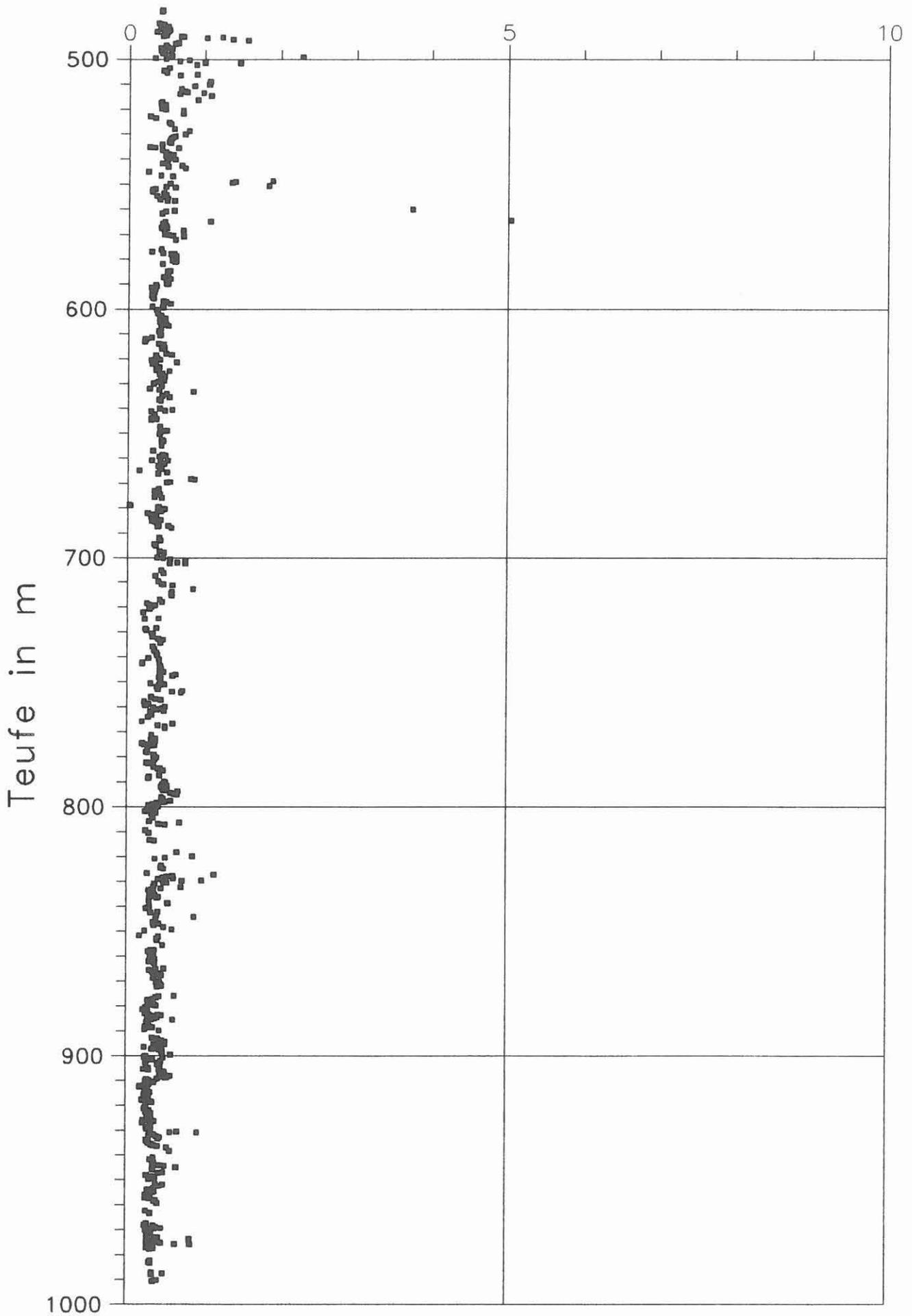


Abb. D.5.2

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

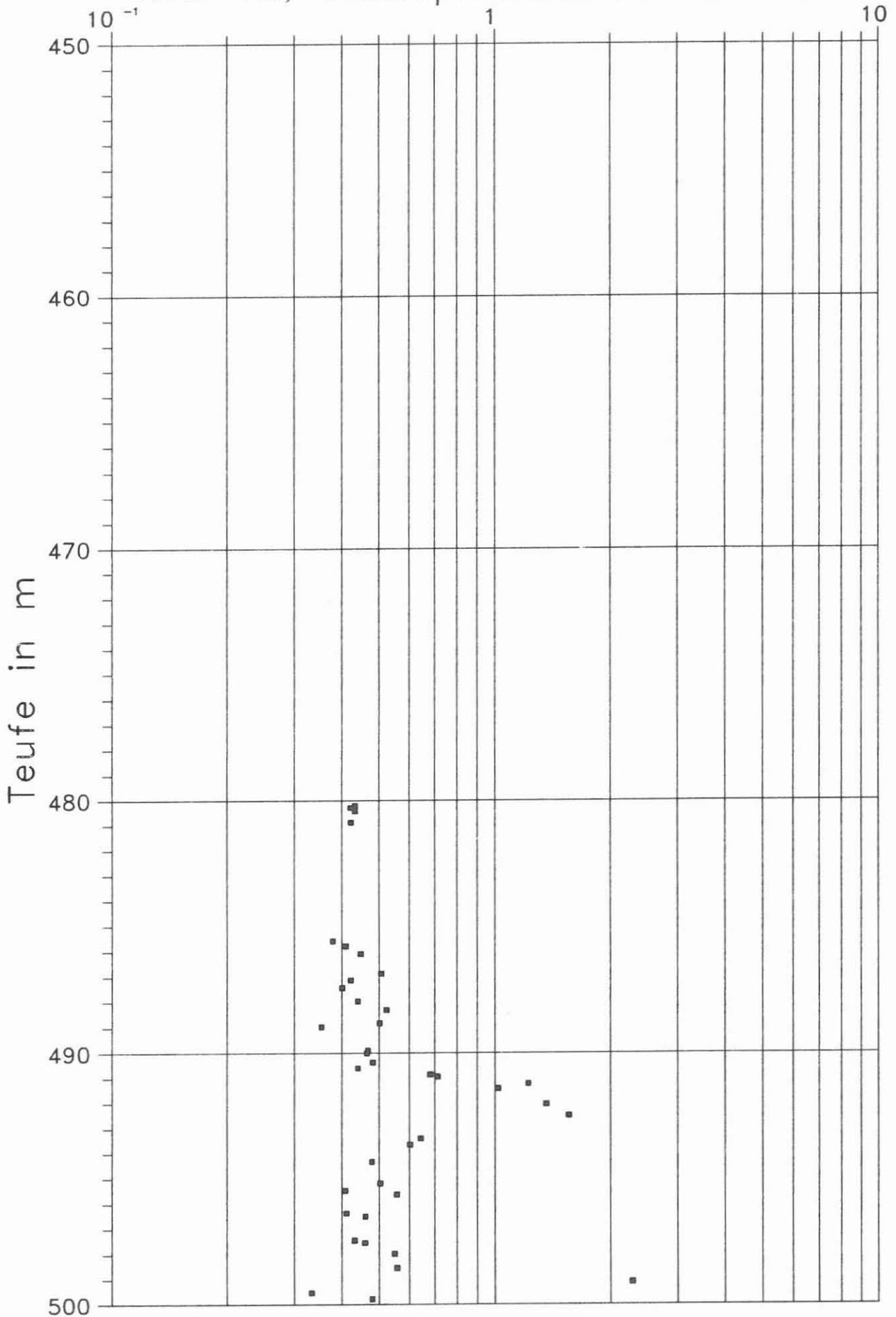


Abb. D.5.3

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

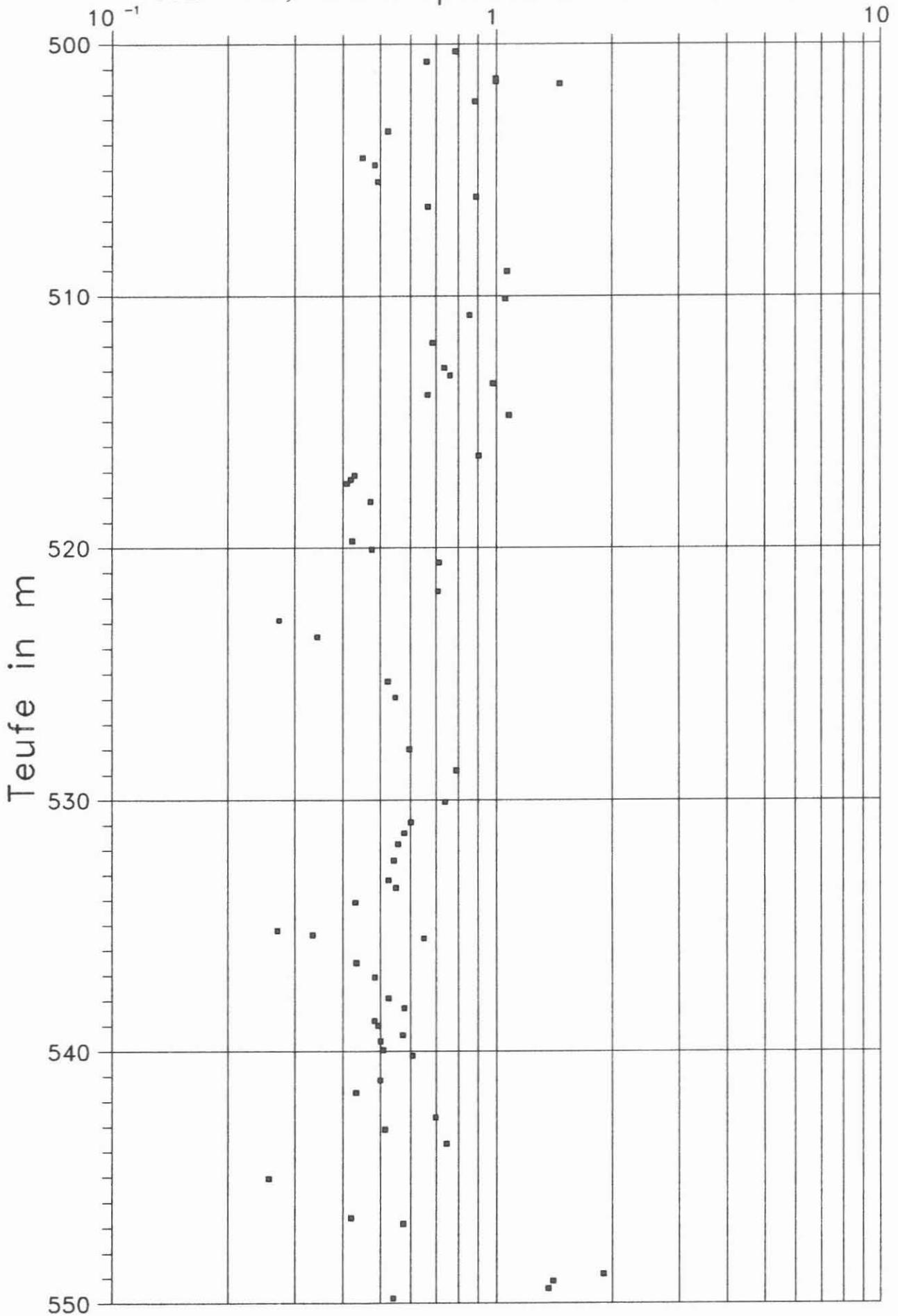


Abb. D.5.4

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

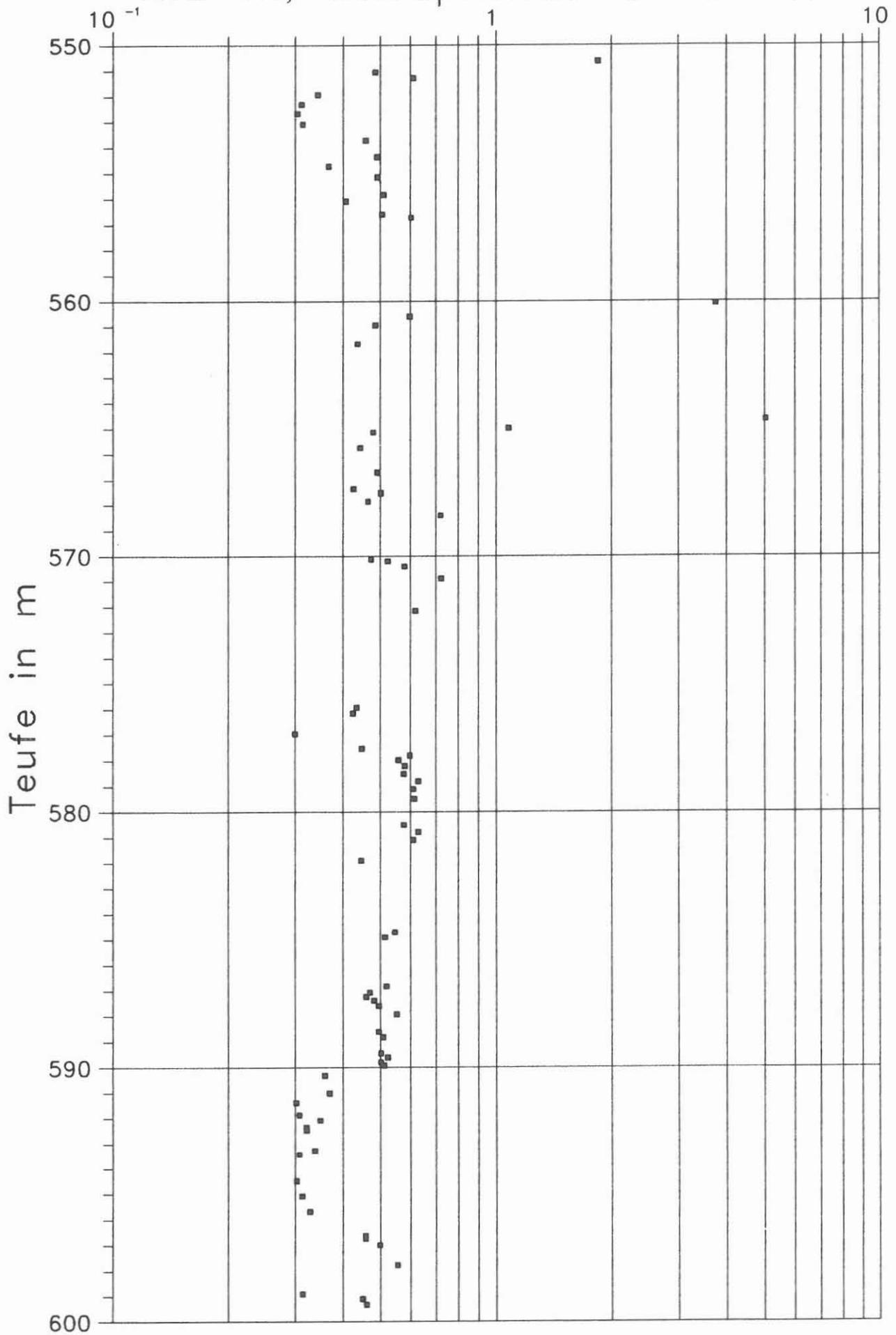


Abb. D.5.5

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

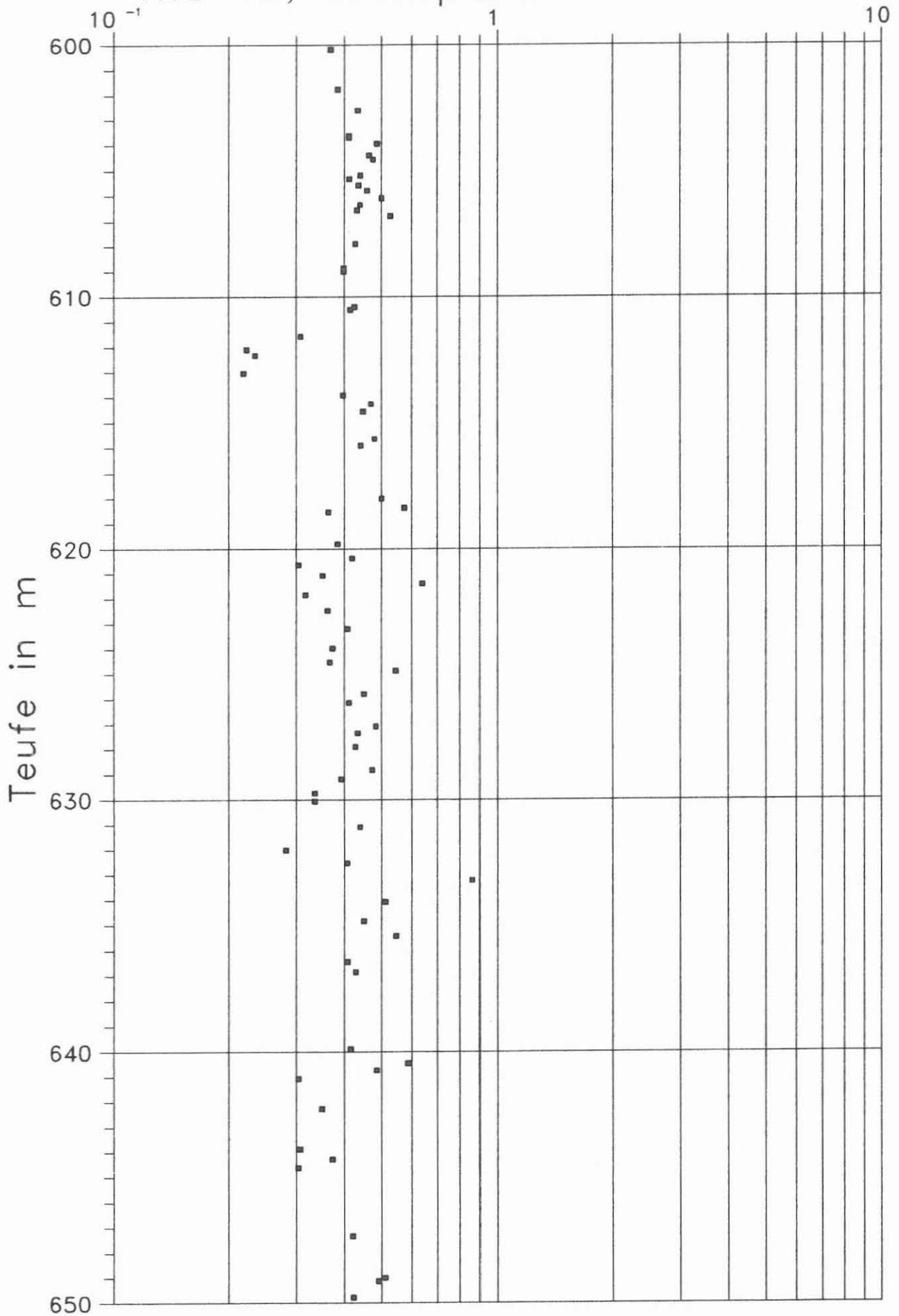


Abb. D.5.6

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

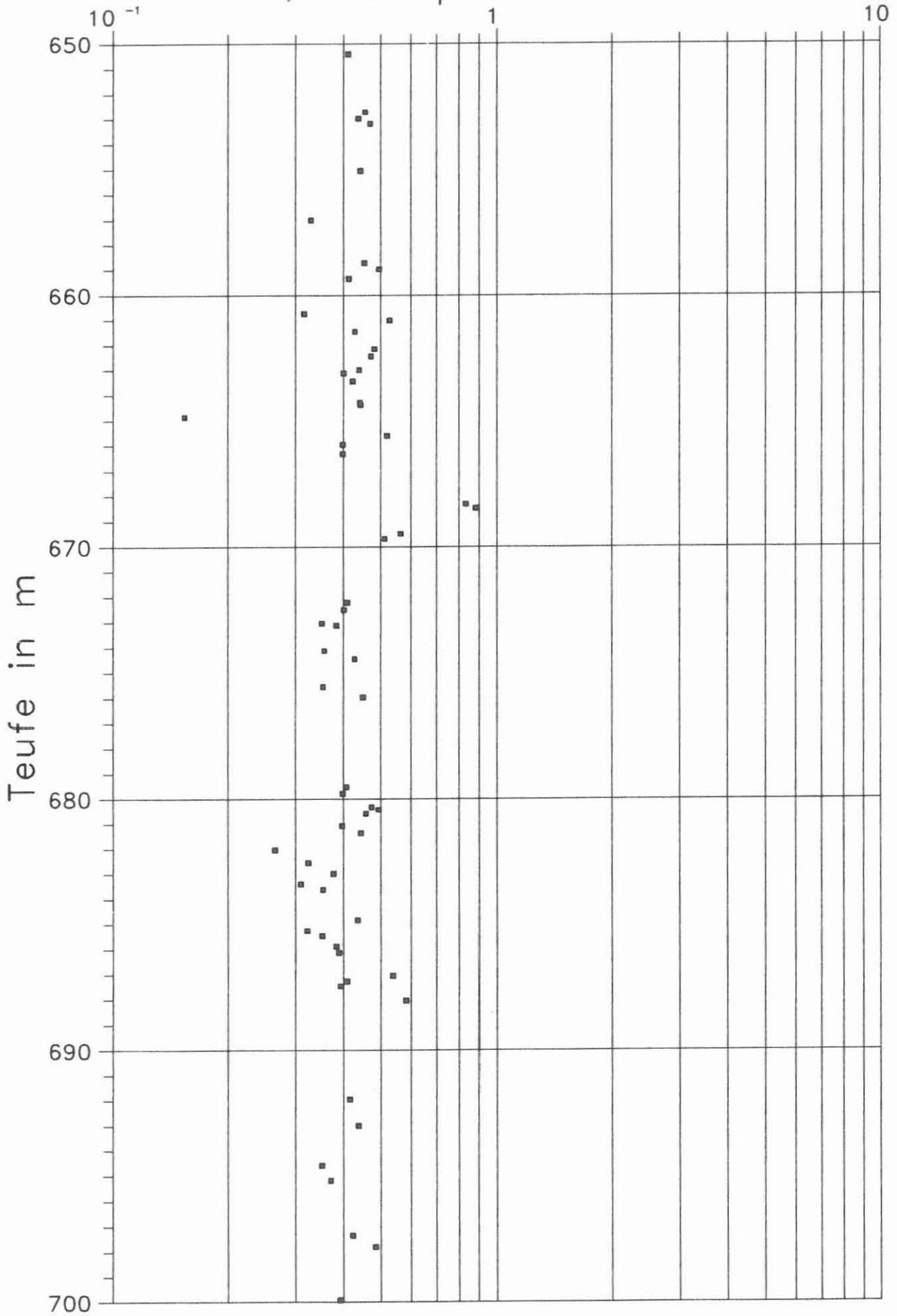


Abb. D.5.7

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

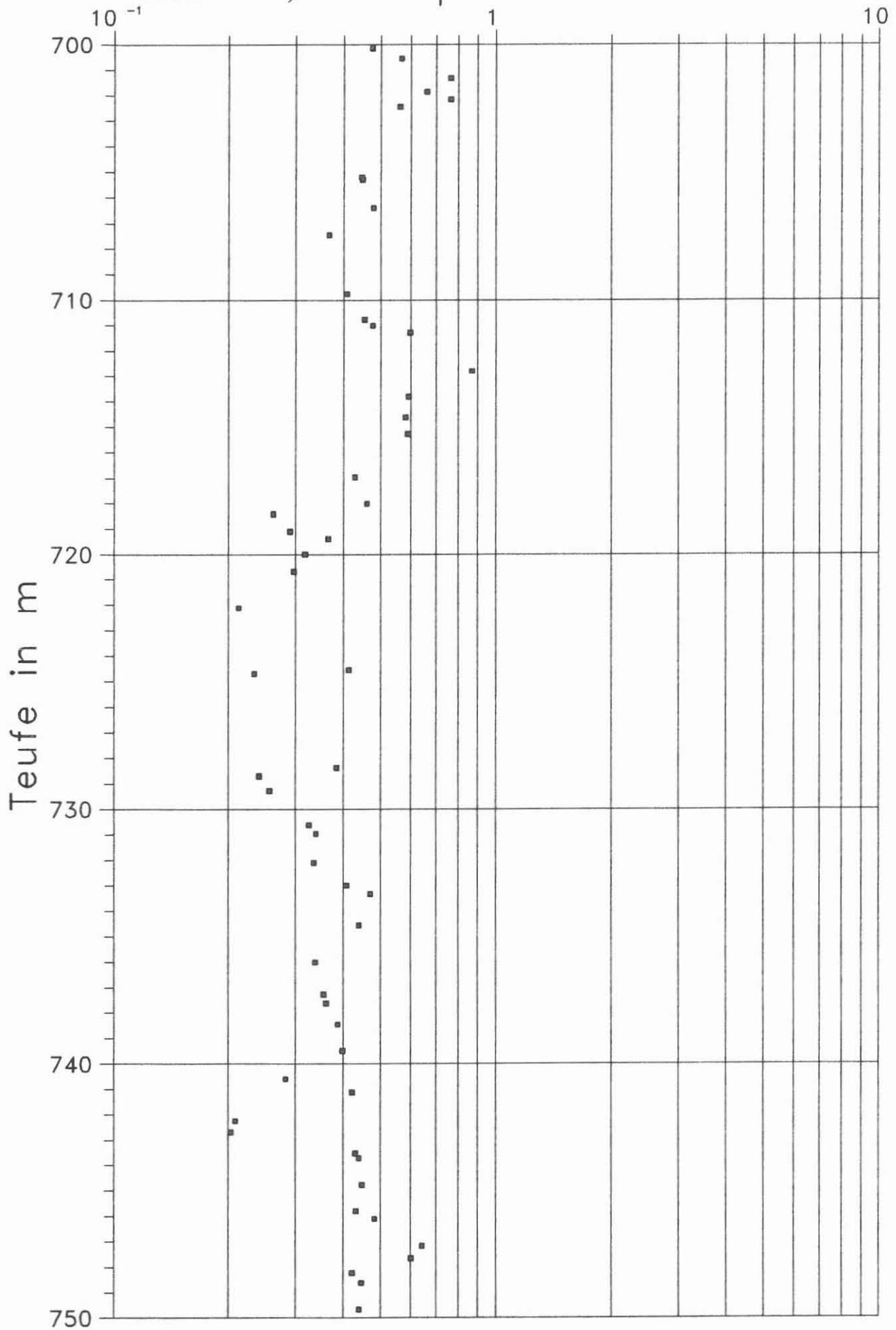


Abb. D.5.8

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

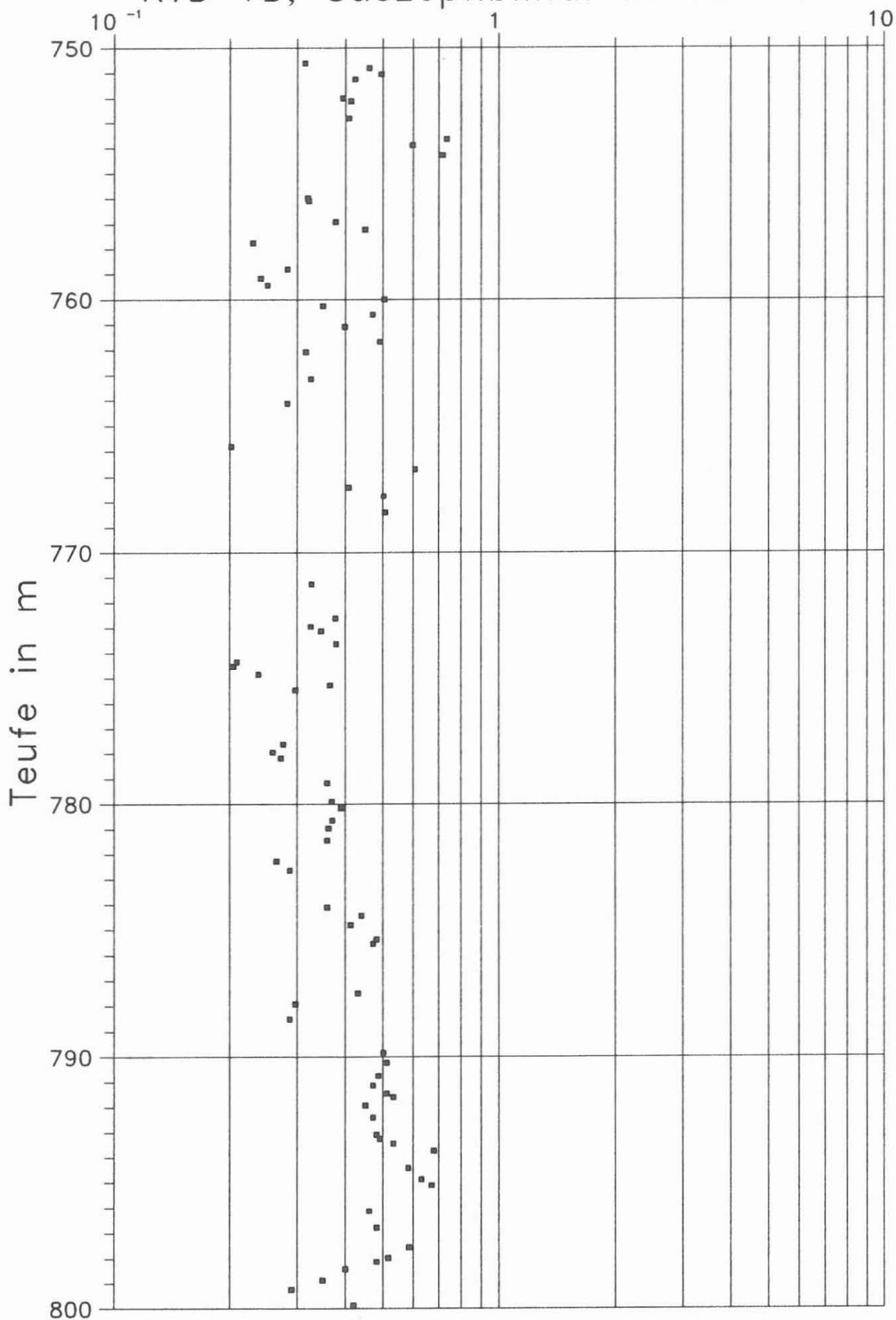


Abb. D.5.9

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

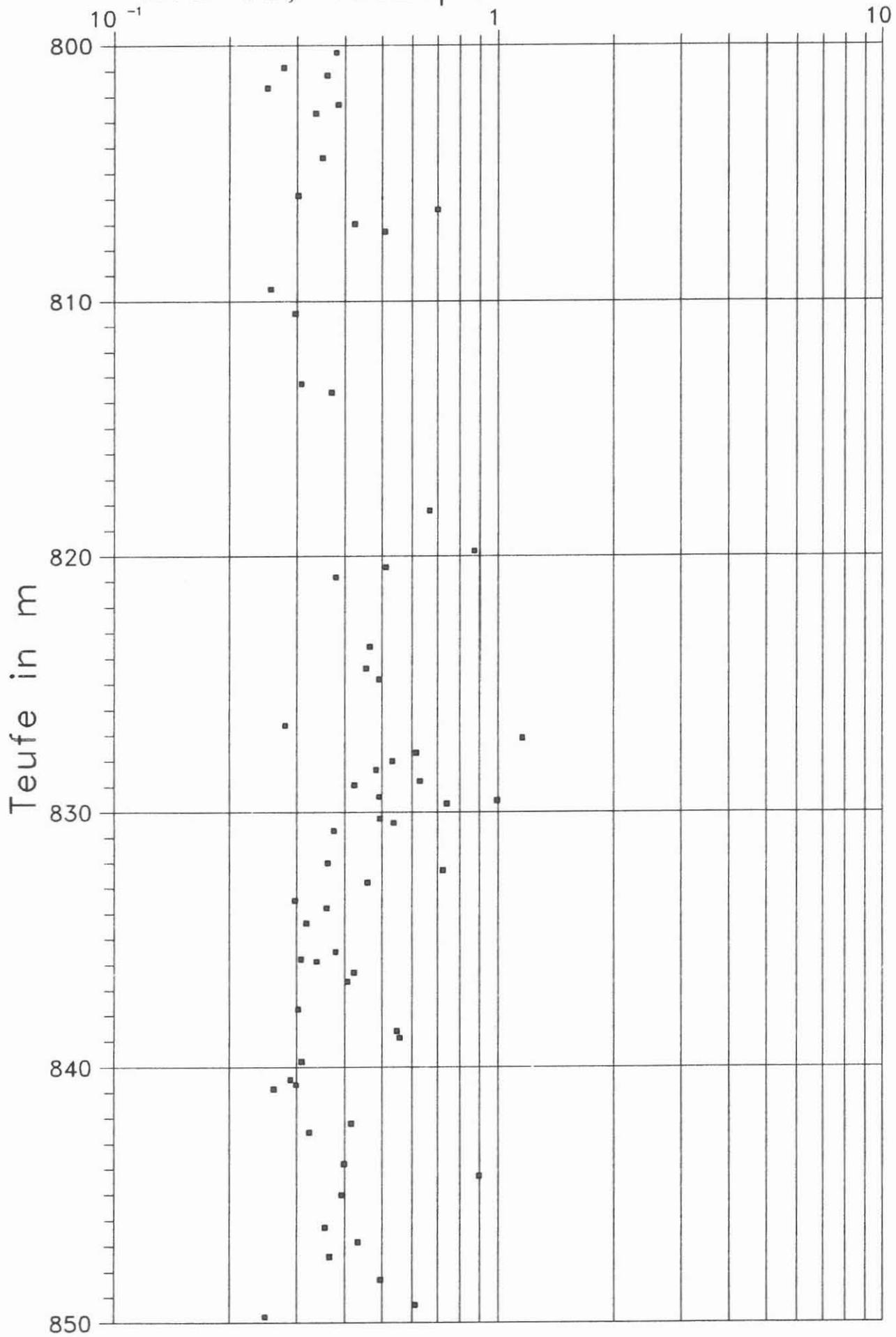


Abb. D.5.10

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

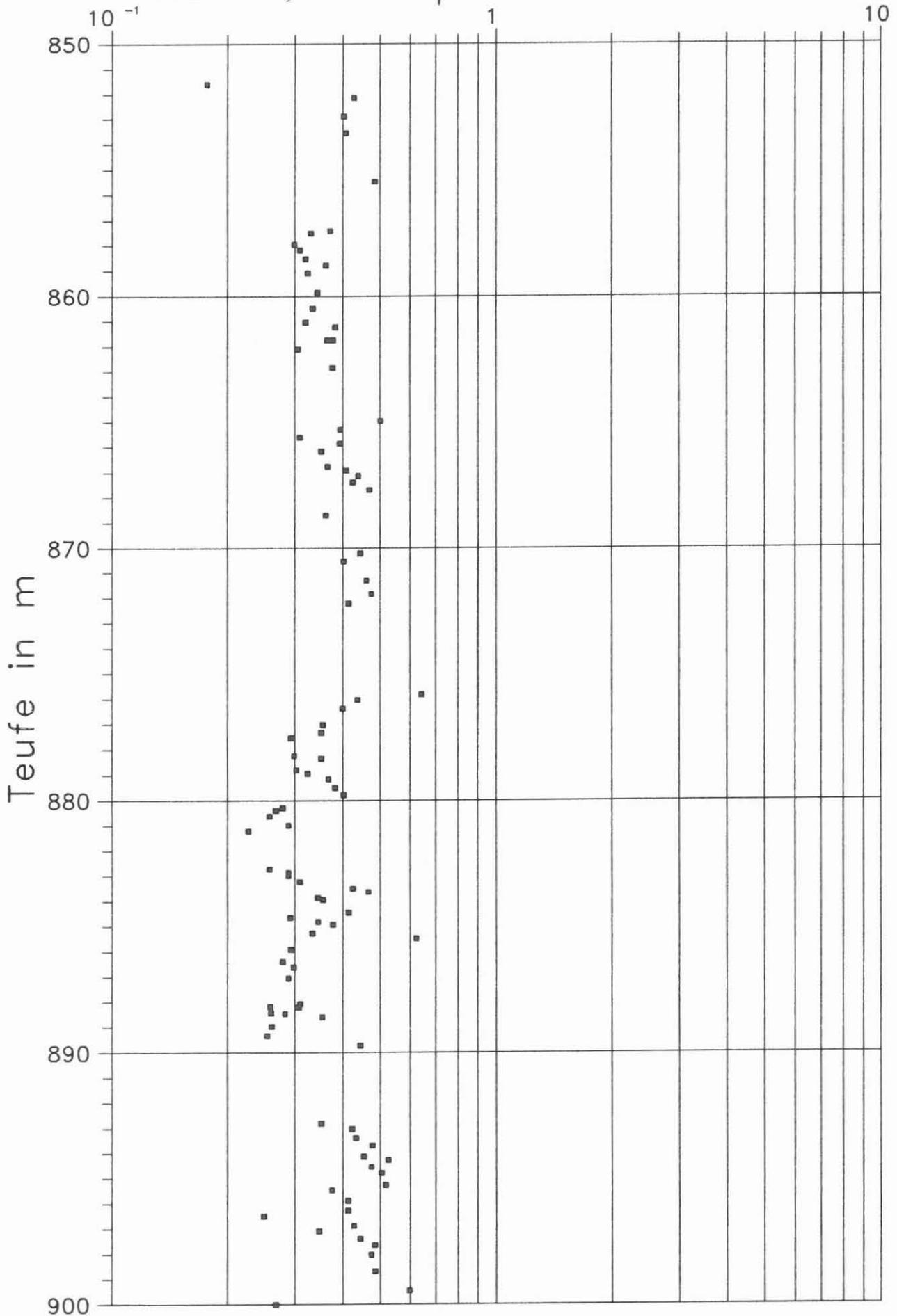


Abb. D.5.11

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-3} SI

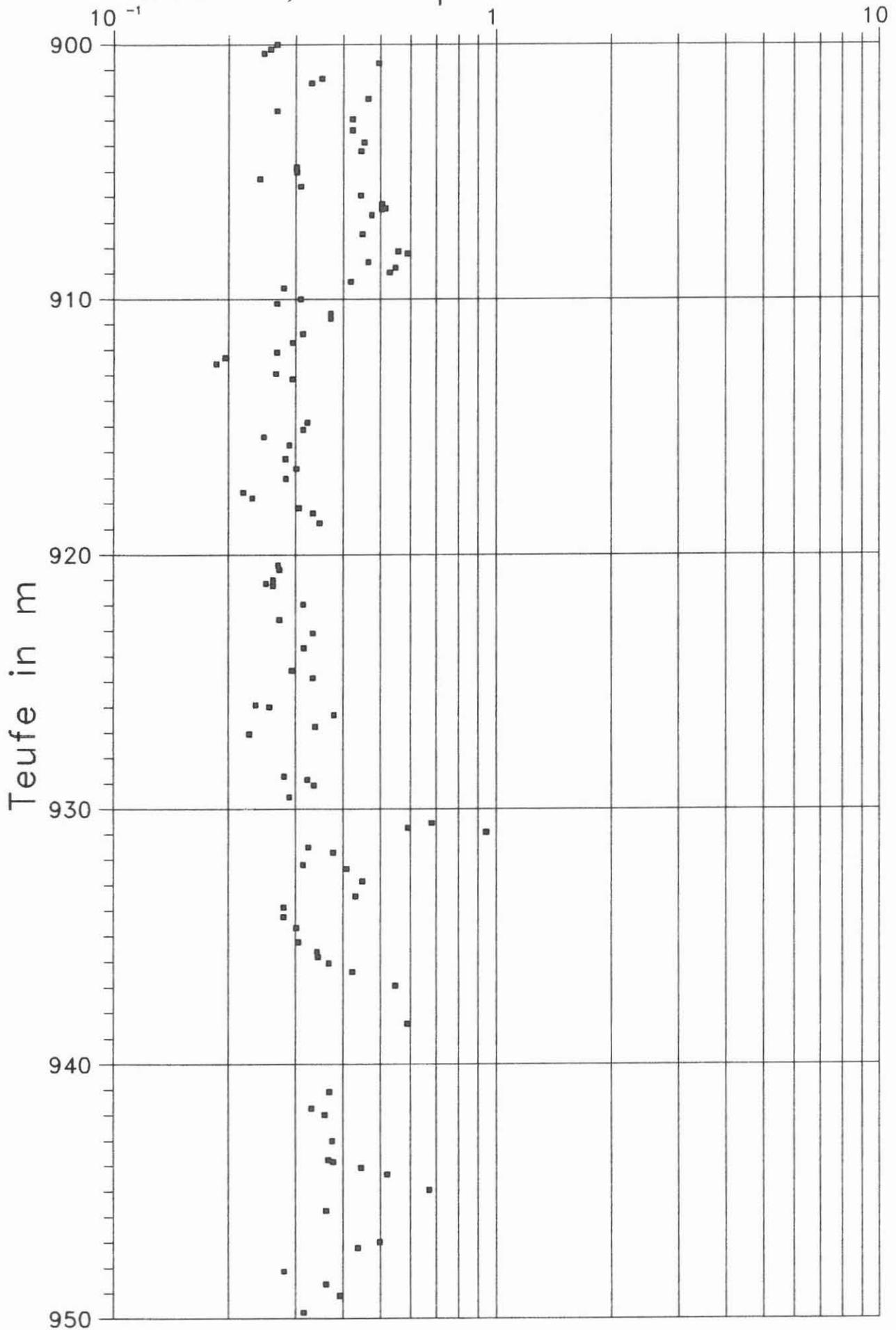


Abb. D.5.12

KTB VB, Suszeptibilität in 10^{-5} SI

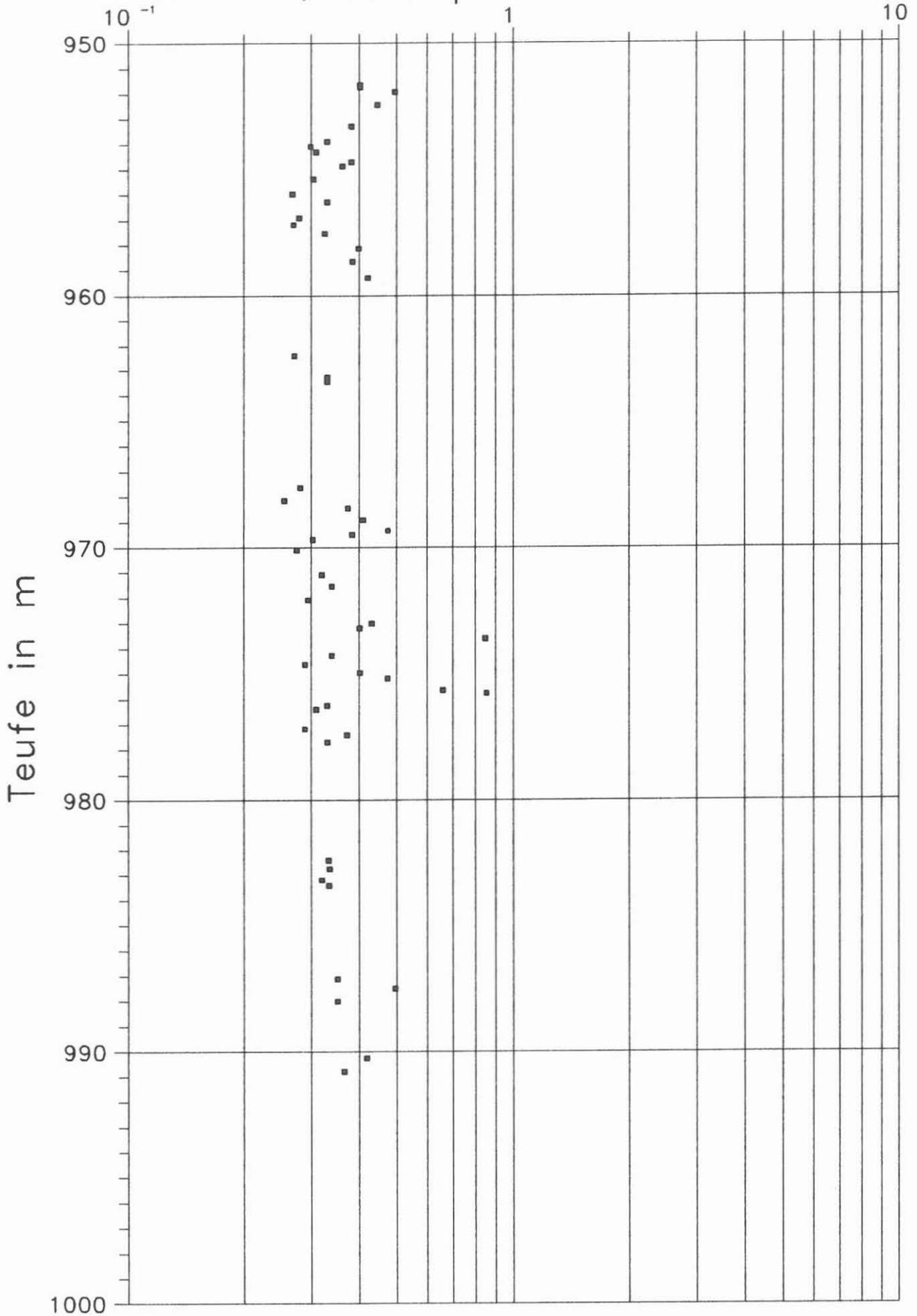


Abb. D.5.13

D.6. Schriftenverzeichnis

Bücker, C., Eigner, K.-H., Rauch, E., Rauen, A. Wienand, J. & K. E. Wolter, (1988): Tiefbohrung KTB Oberpfalz VB, Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung im KTB-Feldlabor, Teufenbereich von 0 - 480 m: D. Geophysik.-KTB-Report 88-1: D1 - D42, Hannover.

D.7 Danksagung:

Die für die Messungen in der Arbeitsgruppe Geophysik im KTB-Feldlabor notwendigen Geräte wurden in folgenden Instituten entworfen und entwickelt: Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Meteorologie und Geophysik der Johann-Wolfgang-Goethe Universität Frankfurt, Institut für Geophysik der Technischen Universität Clausthal. Ohne die tatkräftige Unterstützung und umfangreiche Mitarbeit dieser Institute wäre es nicht möglich gewesen, die zahlreichen Geräte in derartig kurzer Zeit zum Einsatz zu bringen. Insbesondere möchten wir uns ganz herzlich bedanken bei:

Institut für Geophysik München:

Prof. Dr. H. C. Soffel, Prof. Dr. A. Schult, Dr. habil. H. Gebbrande, Dr. J. Pohl, Dr. P. Neurieder, Dipl.-Geophys. E. Rauch, den Mitarbeitern der Werkstatt: O. Bühler, A. Reichel, M. Thuringer, H. Khek, dem Elektroniker J. Spitzfaden, sowie den vielen studentischen Hilfskräften.

Institut für Geophysik Frankfurt:

Prof. Dr. H. Berckhemer, Dipl.-Ing. E. Aulbach

Institut Geophysik Clausthal:

Prof. Dr. J.R. Schopper, Dipl.-Geophys. W. Debschütz.

Ein herzliches Dankeschön gilt auch unseren Technikerinnen M. Jäger und A. Kick sowie unserem Techniker H. Köstler für ihren steten Einsatz bei den Messungen.

Für die unentgeltliche Ausleihe des USL33-Gerätes, mit dem die seismischen Messungen bis zur Teufe 806 m durchgeführt wurden, danken wir der Fa. Krautkrämer.

