

# **KTB REPORT 90-1**

## **Grundlagenforschung und Bohrlochgeophysik (Bericht 8)**

Bohrlochmessungen in der KTB-Oberpfalz VB

– Intervall 3009,7 – 4000,1 m –



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

J. K. Draxler

# **KTB REPORT 90-1**

## **Grundlagenforschung und Bohrlochgeophysik (Bericht 8)**

Bohrlochmessungen in der KTB-Oberpfalz VB  
– Intervall 3009,7 – 4000,1 m –

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

J. K. Draxler

Redaktion: Dipl. Ing. J. K. Draxler

Druck: Wittmann & Wäsch, 3007 Gehrden

Titelbild: Seitenkerngerät der Fa. Schlumberger Verfahren,  
Siemensstraße 6, 2840 Diepholz  
Bohrmotor mit Kernrohr und Bohrkronen.  
Aufnahme: M. Neuber, KTB-Feldlabor

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (Forschungskennzeichen: RG 8604-0 und RG 8803-3) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

© Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung  
Hannover 1989.

Nachdrucke, Vervielfältigungen und Übersetzungen, Verwendung in Funk und Fernsehen, Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und Speicherung in DV-Anlagen sind - auch auszugsweise - genehmigungspflichtig.

Alle Rechte bleiben vorbehalten.

Anschrift des Herausgebers: Projektleitung KTB im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Postfach 51 01 53, D-3000 Hannover 51. Telefon: (05 11) 643-2670

## Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung.....	1
1. Einleitung.....	7
2. Angaben zur Bohrung KTB-Oberpfalz VB 1a und VB 1b.....	11
3. Übersicht zu den bohrlochgeophysikalischen Aktivitäten.....	27
4. Intervallmessungen.....	49
VB 1a 3009,7 - 3766,9 m	
VB 1b 3766,9 - 4000,1 m	
4.1. Temperaturmessungen, KTB Geräte.....	51
4.2. Kaliber-, Neigungs-, und Orientierungsmessungen.....	51
4.3. Bohrlochverlauf.....	56
4.4. Neigungs-, Orientierungs- und Temperatur- messungen mit den Memory-Geräten.....	60
5. Sechste Meßserie bei 3626,0 m.....	73
6. Siebente Meßserie bei 4000,1 m.....	111
7. Hydraulische Teste.....	169
8. Auswertungen, Zwischenberichte.....	181
9. Zwischenberichte der KTB-Projektleitung Fachbereich Bohrlochmessungen.....	207
9.1. Neue Meßgeräte.....	210
9.2. Zwischenberichte.....	219
<b>Kessels W.,</b> Kaliberauswertung der in der KTB- Oberpfalz VB bis zum Ende der Bohrarbeiten durchgeführten Kalibermessungen in 25 Meter Bohrlochabschnitten.....	219
<b>Gatto H., Bucker C.,</b> Vergleich der Gesteins- dichte mittels Messungen von Schlumberger (Litho- Density Log) und an Kernen durch das Feldlabor.....	231
<b>Gatto H., Casten U.,</b> Bohrlochgravimetrisch er- mittelte Dichte (BHGM) im Vergleich zur Logdichte (RHOB).....	247

	<b>Gatto H.,</b> Vergleich der Absorption Thermischer Neutronen gemessen mit den Geräten TDT-P und GLT (Schlumberger) sowie PDK-100 (Western Atlas Wireline Services).....	265
	<b>Gatto H.,</b> Vergleich von Messungen dreier gebräuchlicher Bohrloch-Orientierungssysteme.....	277
	<b>Zoth G.,</b> Temperaturmessungen nach Abschluß der Bohrarbeiten in der Bohrung KTB-Oberpfalz VB.....	299
10.	Anforderungen von KTB-Meßdaten.....	315
11.	Anlagen.....	323
	Anlagenverzeichnis.....	325

# Zusammenfassung



### Zusammenfassung

Der vorgelegte KTB-Report 90-1 ist der 8. Bericht der Arbeitsgruppe Bohrlochmessungen im Fachbereich Operative Bohrgeologie der KTB-Projektleitung. Er setzt die Dokumentation der durch Bohrlochmessungen gewonnenen Daten fort und ist als direkte Fortsetzung des KTB-Reports 88-7 (Bericht 5.) zu verstehen, da er die Bohrlochmessungen für das Intervall 3000 - 4000 m beispielhaft aufzeigt.

In diesem Report werden Intervallmessungen, 2 Meßserien, Auswertergebnisse, ein Testbericht sowie Zwischenberichte vorgestellt.

Vier neue Meßgeräte, die in der Vorbohrung eingesetzt worden waren, werden in Kurzbeschreibungen erklärt.

Außerdem enthält dieser Report Angaben zu den zwei Seismik-Arbeiten, die nach Erreichen der Meßteufe von 3626 m durchgeführt wurden: Moving Source Profile und Vertical Seismic Profile.

Bei Endteufe wurde erstmals das Bohrlochgravimeter eingesetzt. In 118 Meßstationen wurde das Schwerfeld des bohrlochnahen Umfeldes gemessen.

Mit dem Mechanischen Seitenkerngerät wurden insgesamt 72 Seitenkerne gewonnen, die an das Feldlabor ausgeliefert werden konnten.

Für Interessenten von Echtzeitdaten, Auswertungen oder Berichten sind "Anforderungen für KTB-Bohrlochmeßdaten" beigegeben.

Mit Entgegennahme der Daten erwächst dem Empfänger unter Berücksichtigung der Autorenrechte die Pflicht der regelmäßigen Berichterstattung über den Fortgang der Interpretationsarbeiten. Die Erstveröffentlichung muß in der KTB-Reportfolge dokumentiert werden.





## 1. Einleitung



## 1 Einleitung

Am 5. April 1989 wurde nach Erreichen der Teufe 4000,1 m der Bohrbetrieb an der Bohrung KTB-Oberpfalz VB 1b erfolgreich beendet. Damit war die Notwendigkeit gegeben, das Meßprogramm für die Abschlußmessungen auszurichten.

Die Durchführung dieser Schlußmessungen und der Meßserie bei Teufe 3626,0 m sowie von Intervallmessungen wird in diesem Report dokumentiert. Eine Übersicht der ausgeführten Messungen kann den Abbildungen 1.1 und 1.2 entnommen werden.

Die Ergebnisse der Bohrlochmessungen bis zu einer Teufe von 3009,7 m sind in den KTB-Reporten 87-4, 88-4 und 88-7 veröffentlicht. Dieser Report ist als Fortsetzung der Reihe zu verstehen.

Bis zum Abschluß der Endmessungen am 21. April 1989 sind 317 Einfahrten mit Meßgeräten durchgeführt worden. Alle diese Operationen verliefen fast störungsfrei. Der Anteil der Messungen, die nicht am Kabel der Dauermeßstationen eingefahren wurden, hat sich auf Sonderarbeiten beschränkt. Die Geräte, die von den Universitäten entwickelt und gebaut werden, sind so ausgelegt, daß sie direkt an das System der Dauermeßstation angeschlossen werden können.

Eine vollständige Umstellung auf ein einheitliches digitales Datenformat ist nicht gelungen. Es werden auch heute noch Bohrlochmessungen in LIS-, DATV-, BIT- oder ASCII-Format aufgezeichnet. Die weitere Verarbeitung der Daten wird dadurch erschwert.

Bis Anfang Juli 1989 wurden alle Auswertearbeiten bei der Service Industrie durchgeführt. Seit 1. Juli 1989 hat die Projektleitung, nach einjähriger Verzögerung, eigene Software installieren können. Die Datenbearbeitung für Standard-Messungen kann seither im Hause erfolgen. Bohrlochmessungen, die für die Bearbeitung einen Array Processor benötigen, können nicht behandelt werden.

Dem Fachbereich Bohrlochmessungen ist bewußt, daß die Herausgabe dieser Dokumentation längst überfällig war. Erst nach der sehr verspäteten Einstellung einer qualifizierten Schreibkraft konnte Abhilfe geschaffen und der Report fertiggestellt werden.

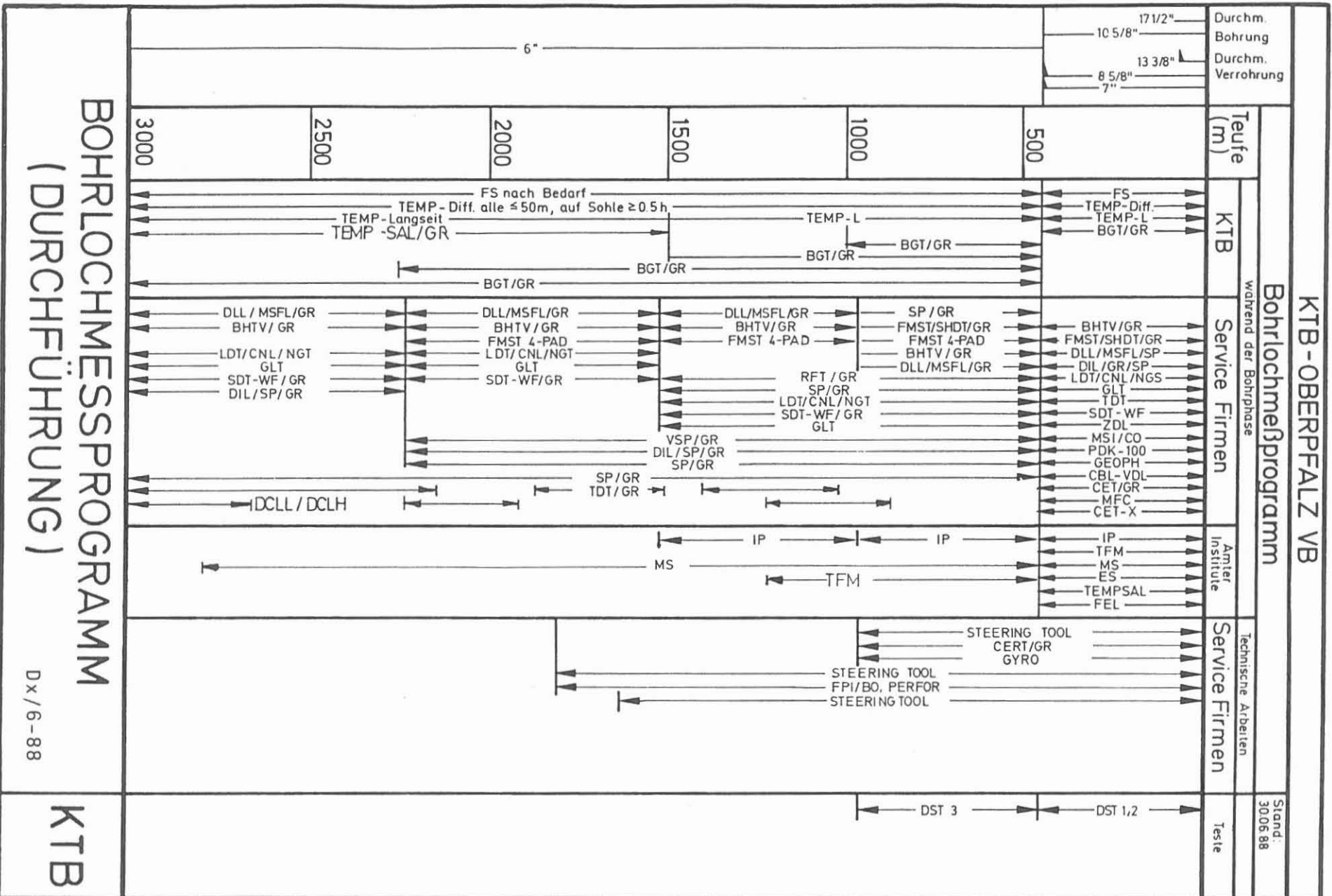
Die Meßdaten können bei der KTB-Projektleitung unter Verwendung der diesem Report beigefügten austrennbaren "Anforderungen für KTB-Bohrlochmessungen" abgerufen werden:

Dipl. Ing. J. K. Draxler, NLFB-KTB PL  
Stilleweg 2, 3000 Hannover 51, Tel. 0511/643-2673

Die Meß- und Testarbeiten an der Vorbohrung sind mit den in diesem Report dokumentierten Messungen noch nicht zum Abschluß gekommen. Ab 21.04.1989 begann das ungefähr einjährige Langzeit Meß- und Testprogramm.

Alle Meßarbeiten, die nach diesem Termin ausgeführt worden sind, werden in einem kommenden Report zusammengestellt.

Abb. 1.1.



**BOHRLOCHMESSPROGRAMM  
(DURCHFÜHRUNG)**  
 Dx/6-88

**KTB**

KTB-OBERPFALZ VB (Vertiefung)					
Durchm. Bohrung	BOHRLOCHMESSPROGRAMM				Stand: 20.05.89
	Teufe (m)	während der Bohrphase			Techn.Arbeiten
		KTB	Service Firmen	Institute	Service Firmen
					Teste
6"	3000		FMST/GR DLL/MSFL/GR LDT/CNL/GR SDT/GR-WF GLT FMST/GR BHTV/GR DIL/GR DIL-D/GR GCT MSCT/GR 54 Kerne SDT/GR-WF VSP/MSP BHGM/GR SFMST/GR		
	3500	TEMP/AMS/GR 20x BGT/AMS/GR 14x SP/GR 5x FS/GR 9x	BHTV/GR MS/GR IP	FPI/BO 4x GR/CCL STEERING TOOL	
	4000				ABSENKTEST
BOHRLOCHMESSPROGRAMM (Vertiefung bis 4000m) (DURCHFÜHRUNG)					KTB
					Dx/5-89

2. Angaben zur Bohrung  
KTB-Oberpfalz VB 1a (ab 1709,0 m)  
und VB 1b (ab 3766,9 m)





## 2 Angaben zur Bohrung KTB-Oberpfalz VB 1a (ab 1709,0m) und VB 1b (ab 3766,9 m).

Die nachstehenden Angaben sind als Fortsetzung der im KTB-Report 88-7 gegebenen Daten zu verstehen. Aufgeführt sind nur Informationen, die für die Durchführung der Bohrlochmessungen bzw. für die später sich anschließenden Auswertungen von Bedeutung sind.

### Lokation

Koordinaten: H-Wert 5519 865.0 : 49° 48' 59"  
R-Wert 4508 590.0 : 12° 7' 10"

Von Prakla eingemessen:

H-Wert 5519 871.8  
R-Wert 4508 580.3

Die Ursache für den Unterschied wird zur Zeit untersucht.

Höhe über NN: 513,5 m (Ackersohle)  
Höhe seismisches Bezugsniveau: 500 m über NN

- . Gemeinde: Windischeschenbach
- . Kreis: Neustadt an der Waldnaab
- . Land: Bayern

### Angaben zur Bohranlage

- . Typ: GH 1400 E Salzgitter A-Mast
- . Drehtischhöhe: 7,4 m über Ackersohle
- . Teufenbezugshöhe: Ackersohle
- . Verrohrungstiefen:
  - 13 3/8" bis 27,4 m (zementiert)
  - 8 5/8" bis 478,5 m (zementiert)
  - 7" EXL-WC bis 480,0 m  
(Schutzrohrfahrt, nicht zementiert)

### Bohr- und Meßzeiten

Vom Bohrbeginn am 22.09.1987 bis zum Erreichen der Meßteufe bei 3009,7 m sind die Zeiten im KTB-Report 88-7 aufgelistet.

Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3009,7 - 3112,8 m)	17.09.1988 - 24.09.1988
Bohrlochmessungen 3112,8 m	24.09.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3112,8 - 3261,8 m)	24.09.1988 - 04.10.1988
Orientierte Kernmärsche: KM 773, 785	
Bohrlochmessungen 3261,8 m	04.10.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3261,8 - 3331,4 m)	04.10.1988 - 11.10.1988
Orientierte Kernmärsche : KM 802,806	
Bohrlochmessungen 3331,4 m	11.10.1988 - 12.10.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3331,4 - 3362,9 m)	12.10.1988 - 15.10.1988
Bohrlochmessungen 3362,9 m	15.10.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3362,9 - 3459,1 m)	15.10.1988 - 27.10.1988
Orientierter Kernmarsch: KM 837	
Bohrlochmessungen 3459,1 m (Probennahme)	27.10.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3459,1 - 3478,3 m)	27.10.1988 - 29.10.1988
Bohrlochmessungen 3478,3 m	29.10.1988 - 30.10.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3478,3 - 3486,9 m)	30.10.1988 - 03.11.1988
Einbau der Drillstem-Testgarnitur und Vorbereitung zum Test	03.11.1988 - 06.11.1988
Drillstem Test 3440,0 - 3480,4 m	06.11.1988
Bohrlochmessungen 3486,9 m	07.11.1988

Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3486,9 - 3527,4 m) Orientierter Kernmarsch: KM 860	07.11.1988 - 14.11.1988
Bohrlochmessungen 3527,4 m	14.11.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3527,4 - 3553,5 m)	14.11.1988 - 19.11.1988
Reparatur Kraftdrehkopf	19.11.1988 - 24.11.1988
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3553,5 - 3628,0 m)	24.11.1988 - 06.12.1988
<b>Bohrlochmessungen 3628,0 m</b> <b>Sechste Meßserie</b>	<b>06.12.1988 - 14.12.1988</b>
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3628,0 - 3694,0 m)	14.12.1988 - 23.12.1988
Betriebsruhe-Weihnachten	23.12.1988, 14.00 Uhr - 27.12.1988, 06.00 Uhr
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3694,0 - 3803,2 m) Orientierter Kernmarsch: KM 910	27.12.1988 - 03.01.1989
Bohrlochmessungen 3803,2 m	03.01.1989
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3803,2 - 3849,6)	03.01.1989 - 13.01.1989
Bohrlochmessungen 3849,6 m (Probennahme)	14.01.1989
Reparatur Kraftdrehkopf und Gestängeinspektion	14.01.1989 - 16.01.1989
Bohrlochmessungen 3849,6 m (Probennahme und BHTV)	17.01.1989 - 20.01.1989
Installation des neuen Kraftdrehkopfes	20.01.1989 - 22.01.1989
Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3849,6 - 3854,7 m)	22.01.1989 - 23.01.1989
Reparatur Kraftdrehkopf	23.01.1989
Bohrlochmessungen 3854,7 m	24.01.1989

Fortsetzung der Kernbohrarbeiten (3854,7 - 3893,0 m)	24.01.1989 - 05.02.1989
Fangarbeit - Gestängebruch bei 152,4 m	05.02.1989 - 08.02.1989
Technische Bohrlochmessungen (Temperatur - Durchspülung im Gestänge bei 2688 m; Back-Off bei 316,5 m)	08.02.1989
Fortsetzung der Fangarbeit Freipunktbestimmung in Teufe 3826 m aufgestanden. Gestänge frei bis 3800 m	09.02.1989
Fortsetzung der Fangarbeit Freipunktbestimmung in Teufe 3817,5 aufgestanden Gestänge frei bei 3809,0 m	09.02.1989 - 14.02.1989 14.02.1989
Fortsetzung der Fangarbeit Einfahrt zum Back-Off Strang im durchspülten Rohr abgerissen	14.02.1989 - 17.02.1989 17.02.1989 17.02.1989
Fortsetzung der Fangarbeit Fisch hydraulisch bei 3794,5 m geschnitten Strang ausgebaut bis 3794,5 m Fisch von 98,66 m und 29,4 m Länge im Bohrloch	17.02.1989 - 25.02.1989
Vorbereitung zum Ablenken mit Ablenkkeil. Keil gesetzt bei 3766,9 m	25.02.1989 - 03.03.1989
Bohrlochmessungen (3809,0 m)	07.03.1989
Fortsetzung der Bohrarbeiten (3809,0 - 3824,4 m)	07.03.1989 - 10.03.1989
Fangarbeit auf verlorene Rollen (3824,4 m)	10.03.1989 - 12.03.1989
Vorbereitung der Bohrung für Schlußmessungen bei 4000,1 m	03.04.1989 - 05.04.1989
<b>Bohrlochmessungen bei 4000,1 m Siebente Meßserie</b>	<b>05.04.1989 - 21.04.1989</b>
Beginn der Langzeit-Meß- und Testphase	24.04.198

### Spülung bei Meßbeginn am 05.12.1988

- . Süßwasser mit Dehydril HT
- . Spülgewicht 1.03 g/cm<sup>3</sup>
- . Spülviskosität (Trichter) 47/47s
- . Spülwiderstand 5.88 Ohm m bei 14 °C
- . pH-Wert der Spülung 10.3

### Spülung bei Meßbeginn am 06.04.1989

- . Süßwasser mit Dehydril HT + 4% Ester Öl
- . Spülgewicht 1.01 g/cm<sup>3</sup>
- . Spülviskosität (Trichter) 46/39s
- . Spülwiderstand 2.87 Ohm m bei 21 °C
- . pH-Wert der Spülung 10.4

### Fangarbeit und Ablenkung

Am 06.02.1989 ist beim Ausbau des Bohrgestänges von einer Teufe von 3890,0 m der Strang gerissen, als die Bohrkronen bei 3725,75 m stand. Die starke Reduzierung der Last am Hacken deutete auf einen Bruch nahe der Ackersohle hin. Insgesamt konnten nur 316,61 m Gestänge ausgebaut werden, was einer Bruchteufe von 152,36 m unter Tage entspricht. Ein Zapfen einer Gestängeverbindung war gebrochen.

Bei Einbau des Fängers wurde der Kopf Fisch bei 307,42 m angetroffen. Daraus kann abgeleitet werden, daß das Gestänge nach dem Bruch mindestens 160 Meter gefallen war und somit eine schwierige Fangoperation bevorstand.

Der gebrochene Zapfen konnte beim ersten Versuch mit einem Spitzfänger mit Linksgewinde aus der Muffe geschraubt und gefangen werden. Sodann wurde mit Hilfe einer Pilotführung der Strang gesund verbunden. Es wurde versucht Zirkulation herzustellen und durch Überlast den Strang freizuziehen. Letzteres mislang. Ein Druckabfall bei den Zirkulationsversuchen auf einen konstanten Wert von 56 bar bei einer Pumprate von 250 l/min zeigte an, daß die Zirkulation nicht über den Meißel erreicht werden konnte. Eine Temperaturmessung bestätigte einen Durchspüler in einer Teufe von 2688,0 m (Abb. 2.1).

Eine angesetzte Freipunktbestimmung mußte wegen Gerätedefektes abgebrochen werden.

Mit einem Back-Off-Schuß wurde das Gestänge bei 316,32 m abgeschraubt, mit dem Piloten ausgebaut und wieder gesund verbunden. Die durchgeführte Freipunktbestimmung zeigte, daß das Gestänge nur bis 3817,4 m innen befahrbar war und bis zu einer Teufe von 3798,0 m auf Zug frei ist.

Mit Coiled Tubing der Fa. NOWSCO wurde das Gestänge ausgespült. Dabei konnte der Kopf des Innenkernrohres bei einer Teufe von 3826,0 m abgetastet werden. Die Fangversuche auf das Innenkernrohr blieben erfolglos. Ebenso die Versuche mit NOWSCO Zirkulation über den Meißel herzustellen. Die Manschette des S.I.P.-NOWSCO-Packer war geplatzt.

An einem 2 7/8" / 3 1/2" Rotary Bohrstrang wurde ein Lynes Packer bis unterhalb des Durchspülers eingebaut und gesetzt. Der Versuch über die Bohrkronen Zirkulation herzustellen blieb ohne Erfolg.

Hierauf wurde eine weitere Freipunktbestimmungsmessung durchgeführt. Sie ergab, daß der Strang auf Zug und Drehung bis zu einer Teufe von 3810,0 m reagiert. (Abb. 2.2.)

Als Vorbereitung für einen Lösungsschuß und zur Verminderung der Reibung wurde durch den Durchspüler 1 1/2%-ige Dehydrilspülung mit 8 % Ester Öl in den Ringraum zirkuliert.

Nach dem neuerlichen Einfahren mit dem Freipunktbestimmungsgerät, diesmal in Kombination mit dem Back-Off-Schuß, riß der Bohrstrang bei der Bestimmung der Neutrallast im durchgespülten Rohr. Das Freipunktgerät wurde ausgefahren. Der abgerissene Bohrstrang wurde ausgebaut. Damit war die Möglichkeit für ein Abschrauben mit Hilfe einer Back-Off-Ladung nicht mehr gegeben.

Um möglichst tief den Fisch zu befreien wurde mit einem hydraulischen Jet der Fa. Halliburton, der am 2 7/8" Bohrstrang eingefahren wurde, der 5 1/2 Seilkernstrang in Teufe 3794,5 m geschnitten.

Abb. 2.1.

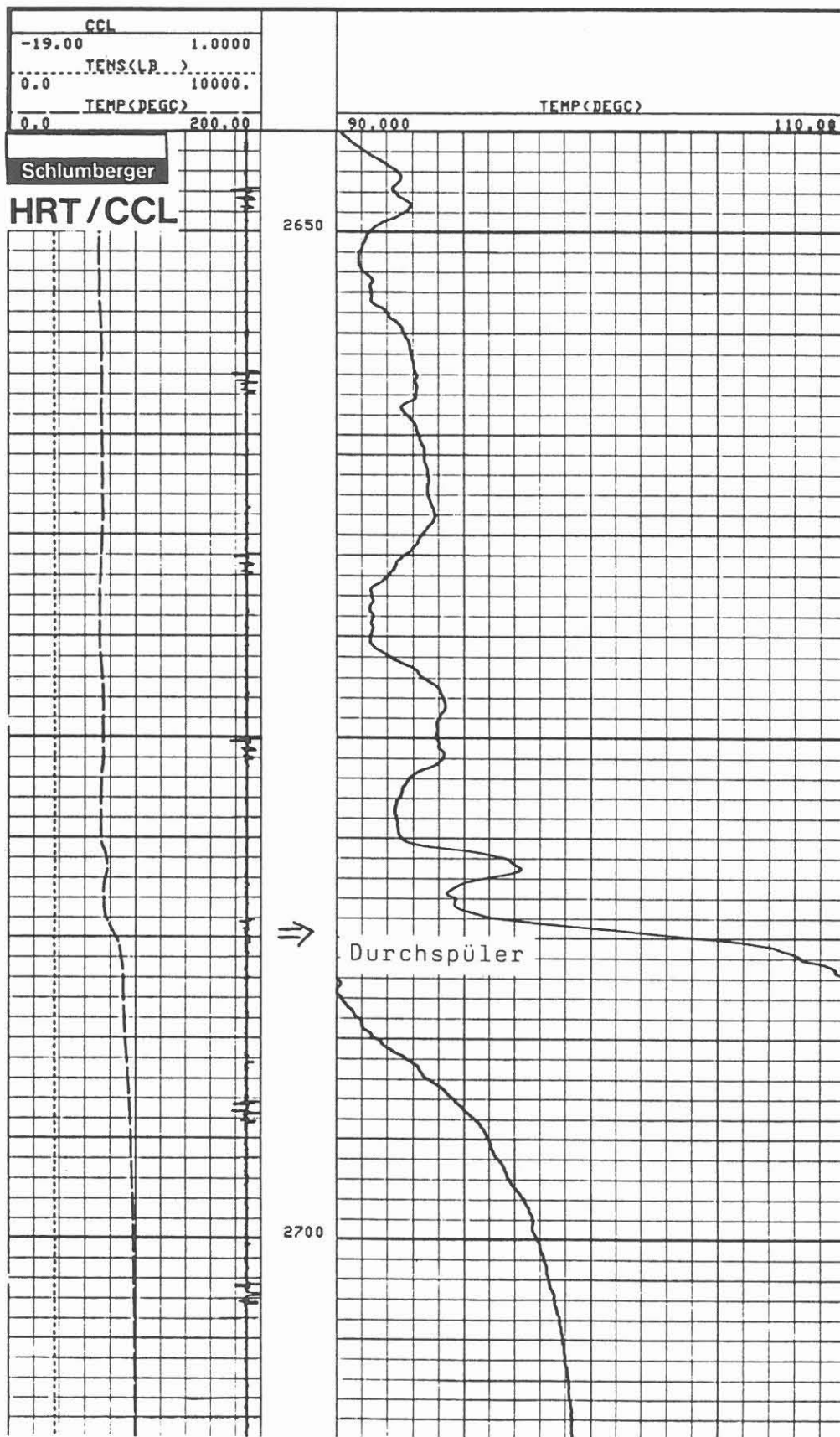
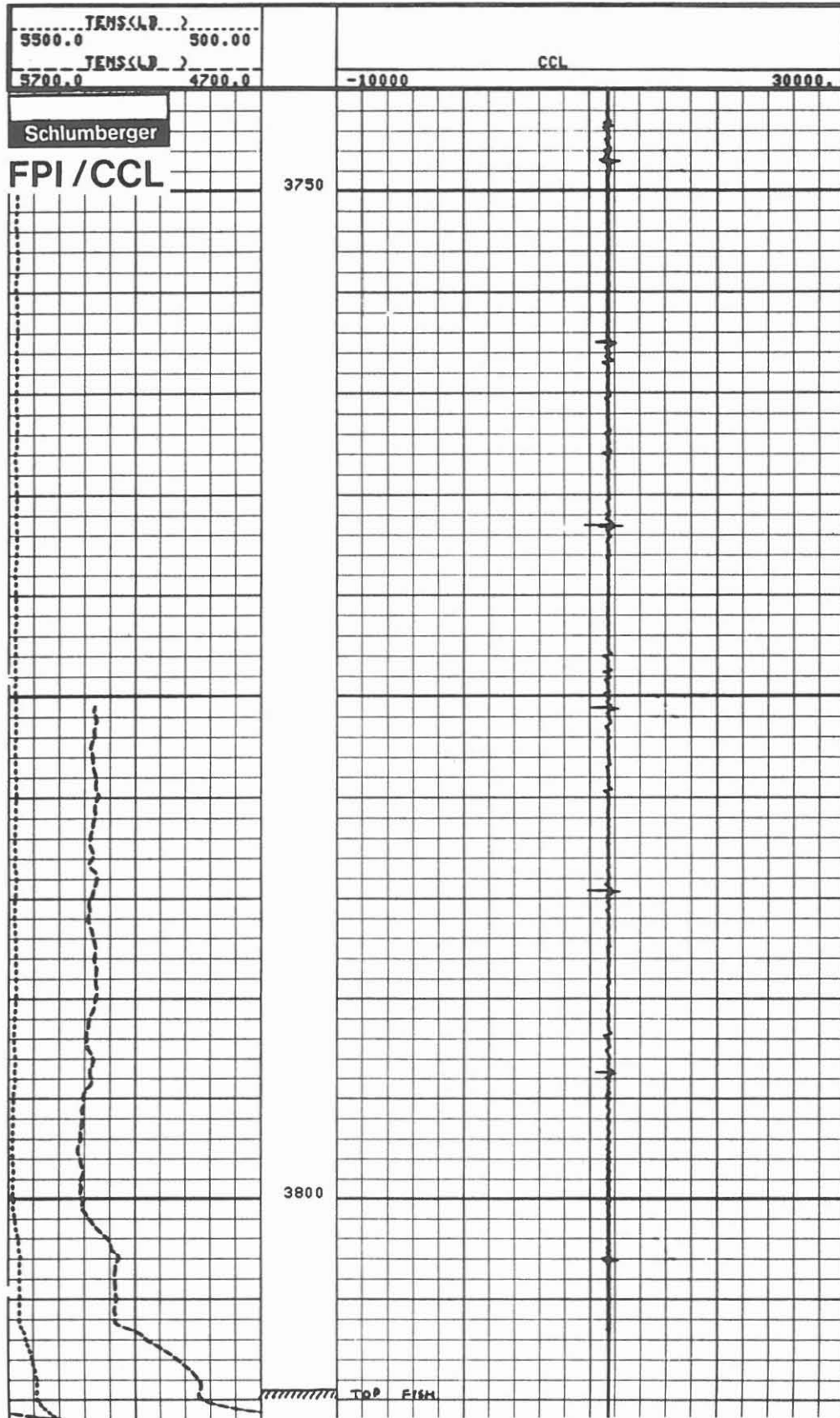




Abb. 2.2.



Der geschnittene Bohrstrang konnte mit einem Releasing Spear gefangen und ausgebaut werden. Ein Fisch von 98,5 m verblieb im Bohrloch. Ein Versuch diesen Restfisch freizuschlagen blieb erfolglos.

Der Versuch, das im Fisch verklemmte Innenkernrohr nach unten zu schlagen führte zum Verlust des Schlaghammers, Schwerstangen und einem Teil des Bumper Sub. Eine zusätzliche Länge von 29,4 m Werkzeug verblieb im Bohrloch.

Dies führte zum Abbruch der Fangoperation und zur Entscheidung, mit Hilfe eines Whipstocks abzulenken.

Der Whipstock wurde mit Oberkante in 3766,9 m gesetzt und die Ablenkung erfolgreich durchgeführt. Von dieser Teufe an konnte nicht mehr mit dem 5 1/2" Seilkernstrang, sondern es mußte mit dem 3 1/2" Rotary-Strang mit Turbine gebohrt werden. Eine Gammastrahlung/Casing Collar Locator (GR/CCL) Log wurde zur Teufenkontrolle gefahren (Abb. 2.3).

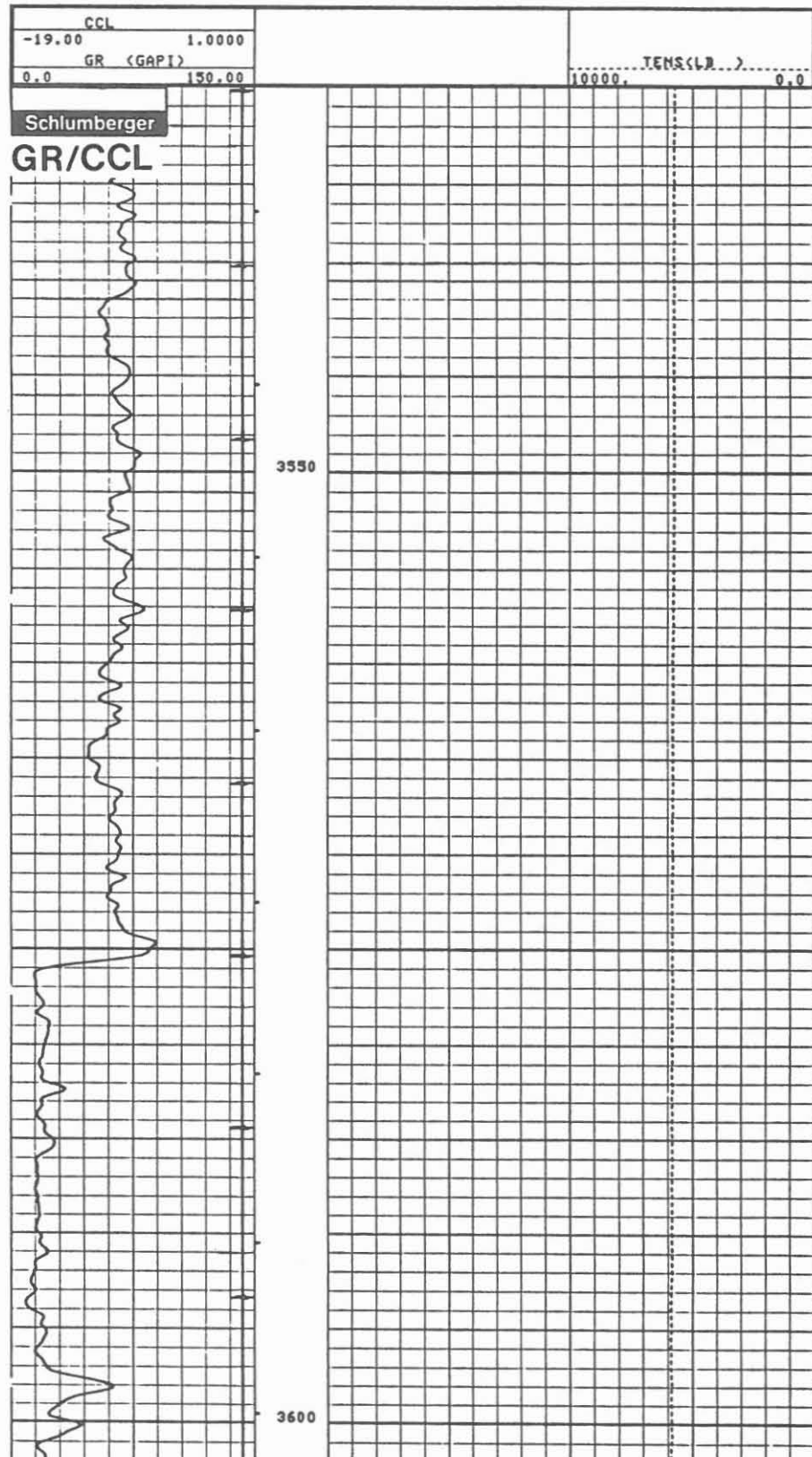
Von Teufe 3766,9 m bis zur Endteufe von 4000,1 m wurden keine Kerne gebohrt.

Der Bohrungsabschnitt von 3766,9 - 3890,0 m in der Bohrung VB 1a ist nur bis 3854,7 m mit Kaliber und bis 3845,0 m mit Borehole Televier (BHTV) und Sonic (SDT) vermessen worden.

Durch den in der Bohrung verbliebenen Fisch wurde dieser Teil der Bohrung unzugänglich.

Ab dem Ablenkpunkt bei 3766,9 m trägt die neue, abgelenkte Bohrung die Bezeichnung VB 1b.

Abb. 2.3.



### **Bohrfortschritt**

Der Bohrfortschritt, Bohrlochmessungen, Richtbohr- und Ablenkungsarbeiten sowie die Rückzementation sind in ihrer zeitlichen Abfolge der Abbildung 2.4 zu entnehmen. Dieses Zeit-Arbeitsdiagramm wird vom Feldlabor erstellt.

Die geplante Leistung eines Bohrfortschrittes von 10 m/Tag ist bis ca. 2000 m eingehalten, zum Teil überschritten worden. Die Fangoperation mit anschließender Rückzementation hat den guten Verlauf unterbrochen. Die deshalb zeitlich versetzte Bohrfortschrittsskurve zeigt bis 3000 m jedoch wieder einen der Planung entsprechenden Verlauf.

Durch eine Fräsarbeit bei ca. 2800 m und zunehmenden Problemen mit dem Kraftdrehkopf reduzierte sich der Bohrfortschritt. Eine weitere Fangarbeit mit einer neuerlichen Ablenkung mit Hilfe eines Whipstocks bei 3766,9 m brachte eine unvermeidliche Verzögerung. Am 05.04.1989 wurde die Bohrung bei 4000,1 m (Bohrmeister) eingestellt.

### **Temperaturerwartung**

In Abb. 2.5 ist der Temperaturverlauf aufgrund von Langzeitmessungen während der Meßserien in 478,5 m, 992,0 m, 1529,4 m, 2200,6 m, 3009,7 m, 3635,0 m und 4000,1 m eingetragen. Die bisher gemessenen Temperaturen liegen höher als die maximal zu erwartende, vorausgesagte Temperatur. Bei Teufe 4000 m beträgt die Differenz bis + 16°. Von einer Teufe von ungefähr 1500 m an erhöht sich der Gradient auf 2,9 °C/100 m. Messungen aus seichten Strukturbohrungen dienten für diese in der Tiefe extrapolierte Vorhersage. Nach GRUBBE et al. (1983) dürfte eine Temperatur bei 5000 m von 140 - 150 °C zu erwarten sein.

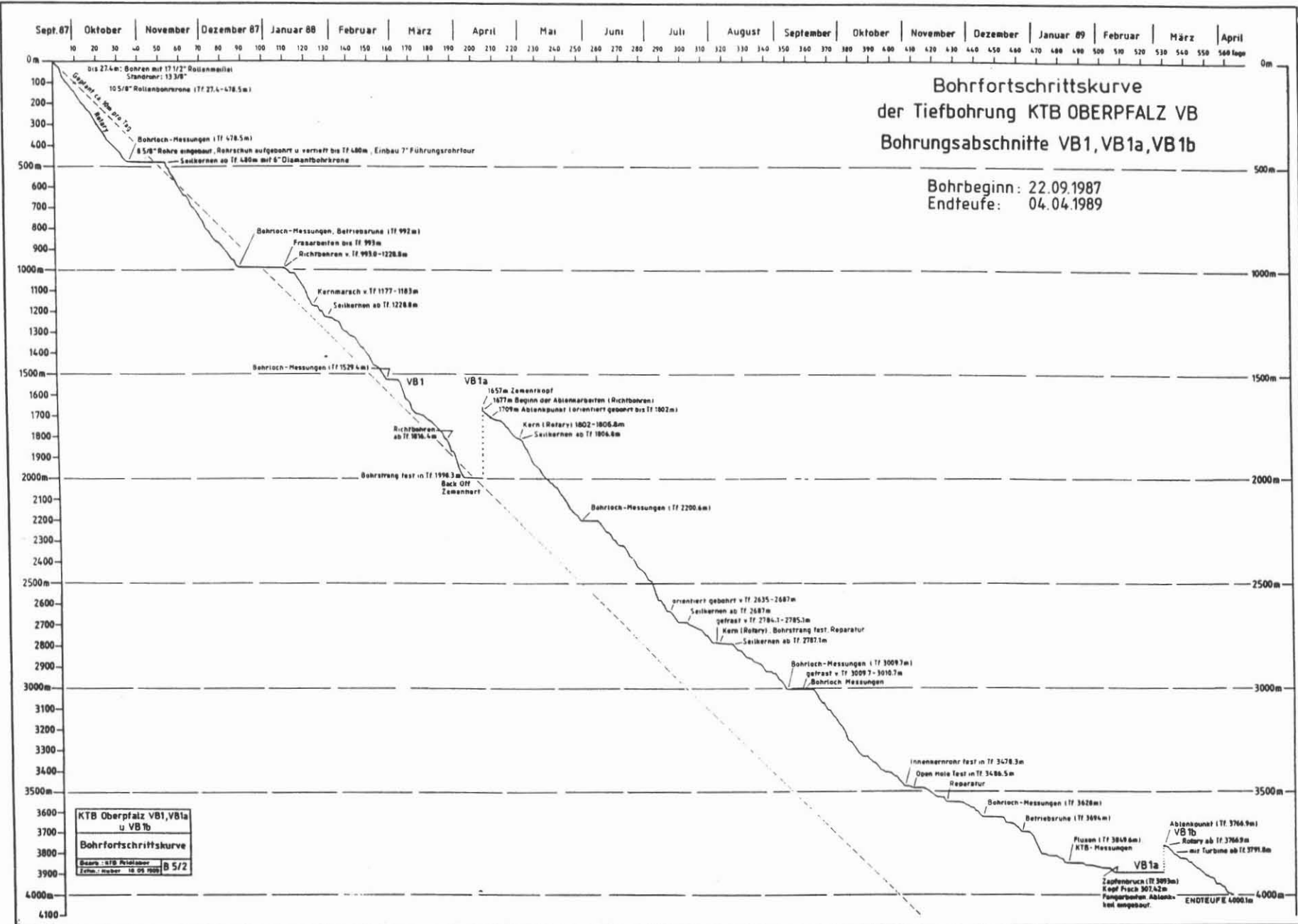


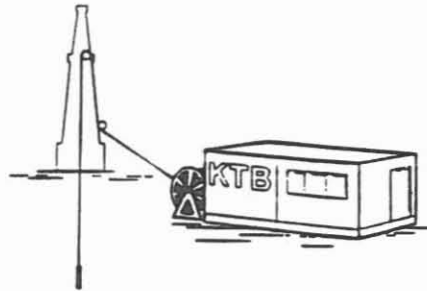
Abb. 2.4.

Abb. 2.5.

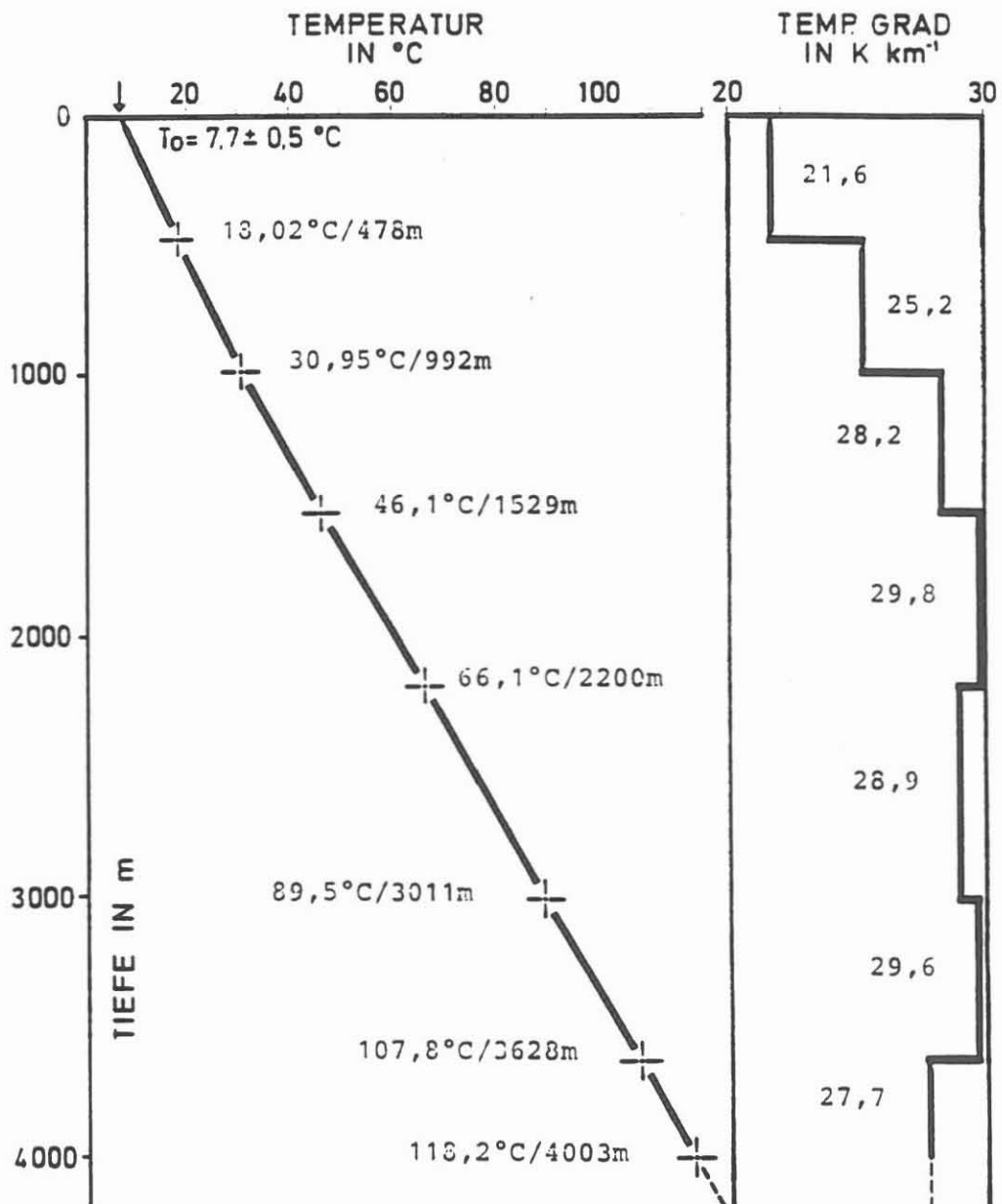
# KTB OBERPFALZ VB

## ARBEITSGRUPPE BOHRLOCHMESSUNGEN

Bohrlokation:  
Windischeschenbach  
TK: 6138 Erbdorf  
R: 45 08 590  
H: 55 19 865  
NN: 513.5 m

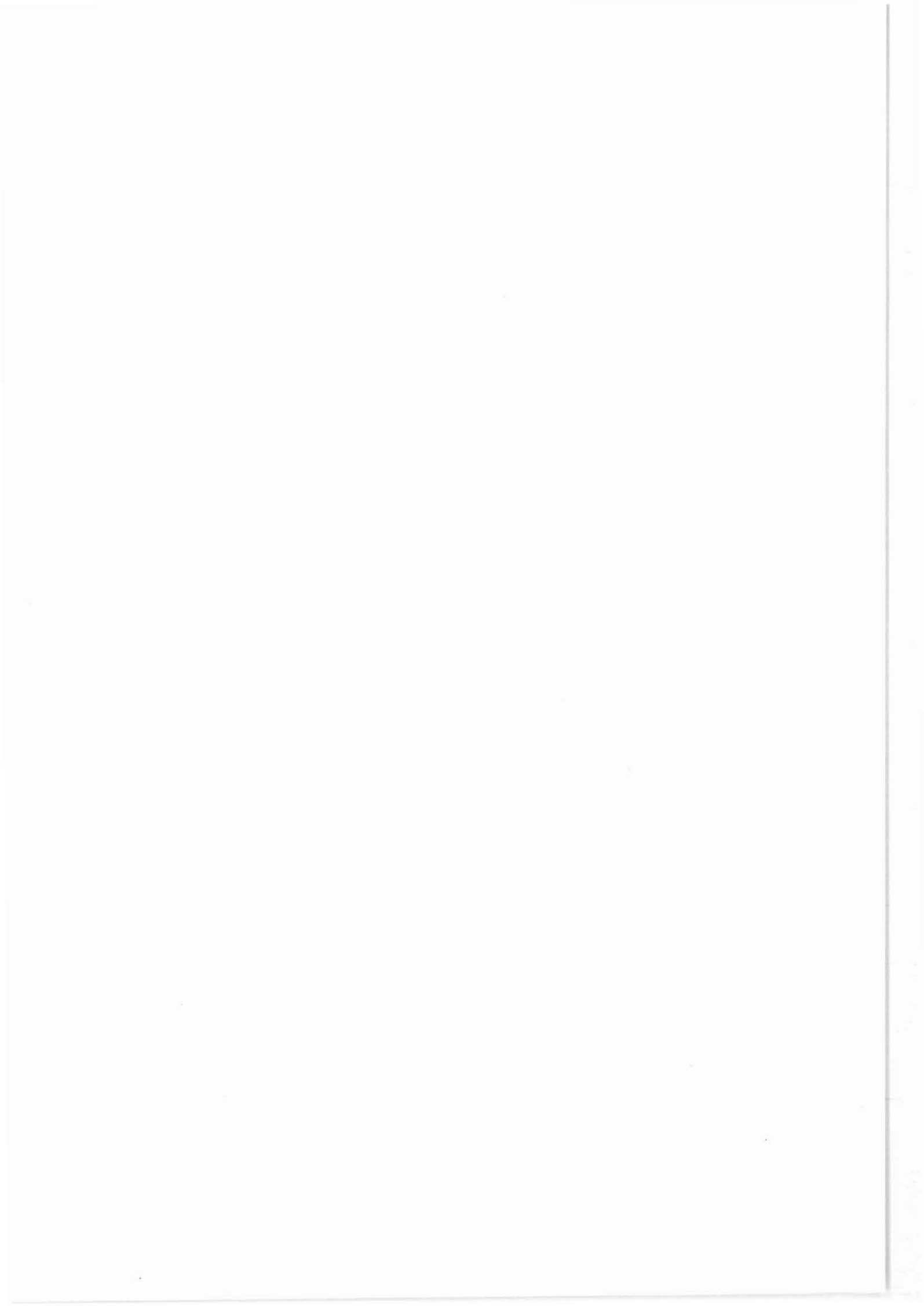


Leitung : Bram  
Mitarbeiter : Draxler  
Gatto  
Kesseis  
Kuck  
Kühr  
Sturmeit  
Zoth



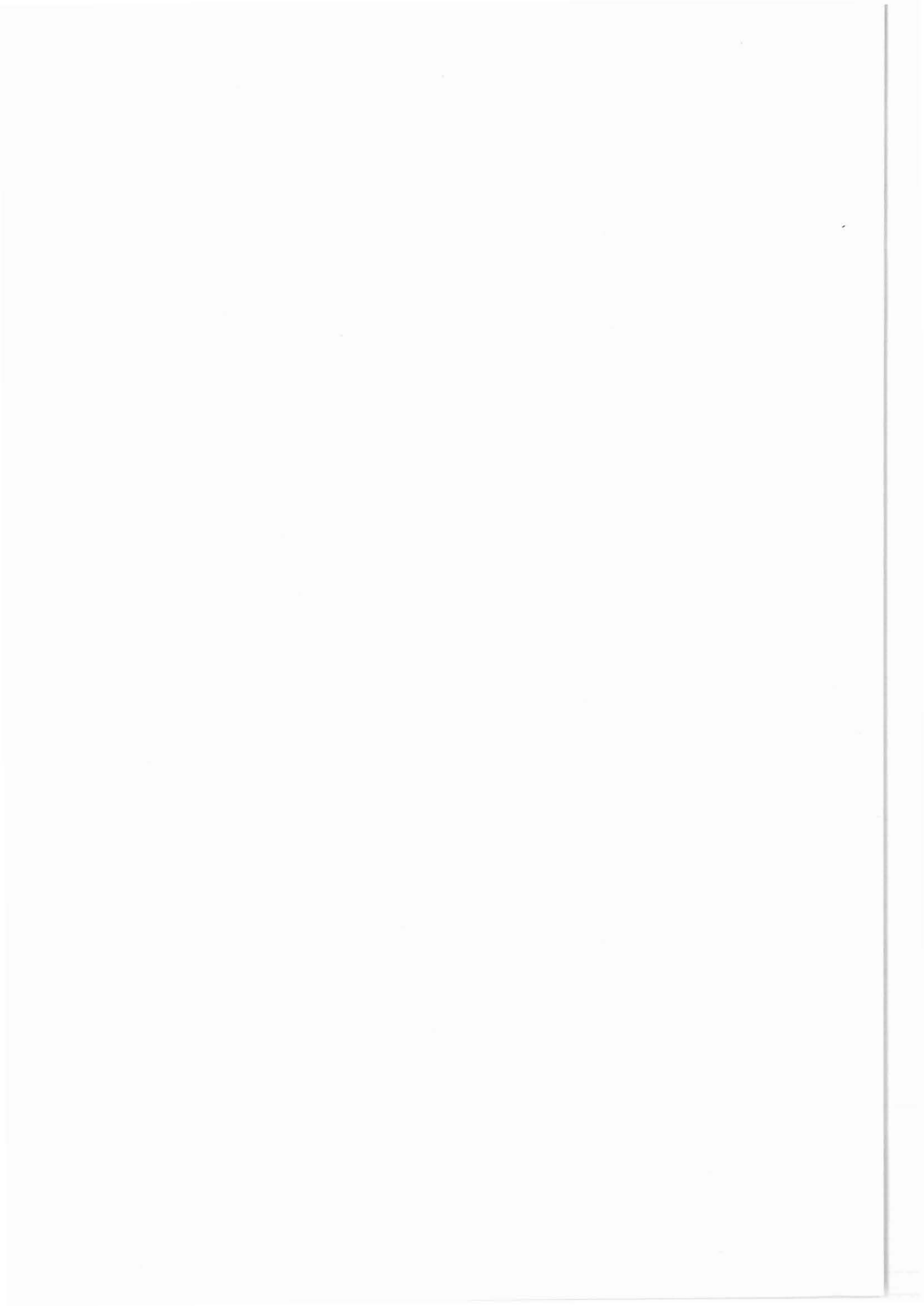
Bearb.: G.Zoth

Temperaturmeßergebnisse aus Langzeitmeßserien



### 3. Übersicht zu den bohrloch- geophysikalischen Aktivitäten





### 3 ÜBERSICHT ZU DEN BOHRLOCHGEOPHYSIKALISCHEN AKTIVITÄTEN

Die bohrlochgeophysikalischen Aktivitäten lassen sich unterteilen in:

- Intervallmessungen. Messungen, die während des Abteufens der Bohrung ausgeführt werden (in der Hauptsache Kaliber- und Temperaturmessungen).
- Meßserien. Messungen, die von einer bestimmten momentanen Sohle der Bohrung entsprechend der Planung ausgeführt werden.
- Auswertungen, Zwischenberichte. Ergebnisse, die aufgrund einer weiteren Bearbeitung der Intervallmessungen bzw. Messungen aus den Meßserien erzielt werden.
- Hydraulische Teste. Untersuchungen mit dem Ziel, Fluide und geohydraulische Parameter zu erlangen.

Im folgenden wird eine tabellarische Übersicht über alle bisher ausgeführten Messungen, Auswertungen, Zwischenberichte und Hydraulischen Teste gegeben:

Das Deckblatt der Tabelle 3.1 gibt die Erklärungen zu den Kürzeln wie sie in den Tabellen verwendet werden.

Die Liste der Ausführenden ist bereits auf 25 Firmen, Universitäten, Ämter und Institute angewachsen. Dies kann als Beweis für das große Interesse - auch international - an diesem Projekt gewertet werden.

Die Tabellen sind:

- Tab. 3.1. - Bohrlochmessungen (Intervallmessungen, Meßserien)
- Tab. 3.2. - Auswertungen, Zwischenberichte
- Tab. 3.3. - Hydraulische Teste.

Die in den Tabellen aufgelisteten Arbeiten (Messungen, Auswertungen, Teste) tragen folgende für die Archivierung gewählte Identifizierung, wobei VB für Vorbohrung steht:

für Messungen	VB-00001, 0002....
für Auswertungen	VB-A0001, A0002...
für Teste	VB-T0001, T0002...

Ab Teufe 1709,0 m wurde die Bohrung abgelenkt und umbenannt in KTB-Oberpfalz VB 1a. Diese Umbenennung wird auch in der Identifizierung für die Archivierung berücksichtigt:

für Messungen	VB*-0155, 0156
für Teste	VB*-T

Eine weitere Ablenkung mit einer Umbenennung in KTB-Oberpfalz VB 1b erfolgte bei Teufe 3766,9 m.

Die Kennzeichnung:

für Messungen	VB**-294,295
für Teste	VB**-T

ab dieser Teufe.

Weitere Angaben sind:

Das Datum ist der Tag der Durchführung der Messung, der Auswertung oder des Testes. Die Zeitangabe gibt den Meßbeginn, die Meßzeit und die Gesamtzeit in Stunden (60 Minuten) an. Ferner wurde angegeben die Meßstrecke, Ausführer, Datenträger und Maßstab der Log-Aufzeichnungen.

Für die Bezeichnung der Messungen, Auswertungen und Teste wurden die firmenüblichen Abkürzungen übernommen.

Unter der Run-Nr. ist die Anzahl der Messungen oder Teste mit demselben Gerät (System) in der Bohrung zu verstehen.

Besonderheiten werden unter Bemerkungen erwähnt.

Tabelle 3.1	Bohrlochmessungen	(Seite 2-9)
Tabelle 3.2.	Auswertungen	(Seite 1-3)
Tabelle 3.3.	Teste	(Seite 1)

File: VBLIST.DAT;

Stand: 08.01.1990 / Dx

Seite 1  
E[12,7,3,5,2]

Liste der Ausführenden

Nr.	Name
1	KTB
2	NLFB
3	BGR
4	Schlumberger
5	Western Atlas
6	WBK
7	ELGI (Ungarn)
8	Prakla-Seismos
9	Petrodata
10	UNI München
11	Preussag
12	TU Berlin
13	Lynes
14	UNI Karlsruhe
15	RWTH Aachen
16	Halliburton
17	Edcon
18	UNI Göttingen
19	UNI Braunschweig
20	UNI Frankfurt
21	MESY GmbH
22	UNI Berlin
23	UNI Köln
24	Los Alamos Sc.Lab.
25	VEB Gommern

Liste der Datenträger

Kürzel	Bedeutung
A	Plot
B	Western-Atlas-Tape (BIT)
D	Datenliste
F	Film
L	Schlumberger-Tape (LIS)
O	Floppy
P	Pause
R	Report/Bericht
S	Seismic-Tape (SEGY)
T	Transparent
W	WBK-Format Tape

Liste der Maßstäbe

Kürzel	Bedeutung
0	2000
1	1000
2	200
4	40
5	50
8	80
A	25
B	10
C	5
D	400
E	20
S	stationär

Bezeichnung der Messungen

Lfd.Nr.	Bedeutung	gemessene Strecken
VB-0000x	für Bohrung VB1	von 27.0 - 1816.0 m
VB*-000x	für Bohrung VB1a	ab 1709.0 - 3868.0 m (nach 1. Ablenkung)
VB**-00x	für Bohrung VB1b	ab 3766.9 - 4000.1 m (nach 2. Ablenkung)

Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Massstab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB-00001	240987	1030	230	045	0.0	27.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		1
VB-00002	260987	000	200	045	10.0	52.1	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		2
VB-00003	260987	200	130	010	12.7	52.5	1	BGL/GR	P/L	2		2
VB-00004	280987	415	300	045	0.0	97.8	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		3
VB-00005	280987	715	245	055	0.0	94.0	1	BGL/GR	P/L	2		3
VB-00006	011087	1300	230	130	0.0	146.3	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/P/L	2		4
VB-00007	011087	1530	130	020	25.0	144.0	1	BGL/GR	F/L	2		4
VB-00008	011087	1700	130	045	0.0	144.0	1	TEMP-DIFF/GR	P/L	2/S	GEOCOM (#2/3/4)	4
VB-00009	041087	930	230	045	21.0	180.0	1	BGL/GR	F/L	2		5
VB-00010	041087	1200	230	100	0.0	178.0	1	FS/SINGLE SHOT	F/L			1
VB-00011	051087	1830	215	100	23.0	203.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/P/L	2		6
VB-00012	051087	2130	200	100	0.0	202.0	1	TEMP-DIFF/GR	P/L	2/S	GEOCOM (#5/6/7)	6
VB-00013	051087	2330	115	030	23.7	203.0	1	BGL/GR	F/L	2	2X	6
VB-00014	091087	1315	245	130	10.0	248.0	1	TEMP-DIFF/GR	P/L	2/S	GEOCOM (#10/11/12)	7
VB-00015	091087	1600	230	115	4.6	254.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	P/L	2		7
VB-00016	091087	1830	345	045	19.0	248.0	1	BGL/GR/SINGLE SHOT	F/L	2		7
VB-00017	121087	1500	245	145	3.0	303.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/P/L	2		8
VB-00018	121087	1745	215	130	0.0	301.5	1	TEMP-DIFF/GR	P/L	2/S	GEOCOM (#14/15?16/17)	8
VB-00019	121087	2000	115	045	17.2	302.0	1	BGL/GR	F/L	2	2X	8
VB-00020	151087	1800	300	135	2.3	353.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/P/L	2		9
VB-00021	151087	2100	200	050	21.9	353.0	1	BGL/GR	F/L	2		9
VB-00022	151087	2300	200	115	5.0	351.0	1	TEMP-DIFF/GR	P/L	2/S	GEOCOM (#18/19/20)	9
VB-00023	171087	730	200	045	23.0	376.0	1	BGL/GR	F/L	2	2X	10
VB-00024	191087	1430	230	150	0.0	409.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L			11
VB-00025	191087	1700	130	030	20.0	402.0	1	BGL/GR	F/L	2		11
VB-00026	191087	1830	200	100	20.0	400.3	1	TEMP-DIFF/GR	P/L	2/S	GEOCOM (#21/22/23)	11
VB-00027	221087	515	145	030	25.0	423.9	1	BGL/GR	F/L	2		12
VB-00028	231087	2115	345	150	4.1	447.3	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		13
VB-00029	241087	100	130	040	18.4	447.5	1	BGL/GR	F/L	2		13
VB-00030	241087	230	230	130	0.0	447.5	1	TEMP-DIFF/GR	P/L	2/S	GEOCOM (#24/25/26)	13
VB-00031	261087	1430	330	200	0.0	483.6	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		14
VB-00032	261087	1800	100	035	22.0	478.5	1	BGL/GR	F/P/L			14
VB-00033	261087	1900	330	105	27.4	478.0	4/1	DLL/MSFL/GRL	F/P/L	1/2		1
VB-00034	261087	2230	200	130	0.0	478.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		15
VB-00035	271087	030	400	100	27.4	478.0	4/1	DIL(Phasor)/SP/GRL	F/L/P	1/2		1
VB-00036	271087	430	200	100	6.0	478.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		16
VB-00037	271087	630	830	800	27.4	478.0	4/1	FMST/SHDT/GRL	F/L	1/2		1
VB-00038	271087	1500	230	130	0.0	478.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/P/L	2		17
VB-00039	271087	1730	1300	1200	27.4	478.5	4/1	SDT/WF/GRL	F/L/P	1/2		1

Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Massstab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB-00040	281087	630	230	115	0.0	478.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		18
VB-00041	281087	900	600	240	27.4	478.0	4/1	LDT/CNL/NGS	F/P/L	1/2		1
VB-00042	281087	1500	300	200	20.0	478.5	2	TEMP	A	2500	NLFb Temp/Temp.grad.	1
VB-00043	281087	1800	1300	1100	27.4	478.5	4/1	BHTV/GRL	F/P/L	4/8		1
VB-00044	291087	700	300	115	0.0	468.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	2		19
VB-00045	291087	1000	1400	1030	27.4	476.0	4/1	GLT	F/P/L	2		1
VB-00046	291087	2300	100	030	27.4	478.0	4/1	SP	F/P/L	2		1
VB-00047	301087	000	2000	1900	27.4	478.0	6	BHTV (SAB 89,48)	P	5		1
VB-00048	301087	2000	500	300	27.4	479.5	5	ZDL	F/P	1/2		1
VB-00049	311087	100	300	200	27.4	476.6	5	PDK-100	F/P	1/2		1
VB-00050	311087	400	1530	1500	60.0	476.3	5	MSI/CO	F/P	1/2		1
VB-00051	311087	1930	300	200	27.4	478.5	7	IP (kontin.)	P	1/2	ELGI	1
VB-00052	311087	2230	230	200	27.4	478.5	7	MS	P	1/2	ELGI	1
VB-00053	011187	100	430	200	0.0	478.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1		20
VB-00054	011187	530	230	200	27.4	478.5	8	GRL				1
VB-00055	011187	800	3345	3300	0.0	478.5	8	GEOPH.				1
VB-00056	021187	1745	445	230	7.0	479.0	4/1	TDT-P/GRL,HRT	F/L	1/2		1
VB-00057	021187	2230	1930	1800	27.4	478.5	3/1	3-D MAG.	P		Bosum, BGR	1
VB-00058	031187	1800	1100	1000	27.4	478.5	9/1	VAL	P	1/2		1
VB-00059	041187	500	130	100	0.0	235.0	1	FS		2	GEOCOM	2
VB-00060	041187	630	100	030	0.0	238.0	1	FS (IGU)			bei 238 m	3
VB-00061	041187	730	330	230	27.4	210.0	10	MS			UNI München	1
VB-00062	041187	1100	430	400	194.0	474.0	2	IP (stationär)	P/D	1	NLFb (Vogelsang)	1
VB-00063	041187	1530	200	130	27.4	478.5	10	MS	P	1/2	UNI München	2
VB-00064	041187	1730	130	100	0.0	478.5	2	TEMPAL	P	1/2	NLFb (Repsold)	1
VB-00065	041187	1900	130	100	27.4	478.5	2	FEL	P	1/2	NLFb (Repsold)	1
VB-00066	041187	2030	200	130	27.4	478.5	2	ES	P	1/2	NLFb (Repsold)	1
VB-00067	041187	2230	1030	1000	27.4	478.5	3/1	3-D MAG.	P			2
VB-00068	051187	900	230	110	0.0	477.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L			22
VB-00069	051187	1130	500	300	24.2	478.5	1	BGL/GRL	F/L		(4 X)	15
VB-00070	051187	1630	130	100	0.0	478.5	1	FS			(2 X)	4
VB-00071	061187	1100	230	200	0.0	225.0	1	FS (IGU)			aufgest. in Testgarnitur	5
VB-00072	071187	1500	130	030	20.0	478.0	1	BGL/GR	F/L	1/2		23
VB-00073	121187	0100	230	115	2.0	477.0	4/1	CBL/VDL/GR	F/L	1/2		1
VB-00074	121187	0330	300	100	5.0	479.0	4/1	CEL/GR	F/L	1/2		1
VB-00075	121187	2230	230	115	3.5	480.0	4/1	CEL(WANDSTÄRKE)/GR	F/L	1/2		1
VB-00076	131187	0100	200	115	3.0	479.0	4/1	MFC	F/L	1/2		1
VB-00077	191187	1130	230	050	389.9	571.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/P/L	2		24
VB-00078	191187	1400	210	015	471.0	570.0	1	BGL/GR	F/P/L	2		24
VB-00079	231187	0930	200	100	389.2	643.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1		25

Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Massstab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB-00080	231187	1130	150	030	471.0	643.0	1	BGL/GR	F/L	1	2x	25
VB-00081	271187	1800	230	100	395.0	708.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1		26
VB-00082	271187	2030	100	030	0.0	706.0	1	SINGLE SHOT				1
VB-00083	271187	2130	200	030	476.0	708.0	1	BGL/GR	F/L	2		26
VB-00084	301187	000	400	015	475.0	740.0	1	BGL/GR	F/L	2		27
VB-00085	011287	1145	245	135	390.0	764.9	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1		28
VB-00086	011287	1430	100	025	471.0	764.9	1	BGL/GR	F/L	2		28
VB-00087	031287	1430	145	045	475.0	804.9	1	BGL/GR	F/L/P	2		29
VB-00088	051287	330	130	045	467.3	818.3	1	BGL/GR	F/P/L	1/2		30
VB-00089	081287	1300	400	130	440.0	865.1	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1		31
VB-00090	081287	1700	315	045	460.5	863.0	1	BGL/GR	F/L	2		31
VB-00091	131287	200	215	045	474.0	917.3	1	BGL/GR		1/2		32
VB-00092	191287	1645	715	600	0.0	992.0	11/1	GYRO			PREUSSAG	
VB-00093	201287	1400	400	135	465.3	991.9	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1/S		33
VB-00094	201287	1800	230	130	460.5	994.7	1	BGL/GR	F/L	1/2		33
VB-00095	201287	2030	530	430	467.0	994.5	4/1	4-PAD FMST/AMS/GR	F/P/L	2	Prototype Schlumb. Paris	1
VB-00096	211287	230	500	135	463.0	991.9	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1/S		34
VB-00097	211287	730	400	145	476.0	925.0	4/1	FMST/AMS/GR	F/P/L	2		2
VB-00098	211287	1130	330	100	389.0	991.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1/S	aufgestanden bei 991 m	35
VB-00099	211287	1500	500	130	473.0	987.5	4/1	DLL/MSFL/AMS/GR	F/P/L	1/2		2
VB-00100	211287	2000	500	130	459.5	992.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1/S		36
VB-00101	221287	100	1730	1430	477.0	986.0	4/1	BHTV/GPIT/GR	F/P/L			2
VB-00102	040188	1030	230	130	290.0	990.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/L	1	aufgestanden bei 990.5 m	37
VB-00103	040188	1300	200	035	460.6	990.0	1	BGL/GR	F/P/L			37
VB-00104	040188	1500	600	145	582.0	971.0	1	FS			GEOCOM 7x	6
VB-00105	040188	2100	200	045	514.0	971.0	1	FS			Salvamoser 2x	7
VB-00106	040188	2300	200	045	421.0	990.1	4/1	SP/GR	F/P/L	1/2		2
VB-00107	050188	0100	500	230	480.0	992.0	7	IP			ELGI	2
VB-00108	060188	1030	200	035	0.0	834.0	1	SURF. READOUT			DST 3 LYNES	2
VB-00109	080188	0915	245	025	474.0	840.0	1	BGL/AMS/GRL	F/L	1/2		38
VB-00110	110188	0000	31800	000			11/1	STEERING TOOL				1
VB-00111	130188	1200	1615	1400	480.0	1017.8	4/1	CERT			10x	1
VB-00112	170188	1500	445	130	460.6	1061.5	1	BGL/AMS/GRL	F/L	1/2		39
VB-00113	210188	0545	315	035	392.0	1131.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GRL	F/P/L	1		40
VB-00114	210188	0900	200	035	474.0	1131.5	1	BGL/AMS/GRL	F/L	1/2		40
VB-00115	230188	1530	300	135	441.0	1177.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1		41
VB-00116	230188	1830	130	045	475.0	1177.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		41
VB-00117	290188	0945	245	135	440.0	1229.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1		42
VB-00118	290188	1230	215	100	472.0	1229.0	1	BGL/AMS/GR	F/L	1/2		42
VB-00119	010288	1230	530	040	545.0	585.0	1	FS			GEOCOM 3x	8

Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Massstab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB-00120	070288	0600	400	145	440.0	1294.8	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1		44
VB-00121	070288	1000	245	100	466.0	1293.8	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		44
VB-00122	100288	1030	430	000	0.0	0.0	1	IO			4.EINF. BEI 517 AUFGEST.	45
VB-00123	110288	0615	145	020	476.0	650.0	1	BGL/GR	F/P/L	2		46
VB-00124	110288	0800	730	045	1230.0	1295.0	1	FS			GEOCOM 3x	9
VB-00125	150288	1245	300	150	439.0	1374.8	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/L S	1/S		47
VB-00126	150288	1545	315	110	475.0	1374.2	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		47
VB-00127	230288	1800	135	030	1042.0	1109.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/L		aufgestanden bei 1115.0	48
VB-00128	230288	1935	200	100	0.0	1115.0	1	BGL/AMS/GR	F/L		aufgestanden bei 1115.0	48
VB-00129	270288	1430	545	400	462.0	1526.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		49
VB-00130	270288	2015	445	120	465.0	1525.1	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		49
VB-00131	280288	100	430	115	946.0	1521.2	4/1	DLL/MSFL/AMS/GR	F/P/L	1/2		3
VB-00132	280288	530	230	130	961.0	1528.2	4/1	4-PAD FMST	F/P/L	2		2
VB-00133	280288	800	630	330	432.0	1524.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		50
VB-00134	280288	1430	300	010	470.0	552.0	4/1	IO LDT/CNL/NGS/AMS	F/L			2
VB-00135	290288	1130	700	315	457.6	1523.0	4/1	LDT/CNL/NGS/AMS	F/P/L	1/2		3
VB-00136	290288	1830	430	320	459.0	1529.4	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1		51
VB-00137	290288	2300	1730	1440	470.0	1529.0	4/1	GLT	F/P/L	1/2		2
VB-00138	010388	1630	1130	900	1104.0	1528.3	4/1	BHTV/GPIT/GR	F/L			3
VB-00139	020388	400	230	120	473.0	1525.0	1	SP	F/P/L	1/2		3
VB-00140	020388	630	1300	830	467.0	1523.0	4/1	SDT	F/P/L	1/2		2
VB-00141	020388	1930	300	000	1205.0	1240.0	4/1	IO BHTV(2)	F/L			4
VB-00142	020388	2230	510	200	499.4	1529.4	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1		52
VB-00143	030388	330	530	400	480.0	1520.0	2	IP	P		NLfB (Vogelsang)	2
VB-00144	030388	900	730	320	817.0	1237.5	4/1	RFT/HP/GR	P		a. unter VB-T4 gefuehrt	1
VB-00145	080388	300	530	230	1187.6	1622.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	P/L	1		53
VB-00146	080388	830	245	120	450.0	1618.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		53
VB-00147	180388	330	330	210	1311.7	1723.9	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	P/L	1		54
VB-00148	180388	700	430	130	445.0	1723.5	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		54
VB-00149	260388	930	430	210	1390.0	1816.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	P/L	1		55
VB-00150	260388	1400	600	130	450.0	1814.5	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		55
VB-00151	270388	1230	19230	000			11/1	STEERING TOOL				2
VB-00152	050488	230	5100	000			11	FPI/BO				1
VB-00153	080488	800	230	130	450.0	1785.0	1	BGL/AMS/GR	F/L			56
VB-00154	080488	1030	1500	900	979.0	1786.0	4/1	BHTV/GPIT/GR	F/L			4
VB*-0155	120488	1800	19230	000			11/1	STEERING TOOL				3
VB*-0156	150488	600	300	130	1500.0	1695.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	2		57
VB*-0157	180488	1700	100	130	27.0	526.0	1	BGL/AMS/GR (IO)			aufgestanden bei 526 m	58
VB*-0158	200488	523	100	55	471.0	1720.0	1	BGL/AMS/GR (IO)	F/P/L	2	Azimuth zu niedrig	59
VB*-0159	220488	1522	215	130	441.0	1729.5	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		60

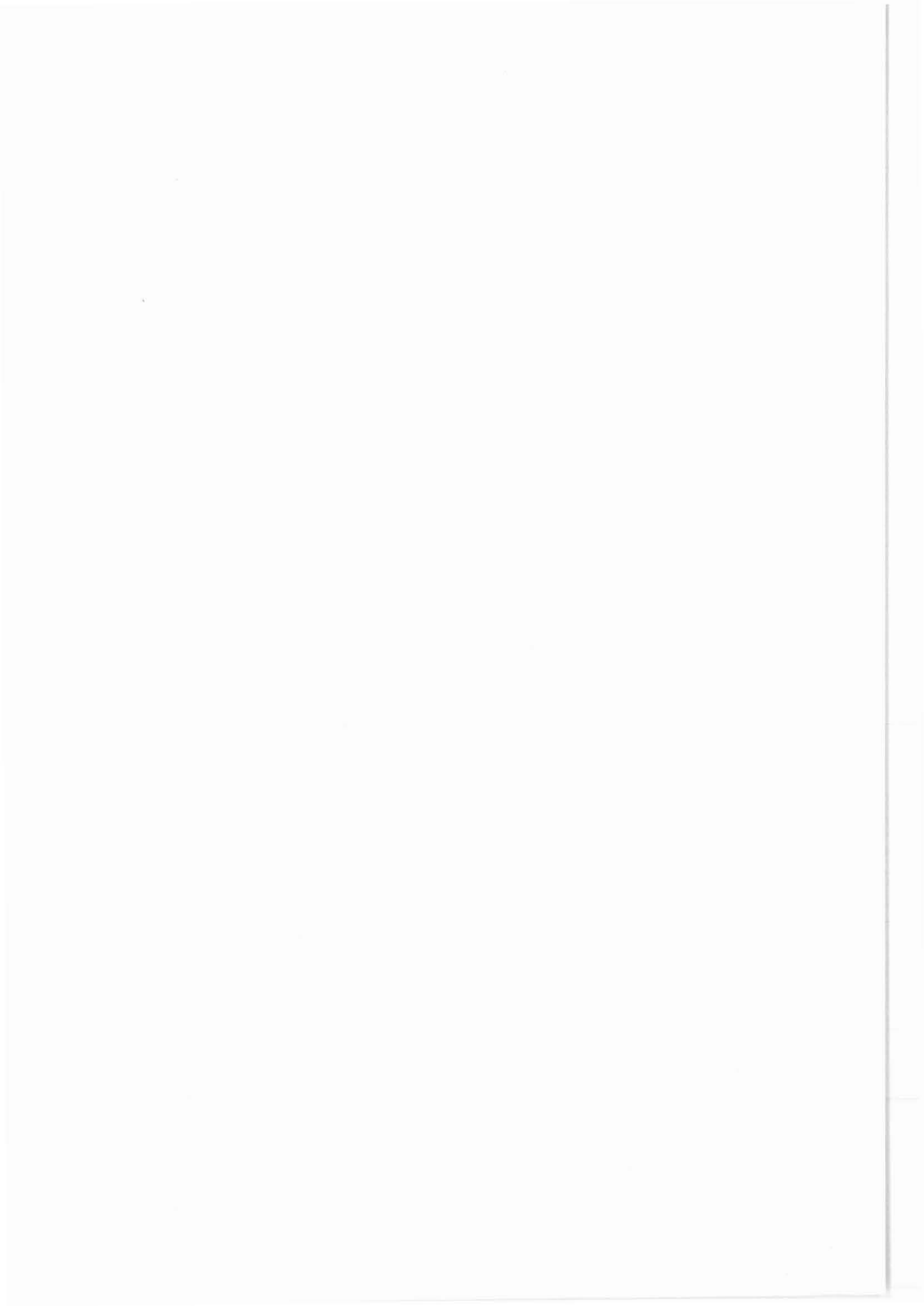


Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Mass-stab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB*-0160	220488	1833	215	115	1390.0	1730.0	4/1	SHDT/AMS/GR	F/P/L	1/2		4
VB*-0161	230488	1506	100	100	1597.0	1742.0	1	BGL/AMS/GR	F/L	1/2		61
VB*-0162	290488	942	130	130	442.5	1804.2	1	BGL/AMS/GR	F/L	1/2		62
VB*-0163	080588	258	245	205	1638.9	1939.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		63
VB*-0164	080588	623	215	135	448.0	1941.7	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		63
VB*-0165	170588	1052	320	210	1682.0	2045.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		64
VB*-0166	170588	1523	245	135	449.0	2042.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		64
VB*-0167	300588	600	800	650	439.8	2201.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S	1.+2.Messfahrt	65
VB*-0168	300588	1500	330	155	450.0	2201.6	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		65
VB*-0169	300588	1830	230	105	479.5	2201.9	4/1	SP/GR	F/P/L	1/2		4
VB*-0170	300588	2100	500	410	450.0	2202.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		66
VB*-0171	310588	200	400	205	479.5	2200.0	4/1	DIL/AMS/GR	F/P/L	1/2	Phasor Induction	2
VB*-0172	310588	600	330	50	0.0	2160.0	1	FS			Salvamoser	10
VB*-0173	310588	930	1000	605	1623.0	2203.0	6/1/4	BHTV/GR	F/P	A	WBK mit Schlumb.-GR	3
VB*-0174	310588	1930	610	240	1500.0	2201.0	4/1	FMST-4PAD	F/P/L	2		3
VB*-0175	010688	300	630	445	479.0	2202.2	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		68
VB*-0176	010688	930	700	210	1500.0	2201.3	4/1	LDL/CNL/NGS	F/P/L	1/2		3
VB*-0177	010688	1630	630	435	1500.0	2199.0	4/1	SDT/AMS/GR	F/P/L	2		3
VB*-0178	020688	030	600	55	1800.0	2191.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		69
VB*-0179	020688	630	1500	1045	1500.0	2199.2	4/1	GLT	F/P/L	1/2		3
VB*-0180	020688	2130	400	100	1500.0	2197.5	4/1	DLL/MSFL/GR	F/P/L	1/2		4
VB*-0181	030688	030	200	100	1870.0	2202.0	1	TEMP-SAL/AMS/GR	F/P/L	1/S		70
VB*-0182	030688	230	4530		0.0	2200.0	8	VSP			Prakla-Seismos	1
VB*-0183	040688	2300	530	415	470.0	2202.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		71
VB*-0184	050688	430	230	200	450.0	2201.6	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		71
VB*-0185	050688	700	100	100	0.0	1933.0	1	FS			GEOCOM	11
VB*-0186	050688	800	230	230	0.0	2164.0	1	FS			Salvamoser	12
VB*-0187	050688	1030	300	100	1800.0	2202.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		72
VB*-0188	170688	1430	400	215	1900.0	2315.3	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		73
VB*-0189	170688	1830	200	50	1800.0	2315.3	1	TEMP-SAL/AMS/GR	F/P/L	1		73
VB*-0190	170688	2030	430	30	450.0	2314.9	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		73
VB*-0191	260688	100	400	210	2000.0	2429.8	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		74
VB*-0192	260688	500	300	205	450.0	2429.8	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		74
VB*-0193	050788	1800	430	230	2080.0	2581.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		75
VB*-0194	050788	2230	330	230	449.0	2581.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		75
VB*-0195	090788	1730	230	100	1991.0	2634.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		76
VB*-0196	110788	1200	10400	9600			11/1	STEERING TOOL				4
VB*-0197	130788	700	200	30	2498.0	2663.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	2	Sondenarme geschlossen	77
VB*-0198	150788	600	200	30	2495.0	2685.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	2		78
VB*-0199	150788	800	430	300	1.2	479.0	4/1	MFC	F/P/L	1/E		2

Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Massstab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB*-0200	200788	2300	400	220	2300.0	2705.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		79
VB*-0201	210788	300	330	225	450.0	2704.6	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		79
VB*-0202	010888	600	500	300	1950.0	2786.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		80
VB*-0203	010888	1100	315	220	450.0	2785.6	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		80
VB*-0204	040888	900	830	320	479.5	2785.5	1	DIL	F/P/L	1/2	Suche nach Kaliberarm	3
VB*-0205	050888	000	500	225	450.0	2788.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		81
VB*-0206	120888	830	230	120	2500.0	2817.6	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2	Richtungsdaten 1:40	82
VB*-0207	170888	2230	830	045	2164.0	2833.0	1	FS			3xGEOCOM	13
VB*-0208	190888	830	400	120	1140.0	2840.0	4/1	GR/CCL	F/P/L	1/2	Teufenkorr.Log/Gestänge	84
VB*-0209	260888	800	430	245	2486.0	2922.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/2		85
VB*-0210	260888	1230	430	230	448.0	2923.2	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		85
VB*-0211	050988	2300	600	330	1920.0	3011.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		86
VB*-0212	060988	500	600	430	480.0	3011.0	1	TEMP/SAL/AMS/GR	F/P/L	1/S		86
VB*-0213	060988	1100	430	230	450.0	3011.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2	Richtungsdaten 1:40	86
VB*-0214	060988	1530	400	230	480.0	3011.0	1	SP/AMS/GR	F/P/L	1/2		5
VB*-0215	060988	1930	530	400	2500.0	3011.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		86
VB*-0216	070988	100	200	030	0.0	2833.0	1	FS			GEOCOM	14
VB*-0217	070988	300	330	100	0.0	2163.0	1	FS			Salvamoser, ohne Erfolg	15
VB*-0218	070988	630	1330	1030	2150.0	3011.0	6/1/4	BHTV/GR	P	4	WBK + 1525.0-1626.0m	4
VB*-0219	070988	2000	430	300	2150.0	3010.5	4/1	DLL/MSFL/GR/AMS	F/P/L	1/2		4
VB*-0220	080988	030	730	600	2150.0	3011.0	4/1	LDL/NGL/CNL	F/P/L	1/2		4
VB*-0221	080988	800	600	400	2000.0	3011.0	4/1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		87
VB*-0222	080988	1400	130	030	0.0	2163.0	1	FS			GEOCOM	16
VB*-0223	080988	1530	500	400	2150.0	3009.0	4/1	DIL/AMS/GR	F/P/L	1/2	PhasorInduction 20+40kHz	3
VB*-0224	090988	2030	800	700	2150.0	3009.0	4/1	SDT(6")/AMS/GR	F/P/L	1/2		3
VB*-0225	090988	430	2530	2200	2150.0	3009.0	4/1	GLT	F/P/L	1/2		4
VB*-0226	110988	600	530	130	2500.0	3011.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		88
VB*-0227	110988	1130	930	630	1050.0	3010.0	4/1	TDT-P/AMS/GR	F/P/L	1/2		2
VB*-0228	140988	1030	730	530	1500.0	2990.0	4/1	TEMP/SAL/AMS/GR	F/P/L	1/S		89
VB*-0229	140988	1800	1800	1500	480.0	1220.0	3/1	3-D MAGNETOMETER			Bosum, BGR	2
VB*-0230	160988	1200	200	030	0.0	2327.0	1	FS			GEOCOM	17
VB*-0231	160988	1400	400	230	450.0	2990.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		89
VB*-0232	160988	1800	500	300	475.0	2780.0	10/1	MS	P/O		UNI München	2
VB*-0233	160988	2300	430	030	0.0	2163.0	1	FS			Salvamoser, ohne Erfolg	18
VB*-0234	160988	330	700	500	900.0	2990.0	5	DEL4/DEL2	F/P	1/2	DEL2 nur 900-1250m	1
VB*-0235	160988	1030	330	130	100.0	475.0	1	6-ARM CAL	F/O	2	GEOCOM 6-Arm Kaliber	1
VB*-0236	160988	1400	230	030	0.0	1927.0	1	FS				19
VB*-0237	240988	1400	430	050	2680.0	3113.7	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		91
VB*-0238	240988	1830	530	240	470.0	3117.3	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		91
VB*-0239	041088	230	430	255	450.0	3263.5	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		92

Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Mass-stab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB*-0240	041088	700	430	225	2787.0	3263.9	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		92
VB*-0241	111088	430	600	225	2900.0	3333.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		93
VB*-0242	111088	1030	330	130	2900.0	3333.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S	nachkalib. Rückspielung	93
VB*-0243	111088	1500	430	310	479.5	3332.5	1	SP/GR	F/P/L	1/2		6
VB*-0244	111088	1930	430	325	450.0	3333.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2	mit Directional Plot	93
VB*-0245	151088	1330	800	350	2000.0	3365.5	1/4	FMST-4PAD/AMS/GR	F/P/L	2	Inclino-Data 1:40	4
VB*-0246	281088	2300	400	250	0.0	3446.5	1	FS			GEOCOM	20
VB*-0247	291088	300	300	200	0.0	3447.0	1	FS			PREUSSAG	21
VB*-0248	291088	2100	830	310	2400.0	3480.5	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		94
VB*-0249	301088	530	500	225	1990.0	3227.0	1	TEMP-SAL/AMS/GR	F/P/L	1/S		95
VB*-0250	301088	1030	500	315	450.0	3480.4	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		95
VB*-0251	071188	300	430	100	3275.0	3425.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		96
VB*-0252	141188	730	500	330	450.0	3529.5	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		97
VB*-0253	141188	1230	400	030	3185.0	3529.5	1	TEMP-SAL/AMS/GR	F/P/L	1		97
VB*-0254	141188	1630	300	100	479.5	3529.5	1	SP/GR	F/P/L	1/2		7
VB*-0255	051288	1830	1030	850	3065.0	3630.2	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		98
VB*-0256	061288	500	530	340	450.0	3629.8	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2	Directional Plots 1:800	98
VB*-0257	061288	1030	400	140	458.0	3624.4	1	SP/GR	F/P/L	1/2		8
VB*-0258	061288	1430	630	400	3274.6	3634.3	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		98
VB*-0259	061288	2100	400	200	2950.0	3627.0	1/4	DL-MSFL/AMS/GR	F/P/L	1/2		5
VB*-0260	071288	100	600	200	2950.0	3631.0	1/4	LDL-CNL-NGS	F/P/L	1/2		5
VB*-0261	071288	700	800	315	2970.0	3629.0	1/4	SDT(6")/AMS/GR	F/P/L	1/2		5
VB*-0262	071288	1500	630	040	3274.6	3630.2	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		98
VB*-0263	071288	2130	430	250	3000.0	3629.0	1/4	FMST-4PAD/AMS/GR	F/P/L	2		5
VB*-0264	081288	200	1700	1200	520.0	1230.0	1/4	MSCT	F/P	S	8 Seitenkerne	1
VB*-0265	081288	1400	800	555	2950.0	3629.0	1	GLT	F/P/L	1/2		5
VB*-0266	091288	600	330	135	2691.4	3630.2	1	TEMP/SAL/AMS/GR	F/P/L	1/S		98
VB*-0267	091288	930	8500	8000	0.0	3630.0	1/8	MSP/VSP	S		Prakla, NS/OW 2x8 km	2/1
VB*-0268	121288	2130	230	200	0.0	3447.0	1	FS			GEOCOM	22
VB*-0269	131288	2400	1330	550	2947.1	3639.1	6/1/4	BHTV/GR	A		& 8 Sidecore-Positionen	4
VB*-0270	131288	1330	600	240	2990.0	3624.0	1/4	SLIM-FMST-4PAD/AMS/GR			Prototyp OD=3 5/8"	1
VB*-0271	131288	1930	200	150	0.0	3567.0	1	FS			GEOCOM	23
VB*-0272	131288	2130	500	305	480.0	3630.2	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		98
VB*-0273	020189	1930	530	315	446.0	3812.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		99
VB*-0274	030189	100	630	500	3369.0	3810.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		99
VB*-0275	030189	1800	300	100	0.0	3736.0	1	FS			GEOCOM	24
VB*-0276	140189	300	430	100	3645.0	3840.0	1	FS/GR/AMS	F/P		GEOCOM	25
VB*-0277	150189	2000	500	318	12.6	3856.0	1/4	GR-CCL	F/P/L		Kab=3.7m tief. als Drill	2
VB*-0278	170189	300	1430	53	0.0	3853.0	1	FS-GR/AMS	F/P		4 Proben	26
VB*-0279	180189	130	1300	945	520.0	1225.0	1/4	BHTV/AMS/GR	F/P/L	2	Schlumberger BHTV	5

Lfd.Nr.	Datum	Uhrzeit	Ges.zeit	Messzeit	Teufe		Ausf.	Messungen	Daten-träger	Massstab	Bemerkungen	Run
					Top	Basis						
VB*-0280	190189	600	2030	1422	480.0	3850.0	1/4	SDT/AMS/GR	F/P/L	1/2	10 ms	6
VB*-0281	200189	230	800	528	3598.0	3845.0	1/4	BHTV/AMS/GR	F/P/L	2	Schlumberger BHTV	6
VB*-0282	240189	200	1100	645	3289.0	3863.0	1	TEMP-DIFF/AMS/GR	F/P/L	1/S		100
VB*-0283	240189	1300	500	400	470.0	3868.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		100
VB*-0284	080289	700	330	230	88.0	2771.0	1/4	HRT/CCL	F/P/L	1/2		1
VB*-0285	080289	1030	500	400	100.0	1500.0	1/4	FPI/CCL				2
VB*-0286	080289	1830	400	300	0.0	317.0	1/4	BO			OK.	2
VB*-0287	090289	1100	800	230	355.0	3795.0	1/4	FPI/CCL				3
VB*-0288	140289	1300	600	400	3395.0	3800.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		101
VB*-0289	140289	1900	900	800	1000.0	3800.0	1/4	FPI/CCL				4
VB*-0290	170289	1500	1000	800	0.0	3797.0	1/4	FPIT/BO			abgeschraubt	5
VB*-0291	260289	600	530	400			11/1	STEERING TOOL			Ausrichten Packer	5
VB*-0292	280289	900	500	400			11/1	STEERING TOOL			Ausrichten Packer	6
VB*-0293	020389	300	330	300			11/1	STEERING TOOL			Ausrichten Keil	7
VB**-294	070389	1945	400	330	3548.0	3820.0	1	BGL/AMS/GR	F/P/L	1/2		102
VB**-295	060489	530	1900	1900	0.0	4002.5	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L	1/S		101
VB**-296	070489	030	630	400	450.0	4002.5	1	BGL/GR/AMS	F/P/L	1/2		103
VB**-297	070489	700	730	200	2950.0	4002.5	4	DIL-E/GR/AMS	F/P/L	1/2		4
VB**-298	070489	1430	1900	1500	0.0	4001.0	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L	1/S	Aufwärts & im Hängen	103
VB**-299	080489	930	500	200	3450.0	3995.0	4	DLL/MSFL/GR/AMS	F/P/L	1/2		6
VB**-300	080489	1430	600	255	3550.0	3993.0	4	4-PAD FMS/GR/AMS	F/P/L	2		6
VB**-301	080489	2030	800	130	3528.0	3996.0	4	LDL/CNL/NGS	F/P/L	1/2		6
VB**-302	090489	400	300	400	3540.0	3985.0	4	DLL-SP	F/P/L	1/2		7
VB**-303	090489	700	1900	1410	0.0	4000.0	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L	1/S	Aufwärts & im Hängen	103
VB**-304	100489	200	1030	820	3550.0	3994.0	4	SDT/GR	F/P/L	1/2		7
VB**-305	100489	1230	1200	750	3550.0	4000.0	4	GLT	F/P/L	2		6
VB**-306	110489	030	1630	1430	0.0	3995.0	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L	1/S	Aufwärts & im Hängen	103
VB**-307	110489	1700	1030	1500	10.0	3990.0	4	GCT	F/P/L	-	im Hängen & Aufwärts	1
VB**-308	120489	330	2100	1600	1115.0	3988.5	4	MSCT	F/P/L	S		2
VB**-309	130489	030	1600	1345	25.0	3998.5	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L	1/S	Aufwärts & im Hängen	103
VB**-310	130489	1630	900	155	1115.0	3998.5	4	MSCT	F/P/L	S	zusammen mit VB - 308	2
VB**-311	140489	130	430	300	480.0	3600.0	4	DLL-SP	F/P/L	1/2	Fortsetzung VB**-302	7
VB**-312	140489	600	3930	2800	25.0	3850.0	17/1	GRAVIMETER/GR			101 Stationen	1
VB**-313	170489	1000	900	700	5.0	4000.8	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L	1/S		104
VB**-314	180489	900	530	230	1492.0	3979.2	10	MS	P/O	1	UNI München	3
VB**-315	190489	800	1030	645	1103.0	4005.0	6/1/4	BHTV/GR	P	A	WBK Televiewer	6
VB**-316	200489	800	430	250	479.5	3995.0	1	SP/GR	F/P/L	1/2		9
VB**-317	210489	830	830	705	0.0	4000.7	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L/	1/S	Sp.Spiegel = 32 m	105
VB**-318	240489	800	5600	4015	435.0	3981.5	9	VAL	S	2	24.-28.4.89 Mono,quadrop	2
VB**-319	020589	830	730	645	0.0	3999.0	1	TEMP-DF/GR/AMS	F/P/L/	1/S	Sp.Spiegel = 31 m	106

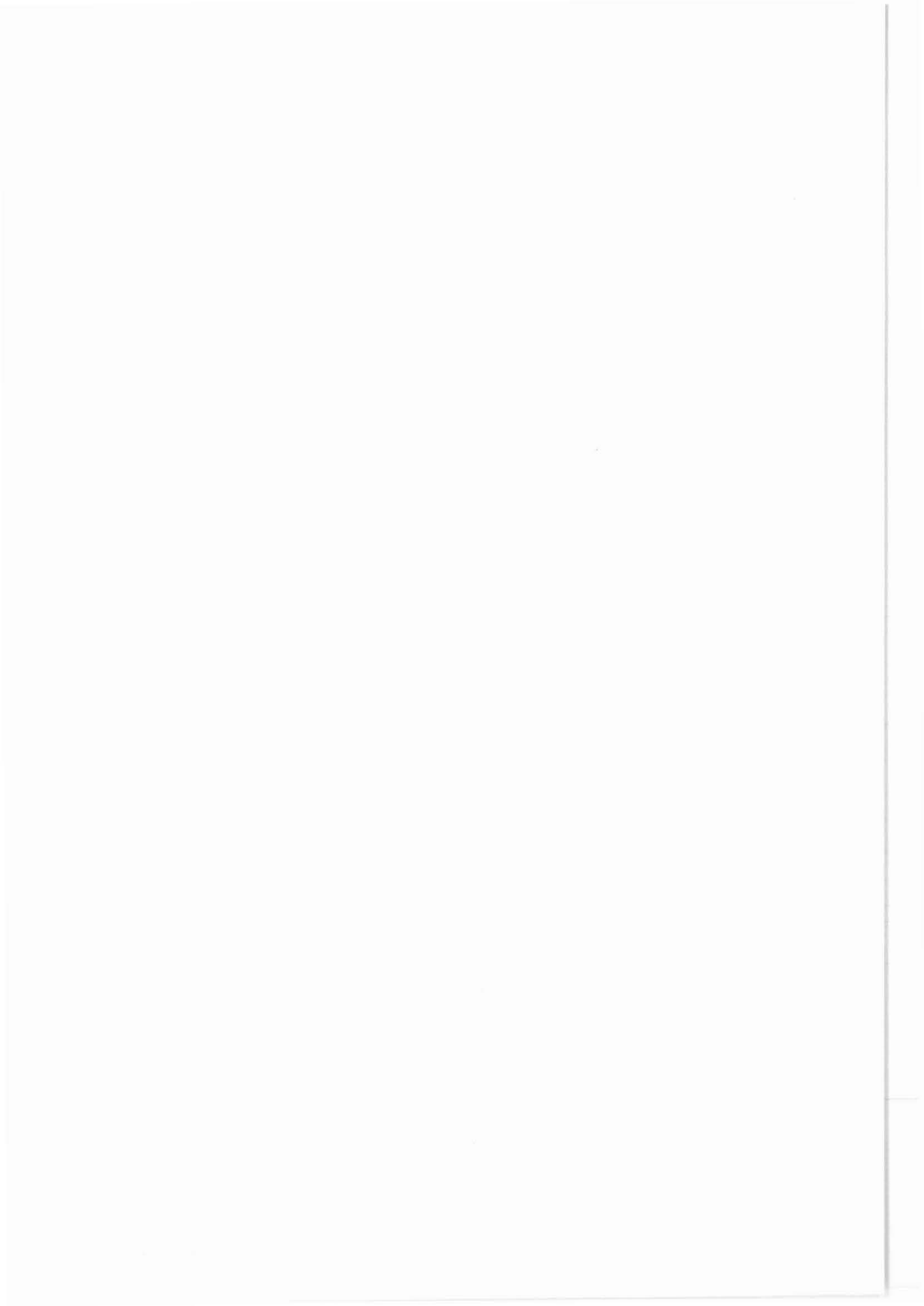


Lfd.Nr.	Datum	Lfd.Nr. (Mess.)	Teufe		Ausf.	Auswertung	Daten- träger	Mass- stab	Bemerkungen	Run
			Top	Basis						
VB-A0001	301087	VB-00037	190.0	478.0	4/1	CYBERDIP	F/L	2		1
VB-A0002	271087	VB-00037	27.4	478.0	4/1	CDR, Horiz.Vert.Proj.	F/P/L		H30045LR	1
VB-A0003	121187	VB-00073	5.0	478.0	4/1	CYBERBOND	F/L	2	CBL/VDL-Film	1
VB-A0004	121187	VB-00074	5.0	478.0	4/1	CET (ak. Kaliber)	F/P/L	2	CET-Film	1
VB-A0005	111287	VB-00035	27.4	478.0	4	PHASOR PROCESSING	F/L	2		1
VB-A0006	271087	VB-00037	27.4	478.0	4	BOL (DCA)	F/P/L	2	H30044RL	1
VB-A0007	271087	VB-00037	27.4	478.0	4	MSD/CSB	F/P/L	2/1	H30044RL	1
VB-A0008	271087	VB-00037	27.4	478.0	4	FMST (2-Pad)	F/P/L	2	H30045LR	1
VB-A0009	271087	VB-00037	27.4	478.0	4	FMST (orient. 2-Pad)	F/P/L	2/4	H30045LR	1
VB-A0010	211287	VB-00043	60.0	478.0	4	BHTV/GR	P/L	4	Plots 1-6	1
VB-A0011	290188	VB-00039	27.4	478.0	4	STC (SDT)	F/P/L	2	H10096WW	1
VB-A0012	010787	DFG-Bu			12	ENDBERICHT-Berlin	R		Porosität/Permeab.	
VB-A0013	011287	8604/01				ENDBERICHT Fa.Neumann	R		siehe KTB 87-3, PL 5	
VB-A0014	011287	8604/31	30.0	470.0	3	ZW.BERICHT1-BGR	R/A		Bosum - 3-D Magnetik	
VB-A0015	011287	8604/07			3	ENDBERICHT-BGR, TEM	R		siehe KTB 87-3, PL 2	
VB-A0016	111287	VB-00090	27.4	864.6	4	CYBERDR	F/L		Directional Plots	31
VB-A0017	031287	VB-T1, T2			13	ENDBERICHT-Lynes	R/A		Drill Stem Tests DST-1,2	
VB-A0018	051287	VB-00052	27.0	478.0	7	ENDBERICHT-ELGI	R/A		IP	
VB-A0019	180188	VB-00101	480.0	992.0	4	BHTV/GR	P/T/L	4	Plots 7-13	2
VB-A0020	200188	VB-39, 41	27.4	478.0	4	NORM	P/T/L	2/1	Composite Log	1
VB-A0021	210188	VB-00047	27.4	478.0	4	GLT	T/L	2/1	Elementanalyse	1
VB-A0022	210188	VB-00094	480.0	992.0	4	FMST (4-Pad)	P/L	B	Prototype Schlumb. Paris	1
VB-A0023	210188	VB-00094	30.0	990.0	4	CYBERDR	F/L		Directional Plots	
VB-A0024	210188	VB-00114	478.0	1131.0	4	CYBERDR	F/P/L		Directional Plots	40
VB-A0025	290188	VB-00039	27.4	478.5	4	CYBERFIL	L	2		
VB-A0026	010288	8604/03			11	ENDBERICHT-Preussag	R		siehe KTB 87-3, PL 7	
VB-A0027	020288	VB-00118	475.0	1228.8	4	CYBERDR	F/P/L		Directional Plots	
VB-A0028	100288	VB-T3	813.0	839.0	13	ENDBERICHT-Lynes	R/A		DST-3	
VB-A0029	150288	VB-0058	54.0	480.0	9	P,S,T Waves, Echo 64 ms	A	2	VAL	
VB-A0030	190288	VB-39, 41	27.4	478.0	4	NORM	P/T/L	2/1	Composite Log überarb.	1
VB-A0031	010388	8604/29			11	ENDBERICHT-Preussag	R		HT	
VB-A0032	150488				14	ZWISCHENBERICHT 1-Karlsru	R		Hauptspannungsrichtungen	
VB-A0033	180488	NL103167			1	VORTRAG DGG/KOELN - KTB	R		Temp.Störungen	
VB-A0034	200488	VB-54, 55	0.0	480.0	8	ENDBERICHT-Prakla	R/A		Geophonvers.mess.44Plots	
VB-A0035	270488	NL103278			1	VORTRAG KTB-KOLL.GIESSEN	R		Stabilitätsbetr.	
VB-A0036	290488	VB-00140	467.0	1523.0	4	SDT-GR	P/L	2	STC	
VB-A0037	020588	NL103347	0.0	480.0	1	KURZINFORMATION - KTB	R/A		T-Messungen	
VB-A0038	040588	VB-00130	27.4	1529.4	4	CYBERDR	P/L		Directional Plots	49
VB-A0039	090588	93/-/102	500.0	992.0	4/1	COMPOSITE BGL-TEMP	F/P/L	1	Temp. Zusammenspielung	

Lfd.Nr.	Datum	Lfd.Nr. (Mess.)	Teufe		Ausf.	Auswertung	Daten- träger	Mass- stab	Bemerkungen	Run
			Top	Basis						
VB-A0040	110588	VB-00062	194.0	474.0	2	IP				
VB-A0041	150588	VB-00140	467.0	1523.0	1	SDT-DTL/VP/VS	T		manuelle Ausw. Dr. Bram	
VB-A0042	110588	VB-00037	30.0	480.0	4	FMS-IMAGING	F/P	B	f.Vergl.m. BHTV, 16 Plots	1
VB-A0043	110588	VB-00132	961.0	1525.0	4	FMS-BOREHOLE-IMAGING	P	4/B	azimuth.Present. orient.	3
VB-A0044	110588	VB131/35	485.0	1515.0	4	NORM	P/T/L	1/2	Composite Log	
VB-A0045	110588	VB131/35	485.0	1515.0	4	GLT	P/T/L	1/2	Geochemical Log	
VB-A0046	130488	VB-00150	450.0	1814.5	4	CYBERDR	F		Directional Plots	55
VB-A0047	050588	VB-00162	442.0	1803.0	4	CYBERDR	F		Directional Plots	62
VB-A0048	100588	VB-00164	450.0	1939.6	4	CYBERDR	F/P	2000	Directional Plots	63
VB-A0049	180588	VB-00166	450.0	2041.6	4	CYBERDR	F	2000	Directional Plots	64
VB-A0050	240688	VB-00174	1512.0	2202.0	4	FMS-BOREHOLE-IMAGING	F/P	4/B	zum Vergleich BHTV	4
VB-A0051	240688	VB-00174	961.0	2202.0	4	SHDT (MSD-CSB)	F/P	4	6 Plots	4
VB-A0052	240688	VB171/80	1500.0	2200.0	4	NORM	F/P/L	1/2	Composite Log	
VB-A0053	240688	VB171/80	1500.0	2200.0	4	GLT	F/P	1/2	Geochemical Log	
VB-A0054	250588	VB-00154	980.0	1780.0	4/1	BHTV/GR	P/T	4	Abschnitte 14-24	
VB-A0055	010688	VB-00177	1500.0	2200.0	4/1	SDT /GR	F/P/L		STC	
VB-A0056	010688	VB-00101	480.0	986.0	4/1	BHTV	F/P	B	H10104SK, 36 Plots	
VB-A0057	220688	VB-00138	986.0	1161.0	4/1	BHTV	F/P	B	H101 , Plots	
VB-A0058	220688	VB-00138	1159.0	1523.0	4/1	BHTV	F/P	B	H10122WW, 15 Plots	
VB-A0059	110788	VB-00043	58.0	477.3	4/1	BHTV	F/P	B	H10156WR, 21 Plots	
VB-A0060	250788	VB-00050	60.0	475.0	5	EPILOG	F/P	1/2/D/2000	Element-Analyse,W. Atlas	
VB-A0061	080888	VB-00173	1656.8	2202.0	6	BHTV	F/P	B	WBK, 3 Abschnitte	
VB-A0062	230888	VB-00047	90.5	477.0	6	BHTV	P	4/B	WBK	
VB-A0063	250888	VB-00182	0.0	2200.0	8	VSP 2, AUSWERTUNG	R/A		Prakla Seismos	
VB-A0064	220988	VB*-0224	2150.0	3009.0	4	SDT/GR	F/P/L	2	STC	
VB-A0065	101088	VB*-0214	2150.0	3005.0	4	NORM	F/P/L	1/2	Composite Log	
VB-A0066	011088	VB*-0182	0.0	2200.0	8	SYNTH. SEISMOGRAMME	P/R	1	Prakla Seismos	
VB-A0067	170988				14	ZB TEMPERATUR	R		Geoph.Karlsruhe, Stiefel	
VB-A0068	061287				15	ZB FACIOLOG	R		Faciolog Urach	
VB-A0069	280688	VB*-0176	1500.0	3009.0	4	WÄRMEPRODUKTIONSRATE	P	1		
VB-A0070	191088	VB*-0225	2150.0	3000.0	4	GLT	F/P	1/2	Geochemical Log	
VB-A0071	311088	VB*-0182	0.0	2200.0	8	VSP 2, BERICHT	R/A			
VB-A0072	261088	VB*-220	25.0	3005.0	4	WÄRMEPRODUKTIONSRATE	A	1	aus LDT/NGT bis 3000 m	
VB-A0073	151188		470.0	3010.0	4	SDT-NDE	P	2	aus SDT-A bis 3000 m	
VB-A0074	191288	VB*-0245	1995.0	3370.0	4	FMS-BOREHOLE-IMAGING	F/P	4/B	28 Plots in 1:10	
VB-A0075	191288	VB*-0245	1995.0	3370.0	4	SHDT (MSB-CSB)	F/P	4	7 Plots	
VB-A0076	071188	VB*-0	1680.0	3000.0	4	OXYDE	/P	E	farbig	
VB-A0077	201288	VB*-0261	2975.0	3630.0	4	SDT/GR	/P	2		
VB-A0078	130189	VB*-0	25.0	3625.0	4	WAERMERATE	F/P	1/2000		
VB-A0079	200189	VB*-0	480.0	3530.0	4	BREAKOUT ORIENTATION	F/P	1		

Lfd.Nr.	Datum	Lfd.Nr. (Mess.)	Teufe		Ausf.	Auswertung	Daten- träger	Mass- stab	Bemerkungen	Run
			Top	Basis						
VB-A0080	020289	VB*-0	2900.0	3615.0	4	OXYDE	P	E	farbig	
VB-A0081	090389	VB*-0	450.0	1200.0	4	STFRAC / STCO	F/P	2		
VB-A0082	290389	VB*-0281	3573.0	3828.0	4	BHTV	F/P	4	SW/farbig	
VB-A0083	030489	VB*-0	28.0	3625.0	4	CYBERDR	F/P	-	Directional Plots	
VB-A0084	100189	VB*-0259	2950.0	3630.0	4	NORM	F/P	1/2	Composite Log	
VB-A0085	100189	VB*-0265	2950.0	3630.0	4	GLT	F/P	1/2	Geochemical Log	
VB-A0086	170189	VB*-0263	3362.0	3625.0	4	FMST BOREHOLE IMAGING	F/P	4	1 Plot	
VB-A0087	010389	VB*-0	1515.5	1627.4	6	BHTV	P	1/4	1 Plot	
VB-A0088	010389	VB*-0218	1856.8	3019.0	6	BHTV	P	1/4	1 Plot	
VB-A0089	030289	VB*-0	30.0	3630.0	4	MECPRO	P	2000	1 Plot	
VB-A0090	100489	VB*-0269	3275.3	3640.1	6	BHTV	P	1/4	1 Plot	
VB-A0091	260489	VB*-0	0.0	2200.0	8	VSP GESCHW.TIEFENVERT.	F/P			
VB-A0092	240489	VB**-297	3550.0	3990.0	4	NORM	F/P	1/2	Composite Log ohne SP	
VB-A0093	270489	VB**-305	3550.0	3990.0	4	GLT	F/P	1/2	Geochemical Log ohne SP	
VB-A0094	080489	VB**-300	3548.0	3996.0	4	FMST BOREHOLE IMAGING	F/P	4/B	SW/farbig (1:10)	
VB-A0095	260489	VB**-304	3550.0	3990.0	4	SDT/GR	F/P	2	STC	
VB-A0096	150689	VB**-312	0.0	3850.0	17	GRAVIMETER	R		ENDBERICHT EDCON	
VB-A0097	150689	VB*-0	3550.0	3995.0	4	WÄRMEPRODUKTIONSRATE	F/P	2		
VB-A0098	150689	VB*-0	0.0	3995.0	4	WÄRMEPRODUKTIONSRATE	F/P	1		
VB-A0099	150689	VB**-311	480.0	3995.0	4	DLT-D BERECHNUNG	F/P/B	1	WIDERSTANDSBERECHNUNG	
VB-A0100	150689	VB**-297	3550.0	3990.0	4	NORM + KORRIG. SP	F/P	1/2	SP VON SEPARAT.RUN	
VB-A0101	150689	VB-00140	680.0	1325.0	4	NDE (C,S,ST ENERGIES)	P	2	farbig	
VB-A0102	040789	VB*-0267	0.0	3622.5	8	MSP/VSP Positionen	R		PRAKLA Bericht 883 623	
VB-A0103	110788	VB*-0182	0.0	2202.0	8	VSP/GRL Positionen	R	2	PRAKLA Bericht 883 606	
VB-A0104	140989	VB*-0267	0.0	3622.5	8	MSP/VSP Auswertung	R		PRAKLA Bericht 883 623 A	
VB-A0105	160588	VB-00055	0.0	480.0	8	GEOPH/GRL Positionen	R	2	PRAKLA Bericht 873 619	
VB-A0106	121288	VB*-0267	0.0	3622.5	8	MSP/VSP Koordinat.Feldb.	R		PRAKLA Bericht 883 623	
VB-A0107	051088	VB-00063	0.0	480.0	10	Mag. Suszeptibilität	P/R/O	1	UNI München	
VB-A0108	051288	VB*-0229	0.0	1200.0	3	Mag. Diskontinuitäten	R		BGR Bosum, Ha 334/20-2	
VB-A0109	130788		22.0	1500.0	14	Break-out/In-Hole Shot	R		UNI Karls. S-1002/2001	
VB-A0110	180788		0.0	766.0	14	Break-out	R		UNI Karls.ZB.Fu55/30-1	
VB-A0111	011288		50.0	2250.0	14	Break-out	R		UNI Karls.ZB.S-1003-GEOK	
VB-A0112	250588	VB-00055	0.0	480.0	8	GEOPH/Anisotropieunters.	R/A		PRAKLA Bericht873 619 50	
VB-A0113	051188		3442.9	3486.9	16	DST Testbericht	R		Halliburton Testbericht	
VB-A0114	201288		3442.9	3486.9	21	DST Testbericht (Ablauf)	R		MESY GmbH (Kück)	
VB-A0115	051188		3442.9	2486.9	11	DST Testbericht	R		PREUSSAG	
VB-A0116	010688	VB-00143	30.0	1520.0	2	IP- Bericht NLfB	R		Vogelsang, Arch.102 615	
VB-A0117	011188		0.0	1520.0	15	Bemerk. zur Probennahme	R		RWTH Aachen, Geophysik	
VB-A0118		VB-00055	0.0	480.0	14	VSP 500 (Ergebnisse)	R		UNI Karls. Geophysik	
VB-A0119	200989		0.0	4000.0	14	Zeitpl.Temp.Mess.LMTP	R		UNI Karls. Stiefel	





File: VBTLIST.DAT;

Stand: 05.01.90 / Dx

E [12,7,3,5,2]

KTB NLfB- Hannover

Teste

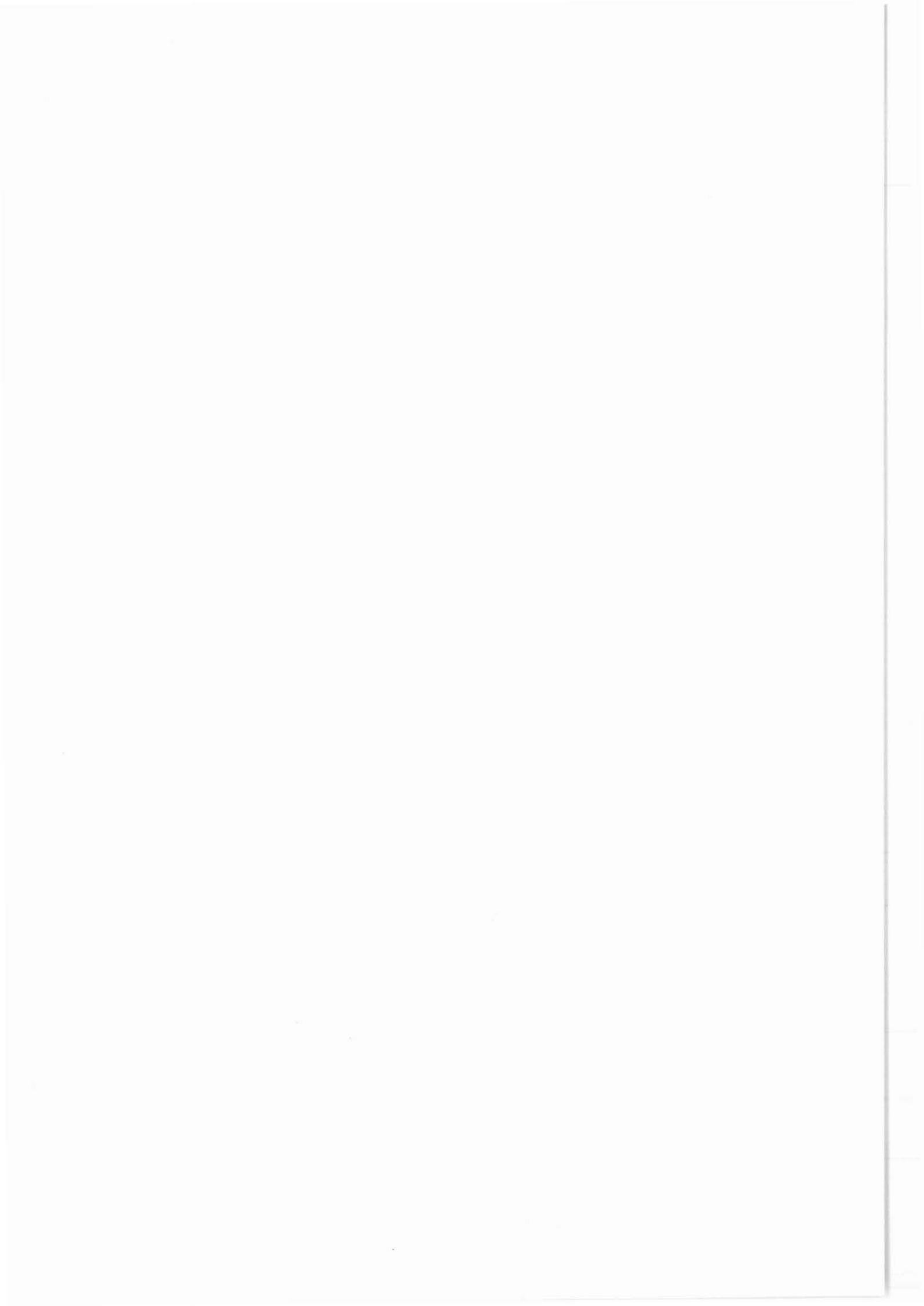
Seite 1

Lfd.Nr	Datum	Uhr-zeit	GES.zeit	Testzeit	Teufe		Ausf.	Test	Daten-	Bemerkungen	erf.
					Top	Basis					
VB-T0001	061187	530	810	340	219.8	257.0	13	DST 1	O/R/P	Geraet verstopft,kein Zufluss	NEIN
	061187	1600	300	0	219.8	257.0	13	DST 1.2		Packer nicht gesetzt	NEIN
	061187	2000	140	0	219.3	256.5	13	DST 1.3		Packer nicht gesetzt	NEIN
	061187	2200	100	0	216.8	254.0	13	DST 1.4		Packer nicht gesetzt	NEIN
VB-T0002	061187	2300	340	0	347.8	385.0	13	DST 2	O/R/P	Packer nicht gesetzt	NEIN
	071187	250	220	0	219.8	257.0	13	DST 1.5		Packer nicht gesetzt	NEIN
VB-T0003	060188	2150	1700	0	813.0	839.0	13	DST 3	R/P		
VB-T0004	030388	900	730	320	817.0	1237.5	1/4	RFT/HP/GR	P	auch unter VB-144 gefuehrt	
VB-T0005	031188	1800	9000	1315	3442.9	3486.9	16/11	DST 4	D/O/R	Stuetzankertest	

Erläuterung der Abkürzungen:

AMS	<u>A</u> uxiliary <u>M</u> easurement <u>S</u> ystem
BGL	<u>B</u> orehole <u>G</u> eometry <u>L</u> og
BHTV	<u>B</u> orehole <u>T</u> elevi <u>v</u> er
BO	<u>B</u> ack <u>O</u> ff
CBL	<u>C</u> ement <u>B</u> ond <u>L</u> og
CCL	<u>C</u> asing <u>C</u> ollar <u>L</u> ocator
CEL	<u>C</u> ement <u>E</u> valuation <u>L</u> og
CNL	<u>C</u> ompensated <u>N</u> eutron <u>L</u> og
DCLL/DCLH	<u>D</u> ielectric <u>L</u> og ( <u>L</u> ow 47 MHz, <u>H</u> igh 200 MHz)
DEL2	<u>D</u> ielectric <u>L</u> og 200 MHz
DEL4	<u>D</u> ielectric <u>L</u> og 47 MHz
DIL	<u>D</u> ual <u>I</u> nduction <u>L</u> og (Phasor)
DLL	<u>D</u> ual <u>L</u> atero <u>l</u> og
DST	<u>D</u> rill <u>S</u> tem <u>T</u> est
ES	<u>E</u> lectrical <u>S</u> urvey
FEL	<u>F</u> ocused <u>E</u> lectrical <u>L</u> og
FMST	<u>F</u> ormation <u>M</u> icro <u>S</u> canner <u>T</u> ool
FPI	<u>F</u> ree <u>P</u> oint <u>I</u> ndicator
FPIT	<u>F</u> ree <u>P</u> oint <u>I</u> ndicator <u>T</u> ool (Kombination mit BO)
FS	<u>F</u> luid <u>S</u> ampler
GCT	<u>G</u> uidance <u>C</u> ontinuous <u>T</u> ool (Kreiselkompaß)
GEOPH	<u>G</u> eophone <u>S</u> urvey
GLT	<u>G</u> eochemical <u>L</u> ogging <u>T</u> ool
GRL	<u>G</u> amma <u>R</u> ay <u>L</u> og
GYRO	<u>G</u> yro <u>s</u> c <u>o</u> pe
HRT	<u>H</u> igh <u>R</u> esolution <u>T</u> emperature <u>L</u> og
IP	<u>I</u> nduced <u>P</u> olarisation (stationary-continuous)
ISO	<u>I</u> ntegrierte <u>S</u> eismik <u>O</u> berpfalz
LDT	<u>L</u> itho- <u>D</u> ensity <u>T</u> ool
MEMT/MEMN	<u>M</u> emory/ <u>T</u> emperature, <u>M</u> emory/ <u>N</u> eigung
3-D MAG	3-Component <u>M</u> agnetometer
MFC	<u>M</u> ulti- <u>F</u> inger- <u>C</u> aliper
MS	<u>M</u> agnetic <u>S</u> usceptibility
MSCT	<u>M</u> echanical <u>S</u> idewall <u>C</u> oredriller <u>T</u> ool
MSFL	<u>M</u> icro <u>S</u> pherically <u>F</u> ocussed <u>L</u> og
MSI/CO	<u>M</u> ultiparameter <u>S</u> pectroscopy <u>I</u> nstrument/ <u>C</u> ontinuous <u>C</u> arbon <u>O</u> xygen <u>L</u> og
MSP	<u>M</u> oving <u>S</u> ource <u>P</u> rofile
MSST	<u>M</u> ulti <u>S</u> hot <u>S</u> ampling <u>T</u> ool
NGS	<u>N</u> atural <u>G</u> amma <u>S</u> pectrometer
PDK-100	<u>P</u> ulsed <u>N</u> eutron <u>D</u> ecay <u>T</u> ime-100 channel
SDT	<u>S</u> onic <u>D</u> igital <u>T</u> ool
SFMST	<u>S</u> limhole <u>F</u> ormation <u>M</u> icro <u>S</u> canner <u>T</u> ool
SHDT	<u>S</u> tratigraphic <u>H</u> igh <u>R</u> esolution <u>D</u> ipmeter <u>T</u> ool
SP	<u>S</u> pontaneous <u>P</u> otential

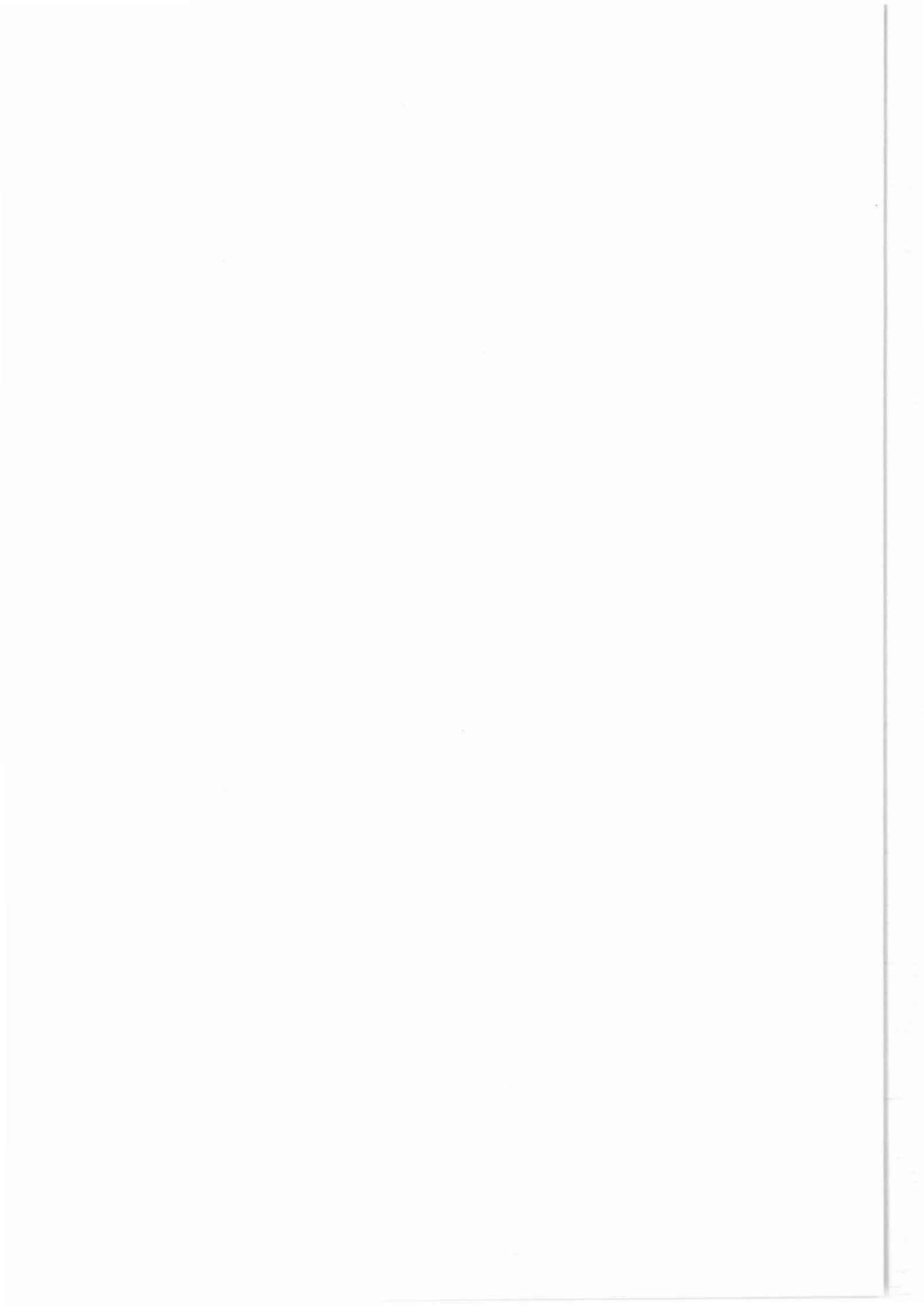
TDT-P Thermal Neutron Decay Time, Type "P"  
TEMP Temperature  
TEMP-DIFF Temperature; Temperaturmessung mit 2 Sensoren  
TEMP-DVH Temperature; Temperatursonde mit 2 Sensoren mit  
variablem Spacing, Messung im Hängen (Einfahrt)  
TEMP-DVS Temperature; Temperatursonde mit 2 Sensoren mit  
variablem Spacing, Stationärmessung  
TEMP-DFS - wie vor, jedoch mit festem Spacing (114 cm)  
TEMP-SAL Temperature-Salinity  
VAL Variable Amplitude Log  
VSP Vertical Seismic Profile  
WF Waveform Recording  
ZDL Z-Density Log



#### 4. Intervallmessungen

VB 1a 3009,7 – 3766,9 m

VB 1b 3766,9 – 4000,1 m



#### 4 Intervallmessungen 3009,7 - 4000,1 m

In der Zeit vom 16.09.1988 bis zum 05.04.1989, dem Tag an dem bei einer erbohrten Teufe von 4000,1 m die Bohrarbeiten beendet wurden, sind folgende Intervallmessungen mit KTB-Geräten durchgeführt worden.

##### 4.1 Temperaturmessungen

Die Temperaturmessungen wurden in zwei Varianten gefahren - mit und ohne Salinitätsmessung der Spülung (TEMP-SAL und TEMP-DIFF). Beide Systeme wurden mit der Gammastrahlenmessung (GR) und dem Auxiliary Measurement System (AMS) in Kombination gefahren.

Die Messungen wurden nach Ausbau des Bohrgestänges im Hängen gemessen. Außerdem wurde auf Sohle für eine Zeit von ca. 90 Minuten der Temperaturgleich stationär registriert. Sowohl die Daten der KTB-eigenen Schlumberger als auch der GEOCOM-Geräte wurden digital auf Band (Floppy) und analog auf Film aufgezeichnet.

Abb.: 4.1 gibt ein Logbeispiel wieder (VB\*282).

In Tabelle 4.1 sind die gefahrenen Messungen aufgelistet.

##### 4.2. Kaliber-, Neigungs- und Orientierungsmessungen

Das eingesetzte Meßgerät ist das Borehole Geometry Tool (BGT) - ein vierarmiges Kaliber- mit dem die Bohrlochwand abgetastet wird. Das Gerät besitzt ein Neigungs- und Orientierungssystem mit dem der Verlauf der Bohrung bestimmt werden kann. Außerdem kann bei einer Bohrlocherweiterung (break-out) die Richtung des Hauptausbruches bestimmt werden. Diese Richtung kann als minimale Spannungsrichtung gedeutet werden.

Die im Abschnitt 3009,7 - 4000,1 m gefahrenen Messungen zeigen sehr maßhaltiges Bohrlochkaliber. Es wurden nur kleine Wandausbrüche registriert, was auf sehr kompetentes Gebirge hinweist.

Die Messung bei 3820 m (VB\*\*294) wurde zur Überprüfung der gelungenen Ablenkung durchgeführt.

Abb. 4.2 zeigt einen Ausschnitt dieser Messung (VB\*\*294).

Tabelle 4.2 ist eine Liste der gefahrenen Zwischenmessungen



Tabelle 4.1: Temperaturmessungen mit KTB-Geräten TEMP-DIFF/AMS/GR oder TEMP-SAL/AMS/GR. Liste der Messungen zwischen 5. und 6. sowie 6. und 7. Meßserie

Datum	Lfd. Nr.	Run-Nr.	Intervall	Meßzeit (min)		h nach Ende
				gesamt	stat.	d. Zirkulat.
24.09.87 - 23.10.87			KTB-Report 87-4 (VB 1 - VB 28)			
19.11.87 - 23.02.88			KTB-Report 88-4 (VB 77 - VB 127)			
08.03.88 - 26.08.88			KTB-Report 88-7 (VB 145 - VB 209)			
24.09.88	VB*237	91	2680,0 - 3113,7	47	89	10,5
04.10.88	VB*240	92	2787,0 - 3263,9	53	90	14,5
11.10.88	VB*241	93	2900,0 - 3333,5	48	90	12,0
11.10.88	VB*242	94	2900,0 - 3333,5	60	-	17,0
29.10.88	VB*248	95	2400,0 - 3480,5	113	96	14,0
30.10.88	VB*249 <sup>1)</sup>	95	1990,0 - 3227,0	128	-	20,5
07.11.88	VB*251	96	3275,0 - 3425,0	58	-	19,0
14.11.88	VB*253 <sup>1)</sup>	97	3185,0 - 3529,5	32	-	21,5
03.01.89	VB*274	99	3369,0 - 3810,0	48	91	18,5
24.01.89	VB*282	100	3289,0 - 3863,0	73	182	14,0

<sup>1)</sup> TEMP-SAL Sonde

Abb. 4.1.

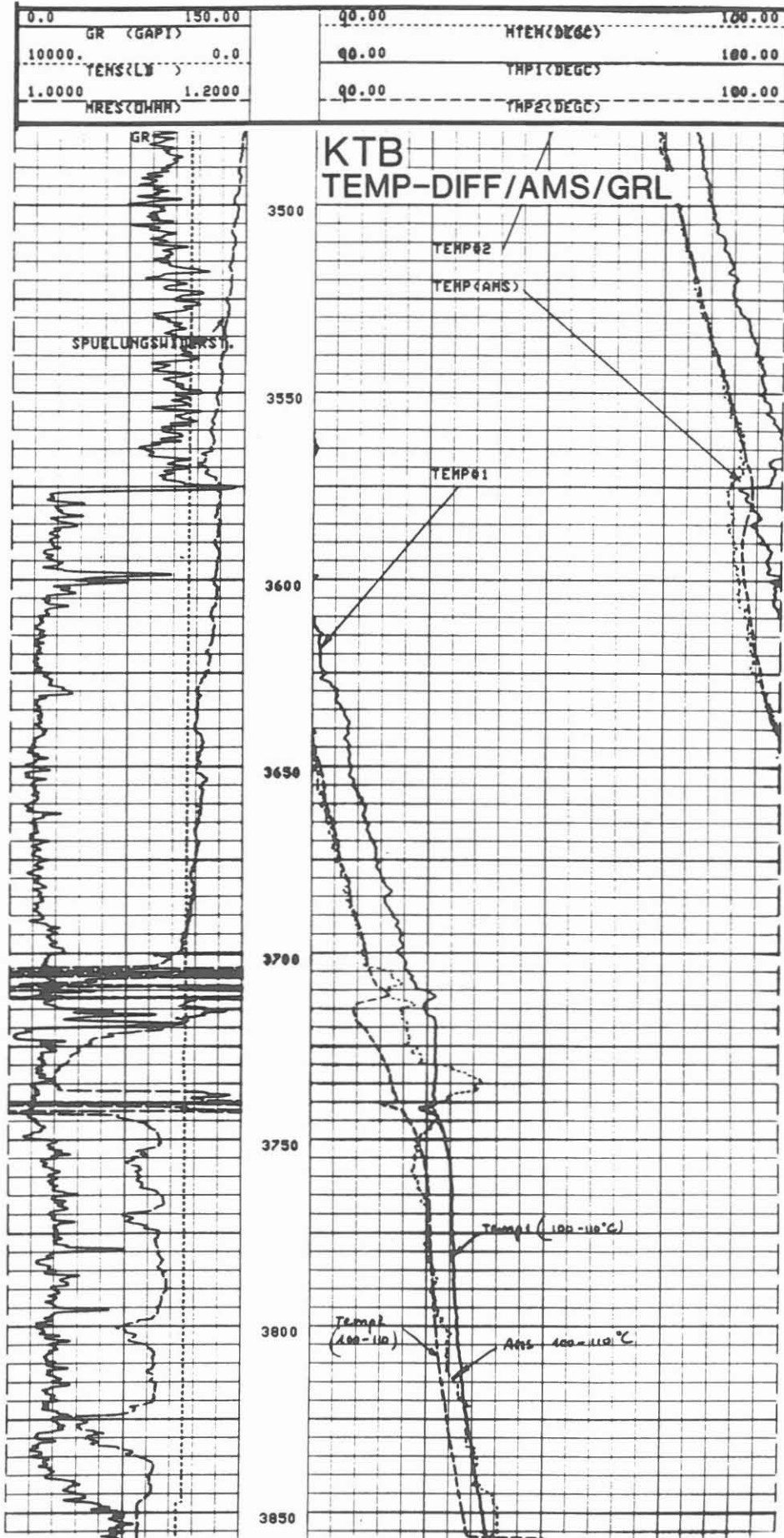
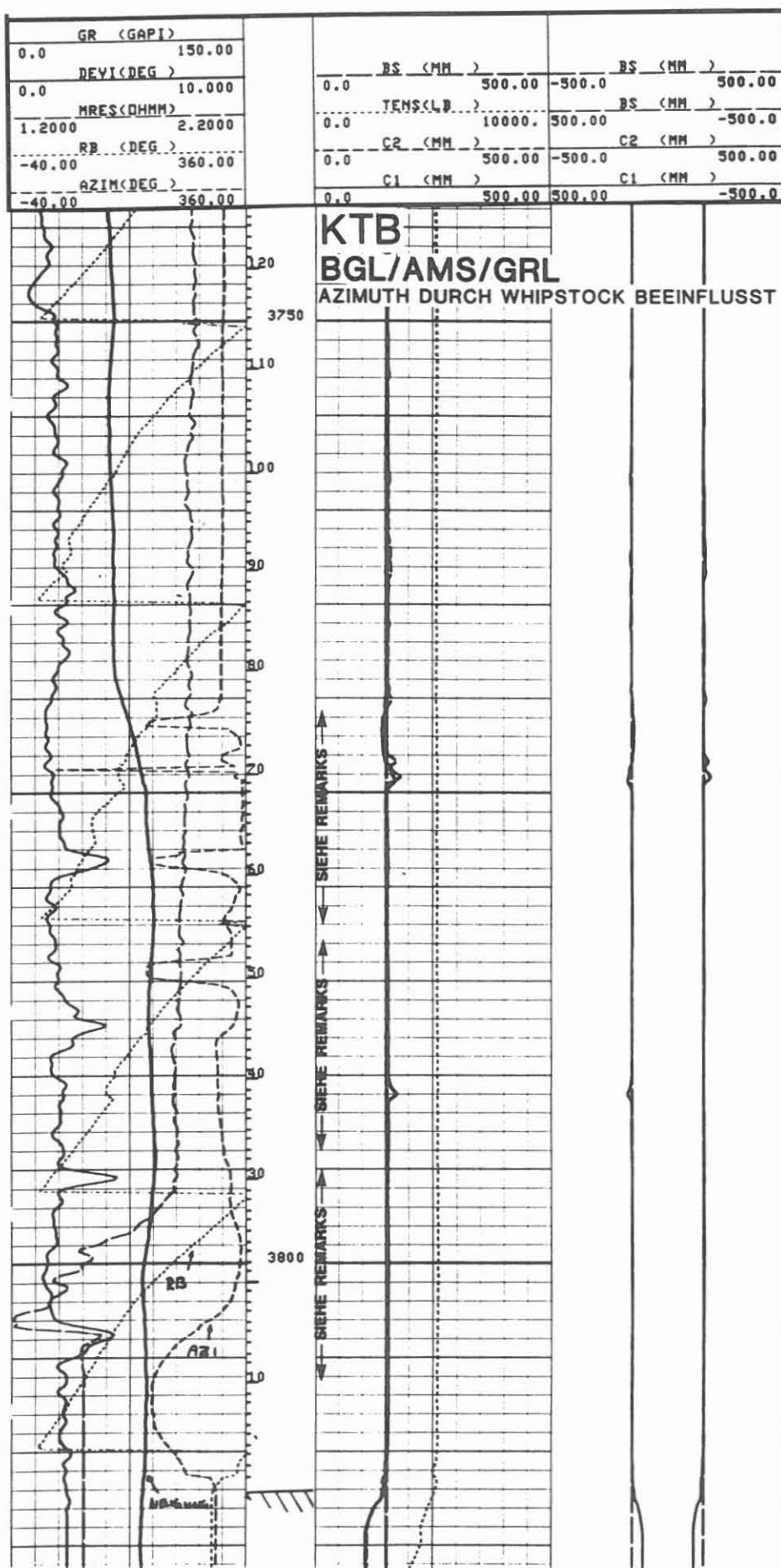


Tabelle 4.2: 4-Arm-Kalibermessungen mit KTB-Geräten: BGT/AMS/GR  
Liste der Messungen zwischen 5. und 6. sowie  
6. und 7. Meßserie

<u>Datum</u>	<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Run-Nr.</u>	<u>Meßintervall</u>	<u>Bemerkungen</u>
26.09.87 - 24.10.87			KTB-Report 87-4 (VB- 2 - VB- 29)	
19.11.87 - 23.02.88			KTB-Report 88-4 (VB- 78 - VB-128)	
08.03.88 - 26.08.88			KTB-Report 88-7 (VB-146 - VB*210)	
24.09.88	VB* 238	91	470,0 - 3117,3 m	
04.10.88	VB* 239	92	450,0 - 3263,5 m	
11.10.88	VB* 244	93	450,0 - 3333,0 m	
30.10.88	VB* 250	95	450,0 - 3480,0 m	
14.11.88	VB* 252	97	450,0 - 3529,5 m	
02.01.89	VB* 273	99	446,0 - 3812,0 m	
24.01.89	VB* 283	100	470,0 - 3868,0 m	
14.02.89	VB* 288	101	3395,0 - 3800,0 m	
07.03.89	VB**294	102	3548,0 - 3820,0 m	Ablenkung

Abb. 4.2.



### 4.3 Bohrlochverlauf

Von der Teufe der 5. Meßserie bei 3.009,7 m bis zur Endteufe der Bohrung bei 4000,1 m sind mehrere Neigungs- und Richtungsmessungen durchgeführt worden. Das "Borehole Geometry Tool" (BGT) von KTB kam zum Einsatz. Es besitzt ein magnetisches Orientierungssystem.

Die horizontale Projektion (Abb.: 4.3) zeigt einen Bohrlochverlauf in nordöstlicher Richtung bis zu einer Teufe von ca. 3400 m. Dann schwenkt die Richtung langsam über Nord nach Nordwest. Die in Teufe 3766,9 m notwendig gewordene Ablenkung wurde ebenfalls in nordwestlicher Richtung durchgeführt.

Die Bohrung landete in einer Entfernung von ca. 185 Meter und 12 Grad Ost von der magnetischen Nordrichtung.

Die Neigung der Bohrung über das Intervall von 3009,7 m bis Endteufe ist aus der vertikalen Projektion (Abb.: 4.4a,b) ersichtlich. Sie betrug bei 3009,7 m 6,3 Grad, zwischen 3060,0 - 3190,0 m ging die Neigung bis auf 2,2 Grad zurück um bei 3766,9 m 4,2 Grad zu erreichen. Durch die Ablenkung wurden nochmals 5,7 Grad erreicht (3800,0 m). Bis Endteufe baute die Neigung jedoch wieder bis 4,1 Grad ab.

Der Richtungswechsel von Nordost nach Nordwest ist auf eine Änderung der Einfallrichtung der Foliation des durchteuften Gebirges zurückzuführen. Bis zu einer Teufe von ca. 3200 m war sie nach Südwest und drehte dann nach Südost.

Der Bohrlochverlauf wurde mit unterschiedlichen Meßsystemen gemessen. Ein Vergleich dieser Messungen ist in Abschnitt 9 dieses Berichtes gegeben.

Abb. 4.3.

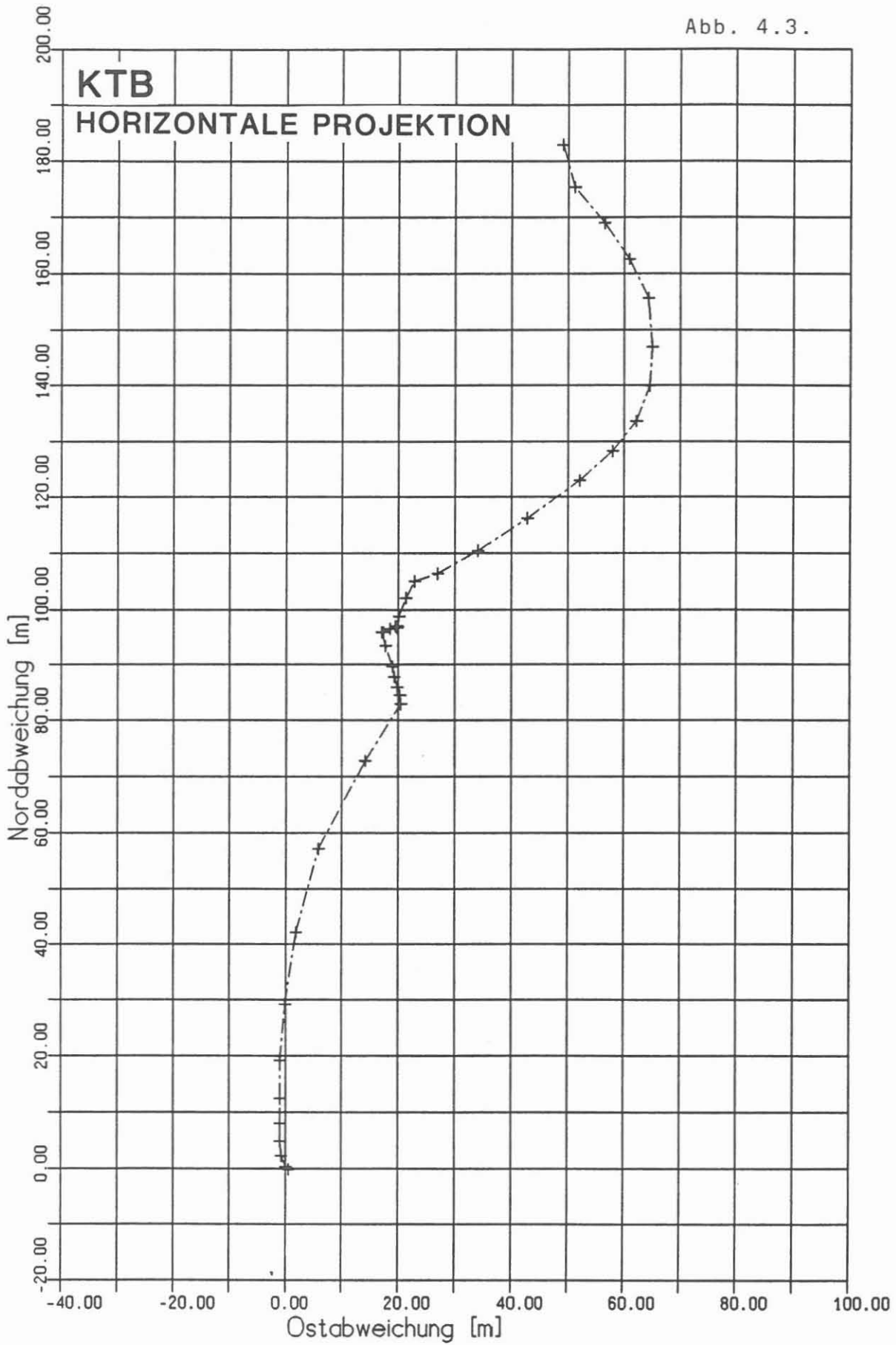


Abb. 4.4a.

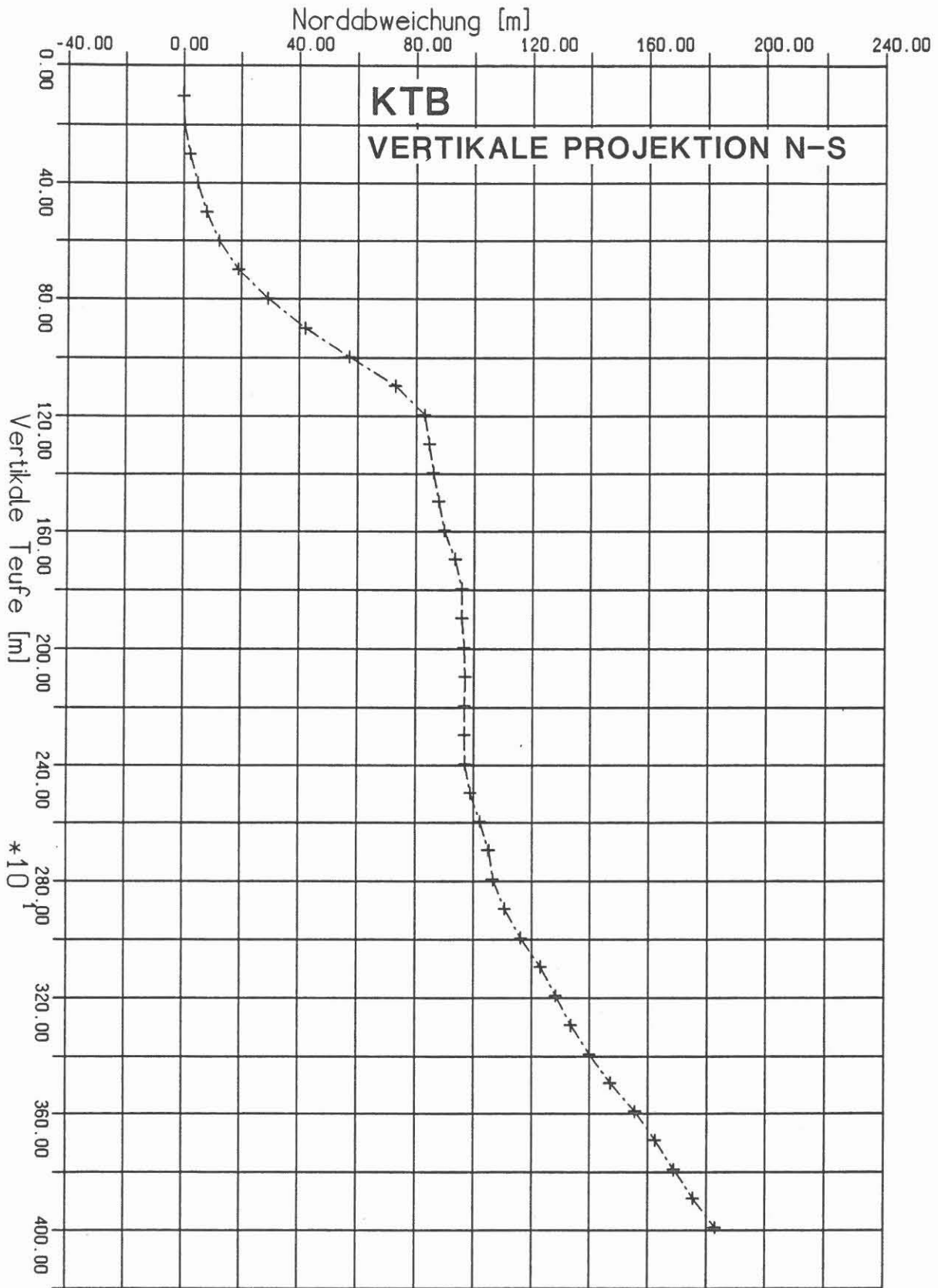
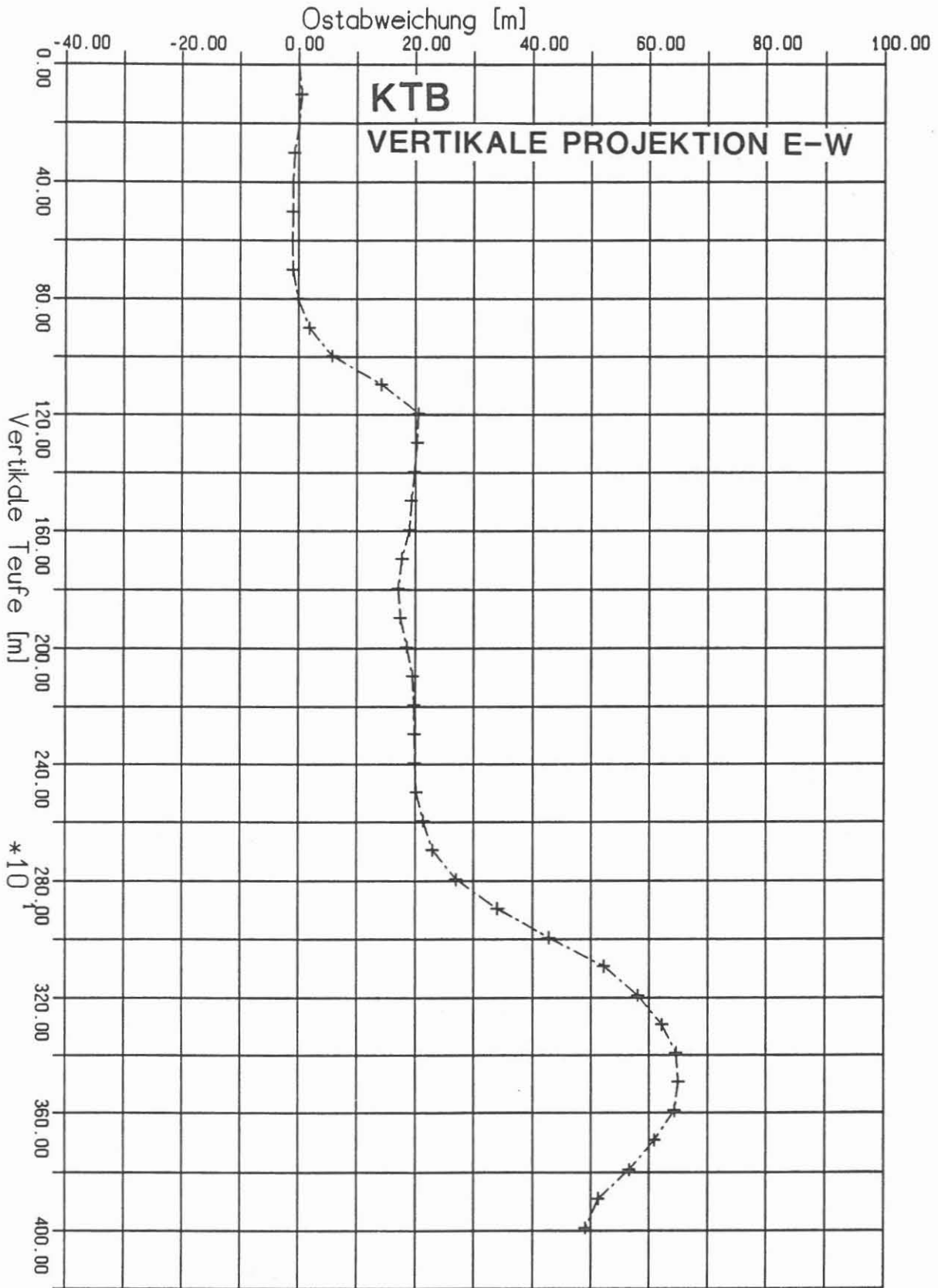


Abb. 4.4b.





#### 4.4 Neigungs-, Orientierungs- und Temperaturmessungen mit den Memory-Geräten

Der KTB-Report 88-4, Abschnitt 8.1, gibt eine Beschreibung dieses Meßsystems. Seit dieser Berichterstattung wurde das Gerät modifiziert. Damit wurde eine Möglichkeit geschaffen, durch Ritzen markierte Kerne mit Hilfe von am Kabel gefahrenen Orientierungs- und Neigungsmessungen nachzuorientieren.

Der Tabelle 4.3 können alle weiteren mit dem Kernbohrmeßsystem aufgezeichneten Temperaturdaten entnommen werden.

Darüber hinaus stehen die Neigungsdaten zur Verfügung.

Bezeichnung: MENT = Memory Temperatur  
MEMN = Memory Neigung  
MEMR = Memory Richtung (Toolface)

Folgende Datensätze sind bereits in nachstehenden KTB-Reports veröffentlicht:

##### Gerät I

Run 1- 6      KTB-Report 88-4  
Run 7-39     KTB-Report 88-7

##### Gerät II

Run 1-12     KTB-Report 88-4  
Run 13-33    KTB-Report 88-7

##### Gerät III

Run 1-13     KTB-Report 88-4  
Run 14-31    KTB-Report 88-7

Tabelle 4.3 Messungen mit dem MEM Tools

Gerät I:

Lfd. Nr.	Initial. Datum	h	Dateiname	Datum	Meßzeit von	bis	Tiefe von	bis
40	20.10.88	10:09		20.10.	10:23	10:33	0	
41	24.10.88	12:45	K881025	24.10.	15:00	20:02	3412.5-3422.5	
42	11.11.88	16:16	K881111	11.11.	18:40	19:42	3504.5-3511	
43	28.11.88	16:09	K881129	28.11.	20:17	23.50	3568 - 3580.7	
44	28.12.88	14:16	K881229	28.12.	16:54	21:43	3701 - 3709.3	

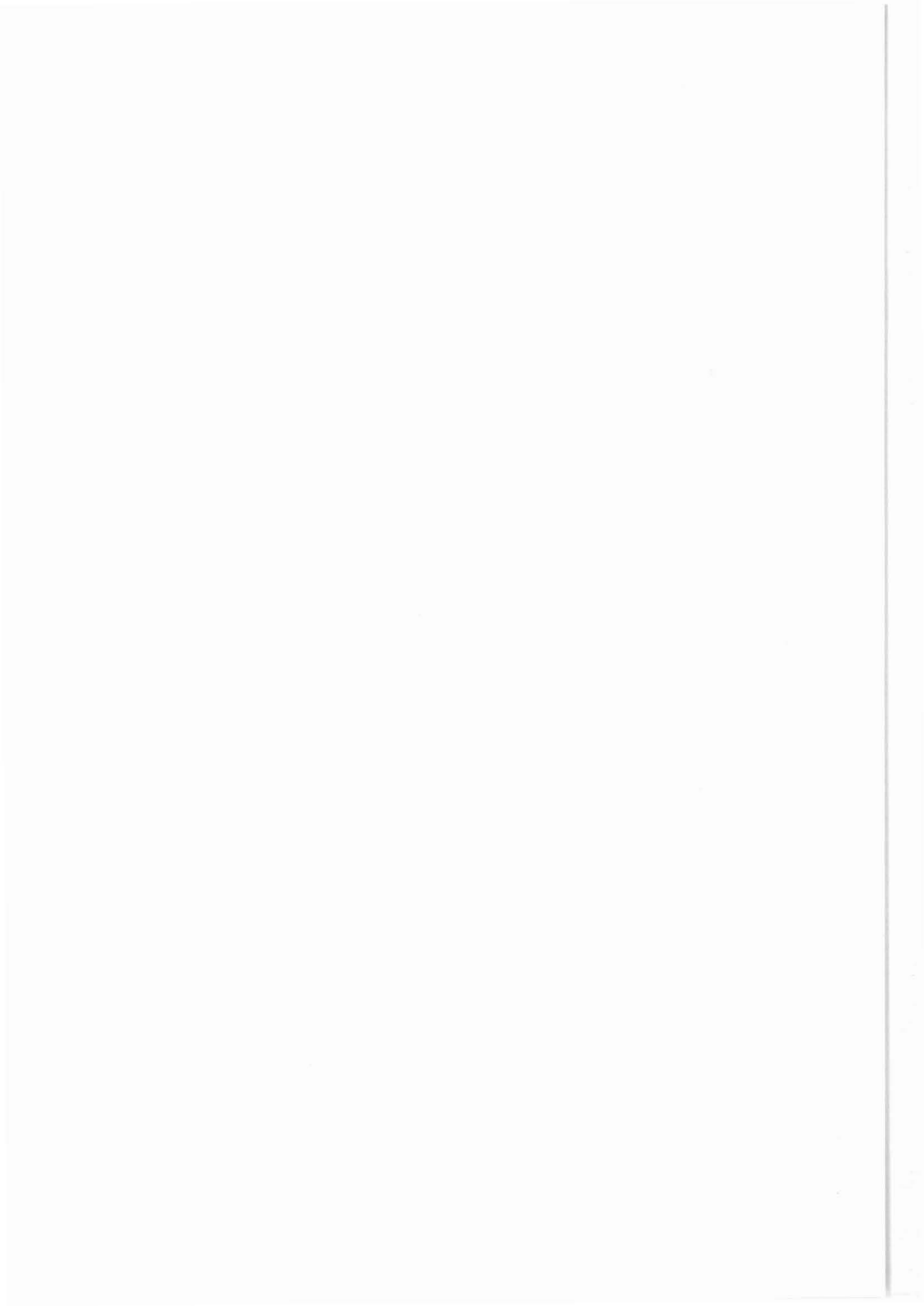
Gerät II:

Lfd. Nr.	Initial. Datum	h	Dateiname	Datum	Meßzeit von	bis	Tiefe von	bis
34	07.10.88	8:29	K881024	07.10.	10:20	12:50	3298.5-3303.5	

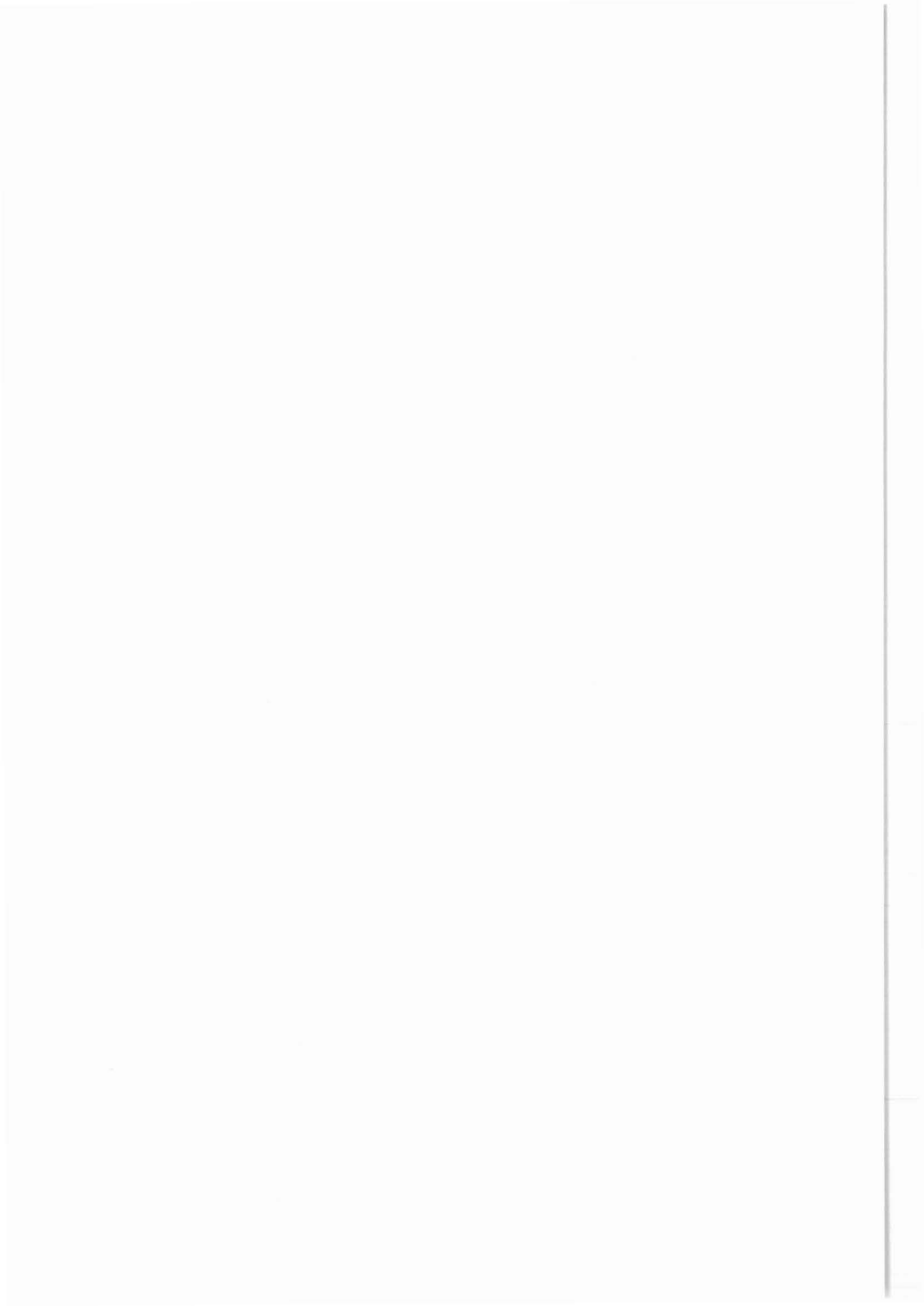
Gerät III:

Lfd. Nr.	Initial. Datum	h	Dateiname	Datum	Meßzeit von	bis	Tiefe von	bis
32	22.09.88	18:04	K880922	22.09.	16:06	16:16	3076	
33	28.09.88	12:28	K880928	28.09.	15:37	18:00	3155.5-3160.5	
34	01.10.88	11:27		01.10.	13:47	16:22	3207 -3213.5	
35	06.10.88	11:35	K881006	06.10.	13:53	16:32	3283.5-3289.5	
36	13.10.88	11:06	K881013	13.10.	03:07	03:17	3349	

Ab Messung Nr. 29 sind die Tools mit einem "Toolface indicator" ausgerüstet.



5. Sechste Meßserie bei 3626,0 m



## 5 SECHSTE MEßSERIE BEI 3626,0 m

Die sechste Meßserie wurde entsprechend dem in Tabelle 5.1 aufgelisteten Meßprogramm durchgeführt.

Wie in allen vorangegangenen Meßserien, wurde auch in dieser Serie versucht, die Temperaturmessungen nach einem vorgegebenen Zeitplan in den Ablauf einzufügen, um eine möglichst gute Aussage über den Temperatenausgleich zu erhalten (5 Messungen).

Zur Beobachtung des Bohrlochverhaltens wurde am Anfang der Meßserie eine Messung mit dem "Borehole Geometry Tool" (BGT) durchgeführt. Eine weitere Kalibermessung erfolgte am Ende der Meßserie mit dem "Slimhole Formation MicroScanner" (SFMST). Das übrige Meßprogramm entsprach im wesentlichen den vorangegangenen Meßserien.

Das "Mechanical Sidewall Coredriller Tool" (MSCT) von der Firma Schlumberger kam erstmals zum Einsatz. In mehreren Teufenpositionen konnten erfolgreich Seitenkerne gewonnen werden.

In enger Zusammenarbeit mit der DEKORP-Gruppe des Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) und den Instituten für Geophysik der Universitäten Karlsruhe (Prof. Dr. Hubral) und Bochum (Prof. Dr. Harjes) wurde sowohl ein "Vertical Seismic Profile" (VSP), als auch ein "Moving Source Profile" (MSP) durch die Fa. Prakla-Seismos ausgeführt.

Das "Moving Source Profile" wurde entlang von zwei aufeinander senkrecht stehenden Profilen (N-S; O-W) über eine Länge von 6 bzw. 8 Kilometern vibriert. Das "Vertical Seismic Profile" (VSP) wurde mit Sprengstoff als Energiequelle ausgeführt. Die Sprenglöcher lagen in ca. 200 Meter Entfernung nordöstlich der Vorbohrung.

Die Entscheidung diese seismischen Arbeiten in dieser Meßstufe durchzuführen, war kurzfristig herbeigebührt worden. Entsprechend der Planung sollten sie erst nach Erreichen der Endteufe ausgeführt werden.

Das von der Vorhersage abweichende erbohrte geologische Profil und der nicht eingetretene Lithologiewechsel bei ca. 3200 m war der Hauptgrund für diese Vorverlegung.

Von der Fa. Schlumberger, Paris kam die Anfrage, ob KTB bereit wäre ein "Slimhole Formation MicroScanner Tool" (SFMST), das für das "Ocean Drilling Programm" (ODP) gebaut worden war, in der Verbohrung getestet werden könnte. Diese Anfrage wurde aufgrund der internationalen Zusammenarbeit KTB-ODP positiv entschieden.

Am 13.12.1988 konnte das Gerät erfolgreich getestet werden. Die Meßergebnisse waren ausgezeichnet. Das Gerät arbeitete störungsfrei. Dr. R. Anderson, Lamont-Doherty Geological Observatory of Columbia University Palisades, NY/USA wurde davon unterrichtet. Mit diesem Gerät und dem Borehole Televier der Westfälischen Berggewerkschaftskasse (WBK) wurden die Intervalle, in denen Seitenkerne gebohrt worden waren, gemessen. Die Kernpositionen sind gut erkennbar.

Als Abschluß der Meßserie wurde noch eine Probennahme (FS) durchgeführt.

Abb. 5.1. gibt die Bohrlochverhältnisse bei Meßbeginn wieder.

Tabelle 5.1

6. Meßserie vom 05. - 14.12.1988 bei 3626,2 m Tiefe

Es wurden folgende Messungen durchgeführt:

Tag	Ausführender	Messung	Beginn	Ende	Zeit
05.	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	18.30	5.00*)	10.30
06.	KTB	BGT/AMS/GR	5.00	10.30	5.30
	KTB	SP/GR	10.30	14.30	4.00
	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	14.30	21.00*)	6.30
	Schlumb./KTB	DLL/MSFL/GR	21.00	1.15	4.15
07.	Schlumb./KTB	LDT/CNL/NGS	1.15	7.00	5.45
	Schlumb./KTB	SDT/GR-WF	7.00	15.00	8.00
	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	15.00	21.00**)	6.00
	Schlumb./KTB	FMST/GR	21.00	2.00	5.00
08.	Schlumb./KTB	MSCT/GR	2.00	14.00	12.00
	Schlumb./KTB	GLT	14.00	22.00	8.00
	Schlumb./KTB	MSCT/GR	22.00	4.00	6.00
09.	KTB	TEMP-SAL/AMS/GR	4.00	9.30	5.30
	PRAKLA/KTB	MSP (N - S)	9.30	14.00	28.30
10.	PRAKLA/KTB	MSP (W - E)	14.00	14.00	24.00
11.	PRAKLA/KTB	VSP (zero-Offset)	14.00	22.00	32.00
12.	KTB	FS/GR (3447,0 m)	22.00	0.30	2.30
13.	WBK/KTB	BHTV/GR	0.30	14.30	14.00
	Schlumb./KTB	FMST (Slim Hole)	14.30	20.30	6.00
	KTB	FS/GR	20.30	23.00	2.30
14.	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	23.00	4.00	5.00

Gesamtzeit (Stunden) 201.30

**Bemerkungen:**

\*) Stationäre Messung: 3.00 Stunden

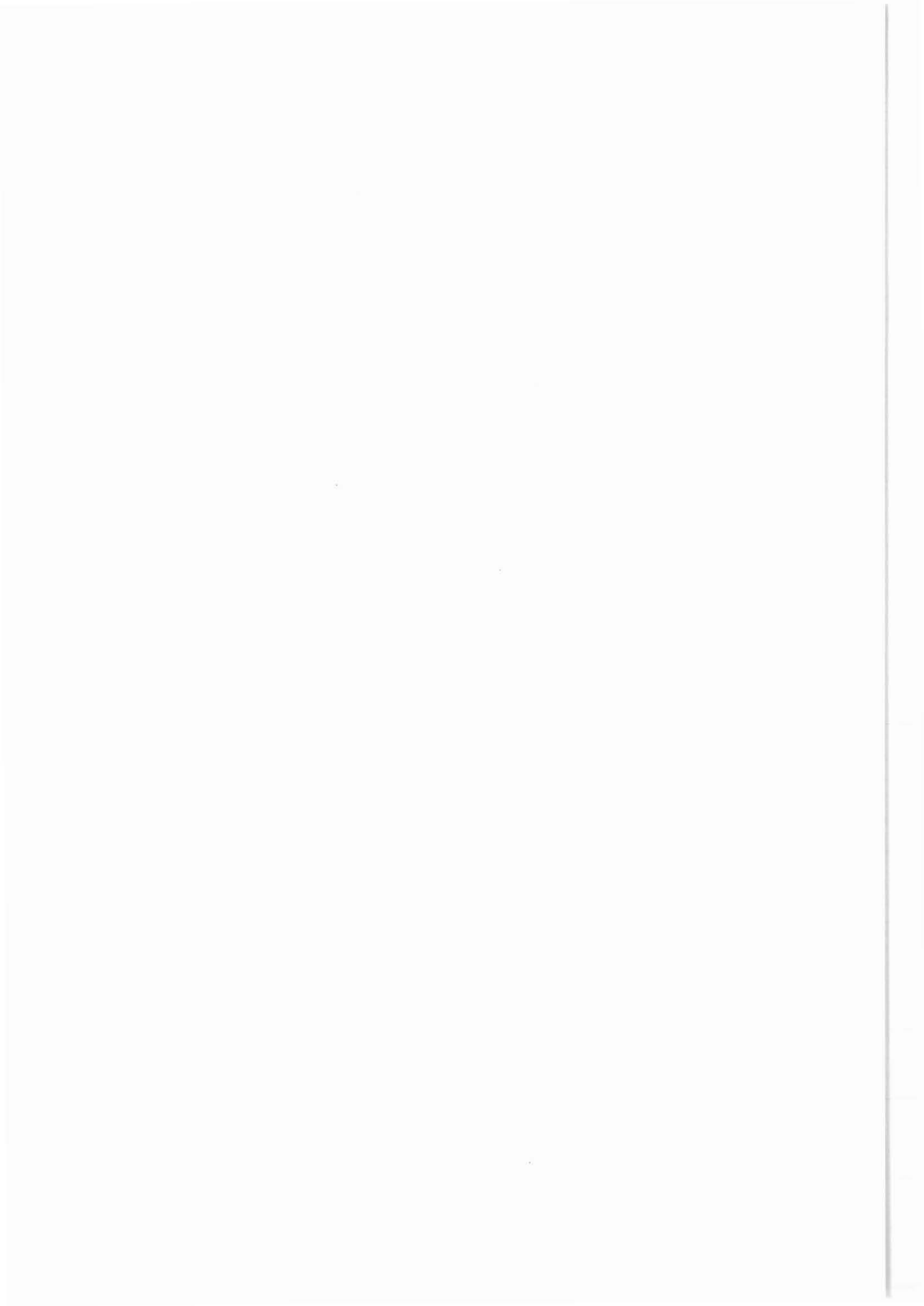
\*\*\*) stationäre Messung: 1.30 Stunden

08.12. MSCT-Prototyp, Hydraulik- und Kabelfehler: 4.00 Stunden

13.12. BHTV-Kabelfehler: 3.00 Stunden, 8 Intervalle im Seitenkernbereich zusätzlich.

FMST (Slim Hole): Neuer Prototyp. Test für ODP (ausgezeichnet gearbeitet).





Schlumberger

KTB-OPF-VB1A "DLL-MSFL-GR" 6.12.88

CSU Field Log

COMPANY: NIEDERSAECHSISCHES LANDESAMT F. BODENFORSCHUNG WELL: KTB-OPF-VB1A FIELD: OBERPFALZ KREIS: NEUSTADT/WM LAND: BAYERN NATION: BRD LOCATION: NAABDEMENREUTH WINDISCHESCHENBACH  LATITUDE: HW:55 19 865 LONGITUDE: RW:45 08 590  PERMANENT DATUM: ACKERSOEHLE ELEVATIONS- ELEV. OF PERM. DATUM: 513.5 M KB: LOG MEASURED FROM: ACKERSOEHLE DF: 7.4 M 0.0 M ABOVE PERM. DATUM GL: 513.5 M DRLG. MEASURED FROM: ACKERSOEHLE  DATE: 7 DEC 88 RUN NO: 5		OTHER SERVICES- SDT-GR LDL-CNL-NGS 4PAD FMS MCST GLT  PROGRAM TAPE NO: 30.4A SERVICE ORDER NO: VB-00259
DEPTH-DRILLER: 3628.0 M DEPTH-LOGGER: 3631.5 M BTM. LOG INTERVAL: 3627.0 M TOP LOG INTERVAL: 2950.0 M  CASING-DRILLER: 27.4 M 478.0 M 479.5 M CASING-LOGGER: 27.4 M 479.5 M CASING: 13-3/8"K55 8-5/8"K55 7" K55 HEIGHT: 54.5000 LB/F 32.0000 LB/F 29.0000 LB/F BIT SIZE: 17-1/2" 10-3/8" 6" DEPTH: 27.5 M 478.5 M 3628.0 M		
TYPE FLUID IN HOLE: DEHYDRIL DENSITY: 1.03 G/C3 VISCOSITY: 4747 S PH: 10.3 FLUID LOSS: 25.0 C3 SOURCE OF SAMPLE: UMLAUF RM: 5.880 DHMM AT 14.0 DEGC RMF: 7.320 DHMM AT 14.0 DEGC RMC: 4.940 DHMM AT 14.0 DEGC SOURCE RMF/RMC: PRESSE/PRESSE RM AT BHT: 1.624 DHMM AT 108. DEGC RMF AT BHT: 2.021 DHMM AT 108. DEGC RMC AT BHT: 1.364 DHMM AT 108. DEGC  TIME CIRC. STOPPED: 10:00 5 DEZ TIME LOGGER ON BTM.: 22:40 6 DEZ  MAX. REC. TEMP: 107.5 DEGC  LOGGING UNIT NO: 701 LOGGING UNIT LOC: KTB RECORDED BY: G.DPOKA WITNESSED BY: H.DRAXLER		
REMARKS:  GEBOHRT BIS 19:00 4/12 GERAET OHNE ZENTRIERUNG ODER STANDOFF GEFahren. MESSUNG MIT LLD,LLS UND MSFL OHNE BEGRENZUNGEN. MAX.TEMP VON VORHERGEMESSENE TEMP/SAL MESSUNG. MSFL NUER AUF 1/200 ABGEBILDET.  KORRELIERT MIT BGL-GR VOM 6.12.88		
EQUIPMENT NUMBERS-  SRE-D 890      DRS-C 6794      SGT-L KTB      TCC-B 190 TCM-AB 449      LCM-A 740      DLS-F 891      DLE-F 756 DLC-D 900		

**TEMP-DIFF/AMS/GRL** (Temperaturmessung mit zwei Sensoren/  
Auxiliary Measurement System/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** KTB

Lfd. Nr.	Datum	Run Nr.	Intervall Messung	
			im Hängen	stationär
VB*-255	05.12.88	98	3065,0 - 3630,2 m	3629,7 m
VB*-258	06.12.88		3274,6 - 3634,3 m	3633,8 m
VB*-262	07.12.88		3274,6 - 3630,2 m	3629,7 m
VB*-266	09.12.88		480,0 - 3630,2 m	3639,7 m

**Beispiel:**

Einzelmessung im Hängen registriert (VB\*-255) Abb. 5.2.

**Meßziel:**

Außer der Temperatur soll auch mit Hilfe der Widerstandsmessung des Auxiliary Measurement Systems der Widerstand der Spülung gemessen werden. Sollten saline Wässer zutreten, würde sich dies durch eine erhöhte Leitfähigkeit (siehe Teufe 3568,5 m) der Spülung zeigen.

**Durchführung:**

Die Messung wird im Hängen registriert. Dies ist erforderlich, um für die Temperatur- und Leitfähigkeitsaufnahme der Spülungssäule unvermengte Verhältnisse vorzufinden. Nur so können Zufluß- oder Verlustzonen erkannt werden. Teufenmaßstab 1:1000; Meßgeschwindigkeit 10 m/min.

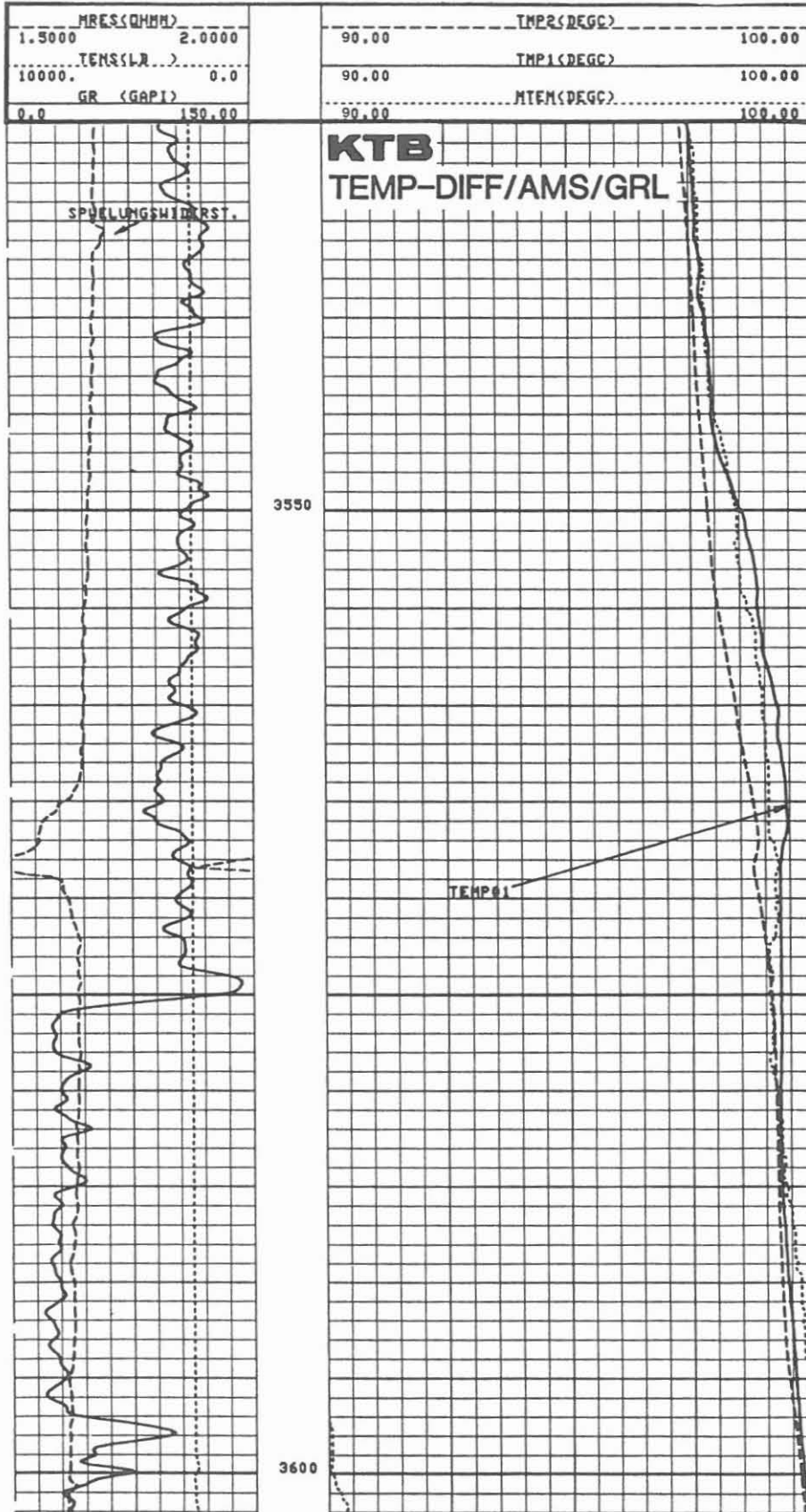
**Technische Anmerkungen:**

Diese Gerätekombination ist im KTB-Report 88-7, Abschnitt 8.1 besprochen.  
Datenrate: 15 cm

**Abkürzungen:**

englisch, Einheit		deutsch, Einheit	
MRES	Mud Resistivity (Ohm m)	Spülungswiderstand	Ohm m
MTEM	Mud Temperature (DEGC)	Spülungstemperatur	°C

Abb. 5.2.



**BGL/AMS/GRL** (Borehole Geometry Log (Vierarm-Kaliber)/Auxiliary Measurement System/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 32 - VB - 69	26.10.	- 05.11.87	KTB-Report 87-4
VB - 94 - VB -130	20.12.87	- 27.02.88	KTB-Report 88-4
VB*-168 - VB*-231	30.05.88	- 16.09.88	KTB-Report 88-7
VB*-238	24.09.88	91	430,0 - 3117,3 m
VB*-239	04.10.88	92	450,0 - 3263,5 m
VB*-244	11.10.88	93	450,0 - 3333,0 m
VB*-250	30.10.88	95	450,0 - 3480,0 m
VB*-252	11.11.89	97	450,0 - 3529,5 m
VB*-256	06.12.88	98	450,0 - 3629,8 m

**Beispiel:**

Run Nr. 98, 3535,0 - 3602,0 m, Abb. 5.3.

**Meßziel:**

Kontrolle des Zustandes der Bohrung, der Bohrlochrandausbrüche, Auskesselungen, Neigung und Richtung. Angaben zum Spannungsfeld.

**Durchführung:**

Vor dem Einsatz der anderen Meßgeräte wurde aus Sicherheitsgründen jeweils eine Kalibermessung gefahren, um Zonen zu ermitteln, die ausgebrochen sind. Die Messungen wurden im Aufwärtsfahren registriert. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 15 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

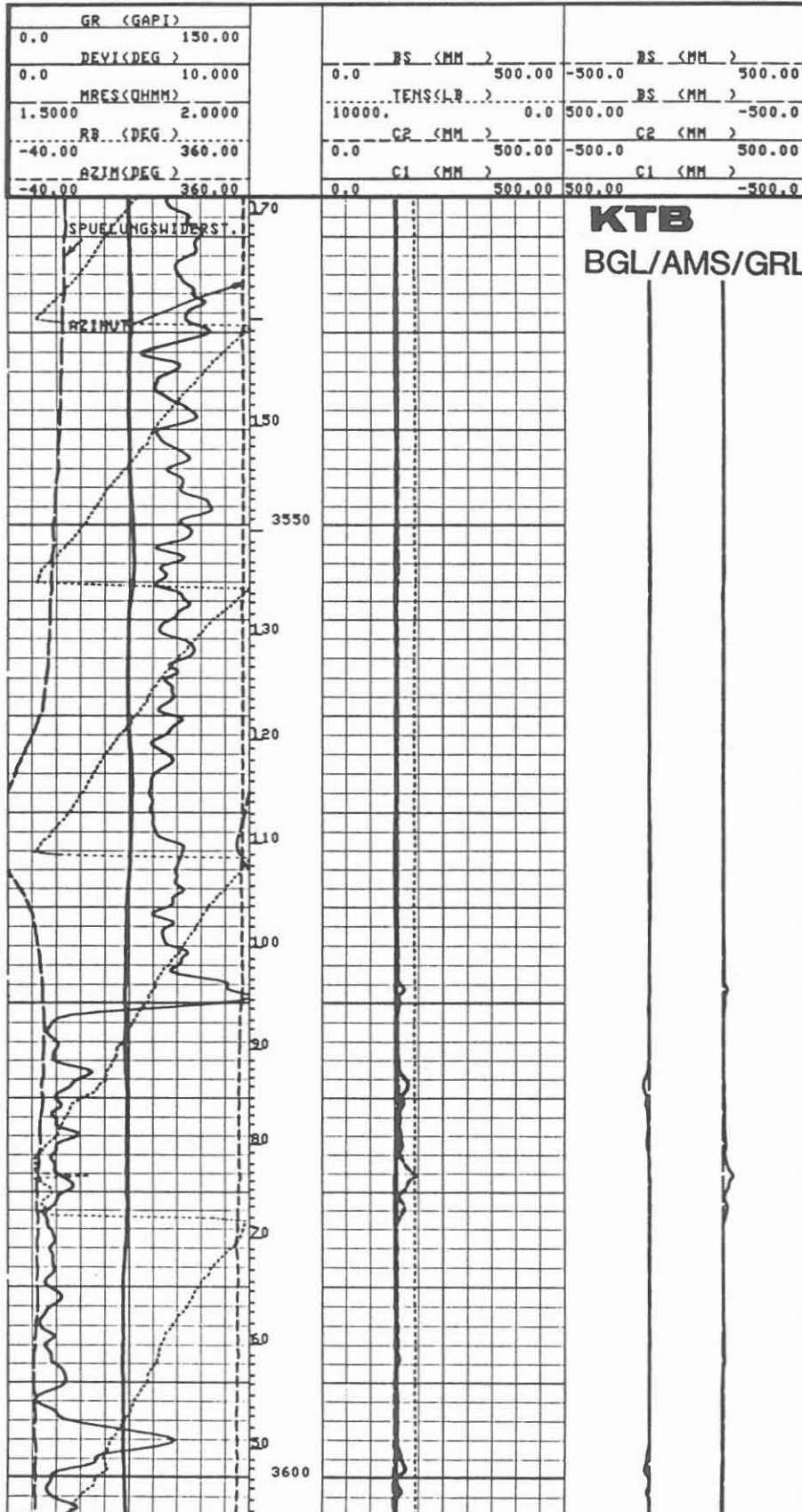
Das Meßsystem wird zentriert eingefahren. Je zwei gegenüberliegende Kaliberarme sind zu einem Meßpaar zusammengefaßt. Außerdem besitzt dieses Meßgerät ein Neigungs- und magnetisches Orientierungssystem. Über ein potentiometer-kontrolliertes Pendel wird die Neigung der Bohrung gemessen. Ein Kompaß ermittelt die Richtung. Die Lage des Gerätes wird durch den Referenz-Kaliberarm 1 und das "Relative Bearing" (Referenzpendel), das in 180° zum Arm 1 steht, bestimmt. Die Berechnung des Bohrlochvolumens bei Ovalisierung geht von einer Idealellipse aus. Die Markierungen an der linken Seite der Teufenspur geben das integrierte Bohrlochvolumen in Kubikmeter (langer Markierungsstrich) an.

Datenrate: 15 cm (6").

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>	
BS	Bit Size	(MM) Meißelgröße	mm
C1	Caliper 1	(MM) Kaliber 1	mm
C2	Caliper 2	(MM) Kaliber 2	mm
DEVI	Deviation	(DEG) Neigung	Grad
HAZI	Hole Azimuth	(DEG) Bohrlochazimut	Grad
GR	Gamma Ray	(GAPI) Gammastrahlung	API-Einheiten
RB	Relative Bearing	(DEG) Referenz	Grad
TENS	Tension	(LB) Gewicht am Kabel	Pfund

Abb. 5.3.



**DLL/MSFL/GRL/CAL** (Dual Laterolog/Microspherical Focused Log/Gammastrahlen-/Kalibermessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 33	26.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB - 99	21.12.87	2	KTB-Report 88-4
VB -131	28.02.88	3	KTB-Report 88-4
VB*-180	02.06.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-219	07.09.88	5	KTB-Report 88-7
VB*-259	06.12.88	6	2950.0 - 3627,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3540,0 - 3602,0, Abb. 5.4.

**Meßziel:**

Diese Widerstandsmessung wurde gefahren, um Zonen hohen Widerstandes, also dichte Zonen, von Intervallen niedrigen Widerstandes zu unterscheiden. Letztere können Fluide enthalten. Sehr niedrige Widerstände können auf graphit- oder erzhaltige Lagen hinweisen.

**Durchführung:**

Die Messung wird als Kombination mit MSFL, CAL und AMS gefahren. Die Widerstandsskala wurde logarithmisch von 0,2 - 2000 Ohm m mit einem "back-up" von 2000 bis 200 000 Ohm m aufgezeichnet. Die gemessenen Widerstandswerte müssen wegen des Bohrlocheinflusses (besonders im Bereich mit großen Auskesselungen) und der Schulterzonenbeeinflussung korrigiert werden. Dies ist entweder nur im Rechenzentrum der Service-Firma möglich oder im EDV-Zentrum bei KTB. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000 in Echtzeit; die Meßgeschwindigkeit richtet sich nach dem GR und betrug 9 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

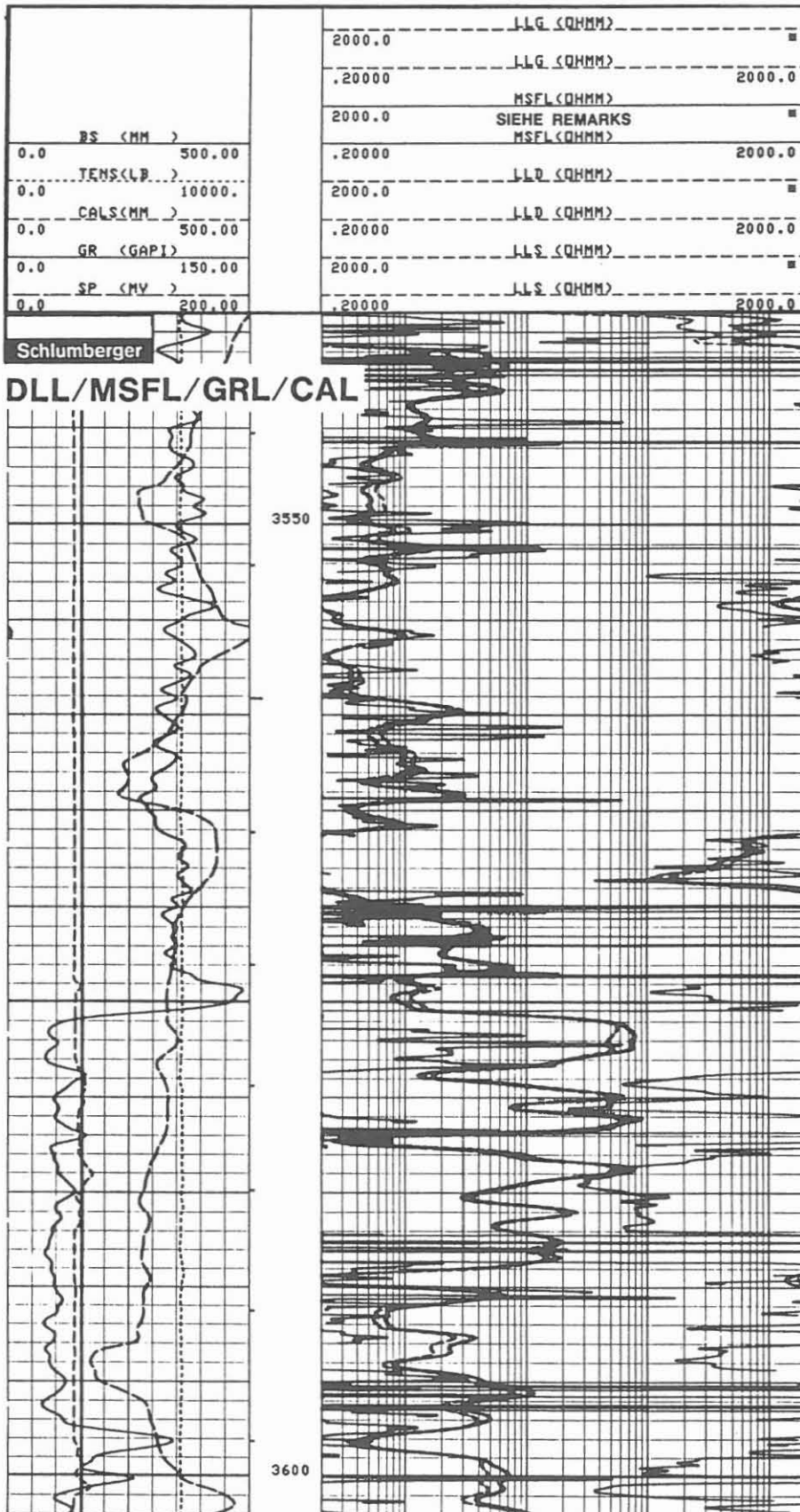
Es wurde das Dual Laterolog DLT-E eingesetzt. Dieses Gerät registriert 3 Laterologkurven, das Laterolog-Shallow (LLS), Laterolog-Deep (LLD) und Laterolog-Groningen (LLG). Das LLS arbeitet mit einer Frequenz von 270 Hz, das LLD und LLG mit 32 Hz. Die Referenzelektrode "N" ist für LLD am Kabel und für LLG an Elektrode VI am Bridle befestigt.

Datenrate Dual Laterolog: 15 cm und Microspherical Focused Log: 5 cm.

**Abkürzungen:**

<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
BS	Bit Size (MM)	Meißelgröße	mm
CALS	Caliper (MM)	Kaliber	mm
GR	Gamma Ray (GAPI)	Gammastrahlung	API-Einheit
LLD	Laterolog "deep"	tiefes Laterolog	Ohm m
LLG	Laterolog "Groningen"	Groningen-Effekt	
		kompensiertes Laterolog	Ohm m
LLS	Laterolog "shallow"	seichtes Laterolog	Ohm m
MSFL	Microspherical Focused Log	mikrosphärisch fokussierte Messung	Ohm m
SP	Self Potential (MV)	Eigenpotential	mV

Abb. 5.4.





SP/GR (Eigenpotential/Gammastrahlen)

Ausführender: KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 46	29.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -106	04.01.88	2	KTB-Report 88-4
VB -139	02.03.88	3	KTB-Report 88-4
VB*-169	30.05.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-214	06.09.88	5	KTB-Report 88-7
VB*-257	06.12.88	6	480,0 - 3624,4 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3520,0 - 3602,0 m, Abb. 5.5.

**Meßziel:**

Hinweise auf permeable Zonen, Tonlagen, dichte Gesteinsbereiche sowie zur Salinität des Formationswassers.

**Durchführung:**

Eine für KTB besonders zusammengesetzte Sonde kam zum Einsatz. Sie wurde allein und stromlos gefahren, um störende Einflüsse zu vermeiden. Nur ein GR und ein isoliertes Gewicht unterstützten das Einfahren. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 9,0 m/min.

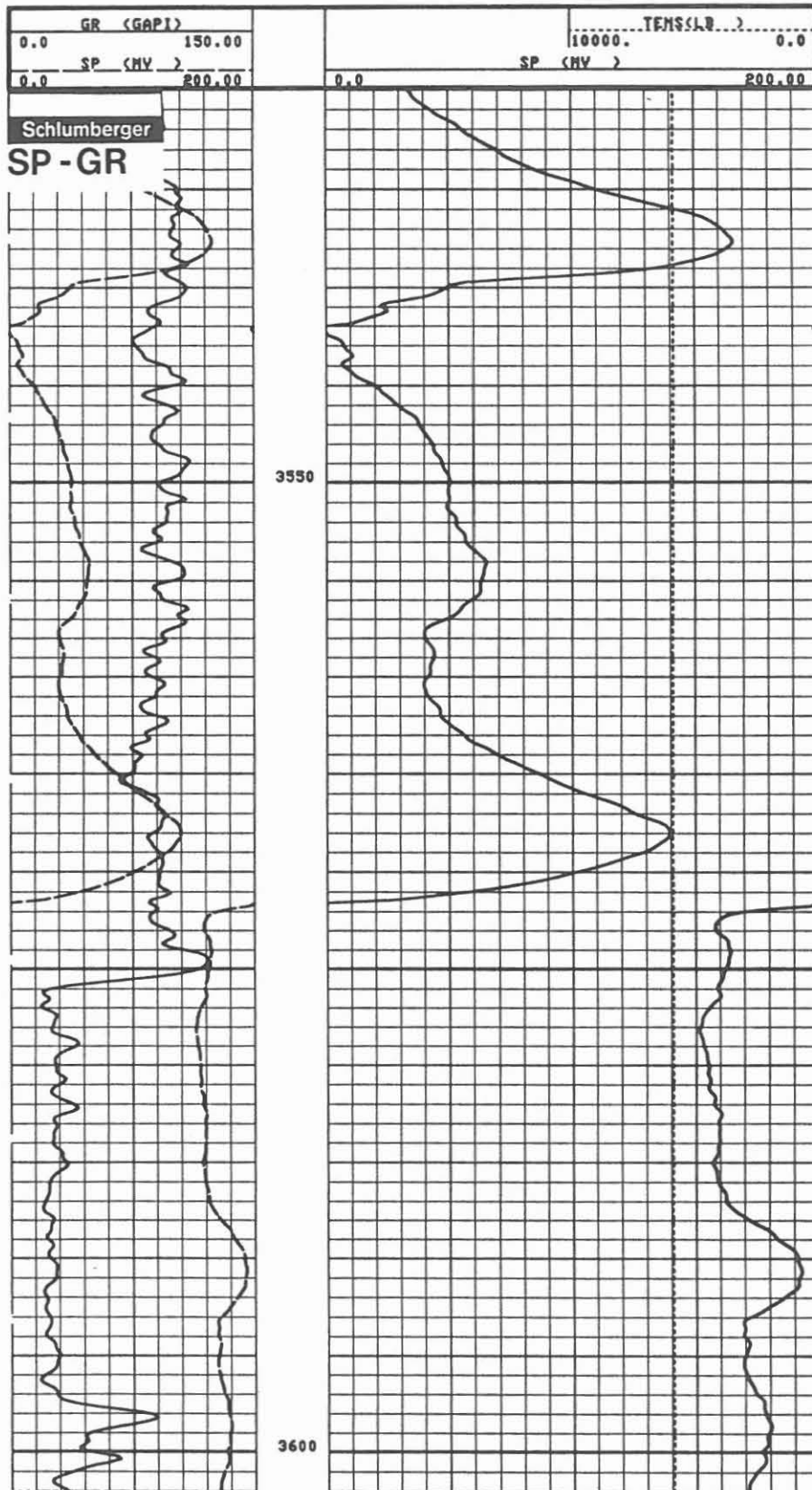
**Technische Anmerkungen:**

Die Oberflächenelektrode wurde in der Bohrkleingrube plaziert. Von dieser Position war die beste Ansprache des Meßsystems zu beobachten. Die Distanz zur Bohrung beträgt ca. 12 m.  
Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
SP	Self Potential (MV)	Eigenpotential Millivolt
GR	Gamma Ray (GAPI)	Gammastrahlung API-Einh.
TENS	Tension (LB)	Gewicht am Kabel Pfund

Abb. 5.5.



**LDT/CNT/NGT** (Litho Density-/Compensated Neutron/Natural Gamma Spectrometer-Messung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-260	07.12.88	5	2950,0 - 3631,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3540 - 3602,0 m, Abb. 5.6.

**Meßziel:**

Bestimmung der spezifischen Massendichte des Gesteins. Diese liefert Hinweise auf Lithologie und Porosität. Hinweise auf Vererzungen und Mineralisierung durch Schwerminerale (wie z. B. Baryt) werden durch den photoelektrischen Effekt gewonnen. Lithologie und Porosität werden auch von der Neutron-Messung erfaßt. Bestimmung des Uranium-, Thorium- und Kaliumanteils sowie der Wärmeproduktion der Gesteine mittels NGT.

**Durchführung:**

Sowohl die Dichte- wie auch die Neutronmessung müssen exzentrisch gefahren werden. Als Anpreßarm wird ein Einarm-Kaliber für die Dichtemessung und Exzentrierfedern für die Neutronmessung verwendet. Das Diagramm zeigt das Summen-GR (SGR), das berechnete GR (CGR), Kaliber und Meißeldurchmesser. Außerdem wird die Dichte, Neutronporosität (in Kalksteineinheiten), der photoelektrische Effekt und die Dichtekorrektur wiedergegeben. Starke Dichteschwankungen sind meist mit abrupten Kaliberveränderungen zu korrelieren; hier ist bei einer Interpretation Vorsicht geboten.

Maximale Öffnung des einarmigen Kalibers: 576 mm (22,6").

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit: 6 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

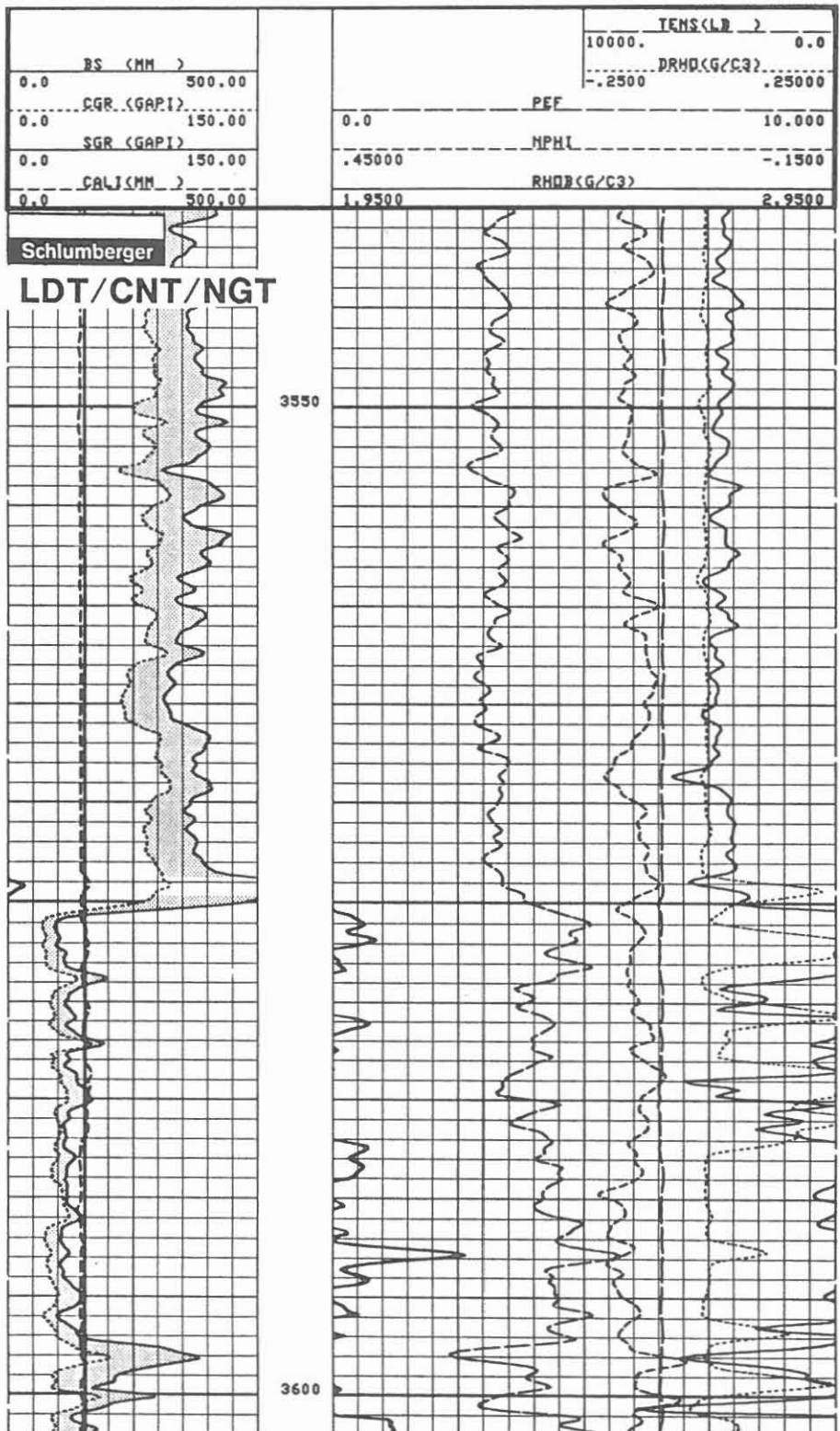
Für die Dichtemessung wird das Gebirge durch eine Cäsium-Quelle und für die Neutronmessung durch eine Americium-Beryllium-Quelle angeregt. Für das Kristallin wurde noch kein neues Kalibrierungssystem für die Kalksteinporositätseinheiten gefunden. Damit sind im Sediment beide Meßsysteme auf ein vergleichbares Porositätsformat gebracht. Es soll jedoch bereits darauf hingewiesen werden, daß die durchschnittliche Anzeige von 12 bis 15 % Neutronporosität keine effektive Porosität repräsentiert, sondern einen Hinweis auf neutronenabsorbierenden Mineralbestand darstellt.

Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
DRHO	Delta-RHO	(G/C3)	Dichtekorrektur	g/cm <sup>3</sup>
NPFI	Neutronporosity	(% L.P.U.)	Neutronenporosität	% Kalksteineinh.
RHOB	Bulk Density	(G/C3)	Massendichte	g/cm <sup>3</sup>
PEF	Photoelectric Adsorption	(B/E)	Photoelektr. Adsorption	Barn/Elektron

Abb. 5.6.



**CNT-G/GRL/CAL** (Compensated Neutron-Type "G"/Gammastrahlen-/Kalibermessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-260	07.12.88	5	2950,0 - 3631,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3530,0 - 3602,0 m, Abb. 5.7.

**Meßziel:**

Bestimmung der Porosität, der Lithologie, des Tongehaltes (Vergrünungsgrad), Gehalt an neutronabsorbierenden Mineralien und Kalzitlagen (Kluftverheilungen).

**Durchführung:**

Dieses Gerät wurde mit der Kombination LDT/CNT/NGT gefahren. Die Aufzeichnung der Messung wird in Echtzeit nur auf Magnetband vorgenommen. Die optische Darstellung wird über Playback ausgeführt. Das Diagramm zeigt in Spur 1 das Summen-GR (SGR), die um den Uranium-Anteil korrigierte Strahlung (CGR), Kaliber (der Dichtemessung) (CALI) und das Gewicht am Kabel (TENS). In Spur 3 und 4 wird die im thermalen und epithermalen Energiebereich gemessene Neutronporosität in Kalksteinporositätseinheiten wiedergegeben. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit wie Kombinationsmessung: 6 m/min.

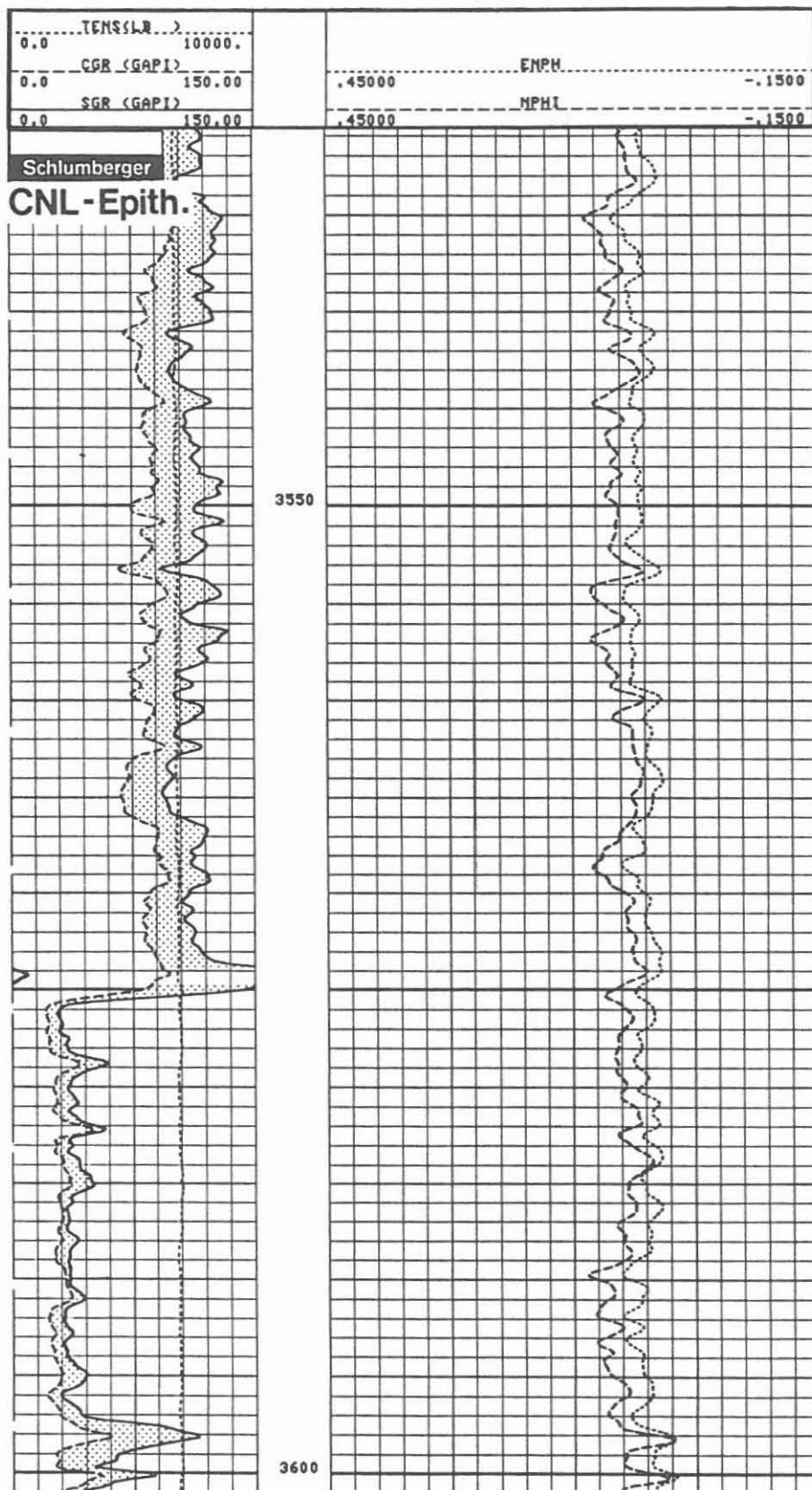
**Technische Anmerkungen:**

Mit diesem Gerät wird die Neutronanregung in zwei Energiebereichen erfaßt: thermal und epithermal. Im epithermalen Bereich wird die durch die abgebremsten Neutronen erzeugte Strahlung gemessen, wohingegen im thermalen Bereich die auf dieses Niveau gebremste Neutronstrahlung erfaßt wird. Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
ENPH	Epithermal Neutron Porosity (% LPU)	epithermale Neutronporosität % Kalksteineinheiten
NPPI	Neutronporosity (% LPU)	Neutronenporosität % Kalksteineinheiten

Abb. 5.7.



**NGS-RATIO** (Natural Gamma Spectrometer - Ratio Präsentation)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-260	07.12.88	5	2950,0 - 3631,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3533,0 - 3602,0 m, Abb. 5.8.

**Meßziel:**

Auflösung des natürlichen Gammastrahlenspektrums in Uranium-, Thorium- und Kaliumanteile. Bestimmung von radioaktiven Bestandteilen und deren Verhältnis zueinander, der Wärmeproduktion sowie mögliche Hinweise auf Klüftigkeit.

**Durchführung:**

Die Messung wurde in Kombination mit der Dichte-Neutronmessung (LDT/CNT) und dem Geochemical Logging Tool (GLT) gefahren. Die Berechnung der anteiligen Strahlungen und der Verhältnisse sind als Playback aufgezeichnet. Die Aufzeichnung bringt in Spur 1 die Gesamtgammastrahlung (SGR), die um den Uraniumanteil korrigierte Strahlung (CGR) - deren Differenz punktiert dargestellt ist -, in Spur 3 die Verhältnisse Thorium/ Uranium, Uranium/-Kalium und Thorium/Kalium in logarithmischer und in Spur 4 die Einzelanteile in linearer Präsentation. Die Kalium- und Thoriumkurven sind gegenläufig dargestellt und die Fläche zwischen den Meßwerten ist durch Punktierung hervorgehoben.

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 6 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

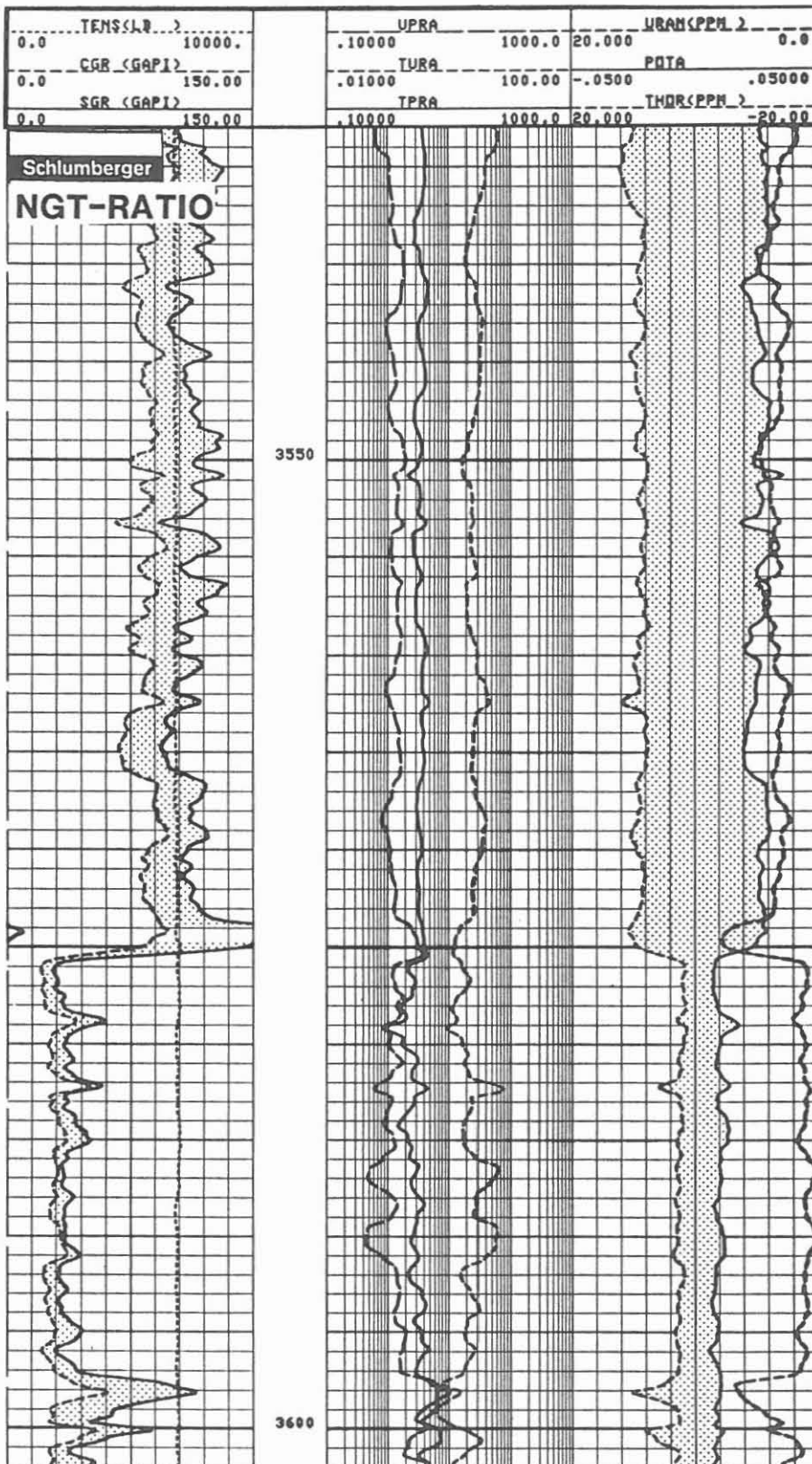
Die Berechnung der Verhältnisse erfolgt, um die Hauptstrahlungskomponente hervorzuheben. Die Zählraten der Einzelstrahlungen werden durch einen Kalmann-Filter von starken statistischen Schwankungen befreit. Die Messung wurde exzentrisch gefahren.

Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
CGR	Computed GR	(GAPI)	Berechnetes GR	API-Einheiten
			(Uraniumkorrigiertes GR)	
POTA	Potassium		Kalium	%
SGR	Sum GR	(GAPI)	Summen-Gesamt GR	API-Einheiten
TENS	Tension	(LB)	Gewicht am Kabel	Pfund
THOR	Thorium	(PPM)	Thorium	g/t
TPRA	Thorium/Potassium Ratio		Thorium/Kalium-Verhältnis	
TURA	Thorium/Uranium Ratio		Thorium/Uranium-Verhältnis	
UPRA	Uranium/Potassium Ratio		Uranium/Kalium-Verhältnis	
URAN	Uranium	(PPM)	Uranium	g/t

Abb. 5.8.





**NGS-SPEC** (Natural Gamma Spectrometer - Spezialaufzeichnung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-260	07.12.88	5	2950,0 - 3631,0 m

**Beispiel:**

Messausschnitt von 3540,0 - 3610,0 m, Abb. 5.9.

**Meßziel:**

Aufzeichnung des natürlichen Gammastrahlenspektrums, zerlegt in Uranium-, Thorium- und Kaliumstrahlung. Bestimmung von radioaktiven Bestandteilen, der Wärmeproduktion sowie mögliche Klufthanzeige durch Uraniumspitzen.

**Durchführung:**

Die Messung wurde in Kombination sowohl mit der Dichte-Neutronmessung (LDT/CNT) als auch mit dem Geochemical Logging Tool (GLT) gefahren. Da das NGT vor der optischen Darstellung bearbeitet werden muß, wurde es nicht in Echtzeit registriert. Die Darstellung gibt die Gesamtgammastrahlung (SGR), die um den Uraniumanteil korrigierte Strahlung (CGR) und die von der Uranium- und Thoriumreihe und dem Kalium ausgehende Strahlung wieder. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 6 m/min.

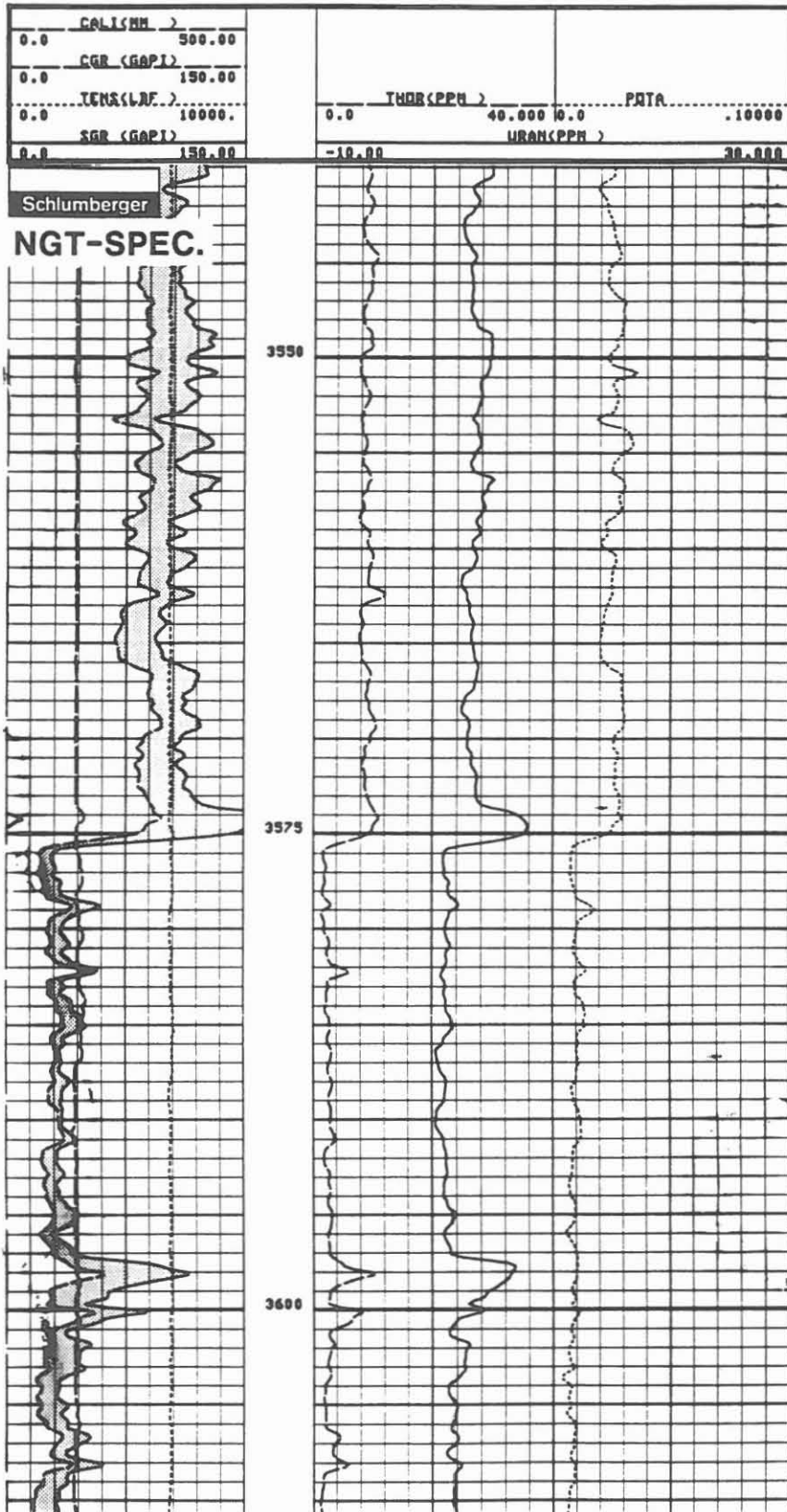
**Technische Anmerkungen:**

Es werden Strahlungsaktivitäten in Zählraten gemessen. Diese werden über einen Kalmann-Filter bearbeitet, bevor sie optisch auf Film aufgezeichnet werden. Die Rohdaten der 3 Energiefenster des Spektrums werden auf Magnetband registriert. Eine Gammastrahlenmessung ist eine "statistische" Messung. Sie soll deshalb langsam (unter 9 m/min.) gefahren werden. Die Messung wurde exzentrisch gefahren. Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
BS	Bit Size (MM)	Meißeldurchmesser	mm
CALI	Caliper (MM)	Kaliber	mm
CGR	Computed GR (GAPI)	Berechnetes GR (Uraniumkorrigiertes GR)	API-Einheiten
POTA	Potassium (%)	Kalium	%
SGR	Sum GR (GAPI)	Summen-Gesamt GR	API-Einheiten
URAN	Uranium (PPM)	Uranium	g/t
TENS	Tension (LB)	Gewicht am Kabel	Pfund
THOR	Thorium (PPM)	Thorium	g/t

Abb. 5.9.



**FMST/GRL/CAL** (4-Pad Formation MicroScanner/Gammastrahlen-/Kalibermessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 37	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB - 95	20.12.88	1	KTB-Report 88-4
VB - 97	21.12.87	2	KTB-Report 88-4
VB -132	28.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-174	31.05.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-263	07.12.88	5	3000,0 - 3629,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3538,0 - 3602,0 m, Abb. 5.10.

**Meßziel:**

Nachweis von Klüften und Kluftsystemen, Störungen und Scherflächen. Außerdem soll über die Schichtung, Textur und Struktur des Gesteins, das Einfallen und Streichen des Gebirges bzw. der Klüfte eine Aussage erreicht werden. Ferner ist damit eine Nachorientierung der Bohrkerns vorgesehen.

**Durchführung:**

Angaben zur 4-Pad-Aufzeichnung finden sich im Abschn. 8.1 des KTB-Reports 88-4. Durch einen unvorhersehbaren Störfall konnte bei der vierten Meßserie keine FMST-Messung durchgeführt werden. Das Intervall wurde zu einem späteren Zeitpunkt gemessen (VB\* - 245, 15.10.1988; 2000 - 3365,5 m).  
Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 6 m/min.

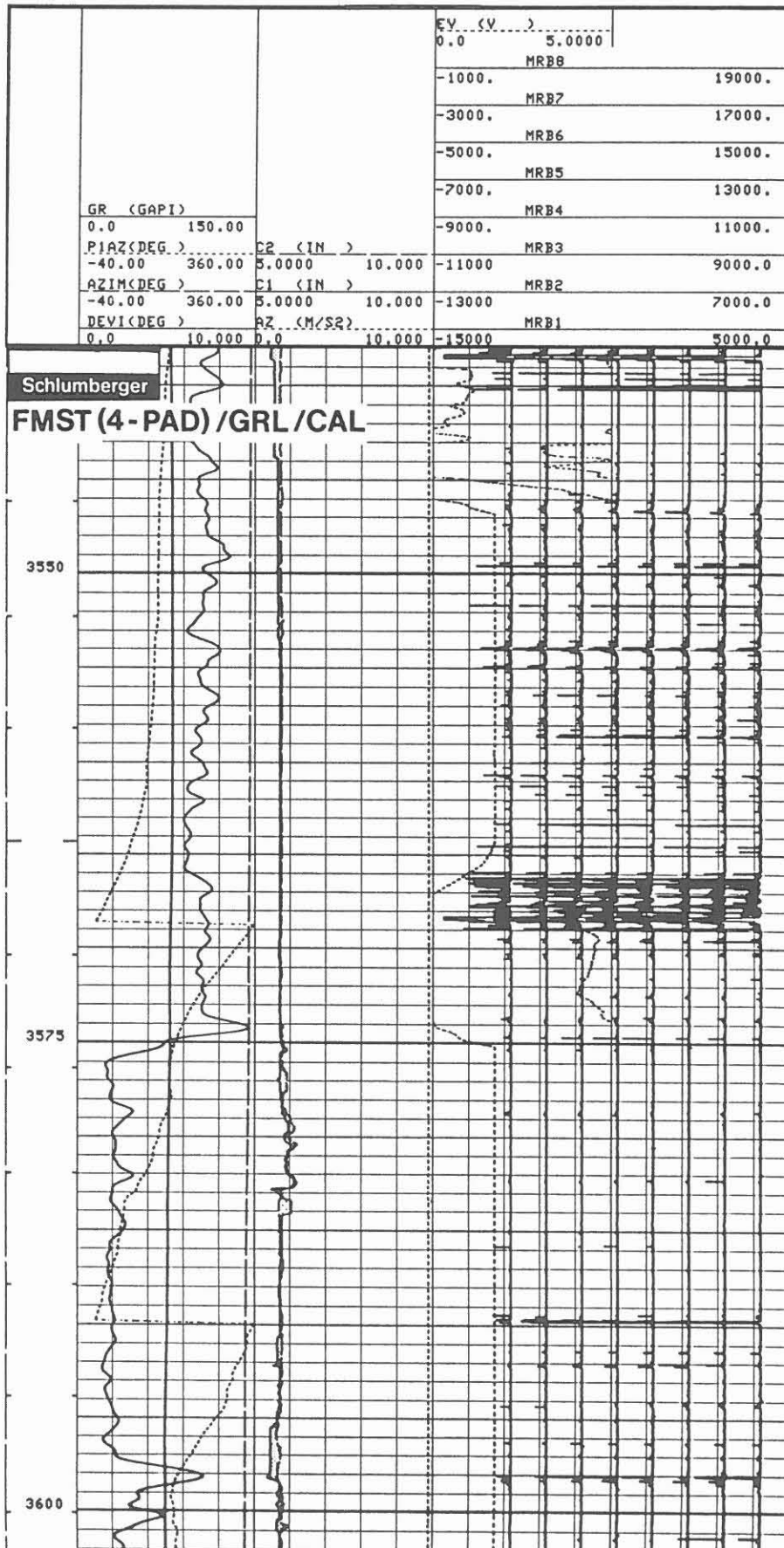
**Technische Anmerkungen:**

Es wurde das neue 4-Pad-FMST-Gerät eingesetzt. Das Vierarm-Kaliber öffnet bis maximal 549 mm (21,6"). Das Speichervolumen der EDV-Anlage in der Logging Unit erlaubt keine Wiedergabe aller Widerstandskurven. Dies kann nur im Rechenzentrum der Firma erfolgen. Die Meßergebnisse werden als Profilaufzeichnungen und als Images dargestellt.  
Die Datenrate für die Widerstände (fast channels) beträgt 2,5 mm und für GR, CAL, Neigung und Orientierung (slow channels) 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
AZ	Acceleratin		Beschleunigung	
	on Z-Axis	(M/S)	in der Z-Achse	m/s
AZIM	Azimuth	DEG	Azimet	Grad
C 1	Caliper 1-3	(IN)	Kaliber 1-3	Zoll
C 2	Caliper 2-4	(IN)	Kaliber 2-4	Zoll
DEVI	Deviation	DEG	Neigung	Grad
EV	Emex Voltage	V	Meßspannung	Volt
GR	Gamma Ray	(GAPI)	Gammastrahlung	API-Einheit
MRB 1-8	Resistivity Button 1-8		Widerstandselektroden 1-8	
PLAZ	Pad 1 Azimuth	DEG	Elektrodenräger 1	
			Azimet	Grad

Abb. 5.10.



**SDT/GRL** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-177	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-224	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-261	07.12.88	5	2970,0 - 3629,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3530,0 - 3602,0 m, Abb. 5.11.

**Meßziel:**

Aussagen über Lithologie, Porosität, Gesteinsverfestigung, Klüfte und Kluftsysteme, zur Kalibrierung der seismischen Aufnahmen und zur Berechnung der Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen-Laufzeiten.

**Durchführung:**

Die Messung erfolgte im sog. DDBHC-Mode. Bei der DT-Messung werden insgesamt 8 Laufzeiten aufgezeichnet. Dies sind:

TT1 = UT R 9 = 9'	LTT1 = UT R 4 = 10'
TT2 = UT R 10 = 3'	LTT2 = UT R 8 = 8'
TT3 = LT R 9 = 7'	LTT3 = LT R 4 = 12'
TT4 = LT R 10 = 5'	LLT4 = LT R 8 = 10'

Aus den verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten für ein 2'-Intervall werden nun 8 DTs abgeleitet:

DTL1 = (LTT1 - LTT2)/2	DTS1 = (TT1 - TT2)/2
DTL2 = (LTT4 - LTT2)/2	DTS2 = (TT4 - TT2)/2
DTL3 = (LTT3 - LTT4)/2	DTS3 = (TT3 - TT4)/2
DTL4 = (LTT3 - LTT1)/2	DTS4 = (TT3 - TT1)/2

Schließlich werden aus diesen Größen die DTs berechnet, die auf den Logs dargestellt werden:

DT = (DTS1 + DTS2)/2	= DT
DTL = (DTS3 + DTS4)/2	= DT Long spacing
DTLN = (DTL1 + DTL2)/2	= DT Long spacing near
DTLF = (DTL3 + DTL4)/2	= DT Long spacing far.

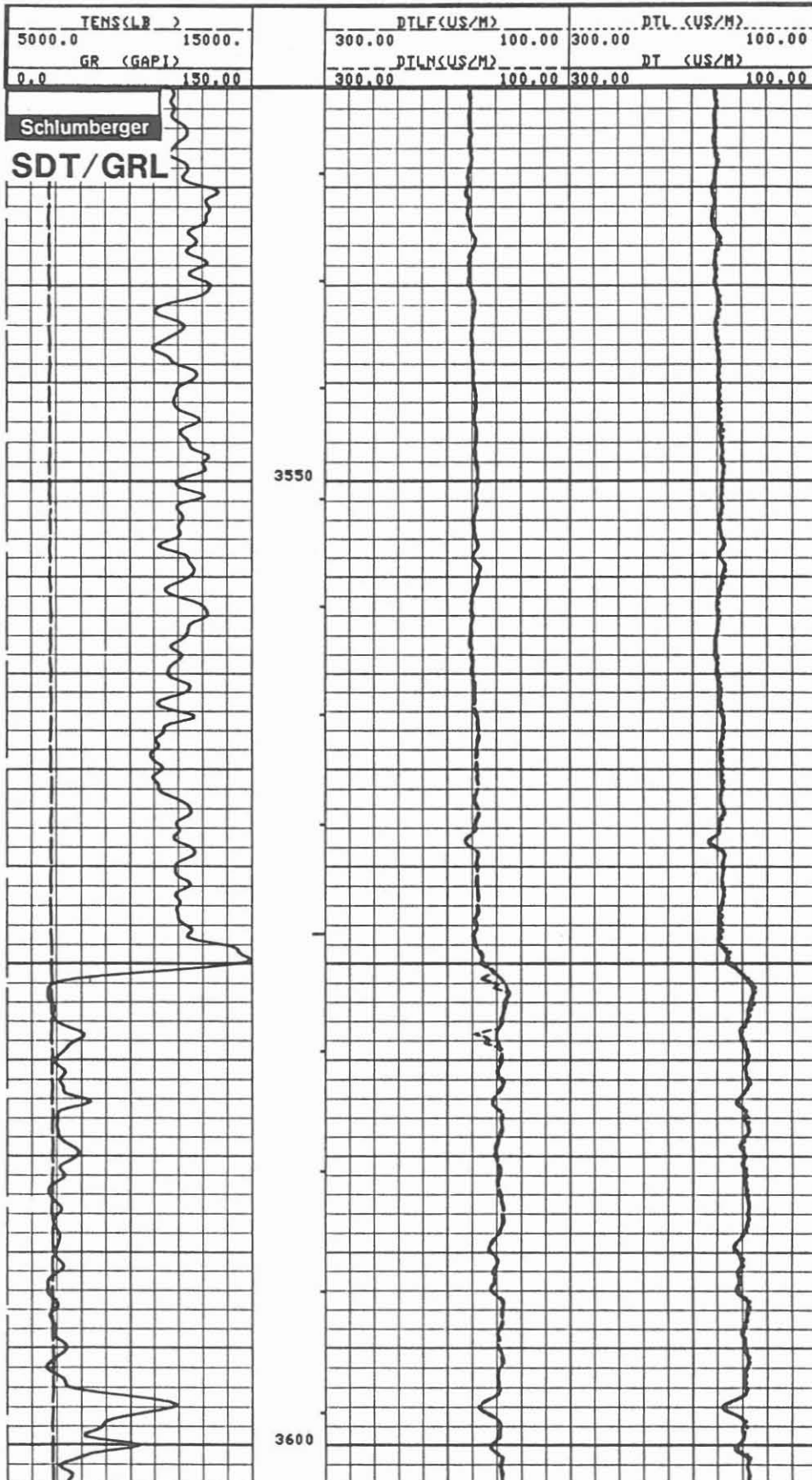
In Spur 2 ist am rechten Rand die integrierte Laufzeit von DTL dargestellt. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 5 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

Die große Datenfülle erlaubt keine Wiedergabe aller registrierten Daten auf Film. Sie sind jedoch auf Band aufgezeichnet und können jederzeit über Playback optisch dargestellt werden. Es wurde mit einer zeitlichen Datendichte (Sampling Interval) von 10 µs gemessen, um unter den vorgegebenen Verhältnissen gute Laufzeiten zu erhalten. 5 Zentrierfedern führten das Gerät zentrisch. Datenrate: 15 cm

**Abkürzungen:** siehe oben.

Abb. 5.11.



**SDT/GRL 6"** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung, Meßabstand 6")

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-177	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-224	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-261	07.12.88	5	2970,0 - 3629,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3530,0 - 3602,0 m, Abb. 5.12.

**Meßziel:**

Ermittlung von Feinstrukturen, Klüften, Klüftzonen und Gesteinsveränderungen durch ein möglichst vertikal hochauflösendes Meßsystem.

**Durchführung:**

Mit dem Digital Sonic Tool ist es möglich, ein 6" (15,24 cm) Borehole Compensated Sonic aufzuzeichnen. Dies wurde in einer separaten Fahrt ausgeführt. Eine sehr detaillierte Aufnahme gibt Aufschluß über die Feingliederung des Intervalls. Die Zone von 3576,0 - 3582,0 m ist als Störungszone deutlich zu erkennen. Es gilt folgende Spurenbelegung:

Spur 1: Gammastrahlung, Gewicht am Kabel, Spur 3: Aufzeichnung der Laufzeit mit hoher vertikaler Auflösung in Sender- und Empfänger-Modus. Spur 4: "Bohrloch-kompensierte Laufzeit 6" (DTHC).

Teufenmaßstab 1 : 200; Meßgeschwindigkeit 6,5 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

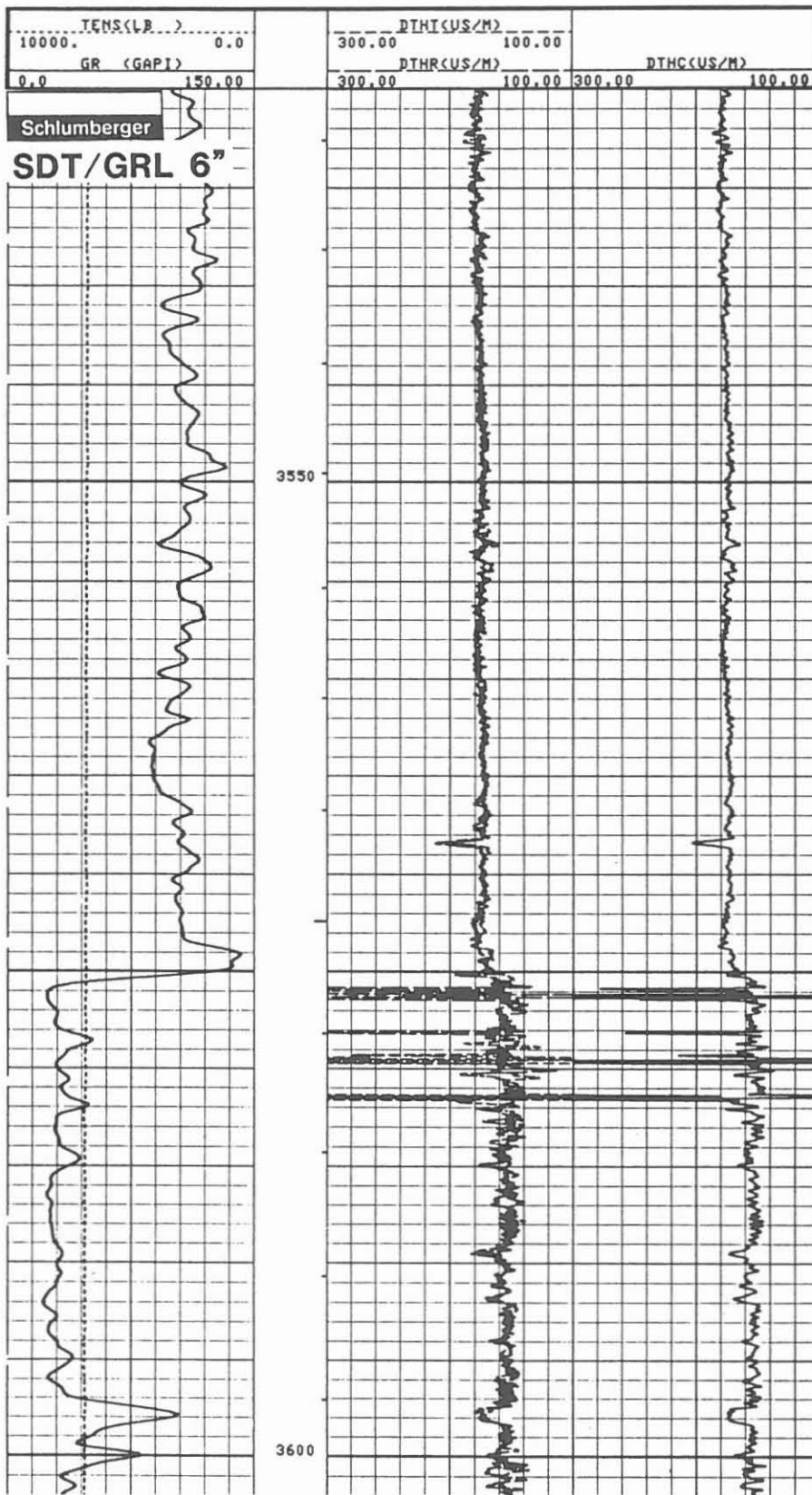
Durch Vereinigung von zwei Gruppen von drei unkompenzierten "slowness" Messungen wird das DDBHC (Depth Derived BoreHole Compensated) 6" Sonic Log erstellt. Um das gute Auflösungsvermögen zu erhalten ist es notwendig, die Datenrate um das Fünffache zu erhöhen. Die Datendichte (Sampling Interval) betrug 10  $\mu$ s.

Datenrate: 3 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
DTHC	Borehole Compensated Delta T (US/M)	Bohrlochkorrigierte Laufzeit ( $\mu$ s/m)
DTHF	Delta T High Resolution Transmitter Mode (US/M)	Laufzeit, hohe Auflösung Sender-Modus ( $\mu$ s/m)
DTHR	Delta T High Resolution Receiver Mode (US/M)	Laufzeit, hohe Auflösung Empfänger-Modus ( $\mu$ s/m)

Abb. 5.12.





**SDT/GRL/VDL** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung/Variable Density Log)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-177	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-224	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-261	07.12.88	5	2970,0 - 3629,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3533,0 - 3602,0 m, Abb. 5.13.

**Meßziel:**

Es soll die Aufnahme des kompletten Wellenzuges über eine möglichst lange Zeit durchgeführt werden, um Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen-Laufzeiten zu ermitteln. Sie dienen der Kalibrierung der seismisch ermittelten Zeiten, der Berechnung von Gesteinsparametern wie der Poissonzahl, sowie mit Hilfe der Dichtemessung des Schermoduls, des Young-Moduls und der Gesteinskompressibilität.

**Durchführung:**

Diese Messung wurde zweimal gefahren. Es wird jedoch nur ein Beispiel als Meßausschnitt gezeigt. Es ist die Aufnahme des Wellenzuges über eine Gesamtzeit von 10.24 ms. Die auf dem Film wiedergegebene zweite Aufnahme ist eine Registrierung über 4,34 ms. Es gilt folgende Spurenbelegung:  
Spur 1: Gammastrahlung, Spur 3 und 4: Variable Density Aufzeichnung des Wellenzuges über 3000  $\mu$ s.  
Teufenmaßstab 1 : 200; Meßgeschwindigkeit bei 3000  $\mu$ s: 1,2 m/min.

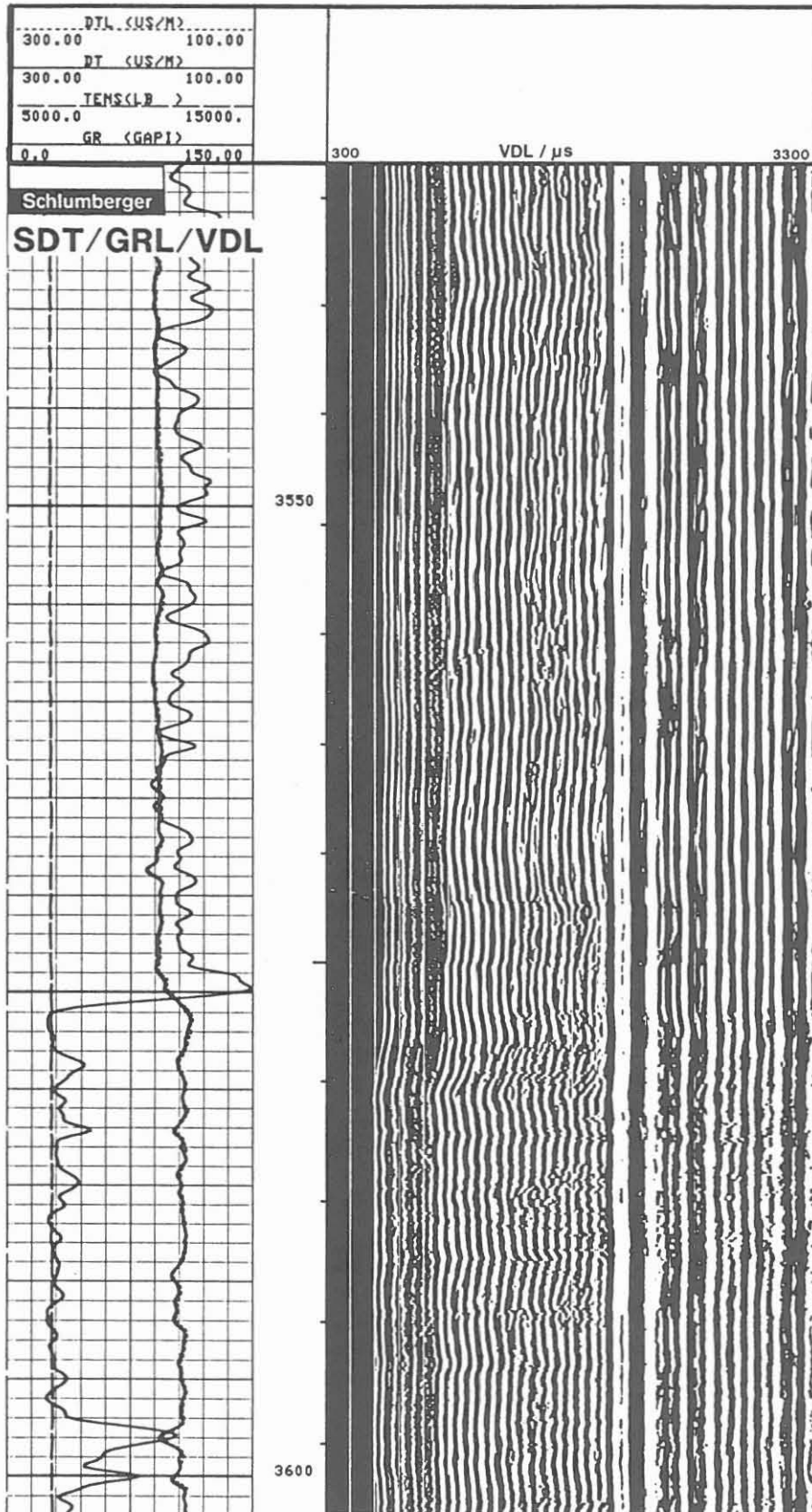
**Technische Anmerkungen:**

Für die Registrierung des gesamten Wellenzuges war es notwendig, die Messung den technischen Möglichkeiten anzupassen. Ausgegangen wurde von der Forderung, einen möglichst langen Zeitabschnitt zu registrieren, damit auch die Stoneleywelle noch voll aufgezeichnet werden kann. Das Gerät wurde durch 5 Zentrierfedern zentrisch geführt.  
Datenrate: 3 cm.

**Abkürzungen:**

<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
VDL Variable Density Log (US)	Variables Dichtelog $\mu$ s

Abb. 5.13.



**SDT/GRL/WF** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung/Wave Form Log)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-261	07.12.88	5	2970,0 - 3629,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3533,0 - 3602,0 m, Abb. 5.14

**Meßziel:**

Aufnahme des kompletten Wellenzuges über eine möglichst lange Zeit, um Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen-Laufzeiten zu ermitteln. Sie dienen der Kalibrierung der seismisch ermittelten Zeiten, der Berechnung von Gesteinsparametern wie der Poissonzahl, sowie mit Hilfe der Dichtemessung des Schermoduls, des Young-Moduls und der Gesteinskompressibilität.

**Durchführung:**

Dargestellt ist die Aufnahme des Wellenzuges über eine Gesamtzeit von 3000  $\mu$ s. Außerdem ist die Laufzeit über die Distanz DT und DTL wiedergegeben; siehe SDT/GRL-Beschreibung.

Teufenmaßstab 1 : 200; Meßgeschwindigkeit bei 10.24 ms: 1,2 m/min;  
bei 4,34 ms: 2,0 m/min.

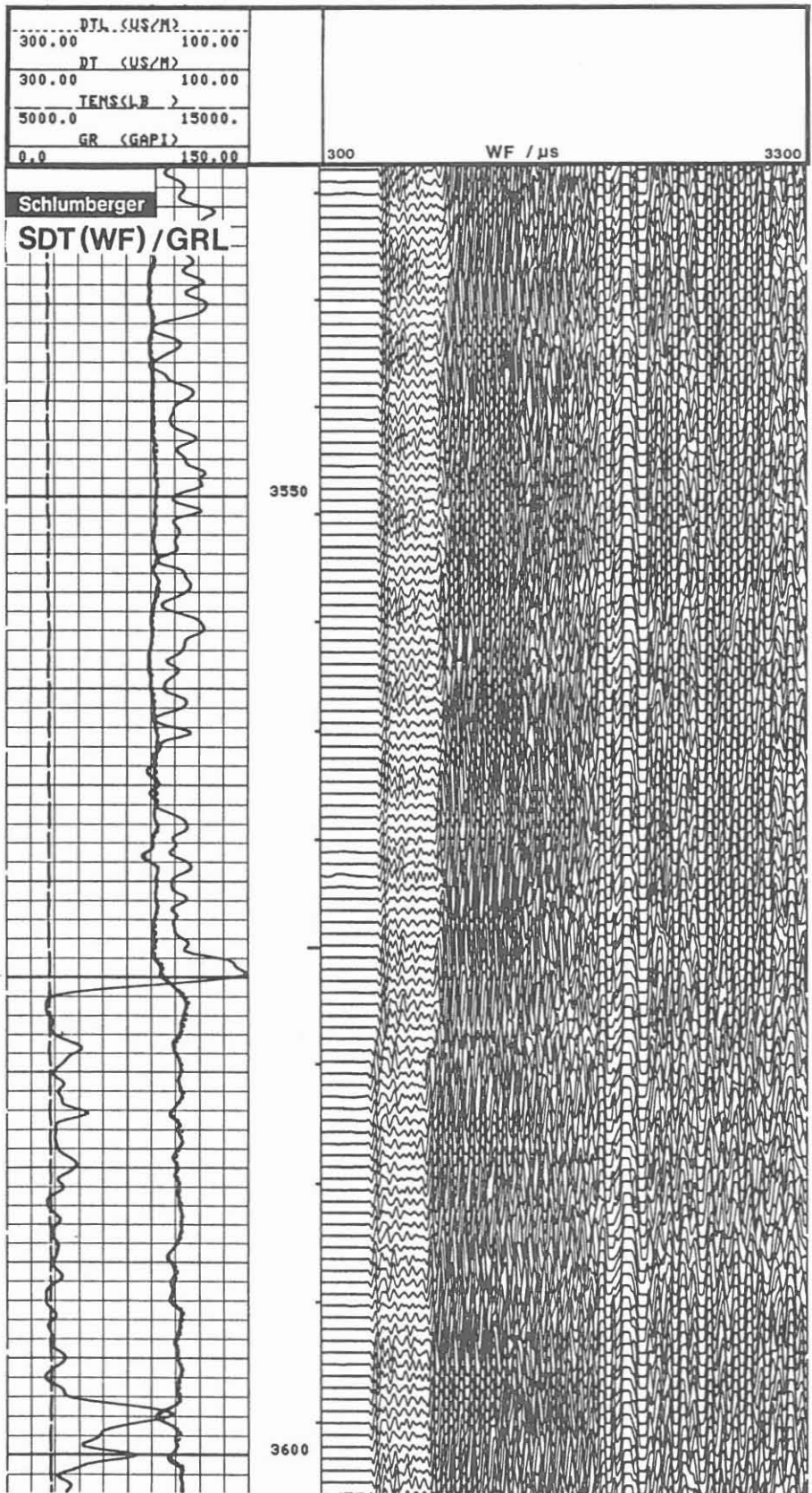
**Technische Anmerkungen:**

Für die Registrierung des gesamten Wellenzuges war es notwendig, die Messung den technischen Möglichkeiten anzupassen. Ausgegangen wurde von der Forderung, einen möglichst langen Zeitabschnitt zu registrieren, damit auch die Stoneleywelle noch voll aufgezeichnet werden kann. Dies kann zur Zeit nur durch eine gewisse Datenreduktion erreicht werden. Sie drückt sich durch eine zeitlich verlängerte Datendichte (Sampling Interval) von 10  $\mu$ s aus. Die Aufzeichnung erfolgt in: (2 X 512 words) x 10  $\mu$ s = 10,24 ms Länge. Die zweite Aufnahme erfolgt in 434 words x 10  $\mu$ s = 4,34 ms Länge. Damit wurde das Hauptgewicht auf die Gewinnung der Kompressions- und Scherwelle gelegt. Das Gerät wurde durch 5 Zentrierfedern zentrisch geführt.  
Datenrate: 3 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
DT	Delta T	(US/M)	Laufzeit kurzer Meßabstand	$\mu$ s/m
DTL	Delta T, long	(US/M)	Laufzeit lang-kurzer Meßabstand	$\mu$ s/m
WF	Wave Form	(US/M)	Wellenzug-Aufzeichnung	$\mu$ s

Abb. 5.14.



**GLT** (Geochemical Logging Tool)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 45	29.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -137	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-179	02.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-225	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-265	08.12.88	5	2950,0 - 3630,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3535,0 - 3602,0 m, Abb. 5.15.

**Meßziel:**

Mit dieser Messung soll eine in situ Elementanalyse mit Hilfe der Spektrometrie erreicht werden. Sie gibt Aufschluß über die Mineralzusammensetzung des Gesteins. Mit den an Kernen gemessenen Werten punktförmig abgeglichen, kann ein kontinuierliches "Mineralprofil" erstellt werden. Außerdem erlaubt diese Messung eine Aussage über mögliche Porosität.

**Durchführung:**

Alle relevanten Daten werden digital auf Magnetband aufgezeichnet, und nur ein Kontrollfilm mit einigen berechneten Verhältnissen wird im Feld registriert. Die Magnetbänder werden im Forschungszentrum der Firma Schlumberger in Ridgefield/USA und neuerdings auch im Rechenzentrum Hannover ausgewertet. Aus dem vorliegenden Diagramm kann nur die Funktionstüchtigkeit der Gerätekombination abgelesen werden. Eine Auswertung über Elementanalyse, Mineralzusammensetzung und Lithologie ist an der Bohrung nicht durchführbar.

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit: 2 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

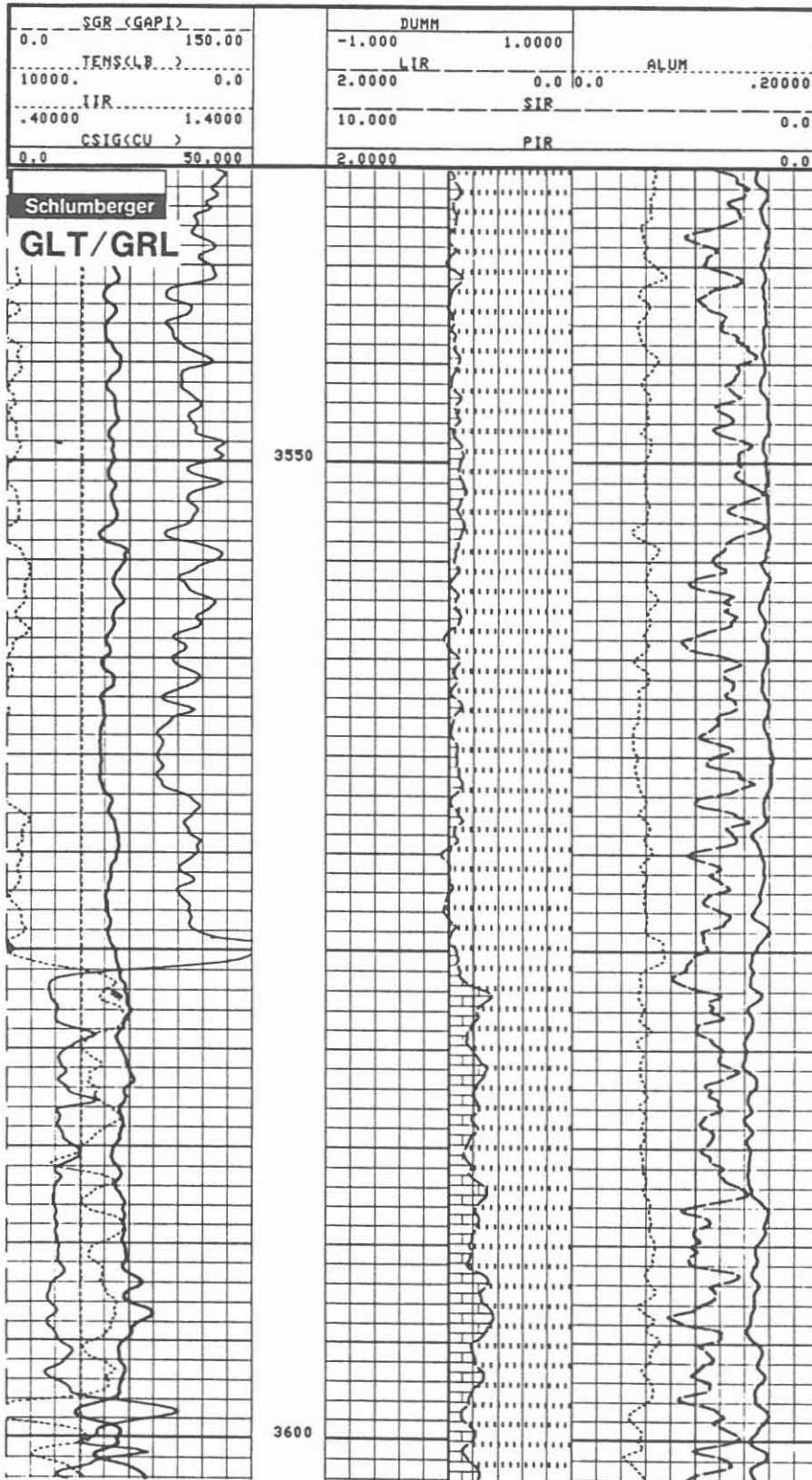
Diese neue Gerätekombination besteht aus Gamma Ray Spectrometer (GST), Aluminium Activation Clay Tool (AACT) und Natural Gamma Spectrometer (NGT). Eine Detailbeschreibung ist im KTB-Report 87-3 gegeben. Die kontinuierliche Messung wurde im "Capture Mode" und stationäre Messungen im "Inelastic Mode" registriert. Da die Neutronaktivierung des Gebirges sehr stark ist, kann die Messung des natürlichen Gammastrahlenspektrums der Wiederholungsmessungen davon beeinflusst sein. Eine mehrstündige Abklingzeit ist notwendig. Als Quelle dienen ein Neutronbeschleuniger und eine Californium-Quelle.

Datenrate: 15 cm

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
ALUM	Aluminium Indicator	Aluminiumanzeige
CSIG	Corrected Sigma (CU)	Korrigierter Empfangquerschnitt (Eingangseinheit)
IIR	Iron Indicator Ratio	Eisenanzeigeverhältnis
LIR	Lithology Indicator Ratio	Lithologieanzeigeverhältnis
PIR	Porosity Indicator Ratio	Porositätsanzeigeverhältnis
SIR	Salinity Indicator Ratio	Salinitätsanzeigeverhältnis

Abb. 5.15 .



**GLT/GR/ (LQ)** (Geochemical Logging Tool/Gammastrahlenmessung - Log Quality)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB*-265	08.12.88	5	2950,0 - 3630,0 m

**Beispiel:**

Meßauschnitt von 3537,0 - 3600,0 m Abb. 5.16.

**Meßziel:**

Das Meßziel der GLT-Messung ist die in situ Elementanalyse mit Hilfe der Spektrometrie.

**Durchführung:**

Das Log Quality Diagramm ist eine Kontrollaufzeichnung, die die Funktionstüchtigkeit des Meßgerätes während der Messung wiedergibt. Diese Messung ist störungsfrei verlaufen.

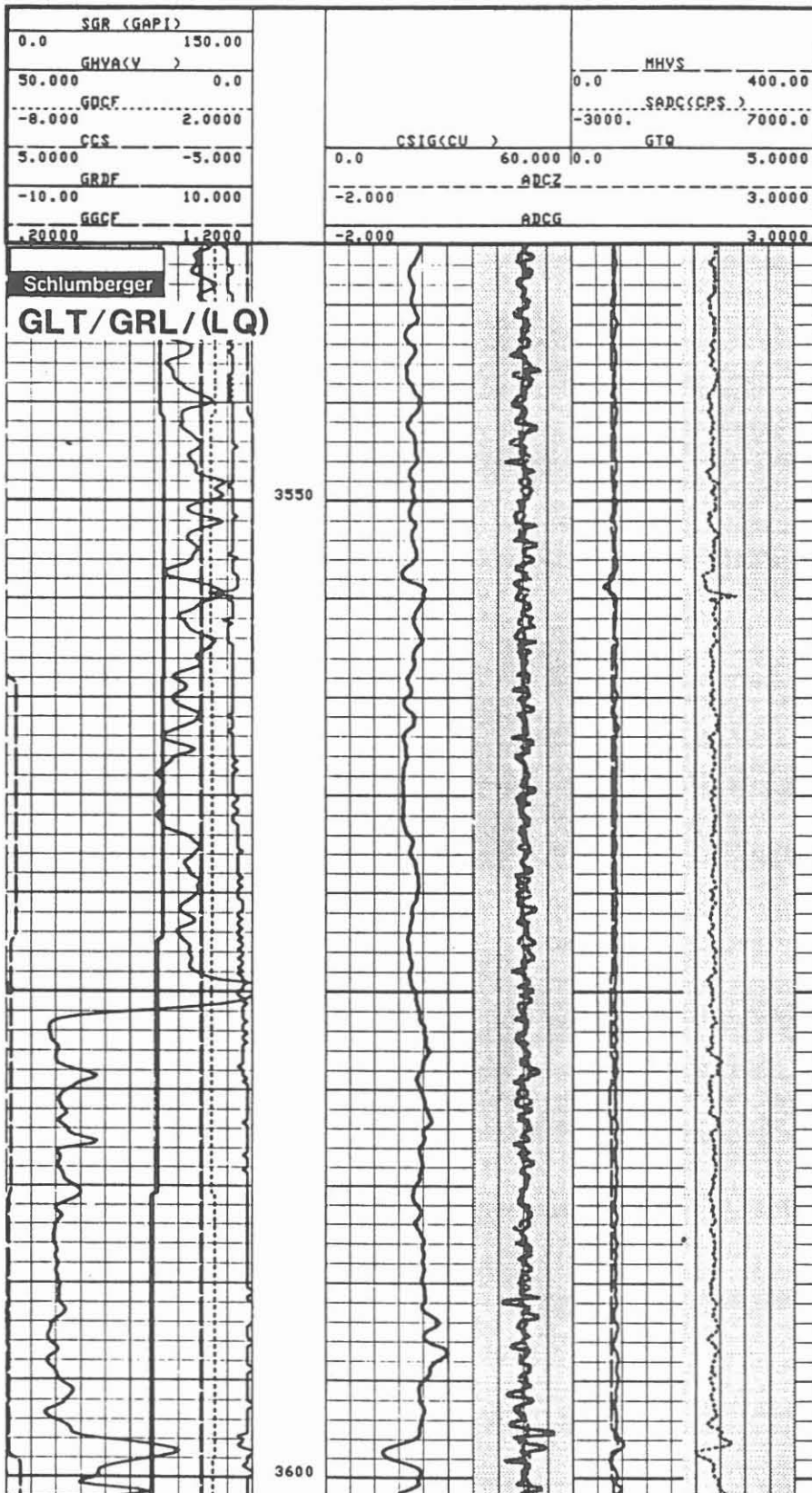
**Technische Anmerkungen:**

Siehe unter GLT.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
ADCG	ADC Gain Measurement	ADC Verstärkermessung
ADCZ	ADC Zero Measurement	ADC Nullmessung
CCS	Capture CHI-Square	Capture CHI-Quadrat
CSIG	Dead Time Corr. Sigma (CU)	Totzeitkorr. Sigma CU
GGCF	GST Gain Corr. Factor	GST Verstärk. Korr. Faktor
GHVA	GST High Voltage Arc. Indicator (V)	GST Hochspannungsdurchschlagindikator V
GOCF	GST Offset Corr. Factor	GST Offset-Korr. Faktor
GRDF	GST Resolution Degrand. Factor	GST Auflösungsverlustfaktor
MHVS	Minitron High Voltage Setting	Minitron Hochspannungseinst.
SADC	Spectrum A Discriminated Count Rate (CPS)	Spectrum A Zählrate CPS
GTQ	GST Tau Quality Factor	GST Tau Qualitätsfaktor

Abb. 5.16.





**BHTV/GR** (Borehole Televier/Gammastrahlen)

**Ausführender:** Westfälische Berggewerkschaftskasse (WBK)/Schlumberger/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB -46	29.10.87	1/2	KTB-Report 87-4
VB*-173	31.05.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-218	07.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-269	13.12.88	5	2947,1 - 3639,1 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt Run 5: 3610,0 - 3625,0 m, Abb. 5.18.

**Meßziel:**

Klufiterkennung, Kluftsysteme, Störungszonen, Textur, akustisches Kaliber.

**Durchführung:**

WBK hat wiederum die Messung in Kombination mit einem Gammastrahlenmeßgerät der Firma Schlumberger Verfahren, Diepholz, am Kabel der KTB-Dauermeßstation ausgeführt. Das GR wurde gleichzeitig über die CSU registriert. Das BHTV-Signal wurde von der WBK-Übertageausrüstung aufgezeichnet. Eine Registrierung beider Signale durch ein System ist zur Zeit nicht möglich. Die Echtzeitaufnahme erfolgt in einem 7-Spur-Format. Spur 1 gibt die Teufe (umgekehrte Aufzeichnung), Spur 2 die Amplitude in einer auf Nord normalisierten Aufzeichnung, wobei die zwei vertikalen Linien jeweils Norden zeigen und die Grauabstimmung gegensätzlich zu der Schlumberger-Aufzeichnung ist (hell stellt starke Amplitudendämpfung dar), Spur 3 die Laufzeit, ebenfalls auf Nord normalisiert und in der Grauabstufung auch wieder gegensätzlich zu der Schlumberger-Aufzeichnung (dunkel: lange Laufzeit). In Spur 4 ist eine maximale, minimale und mittlere Amplitude dargestellt. Der Maßstab beträgt 0 - 100 %. Die Spur 5 ist frei. Die Spur 6 gibt die Abweichung der Sonde von der Mittelage an (x-,y-Achse). Spur 7 gibt die Temperatur der Bohrung in einer Skala von 0 - 160 °C. Teufenmaßstab 1 : 22; Meßgeschwindigkeit 0,7 - 1,0 m/min.

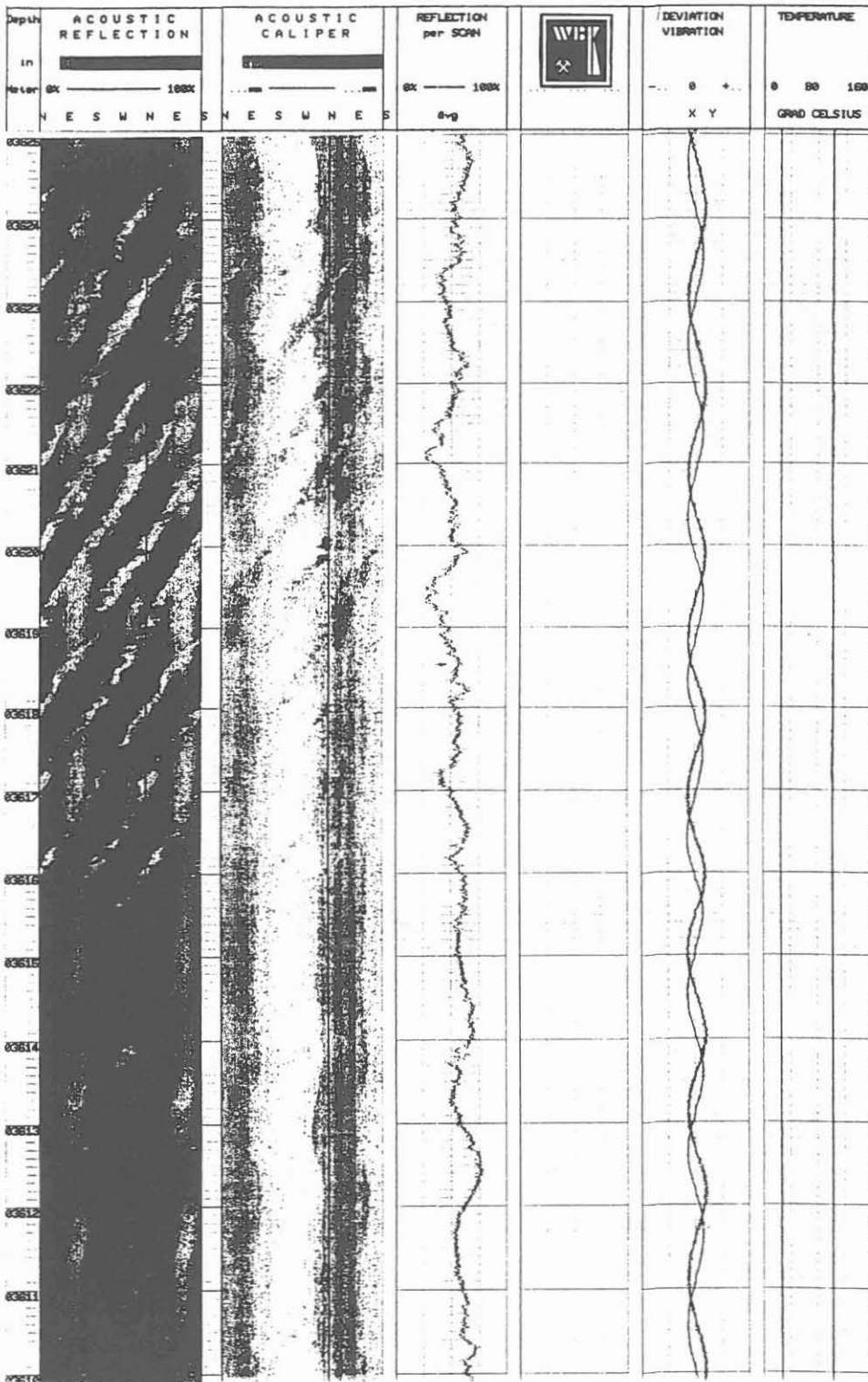
**Technische Anmerkungen:**

Das SAB 89-Gerät hat einen Außendurchmesser von 89 mm. Das Gerät arbeitet mit einer Frequenz von 1,3 MHz und rotiert mit 3 Umdrehungen/Sekunde. Die Abtastrate ist 128 Punkte pro Umdrehung. Die Rohdatenaufnahme im Feld erfolgt durch Nadelschreiber auf wärmeempfindlichem Papier und Magnetband. Die Feldaufzeichnungen werden im Rechenzentrum überarbeitet. Datenrate: 5 mm.

**Abkürzungen:**

Die Rohdatenfeldaufnahme wurde mit neuem Filmkopf und Erläuterungen abgeliefert, daher sind keine Abkürzungen zu erläutern.

Abb. 5.18.



**GR** (Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz (mit WBK-BHTV)

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB*-173	31.05.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-218	07.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-269	13.12.885	5	2947,1 - 3639,1 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt Run 5: 3435,0 m - 3500,0 m, Abb. 5.19.

**Meßziel:**

Teufenkorrektur für WBK-Borehole Televierwer (BHTV)

**Durchführung:**

Das Gammastrahlenmeßgerät der Firma Schlumberger Verfahren wird mit dem Borehole Televierwer der Firma WBK kombiniert eingefahren. Die Teufenkontrolle läuft über das Teufenzählwerk am Kabel der Dauermeßstation und der Gammastrahlenregistrierung der CSU. Eine direkte Aufzeichnung des GR auf dem BHTV-Log von WBK ist nicht möglich.

Teufenmaßstab 1 : 200. Meßgeschwindigkeit wie BHTV von WBK: 1,0 m/min

**Technische Anmerkungen:**

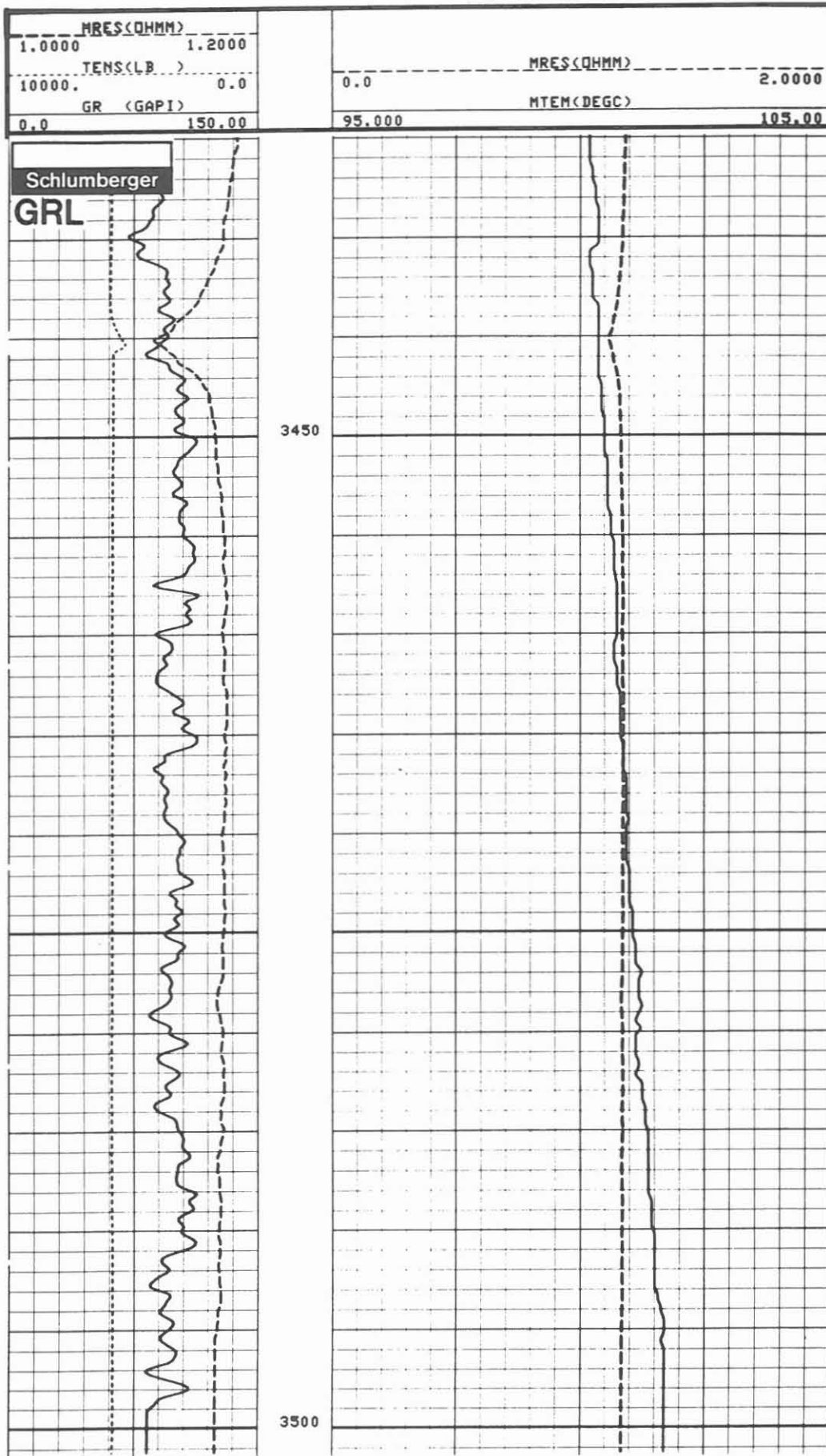
Das eingesetzte GR-Gerät hat analoge Datenübertragung.

Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>
GR	Gamma Ray	(API)	Gammastrahlung API-Einheiten
TENS	Tension	(LB)	Gewicht am Kabel engl. Pfund
MRES	Mud Resistivity	(Ohm m)	Spülungswiderstand Ohm m
MTEM	Mud Temperature	(DEGC)	Spülungstemperatur °C

Abb. 5.19.



**MSCT** (Mechanical Sidewall Coredriller Tool)

**Ausführender:** Societe Prospection Electrique Schlumberger,  
Assen, Holland/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Kernteufen</u>	
VB*-264	08.12.1988	1	1218,5 m	970,0 m
			1040,0 m	768,1 m
			1024,0 m	740,0 m
			1009,5 m	526,0 m

**Beispiel:**

Kernteufe 769,1 m, Abb.: 5.20

**Meßziel:**

In Zonen, die nicht gekernt werden konnten oder in denen Kernverlust auftrat, sollten Seitenkerne gewonnen werden, um die geologische Datengewinnung zu vervollständigen.

**Durchführung:**

Das "Mechanical Sidewall Coredriller Tool" (MSCT) wird zur genauen Teufenkontrolle mit einer Gammastrahlenmessung in Kombination gefahren. Während einer Einfahrt können bis zu 20 Kerne gebohrt werden. Der gesamte Ablauf der Kernarbeit wird von der Oberfläche aus beobachtet und kontrolliert. Das Setzen des Ankers, der Beginn des Kernvorganges, der Bohrfortschritt, die Bohrzeit, der Kernabriß mit der Beendigung des Kernens und das Lösen des Ankers sowie die Stromversorgung und die hydraulische Druckaussteuerung werden registriert.

Der Kernvorgang dauert je nach Bohrbarkeit des Gebirges zwischen 3 - 8 Minuten.

Kernabmessungen: Durchmesser: 20 mm, maximale Länge: 51 mm.

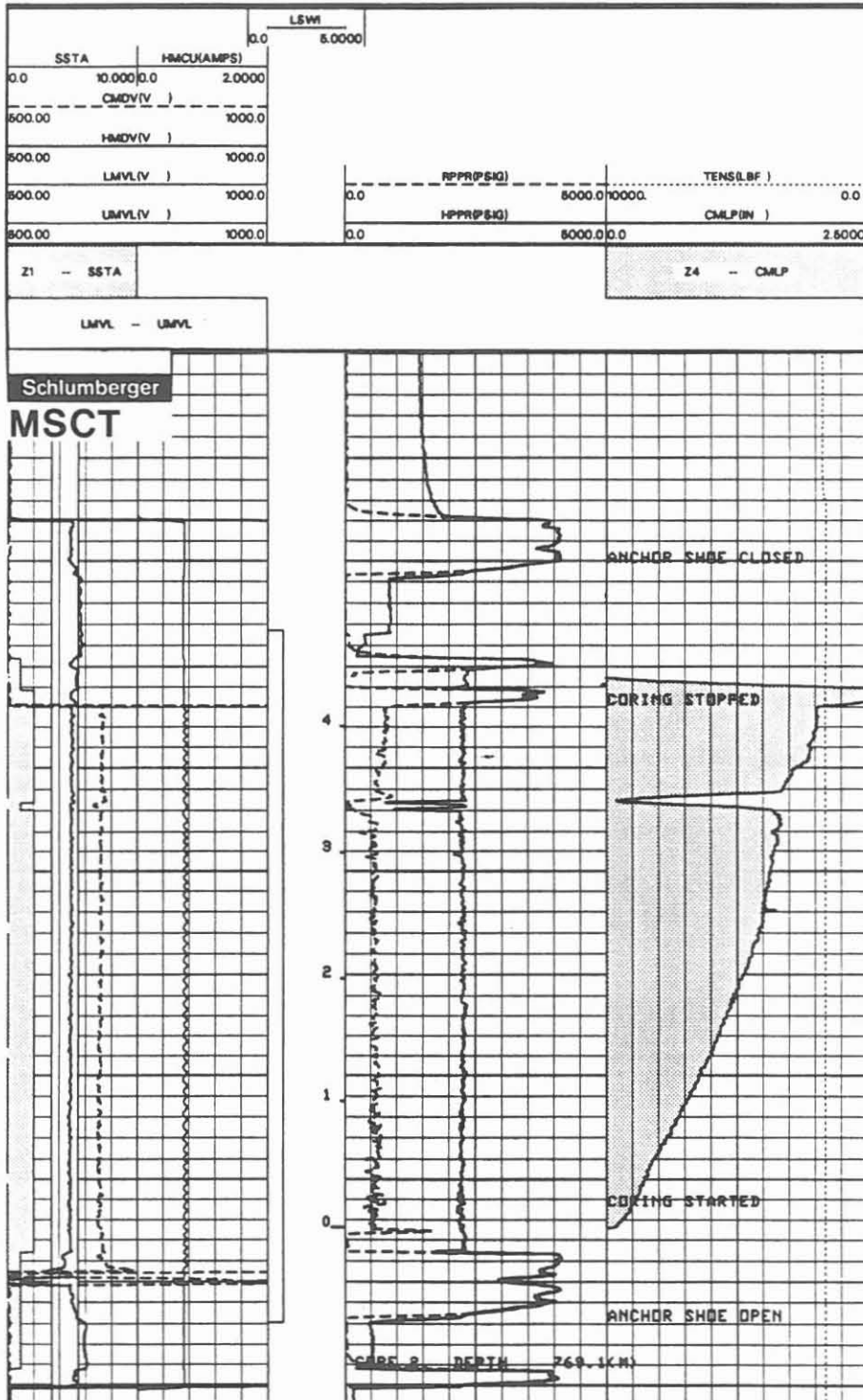
**Technische Anmerkungen:**

Eine Gerätebeschreibung ist in Abschnitt 9.1 gegeben.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
CMDV	Coring Motor Downhole Voltage (V)	Spannung für Untertagebohrmotor V
CMLP	Coring Motor Linear Position (In)	Vorschubposition des Bohrmotors Zoll
HMCU	Hydr. Motor Current (Amps)	Stromversor. Hydr. Mot.
HMDV	Hydraulic Motor Downhole Voltage (V)	Spannung für den Untertg. Hydr. Motor V
HPPR	Hydr. Pump Pressure (PSIG)	Hydr. Pumpendr. PSIG
LMVL	Lower Motor Voltage Limit (V)	Spannungsgr.u. Mot. V
LSWI	Limit Switch	Begrenzungsschalter
RPPR	Rotating Plate Press. (PSIG)	Rotationsplat. Pr. PSIG
SST	Solenoid Status	Solenoid Status
UMVL	Upper Motor Voltage Limit (V)	Spannungsgr.ob. Mot. V

Abb. 5.20.



**MSP/GRL** (Moving Source Profile/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Prakla-Seismos, Hannover/NLFB/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB*-267	09.12.88	1	0,0 - 3585,0 m

**Beispiel:**

Positionsplan der Vibratorlokationen und der Übertage Geophonauslagen. Abb. 5.21.

**Meßziel:**

Das räumliche Strukturbild des näheren Umfeldes der Bohrung KTB-Oberpfalz VB soll durch diese seismische Aufnahme verbessert werden. Außerdem soll das Vertical Seismic Profile (VSP) vom 03.06.88 (2202,0 m) ergänzt werden.

**Durchführung:**

Auf zwei sich unmittelbar östlich der Vorbohrung kreuzenden Profilen, in N-S Richtung 5.95 km und W-E Richtung 7.95 km lang, wurde mit 3 Vibratoren die Energieanregung durchgeführt. Die lokalen Gegebenheiten verhinderten die Anlage der Vibratorpunkte direkt entlang der projektierten Profile. Entlang der Profile wurden Geophone mit einem Gruppenabstand von 50 m ausgelegt. Ein Einzelgeophon mit Kompaßorientierung war in Tiefe 3585,0 m in der Bohrung stationiert.

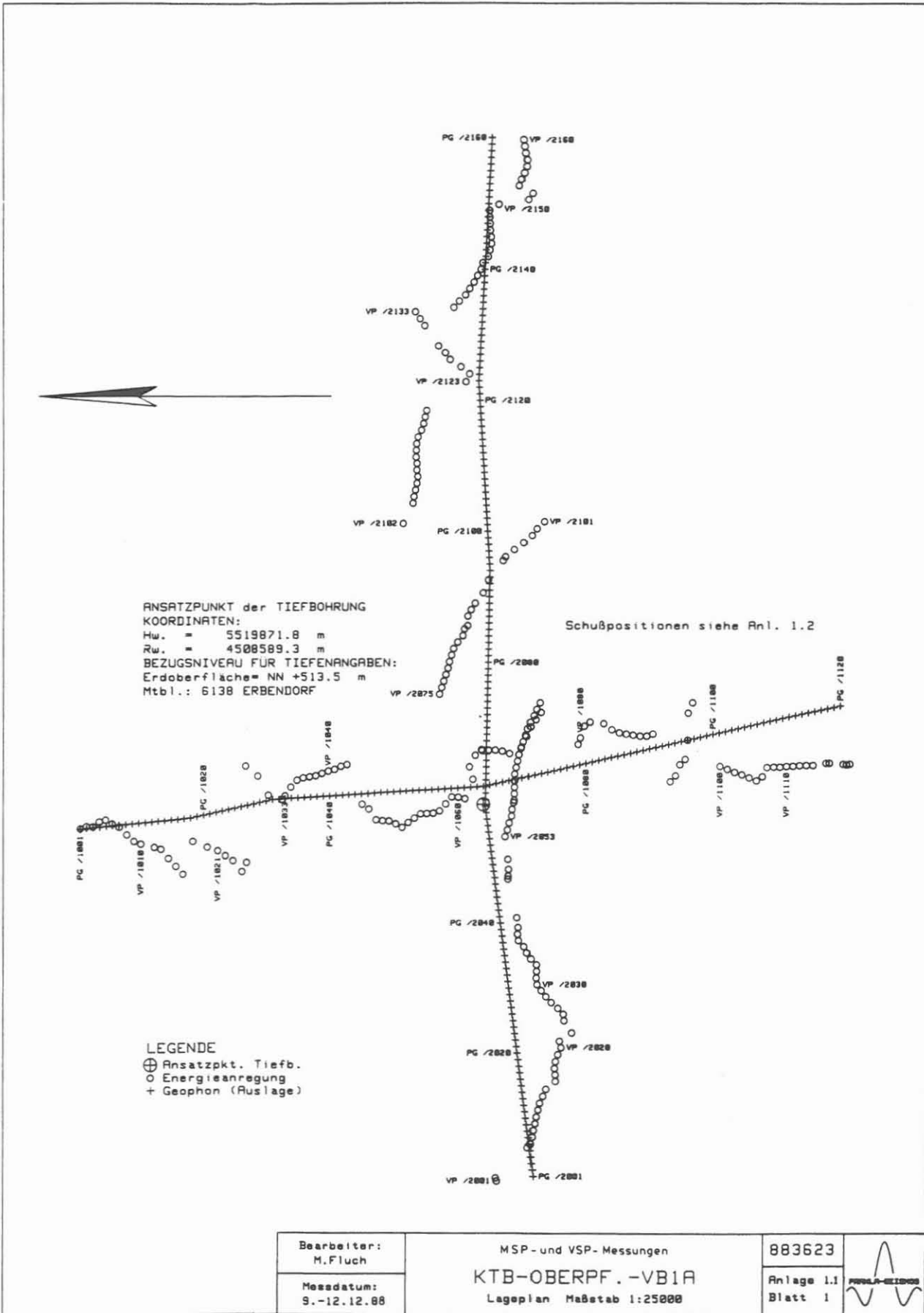
**Technische Anmerkungen:**

Die Registrierung der Daten erfolgte parallel mit der DFS V (NLFB) und DFS IV der Prakla-Seismos. Mit der DFS IV wurden nur die Signale der Bohrlochsonde registriert. Während der Messung fiel der Korrelationsstapler aus (CFS 1, DFS IV) und Korrelation sowie Stapelung mußten im Rechenzentrum der Prakla-Seismos in Hannover durchgeführt werden.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
CFS	Computerized Field System	Computerisierte Feld Ausrüstung (Texas Instruments)
DFS IV, V	Digital Field System IV, V	Digitale Feldausrüstung, IV, V

Abb. 5.21.



Bearbeiter:  
M.Fluch

Messdatum:  
9.-12.12.88

MSP- und VSP-Messungen  
 KTB-OBERPF.-VB1A  
 Lageplan Maßstab 1:25000

883623  
 Anlage 1.1  
 Blatt 1





**VSP/GRL** (Vertical Seismic Profile/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Prakla-Seismos, Hannover/NLFB/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB*-182	03.06.88	1	KTB-Report
VB*-267	09.12.88	2	85,0 - 3622,5 m

**Beispiel:**

Lageplan der Positionen der Sprenglöcher, des Bohrloches für das Abzeitgeophon und der Geophonteufen in der Bohrung.  
Abb. 5.22.

**Meßziel:**

Verbesserung und Ergänzung des Vertical Seismic Profiles (VSP) vom 03.06.88 bei 2002,0 m Teufe. Vorerkundung des geologischen Profiles unterhalb Endteufe.

**Durchführung:**

Die VSP-Messung wurde direkt im Anschluß an das MSP ausgeführt. Als Energiequelle wurde Sprengstoff verwendet. Im bisher nicht vermessenen Teil der Bohrung (3622,5 - 2172,5 m) wurde der Geophonabstand aufgrund der Erfahrung auf 12,5 m verkürzt. In dem Intervall, das durch das 1. VSP schon gemessen worden war, wurden die Positionen im 25 m Abstand gewählt, jedoch so gesetzt, daß sie in Verbindung mit dem 1. VSP einen Abstand von 12,5 m ergaben. Für das Intervall 347,5 - 85,0 m wurde ebenfalls der Abstand 12,5 m verwendet. In Teufe 3585,0 m wurden Kontrollmessungen mit Energieanregung durch Sprengstoff und Vibrator durchgeführt.

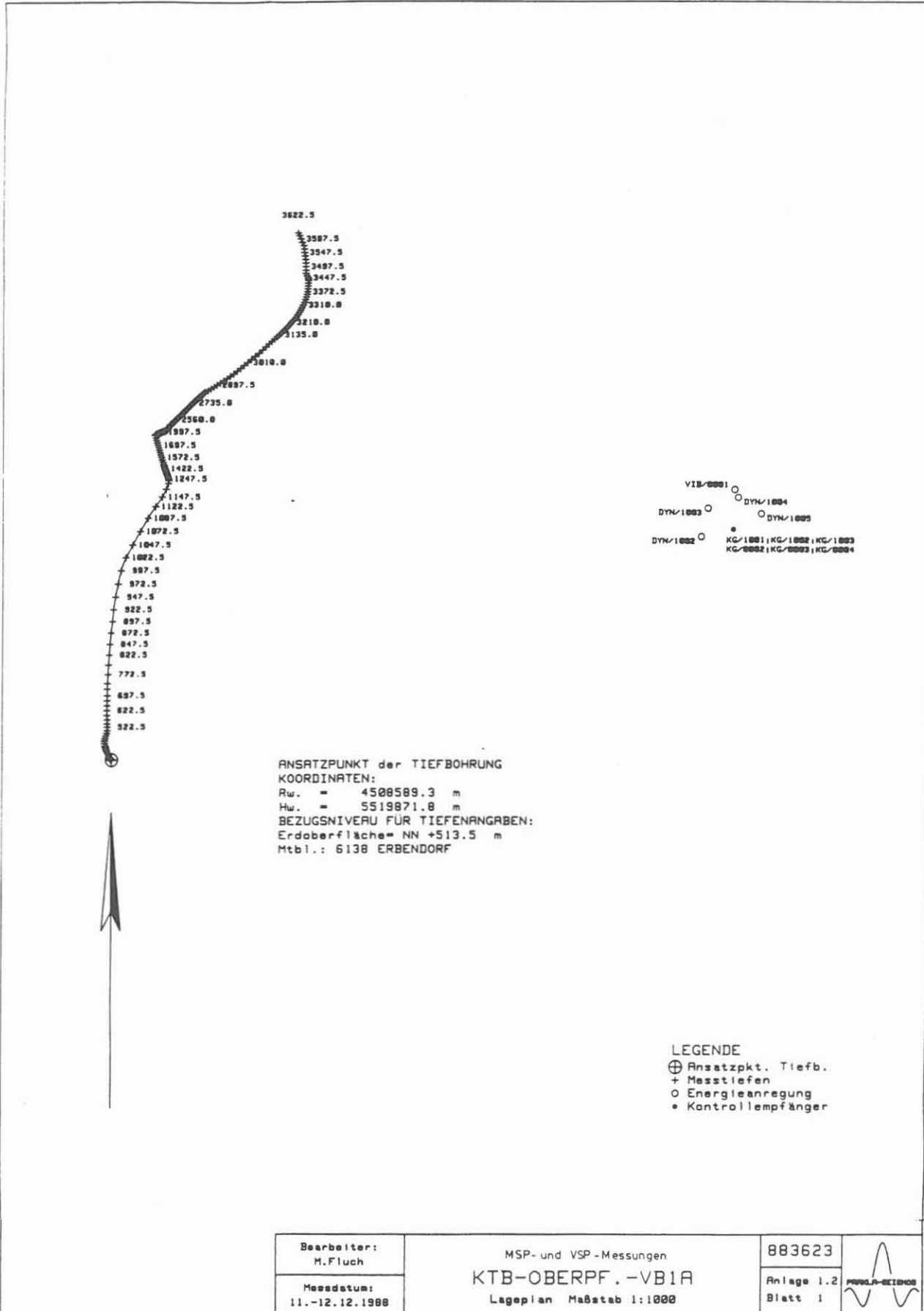
**Technische Anmerkungen:**

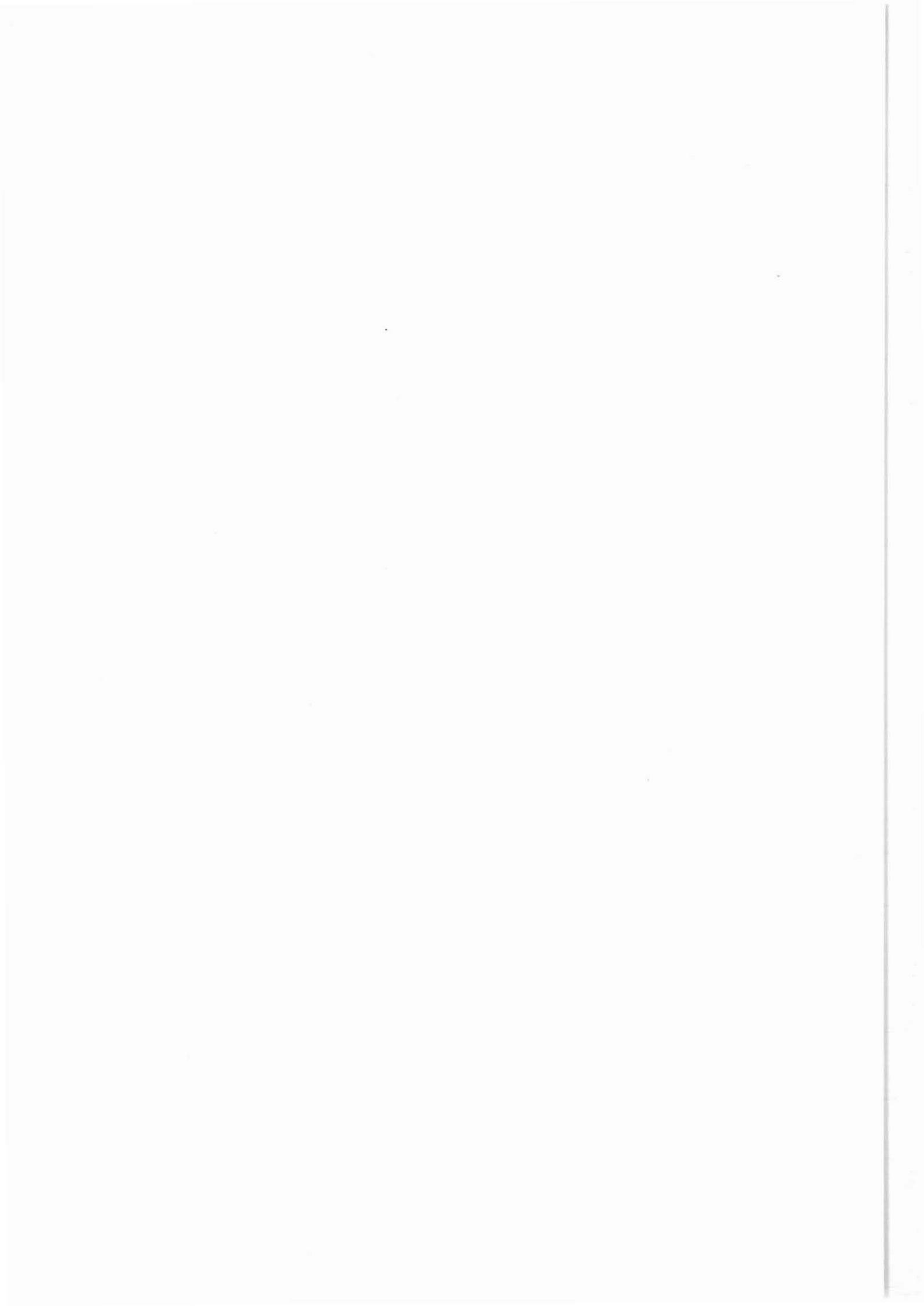
Die Datenregistrierung erfolgte mit der Prakla-Seimos Apparatur CBVA.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
CBVA	Computerized Borehole Seismic Equipment (HP)	Rechnergestützte Ausrüstung für Bohrlochseismik (HP)

Abb. 5.22.





6. Siebente Meßserie bei 4000,1 m



## **6 Siebente Meßserie bei 4000,1 m Endteufe**

Mit der siebenten Meßserie wurde die Bohrung KTB-Oberpfalz VB 1b bei 4000,1 m Teufe beendet. Der letzte Bohrtag war der 05.04.1989. Nach sorgfältiger Zirkulation konnte die Schlußmessung am 06.04.1989 um 05.30 h beginnen.

Das Meßprogramm für diese Serie war wieder sehr umfangreich. Wie bei den vorhergegangenen Meßkampagnen wurden auch dieses Mal Temperaturmessungen nach einem vorgegebenen Zeitplan eingeschoben.

Das Dual Induction Phasor Tool mit 20 und 40 KHz, das Guidance Continuous Tool (Kreiselkompaß), das Dual Laterolog Type D und das Mechanische Seitenkerngerät kamen neben den Standardgeräten zum Einsatz.

Das Bohrlochgravimeter der Firma EDCON, Denver, wurde aus den USA eingeflogen und erfolgreich gefahren.

Die Universität München brachte die Magnetische Suszeptibilitätssonde. Die Messung wurde am Kabel der Dauermeßstation durchgeführt.

Da die Bohrmannschaft abgezogen wurde, sind vom 17.04.1989 an die Messungen nur noch bei Tageslicht gefahren worden. Die Bohranlage ist seit dieser Zeit nur in der Tagesschicht durch einen Schichtführer belegt.

Ab 21.04.1989 begann die Langzeit Meß- und Testphase.

Die Bohrlochverhältnisse zu Beginn der 7. Serie sind in Abb. 6.1 gegeben.

Tabelle 6.1

7. Meßserie vom 06.04. - 21.04.1989 bei 4000,1 m Tiefe

Es wurden folgende Messungen durchgeführt:

Tag	Ausführender	Messung	Beginn	Ende	Zeit
06.	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	5.30	0.30*)	19.00
07.	KTB	BGT/AMS/GR	0.30	7.00	6.30
	Schlumb./KTB	DIL-E/AMS/GR	7.00	14.30	7.30
	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	14.30	9.30*)	19.00
08.	Schlumb./KTB	DLL/MSFL/AMS/GR	9.30	14.30	5.00
	Schlumb./KTB	FMST 4-Pad/AMS/GR	14.30	20.30	6.00
	Schlumb./KTB	LDT/CNL/NGS	20.30	4.00	7.30
09.	Schlumb./KTB	DLL/SP	4.00	7.00	3.00
	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	7.00	2.00*)	19.00
10.	Schlumb./KTB	SDT/GR	2.00	12.30	10.30
	Schlumb./KTB	GLT	12.30	0.30	12.00
11.	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	0.30	17.00*)	16.30
	Schlumb./KTB	GCT (GYRO)	17.00	3.30	10.30
12.	Schlumb./KTB	MSCT/GR	3.30	0.30	21.00
13.	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	0.30	16.30*)	16.00
	Schlumb./KTB	MSCT/GR	16.30	1.30	9.00
14.	Schlumb./KTB	DLL-SP	1.30	6.00	4.30
14./					
15.	EDCON/KTB	BHGM/GR	6.00	21.30	39.30
17.	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	10.00	19.00	9.00
18.	Uni-München/KTB	MS	9.00	14.30	5.30
19.	WBK/KTB	BHTV/GR	8.00	18.30	10.30
20.	KTB	SP/GR	8.00	12.30	4.30
21.	KTB	TEMP-DIFF/AMS/GR	8.30	17.00	8.30

Gesamtzeit (Stunden) 270

**Bemerkungen:**

\*) Stationäre Messung: 0.30 Stunden

\*\*) Stationäre Messung: 1.00 Stunden

Vom 17.04.1989 an wurde nur während der Tageszeit gemessen.

Ab 21.04.1889 werden alle Messungen der Langzeit Meß- und Testperiode zugeordnet.

KTB-OPF-VB1B "DLL-MSFL-GR" 8/4/89	
CSU	
<p>COMPANY: NIEDERSAECHSISCHES LANDESAMT F. BODENFORSCHUNG</p> <p>WELL: KTB-OPF-VB1B</p> <p>FIELD: OBERPFALZ KREIS: NEUSTADT/WM LAND: BAYERN NATION: BRD LOCATION: HAABDEHENREUTH WINDISCHESCHENBACH</p> <p>LATITUDE: NW:55 19 863 LONGITUDE: RW:45 08 590</p> <p>PERMANENT DATUM: ACKERSOEHLE ELEVATIONS- ELEV. OF PERM. DATUM: 513.5 M KB: 7.4 M LOG MEASURED FROM: ACKERSOEHLE DF: 7.4 M 0.0 M ABOVE PERM. DATUM GL: 513.5 M DRLG. MEASURED FROM: ACKERSOEHLE</p> <p>DATE: 8 APR 89 RUN NO: 299</p>	<p>OTHER SERVICES- BGL, DIT-E MSCT, GCT, FMS BHTV, SP, SDT DLL-MSFL, GLT LDL-CML-NGS TEMP</p> <p>PROGRAM TAPE NO: 30.4A SERVICE ORDER NO: VB299</p>
<p>DEPTH-DRILLER: 4000.1 M DEPTH-LOGGER: 3995.0 M BTM. LOG INTERVAL: 3986.0 M TOP LOG INTERVAL: 3535.0 M</p> <p>CASING-DRILLER: 27.4 M 478.0 M 479.5 M CASING-LOGGER: 27.4 M 479.5 M CASING: 13-3/8"K55 8-5/8"K55 7" K55 WEIGHT: 54.5000 LB/F 32.0000 LB/F 29.0000 LB/F BIT SIZE: 17-1/2" 10-5/8" DEPTH: 27.5 M 478.5 M</p>	
<p>TYPE FLUID IN HOLE: DEHYDRIL DENSITY: 1.01 G/C3 VISCOSITY: 4639 S PH: 10.4 FLUID LOSS: 21.0 C3 SOURCE OF SAMPLE: UMLAUF RM: 2.870 QMMH AT 21.0 DEGC RMF: 2.810 QMMH AT 21.0 DEGC RMC: 4.280 QMMH AT 21.0 DEGC SOURCE RMF/RMC: PRESSE/PRESSE RM AT BHT: .916 QMMH AT 112. DEGC RMF AT BHT: .897 QMMH AT 112. DEGC RMC AT BHT: 1.366 QMMH AT 112. DEGC</p> <p>TIME CIRC. STOPPED: 01100 5/4/89 TIME LOGGER ON BTM.: 12100 8/4/89</p> <p>MAX. REC. TEMP: 112.0 DEGC</p> <p>LOGGING UNIT NO: 701 LOGGING UNIT LOC: KTB RECORDED BY: KUENR WITNESSED BY: ZOTH</p>	
<p>REMARKS:</p> <p>GEDOERT BIS 01:17 4/4/89 GERAET MIT 2X CME-Z ZENTRIERT MESSUNG MIT LLD, LLS UND MSFL OHNE BEGRENZUNGEN MAX TEMP WURDE VON AMS GEMESSEN, 20M UEBER UNTERKANTE GERAET. MSFL NUR AUF 1:200 DARGESTELLT GESPUELT WURDE BEI TEUFE 3995 M SOEHLE NICHT ERREICHT</p>	
<p>EQUIPMENT NUMBERS-</p> <p>TCH-AB 449      TCC-B 190      SGC-SA 1247      AMS 1720 DRS-C 6794      SRE-D 890      LCH-A 740      DLS-F 756 DLC-D 900      DLE-F 756</p>	



**TEMP-DIFF/AMS/GRL** (Temperaturmessung mit zwei Sensoren/  
Auxiliary Measurement System/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender: KTB**

Lfd. Nr.	Datum	Run Nr.	Intervall Messung	
			im Hängen	stationär
VB**-295	06.04.89	101	0,0 - 4002,5 m *)	4002,0 m
VB**-298	07.04.89	103	0,0 - 4001,0 m *)	4000,5 m
VB**-303	09.04.89		0,0 - 4000,0 m *)	3995,5 m
VB**-306	11.04.89		0,0 - 3995,0 m *)	3997,5 m

\*) im Hängen und Aufwärts gemessen.

**Beispiel:**

Einzelmessung im Hängen registriert (VB\*\*-295) Abb. 6.2.

**Meßziel:**

Erkennung von Zufluß- oder Verlustzonen auf Grund von Temperatur und der Leitfähigkeitsanomalien in der Bohrung (siehe Teufe 3957,0 m).

**Durchführung:**

Die Messungen wurden im Hängen und Aufwärts von Ackersohle bis Endteufe gemessen, weil sich mehrere Zuflußzonen zeigten.  
Teufenmaßstab 1:1000; Meßgeschwindigkeit 10 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

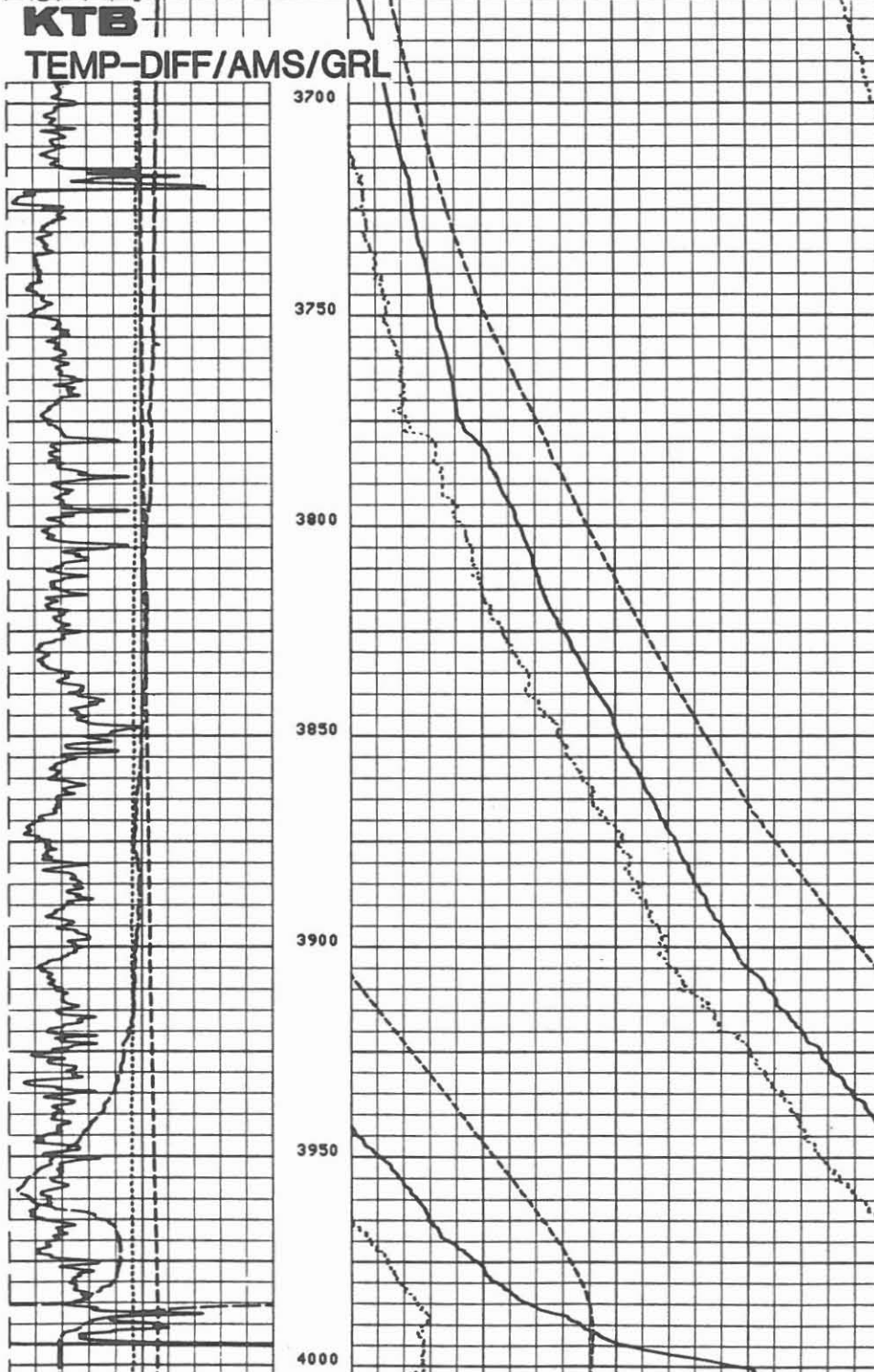
Diese Gerätekombination ist im KTB-Report 88-7, Abschnitt 8.1 besprochen.  
Datenrate: 15 cm

**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit		deutsch, Einheit	
MRES	Mud Resistivity	(Ohm m)	Spülungswiderstand	Ohm m
MTEM	Mud Temperature	(DEGC)	Spülungstemperatur	°C

Abb. 6.2.

MTEM(DEGC)			
0.0	200.00		
MRES(QMMH)		TMP2(DEGC)	
0.0	.50000	110.00	120.00
TENS(LV...)		TMPI(DEGC)	
10000.	0.0	110.00	120.00
GR (GAPI)		MTEM(DEGC)	
0.0	150.00	110.00	120.00



**BGL/AMS/GRL** (Borehole Geometry Log (Vierarm-Kaliber)/Auxiliary Measurement System/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 32, VB - 69	26.10.	- 05.11.87	KTB-Report 87-4
VB - 94 - VB -130	20.12.87	- 27.02.88	KTB-Report 88-4
VB*-168 - VB*-231	30.05.88	- 16.09.88	KTB-Report 88-7
VB*-238 - VB* 256	24.09.88	- 06.12.88	
VB* -273	02.01.89	99	446,0 - 3812,0 m
VB* -283	24.01.89	100	470,0 - 3868,0 m
VB* -288	14.02.88	101	3395,0 - 3800,0 m
VB**-294	07.03,89	102	3548,0 - 3820,0 m
VB**-296	07.04 89	103	450,0 - 4002,0 m

**Beispiel:**

Run Nr. 103 , 3935,0 - 4002,0 m, Abb. 6.3.

**Meßziel:**

Kontrolle des Zustandes der Bohrung, der Bohrlochrandausbrüche, Auskesselungen, Neigung und Richtung. Angaben zum Spannungsfeld.

**Durchführung:**

Vor dem Einsatz der anderen Meßgeräte wurde aus Sicherheitsgründen jeweils eine Kalibermessung gefahren, um Zonen zu ermitteln, die ausgebrochen sind. Die Messungen wurden im Aufwärtsfahren registriert. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 15 m/min.

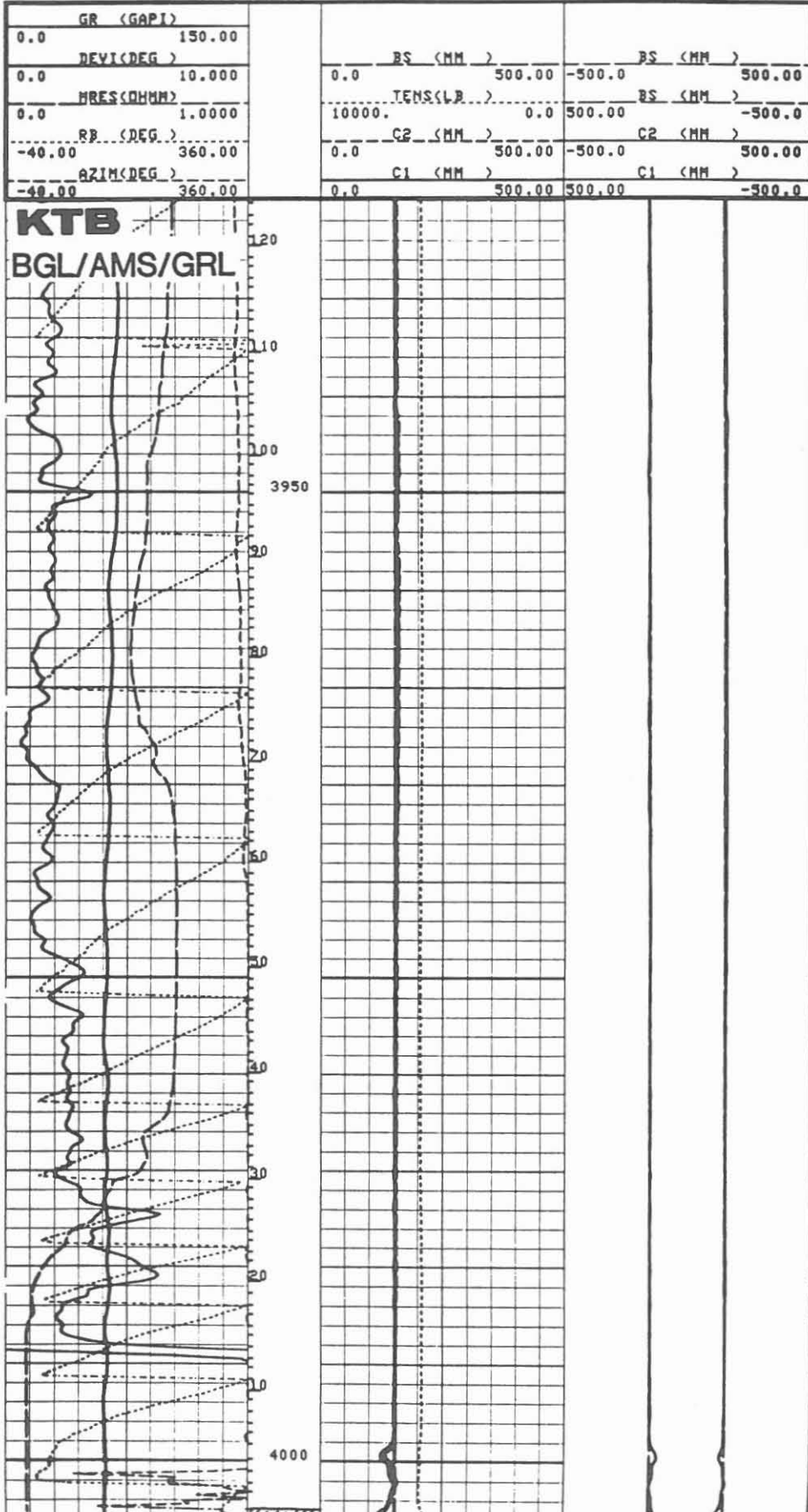
**Technische Anmerkungen:**

Das Meßsystem wird zentriert eingefahren. Je zwei gegenüberliegende Kaliberarme sind zu einem Meßpaar zusammengefaßt. Außerdem besitzt dieses Meßgerät ein Neigungs- und magnetisches Orientierungssystem. Über ein potentiometer-kontrolliertes Pendel wird die Neigung der Bohrung gemessen. Ein Kompaß ermittelt die Richtung. Die Lage des Gerätes wird durch den Referenz-Kaliberarm 1 und das "Relative Bearing" (Referenzpendel), das in 180° zum Arm 1 steht, bestimmt. Die Berechnung des Bohrlochvolumens bei Ovalisierung geht von einer Idealellipse aus. Die Markierungen an der linken Seite der Teufenspur geben das integrierte Bohrlochvolumen in Kubikmeter (langer Markierungsstrich) an. Datenrate: 15 cm (6").

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>	
BS	Bit Size	(MM) Meißelgröße	mm
C1	Caliper 1	(MM) Kaliber 1	mm
C2	Caliper 2	(MM) Kaliber 2	mm
DEVI	Deviation	(DEG) Neigung	Grad
HAZI	Hole Azimuth	(DEG) Bohrlochazimut	Grad
GR	Gamma Ray	(GAPI) Gammastrahlung	API-Einheiten
RB	Relative Bearing	(DEG) Referenz	Grad
TENS	Tension	(LB) Gewicht am Kabel	Pfund

Abb. 6.3.



**DLL/MSFL/GRL/CAL** (Dual Laterolog/Microspherical Focused Log/Gammastrahlen-/Kalibermessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 33	26.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB - 99	21.12.87	2	KTB-Report 88-4
VB -131	28.02.88	3	KTB-Report 88-4
VB*-180	02.06.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-219	07.09.88	5	KTB-Report 88-7
VB* -259	06.12.88	6	Abschnitt 5.
VB**-299	08.04.89	7	3450,0 - 3995,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3932,0 - 3985,0 m , Abb. 6.4.

**Meßziel:**

Diese Widerstandsmessung wurde gefahren, um Zonen hohen Widerstandes, also dichte Zonen, von Intervallen niedrigen Widerstandes zu unterscheiden. Letztere können Fluide enthalten. Sehr niedrige Widerstände können auf graphit- oder erzhaltige Lagen hinweisen.

**Durchführung:**

Die Messung wird als Kombination mit MSFL, CAL und AMS gefahren. Die Widerstandsskala wurde logarithmisch von 0,2 - 2000 Ohm m mit einem "back-up" von 2000 bis 200 000 Ohm m aufgezeichnet. Die gemessenen Widerstandswerte müssen wegen des Bohrlocheinflusses (besonders im Bereich mit großen Auskesselungen) und der Schulterzonenbeeinflussung korrigiert werden. Dies ist entweder im Rechenzentrum der Service-Firma oder im EDV-Zentrum bei KTB möglich.

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000 in Echtzeit; die Meßgeschwindigkeit richtet sich nach dem GR und betrug 9 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

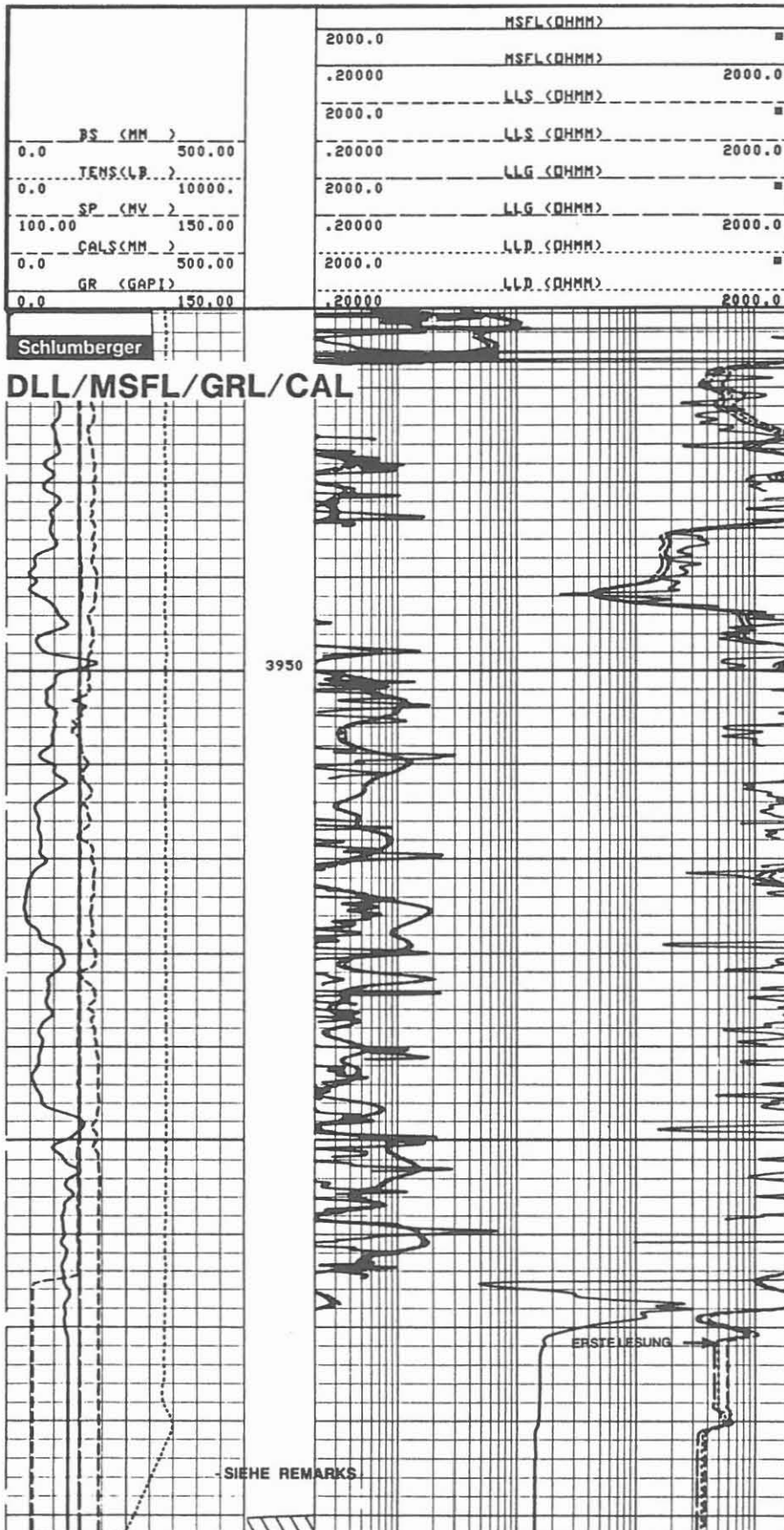
Es wurde das Dual Laterolog DLT-E eingesetzt. Dieses Gerät registriert 3 Laterologkurven, das Laterolog-Shallow (LLS), Laterolog-Deep (LLD) und Laterolog-Groningen (LLG). Das LLS arbeitet mit einer Frequenz von 270 Hz, das LLD und LLG mit 32 Hz. Die Referenzelektrode "N" ist für LLD am Kabel und für LLG an Elektrode VI am Bridle befestigt.

Datenrate Dual Laterolog: 15 cm und Microspherical Focused Log: 5 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>	
BS	Bit Size (MM)	Meißelgröße	mm
CALS	Caliper (MM)	Kaliber	mm
GR	Gamma Ray (GAPI)	Gammastrahlung	API-Einheit
LLD	Laterolog "deep"	tiefes Laterolog	Ohm m
LLG	Laterolog "Groningen"	Groningen-Effekt	
		kompensiertes Laterolog	Ohm m
LLS	Laterolog "shallow"	seichtes Laterolog	Ohm m
MSFL	Microspherical Focused Log	mikrosphärisch fokussierte Messung	Ohm m
SP	Self Potential (MV)	Eigenpotential	mV

Abb. 6.4.



**DLI-SP** (Dual Laterolog/Eigenpotential)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB**-302	09.04.89	7	3540,0 - 3996,0
VB**-311	14.04.89		480,0 - 3600,0

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3931,0 - 3996,0 m, Abb. 6.5.

**Meßziel:**

Diese Messung wurde gefahren, um den Imaginärteil der Formationswiderstände zu berechnen. Die Studiengruppe Clausthal (Prof. Schopper) arbeitet am Problem der Bestimmung der Inneren Oberfläche.

**Durchführung:**

Das Laterolog Shallow wurde mit einer Frequenz von 280 Hz und das Laterolog Deep mit 35 Hz gefahren. Die Berechnung des Imaginärteiles wurde im Rechenzentrum von Schlumberger, Hannover, durchgeführt. Zur Überprüfung wurde der Realteil berechnet und mit der Messung verglichen. Teufenmaßstab 1:200 und 1:1000, Meßgeschwindigkeit 25 m/min.

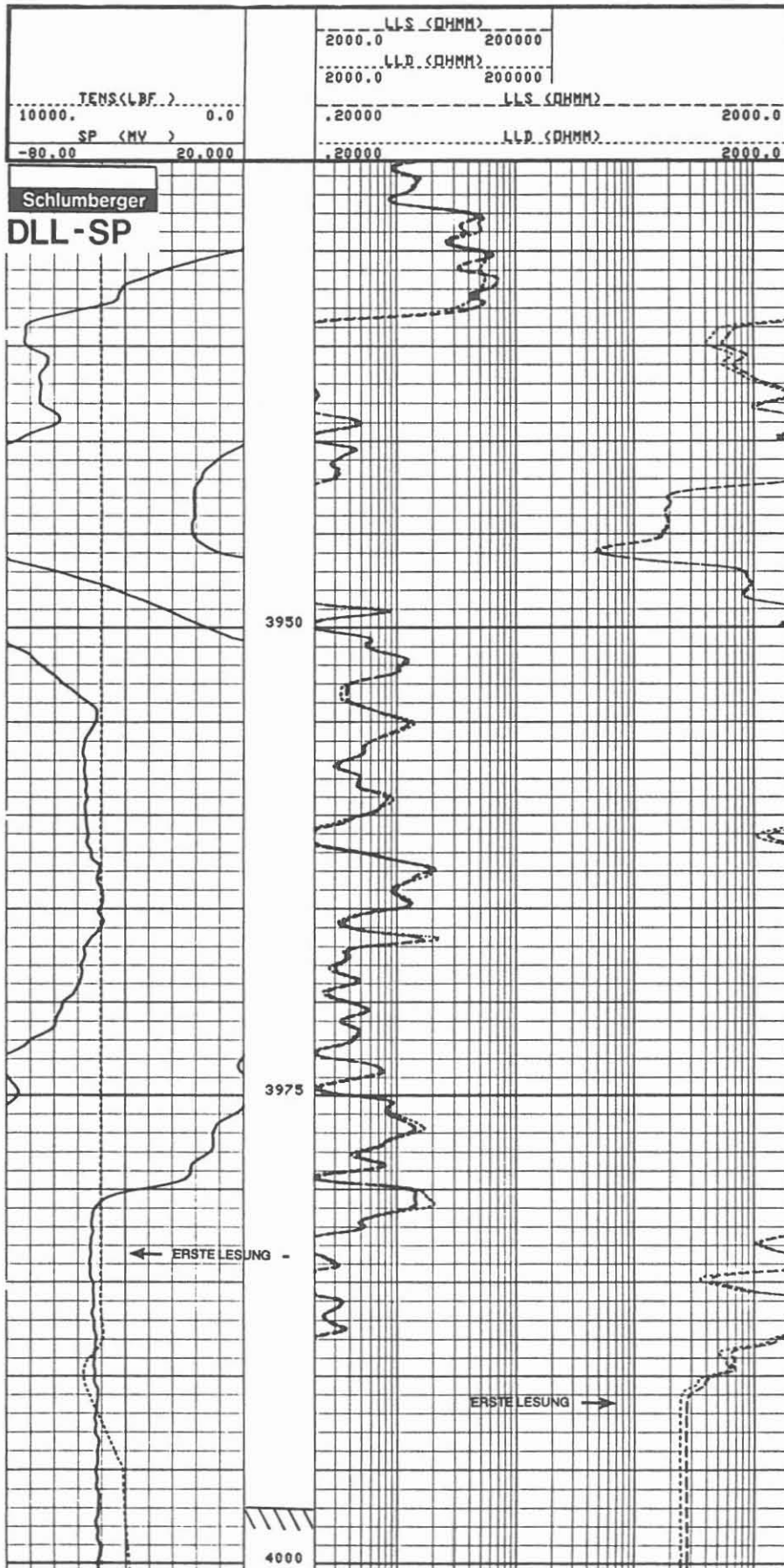
**Technische Anmerkungen:**

Das Eigenpotential ist durch den Meßstrom des Dual Laterologs beeinflusst. Datenrate 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
LLD	Laterolog Deep	(Ohm m)	tiefes Laterolog	Ohm m
LLS	Laterolog Shallow	(Ohm m)	seichtes Laterol.	Ohm m
SP	Self Potential	(MV)	Eigenpotential	mV

Abb. 6.5.





**DIL/GRL** (Dual Induction (Phasor) Log/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB -35	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB*-171	31.05.88	2	KTB-Report 88-7
VB*-223	08.09.88	3	KTB-Report 88-7
VB**-297	07.04.89	4	2950,0 - 4002,5 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3930,0 - 4002,5 m, Abb. 6.6 (20 KHz)

**Meßziel:**

Erfassung der elektrischen Leitfähigkeiten im Untergrund. Die mit dem Dual Laterolog gemessenen sehr niedrigen Widerstände müssen überprüft werden. Eine Leitfähigkeitsmessung ist in diesem Bereich der Widerstandsmessung überlegen.

**Durchführung:**

Mit der Leitfähigkeitsmessung DIL wurde auch das Gamma ray registriert. Die Beeinflussung der Widerstandswerte (R-Signal) durch die Auskesselungen ist groß und muß korrigiert werden. Dies erfolgt im Rechenzentrum der Service-Firma, die auch die Rückspielung und Berechnung des "Phasor Logs" (X-Signal) durchführt. Einige Zonen haben hohe Leitfähigkeiten. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; logarithmische Registrierung im Widerstandsbereich von 0,2 - 2000 Ohm m; Meßgeschwindigkeit 20 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

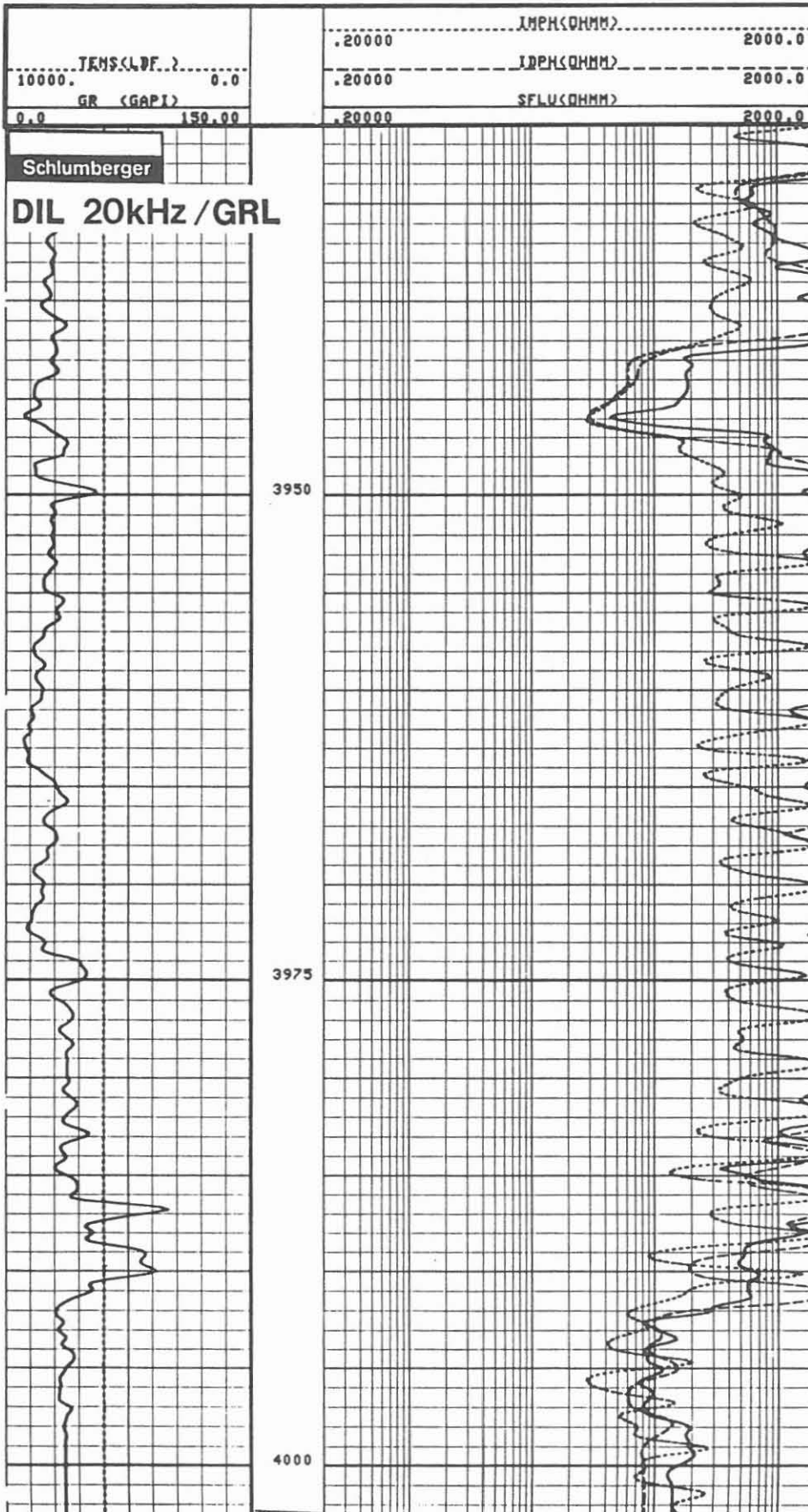
Bei dem eingesetzten Meßgerät handelt es sich um das "Phasor" Dual Induction DIT-E. Die gewählten Frequenzen für das Leitfähigkeitsmeßsystem für den Meßabschnitt 2950,0 - 4002,5 m waren 20 kHz und 40 kHz. Es wurde mit 37 mm (1 1/2") Stand-Off gefahren. Das vertikale Auflösungsvermögen ist für ILD = 246 cm (8 ft), ILM = 185 cm (6 ft) und für das SFLU 92 cm (3 ft).

Datenrate: 15 cm (6").

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>	
IMPH	Phasor Induction Log medium	"mittlere" Leitfähigkeit als Widerstand (Phasor)	Ohm m
IDPH	Phasor Induction Log deep	"tiefe" Leitfähigkeit als Widerstand (Phasor)	Ohm m
SFLU	Spherical Focused Log	sphärischfokussierte Messung als Widerstand	Ohm m

Abb. 6.6.



**DIL/GRL** (Dual Induction (Phasor) Log/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB**-297	07.04.89	4	2950,0 - 4002,5 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3931,0 - 3997,0 m, Abb. 6.7.

**Meßziel:**

Erfassung der elektrischen Leitfähigkeiten im Untergrund mit Hilfe von Induction Messungen und unterschiedlichen Frequenzen. Es soll getestet werden, wie stark sich der Frequenzwechsel auswirkt.

**Durchführung:**

Das DIL-E Meßgerät kann sowohl mit 20 KHz als auch mit 40 KHz gemessen werden. Es wurde das Meßintervall von 2950,0 - 4002,0 m mit beiden Frequenzen gemessen.

Teufenmaßstab 1:200, 1:1000; logarithmische Widerstandsskala  
0,2 - 2000 Ohm m ; Meßgeschwindigkeit 20 m/min.

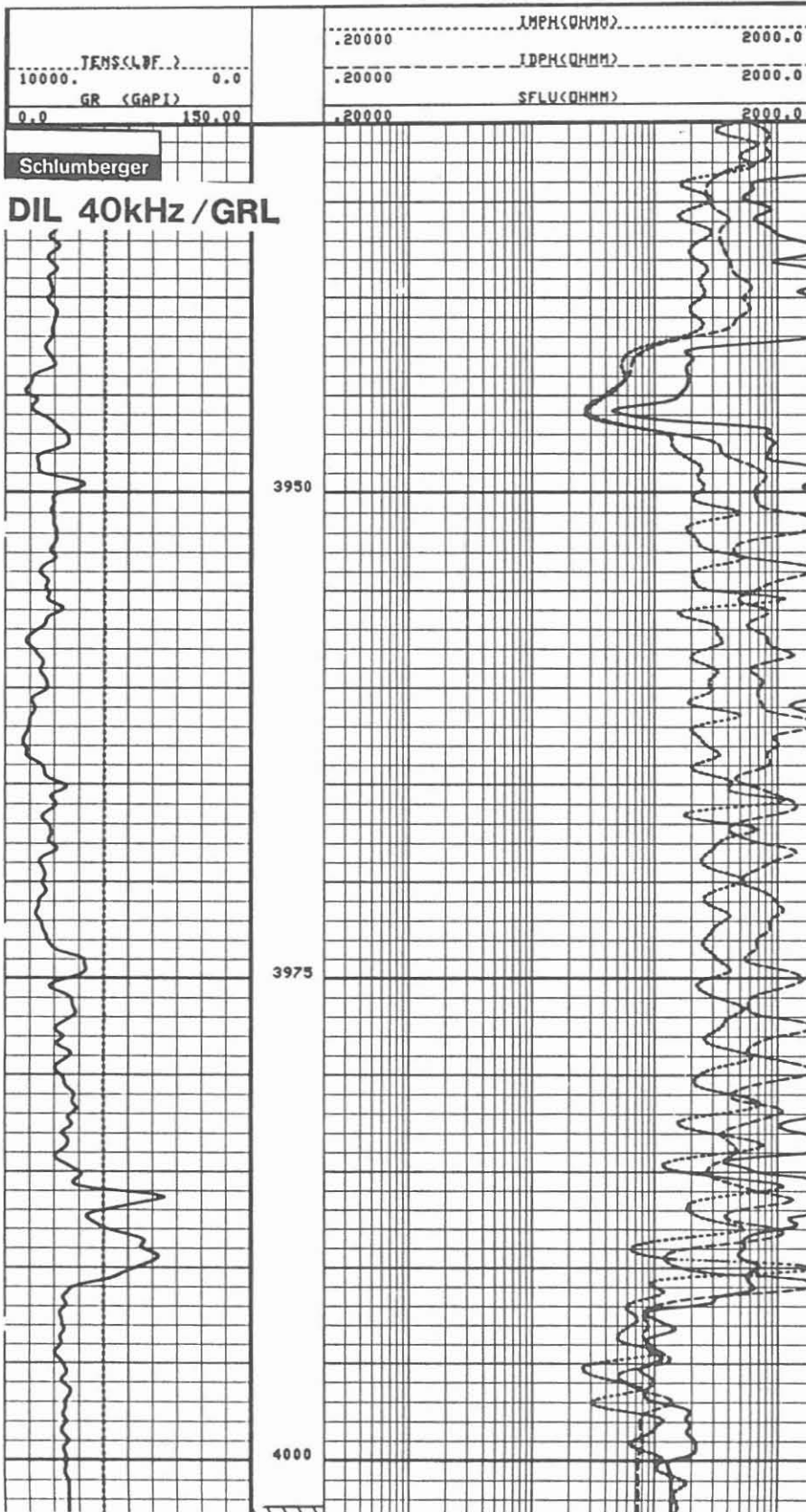
**Technische Anmerkungen:**

Siehe Messung 20 KHz

**Abkürzungen:**

Siehe Messung 20 KHz

Abb. 6.7.



**SP/GR (Eigenpotential/Gammastrahlung)**

**Ausführender:** KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 46	29.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -106	04.01.88	2	KTB-Report 88-4
VB -139	02.03.88	3	KTB-Report 88-4
VB*-169	30.05.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-214	06.09.88	5	KTB-Report 88-7
VB* -257	06.12.88	6	Abschnitt 5
VB**-316	20.04.89	7	479,5 - 3995,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3873,0 - 3947,0 m, Abb. 6.8.

**Meßziel:**

Hinweise auf permeable Zonen, Tonlagen, dichte Gesteinsbereiche sowie zur Salinität des Formationswassers.

**Durchführung:**

Eine für KTB besonders zusammengesetzte Sonde kam zum Einsatz. Sie wurde allein und stromlos gefahren, um störende Einflüsse zu vermeiden. Nur ein GR und ein isoliertes Gewicht unterstützten das Einfahren. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 22 m/min.

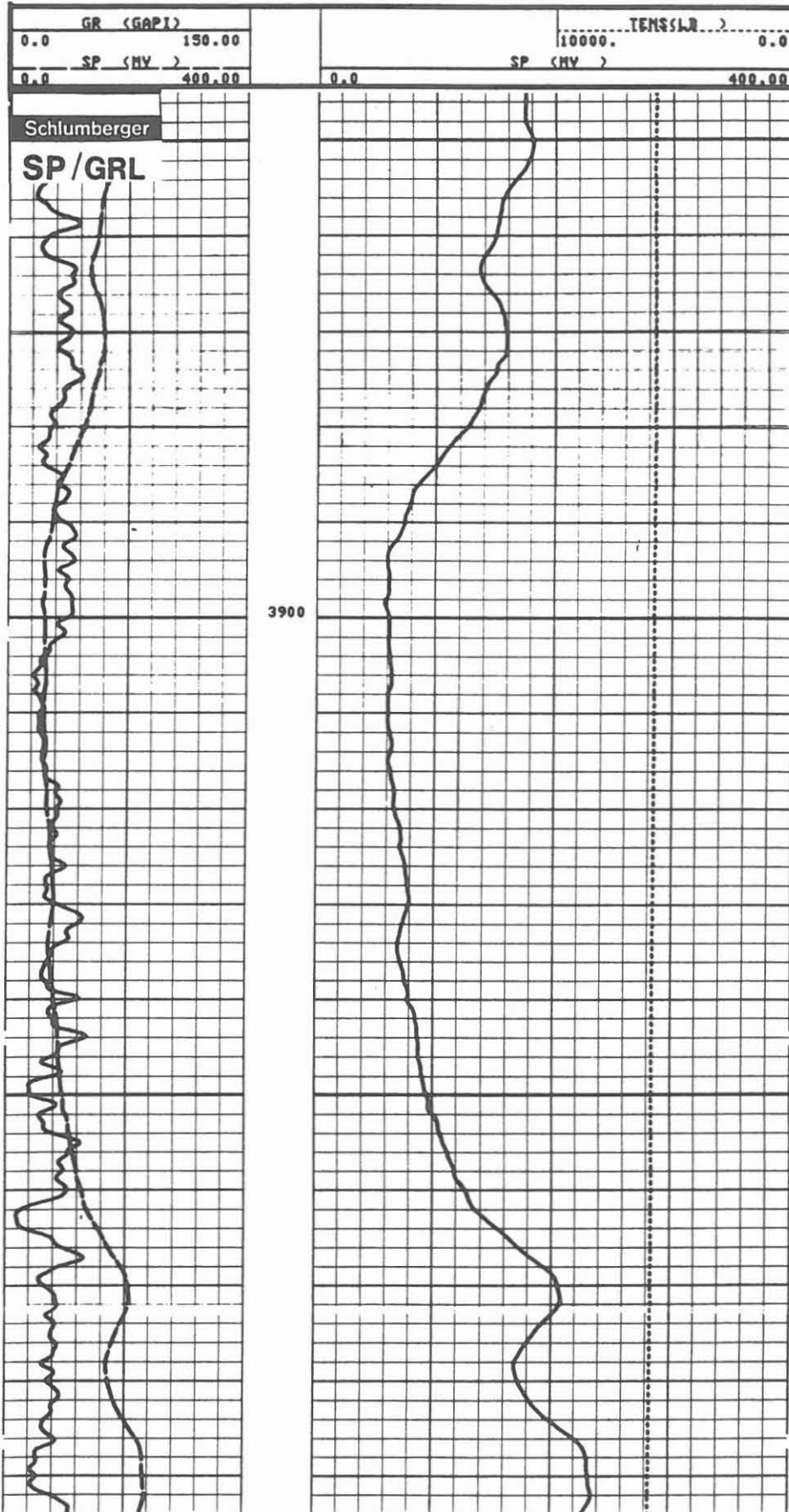
**Technische Anmerkungen:**

Die Oberflächenelektrode wurde in der Bohrkleingrube plaziert. Von dieser Position war die beste Ansprache des Meßsystems zu beobachten. Die Distanz zur Bohrung beträgt ca. 12 m.  
Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>	
GR	Gamma Ray (API)	Gammastrahlung	API-Einh.
SP	Self Potential (MV)	Eigenpotential	Millivolt

Abb. 6.8.



**LDI/CNI/NGT** (Litho Density-/Compensated Neutron/Natural Gamma Spectrometer-Messung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

Lfd. Nr.	Datum	Run Nr.	Intervall
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -260	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-301	08.04.89	6	3528,0 - 3996,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3930 - 3996,0 m, Abb. 6.9.

**Meßziel:**

Bestimmung der spezifischen Massendichte des Gesteins. Diese liefert Hinweise auf Lithologie und Porosität. Hinweise auf Vererzungen und Mineralisierung durch Schwerminerale (wie z. B. Baryt) werden durch den photoelektrischen Effekt gewonnen. Lithologie und Porosität werden auch von der Neutron-Messung erfaßt. Bestimmung des Uranium-, Thorium- und Kaliumanteils sowie der Wärmeproduktion der Gesteine mittels NGT.

**Durchführung:**

Sowohl die Dichte- wie auch die Neutronmessung müssen exzentrisch gefahren werden. Als Anpreßarm wird ein Einarm-Kaliber für die Dichtemessung und Exzentrierfedern für die Neutronmessung verwendet. Das Diagramm zeigt das Summen-GR (SGR), das berechnete GR (CGR), Kaliber und Meißeldurchmesser. Außerdem wird die Dichte, Neutronporosität (in Kalksteineinheiten), der photoelektrische Effekt und die Dichtekorrektur wiedergegeben. Starke Dichteschwankungen sind meist mit abrupten Kaliberveränderungen zu korrelieren; hier ist bei einer Interpretation Vorsicht geboten.

Maximale Öffnung des einarmigen Kalibers: 576 mm (22,6").

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit: 6 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

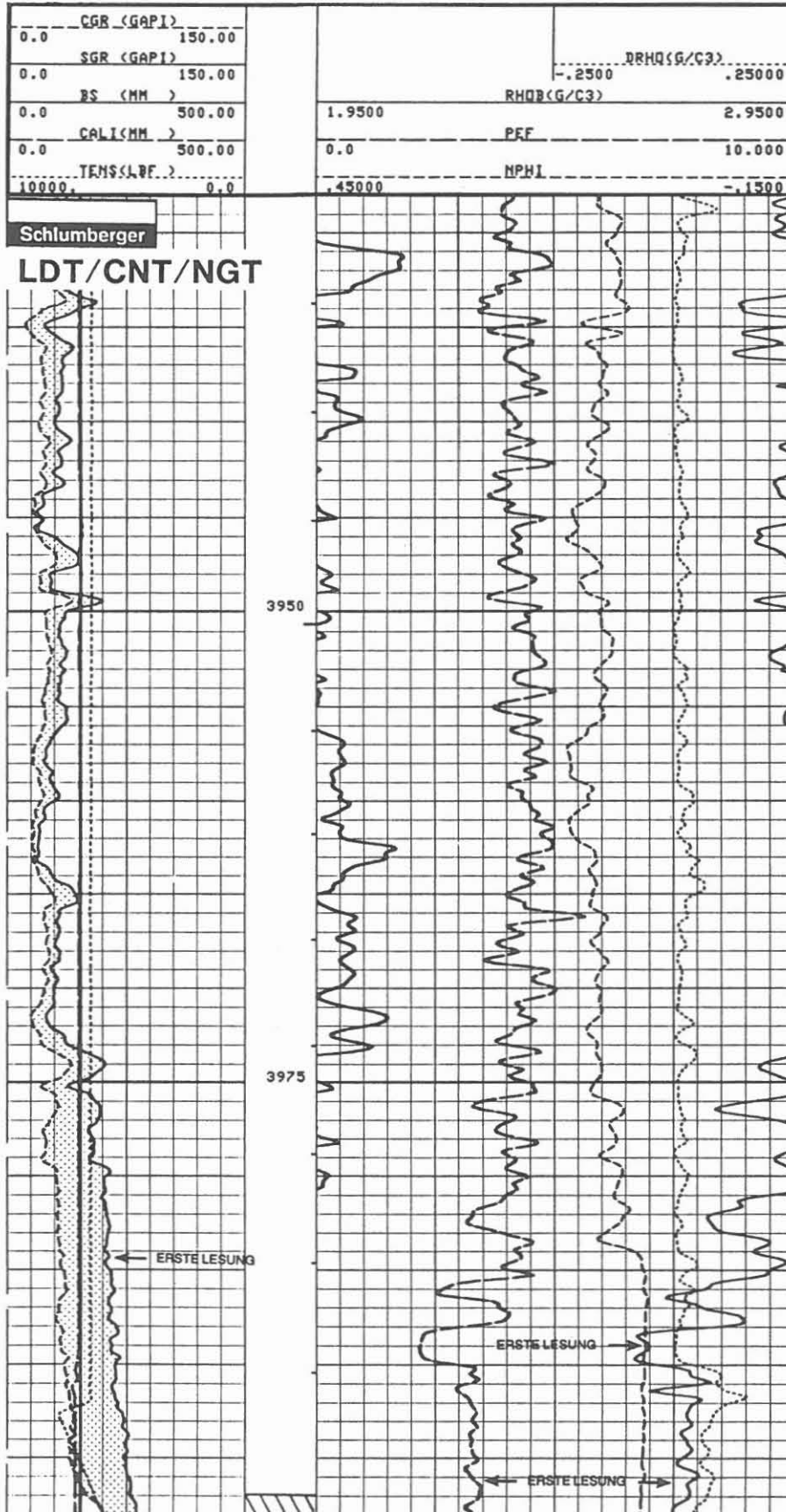
Für die Dichtemessung wird das Gebirge durch eine Cäsium-Quelle und für die Neutronmessung durch eine Americium-Beryllium-Quelle angeregt. Für das Kristallin wurde noch kein neues Kalibrierungssystem für die Kalksteinporositätseinheiten gefunden. Damit sind im Sediment beide Meßsysteme auf ein vergleichbares Porositätsformat gebracht. Es soll jedoch bereits darauf hingewiesen werden, daß die durchschnittliche Anzeige von 12 bis 15 % Neutronporosität keine effektive Porosität repräsentiert, sondern einen Hinweis auf neutronenabsorbierenden Mineralbestand darstellt.

Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit		deutsch, Einheit
DRHO	Delta-RHO	(G/C3)	Dichtekorrektur g/cm <sup>3</sup>
NPHI	Neutronporosity	(% L.P.U.)	Neutronenporosität % Kalksteineinh.
RHOB	Bulk Density	(G/C3)	Massendichte g/cm <sup>3</sup>
PEF	Photoelectric Adsorption	(B/E)	Photoelektr. Adsorption Barn/Elektron

Abb. 6.9.





**CNT-G/GRL/CAL** (Compensated Neutron-Type "G"/Gammastrahlen-/Kalibermessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -260	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-301	08.04.89	6	3528,0 - 3996,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3929,0 - 3985,0 m, Abb. 6.10.

**Meßziel:**

Bestimmung der Porosität, der Lithologie, des Tongehaltes (Vergrünungsgrad), Gehalt an neutronabsorbierenden Mineralien und Kalzitlagen (Kluftverheilungen).

**Durchführung:**

Dieses Gerät wurde mit der Kombination LDT/CNT/NGT gefahren. Die Aufzeichnung der Messung wird in Echtzeit nur auf Magnetband vorgenommen. Die optische Darstellung wird über Playback ausgeführt. Das Diagramm zeigt in Spur 1 das Summen-GR (SGR), die um den Uranium-Anteil korrigierte Strahlung (CGR), Kaliber (der Dichtemessung) (CALI) und das Gewicht am Kabel (TENS). In Spur 3 und 4 wird die im thermalen und epithermalen Energiebereich gemessene Neutronporosität in Kalksteinporositätseinheiten wiedergegeben. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit wie Kombinationsmessung: 6 m/min.

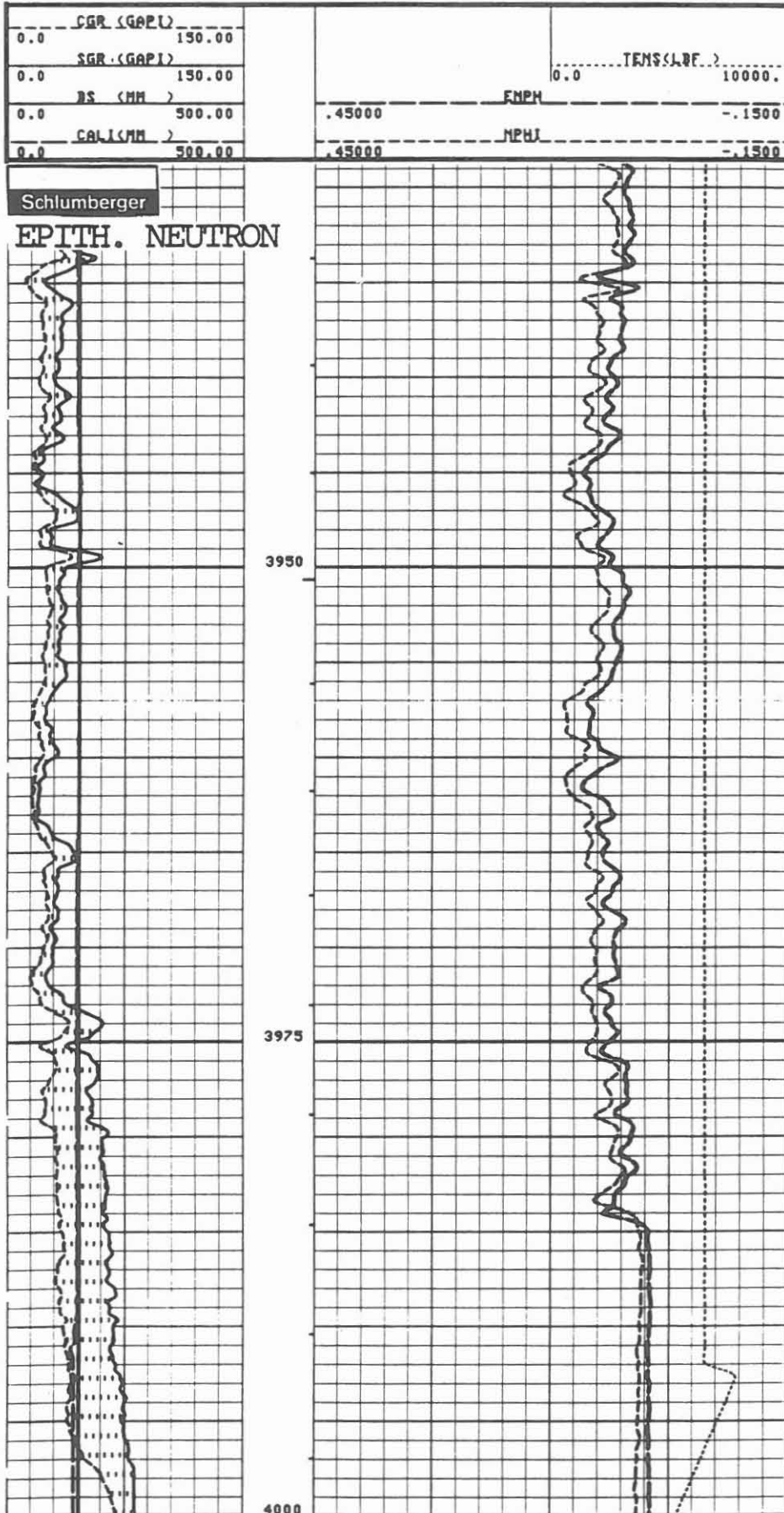
**Technische Anmerkungen:**

Mit diesem Gerät wird die Neutronanregung in zwei Energiebereichen erfaßt: thermal und epithermal. Im epithermalen Bereich wird die durch die abgebremsten Neutronen erzeugte Strahlung gemessen, wohingegen im thermalen Bereich die auf dieses Niveau gebremste Neutronstrahlung erfaßt wird. Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
ENPH	Epithermal Neutron Porosity (% LPU)	epithermale Neutronporosität % Kalksteineinheiten
NPHI	Neutronporosity (% LPU)	Neutronenporosität % Kalksteineinheiten

Abb. 6.10.



**NGS-RATIO** (Natural Gamma Spectrometer - Ratio Präsentation)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

Lfd. Nr.	Datum	Run Nr.	Intervall
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -260	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-301	08.04.89	6	3528,0 - 3996,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3923 - 3996,0 m, Abb. 6.11.

**Meßziel:**

Auflösung des natürlichen Gammastrahlenspektrums in Uranium-, Thorium- und Kaliumanteile. Bestimmung von radioaktiven Bestandteilen und deren Verhältnis zueinander, der Wärmeproduktion sowie mögliche Hinweise auf Klüftigkeit.

**Durchführung:**

Die Messung wurde in Kombination mit der Dichte-Neutronmessung (LDT/CMT) und dem Geochemical Logging Tool (GLT) gefahren. Die Berechnung der anteiligen Strahlungen und der Verhältnisse sind als Playback aufgezeichnet. Die Aufzeichnung bringt in Spur 1 die Gesamtgammastrahlung (SGR), die um den Uraniumanteil korrigierte Strahlung (CGR) - deren Differenz punktiert dargestellt ist -, in Spur 3 die Verhältnisse Thorium/ Uranium, Uranium/-Kalium und Thorium/Kalium in logarithmischer und in Spur 4 die Einzelanteile in linearer Präsentation. Die Kalium- und Thoriumkurven sind gegenläufig dargestellt und die Fläche zwischen den Meßwerten ist durch Punktierung hervorgehoben.

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 6 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

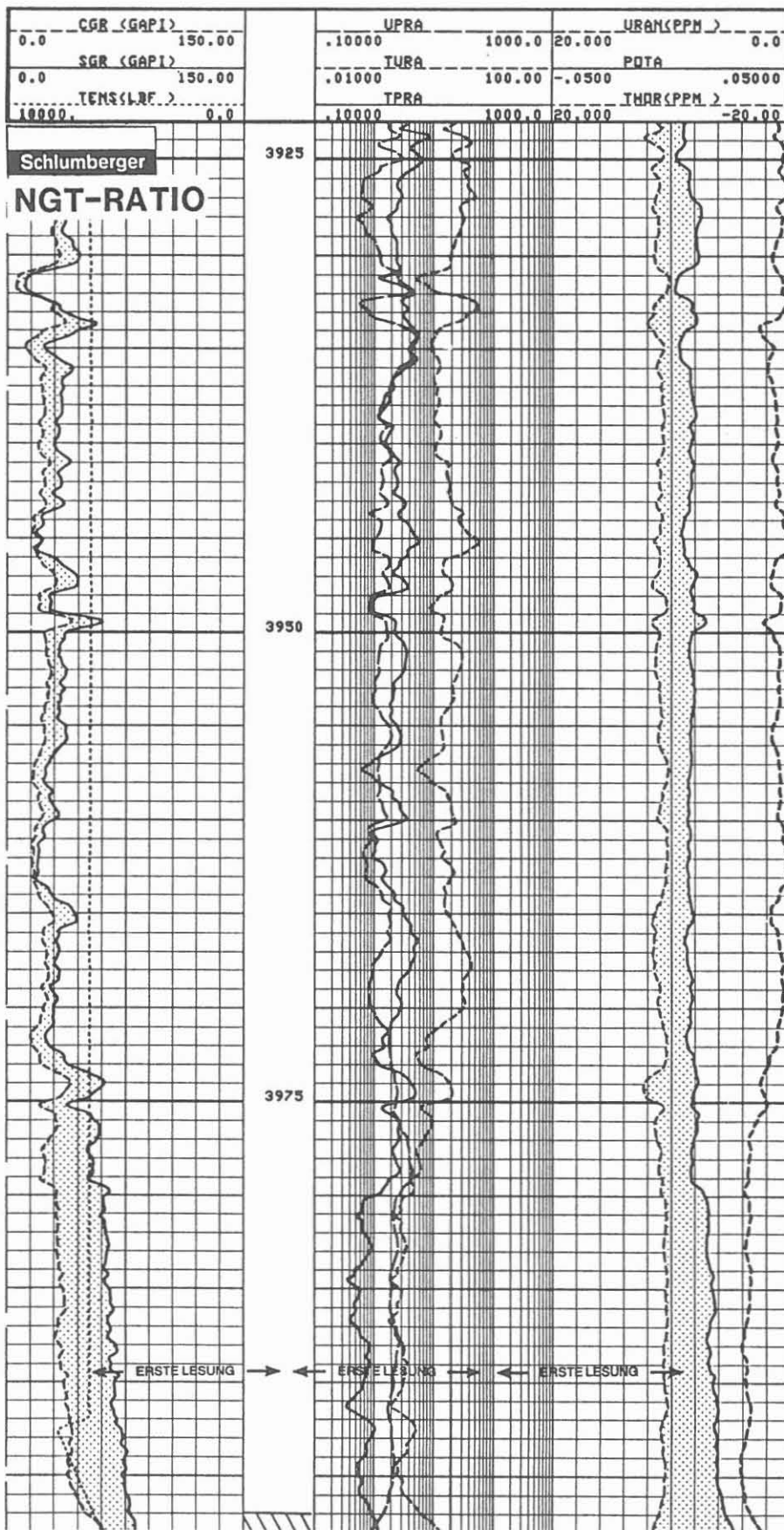
Die Berechnung der Verhältnisse erfolgt, um die Hauptstrahlungskomponente hervorzuheben. Die Zählraten der Einzelstrahlungen werden durch einen Kalmann-Filter von starken statistischen Schwankungen befreit. Die Messung wurde exzentrisch gefahren.

Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit		deutsch, Einheit	
CGR	Computed GR	(GAPI)	Berechnetes GR	API-Einheiten
			(Uraniumkorrigiertes GR)	
POTA	Potassium		Kalium	%
SGR	Sum GR	(GAPI)	Summen-Gesamt GR	API-Einheiten
TENS	Tension	(LB)	Gewicht am Kabel	Pfund
THOR	Thorium	(PPM)	Thorium	g/t
TPRA	Thorium/Potassium Ratio		Thorium/Kalium-Verhältnis	
TURA	Thorium/Uranium Ratio		Thorium/Uranium-Verhältnis	
UPRA	Uranium/Potassium Ratio		Uranium/Kalium-Verhältnis	
URAN	Uranium	(PPM)	Uranium	g/t

Abb. 6.11.



NGS-SPEC (Natural Gamma Spectrometer - Spezialaufzeichnung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

Lfd. Nr.	Datum	Run Nr.	Intervall
VB - 41	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -135	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-176	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-220	08.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -260	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-301	08.04.89	6	3528,0 - 3996,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3932,0 - 3997,0 m, Abb. 6.12.

**Meßziel:**

Aufzeichnung des natürlichen Gammastrahlenspektrums, zerlegt in Uranium-, Thorium- und Kaliumstrahlung. Bestimmung von radioaktiven Bestandteilen, der Wärmeproduktion sowie mögliche Kluftanzeige durch Uraniumspitzen.

**Durchführung:**

Die Messung wurde in Kombination sowohl mit der Dichte-Neutronmessung (LDT/CNT) als auch mit dem Geochemical Logging Tool (GLT) gefahren. Da das NGT vor der optischen Darstellung bearbeitet werden muß, wurde es nicht in Echtzeit registriert. Die Darstellung gibt die Gesamtgammastrahlung (SGR), die um den Uraniumanteil korrigierte Strahlung (CGR) und die von der Uranium- und Thoriumreihe und dem Kalium ausgehende Strahlung wieder. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 6 m/min.

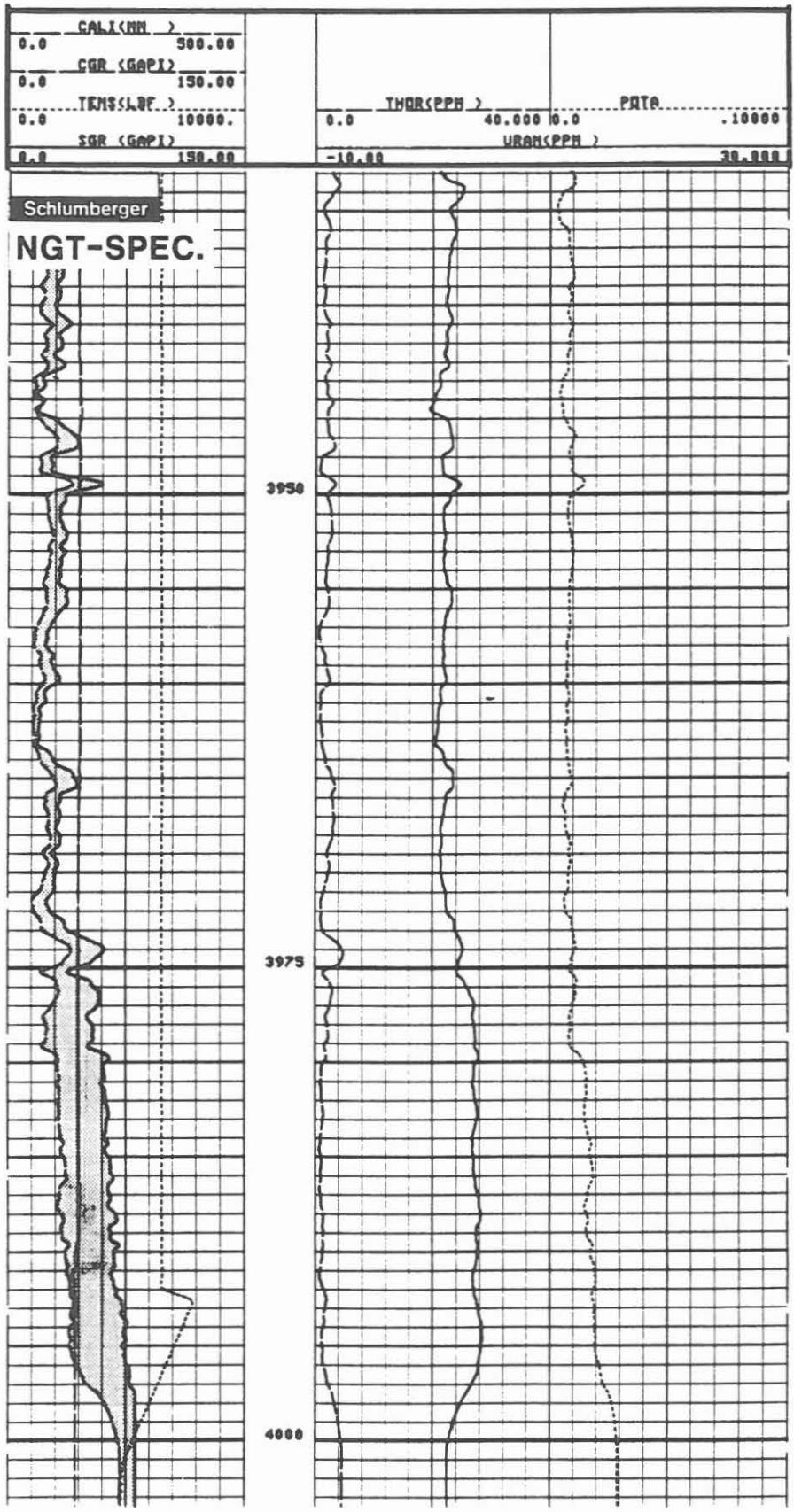
**Technische Anmerkungen:**

Es werden Strahlungsaktivitäten in Zählraten gemessen. Diese werden über einen Kalmann-Filter bearbeitet, bevor sie optisch auf Film aufgezeichnet werden. Die Rohdaten der 3 Energiefenster des Spektrums werden auf Magnetband registriert. Eine Gammastrahlenmessung ist eine "statistische" Messung. Sie soll deshalb langsam (unter 9 m/min.) gefahren werden. Die Messung wurde exzentrisch gefahren. Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit		deutsch, Einheit	
BS	Bit Size	(MM)	Meißeldurchmesser	mm
CALI	Caliper	(MM)	Kaliber	mm
CGR	Computed GR	(GAPI)	Berechnetes GR	API-Einheiten (Uraniumkorrigiertes GR)
POTA	Potassium	(%)	Kalium	%
SGR	Sum GR	(GAPI)	Summen-Gesamt GR	API-Einheiten
URAN	Uranium	(PPM)	Uranium	g/t
TENS	Tension	(LB)	Gewicht am Kabel	Pfund
THOR	Thorium	(PPM)	Thorium	g/t

Abb. 6.12.



FMST/GRL/CAL (4-Pad Formation MicroScanner/Gammastrahlen-/Kalibermessung)

Ausführender: Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

Lfd. Nr.	Datum	Run Nr.	Intervall
VB - 37	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB - 95	20.12.88	1	KTB-Report 88-4
VB - 97	21.12.87	2	KTB-Report 88-4
VB -132	28.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-174	31.05.88	3	KTB-Report 88-7
VB* -263	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-300	08.04.89	6	3550,0 - 3993,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3935 - 3993 m, Abb. 6.13.

**Meßziel:**

Nachweis von Klüften und Kluftsystemen, Störungen und Scherflächen. Außerdem soll über die Schichtung, Textur und Struktur des Gesteins, das Einfallen und Streichen des Gebirges bzw. der Klüfte eine Aussage erreicht werden. Ferner ist damit eine Nachorientierung der Bohrkerne vorgesehen.

**Durchführung:**

Angaben zur 4-Pad-Aufzeichnung finden sich im Abschn. 8.1 des KTB-Reports 88-4.

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 6 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

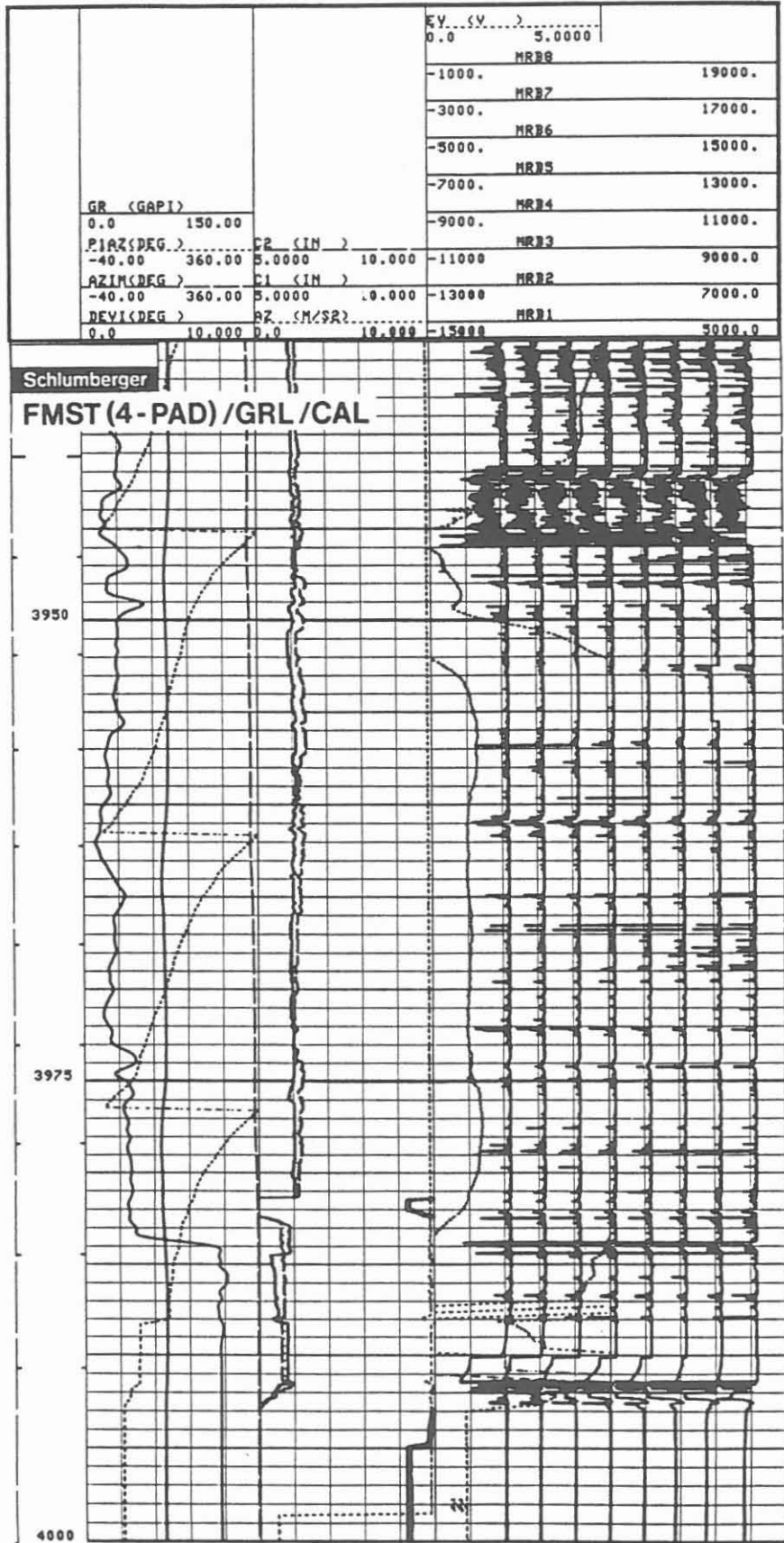
Es wurde das neue 4-Pad-FMST-Gerät eingesetzt. Das Vierarm-Kaliber öffnet bis maximal 549 mm (21,6"). Das Speichervolumen der EDV-Anlage in der Logging Unit erlaubt keine Wiedergabe aller Widerstandskurven. Dies kann nur im Rechenzentrum der Firma erfolgen. Die Meßergebnisse werden als Profilaufzeichnungen und als Images dargestellt.

Die Datenrate für die Widerstände (fast channels) beträgt 2,5 mm und für GR, CAL, Neigung und Orientierung (slow channels) 15 cm.

**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit	deutsch, Einheit
AZ	Acceleration on Z-Axis (M/S)	Beschleunigung in Z-Achse m/s
AZIM	Azimuth DEG	Azimut Grad
C 1	Caliper 1-3 (IN)	Kaliber 1-3 Zoll
C 2	Caliper 2-4 (IN)	Kaliber 2-4 Zoll
DEVI	Deviation DEG	Neigung Grad
EV	Emex Voltage V	Meßspannung Volt
GR	Gamma Ray GAPI)	Gammastrahlung API-Einheit
MRE 1-8	Resistivity Button 1-8	Widerstandselektroden 1-8
PLAZ	Pad 1 Azimuth DEG	Elektrodenträger 1 Azimut Grad
RB	Relative Bearing DEG	Referenz Grad

Abb. 6.13.





**SDT/GRL** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-177	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-224	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -261	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-304	10.04.89	6	3550,0 - 3994,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3925 - 3992,0 m, Abb. 6.14.

**Meßziel:**

Aussagen über Lithologie, Porosität, Gesteinsverfestigung, Klüfte und Kluftsysteme, zur Kalibrierung der seismischen Aufnahmen und zur Berechnung der Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen-Laufzeiten.

**Durchführung:**

Die Messung erfolgte im sog. DDBHC-Mode. Bei der DT-Messung werden insgesamt 8 Laufzeiten aufgezeichnet. Dies sind:

TT1 = UT R 9 = 9'	LTT1 = UT R 4 = 10'
TT2 = UT R 10 = 3'	LTT2 = UT R 8 = 8'
TT3 = LT R 9 = 7'	LTT3 = LT R 4 = 12'
TT4 = LT R 10 = 5'	LTT4 = LT R 8 = 10'

Aus den verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten für ein 2'-Intervall werden nun 8 DTs abgeleitet:

DTL1 = (LTT1 - LTT2)/2	DTS1 = (TT1 - TT2)/2
DTL2 = (LTT4 - LTT2)/2	DTS2 = (TT4 - TT2)/2
DTL3 = (LTT3 - LTT4)/2	DTS3 = (TT3 - TT4)/2
DTL4 = (LTT3 - LTT1)/2	DTS4 = (TT3 - TT1)/2

Schließlich werden aus diesen Größen die DTs berechnet, die auf den Logs dargestellt werden:

DT = (DTS1 + DTS2)/2	= DT
DTL = (DTS3 + DTS4)/2	= DT Long spacing
DTLN = (DTL1 + DTL2)/2	= DT Long spacing near
DTLF = (DTL3 + DTL4)/2	= DT Long spacing far.

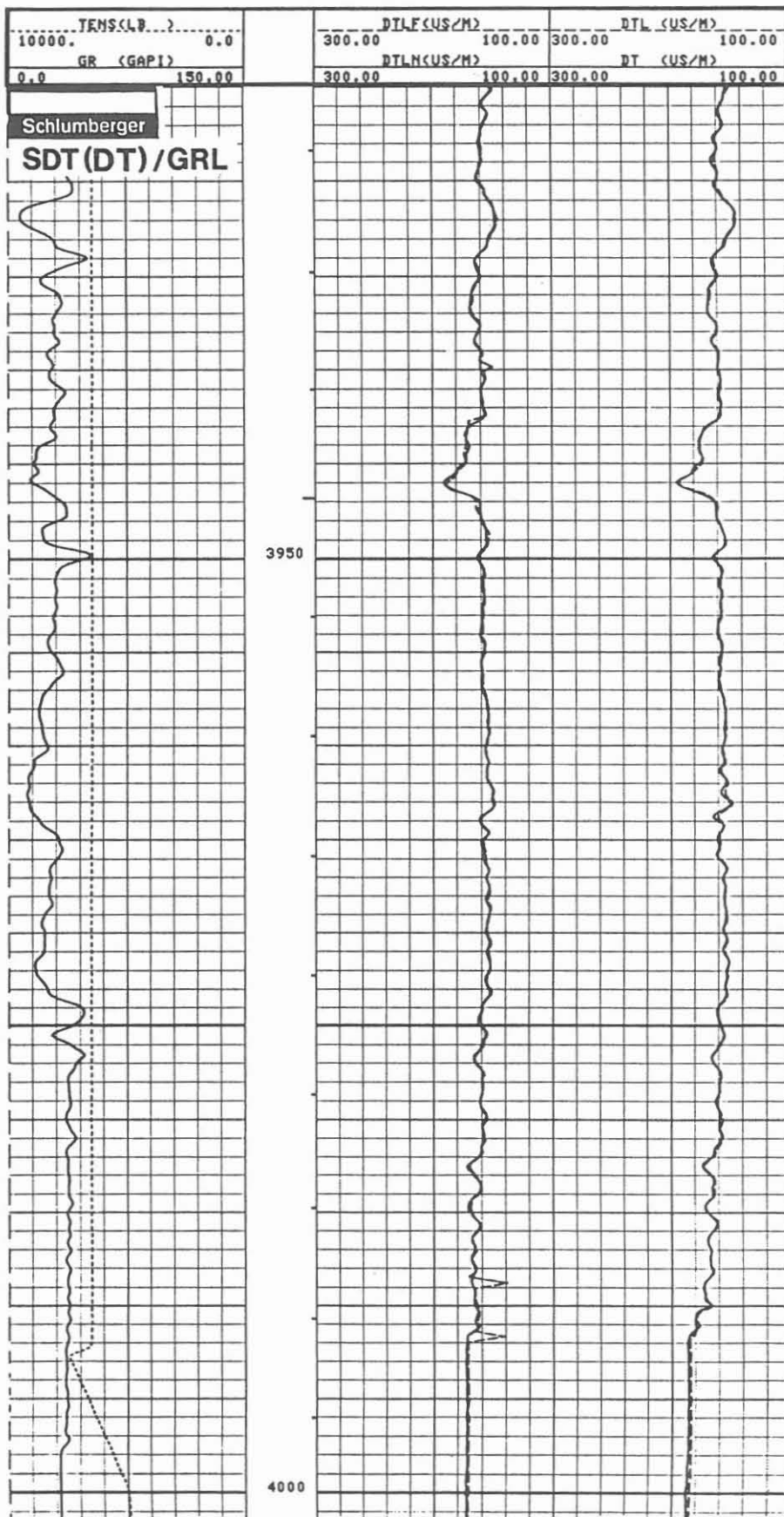
In Spur 2 ist am rechten Rand die integrierte Laufzeit von DTL dargestellt. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 1,2 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

Die große Datenfülle erlaubt keine Wiedergabe aller registrierten Daten auf Film. Sie sind jedoch auf Band aufgezeichnet und können jederzeit über Playback optisch dargestellt werden. Es wurde mit einer zeitlichen Datendichte (Sampling Interval) von 10 µs gemessen, um unter den vorgegebenen Verhältnissen gute Laufzeiten zu erhalten. 5 Zentrierfedern führten das Gerät zentrisch. Datenrate: 15 cm

**Abkürzungen:** siehe oben.

Abb. 6.14.



**SDT/GRL 6"** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung, Meßabstand 6")

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-177	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-224	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -261	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-304	10.04.89	6	3550,0 - 3992,0

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3925,0 - 3992,0 m, Abb. 6.15.

**Meßziel:**

Ermittlung von Feinstrukturen, Klüften, Kluftzonen und Gesteinsveränderungen durch ein möglichst vertikal hochauflösendes Meßsystem.

**Durchführung:**

Mit dem Digital Sonic Tool ist es möglich, ein 6" (15,24 cm) Borehole Compensated Sonic aufzuzeichnen. Dies wurde in einer separaten Fahrt ausgeführt. Eine sehr detaillierte Aufnahme gibt Aufschluß über die Feingliederung des Intervalls. Es gilt folgende Spurenbelegung:

Spur 1: Gammastrahlung, Gewicht am Kabel, Spur 3: Aufzeichnung der Laufzeit mit hoher vertikaler Auflösung in Sender- und Empfänger-Modus. Spur 4: "Bohrloch-kompensierte Laufzeit 6" (DTHC).

Teufenmaßstab 1 : 200; Meßgeschwindigkeit 1,2 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

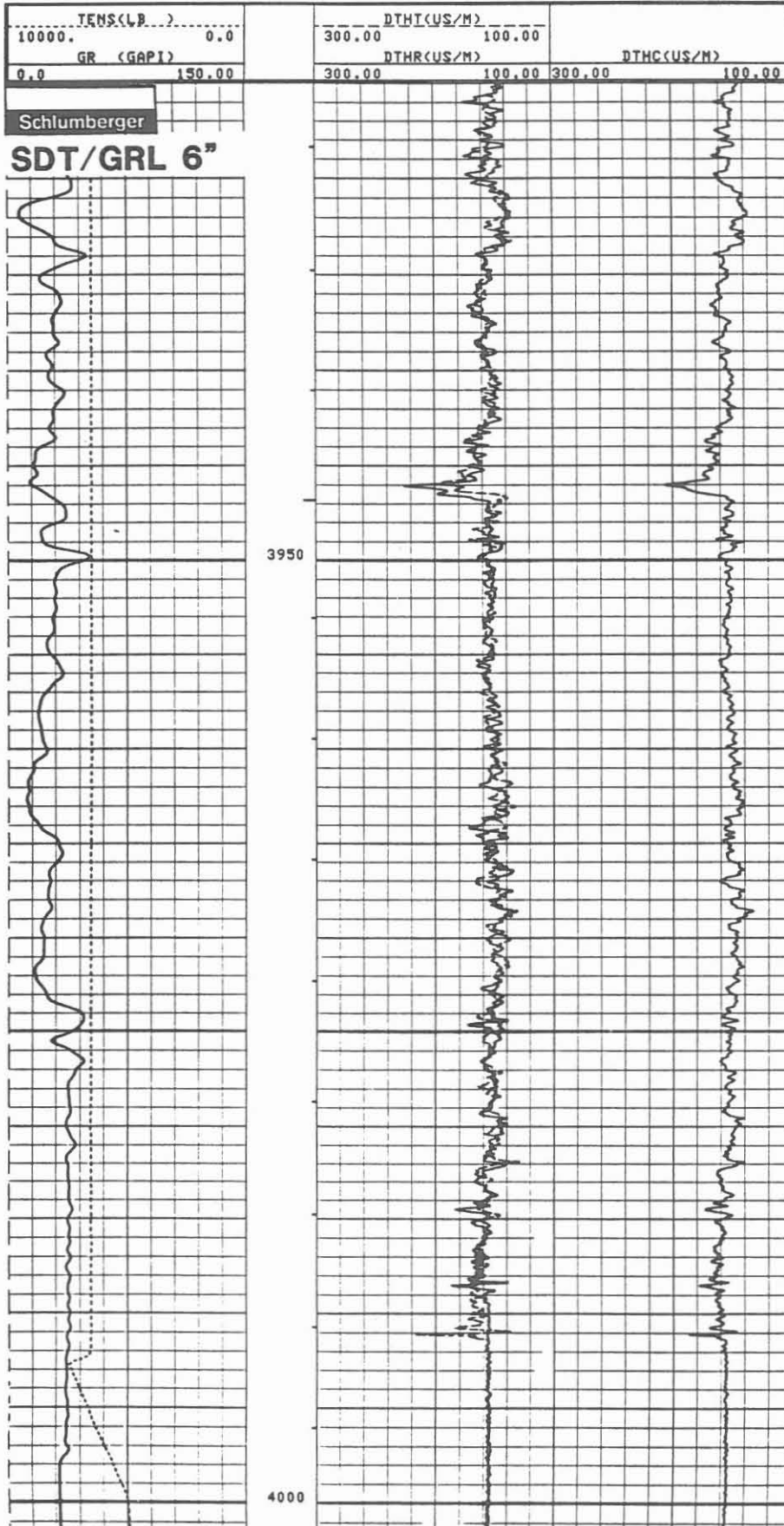
Durch Vereinigung von zwei Gruppen von drei unkompenzierten "slowness" Messungen wird das DDBHC (Depth Derived BoreHole Compensated) 6" Sonic Log erstellt. Um das gute Auflösungsvermögen zu erhalten ist es notwendig, die Datenrate um das Fünffache zu erhöhen. Die Datendichte (Sampling Interval) betrug 10  $\mu$ s.

Datenrate: 3 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
DTHC	Borehole Compensated Delta T (US/M)	Bohrlochkorrigierte Laufzeit ( $\mu$ s/m)
DTHI	Delta T High Resolution Transmitter Mode (US/M)	Laufzeit, hohe Auflösung Sender-Modus ( $\mu$ s/m)
DTHR	Delta T High Resolution Receiver Mode (US/M)	Laufzeit, hohe Auflösung Empfänger-Modus ( $\mu$ s/m)

Abb. 6.15.



**SDT/GRL/VDL** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung/Variable Density Log)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-177	01.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-224	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -261	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-304	10.04.89	6	3550,0 - 3992,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt 3930,0 - 3992,0 m, Abb. 6.16.

**Meßziel:**

Es soll die Aufnahme des kompletten Wellenzuges über eine möglichst lange Zeit durchgeführt werden, um Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen-Laufzeiten zu ermitteln. Sie dienen der Kalibrierung der seismisch ermittelten Zeiten, der Berechnung von Gesteinsparametern wie der Poissonzahl, sowie mit Hilfe der Dichtemessung des Schermoduls, des Young-Moduls und der Gesteinskompressibilität.

**Durchführung:**

Diese Messung wurde zweimal gefahren. Es wird jedoch nur ein Beispiel als Meßausschnitt gezeigt. Es ist die Aufnahme des Wellenzuges über eine Gesamtzeit von 10,24 ms. Die auf dem Film wiedergegebene zweite Aufnahme ist eine Registrierung über 4,34 ms. Es gilt folgende Spurenbelegung:  
Spur 1: Gammastrahlung, Spur 3 und 4: Variable Density Aufzeichnung des Wellenzuges über 3000  $\mu$ s.  
Teufenmaßstab 1 : 200; Meßgeschwindigkeit bei 3000  $\mu$ s: 1,2 m/min.

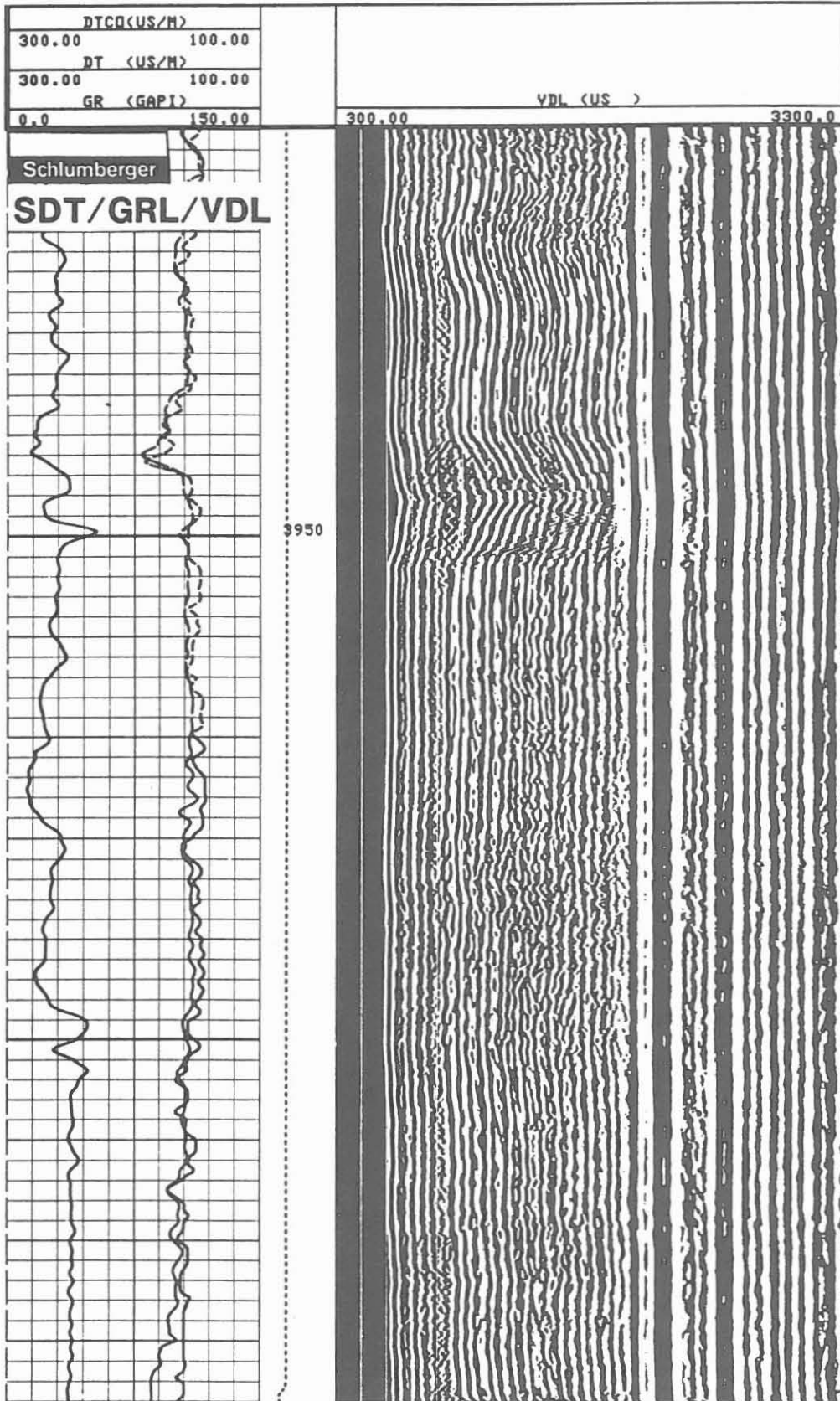
**Technische Anmerkungen:**

Für die Registrierung des gesamten Wellenzuges war es notwendig, die Messung den technischen Möglichkeiten anzupassen. Ausgegangen wurde von der Forderung, einen möglichst langen Zeitabschnitt zu registrieren, damit auch die Stoneleywelle noch voll aufgezeichnet werden kann. Das Gerät wurde durch 5 Zentrierfedern zentrisch geführt.  
Datenrate: 3 cm.

**Abkürzungen:**

<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
VDL Variable Density Log (US)	Variables Dichtelog $\mu$ s

Abb. 6.16.



**SDT/GRL/WF** (Sonic Digital Tool/Gammastrahlenmessung/Wave Form Log)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 39	27.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -140	02.03.88	2	KTB-Report 88-4
VB* -261	07.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-304	10.04.89	6	3550,0 - 3992,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3930,0 - 3992,0 m, Abb. 6.17.

**Meßziel:**

Aufnahme des kompletten Wellenzuges über eine möglichst lange Zeit, um Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen-Laufzeiten zu ermitteln. Sie dienen der Kalibrierung der seismisch ermittelten Zeiten, der Berechnung von Gesteinsparametern wie der Poissonzahl, sowie mit Hilfe der Dichtemessung des Schermoduls, des Young-Moduls und der Gesteinskompressibilität.

**Durchführung:**

Dargestellt ist die Aufnahme des Wellenzuges über eine Gesamtzeit von 3000  $\mu$ s. Außerdem ist die Laufzeit über die Distanz DT und DTL wiedergegeben; siehe SDT/GRL-Beschreibung.

Teufenmaßstab 1 : 200; Meßgeschwindigkeit bei 10,24 ms: 1,2 m/min;  
bei 4,34 ms: 2,0 m/min.

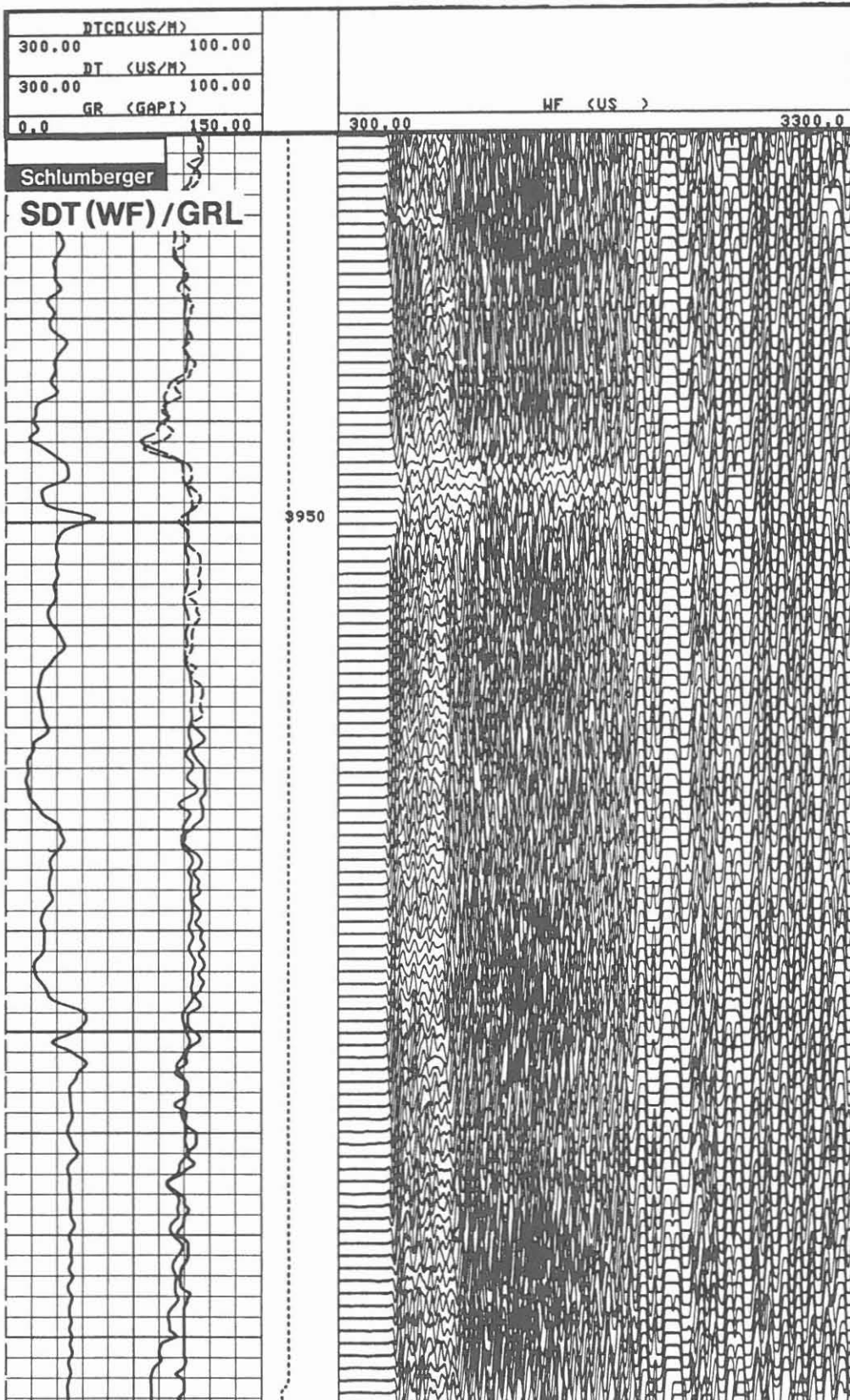
**Technische Anmerkungen:**

Für die Registrierung des gesamten Wellenzuges war es notwendig, die Messung den technischen Möglichkeiten anzupassen. Ausgegangen wurde von der Forderung, einen möglichst langen Zeitabschnitt zu registrieren, damit auch die Stoneleywelle noch voll aufgezeichnet werden kann. Dies kann zur Zeit nur durch eine gewisse Datenreduktion erreicht werden. Sie drückt sich durch eine zeitlich verlängerte Datendichte (Sampling Interval) von 10  $\mu$ s aus. Die Aufzeichnung erfolgt in: (2 X 512 words) x 10  $\mu$ s = 10,24 ms Länge. Die zweite Aufnahme erfolgt in 434 words x 10  $\mu$ s = 4,34 ms Länge. Damit wurde das Hauptgewicht auf die Gewinnung der Kompressions- und Scherwelle gelegt. Das Gerät wurde durch 5 Zentrierfedern zentrisch geführt. Datenrate: 3 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>	
DT	Delta T (US/M)	Laufzeit kurzer Meßabstand	$\mu$ s/m
DTL	Delta T, long (US/M)	Laufzeit lang-kurzer Meßabstand	$\mu$ s/m
WF	Wave Form (US/M)	Wellenzug-Aufzeichnung	$\mu$ s

Abb. 6.17.





**GLT** (Geochemical Logging Tool)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

Lfd. Nr.	Datum	Run Nr.	Intervall
VB - 45	29.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -137	29.02.88	2	KTB-Report 88-4
VB*-179	02.06.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-225	09.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB* -265	08.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-305	10.04.89	6	3550,0 - 4000,0 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3932,0 - 4000,0 m, Abb. 6.18.

**Meßziel:**

Mit dieser Messung soll eine in situ Elementanalyse mit Hilfe der Spektrometrie erreicht werden. Sie gibt Aufschluß über die Mineralzusammensetzung des Gesteins. Mit den an Kernen gemessenen Werten punktförmig abgeglichen, kann ein kontinuierliches "Mineralprofil" erstellt werden. Außerdem erlaubt diese Messung eine Aussage über mögliche Porosität.

**Durchführung:**

Alle relevanten Daten werden digital auf Magnetband aufgezeichnet, und nur ein Kontrollfilm mit einigen berechneten Verhältnissen wird im Feld registriert. Die Magnetbänder werden im Forschungszentrum der Firma Schlumberger in Ridgefield/USA und neuerdings auch im Rechenzentrum Hannover ausgewertet. Aus dem vorliegenden Diagramm kann nur die Funktionstüchtigkeit der Gerätekombination abgelesen werden. Eine Auswertung über Elementanalyse, Mineralzusammensetzung und Lithologie ist an der Bohrung nicht durchführbar.

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit: 2 m/min.

**Technische Anmerkungen:**

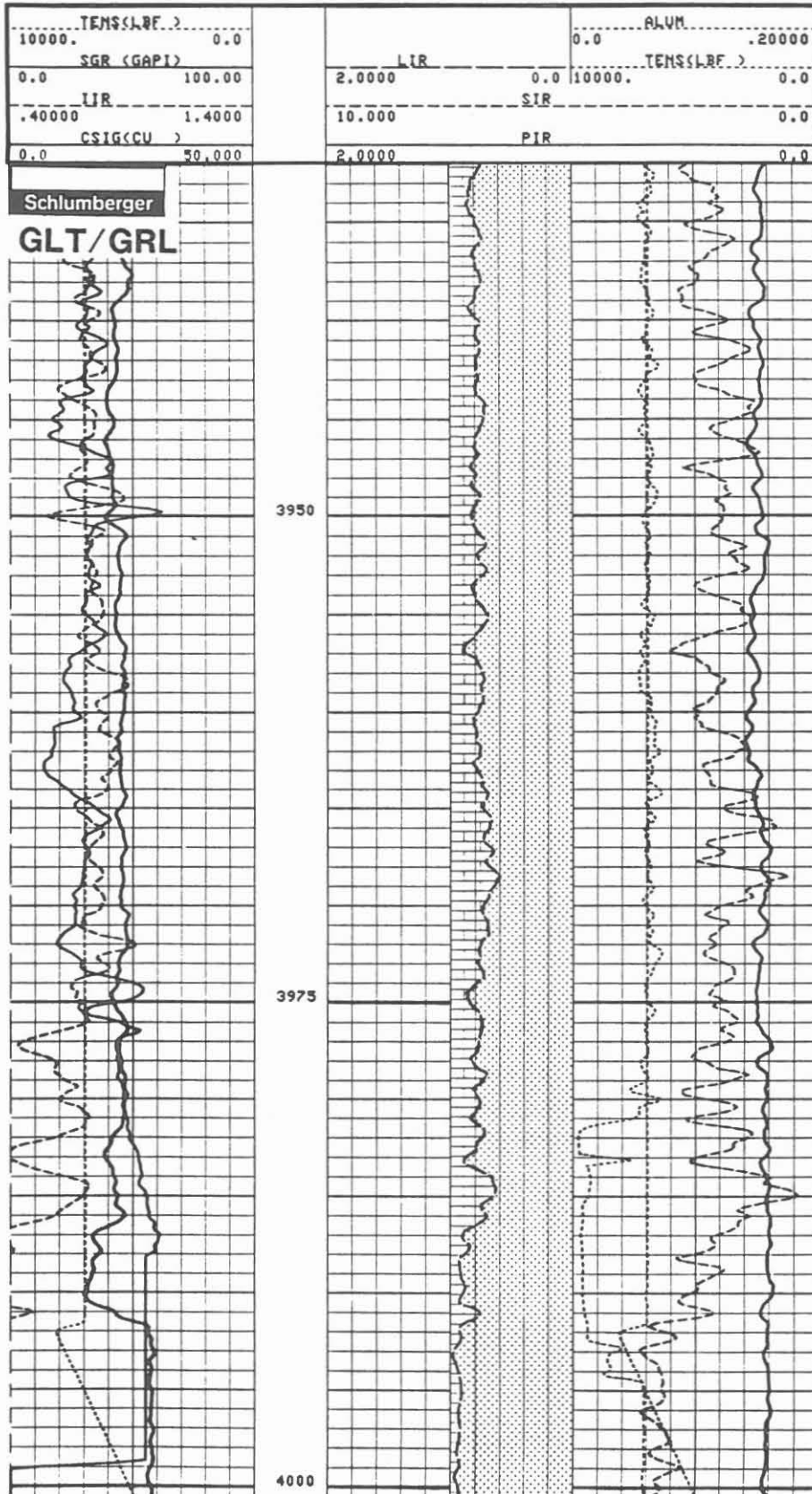
Diese neue Gerätekombination besteht aus Gamma ray Spectrometer (GST), Aluminium Activation Clay Tool (AACT) und Natural Gamma Spectrometer (NGT). Eine Detailbeschreibung ist im KTB-Report 87-3 gegeben. Die kontinuierliche Messung wurde im "Capture mode" und stationäre Messungen im "Inelastic Mode" registriert. Da die Neutronaktivierung des Gebirges sehr stark ist, kann die Messung des natürlichen Gammastrahlenspektrums der Wiederholungsmessungen davon beeinflusst sein. Eine mehrstündige Abklingzeit ist notwendig. Als Quelle dienen ein Neutronbeschleuniger und eine Californium-Quelle.

Datenrate: 15 cm

**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit	deutsch, Einheit
ALUM	Aluminium Indicator	Aluminiumanzeige
CSIG	Corrected Sigma (CU)	Korrigierter Einfangquerschnitt (Eingangseinheit)
IIR	Iron Indicator Ratio	Eisenganzeigeverhältnis
LIR	Lithology Indicator Ratio	Lithologieanzeigeverhältnis
PIR	Porosity Indicator Ratio	Porositätsanzeigeverhältnis
SIR	Salinity Indicator Ratio	Salinitätsanzeigeverhältnis

Abb. 6.18.



**GLT/GR/ (LQ)** (Geochemical Logging Tool/Gammastrahlenmessung - Log Quality)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB*-265	08.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-305	10.04.89	6	3550,0 - 4000,0 m

**Beispiel:**

Meßauschnitt von 3934,0 - 4000,0 m Abb. 6.19.

**Meßziel:**

Das Meßziel der GLT-Messung ist die in situ Elementanalyse mit Hilfe der Spektrometrie.

**Durchführung:**

Das Log Quality Diagramm ist eine Kontrollaufzeichnung, die die Funktionstüchtigkeit des Meßgerätes während der Messung wiedergibt. Diese Messung ist störungsfrei verlaufen.

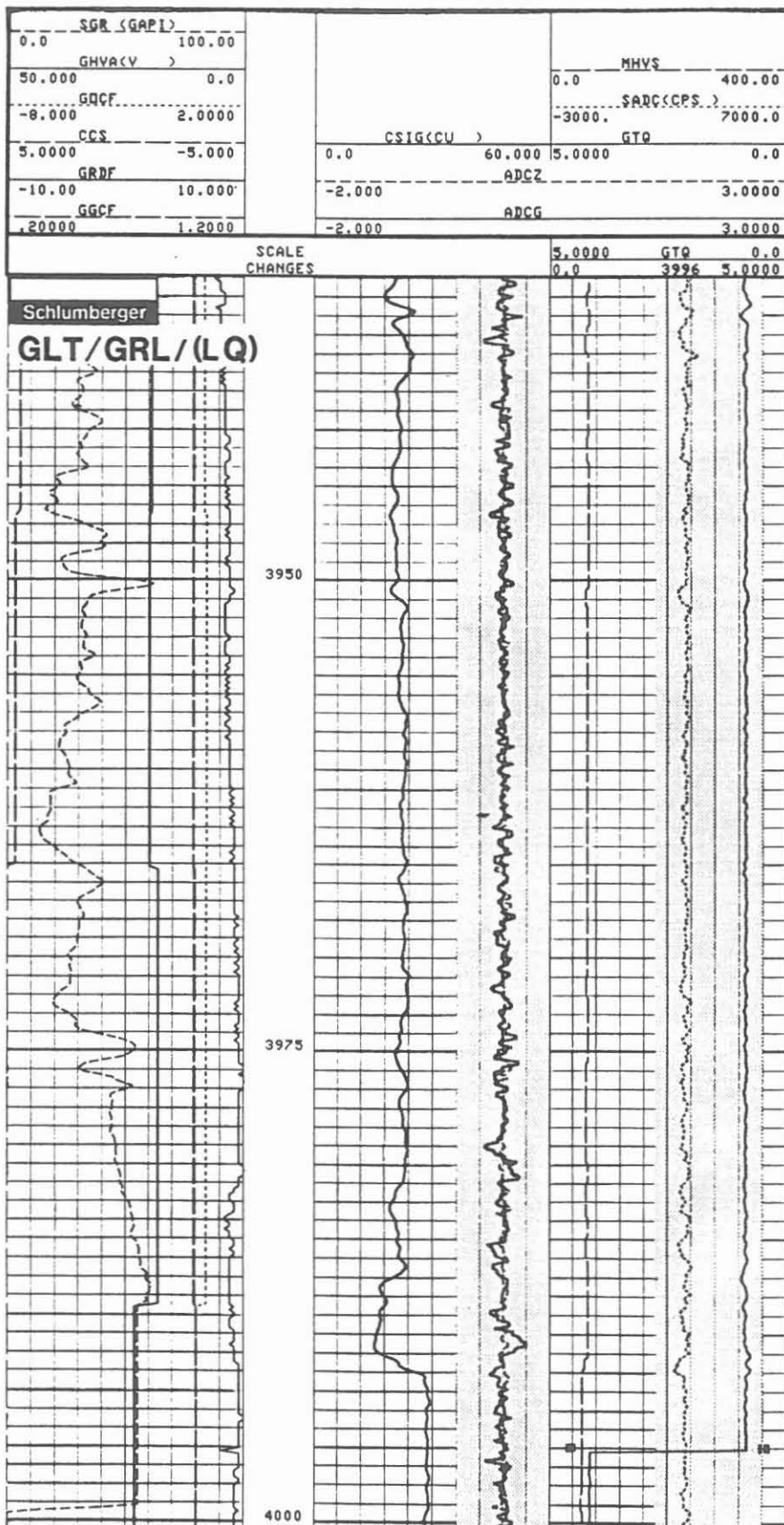
**Technische Anmerkungen:**

Siehe unter GLT.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
ADCG	ADC Gain Measurement	ADC Verstärkermessung
ADCZ	ADC Zero Measurement	ADC Nullmessung
CCS	Capture CHI-Square	Capture CHI-Quadrat
CSIG	Dead Time Corr. Sigma (CU)	Totzeitkorr. Sigma CU
GGCF	GST Gain Corr. Factor	GST Verstärk. Korr. Faktor
GHVA	GST High Voltage Arc. Indicator (V)	GST Hochspannungsdurchschlagindikator V
GOCF	GST Offset Corr. Factor	GST Offset-Korr. Faktor
GRDF	GST Resolution Degrand. Factor	GST Auflösungsverlustfaktor
GTQ	GST Tau Quality Factor	GST Tau Qualitätsfaktor
MHVS	Minitron High Voltage Setting	Minitron Hochspannungseinst.
SADC	Spectrum A Discriminated Count Rate (CPS)	Spectrum A Zählrate CPS

Abb. 6.19.



**GLT - Inelastic Stations** (Geochemical Logging Tool - "Inelastic Mode" - stationär gemessen)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

Lfd. Nr.	Datum	Run. Nr.	Intervall
VB*-137	01.03.88	2	6 Stationen
VB*-179	02.06.88	3	6 Stationen
VB*-225	09.09.88	4	2 Stationen
VB**-305	10.04.89	6	7 Stationen

**Beispiel:** Stationäre Messung bei 3982,5 m, Abb. 6.20.

**Meßziel:**

Mit den stationären Messungen, die im "Inelastic Mode" registriert werden, soll versucht werden die Elemente C, O und wie im "Capture Mode" Si, Ca, Fe und S nachzuweisen. Besonders der Nachweis von Kohlenstoff (C) ist interessant, denn damit könnte Graphitführung erkannt werden.

**Durchführung:**

Das Meßgerät wird in den vorgegebenen Zonen angehalten, wobei über eine ebenfalls vorgegebene Zeitspanne die Formation aktiviert und das gemessene Spektrum registriert wird.

Teufe	Registrierdauer:	Teufe	Registrierdauer:
3982,5 m	20 min	2441,0 m	20 min
3718,5 m	20 min	2254,0 m	30 min
3202,0 m	20 min	2177,5 m	20 min
2666,5 m	20 min		

**Technische Anmerkungen:**

Da die radioaktive Quelle (Neutronbeschleuniger) in einem bestimmten mechanischen Abstand vom Zählrohr entfernt ist, muß versucht werden, die zu untersuchende Zone zwischen Quelle und Zählrohr zu bringen, damit sie entsprechend angeregt werden kann. Bei geringmächtigen Zonen ist der Einfluß der Schulter-Zonen so stark, daß die Auflösung für das gewünschte Signal zu gering wird und der Elementanteil (z. B. Kohlenstoff) nicht nachgewiesen werden kann.

Datenrate: 0.254 cm/min

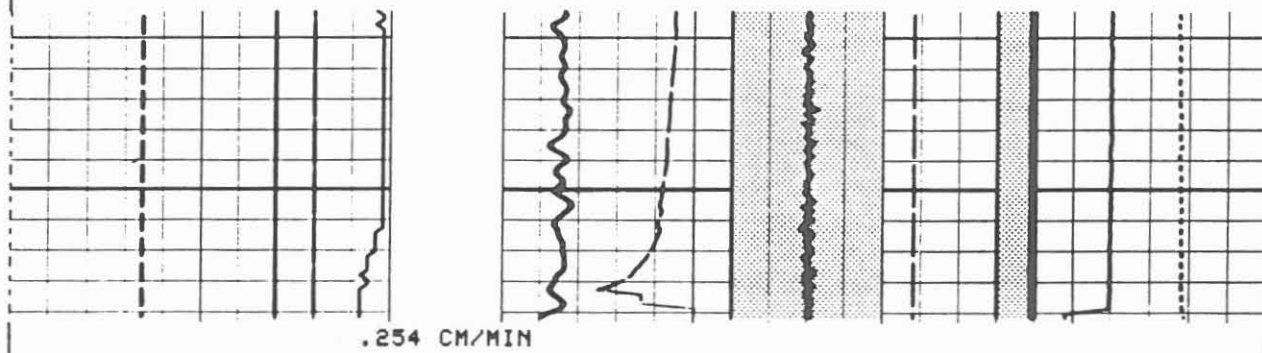
**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit	deutsch, Einheit	
ADCG	ADC Gain Measurement	ADC Verstärkermessung	
ADCZ	ADC Zero Measurement	ADC Nullmessung	
COR	Carbon/Oxygen Ratio	Kohlenst./Sauerst.Verhältn.	
DUMM	Dummy	Blindangabe	
GGCF	GST Gain Corr. Factor	GST Verstärker Korr.Faktor	
GHVA	GST High Voltage Arc Indicator	GST Hochspannungsdurchschlagsindikator	V
GOCF	GST Offset Corr. Factor	GST Offset-Korrektur-Faktor	
GRDF	GST Resol. Degrad. Fact.	GST Auflösungsverl.-Faktor	
ICS	Inelastic CHI-Square	Inelastic CHI-Square	
MHVS	Minitron High Vol.Setting	Minitron Hochspannungseinst.	
NBPR	Neutron Burst Position	Neutronabstrahlungsposition, 2. Verhältnis	CPS
SADC	Spectrum A Discr.Count Rate	Spektrum A untersch. Zählrate	
SCOA	Standard Deviation Carbon/Oxygen Ratio Average	Standard Abweichung Mittelwert Kohlenst./Sauerst.Verh.	
TG2C	Tau Gate 2 Count Rate	Tau Fenster 2 Zählrate	

Abb. 6.20.

<b>Schlumberger</b>				MHVS	
GHVA(V )		SCDA		0.0	400.00
50.000	0.0	.05000	-.0500	DUMM	
GDCF		CQR		-3000.	7000.0
-8.000	2.0000	-.2000	1.8000	SADC(CPS )	
ICS		DUMM		-3000.	7000.0
5.0000	-5.000	-6000.	4000.0	TG2C(CPS )	
GRDF		ADCZ		-4000.	6000.0
-10.00	10.000	-2.000		NBPR	
GGCF		ADCG		3.9000	-3.100
.20000	1.2000	-2.000		DUMM	
				-4000.	6000.0
				ADCZ	
				-2.000	3.0000
				ADCG	
				-2.000	3.0000

FILE 5 10-APR-1989 19:43



**MSCT** (Mechanical Sidewall Coredriller Tool)

**Ausführender:** Societe Prospection Electrique Schlumberger,  
Assen, Holland/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Kernteufen</u>
VB*-264	08.12.1988	1	Abschnitt 5
VB**-308	12.04.1989	2	15 Teufen zw. 3988,5-3804 m
VB**-310	13.04.1989	3	35 Teufen zw. 3871,5-1115 m Genauere Teufen sind in Tab. 9.1 aufgelistet.

**Beispiel:**

Kernteufe 3988,5 m, Abb.: 6.21

**Meßziel:**

In Zonen, die nicht gekernt werden konnten oder in denen Kernverlust auftrat, sollten Seitenkerne gewonnen werden, um die geologische Datengewinnung zu vervollständigen.

**Durchführung:**

Das "Mechanical Sidewall Coredriller Tool" (MSCT) wird zur genauen Teufenkontrolle mit einer Gammastrahlenmessung in Kombination gefahren. Während einer Einfahrt können bis zu 20 Kerne gebohrt werden. Der gesamte Ablauf der Kernarbeit wird von der Oberfläche aus beobachtet und kontrolliert. Das Setzen des Ankers, der Beginn des Kernvorganges, der Bohrfortschritt, die Bohrzeit, der Kernabriß mit der Beendigung des Kernens und das Lösen des Ankers sowie die Stromversorgung und die hydraulische Druckaussteuerung werden registriert.

Der Kernvorgang dauert je nach Bohrbarkeit des Gebirges zwischen 3 - 8 Minuten.

Kernabmessungen: Durchmesser: 20 mm, maximale Länge: 51 mm.

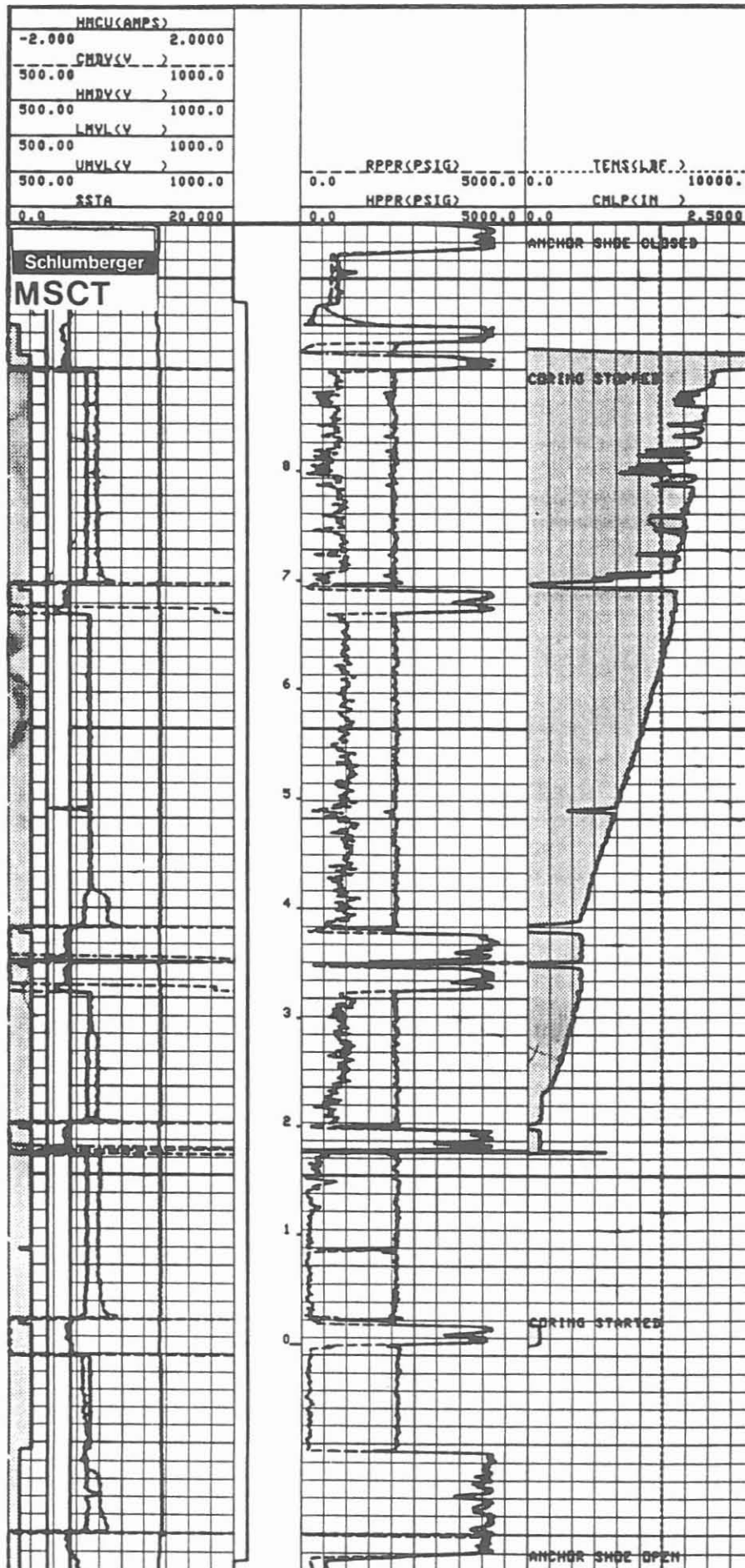
**Technische Anmerkungen:**

Eine Gerätebeschreibung ist in Abschnitt 9.1 gegeben.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
CMDV	Coring Motor Downhole Voltage (V)	Spannung für Untertagebohrmotor V
CMLP	Coring Motor Linear Position (In)	Vorschubposition des Bohrmotors Zoll
HMCU	Hydr. Motor Current (Amps)	Stromversor.Hydr.Mot.
HMDV	Hydraulic Motor Downhole Voltage (V)	Spannung für den Untertg.Hydr.Motor V
HPPR	Hydr. Pump Pressure (PSIG)	Hydr. Pumpendr. PSIG
LMVL	Lower Motor Voltage Limit (V)	Spannungsgr.u.Mot. V
LSWI	Limit Switch	Begrenzungsschalter
RPPR	Rotating Plate Press. (PSIG)	Rotationsplat.Pr.PSIG
SST	Solenoid Status	Solenoid Status
UMVL	Upper Motor Voltage Limit (V)	Spannungsgr.ob.Mot. V

Abb. 6.21.





**BHTV/GR** (Borehole Televiwer/Gammastrahlen)

**Ausführender:** Westfälische Berggewerkschaftskasse (WBK)/Schlumberger/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB -46	29.10.87	1/2	KTB-Report 87-4
VB*-173	31.05.88	3	KTB-Report 88-7
VB*-218	07.09.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-269	13.12.88	5	Abschnitt 5
VB**-315	19.04.89	6	3550,0 - 4004,0 m und Zonen, in denen Seiten- kerne gebohrt worden waren.

**Beispiel:**

Meßausschnitt Run 6: 3994,0 - 3980,0 m, Abb. 6.22.

**Meßziel:**

Klufiterkennung, Kluftsysteme, Störungszonen, Textur, akustisches Kaliber.

**Durchführung:**

WBK hat wiederum die Messung in Kombination mit einem Gammastrahlenmeßgerät der Firma Schlumberger Verfahren, Diepholz, am Kabel der KTB-Dauermeßstation ausgeführt. Das GR wurde gleichzeitig über die CSU registriert. Das BHTV-Signal wurde von der WBK-Übertageausrüstung aufgezeichnet. Eine Registrierung beider Signale durch ein System ist zur Zeit nicht möglich. Die Echtzeitaufnahme erfolgt in einem 7-Spur-Format. Spur 1 gibt die Tiefe (umgekehrte Aufzeichnung), Spur 2 die Amplitude in einer auf Nord normalisierten Aufzeichnung, wobei die zwei vertikalen Linien jeweils Norden zeigen und die Grauabstimmung gegensätzlich zu der Schlumberger-Aufzeichnung ist (hell stellt starke Amplitudendämpfung dar), Spur 3 die Laufzeit, ebenfalls auf Nord normalisiert und in der Grauabstufung auch wieder gegensätzlich zu der Schlumberger-Aufzeichnung (dunkel: lange Laufzeit). In Spur 4 ist eine maximale, minimale und mittlere Amplitude dargestellt. Der Maßstab beträgt 0 - 100 %. Die Spur 5 ist frei. Die Spur 6 gibt die Abweichung der Sonde von der Mittelage an (x-,y-Achse). Spur 7 gibt die Temperatur der Bohrung in einer Skala von 0 - 160 °C.

Teufenmaßstab 1 : 22; Meßgeschwindigkeit 0,7 - 1,0 m/min.

Die Aufzeichnung dieser Messung entspricht nicht der Qualität der vorangegangenen Messungen (Gerätefehler?).

**Technische Anmerkungen:**

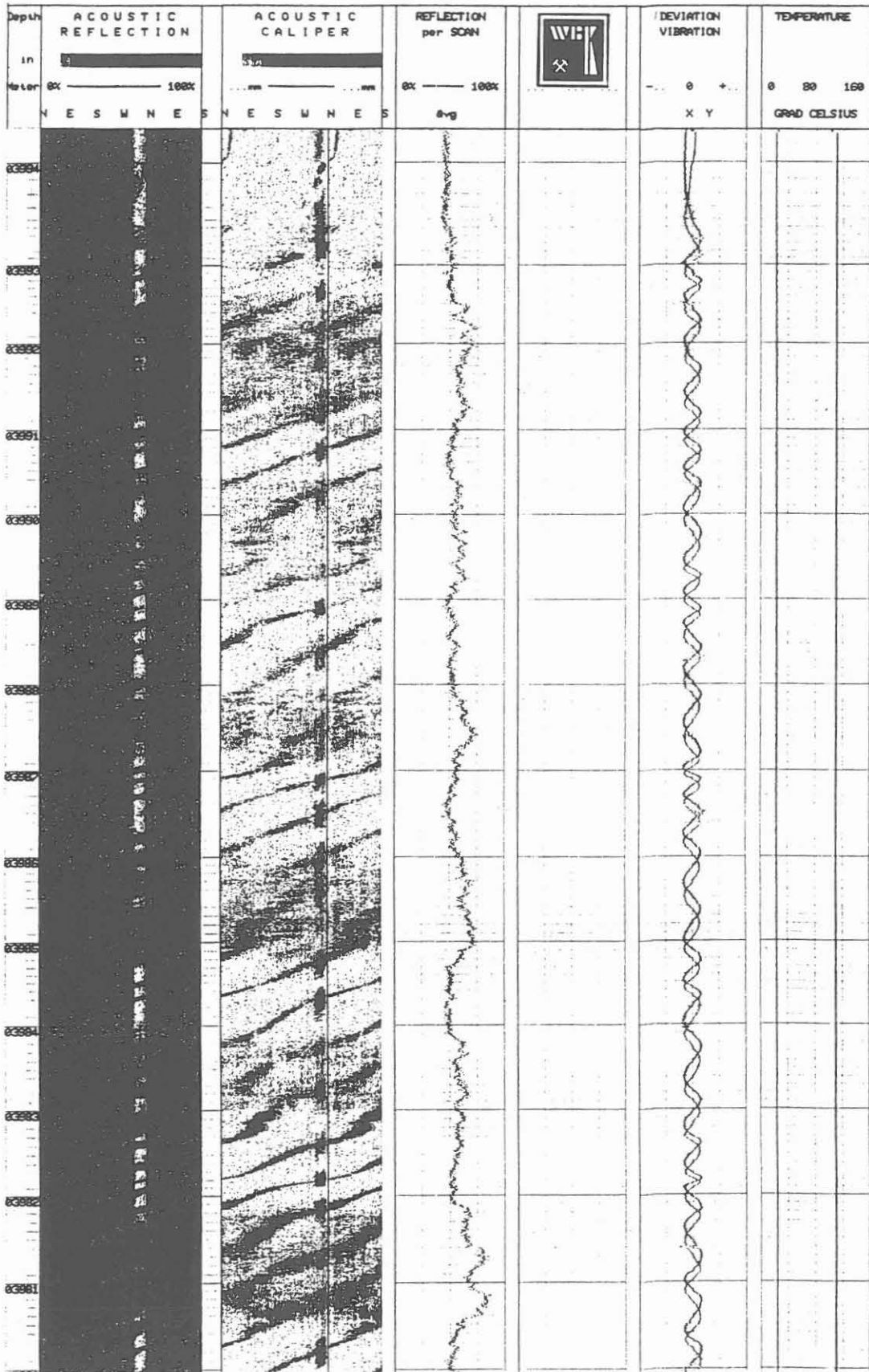
Das SAB 89-Gerät hat einen Außendurchmesser von 89 mm. Das Gerät arbeitet mit einer Frequenz von 1,3 MHz und rotiert mit 3 Umdrehungen/Sekunde. Die Abtastrate ist 128 Punkte pro Umdrehung. Die Rohdatenaufnahme im Feld erfolgt durch Nadelschreiber auf wärmeempfindlichem Papier und Magnetband. Die Feldaufzeichnungen werden im Rechenzentrum überarbeitet.

Datenrate: 5 mm.

**Abkürzungen:**

Die Rohdatenfeldaufnahme wurde mit neuem Filmkopf und Erläuterungen abgeliefert, daher sind keine Abkürzungen zu erläutern.

Abb. 6.22.



**BHTV/GRL** (Borehole Televiewer/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 43	28.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -101	23.12.87	2	KTB-Report 88-4
VB -138	01.03.88	3	KTB-Report 88-4
VB -141	02.03.88	4	KTB-Report 88-4
VB*-279	18.01.89	5	520,0 - 1225,0 m (Seitenkernpositionen)
VB*-281	20.01.89	6	3598,0 - 3845,0 m (VB 1a)

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 766,0 - 775,5 m, Abb. 6.23.

**Meßziel:**

Erkennen von Klüften, Kluftsystemen und Störungszonen sowie möglicherweise Textur und Gefüge des Gesteins sind die Hauptziele dieser Messung. Akustisches Kaliber. Überprüfung der Seitenkernpositionen.

**Durchführung:**

Die Meßgeschwindigkeit wird vom akustischen Scannersystem vorgegeben. Dadurch wird die Gammastrahlenmessung sehr stark durch statische Schwankungen beeinflusst. In Spur 1 wird ein Minimal-, Maximal- und ein mittleres akustisches Kaliber, die Signalempfangskontrolle, die Gammastrahlung und das Gewicht am Kabel registriert. In Spur 2 ist die Laufzeit der Spülung in  $\mu\text{s/m}$  gegeben. In Spur 3 wird die auf Nord normalisierte Laufzeit und in Spur 4 die ebenfalls auf Nord normalisierte Amplitude aufgezeichnet. Die Grauabstufung entspricht der Reflexionseigenschaft des akustischen Signals. Dunkel (schwarz) bedeutet starke Absorption und hell (weiß) gute Reflektion.

Teufenmaßstab 1 : 40; Meßgeschwindigkeit: maximal 1 m/min, meist geringer.

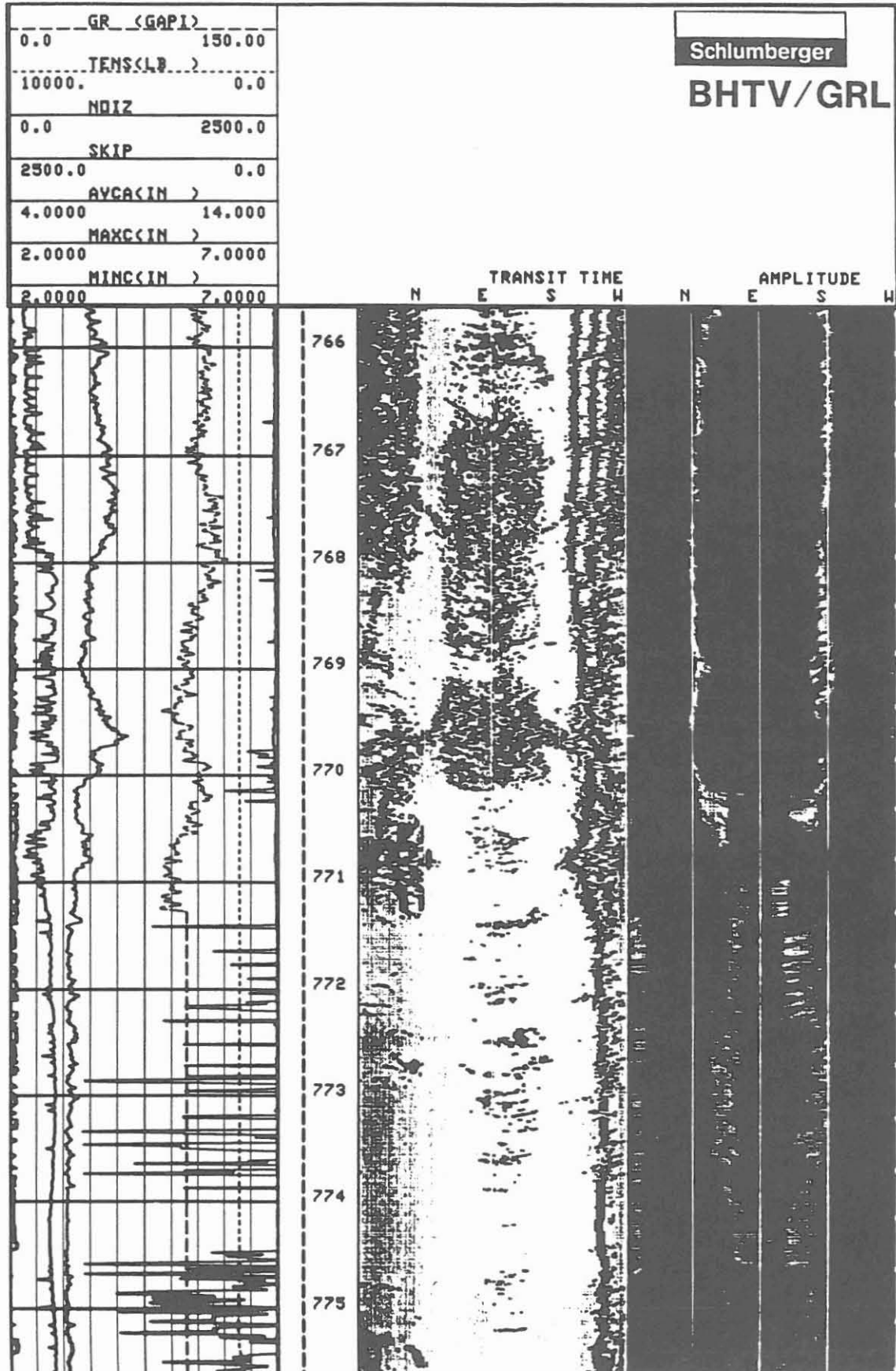
**Technische Anmerkungen:**

Diese Messung wurde mit einem modifizierten Gerät gefahren. Der akustische Scanner arbeitet mit 12 Umdrehungen/Sekunde und einer Abtastrate von 250 Lesungen pro Umdrehung. Die akustische Sendefrequenz beträgt 450 kHz. Das Gerät wird mit 4 starken Zentrierfedern gefahren. Die Nordorientierung der Messung wird magnetisch vollzogen. Vertikales Auflösungsvermögen wird mit 5 mm angegeben. Datenrate: 5 mm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>		<u>deutsch, Einheit</u>	
AVCA	Average Caliper	(MM)	mittleres Kaliber	mm
E	East		Osten	
MAXC	Maximum Caliper	(MM)	Maximales Kaliber	mm
MINC	Minimum Caliper	(MM)	Minimales Kaliber	mm
N	North		Norden	
S	South		Süden	
SKIP	Skip of Signal		Signalkontrollanzeige	
W	West		Westen	

Abb. 6.23.



SP/GR (Eigenpotential/Gammastrahlung)

**Ausführender:** KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB - 46	29.10.87	1	KTB-Report 87-4
VB -106	04.01.88	2	KTB-Report 88-4
VB -139	02.03.88	3	KTB-Report 88-4
VB*-169	30.05.88	4	KTB-Report 88-7
VB*-214	06.09.88	5	KTB-Report 88-7
VB*-257	06.12.88	6	Abschnitt 5
VB**-316	20.04.89	7	479,5 - 4000,5 m

**Beispiel:**

Meßausschnitt von 3620,0 - 4000,0 m, Abb. 6.24.

**Meßziel:**

Hinweise auf permeable Zonen, Tonlagen, dichte Gesteinsbereiche sowie zur Salinität des Formationswassers.

**Durchführung:**

Eine für KTB besonders zusammengesetzte Sonde kam zum Einsatz. Sie wurde allein und stromlos gefahren, um störende Einflüsse zu vermeiden. Nur ein GR und ein isoliertes Gewicht unterstützten das Einfahren. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000; Meßgeschwindigkeit 22 m/min.

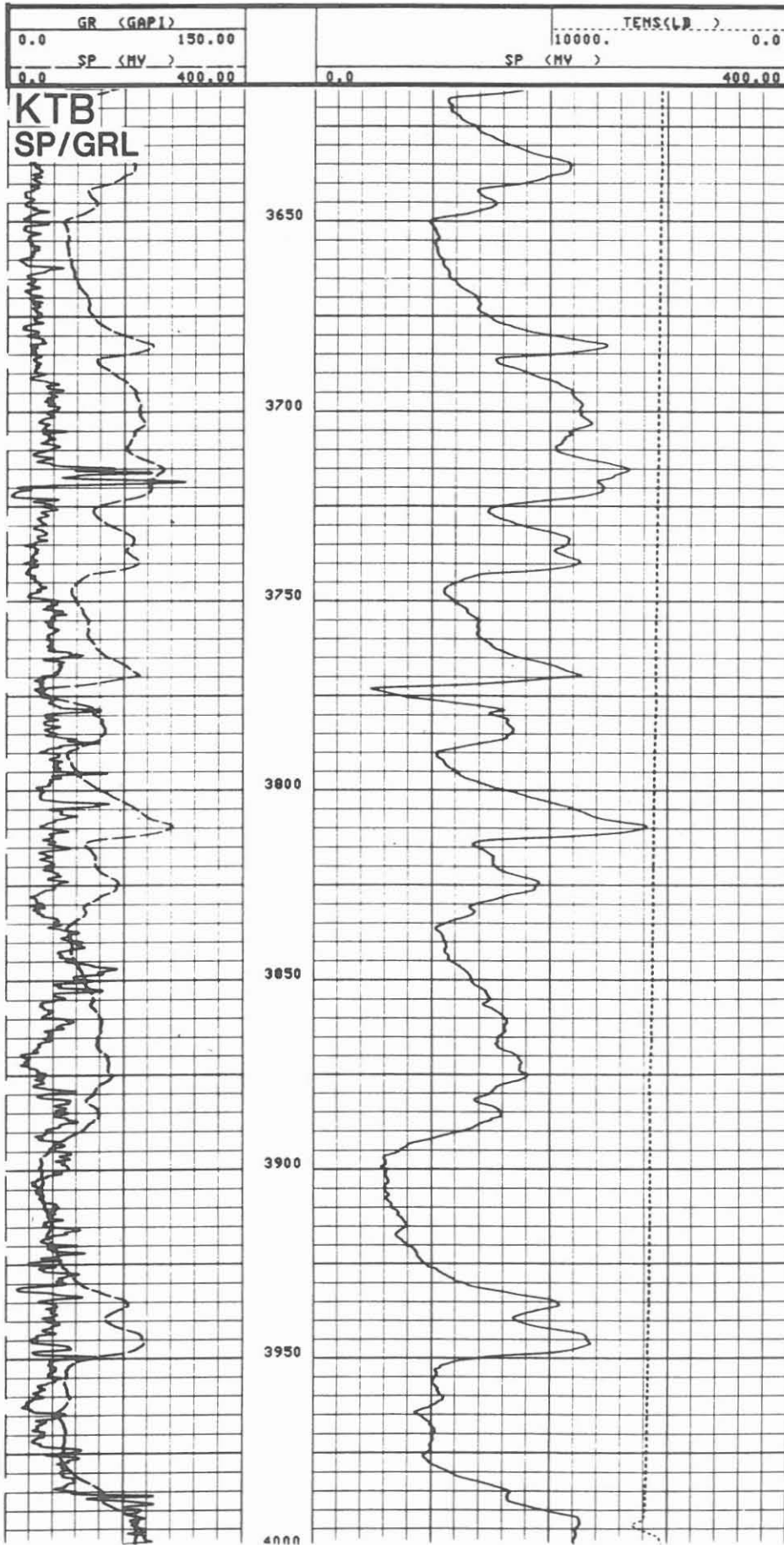
**Technische Anmerkungen:**

Die Oberflächenelektrode wurde in der Bohrkleingrube plaziert. Von dieser Position war die beste Ansprache des Meßsystems zu beobachten. Die Distanz zur Bohrung beträgt ca. 12 m. Datenrate: 15 cm.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>	
GR	Gamma Ray (API)	Gammastrahlung	API-Einh.
SP	Self Potential (MV)	Eigenpotential	Millivolt

Abb. 6.24.



GCT (Guidance Continuous Tool)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Diepholz/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB**-307	11.04.89	1	0,0 - 3990,0 m

**Beispiel:**

Aufwärts registrierte Echtzeitliste von 3856,25 - 3987,5 m  
Abb. 6.25 a.

**Meßziel:**

Bestimmung der Orientierung und Neigung der KTB-Vorbohrung mit einem von magnetischen Einflüssen unabhängigen System.

**Durchführung:**

Diese Kreiselkompaßmessung wurde im Hängen und im Aufwärtsfahren registriert. Die Aufzeichnung der berechneten Azimuth-, Neigungs-, Seigerteufen, Dog-Leg Severity-, Nord-, Ost- und horizontalen Abweichdaten erfolgte in Echtzeit alle 2,5 - 3,0 m.

Für die Auswertung werden beide Fahrten, wenn sie innerhalb des vorgegebenen Grenzwertes für die Drift liegen, gemittelt und geplottet. Die an der Bohrung erzeugten horizontalen und vertikalen Projektion, Neigungs- und Dogleg Severity-Plots sind als Abb. 6.25 b und 6.25 c gegeben.

**Technische Anmerkungen:**

Eine Kurzbeschreibung des Gerätes ist in Abschnitt 9.1. 'Neue Meßgeräte' gegeben.

**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
TVD	True Vertical Depth (M)	Seigerteufe m

Abb. 6.25a.

Schlumberger		GCT (aufwärts registriert)						
DEPTH	NORTH	EAST	TVD	VERTICAL	DOG-LEG	AZIMUTH	DEVIATION	
(M )	(M )	(M )	(M )	(M )	(D/DM)	(DEG )	(DEG )	
3987.51	187.40	53.68	3976.60	187.40	.62	356.52	4.55	
3987.50	187.40	53.68	3976.59	187.40	.62	356.50	4.55	
3987.50	187.40	53.68	3976.59	187.40	.62	356.52	4.55	
3987.50	187.40	53.68	3976.59	187.40	.62	356.52	4.55	
3987.49	187.40	53.68	3976.58	187.40	.62	356.50	4.55	
3987.47	187.39	53.68	3976.56	187.39	.62	356.50	4.55	
3987.46	187.39	53.68	3976.55	187.39	.62	356.50	4.55	
3987.45	187.39	53.68	3976.54	187.39	.62	356.50	4.55	
3987.45	187.39	53.68	3976.54	187.39	.62	356.50	4.55	
3987.41	187.39	53.68	3976.51	187.39	.62	356.49	4.55	
3987.37	187.39	53.68	3976.46	187.39	.62	356.47	4.55	
3987.03	187.36	53.68	3976.13	187.36	.62	356.47	4.55	
3986.63	187.33	53.68	3975.72	187.33	.62	356.26	4.55	
3986.18	187.29	53.68	3975.27	187.29	.62	355.89	4.54	
3985.33	187.23	53.69	3974.43	187.23	.16	355.52	4.54	
3984.32	187.15	53.69	3973.42	187.15	.40	355.23	4.53	
3983.20	187.06	53.70	3972.31	187.06	.13	354.89	4.52	
3982.03	186.97	53.71	3971.14	186.97	.14	354.89	4.52	
3980.93	186.88	53.72	3970.04	186.88	.16	354.94	4.51	
3979.71	186.79	53.73	3968.83	186.79	.30	355.00	4.48	
3978.61	186.70	53.73	3967.73	186.70	.57	354.79	4.45	
3977.48	186.61	53.74	3966.60	186.61	.33	354.32	4.41	
3976.32	186.52	53.75	3965.44	186.52	.18	354.04	4.39	
3975.18	186.44	53.76	3964.31	186.44	.27	353.74	4.38	
3974.02	186.35	53.77	3963.15	186.35	.24	353.37	4.38	
3972.81	186.26	53.78	3961.95	186.26	.35	352.93	4.39	
3971.26	186.14	53.80	3960.40	186.14	.41	352.22	4.42	
3969.34	185.99	53.82	3958.48	185.99	.41	351.37	4.46	
3966.71	185.79	53.85	3955.87	185.79	.36	350.24	4.48	
3963.59	185.55	53.89	3952.75	185.55	.44	348.64	4.47	
3960.29	185.30	53.95	3949.47	185.30	.81	345.99	4.48	
3957.04	185.05	54.02	3946.22	185.05	.75	343.10	4.55	
3953.76	184.80	54.10	3942.96	184.80	.22	341.62	4.66	
3950.50	184.55	54.19	3939.71	184.55	.35	340.72	4.71	
3947.20	184.29	54.28	3936.41	184.29	.52	341.12	4.75	
3943.85	184.03	54.36	3933.08	184.03	.27	342.38	4.73	
3940.48	183.77	54.45	3929.72	183.77	.15	342.30	4.68	
3937.06	183.50	54.53	3926.31	183.50	.44	341.06	4.67	
3933.73	183.25	54.62	3923.00	183.25	1.02	338.67	4.79	
3930.37	182.98	54.74	3919.64	182.98	1.02	335.73	5.02	
3927.00	182.71	54.87	3916.28	182.71	.67	333.05	5.14	
3923.63	182.44	55.01	3912.93	182.44	.88	330.85	5.27	
3920.27	182.17	55.17	3909.59	182.17	.46	329.47	5.45	
3916.86	181.89	55.34	3906.19	181.89	.46	328.19	5.52	
3913.48	181.62	55.51	3902.83	181.62	.48	326.97	5.59	
3910.18	181.34	55.69	3899.54	181.34	.36	327.03	5.70	
3906.75	181.06	55.87	3896.13	181.06	.41	328.13	5.77	
3903.37	180.76	56.05	3892.77	180.76	.14	328.60	5.82	
3899.95	180.47	56.23	3889.37	180.47	.23	328.11	5.85	
3896.65	180.18	56.41	3886.08	180.18	.55	328.55	5.91	
3893.23	179.88	56.59	3882.68	179.88	.38	329.98	5.96	
3889.85	179.57	56.77	3879.32	179.57	.31	330.08	5.99	
3886.49	179.27	56.95	3875.97	179.27	.48	329.14	6.07	
3883.16	178.96	57.13	3872.66	178.96	.20	329.00	6.14	
3879.73	178.65	57.32	3869.26	178.65	.29	329.48	6.11	
3876.40	178.34	57.50	3865.94	178.34	.21	329.52	6.03	
3873.03	178.04	57.67	3862.59	178.04	.56	328.67	5.94	
3869.63	177.75	57.86	3859.21	177.75	.57	327.08	5.84	
3866.34	177.47	58.04	3855.94	177.47	.48	326.23	5.72	
3862.95	177.19	58.23	3852.56	177.19	.70	326.92	5.54	
3859.57	176.92	58.40	3849.20	176.92	.18	327.65	5.41	
3856.25	176.66	58.57	3845.89	176.66	.56	326.69	5.38	



Abb. 6.25b.

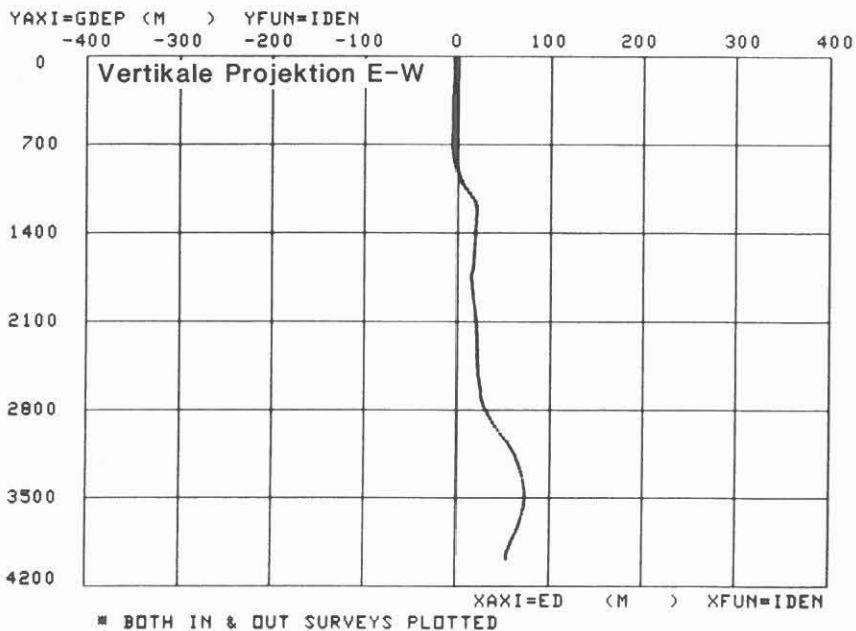
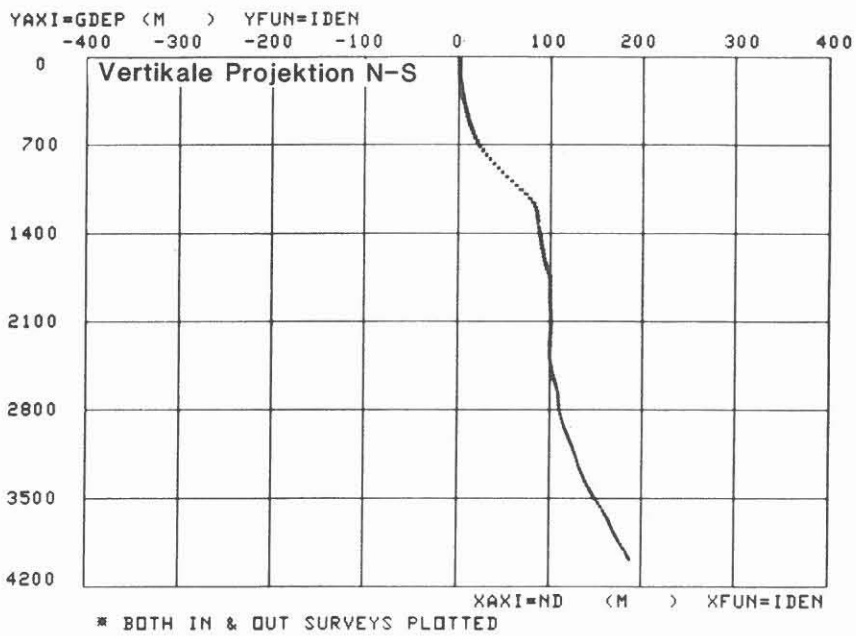
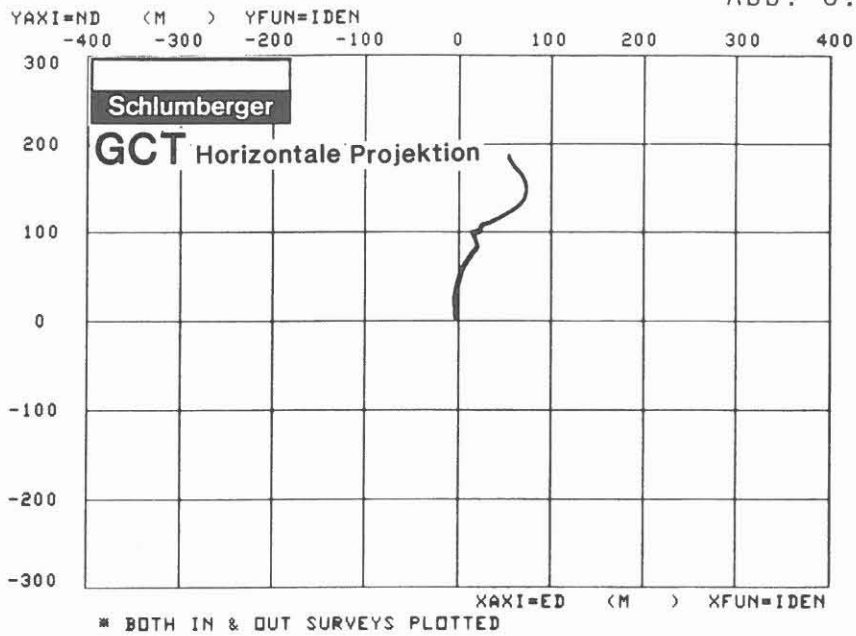
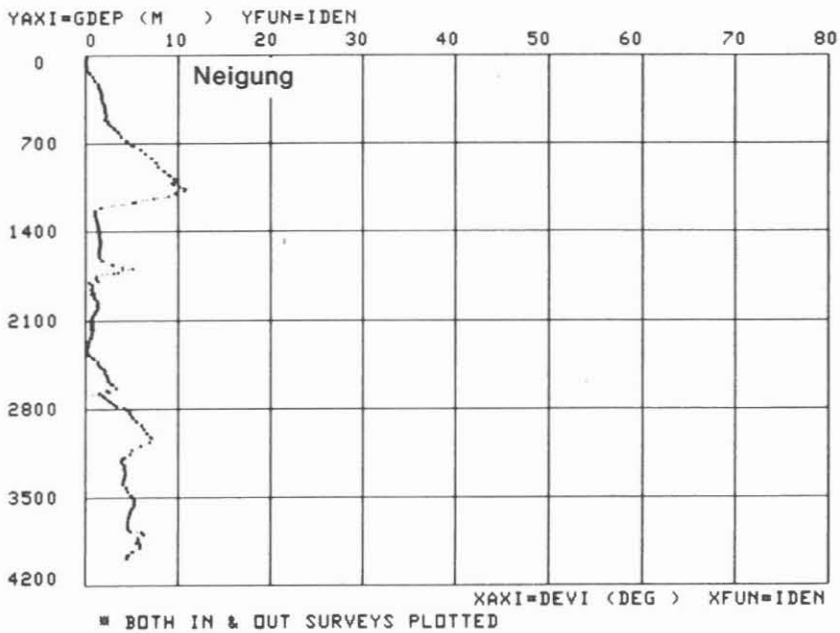
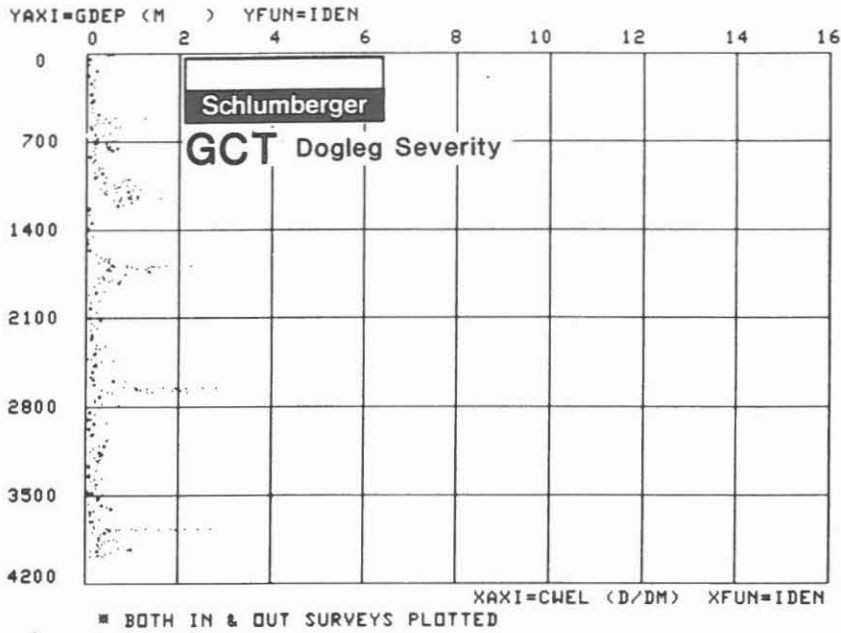


Abb. 6.25c.



**BHGM/GRL** (Borehole Gravimeter/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** EDCON, Denver, USA/Schlumberger/KTB

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Run Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB**-312	14./15.04.89	1	25,0 - 3850,0 m 118 Stationen

**Beispiel:**

Unkorrigierte Felddauswertung: 25,0 - 3850,0 m, Abb. 6.26.

**Meßziel:**

Bestimmung der scheinbaren Gesteinsdichte in weiterer Entfernung vom Bohrloch zur Erstellung eines regionalen, geologischen Modells.

**Durchführung:**

Es wurden 118 Meßteufen angefahren und stationär gemessen. Der Meßabstand betrug 50 Meter. An markanten Schichtgrenzen wurde der Meßabstand auf 25 bzw. 5 Meter verdichtet. An 7 Meßpunkten wurden dreifache Messungen durchgeführt. Die Liste der Meßteufen ist in Tabelle 9.2. des Abschnittes 9. gegeben.

**Technische Anmerkungen:.**

Es wurde mit dem Standard-Gerät in der HT-Sonde mit 5 1/4" Außendurchmesser gemessen. Die Endteufe der Bohrung konnte wegen Vergelung der Spülung nicht erreicht werden.

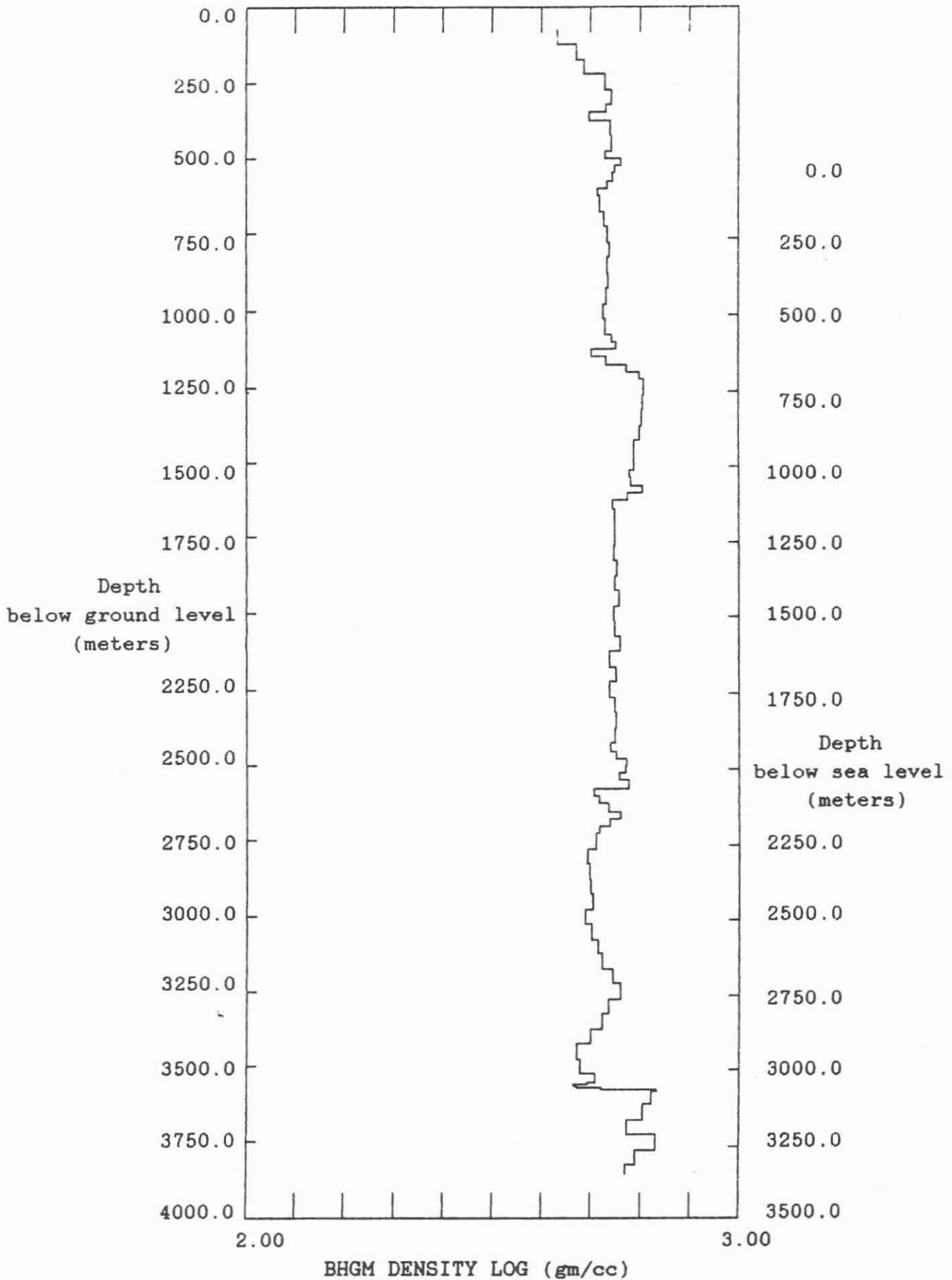
Weitere technische Angaben und eine Gerätebeschreibung sind im Abschnitt 9. Neue Meßgeräte.

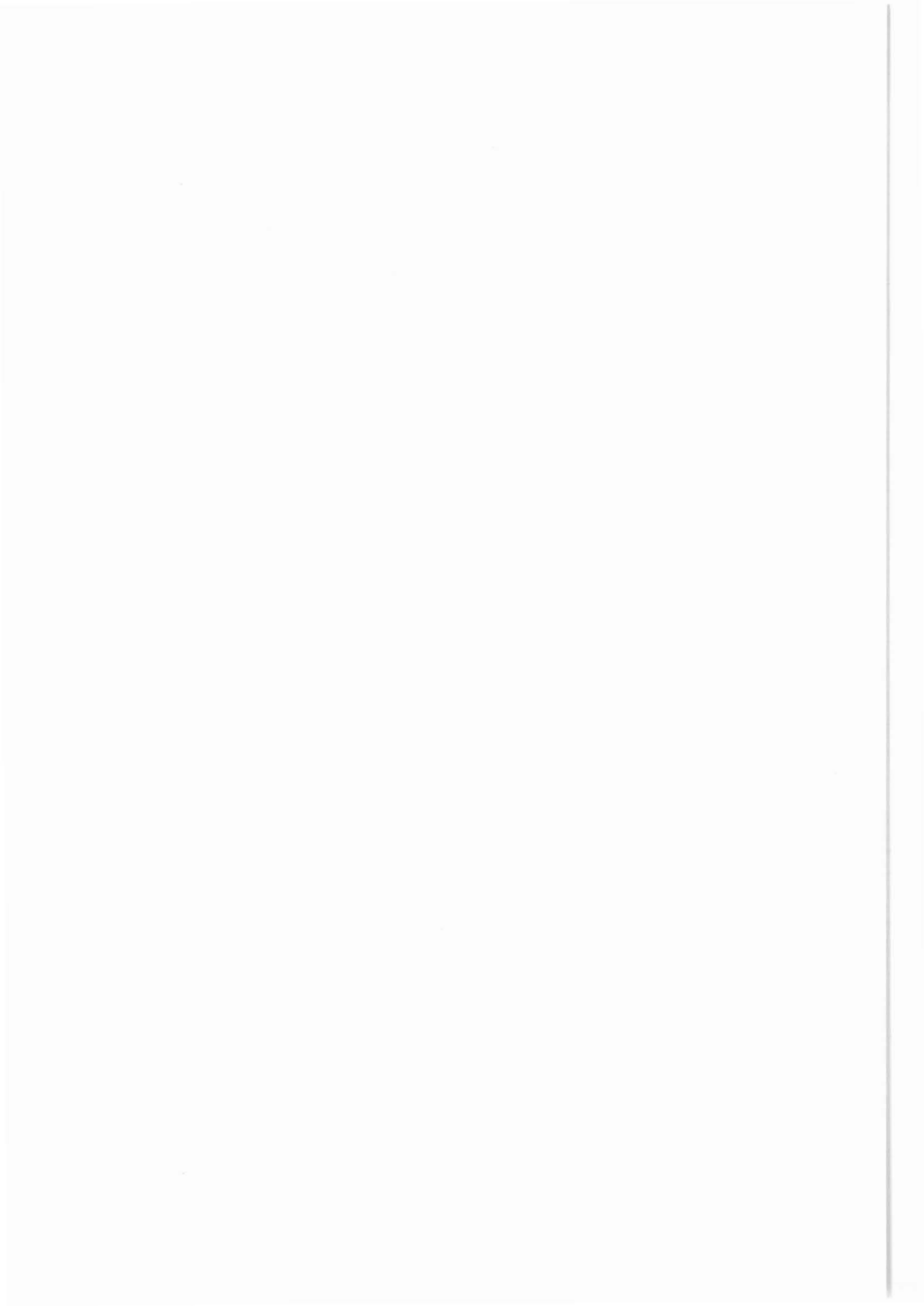
**Abkürzungen:**

keine

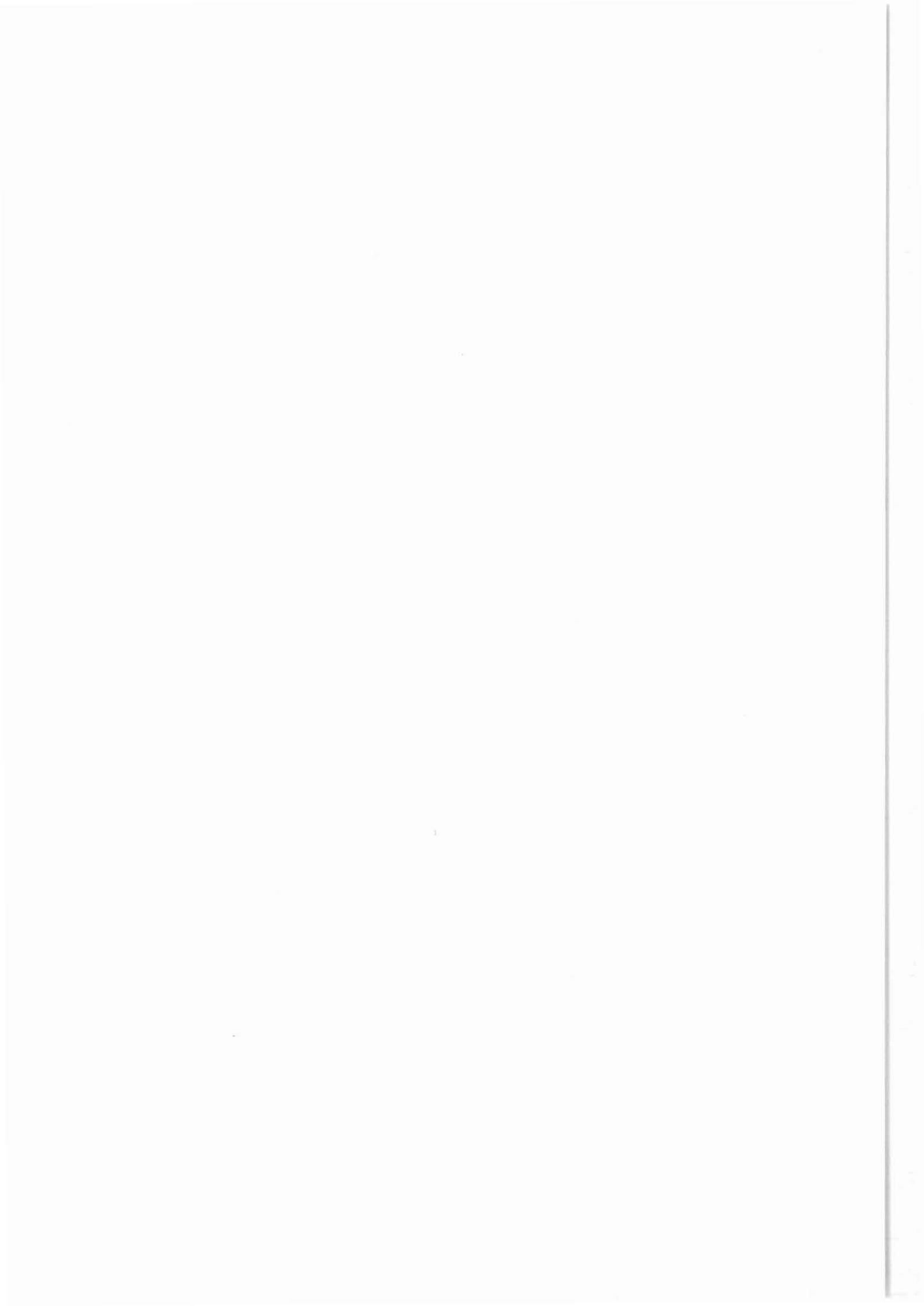
K.T.B.

Abb. 6.26.





## 7. Hydraulische Teste



## **7 Hydraulische Teste**

### **Bericht über den Drill-Stem-Test No.4**

Testintervall : 3442,9 m - 3486,9 m  
Teststart : Stützankertest (Drill-Stem-Test)  
Testvorlage : Wasser und Stickstoff  
Testziel : Gewinnung von Formationsfluiden,  
Drücken und Aussage zur Permeabilität  
Testzeit : 03.11. - 07.11.1988  
Berichterstatter: Dipl. Geophys. J. Kück  
Fa. MESY GmbH, Bochum

### **Inhalt**

1. Einleitung
2. Test-Durchführung
3. Fluidprobennahme
4. Zusammenfassung

### **Anmerkung**

Der Projektleitung liegen die Testberichte der ausführenden Service Firma Halliburton und der Firma Preussag, bei der die operative Kontrolle der Testdurchführung lag, vor.  
(VB-A 104 und VB-A 105)



## 1. Einleitung

Am 27.10.1988 wurden nach Abbohren des Kernmarschs Nr.843 im Connection-Gas erhöhte Werte von Methan und Helium und in der Bohrspülung erhöhte Gehalte an Chlorid, Natrium, Kalzium und Strontium gemessen. Der Kernmarsch enthält bei 3447 m eine mindestens 1 cm weit offene Kluft, welche mit Kalzit-Kristallen bewachsen ist.

Die Analyse im Feldlabor der Gas- und Fluidproben aus zwei daraufhin bis auf 3446,5 m gefahrenen Fluidprobennehmern (erstmalig durch den Kernbohrstrang, vgl. Abb. 1), erbrachte Gehalte von 15% Methan, 4800 ppm Helium und 5300 ppm Chlorid. Aufgrund dieser Anzeigen wurde von der Projektleitung in enger Absprache mit dem Feldlabor die Durchführung eines Drill-Stem-Tests mit Stützanker unterhalb von 3440 m beschlossen. Weitere vom Feldlabor in Auftrag gegebene Untersuchungen im Labor Berkhöpen der Fa. Preussag AG erbrachten ein Verhältnis Flüssigkeit/Gas von mindestens 1/1.

## 2. Test-Durchführung

Die technischen Vorbereitungen für die Tests erfolgten in enger Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsgruppen Bohrlochgeophysik und Bohrtechnik der Projektleitung sowie der Beraterfirma Preussag AG und der ausführenden Firma Halliburton Services. In dieser Zeit wurde bis zum 2.11.1988 bis zu einer Teufe von 3486,9 m weitergebohrt. Der Test wurde in der Zeit vom 3.-7.11.88 mit der in Abb. 2 dargestellten Testgarnitur durchgeführt.

Die Vorbereitungen an der Bohrung bestanden im wesentlichen darin, das Testgestänge und die Pumpenanlage (Halliburton) auf Dichtigkeit zu überprüfen sowie die Gasanalyse-Apparatur und die Meßkabelwindeneinheit (Preussag) zu installieren.

Der Teststrang-Einbau erfolgte am 4.11.1988 und dauerte wegen der bei Einbau mit geschlossenem Strang auftretenden hohen Strömungsdrücke nahezu einen Tag.

Der Teststrang war bis 2270 m mit Wasser gefüllt (aus Wireline-Messung), dies entspricht einer Wasservorlage von 1160 m oder 116 bar. Nach Aufbau der Meßschleuse wurde im Teststrang als reduzierbare Druckvorlage Stickstoff mit einem Kopfdruck von 151 bar aufgebracht. Der hydrostatische Druck der Stickstoffsäule betrug ca. 48 bar, wodurch die Gesamtdruckvorlage ca. 315 bar betrug.

Zur obertägigen Ablesung des Druckverhaltens in Testteufe wurde ein Seling-Druckmeßgerät am Meßkabel durch eine Meßschleuse (Preussag Gerätschaften) auf eine Teufe von 3310 m gefahren. Zur untertägigen Druck- und Temperaturregistrierung waren in der Testgarnitur ca. 1 m oberhalb Sohle ein mechanisches und oberhalb des Packers zwei baugleiche elektronische Aufzeichngeräte installiert, welche nach Ausbau der Testgarnitur ausgelesen wurden.

Der ca. 60 cm lange Packer wurde in einer Teufe von 3442,9 m gesetzt (Unterkante), was eine Testintervalllänge von 44 m ergab. Im Bereich der Kluft, 3447 m, und über der Sohle befanden sich die perforierten Gesteinsteile der Testgarnitur, vergleiche Abb. 2 & 3. Der Umschaltvorgang des Hydrospring-Testventils vom Ringraum auf das Testrohr erfolgte mit einer Zeitverzögerung von ca. drei Minuten automatisch nach Setzen des Packers.

Die im weiteren erläuterte Testabfolge ist in Abb. 4 und 5 dargestellt.

Der erste Testabschnitt beinhaltete eine 15-minütige 1. Fließzeit und darauf folgend eine 92-minütige 1. Schließzeit jeweils unter der Wirkung der Gesamtdruckvorlage, d.h. einem Differenzdruck von ca. 35 bar gegenüber dem hydrostatischen Tiefendruck.

In der ersten Fließzeit zeigen sowohl Memory- als auch Seling-Gerät einen leicht abnehmenden Druckverlauf um etwa 0,8 bar in 15 Minuten. Ursache hierfür können z.B. Setz- und Anpassbewegungen des weniger als vier Minuten zuvor gesetzten Packers sein. Die Memory-Lesung liegt um etwa 2 bar unter der des Seling-Geräts, obwohl sich dieses 129 m über dem Memory-Gerät befand. Die Absolutabweichung der Geräte untereinander beträgt also etwa 15 bar.

In der ersten Schließzeit zeigt das Memory-Gerät einen tendenziell ansteigenden Druckverlauf von etwa 0,8 bar/Stunde. Überlagert wird dies von nicht periodischen Druckschwankungen in der Größenordnung von maximal etwa 0,5 bar. Der extrem geringe Druckaufbau ist vermutlich mit dem normalen Druckangleich nach Schließen des Testventils zu erklären.

Im zweiten Testabschnitt wurde zu Beginn der 2. Fließzeit in drei Stufen die Stickstoffvorlage um jeweils 50 bar reduziert und anschließend noch der Intervalldruck  $3\frac{1}{2}$  Stunden beobachtet. Hierauf folgte eine ca. 6-stündige 2. Schließzeit.

Eine Minute nach Öffnen des Testventils wurde die Stickstoffvorlage in 18 Minuten um 50 bar reduziert. Während der anschließenden 10-minütigen Wartefließzeit steigt der Druck um knapp 1 bar an. Es folgt eine 21 Minuten dauernde zweite Stickstoffreduktion um 50 bar mit nachfolgender 11-minütiger Wartefließzeit. Ein Druckanstieg ist nicht mehr ablesbar. Schon während des Stickstoff-Abblasens treten Druckschwankungen auf. Dieser Effekt nimmt in der dritten Reduktionszeit (54 Minuten) zu, und ist während der folgenden Fließzeit (3h 33min) stark ausgeprägt. Die Meßgeräte zeigen unterschiedliche Schwankungsbreiten, das Memory-Gerät ca. 4 bar und das Seling-Gerät ca. 1,5 bar. Die Frequenz der Druckschwankungen liegt im Bereich der Sampling-Frequenz (1/15 Hz).

Die kleineren Meßwerte des um 129 m höher messenden Seling-Geräts (zum Ende noch um 50 m nach oben versetzt), deuten auf eine Ursache der Druckschwankungen im Intervallbereich hin, deren Amplitude dann in der Wasservorlage gedämpft wird. Offensichtlich bedarf es zur Entstehung der Druckschwankungen einer Verbindung zwischen Intervall und der Vorlage im Gestänge.

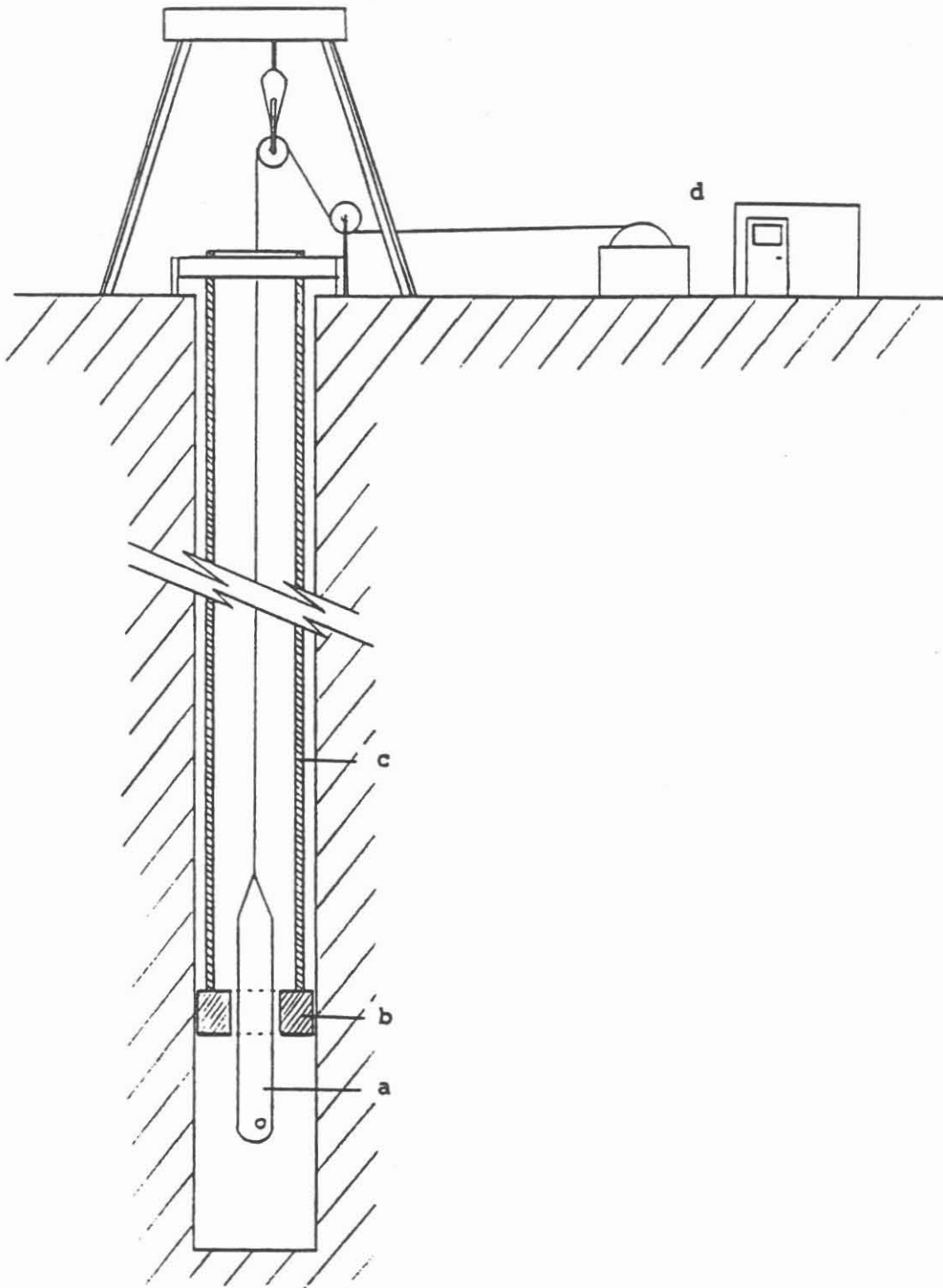


Abb. 1: Schematische Darstellung des Einfahrens eines Fluidsamplers durch das Kernbohrgestänge.  
a) Fluidsampler am Meßkabel, zur Probennahme durch die Bohrkronen teilweise ausgefahren, OD = 80 bzw. 38 mm  
b) Bohrkronen ID = 110mm c) Kernbohrgestänge frei aufgehängt (OD = 127mm, ID = 110mm d) Meßkabelwinden- und Logging-Einheit

	LENGTH (m)	DEPTH (m)
WIRELINE LUBRICATOR.....		
S-15 LIFT NIPPLE.....		
DRILL PIPE.....		
SG-18 QUICK DISCONNECT.....	0.731	
SG-18 MASTER VALVE.....	0.565	
SG-18 REMOTE CONTROL VALVE.....	1.110	
SG-18 PRESSURE BALANCED SWIVEL..	0.737	
SG-18 MASTER VALVE.....	0.565	
DRILL PIPE.....	3053.140	
DRILL COLLARS.....	216.450	3069.59
DRILL COLLARS.....	37.030	3106.62
PUMP OUT REVERSING SUB.....	0.370	3133.69
FUL-FLO HYDROSPRING.....	3.410	3137.10
DRAIN VALVE.....	0.360	3140.76
DRILL COLLARS.....	20.000	3160.76
SLIP JOINT.....	3.000	3163.76
DRILL COLLARS.....	56.410	3220.17
DRAIN VALVE.....	0.360	3220.53
HYDROSPRING TESTER.....	1.500	3222.03
MULTIPLE CIP SAMPLER.....	2.020	3224.05
ELECTRONIC GAUGE RUNNING CASE...	1.500	3225.55
ELECTRONIC GAUGE RUNNING CASE...	1.500	3227.05
JAR.....	1.530	3228.58
VR SAFETY JOINT.....	0.750	3230.33
OPEN HOLE PACKER.....	1.370	3231.70
ANCHOR PIPE SAFETY JOINT.....	1.100	3232.80
FLUSH JOINT ANCHOR.....	10.940	3243.74
DRILL COLLARS.....	20.110	3263.85
FLUSH JOINT ANCHOR.....	0.910	3264.76
BLANKED-OFF RUNNING CASE.....	1.000	3265.76
SHOE.....	0.260	3266.02
TOTAL DEPTH		3406.90



Abb. 2: Testgarnitur für den Drill-Stem-Test Nr.4

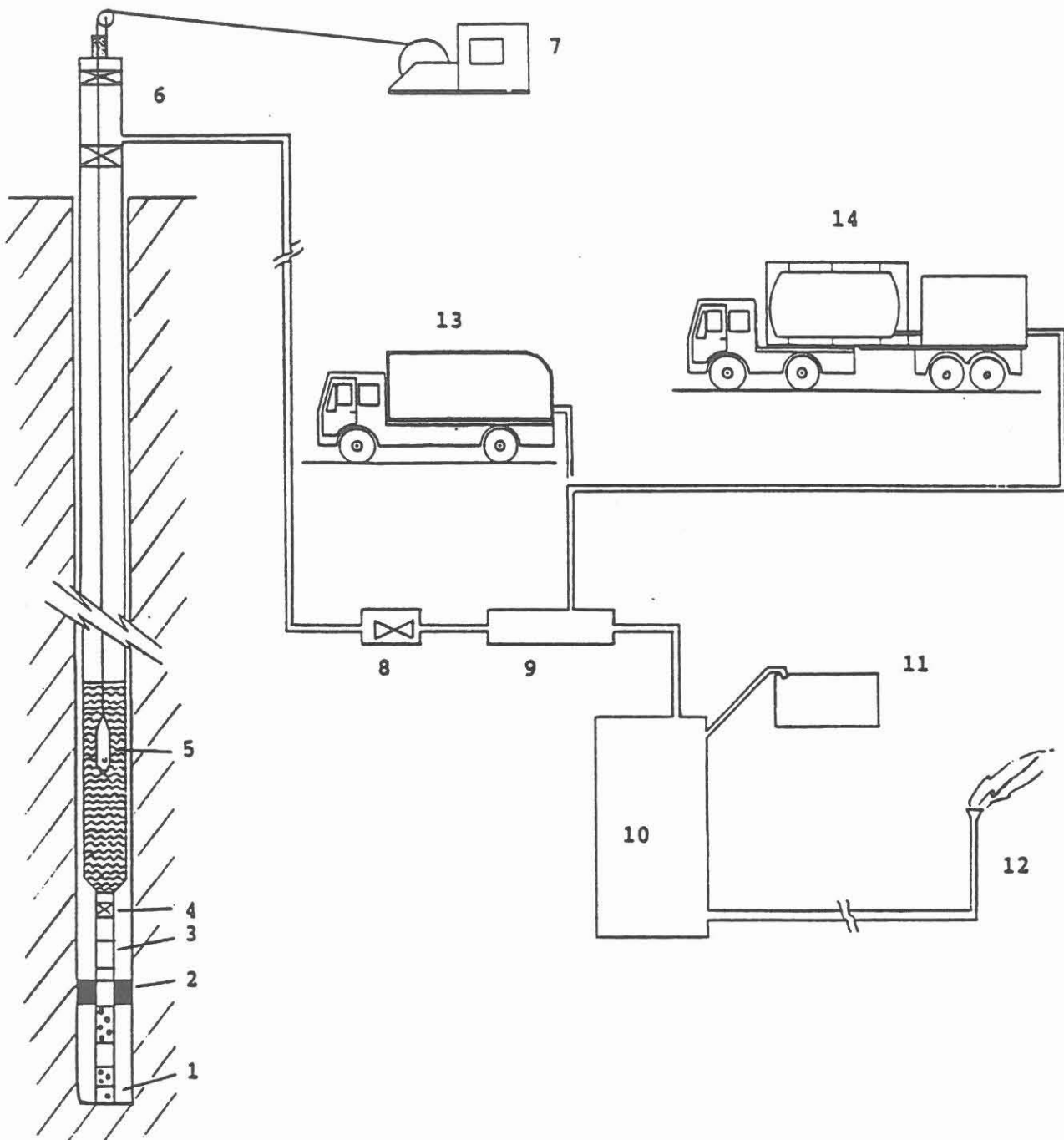


Abb. 3: Schematische Darstellung des Testaufbaus.

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1 = mech. Druckaufzeichnung  | 10 = Gas-Analysestrecke mit |
| 2 = Packer                   | Abscheider (Preussag)       |
| 3 = Druck/Temperatur         | 11 = Auffangbehälter für    |
| Memory-Geräte                | Abscheider-Flüssigkeiten    |
| 4 = Hydrospring Ventil       | 12 = Fackelanlage           |
| 5 = Seling Druckmeßgerät     | 13 = Hydraulik Pumpen       |
| 6 = Meßschleuse              | (Halliburton)               |
| 7 = Meßkabelwinde (Preussag) | 14 = Stickstoff-Tank und    |
| 8 = autom. Sicherheitsventil | Pumpanlage (Halliburton)    |
| 9 = Umschaltventil           |                             |

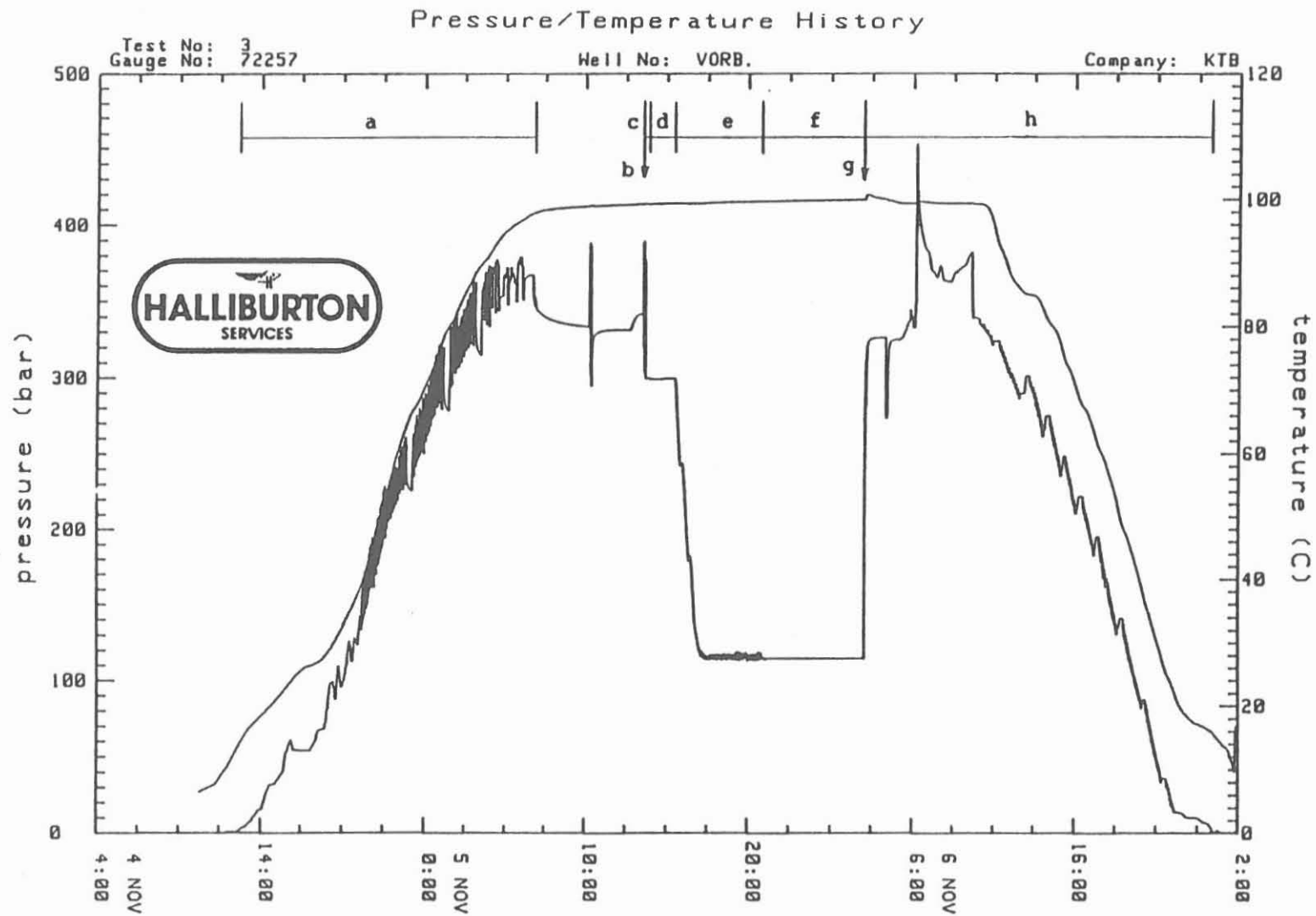


Abb. 4: Elektronische Downhole Druck- und Temperaturaufzeichnung. Dargestellt sind a) Einbau des Gestänges, b) Packer setzen und Umschalten des Hydrospring Ventils auf Testrohr, c) 1. Fließzeit, d) 1. Schließzeit, e) 2. Fließzeit mit dreistufiger Reduktion der Stickstoffvorlage um je 50 bar, f) 2. Schließzeit, g) Packer lösen, h) Ausbau

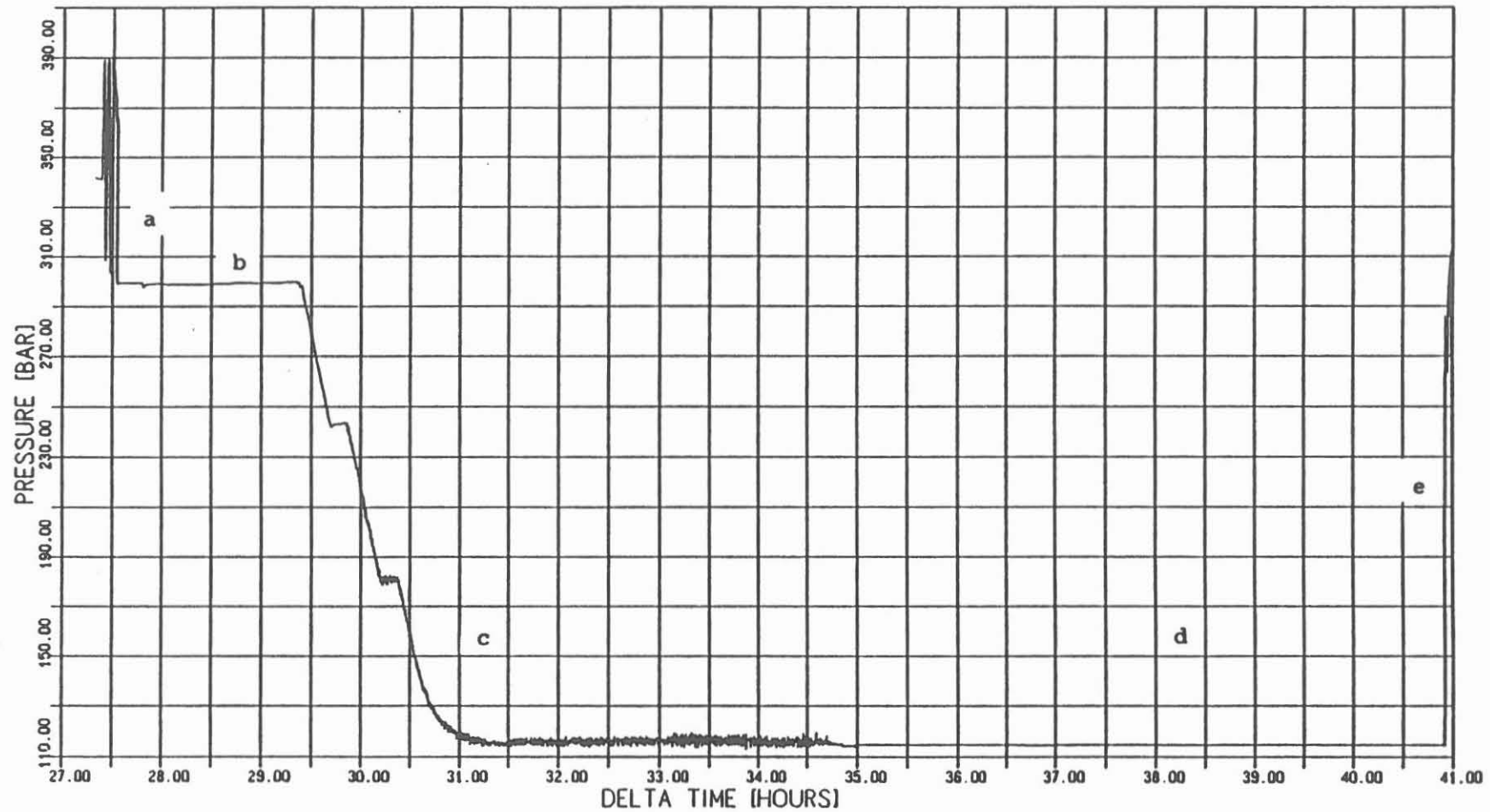


Abb. 5: Meßphasen aus der Druckaufzeichnung des Memory-Geräts.  
 a) 1. Fließzeit, b) 1. Schließzeit, c) 2. Fließzeit,  
 d) 2. Schließzeit, e) Packer lösen

Nach Schließen des Testventils zeigen sowohl das Seling-Gerät (oberhalb des Testventils) als auch das Memory-Gerät (gleichfalls das mechanische Aufzeichngerät, beide unterhalb des Testventils) quasi keine Druckschwankungen mehr an ( $< 0,5$  bar). Der Druck sinkt in dieser zweiten Schließzeit zunächst in 101 Minuten um 0,25 bar ab und steigt alsdann in den restlichen 247 Minuten nahezu linear um 0,3 bar an. Diese extrem geringe Variationen sind um einen Faktor 13 kleiner als während der 2. Fließzeit.

Auch in dieser Meßphase zeigen die Absolutdruckwerte von Seling- und Memory-Gerät Abweichungen. Das Seling-Gerät (3260 m) zeigt einen mittleren Einschließdruck von 109 bar (entspricht 126 bar in 3439 m), das Memory-Gerät (3439 m) einen Druck von 114,6 bar. Der theoretische Wert aus Wasser- und Stickstoffsäule in 3439 m Tiefe beträgt 118 bar. Dies wird am besten durch die Werte des Memory-Geräts repräsentiert (Fehler  $< 4$  bar).

Eine mögliche Ursache für die schnellen Druckschwankungen während der 2. Fließzeit könnte die Entgasung der in der Kluft in Lösung vorliegenden und in Proben nachgewiesenen Gase, vor allem Methan, sein. Das unmittelbar oberhalb des Testintervalls messende Memory-Gerät erfasst die Schwankungen vollständig, wohingegen das Seling-Gerät in einer weiten Wassersäule 130 m entfernt, gedämpfte Druckstöße empfängt. Auf diese Vermutung hin wurde ein Überlaufen der Stickstoffsäule kontrolliert, indem man die durch ein Wasserbad austretenden Gasperlen beobachtete. Dies war jedoch nur kurzzeitig zu Beginn der Fließzeit zu sehen. Eine Druckerhöhung um 1 bar (entspricht der halben Schwankungsbreite beim Seling-Gerät) an der Sohle der Stickstoffsäule wirkt sich im Kopfdruck als Erhöhung um weniger als 0,6 bar aus. An der Stickstoffsohle werden die Druckschwankungen wahrscheinlich noch gedämpfter angelangt sein. Auch das zugeführte Gasvolumen ist zu klein, um eine deutliche Dichteerhöhung zu bewirken, sodaß ein Gasüberlauf nicht zu erwarten ist. Nach Schließen des Testventils steigt der Partialdruck des austretenden Gases stark an, wodurch eine Entgasung gestoppt wird.

Zur weitergehenden Analyse wurden die Daten des Memory-Geräts an die TU Clausthal, ITE, Prof. Dr. Pusch, gesandt.

### 3. Fluidprobennahme

Neben der Bestimmung hydraulischer Gebirgsparameter ist die Fluidprobennahme aus der Formation ein wichtiges Ziel eines Drill-Stem-Tests.

Hierzu befanden sich oberhalb des Packers zwei Probenkammern unterschiedlicher Größe (ca. 1 Liter bzw. 200 Liter), von denen die große Kammer bei Testende nicht vollständig gefüllt war. Der bereitgehaltene im Teststrang fahrbare Wireline-Fluidsampler (Preussag) wurde nicht eingesetzt, weil der beobachtete Druckverlauf eine deutliche Anreicherung von Formations-Lösung in der Wasservorlage unmöglich machte. Aus diesem Grunde war auch eine eindeutige Beprobung der Lösung aus der Formation nicht möglich.



Die Analyse im Feldlabor der Gase und Flüssigkeiten aus den Probenkammern der Testgarnitur zeigt deutlich erhöhte Gehalte an Helium(0,6%), Methan(16%) sowie Natrium(2680 ppm), Kalzium (3870 ppm) und Chlorid (8800 ppm). Der pH-Wert der Bohrspülung lag um 7 und damit unter den normalen Werten von ca. pH = 9-11. Die Spülung war zudem ausgeflockt und zeigte eine deutliche Separation einer dickflüssigen, undurchsichtigen und einer dünnflüssigen, nur leicht getrübbten Flüssigkeit. Eine solche Reaktion der Lösung mit der Bohrspülung ist im Zusammenhang mit anderen Probennahmen bekannt.

Um von der Spülung unbeeinflusste Proben der Flüssigkeiten und Gase aus dem Gebirge erhalten zu können, müsste das gesamte Spülvolumen unterhalb des Packers und in der Testgarnitur bis zu den Probennehmern gefördert werden. Unter Berücksichtigung der Testgarniturabmessungen und eines wie im vorliegenden Fall nahezu maßhaltigen Bohrlochs, wären dies bis zum Erreichen der Probenkammer ca. 360 Liter und bis zum Erreichen eines Wireline-Fluidsamplers ca. 660 Liter gewesen. Eine Verkürzung des Stützankers von 44 m auf 10 m Länge reduziert das notwendige Fördervolumen auf 170 bzw. 370 Liter. Da geohydraulische Tests während der Bohrphase aus Sicherheitsgründen nur als Stützankertests durchgeführt werden, verschlechtert sich die Chance zur in-situ-Fluidgewinnung mit zunehmendem Abstand der Bohrlochsohle zur testwürdigen Teufe. Zusätzlich besteht die Gefahr, bei länger anhaltendem Bohrfortgang evtl. produktive Klüfte etc. mit verdickter Spülung zu verschließen. Ein hydraulischer Test sollte daher zukünftig unmittelbar nach der Anzeige eines Gebirgszuflusses durchgeführt werden.

Eine weitergehende Untersuchung der Proben erfolgt durch die Arbeitsgruppen der ARGE 7 (Fluide).

#### 4. Zusammenfassung

Der in der Zeit vom 3. - 7. 11. 1988 ausgeführte hydraulische Stützanker-Test konnte ohne technische Komplikationen durchgeführt werden. Die Auswertung der Testergebnisse wird an der TU Clausthal, ITE von Prof. Dr. Pusch vorgenommen. Außerdem wurden Fluide (Gase und Flüssigkeiten) aus der Testzone genommen, die von Arbeitsgruppen der ARGE 7 (Fluide) untersucht werden.

Firma MeSy GmbH



(Prof. Dr. F. Rummel)

- Professor der Geophysik-

Der Sachbearbeiter:



(J. Kück)

- Dipl. Geopys. der  
Fa. MeSy GmbH -

## 8. Auswertungen, Zwischenberichte



## 8 AUSWERTUNGEN, ZWISCHENBERICHTE

### - Softwareauswertungen an der Bohrlokation

Das Softwareangebot der Dauermeßstation ist so ausgelegt, daß einfache Auswertungen von Bohrlochmeßdaten durchgeführt werden können. Diese Auswertungen zielen darauf ab, bei Sofortentscheidungen hilfreich zu sein. Als Beispiel sei die Fragestellung - "soll gestestet werden oder nicht?" - erwähnt. Eine Auswertung an der Bohrung kann hier helfen, diese Frage zu entscheiden.

### - Im Rechenzentrum erstellte Auswertungen

Die Projektleitung hat die Aufgabe übernommen, von der Service-Industrie Auswertungen durchführen zu lassen, die zur Unterstützung der operativen Abwicklung des wissenschaftlichen Programms dienen. Diese Arbeiten werden in den Rechenzentren der Firmen ausgeführt. Sie ersetzen nicht die Auswerteprojekte der Universitäten und Institute, sondern sollen diese ergänzen.

Außerdem werden die im Feld aufgezeichneten Daten für Bohrlocheinfluß und unterschiedliche Teufe korrigiert. Für eine Weiterverarbeitung sollen nur diese "normalisierten" Daten Verwendung finden.

### - Zwischenberichte

Alle Zwischenberichte, die von Ämtern, Instituten oder Universitäten bei der Projektleitung abgeliefert werden, werden entweder vollständig oder in einer Zusammenfassung in den KTB-Reports vorgestellt. Damit ist gewährleistet, daß diese Berichte allen Beteiligten zugänglich werden. Eine Auflistung der eingegangenen Berichte ist in Abschnitt 3, Tabelle 3.2, gegeben.

**Composite Log (NORM) - Normalisierte Daten**

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Projekt/Messung</u>	<u>Intervall</u>
VB-A 20	20.01.88	VB - 30, 33, 34 41, 56	KTB-Report 88-4
VB-A 30	19.02.88	VB - 30, 33, 44 41, 56	KTB-Report 88-4
VB-A 44	11.05.88	VB - 99, 131, 135 139, 140	KTB-Report 88-7
VB-A 52	24.06.88	VB*-169, 171, 176, 177, 180	KTB-Report 88-7
VB-A 65	01.10.88	VB*-214, 219, 220, 223, 224	KTB-Report 88-7
VB-A 84	10.01.89	VB*-257, 259, 260 261	2950,0 - 3630,0 m
VB-A 92	24.04.89	VB**-297, 299,301 304, 316	3550,0 - 4001,0 m

**Beispiel:**

Darstellung von VB-A 92, Ausschnitt 3550 - 3618,0 m, Abb. 8.1.

**Ziel der Auswertung:**

Vergleichende Übersichtsdarstellung ausgewählter Logkombinationen.

**Durchführung:**

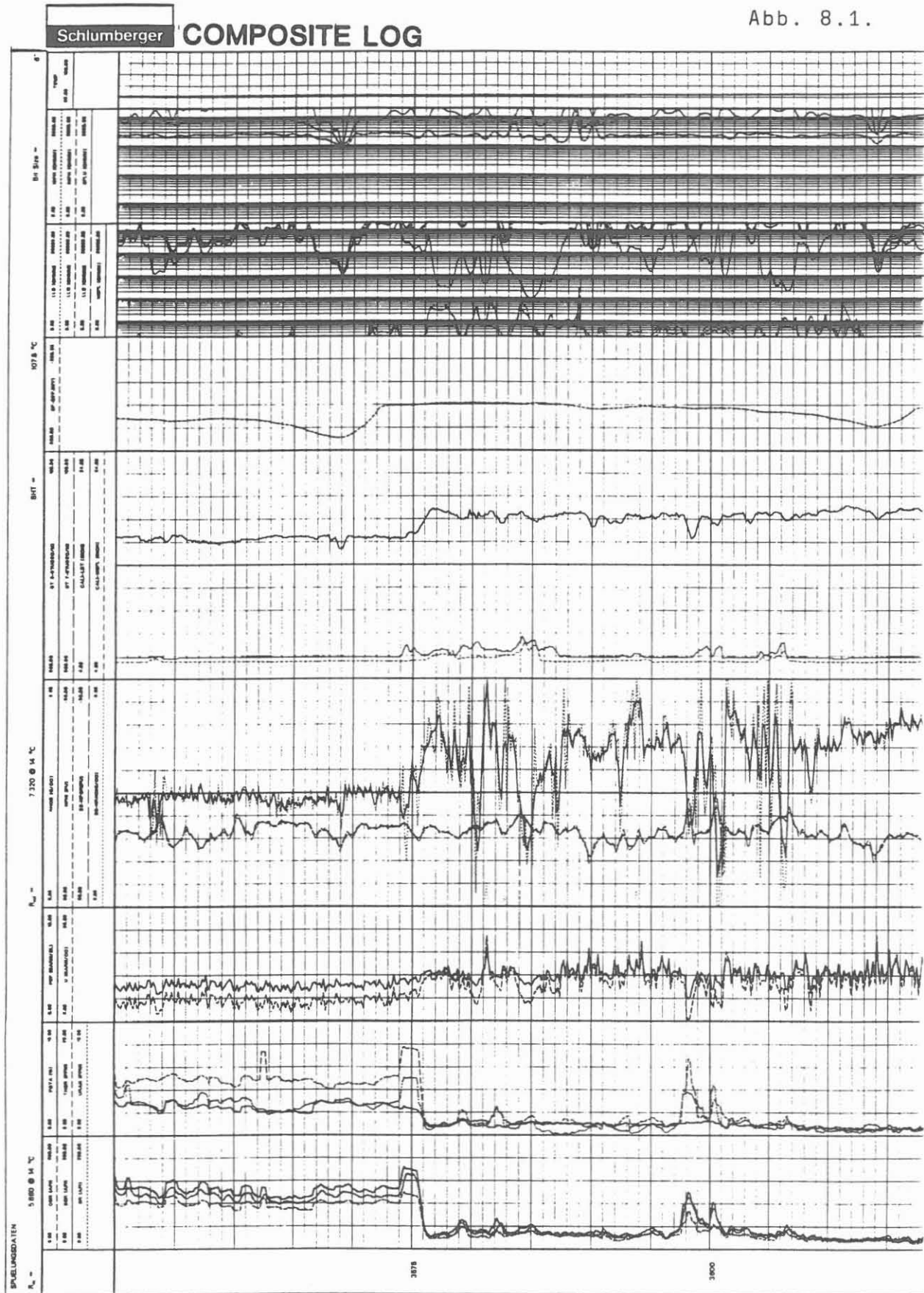
Die in einem Composite Log verwendeten Meßdaten enthalten alle Standard-Korrekturen, wie Kaliber-Korrektur und Teufen-Korrektur.

Im einzelnen wurden dargestellt:

Die um den Uranium-Anteil korrigierte Gamma-Strahlung (CGR), Summen Gamma-Strahlung (SGR), mit dem SDT gefahrene Gamma-Strahlung (GR-Sonic), Kaliumgehalt (POTA), Thoriumgehalt (THOR), Uraniumgehalt (URAN), photoelektrischer Absorptionsindex (PEF), volumetrischer photoelektrischer Absorptionsindex (U), Dichte, kalksteinkalibriert (RHOB), Neutron-Porositätsindex, gemessen über kurze Distanz (NPHI), Porositätsindex gemessen über kurze Distanz (SS-POR(PU)), Dichte, Sandstein-kalibriert (SS-Density), inverse Geschwindigkeiten über unterschiedliche Distanzen (DT), Kaliber mittels LDT (CAL-LDT), Kaliber mittels MSFL (CAL-MSFL), SP allein gefahren (SP), SP von DIL, Laterolog-deep (LLD), Laterolog Gronigen (LLG), Laterolog-shallow (LLS), Phasor Induction-deep (IDPH), Phasor Induction-medium (IMPH), Spherical Focused Log (SFLU), Temperatur (TEMP).  
Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000.

**Abkürzungen:** siehe Durchführung

Abb. 8.1.



**GLT-A** (Geochemical Logging Tool Analysis)

**Ausführender:** Schlumberger, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Projekt/Messung</u>	<u>Intervall</u>
VB-A 21	29.01.88	VB - 45	KTB-Report 88-4
VB-A 45	11.05.88	VB -137/135	KTB-Report 88-7
VB-A 53	24.06.88	VB*-179	KTB-Report 88-7
VB-A 70	19.10.88	VB*-225	2150,0 - 3000,0 m
VB-A 85	10.01.89	VB*-265	2950,0 - 3630,0 m
VB-A 93	27.04.89	VB**-305	3550,0 - 3990,0 m

**Beispiel:**

Auswerteausschnitt von 3550,0 - 3623,0 m, Abb. 8.2.

**Ziel der Auswertung:**

Kontinuierliche Darstellung der Elemente K, Th, U, Si, Ca, Fe, S, Al, Ti, Gd, Sigma und Caliper in Abhängigkeit der Tiefe.

**Durchführung:**

Das von Schlumberger neu entwickelte Auswerteprogramm für das Geochemical Logging Tool (GLT) berechnet aus dem aufgezeichneten Gammastrahlenspektrum die "elemental yields", d. h. den prozentualen Anteil der Strahlung der Einzelelemente. Der Anteil von 8 Elementen (K, Si, Ca, Fe, S, Ti, Gd, Al) wird in Gewichtsprozenten und von Thorium und Uran in ppm (parts per million) ermittelt. Diese Berechnung erfolgt im Rechenzentrum der Service-Firma.

Um die Analyse nach diesen 10 Elementen durchführen zu können, muß die Registrierung der Daten in der Bohrung in "capture mode" erfolgt sein. Als weitere Information wird der Formationseinfangquerschnitt "Sigma" berechnet.

Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000.

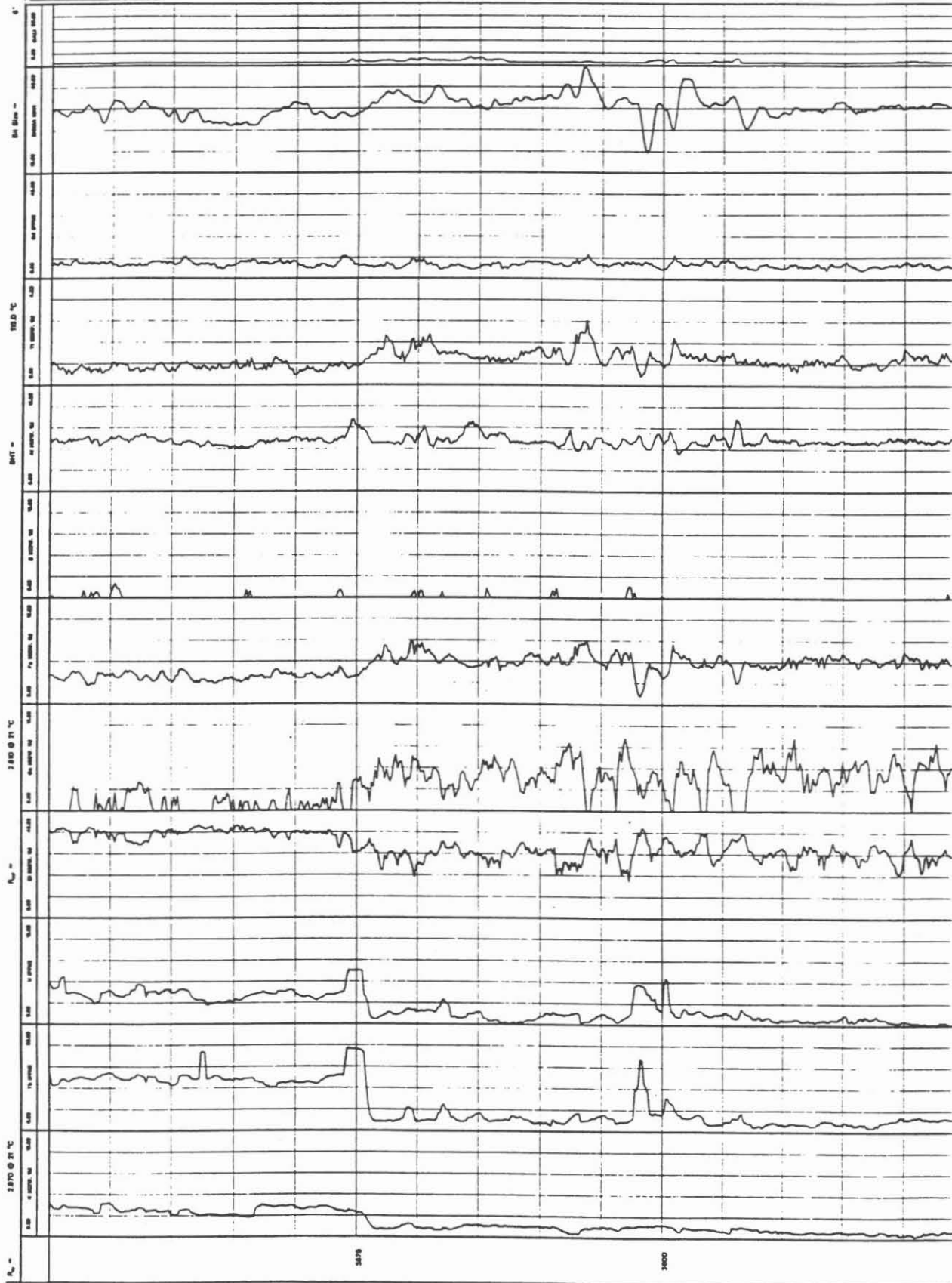
**Abkürzungen:**

	<u>englisch, Einheit</u>	<u>deutsch, Einheit</u>
SIGMA	in Capture Units	Einfachquerschnitt, Zählrateneinheiten,
CALI	Caliper (inches)	Kaliber Zoll

Schlumberger

# GLT-ELEMENTANALYSE

Abb. 8.2.





**SIC PROCESSING** (Slowness Time Coherence Berechnung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

Lfd. Nr.	Datum	Projekt/Messung	Intervall
VB-A 11	09.12.87	VB - 39	KTB-Report 87-4
VB-A 36	29.04.88	VB -140	KTB-Report 88-4
VB-A 55	01.06.88	VB*-177	KTB-Report 88-7
VB-A 64	22.09.88	VB*-224	KTB-Report 88-7
VB-A 77	20.12.88	VB*-261	2975,0 - 3630,0 m
VB-A 95	26.04.89	VB**-304	3550,0 - 3990,0 m

**Beispiel:**

Auswerteausschnitt von 3545,0 - 3600,0 m, Abb. 8.3.

**Ziel der Auswertung:**

Durch Analyse des registrierten akustischen Wellenzuges Bestimmung der Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen-Laufzeit.

**Durchführung:**

Die mit dem Sonic Digital Tool (SDT) aufgezeichneten akustischen Wellenzüge wurden im Rechenzentrum analysiert und über eine "Coherence Function" verglichen. Das Resultat dieses Vergleiches ist die Zuordnung bestimmter Abschnitte eines Wellenzuges zu Zeiten, die den Laufzeiten von Kompressions-, Scher- und Stoneleywellen entsprechen.

Im Bereich starker Bohrlochrandausbrüche liegen nur interpolierte Werte (oder unvollständige Datenreihen) vor. Geplottet wurde die "Slowness" als "Average", in "Receiver" und "Transmitter Mode" in  $\mu\text{s}/\text{m}$ , die gleichbedeutend ist mit der früher gemessenen Laufzeit. Die weißen Marken in der Teufenspalte stellen die integrierte Laufzeit der Kompressionswellen und die schwarzen Marken die der Schwerwellen dar.

Teufenmaßstab 1 : 200.

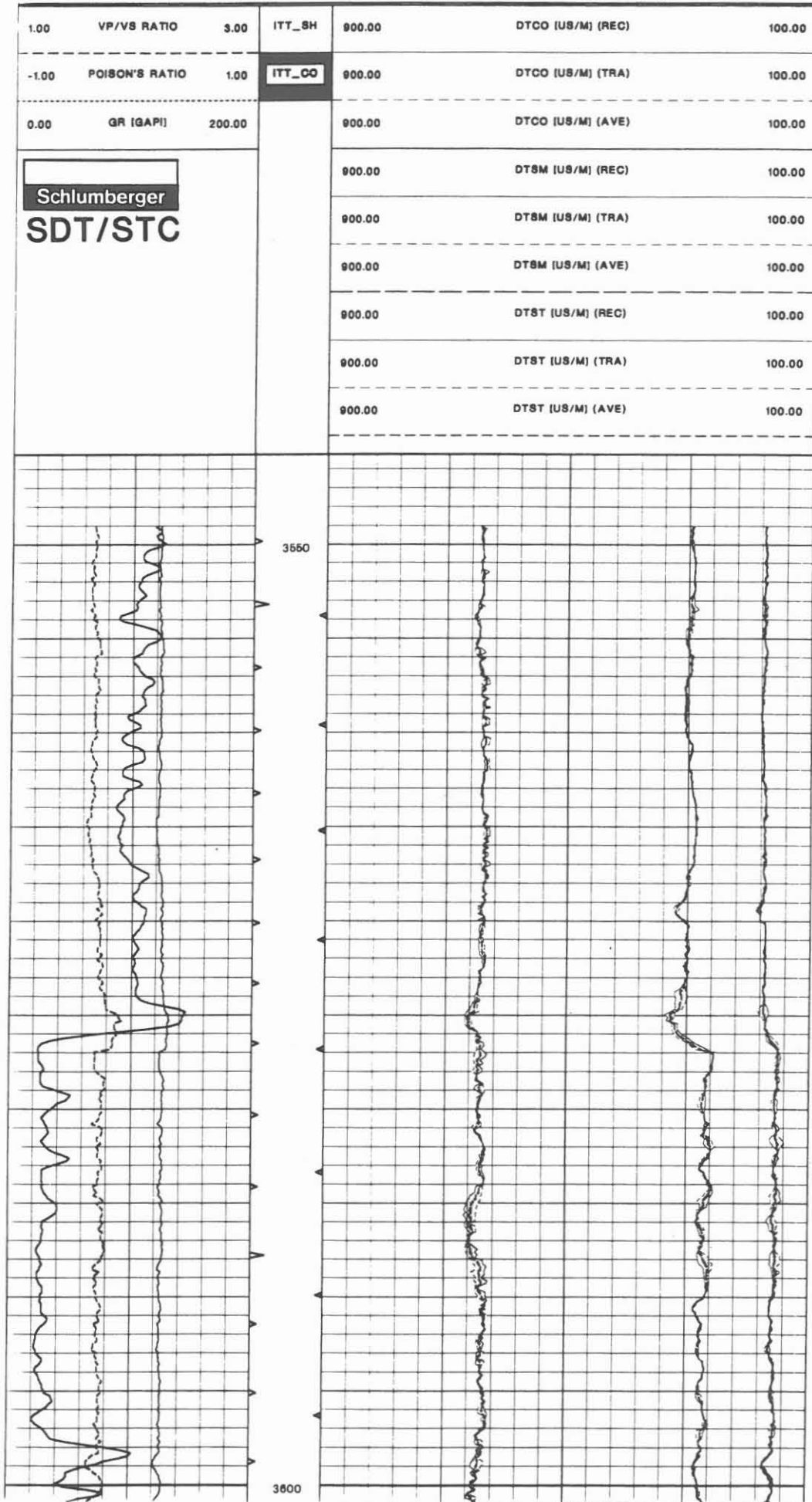
**Programminweise:**

Das Programm verwendet einen digitalen Ähnlichkeitsvergleichsalgorithmus, um die empfangenen Signale aller 8 Empfänger zu identifizieren, auszurichten und die Geschwindigkeiten der kohärenten Eigenschaften der Wellenzüge zu ermitteln. Dies geschieht durch die überlappende, schrittweise Bewegung eines Zeitfensters entlang der Wellenzugregistrierungen. Über eine "Coherence Function", die für jeden Schritt ermittelt wird, wird die Ähnlichkeit innerhalb des Fensters überprüft. Ein guter Kohärenzwert wird erreicht, wenn die Zeit des bewegten Fensters der gemessenen Zeit des empfangenen Signals entspricht und die Ähnlichkeit des Wellenzugabschnittes innerhalb des Fensters groß ist. Damit kann eine sorgfältige Analyse des gesamten Wellenzuges nach bestimmten, charakteristischen "Komponenten" erfolgen.

Entsprechend den Maxima des Konturdiagramms wird die "Slowness" der einzelnen Komponenten bestimmt.

**Abkürzungen:**

	englisch, Einheit	deutsch, Einheit
DTCO	Delta T, Compression wave ( $\mu\text{s}/\text{M}$ )	Laufzeit, $\mu\text{s}/\text{m}$ (Kompressionswelle)
DTSM	Delta T, Sheare wave ( $\mu\text{s}/\text{M}$ )	Laufzeit, $\mu\text{s}/\text{m}$ (Scherwelle)
DTST	Delta T, Stoneley wave ( $\mu\text{s}/\text{M}$ )	Laufzeit, $\mu\text{s}/\text{m}$ (Stoneley-Welle)
REC	Receiver Mode	Empfänger Mode
TRA	Transmitter Mode	Sender Mode
AVE	Average	Mittelwert



**MSD/CSB** ("Mean Square Dip" und "Continuous Side by Side" Dipmeter  
Auswertung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Auswerte- Datum</u>	<u>Messung Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB-A 7	27.10.87	VB - 37	KTB-Report 87-4
VB-A 52	24.06.88	VB -174	961,0 - 2202,0 m
VB-A 75	19.12.89	VB*-245	1995,0 - 3370,0 m

**Beispiel:**

Auswertung von 3327,0 - 3340,5 m, Abb. 8.4.

**Ziel der Auswertung:**

Bestimmung des Einfallens und Streichens der durchbohrten Gebirgsformationen, Richtung und Neigung des Bohrlochverlaufs sowie Ermittlung von Störungsbereichen, Klüften, Kluftsystemen und deren Orientierung.

**Durchführung:**

Im Rechenzentrum der Service-Firma wurden die auf Band gespeicherten Daten mit den beiden Auswerteprogrammen MSD und CSB hintereinander bearbeitet. Das MSD-Programm gibt, durch das große Korrelationsintervall bedingt, das strukturelle Einfallen und Streichen wieder, wohingegen mit dem CSB-Programm Feinstrukturen gefunden werden können. Die Darstellung erfolgt in 4 Spuren. Spur 1 gibt die Teufe, durch die offenen Kreise die Neigung und durch den langen Strich die Richtung der Bohrung wieder. Der kurze Strich am Kreis zeigt die Lage der Referenzelektrode 1 an. Die am äußeren linken Rand sichtbaren kleinen Dreiecke stellen Markierungen für die Abschnitte dar, in denen die Resultate für die Häufigkeitsrosette der Dipmeterresultate zusammengefaßt sind (meist 50 m oder entsprechend einer gewünschten Vorgabe). In Spur 2 ist GR, Kaliber 1 - 3, 2 - 4 und eine unkalibrierte, rekonstruierte Widerstandskurve wiedergegeben. Die Spur 3 zeigt die Dipmeterresultate an. MSD in vollen und offenen Dreiecken mit Richtungsstrich und CSB als kleine volle und offene Kreise mit Richtungsangabe. Außerdem sind auf der rechten Seite bei 60 Grad die Häufigkeitsrosetten für MSD und bei 75 Grad die für CSB dargestellt. Für beide Programme gelten dieselben Qualitätskriterien: voll = gute, sichere Meßresultate; offen = schlechte, unsichere Dipmeterresultate. In Spur 4 sind die 8 Widerstandspuren in einer logarithmischen Skala wiedergegeben, die als Basis für die Dipberechnung verwendet wurden. Teufenmaßstab 1 : 200, 1 : 1000.

**Programmhinweise:**

Für diese Auswertung wurden die FMST-Daten verwendet.

MSD: Korrelationsintervall 1,0 m, Schrittdistanz 0,5 m

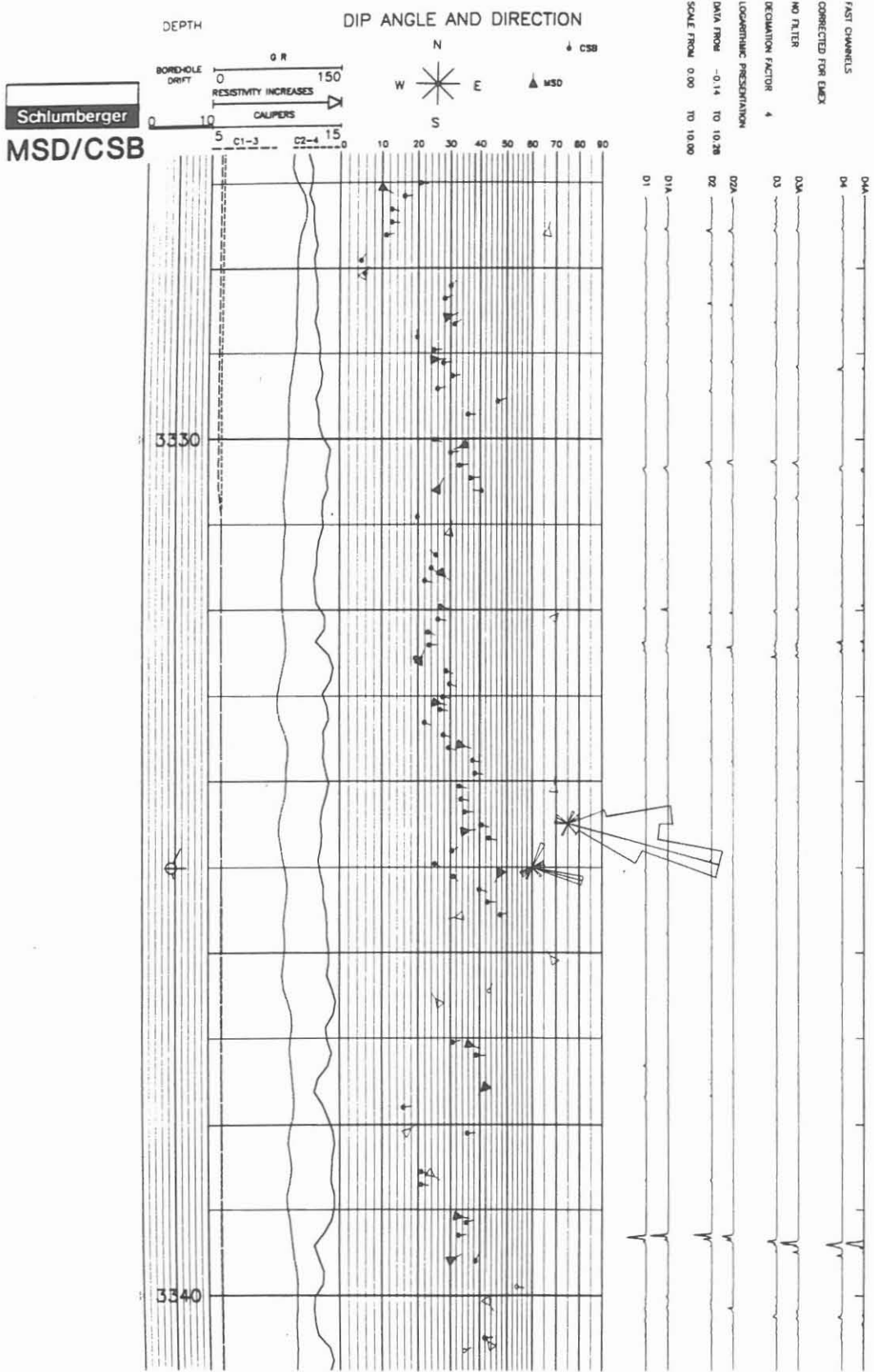
CSB: Korrelationsintervall 0,3 m, Schrittdistanz 0,15 m,

Suchwinkel für beide Programme: 1 X 80°.

Die Resultate beider Programme wurden verbunden(merged) und gemeinsam graphisch dargestellt. Die listenmäßige Ausgabe der Daten ist getrennt.

**Abkürzungen:** -

Abb. 8.4.



**FMST** (orient.) (4-Pad-Formation MicroScanner Tool - orientiert aufgezeichnet)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Projekt/Messung</u>	<u>Intervall</u>
VB -A 9	27.10.87	VB - 37	KTB-Report 87-4
VB -A 22	21.01.88	VB - 97	KTB-Report 88-4
VB -A 43	11.05.88	VB -132	KTB-Report 88-7
VB -A 50	24.06.88	VB*-174	KTB-Report 88-7
VB -A 74	19.12.88	VB*-245	1995,0 - 3370,0 m
VB -A 86	17.01.89	VB*-263	3362,0 - 3650,0 m

**Beispiel:**

Auswertungsausschnitt von 3327,0 - 3341,4 m, Abb. 8.5

**Ziel der Auswertung:**

Ermittlung von Klüften, Kluftsystemen, Störungsbereichen, Gefügeveränderungen, Texturwechsel, Streichen und Einfallen der durchbohrten Formation.

**Durchführung:**

Die bei der Formation MicroScanner-Auswertung erzeugten "Images" werden entsprechend der gemessenen magnetischen Orientierung wiedergegeben. Damit wird ein Vergleich dieser Daten mit den Informationen, die mit dem BHTV gewonnen wurden, erleichtert. Die Darstellung erfolgt in der Form, daß alle vier um 90 Grad versetzten "Images" entsprechend ihrer Orientierung im Bohrloch gegen die Teufe aufgezeichnet werden.

Teufenmaßstab 1 : 40; für Detailauswertung und Kernachorientierung 1 : 10.

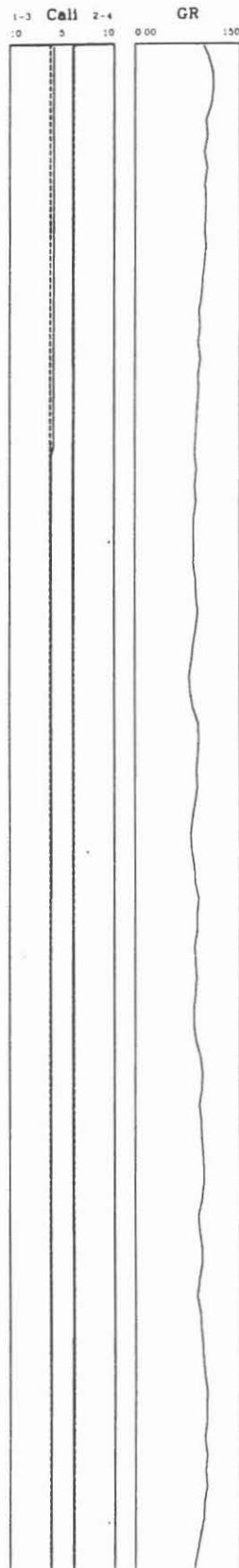
**Programminweise:**

Die Widerstandskontrastverstärkung arbeitet nach einer sogenannten Fenster-technik. Hier wurde ein Fenster von 2,0 m gewählt. Innerhalb dieser Länge werden Maximum und Minimum der gemessenen Widerstände gleich 100 bzw. 0 Prozent gesetzt, um die "Images" und die Profildarstellung zu erzeugen.

**Abkürzungen:** -

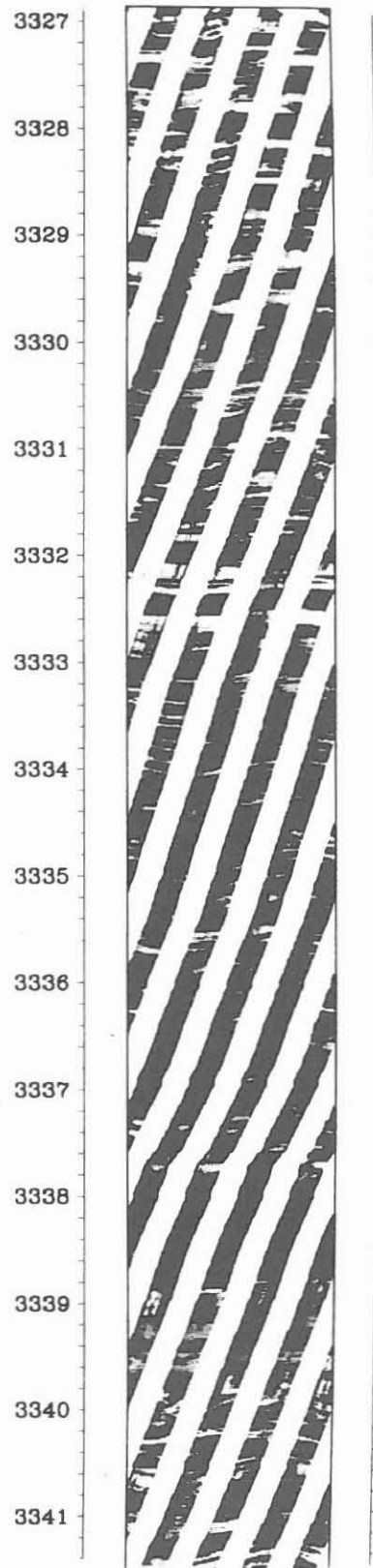
Abb. 8.5.

Schlumberger  
FMST/GRL



ORIENTATION

0 180 360



**FMST** (orient.) (4-Pad-Formation MicroScanner Tool - orientiert aufgezeichnet) Zusammenspielung von zwei Meßfahrten.

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Projekt/Messung</u>	<u>Intervall</u>
VB -A 9	27.10.87	VB - 37	KTB-Report 87-4
VB -A 22	21.01.88	VB - 97	KTB-Report 88-4
VB -A 43	11.05.88	VB -132	KTB-Report 88-7
VB -A 50	24.06.88	VB*-174	KTB-Report 88-7
VB -A 74	19.12.88	VB*-245	1995,0 - 3370,0 m
VB -A 86	17.01.89	VB*-263	3362,0 - 3650,0 m
VB -A 94	08.04.89	VB**-300	3548,0 - 3996,0 m

**Beispiel:**

Auswertungsausschnitt von 3735,0 - 3749,4 m, Abb. 8.6

**Ziel der Auswertung:**

Ermittlung von Klüften, Kluftsystemen, Störungsbereichen, Gefügeveränderungen, Texturwechsel, Streichen und Einfallen der durchbohrten Formation.

**Durchführung:**

Die bei der Formation MicroScanner-Auswertung erzeugten "Images" werden entsprechend der gemessenen magnetischen Orientierung wiedergegeben. Damit wird ein Vergleich dieser Daten mit den Informationen, die mit dem BHTV gewonnen wurden, erleichtert. Die Darstellung erfolgt in der Form, daß alle vier um 90 Grad versetzten "Images" entsprechend ihrer Orientierung im Bohrloch gegen die Teufe aufgezeichnet werden.

Teufenmaßstab 1 : 40; für Detailauswertung und Kernnachorientierung 1 : 10.

**Programmhinweise:**

Die Widerstandskontrastverstärkung arbeitet nach einer sogenannten Fenster-technik. Hier wurde ein Fenster von 2,0 m gewählt. Innerhalb dieser Länge werden Maximum und Minimum der gemessenen Widerstände gleich 100 bzw. 0 Prozent gesetzt, um die "Images" und die Profildarstellung zu erzeugen.

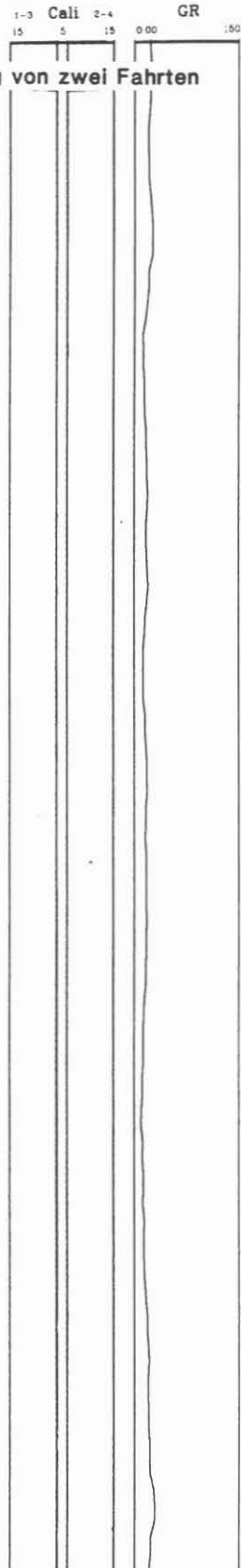
Bei dieser Auswertung wurden die Daten von zwei separaten Meßfahrten über den gleichen Teufenabschnitt zusammengespielt. Eine genaue Teufenkorrelation ist unbedingt notwendig. Das Gerät hat bei der zweiten Messung eine andere Spur gefahren. Dadurch konnte der Umfang der Bohrung nahezu voll erfaßt werden.

**Abkürzungen:** -

Schlumberger

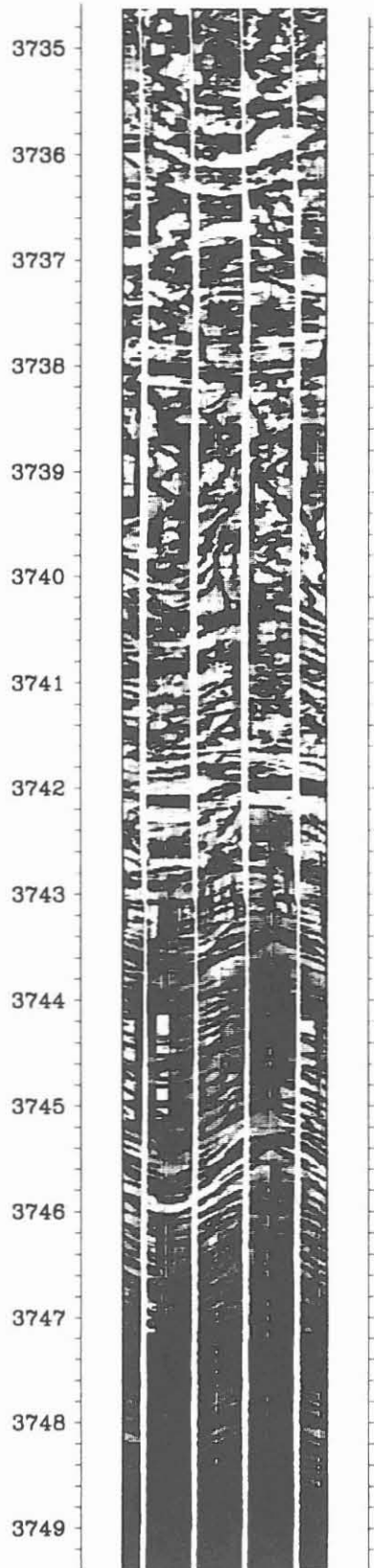
FMST/GRL

Zusammenspiel von zwei Fahrten



ORIENTATION Abb. 8.6.

0 180 360





**SPMST** (orient.) ("Slimhole"-4-Pad-Formation MicroScanner Tool - orientiert aufgezeichnet)

**Ausführender:** Societe Prospection Electrique Schlumberger, Paris  
Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Projekt/Messung</u>	<u>Intervall</u>
VB -A 86	17.01.89	VB*-270	2990,0 - 3624,0 und weitere kurze Abschnitte

**Beispiel:**

Auswertungsausschnitt von 1008,0 - 1011,0 m, Abb. 8.7

**Ziel der Auswertung:**

Ermittlung von Klüften, Kluftsystemen, Störungsbereichen, Gefügeveränderungen, Texturwechsel, Streichen und Einfallen der durchbohrten Formation.

**Durchführung:**

Diese Messung wurde im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit KTB: Ocean Drilling Project (ODP) mit dem neuen Gerät als Testmessung durchgeführt. Da dieses Gerät eine Sonderanfertigung ist, konnte die Auswertung der Daten erst nur in Paris erfolgen.

Die bei der Formation MicroScanner-Auswertung erzeugten "Images" werden entsprechend der gemessenen magnetischen Orientierung wiedergegeben. Damit wird ein Vergleich dieser Daten mit den Informationen, die mit dem BHIV gewonnen wurden, erleichtert. Die Darstellung erfolgt in der Form, daß alle vier um 90 Grad versetzten "Images" entsprechend ihrer Orientierung im Bohrloch gegen die Teufe aufgezeichnet werden.

Teufenmaßstab 1 : 40; für Detailauswertung und Kernnachorientierung 1 : 10.

**Programminweise:**

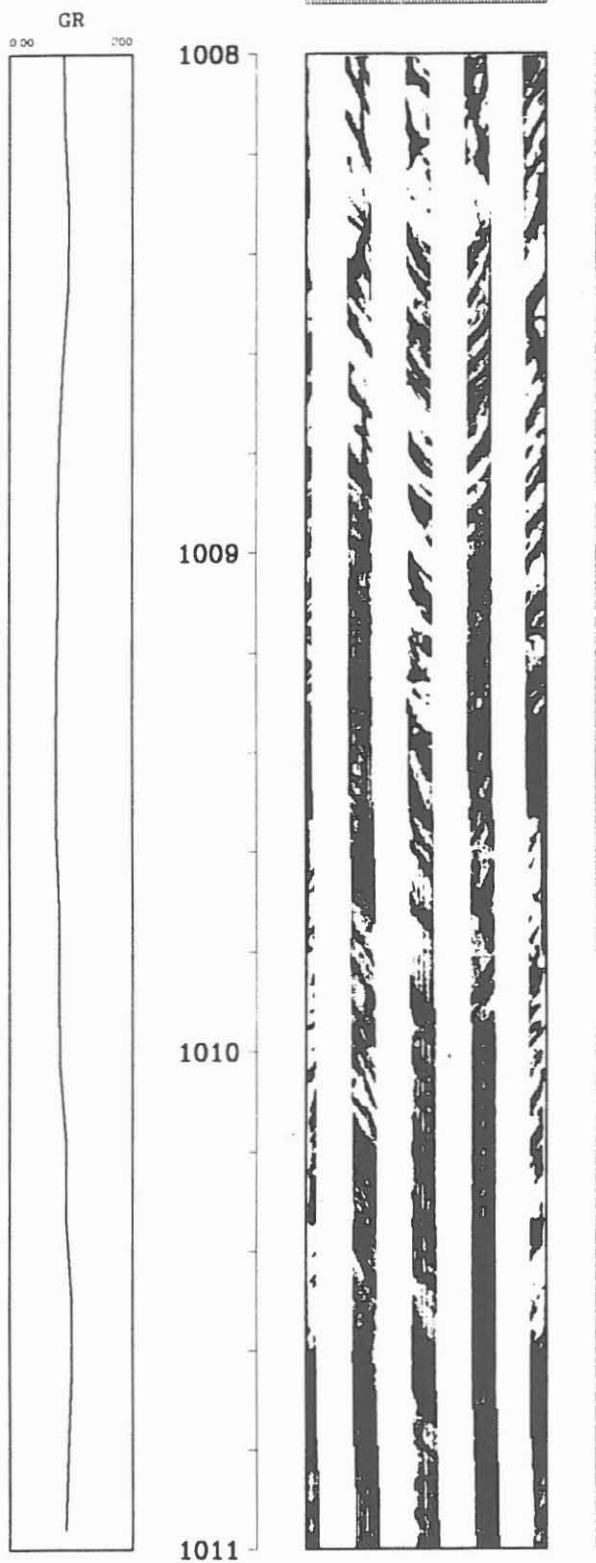
Die Widerstandskontrastverstärkung arbeitet nach einer sogenannten Fenster-technik. Hier wurde ein Fenster von 2,0 m gewählt. Innerhalb dieser Länge werden Maximum und Minimum der gemessenen Widerstände gleich 100 bzw. 0 Prozent gesetzt, um die "Images" und die Profildarstellung zu erzeugen.

**Abkürzungen:** -

Schlumberger  
SFMST/GRL

Abb. 8.7.

ORIENTATION  
0 180 360



**BHTV** (Borehole Televiwer/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Westfälische Berggewerkschaftskasse, Bochum

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Projekt/Messung</u>	<u>Intervall</u>
VB-A 61	08.08.88	VB*-175	KTB-Report 88-7
VB-A 88	01.03.89	VB*-218	1856,8 - 3019,0 m
VB-A 90	10.04.89	VB*-269	3275,3 - 3640,1 m
VB-A 138	18.09.89	VB**-342	2630,0 - 3410,0 m
VB-A 139	05.06.89	VB**-315	3550,0 - 4003,0 m *)

\*) Datenqualität schlecht (Gerätefehler).

**Beispiel:**

Auswerteausschnitt von 3379,0 - 3394,0 m, Abb. 8.8.

**Ziel der Auswertung:**

Korrektur der in der Bohrung gewonnenen Daten nach Teufe und Bohrlocheinfluß. Rückspielung der Amplitude (doppelt) und Laufzeit.

**Durchführung:**

Nach Korrektur der Daten entsprechend der teufenrichtigen Gammastrahlenmessung und des Bohrlocheinflusses wird eine Wiedergabe mit verstärkter Grauabstufung durchgeführt, um einen möglichst klaren Kontrast der registrierten Klüfte, Strukturen, Texturen und Foliation zu erhalten. Diese Methode erleichtert die Erkennung der Klüfte etc.

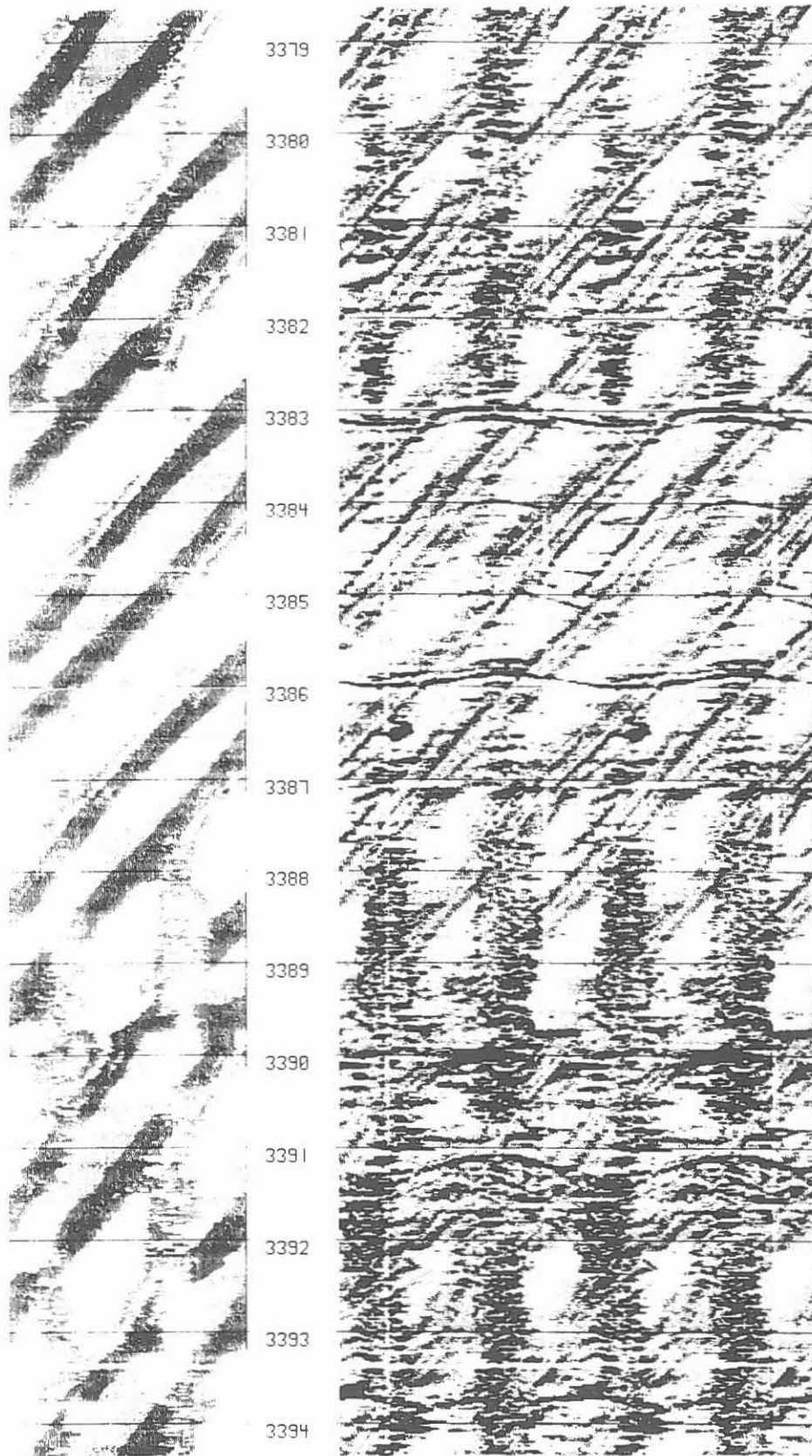
Teufenmaßstab 1 : 40 und 1 : 10.

**Programminweise:**

Es wird die Laufzeit und die Amplitude des akustischen Signals aufgezeichnet. Beide Signale sind nord-orientiert. Die gleichzeitig gemessene Gammastrahlung kann noch nicht auf dieses Diagramm übertragen werden.

**Abkürzungen:**

Abb. 8.8.



**BHTV/GRL** (Borehole Televier/Gammastrahlenmessung)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lft. Nr.</u>	<u>Auswerte- Datum</u>	<u>Messung Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB-A10	09.12.87	VB - 43	KTB-Report 87-4
VB-A19	19.01.88	VB -101	KTB-Report 88-4
VB-A54	25.05.88	VB -154	980,0 - 1780,0 m
VB-A82	29.03.89	VB*-281	3573,0 - 3828,0 m

**Beispiel:**

Auswerteausschnitt 3708,0 - 3723,5 m, Abb. 8.9.

Ziel der Auswertung:

Überarbeitung der im Feld gewonnenen Daten, um durch Signalverstärkung und Filterung Resultatverbesserungen zu erreichen.

**Durchführung:**

Im Rechenzentrum wurden die nicht teufenrichtig aufgezeichneten Daten korrigiert, das GR durch Mittelwertbildung von statistischen Schwankungen befreit und die Amplitude sowie die Laufzeit des Borehole Televier Signales verstärkt und gefiltert. Dadurch konnte eine wesentliche Resultatverbesserung erreicht werden.

Die optische Darstellung zeigt ein GR, eine doppelte Abspiegelung der Amplitude und eine einfache der Laufzeit.

Maßstab 1 : 40.

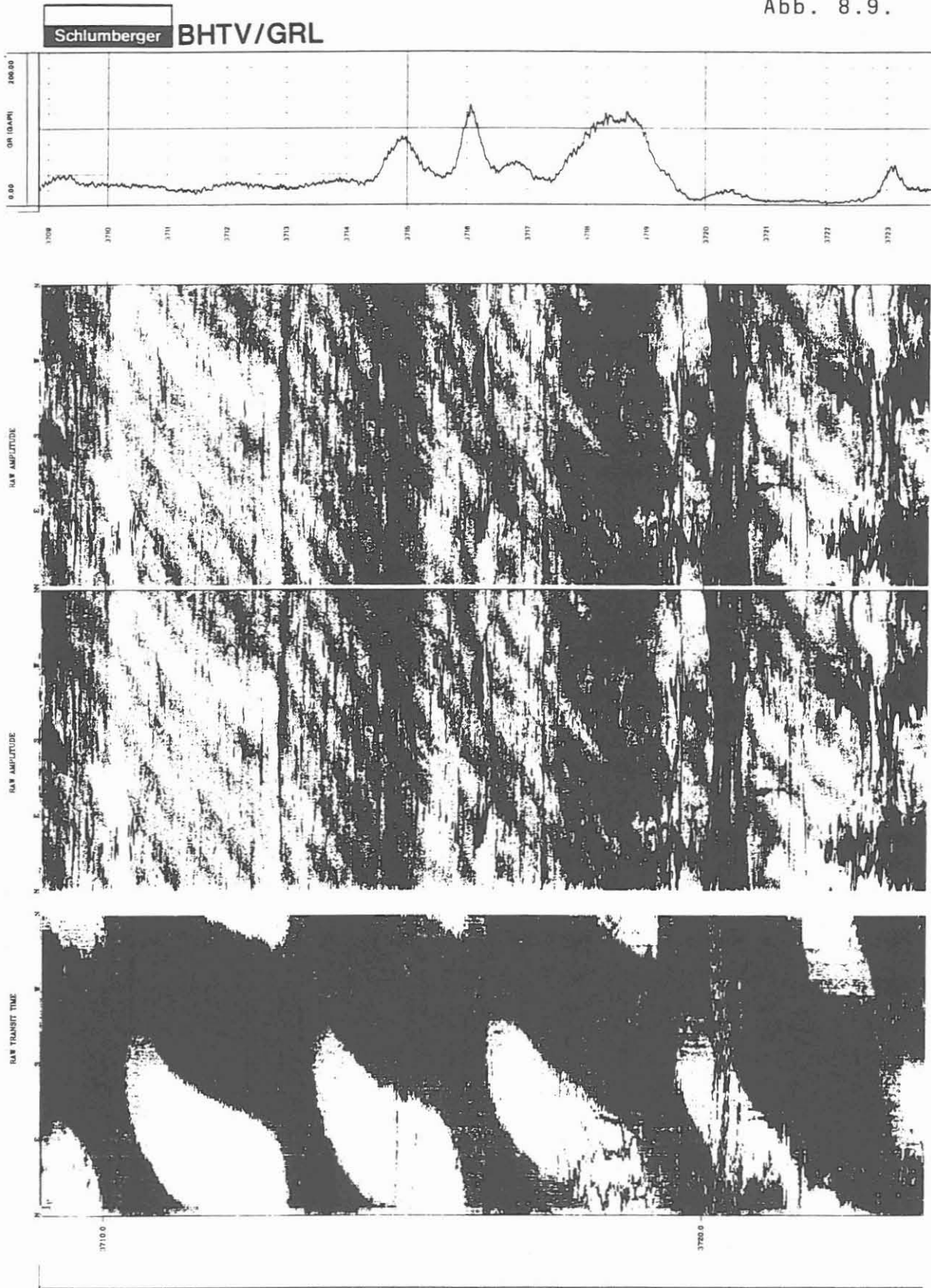
**Programmhinweise:**

Das Programm ist flexibel, um entsprechend den Änderungen im Bohrlochkaliber Signalverstärkungen und Filterungen durchzuführen. Zonen unterschiedlicher Intensität sind markiert.

Auf eine Wiedergabe des akustischen Kalibers wurde für diese Darstellung verzichtet, könnte jedoch als zusätzliches Diagramm ausgedruckt werden. Außerdem könnten in bestimmten Teufen Horizontalschnitte geplottet werden, um z. B. die Ovalisierung der Bohrung aufzuzeigen.

**Abkürzungen:** -

Abb. 8.9.



**NGT-Wärmeproduktionsrate** (H in  $\mu\text{Wm}^{-3}$ )

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Projekt/Messung</u>	<u>Intervall</u>
VB -A 69	28.06.88	VB*-176	KTB-Report 88-7
VB -A 72	08.09.88	VB*-220	KTB-Report 88-7
VB -A 78	13.10.88	VB*-260	3000,0 - 3625,0 m
VB -A 97	15.06.89	VB**-301	3550,0 - 3995,0 m

**Beispiel:**

Auswerteausschnitt von 3555,0 - 3620,0 m, Abb. 8.10.

**Ziel der Auswertung:**

Ermittlung der Wärmeproduktionsrate durch radioaktiven Zerfall. Berechnung auf kontinuierlicher Basis.

**Durchführung:**

Die Wärmeproduktionsrate wurde nach der empirischen Formel von L. Rybach, ETH Zürich (1988),

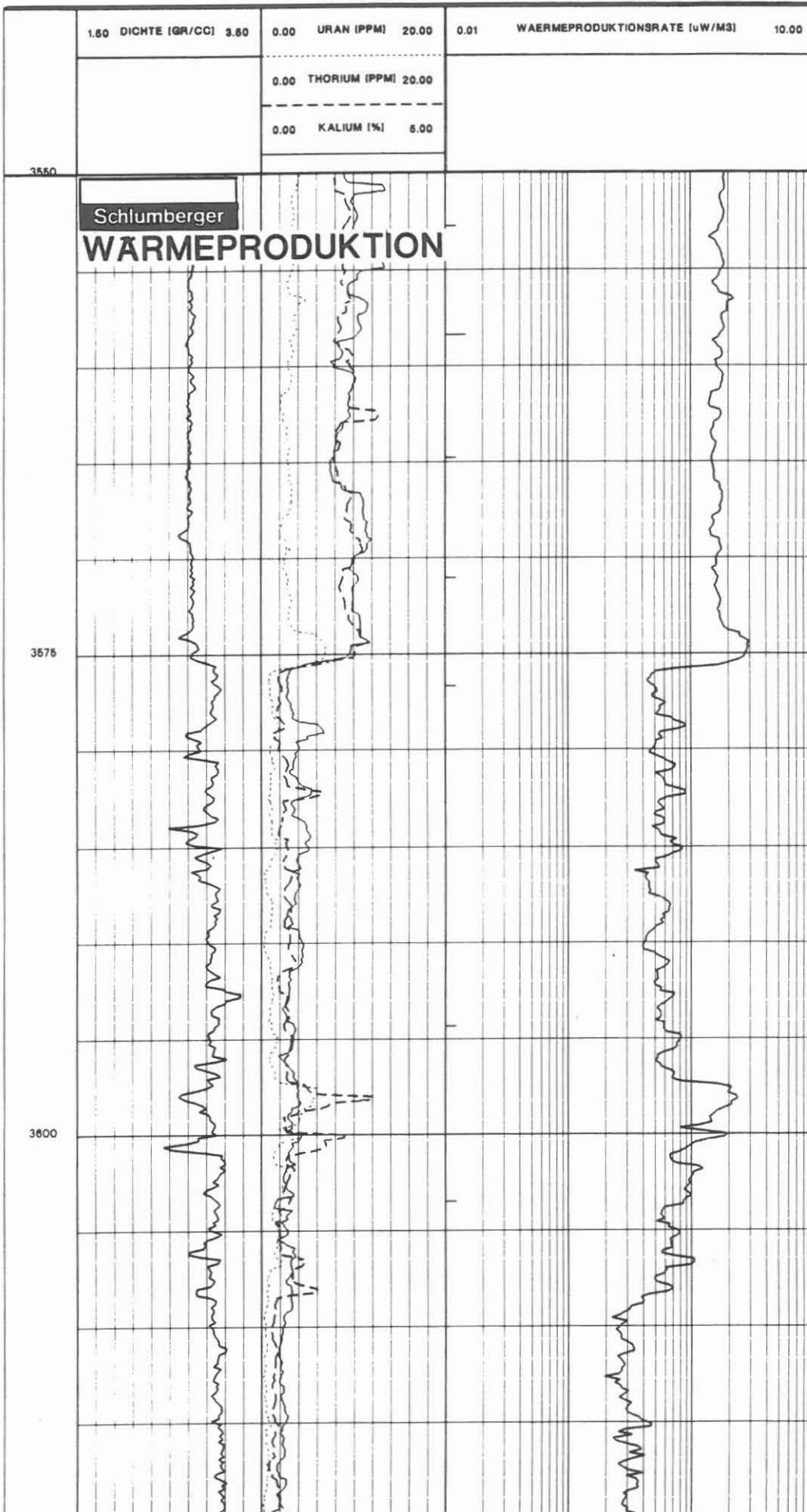
$$H(\mu\text{Wm}^{-3}) = 10^{-5} \text{ RHO } (9,25 \text{ URAN} * 2,56 \text{ THOR} * 3,48 \text{ POT})$$

aus Dichte und natürlicher Gammaskpektrometermessung (Uranium-, Thorium, Kaliumanteil) berechnet und kontinuierlich aufgezeichnet. Die Rate wurde über die Teufe integriert und ergibt somit - bei gleichbleibender Lithologie - einen Produktionswert für das durchteufte Gestein. Teufenmaßstab 1 : 200.

**Programmhinweise:**

Die Formel von Rybach wurde als Berechnungsgrundlage für das Programm verwendet. Die Dichte-, Uranium-, Thorium- und Kaliumwerte wurden von den "normalisierten" Bohrlochmessungen übernommen. Die Integration über die Teufe erfolgt ähnlich wie die Laufzeitintegration der Sonic-Messung.

**Abkürzungen:** -





BOL /Break-out Orientation Log)

**Ausführender:** Schlumberger Verfahren, Rechenzentrum Hannover

<u>Lfd. Nr.</u>	<u>Auswerte- Datum</u>	<u>Messung Nr.</u>	<u>Intervall</u>
VB-A 6	27.10.87	VB-37	KTB-Report 87-4
VB-A 79	20.01.89	VB*-256	480,0 3530,0 m

**Beispiel:**

Auswertung von 2075,0 - 2430,0 m, Abb. 8.11.

**Ziel der Auswertung:**

Bestimmung der Richtung von Bohrlochrandausbrüchen. Daraus kann ein Hinweis auf das existierende Spannungsfeld abgeleitet werden.

**Durchführung:**

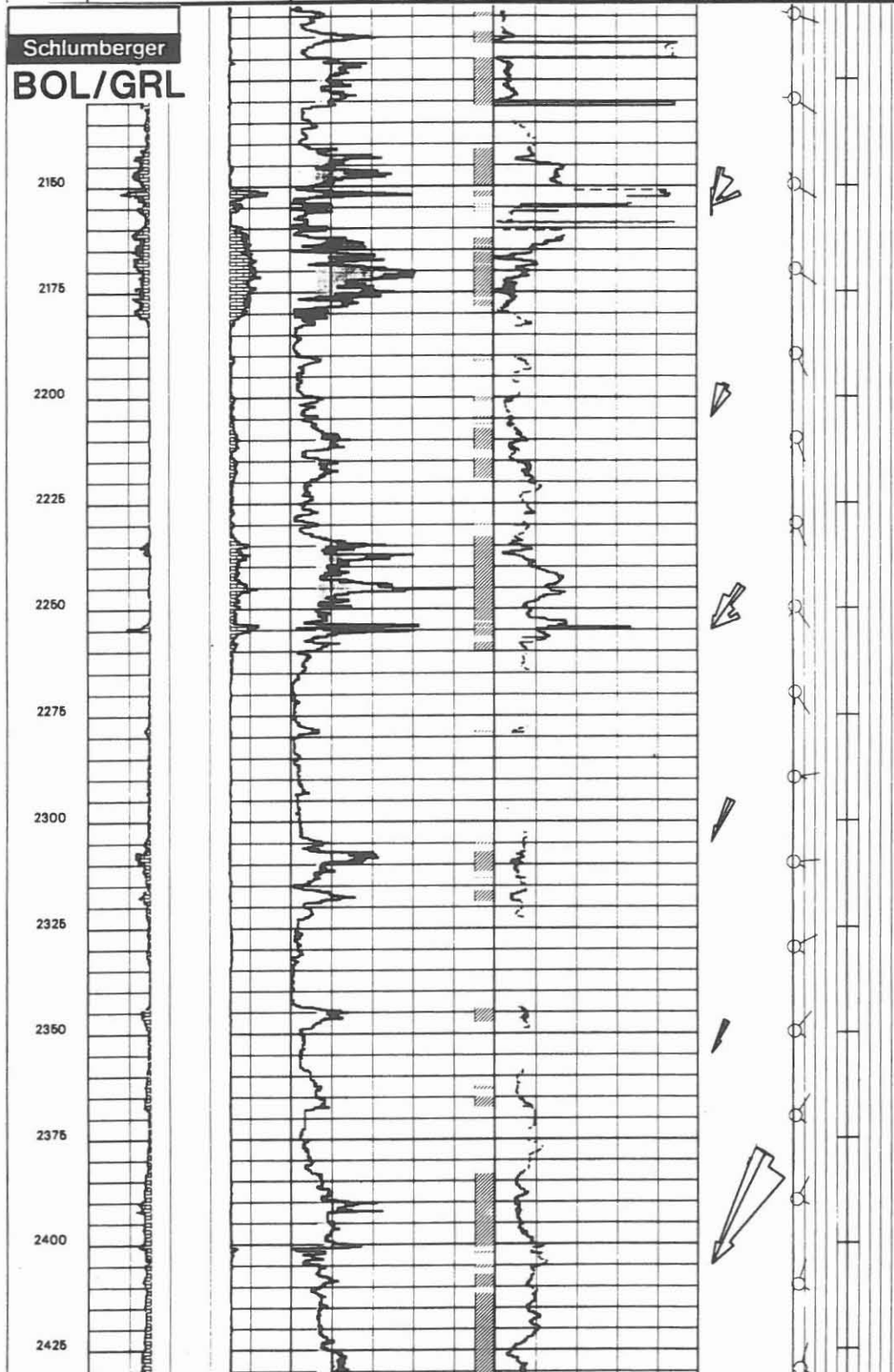
Die orientiert gemessene Vierarm-Kalibermessung des Formation MicroScanners (FMST) oder Borehole Geometry Tools (BGT) wird für die Auswertung verwendet. In kontinuierlicher Form wird durch Differenzbildung zwischen Kaliber 1 - 3 und 2 - 4 die Ovalisierung des Bohrlochquerschnittes und aus dem Azimut und der Position der Referenzelektrode 1 die Richtung der langen Achse bestimmt. Für die Darstellung in der Häufigkeitsrosette werden die ermittelten Richtungswerte in Sequenzen von 10° zusammengefaßt und ihrer Häufigkeit entsprechend aufgetragen. Daraus ist die bevorzugte Richtung sofort ablesbar.

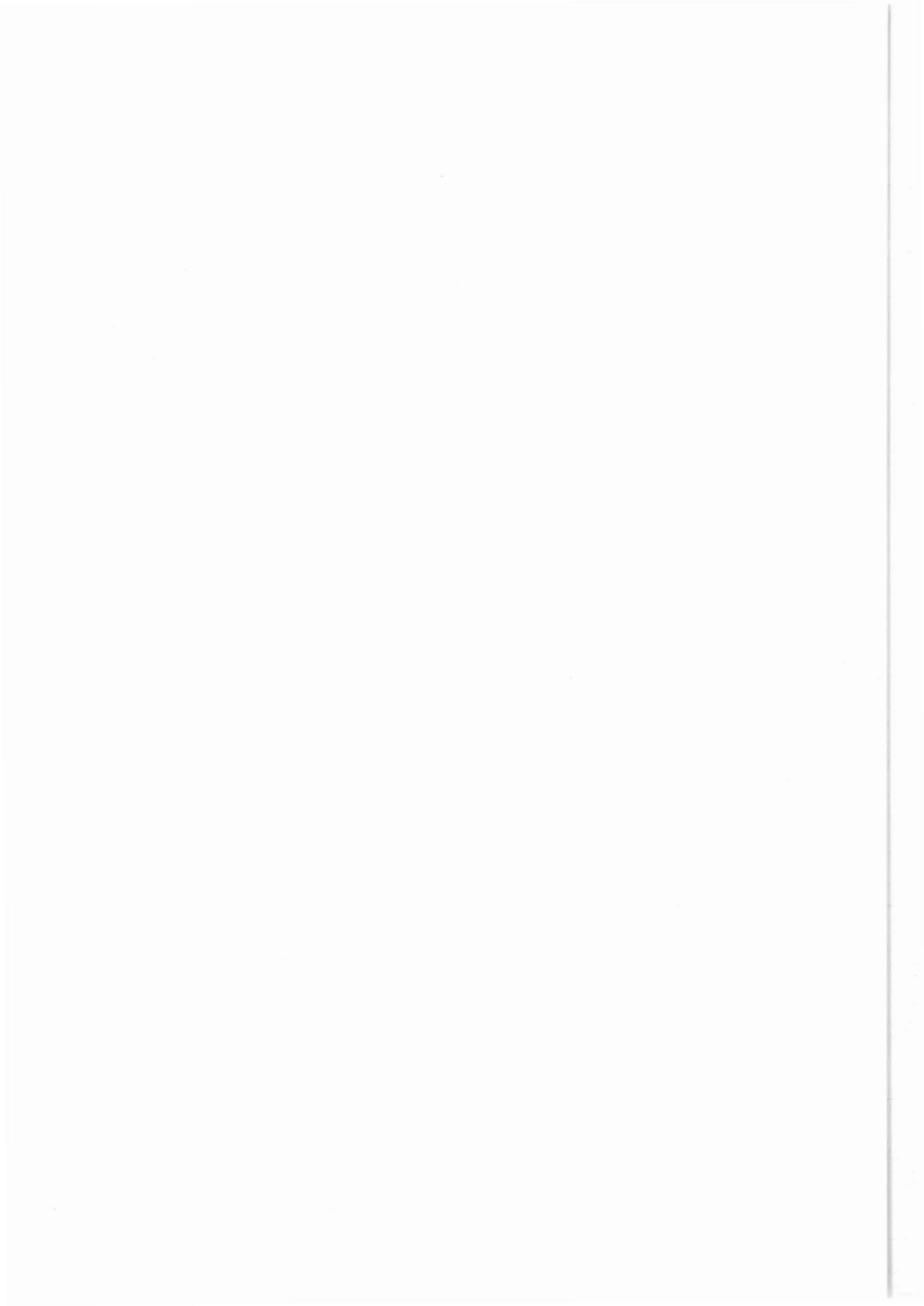
**Programminweise:** -

**Abkürzungen:**

Abb. 8.11.

-15.00	KALIBER 1-3	15.00	AUSBRUCHZONE		Ovallagerungsrichtung		AZIM.FREQU. ROSE	
					0.00	200.00	0.00	1.00
15.00	KALIBER 2-4	-15.00	> OVAL-GRENZWERT		Ausbruchrichtung		DRIFT	
					0.00	200.00	0.00	20.00
MEISSELDURCHM.			KALIBERDIFFERENZ					
15.00	-15.00		0.00	5.00				
MEISSELDURCHM.								
-15.00		15.00						





9. Zwischenberichte der KTB-PL  
Bohrlochgeophysik



## **9 Zwischenberichte der KTB-Projektleitung, Fachbereich Bohrlochmessungen**

In diesem Abschnitt sind die Zwischenberichte und Auswertungen, die von Mitarbeitern der Projektleitung oder in Kooperation mit Kolleginnen und Kollegen des Feldlabors oder von den Universitäten erstellt wurden, zusammengefaßt.

Außerdem werden neue Meßgeräte, die in der Vorbohrung eingesetzt wurden, aber noch nicht vorgestellt worden waren, durch Kurzbeschreibungen erläutert.

### **9.1 Neue Meßgeräte:**

- Mechanical Sidewall Coring Tool (MSCT)
- Guidance Continuous Tool (GCT)
- Slimhole Formation MicroScanner Tool (SFMST)
- Borehole Gravimeter (BHGM)

Der Besprechung des Mechanical Sidewall Coring Tools ist eine Aufstellung der in der Vorbohrung gekernteten Teufen beigelegt (Tabelle 9.1). In Tabelle 9.2 sind die Meßteufen für die Gravimeter-Messung aufgelistet.

### **9.2. Zwischenberichte**

- Kessels W., Kaliberauswertung der in der KTB-Oberpfalz VB bis zum Ende der Bohrarbeiten durchgeführten Kalibermessungen in 25 Meter Bohrlochabschnitten.
- Gatto H., Bücken C., Vergleich der Gesteinsdichte mittels Messungen von Schlumberger (Litho-Density Log) und an Kernen durch das Feldlabor.
- Gatto H., Casten U., Bohrlochgravimetrisch ermittelte Dichte (RHOG) im Vergleich zur Logdichte (RHOB).
- Gatto H., Vergleich der Absorption Thermischer Neutronen gemessen mit den Geräten TDT-P und GLT (Schlumberger) sowie PDK-100 (Western Atlas Wireline Services).
- Gatto H., Vergleich von Messungen dreier gebräuchlicher Bohrloch-Orientierungssysteme.
- Zoth G., Temperaturmessungen nach Abschluß der Bohrarbeiten in der Bohrung KTB-Oberpfalz VB.

Die Anlagen zu diesem Bericht sind unter **Abschnitt 11. Anlagen** eingelegt.

## 9.1 Neue Meßgeräte

### Mechanical Sidewall Coring Tool (MSCT).

Das mechanische Seitenkerngerät von Schlumberger wurde erstmals in der Bohrung anlässlich der sechsten Meßserie (3628,0 - 2950,0 m) am 08.12.1988 mit Erfolg eingesetzt (VB\*-264).

Weitere Einsätze folgten bei der 7. Meßserie (4000,1 - 3550,0 m) am 12.04.1989 (VB\*\*-308) und während der Langzeit Meß- und Testperiode am 20.06.1989 (VB\*\*-341). In 67 Stunden Gesamtzeit waren 92 Kernpositionen angefahren und gekernt worden. Es wurden 78 Kerne gewonnen (84,7 %) und 72 Kerne abgeliefert (77,4 %). Das Resultat kann als ausgezeichnet betrachtet werden.

Eine Zusammenstellung der an das Feldlabor übergebenen Kerne ist in Tabelle 9.1 aufgelistet. Eine detaillierte geologische Beschreibung der gewonnenen Kerne ist im KTB-Report 89-4, Seite G1 - 10 bereits veröffentlicht (C. Röhr).

### Kurzbeschreibung des Seitenkerngerätes.

Die Abmessungen des Gerätes sind:

Außendurchmesser:	5 1/4"	(133 mm)
Gesamtlänge :	30 ft	(9,15 m)
Temperaturgrenze:	300° F	(150 °C)
Druckgrenze :	20.000 psi	(1410 bar)

Kernabmessungen:

Maximale Länge:	2"	(5,1 cm)
Durchmesser :	0,91	(2,3 cm)

Bohrlochdurchmesser:

Maximaler Durchmesser:	12 1/4"	(311 mm)
Minimaler Durchmesser:	6 1/4"	(158,4 mm)
kombinierbar mit :	Gammastrahlenmessung	

### **Technische Anmerkungen:**

Das Gerät besteht aus drei Hauptkomponenten: elektronische Kartusche, hydraulischer Block und Kernaufnehmer. Über die elektronische Kartusche wird die Aussteuerung des Gerätes: Stromversorgung, Funktionsablauf und Datenübertragung nach Übertage, gesteuert.

Der hydraulisch betätigte Stützanker, der hydraulisch betriebene Bohrmotor mit Kippvorrichtung und die hydraulisch gesteuerte Kernausstoßvorrichtung bilden den Hydraulikblock.

Der Kernaufnehmer ist der Sammelbehälter in dem die gebohrten Kerne, getrennt nach Bohrfolge, zwischengelagert werden, bevor sie nach Übertage ausgefahren werden.

Der Bohrmotor mit dem Kernrohr und der Bohrkronen ist in einer Kippvorrichtung eingehängt, die es erlaubt, den Motor um 90° zu kippen und während des Bohrvorganges um ca. 5,0 cm kontrolliert zu bewegen. Damit kann das Bohrwerkzeug in Bohrposition gebracht und nach Abbohren und Brechen des Kernes zurückgefahren und zum Entleeren gekippt werden. Der Motor dreht mit ca. 2000 Umdrehungen/Minute. Die Bohrkronen ist eine Diamantkronen, die das Bohren von ca. 1000 Kernen erlaubt.

### **Die Arbeitsweise des Seitenkerngerätes:**

Das Gerät wird am Kabel an die Kernposition gefahren, wobei die Teufenkorrelation über die kombinierbare Gammastrahlenmessung erfolgt. In Kernteufe wird der Ankerschuh ausgefahren, der das Gerät an die Bohrlochwand preßt. Der Bohrmotor, während der Gerätebewegung im Bohrloch in geräteachsenparalleler Stellung, wird um 90° gekippt und dann gestartet. Über einen von Übertage kontrollierbaren Anpreßdruck wird der Kern gebohrt. Die Bohrzeiten für die Gesteinsarten in der KTB-Vorbohrung lagen zwischen 2 und 8 Minuten. Sollte sich der Kern verklemmen, kann das Kernrohr zurück- und vorgefahren werden. Nach erfolgtem Abbohren der gesamten Vorschublänge - Übertage ablesbar - wird der Kern durch eine leichte Kippbewegung des Kernrohres gebrochen. Eine Kernfangfeder verhindert einen Verlust des Kernes. Das Kernrohr mit Motorblock wird eingefahren und um 90° zum Entleeren gekippt. Mit einer hydraulisch gesteuerten Ausstoßvorrichtung wird der Kern aus dem Kernrohr in den Sammelbehälter gedrückt. Damit ist der eigentliche Kernvorgang an dieser vorgegebenen Teufe abgeschlossen. Das Gerät kann jedoch erst verfahren werden, wenn der Stützanker gelöst ist und wenn der gebohrte Kern identifiziert ist. Während des Einfahrens des Stützankers wird aus einem Behälter eine nummerierte Metallscheibe in das Kernsammelrohr geschoben, die zur Trennung und Identifizierung der Kernfolge dient. Erst hiernach ist das Gerät für den nächsten Kern aus unterschiedlicher Teufe auf-



nahmebereit. Ein Maximum von 20 Kernen kann bei einer Einfahrt gewonnen werden. Bei den 10 Einfahrten in die KTB-Vorbohrung war eine Fahrt voll erfolgreich und zwei Fahrten brachten 17 bzw. 15 Kerne.

Der Ablauf des Bohrvorganges ist von Übertage voll kontrollierbar. Bohrfortschritt, Anpreßdruck, Drehzahl, hydraulische Drucke werden in Echtzeit analog auf Film und digital auf Band aufgezeichnet. Diese Daten ergänzen die Identifizierung der Kerne.

**Tabelle 9.1**

Folgende Seitenkerne wurden in mehreren Einfahrten gewonnen.

<b>Teufe (m)</b>	<b>Kernlänge (cm)</b>	<b>Kurzbeschreibung der Gesteinsart (Feldlabor: Keyssner, Röhr)</b>
3999,8	3,5 i.T.	Quarz, Epidot, graphitbelegt
3997,0	2,0	Amphibolit
3996,0	2,8	Quarz-Feldspat mit Chlorit
3988,5	5,0 i.T.	Amphibolit mit Mobilisat
3987,3	4,0	Amphibolit
3982,0	4,7	Amphibolit
3974,5	4,5	Metagabbro, Amphibolit
3972,0	4,3	Metagabbro
3950,1	4,3	Quarz-Feldspat
3932,0	3,2	Granat-Amphibolit
3930,0	4,4	Biotit-Amphibolit
3916,3	4,2	Amphibolit
3885,0	4,4	Amphibolit
3871,0 (1)	Bruchstücke	Amphibolit - Epidot
3871,0 (2)	5,2	Amphibolit - Epidot
3847,5 (1)	Bruchstücke	Amphibolit - epidotreich
3847,5 (2)	4,7	Biotit - Gneis
3816,8 (1)	Bruchstücke	Amphibolit
3816,8 (2)	4,6	Granat - Amphibolit
3811,0 (1)	3,5	Amphibolit - Metagabbro
3811,0 (2)	4,3	Amphibolit
3804,0 (1)	4,5	Metagabbro
3804,0 (2)	3,3	Metagabbro

3787,8	4,2	Metagabbro bis Amphibolit
3783,0	4,7	Metagabbro
3781,0	Bruchstücke	Quarz -Feldspat, Gneis
3659,7	5,0 i.T.	Granat - Amphibolit
3659,2	5,0 i.T.	Amphibolit
3658,7	5,0 i.T.	Amphibolit
3579,0 (1)	5,0 i.T.	Amphibolit
3579,0 (2)	4,8 i.T.	Amphibolit
3164,0	Bruchstücke	Biotit - Gneis
2872,5	4,3 i.T.	Biotit - Gneis
2848,0	4,7 i.T.	Biotit - Gneis
2692,5	4,2 i.T.	Biotit - Gneis
2688,0	4,0	Biotit - Amphibolit, titanitreich
2685,6	Bruchstücke	Amphibolit
2680,0	5,0 i.T.	Amphibolit
2677,7	4,6	Amphibolit
2672,3	4,8	Amphibolit
2664,5	5,1 i.T.	Amphibolit
2661,5	5,0 i.T.	Amphibolit
2659,0	4,5	Amphibolit mit Quarzlagen
2655,0 (1)	4,8 i.T.	Amphibolit
2655,0 (2)	3,5	Amphibolit - Metagabbro
2648,0 (1)	3,7	Amphibolit - Gneislagen
2648,0 (2)	3,0 i.T.	Amphibolit
2642,0	4,8	Hornblende - Gneis

2638,0	4,0	Amphibolit
1798,5	5,0 i.T.	Biotit - Gneis
1792,8 (1)	4,6 i.T.	Biotit - Gneis
1792,8 (2)	5,1 i.T.	Biotit - Gneis
1782,5	4,5	Biotit - Gneis
1782,0	4,3	Biotit - Gneis
1780,8	3,2	Biotit - Gneis, mit Granat
1765,0	5,2 i.T.	Biotit - Gneis
1752,5	4,7	Granat - Biotit - Gneis
1735,8 (1)	Bruchstücke	Biotit - Gneis, alteriert
1735,8 (2)	Bruchstücke	Biotit - Gneis, alteriert
1712,0	3,6	Zement
1696,3	3,8	Biotit - Gneis/Zement
1216,8	3,8	Granat - Biotit - Gneis
1176,3	4,9	Hornblende - Gneis
1161,0	5,0 i.T.	Metagabbro
1160,5	3,8	Biotit - Gneis
1160,0	3,8	Gneis, kataklastisch
1159,5 (1)	Bruchstücke	Gneis, kataklastisch
1159,5 (2)	4,3	Biotit - Gneis, kataklastisch
1130,0 (1)	4,5	Biotit - Gneis
1130,0 (2)	Bruchstücke	Biotit - Gneis
1115,0	4,5	Biotit - Gneis
1006,0	4,2	Biotit - Gneis

(1) (2) Kerne wurden in gleicher Teufe wiederholt  
i.T. in Teilstücken

### **Guidance Continuous Tool (GCT)**

Dies ist das Kreiselkompaßgerät der Firma Schlumberger. Das Gerät besteht aus einem Ankersystem, um bei stationären Verhältnissen die Kalibration durchführen zu können, einer elektronischen Kartusche zur Aussteuerung des Systems und der kardanischn gelagerten Kreiseleinheit.

Der Kreisel ist eine Schwungscheibe, die sich mit hoher Geschwindigkeit dreht und deshalb mit ihrer Achse in einer bestimmten Richtung konstant bleibt. Sollten auf diese Masse externe Kräfte einwirken (Erdrotation), so reagiert das System entsprechend dieser Drehkraft mit einer Präzession. Die Präzessionsgeschwindigkeit kann gemessen werden. Diese Geschwindigkeit ist proportional der Erdrotationskomponente, die auf die Kreiselachse wirkt und ist deshalb abhängig vom Winkel zwischen Nord und der Position der Kreiselachse. Die Bestimmung der Präzessionsbewegung erlaubt deshalb die Nordortung. Zwei orthogonal angeordnete Beschleunigungsmesser (Accelerometer) messen 2 orthogonale Komponenten der Erdschwere. Damit wird der Kreisel horizontal und nach Norden ausgerichtet gehalten.

Die Messung selbst wird nach einer stationären Kalibration sowohl im Hängen als auch im Auffahren registriert. Beide Läufe sollen einen vorgegebenen Wert einer Drift nicht überschreiten. Die Meßgeschwindigkeit ist 3000 m/h, soll aber im vertikalen Teil einer Bohrung 1000 m/h nicht überschreiten.

Die Berechnung des Azimuts, der Neigung, der horizontalen und vertikalen Abweichung, der Dogleg Severity und der Seigerteufe erfolgt aus Mittelwerten beider Fahrten. Die Daten können in jeder Teufenabfolge aufgelistet werden.

Diese Messung wird bevorzugt im verrohrten Bohrloch gefahren. Bei KTB wurde im offenen Bohrloch gemessen.

Ein Vergleich dieser Messung mit magnetischen Systemen ist in diesem KTB-Report im selben Abschnitt.

### **Slimhole Formation MicroScanner Tool (SFMST)**

Für das Ocean Drilling Project (ODP) hat Schlumberger eine verkleinerte Version des Formation MicroScanner Tools gebaut. Bei ODP muß mit diesem Gerät durch 5" Gestänge gefahren werden. Dieses neue Gerät hat einen Außendurchmesser 3 5/8" (92 mm). Die 16 Elektroden auf den Elektrodenträgern sind verkleinert und individuell isoliert. Dadurch wird die Fokussierung erhöht und die Auflösungsgenauigkeit verbessert.

KTB hat dieses Gerät im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit für ODP am 13.12.1988 in der Vorbohrung getestet. Der Test verlief störungsfrei.

### **Borehole Gravimeter (BHGM)**

Das Bohrlochgravimeter der Firma Exploration Data Consultants, Inc. (EDCON), Denver, USA, nutzt die Schwerkraft mit der Bewegung einer federaufgehängten Massenwaage. Das Meßsystem dieser Federwaage wird von der Firma LaCoste & Romberg, Austin, USA erzeugt und von EDCON in eine Bohrlochsonde eingebaut.

Aus dem korrigierten Schwerkraftgradienten kann die scheinbare Gesteinsdichte berechnet werden.

Die Eindringtiefe entspricht etwa dem fünffachen Abstand zwischen den Meßstationen und kann somit einige hundert Meter betragen. Die gemessene scheinbare Dichte entspricht dem Durchschnittswert dieses Gesteinsvolumen.

Aus den Ergebnissen dieser Messungen können Dichteverteilungs- und Porositätsmodelle in der weiteren Umgebung abgeleitet werden.

Geräteabmessungen: (Hochtemperatur Version)

Außendurchmesser : 5 1/4" (133 mm)  
Gesamtlänge : 10,90 m  
Temperaturgrenze : 260 °C  
Druckgrenze : 20.000 psi (1410 bar)  
Meßgenauigkeit  
im Bohrloch : ca. 10 ugal

Geräteabmessungen: (Standard Version)

Außendurchmesser : 4 1/4" (108 mm)  
Temperaturgrenze : 115 °C  
Druckgrenze : 12.000 psi (840 bar)

Beide Geräte sind mit der Gammastrahlenmessung kombinierbar.

Folgende Teufenpunkte wurden in der Bohrung KTB-Oberpfalz VB 1b angefahren und gemessen.

**Tabelle 9.2.**

3850,0	2550,0	1150,0
3825,0	2525,0	1125,0
3775,0	2500,0	1100,0
3725,0	2475,0	1075,0
3675,0	2450,0	1025,0
3625,0	2425,0	975,0
3585,0 (3x)	2375,0	925,0
3580,0 (3x)	2325,0	875,0
3575,0 (3x)	2275,0	825,0
3570,0 (3x)	2225,0	775,0
3565,0 (3x)	2175,0	725,0
3560,0 (3x)	2125,0	675,0
3555,0 (3x)	2075,0	625,0
3525,0	2025,0	600,0
3475,0	1975,0	575,0
3425,0	1925,0	550,0
3375,0	1875,0	525,0
3325,0	1825,0	500,0
3275,0	1775,0	475,0
3225,0	1725,0	425,0
3175,0	1675,0	375,0
3125,0	1650,0	350,0
3075,0	1625,0	325,0
3025,0	1600,0	300,0
2975,0	1575,0	275,0
2925,0	1550,0	225,0
2875,0	1525,0	175,0
2825,0	1475,0	125,0
2775,0	1425,0	75,0
2725,0	1375,0	25,0
2700,0	1325,0	
2675,0	1275,0	
2650,0	1225,0	
2625,0	1200,0	
2600,0	1175,0	
2575,0		

Dies ergibt eine Gesamtzahl von 118 Stationen. Die Meßabstände waren 50 Meter, an Schichtgrenzen auf 25 bzw. 5 Meter reduziert, um die Auflösung zu verbessern.

Dank der guten Zusammenarbeit der EDCON-Mannschaft und dem Personal der Dauermeßstation verlief die Messung problemlos.

## 9.2 Zwischenberichte

---

KTB Report 90-1

4 Abb.

Hannover 1990

---

**KALIBERAUSWERTUNG DER IN DER KTB-OBERPFALZ VB  
BIS ZUM ENDE DER BOHRARBEITEN  
DURCHGEFÜHRTEN KALIBERMESSUNGEN IN 25 M BOHRLOCHABSCHNITTEN**

W. KESSELS

### ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht ist gleichlautend mit einer dokumentarischen Darstellung der Auswertung der in der KTB Vorbohrung während der Bohrarbeiten durchgeführten Kalibermessungen (NLfB-Archivbericht KESSELS 1989 b). Da der Umfang der systematischen Darstellung aller Auswertungsergebnisse zu groß ist für eine Veröffentlichung im KTB Report, sind hier nur ausgewählte Teufenbereiche aufgeführt. Ausgewertet wurden die Messungen in 25 m-Bohrlochintervallen bis zu einer Teufe von 3000 m. Dargestellt werden die Ausbruchorientierung, die Elliptizität der Bohrung, die Rauigkeit der Bohrlochwand und das mittlere Kaliber in ihren zeitlichen Abhängigkeiten.

Die geschlossene Darstellung der Ergebnisse aller 25 m-Abschnitte im NLfB Archivbericht dient in erster Linie der Dokumentation und soll so für entsprechende geowissenschaftliche und bohrtechnische Fragestellungen der am KTB Projekt beteiligten Wissenschaftler hilfreich sein. Auf eine entsprechende Auswertung des Teufenbereiches unterhalb 3000 m wurde aufgrund nur schwacher zeitlicher Änderung der Bohrlochgeometrie verzichtet.



## **ABSTRACT**

This report documents an evaluation of the caliper logs run in the KTB borehole during drilling (NLfB archive report; KESSELS 1989 b). To report the procedure of the evaluation, for space reasons, only examples from selected zones are presented in this KTB-Report. The measurements were evaluated in 25 m sections down to 3000 m depth. The direction of elongation, borehole ellipticity, wall roughness and mean hole diameter are displayed as functions of time.

The complete report in the NLfB archive covers all 25 m sections and is primarily designed as project documentation ready to be accessed by scientists involved in the KTB wishing to resolve geoscientific and drilling engineering questions. No attempt was made to employ a similar evaluation method on depth sections below 3000 m due to the minimal changes of the borehole geometry over times.

---

Anschrift des Autors: Niedersächsisches Landesamt für Bodenfor-  
schung, Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik  
Deutschland, Projektleitung, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51.

## 1 EINLEITUNG

In der KTB-Vorbohrung wurden bis zur Endteufe 74 Kalibermessungen durchgeführt. Mit diesen Messungen war eine intensive Beobachtung der zeitlichen Veränderung der Bohrlochgeometrie möglich, die als bisher einmalig zu betrachten ist. Ausgewertet wurden alle Kaliberkurven in 25 m-Abschnitten bis zu einer Teufe von 3000 m.

Auf eine Darstellung des Teufenabschnittes von 3000 - 4000 m wurde verzichtet, da hier nur so kleine Kaliberänderungen zu verzeichnen waren, daß eine Darstellung nicht gerechtfertigt erschien.

Eine genaue Beschreibung der statistischen Auswertung der 25 m-Intervalle mit einer ersten Interpretation findet sich bei KESSELS 1989. Da dieser Bericht in erster Linie der Dokumentation dient, wird auf eine Interpretation weitgehend verzichtet und nur kurz auf besondere Charakteristika der dargestellten Kurvenverläufe hingewiesen, was im Kapitel 3 erfolgt.

Eine Unterscheidung der verschiedenen Bruchursachen, die zu einer Bohrlocherweiterung führen, wird hier nicht versucht. Der Begriff Bruch (z.B. in Ausbruchsorientierung) wurde hier als Oberbegriff für alle im wesentlichen mechanisch verursachten Versagensfälle des Gesteins benutzt. Chemische Ursachen werden dabei sicher in vielen Fällen mitwirken.

Eine Beschränkung des Begriffes Bruch nur auf ein Versagen des Gesteinsverbandes durch die Gebirgsspannung erscheint dem Autor als zu sehr einschränkend. Insbesondere die Kalibermessungen dokumentieren, daß immer eine Vielzahl von Ursachen gekoppelt betrachtet werden muß, um einen Versagensfall in der Bohrlochwand zu erklären (ZANDER-SCHIEBENHÖFER et al., 1988; KESSELS 1987).

Im nächsten Kapitel wird noch einmal kurz auf die Berechnungsverfahren der hier dargestellten, aus dem Kaliberlog gewonnenen statistischen Parameter eingegangen.

## 2 BERECHNUNGSVERFAHREN

Ausgewertet wurden Vierarmkalibermessungen mit einem Kalibermeßgerät der Firma Schlumberger, wobei ca. alle 15 cm über die Spreizung jeweils zweier gegenüberliegender Kaliberarme 2 Kaliberwerte bestimmt wurden. Zu jedem Meßpunkt werden des weiteren die räumliche Lage des Bohrloches und des Kalibergerätes im Bohrloch mit einem Orientierungssystem bestimmt. Bezogen werden diese Messungen auf die magnetische Nordorientierung, die mit einem Kompaßsystem ermittelt wird. Aus diesen Orientierungswerten kann dann auch der Winkel bezüglich der Nordrichtung ermittelt werden, den der Kaliberarm besitzt, der den größten Kaliberwert anzeigt. Dieser Winkel ist im folgenden mit Ausbruchsorientierung bezeichnet worden.

Das Verhältnis des minimalen Kaliberwertes zum maximalen Kaliberwert ist ein Maß für die Unrundheit der Bohrung bzw. die Elliptizität.

Die Definition einer Rauigkeit zur Beschreibung der Bohrlochoberfläche ist selbstverständlich nur sinnvoll, wenn man mehrere Kalibermessungen in aufeinanderfolgenden Meßstufen betrachtet.

Weitere Erläuterungen zur mittleren Bestimmung der Parameter in einem Bohrlochabschnitt finden sich in den folgenden Unterabschnitten.

### **2.1 Die mittlere Ausbruchsorientierung**

Um die mittlere Ausbruchsorientierung für ein Teufenintervall statistisch zu bestimmen, muß eine Häufigkeitsverteilung des Auftretens der einzelnen Ausbruchsorientierungen bestimmt werden. Die einzelne Messung wurde dabei mit der Elliptizität ( $1 - C_{MIN}/C_{MAX}$ ) gewichtet. Das heißt, eine Messung in einem kreisrunden Bohrloch bringt keinen Beitrag zur Häufigkeitsverteilung. Da nur die Kaliberarmspreizung gemessen wird, wurde der Wertebereich der Ausbruchsorientierung auf den Bereich zwischen 0 und 180° beschränkt. Bevor nun aber der Mittelwert dieser Häufigkeitsverteilung als mittlere Ausbruchsorientierung für den gesamten Bohrlochabschnitt bestimmt werden kann, muß nun der 180°-Wertebereich der Häufigkeitsverteilung so verschoben werden, daß die Häufigkeitsverteilung zentriert ist. Dies kann man sich am leichtesten an einer Auswertung der Ausbruchsorientierung verdeutlichen, wenn man davon ausgeht, daß alle Werte der Ausbruchsorientierung um die Nordrichtung schwanken. Dies hätte zur Folge, daß bei Nichtzentrierung als mittlerer Wert die Ost-West-Richtung als mittlere Ausbruchsorientierung berechnet würde. Der zentrierte Wertebereich liegt aber zwischen -90° und +90°, so daß dann der Mittelwert mit der Nordrichtung übereinstimmt.

Die so ermittelte Ausbruchsorientierung ist im oberen Diagramm der Auswertung eines jeden 25 m-Abschnittes dargestellt.

### **2.2 Der Ovalisierungsparameter**

Für Bohrlochstabilitätsbetrachtungen ist von großer Bedeutung, ob das Bohrloch eine elliptische Form hat und wie stark diese Elliptizität ist. Insbesondere für eine Bewertung der Ausbruchsorientierung ist dies von Bedeutung, denn in einem nur schwach elliptischen Bohrloch kann auch nur schwer bzw. mit großer Ungenauigkeit eine Ausbruchsorientierung bestimmt werden. Als Ovalisierungsparameter für den gesamten Bohrlochabschnitt ( $C_{MIN}/C_{MAX}$ ) ist im zweiten Diagramm der Mittelwert aller Ovalisierungen der Einzelmessungen aufgetragen.

Ist der ermittelte Wert nahe bei 1, so bedeutet dies, daß ein entsprechend kreisrundes Bohrloch vorliegt.

### **2.3 Die Bestimmung der Rauigkeit**

Zur Ermittlung der Ursachen einer Bohrlocherweiterung ist es oft nützlich zu wissen, welche Oberflächenbeschaffenheit das Bohrloch besitzt. Zur Beschreibung dieser Oberflächenbeschaffenheit hat sich ein Rauigkeitsparameter als sinnvoll erwiesen, der aus dem Gradienten aufeinanderfolgender Kalibermessungen ermittelt wurde. Hierzu sind die Kalibermeßwerte vor der Rauigkeitsberechnung in minimale und maximale Kaliberwerte für jede Meßteufe sortiert und dann jeweils die Beträge der Gradienten der aufeinanderfolgenden Kalibermessungen gebildet worden. Der Mittelwert des Gradienten über dem betrachteten Bohrlochabschnitt wurde dann als Rauigkeitsparameter definiert und ist jeweils im dritten Diagramm aufgezeichnet.

### **2.4 Das mittlere Kaliber**

Das mittlere Kaliber ist in seiner zeitlichen Abhängigkeit sicher der bedeutendste Parameter zur Beurteilung, wie instabil sich ein Bohrlochabschnitt verhält.

Seine Berechnung ist sehr einfach und hat sich aus dem arithmetischen Mittelwert aller Kalibermeßwerte des betrachteten Bohrlochabschnittes ergeben. Die Zeitabhängigkeit des mittleren Kalibers ist im untersten Diagramm eines jeden Darstellungsblattes für jeden 25 m-Abschnitt zu finden.

## **3 BESONDERHEITEN UND GENERELLE BEMERKUNGEN ZU DEN ERMITTELTEN KURVENVERLÄUFEN**

Generell zeigt sich in allen Kurvenverläufen, daß seit dem 240. Tag nach Bohrbeginn die KTB-Vorbohrung sich in allen Abschnitten sehr stabil verhalten hat. Als wesentlichste Ursache hierfür dürfte dabei eine Veränderung der Spülung sein, die ab diesem Zeitpunkt mit einem wesentlich höheren Anteil des Spülungszusatzes Dehydrill-HT versehen wurde (KESSELS 1989 a). Deutlich wird dies an den geringen zeitlichen Änderungen praktisch aller Kurvenverläufe, ausgenommen der Ausbruchorientierung in den weitgehend kaliberhaltigen Bereichen. Die Schwankungen der vier aus den Kaliber ermittelten Kenngrößen geben einen Hinweis auf die Fehlergrößen, mit denen die aus der Kalibermessung ermittelten Kenngrößen behaftet sind. Bei der Vielzahl der Messungen ergibt sich hieraus eine relativ sichere Fehlerabschätzung, ohne daß alle Fehlereinflüsse im einzelnen genau bekannt sein müssen. Für eine detailliertere Fehlerdiskussion, die hier nicht durchgeführt werden kann, sollten die folgenden Einflüsse berücksichtigt werden:

- nicht genau reproduzierbare Lage der Sonde in der Bohrung von Messung zu Messung,
- Unsicherheiten in der Kalibrierung vor jeder Messung,
- elektrische und elektronische Meßfehler,
- unterschiedliche Fahr- und Spülungsbedingungen,
- Gerätewechsel (auch bei gleichem Gerätetyp).

Daß die auftretenden Fehler so relativ klein sind, ist insbesondere dem statistischen Charakter vieler Fehler zu verdanken. Durch die Mittelung aus der Vielzahl von Meßpunkten in jedem 25 m-Intervall wird hier der Fehler der Mittelwerte kleiner als der Fehler der Einzelmessung. Die systematischen Fehler bleiben selbstverständlich erhalten, was dazu führt, daß z.B. ein zu kleiner bzw. zu großer Kaliberwert in vielen Fällen als Peak in allen 25 m-Abschnitten des Bohrloches in Erscheinung tritt. Generell konnte allerdings festgestellt werden, daß die ermittelten Fehler sich als wesentlich kleiner ergeben haben, als dies bei Beginn der Messungen erwartet wurde.

Im Teufenbereich von 500 - 525 m (Abb. 1) ergab sich in Abweichung von den anderen Teufenbereichen nicht nur eine Stabilisierung des mittleren Durchmessers, sondern sogar eine Verringerung, was durch Anlagerung aus der Spülung erklärt werden kann. Hierfür spricht u.a. auch, daß die Rauigkeit parallel mit der Abnahme des mittleren Durchmessers abgenommen hat.

Generell kann weiterhin festgestellt werden, daß die Ovalisierung während des gesamten Bohrprozesses in fast allen Bohrlochabschnitten ständig zugenommen hat, was am abfallenden CMIN/CMAX-Verhältnis deutlich wird. Ausnahmen bilden hier nur einige Bereiche, wo durch technische Maßnahmen der Bohrung eine Ovalisierung aufgezwungen wurde, die den Einspannverhältnissen der Verrohrung in der Bohrung nicht gerecht wurde.

Die Rauigkeit der Bohrlochwand nimmt ebenfalls bis zum 240. Tag in Korrelation mit dem mittleren Durchmesser zu und bleibt danach praktisch konstant bzw. verringert sich in einigen Bereichen minimal.

Für die Darstellung der Ausbruchorientierung wurde der 180°-Wertebereich so gewählt, daß die mittlere Abweichung der Ausbruchorientierung vom Mittelwert minimal wurde. Hierdurch ergab sich für alle Teufenbereiche eine unterschiedliche Skalierung der Diagramme, wobei 0 bzw. 180° die Nord-Süd-Richtung ist. Wie üblich, wurden die Winkelwerte rechtsdrehend, von Nord aus, positiv gewählt. Als Kriterium für die Zuverlässigkeit der Ausbruchorientierungsbestimmung kann das Verhältnis CMIN/CMAX benutzt werden. Es zeigt sich deutlich, wenn dieses Verhältnis nahe 1 ist, daß die Schwankungen der Ausbruchorientierung zwischen verschiedenen Messungen sehr groß werden. Besonders deutlich wird dies z.B. in den Tiefen zwischen 2500 m bis 2675 m und ab 2750 m (Abb. 2). Selbstverständlich kann hier bei einem mehr oder weniger kreisrunden Bohrloch keine Richtung der großen Halbachse des Bohrlochquerschnittes bestimmt werden. In mehreren Teufenbereichen zeigte sich, daß sich die Bestimmung der Ausbruchorientierung sofort stabilisierte, nachdem durch Bohrlocherweiterungen ein Bohrlochquerschnitt mit Vorzugsrichtung entstanden war (z.B. 750 m - 725 m oder 2100 m - 2125 m) (Abb. 3).

In den meisten Bohrlochabschnitten, in denen ein Bohrlochquerschnitt mit Vorzugsrichtung vorlag, zeigte sich, daß die Ausbruchrichtung auch mit zunehmender Ovalisierung erhalten blieb.

Einige wenige Teufenbereiche zeigen auch eine langfristige Änderung der Ausbruchorientierung mit der Zeit (z.B. 1150 m - 1175 m; 1625 m - 1650 m) (siehe auch Abb. 4). In den meisten dieser Teufenbereiche wurden zeitweise besondere technische Maßnahmen (Richtbohrarbeiten usw.) durchgeführt, so daß hier eine Ausbruchorientierung vorgegeben wurde, die nicht optimal zum Gesamtsystem, Bohrlochverlauf, Einfallen der Foliation, vielleicht auch Spannungsbedingungen usw. paßt.

#### LITERATUR

- KESSELS, W. (1987): Das Spannungsfeld der Erdkruste und seine Wirkung auf eine übertiefe Bohrung. In: HÄNEL, R. und SCHOPPER, J.R. (ed.), KTB-Report 87-2: Grundlagenforschung und Bohrlochgeophysik, 183-208, NLFb, Hannover
- KESSELS, W. (1988): Untersuchungen zur Stabilisierbarkeit einer übertiefen Bohrung. In: EMMERMAN, R. und GIESE, P., KTB-Report 88-10, NLFb, Hannover
- KESSELS, W. (1988): Fehlerbetrachtung zur Bestimmung von Bohrlochorientierung und Orientierung der Kalibermesssonde mit einer Pendelanordnung. In: KEHRER, P., KESSELS, W., KTB-Report 88-11, NLFb, Hannover
- KESSELS, W. (1989 a): Observation and interpretation of time-dependent behaviour of borehole stability in the Continental Deep Drilling pilot borehole. Rock at great Depth, Pau, France.
- KESSELS, W., (1989 b): Kaliberauswertung der in der KTB-Oberpfalz VB bis zum Ende der Bohrarbeiten durchgeführten Kalibermessungen in 25 m Bohrlochabschnitten. NLFb Archivbericht, Archiv-Nr. 105 602, NLFb, Hannover.
- ZANDER-SCHIEBENHÖFER, D., ROKAHR, R.B., LUX, K.H. (1988): Projektbezogene numerische Berechnungen zur Bohrlochstand-sicherheit der Bohrungen des KTB. In: KEHRER, P., KESSELS, W., KTB-Report 88-11, NLFb, Hannover

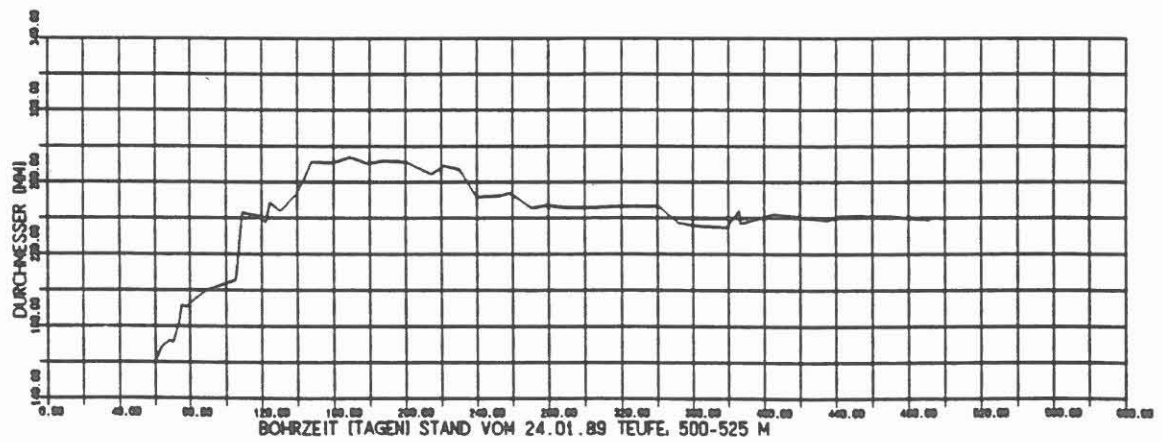
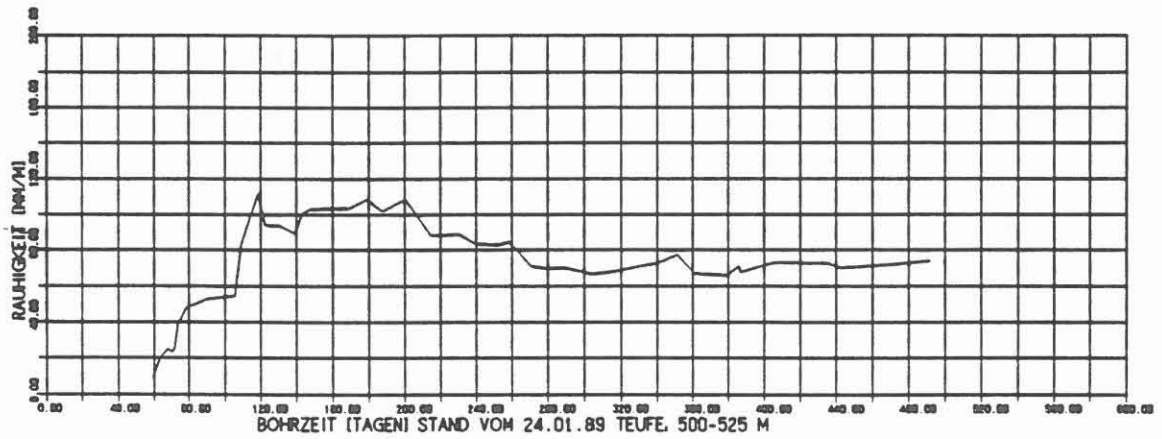
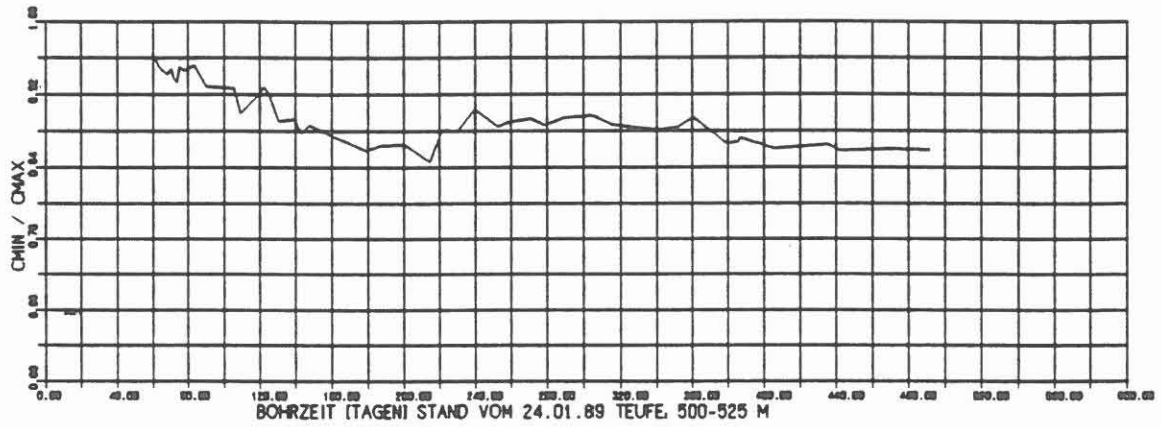
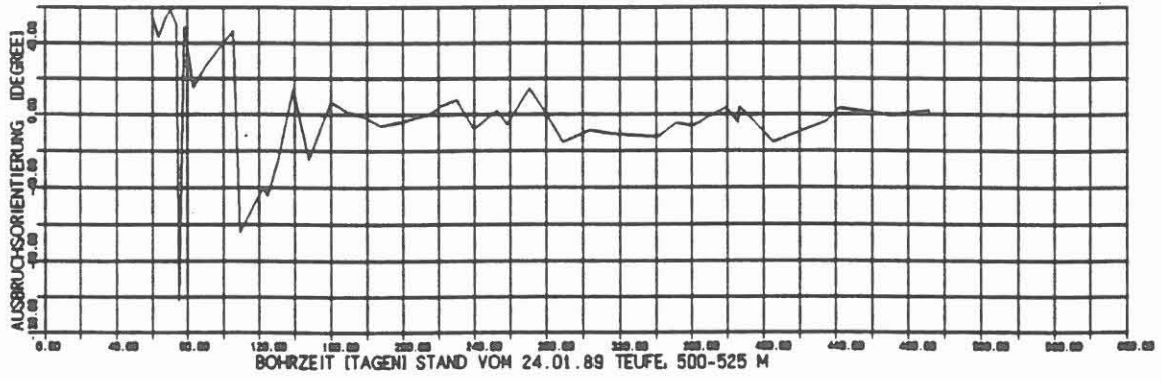


Abb. 1: Zeitabhängigkeitsstatistische Parameter aus den Kalibermessungen, ausgeführt in der KTB-Oberpfalz-VB im Teufenbereich 500 m - 525 m.

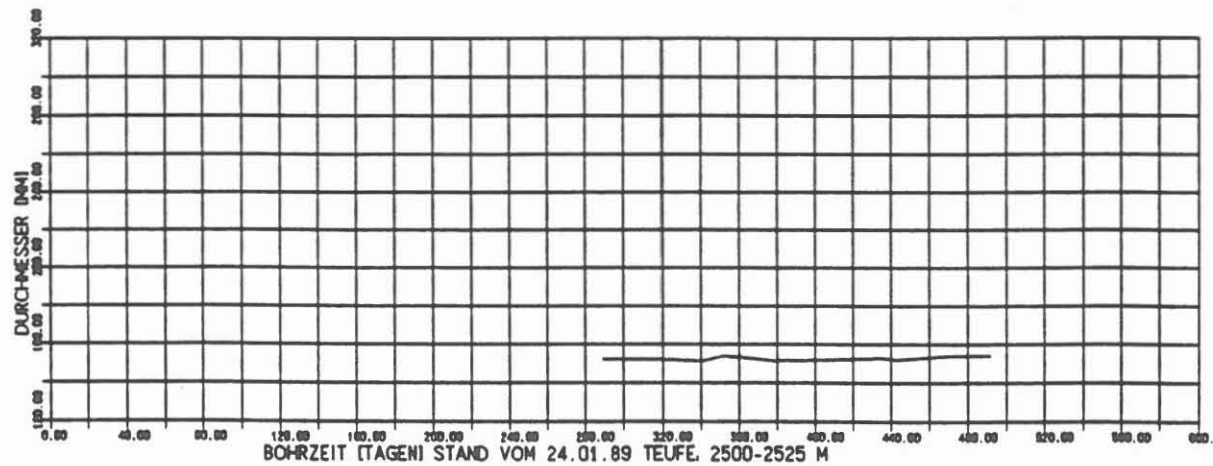
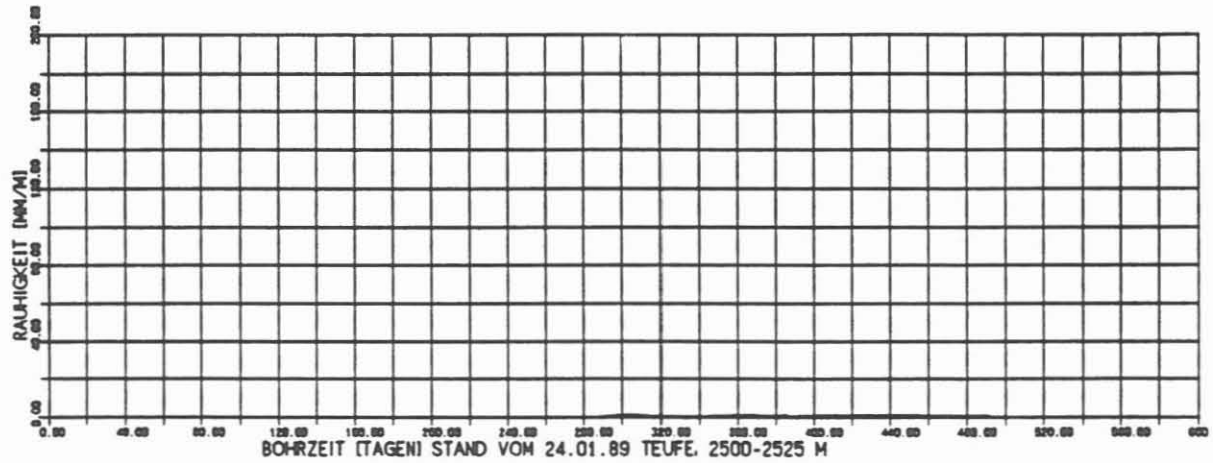
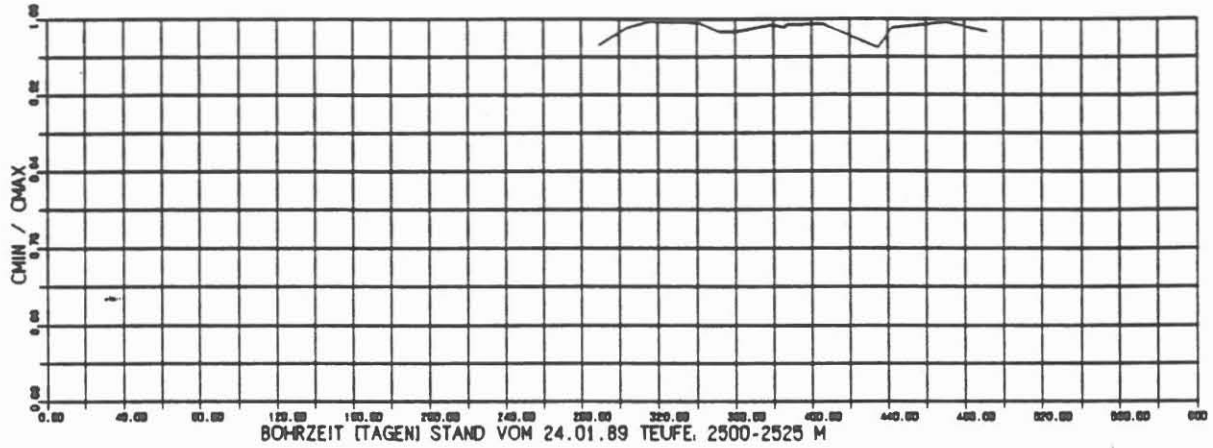
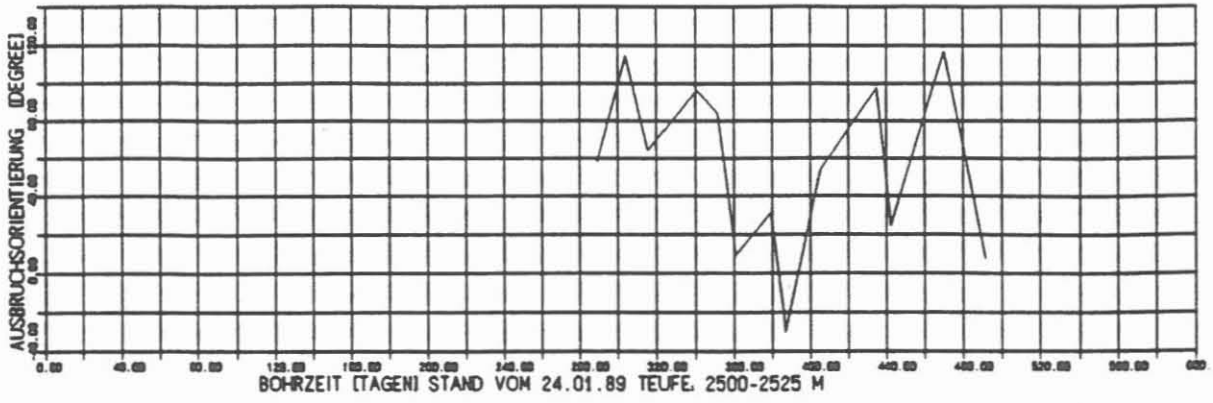


Abb. 2: Zeitabhängigkeitsstatistische Parameter aus den Kalibermessungen, ausgeführt in der KTB-Oberpfalz-VB im Teufenbereich 2500 m - 2525 m.



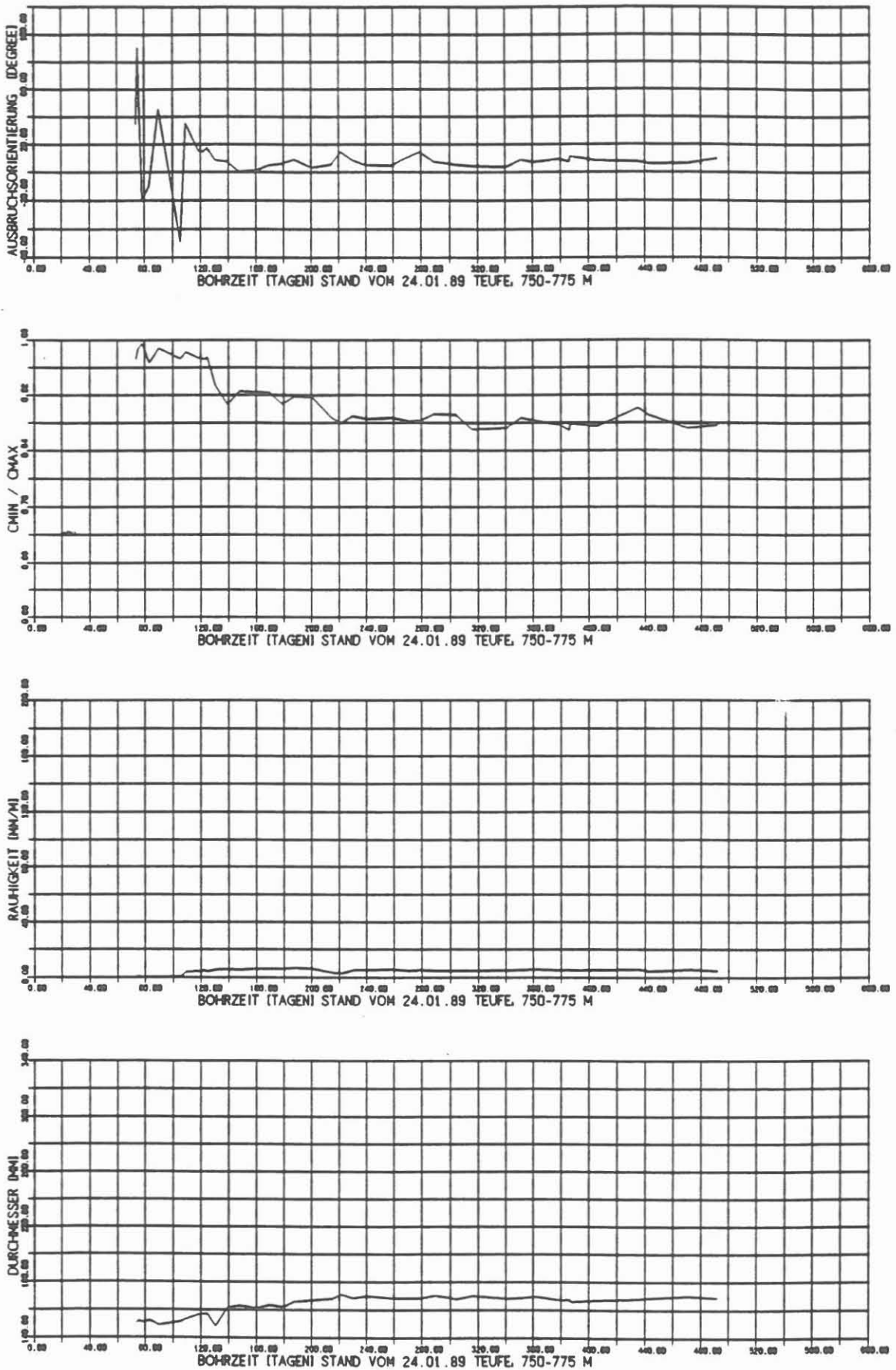


Abb. 3: Zeitabhängigkeitsstatistische Parameter aus den Kalibermessungen, ausgeführt in der KTB-Oberpfalz-VB im Teufenbereich 750 m - 725 m.

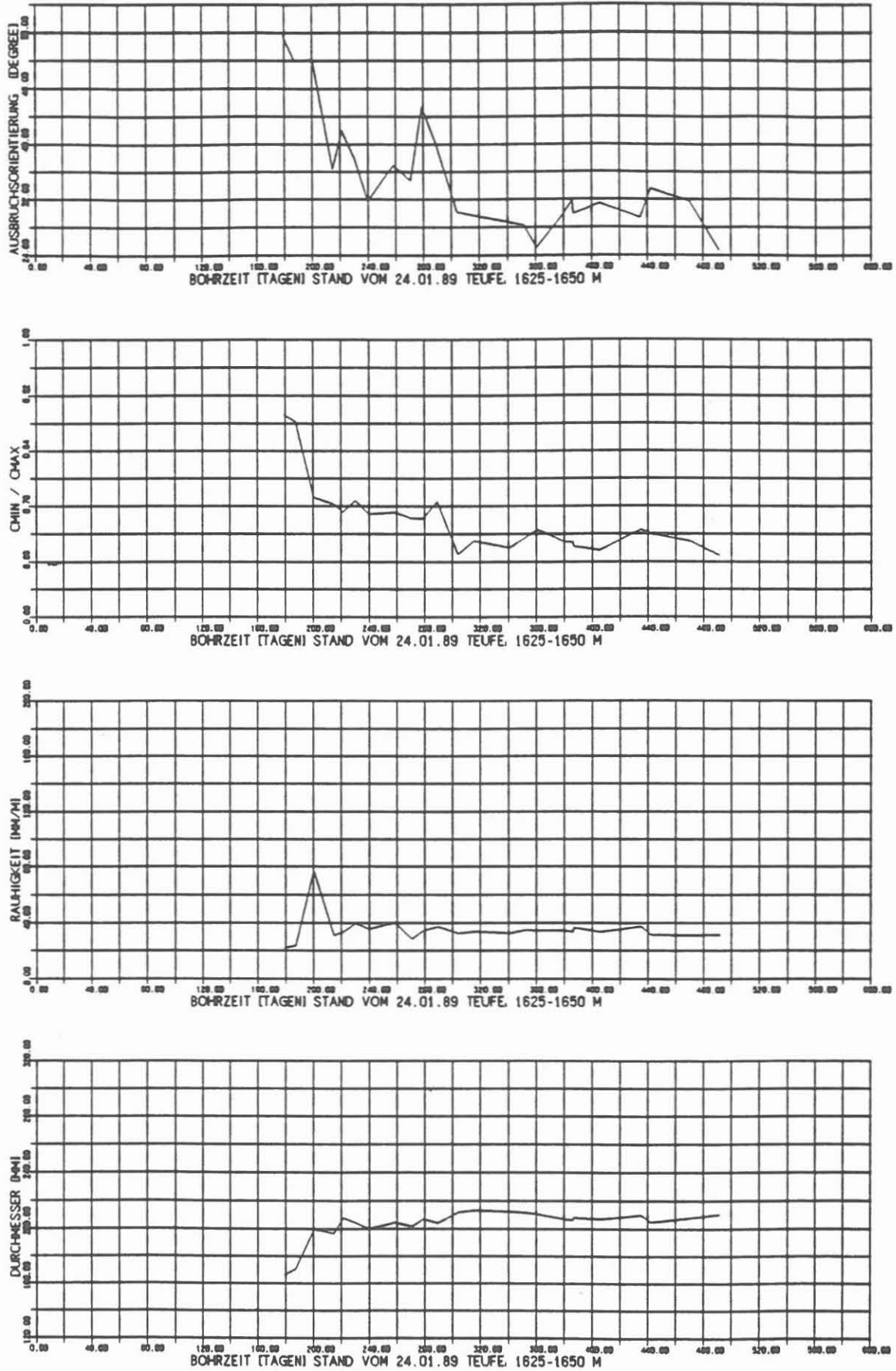
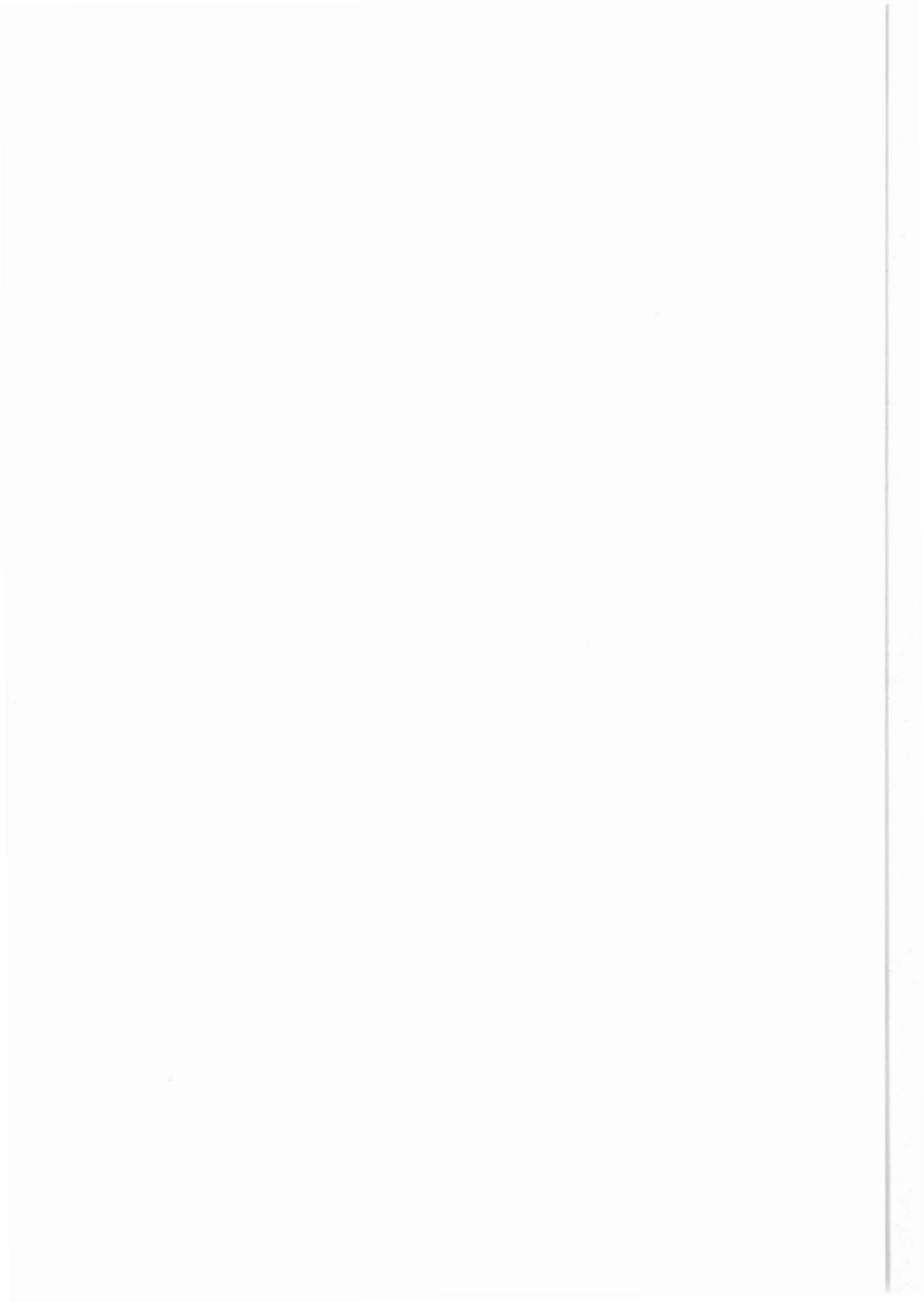


Abb. 4: Zeitabhängigkeitsstatistische Parameter aus den Kalibermessungen, ausgeführt in der KTB-Oberpfalz-VB im Tiefenbereich 1625 m - 1650 m.



---

KTB Report 90-1 6 Abb. 2 Anl. Hannover 1990

---

**VERGLEICH DER GESTEINSDICHTE MITTELS MESSUNGEN VON  
SCHLUMBERGER (LITHO-DENSITY LOG) UND  
AN KERNEN DURCH DAS FELDLABOR**

H. Gatto  
C. Bucker

**ZUSAMMENFASSUNG**

Um die Genauigkeit einer indirekten Dichtemessung auf radioaktivem Wege im Kristallin zu überprüfen, wurde diese den an Kernen gewonnenen Daten gegenübergestellt, um so eine brauchbare Aussage zu erhalten.

Die kontinuierliche Dichtemessung im Bohrloch erfolgte mit dem Litho Density Tool (LDT), welches die von einer radioaktiven Quelle (Cäsium-137) emittierten und im Gebirge gestreuten Gammaquanten mittels zweier Detektoren registriert.

Die im Feldlabor bestimmte Dichte an Kernen wird nach dem Archimedes-Prinzip durchgeführt. Da Kerne nicht durchgehend vorliegen, wurde ein Vergleich mit der Logdichte nur dann gemacht, wenn der Abstand zwischen 2 Kerndichten gleich oder kleiner der maximalen Kernlänge von 80 cm entsprach.

Bei der Auswahl der Teststrecken wurde so verfahren, dass sowohl eine Zone geringer Dichte (Gneis), als auch eine hoher Dichte (Amphibolit) mit masshaltigem Kaliber untersucht wurden.

Das Ergebnis zeigt eine ausgezeichnete Übereinstimmung beider Testintervalle, wobei die Differenz zwischen den Mittelwerten der Log- und Kerndichten im Gneis bei ca. 0,1% und im Amphibolit sogar darunter liegt. Die Standardabweichung aller Kerndichten beträgt  $0,035 \text{ g/cm}^3$  (1,3%) respektive  $0,077 \text{ g/cm}^3$  (2,6%).

Es zeigt sich also, dass zumindest bei den untersuchten Gesteinstypen, die Dichtebestimmung durch Logs, den an Kernen gewonnenen Daten äquivalent ist und diese durchaus ersetzen können. Ausserdem besteht der Vorteil, dass normalerweise Logdichten kontinuierlich vorliegen und somit ein durchgehendes Dichteprofil unter in situ Bedingungen erstellt werden kann.

COMPARISON OF ROCK DENSITY BY MEANS OF MEASUREMENTS  
THROUGH LOGS BY SCHLUMBERGER (LITHO-DENSITY LOG) AND  
ON CORES BY THE KTB FIELD LABORATORY.

**SUMMARY**

The crystalline section of well KTB-VB offered a good opportunity to compare and to verify the densities of rocks measured through the Litho Density Tool (LDT) with those obtained from cores.

The logging tools recording density consist primarily of a radioactive cesium source and two proportional NaI counters. The registered gamma rays are inversely proportional to the number of electrons per volume of formation. The true density of a rock is therefore equal to the electron density, with minor differences for certain elements.

The determination of core density was done by the field laboratory using Archimedes' Principle. The length of a core sample can vary up to a maximum of 80 cm. Through this procedure, it is not possible to take into account the relaxation and an eventual loss of water saturation.

As core recovery was not always 100%, it was decided to make this comparison only when the distance between two vertical core measurements was less than 80 cm.

The test intervals were chosen in such a way that they covered a zone of low density (gneiss) as well as a zone of high density (amphibolite). Only sections with good borehole conditions were considered in order to eliminate caliper effects.

The results show an excellent comparison in both zones with a difference between the medium log and core densities of about 0.1% in the gneiss and even less in the amphibolite. The standard deviation of all densities was found to be 0,035 g/cm<sup>3</sup> (1,3%) and 0,077 g/cm<sup>3</sup> (2,6%) respectively.

With this comparison, it could be documented that log densities are equivalent to those of core densities and can replace them successfully under in-situ conditions. Another advantage of logs is their continuous registration so that a density profile under in situ condition is available immediately.

---

Anschrift Autoren: H. Gatto, Konsulent für Bohrlochgeophysik,  
Auftragnehmer des Niedersächsischen Landesamtes für Boden-  
forschung, KTB-Projektleitung, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51  
C. Bucker, Feldlabor, AG Geophysik, Postfach 67,  
8486 Windischeschenbach

## 1 Einleitung

In der vorliegenden Studie soll zu klären versucht werden, ob mit den in sedimentären Gesteinen erprobten radioaktiven Messverfahren der Dichtebestimmung auch verlässliche Daten im Kristallin zu erwarten sind.

Dazu ist es notwendig, diese Messungen mit den an Kernen -im Feldlabor- ermittelten Dichten zu vergleichen. Im Falle von grösseren Diskrepanzen wäre es dann notwendig, bspw. mit Hilfe einer Gravimetermessung einen weiteren Vergleich durchzuführen.

## 2 Bestimmung der Dichte mittels Gammastrahlen-Absorption

### 2.1 Physikalische Grundlagen

Beim Beschuss von Materie mit Gammastrahlen können im wesentlichen 3 Reaktionen eintreten, nämlich die Paarbildung, der Compton-Effekt und der Photoeffekt. Welche von den Reaktionen eintritt, hängt von der Energie der Gammastrahlen ab und wird durch den für jeden Prozess charakteristischen Einfangquerschnitt, auch Wirkungsquerschnitt genannt, ausgedrückt. Für die Bestimmung der Dichte ist dazu nur der Compton-Effekt interessant.

Unter Compton-Effekt versteht man die Wechselwirkung zwischen Gammaquanten und Elektronen, bei der ein Gammaquant nur einen Teil seiner Energie an ein Elektron abgibt. Es erfährt dadurch eine Richtungsänderung, wird also gestreut, und fliegt mit einer entsprechend kleineren Frequenz und folglich Energie weiter.

Ein Teil der von einer radioaktiven Quelle (Cäsium 137) emittierten Gammaquanten wird von einem Detektor registriert. Ihre Intensität ist dabei eine Funktion des Abstandes  $L$  zwischen Quelle-Detektor sowie der Streu- und Absorptionseigenschaften des Gebirges. Da die letzteren in erster Ordnung von der Dichte des Mediums abhängen, kann so indirekt ein kontinuierliches Dichteprofil erstellt werden.

Die Dichte eines Minerals kann aus der Anzahl der Elektronen pro Volumeneinheit abgeleitet werden. Ein Mineral der Dichte  $\rho$  hat  $(N/A)\rho$  Atome und folglich mit  $Z$  Elektronen pro Atom

$$n_e = N (Z/A) \rho. \quad (1)$$

Dabei bedeuten:

- $n_e$  .. Elektronen/Volumeneinheit
- $\rho$  .. wahre Dichte des Gesteins
- $Z$  .. Protonenzahl
- $A$  .. Atomgewicht
- $N$  .. Avogadro-Konstante ( $6,02 \times 10^{23}$ /mol).

Für die leichteren Elemente und viele gesteinsaufbauende Mineralien ist der Quotient aus  $Z/A$  bzw.  $\Sigma Z/\text{Molgew.}$  nahe bei 0,5, mit Ausnahme von Wasserstoff, für den er quasi 1,0 beträgt. Man kann nun einen Elektronendichte-Index  $\rho_e$  definieren:

$$\text{bzw. } n_e = N \rho_e / 2 \quad (2)$$

$$\rho_e = 2n_e / N. \quad (3)$$

Um den Einfluss des Wasserstoffs und des geringfügig abweichenden Quotienten von  $Z/A$  für Kalkstein (0,49955) zu kompensieren, wird zwischen der von einem Gerät gemessenen Elektronendichte  $\rho_e$  folgende Beziehung zur Logdichte  $\rho_b$  hergestellt:

$$\rho_b = 1,0704 \rho_e - 0,1883. \quad (4)$$

Für die meisten Gesteine ist die so ermittelte Dichte  $\rho_b$  praktisch identisch mit der wahren Dichte  $\rho$ , sodass nur bei Gesteinen mit abweichendem  $Z/A$ , wie beispielsweise Sylvinit, Halit, Kohle etc. grössere Differenzen auftreten.

## 2.2 Gerät zur Dichtebestimmung

Die Bestimmung der Dichte erfolgte mit dem sogenannten Litho-Density-Tool (LDT). Neben der Elektronik besteht es aus einer Cäsium-137 Quelle mit einer Intensität von  $5,55 \times 10^{10}$  Bq (1,5 Curie), die Gammastrahlen von 662 keV liefert sowie aus zwei Proportional-Szintillationszählern, einem nahen und einem fernen. Die Messung im fernen Detektor ist in zwei Energiebereiche unterteilt. In einem wird in mehreren diskreten Fenstern die Anzahl energiereicher Gammaquanten registriert (Compton-Effekt), welche eine Funktion der Elektronendichte ist. Im anderen werden schwach-energetische Gammaquanten gemessen, deren Anzahl nicht nur eine Funktion der Elektronendichte, sondern auch des Photoeffektes ist. Im Gegensatz dazu werden im nahen Detektor nur die energiereichen Gammaquanten gezählt. Durch Vergleich mit jenen energiereichen des fernen Detektors ist es dann möglich, für die unterschiedliche Dichte des Filterkuchens zu kompensieren.

Um den Spülungseinfluss zu eliminieren und einen guten Kontakt zur Bohrlochwand herzustellen, wird der Messschlitten, mit Quelle und Zählrohren, mittels eines federgesteuerten Armes fest an diese gedrückt. Das auf diese Weise erfasste Volumen entspricht in etwa dem Abstand zwischen den beiden Detektoren entlang eines Streifens der Bohrlochwand, wobei die dichteabhängige Eindringtiefe ca. 10 cm beträgt.

### 2.3 Kalibrierung und Messgenauigkeit

Die Kalibrierung des Gerätes erfolgt in einem Aluminiumblock, dessen gemessene Dichte  $2,596 \text{ g/cm}^3$  beträgt. Die Differenz von  $0,104 \text{ g/cm}^3$  zur wahren Dichte des Aluminiums von  $2,70 \text{ g/cm}^3$ , ist auf das von 0,5 abweichende Verhältnis von Z/A (0,4818) und auf die Formel (4) zurückzuführen. Dann erfolgt eine Überprüfung der Linearität in einem Schwefelblock, dessen charakteristische Dichte zwischen  $1,85 \text{ g/cm}^3$  und  $1,96 \text{ g/cm}^3$  liegt.

Diese so erhaltene Kalibration umfasst also einen Grossteil der in sedimentären Gesteinen registrierten Dichten. Da jedoch kristalline Gesteine überwiegend in einem Bereich zwischen  $2,6 \text{ g/cm}^3$  und mehr als  $3,2 \text{ g/cm}^3$  liegen, gibt es für grosse Dichten keine Verifikation und die Kalibrierung ist in dieser Form daher nicht problemspezifisch. Damit soll aufgezeigt werden, dass gewisse Prozeduren aus den Sedimenten nicht uneingeschränkt auf das Kristallin übertragbar sind. Es wäre daher angebracht, ein geeignetes Material einer genau bekannten Dichte von ca.  $3,1 \text{ g/cm}^3$  für die Überprüfung der Linearität bei hohen Dichten einzusetzen.

### 2.4 Bemerkungen zur Messgenauigkeit

Aus Kostengründen liegt bei Bohrlochmessungen normalerweise nur ein Ergebnis pro diskretem Teufenintervall, im Abstand von je  $15,24 \text{ cm}$  vor. Sollte sich nachträglich herausstellen, wie beispielsweise durch einen Vergleich mit Kerndaten, dass es sich um eine fehlerhafte Messung handelt, ist es für eine Wiederholung meist zu spät.

Wie bei jeder Messung, so treten auch bei der Dichtebestimmung Fehler auf, die das Ergebnis beeinträchtigen. Die Beurteilung dieser Fehler, die bei oberflächlicher Betrachtung oft unbemerkt bleiben, erfordert daher eine kritische Analyse des gesamten Messverfahrens, da in ein Messergebnis viele Faktoren einfließen können. Oberstes Ziel sollte es daher sein, durch sorgfältige Überlegungen alle die Messung verfälschenden Einflüsse gering zu halten und, wenn möglich, zu korrigieren.

Die auftretenden Fehler werden in erster Linie durch das Bohrloch und die Lithologie verursacht, können aber unter Umständen auch durch das Gerät sowie den Ingenieur entstehen. Sie können sowohl symmetrisch als auch asymmetrisch sein und im letzteren Fall bis auf eine Ausnahme stets negativ:

- Ein Bohrlochdurchmesser von 8 Zoll ( $203,2 \text{ mm}$ ) entspricht genau dem Krümmungsradius des Messschlittens. Bei kleinerem und vor allem bei grösserem Durchmesser ist daher kein perfekter Kontakt mit der Bohrlochwand möglich, wobei es zu einer Dichtereducierung durch die stärkere Erfassung der viel leichteren Bohrlochflüssigkeit kommt.



- Die im Bohrloch herrschende Temperatur beeinflusst die Elektronik sowie die temperaturempfindlichen Detektoren. Zwar können durch geeignete Testvorrichtungen die auftretenden Bedingungen simuliert werden, doch ist ein nachträgliches Fehlverhalten bei hohen Temperaturen ( $>175\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) nie ganz auszuschliessen.

- Wegen der unterschiedlichen Dichte des Filterkuchens im Verhältnis zur Gesteinsdichte wird letztere beeinflusst. Aufgrund der geringen Porosität und Permeabilität im Kristallin sowie der verwendeten Spülung, ist dieser Effekt für die KTB-VB ohne nennenswerte Bedeutung.

- Ein weiterer und mitunter der entscheidendste Fehler kann beim eigentlichen Messvorgang entstehen. Durch mangelhaften Kontakt des Messschlittens mit der Bohrlochwand infolge von Wandausbrüchen wird die Messung erheblich beeinflusst, wobei es stets zu einer Dichtereduktion kommt. Dieser Vorgang ist besonders gut bei Bohrlochauskesselungen zu beobachten.

- Der der Dichtebestimmung zugrunde liegende Quotient  $Z/A$  ist in den für die Erdölindustrie wichtigsten Gesteinen quasi  $0,5$ , sodass der daraus resultierende Fehler vernachlässigbar ist. Für das Kristallin können aber Abweichungen auftreten, die vom Modalbestand abhängig sind. Der dadurch entstehende Fehler ist bis auf wasserstoffhaltige Substanzen stets negativ, erniedrigt also die Dichte. Eine automatische Korrektur wäre beim Vorliegen des genauen Mineralbestandes, eventuell durch eine GLT-Auswertung (Geochemical Logging Tool), durchführbar.

- Ist die Schichtmächtigkeit geringer als das vertikale Auflösungsvermögen des Gerätes, so kann die Dichte nicht mehr genau erfasst werden. Auch beiderseits einer Schichtgrenze kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung, wodurch kein ausgeprägter, sondern ein allmählicher Dichteübergang entsteht.

- Die Korrektur für einen wassergesättigten Kalkstein nach Formel (4) ist fürs Kristallin irrelevant. Diese Anpassung der Messdaten an sedimentäre Verhältnisse bewirkt eine niedrigere Logdichte unterhalb und eine höhere oberhalb von  $2,70\text{ g/cm}^3$ . Während diese Korrektur in den Gneisen vernachlässigbar klein ist, beträgt sie in einem Amphibolit mit einer Dichte von  $3,10\text{ g/cm}^3$  immerhin  $+0,03\text{ g/cm}^3$ .

- Bei der Absorption von Gammastrahlen handelt es sich um einen statistischen Prozess, der folglich Schwankungen unterliegt. Durch eine stationäre Registrierung über ein entsprechendes Zeitintervall von z.B. einer Minute, kann so ein mittlerer Fehler geschätzt werden. Zweckmässig wäre je eine Aufzeichnung bei minimaler und maximaler Dichte, da diese Variationen dichteabhängig sind. Dieser Fehler kann positiv oder negativ sein, wird sich im Mittel also ausgleichen.

- Kein Fehler entsteht hingegen durch eine hohe Gammastrahlung des Gebirges, solange diese 400 API nicht übersteigt. Diese ist aber im Verhältnis zu der von der Quelle emittierten Gammastrahlung so gering, dass die Dichte dadurch nicht beeinflusst wird.

Diese Auflistung zeigt, dass sich aus der Summe der z.T. nicht quantifizierbaren Einzelfehler mit Hilfe der Fehlerfortpflanzung auch kein Gesamtfehler ermitteln lässt. Umfangreiche Untersuchungen der Fa. Schlumberger haben jedoch ergeben, dass in einem Dichtebereich von 2,00 bis 3,00 g/cm<sup>3</sup> die Standardabweichung auf  $\pm 0,016$  g/cm<sup>3</sup> geschätzt werden kann. Wie sehr sich alle diese möglichen Fehler auswirken, soll durch einen Vergleich mit Dichtemessungen an Kernen abgeschätzt werden und ist das Ziel des vorliegenden Berichtes.

### 3 Bestimmung der Kerndichte

Die Dichte eines Bohrkerns wird im Feldlabor mit Hilfe der Auftriebsmethode nach dem Archimedischen Prinzip bestimmt (siehe KTB-Report 88-01, Seite D3-D5). Dazu wird der Kern je einmal in Luft und in Wasser gewogen und daraus die Masse und das durch den Auftrieb sich ergebene Volumen bestimmt. Die Dichte ergibt sich nun aus Masse/Volumen in g/cm<sup>3</sup>. Bei diesem Verfahren kann die Entspannung der Kerne, sowie eine eventuelle unvollständige Wassersättigung nicht berücksichtigt werden. Der Fehlerbereich für die Dichtebestimmung durch diese Methode wird laut Feldlabor mit 0,5% angegeben (BÜCKER, persönliche Mitteilung).

In Vorbereitung ist ferner eine Apparatur zur Messung der Kerndichte mittels Absorption von Gammastrahlen, was im Prinzip ähnlich dem Dichtelog ist. Dadurch sollte ein direkter Vergleich mit diesem möglich sein.

### 4 Vergleich der Ergebnisse

Bei der Auswahl der Teststrecken zum Dichtevergleich wurde so verfahren, dass sowohl eine Strecke geringer Dichte (Anl. 1a) als auch eine solche hoher Dichte herangezogen wurde (Anl. 1b). Bei der Wahl der Intervalle wurde Wert auf gute Bohrlochverhältnisse gelegt, da nur so ein Vergleich sinnvoll erscheint. Die in diesem Bericht verwendeten Dichtedaten sind im Computing-Center für einige der vorher genannten Effekte korrigiert worden.

Zwischen dem Dichtelog und den Messungen an Kernen besteht eine mit der Tiefe zunehmende Teufendiskrepanz die im gewählten Abschnitt mit 0,5 m als konstant angenommen und korrigiert wurde. Ausserdem treten bei Kernverlusten innerhalb der jeweiligen Kernmarschlänge Differenzen auf, da die vorhandenen Kernstücke zum oberen Ende geschoben und

Verluste stets am unteren Ende angenommen werden. Mangels einer geeigneten Korrelationsbasis ist eine präzise Teufenzuordnung mit Logs zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich und einer späteren Nachjustierung mit dem Borehole Televiwer und/oder Formation MicroScanner vorbehalten. Im wesentlichen sollte dies das Resultat jedoch nicht nachhaltig beeinflussen.

Zum Unterschied von Logdichten liegen die Kerndichten in unregelmässigen Abständen vor. Um nun einen möglichst objektiven Vergleich zu gewährleisten, wurde so verfahren, dass ein solcher nur dann durchgeführt wurde, wenn der vertikale Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kerndichten die maximale Kernlänge von 80 cm nicht übertraf, um somit Abschnitte mit grösseren Kernverlusten auszuschalten. Des weiteren wurden alle innerhalb dieser Grenze befindlichen, aber in willkürlichen Abständen vorliegenden Kerndichten linear interpoliert und äquidistant reformatiert, um so analog zum Dichtelog alle 15,24 cm einen Kerndichtewert zu erhalten. Dies hat auch den Vorteil, dass bei sehr kleinem Kerndichteabstand bereits eine Mittelung erfolgte, da geringmächtige Schichten unter ca. 30 cm vom Dichtelog ohnedies nicht mehr ganz aufgelöst werden können.

In den Anlagen sind in der linken Spalte die Gammastrahlung und das Kaliber, in der mittleren Spalte die Logdichte (RHOB) sowie die Kerndichte (RHOK) und in der rechten Spalte die Differenz zwischen Logdichte minus Kerndichte (RHOB-RHOK), dargestellt.

Die besten Vergleichsbedingungen für niedere Dichtewerte sind im Abschnitt von 620-980 m zu finden und in Tab. 1 zusammengefasst. Es handelt sich dabei um einen homogenen Gneis mit geringfügig variierender Dichte und ausgeprägter, steilstehender Foliation. Die mittlere Logdichte ist um  $0,003 \text{ g/cm}^3$  (0,1%) kleiner als die der Kerne, was als ein ausgezeichnetes Ergebnis zu betrachten ist.

Als Vergleich ist auch die sich aus Formel (4) ergebene Elektronendichte (RHOE) aufgelistet. Erwartungsgemäss ist die Differenz zur Logdichte sehr gering und beträgt lediglich  $0,004 \text{ g/cm}^3$ . Gute Übereinstimmung der Dichten ist auch bei den Maximalwerten zu beobachten, während die Minimalwerte eine Differenz von  $0,21 \text{ g/cm}^3$  aufweisen. Dies ist vor allem auf Kalibereffekte und der sich daraus ergebenden Beeinflussung des Dichtelogs zurückzuführen.

Tabelle 1

Teufenintervall = 620,00 - 980,00 m

Name	Min.	Max.	Mittel	Einheit
RHOB	2,4576	2,8464	2,7375	g/cm <sup>3</sup>
RHOE	2,4719	2,8351	2,7335	g/cm <sup>3</sup>
RHOK	2.6650	2,8380	2,7405	g/cm <sup>3</sup>
RHOB-RHOK	-0,2074	0,0084	-0,0030	g/cm <sup>3</sup>
Standardabweichung		-0,003	±0,0355	g/cm <sup>3</sup>

In dem Crossplot (Abb. 1) sind im vorliegenden Intervall sämtliche verfügbaren Log- und Kerndichten aufgetragen. Den 2357 Logdaten stehen in diesem Abschnitt nur 989 interpolierte Kerndaten gegenüber, was einer Länge von 150,7m oder 42% der gesamten Strecke entspricht. Das Zentrum der Punktwolke ist auch mit dem Auge leicht erkennbar. Da es offensichtlich auf einer durch den Ursprung gehenden Diagonale von 45° liegt, sind die Mittelwerte für RHOB und RHOK folglich auch gleich gross und können auf ca. 2.74 g/cm<sup>3</sup> geschätzt werden. Der Abstand dieser Punkte von der Diagonalen ist ein Mass für die Differenz der jeweiligen Dichtewerte pro diskretem Teufenintervall, wobei ein Punkt oberhalb der Diagonale eine höhere Kerndichte und unterhalb dieser eine höhere Logdichte aufweist.

Die geringe Variation der Dichten im Gneis ist auch in dem Histogramm (Abb. 2) erkennbar, wobei die punktierte Linie die Kerndichten repräsentiert. Die Korrelation der Häufigkeitskurven sowie die übereinstimmenden Maxima lassen darauf schliessen, dass die gemittelten Dichten in etwa gleich gross sind.

Zur Beurteilung von Messergebnissen aus unterschiedlichen Messmethoden kann auch deren mittlere Spannweite sowie die Standardabweichung des Einzelwertes der Spannweite angegeben werden (KTB-REPORT 89-1, Seite 51).

Die Spannweite des Einzelwertes  $R_i$  in einem diskreten Teufenintervall ergibt sich aus der  $i$ ten Differenz zwischen Log- und Kerndichte mit:

$$R_i = |X_{Li} - X_{Ki}|. \quad (5)$$

Folglich ist die mittlere Spannweite  $R'$  von  $n$  Proben gleich:

$$R' = \Sigma |X_{Li} - X_{Ki}|/n \quad (6)$$

und die Standardabweichung  $x$  eines Einzelwertes der

Spannweite:

$$x = \pm \sqrt{\sum |R_i - R'|^2 / (n-1)}. \quad (7)$$

Die Differenz zwischen Log- und Kerndichten wird also durch den Betrag von  $R' \pm x$  ausgedrückt und beträgt im Gneis lediglich  $-0,003 \pm 0,036 \text{ g/cm}^3$ .

Zum Vergleich eines Abschnitts hoher Dichten wurde wegen der einwandfreien Bohrlochbedingungen die Strecke von 1230-1520 m ausgewählt (Anl. 1b). Es handelt sich hier um einen heterogenen Amphibolit rasch schwankender Dichte. Wie die in Tab. 2 aufgelisteten Werte ergeben, ist auch in diesem Fall die mittlere Logdichte quasi gleich der Kerndichte jedoch im Unterschied zum Gneis um  $0,001 \text{ g/cm}^3$  grösser. Die Standardabweichung von  $0,077 \text{ g/cm}^3$  (2,6%) ist jedoch im Amphibolit doppelt so gross wie im Gneis. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass bei stark wechselnder Dichte die Länge der Probe sowie deren genaue Teufe eine entscheidende Rolle spielen. Dadurch kommt es zwangsläufig zu grösseren Diskrepanzen, obwohl die Mittelwerte etwa gleich gross sind.

Es muss jedoch erwähnt werden, dass im Kristallin ein Vergleich mit der Elektronendichte (RHOE) relevanter wäre, da nach Formel (4), Dichten ab  $2,70 \text{ g/cm}^3$  für einen imaginären Wasseranteil kompensiert werden. Dadurch wurde die mittlere Dichte im Amphibolit um  $0,017 \text{ g/cm}^3$  erhöht, obwohl die Voraussetzung dafür fehlte. Im vorliegenden Fall entspricht dies scheinbar zufällig jenem Wert der erforderlich wäre, um Logdichten den Kerndichten anzugleichen. Ob dies auf ein von 0,5 abweichendes Verhältnis von Z/A im Amphibolit und/oder auf ein Linearitätsproblem im hohen Dichtebereich zurückgeht, kann wegen des innerhalb der Messgenauigkeit liegenden Betrages nicht gesagt werden. Auch hier herrscht bei den Maximalwerten gute Übereinstimmung, bei den Minimalwerten aber eine Differenz von  $0,59 \text{ g/cm}^3$ .

Tabelle 2

Teufenintervall = 1220,00 - 1530,00 m				
Name	Min.	Max.	Mittel	Einheit
RHOB	2,1191	3,1146	2,9280	$\text{g/cm}^3$
RHOE	2,1557	3,0856	2,9113	$\text{g/cm}^3$
RHOK	2,7126	3,0904	2,9271	$\text{g/cm}^3$
RHOB-RHOK	-0,5935	0,0242	0,0009	$\text{g/cm}^3$
Standardabweichung		0,0009	$\pm 0,0767$	$\text{g/cm}^3$

Die in Abb. 3 geplotteten Dichtepaare umfassen einen Dichtebereich von ca. 2,7-3,1 g/cm<sup>3</sup>. Das Zentrum der Punktwolke ist nicht mehr so leicht feststellbar wie im Gneis, doch ist auch hier eine gewisse Symmetrie um eine Diagonale durch den Ursprung zu erkennen. Die Abstände der einzelnen Punkte zur Diagonalen weisen schon optisch eine weit breitere Streuung auf.

Auch das Histogramm (Abb. 4) zeigt in diesem Bereich die grösseren Dichteschwankungen im Amphibolit. Die relativ gute Korrelation zwischen den Häufigkeitskurven der Dichten ist ein Hinweis, dass ihre Mittelwerte ungefähr gleich gross sein müssten.

In Abb.5 und Abb.6 ist die Häufigkeitsverteilung der Differenz zwischen Log- und Kerndichten sowie deren Standardabweichung dargestellt. Deutlich sichtbar ist dabei die breitere Streuung im Amphibolit, was schon aus dem Crossplot (Abb.3) hervorgeht.

### Schlussfolgerung

Mit diesen Beispielen wurde demonstriert, dass die aus den Logs abgeleiteten Dichten die gleiche Genauigkeit wie die an den Kernen bestimmten Dichten und diese, wie in den Sedimenten, auch im Kristallin ersetzen können.

Voraussetzung für dieses Ergebnis sind einwandfreie Bohrlochbedingungen. In ausgekesselten Abschnitten, wie beispielsweise von 1380-1388 m, können keine brauchbaren Logdichte-Werte geliefert werden. Ob jedoch in stark geklüfteten Abschnitten die Kerndichten die wahre Gesteinsdichte ergeben, ist fraglich. Kerne entspannen sich und brechen bevorzugt entlang von Klüften, wobei dieses Kluftvolumen nicht mehr erfasst werden kann und somit die Dichtebestimmung beeinflusst.

Die ausgezeichnete Übereinstimmung der gemittelten Dichten in den zwei untersuchten Gesteinstypen ist bemerkenswert. Dass es bei den Einzelwerten zu Abweichungen kommt, ist verständlich, da die Korrelation der Messwerte und deren präzise Zuordnung auf Schwierigkeiten stösst.

Eine Beeinflussung der Logdichte durch ein abweichendes Verhältnis von  $Z/A=0,5$  konnte im Vergleich zu den Kerndichten nicht nachgewiesen werden, da die ermittelten Differenzen innerhalb der vom Gerätehersteller spezifizierten Bandbreite liegen.

### **Empfehlungen**

Diese beziehen sich in erster Linie auf flankierende Massnahmen ohne jedoch die Qualität des Dichtelogs zu verbessern. Zu erwähnen wäre insbesondere:

- Bereitstellung eines Blocks mit einer Dichte von ca.  $3,1 \text{ g/cm}^3$ , um eine Kontrolle in diesem Dichtebereich zu ermöglichen.
- Stationäre Aufzeichnung der statistischen Variationen für ca. 1 Minute im niederen und hohen Dichtebereich.
- Berechnung der Elektronendichte und Abspeicherung auf das Composite-Magnetband für spätere Detailstudien.

### **Literaturverzeichnis**

- KTB-Report 88-6 1988: Ergebnisse der geowissenschaftlichen Bohrungsbearbeitung im KTB-Feldlabor, Hrsg: R.Emmermann et al., Seite D3 - D5
- KTB-Report 89-1 1989: Grundlagenforschung und Bohrlochgeophysik, Hrsg: R.Hänel et al., Seite 51
- Schlumberger 1981: Litho Density Tool Interpretation. -Houston, Texas, 1331 Lamar Suite 1175, 62 p.
- Schlumberger 1987: Log Interpretation Principles/Applications. -Houston, Texas, 1331 Lamar Suite 1175, 198 p.
- Serra, O. 1984: Fundamentals of Well-log Interpretation. -Elsevier Science Publishers B.V. 1000 AH Amsterdam, POB 330, 423 p.

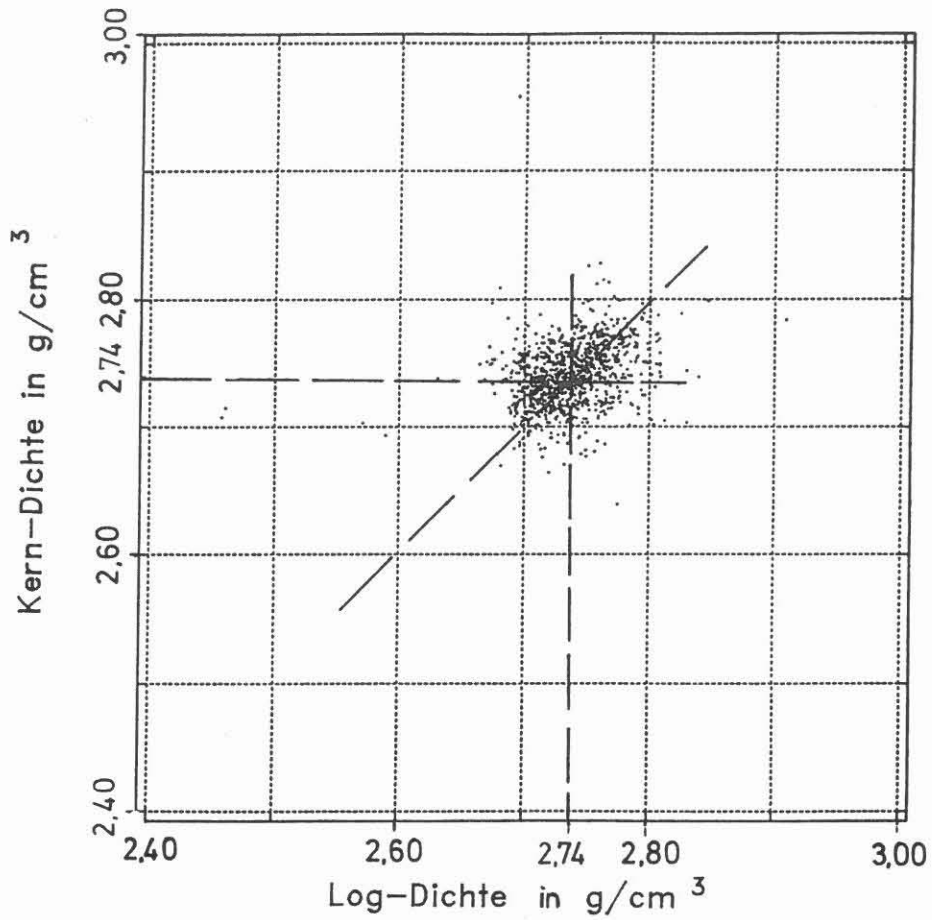


Abbildung 1: CROSS-PLOT im Abschnitt 620-980 m

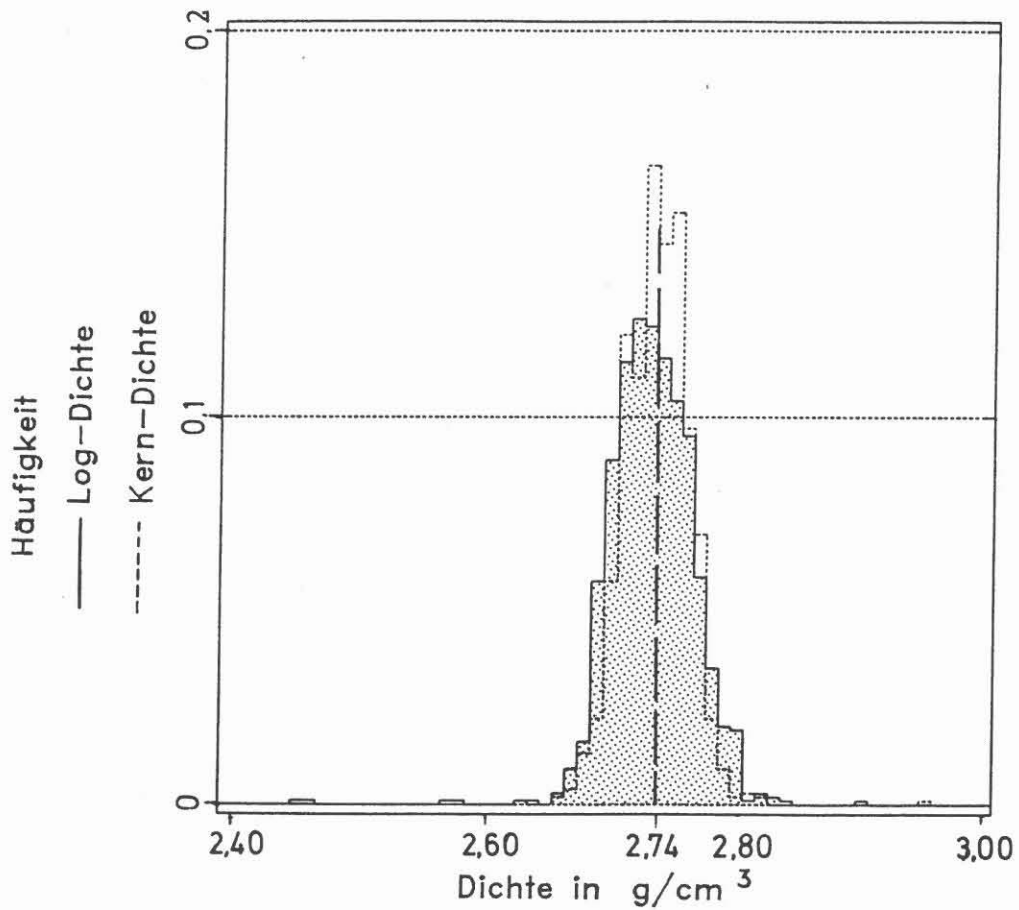


Abbildung 2: Histogramm im Abschnitt 620-980 m



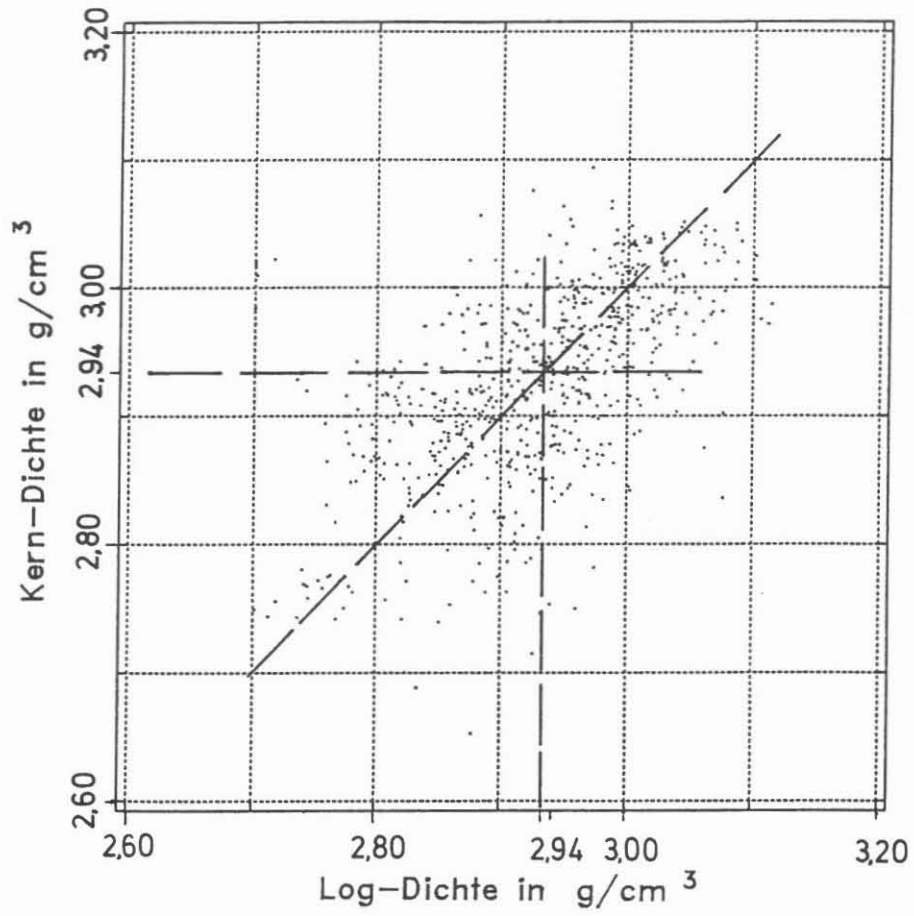


Abbildung 3: CROSS-PLOT im Abschnitt 1220–1530 m

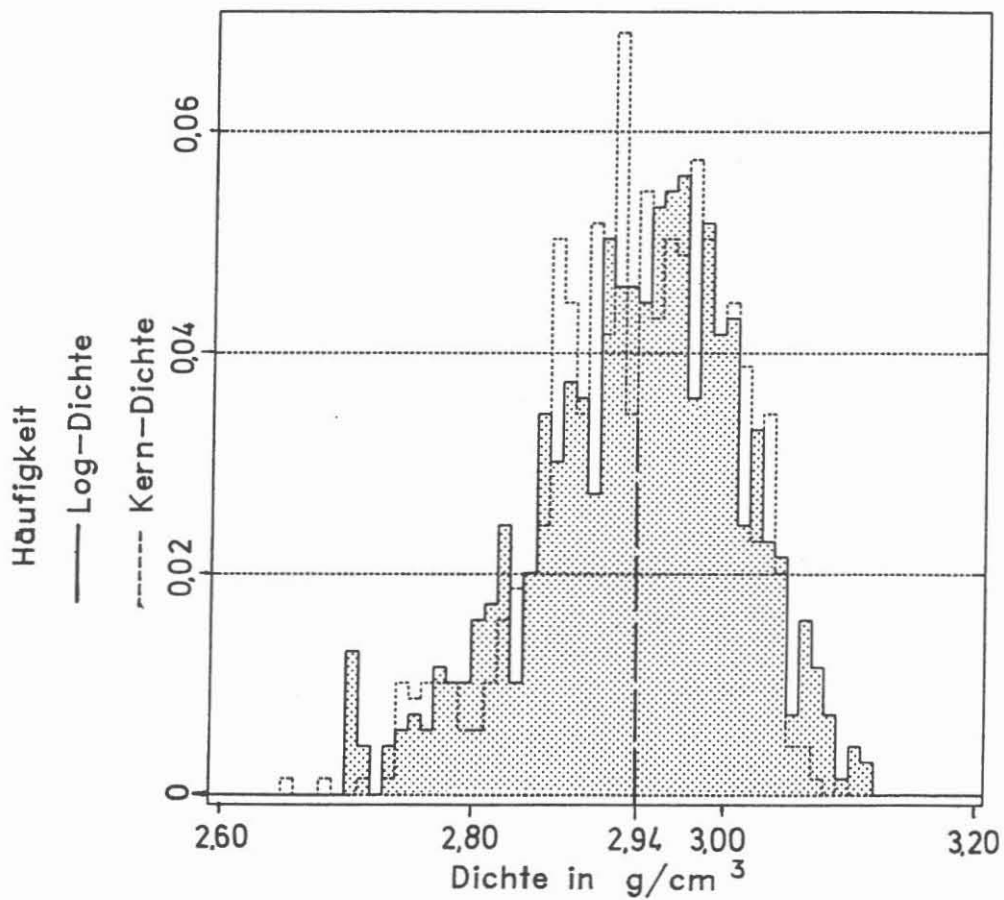


Abbildung 4: Histogramm im Abschnitt 1220–1530 m

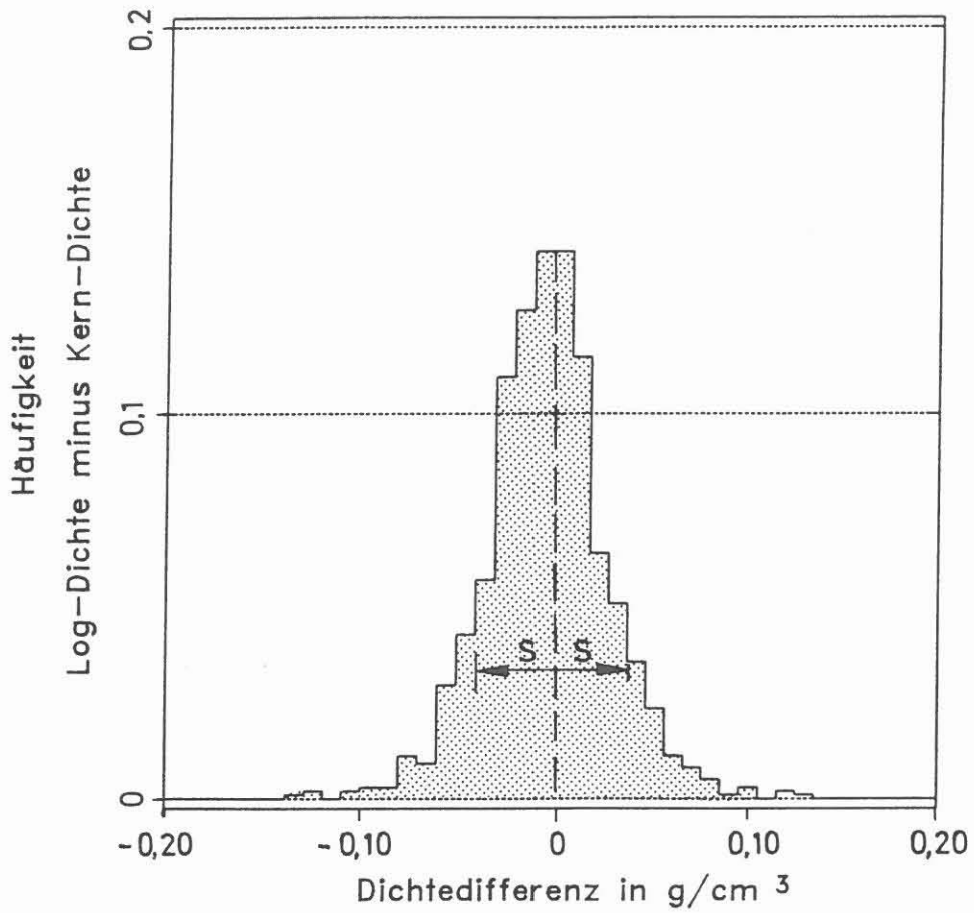


Abbildung 5: Histogramm im Abschnitt 620-980 m

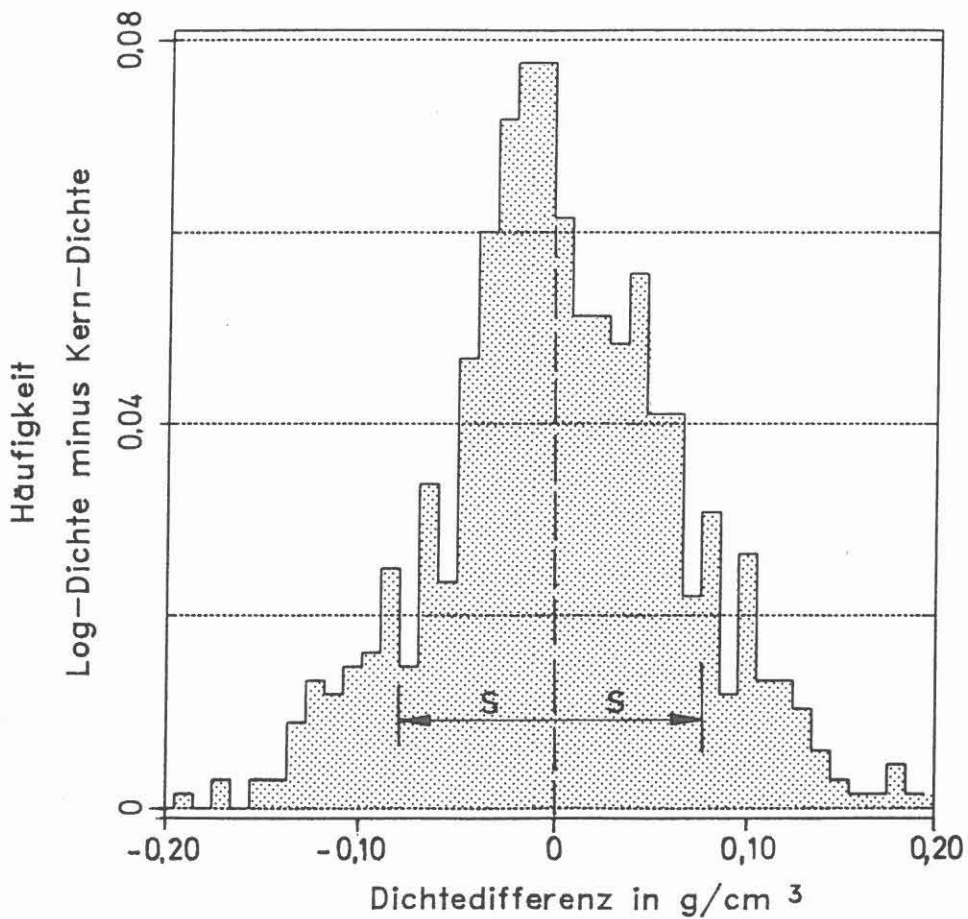
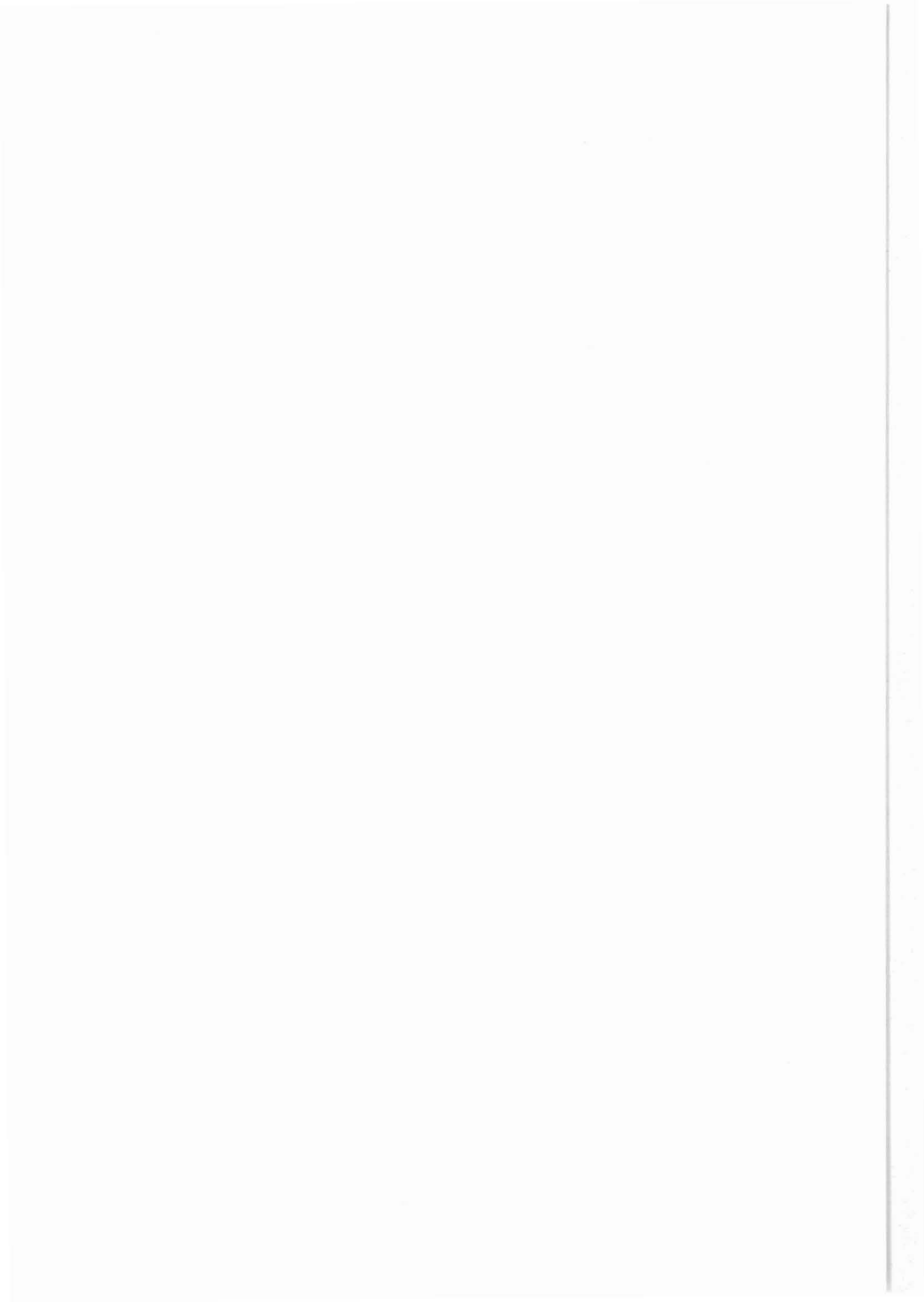


Abbildung 6: Histogramm im Abschnitt 1220-1530 m



---

KTB Report 90-1            2 Abb.            1 Anl.            Hannover 1990

---

**BOHRLOCHGRAVIMETRISCH ERMITTELTE DICHTEN (BHGM)  
IM VERGLEICH ZUR LOGDICHTEN (RHOB)**

H. Gatto  
U. Casten

**ZUSAMMENFASSUNG**

Die von der Fa. EDCON, Inc., Denver, Colorado, durchgeführte gravimetrische Dichtebestimmung (BHGM-Dichte) hat im Vergleich zur Dichte aus dem Gamma-Gamma Log (Logdichte) einerseits gute Übereinstimmung, andererseits aber auch auffallende Differenzen erbracht.

Übereinstimmende Ergebnisse liegen in den Gneisen mit einer durchschnittlichen Dichte von  $2,73 \text{ g/cm}^3$  vor. In den schwereren Amphiboliten treten Logdichten (RHOB) von über  $2,9 \text{ g/cm}^3$  auf. Hier haben die gravimetrisch bestimmten scheinbaren Dichten (BHGM) deutlich geringere Werte mit Anomalien bis zu  $0,15 \text{ g/cm}^3$  in der tiefstgelegenen Formation.

Die in einigen Abschnitten auftretenden Bohrloch-  
auskesselungen beeinflussten das Dichtelog, wobei es zu einer mehr oder weniger grossen Dichtereduktion kommt. In solchen Intervallen ist die gravimetrisch ermittelte Dichte stets grösser, da sie von Kalibereffekten nur unwesentlich tangiert wird.

Bestimmt man die Mittelwerte der Dichten von 74,4-3850 m so erhält man für die BHGM-Dichte einen Wert von  $2,73 \text{ g/cm}^3$  und für die Logdichte einen solchen von  $2,78 \text{ g/cm}^3$ . Um die Ergebnisse nicht zu verfälschen, wurden bei dieser Berechnung Abschnitte mit Kalibereffekten wie zwischen 500-625 m und 1600-1775 m nicht berücksichtigt. Auffallend ist dabei, dass die mittlere BHGM-Dichte nur etwa der mittleren Logdichte der Gneise alleine entspricht.

Die Abweichungen der BHGM-Dichte von der Logdichte in den durchteuften Amphiboliten geben Hinweise auf laterale Dichteänderungen, die vom Dichtelog wegen seiner geringen Eindringtiefe nicht erfasst werden konnten. Diese Anomalien lassen sich quantitativ interpretieren, was in den Amphiboliten eine steile Lagerung, variierend zwischen  $56$  und  $79^\circ$ , ergibt.

APPARENT DENSITY FROM A BOREHOLE GRAVITY SURVEY (BHGM)  
AS COMPARED TO THE ONE FROM A DENSITY LOG (RHOB)

SUMMARY

A borehole gravity survey was made by EDCON Inc., DENVER, and compared with the Litho-Density Log. It shows on one hand reasonable agreement, but on the other also large differences in zones of higher densities.

Good agreement is most often obtained in the gneiss with a density of approximately  $2,73 \text{ g/cm}^3$ . In the more heavier amphibolites with a true density of  $2,90 \text{ g/cm}^3$  and beyond, the observed differences are quite noticeable and reach its maximum of  $0,15 \text{ g/cm}^3$  in the deepest amphibolite.

Borehole effects influence over certain intervals the density (RHOB) of the Litho-Density Tool, thereby reducing the measured density. In those zones the apparent density (BHGM) from the borehole gravimetry is always greater than the one from the log as it is hardly influenced by hole effects.

The averaged densities between 74,4-3850 m obtained from the density log have a value of  $2,78 \text{ g/cm}^3$  and from the borehole gravimetry  $2,73 \text{ g/cm}^3$  respectively. The zones from 500-625 m and 1600-1775 m were not taken into account because of bad hole effects. As a whole, the apparent density (BHGM) reaches only the density (RHOB) measured by the Litho-Density Tool in the gneiss.

The discrepancies between the BHGM-density and the one from the density log are an indication of lateral density variations in the amphibolites, which could not be sensed anymore by the Litho-Density Tool because of its shallow depth of investigation. These anomalies can be interpreted quantitatively and show in a first attempt steep dipping of the amphibolites between  $56$  and  $79^\circ$ .

---

Anschrift der Autoren:

H. Gatto, Konsulent für Bohrlochgeophysik, Auftragnehmer des  
Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung,  
KTB-Projektleitung, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51

Dr.rer.nat. U. Casten, wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Institut für Geophysik, Ruhr-Universität Bochum,  
Postfach 102148, 4630 Bochum

## 1 Einleitung

Nach erfolgreicher Beendigung der KTB-VB wurden von der Fa. EDCON, Inc., Denver, USA, bohrlochgravimetrische Messungen durchgeführt. Die Messdaten wurden von Edcon bearbeitet und als Ergebnis neben einem Vertikalprofil der Bouguer-Anomalien ein Log der scheinbaren Blockdichte (BHGM) erstellt (Edcon 1989).

Diese gravimetrisch bestimmte Dichte (BHGM) soll im Vergleich mit durch andere Methoden ermittelte Gesteinsdichten, wie bspw. aus Gamma-Gamma Log (RHOB) und/oder aus Kernuntersuchungen (RHOK) dazu dienen, die im Bereich der durchteuften Amphibolite festgestellten Dichteveriationen zu erklären.

Ziel dieses Berichtes ist die Erstellung der für Vergleichszwecke notwendigen Daten, die sich aus der Aufbereitung des Dichtelogs sowie der Kerndaten ergeben. Die über die von der Bohrlochgravimetrie vorgegebenen Intervalle gemittelten Dichtewerte werden zusammen mit den BHGM-Dichten gelistet. Eine geeignete graphische Darstellung aller relevanten Daten soll eine gute Übersicht ermöglichen.

Weiterhin werden die ersten Ergebnisse einer Interpretation der dabei festgestellten Dichteveriationen vorgestellt, die auf der direkten Inversion der Dichteanomalien beruht.

## 2 Gravimetrische Dichtebestimmung

Die bohrlochgravimetrischen Messungen wurden an festgelegten Stationen im Hochfahren, beginnend bei 3850 m, durchgeführt. Dabei waren konstante Messintervalle von 50 m vorgesehen, die in ausgewählten Bereichen auf 25 m und in einem Bereich sogar auf 5 m verdichtet wurden. Zur Teufenkontrolle wurde ein Gamma Ray Log registriert, was eine relative Teufeneinhängung von  $\pm 0,15$  m ermöglichte.

Edcon setzte ein Bohrlochgravimeter ein, dessen Sensor vom bekannten Typ LaCoste-Romberg ist. Sämtliche Signale der Steuer- und Messfunktionen wurden mittels digitaler Telemetrie über Tage von einem PC kontrolliert und die Messdaten digital gespeichert.

Der Ablauf einer Schweremessung, die mit stationärer Sonde erfolgen muss, besteht aus dem Horizontieren des Sensors, dem Entarretieren des Waagesystems, der Spindelverstellung zur Grobeinstellung und der Messung einer Feedback-Spannung zur elektrostatischen Feineinstellung nach der bei modernen Gravimetern üblichen Nullmethode (Casten und Haussmann 1989). Federkraft und elektrostatische Kraft kompensieren die einwirkende Schwerkraft. Die Spannungsmessung erfolgt über ein Zeitintervall von mehreren Minuten, um bei entsprechender

Mittelwertbildung kurzzeitige Störungen unterdrücken zu können. Die Messgenauigkeit beträgt  $7 \mu\text{gal}$  (nach Angaben von EDCON). Vor Betätigung der Kabelwinde muss das Waagesystem des Gravimeters wieder arretiert werden.

Aus der Schweredifferenz  $\Delta g$  und dem Teufenunterschied  $\Delta z$  zweier vertikal übereinanderliegender Messpunkte wird der Vertikalgradient des Schwerfeldes ermittelt. Bei Annahme einer horizontalen Schichtung ohne laterale Dichteänderung ergibt dieser Vertikalgradient die Intervall- bzw. Blockdichte gemäss:

$$\rho = \frac{F - \Delta g / \Delta z}{4 \pi \gamma} \quad (1)$$

F ist der Freiluftgradient an der Erdoberfläche und  $\gamma$  die Gravitationskonstante. Mit den oben angeführten Genauigkeiten der Schwere und der Teufenbestimmung lassen sich bei genügend grossen Teufenintervallen Genauigkeiten in der Dichtebestimmung von besser als  $0,01 \text{ g/cm}^3$  erzielen. Intervalle von 50 und auch 25 m sind dazu ausreichend (Casten und Gram 1989).

Die laterale Eindringtiefe von Schweremessungen an zwei vertikal übereinanderliegenden Stationen beträgt bei 90% der wirkenden Massen das 5-fache des Teufenintervalls. Im Vergleich zu anderen Messverfahren hat die Bohrlochgravimetrie damit eine grosse Eindringtiefe, die sehr leicht laterale Dichteänderungen erfasst. Es wird dann nicht mehr die tatsächliche Dichte sondern die scheinbare BHGM-Dichte ermittelt.

### 3 Diskussion der Resultate

Die von EDCON gelieferten gravimetrischen Dichtewerte (BHGM) über diskrete Intervalle sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Über dieselben Intervalle wurden die Dichten des Litho-Density Logs (RHOB) und jene aus Kernanalysen (RHOK) gemittelt und ebenfalls aufgelistet.

Die graphische Darstellung dieser Daten erfolgt in Anl.1a-d, um so einen besseren Überblick zu gewinnen. Zur leichteren Orientierung sind in der linken Spalte zusätzlich die Gammastrahlung und ein Kaliber geplottet. Die nächste Spalte umfasst die durch die verschiedenen Methoden registrierten Dichtewerte in ihrer ursprünglichen Form. Schon daraus lässt sich erkennen, dass ein qualitativer Vergleich dieser Daten zwar möglich ist, ein quantitativer aber erst nach entsprechender Aufbereitung, d.h. Mittelung der Dichtelog- und Kerndaten. Diese gemittelten Dichten sind rechts davon wiedergegeben. In der letzten Spalte ist die Differenz zwischen der Logdichte und der BHGM-Dichte geplottet.

Als weitere Darstellungsform wurde ein Crossplot von Logdichte versus BHGM-Dichte gewählt (Abb. 1). Darauf sind Dichten unter  $2.80 \text{ g/cm}^3$  durch Kreise und solche darüber durch Dreiecke repräsentiert, was bis auf wenige Ausnahmen in etwa den Gneisen bzw. den Amphiboliten entspricht. Dabei kann beobachtet werden, dass die Kreise eine Punktwolke mit einer Spiegelung um die Diagonale ergeben, die Dreiecke jedoch eine langgestreckte Punktwolke, deren Längsachse eine abweichende Steigung von  $45^\circ$  aufweist. Für letztere Symbole nimmt also die Logdichte stärker zu als die BHGM-Dichte. Zu bemerken ist noch, dass nur Intervalle mit masshaltigem Bohrloch geplottet wurden.

Das durch die Gravimetrie vermessene Intervall umfasst den Bereich von 24,4 m bis 3850 m. Ein sinnvoller Vergleich mit der Logdichte kann aber erst bei 74,4 m beginnen, da im obersten Teil Kalibereffekte eine Reduktion der Logdichte bewirkten. Auch in den tieferen Abschnitten ist bei Bohrlochauskesselungen stets eine eventuelle Beeinflussung der Messergebnisse zu berücksichtigen.

Da im allgemeinen zwischen Log- und Kerndichten gute Übereinstimmung herrscht (siehe im gleichen Report Abschnitt 9), werden die Ergebnisse der Gravimetrie vorzugsweise nur mit der Logdichte verglichen. Kerndichten liegen auch nicht durchgehend vor. Ihre Darstellung erfolgte in erster Linie um jene Abschnitte zu untersuchen, in denen das Dichtelog durch Bohrlocheffekte beeinflusst wurde.

Es scheint zweckmässig, das gesamte Profil in signifikante Teilbereiche zu gliedern. Die gemittelten Dichten sowie die Differenzen zwischen Logdichte und BHGM-Dichte in diesen Bereichen sind in Tab. 2 zusammengefasst.

#### **Abschnitt 74,4 - 499,8 m**

Dieses Intervall ist durch eine Wechselfolge unterschiedlicher Dichten charakterisiert. Die BHGM-Dichte nimmt bis 275 m pro Station sukzessive zu ist aber im Durchschnitt kleiner als die Logdichte. Die grösste Differenz gibt es dabei von 375-425 m mit  $0.18 \text{ g/cm}^3$ . Betrachtet man den Bereich von 375-475 m, so liegt eine praktisch unveränderte BHGM-Dichte vor, obwohl Log- und Kerndichte eine ausgeprägte Dichteänderung aufweisen. Der Abschnitt von 225-275 m mit einer grösseren BHGM-Dichte als die Logdichte geht auf Kalibereffekte zurück.

#### **Abschnitt 499,8 - 625,0 m**

Der Einfluss von Bohrlochauskesselungen auf die Logdichte ist hier deutlich sichtbar, wobei diese stets niedriger als die BHGM-Dichte ist. Ein Vergleich letzterer mit der Kerndichte zeigt jedoch, dass zwischen diesen beiden keine nennenswerten



Unterschiede bestehen.

**Abschnitt 625,0 - 1174,48 m**

Hier herrscht gute Übereinstimmung der Dichten bei einer mittleren Dichte von ca.  $2,74 \text{ g/cm}^3$ . Generell gibt es bei dieser Dichte, die etwa jener des Gneises entspricht, keine nennenswerte Diskrepanz zwischen Log- und BHGM-Dichte, was auch noch in tieferen Abschnitten bestätigt wird. Ab 1025 m macht sich bis 1125 m ein Kalibereffekt bemerkbar.

**Abschnitt 1174,48 - 1599,6 m**

Die Erhöhung der Gesteinsdichte auf  $2,916 \text{ g/cm}^3$  (RHOB) bzw.  $2,918 \text{ g/cm}^3$  (RHOK) im Amphibolit wird von der Gravimetrie nur stark abgeschwächt nachvollzogen, welche lediglich eine solche von  $2,781 \text{ g/cm}^3$  erreicht. Bezogen auf den darüberliegenden Gneis beträgt also die Zunahme der Logdichte  $0,198 \text{ g/cm}^3$ , jene der BHGM-Dichte jedoch nur  $0,064 \text{ g/cm}^3$ . Da sich für den Gneis im Liegenden ähnliche Werte ergeben, lässt dies auf eine Dichteänderung und damit begrenzte laterale Ausdehnung des Amphibolits schliessen.

**Abschnitt 1599,6 - 1774,48 m**

Dieser Bereich ist wiederum durch Bohrlochauskesselungen gekennzeichnet, was eine beträchtliche Reduktion der Logdichte bewirkte. Die BHGM-Dichte stimmt gut mit der Kerndichte überein.

**Abschnitt 1774,48 - 2499,6 m**

Logdichte und BHGM-Dichte sind in etwa gleich gross und nur in Bereichen mit Kalibereffekten (2125 - 2450 m) kommt es zu kleineren Abweichungen. Das im Bohrloch verbliebene Gestänge zwischen 1787,4 und 1998,3 m hat auf das Gravimeter keinen feststellbaren Einfluss ausgeübt.

**Abschnitt 2499,6 - 2699,7 m**

Die im Top einsetzende Zunahme der Gesteinsdichte wird durch das Dichtelog und Kernanalysen bestätigt, vom Gravimeter aber total ignoriert, das ober- und unterhalb der Station von 2499,6 m genau dieselbe Dichte anzeigt. Analog dazu verhält es sich am Ende dieses Abschnitts, wo wiederum kaum ein Übergang zu geringerer Dichte festzustellen ist. Einzig bei 2575 m ist ein markanter Sprung in der Gravimeterdichte erkennbar.

#### **Abschnitt 2699,7 - 3124,73 m**

Interessant in diesem Intervall ist die stets geringere BHGM-Dichte von  $2,691 \text{ g/cm}^3$  im Vergleich zur Logdichte von  $2,726 \text{ g/cm}^3$ . Bei korrekten Dichtewerten wäre dies ein Hinweis auf ein Gestein mit geringerer Dichte als der des Gneises, welches vom Dichtelog wegen der geringen Eindringtiefe nicht erfasst werden konnte.

#### **Abschnitt 3124,73 - 3424,2 m**

Im Gegensatz zu den angrenzenden Abschnitten, ist in diesem kein Unterschied zwischen den Dichten zu beobachten. Bei nahezu konstanter Gesteinsdichte von durchschnittlich  $2,72 \text{ g/cm}^3$  besteht eine gute Übereinstimmung zwischen den beiden Dichten.

#### **Abschnitt 3424,2 - 3574,28 m**

Ähnlich wie im Abschnitt von 2699.7-3124.73 m ist auch hier eine Reduktion der BHGM-Dichte von ca.  $0,04 \text{ g/cm}^3$  gegenüber der Logdichte zu beobachten.

#### **Abschnitt 3574,28 - 3850 m**

Wie schon zuvor, so ist auch in diesem Amphibolit die Differenz zwischen den Dichten besonders hoch und erreicht hier mit  $0,15 \text{ g/cm}^3$  betragsmässig auch ihren grössten Wert. Eine laterale Dichteänderung ist auch hier anzunehmen. Auffallend ist ferner, dass eine Korrelation der beiden Dichteprofile vorhanden ist, sodass sich durch eine Parallelverschiebung eine gute Deckung der Dichten erzielen lässt. Es scheint also, dass Dichtevariationen innerhalb des Amphibolitkomplexes im ganzen Umfang mitgemacht werden, beim Übergang zum Gneis jedoch nur eingeschränkt.

#### **4 Interpretation der Dichteanomalien**

Die Bohrung hat in 3 Bereichen Formationen mit erhöhter Dichte (Amphibolit) und zugleich deutlicher Differenz zwischen BHGM-Dichte und Logdichte durchteuft:

- I : Abschnitt 1174,5 - 1599,6 m
- II : Abschnitt 2499,6 - 2699,7 m
- III : Abschnitt 3574,3 - 3850,0 m

Die Dichteanomalien dieser Abschnitte resultieren aus lateralen Dichteänderungen, die von geneigten Formationsgrenzen hervorgerufen werden. Das Einfallen dieser Formationsgrenzen sowie die tatsächliche Mächtigkeit der

Formationen lässt sich durch eine direkte Inversion der Dichteanomalien bestimmen.

Für das Modell einer geneigten Platte unendlicher Ausdehnung und eingebettet in eine Umgebung homogenen Materials gilt (Brown und Lautzenhiser 1982):

$$\rho_s = \rho_{hor} \sin^2 \alpha + \rho_{log} \cos^2 \alpha . \quad (2)$$

$\rho_s$  ist die nach (1) bestimmte BHGM-Dichte der Platte,  $\rho_{hor}$  die Dichte der Umgebung,  $\rho_{log}$  die Logdichte der Platte und  $\alpha$  der Neigungswinkel. Die Auflösung von (2) nach dem Neigungswinkel ergibt:

$$\alpha = \arccos \left( \frac{\rho_s - \rho_{hor}}{\rho_{log} - \rho_{hor}} \right)^{\frac{1}{2}} . \quad (3)$$

Für eine durchteufte Platte mit der scheinbaren Mächtigkeit  $\Delta z$  ergibt sich die tatsächliche Mächtigkeit zu:

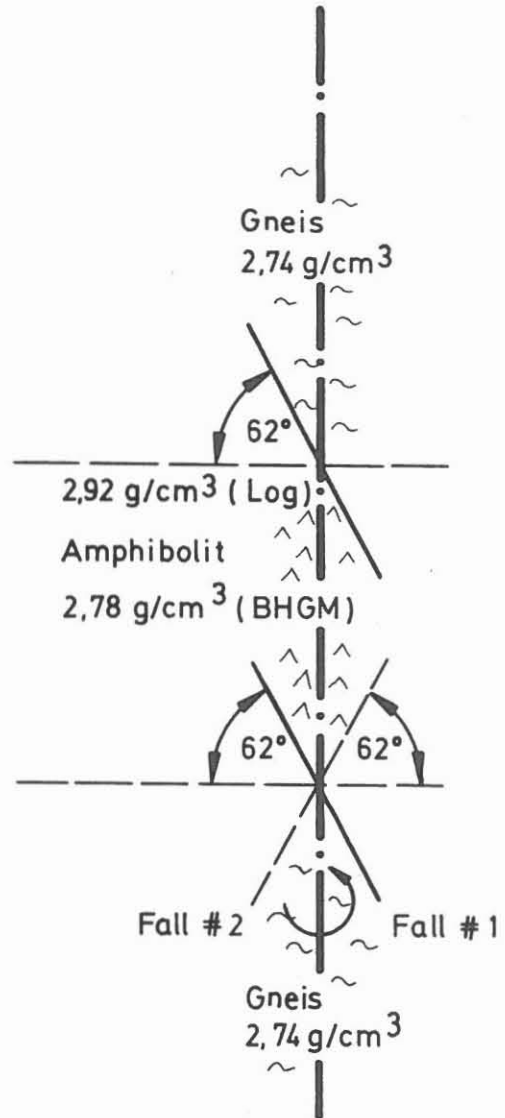
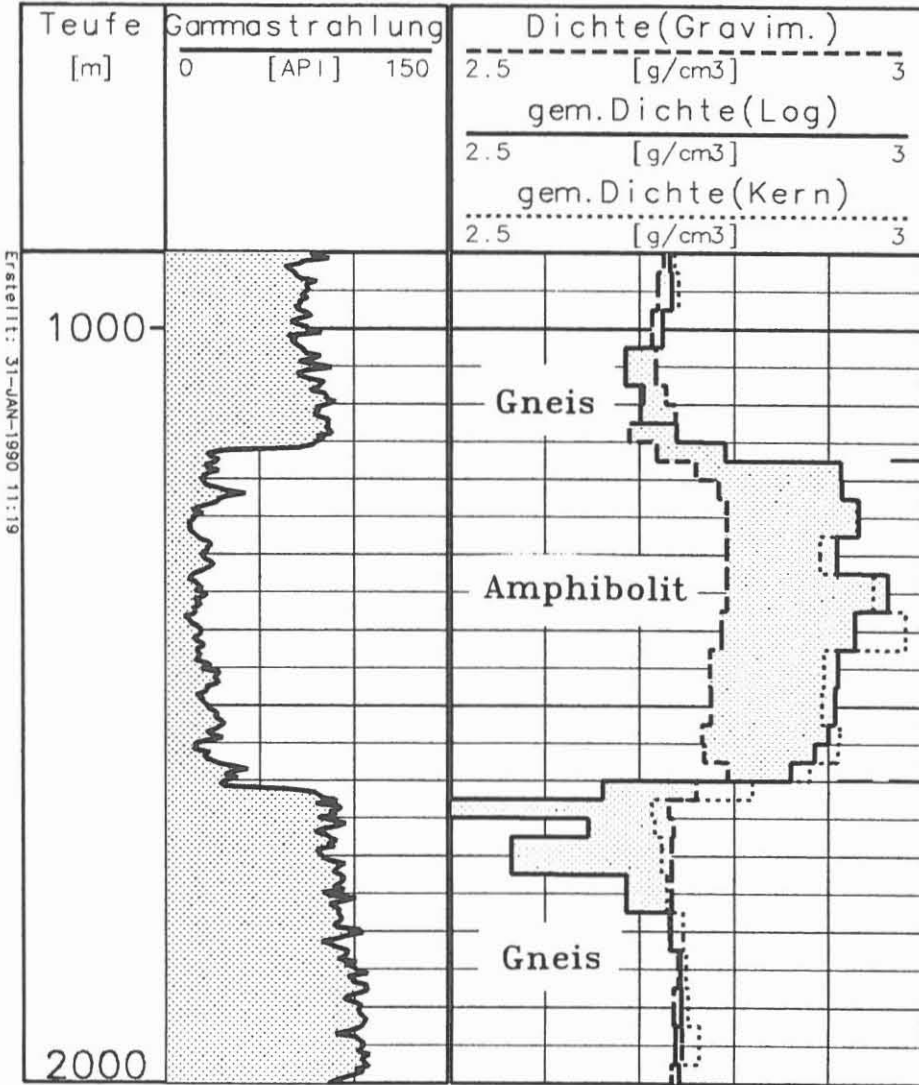
$$\Delta z' = \Delta z \cos \alpha . \quad (4)$$

Die Anwendung der Gleichung (3) auf Abschnitt I (vergleiche Abb. 2) ergibt für das Einfallen des Amphibolites sowohl im Hangenden als auch im Liegenden einen Winkel von rechnerisch  $\alpha = 62^\circ$ . Da mittels der Gravimetrie über das Streichen keinerlei Aussage gemacht werden kann, ist eine beliebige Rotation der Kontaktflächen zueinander möglich. Unter Voraussetzung paralleler Kontaktflächen ergäbe sich nach Gleichung (4) daher eine Mächtigkeit von  $\Delta z' = 210$  m (Fall 1). Auswertungen der Images des Formation MicroScanners scheinen jedoch zu bestätigen, dass im vorliegenden Abschnitt die obere und untere Kontaktfläche entgegengesetzt zueinander einfallen (Fall 2), wodurch eine Berechnung der Mächtigkeit hinfällig wird. Analog zu Abschnitt I ergibt sich für den Abschnitt II ein rechnerischer Winkel von  $\alpha = 79^\circ$  und für den Abschnitt III ein solcher von  $\alpha = 56^\circ$ .

### Schlussfolgerungen

Wird das gesamte Vertikalprofil betrachtet, so ist der geringe Unterschied zwischen der kleinsten und der grössten ermittelten BHGM-Dichte im Vergleich zur Logdichte auffällig. Während im Gneis gute Übereinstimmungen herrschen, wurden die durchteuften Amphibolite mit ihren gegenüber dem Gneis grösseren Dichtewerten durch die Gravimetrie nur mit scheinbaren Dichten, die geringer als die tatsächlichen Werte sind, wiedergegeben. Dies führt dazu, dass die über das gesamte Profil gemittelte BHGM-Dichte nur etwa der mittleren Logdichte der Gneise entspricht.

Abbildung 2: Verlauf der Dichten und schematischer Vertikalschnitt im Teufenintervall 900–2000 m



Übersichtsmässig können beim Vergleich von BHGM-Dichte mit Logdichte 4 Fälle unterschieden werden:

1. BHGM-Dichten und Logdichten sind quasi gleich gross wie bspw. zwischen 675 und 1025 m, 1775 und 2500 m.
2. BHGM-Dichten sind um einen konstanten Betrag geringfügig kleiner als Logdichten wie bspw. von 2700-3125 m und von 3425-3575 m. Diese beiden Fälle kommen ausschliesslich im Gneis vor.
3. BHGM-Dichten sind grösser als Logdichten, was immer dann der Fall ist, wenn Kalibereffekte das Dichtelog und folglich die Logdichte aufgrund von Bohrlochauskesselungen reduzierten.
4. BHGM-Dichten sind beträchtlich kleiner als Logdichten, was immer dann der Fall ist, wenn eine höhere Gesteinsdichte, wie im Amphibolit, vorliegt.

Eine Interpretation der Dichteanomalien im Bereich der Amphibolite ermöglicht die quantitative Bestimmung der steilen Lagerungsverhältnisse. Es treten Einfallswinkel von  $56^{\circ}$  bis  $79^{\circ}$  auf, wobei aufgrund der komplexen geologischen Verhältnisse nichts über deren Mächtigkeiten sowie über die räumliche Anordnung der Amphibolite gesagt werden kann. Hierzu ist ein zweites Profil erforderlich, das möglicherweise in der Hauptbohrung vermessen werden kann.

### Literaturverzeichnis

- Brown, A.R. und Lautzenhiser, T.V. 1982: The effect of dipping beds on a borehole gravimeter survey, Geophysics 47, Seite 25 - 30
- Casten, U. und Gram, Chr. 1989: Recent developments in underground gravity surveys, Geophysical Prospecting 37, Seite 73 - 90
- Casten, U. und Haussmann, U. 1990: Improvement of observation accuracy of LaCoste-Romberg (model D) gravity meter by supplementary installation of electronic feedback. Geophysical Prospecting (in press).
- EDCON, Inc. 1989: Report on a Borehole Gravity Survey in the KTB well in Bavaria. Denver, Colorado, USA 80228
- KTB-Report 90-1 1990: Grundlagenforschung und Bohrloch-geophysik, Hrsg: Draxler

Tabelle 1

BHGM-Dichte (BHGM) sowie gemittelte Logdichte (RHOB) und Kerndichte (RHOK).

Teufe [m]	BHGM g/cm <sup>3</sup>	RHOB g/cm <sup>3</sup>	RHOK g/cm <sup>3</sup>
0024.400	2.625	-	-
0074.400	2.672	2.754	2.827
0124.430	2.706	2.775	2.812
0174.480	2.717	2.729	2.810
0224.530	2.754	2.696	2.823
0274.580	2.761	2.800	2.870
0299.600	2.762	2.753	2.871
0324.700	2.749	2.883	2.974
0349.800	2.709	2.769	2.874
0374.800	2.749	2.933	2.983
0424.800	2.747	2.801	2.856
0474.800	2.731	2.725	2.798
0499.800	2.764	2.243	2.763
0524.850	2.751	2.683	2.780
0549.900	2.744	2.655	2.770
0574.950	2.734	2.590	2.743
0600.000	2.711	2.636	2.739
0625.000	2.713	2.745	2.750
0675.000	2.722	2.733	2.740
0725.000	2.727	2.729	2.734
0775.000	2.728	2.730	2.737
0824.980	2.723	2.745	2.747
0874.930	2.725	2.732	2.737
0924.880			

Teufe [m]	BHGM g/cm <sup>3</sup>	RHOB g/cm <sup>3</sup>	RHOK g/cm <sup>3</sup>
0974.830	2.719	2.734	2.741
1024.780	2.713	2.724	-
1074.730	2.717	2.685	-
1099.700	2.728	2.704	-
1124.700	2.738	2.701	-
1149.700	2.689	2.739	-
1174.700	2.718	2.790	-
1199.700	2.759	2.913	-
1224.630	2.783	2.914	-
1274.480	2.792	2.932	2.930
1324.410	2.792	2.909	2.891
1374.440	2.792	2.963	2.947
1424.460	2.786	2.928	2.982
1474.490	2.774	2.910	2.895
1524.530	2.775	2.907	2.893
1549.550	2.766	2.900	2.912
1574.580	2.768	2.885	2.910
1599.600	2.793	2.860	2.880
1624.580	2.760	2.661	2.819
1649.550	2.731	2.437	2.713
1674.530	2.736	2.646	2.716
1724.480	2.734	2.564	2.723
1774.430	2.734	2.686	2.729
1824.400	2.732	2.733	2.746
1874.400	2.741	2.743	2.749
1924.400	2.736	2.744	2.751



Teufe [m]	BHGM g/cm <sup>3</sup>	RHOB g/cm <sup>3</sup>	RHOK g/cm <sup>3</sup>
1974.400	2.745	2.738	2.763
2024.400	2.734	2.742	2.742
2074.430	2.737	2.738	2.742
2124.480	2.748	2.753	2.756
2174.530	2.727	2.702	2.762
2224.580	2.741	2.718	2.731
2274.600	2.726	2.694	2.749
2324.600	2.738	2.729	2.752
2374.600	2.740	2.744	2.757
2424.600	2.737	2.717	2.734
2449.600	2.729	2.709	2.732
2474.600	2.740	2.739	2.733
2499.600	2.761	2.772	2.768
2524.600	2.759	2.893	2.896
2549.600	2.747	2.856	2.854
2574.600	2.765	2.881	2.874
2599.600	2.695	2.770	2.770
2624.630	2.706	2.764	2.760
2649.650	2.726	2.812	2.765
2674.680	2.750	2.869	2.869
2699.700	2.729	2.838	2.759
2724.740	2.706	2.743	2.750
2774.810	2.700	2.720	2.731
2824.890	2.683	2.720	2.731
2874.960	2.689	2.725	2.740
2925.000	2.689	2.733	2.754

Teufe [m]	BHGM g/cm <sup>3</sup>	RHOB g/cm <sup>3</sup>	RHOK g/cm <sup>3</sup>
2974.970	2.692	2.737	2.751
3024.870	2.676	2.706	2.727
3074.800	2.691	2.717	2.735
3124.730	2.703	2.743	2.751
3174.800	2.713	2.725	2.732
3224.550	2.730	2.736	2.771
3274.450	2.747	2.728	2.738
3324.350	2.724	2.729	2.737
3374.250	2.712	2.717	2.722
3424.200	2.690	2.703	2.713
3474.200	2.662	2.696	2.713
3524.230	2.670	2.709	2.725
3554.260	2.697	2.735	2.748
3559.260	2.686	2.729	2.744
3564.270	2.661	2.722	2.726
3569.270	2.670	2.702	2.739
3574.280	2.717	2.736	2.761
3579.280	2.827	2.911	3.047
3584.290	2.813	2.888	2.948
3624.300	2.807	2.955	2.974
3674.250	2.795	2.957	2.951
3724.200	2.762	2.926	2.924
3774.300	2.825	2.971	2.975
3824.700	2.790	2.934	2.951
3850.000	2.773	2.933	2.925

Tabelle 2

Mittlere Dichten (RHOB, RHOK) sowie Dichtedifferenz zwischen RHOB und BHGM in ausgewählten Intervallen.

Teufe m	BHGM g/cm <sup>3</sup>	RHOB g/cm <sup>3</sup>	RHOK g/cm <sup>3</sup>	RHOB- BHGM g/cm <sup>3</sup>
0074.400				
	2.729	2.783	2.859	0.053
0499.800	2.740	2.561	2.759	-0.179
0625.000	2.721	2.734	2.740	0.012
1024.780	2.717	2.718	-	0.001
1174.480	2.781	2.916	2.918	0.134
1599.600	2.737	2.606	2.736	-0.131
1774.480	2.737	2.731	2.748	-0.006
2499.600	2.734	2.835	2.830	0.100
2699.700	2.691	2.726	2.740	0.034
3124.730	2.719	2.723	2.735	0.003
3424.200	2.673	2.713	2.727	0.038
3574.280	2.794	2.945	2.953	0.151
3850.000				
0074.400				
	2.734	2.765	2.795	0.031
3850.000				

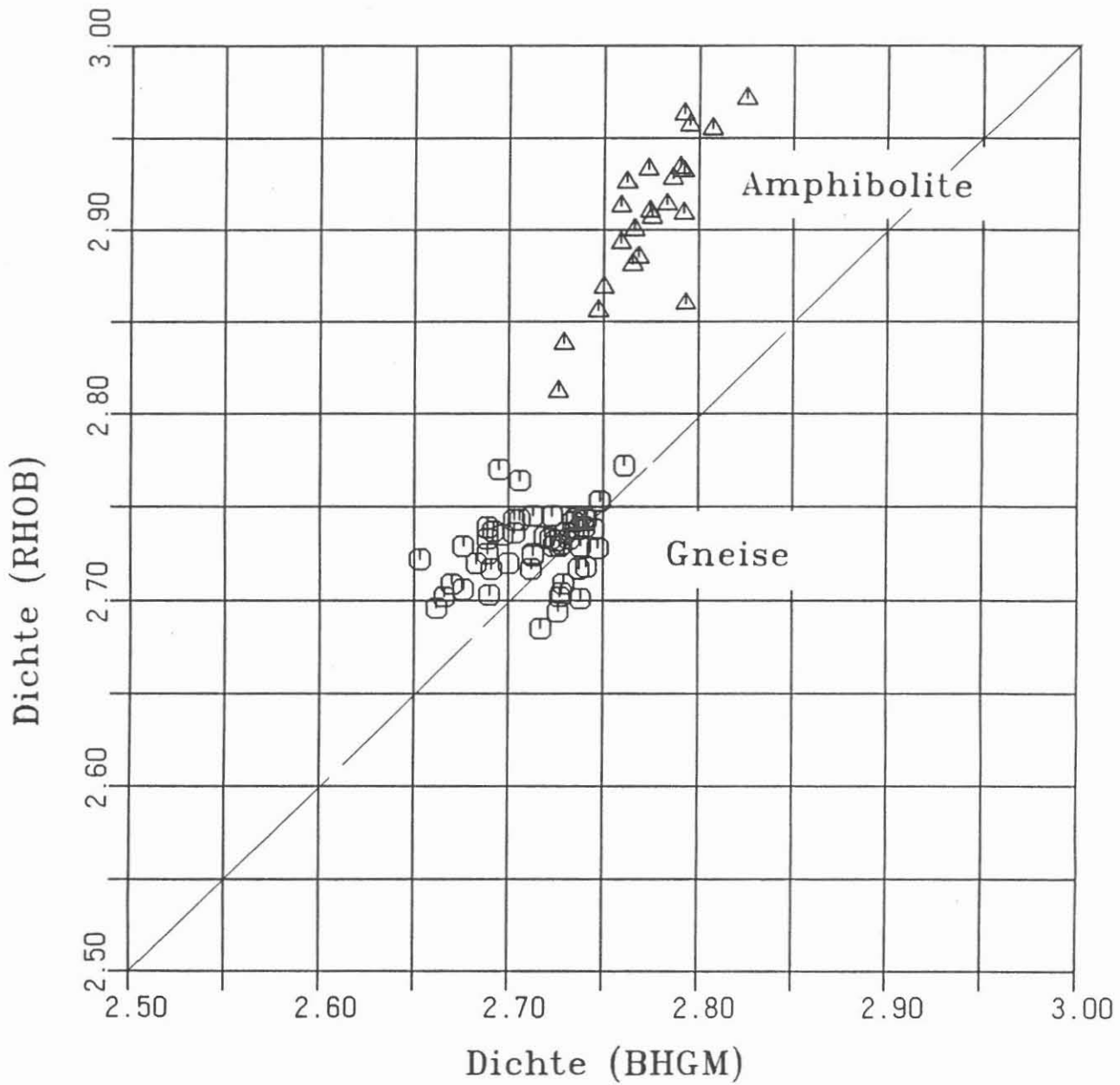
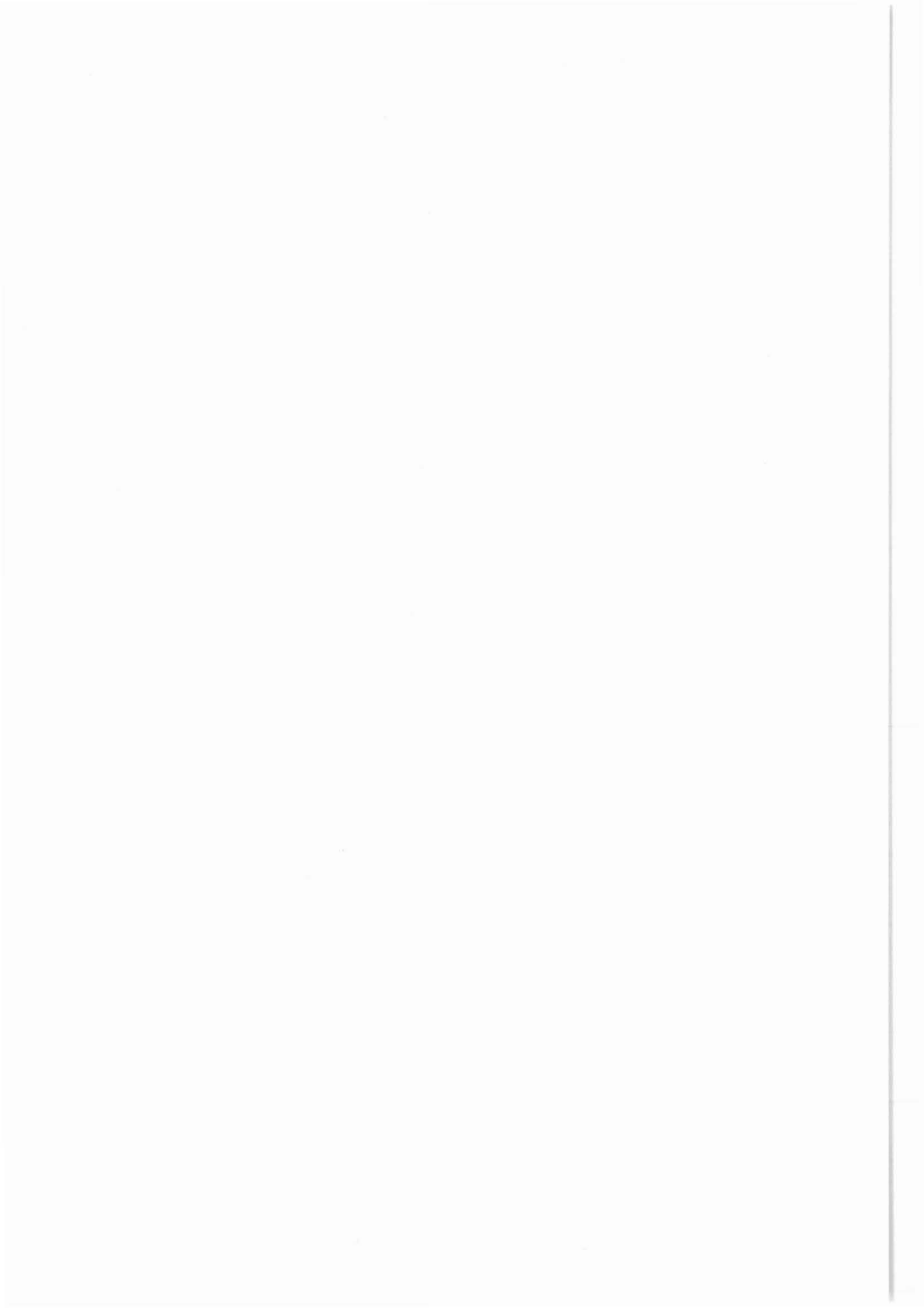


Abbildung 1: Crossplot RHOB vs. BHGM  
im Abschnitt 650 - 3850 m



---

KTB Report 90-1      6 Abb.      1 Anl.      Hannover 1990

---

**VERGLEICH DER ABSORPTION THERMISCHER NEUTRONEN  
GEMESSEN MIT DEN GERÄTEN TDT-P UND GLT (SCHLUMBERGER)  
SOWIE PDK-100 (WESTERN-ATLAS WIRELINE SERVICES).**

H. Gatto

**ZUSAMMENFASSUNG**

Im Verlauf der ersten Messerie von 22-478 m wurde auch der Einfangquerschnitt  $\Sigma$  (sigma) für thermische Neutronen in "capture units" [cu] ermittelt. Normalerweise wird  $\Sigma$  zur Berechnung der quantitativen Sättigungsverhältnisse (Öl/Gas/Wasser) in unmittelbarer Umgebung des Bohrlochs benötigt. Es kann aber auch - wie in dieser Bohrung - Aufschlüsse über die Absorptionsrate thermischer Neutronen des Gebirges geben.

Um Vergleichsstudien durchzuführen, wurden dazu drei unterschiedliche Geräte eingesetzt, und zwar zwei der Fa. Schlumberger und eines von Western-Atlas Wireline Services, im nachfolgenden kurz W-A genannt. Während das Thermal Decay Time Gerät (TDT-P) von Schlumberger und das Pulsed Decay-100 Gerät (PDK-100) von W-A ausschliesslich zur Bestimmung von  $\Sigma$  konzipiert wurden, dient das Geochemical Logging Tool (GLT) von Schlumberger in erster Linie zur Aufzeichnung von Gammastrahlenspektren, wobei ein  $\Sigma$  automatisch mitgeliefert wird.

Das allen Geräten zugrundeliegende Messprinzip beruht auf dem Zerfall thermischer Neutronen, welche ursprünglich von einer schnell pulsierenden elektronischen Neutronenquelle (Minitron) mit einer Energie von 14 MeV ins Gebirge abgestrahlt werden. Durch Zusammenstösse mit Nukliden werden diese Neutronen solange abgebremst, bis sie ihren thermischen Zustand erreichen, um dann von einem Kern eingefangen zu werden. Je nach Gerätetyp werden entweder diese Neutronen selbst oder vorzugsweise die bei der Absorption emittierten Gammastrahlen gemessen.

Bei der KTB-Bohrung VB waren die Voraussetzungen zur Bestimmung von  $\Sigma$  ungünstig, da mangels Kontrast zwischen dem  $\Sigma$  des Gebirges und jenem des Bohrlochs ersteres negativ beeinflusst wurde.

**COMPARISON OF THE ABSORPTION RATE OF THERMAL NEUTRONS  
MEASURED WITH TOOLS LIKE TDT-P, GLT (SCHLUMBERGER)  
AND PDK-100 (WESTERN-ATLAS WIRELINE SERVICES).**

**SUMMARY**

The capture cross section  $\Sigma$  (sigma) for thermal neutrons, expressed in "capture units" [cu], was as well recorded during the first KTB logging suite from 22-478 m. Normally this parameter is required to calculate the saturation of oil, gas and water in the vicinity of the bore hole. In the absence of any significant porosity it reveals also the absorption rate of the formation.

Three tools were run, two of them from Schlumberger, the other one from Western Atlas Wireline Services, and a study made to compare their results. The Thermal Decay Time Tool (TDT-P) from Schlumberger and the Pulsed Decay-100 Tool of Western Atlas were conceived to determine  $\Sigma$  only. In contrast, the Geochemical Logging Tool (GLT) from Schlumberger is primarily used to obtain the carbon/oxygen ratio and the concentration of rock forming elements.

The principle of all tools is based on the rate of decay of thermal neutrons. Fast neutrons with an energy of 14 MeV are emitted from a neutron generator, called minitron, which, by the way of collisions with nucleids of the formation, are slowed down successively, until they reach their thermal energy of 0.025 eV. At this stage they are captured by a nucleus which in turn emits a gamma ray of capture.

The conditions to determine  $\Sigma$  in the pilot borehole KTB-Oberpfalz VB were most unfavorable due to the lack of contrast between the  $\Sigma$  of the formation and that of the mud. In such a case, the true  $\Sigma$  of the formation is affected by the latter and cannot be corrected for.

---

Anschrift des Autors: Konsulent für Bohrlochgeophysik,  
Auftragnehmer des Niedersächsischen Landesamtes für Boden-  
forschung, KTB-Projektleitung, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51

## 1 Einleitung

Die Absorption thermischer Neutronen ist von dem Einfangquerschnitt  $\Sigma$  der Elemente bzw. Minerale eines Gesteins und der Porenfüllung abhängig. In der Erdölindustrie dient  $\Sigma$  im wesentlichen zur Bestimmung der Sättigungsverhältnisse von Öl/Gas/Wasser im Speichergestein.

Messungen zur Bestimmung des Einfangquerschnitts  $\Sigma$  in kristallinen Gesteinen sind bisher nicht analysiert und dokumentiert worden. Im folgenden sollen deshalb die erzielten Messergebnisse erst einmal überprüft und verglichen werden.

## 2 Bestimmung der Absorption thermischer Neutronen

Die von einer schnell pulsierenden elektronischen Neutronenquelle ausgesandten Neutronen werden durch Zusammenstöße mit Nukliden solange abgebremst, bis sie ihren thermischen Zustand (0.025 eV) erreichen. Innerhalb einer Zeitspanne von 5-900 Mikrosekunden werden sie von einem Kern unter Aussendung eines Gammaquants absorbiert. Die Absorption von Neutronen ist exponentiell und gehorcht einem statistischen Gesetz. Es besagt, dass in jedem Punkt im Raum zu gleichen Zeiten stets der gleiche Bruchteil der noch vorhandenen Neutronen von Kernen eingefangen wird. Sind zur Zeit  $t$  noch  $N$  thermische Neutronen vorhanden, so sind die im nächsten Zeitelement  $\delta t$  absorbierten Neutronen  $\delta N$  der Anzahl  $N$  und der Zeitspanne  $\delta t$  proportional. Es gilt also die Gleichung:

$$\delta N = - N \lambda \delta t, \quad (1)$$

mit:

$\lambda$  .... Zerfallskonstante

$\delta N$  ... Anzahl der absorbierten Neutronen in der Zeit  $\delta t$ .

Der Betrag  $\delta N$  ist also bei gegebenem  $N$  umso grösser, je grösser die Zerfallskonstante  $\lambda$  ist und ein Mass für die Wahrscheinlichkeit der Absorption eines Neutrons innerhalb der Zeiteinheit. Dieser Betrag  $\delta N$  ist auch äquivalent dem Produkt aus Einfangquerschnitt mal der mittleren Geschwindigkeit thermischer Neutronen  $\Sigma v$  oder der reziproken mittleren Lebensdauer (Zerfallszeit)  $\tau$ . Die mittlere Lebensdauer  $\tau$  ist dabei jene Zeit, die von einem gegebenen Zeitpunkt an verstreicht, bis ein Neutron zerfällt. Sie ist gleich der Zeit, in der die Anzahl der noch vorhandenen Neutronen auf den Wert  $1/e$ , also 37% ihres Anfangswertes gesunken ist.

Zwischen  $\tau$  und  $\Sigma$  besteht somit die Beziehung:

$$\tau = 1/v\Sigma = 4,55/\Sigma, \quad (2)$$

mit:



$\tau$  .... Zerfallszeit in  $\mu s$   
 $v$  .... Geschw. therm. Neutronen (2200 m/s bei 23 °C)  
 $\Sigma$  .... makroskopischer Einfangquerschnitt in  $cm^2/cm^3$ .

Die Lösung obiger Gleichung der zum Zeitpunkt  $t_1$  noch vorhandenen Neutronen pro  $cm^3$  lautet daher:

$$N_1 = N_0 e^{-\lambda t_1} \quad (3)$$

oder gleich:

$$N_1 = N_0 e^{-\Sigma v t_1} \quad (4)$$

oder gleich:

$$N_1 = N_0 e^{-t_1/\tau} \quad (5)$$

Aus praktischen Gründen wird  $\Sigma$  auf Logs stets in "Capture Units" (cu) angegeben, wobei 1 cu der Einheit von  $10^{-3} cm^2/cm^3$  entspricht. Alsdann gilt:

$$\tau = 4550 / \Sigma . \quad (6)$$

Der Einfangquerschnitt  $\Sigma$  eines Gesteins setzt sich aus der Summe der Einfangquerschnitte  $\Sigma$  der einzelnen Mineralien, multipliziert mit dem jeweiligen volumetrischen Anteil, zusammen:

$$\Sigma_{abs} = \sum_{i=1}^{i=n} V_i \Sigma_i \quad (7)$$

mit:

$V_i$  .... Volumen des Minerals  $i$   
 $\Sigma_i$  .... Einfangquerschnitt des Minerals  $i$ .

Eine wichtige Rolle spielen dabei auch gewisse Spurenelemente, wie bspw. Gadolinium, Bor etc, die aufgrund ihres extrem hohen Einfangquerschnittes trotz des geringen Vorkommens das  $\Sigma$  entscheidend beeinflussen können.

Unter realen Loggingbedingungen ist die Zählrate, hervorgerufen durch Reaktionen thermischer Neutronen, nicht nur eine Funktion des Einfangquerschnittes der umgebenden Media, sondern auch der Diffusion der Neutronen. Darunter versteht man eine scheinbar zufällige Migration von Neutronen in jede beliebige Richtung. Es besteht jedoch die Tendenz, dass dieser Vorgang vorzugsweise von Zonen höherer Neutronendichte zu jenen einer geringeren abläuft. Diese Grösse ist nur durch Modellrechnungen erfassbar, da selbst in einem homogenen Medium ihr Betrag nicht konstant ist.

### 3 Eingesetzte Bohrlochsonden

Auf die unterschiedlichen Geräte der Firmen soll hier nur kurz eingegangen werden. Der interessierte Leser sei zwecks Vertiefung in die Materie auf die Arbeiten von DRESSER ATLAS (1985), SCHLUMBERGER (1988) und SERRA (1984) verwiesen.

Das PDK-100 (Pulsed Decay-100) von Western-Atlas ist ein Logginggerät mit einem Durchmesser von  $1 \frac{11}{16}$ " (4.3 cm). Es verfügt über 100 Kanäle, wobei die Signale während 1000  $\mu$ s in Abständen von 10  $\mu$ s mittels zweier Detektoren aufgezeichnet werden. Wie bei den meisten Systemen, so werden auch hier die eintreffenden Gammastrahlen gemessen, da diese den eingefangenen Neutronen proportional sind. Dies hat den Vorteil, dass die Eindringtiefe erhöht wird, da die Reichweite der Gammastrahlen jene der Neutronen übertrifft.

Mit der Einführung dieses Gerätes wird sowohl ein  $\Sigma$  der Formation als auch ein  $\Sigma$  des Bohrlochs (Spülflüssigkeit) mittels diskreter Fenster aufgezeichnet. Für die jedem Detektor charakteristische Totzeit, also jene Zeit, in der durch die Prozessierung eines Pulses kein weiterer akzeptiert werden kann, wird automatisch korrigiert. Ebenfalls gemessen werden die Gammastrahlen, welche durch inelastische Stöße während des Neutronenfluxes auftreten sowie die Hintergrundstrahlung, die vom eigentlichen Signal subtrahiert wird. Dadurch ist es möglich,  $\Sigma$  für gewisse Bohrlocheinflüsse und durch eine Auswertung des Gammaskpektrums in einem Computer-Center auch für die Diffusion zu kompensieren.

Beim TDT-P (Dual-Burst Thermal Decay Time) Gerät mit ebenfalls  $1 \frac{11}{16}$ " (4.3 cm) Durchmesser der Fa. Schlumberger wird sowohl für Bohrloch- als auch Diffusionseffekte kompensiert. Hiefür werden während eines Messzyklusses zwei Neutronenpulse unterschiedlicher Dauer initiiert. Jeder der 2 Detektoren ist mit 16 diskreten Fenstern ausgestattet. Diese sind so angebracht, dass durch den Kurzzeitpuls ein weitgehend vom Bohrloch abhängiges und durch den Langzeitpuls ein mehr dem Gebirge entsprechendes  $\Sigma$  ermittelt wird. Dieser Versuch einer separaten Registrierung der beiden Signale ist gewiss ein Vorteil.

Durch die Korrektur für Bohrlocheinflüsse, wie Spülungssalinität und Bohrlochdurchmesser einerseits sowie für die Diffusion andererseits, wird innerhalb gewisser Grenzen ein von der Position und Länge der Fenster sowie des Abstandes der Neutronenquelle von den Detektoren unabhängiges  $\Sigma$  ermittelt. Dadurch sollten auch Messungen in unterschiedlichen Bohrlochflüssigkeiten stets dieselben Resultate ergeben.

Das Diffusionsproblem wird durch die Analyse der exponentiellen Zerfallskurve eines Pulses energiereicher

Neutronen, unter Verwendung eines physikalischen Modells, für einen sphärischen Raum gelöst. Dieses Modell wurde im Labor an vielen Testformationen überprüft und die Resultate in einer Datenbank abgespeichert. Zur Zeit enthält diese Daten für vier Bohrlochdurchmesser (6", 8", 10" und 12"), drei Gesteine (Sandstein, Kalkstein und Dolomit), sowie für fünf unterschiedliche Salinitäten für das Formationswasser und sechs für die Bohrlochflüssigkeit. Laut Firmenangabe konnte damit eine ausgezeichnete Übereinstimmung der so ermittelten Werte für  $\Sigma$  erzielt werden.

Während die beiden vorhin beschriebenen Geräte ausschliesslich zur Berechnung von  $\Sigma$  entwickelt wurden, ist das wesentliche Merkmal des GLT (Geochemical Logging Tool) der Fa. Schlumberger die Aufzeichnung von Gammastrahlenspektren, aus denen z.Z. acht Elemente berechnet werden können. Das  $\Sigma$  wird als zusätzlicher Parameter bestimmt. Rein äusserlich unterscheidet sich dieses Gerät auch durch seinen grösseren Durchmesser von 4 1/4" (mit Borhülse)

Da bei diesem Gerät das  $\Sigma$  als ein willkommenes Zusatzprodukt angesehen werden kann und wohl kaum zu dessen alleiniger Ermittlung eingesetzt wird, muss das Resultat für quantitative Berechnungen noch nachträglichen Korrekturen für Bohrloch- und Diffusionseffekte unterzogen werden. Für die derzeit absehbaren Anwendungsmöglichkeiten von  $\Sigma$  in kristallinen Gesteinen würde dies jedoch kein Nachteil sein.

#### 4 Diskussion

Die in den Tabellen, Abbildungen und Anlagen verwendeten Kürzel haben folgende Bedeutung:

SIG-T ...  $\Sigma$  vom TDT-P  
SIG-G ...  $\Sigma$  vom GLT  
SIG-P ...  $\Sigma$  von PDK-100

In Anl. 1 sind die Messergebnisse als Log dargestellt. Die von den Servicefirmen gelieferten Daten für  $\Sigma$  sind hier unverändert wiedergegeben, jedoch zwecks einer optisch besseren Darstellung im Massstab 1:500, geglättet worden. In der linken Spalte sind das Gamma-Ray und das Kaliber, in der mittleren die 3  $\Sigma$  der verschiedenen Geräte sowie das Gadolinium und in der nächsten die Differenz von SIG-T minus SIG-P sowie SIG-T minus SIG-G dargestellt. Dabei fällt auf, dass die Differenz zwischen SIG-T und SIG-P bei kleinerem  $\Sigma$  grösser ist und umgekehrt, wie beispielsweise bei 130m und von 432-455 m. Es scheint also, dass bei einem  $\Sigma$ , welches annähernd dem  $\Sigma$  des Bohrlochs entspricht, beide Geräte von diesem stark beeinflusst sind, bei kleinerem  $\Sigma$  aber das PDK-100 mehr als das TDT-P.

Dass das GLT das höchste  $\Sigma$  misst, überrascht nicht, da noch eine nachträgliche Korrektur für Bohrloch- und Diffusionseffekte anzubringen wäre. Man sieht jedoch, dass diese Kurve (SIG-G) annähernd parallel zu SIG-T verläuft, was auch auf der Differenzkurve (SIG-T minus SIG-G) zum Ausdruck kommt, und im Mittel 2 cu beträgt.

Um den Einfluss von Spurenelementen zu demonstrieren, wurde auch das Gadolinium geplottet. Deutlich erkennbar ist dabei die Zunahme von  $\Sigma$  immer dann, wenn das Gadolinium Maximalwerte erreicht, wie z.B. von 148 bis 165 m, 245 bis 262 m und 308 bis 335 m. Man erkennt aber auch, dass dies nur bis zur Sättigungsschwelle von ca. 26 cu der Fall ist, was bedeutet, dass ein höheres  $\Sigma$  im Gebirge nicht registriert werden konnte.

Zur besseren Übersicht wurden die Werte auch tabellarisch zusammengefasst. Tab. 1 repräsentiert die Ergebnisse im Abschnitt von 90-430 m. Hierbei zeigt sich, dass das TDT-P Gerät im Mittel das niedrigste  $\Sigma$ , das GLT das höchste und das PDK-100 eines zwischen den beiden anderen registriert.

Tabelle 1

Teufenintervall = 90.00 - 430.00 m				
Name	Min.	Max.	Mittel	Einheit
SIG-T (Schlum)	10.535	26.231	21.939	cu
SIG-G (Schlum)	13.046	34.027	24.384	cu
SIG-P (W-A)	13.960	27.280	23.032	cu

Die einzige Strecke mit einem Monomineral und daher ideal zur Überprüfung der Messgenauigkeit der Geräte, entsprechend ihren Spezifikationen, wäre das Marmorintervall von 129 bis 131 m (Tab. 2). Für dieses sollte das wahre  $\Sigma$  7.08 cu, SCHLUMBERGER Log Interpretation Charts, (1989, S.142), betragen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass ein reiner Calcit, ohne irgendwelche Verunreinigungen durch Elemente mit grossem Einfangquerschnitt für thermische Neutronen, vorliegt. Einzig Gadolinium kann als Verursacher eines hohen  $\Sigma$  ausgeschlossen werden.

Wegen der geringen Schichtmächtigkeit wurde ein Vergleich mit dem jeweiligen Minimum durchgeführt, wobei das SIG-T um 3.5 cu (48%), das SIG-G um 6,0 cu (84%) und das SIG-P um 6,7 cu (97%) über den im Labor ermittelten Wert liegt. Die grosse Diskrepanz zwischen den gemessenen Werten und jenem des Labors ist daher auf Bohrloch- und Diffusionseffekte zurückzuführen.

Tabelle 2

Teufenintervall = 129.00 - 131.00 m

---

Name	Min.	Max.	Mittel	Einheit
SIG-T (Schlum)	10.535	14.955	11.778	cu
SIG-G (Schlum)	13.046	16.428	14.123	cu
SIG-P (W-A)	13.960	18.655	15.396	cu

Normalerweise werden alle diese Geräte fast ausschliesslich im verrohrten Bohrloch eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass durch das grosse  $\Sigma$  der Verrohrung, der unerwünschte Bohrlocheffekt beendet ist, bevor der eigentliche Messvorgang zur Ermittlung des Formationssignals beginnt und daher jenes nur wenig beeinflusst. Dies ist auf den hohen Einfangquerschnitt des Eisens von 220 cu zurückzuführen und kann z.B. durch eine salzgesättigte Bohrlochflüssigkeit (ca. 140 cu) noch positiv unterstützt werden.

Bei der KTB-Bohrung VB waren diese Voraussetzungen nicht gegeben. Zum Zeitpunkt der Messung war das Bohrloch noch nicht verrohrt. Die in einer speziellen Apparatur von Schlumberger vorgenommene Messung der Bohrlochflüssigkeit ergab ein  $\Sigma$  von 23 cu, was ziemlich genau dem durchschnittlichen  $\Sigma$  der Formation entspricht. Dieser Mangel an Kontrast bedeutet aber, dass bei etwa gleich grossem oder noch grösserem  $\Sigma$  als jenes des Bohrlochs von etwa 26 cu (Flüssigkeit + Gerät) die beiden Signale nicht mehr voneinander getrennt werden können und das Formationssignal entscheidend vom Bohrlochsignal überlagert wird. Als zusätzlicher Nachteil erwies sich unter diesen Bedingungen der relativ grosse Bohrlochdurchmesser von 10 5/8" und die darüber hinausgehenden Auskesselungen.

Aus diesen Überlegungen wäre eine Messung nach Einbau der Verrohrung oder aber durch das Seilkerngestänge eventuell zweckmässiger gewesen. Ob dies die Resultate entscheidend verbessern würde, ist nicht abschätzbar, könnte aber bei einer der nächsten Einfahrten mit dem Geochemical Logging Tool nachträglich kontrolliert werden.

## 5 Schlussfolgerung

Unter den eben geschilderten Bedingungen waren die Voraussetzungen zur Ermittlung des wahren  $\Sigma$  denkbar ungünstig. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das wahre  $\Sigma$  des Gebirges unterhalb einer Schwelle von ca. 23 cu ( $\Sigma$  Bohrloch) stets noch kleiner sein sollte als das gemessene, und bei einem gleich grossen oder noch grösseren als jenes des Bohrlochs, überhaupt kein brauchbares Resultat vorliegt.

Der Einsatz dieser 3 Geräte war deshalb interessant, weil dadurch der Vergleich zwischen einem anlässlich der Messung diffusions-korrigierten  $\Sigma$  (TDT-P) sowie einem teilweise korrigiertem  $\Sigma$  (PDK-100) und einem unkorrigierten  $\Sigma$  (GLT) ermöglicht wurde. Wie in Anl. 1 ersichtlich, ist die Differenz der  $\Sigma$  zwischen TDT-P und GLT um den in Grenzen konstanten Betrag von durchschnittlich 2.4 cu der Diffusion verschieden. Das  $\Sigma$  des PDK-100 hingegen schwankt zwischen dem korrigierten und nicht korrigierten  $\Sigma$ . Vor allem im Bereich des Marmors weist das anlässlich der Messung registrierte  $\Sigma$  von Western-Atlas die grösste Abweichung auf, wie aus Tab. 2 hervorgeht.

Abschliessend kann gesagt werden, dass Absolutwerte im Kristallin wenig aussagekräftig sind, da die Präsenz von Spurenelementen das  $\Sigma$  unkontrollierbar beeinflusst. Die Messung kann aber trotzdem zum Erkennen von Schichtgrenzen und Wechsel in der Lithologie herangezogen werden, doch dürfte dazu das automatisch mitgelieferte  $\Sigma$  des GLT-Gerätes für die derzeitigen Anforderungen genügen.

## Literaturverzeichnis

- Dresser Atlas 1985: A New Digital Multiscale Pulsed Neutron Logging System. Atlas Oilfield Services
- Schlumberger 1988: Dual-Burst TDT\* Logging. -B.P.362, 92541 Montrouge Cedex, France, 30 p.
- Schlumberger 1987: Log Interpretation Principles/Applications. -Houston, Texas, 1331 Lamar Suite 1175, 198 p.
- Serra, O. 1984: Fundamentals of Well-log Interpretation. -Elsevier Science Publishers B.V. 1000 AH Amsterdam, POB 330, 423 p.

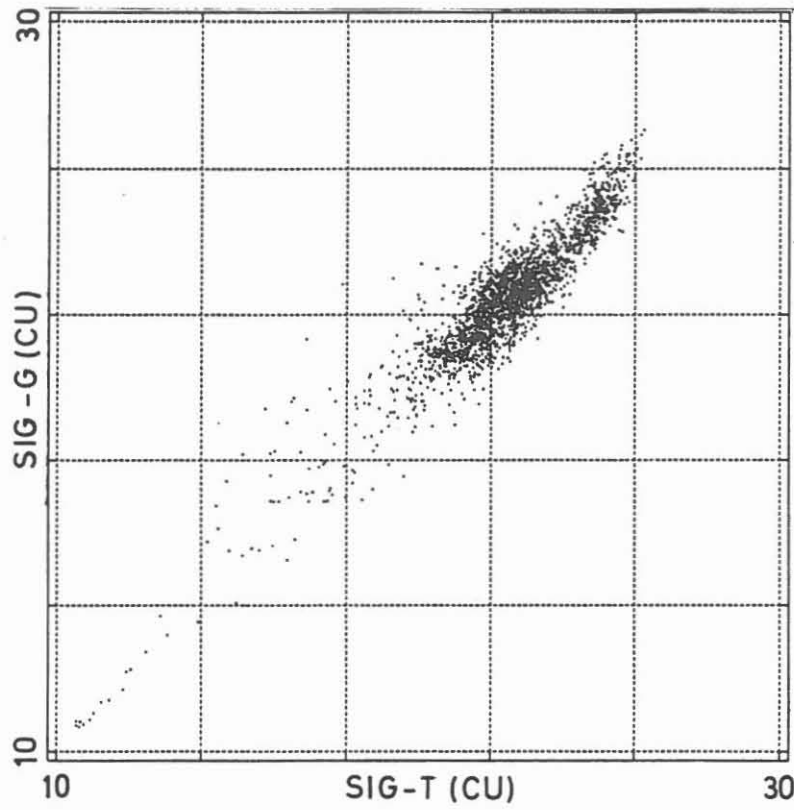


Abbildung 1: Cross Plot im Abschnitt 90 - 430 m

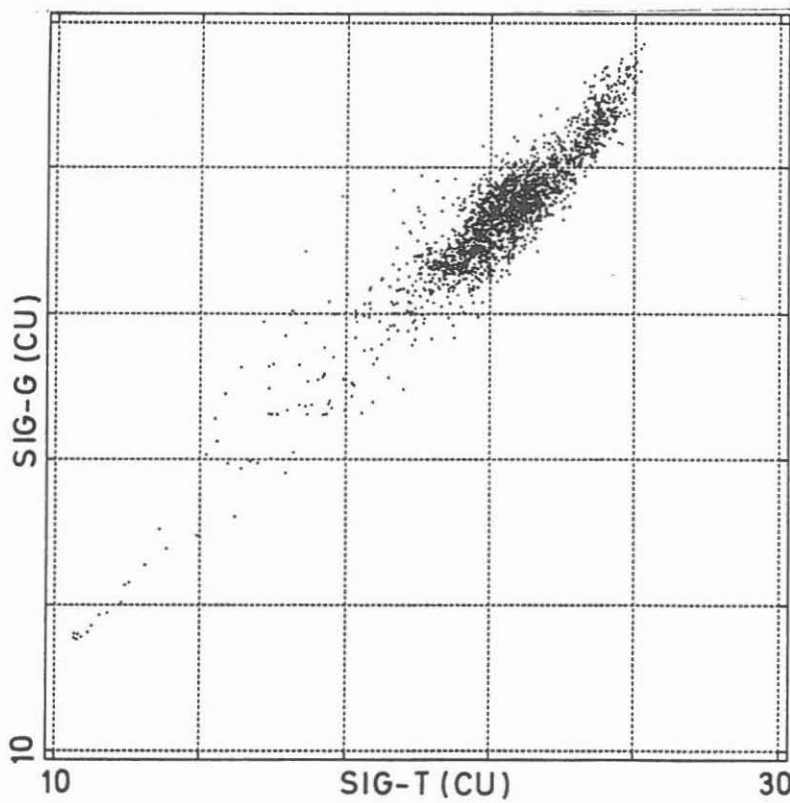


Abbildung 2: Cross Plot im Abschnitt 90 - 430 m

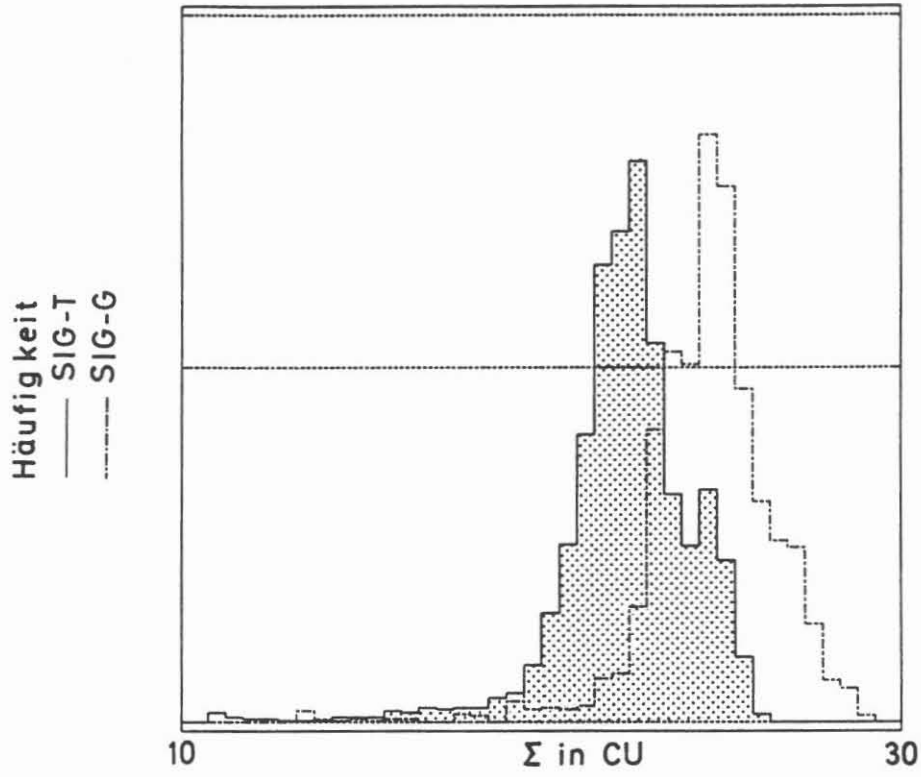


Abbildung 3 : Histogramm im Abschnitt 90 - 430 m

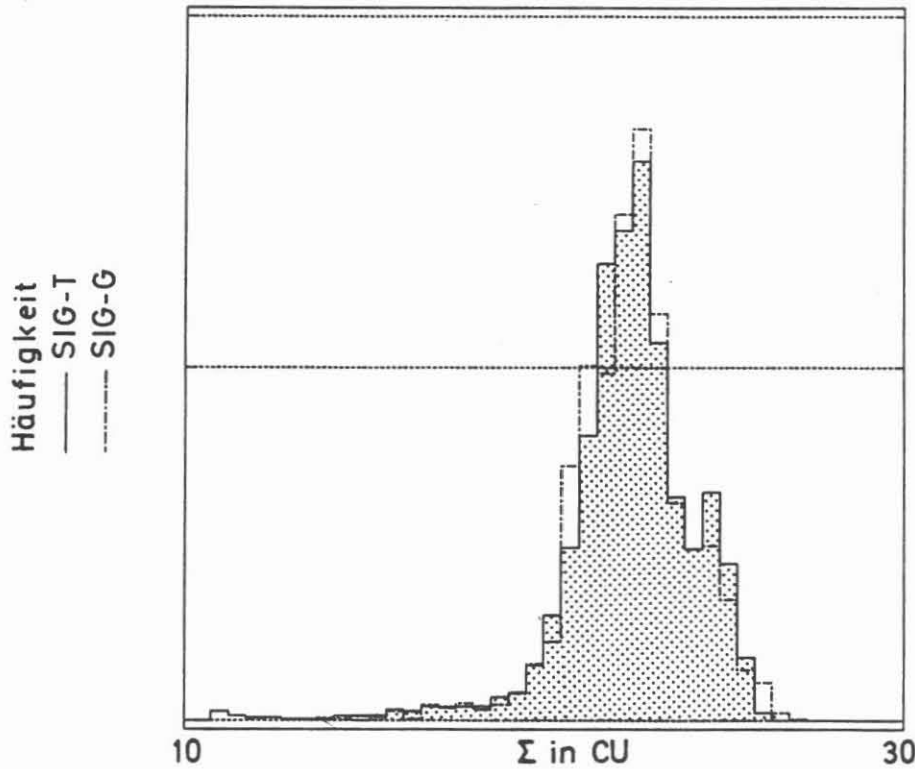


Abbildung 4 : Histogramm im Abschnitt 90 - 430 m



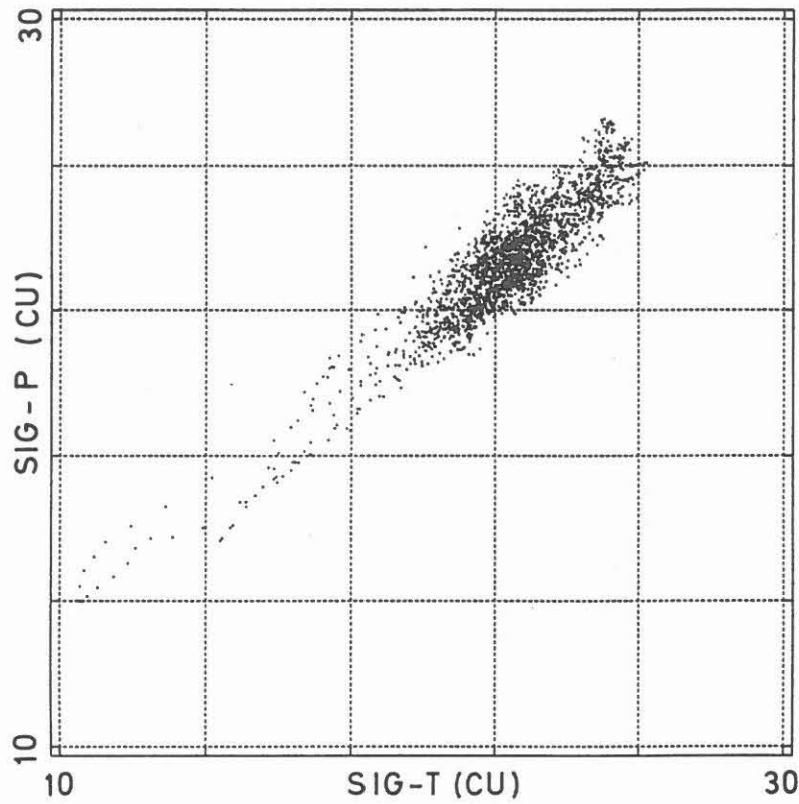


Abbildung 5: Cross Plot im Abschnitt 90 - 430 m

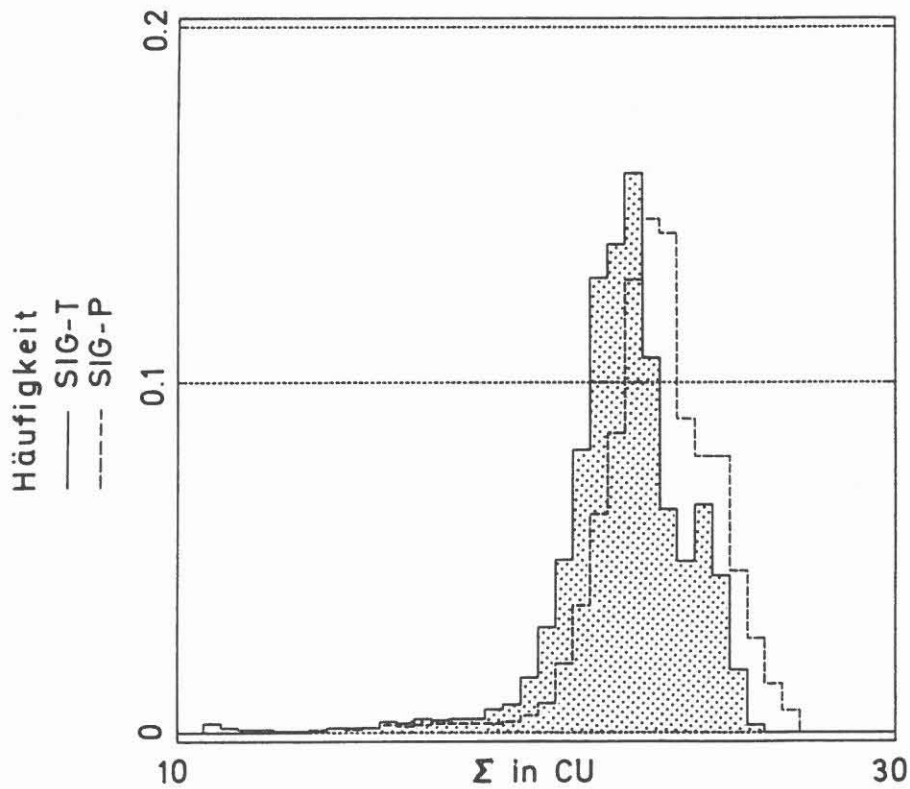


Abbildung 6: Histogramm im Abschnitt 90 - 430 m

**VERGLEICH VON MESSUNGEN DREIER  
GEBÄUHLICHER BOHRLOCH-ORIENTIERUNGSSYSTEME.**

H. Gatto

**ZUSAMMENFASSUNG**

Während des Abteufens einer Bohrung ist die periodische Überprüfung der genauen räumlichen Lage des Meissels bezüglich des auf den an der Oberfläche eingemessenen Koordinatenpunktes von Bedeutung. Die dazu notwendigen Parameter wie Azimut und Neigung der Bohrlochachse werden durch Geräte ermittelt, die sowohl mit als auch ohne ein stromleitendes Kabel eingefahren werden.

In der KTB-VB Pilotbohrung wurden Geräte unterschiedlicher Messprinzipien eingesetzt, die alle ein Kabel zur Datenübertragung benötigen. Diese Instrumente sind beim Messvorgang im Bohrloch entweder zentriert oder exzentriert und können bis auf das Gyroskop nur im unverrohrten Bohrloch gefahren werden.

Insgesamt sind bis kurz nach Beendigung der Bohrung vier verschiedene Geräte zur Bohrlochorientierung eingesetzt worden, was jedoch keinesfalls die Verwendung weiterer ausschliesst. Von diesen wurden drei von der Fa. Schlumberger entwickelt, nämlich das Borehole Geometry Tool (BGT), das Formation MicroScanner Tool (FMST) und ein Gyroskop, das sogenannte Guidance Continuous Tool (GCT). Ein weiteres Gyroskop wurde von der Fa. Preussag bereitgestellt.

Der Vergleich der durchgeführten Messungen zeigt eine gute Übereinstimmung sowohl in bezug auf den Azimut als auch auf die Neigung. Nimmt man die Daten des GCT-Gerätes wegen der grössten Genauigkeit als Referenz, so ist bei 4000 m die Azimutdifferenz zum FMST 1,1 Grad und zum BGT 1,0 Grad. Die Neigungsdifferenz beträgt -0,1 respektive 0,2 Grad.

Eine Beeinflussung des Azimuts der Magnetmessungen (BGT und FMST) durch mögliche magnetische Störkörper in der Umgebung des Bohrloches durch Vergleich mit dem Kreiselkompass konnte nicht nachgewiesen werden. Dies lag zum einen an der Unsicherheit in der Bestimmung des Azimuts bei fast vertikalem Bohrloch, zum anderen an der betragsmässig zu erwartenden kleinen Missweisung.

## COMPARISON OF MEASUREMENTS FROM THREE BOREHOLE-ORIENTATION-SYSTEMS

### SUMMARY

In the process of drilling a well, it is important to check periodically the inclination and deviation of the well axis. These parameters are routinely measured by tools in a continuous way or at discrete stations, which may or may not be attached to a cable.

The here described instruments however require a cable for data transmission. They can be run centralized or eccentralized and, except for the Gyroskop, only in open hole.

Until the end of the drilling phase, a total of four different tools were employed to determine the azimuth and the deviation. Three of them belong to Schlumberger, namely the Borehole Geometry Tool (BGT), the Formation MicroScanner Tool (FMST) and the so called Guidance Continuous Tool (GCT). A further Gyroscope was made available through Preussag, but only run down to a depth of 990 m.

The comparison of the measurements shows good agreement both in azimuth and deviation of the well. Considering the data of the GCT as the most precise and therefore as a reference, the cumulative differences in azimuth at 4000 m to the FMST was found to be 1,1 and to the BGT 1,0 degree. Analogous the differences in deviation was -0,1 respectively 0,2 degree.

An influence of the azimuth measurement from either BGT or FMST due to a supposed magnetic body in the vicinity of the borehole could not be observed when comparing the data with the azimuth from the gyroscope. One reason being the uncertainty of azimuth data in almost vertical borehole sections, the other is the relative small amount of such a possible effect.

---

Anschrift des Autors: Konsulent für Bohrlochgeophysik,  
Auftragnehmer des Niedersächsischen Landesamtes für Boden-  
forschung, KTB-Projektleitung, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51

## 1 Einleitung

Zweck dieser Messungen war es, festzustellen, ob durch magnetische Störkörper in der Umgebung des Bohrloches eine Beeinflussung des geomagnetischen Feldes erfolgt, was sich durch den Vergleich der Azimute zwischen einer magnetfeldorientierten Messung und jener eines Kreiselkompasses herausstellen sollte.

Aus der Fülle der mit diesen Geräten gemessenen Parameter sind für diesen Bericht nur der Azimut und die Bohrlochneigung relevant. Unter Azimut versteht man den Winkel zwischen Nord und der Bohrlochachse, während die Neigung durch den Winkel zwischen der Vertikalen und der Bohrlochachse angegeben wird. Bei sehr kleinen Neigungswinkeln besteht zwischen diesen beiden Grössen eine Abhängigkeit und zwar ist die Ermittlung des Azimuts desto ungenauer, je kleiner die Neigung ist. Bei einem vertikalen Bohrloch ist der Azimut daher unbestimmbar.

## 2 Eingesetzte Geräte

Es folgt nun eine kurze Beschreibung der verwendeten Geräte, wobei sich diejenige für das Gyroskop nur auf das Gerät der Fa. Schlumberger bezieht. Interessierte Leser werden zum genaueren Studium auf die einschlägige Literatur verwiesen.

### 2.1 Bohrhole Geometry Tool (BGT)

Das KTB-eigene Gerät zur Bestimmung des Bohrlochverlaufes wurde von der Fa. Schlumberger erworben. Es besitzt ein mechanisches Orientierungssystem bestehend aus Kompass und Pendel und kann aus diesem Grunde nur im unverrohrten Bohrloch eingesetzt werden. Die Messgenauigkeit hängt von gerätespezifischen und äusseren Faktoren wie Neigungswinkel, einer unerwünschten Rotation des Gerätes selbst, der Zentrierung und einer eventuellen Missweisung durch ein magnetisches Störfeld, ab.

### 2.2 Formation MicroScanner Tool (FMST)

Durch ein elektronisches Orientierungssystem, welches keine beweglichen Teile aufweist, ist eine wesentlich grössere Genauigkeit gewährleistet. Die in dieses Gerät eingebaute Einheit besteht aus einem drei-achsialen Beschleunigungsmesser und drei Fluxgate-Magnetometern. Die Horizontalintensität wird dabei von zwei senkrecht zur Geräteachse und um 90 Grad versetzte und die Vertikalintensität durch ein zur Geräteachse paralleles Magnetometer gemessen. Daraus lässt sich unter Einbeziehung der Accelerometer-Daten die Richtung und Neigung der Bohrlochachse berechnen. Der dabei auftretende azimutale

Fehler ist eine Funktion der Bohrlochneigung und der magnetischen Inklination des Beobachtungsortes. Dazu wird von der Fa. Schlumberger bspw. für eine Neigung von 5 Grad und der geographischen Breite der Lokation ein Fehler von  $\pm 0,5$  Grad für die magnetische Nordweisung und ein solcher von  $\pm 0,2$  Grad für die Bohrlochneigung angegeben.

Während der Messung wird die korrekte Funktionsweise des Instrumentes durch eine interne Logik kontinuierlich überprüft. Dazu werden einerseits die Accelerometer-Daten vektorieLL addiert und mit dem Erdschwerefeld verglichen, andererseits die Magnetometer-Daten mit jenen des Erdmagnetfeldes.

### 2.3 Guidance Continuous Tool (GCT) bzw. Gyroskop

Für Präzisionsmessungen wird im allgemeinen ein Kreiselkompass verwendet. Von diesem Gerätetyp wurde sowohl ein Instrument der Fa. Schlumberger als auch eines der Fa. Preussag eingesetzt, wobei letzteres nur bis in eine Teufe von 990m gefahren wurde. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich ausschliesslich auf das Gerät der Fa. Schlumberger.

Das System basiert auf einem 2-achsialen Gyroskop, dessen Drehmomentenachse stets horizontal und nach dem geographischen Nordpol ausgerichtet bleibt. Aus diesem Grunde kann es auch im verrohrten Bohrloch eingesetzt werden und wird auch durch magnetische Anomalien nicht beeinflusst. Zur Messeinheit gehört ferner ein 2-achsialer Beschleunigungsmesser. Der Azimut und die Neigung werden durch Kombination sämtlicher Signale dieser Sensoren abgeleitet. Der Fehler in der Azimutbestimmung mit dem Kreiselkompass wird mit weniger als 0,1 Grad bei einem Drift von weniger als 0,1 Grad pro Stunde angegeben.

Gemessen wird sowohl beim Einfahren als auch beim Aufziehen des Gerätes und zwar alle 10 Sekunden, was bei der empfohlenen Kabelgeschwindigkeit je einen Output im Abstand ca. von 8 bis 9 m ergibt. Ausser dem Azimut und der Neigung werden noch kontinuierlich die x,y-Koordinaten, die vertikale Teufe sowie die Richtungsänderung pro 10 m berechnet. Durch das 2-malige Messen müsste theoretisch wieder der Ausgangspunkt erreicht werden. Die Abweichung in der Nord/Südrichtung (y) sowie Ost/Westrichtung (x) darf dabei nicht grösser sein als:

$$x,y \leq 2(0,4(\cos 45^\circ / \cos L H) + 0,6D).$$

wobei

L ... Geographische Breite

H ... Horizontale Abstand für die jeweilige Richtung

D ... Kabelteufe

bedeuten.

Dieses Gerät überprüft sich gewissermassen selbst, wovon aber ein inherenter Fehler in Azimut bzw. Neigung nicht tangiert wird.

### 3 Diskussion der Messdaten

Aus drucktechnischen Gründen wurde der erbohrte Bereich in vier Intervalle (Anl.1a-1d) zu je 1000m, im Massstab 1:2000, unterteilt. Da die Breite ebenfalls vorgegeben war, musste möglichst viel Information in kompakter Form unter Berücksichtigung der notwendigen Übersicht wiedergegeben werden.

In der linken Spalte sind das Kaliber (punktierte Linie) zur Beurteilung der Datenqualität sowie die Gammastrahlung (volle Linie) zur besseren geologischen Übersicht, dargestellt. Die mittlere Spalte umfasst die Azimute des BGT-Gerätes (strichliert) und des FMST-Gerätes (voll). Entsprechend der Datenaufzeichnung sind beim Gyroskop die Messstationen für den Azimut durch Symbole dargestellt und zwar kleine Kreise für jene von Schlumberger und Kreuze für jene von Preussag. Ausserdem beinhaltet diese Spalte noch die Azimut-Differenzen zwischen Kreiselkompass und den Magnetmessungen. Ganz rechts sind analog die entsprechenden Bohrlochsneigungen geplottet.

#### 3.1 Abschnitt 0 - 1000m

Für die ersten 1000 m (Anl.1a) sind die Azimute erst ab Rohrschuh direkt vergleichbar. Im Bereich der Verrohrung wurden nämlich die Magnetmessungen vor, die Gyromessungen jedoch erst nach der Einbringung derselben, durchgeführt. Dies führte zu unterschiedlichen Ausgangsbedingungen, da durch die Kaliberausstellungen die Zentrierung der Geräte und folglich ihre parallele Lage zur Bohrlochachse wesentlich schwieriger ist als innerhalb der Verrohrung. Die Differenzen sind also erst ab 480 m berechnet worden und zwar in bezug auf den Kreiselkompass. Eine Lücke besteht auch zwischen 690 und 730m beim Passieren der Nordrichtung, da der Sprung beim Wechsel von 360 nach 0 Grad durch die sehr langsame Richtungsänderung der Geräte um den Betrag ihrer Azimut-Differenzen in unterschiedlichen Teufen erfasst wurde.

Im Beobachtungsbereich ist die azimutale Differenz zum FMST nahezu konstant und hinkt dem Gyro mit ca. einem Grad nach. Der Azimut des BGT hingegen eilt im oberen Abschnitt (480 - 690 m) dem Gyro mit ca. 6 Grad voraus, um im darunterliegenden mit ca. 3 Grad nachzuhinken. Daraus kann geschlossen werden, dass der Nullpunkt für den Azimut des BGT-Gerätes nachkalibriert werden müsste, um eine bessere Übereinstimmung mit dem Gyro zu erzielen.

Wie schon erwähnt, ist die Unsicherheit in der Azimutbestimmung eine Funktion der Bohrlochneigung, sodass unterhalb von ca. einem Grad grössere Differenzen zwischen den Messungen auftreten können. Dies trifft vor allem auf den fast vertikalen, verrohrten Abschnitt zu. Aus diesem Grunde ist es nicht möglich, ein etwaiges magnetisches Störfeld zu identifizieren. Unterhalb der Verrohrung ist die Azimutdifferenz nahezu konstant, sodass eine Beeinflussung der magnetischen Nordweisung nicht beobachtet werden kann.

Während die Neigung in den ersten 500 m nur 2 Grad erreichte, ist mit zunehmender Tiefe ein wesentlich grösserer Gradient zu beobachten. Aus diesem Grunde wurde bei 992 m mit Richtbohrarbeiten begonnen, die im nächst tieferen Abschnitt (Anl.1b) besprochen werden.

Der Vergleich der Neigungsmessungen kann als sehr gut bezeichnet werden, insbesondere ab 600 m aufgrund des masshaltigen Bohrloches. Im Durchschnitt ist die Neigung des BGT geringfügig kleiner (0,2 Grad), die des FMST etwas grösser (0,1 Grad) als jene des Gyro.

Die Gyromessung durch die Fa. Preussag wurde innerhalb des Gestänges durchgeführt, was den Bewegungsspielraum des Gerätes zusätzlich einengte. Trotzdem treten mitunter erhebliche Abweichungen sowohl im Azimut als auch in der Neigung im Vergleich zu den anderen Messungen auf, die teils unterhalb, teils oberhalb jener liegen. Wahrscheinlich ist dies auf ein Pendeln des Gerätes zurückzuführen. Da diese Messung nur bis 990 m vorliegt, konnte sie für Vergleichsstudien bezogen auf den Endpunkt der Bohrung nicht herangezogen werden.

Trotz der bei 992 m einsetzenden Richtbohrarbeiten ist vorerst im Abschnitt von 1000-2000 m (Anl.1b) nach kurzem Rückgang ein weiterer Neigungsaufbau zu sehen, der bei 1060 m mit 11 Grad den maximalen Wert der Bohrung erreichte. Dieser reduzierte sich dann bis zum Ende des Richtbohrens bei 1228,8 m auf 1 Grad, wobei sich im selben Intervall der Azimut um 70 Grad, nämlich von 40 auf 330 Grad zurückdrehte.

In den hier erbohrten Amphiboliten tritt bis zum Kontakt mit den Gneisen keine nennenswerte Neigungs- bzw. Azimutänderung auf. Die grösseren Differenzen in den Azimutwerten sind daher in erster Linie auf die geringe Bohrlochneigung zurückzuführen. Ob darüberhinaus ein vermutetes Störfeld in den hier auftretenden Amphiboliten die Ursache sein könnte, ist zwar möglich, jedoch nicht feststellbar.

Der mit dem Erreichen der Gneise bei 1610 einsetzende Neigungsaufbau wurde durch eine weitere Richtbohrarbeit von 1677 bis 1802 m beeinflusst. Aufgrund einer Havarie ist das ursprüngliche Bohrloch der Bohrung VB-1 von 1998 - 1649 m zurückzementiert und bei 1677 m abgelenkt worden und trägt ab 1678 m die Bezeichnung VB-1a. Das dabei einzementierte

Gestänge befindet sich zwischen 1787 und 1998 m und ist bis 1890 m auch an den Azimuten erkennbar.

Im Abschnitt von 2000-3000 m (Anl.1c) geht die ohnedies geringe Neigung von 1 Grad weiter zurück um nach Erreichung des Minimums bei ca. 2330 m wieder anzusteigen. Parallel dazu dreht sich der Azimut von anfangs 40 Grad auf ca. 170 Grad und wieder zurück auf 20 Grad. Aus schon erwähnten Gründen wurden in quasi vertikalen Abschnitten keine Azimutdifferenzen berechnet. Unterhalb dieser Teufe schwankt die Differenz in den Azimutwerten (FMST) bis etwa 2800 m um den Nullwert und danach um den Betrag von einem Grad. Diese Oszillationen sind das Ergebnis einer zu schnellen Geräterotation.

Die abrupte Richtungs- und Neigungsänderung zwischen 2635 und 2687 m geht wiederum auf Richtbohrarbeiten zurück. Dabei dreht sich auf einer sehr kurzen Strecke der Azimut von 40 Grad über Nord auf 320 Grad, um sich dann umgekehrt wiederum über Nord auf 80 Grad zurückzuschrauben. Die Neigung ändert sich im gleichen Intervall von 3 über quasi Null auf 2 Grad. Betrachtet man den Azimut und die Neigung vor der Richtbohrphase und extrapoliert diesen Trend, so ist zu beobachten, dass bei etwa 2800 m wiederum eine gute Anpassung an die neuen Werte erfolgte (Abb. 4). Es scheint also, dass in diesem speziellen Fall, Richtung und Neigung nach ca. 100 m wieder jene Werte erreichten, die sie vermutlich auch ohne Richtbohrphase erlangt hätten.

Der ab 2800 m zu beobachtende Trend setzt sich auch im letzten Abschnitt von 3000-4000 m (Anl.1d) fort und zwar bis etwa 3080 m. Ab dieser Teufe bis ca 3140 m erhöht sich die Azimutdifferenz auf 3 Grad um nach einem Abfall auf ein Grad im Intervall von 3160-3200 m auf 4 Grad zu springen. Nach einer neuerlichen Abflachung wird bis 3760 m ein Wert von ca. einem Grad beibehalten. Da der Bohrlochverlauf in diesem Bereich weder abrupte Änderungen, noch Auskesselungen, jedoch genügend Neigung für eine korrekte Azimutbestimmung aufweist, werden in erster Linie Geräteungenauigkeiten angenommen. Es können aber externe Einflüsse nicht ausgeschlossen werden, da auch die BGT-Daten eine bemerkenswerte Korrelation aufweisen.

In einer Teufe von 3893 m führte ein festgewordenes Bohrgestänge zu einer weiteren Fangarbeit. Ein Teil dieses Gestänges ist dabei im Bohrloch verblieben und zwar von 3780-3893 m. Nach erfolgreicher Ablenkung ist durch die Proximität des neuen Bohrloches zum alten eine starke Beeinflussung der magnetischen Azimutbestimmung zu beobachten. In einem solchen Fall gibt nur der Kreiselkompass die korrekte Bohrlochsrichtung an.



#### 4 Resultate

Um die diversen Orientierungsmessungen vergleichen zu können, wurde bei den Magnetmessungen (BGT, FMST) der Betrag der magnetischen Deklination berücksichtigt. Dieser beträgt für die Lokation Windischeschenbach lediglich 0,5 Grad West.

Zur besseren Übersicht wurden relevante Werte nochmals für die Endteufe von 4000 m in Tab. 1 zusammengefasst. Die durchschnittliche Neigung zeigte keine nennenswerten Differenzen zwischen den Geräten und betrug für das GCT-Gerät 3.5 Grad.

Tabelle 1

Gerät	Teufe	vertik.	Ostabw.	Nordabw.	horiz.	Azimet
BGT	4000.	3989.7	49.05	182.93	189.39	15.0
FMST	4000.	3988.5	51.41	192.98	199.71	14.9
GCT	4000.	3988.9	53.64	186.73	194.29	16.0

Die aus den Azimet- und Neigungsdaten der Geräte ermittelten Ost- und Nordabweichungen sowie die vertikale Teufe im Abschnitt von 0 bis 4000 m sind alle 100 m berechnet worden. Eine Zusammenstellung der Daten findet sich für das BGT-Gerät in Tab. 2 für das FMST in Tab. 3 und für das GCT in Tab. 4. Vergleicht man die Werte, so kann generell gesagt werden, dass die Unterschiede gering sind und sich im Rahmen der jeweiligen Gerätespezifikationen bewegen.

Da Gyroskopdaten der Fa. Preussag nur bis 990 m vorliegen, konnten sie für die Endteufe nicht berücksichtigt werden. In Tab. 5 sind die Azimute aller eingesetzten Geräte sowie die Azimet- und Neigungsdifferenzen zwischen den beiden Gyroskopen je 25 m angegeben. Die relativ grossen Abweichungen sind vermutlich auf den kleineren Gerätedurchmesser gegenüber den Schlumberger-Geräten (3 5/8") zurückzuführen. Als Basis für die Vergleiche wurden die GCT-Daten herangezogen, da sie als die genauesten anzusehen sind.

Die in den Tabellen 2 bis 4 berechneten Daten wurden zur besseren Übersicht auch graphisch verarbeitet. In Abb. 1 ist die Horizontalprojektion des Bohrlochverlaufes aus den Messdaten der drei Geräte durch unterschiedliche Symbole dargestellt. Aus dem Abstand der Symbole (je 100 m Messdistanz) kann auf die Bohrlochneigung rückgeschlossen werden, die umso kleiner ist, je dichter die Punkte beieinander liegen. Deutlich erkennt man dabei eine

Verdichtung zwischen 80 bis 110 m Nord- und um 20 m Ostabweichung. Wirft man einen Blick auf Abb. 2 und 3, die eine vertikale Projektion in der Süd-Nord bzw. der West-Ostebene darstellen, erkennt man deutlich den fast vertikalen Bohrlochverlauf zwischen 1200 und etwa 2800 m. Der optisch vorgetäuschte Eindruck einer grossen Bohrlochneigung geht auf den 10 bzw. 20fach überhöhten Massstab für die Horizontalabweichungen zurück.

## 5 Beobachtete Fehlerquellen

Durch den Einsatz von 3 Geräten unterschiedlicher Orientierungssysteme sowie Wiederholungsmessungen bereits gelogter Abschnitte, bot sich die Möglichkeit gezielter Vergleiche zwischen diesen Daten. Zum besseren Verständnisses wird auch auf den im KTB-Report 88-11, Seite 475 erschienenen Artikel über Fehlerbetrachtungen von Orientierungssystemen verwiesen.

In Anl. 2 ist dabei der Effekt einer unerwünschten Rotation dargestellt. Dieses Phänomen wird häufig über eine relativ kurze Distanz beim Hochziehen des Gerätes von der Sohle beobachtet und wird durch das im Kabel gespeicherte Drehmoment beim Einfahren hervorgerufen. Eine gewisse Abhilfe bietet ein zwischen Kabel und Gerät eingeschobener Rotationskompensator, dessen Funktionstüchtigkeit im gegenständlichen Fall fraglich war.

In der linken Spur sind die Azimute einer Bezugselektrode (Pad 1) zweier konsekutiver Messungen geplottet, wobei die Sohle bei der 1. Messung bei 3625 m (strichliert), bei der 2. Messung bei 4000 m (volle Linie) angetroffen wurde. Deutlich erkennt man eine Drehung des Gerätes im Uhrzeigersinn beim 1. Run, während beim 2. Run ein nahezu konstanter Referenz-Azimuth von ca. 130 Grad eingehalten wird. Der Gradient der Rotation ist jedoch nicht gleichmässig, sodass Phasen schnellerer mit langsamerer alterieren. Besonders deutlich ist eine schnelle Rotation zwischen 3575 und 3560 m sowie 3535 und 3520 m zu beobachten, deren Effekt deutlich in den in der mittleren Spalte wiedergegebenen Azimuten zum Ausdruck kommt. Analog zu den beiden Pad-Azimuthen sind hier die Azimute der Bohrlochachse dargestellt, wobei jener des Gyroskops als zusätzliche Referenz dient. Das Ergebnis dieser Rotation wird durch die in der letzten Spalte dargestellten Differenzen deutlich gemacht. Die punktierte Linie ist dabei die Differenz zwischen den beiden FMST Messungen, die umso grösser ist, je schneller das Gerät rotierte. Betrachtet man hingegen die Differenz der 2. FMST-Messung zu jener des Gyroskops, so schwanken die Werte um die Nulllinie.

Die Quintessenz aus diesem Beispiel ist ein längerer Überlappungsbereich der nachfolgenden Messung, falls eine Rotation bei der vorangegangenen festgestellt wurde und die

Genauigkeit für gewisse Projekte nicht ausreichend sein sollte.

In einem weiteren Fall wird das Verhalten des KTB eigenen BGT-Gerätes beim Wechsel von 360 auf 0 Grad dargestellt (Anl. 3). Als Intervall wurde eine Zone mit etwa 5 Grad Neigung ausgewählt, um den Effekt einer ungenauen Azimutbestimmung bei geringem Neigungswinkel zu eliminieren. In der mittleren Spur sind der Azimut des FMST- und des BGT-Gerätes geplottet. Die Lücke zwischen 3482 und 3492 m stellt den Übergang von 360 auf 0 Grad dar, wobei die Daten abwechselnd den einen oder anderen Wert aufweisen und eine Differenz nicht errechnet werden kann. Im unteren Bereich ist dabei der Azimut des BGT grösser als jener des FMST-Gerätes, während sich im oberen die Azimute gerade umgekehrt verhalten. Wie in der rechten Spalte ersichtlich, beläuft sich der dabei ermittelte Fehler auf ca. 3 Grad oberhalb und ca. 8 Grad unterhalb der Lücke.

Fehler dieser Art werden vorzugsweise durch Vergleichsmessungen erkennbar. Eine rasche Kontrolle der Logs durch geschultes Personal sollte bei der Hauptbohrung solche Probleme eliminieren.

## 6 Beeinflussung von Logs durch festgewordenes Gestänge

Im Verlauf der Bohrarbeiten ist aufgrund zweier Havarien Bohrgestänge im Bohrloch verblieben. Während der erste Gestängestrang von 1787.4 bis 1998.3 m keine ausgeprägten Änderungen der Messdaten verursachte, ist dies beim 2. Fisch von 3780 bis 3893 m deutlich zu erkennen (Anl.1b,d).

Wegen der Nähe zum alten Bohrloch sind erwartungsgemäss auch andere Logs betroffen, wie bspw. die Widerstandsmessungen. Der Grad der Beeinflussung richtet sich dabei nach der Eindringtiefe der Logs und ist am grössten für die tiefen Widerstandsmessungen.

## 7 Schlussfolgerungen

Der Vergleich der Messungen zeigt, dass die Differenzen sowohl zwischen den Azimut- als auch den Neigungsdaten sehr klein sind.

Im allgemeinen sollte zur Bestimmung des Bohrlochverlaufes die Messung mit dem KTB-eigenen Gerät ausreichen. Nur in der Nähe von im Bohrloch verbliebenem Gestänge oder bei der Forderung nach grosser Genauigkeit ist der Einsatz eines Kreiselkompasses notwendig.

Eine Beeinflussung des Azimuts durch vermutete magnetische Störkörper in der Umgebung des Bohrloches konnte nicht nachgewiesen werden. Dies lag zum einen an der Unsicherheit

in der Bestimmung des Azimuts bei fast vertikalem Bohrloch, zum anderen wegen des zu erwartenden kleinen Betrages der Missweisung. Möglich wäre dies nur durch die nicht vorgesehene Kombination des Gyroskops (CGT) mit dem FMST, da bei simultaner Aufzeichnung der beiden Azimute die kritische Lage des Gerätes zur Bohrlochachse eliminiert wäre.

Tabelle 2

-----

Berechnung von Ost- und Nordabweichung  
sowie der wahren Teufe aus BGT-Daten  
im Abschnitt 0 - 4000m

Teufe [m]	Ostabw. [m]	Nordabw. [m]	vertikal [m]
0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	0.5142	-0.0967	100.00
200.00	0.0999	0.3731	199.99
300.00	-0.7229	2.2739	299.99
400.00	-0.9533	4.9249	399.99
500.00	-1.0377	8.0494	499.94
600.00	-1.1048	12.415	599.81
700.00	-1.1246	19.110	699.56
800.00	-0.3589	29.178	799.01
900.00	1.4896	42.108	898.28
1000.00	5.3108	57.206	997.03
1100.00	13.520	72.887	1095.4
1200.00	19.759	83.024	1194.6
1300.00	19.557	84.605	1294.6
1400.00	19.081	86.043	1394.5
1500.00	18.539	87.949	1494.6
1600.00	18.198	89.839	1594.6
1700.00	16.952	93.580	1694.5
1800.00	16.253	96.018	1794.4
1900.00	16.558	96.024	1894.3
2000.00	17.695	96.682	1994.3
2100.00	18.695	97.183	2094.4
2200.00	18.950	96.987	2194.4
2300.00	18.992	96.909	2294.4
2400.00	19.047	97.157	2394.3
2500.00	19.305	98.985	2494.3
2600.00	20.499	102.29	2594.2
2700.00	22.009	105.24	2694.3
2800.00	26.063	106.64	2794.1
2900.00	33.110	110.73	2893.8
3000.00	41.769	116.54	2993.2
3100.00	51.092	123.42	3092.5
3200.00	56.912	128.78	3192.2
3300.00	61.047	134.03	3292.1
3400.00	63.397	140.50	3391.8
3500.00	63.733	147.58	3491.5
3600.00	62.992	156.15	3591.1
3700.00	59.498	163.01	3690.7
3800.00	55.075	169.46	3790.4
3900.00	49.704	175.86	3890.0
4000.00	47.457	183.35	3989.7

Tabelle 3

Berechnung von Ost- und Nordabweichung  
sowie der wahren Teufe aus FMST-Daten  
im Abschnitt 0 - 4000m (Nord korrigiert)

Teufe [m]	Ostabw. [m]	Nordabw. [m]	vertikal [m]
0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	0.4013	0.0427	99.972
200.00	-0.0373	0.8308	199.94
300.00	-1.0829	3.3752	300.03
400.00	-1.4008	6.6205	399.95
500.00	-1.4707	9.9812	499.86
600.00	-1.9503	14.669	599.73
700.00	-2.4619	21.501	699.46
800.00	-1.6255	31.621	798.91
900.00	0.8135	44.487	898.18
1000.00	5.3628	59.478	996.91
1100.00	14.092	75.211	1095.2
1200.00	20.818	85.461	1194.4
1300.00	20.532	87.745	1294.3
1400.00	19.628	90.103	1394.3
1500.00	18.663	92.809	1494.4
1600.00	17.945	95.373	1594.3
1700.00	16.255	99.658	1694.1
1800.00	15.623	101.99	1794.0
1900.00	16.559	101.71	1894.0
2000.00	18.383	102.62	1994.0
2100.00	19.828	103.12	2094.1
2200.00	20.501	102.38	2194.0
2300.00	20.823	101.67	2294.0
2400.00	21.210	101.97	2394.0
2500.00	22.026	104.42	2493.9
2600.00	23.574	108.17	2593.8
2700.00	25.295	111.32	2693.8
2800.00	30.114	112.42	2793.7
2900.00	37.903	116.09	2893.3
3000.00	47.246	121.39	2992.7
3100.00	57.314	127.72	3091.9
3200.00	63.889	132.90	3191.6
3300.00	68.539	138.26	3291.4
3400.00	71.363	144.93	3391.1
3500.00	72.152	152.88	3490.8
3600.00	70.363	161.94	3590.3
3700.00	66.305	169.49	3689.9
3800.00	60.717	176.57	3789.5
3900.00	54.422	184.89	3889.1
4000.00	-999.25	-999.25	-999.25

Tabelle 4

Berechnung von Ost- und Nordabweichung  
sowie der wahren Teufe aus Gyro-Daten  
im Abschnitt 0 - 4000m

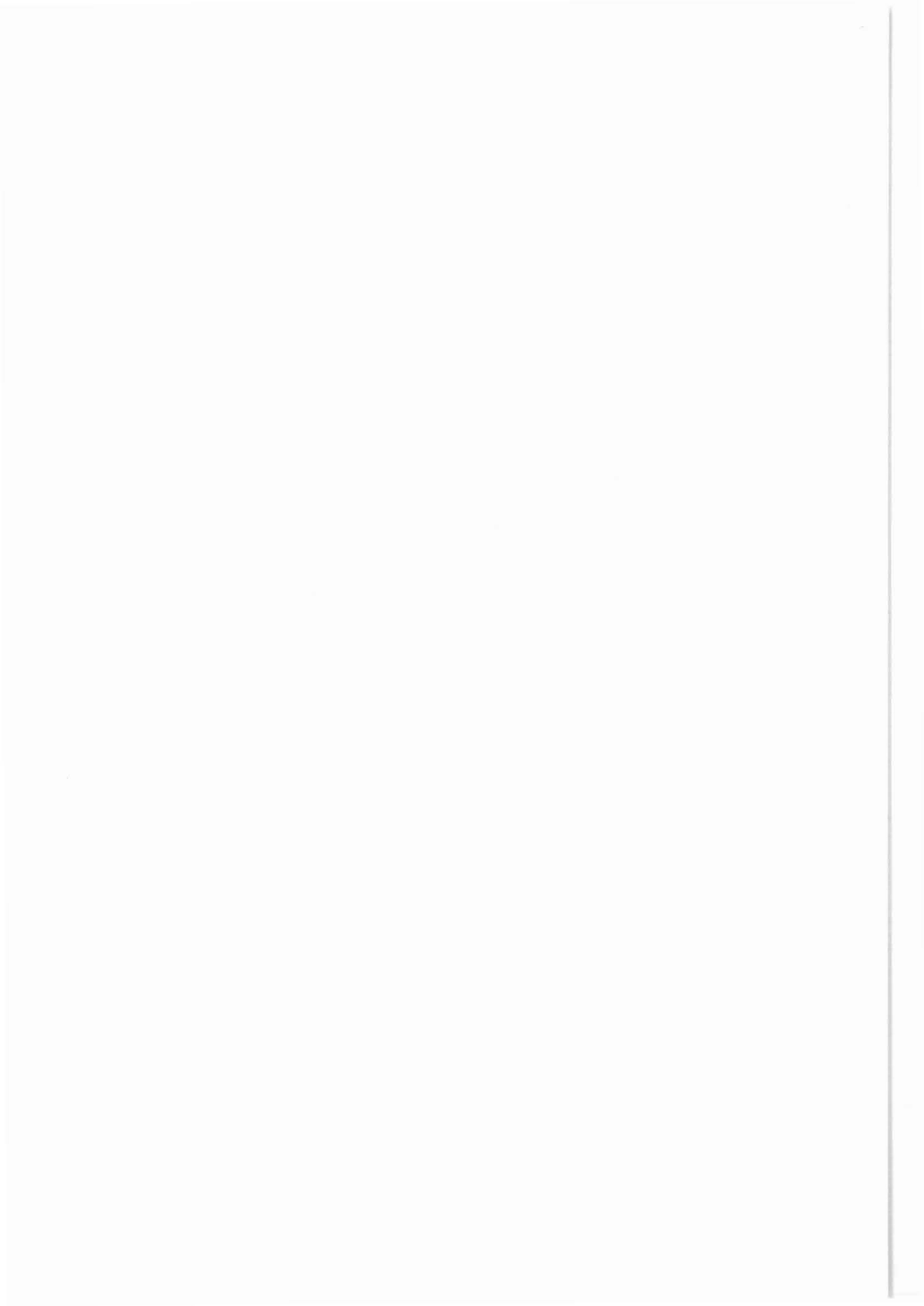
Teufe [m]	Ostabw. [m]	Nordabw. [m]	vertikal [m]
0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	-0.0070	-0.0134	99.994
200.00	-0.5267	0.7909	199.99
300.00	-1.3838	3.0713	299.97
400.00	-1.6989	5.9930	399.94
500.00	-1.8512	9.1701	499.87
600.00	-2.3710	13.824	599.74
700.00	-2.8558	20.661	699.47
800.00	-1.9095	30.417	798.92
900.00	0.6364	43.103	898.21
1000.00	5.3719	57.892	996.96
1100.00	14.282	72.906	1095.4
1200.00	20.662	82.461	1194.6
1300.00	20.131	84.291	1294.6
1400.00	19.241	86.348	1394.5
1500.00	18.310	88.789	1494.6
1600.00	17.543	91.293	1594.6
1700.00	15.871	95.643	1694.4
1800.00	15.437	98.193	1794.3
1900.00	16.775	98.067	1894.3
2000.00	18.639	98.945	1994.2
2100.00	20.140	99.637	2094.3
2200.00	21.330	98.946	2194.3
2300.00	21.625	98.116	2294.3
2400.00	22.138	98.248	2394.2
2500.00	22.760	100.85	2494.2
2600.00	24.271	104.57	2594.1
2700.00	25.990	107.59	2694.1
2800.00	30.864	108.81	2793.9
2900.00	38.651	112.42	2893.5
3000.00	47.997	117.63	2992.9
3100.00	58.072	123.69	3092.2
3200.00	64.767	128.54	3191.8
3300.00	69.476	133.81	3291.7
3400.00	72.426	140.33	3391.4
3500.00	73.254	147.90	3491.1
3600.00	71.554	156.70	3590.6
3700.00	67.714	163.85	3690.3
3800.00	62.157	170.66	3789.9
3900.00	56.258	178.84	3889.5
4000.00	53.642	186.73	3988.9

Tabelle 5

Vergleich der Azimute sowie der Azimut-Differenz zwischen den Gyrodaten von Schlumberger und Preussag

Teufe m	Neig (GCT)	Azimut (BGT) S c h l u m b e r g e r	Azimut (FMST)	Azimut (GCT)	Azimut (Gyro) P r e u s s a g	Az.Dif. S - P
0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25.00	0.10	0.0000	0.0000	77.170	70.982	6.1878
50.00	0.05	103.06	82.076	235.24	280.39	-45.154
75.00	0.01	124.56	121.07	205.28	187.77	17.513
100.00	0.04	310.25	329.69	233.23	276.01	-42.777
125.00	0.25	311.25	327.61	345.35	338.22	7.1335
150.00	0.67	322.75	328.06	322.24	337.50	-15.260
175.00	0.79	335.50	335.63	325.08	316.54	8.5463
200.00	0.96	316.75	330.36	330.20	310.45	19.754
225.00	1.29	334.25	335.92	334.73	346.39	-11.662
250.00	1.40	332.75	333.71	341.31	343.47	-2.1623
275.00	1.59	327.50	335.03	340.65	334.97	5.6786
300.00	1.64	351.25	346.98	346.54	325.08	21.465
325.00	1.68	353.00	351.90	351.13	350.59	0.5467
350.00	1.68	352.75	350.40	353.12	345.21	7.9042
375.00	1.86	7.3281	357.52	358.22	348.91	9.3032
400.00	1.99	4.2227	1.6628	1.6775	1.3038	0.3736
425.00	2.02	359.00	0.4975	161.51	3.2895	158.22
450.00	2.05	354.25	359.61	358.74	54.422	-55.682
475.00	2.17	358.25	355.00	355.13	2.0079	-6.8793
500.00	2.20	359.50	353.72	354.93	8.7277	-13.797
525.00	2.42	360.75	355.62	355.68	344.01	11.669
550.00	2.61	359.00	352.30	352.20	358.63	-6.4317
575.00	3.00	358.50	352.80	352.80	0.3735	-7.5752
600.00	3.33	360.75	353.59	353.71	354.88	-1.1706
625.00	3.54	359.75	352.79	353.86	350.50	3.3539
650.00	3.83	361.25	354.85	355.86	0.4957	-4.6332
675.00	4.29	359.00	356.63	356.91	358.31	-1.4016
700.00	4.79	1.5000	358.48	359.64	2.8817	-3.2460
725.00	5.17	2.9980	0.1509	2.2018	0.2030	1.9988
750.00	5.97	5.6250	5.9468	6.9164	6.2903	0.6260
775.00	6.39	4.8750	6.2820	6.8004	11.291	-4.4904
800.00	6.72	5.2500	6.5708	7.5090	8.6120	-1.1030
825.00	7.16	7.1211	8.8948	9.8066	11.593	-1.7863
850.00	7.51	8.2422	10.112	11.403	9.7160	1.6865
875.00	7.69	9.7422	11.676	13.032	14.307	-1.2759
900.00	8.00	10.125	13.197	14.530	16.600	-2.0703
925.00	8.50	12.000	14.859	16.210	16.603	-0.3930
950.00	8.93	14.617	16.693	17.829	17.608	0.2210
975.00	9.30	14.617	17.723	18.813	20.895	-2.0817





**Literaturverzeichnis**

KTB-Report 88-11 1988: Grundlagenforschung und Bohrloch-  
geophysik, Hrsg: P.Kehrer et al., Seite 475

Schlumberger 1983: Stratigraphic High Resolution Dipmeter  
Tool, ATL-Marketing, B.P.362, 92541 Montrouge Cedex  
France, 24 p.

Schlumberger 1983: Guidance Continuous Tool  
ATL-Marketing, B.P.362, 92541 Montrouge Cedex  
France, 22 p.

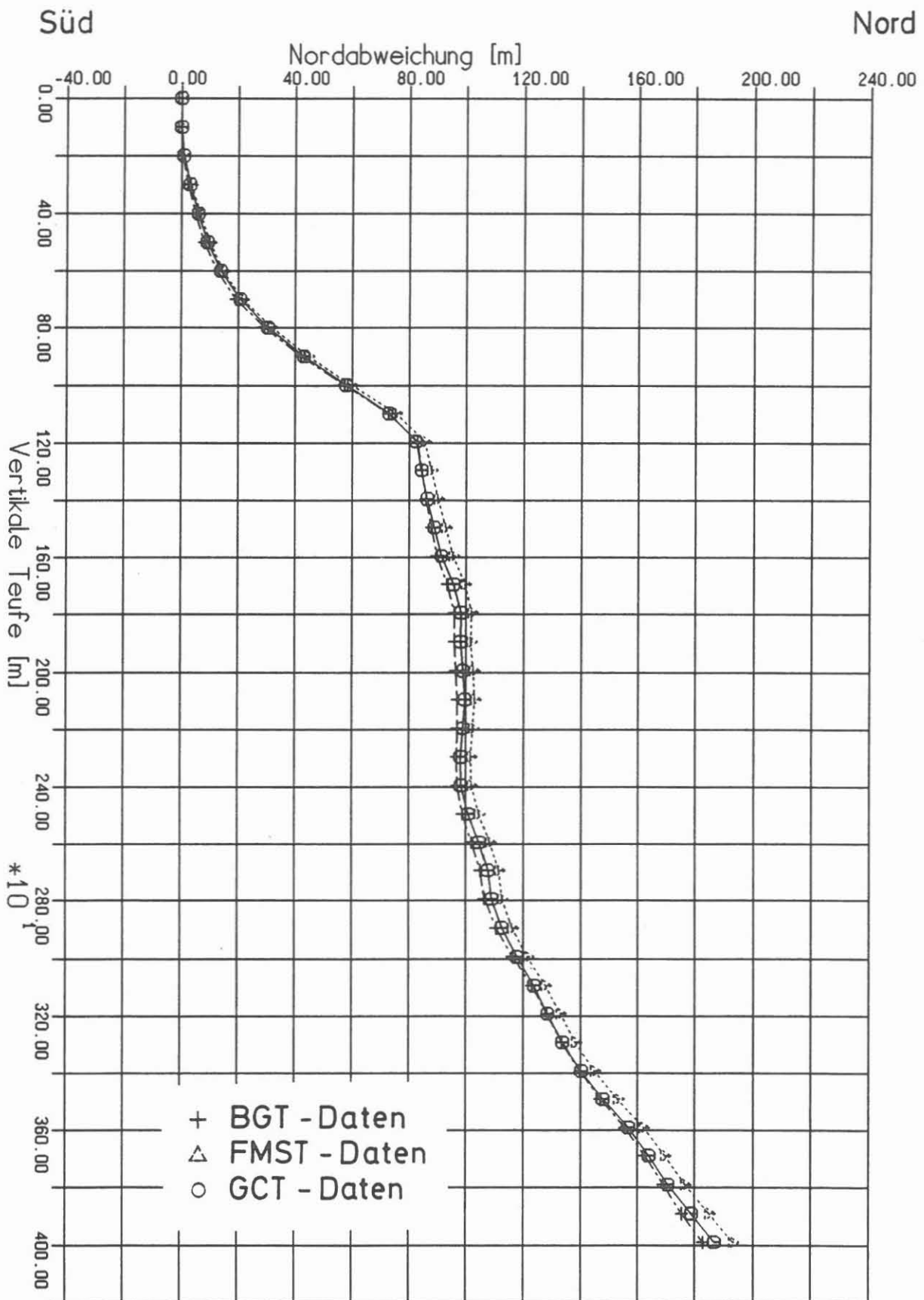


Abbildung 2: Vertikalschnitt in der S-N Ebene

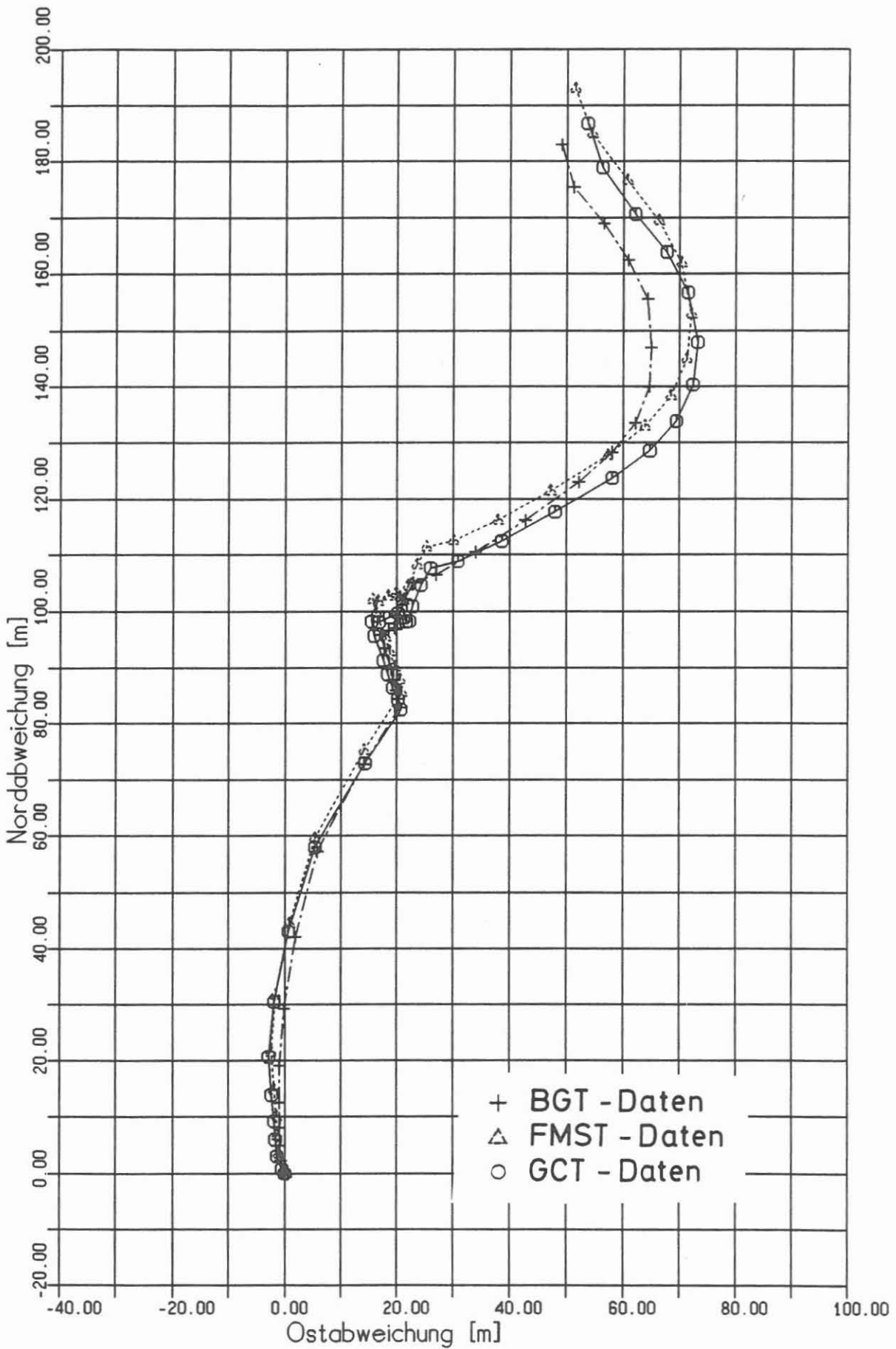


Abbildung 1 : Horizontal - Plott

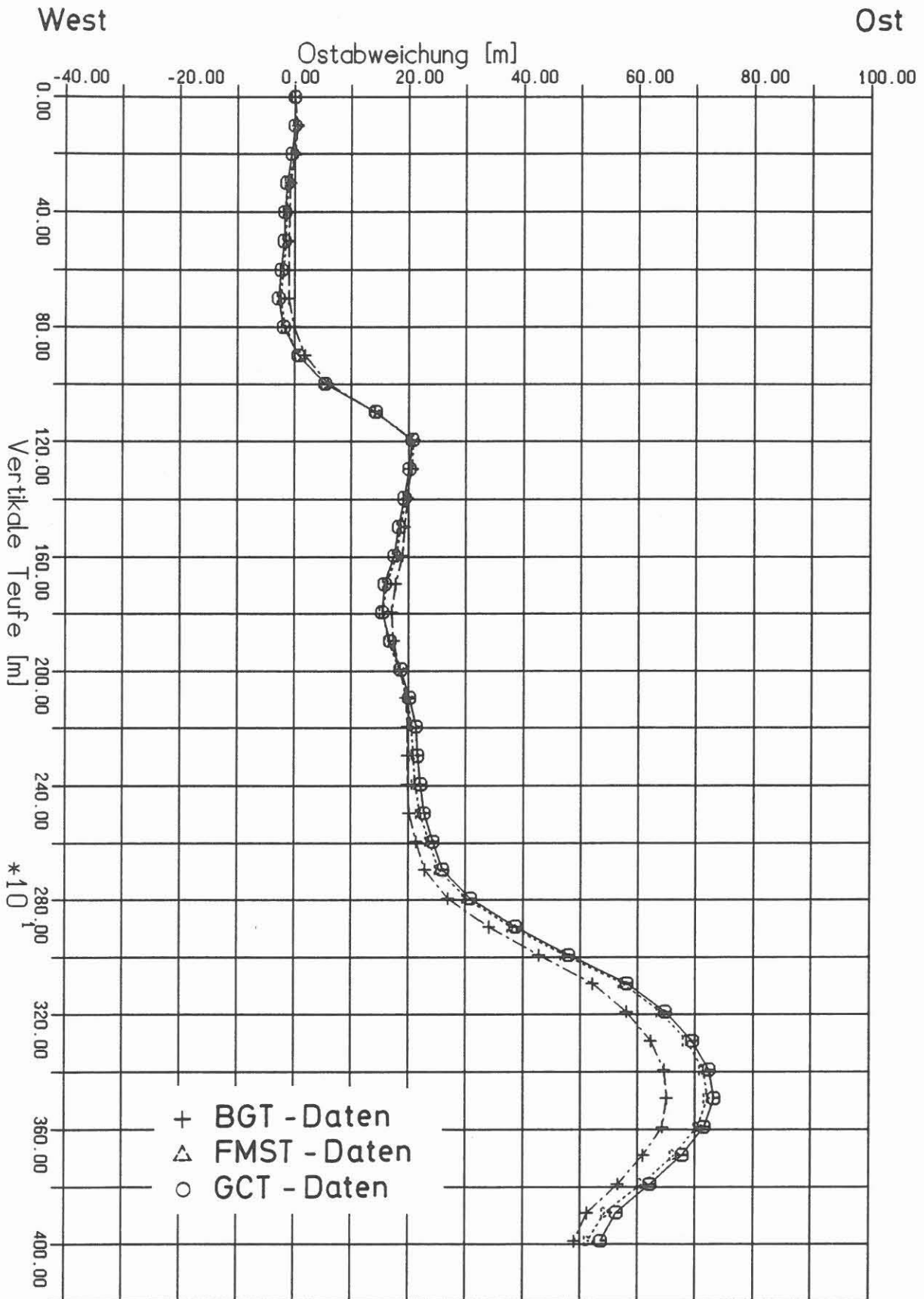


Abbildung 3: Vertikalschnitt in der W-O Ebene

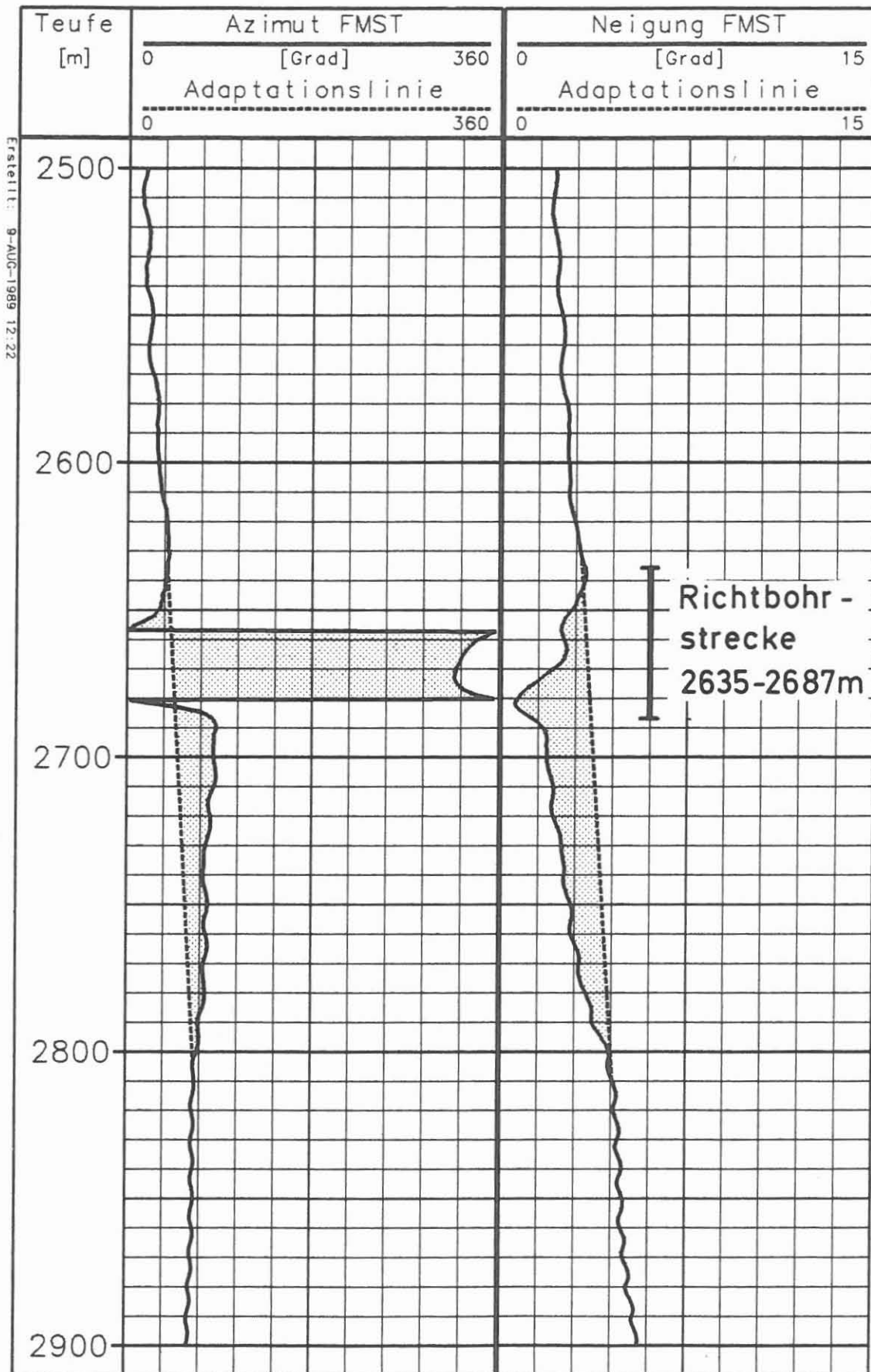
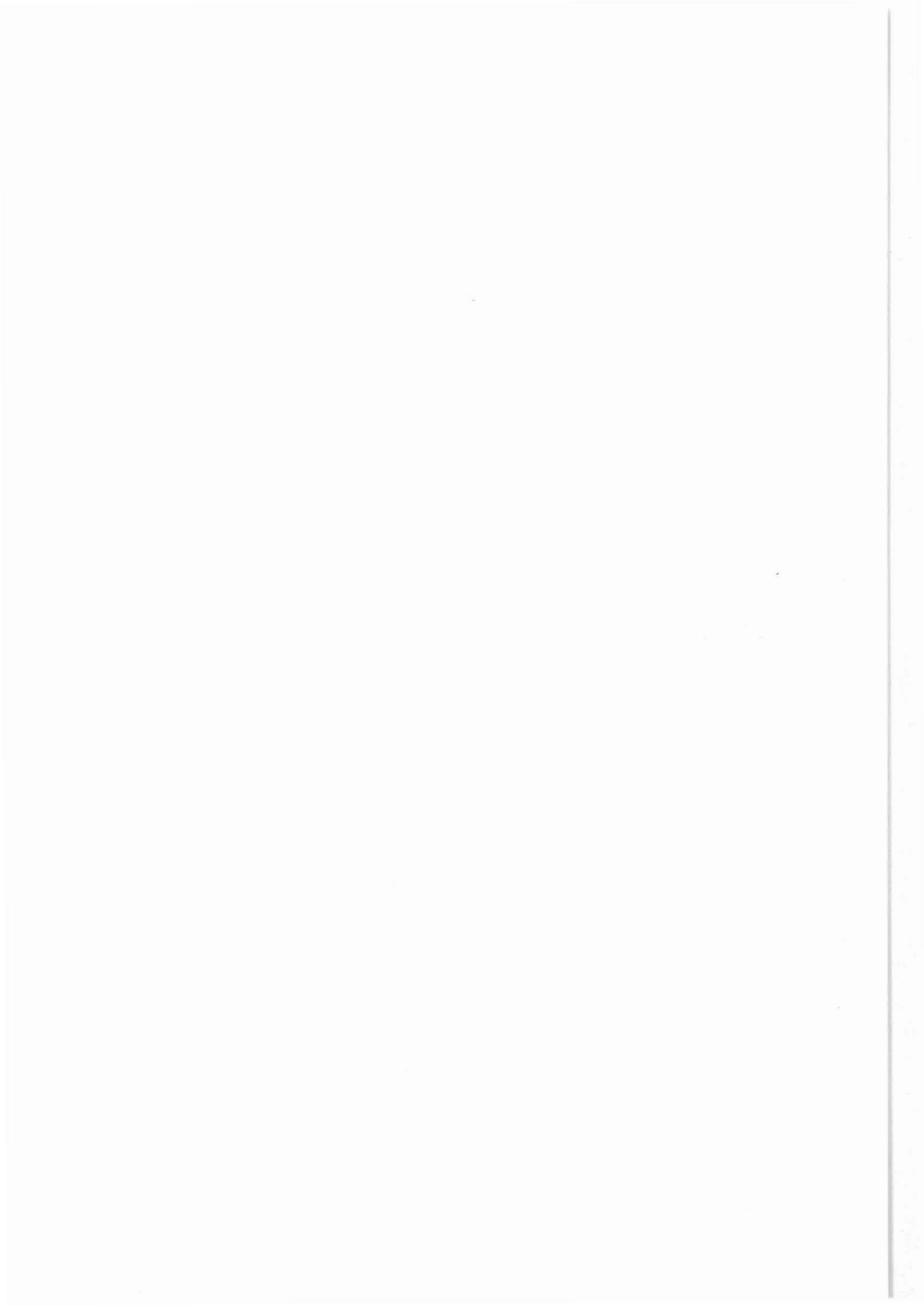


Abbildung 4 :  
Mutmaßlicher Bohrlochverlauf ohne Richtbohrstrecke



**TEMPERATURMESSUNGEN NACH ABSCHLUß DER BOHRARBEITEN  
IN DER BOHRUNG KTB OBERPFALZ VB**

G. ZOTH

**KURZFASSUNG**

Nach Beendigung der Bohrarbeiten konnten vom 06.04.1989 bis zum 02.05.1989 acht Temperaturmessungen zur Beobachtung des Temperaturverlaufes in der KTB-Oberpfalz VB ausgeführt werden. Die maximale Erwärmung des Gebirges im oberen Teil der Bohrung beläuft sich in dieser Zeit auf ca. 10 K. Ebenso groß ist auch die Auskühlung im unteren Teil der Bohrung. Der neutrale Punkt der Meßkurve liegt in ca. 2140 m Teufe.

Die mittlere Jahrestemperatur an der Erdoberfläche wird zu 7.7°C bestimmt. Im Bohrlochtiefsten betrug die Gebirgstemperatur am 02.05.89 118,6°C. Die wahre Endtemperatur kann erst nach Ablauf einer längeren Wartezeit bestimmt werden. Der gegenwärtige mittlere Temperaturgradient der gesamten Bohrung beträgt 0,0277 K m<sup>-1</sup>. Ein Vergleich der Temperaturmeßergebnisse während der Bohrarbeiten mit den Messungen nach dem Spülungsstillstand läßt eine gute Übereinstimmung erkennen.

**SUMMARY**

Since the end of the drilling phase on April 6, 1989 eight temperature measurements were performed to observe the temperature field in the KTB-Oberpfalz VB.

Maximum heating of the rocks in the upper part of the borehole during that period was about 10 K; whereas temperature in the lower part cooled down by almost 10 K. The natural point "N" is situated at a depth of about 2,140 m.

The mean annual surface temperature amounts to 7.7°C. Rock temperature at the bottom of the borehole yields a value of 118.6°C, measured 660 hours after the circulation stopped. This is considered to be very close to the inherent temperature which can be observed after a very long waiting time. From that data a mean temperature gradient of 0.0277 K m<sup>-1</sup> has been calculated. A comparison of temperature measurement results during drilling with those after stopping of circulation shows good agreement.



## 1. EINLEITUNG

Am 04.04.89 um 1.17 Uhr wurden die Bohrarbeiten an der KTB-Oberpfalz VB eingestellt. Der letzte Spülungsumlauf endete am 05.04.89 um 01.00 Uhr. Nach dem Ausbau des Gestänges konnte dann am 06.05.89 ab 17.00 Uhr mit dem Langzeitmeß- und Testprogramm begonnen werden. Begonnen wurde mit der Messung der Temperatur (Temp-AMS-GR). Diese erste Temperaturmessung sollte den Zustand der thermischen Störungen, die durch den Bohrvorgang entstanden sind, aufzeichnen. Eine Serie von Temperaturlogs, die sich in annähernd logarithmischen Zeitabschnitten in das geplante Meßprogramm einreihen, werden den Temperaturangleichvorgang wiedergeben und schließlich zum Ende der Meßserie nach ca. einem Jahr die nahezu natürliche Temperatur des Bohrloches erwarten lassen.

Da jedoch in der Zeit vom 10.05. - 25.05.89 ein Absenk- und Injektionstest durchgeführt wurde, hat sich der bisherige thermische Angleich an das natürliche Temperaturfeld der Bohrung wieder stark verändert. In diesem Bericht soll daher nur das Temperaturverhalten von der ersten Messung am 06.04.89 bis zur thermischen Störung durch den Absenk- und Injektionstest betrachtet werden. Hierzu liegen Meßergebnisse von 8 Temperaturlogs gemäß Tabelle 1 vor.

Tabelle 1: Temperaturmessungen in der KTB-Oberpfalz VB

RUN-Nr.	Datum	Zeit nach Ende der Zirkulation in Stunden	
		Start	Endteufe
VB295	06.04.89	31	39
VB298	07.04.89	66	74
VB303	09.04.89	107	115
VB306	11.04.89	144	151
VB309	13.04.89	193	200
VB313	17.04.89	297	305
VB317	21.04.89	393	400
VB319	02.05.89	656	663

Es ist vorgesehen, daß eine ausführliche Auswertung dieser acht Temperaturmessungen von der Universität Karlsruhe (Geophys. Institut, Prof. WILHELM, Dr. STIEFEL) vorgenommen werden soll.

## 2. BETRACHTUNGEN ZUM TEMPERATURFELD IM BODEN

### 2.1 Die Temperatur an der Erdoberfläche

Die mittlere Jahrestemperatur  $T_0$  an der Erdoberfläche ist eine hilfreiche Größe, um Temperaturmessungen in Bohrungen interpretieren zu können. Man gewinnt sie aus dem langjährigen Mittel der Jahrestemperaturaufzeichnungen der Luft; dieser für die Lokation Windischeschenbach gültige Wert ( $6,3^{\circ}\text{C}$ ) kann dem Klimaatlas für Bayern (DEUTSCHER WETTERDIENST 1964) entnommen werden. Zu diesem

Wert, der in 2 m Höhe über dem Erdboden gemessen wurde, ist ein Wert von ca.  $1,4^{\circ}\text{C}$  zu addieren (HÄNEL, 1980); dies führt alsdann zur mittleren Jahrestemperatur  $T_0$  an der Erdoberfläche ( $z = 0$  Meter) mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,5$  K. Mithin gilt für die Bohrung KTB-Oberpfalz VB:

$$T_0 = (6,3 + 1,4) \pm 0,5^{\circ}\text{C} = (7,7 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$$

Dieser Wert  $T_0 = 7,7^{\circ}\text{C}$  ist in der Anlage 5 eingetragen.

Das Eindringen der Jahrestemperaturwelle der Luft in den Boden (KAPPELMEYER & HÄNEL, 1974) kann bis 25 m Tiefe wirksam sein. Dieser Aspekt ist aber für die im Abschnitt 3 folgende Interpretation der Meßergebnisse von untergeordneter Bedeutung.

## 2.2 Der Temperaturverlauf in der Bohrung

Der Zeitraum, der nach Beendigung der Bohrarbeiten in der KTB-Oberpfalz VB für die Temperaturbeobachtungen zur Verfügung stand, betrug ca. 28 Tage. In dieser Zeit wurde das Temperaturfeld nur durch Bohrlochmeßarbeiten geringfügig thermisch gestört.

In den Anlagen 1 - 4 sind nur die Temperaturen der ersten Messung (VB295), ca. 1 Tag (31 h) nach dem Zirkulationsende, und der letzten Messung (VB319) vor dem Absenk- und Injektionstest, nach ca. 27,5 Tagen (660 h) Stillstandszeit, aufgetragen. Der Verlauf der Temperaturkurve VB295 ist typisch für eine durch den Bohrvorgang thermisch gestörte Bohrung. Der neutrale Punkt N, an dem sich die Meßkurven kreuzen, liegt bei ca. 2140 m Teufe (Anlage 3). Oberhalb dieses Punktes wurde das Gebirge durch die Spülungszirkulation erwärmt und unterhalb ausgekühlt.

## 3. TEMPERATURMESSUNGEN

### 3.1 Beschreibung der Meßergebnisse

In der Zeit vom 06.04.89 bis zum 02.05.89 konnten acht Temperaturmessungen in der KTB-Oberpfalz VB ausgeführt werden. Mit Hilfe dieser Messungen sollte das Angleichsverhalten der Gebirgstemperatur studiert werden und erste Möglichkeiten der Extrapolation auf das natürliche, ungestörte Temperaturfeld bieten. In den Anlagen 1-4 sind die Ergebnisse der Messungen VB295 und VB319 im Maßstab 1:2000 aufgetragen. Mit diesem Maßstab kann dem Betrachter ein größeres Auflösungsvermögen der Temperatur angeboten werden, als es im folgenden Log der Anlage 5 mit dem Maßstab 1:5000 möglich ist.

Die Anlage 1 zeigt in der ersten Spur die Aufzeichnung der natürlichen Gammastrahlung (GR) in API-Einheiten. Deutlich sind hier, wie auch im Verlauf der gesamten Bohrung, die verschiedenen Wechsellagen von Amphibolit und Gneisen zu erkennen. Neben der geologischen Aussage dient das GR zur Teufenkorrelation der zeitlich

unterschiedlichen Bohrlochmessungen. In der zweiten Spalte sind die Temperaturmessungen vom 06.04.89 (VB295) und vom 02.05.89 (VB319) aufgetragen.

Zwischen den Messungen liegt eine Angleichzeit von ca. 660 Stunden. Betrachtet man den verrohrten Teil der Bohrung (0 - 478 m), so ist festzustellen, daß die in der ersten Messung aufgetretenen Temperaturanomalien (z.B. bei 250 m, 320 m und 475 m) auch in der Kurve VB319 wieder sichtbar sind. Dies deutet auf Wasserbewegungen außerhalb der Verrohrung im Gebirge hin. Temperaturmessungen des NLF (Geothermik), die nach einem Injektionstest während des Wiederaanstiegs in der Bohrung ausgeführt wurden (persönliche Mitteilung durch Herrn JOBMANN), unterstützen diese Aussage. Bei weiterer Betrachtung des Temperaturverlaufs in der Bohrung, Anlage 2 und Anlage 3, ist zu erkennen, daß die Messung der Kurve VB319 kaum noch Anomalien aufweist. Im Bereich des Kreuzungspunktes der Meßkurven "N" (Anlage 3) kann davon ausgegangen werden, daß hier bereits nahezu die ungestörte Gebirgstemperatur angezeigt wird. In der Anlage 4 sind einige Änderungen des Temperaturgradienten sichtbar sowie zwei Anomalien bei ca. 3575 - 3595 und 3776 - 3790 m Teufe, die sich über die gesamte Angleichzeit erhalten haben. Die Temperaturgradienten werden in Abschnitt 4 behandelt. Der Rücksprung der Temperatur in ca. 3580 m Teufe ist auf den petrologischen Wechsel vom Biotitgneis zum Amphibolit und einer damit verbundenen möglichen Wasserwegsamkeit zurückzuführen. Der Temperatursprung in 3776 - 3790 m ist in der Ablenkung der Bohrung zu erklären. Hier zweigt das abgeworfene, durch kältere Spülung ausgekühlte Bohrloch ab. Der Temperaturangleich ist noch nicht beendet.

In der Teufe von 3767 m befindet sich die Oberkante des Ablenkkeils (Whipstock). An dieser Stelle konnten von den acht Temperaturmessungen nur die Messungen (VB395 und VB319) ohne Behinderung passieren. Bei den übrigen sechs Messungen stand die Sonde auf und die Messungen mußten unterbrochen werden. Die Messung VB298 endet in dieser Teufe (siehe hierzu auch Anlage 5). Unterhalb 3790 scheint sich ein Knick in der Temperaturkurve einzustellen. Hierzu werden einige Ausführungen in Abschnitt 4.2 gemacht.

### **3.2 Bestimmung der Temperatur im Bohrlochtiefsten**

Die Endtemperatur im Bohrlochtiefsten wurde am 06.04.89 durch eine Langzeitmessung über 180 Minuten bereits zu 118,3°C bestimmt (Abb. 1). Nach 663 Stunden mit der Messung VB313 konnte nur noch eine Erhöhung um 0,3 K auf 118,6°C festgestellt werden. Daraus geht hervor, daß der Einfluß der thermischen Störung durch den Bohrvorgang auf der Bohrlochsohle von relativ geringer Dauer ist. Voraussetzung ist allerdings, daß der Temperatursensor mit großer Sicherheit das Bohrlochtiefste erreicht. Auf diese Weise wurde während des Abteufens jeweils bei den Meßserien die augenblickliche "Bottom Hole Temperature", BHT, ermittelt. In Abschnitt 5.1 wird darüber noch berichtet.

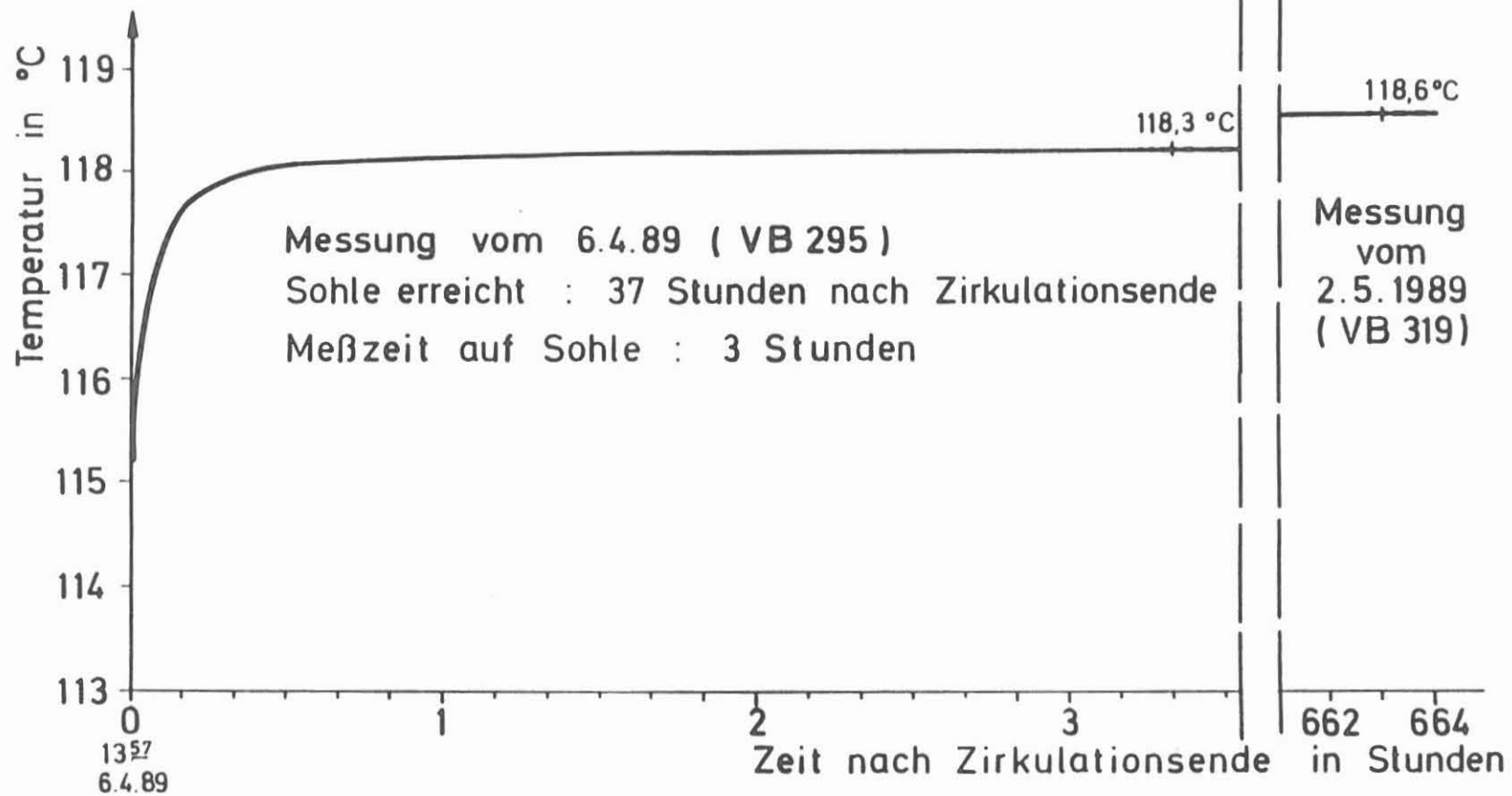


Abb.1: Temperatur-Zeit Kurve

**KTB**

#### 4. BESTIMMUNG DES GEOTHERMISCHEN GRADIENTEN

##### 4.1 Mittlerer Temperaturgradient

Zur Ermittlung der Temperaturgradienten werden im folgenden die Meßdaten der Temperaturkurve VB319 vom 02.05.89 herangezogen.

Die Berechnung erfolgt nach der Gleichung:

$$\Gamma = \frac{T_2 - T_1}{Z_2 - Z_1} \quad (1)$$

wobei gilt:

$$\begin{aligned} \Gamma &= \text{Temperaturgradient in K m}^{-1} \\ T_{1,2} &= \text{Temperatur in der Tiefe } Z_1 \text{ bzw. } Z_2 \text{ in K} \\ Z_{1,2} &= \text{Teufe in m.} \end{aligned}$$

Für den Fall zur Berechnung eines Temperaturgradienten von der Erdoberfläche bis zum Bohrlochtiefsten gilt:

$$\Gamma_m = \frac{T_1 - T_o}{Z_1 - Z_o} \quad (2)$$

$$\Gamma_m = \frac{118,6 - 7,7}{4000 - 0} = \frac{0,0277 \text{ K m}^{-1}}{\text{=====}}$$

( $T_o$  = Temperatur an der Erdoberfläche, Abschnitt 2.1).

Dies ist eine sehr grobe Bestimmung des Temperaturgradienten, gibt aber für die Vorauswertung einen ersten Überblick zum Temperaturverlauf in der Bohrung. Eine kontinuierliche Darstellung des Temperaturgradienten findet sich in der Anlage 5. In der ersten Spur der Anlage 5 ist, wie in Anlage 1 - 4, die natürliche Gammastrahlung aufgetragen. In der zweiten Spur befinden sich die Temperaturkurven der 8 Messungen laut Tabelle 1, Abschnitt 1. In der letzten Spur ist der Temperaturgradient der Messung vom 02.05.89 (VB319) aufgetragen. Die Berechnung dieser Gradientenkurve  $\Gamma(Z)$  erfolgte über eine doppelte Filterung mit anschließender Differenzenberechnung; das heißt: Es wird ein Fenster in der Größe von 200 Meßpunkten (Meßpunktastand = 5 cm) über die Meßkurve gefahren und über die gefilterten Werte ein nochmaliger Filter mit gleicher Größe geschoben. Aus diesen gewonnenen Daten wird dann alle 5 cm die Temperaturgradientenkurve aufgetragen. Hierdurch erfährt die Kurve eine Glättung, die aber noch immer Temperaturanomalien wiedergibt. So sind z.B. die in Abschnitt 3. beschriebenen Anomalien hinter der Verrohrung, wie auch andere im unverrohrten Teil der Bohrung, deutlich zu erkennen.

Da sich zur Zeit der Messungen das Temperaturfeld noch in der Angleichsphase befand, können noch keine für die einzelnen Bohrlochabschnitte gültigen mittleren Temperaturgradienten benannt

werden. Eine vorläufige Berechnung der thermischen Situation bis einschließlich 02.05.89 soll jedoch im folgenden Abschnitt dargestellt werden.

#### 4.2 Lokale Temperaturgradienten

Änderungen der Größe des Temperaturgradienten sind häufig an einen Lithologiewechsel sowie der mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine und der damit korrespondierenden Wärmeleitfähigkeitsänderung oder Änderung von Wasserwegsamkeiten gebunden. Daher liegt es auch nahe, Stufengradienten zunächst an bisher bekannte geologische Strukturen zu binden. Das vorläufige Lithologie-Profil nach HIRSCHMANN (mündliche Mitteilung) weist neun trennbare Einheiten auf. In der Abb. 2 sind diese als Abkürzungen in der Teufenspalte eingetragen. Dabei bedeuten:

BG	=	Biotitgneis
WL	=	Wechsellagen von Amphiboliten/Metabasiten und Gneisen
A	=	Amphibolit.

In der nächsten Spalte der Abb. 2 ist zunächst der Temperaturgradient  $\Gamma(z)$  (wie bereits in Anlage 5) dargestellt, zusätzlich aber noch der Stufengradient in Anlehnung an die Geologie. Zur Berechnung des Stufengradienten wurden aus der Temperaturkurve VB319 vom 02.05.89 die Temperaturwerte an der Unter- und Obergrenze der jeweiligen geologischen Einheit abgegriffen und in die Gleichung (1) eingesetzt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind als vertikale Balken über der Temperaturgradientenkurve eingetragen. Für den Teufenbereich zwischen der Erdoberfläche und dem zweiten geologischen Wechsel bei 527 m wurde wegen der noch andauernden starken thermischen Störungen auf eine Mittelbildung verzichtet. Der Teufenbereich ab 3574 m bis zur Endteufe verläuft im Amphibolit. Die geologische Situation gibt für diesen Teufenbereich keinen Anlaß zu einem Temperaturgradientenwechsel. Trotzdem zeigen die Messungen eine starke Variation bei ca. 3780 m.

Um die Ursache der Vergrößerung des Gradienten zu untersuchen, sind in Abb. 3 die Linearanteile der einzelnen Meßkurven mit Geraden hinterlegt. Daraus geht hervor, daß drei Teufenabschnitte mit unterschiedlichen Gradientenscharen zu erkennen sind:

Teufenbereich	ca.	3000 - 3750 m (C),
"	ca.	3820 - 3910 m (B) und
"	ca.	3910 - 3990 m (A).

Die Teufenabschnitte sind in der Abb. 3 mit den Buchstaben A, B und C bezeichnet. Der Teufenabschnitt C ist in der Abb. 3 erst ab 3500 m eingezeichnet. Trägt man die Größen der Temperaturgradienten in Abhängigkeit der Zeit auf (Abb. 4), so zeigen die einzelnen Kurven, daß die zeitliche Ableitung der Kurven ungleich Null ist, was belegt, daß der Temperaturangleich noch nicht zum Stillstand gekommen ist. Dies gilt insbesondere für den Teufenbereich C (3000 - 3700 m). Die Temperaturgradienten der Bereiche A

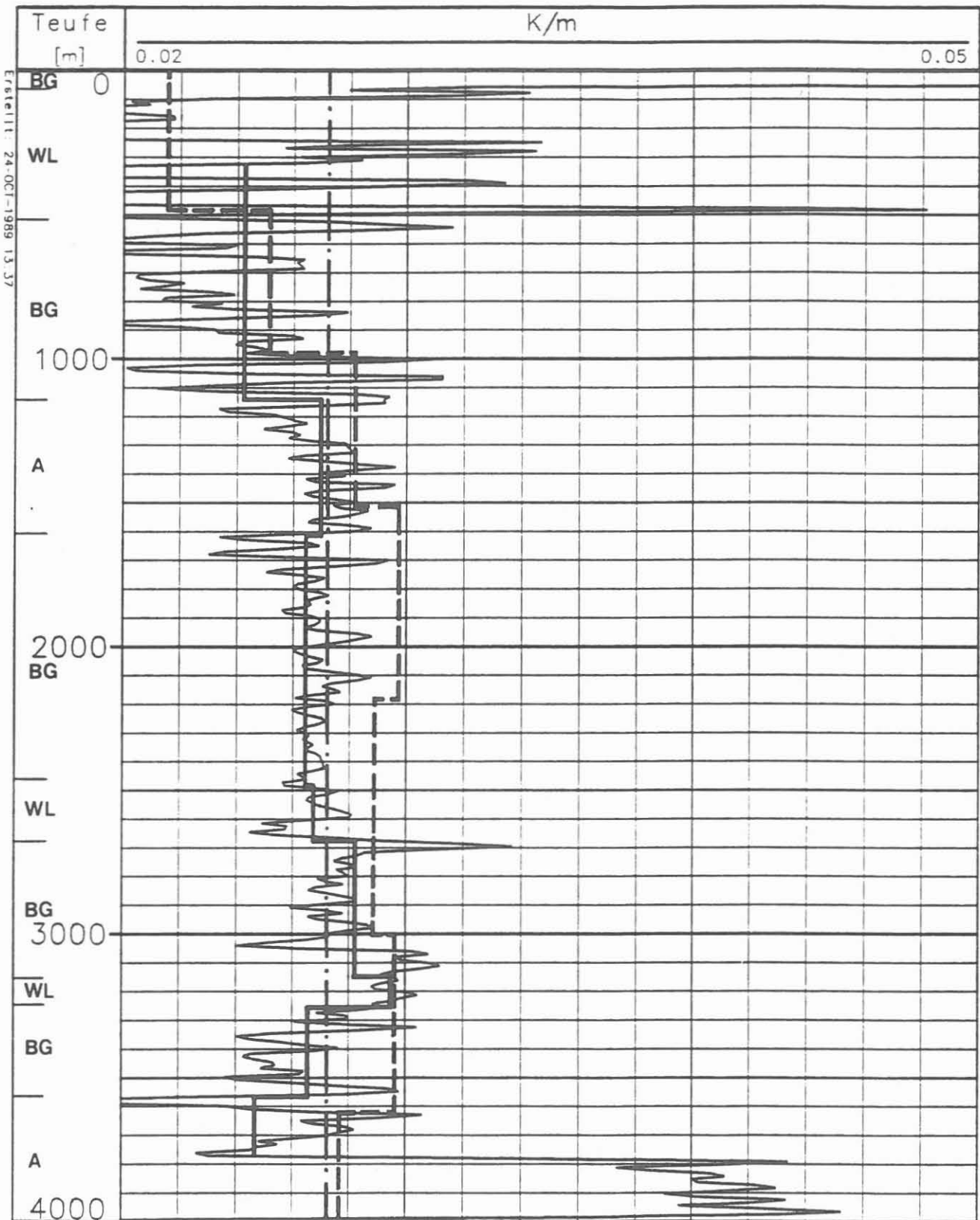






Abb. 2: Temperaturgradienten

-  Temperaturgradient wie in Anlage 5
-  Stufengradient bezogen auf geolog. Strukturen
-  mittlerer Temperaturgradient (z = 0 - 4000 m)
-  sukzessive Gradientenbestimmung während des Bohrens

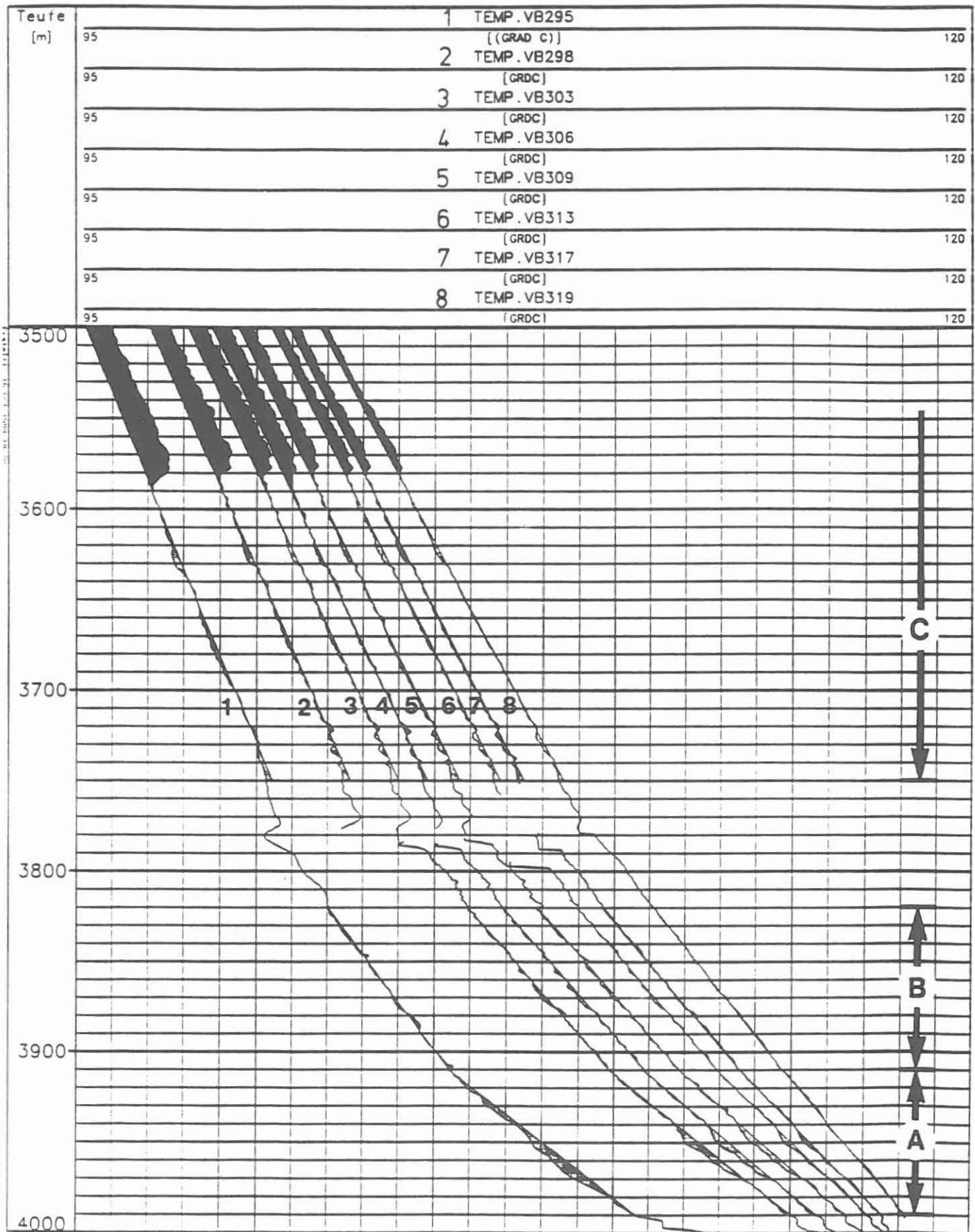


Abb.3: Temperaturverhalten in der Bohrung, Teufe 3500 - 4000m. Die hinterlegten Geraden lassen drei Temperaturgradientenbereiche A, B und C erkennen. Bei 3780m Teufe fehlen Messdaten durch Aufstehen der Sonde im Bereich des Whipstocks.



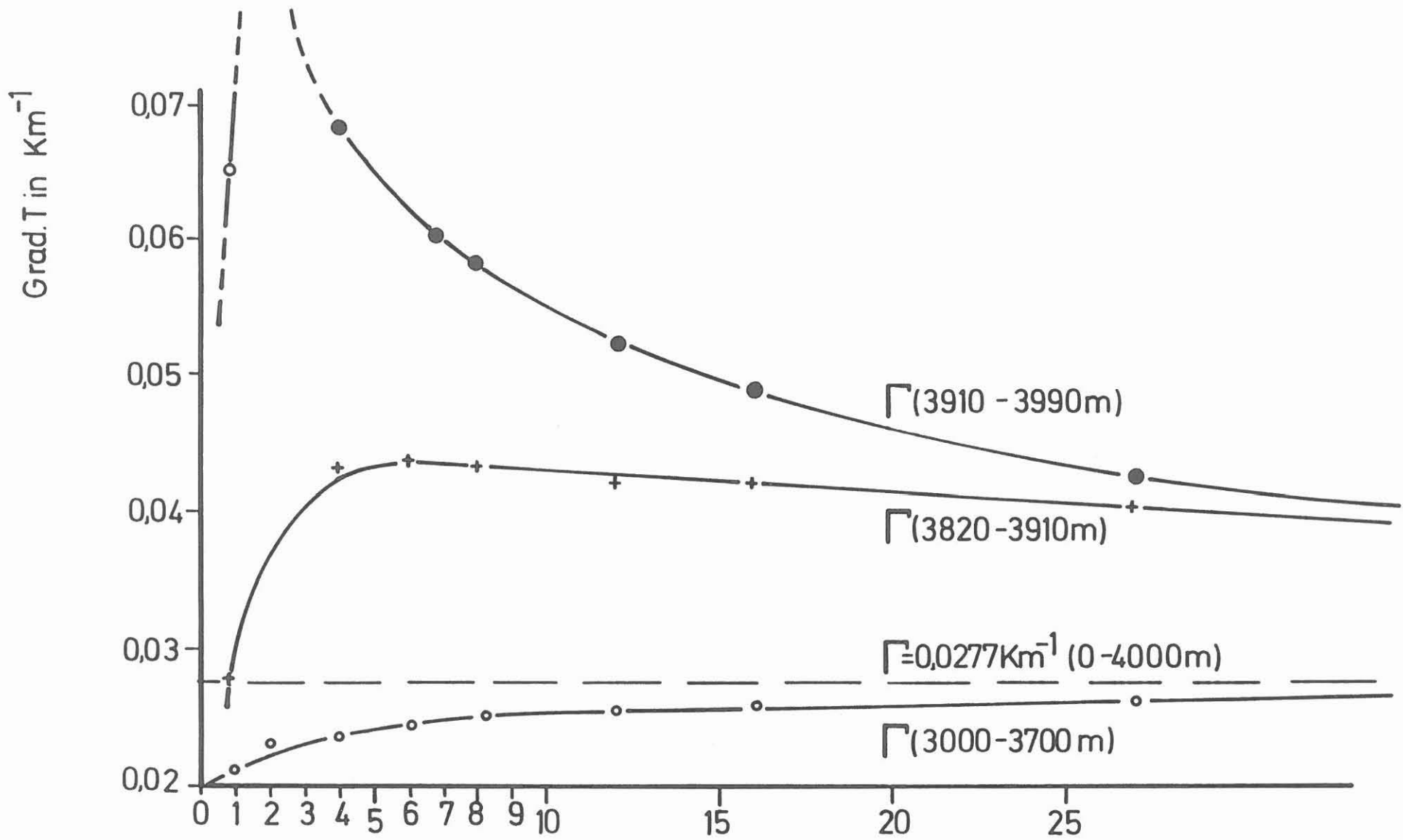


Abb.4: Änderung der Temperaturgradienten der Bereiche A,B und C in Abhängigkeit von der Zeit

Tage nach  
Zirkulation

Abb. 4

und B nähern sich einem gleichgroßen Wert, beide sind aber ca. um den Faktor 2 größer als der mittlere Temperaturgradient der Bohrung und ebenfalls größer als der Wertebereich "C". Daraus geht hervor, daß sich der eingestellte Knick in der Temperaturkurve bei ca. 3780 m zu stabilisieren scheint. Die Ursache hierfür kann in einer Wasserversickerung durch das abgeworfene Bohrloch bei ca. 3780 m und im gesamten Teufenbereich "C" (Abb. 3) liegen. Die Abb. 5, nach HÄNEL et al., 1988, zeigt in der Version V des Bildes die Gradientenverschiebung in einer permeablen Zone durch Sickerwasser. In der KTB-VB wurde die Versickerung durch ständiges Wiederauffüllen der Spülungssäule bis über Tage in Gang gehalten. In der Abb. 3 ist die obere Abgrenzung der permeablen Zone ab der Teufe ca. 3580 m durch den Temperaturrücksprung deutlich zu erkennen. Innerhalb des Bereiches "C" gibt es 3 Zonen immer wiederkehrender Temperatursprünge (3610 - 3630, 3660 - 3680 und 3720 - 3750), die als Versickerbereiche gedeutet werden können. Der Teufenbereich 3750 bis 3790 ist wegen zu geringer Meßdichte nicht interpretierbar.

## 5. VERGLEICH DER TEMPERATURMESSUNGEN NACH ABSCHLUSS DER BOHRARBEITEN MIT TEMPERATURBESTIMMUNGEN WÄHREND DES BOHRVORGANGES

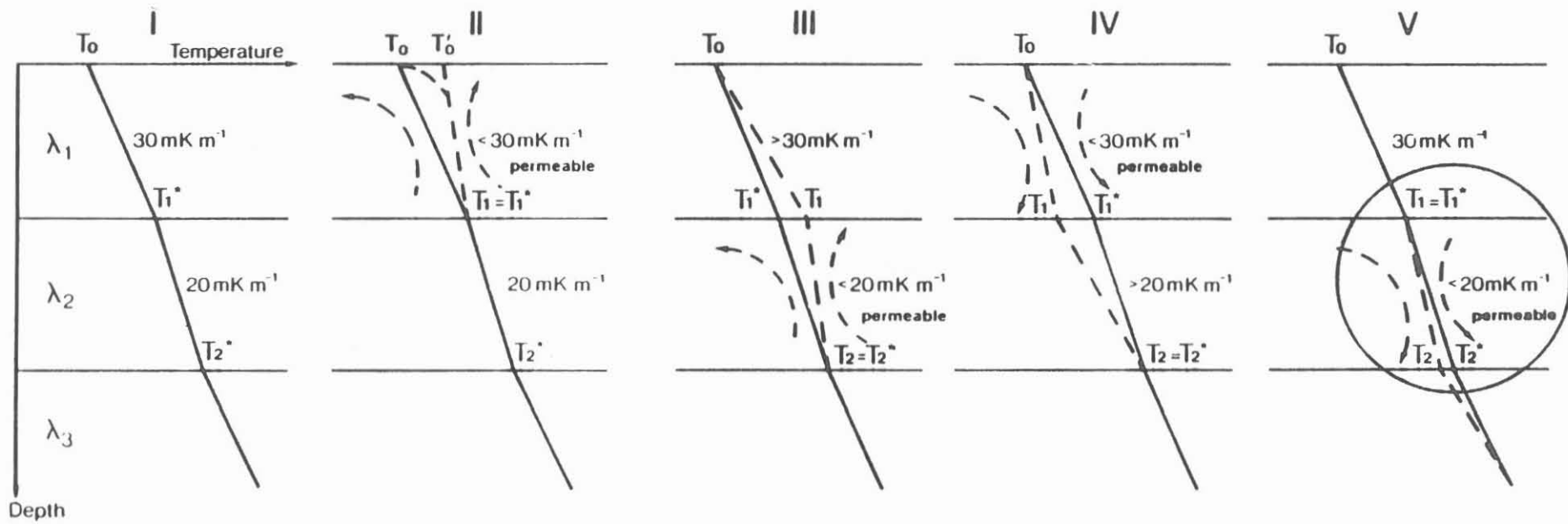
### 5.1 Temperaturwerte

Während der Bohrphase wurde in der KTB-Oberpfalz VB eine Vielzahl von Temperaturmessungen ausgeführt (ZOTH, 1988). Hauptgrund war, die Vorhersage für die Hauptbohrung mit möglichst sicheren Werten zu untermauern. Da in einer Bohrung ständig mit Wasserzuflüssen oder Spülungsverlusten, die das Temperaturfeld verfälschen, zu rechnen ist, wurden jeweils nach ca. 100 - 150 m Bohrfortschritt (bei Meißelwechsel) ein Temperaturlog zur Datensicherung gefahren. Ferner konnten im Verlaufe der allgemeinen Meßphasen, die in 500-bis 700 m-Intervallen ausgeführt wurden, zusätzliche Temperaturmessungen eingeschoben werden.

Diesen zusätzlichen Messungen entstammen die Temperaturwerte, die relativ gesichert erscheinen, um als Grundlage für eine Vorhersage über die jeweils erreichte Teufe hinaus zu dienen. In der folgenden Tabelle 2 sind diese als Endwerte der Langzeitmessungen aufgelistet.

Tabelle 2: Temperaturmeßwerte aus Langzeitmessungen

Teufe (m)	Anzahl der Logs	Zeit nach Zirkulationsende (h)	letzter gemessener Temperaturwert (°C)
478	7	134	18,0
992	5	384	31,0
1529	4	67	46,1
2200	7	157	66,1
3011	5	136	89,5
3628	4	192	107,8



**Abb. 5:** Influence of water movement on temperature.

- I – Reference model
- II, III – Ascending water
- IV, V – Descending water
- $T_0$  = Mean annual temperature on the Earth's surface
- $T'_0$  = Extrapolated surface temperature
- $T_1, T_2$  = Measured temperature
- $T_1^*, T_2^*$  = Undisturbed temperature
- $\lambda$  = Thermal conductivity.

Die Wartezeit für die Rückbildung der Temperaturstörungen in einer Bohrung, die aufgrund der Erwärmung bzw. Auskühlung durch den Bohrvorgang entstanden sind, ist von vielen bohrlochrelevanten Faktoren (Spülungsumlaufgeschwindigkeit, Einlauftemperatur, Bohrfortschritt, Bohrlochdurchmesser u.a.m.) abhängig. KAPPELMEYER & HÄNEL, 1974, halten aber eine doppelte Bohrzeit als Wartezeit zur Erlangung der ungestörten Gebirgstemperatur als eine allgemeine Faustregel für angemessen. Nach dieser Zeit sollte die Temperaturdifferenz zur Gebirgstemperatur im Rahmen der Meßgenauigkeit liegen. BULLARD, 1947, hingegen hat nach theoretischen Überlegungen eine Rückbildungszeit bis zur 20-fachen Bohrzeit ermittelt. Nach dieser Zeit soll das Temperaturfeld der Bohrung bis auf 1 % der Ausgangstemperatur zurückgebildet sein. Derartige Wartezeiten sind erfahrungsgemäß nicht möglich und treffen bei vielen bisher vermessenen Bohrungen nicht zu. Auch KUTAROV, 1968, stellt an mehreren Bohrungen fest, daß die Rückbildungszeiten häufig kürzer sind als theoretisch erwartet.

Im Falle der KTB-Oberpfalz VB wurden während der Langzeitmessungen in den Tiefen laut Tabelle 2 mehrere Temperaturmessungen in Zeit-Temperaturkurven aufgetragen, um so den zuletzt gemessenen Temperaturwert (ZOTH, 1988) bewerten zu können. Diese Endwerte, Tabelle 2, waren während des Bohrvorganges ein Maß für die mögliche Gebirgstemperatur in der zu der Zeit erbohrten Tiefe. Mit Hilfe dieser Werte mußte dann jeweils versucht werden, über die erbohrte Tiefe hinaus die Temperatur zu extrapolieren, obwohl dies nur bedingt vertretbar ist.

Die in der Abb. 6 aufgetragenen Temperaturkurven bieten eine erste Möglichkeit, die Meßwerte aus der Zeit während des Bohrvorganges mit Temperaturmessungen nach Abschluß der Bohrarbeiten zu vergleichen. Die Kreuze in der Abb. 6 sind Meßwerte laut Tabelle 2 und die Kurven spiegeln die acht Temperaturmessungen laut Tabelle 1 wieder.

Dieser Vergleich zeigt, daß trotz relativ geringer Wartezeiten die Temperaturwerte offensichtlich nahe an der ungestörten Gebirgstemperatur liegen.

## 5.2 Temperaturgradienten

Die oben beschriebenen Temperaturwerte aus der Bohrzeit (Tabelle 2) wurden auch dazu benutzt, um Temperaturgradienten zu berechnen. Da aber die Meßwerte keinen Teufenbezug zu einem geothermierelevanten Ereignis haben (Abschn. 4.2), ist ein direkter Vergleich mit den Gradientenaufzeichnungen, wie in Abb. 2 dargestellt, nicht sinnvoll.

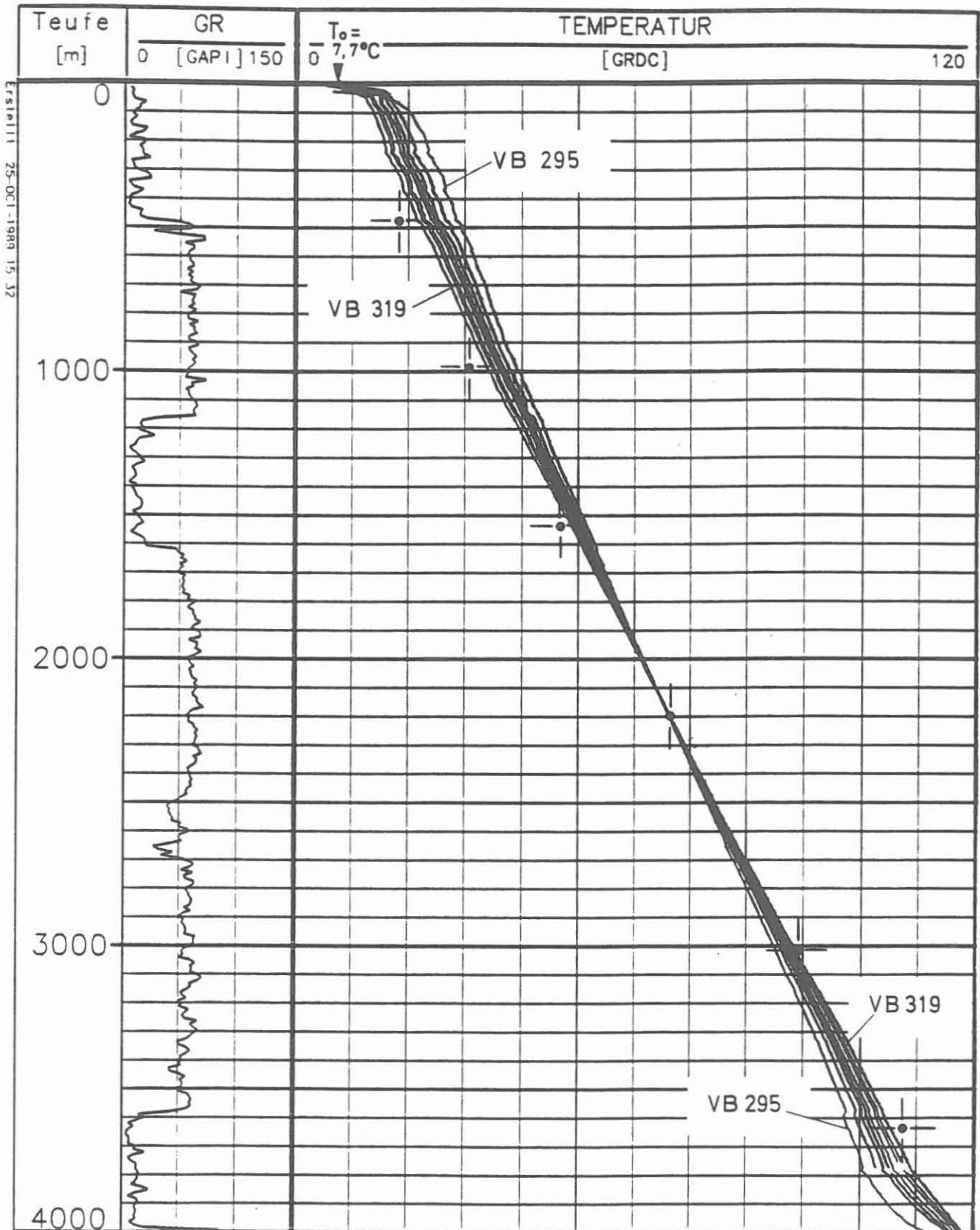


Abb.6: Vergleich der Temperaturmessergebnisse nach Beendigung der Bohrarbeiten mit Ergebnissen "—|—" ,die aus Langzeitmessungen während der Bohrphase stammen.

Trotzdem sind die Berechnungen zu den Teufenabschnitten laut Tabelle 2 als gestrichelte Linie in die Abb. 2 eingetragen. Daraus geht hervor, daß Gradientendarstellungen ohne Berücksichtigung geologischer Begebenheiten nicht erlaubt oder mit großer Vorsicht zu verwenden sind.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG

Im Auftrage:

Sachbearbeiter:



Dr. P. Kehrer  
(Mitglied des  
KTB-Direktoriums)



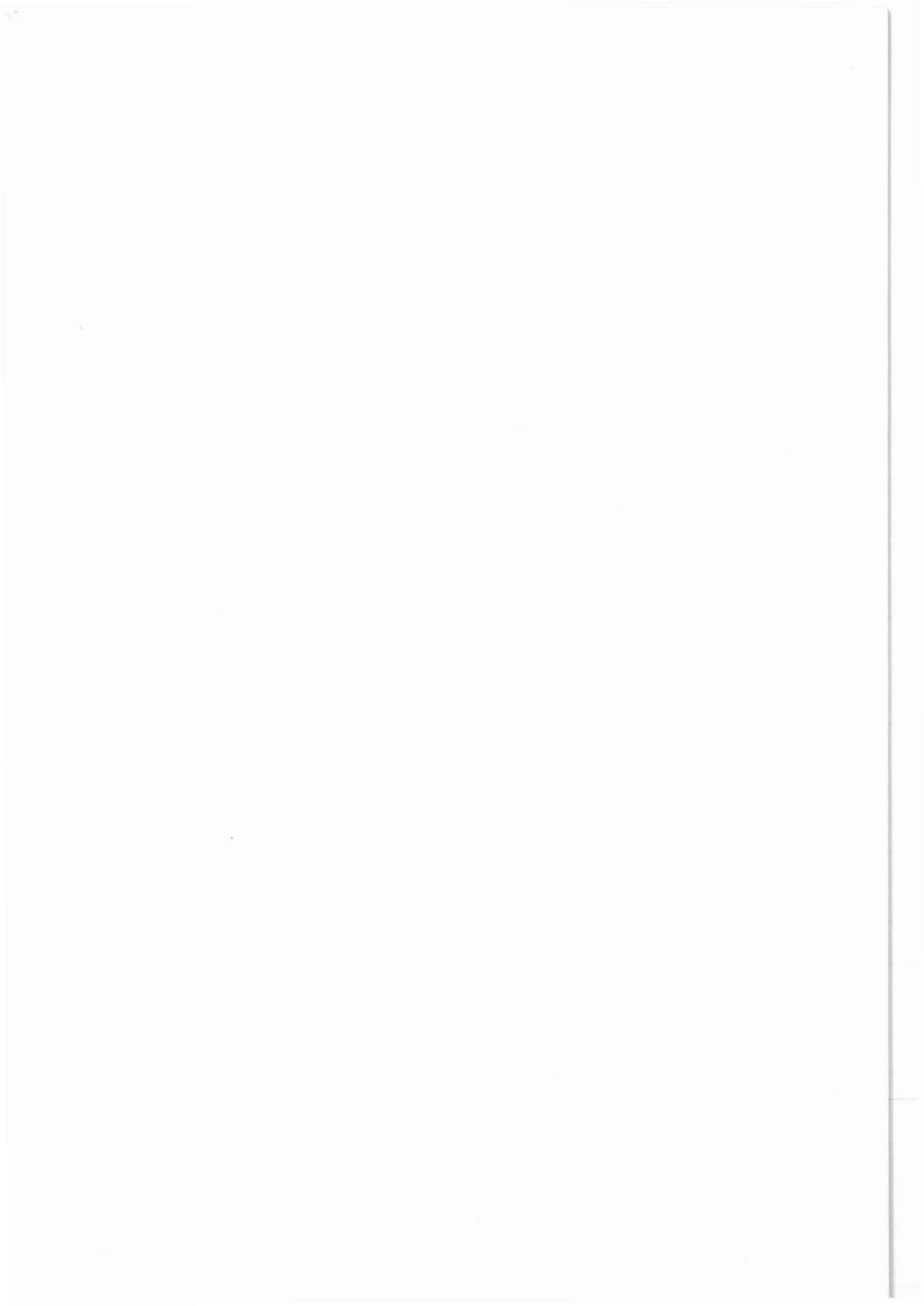
G. Zoth  
(Dipl.-Ing.)

6.    **SCHRIFTEN**

- BULLARD, E.C., 1947: Time necessary for a borehole to attain temperature equilibrium. Monthly Notice Roy. Astron. Soc., Geophys. Suppl. 5, 125-130.
- DEUTSCHER WETTERDIENST, 1964: Klima-Atlas von Bayern. - Offenburg (Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes).
- HÄNEL, R. (Editor), 1980: Atlas of subsurface Temperatures in the European Community. - Verlag Th. Schäfer, Hannover.
- HÄNEL, R., RYBACH, L. & STEGENA, L., 1988: 2. Fundamentals of Geothermics. - In: Handbook of Terrestrial Heat-Flow Density Determination. R. HÄNEL, L. RYBACH, and L. STEGENA (eds.), Kluwer Academic Publisher, London, p. 9-57.
- KAPPELMEYER, O. & HÄNEL, R., 1974: Geothermics with Special Reference of Application. - Geoexpl. Monographs, S.1, No. 4, Gebr. Borntraeger, Berlin, p.238.
- KUTAROV, I.M. 1968: The determination of the time for reaching temperature equilibrium in deep bore holes. - Freiburger Forsch.-H., C 238: 55-61, Leipzig.
- ZOTH, G., 1988: Temperaturen in der KTB-Oberpfalz VB.- Bericht BGR/NLFB, Archiv-Nr. 103 347, Hannover.

## 10. Anforderung von KTB-Meßdaten





An das  
 Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung  
 –KTB– Projektleitung–  
 z. Hd. Herrn J. Draxler  
 Stilleweg 2  
 3000 Hannover 51

**Betr.: Anforderung von KTB–Bohrlochmeßdaten**

Zur Bearbeitung der gewonnenen Bohrlochmeßdaten  
 bitte(n) ich/wir um Übersendung folgender Daten:

Messung Auswertung Test KTB–Ifd. Nr.	Datum	Intervall		Datenträger					Bemerkungen
		von	bis	Pause, Transp.	Pause, Papier	Band, Floppy	Daten– liste	Bericht, Veröff.	

Mit der Entgegennahme der Daten erwächst dem Empfänger die Pflicht, der KTB–Projektleitung oder/und dem KTB–Schwerpunkt im Rahmen der ARGEN über den Fortgang der Arbeiten jährlich zu berichten. Erstveröffentlichungen sind für die KTB–Report Reihe vorzusehen.

Bitte senden Sie die angeforderten Daten an:

Institut/Amt/Firma:

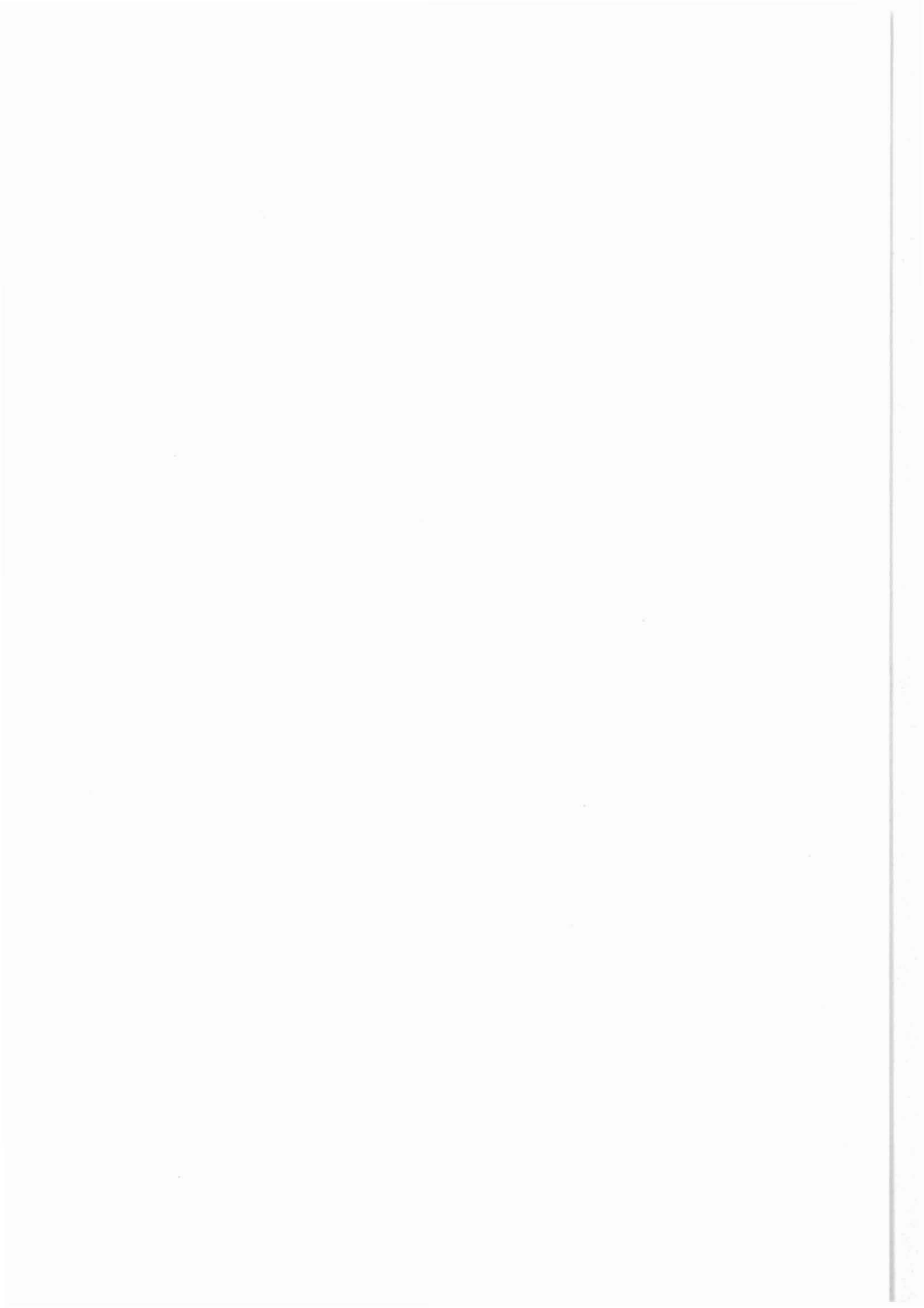
Straße, Nr. :

Plz., Ort :

Name des Empfängers:

Ort und Datum

Unterschrift



An das  
 Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung  
 –KTB– Projektleitung–  
 z. Hd. Herrn J. Draxler  
 Stilleweg 2  
 3000 Hannover 51

**Betr.: Anforderung von KTB–Bohrlochmeßdaten**

Zur Bearbeitung der gewonnenen Bohrlochmeßdaten  
 bitte(n) ich/wir um Übersendung folgender Daten:

Messung Auswertung Test KTB–Ifd. Nr.	Datum	Intervall		Datenträger					Bemerkungen
		von	bis	Pause, Transp.	Pause, Papier	Band, Floppy	Daten – liste	Bericht, Veröff.	

Mit der Entgegennahme der Daten erwächst dem Empfänger die Pflicht, der KTB–Projektleitung oder/und dem KTB–Schwerpunkt im Rahmen der ARGEN über den Fortgang der Arbeiten jährlich zu berichten. Erstveröffentlichungen sind für die KTB–Report Reihe vorzusehen.

Bitte senden Sie die angeforderten Daten an:

Institut/Amt/Firma:

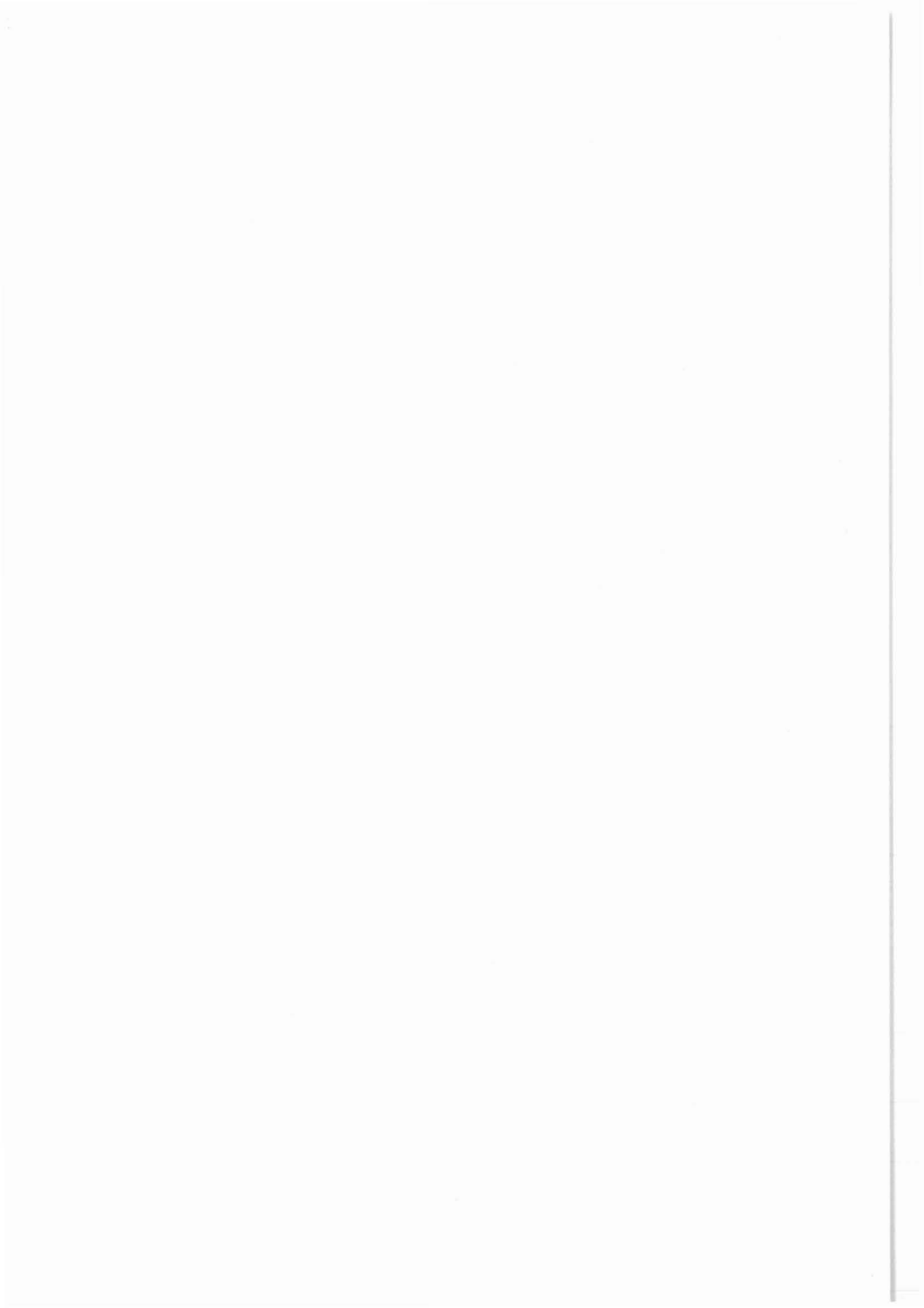
Straße, Nr. :

Plz., Ort :

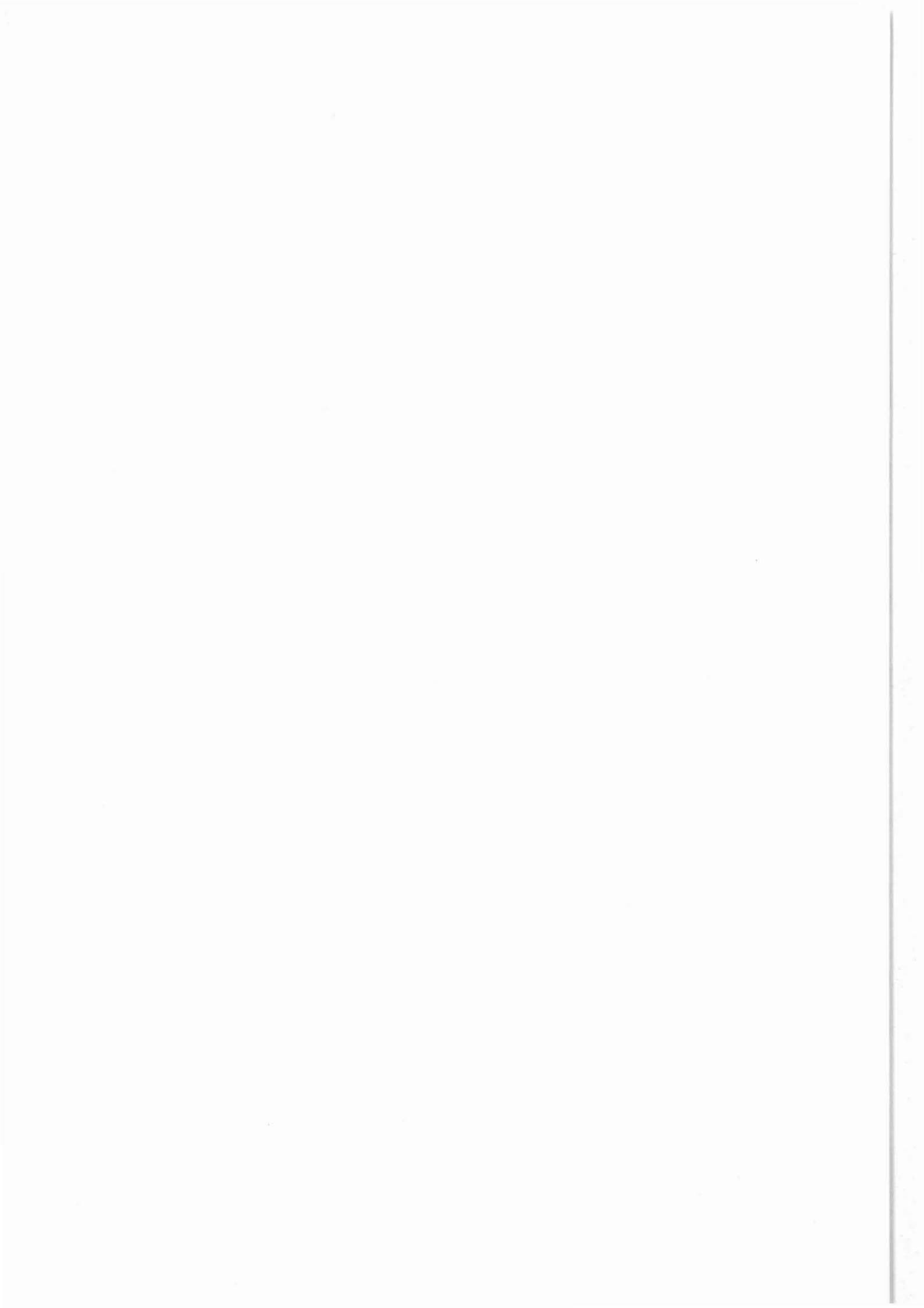
Name des Empfängers:

\_\_\_\_\_  
 Ort und Datum

\_\_\_\_\_  
 Unterschrift



## 11. Anlagen



### Anlagenverzeichnis

Anlagen Nr.

- Gatto H., Bucker C.,** Vergleich der Gesteinsdichte mittels Messungen von Schlumberger (Litho-Density Log) und an Kernen durch das Feldlabor.....(1)-1a-b
- Gatto H., Casten U.,** Bohrlochgravimetrisch ermittelte Dichte (BHGM) im Vergleich zur Logdichte (RHOB).....(2)-1a-d
- Gatto H.,** Vergleich der Absorption Thermischer Neutronen gemessen mit den Geräten TDT-P und GLT (Schlumberger) sowie PDK-100 (Western Atlas Wireline Services).....(3)-1
- Gatto H.,** Vergleich von Messungen dreier gebräuchlicher Bohrloch-Orientierungssysteme.....(4)-1a-d  
2, 3
- Zoth G.,** Temperaturmessungen nach Abschluß der Bohrarbeiten in der Bohrung KTB-Oberpfalz VB.....(5)-1-5



