



DECKBLATT

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
EU 093.5	9K	3194		EE	RB	0005	00

Titel der Unterlage: Temperaturmessungen in der Bohrung Konrad 101	Seite: I.
	Stand: 01.09.86
Ersteller: BGR	Textnummer:

Stempelfeld:

PSP-Element TP.....:	zu Plan-Kapitel:						
	<table border="1"> <tr> <td>PL</td> <td>PL</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>/Freigabe für Behörden</td> <td>Freigabe im Projekt</td> </tr> </table>	PL	PL			/Freigabe für Behörden	Freigabe im Projekt
PL	PL						
							
/Freigabe für Behörden	Freigabe im Projekt						

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

Revisionsblatt



EU 093.5	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	3194		EE	RB	0005	00

Titel der Unterlage: Temperaturmessungen in der Bohrung Konrad 101	Seite: II.
	Stand: 01.09.86

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

HANNOVER

Temperaturmessungen in der Bohrung Konrad 101

(Bericht zum BMFT-Forschungsvorhaben KWA 53090)

Sachbearbeiter:



Datum : September 1986
Archiv-Nr. : 99 127
Tagebuch-Nr. : 12126/86

Zusammenfassung

In der Bohrung Konrad 101 wurden für das geologische und hydrogeologische Untersuchungsprogramm der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt insgesamt 12 Temperaturmessungen mit einer hochauflösenden Bohrlochmeßapparatur durchgeführt. Hauptziel dieser Messungen war, Zuflüsse von Formationswässern im Bohrloch nachzuweisen und zu lokalisieren.

In den Temperaturlogs treten Anomalien deutlich in den Bohrlochabschnitten hervor, für die die hydraulischen Tests erhöhte Durchlässigkeiten ergeben haben.

Im Teufenbereich von 450 m bis 480 m Teufe erstreckt sich die Temperaturanomalie über den Hilssandstein und das Oberapt. Eine Abgrenzung von Wasserwegsamkeiten innerhalb dieser Schichten ist nach den Ergebnissen der Temperaturmessungen nicht möglich.

Die Temperaturanomalie im Teufenbereich 740 m bis 778 m weist darauf hin, daß der an der Basis des Korallenooliths aufgetretene Wasserabfluß über mehrere Klüfte erfolgt ist.

Im tiefsten Bohrlochabschnitt wurde im Bajocium bei 928 m Teufe eine Temperaturanomalie angetroffen, die auf einen Wasserzutritt über eine Einzelkluft hindeutet. Aufgrund des niedrigen Transmissivitätswertes, der bei dem hydraulischen Test im Bohrlochabschnitt von 919 m bis 1002 m gemessen wurde, ist hier von sehr geringen Wasserbewegungen auszugehen.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Durchführung der Messungen	1
3. Meßverfahren	2
4. Ergebnisse	2
4.1 Auswertung der Temperaturlogs	2
4.2 Deutung der Temperaturanomalien	5
4.3 Interpretation der Temperaturmessungen im Hinblick auf die Ergebnisse der hydraulischen Tests	8
5. Literaturverzeichnis	12
6. Abbildungsverzeichnis	13

1. Einleitung und Problemstellung

Die Bohrung Konrad 101 wurde im Rahmen der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Auftrag gegebenen Untersuchungen über die Eignung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle abgeteuft. Zielsetzung war ein detaillierter Aufschluß über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse in der Umgebung des ehemaligen Erzbergwerks. Die Bohrung sollte insbesondere dazu dienen, die für die Beurteilung der Barrierewirkung der gering durchlässigen Schichten erforderlichen hydraulischen Kennwerte zu bestimmen. Zum umfangreichen Bohrlochmeßprogramm gehörten auch genaue Temperaturmessungen mit einer hochauflösenden Bohrlochapparatur. Bohrlochtemperaturmessungen haben bei der Untersuchung hydraulischer Wegsamkeiten in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Mit Hilfe genauer Temperaturgradientenbestimmungen lassen sich sehr empfindlich Wasserbewegungen im Bohrloch nachweisen.

2. Durchführung der Messungen

In der Bohrung Konrad 101 wurden insgesamt 12 Temperaturlogs aufgenommen. Im Hinblick auf den Nachweis von Wasserzutritten in das Bohrloch wurde jeweils unmittelbar nach Beendigung der Bohrarbeiten für einen Bohrabschnitt als erstes eine Temperaturmessung durchgeführt. Im durch den Bohrvorgang gestörten Temperaturgleichgewicht treten in der Regel die größten Kontraste zwischen Spülungstemperatur und der Temperatur der zutretenden Formationswässer auf. Um mögliche Veränderungen von Temperaturanomalien während der Rückbildung des Temperaturgleichgewichts zu beobachten, wurde jeweils im Anschluß an die geophysikalischen Routinemessungen eine Wiederholungsmessung durchgeführt. Nach Fertigstellung des letzten Bohr-

abschnitts wurden Temperaturlogs über die gesamte - bis 740 m verrohrte - Bohrlochstrecke aufgenommen.

Die Ausführung der Messungen erfolgte durch die [REDACTED]. Die Auswertung und Bearbeitung der Meßdaten wurde in der BGR durchgeführt.

3. Meßverfahren

Für die Temperaturmessungen in der Bohrung Konrad 101 wurde die BGR-Bohrlochmeßapparatur für Präzisionstemperaturmessungen verwendet, die im Rahmen eines BMFT-Forschungsvorhabens (KWA 20600) zur geothermischen Erkundung des Standorts Gorleben für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen entwickelt worden ist. Die Meßmethode basiert auf einer rechnergesteuerten Widerstandsmessung mit einem hochauflösenden Digitalmultimeter (Platin-Widerstandsthermometer mit kurzer Ansprechzeit). Die Meßgenauigkeit liegt bei 0,01 °C mit einer Auflösung von etwa 0,001 °C. Der Meßpunktabstand betrug bei den vorliegenden Temperaturmessungen 2 cm oder 3 cm. Die Auswertung der Meßdaten zur Darstellung der Temperatur- und Temperaturgradientenlogs erfolgt über eine Mittelwertbildung durch gleitende lineare Regression. Für die Mittelwertbildung wurden Intervall-Längen von 1 m bei den Temperaturlogs und 8 m bei den Temperaturgradientenlogs gewählt.

4. Ergebnisse

4.1 Auswertung der Temperaturlogs

In Abb. 1 sind die in der Bohrung Konrad 101 nach Abschluß der Bohrarbeiten gemessenen Temperaturlogs dargestellt, die

einen Überblick über die Temperaturverhältnisse von Geländeoberkante bis Endteufe geben.

Die Wiederholungsmessungen zeigen die Rückbildung des durch den Bohrvorgang gestörten Temperaturgleichgewichts. Durch die mit annähernd konstanter Temperatur umlaufende Spülung wurde die Formation im oberen Teil der Bohrung erwärmt und im unteren Teil abgekühlt. Die Temperaturlogs zeigen, daß die Rückbildung zum Zeitpunkt der letzten Messung bereits deutlich asymptotisch verläuft. Aus einem Vergleich der Bohr- und Standzeiten ist jedoch zu schließen, daß sich das Temperaturgleichgewicht noch nicht wieder vollständig eingestellt hat. Erfahrungsgemäß ist mit einem Abklingen der Temperaturstörungen auf weniger als 10% der Ausgangsstörung erst zu rechnen, wenn die Beruhigungszeit mindestens ebenso lange wie die Bohr- und Zirkulationszeit dauert. Die Standzeit vor den letzten Wiederholungsmessungen unmittelbar vor Verfüllung der Bohrung betrug 6 Tage. Demgegenüber dauerte das Kernbohren im letzten Bohrabschnitt (880 m - 1001 m) 11 Tage und im vorletzten Abschnitt (790 m - 880 m) 7 Tage mit nur einem Tag Unterbrechung für Bohrlochmessungen zwischen diesen Abschnitten, wobei Stillstandzeiten der Spülungszirkulation während der Kernbohrarbeiten nicht berücksichtigt sind. Temperaturstörungen aus den früheren Bohrabschnitten dürften sich auf die in Abb. 1 dargestellten Temperaturlogs nur noch geringfügig auswirken; hier steht einer Bohrzeit von 57 Tagen eine Standzeit von insgesamt 81 Tagen gegenüber.

Der mittlere Temperaturgradient für die gesamte Bohrlochstrecke beträgt nach dem zuletzt gemessenen Temperaturlog (Abb. 1) etwa 2,5 K / 100 m. In einzelnen Abschnitten des Logs nimmt der Gradient größere oder kleinere Werte an. Die Unterschiede beruhen auf den unterschiedlichen Wärmeleitfä-

higkeiten der im Bohrloch anstehenden Schichten oder auf konvektivem Wärmetransport durch Grundwasserbewegungen. Die Untersuchung der großräumigen geothermischen Verhältnisse im Bereich der Bohrung gehörte jedoch nicht zur Aufgabenstellung. Eine umfassendere Interpretation der Bohrlochtemperaturmessungen wäre auch nur dann möglich, wenn sichere Angaben über die Gleichgewichtstemperaturen gemacht werden könnten. Hierzu wären Wiederholungsmessungen während einer längeren Standzeit erforderlich gewesen.

Die Temperaturmessungen in der Bohrung Konrad 101 hatten in erster Linie zum Ziel, Wasserzutritte und Wasserbewegungen im Bohrloch zu lokalisieren. Im Hinblick auf diese Zielsetzung sind eine Reihe von Temperaturanomalien von besonderem Interesse, die unterhalb 450 m Teufe gemessen wurden. Diese Anomalien, die auf den Temperaturgradientenlogs (Abb. 2 und 3) deutlich hervortreten, werden im folgenden Abschnitt im einzelnen diskutiert.

Im oberen Teil der Bohrung sind ebenfalls einige Temperaturanomalien zu erkennen, die in regelmäßigen Abständen von etwa 18 m auftreten. Diese Anomalien sind hinsichtlich der Untersuchung der hydraulischen Wegsamkeiten ohne Relevanz. Hier handelt es sich wahrscheinlich um Temperaturstörungen, die auf thermischen Ausgleichsvorgängen zwischen der Bohrspülung und Verrohrung, Zementation und Ringraumflüssigkeit beruhen. Eine befriedigende Erklärung konnte nicht gefunden werden. Undichtigkeiten in der Verrohrung sind allerdings mit größter Wahrscheinlichkeit als Ursache auszuschließen, da die Längen der verschraubten Einzelrohre nicht mit den Abständen der Temperaturanomalien übereinstimmen.

4.2 Deutung der Temperaturanomalien

In den Temperatur- und Temperaturgradientenlogs treten unterhalb 450 m die nachfolgenden Anomalien deutlich hervor.

- Teufenbereich 460 m - 480 m

Diese Anomalie überdeckt den Bereich des Hilssandsteins und des Oberapts. Der Hilssandstein wurde nach dem geologischen Schichtenverzeichnis in 456,3 m bis 459,5 m Teufe angetroffen. Die hydraulischen Tests ergaben im Testintervall von 444 m bis 480,8 m einen Zufluß von Formationswasser, der nur dem Hilssandstein zugeordnet wurde. Die in den Abb. 4 und 5 dargestellten Temperaturlogs zeigen jedoch Temperaturstörungen, die sich bis zur Untergrenze dieses Bohrabschnitts bei 480 m Teufe erstrecken. Nach den Temperaturmessungen ist daher nicht auszuschließen, daß auch in den Schichten des Oberapts Wasserwegsamkeiten vorhanden sind. Nach dem Schichtenverzeichnis wurde in dem Teufenbereich unterhalb des Hilssandsteins Tonstein mit Feinsandstein, Tuff und Konglomerat führenden Schichten angetroffen, die ebenfalls als ein Hinweis auf Wegsamkeiten gedeutet werden können. Es ist aber hervorzuheben, daß die Temperaturen in diesem Teufenbereich auch durch Zementkopf und Rohrschuh der 13 3/8"-Verrohrung (447 m - 473 m) sowie durch Kaliberschwankungen und Auswirkungen der Bohrlochsohle (480 m) beeinflußt sein können. Zusätzliche Temperaturstörungen können durch die Zirkulation der Bohrspülung vor den Temperaturmessungen verursacht worden sein, die unmittelbar nach Beendigung der Bohrarbeiten in diesem Teufenabschnitt durchgeführt wurde (1000 l/Min über 1,5 h zwischen 471 m und 477 m).

- Teufenbereich 516 m - 534 m

Für diese Temperaturanomalie gibt es keine befriedigende Deutung. Abgesehen von einem Riß, der an einer Tonmer-

gelstein-Bohrkernprobe (532 m) beobachtet wurde, erbrachten weder die geologischen Untersuchungen noch die hydraulischen Tests Hinweise auf Wasserwegsamkeiten in diesem Teufenbereich.

- Teufenbereich um 600 m

Diese Temperaturanomalie wurde sehr wahrscheinlich durch die starke Auskesselung des Bohrlochs (von 6" auf 30") hervorgerufen, die mit dem Kaliberlog im Teufenabschnitt von 602 m - 609 m festgestellt wurde. Das zusätzliche Spülvolumen im erweiterten Bohrlochquerschnitt führt zu einer verzögerten Rückbildung des Temperaturgleichgewichtes. Nach dem Schichtenverzeichnis steht die Auskesselung mit einer großen Kluftdichte in Zusammenhang. Aus den hydraulischen Tests haben sich jedoch keine Hinweise auf erhöhte Durchlässigkeiten ergeben. Wenn die Temperaturanomalie ausschließlich auf dem Kalibereffekt beruht, dann müßte über längere Standzeiten ein Abklingen zu beobachten sein. Die vor dem Verfüllen der Bohrung für Wiederholungsmessungen zur Verfügung stehende Standzeit war für solche Beobachtungen nicht ausreichend.

- Teufenbereich um 620 m

In diesem Teufenbereich hatte sich der Spiegel der Bohrspülung bei hohen Spülvverlusten eingestellt, die in der durchlässigen Kluftzone an der Basis des Korallenooliths auftraten. Nach den in Abb. 6 dargestellten Temperaturlogausschnitten lagen die Spiegelstände zwischen 616 m und 618 m.

- Teufenbereich 740 m - 778 m

Diese Temperaturanomalie erstreckt sich über den Schichtbereich, in dem hohe Spülvverluste auftraten. Aus den Temperaturgradientenlogs sowie aus dem in Abb. 7 dargestellten Temperaturlogausschnitt ist zu erkennen, daß der

Wasserabfluß hier über mehrere klüftige Stellen erfolgte. (Beim Bohren wurden 20 m³ Spülungsverlust von 759 m bis 764 m Teufe, 40 m³ von 772 m bis 774 m Teufe und totaler Spülungsverlust in 774 m Teufe festgestellt). Da in 739,8 m Teufe die Verrohrung endet, ist es möglich, daß die Temperaturanomalie im oberen Abschnitt durch Rohrschuh, Zementation und Änderung des Bohrlochquerschnittes beeinflußt ist.

- Teufenbereich 806 m - 928 m

In diesem Teufenbereich sind mehrere Temperaturanomalien und Temperaturstörungen zu erkennen. Zwischen 806 m und 898 m traten Temperaturstörungen auf, die zeitlich nicht stabil waren. Aus deren zeitlichen Abklingen ist zu folgern, daß hier keine hydraulischen Wegsamkeiten zu Grundwasserleitern vorhanden sind. Als mögliche Ursache der Temperaturstörungen in diesem Bereich, der im Schichtenverzeichnis als sehr klüftig ausgewiesen ist, ist der Rückfluß von Bohrspülung aus einer Auflockerungszone in der engeren Umgebung des Bohrlochs anzusehen. Bei 928 m Teufe bildet sich im Laufe der Zeit eine Temperaturanomalie heraus, die im Temperaturlog deutlich als Knick hervortritt und auf einen geringen Wasserzutritt über eine Einzelkluft hindeutet. Im Schichtenverzeichnis ist im Teufenbereich 926,47 m - 927,46 m eine Kluft mit 1 cm mächtiger Calcitfüllung ausgewiesen. Bei dem hydraulischen Test im Bohrlochabschnitt von 919 m bis 1002 m wurde jedoch nur ein niedriger Transmissivitätswert gemessen. Es handelt sich demnach um sehr geringe Wasserbewegungen, auf die die Temperaturmessungen besonders empfindlich ansprechen. Hervorzuheben ist, daß der Nachweis von Formationswasserzuflüssen in Bohrlöchern durch Temperaturmessungen allein nur bedingt möglich ist. Eine bestimmte Temperaturanomalie kann durch unterschiedliche Wärmetransportvorgänge hervorgerufen werden, deren Diskriminierung in

der Regel die Kenntnis der ungestörten Bohrlochtemperaturen voraussetzt. Im vorliegenden Fall hätten Wiederholungsmessungen während einer längeren Standzeit der Bohrung durchgeführt werden müssen, um gesichertere Aussagen zu erhalten, ob es sich um einen Formationswasserzufluß oder einen Spülungsrückfluß handelt.

4.3 Interpretation der Temperaturmessungen im Hinblick auf die Ergebnisse der hydraulischen Tests

Aus den Ergebnissen der Temperaturmessungen ergeben sich Schlußfolgerungen, die im Hinblick auf die Auswertung der hydraulischen Tests von Bedeutung sind. Bei der Auswertung der Tests wird in der Regel so verfahren, daß aus den Testergebnissen ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) berechnet wird, indem der gemessene Transmissivitätswert durch die Länge des Testabschnitts dividiert wird. Die Testabschnitte werden nach geologischen und hydrogeologischen Gesichtspunkten ausgewählt. Dabei ist es jedoch nicht immer möglich, einheitliche Gesteinsbereiche zu erfassen.

Die Temperaturmessungen sind ein wichtiges Hilfsmittel zur Abgrenzung durchlässiger Schichten innerhalb eines Testabschnittes. Ordnet man den gemessenen Transmissivitätswert des gesamten Testabschnittes ausschließlich einer durch eine Temperaturanomalie gekennzeichneten durchlässigen Schicht zu, dann ergibt sich der Durchlässigkeitsbeiwert für diese Schicht als Quotient aus der Transmissivität und der Schichtmächtigkeit. Die so erhaltenen Durchlässigkeitsbeiwerte können sich von dem mittleren Wert für den vollen Testabschnitt deutlich unterscheiden. Besonders große Unterschiede ergeben sich für den Grenzfall einer hydraulisch dominierenden Einzelkluft.

Für offene glattwandige Klüfte sind Öffnungsweite und Durchlässigkeitsbeiwert durch folgende Gleichungen mit der Transmissivität verknüpft:

$$(1) \quad w = \left(\frac{12 \mu T}{\rho u} \right)^{1/3}$$

$$(2) \quad k_F = \left(\frac{\rho g}{12 \mu} \right)^{1/3} \cdot T^{2/3}$$

mit

- k_F : Durchlässigkeitsbeiwert in m/s
- T : Transmissivität in m^2/s
- w : Öffnungsweite in m
- μ : Viskosität Wasser in Pa·s
- ρ : Dichte Wasser in Kg/m^3
- g : Erdbeschleunigung in m/s^2

Als Beispiel sind in Tabelle 1 einige Zahlenwerte des Durchlässigkeitsbeiwertes für einen homogenen Grundwasserleiter mit einer Schichtmächtigkeit von 100 m den Durchlässigkeitsbeiwerten für eine Einzelkluft mit jeweils gleicher Transmissivität gegenübergestellt. Daran wird deutlich, daß der Durchlässigkeitsbeiwert der Einzelkluft um Größenordnungen höher ist als der Durchlässigkeitsbeiwert des homogenen Grundwasserleiters. Da die Strömungsgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) des Wassers proportional zum Durchlässigkeitsbeiwert ist, ist bei Klüften mit erheblich größeren Strömungsgeschwindigkeiten zu rechnen als bei homogenen Grundwasserleitern mit gleicher Transmissivität. Die Durchflußmenge ist dagegen in beiden Fällen gleich.

Wie im vorausgegangenen Abschnitt beschrieben ist, lassen die Ergebnisse der Temperaturmessungen darauf schließen, daß

im tiefsten Meßabschnitt der Durchlässigkeitstests zwischen 919,01 m und 1001,75 m der Wassertransport wahrscheinlich durch eine Einzelkluft dominiert wird, die die Bohrung in einer Teufe von 928 m schneidet. Setzt man voraus, daß der gemessene Transmissivitätswert von $T = 3 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ allein der Einzelkluft zuzuordnen ist, so ergibt sich für die Kluft ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 10^{-5} \text{ m/s}$. Unterstellt man ein Wasserspiegelgefälle von 10^{-3} , so ergäbe sich eine Strömungsgeschwindigkeit von mehreren dm pro Jahr, während in einem homogenen Wasserleiter, der sich über den gesamten Testabschnitt erstreckt, die Strömungsgeschwindigkeit bei der gemessenen Transmissivität nur ca. 10^{-6} m pro Jahr betragen würde (bei einer angenommenen Porosität von 10%). Die Durchflußmenge ist bei dem niedrigen Transmissivitätswert, der in diesem Abschnitt gemessen wurde, allerdings sehr gering. Für das angenommene Wasserspiegelgefälle würde sich eine Durchflußmenge von etwa 10^{-3} Liter pro Jahr und Meter ergeben. Der relativ hohe Durchlässigkeitsbeiwert käme außerdem großräumig nur bei einer durchgehenden großflächigen Kluft oder bei hydraulischer Vernetzung mit anderen Klüften zur Geltung. Die insgesamt niedrigen Transmissivitätswerte, die im Bajocium gemessen wurden, sprechen gegen eine derartige Vernetzung.

Bei den Ergebnissen der Temperaturmessungen im Bereich des Hilssandsteins liegen die Verhältnisse im Vergleich zu den Ergebnissen der hydraulischen Tests gerade umgekehrt. Hier wurde der gemessene Transmissivitätswert von $T = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ aufgrund der geologischen Befunde nur dem etwa 3 m mächtigen Hilssandstein zugeordnet. Dies ergab einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. Dieser Wert würde sich erniedrigen, wenn nach den Ergebnissen der Temperaturmessungen auch dem Oberapt Wasserwegsamkeiten zugeordnet werden. Quantitative Abschätzungen eines möglichen Beitrages von Wegsamkeiten im Oberapt zur Gesamtdurchlässigkeit des Testabschnitts können aus den Ergebnissen der Temperaturmessungen nicht abgeleitet werden.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

Im Auftrage



Sachbearbeiter



5. Literaturverzeichnis

- GERARDI, J. (1986): Bohrung Konrad 101, Geologischer Bericht. BGR-Bericht 99 566.
- JUNG, R. (1986): Erzeugung eines großflächigen künstlichen Risses im Falkenberger Granit durch hydraulisches Brechen und Untersuchung seiner mechanischen und hydraulischen Eigenschaften. - Diss., Ruhr-Universität Bochum.
- KLINGE, H. & NEUMANN-REDLIN, CHR. (1985): Hydraulische Testarbeiten in der Bohrung Konrad 101. - BGR-Bericht 98 403.
- KOPIETZ, J. (1983): Temperaturfelderkundung Gorleben. - BGR-Bericht 90 035.
- REPPERT, D. & BEHRENS, J. (1985): Bericht über das Abteufen der Untersuchungsbohrung Konrad 101 in der Zeit vom 2.11.1984 bis 30.5.1985. DBE, Peine.

6. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Temperaturlogs nach Abschluß der Bohrarbeiten
- Abb. 2 Temperatur- und Temperaturgradientenlogs vom 8. und 9.5.1985
- Abb. 3 Temperatur- und Temperaturgradientenlogs vom 14.5.85
- Abb. 4 Ausschnittplot der Meßdaten aus dem Bereich des Hils-sandstein (Messungen unmittelbar nach Fertigstellung des Bohrabschnitts)
- Abb. 5 Ausschnittplot der Meßdaten aus dem Bereich des Hils-sandstein (Wiederholungsmessungen)
- Abb. 6 Ausschnittplot der Meßdaten aus dem Bereich des Spü-lungsspiegels über der Kluftzone im Korallenoolith
- Abb. 7 Ausschnittplot der Meßdaten aus der Kluftzone im Korallenoolith
- Abb. 8 Schema der Verrohrung (nach D. Reppert, DBE)
- Abb. 9 Geologisches Profil der Bohrung Konrad 101 (nach J. Gerardi, BGR)

Tabelle 1 : Schichtdurchlässigkeit, Kluftdurchlässigkeit und Kluftweite bei unterschiedlicher Transmissivität

T, m ² /s	Schicht (100 m)	Kluft	Kluft
	k _f , m/s	k _f , m/s	w, mm
10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁵	2,0·10 ⁻⁷	5,0·10 ⁻⁴
10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁴	9,6·10 ⁻⁷	1,1·10 ⁻³
10 ⁻¹¹	10 ⁻¹³	4,5·10 ⁻⁶	2,3·10 ⁻³
10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹²	2,1·10 ⁻⁵	5,0·10 ⁻³
10 ⁻⁹	10 ⁻¹¹	9,6·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻²
10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰	4,5·10 ⁻⁴	2,3·10 ⁻²
10 ⁻⁷	10 ⁻⁹	2,0·10 ⁻³	5,0·10 ⁻²
10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	9,6·10 ⁻³	1,1·10 ⁻¹

$$k_f = \frac{T}{m} = \frac{T}{100}$$

$$w = \left(\frac{12 \mu T}{\rho \cdot g} \right)^{1/3}$$

$$k_f = \frac{T}{w} = \left(\frac{\rho \cdot g}{12 \mu} \right)^{1/3} \cdot T^{2/3}$$

T: Transmissivität

k_f: Durchlässigkeitsbeiwert

w: Kluftweite

m: Mächtigkeit

μ: Viskosität (Wasser),
μ = 10⁻³ Pa·s

ρ: Dichte (Wasser),
ρ = 10³ kg/m³

g: Erdbeschleunigung,
g = 9,81 m/s²

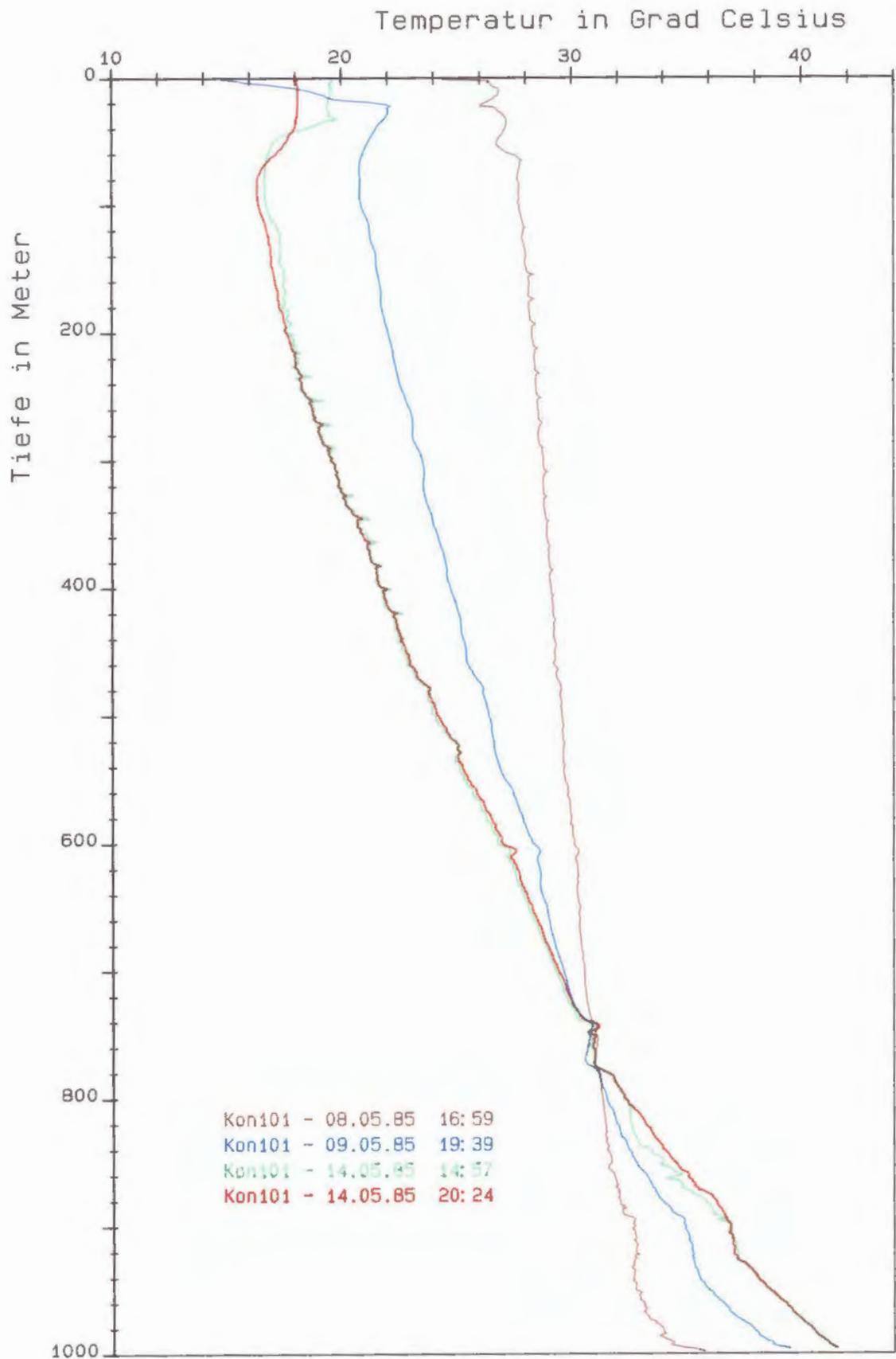


Abb. 1 Temperaturlogs nach Abschluss der Bohrarbeiten

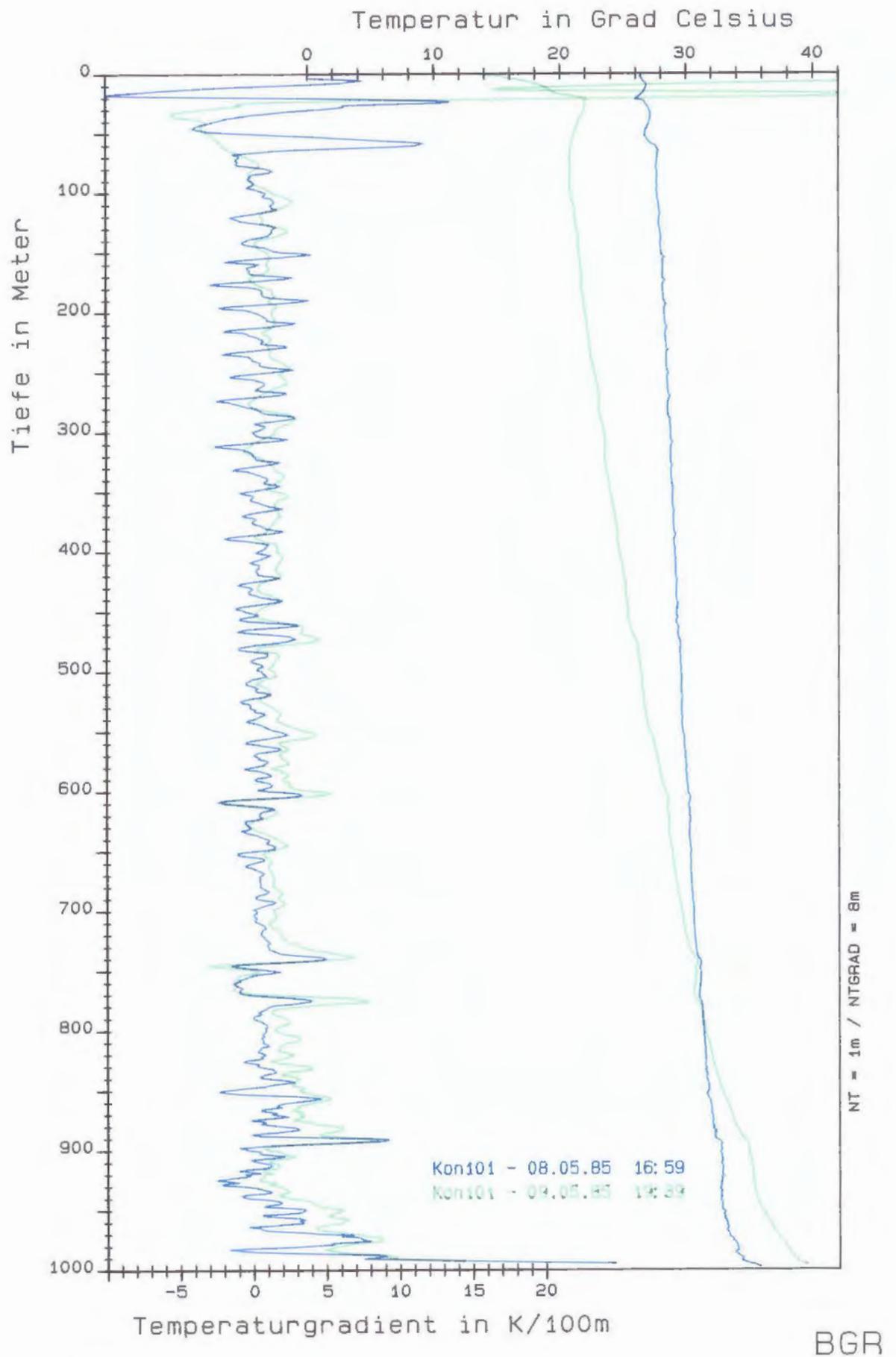


Abb. 2

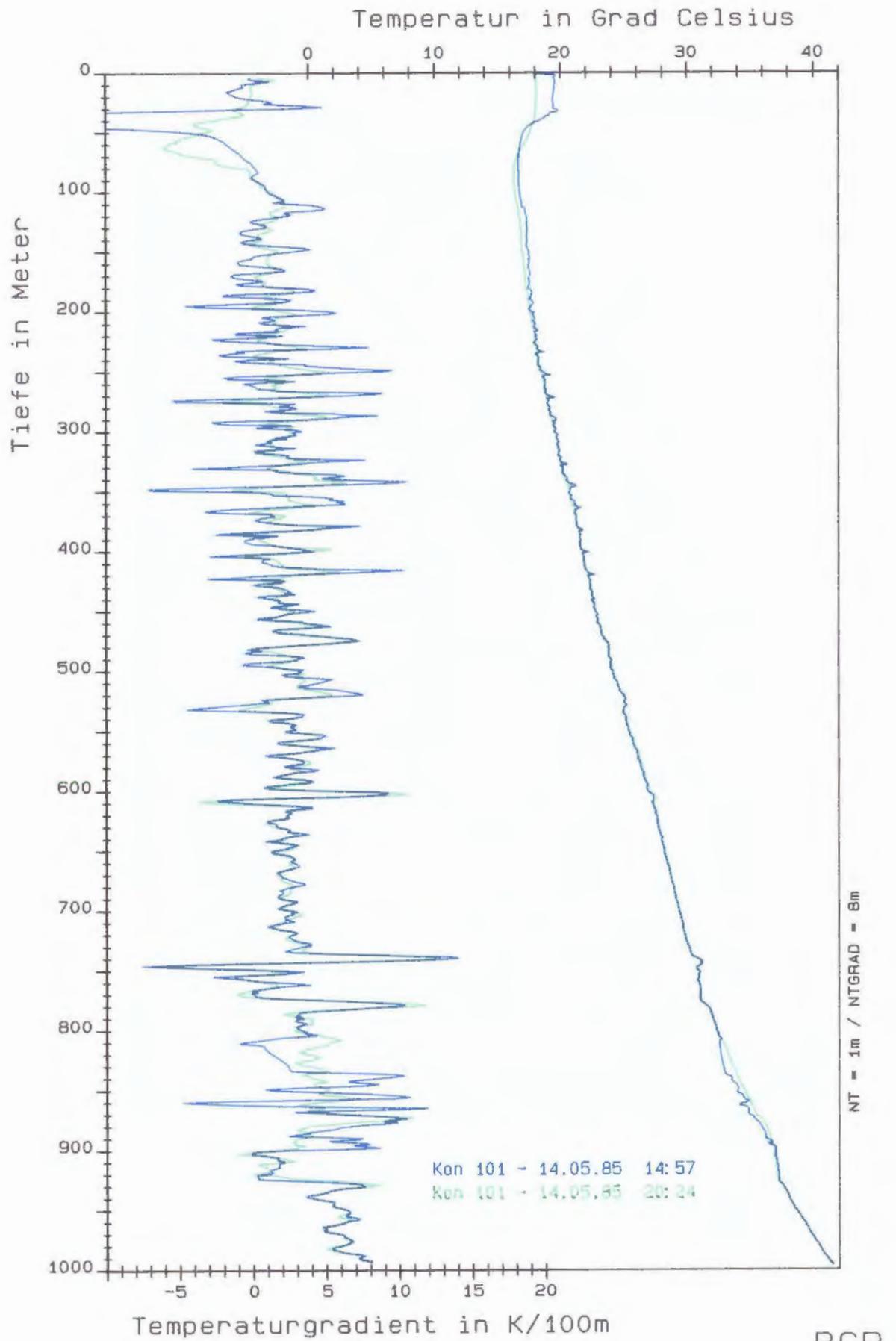


Abb. 3

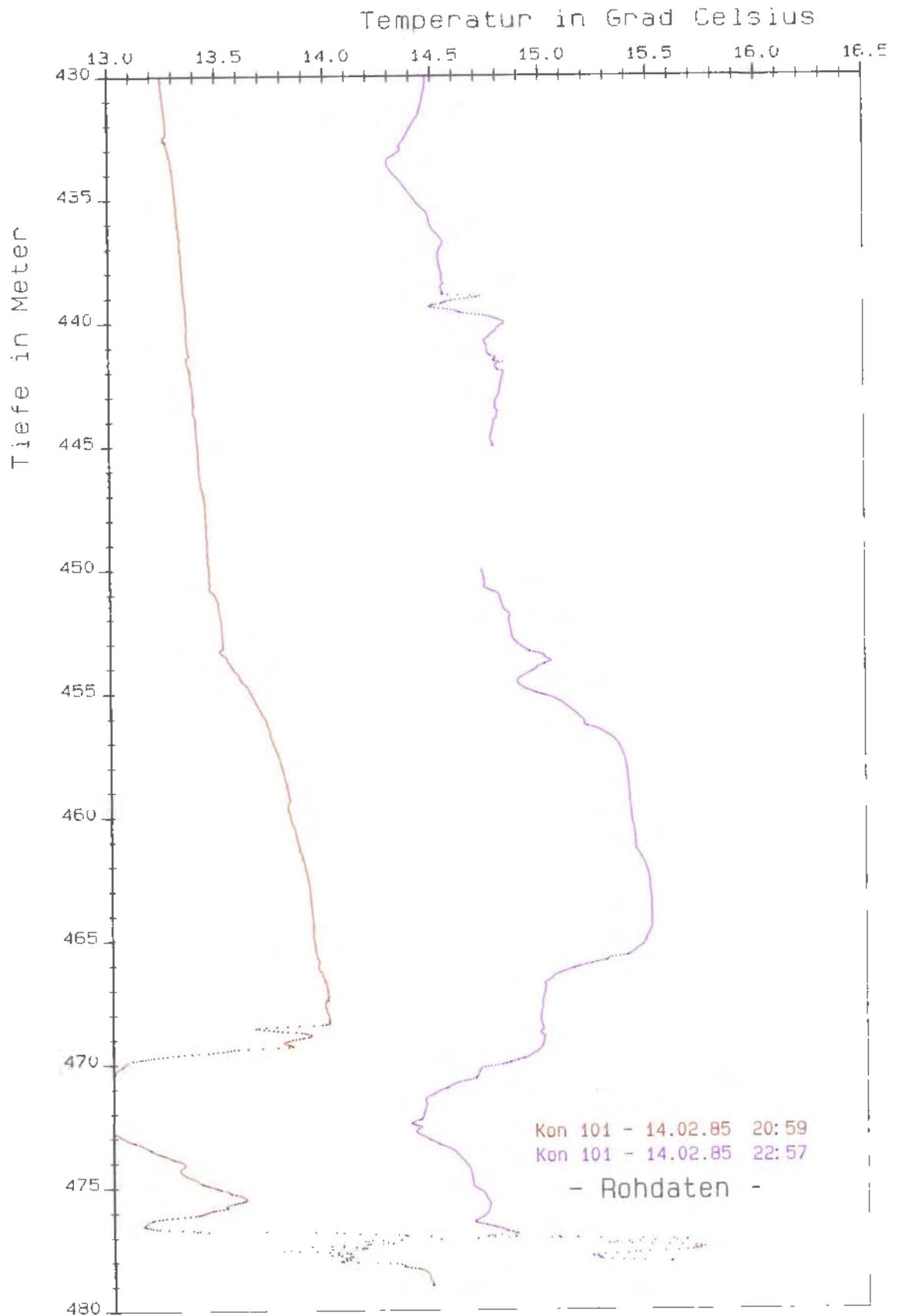


Abb. 4 Messdaten aus dem Bereich des Hils-
sandstein (Messungen unmittelbar
nach dem Bohren)

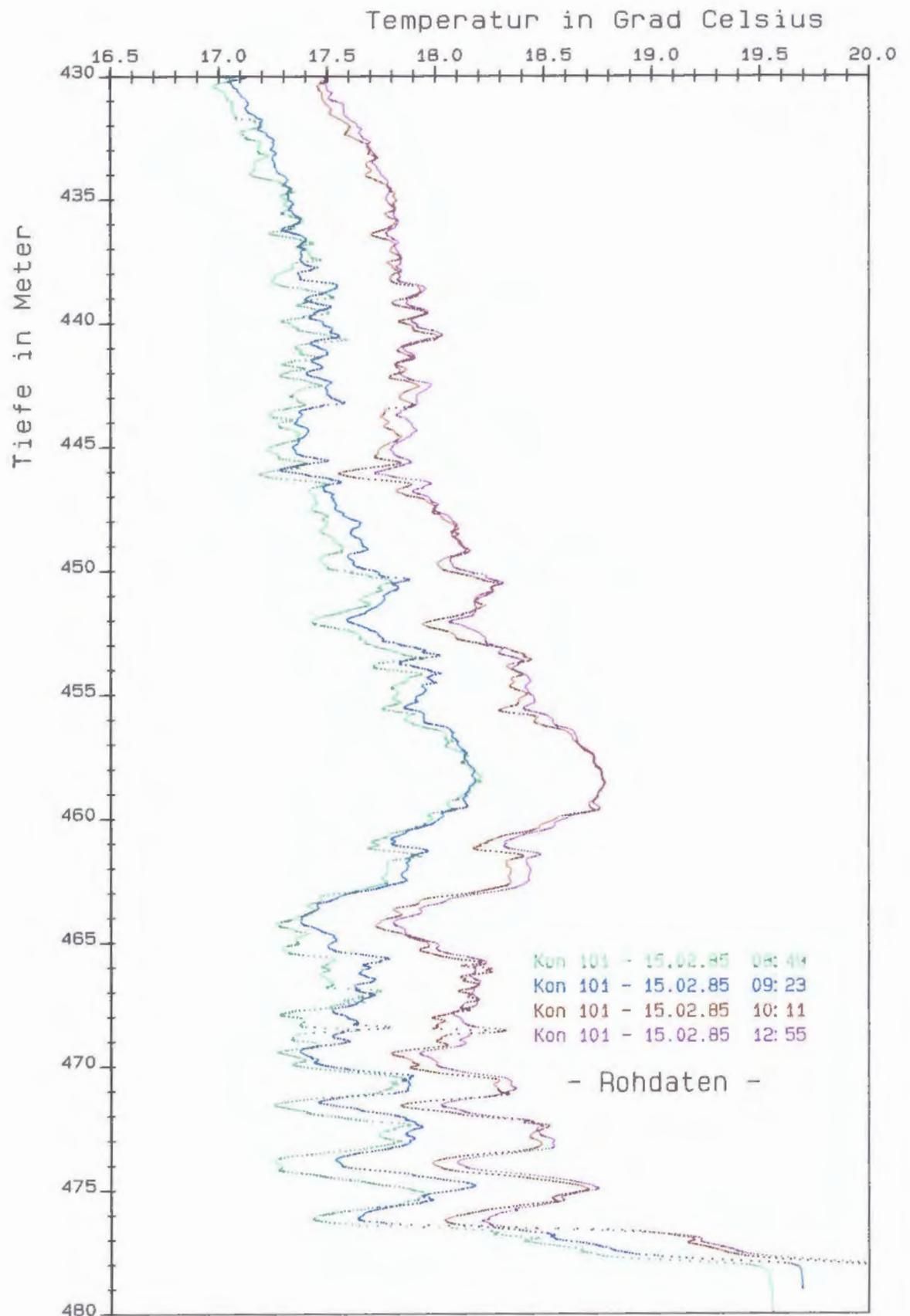


Abb. 5 Messdaten aus dem Bereich des Hils-sandstein (Wiederholungsmessungen)

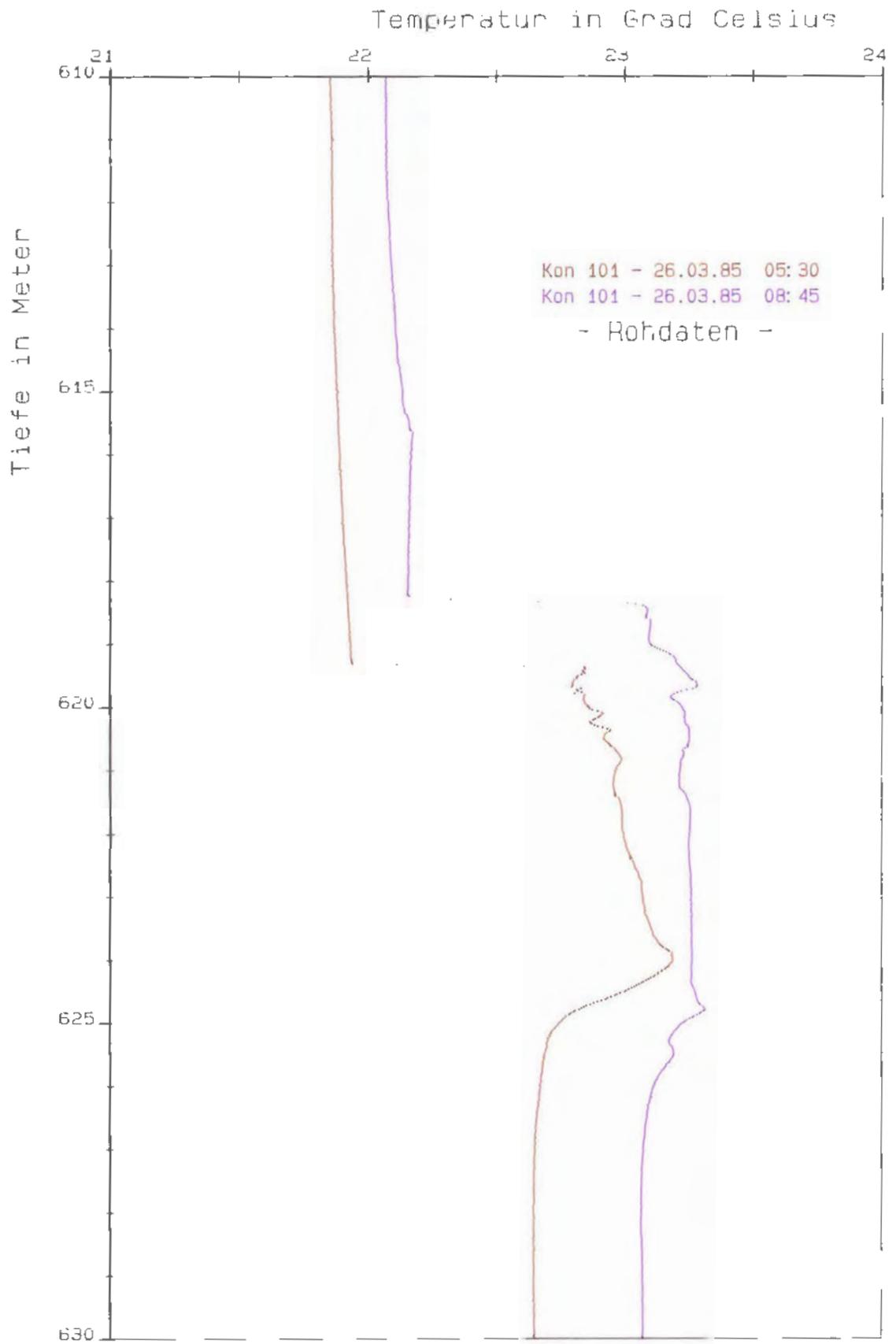


Abb. 6 Messdaten aus dem Bereich des Spüelungsspiegels im Korallenocclith

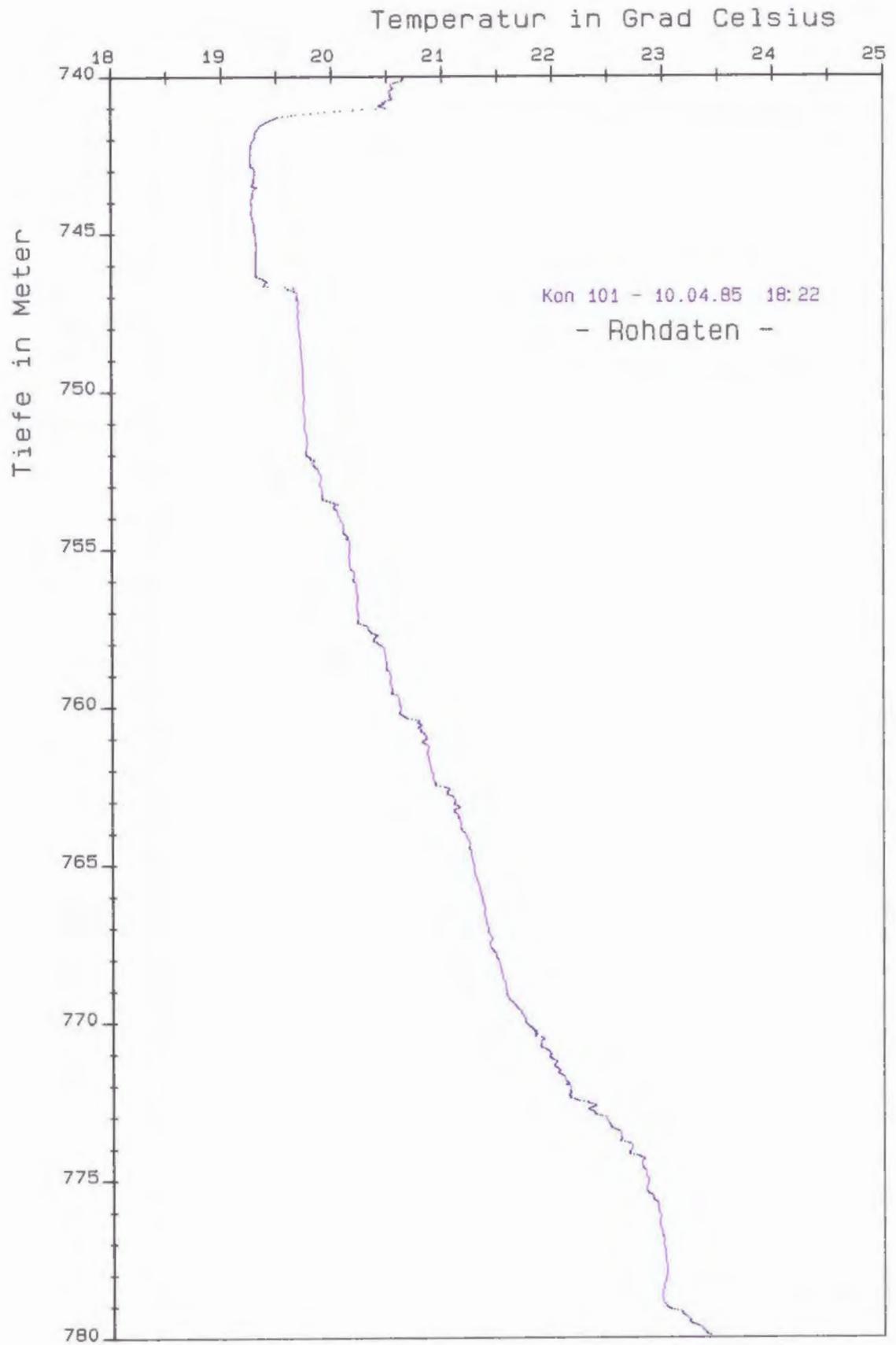


Abb. 7 Messdaten aus der Kluftzone
im Korallenoolith

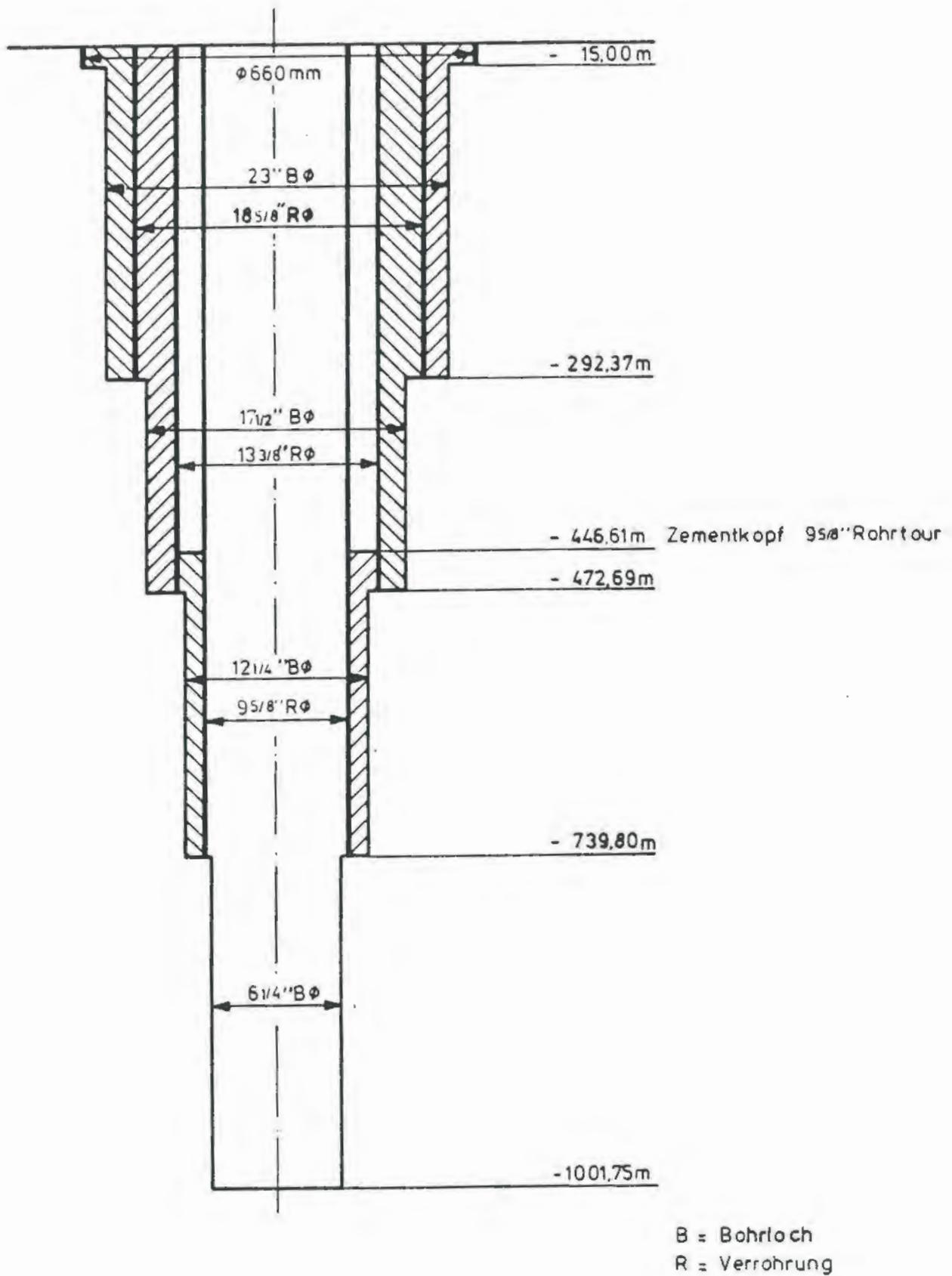


Abb. 8 Schema der Verrohrung (nach D. Reppert, DBE)

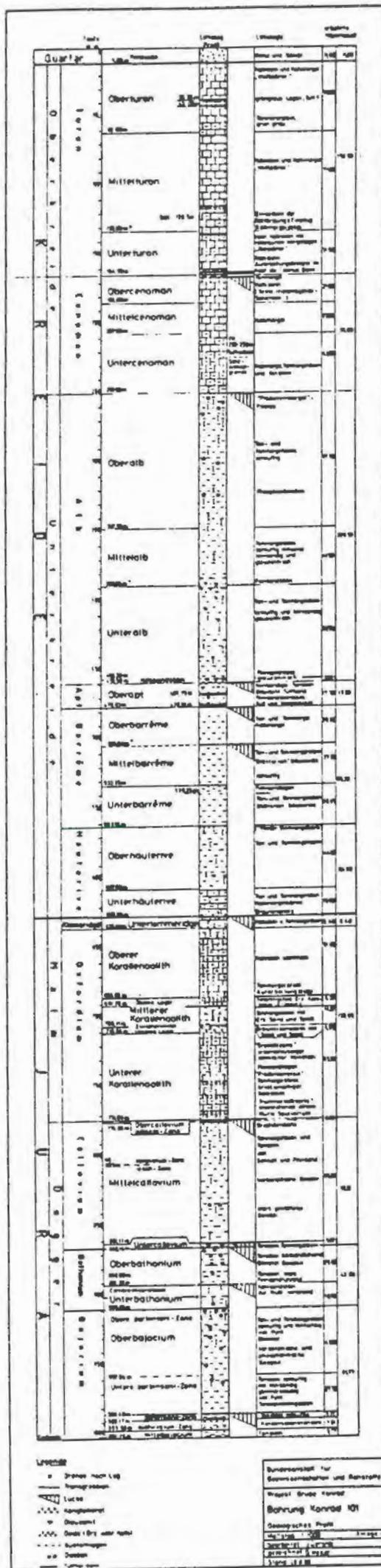


Abb. 9

Geologisches Profil
 der Bohrung Konrad 101
 (nach J. Gerardi, BGR)