



Physikalisch-Technische Bundesanstalt

DECKBLATT

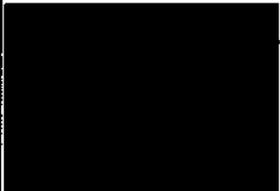
| EU 052.4 | Projekt | PSP-Element | Obj. Kenn. | Aufgabe | UA | Lfd. Nr. | Rev. |
|----------|---------|---------------------|-------------|-----------|-----|----------|------|
| | N A A N | N N N N N N N N N N | N N N N N N | X A A X X | A A | N N N N | N N |
| | 9K | 3172 | - | G | RB | 0003 | 00 |

| | |
|--|----------|
| Titel der Unterlage: Spannungsmessungen auf der Schachtanlage Konrad/ 1 200 m Sohle Süd/1985 Archiv-Nr.: 98292 | Seite: |
| | I. |
| Ersteller: | Stand: |
| | 22.07.85 |

| | |
|-------------------|-------------|
| Ersteller: BGR | Textnummer: |
|-------------------|-------------|

Stempelfeld:

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| PSP-Element TP...9K/2122414 | zu Plan-Kapitel: 3.1.9.7 |
|-----------------------------|--------------------------|

| | | |
|--|---|--|
| | PL 10.07.86  Freigabe für Behörden | PL 10.07.86  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 052.4 | 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 | 3172 | - | G | R B | 0003 | 00 |

| | |
|--|--------------------|
| Titel der Unterlage: Spannungsmessungen auf der Schachtanlage Konrad/ 1 200 in Sohle Süd/ 1985/Archiv-Nr.: 98292 | Seite: II. |
| | Stand: 22.07.85 |

| 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

Ref. B 2.11
Versuchsbericht

Spannungsmessungen auf der Schachtanlage Konrad
1200 m Sohle Süd

Sachbearbeiter:



Datum: 22.07.1985
Archiv-Nr.: 98292
Tgb.Nr.: 11454/85

Inhaltsverzeichnis

Seite

Anlagenverzeichnis

| | | |
|-----|---|---|
| 1. | Allgemeines | 1 |
| 2. | Geräte- und Versuchsbeschreibung | 1 |
| 2.1 | Bohrlochaufweitungsversuche mit dem BGR-Dilatometer | 1 |
| 2.2 | Spannungsmessungen mit dem BGR-Überbohrweggeber | 3 |
| 3. | Versuchsergebnisse | 3 |
| 3.1 | Dilatometermessungen | 3 |
| 3.2 | Überbohrversuche | 5 |

Literaturverzeichnis

Anlagen

Anlagenverzeichnis

1. Grubenriß
2. Lageplan des Versuchsortes
3. Darstellung der Untersuchungsbohrungen
4. Versuchsübersicht B 1 und B 2
5. Tabellarische Zusammenstellung der Versuche
6. Dilatometerversuch Ko-Di1-B1 (Meßricht. 1)
7. Dilatometerversuch Ko-Di1-B1 (Meßricht. 2)
8. Dilatometerversuch Ko-Di1-B1 (Meßricht. 3)
9. Ergebnisprotokoll zu Ko-Di1-B1
10. Überbohrversuch Ko-BS7-B1
11. Überbohrversuch Ko-BS12-B1
12. Überbohrversuch Ko-BS4-B2
13. Überbohrversuch Ko-BS5-B2
14. Ergebnisprotokoll zu Ko-BS7-B1
15. Ergebnisprotokoll zu Ko-BS4-B2
16. Spannungsellipsen zu Ko-BS7-B1
17. Spannungsellipsen zu Ko-BS4-B2
18. Gebirgsspannungen in Bohrung B1 (5/99)
19. Orientierung der max. Spannung in B1
20. Gebirgsspannungen in Bohrung B2 (5/100)
21. Orientierung der max. Spannung in B2

1. Allgemeines

Zur Beurteilung der Standsicherheit unterirdischer Hohlräume, insbesondere bei der Standorterkundung von Endlagern, ist eine umfassende Kenntnis der Gebirgsparameter für theoretische Sicherheitsberechnungen erforderlich. Dazu müssen u.a. in-situ Messungen zur Ermittlung des Gebirgsverformungsverhaltens sowie des Gebirgsspannungszustandes durchgeführt werden.

Im Zuge felsmechanischer Untersuchungen auf der Schachanlage Konrad bei Salzgitter-Bleckenstedt wurden von Januar bis Mai 1985 Überbohrversuche sowie Bohrlochaufweitungsversuche unter Verwendung folgender Geräte durchgeführt:

- BGR-Weggebersonde mit 4 Meßrichtungen
- BGR-Dilatometer.

Als Versuchsort war die ehemalige Revierkammer der 1200 m-Sohle bestimmt worden (Anl. 1, 2 und 3). Die Auffahrung dieses Streckenabschnittes war bereits im November 1973 beendet worden. Die Messungen wurden in 2 Bohrungen B 1 (5/99) und B 2 (5/100) durchgeführt (Anlage 3):

- Bohrung B 1 in Streichrichtung des Erzlagers mit ca. 6° Einfallen,
- Bohrung B 2 im Einfallen des Erzlagers mit ca. 23° Steigung.

2. Geräte- und Versuchsbeschreibung

2.1 Bohrlochaufweitungsversuche mit dem BGR-Dilatometer

Die Belastung des zu prüfenden Bohrlochabschnittes erfolgt durch stufenweise Steigerung des Dilatometerdrucks bis zum gewählten Höchstdruck bei gleichzeitiger Messung der radialen Bohrloch-

deformationen mit induktiven Weggebern. Durch Ent- und Belasten können die Deformationen als Funktion der Druckstufen in Arbeitslinien dargestellt werden und daraus Gebirgskenngrößen wie Verformungs- und Elastizitätsmodul ermittelt werden.

Die wesentlichen Bauteile des Dilatometers sind in /1/ und /2/ detailliert beschrieben. Der maximale Betriebsdruck des Dilatometers liegt bei 400 bar, der Meßbereich der Weggeber beträgt 2 mm, die Meßauflösung 0,01 mm. Der hydraulische Öldruck im Dilatometer wird mit einer Handpumpe erzeugt und an einem Manometer abgelesen. Die Meßwerte der einzelnen Weggeber werden über ein Meßkabel dem Empfangsgerät zugeführt, dort angezeigt und registriert.

Die für die Versuchsdurchführung erforderlichen Arbeitsgänge können folgendermaßen beschrieben werden:

- Nach Beendigung eines Überbohrversuches Weiterbohren mit einem Durchmesser von 86 mm auf eine Länge von ca. 2.00 m, sowie gründliche Säuberung der Bohrung.
- Richtungs- und teufenorientierter Einbau des Dilatometers mit Hydraulikschlauch und Meßkabel an einem torsionssteifen Setz- und Orientierungsgestänge.
- Erzeugung eines hydraulischen Initialdruckes von 5 bar, um ein gleichmäßiges Anliegen des Druckschlauches an der Bohrlochwand zu gewährleisten.
- Durchführung der Nullmessung sowie Registrierung der Durchmesseränderung bei den anschließenden Be- und Entlastungszyklen von 5 bar bis z.B. 50, 100, 200, 300 und maximal 400 bar.
- Ausbau des Dilatometers.

2.2 Spannungsmessungen mit dem BGR-Überbohrweggeber

Der BGR-Überbohrweggeber (im folgenden als BGR-Sonde bezeichnet) besteht aus einem Grundkörper, in dem vier induktive Wegaufnehmer radial um 45° versetzt angeordnet sind. Eine detaillierte Beschreibung der Sonde ist in /1/ und /3/ dargestellt.

Die Versuchsdurchführung erfordert folgende Arbeitgänge:

- Erstellen einer Kernbohrung mit einem Durchmesser von 146 mm unter Verwendung von Luftspülung bis zum vorgesehenen Meßhorizont.
- Herstellen einer zentrierten Pilotbohrung mit einem Durchmesser von 46 mm und einer Länge von ca. 0,50 m.
- Ausbau des Bohrgestänges und Reinigung (Ausblasen) des Bohrloches vom Bohrstaub.
- Teufen- und richtungsorientierte Installation der BGR-Sonde mittels Einbaugestänge und Fixierung durch Packer, Ausbau des Gestänges.
- Durchfädeln des Meßkabels durch Kernrohr, Bohrgestänge und einen speziell angefertigten Spülkopf.
- Durchführung des Überbohrvorganges bei gleichzeitiger kontinuierlicher Aufzeichnung der Meßwerte.
- Ziehen des überbohrten Kerns mit Sonde und anschließendes weiteres Abteufen der Bohrung bis zum nächsten Meßhorizont.

3. Versuchsergebnisse

3.1 Dilatometermessungen

Die im Bohrlochaufweitungsversuch KO-Di1-B1 ermittelten radialen Verformungswege sind in Abhängigkeit von den einzelnen Be- und Entlastungsstufen in Anlage 6-8 graphisch dargestellt. Aus den

Arbeitslinien im Entlastungsbereich läßt sich der Elastizitätsmodul (E) des Gebirges als Sekantenmodul ermitteln

$$E = \frac{\Delta p_i + D_a \cdot (1 + \nu)}{- D_a + \sqrt{D_a^2 + 2 \cdot D_i \cdot \Delta D_i + \Delta D_i^2}} \quad (1)$$

mit

- Δp_i = Dilatometerdruckänderung
- D_a = Bohrlochdurchmesser (86 mm)
- D_i = Innendurchmesser des Dilatometerschlauchs (76 mm)
- ΔD_i = gemessene Durchmesseränderung
- ν = Querdehnungszahl des Gebirges

In Gl. (1) ist der Einfluß der Dilatometerschlauchverformung bei Annahme der Inkompressibilität des Schlauchmaterials berücksichtigt, da die Verformungsmessung bei dem hier verwendeten Dilatometer auf der Schlauchinnenseite erfolgt und eine Änderung des Bohrlochdurchmessers infolge der Volumenkonstanz des Schlauches auch eine zusätzliche Änderung der Schlauchdicke bewirkt. Diese Änderung erfordert eine Korrektur der Meßwerte. Gl. (1) führt gegenüber der z.B. in /1/ und /2/ beschriebenen Auswertung zu um ca. 10 % größeren E-Moduli.

In Anlage 9 sind die aus Gl. (1) ermittelten Verformungsmoduli (aus Belastung) und Elastizitätsmoduli (aus Entlastung) für verschiedene Laststufen unter Annahme mehrerer Querdehnungszahlen zusammengestellt. Beispielsweise ergibt sich E im Mittel für $\nu = 0,25$ zu 11250 MPa. Dieser Wert liegt deutlich unter den im Labor ($E \approx 15000$ MPa) sowie unter den aus früheren Dilatometermessungen ($E \approx 14000$ MPa) auf der Schachtanlage Konrad (s. dazu /4/) ermittelten Werten. Für die Auswertung der Spannungsmessungen wird der Elastizitätsmodul mit $E = 12000$ MPa angenommen.

3.2 Überbohrversuche

Die in Überbohrversuchen nach der BGR-Methode ermittelten radialen Entspannungsdeformationen des Pilotbohrlochs sind exemplarisch für vier Versuche in Anlage 10 bis 13 graphisch dargestellt. Die Meßkurven zeigen weitgehend einen für Überbohrversuche in elastisch reagierendem Gestein typischen Verlauf, der sich auch mit Hilfe numerischer Berechnungen simulieren läßt (s. dazu /1/).

Die Ermittlung der Gebirgsspannungen erfolgt aus den während des Überbohrens auftretenden Durchmesseränderungen ΔD des Pilotbohrlochs. Der Auswertung wird das Modell der gelochten Scheibe im unendlich ausgedehnten Kontinuum (ebener Verzerrungszustand) zugrunde gelegt. Die Hauptspannungen σ_1 und σ_2 in der Ebene senkrecht zur Bohrlochachse können dann nach Gl. (2) berechnet werden:

$$\sigma_{1,2} = \frac{E}{4 \cdot (1-\nu^2)} \cdot (2A \pm \sqrt{B^2 + C^2}) \quad (2)$$

mit

$$A = \frac{1}{2D} \cdot (\Delta D_a + \Delta D_c) \quad (3a)$$

$$B = \frac{1}{2D} \cdot (\Delta D_a - \Delta D_c) \quad (3b)$$

$$C = \frac{1}{D} \cdot \Delta D_b - \frac{1}{2} \cdot (\Delta D_a + \Delta D_c) \quad (3c)$$

und

D = Pilotbohrlochdurchmesser

E = Elastizitätsmodul

ν = Querdehnungszahl

sowie ΔD_a , ΔD_b und ΔD_c als Durchmesseränderungen von jeweils drei um 45° gegen den Uhrzeigersinn versetzten Meßrichtungen.

Der Winkel α zwischen der Richtung der größeren Hauptspannung σ_1 und dem lokalen Koordinatensystem wird mit

$$\alpha = \arctan \frac{C}{B} \quad (4)$$

ermittelt.

Exemplarisch sind in den Anlagen 14 und 15 die in der Meßebe-
ne auftretenden größeren und kleineren Hauptspannungen und deren
Richtungen und in den Anlagen 16 und 17 die für die Versuche
KO-BS7-B1 und KO-BS4-B2 dargestellt. Die einzelnen Ellipsen er-
geben sich aus der oben beschriebenen Kombination von jeweils drei
Meßrichtungen. Die Konsistenz der Meßwerte kann anhand dieser Er-
gebnisse überprüft werden. So zeigt sich in den dargestellten Bei-
spielen eine weitgehende Übereinstimmung der Spannungsgrößen und
ihrer Orientierung.

Eine vollständige Übersicht der in den Bohrungen B1 (5/99) und
B2 (5/100) ermittelten Gebirgsspannungen ist in Anlage 18 bis
21 gegeben. Anlage 18 zeigt zunächst für die nahezu horizontal
verlaufende Bohrung B1 die größeren und kleineren Hauptspannun-
gen in der Meßebe-
ne 1 ($\hat{=}$ Vertikalebene). Die Spannungswerte zei-
gen einen weitgehend einheitlichen Verlauf, wobei sie mit zunehmen-
der Bohrlochteufe eine geringfügig abnehmende Tendenz aufweisen. Im
Mittel ergibt sich die größere Hauptspannung zu $\sigma_1 = 15$ MPa und die
kleinere Hauptspannung zu $\sigma_2 = 10$ MPa. Die Orientierung der größeren
Hauptspannung ist aus Anlage 19 ersichtlich. Danach weichen die ein-
zelnen Richtungen i. a. um maximal $\pm 30^\circ$ von der Vertikalen ab. Im
Mittel ergibt sich eine nahezu vertikale Orientierung von σ_1 .
Anlage 20 zeigt ebenfalls eine einheitliche Tendenz der Spannungs-
werte in Abhängigkeit von der Bohrlochteufe, wobei hier jedoch die
Spannungen einen weitgehend konstanten Verlauf aufweisen. Im Mittel
ergeben sich die Hauptspannungen zu $\sigma_1 = 19$ MPa und $\sigma_2 = 13$ MPa.

Die Orientierung der größeren Hauptspannung σ_1 weicht nach Anlage 21 i.a. um ca. $+30^\circ$ von der Fallinie der Meßebene ab. Diese Fallinie entspricht der Senkrechten zur Schichtung ($\hat{=}$ Bankrechte).

Gegenüber dem theoretischen Überlagerungsdruck (ca. 25 MPa) weisen die hier dargestellten größeren Hauptspannungen deutlich kleinere Werte auf. Wird jedoch für die Auswertung ein Elastizitätsmodul $E = 15000$ MPa (im Labor ermittelt) berücksichtigt, so erhöhen sich die einzelnen Spannungskomponenten um 25 %, z.B. für Bohrung B1 auf $\sigma_1 = 19$ MPa und $\sigma_2 = 12,5$ MPa sowie für Bohrung B2 auf $\sigma_1 = 24$ MPa und $\sigma_2 = 16$ MPa. Damit ergibt sich zumindest im letzten Fall eine annähernde Übereinstimmung zwischen dem theoretischen Überlagerungsdruck in vertikaler Richtung sowie der - allerdings nicht vertikal orientierten - Hauptspannung σ_1 .

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

Im Auftrage:

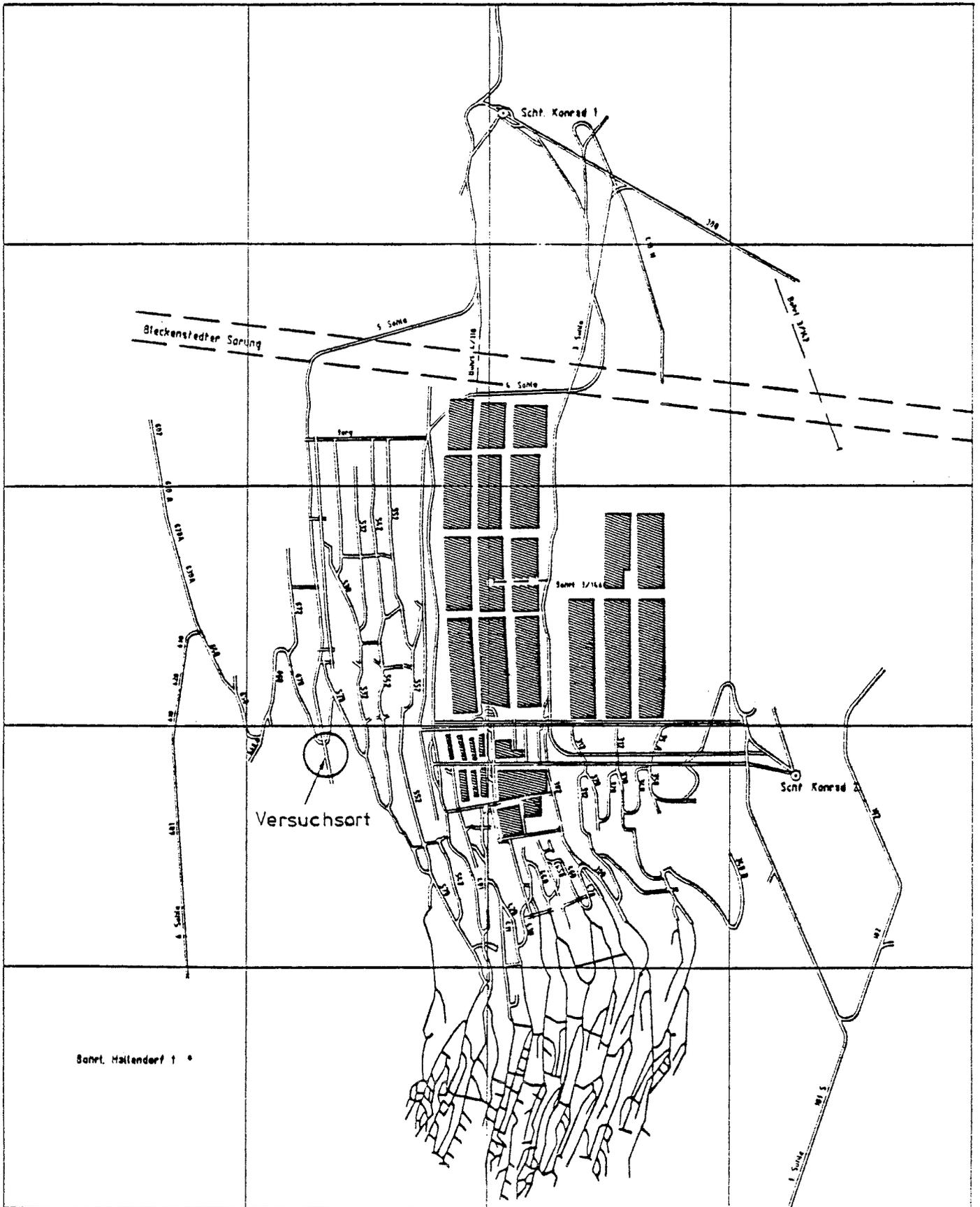
[Redacted]
[Redacted]

Sachbearbeiter:

[Redacted]
[Redacted]

Literatur

- /1/ PAHL, A.; S. HEUSERMANN; W. GLÖGGLER; D.W. MÜLLER & K.-H. SPRADO: "In-situ-Meßtechnik im Salz". Schlußbericht zum BMFT-Forschungsvorhaben KWA 51030, BGR, Hannover, 1985
- /2/ PAHL, A.: "Empfehlung Nr. 8 des Arbeitskreises 19 - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., Dilatometerversuche in Felsbohrungen". Bautechnik, Heft 4, April 1984
- /3/ PAHL, A. & S. HEUSERMANN: "Stress Measurements at the Grimsel Rock Laboratory". Geologisches Jahrbuch, Hannover, 1985 (in Vorbereitung).
- /4/ PAHL, A; W. GLÖGGLER & K.-H. SPRADO: "Erprobung einer Schlitzentlastungs- und Druckkissenbelastungsapparatur zur Ermittlung von Spannungen und Verformungsverhalten auf der 1200 m - Sohle der Grube Konrad". BGR, Hannover, 1981

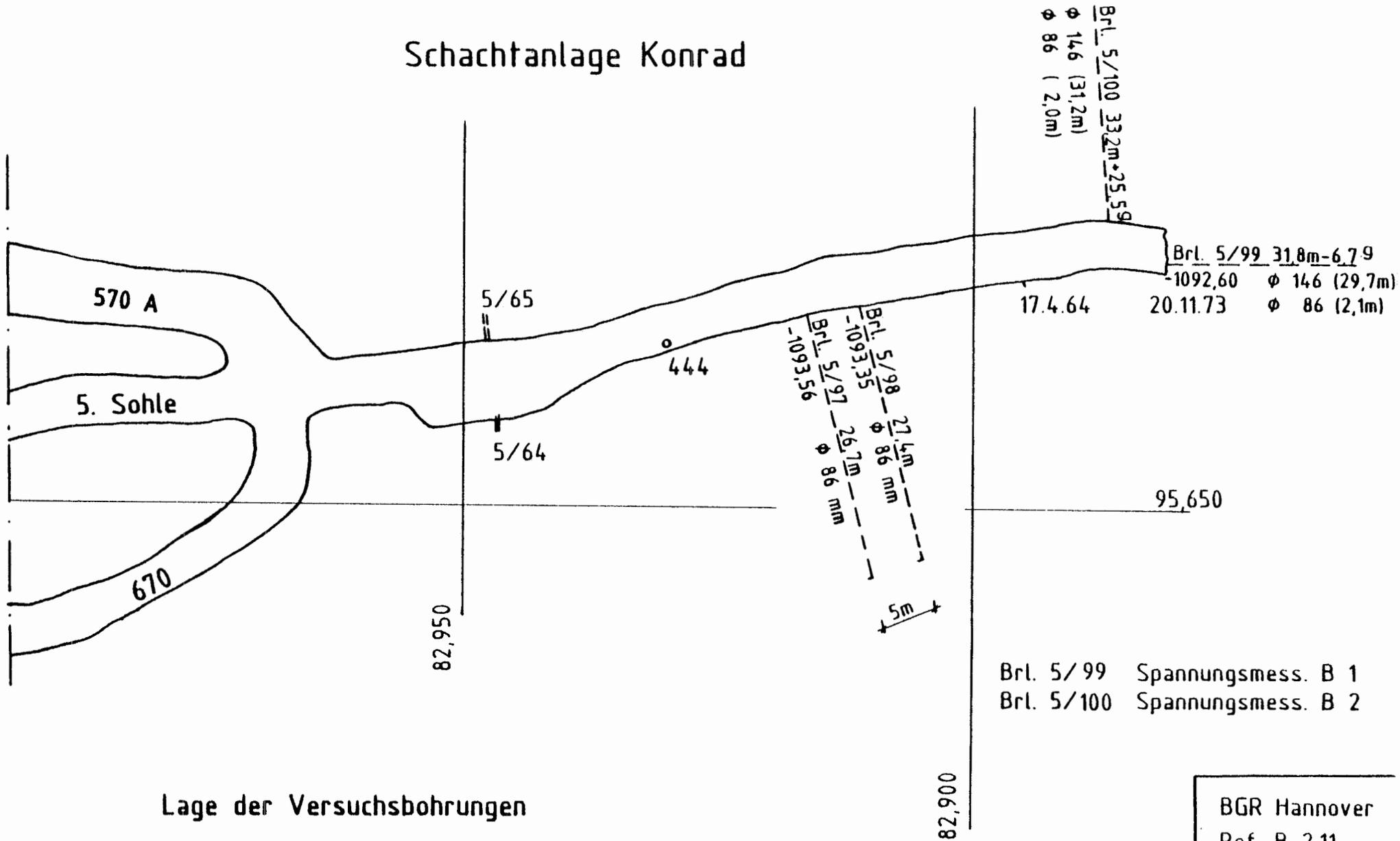


Bauw. Hallendorf 1 *

Schachtanlage Konrad
Grundriß
 gez.nach Unterlagen
 der P+S AG

BGR Hannover
 Ref. B 211
 Anlage 1

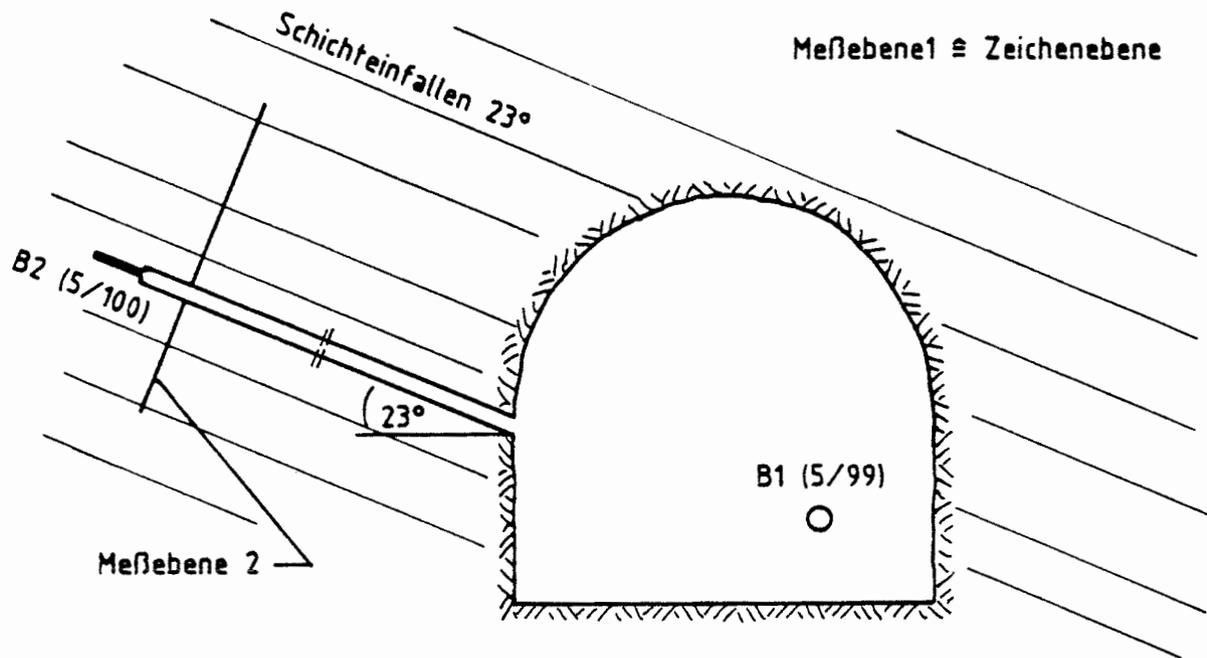
Schachtanlage Konrad



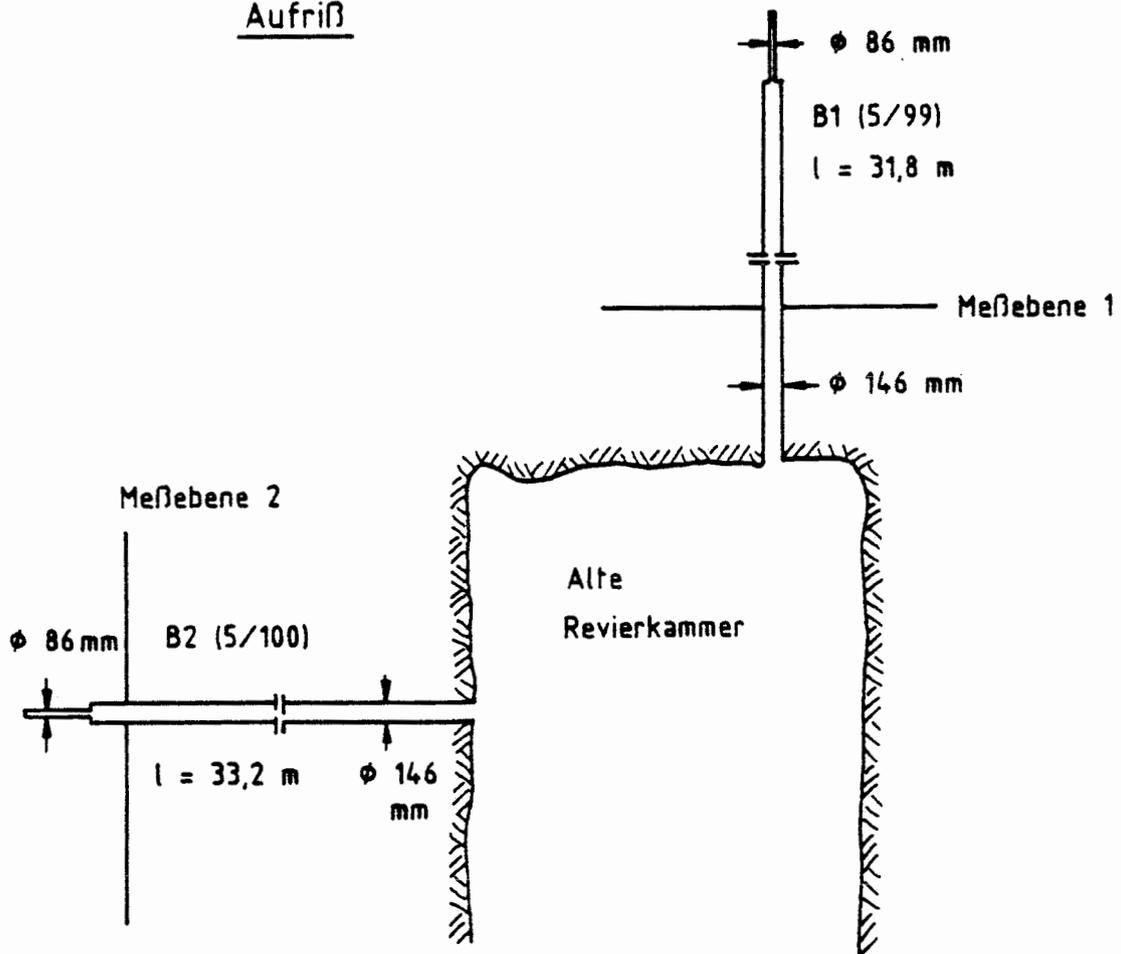
Br.l. 5/99 Spannungsmess. B 1
 Br.l. 5/100 Spannungsmess. B 2

Lage der Versuchsbohrungen

BGR Hannover
 Ref. B 2.11
 Anlage 2



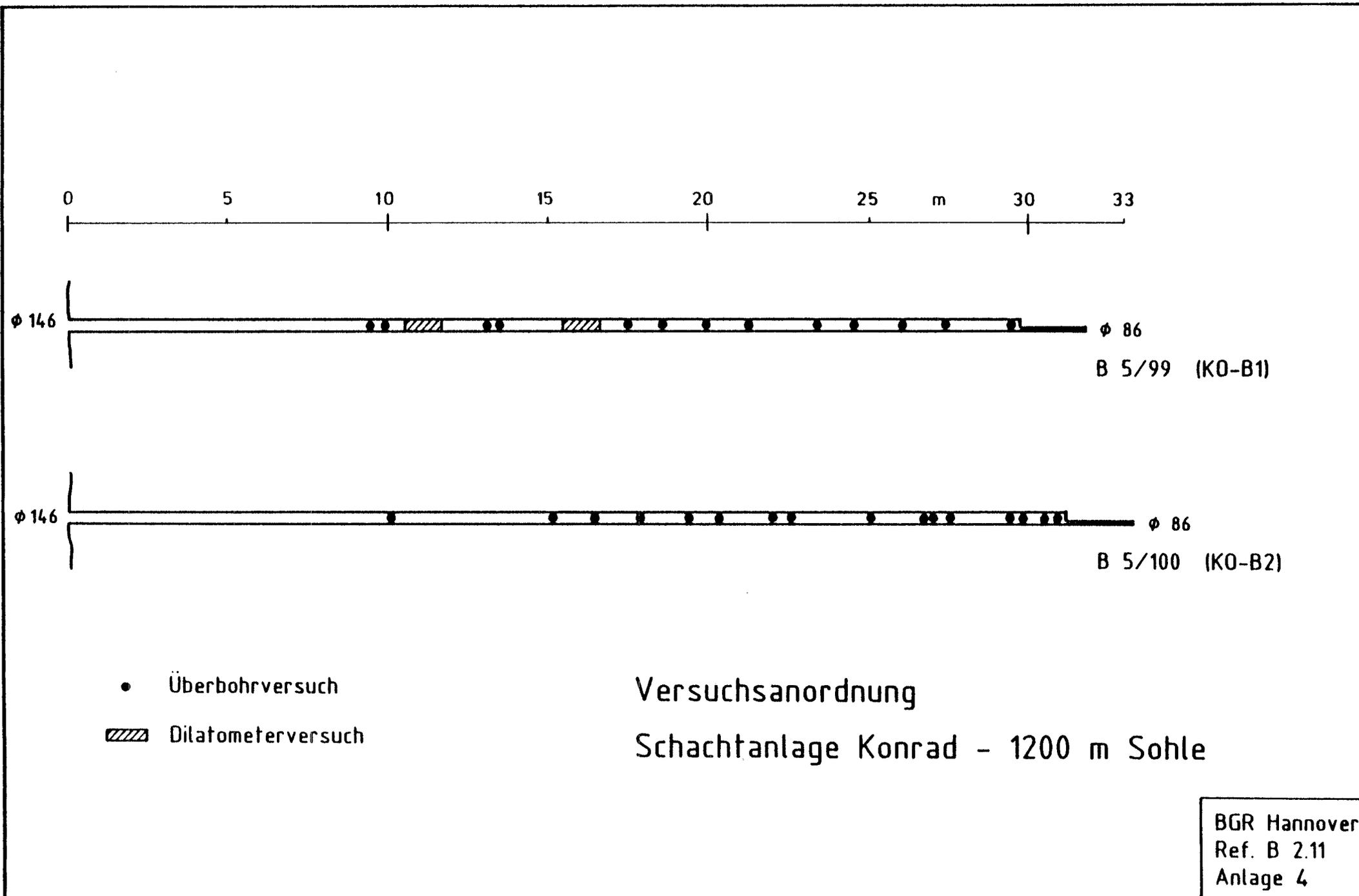
Aufriß



Grundriß

Darstellung der Versuchsbohrungen

BGR Hannover
 Ref. B 2.11
 Anlage 3



0 5 10 15 20 25 m 30 33

φ 146 φ 86
 B 5/99 (KO-B1)

φ 146 φ 86
 B 5/100 (KO-B2)

- Überbohrversuch
- ▨ Dilatometerversuch

Versuchsanordnung
 Schachtanlage Konrad - 1200 m Sohle

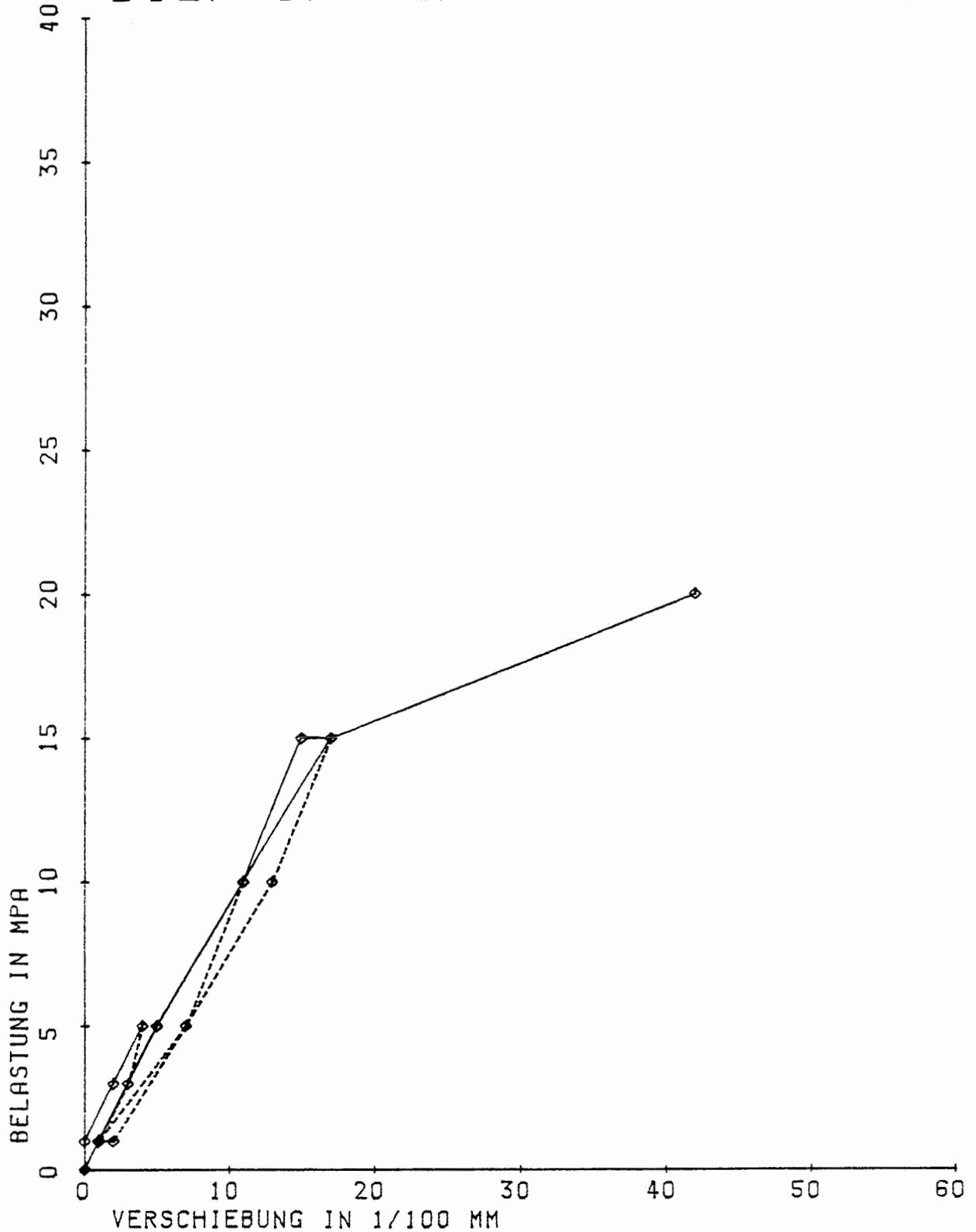
BGR Hannover
 Ref. B 2.11
 Anlage 4

Zusammenstellung der Spannungs- und Verformungsmessungen
in der Schachtanlage Konrad (1200 m - Sohle)

| Vers.-Bezeichnung | Versuchsart | Versuchssteufe | Bohrlochorientierung | Bemerkungen |
|-------------------|-------------|----------------|----------------------|------------------|
| KO-BS1-B1 | BGR-Sonde | 9,46 m | Süd 6° ↓ | Kernbruch |
| KO-BS2-B1 | " | 9,87 m | " | " |
| KO-BS3-B1 | " | 13,13 m | " | " |
| KO-BS4-B1 | " | 13,44 m | " | " |
| KO-BS5-B1 | " | 17,25 m | " | " |
| KO-BS6-B1 | " | 18,22 m | " | " |
| KO-BS7-B1 | " | 19,75 m | " | " |
| KO-BS8-B1 | " | 21,18 m | " | " |
| KO-BS9-B1 | " | 23,15 m | " | " |
| KO-BS10-B1 | " | 24,27 m | " | " |
| KO-BS11-B1 | " | 25,73 m | " | " |
| KO-BS12-B1 | " | 26,06 m | " | " |
| KO-BS13-B1 | " | 29,29 m | " | " |
| KO-BS1-B2 | BGR-Sonde | 9,82 m | E 23° ↑ | |
| KO-BS2-B2 | " | 14,90 m | " | |
| KO-BS3-B2 | " | 16,27 m | " | |
| KO-BS4-B2 | " | 17,51 m | " | |
| KO-BS5-B2 | " | 19,09 m | " | |
| KO-BS6-B2 | " | 20,52 m | " | Kabel abgerissen |
| KO-BS7-B2 | " | 21,76 m | " | Kernbruch |
| KO-BS8-B2 | " | 22,37 m | " | |
| KO-BS9-B2 | " | 24,89 m | " | Kernbruch |
| KO-BS10-B2 | " | 26,27 m | " | " |
| KO-BS11-B2 | " | 26,44 m | " | |
| KO-BS12-B2 | " | 27,16 m | " | |
| KO-BS13-B2 | " | 28,68 m | " | Kernbruch |
| KO-BS14-B2 | " | 29,57 m | " | |
| KO-BS15-B2 | " | 30,15 m | " | |
| KO-BS16-B2 | " | 30,64 m | " | |
| KO-DI1-B1 | Dilatometer | 10,52/11,55 | Süd 6° ↓ | |
| KO-DI2-B1 | " | 15,45/16,77 | " | |

BGR Hannover
Ref B 211
Juli 1985
Anlage 5

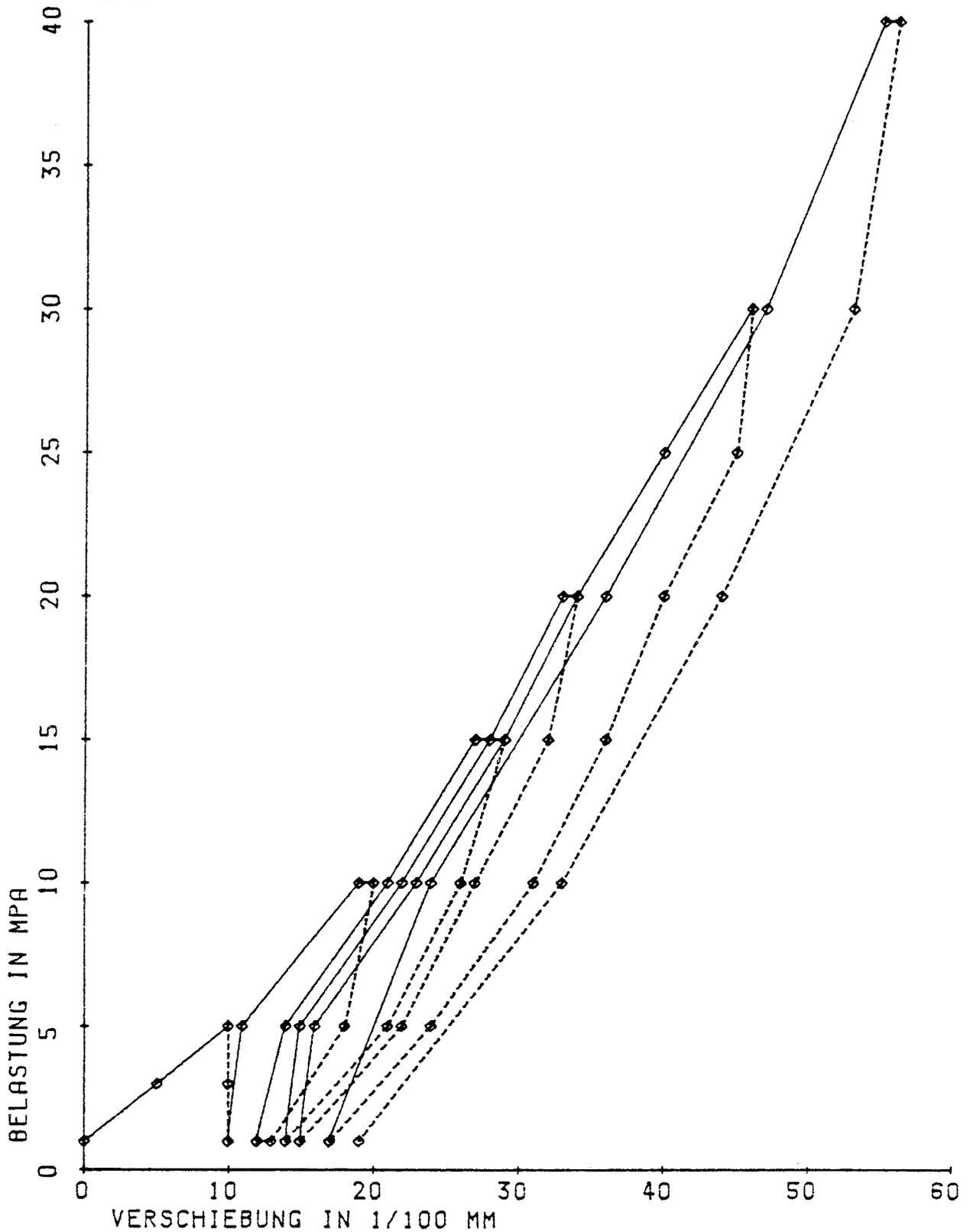
DILATOMETERVERSUCH K0-DI1-B1



VERSUCHSORT : KONRAD 1200 M SOHLE
BOHRUNG : SP1 (1/5)
TEUFE : 11.03 M
DATUM : 30.01.1985
MESSRICHTUNG : VERTIKAL MESSTELLE 1

BGR Hannover
Ref B 211
Juli 1985
Anlage 6

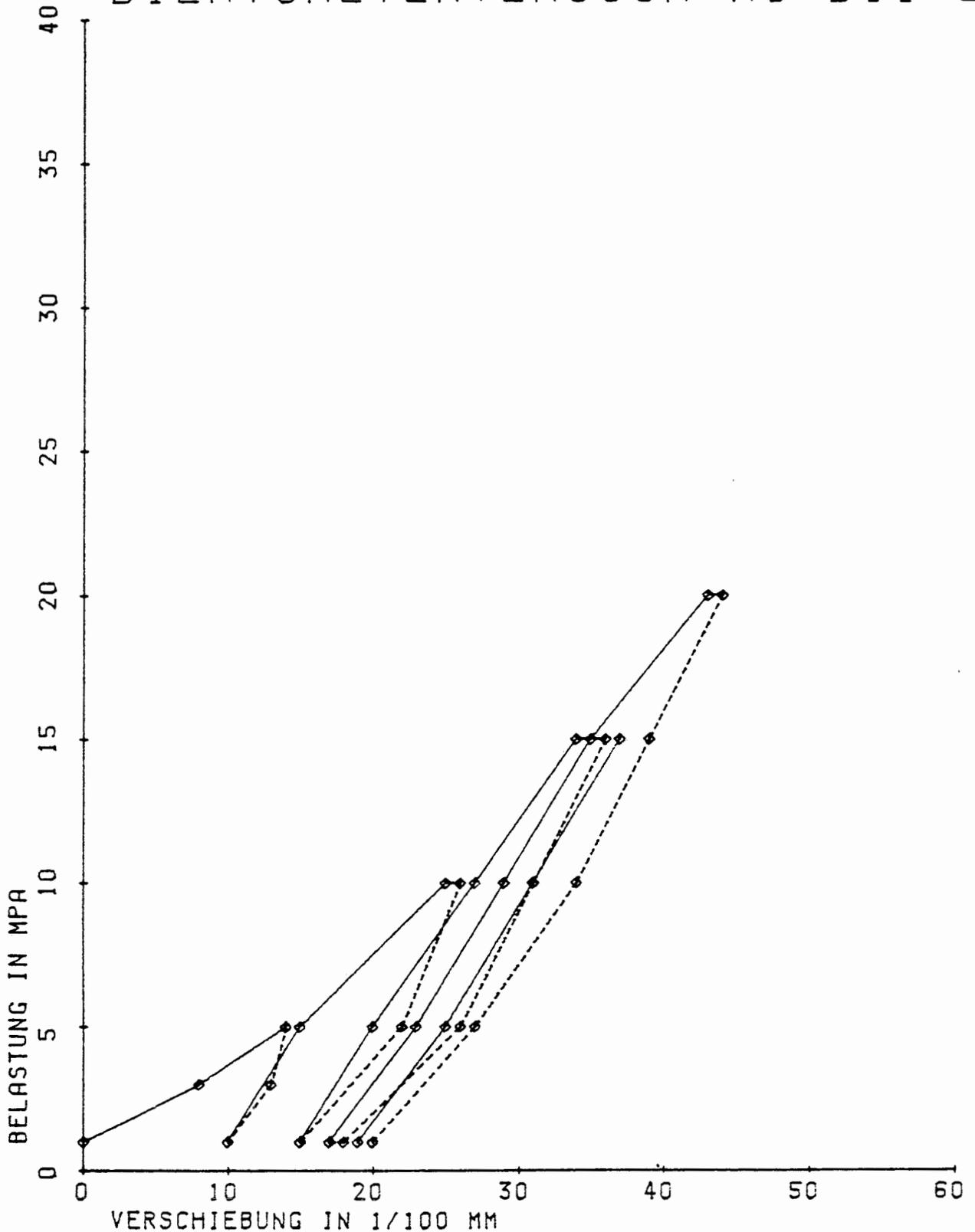
DILATOMETERVERSUCH K0-DI1-B1



VERSUCHSORT : KONRAD 1200 M SOHLE
 BOHRUNG : SP1 (1/5)
 TEUFE : 11.03 M
 DATUM : 30.01.1985
 MESSRICHTUNG : 135 MESSTELLE 2

BGR Hannover
 Ref B 211
 Juli 1985
 Anlage 7

DILATOMETERVERSUCH K0-DI1-B1



VERSUCHSORT : KONRAD 1200 M SOHLE
 BOHRUNG : SP1 (1/5)
 TEUFE : 11.03 M
 DATUM : 30.01.1985
 MESSRICHTUNG : 90 MESSTELLE 3

BGR Hannover
 Ref. B 211
 Juli 1985
 Anlage 8

DILATOMETERAUSWERTUNG SCHACHT KONRAD 1200 M SOHLE

VERSUCH KO-D11-B1

(MIT SCHLAUCHVERFORMUNG)

DATUM 30.1. 1985
 TEUFE 11.50 M

 VERFORMUNGSMODULI (MN/M^2)

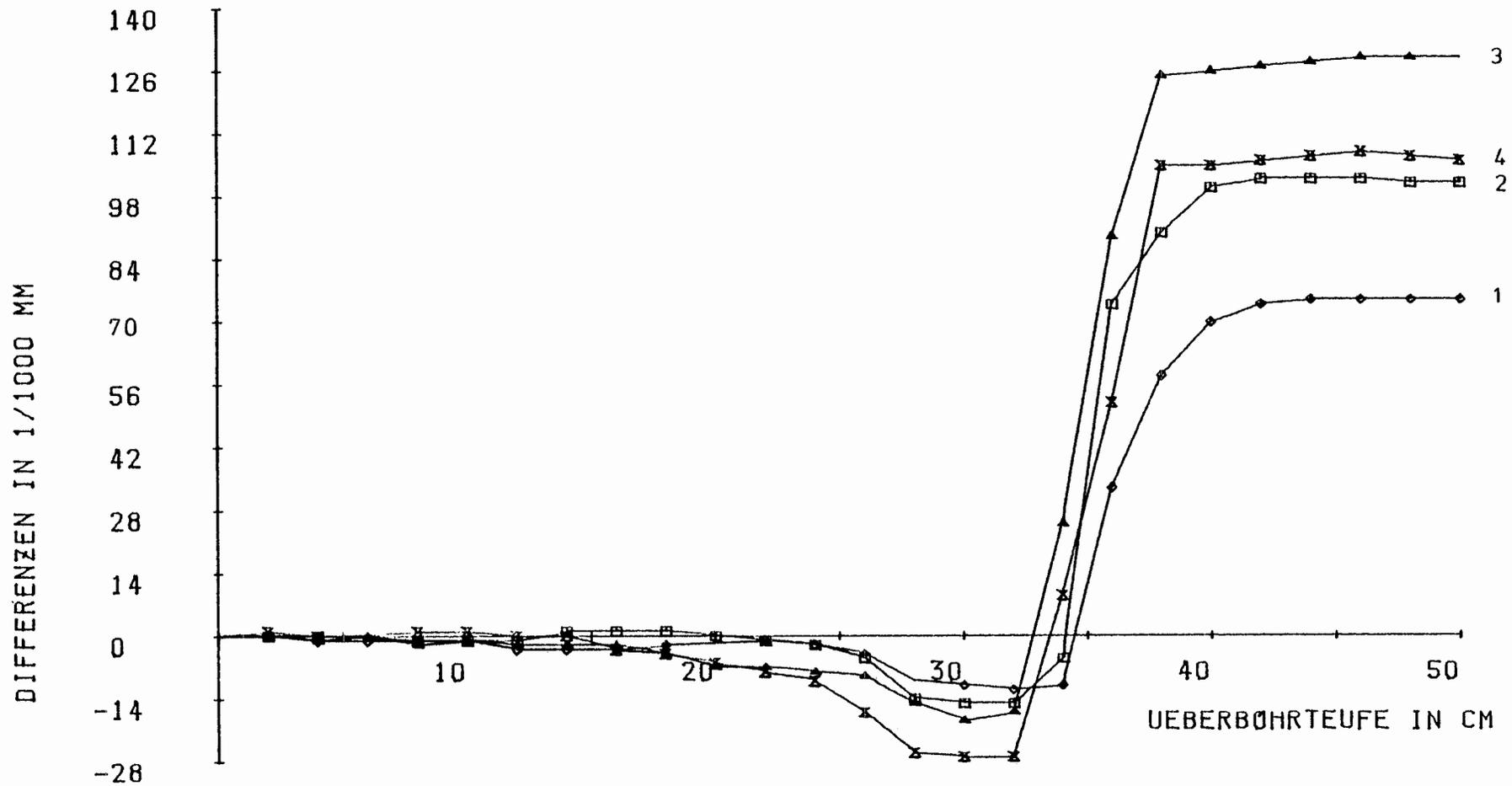
| BELASTUNG MN/M^2 | MESS-STELLE 1 | | | | MESS-STELLE 2 | | | | MESS-STELLE 3 | | | | MESS-STELLE 4 | | | | |
|---------------------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|--|
| | QUERKONTRAKTION | | | | QUERKONTRAKTION | | | | QUERKONTRAKTION | | | | QUERKONTRAKTION | | | | |
| | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | |
| 1.0 | 5.0 | 11400 | 11900 | 12300 | 13300 | 4600 | 4700 | 4900 | 5300 | 3300 | 3400 | 3500 | 3800 | | | | |
| 1.0 | 10.0 | 10200 | 10700 | 11100 | 11900 | 10200 | 10700 | 11100 | 11900 | 6400 | 6700 | 6900 | 7500 | | | | |
| 1.0 | 15.0 | 10000 | 10400 | 10800 | 11600 | 9400 | 9800 | 10200 | 10900 | 7600 | 7900 | 8200 | 8800 | | | | |
| 1.0 | 20.0 | 7500 | 7800 | 8100 | 8700 | 10800 | 11300 | 11700 | 12600 | 8000 | 8300 | 8700 | 9300 | | | | |

 ELASTIZITÄTSMODULI (MN/M^2)

| ENTLASTUNG MN/M^2 | MESS-STELLE 1 | | | | MESS-STELLE 2 | | | | MESS-STELLE 3 | | | | MESS-STELLE 4 | | | | |
|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|------|------|------|--|
| | QUERKONTRAKTION | | | | QUERKONTRAKTION | | | | QUERKONTRAKTION | | | | QUERKONTRAKTION | | | | |
| | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | |
| 5.0 | 1.0 | 15200 | 15800 | 16400 | 17700 | | | | | 11400 | 11900 | 12300 | 13300 | | | | |
| 10.0 | 1.0 | 10200 | 10700 | 11100 | 11900 | 12800 | 13300 | 13900 | 14900 | 9300 | 9700 | 10100 | 10900 | | | | |
| 15.0 | 1.0 | 10000 | 10400 | 10800 | 11600 | 10400 | 11100 | 11500 | 12400 | 8400 | 8700 | 9100 | 9800 | | | | |
| 20.0 | 1.0 | | | | | 11400 | 11900 | 12300 | 13300 | 8600 | 9000 | 9400 | 10100 | | | | |

BGR Hannover
 Ref. B 2 11
 Juli 1985
 Anlage 9

BGR - UEBERBOHRVERSUCH K0-BS7-B1

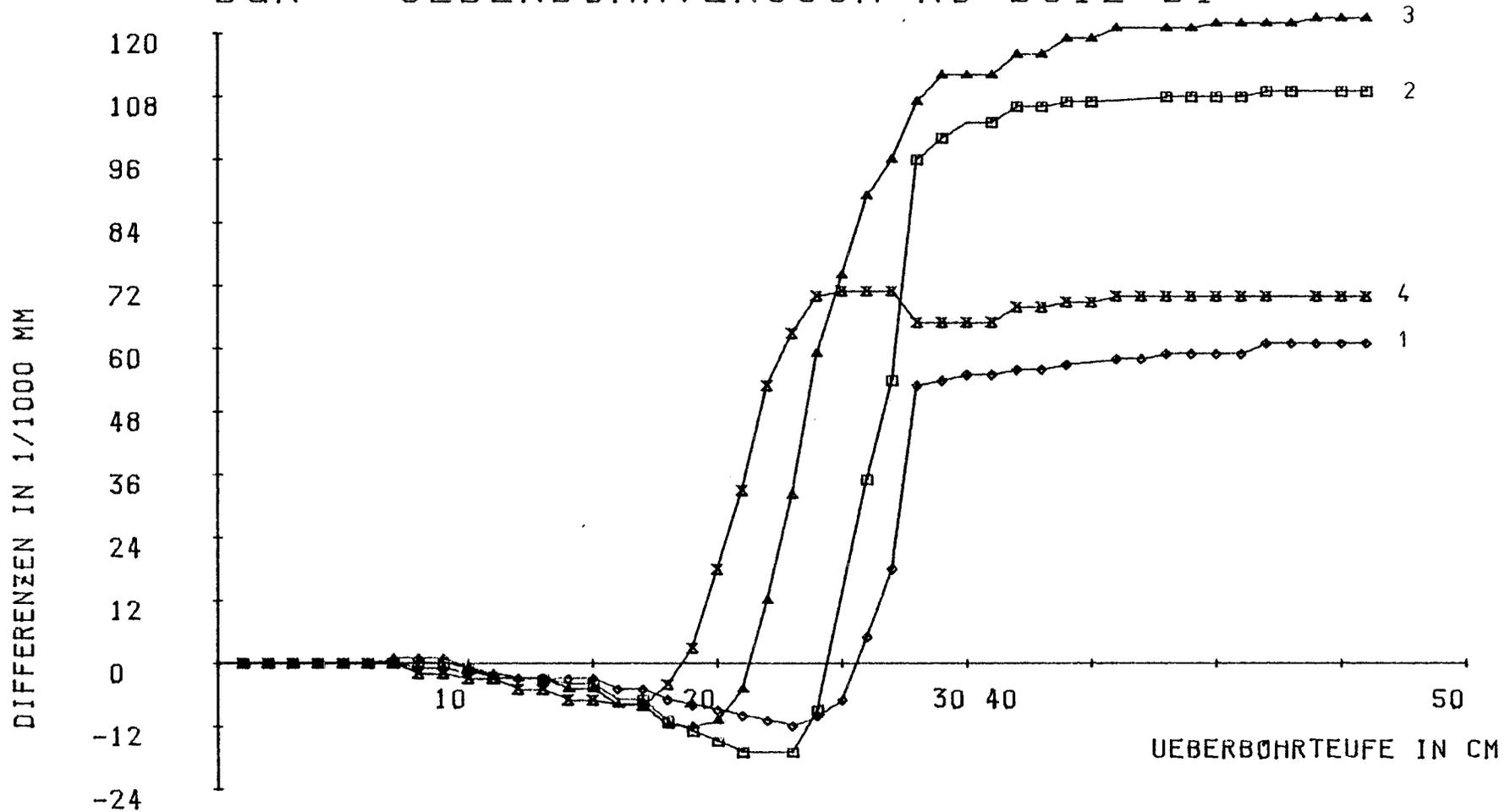


VERSUCHSORT : KONRAD 1200 M SÖHLE
 UEBERBOHRTEUFE VON 19.75 M BIS 20.25 M
 DATUM : 11.02.85

◆ GEBER 1 □ GEBER 2
 ▲ GEBER 3 × GEBER 4

BGR HANNÖVER
 REF. B 2.11
 ANLAGE 10

BGR - UEBERBOHRVERSUCH K0-BS12-B1

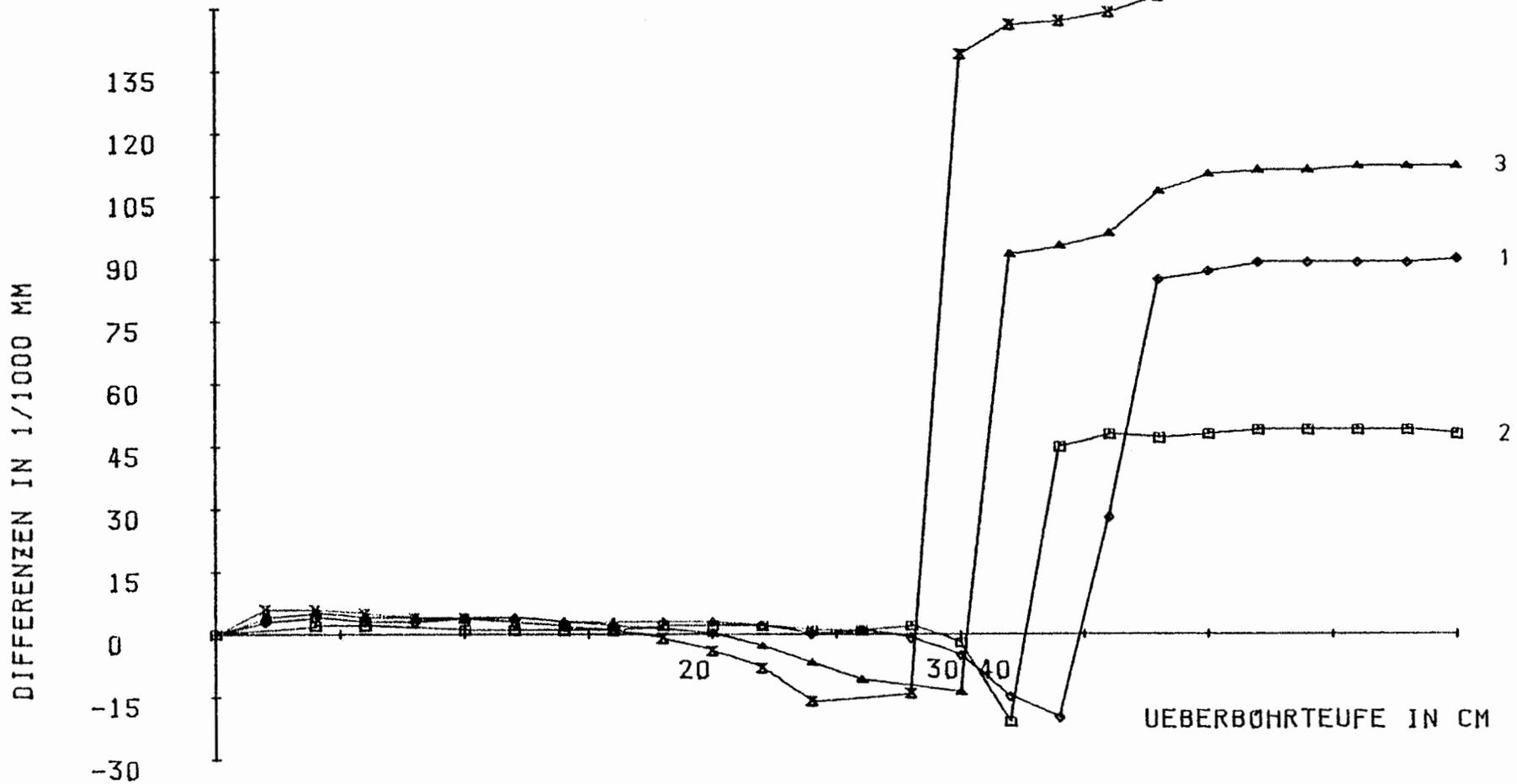


VERSUCHSORT : KONRAD 1200 M SOHLE
 UEBERBOHRTEUFE VON 27.06 M BIS 27.52 M
 Datum : 28.02.85

♦ GEBER 1 □ GEBER 2
 ▲ GEBER 3 × GEBER 4

BGR HANNÖVER
 REF. B 2.11
 ANLAGE 11

BGR - UEBERBOHRVERSUCH K0-BS4-B2

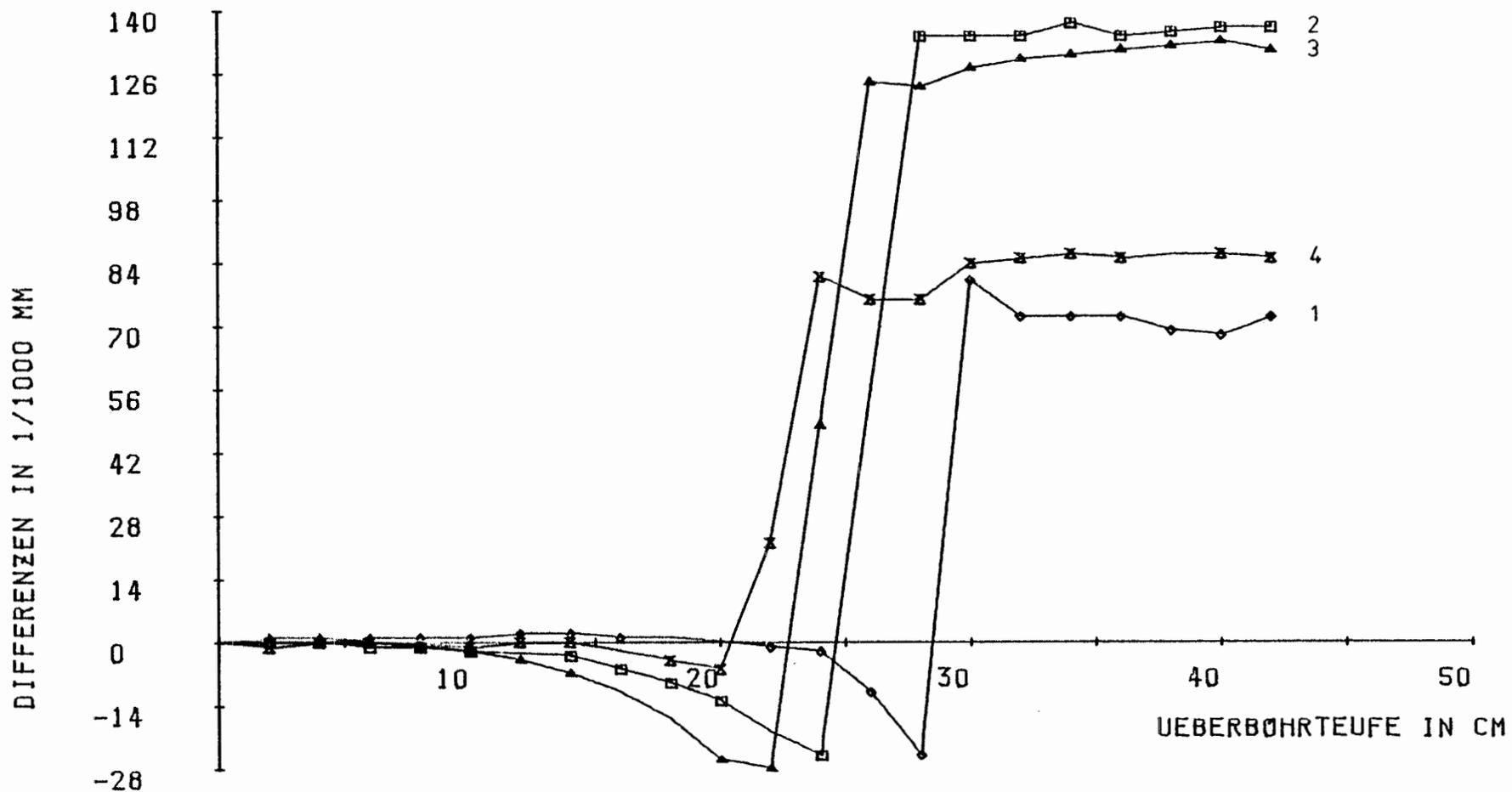


VERSUCHSORT : KONRAD 1200 M SOHLE
 UEBERBOHRTEUFE VON 17.51 M BIS 18.01 M
 DATUM : 27.03.85

◆ GEBER 1 □ GEBER 2
 ▲ GEBER 3 × GEBER 4

BGR HANNOVER
 REF. B 2.11
 ANLAGE 12

BGR - UEBERBOHRVERSUCH K0-BS5-B2



VERSUCHSORT : KONRAD 1200 M SOHLE
 UEBERBOHRTEUFE VON 19.09 M BIS 19.51 M
 DATUM : 29.03.85

♦ GEBER 1 □ GEBER 2
 ▲ GEBER 3 × GEBER 4

BGR HANNOVER
 REF. B 2.11
 ANLAGE 13

BGR-UEBERBOHRMETHODE

B G R R E F . 2 . 1 1

VERSUCHSBEZ. : KO-BS7-B1

VERSUCHSORT : 1200M SOHLE

BOHRUNG : 5/99

SONDENORIENT. : GEBER 3 VERTIKAL

DATUM : 11.02.85

UEBERBOHRTEUFE VON 19.75 BIS 20.25 METER

M E S S W E R T E

DURCHMESSERRÄNDERUNG IN MESSRICHTUNG 1 : 74 [1/1000 MM]

DURCHMESSERRÄNDERUNG IN MESSRICHTUNG 2 : 114 [1/1000 MM]

DURCHMESSERRÄNDERUNG IN MESSRICHTUNG 3 : 126 [1/1000 MM]

DURCHMESSERRÄNDERUNG IN MESSRICHTUNG 4 : 99 [1/1000 MM]

G E B I R G S K E N N W E R T E

ELASTIZITÄTSMODUL E = 12000 MPA

QUERDEHNUNGSZAHL ν_E = .25

H A U P T S P A N N U N G E N

OHNE AXIALE MESSRICHTUNG

| MESS- RICHTUNGEN | I | SIGMAH1 [MPA] | SIGMAH2 [MPA] | ALPHA [GRAD] | ALPHST [GRAD] |
|---------------------|---|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1,2,3 | I | 15.97 | 11.86 | 165.84 | 14.16 |
| 2,3,4 | I | 16.27 | 13.37 | 169.48 | 10.52 |
| 3,4,1 | I | 15.72 | 12.10 | 178.92 | 1.08 |
| 4,1,2 | I | 17.14 | 12.50 | 173.51 | 6.49 |

ALPHA = WINKEL ZWISCHEN VERTIKALACHSE UND GR. HAUPTACHSE
(POSITIV DEFINIERT GEGEN UHRZEIGERSINN)

ALPHST = WINKEL ZWISCHEN VERTIKALACHSE UND GR. HAUPTACHSE

BGR-UEBERBOHRMETHODE

B G R R E F . 2 . 1 1

VERSUCHSBEZ. : KO-B34-B2

VERSUCHSORT : 1200M SOHLE

BOHRUNG : 5/100

SONDENORIENT. : GEBER 3 VERTIKAL

DATUM : 28.03.85

UEBERBOHRTEUFE VON 17.51 BIS 18.01 METER

BOHRUNG 23 GRAD ↑

M E S S W E R T E

DURCHMESSERAENDERUNG IN MESSRICHTUNG 1 : 97 [1/1000 MM]

DURCHMESSERAENDERUNG IN MESSRICHTUNG 2 : 158 [1/1000 MM]

DURCHMESSERAENDERUNG IN MESSRICHTUNG 3 : 131 [1/1000 MM]

DURCHMESSERAENDERUNG IN MESSRICHTUNG 4 : 60 [1/1000 MM]

G E B I R G S K E N N W E R T E

ELASTIZITAETSMODUL E = 12000 MPA

QUERDEHNUNGSZAHL NUE = .25

H A U P T S P A N N U N G E N

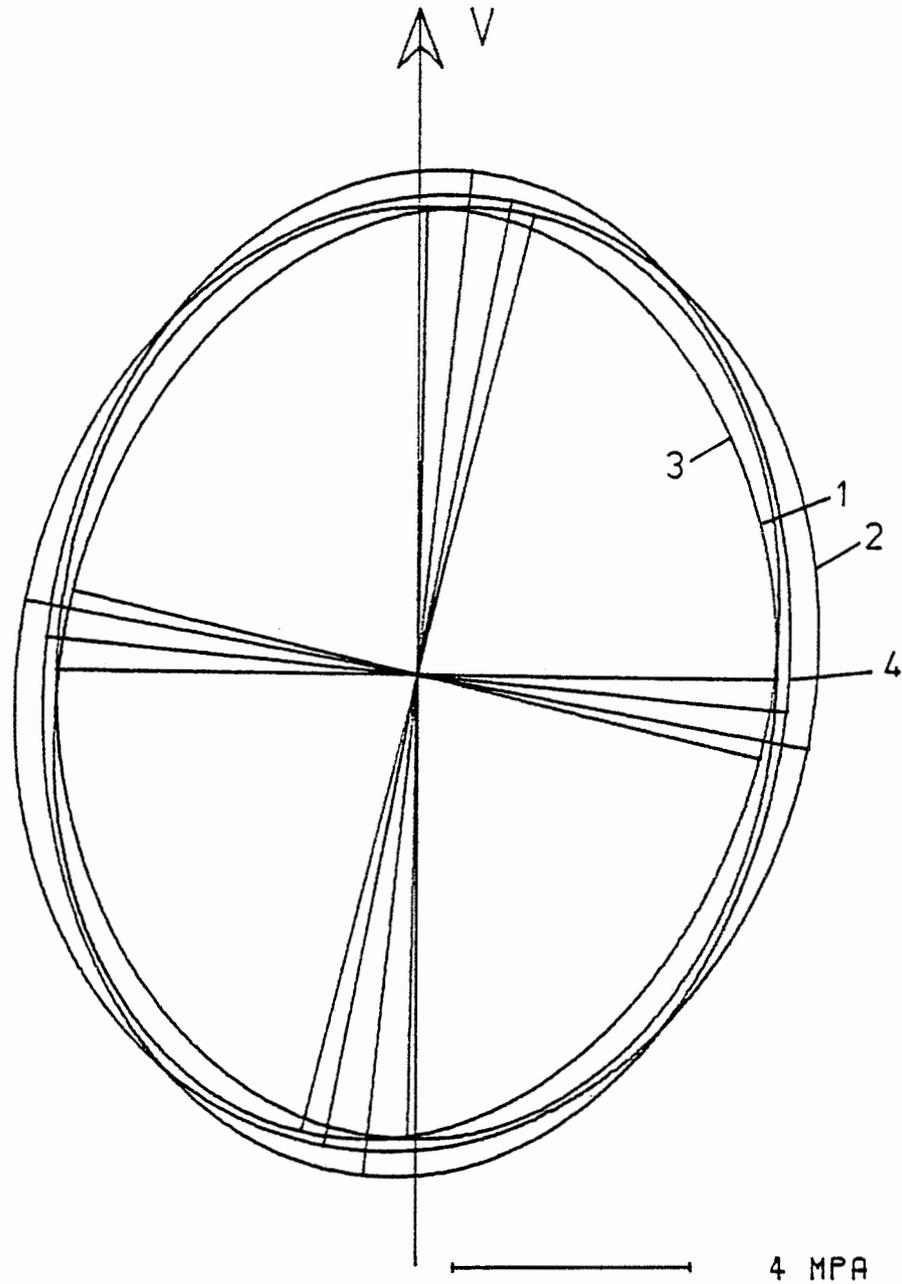
OHNE AXIALE MESSRICHTUNG

| MESS- RICHTUNGEN | I | SIGMAH1 [MPA] | SIGMAH2 [MPA] | ALPHA [GRAD] | ALPHST [GRAD] |
|---------------------|---|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1,2,3 | I | 19.15 | 12.59 | 145.57 | 34.43 |
| 2,3,4 | I | 18.91 | 11.43 | 147.12 | 32.88 |
| 3,4,1 | I | 19.82 | 11.93 | 143.72 | 36.28 |
| 4,1,2 | I | 18.67 | 11.66 | 141.84 | 38.16 |

ALPHA = WINKEL ZWISCHEN VERTIKALACHSE UND GR. HAUPTACHSE
(POSITIV DEFINIERT GEGEN UHRZEIGERSINN)

ALPHST = WINKEL ZWISCHEN VERTIKALACHSE UND GR. HAUPTACHSE

HAUPTSPANNUNGEN VERTIKALEBENE K0-BS7-B1



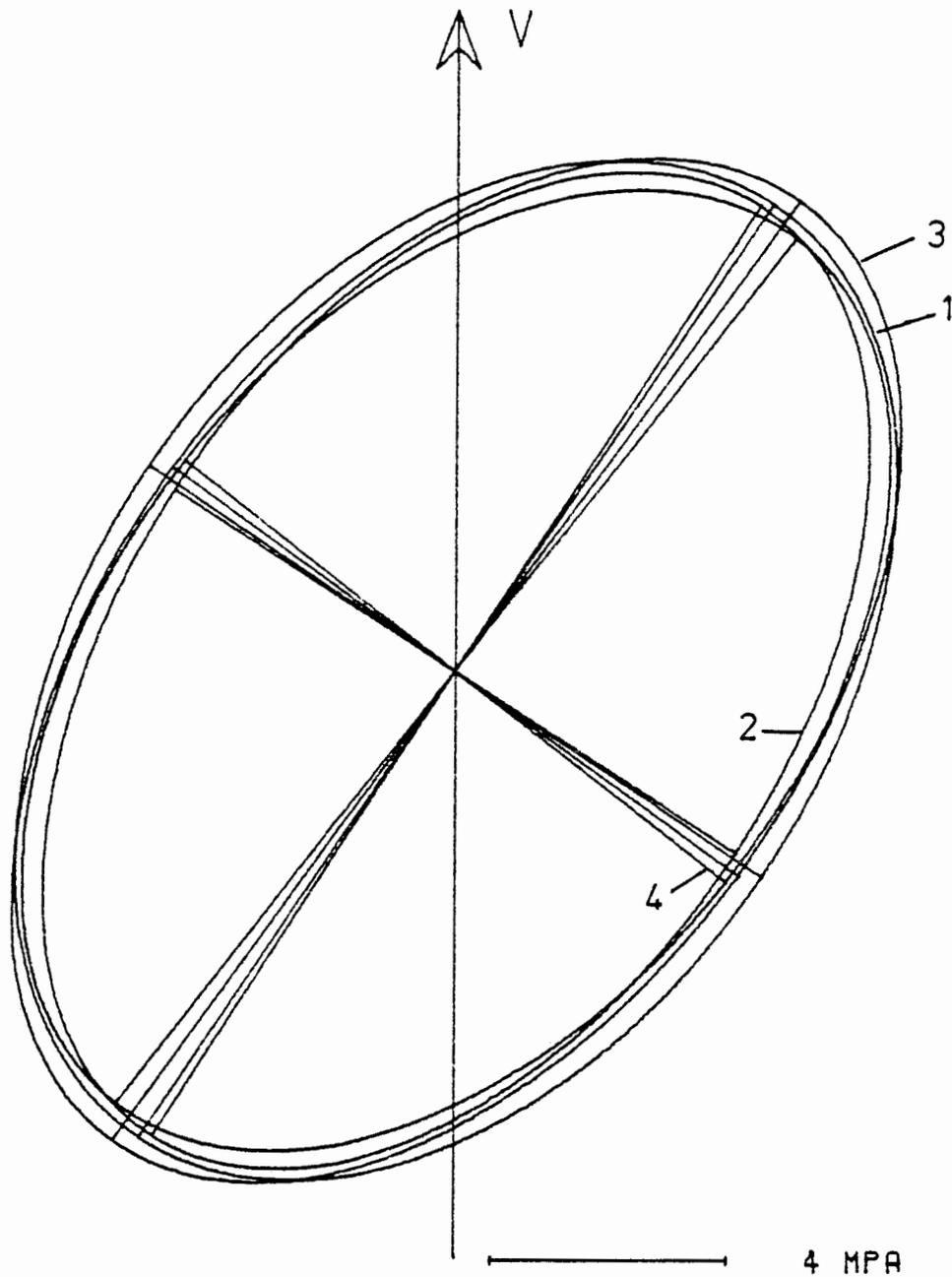
| | | | |
|--|----------------|----------------|------------------|
| 1) MR 1,2,3 | SH1 = 16.0 MPA | SH2 = 11.9 MPA | ALPHST = 14 GRAD |
| 2) MR 2,3,4 | SH1 = 16.3 MPA | SH2 = 13.4 MPA | ALPHST = 11 GRAD |
| 3) MR 3,4,1 | SH1 = 15.8 MPA | SH2 = 12.1 MPA | ALPHST = 1 GRAD |
| 4) MR 4,1,2 | SH1 = 17.1 MPA | SH2 = 12.5 MPA | ALPHST = 6 GRAD |
| ALPHST = HAUPTSPANNUNGSWINKEL (IM UZ - SINN) | | | |

VERSUCHSORT: 1200M SÖHLE
 BÖHRUNG : 5/99
 TEUFE : 20.00 M

DATUM : 11.02.85

BGR HANNOVER
 REF. B 2.11
 ANLAGE 16

HAUPTSPANNUNGEN VERTIKALEBENE K0-BS4-B2



| | | | |
|-------------|----------------|----------------|------------------|
| 1) MR 1,2,3 | SH1 = 19.2 MPA | SH2 = 12.6 MPA | ALPHST = 34 GRAD |
| 2) MR 2,3,4 | SH1 = 18.9 MPA | SH2 = 11.4 MPA | ALPHST = 33 GRAD |
| 3) MR 3,4,1 | SH1 = 19.8 MPA | SH2 = 11.9 MPA | ALPHST = 36 GRAD |
| 4) MR 4,1,2 | SH1 = 18.7 MPA | SH2 = 11.7 MPA | ALPHST = 38 GRAD |

ALPHST = HAUPTSPANNUNGSWINKEL (IM UZ - SINN)

VERSUCHSORT: 1200M SOHLE
 BÖHRUNG : 5/100
 TEUFE : 17.76 M

DATUM : 28.03.85

BGR HANNOVER
 REF. B 2.11
 ANLAGE 17

$\sigma_{1,2}$

MPa

30

20

10

E = 12000 MPa
 $\nu = 0,25$

- große Hauptspannung
- kleine Hauptspannung

Bohrlochteufe

5

10

15

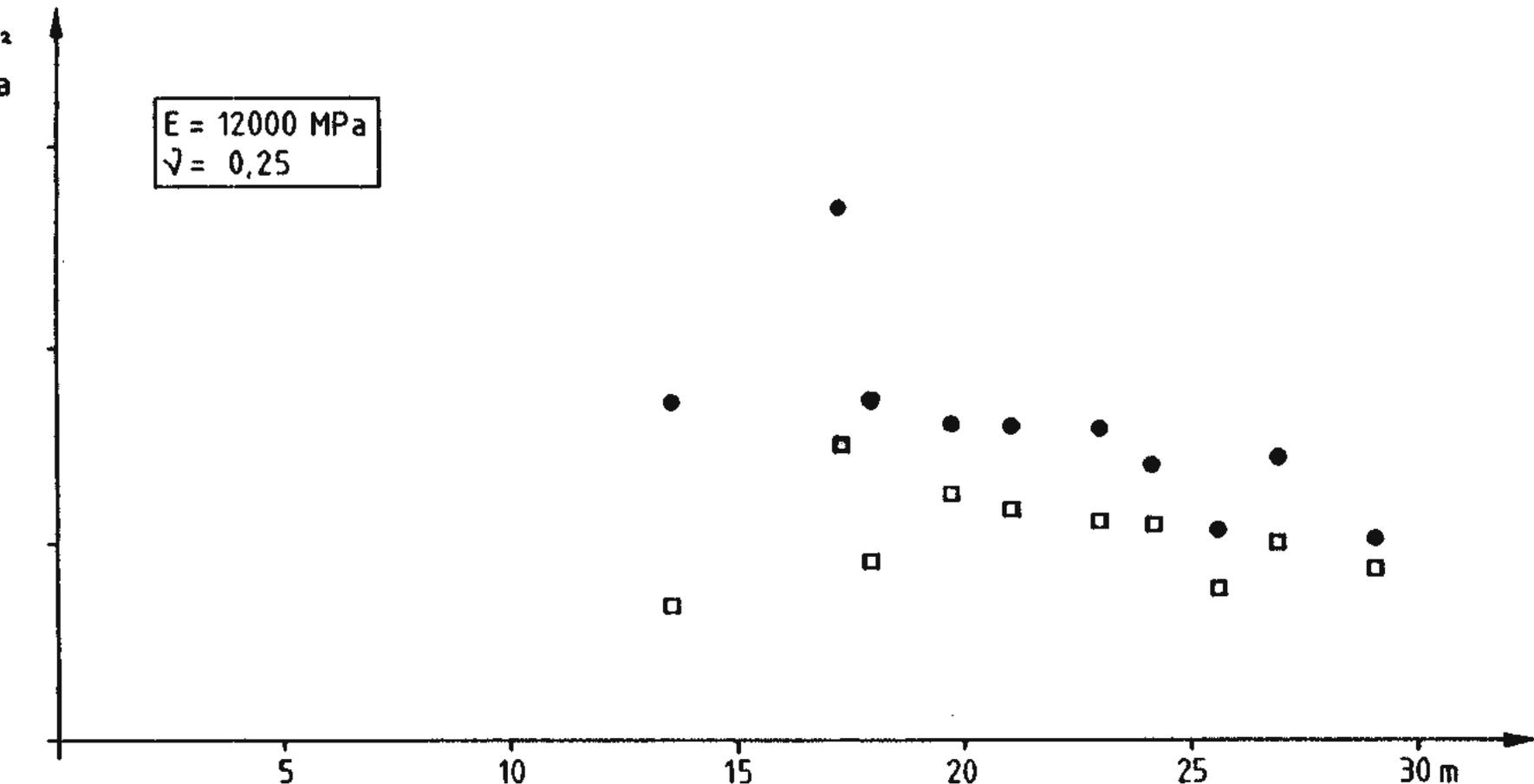
20

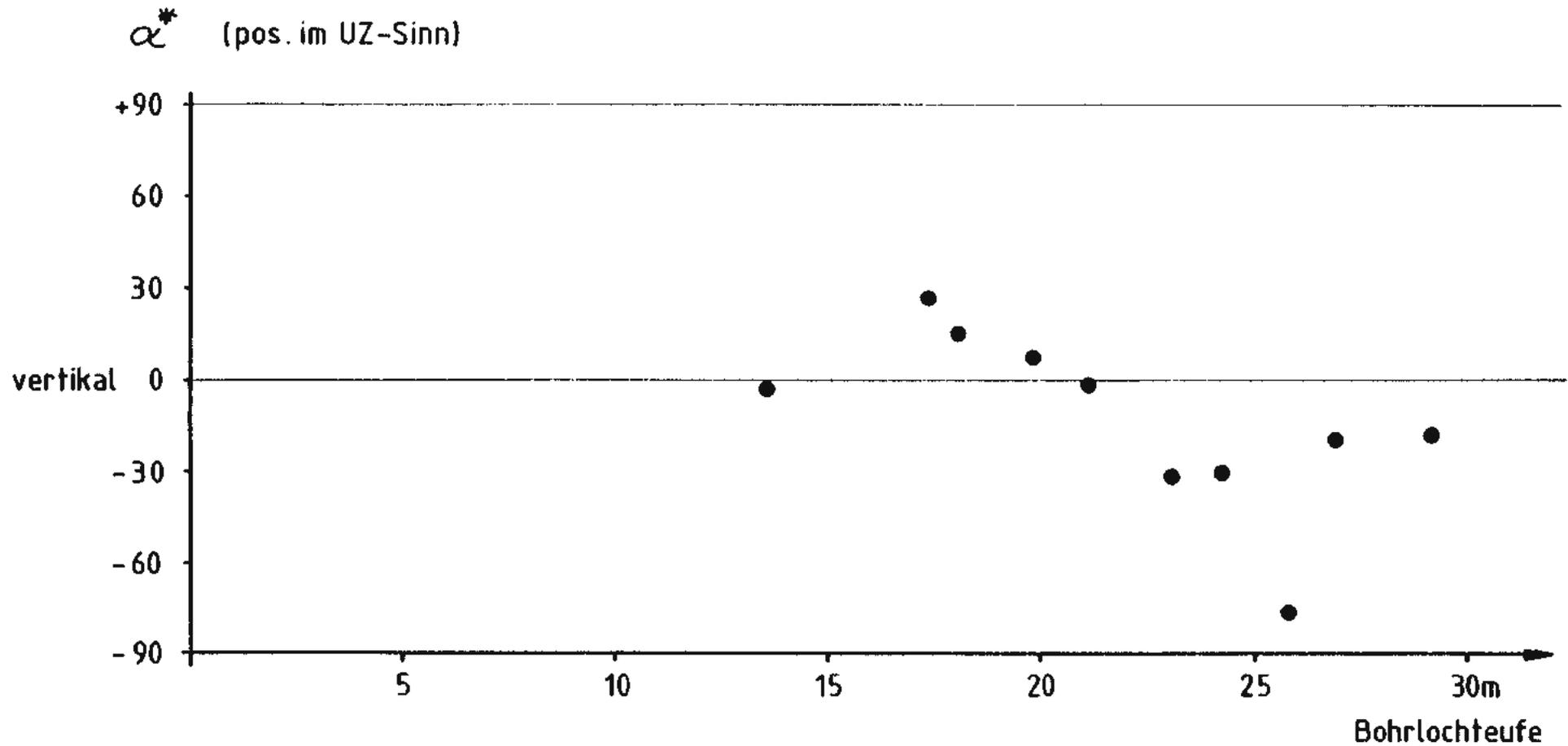
25

30 m

Gebirgsspannungen in Horizontalbohrung B1 (5/99)

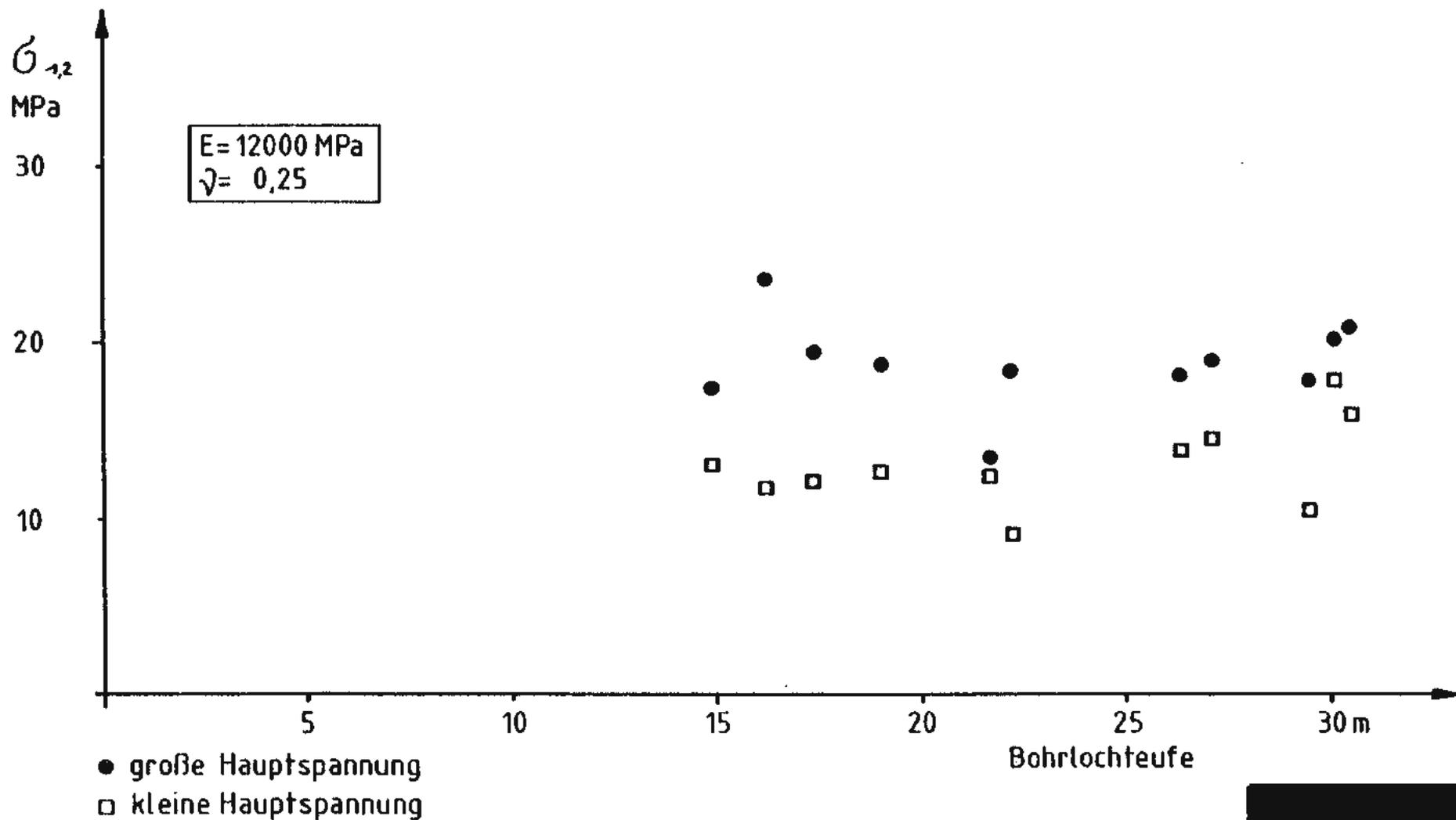
BGR Hannover
Ref. B 2.11
Juli 1985
Anlage 18





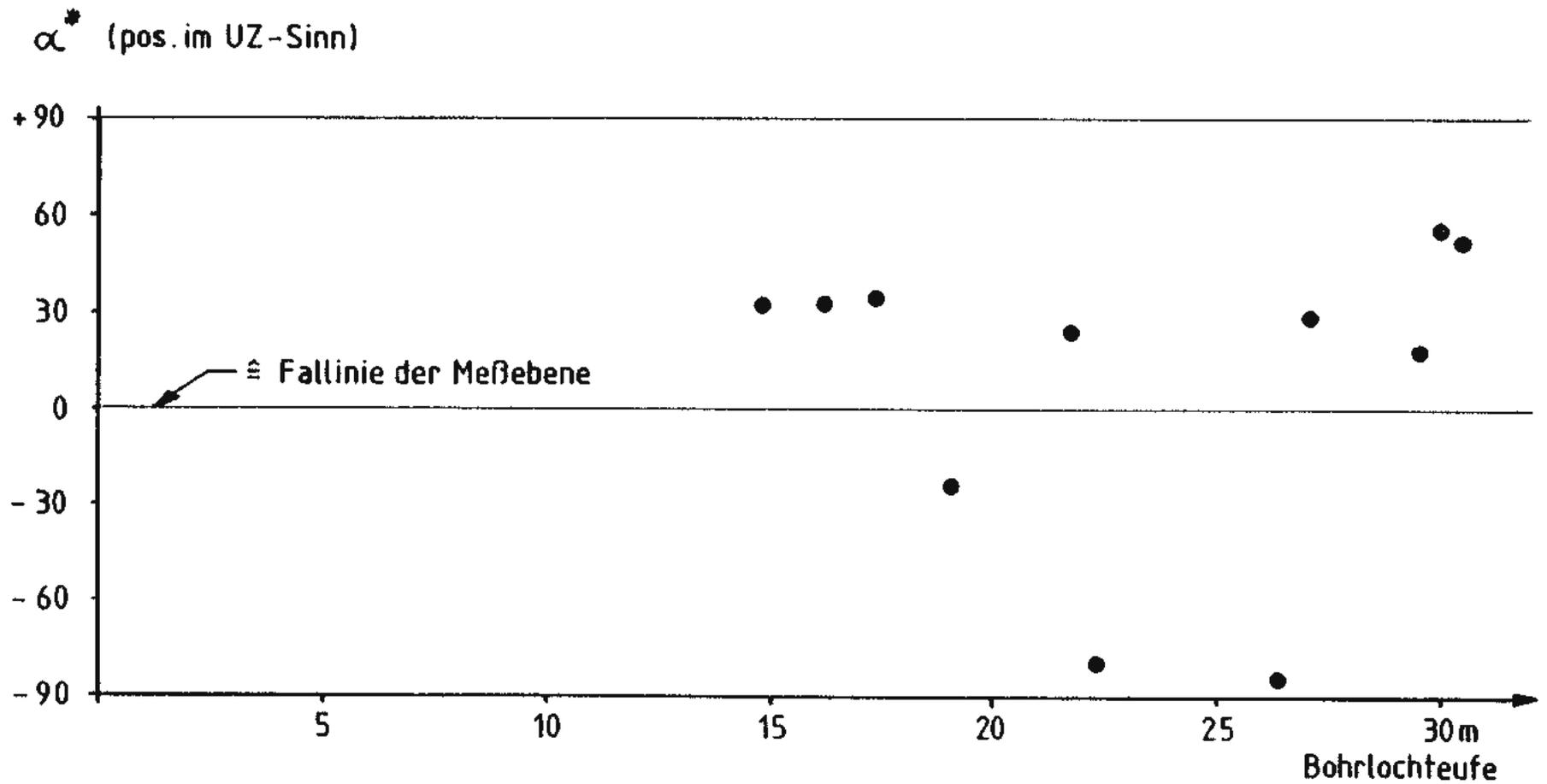
Orientierung der max. Spannung in Bohrung B1 (5/99, horizontal)

BGR Hannover
 Ref. B 2.11
 Juli 1985
 Anlage 19



Gebirgsspannungen in Bohrung B2 (5/100, ansteigend 23°)

BGR Hannover
 Ref. B 2.11
 Juli 1985
 Anlage 20



Orientierung der max. Spannung in
Bohrung B2 (5/100, ansteigend 23°)

BGR Hannover
Ref. B 2.11
Juli 1985
Anlage 21