



## 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 | X A A X X | A A | N N N N  | N N  |
| EU 103 | 9K      |                     |             | G         | RB  | 0006     | 00   |

|   |        |
|---|--------|
| <b>Titel der Unterlage:</b><br><b>Ergebnisse festigkeitsmechanischer Laboruntersuchungen an Gesteinsproben aus dem Schachtwiderlagerbohrungen im Schacht Konrad 1 (Archiv-Nr. 99467/IV)</b> | Seite: |
|   | I.     |
|   | Stand: |
|   | 02/87  |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| <b>Ersteller:</b><br><b>BGR</b> | Textnummer: |
|---------------------------------|-------------|

Stempelfeld:

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| PSP-Element TP...9K/21282 | zu Plan-Kapitel: 4.2 |
|---------------------------|----------------------|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | PL<br>18.02.87<br> | PL<br>18.02.87<br><br>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.



BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

HANNOVER

Ergebnisse festigkeitsmechanischer Laboruntersuchungen  
an Gesteinsproben aus den Schachtwiderlagerbohrungen  
im Schacht Konrad 1

- Laborbericht: Ref. B 2.14 -

Sachbearbeiter:   
Datum: Februar 1987  
Archiv-Nr.: 99 467/IV  
Tagebuch-Nr.: 10739/86  
TK-25: 3828 Lebenstedt Ost

## Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung

|   |    |
|---|----|
| 0. Veranlassung   | 1  |
| 1. Herkunft des Probenmaterials                         | 1  |
| 2. Probenvorbereitung                                   | 2  |
| 3. Versuchsprogramm                                     | 3  |
| 3.1 Maschinen- und technische Versuchsbeschreibung      | 3  |
| 3.2 Versuchstypen                                       | 4  |
| 3.3 Allgemeine Versuchsauswertung                       | 5  |
| 4. Versuchsergebnisse                                   | 7  |
| 4.1 Wichten   | 7  |
| 4.2 Ultraschallmessungen                                | 7  |
| 4.3 Festigkeitsuntersuchungen                           | 8  |
| 5. Vergleich der Ergebnisse aus Schacht 1 und Schacht 2 | 10 |

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Anlagenverzeichnis

(Abbildungen, Tabellen, Anlagen)

## Zusammenfassung

Für erste Berechnungen sowie für die Technische Planung der Schachtverschlüsse in den Schächten Konrad 1 und 2 mußten speziell für die Schachtwiderlagerbereiche als höher belastete Zonen Angaben über Festigkeitsparameter des Gesteins gemacht werden. An Bohrkernen aus den vorläufig festgelegten Widerlagerbereichen wurden Laboruntersuchungen durchgeführt. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der Proben aus Schacht 1 vorgestellt und mit jenen aus Schacht 2 verglichen.

## 0. Veranlassung

Im Anschluß an die Betriebsphase des geplanten Endlagers Konrad müssen die Schächte Konrad 1 und 2 entsprechend den Anforderungen im Plan Konrad verschlossen werden. Bestandteil des Schachtverschlußsystems soll ein Widerlagerbauwerk in den Schachtröhren sein, dessen Wirksamkeit und Standfestigkeit im Verbund mit dem Gebirge gewährleistet sein muß. In verschiedenen Aufgaben des Projektstrukturplans Konrad wurden und werden dafür Arbeiten vorgesehen (z. B. 9K/331923, Technische Planung Schachtverschluß). Als eine Grundlage mußten erste relevante Gesteins- und Gebirgsparameter zur Verfügung gestellt werden, um eine technische Planung durchführen zu können.

Nachdem in den Schächten mögliche Widerlagerstandorte festgelegt worden waren, wurden u. a. für festigkeitsmechanische Laboruntersuchungen Bohrungen gestoßen. Die BGR führte zunächst für ihre eigenen Berechnungen ein Laborprogramm an Gesteinskernen durch. Mit Schreiben 1.4/9K/331923/Kö./Kr. vom 07.04.1986 der PTB wurde die BGR gebeten, die vorhandenen Versuchsergebnisse zur Verfügung zu stellen. Die Labordaten der Proben aus dem Schacht Konrad 2 wurden bereits in [1] zusammengestellt und bewertet.

In diesem Bericht sind die Untersuchungsergebnisse der Proben aus Schacht Konrad 1 enthalten und werden mit den Resultaten der Proben aus Schacht 2 verglichen.

## 1. Herkunft des Probenmaterials

Bei den Gesteinsproben handelt es sich um Bohrkerne aus dem Widerlagerbereich des geplanten Schachtverschlusses, die zur Erkundung im Schacht 1 trocken erbohrt wurden. In der Zeit von Ende Mai bis Mitte Juli 1986 wurden 9 Bohrungen durchgeführt, die in 3 Teufenhorizonten angeordnet waren:

Horizont A: ca. 699 m unter Rasenhängebank,  
Horizont B: ca. 719 m unter Rasenhängebank sowie  
Horizont C: ca. 739 m unter Rasenhängebank.

Je Horizont verteilten sich die 3 Bohrrichtungen wie folgt:

Richtung 1: nach SE, 35<sup>g</sup> fallend,  
Richtung 2: nach NW, 35<sup>g</sup> steigend sowie  
Richtung 3: nach SW, 35<sup>g</sup> steigend.

Die teufenmäßigen Ansatzpunkte der Bohrungen im Schacht sind in Abb. 1 dargestellt. Die gewonnene Bohrqualität war aufgrund der primären (geologischen) und sekundären (Bohrtechnik, Transport) Beanspruchung recht unterschiedlich; dennoch konnten alle Bohrungen beprobt werden. In Tab. 1 sind die Kennzeichnungen und Abmessungen der in der Versuchs- und Lagerhalle der BGR ausgesuchten Kerne aufgeführt. Anl. 1 enthält die petrographische Beschreibung und Bruchflächenlage der Einzelprobe. Die Proben bestehen aus Tonstein bis tonigem Mergelstein des Haute-rive. Weitergehende Angaben zu den Bohrungen können [2] entnommen werden.

Die Probenauswahl und Versuchsdurchführung fand in zwei Abschnitten statt. Die Proben mit den Nr. 246 - 274 wurden wenige Tage nach dem Bohren ausgewählt und anschließend im Labor untersucht. Die zweite Hälfte der Proben mit den Nr. 395 - 410 wurde Ende August ausgesucht und im November getestet. Alle präparierten Kerne wurden zur Zwischenlagerung in Plastikfolie eingeschweißt.

## 2. Probenvorbereitung

Zur festigkeitsmechanischen Laboruntersuchung müssen die Prüfzylinder an den Stirnenden planparallel und die Mantelfläche

glatt gedreht werden. Dies erfolgte auf einer Drehbank in der BGR. Bedingt durch in-situ-Versuche in den Bohrlöchern konnten für die vorhandenen Maschinendruckstücke Proben mit einem Durchmesser von ca. 70 mm erstellt werden. Mit einem Durchmesser- zu Längenverhältnis von mindestens 1 : 2 wurden generell die Abmessungen 70 mm : 150 mm gewählt.

Für die Spaltzugversuche ist nach DIN 1048, Teil 1, vom Dez. 1978 ein Durchmesser- zu Längenverhältnis von 1 : 1 erforderlich. Für diese Versuche wurden zur besseren Krafteinleitung auf gegenüberliegenden Mantelflächen hölzerne Lastverteilungstreifen von 7 mm Breite und ca. 1 mm Dicke aufgeklebt. Die genauen Maße aller Gesteinszylinder sind der Tab. 1 zu entnehmen.

### 3. Versuchsprogramm

Wie in der Veranlassung bereits erwähnt, wurden zunächst Laborversuche notwendig, um Parameter für die in der BGR durchgeführten gebirgsmechanischen Berechnungen bereitzustellen. Es mußten deshalb solche Versuche gefahren werden, die die Eingangsparameter für das zur Anwendung kommende mechanische Stoffgesetz auch ermitteln konnten. Neben dem Bruchverhalten interessierte vor allem die Nachbruchphase der Laborversuche. Die durch diese Anforderungen notwendigen Versuchstypen waren auf den in der BGR vorhandenen Maschinen durchführbar. Außerdem wurden noch standardmäßig Ultraschallmessungen sowie die Bestimmung der Wichten durch Abmessen und Wiegen der Prüfzylinder vorgenommen.

#### 3.1 Maschinen- und technische Versuchsbeschreibung

Die Ultraschallmessungen wurden mit der Geräteeinheit USIP12/DTM12 der Fa. KRAUTKRAMER-BRANSON und den Prüfköpfen B1Y sowie B1S - N der Fa. KRAUTKRAMER durchgeführt.

Die Durchschallung sollte i. d. R. in Probenlängsachse erfolgen. Aufgrund der Probenbeschaffenheit war häufig kein Signaldurchgang erhältlich, so daß quer zur Längsachse gemessen wurde; diese Ergebnisse sind mit einem q gekennzeichnet. Wie Vergleichsmessungen gezeigt haben, sind bei gutem Signaleinsatz nur geringe Qualitätsverluste aufgrund der schlechteren Ankopplungsmöglichkeit der Sender- und Empfängerköpfe auf der gekrümmten Mantelfläche zu erwarten.

Alle Druck- und Spaltzugversuche wurden auf einer 2 000 kN-Triaxial-Prüfmaschine (Klasse 1 nach DIN 51223) der Fa. SCHENCK-TREBEL GmbH (Ratingen) durchgeführt, die nach dem Kármánprinzip aufgebaut ist. Einzelheiten des Maschinenaufbaus, der Steuerungsmöglichkeiten und der Genauigkeiten können [3] entnommen werden.

Bei Triaxialversuchen wurden den Gesteinskernen zum Schutz gegen eindringendes Druckmedium eng anliegende Gummischläuche übergezogen. I. d. R. war es außerdem notwendig, einen weiteren Schutz gegen eine Verletzung des Außenschlauches einzuführen, die wegen der z. T. schärferen Bruchkanten bei den Nachbruchversuchen hervorgerufen wurden.

### 3.2 Versuchstyp

Aufbauend auf den Erfahrungen an den Proben am Schacht Konrad 2 kam ein einziger Versuchstyp zur Anwendung.

Ein vollständiger Druckversuchablauf an einer Probe setzte sich aus folgenden Abschnitten zusammen (Abb. 2):

- a) Schaffung eines hydrostatischen Ausgangsspannungsniveaus.
- b) Deviatorische Laststeigerung bis zum Bruch bei konstantem Seitendruck und konstanter Stauchungsgeschwindigkeit. Im

oberen Bereich des linearen Erstbelastungsastes wurde ein Ent- und Wiederbelastungszyklus eingeschaltet, der bis auf das hydrostatische Niveau hinabreichte.

- c) Die Nachbruchfestigkeit ist neben der Ausbildung der Bruchfläche i. w. vom Spannungszustand abhängig. Mit der kontinuierlichen Abminderung des Seitendrucks  $\sigma_3$  werden alle Stadien der Restfestigkeiten durchlaufen. Zur Ermittlung des Restverformungsmoduls aus einem Ent- und Wiederbelastungszyklus im Nachbruchbereich wurde der Seitendruck konstant gehalten.

Generell wurden die Versuche verzerrungsgeregelt mit einer Stauchungsrate von  $1 \times 10^{-5} \text{ [s}^{-1}\text{]}$  durchgeführt. Vorversuche zeigten, daß unterschiedliche Verformungsgeschwindigkeiten keinen signifikanten Einfluß auf die Festigkeitsergebnisse hatten, die petrographische Ausbildung dagegen sich deutlich auswirkte. Zur Bestimmung der Mohrschen Bruchhüllgeraden wurden die Seitendrücke zwischen 0 und 20 MPa variiert. Bei einigen Versuchen wurde der Seitendruck im Nachbruchbereich erhöht, um zusätzliche Restfestigkeitsergebnisse zu erhalten.

### 3.3 Allgemeine\_Versuchsauswertung

Die allgemeine Versuchsauswertung an einer Einzelprobe umfaßte folgende Punkte:

- Berechnung der Wichte  $\gamma$  aus dem Gewicht der Probe und seinem Volumen.
- Bestimmung der dynamischen Moduli aus den Ultraschallgeschwindigkeiten über die Beziehungen

$$E_{\text{dyn}} = \frac{v_s^2 \cdot \zeta \cdot (3v_p^2 - 4v_s^2)}{v_p^2 - v_s^2}$$

und

$$\nu_{\text{dyn}} = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{2 \cdot (v_p^2 - v_s^2)}$$

|                      |                                   |                     |
|----------------------|-----------------------------------|---------------------|
| mit $E_{\text{dyn}}$ | = dynamischer Elastizitätsmodul   | [MPa]               |
| $\nu_{\text{dyn}}$   | = dynamische Poissonzahl          | [-]                 |
| $v_p$                | = Primär- oder Longitudinalwelle  | [m/s]               |
| $v_s$                | = Sekundär- oder Transversalwelle | [m/s]               |
| $\zeta$              | = Gesteinsdichte                  | [t/m <sup>3</sup> ] |

- Abgreifen der Bruchfestigkeit als maximal erreichter Spannungswert im Pre-failure-Bereich (s. Abb. 2, Pkt. d) sowie Angabe der dazugehörigen Stauchung.
- Abgreifen der Nachbruchfestigkeiten im Post-failure-Bereich. Der Verlauf der Nachbruchfestigkeiten wird i. w. durch die Ausbildung der Scherfläche bestimmt. Wie in Abb. 2 schematisch dargestellt, wird nach dem Bruch in den Versuchen häufig ein Minimum durchlaufen (Abb. 2, Pkt. e), dem ein mehr oder weniger flaches Maximum folgt, bis sich ein horizontaler Verlauf einstellt, dessen Wert dem Minimum i. d. R. entspricht. Das flache Maximum stellt sich vermutlich aufgrund der zunächst noch rauhen Bruchfläche ein, die im Laufe des Aneinandergleitens der beiden Bruchufer mehr und mehr geglättet wird. Als Nachbruchfestigkeit wurde bei deutlich horizontalem Verlauf die zugehörige Spannung (Abb. 2, Pkt e'), ansonsten aber der Minimalwert benutzt. Bei kontinuierlicher Erniedrigung des Seitendrucks konnte ebenfalls stetig die Nachbruchfestigkeit angegeben werden (Abb. 2, Pkt. e'). Wie Versuche gezeigt haben, stellte sich die entsprechende Spannung bei dem untersuchten Gestein spontan ein.

Zur Beschreibung des Verformungs- und Elastizitätsverhaltens wurden 3 Moduli bestimmt (Abb. 2):

1. Der Anfangsverformungsmodul  $E_V$ ; er wurde i. d. R. bei 50 % der Bruchfestigkeit am Erstbelastungsast als Steigung der Versuchskurve ermittelt; besaß der Prüfkern einen ausgeprägten Bereich zwischen Fließ- und Bruchgrenze, so wurde der lineare Teil der Erstbelastung herangezogen (Abb. 2, Pkt. a/a').
2. Der Elastizitätsmodul  $E$  ergab sich aus der Steigung der Geraden durch die Drittelpunkte (Abb. 2, Pkt. c) des Entlastungsastes der vor dem Bruch gefahrenen Ent- und Wiederbelastungsschleife vor dem Bruch.
3. Der sogenannte Restverformungsmodul RVM zur Beschreibung des Verformungsverhaltens im Nachbruchbereich wurde durch die Steigung der Geraden durch den unteren Wendepunkt (Abb. 2, Pkt. f') und den oberen Schnittpunkt (Abb. 2, Pkt. f) des Ent- und Wiederbelastungszyklusses bestimmt, wobei der Seitendruck konstant gehalten wurde.

#### 4. Versuchsergebnisse

##### 4.1 Wichten

Die durch Wiegen und Abmessen der Proben bestimmten Wichten liegen zwischen 23,87 und 25,53 kN/m<sup>3</sup> bei einem Mittelwert von 24,76 ( $\pm 0,345$ ) kN/m<sup>3</sup>. Geringe Gewichtsverluste durch Entspannungsvorgänge und einsetzende Austrocknung sind gegenüber dem natürlichen Zustand zu vermuten. In Tab. 2 sind die Einzelwerte aufgeführt.

##### 4.2 Ultraschallmessungen

Ebenfalls in Tab. 2 befinden sich die Ergebnisse der Ultraschallgeschwindigkeiten sowie deren Auswertung bezüglich der dynamischen Parameter  $E_{dyn}$  und  $\nu_{dyn}$ . Aufgrund der stärkeren

Energieabsorption konnte bei einer Reihe von Proben nur quer zur Probenlängsachse durchschallt werden. Dies bot aber die Möglichkeit, parallel zur Schichtung und senkrecht zur Schichtungsrichtung zu messen und damit Anisotropien festzustellen.

Die Laufzeitgeschwindigkeiten betragen für die Longitudinalwelle 2 750 bis 3 900 m/s und für die Transversalwelle 1 550 bis 2 100 m/s. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der dynamischen Parameter zusammengestellt, aus denen sich die Anisotropie aufgrund der Schichtung ablesen läßt.

|  | Min.                | Max.                | Mw ± S                      | N  |
|--|---------------------|---------------------|-----------------------------|----|
| E <sub>dyn</sub><br>[MPa]  | 14 200              | 27 000              | 21 504 ± 3 037              | 75 |
|  | 14 200 <sup>1</sup> | 23 300 <sup>1</sup> | 19 678 ± 2 206 <sup>1</sup> | 27 |
|  | 19 200 <sup>2</sup> | 27 000 <sup>2</sup> | 24 173 ± 2 132 <sup>2</sup> | 26 |
| ν <sub>dyn</sub><br>[-]  | 0,15                | 0,36                | 0,284 ± 0,043               | 75 |
|  | 0,20 <sup>1</sup>   | 0,36 <sup>1</sup>   | 0,294 ± 0,042 <sup>1</sup>  | 27 |
|  | 0,15 <sup>2</sup>   | 0,32 <sup>2</sup>   | 0,260 ± 0,036 <sup>2</sup>  | 26 |
| E <sub>dyn</sub> = dynamischer Elastizitätsmodul<br>ν <sub>dyn</sub> = dynamische Poissonzahl<br>Mw = Mittelwert, S = Standardabweichung<br>N = Anzahl der Werte<br>1 = senkrecht zur Schichtungsrichtung<br>2 = parallel zur Schichtung |                     |                     |                             |    |

#### 4.3 Festigkeitsuntersuchungen

Die Darstellung der Einzelergebnisse bzw. deren Streubreiten erfolgte in Abb. 3; die Einzelwerte sowie die zugehörigen Versuchsbedingungen wurden in Tab. 3 festgehalten. Anl. 2 enthält die  $\sigma_1 - \sigma_3/\epsilon$ - bzw. F/S-Diagramme der Versuche.

Die Spaltzugfestigkeiten liegen zwischen 1,78 und 2,22 MPa. Eine Abhängigkeit der Festigkeit von der Lasteintragsrichtung zur Schichtung zeigen die Versuche nicht. Der Mittelwert liegt bei  $1,99 \pm 0,17$  MPa.

Die Bruchfestigkeiten streuen für die Anzahl der Versuche in einem üblichen Bereich. Eine systematische deutliche Abweichung der Ergebnisse einer einzelnen Bohrung ist nicht erkennbar; dagegen lieferten die Proben aus den Bohrungen KI A2 und KI A3 häufiger die höchsten und die KI C3 die niedrigsten Werte. Die geringeren Bruchfestigkeiten der Proben mit den Kern-Nr. 266 und 267 werden durch die Existenz von präexistenten Harnischflächen verursacht, auf denen sich der Bruch vollzog. Die Scherparameter, ermittelt durch eine lineare Regression (s. Abb. 3), betragen für den inneren Reibungswinkel  $30,4^\circ$  und für die Kohäsion  $4,14$  MPa.

Die Nachbruchfestigkeiten besitzen mit zunehmendem Seitendruck ein größeres Streuspektrum. Eine systematische Abweichung einzelner Bohrungen von den übrigen Ergebnissen ist nicht festzustellen. Die lineare Regression ergibt einen inneren Reibungswinkel von  $27,4^\circ$  und eine rechnerische Kohäsion von  $1,36$  MPa (Abb. 3). Wie in [4] ausführlicher erläutert, ist diese Kohäsion fiktiv und darf nur in begründeten Fällen angewandt werden.

An elastizitäts- und verformungsbeschreibenden Moduli wurden der Anfangsverformungsmodul  $E_v$ , der statische Elastizitätsmodul  $E$  und der Restverformungsmodul RVM bestimmt. Sie sind in Tab. 3 aufgeführt. Der Anfangsverformungsmodul schwankt zwischen  $3\ 100$  und  $10\ 400$  MPa mit einem Mittelwert von  $6\ 890$  ( $\pm 1\ 892$ ) MPa. Eine Spannungsabhängigkeit ist nicht ersichtlich (Tab. 4). Ebenso ist der Elastizitätsmodul spannungsunabhängig mit einem Streubereich von  $8\ 200$  bis  $14\ 150$  MPa und einem Mittelwert von  $10\ 750 \pm 1\ 383$  MPa. Der Restverformungsmodul wird vom herrschenden Spannungszustand beeinflusst, wobei mit zunehmendem Seitendruck die Moduli i. d. R. steigen. Dies ist bei den Einzelversuchen deutlicher erkennbar als bei Mittelwerten der einzelnen Spannungsstufen (Tab. 4), da durch die Gesamtschwankungsbreite der Trend verschleiert wird. Der über die Seitendrücke gewichtete Mittelwert beträgt  $5\ 520 \pm 340$  MPa.

5. Vergleich der Ergebnisse aus Schacht 1 und Schacht 2

In Tab. 5 sind die wichtigsten Untersuchungsergebnisse der Proben aus den Schächten Konrad 1 denen des Schachtes Konrad 2 gegenübergestellt. Die Proben aus Schacht 1 haben über einen geologisch längeren Zeitraum eine um ca. 100 m höhere Gesteins-säule als Auflast ertragen als in Schacht 2. Daraus kann neben anderen Faktoren die etwas höhere mittlere Wichte der Schacht 1-Proben abgeleitet werden, möglicherweise auch die etwas höheren Werte der dynamischen Laboruntersuchungen.

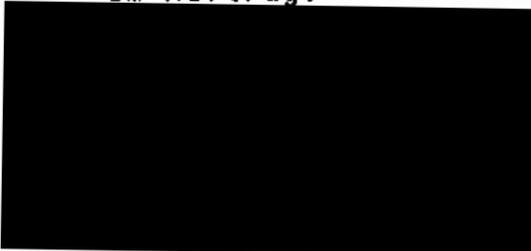
Auffallend gute Übereinstimmungen zeigen die Scherparameter sowohl im Bruch- als auch im Nachbruchverhalten.

Die beschreibenden Parameter des elastischen Verhaltens (E) und des Verformungsverhaltens ( $E_v$ , RVM) sind bei Schacht 1 wiederum geringfügig höher als bei Schacht 2.

Insgesamt betrachtet liegen die Laborergebnisse der Proben aus Schacht 1 tendenziell etwas höher. Als signifikant ist dieser Unterschied aber nicht zu betrachten, so daß für beide geplanten Schachtwiderlagerbereiche von einem gleichen mechanischen Gesteinsverhalten auszugehen ist.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

Im Auftrag:



Sachbearbeiter:



## Literaturverzeichnis

- [1] BGR-Bericht (SCHNIER, H., 1986): Ergebnisse der festigkeitsmechanischen Laboruntersuchungen an Proben aus den Schachtwiderlagerbohrungen im Schacht Konrad 2. Laborbericht Ref. B 2.14.- BGR, Archiv-Nr. 99 467/II; Hannover.
  
- [2] BGR-Bericht (Bräuer, V. & LIEDTKE, L., in Vorber.): Durchströmungsversuche auf der Schachtanlage Konrad im Schacht 1 und Ort 300. Versuchsbericht Ref. B 2.11.- BGR, Archiv-Nr. 100 295; Hannover.
  
- [3] MEISTER, D., HEIDRICH, D. & RIEGER, H. (1984): Triaxialprüfanlage für Festigkeits- und Verformungsuntersuchungen an Gesteinsprüfkörpern.- Fortschr.-Ber. VDI-Z., Reihe 5, Nr. 79, 50 S., 21 Abb., 4 Tab.; Düsseldorf.
  
- [4] BGR-Bericht (SCHNIER, H., 1986): Ergebnisse von festigkeitsmechanischen Laboruntersuchungen an Gesteinsproben aus dem Oxford und Kimmeridge des Nahbereichs der Grube Konrad. Laborbericht B 2.14.- BGR, Archiv-Nr. 99 467/III; Hannover.

### Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Stratigraphisch/petrographische Übersicht des Schachtes Konrad 1
- Abb. 2: Schematische Gesamtversuchskurve
- Abb. 3: Festigkeitsergebnisse der Proben aus den Schachtwiderlagerbohrungen, Schacht Konrad 1

### Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Kernbezeichnungen, Entnahmetiefe und Abmessungen der Proben aus den Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1
- Tab. 2: Wichten und Ergebnisse der Ultraschallmessungen der Proben aus den Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1
- Tab. 3: Versuchsbedingungen und Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen an Proben der Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1
- Tab. 4: Steife- und Verformungsmoduli in Abhängigkeit vom Spannungszustand
- Tab. 5: Ergebnisgegenüberstellung von Laboruntersuchungen an Proben aus den Schachtwiderlagerbohrungen der Schächte Konrad 1 und Konrad 2

### Anlagenverzeichnis

- Anl. 1: Gesteins- und Bruchbeschreibung der Proben aus den Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1
- Anl. 2: Spannungs-Dehnungs-Diagramm der Proben aus den Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1

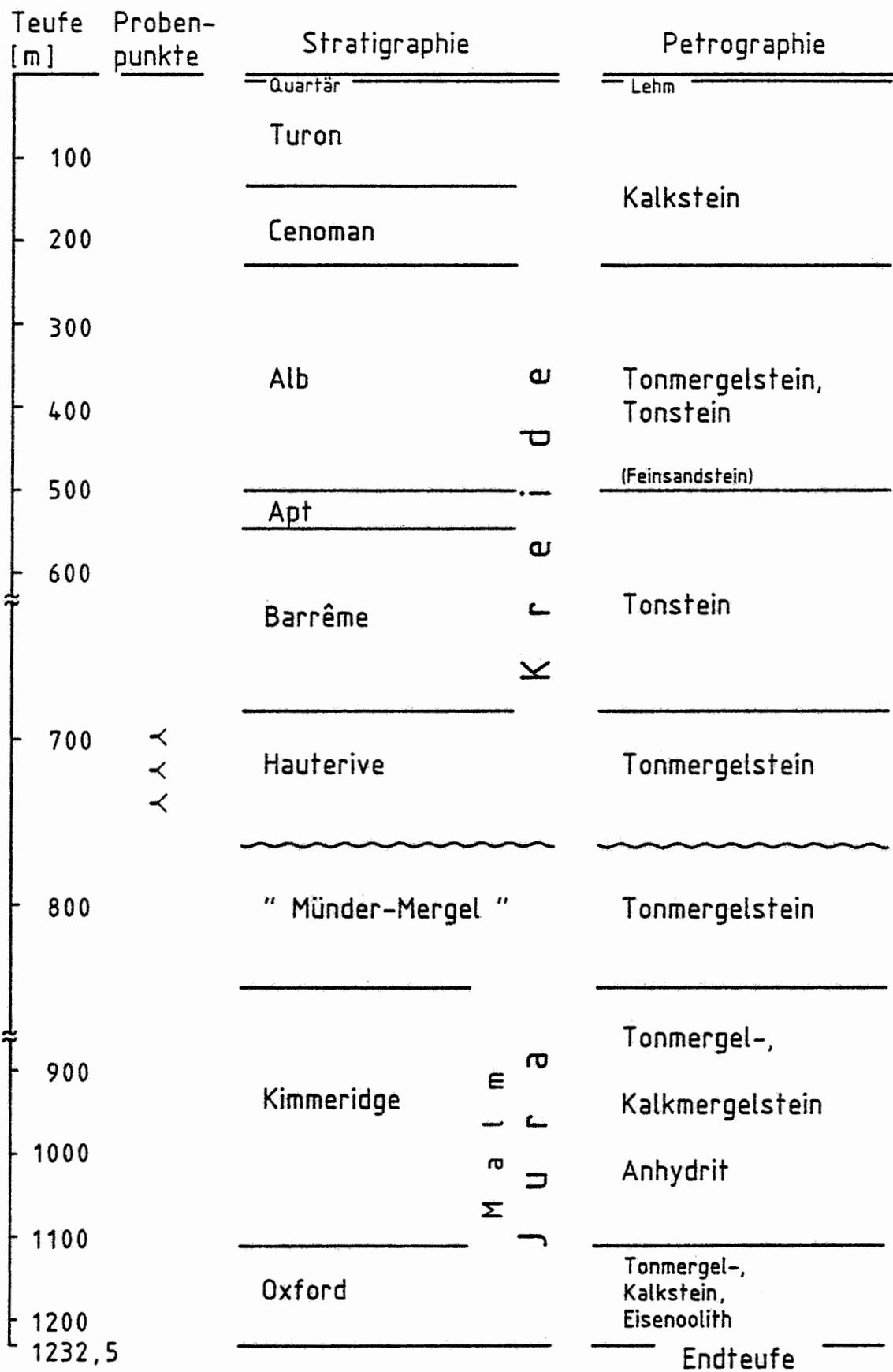


Abb. 1: Stratigraphisch/petrographische Übersicht des Schachtes Konrad 1 (nach Aktenunterlagen, Stand 6.86)

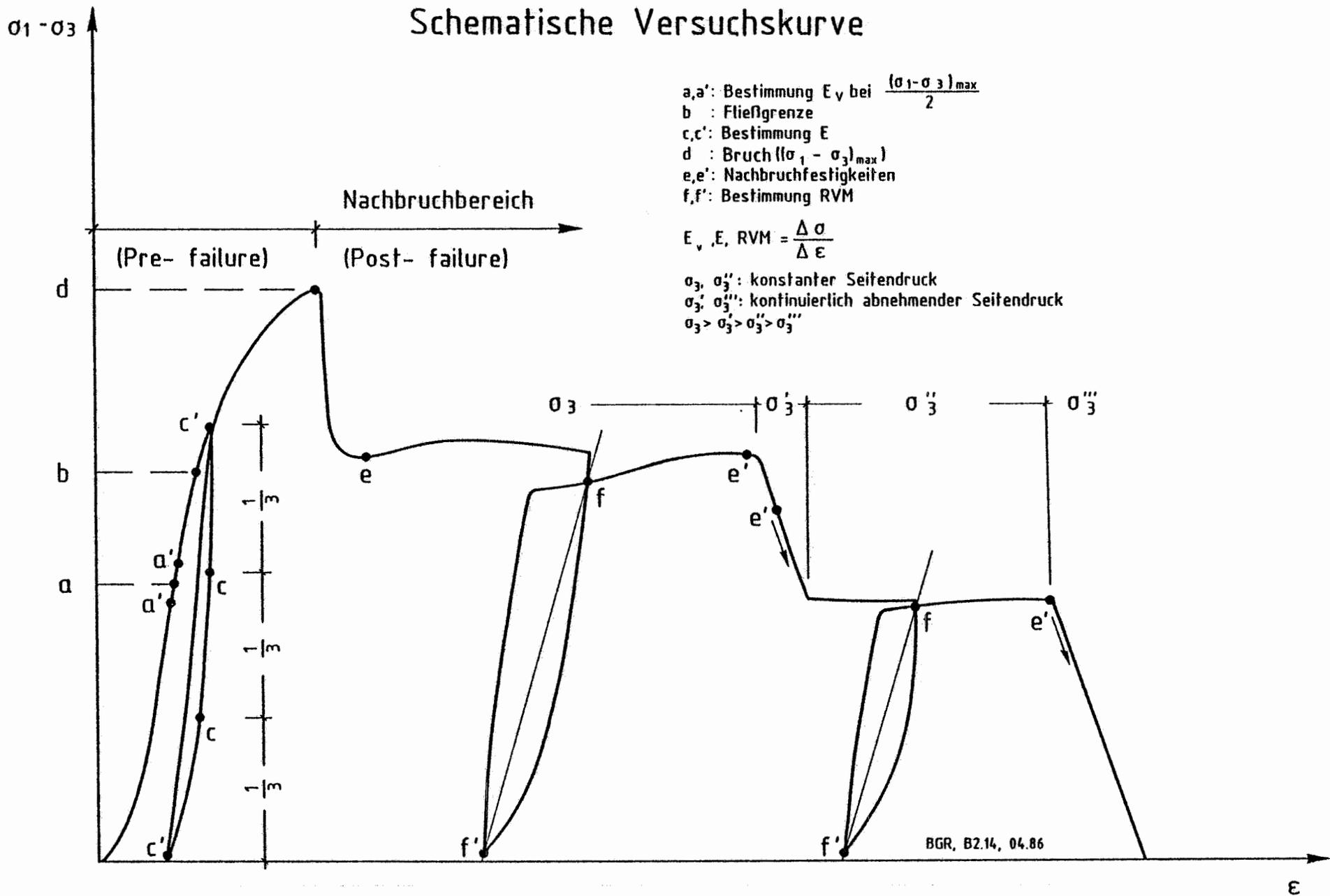


Abb. 2: Schematische Gesamtversuchskurve

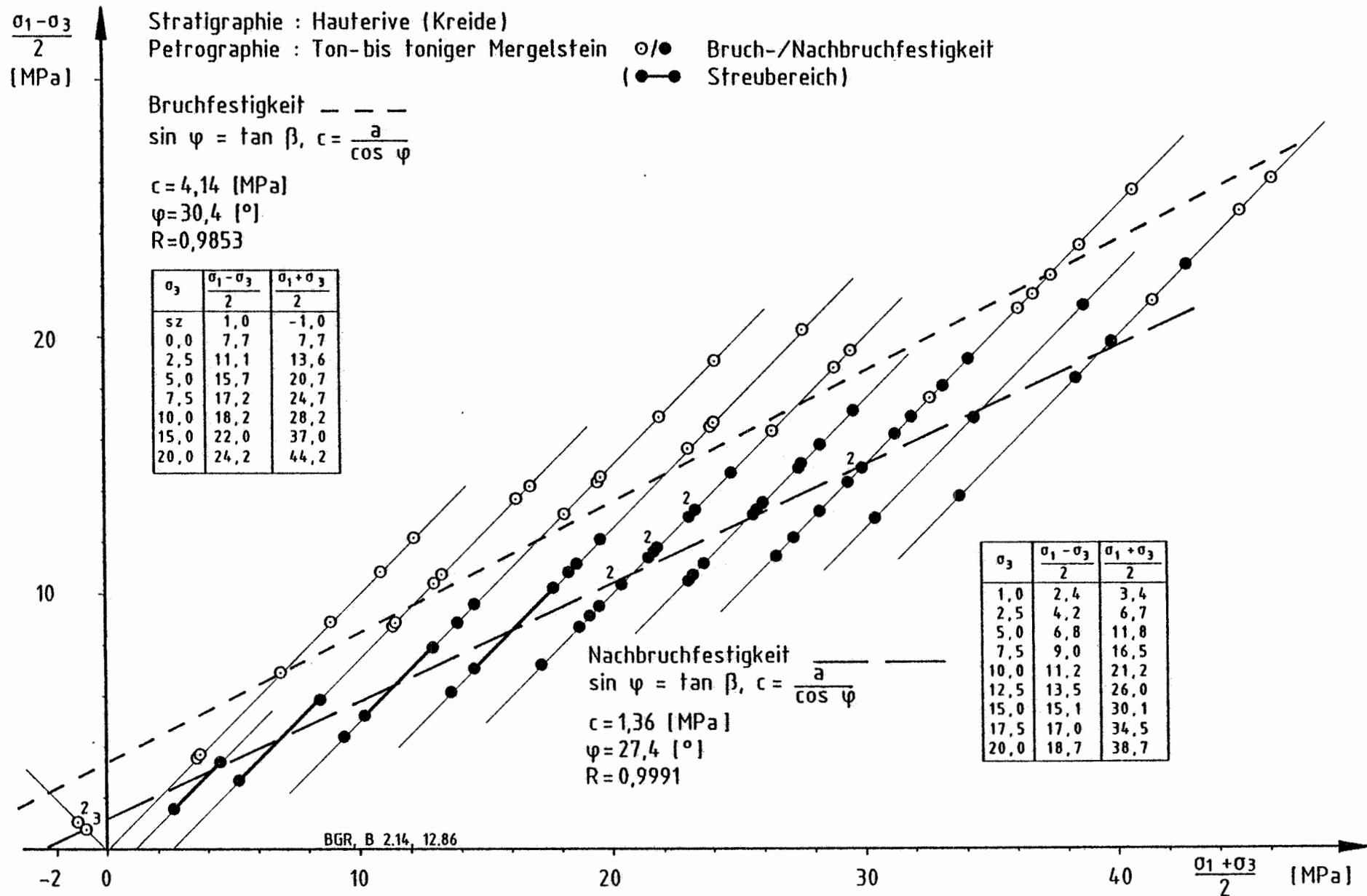


Abb. 3: Festigkeitsergebnisse der Proben aus den Schachtwiderlagerbohrungen, Schacht Konrad 1

Tab. 1: Kernbezeichnungen, Entnahmetiefe und Abmessungen der Proben aus den Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1

| Kernbezeichnung | Labor-Nr. | Kern-Nr. | Teufe (m)     | Abmessungen         |                     | Bemerkungen            |
|-----------------|-----------|----------|---------------|---------------------|---------------------|------------------------|
|                 |           |          |               | l <sub>0</sub> [mm] | d <sub>0</sub> [mm] |                        |
| KI A1           | 86013     | 246      | 10,00 - 10,07 | 70,0                | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 247      | 10,08 - 10,23 | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 248      | 10,50 - 10,65 | 150,0               | 70,1                |                        |
| " "             | "         | 249      | 10,66 - 10,81 | 150,0               | 70,1                |                        |
| " "             | "         | 250      | 10,82 - 10,97 | 150,0               | 70,2                |                        |
| " "             | "         | 251      | 12,31 - 12,46 | 150,0               | 70,2                |                        |
| KI B1           | "         | 252      | 4,43 - 4,58   | 150,0               | 70,2                |                        |
| " "             | "         | 253      | 4,59 - 4,74   | 150,0               | 70,2                |                        |
| " "             | "         | 254      | 7,62 - 7,77   | 150,0               | 70,2                |                        |
| " "             | "         | 255      | 7,97 - 8,03   | 70,0                | 70,2                |                        |
| " "             | "         | 256      | 10,15 - 10,30 | 150,0               | 70,2                |                        |
| " "             | "         | 257      | 10,31 - 10,46 | 150,0               | 70,2                |                        |
| KI C1           | "         | 258      | 4,05 - 4,12   | 70,0                | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 259      | 10,85 - 10,92 | 70,0                | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 260      | 12,55 - 12,70 | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 261      | 14,77 - 14,92 | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 262      | 14,93 - 15,08 | 150,0               | 70,0                |                        |
|                 |           |          |               |                     |                     |                        |
| KI A2           | 86017     | 395      | 8,85 - 8,92   | 69,5                | 70,2                |                        |
| " "             | "         | 396      | 8,93 - 9,08   | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 397      | 9,09 - 9,24   | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 398      | 9,25 - 9,40   | 150,2               | 70,0                |                        |
| KI B2           | 86013     | 269      | 3,30 - 3,45   | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 270      | 3,46 - 3,61   | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 271      | 3,63 - 3,70   | 70,0                | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 272      | 7,89 - 8,04   | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 273      | 8,05 - 8,20   | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 274      | 8,21 - 8,36   | 150,0               | 70,0                |                        |
| KI C2           | "         | 263      | 2,16 - 2,31   | 150,0               | 70,0                | Kantenausbruch         |
| " "             | "         | 264      | 2,32 - 2,47   | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 265      | 2,48 - 2,55   | 70,0                | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 266      | 12,12 - 12,27 | 150,0               | 70,0                | kleine Kantenausbrüche |
| " "             | "         | 267      | 12,35 - 12,50 | 150,0               | 70,0                |                        |
| " "             | "         | 268      | 12,51 - 12,66 | 150,0               | 70,0                |                        |

Tab. 1: Fortsetzung

| Kern-<br>bezeichnung | Labor-<br>Nr. | Kern-<br>Nr. | Teufe<br>(m) | Abmessungen            |                        | Bemerkungen          |
|----------------------|---------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------|
|                      |               |              |              | l <sub>0</sub><br>[mm] | d <sub>0</sub><br>[mm] |                      |
| KI A3                | 86017         | 399          | 6,91 - 6,98  | 70,0                   | 70,1                   |                      |
| " "                  | "             | 400          | 7,07 - 7,22  | 150,0                  | 70,2                   |                      |
| " "                  | "             | 401          | 7,23 - 7,38  | 150,0                  | 70,0                   |                      |
| " "                  | "             | 402          | 7,39 - 7,44  | 150,0                  | 70,0                   |                      |
| KI B3                | "             | 403          | 8,86 - 9,01  | 150,0                  | 70,1                   | Kantenaus-<br>brüche |
| " "                  | "             | 404          | 9,15 - 9,22  | 70,1                   | 70,1                   |                      |
| " "                  | "             | 405          | 9,23 - 9,38  | 150,1                  | 70,1                   |                      |
| " "                  | "             | 406          | 9,39 - 9,54  | 150,0                  | 70,2                   |                      |
| KI C3                | "             | 407          | 6,62 - 6,77  | 150,1                  | 70,2                   |                      |
| " "                  | "             | 408          | 6,84 - 6,99  | 150,0                  | 70,2                   |                      |
| " "                  | "             | 409          | 7,00 - 7,15  | 150,2                  | 70,3                   |                      |
| " "                  | "             | 410          | 9,23 - 9,30  | 70,1                   | 70,1                   |                      |

Tab. 2: Wichten und Ergebnisse der Ultraschallmessungen der Proben aus den Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1

| Kern-Nr. | $\gamma_d$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Ultraschallmessung |                  | $E_{dyn}$<br>[MPa] | $\nu_{dyn}$<br>[ $\prime$ ] | Bemerkungen |
|----------|------------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|-------------|
|          |                                    | P-Welle<br>[m/s]   | S-Welle<br>[m/s] |                    |                             |             |
| 246      | 24,89                              | 3 450              | 1 850 q          | 22 200             | 0,30                        |             |
| 247      | 25,53                              | 3 600              | 1 900 q          | 23 900             | 0,31                        |             |
| 248      | 24,79                              | 3 400              | 1 800 q          | 21 400             | 0,29                        |             |
| 249      | 24,92                              | 3 450              | 1 650 q          | 18 800             | 0,34                        |             |
| 250      | 24,85                              | 3 450              | 1 950 q          | 24 000             | 0,26                        |             |
| 251      | 25,14                              | 3 500              | 1 750 q          | 20 000             | 0,34                        |             |
| 252      | 24,43                              | 3 200              | 1 800 q          | 20 200             | 0,27                        |             |
| 253      | 24,73                              | 3 250              | 1 550 q          | 16 000             | 0,35                        |             |
| 254      | 24,82                              | 3 500              | 1 750 q          | 20 100             | 0,34                        |             |
| 255      | 24,66                              | 3 450              | 1 650 q          | 18 200             | 0,35                        |             |
| 256      | 24,99                              | 3 650              | 1 850 q          | 23 000             | 0,32                        |             |
| 257      | 24,88                              | 3 600              | 2 050 q          | 26 100             | 0,26                        |             |
| 258      | 24,84                              | 3 350              | 1 650            | 18 100             | 0,34                        |             |
| 259      | 24,80                              | 3 350              | 1 800            | 20 500             | 0,30                        |             |
| 260      | 25,16                              | 3 250              | 1 700            | 19 400             | 0,31                        |             |
| 261      | 24,70                              | 3 250              | 1 950 q          | 22 900             | 0,22                        |             |
| 262      | 24,69                              | 3 150              | 1 650            | 17 600             | 0,31                        |             |
| 395      | 24,55                              | 3 350              | 1 950            | 23 100             | 0,24                        |             |
|          |                                    | 3 150 q            | 1 850 q          | 20 400             | 0,24                        | I           |
|          |                                    | 3 500 q            | 2 050 q          | 25 400             | 0,24                        | II          |
| 396      | 24,91                              | 3 250 q            | 1 800 q          | 21 400             | 0,27                        | I           |
|          |                                    | 3 600 q            | 2 000 q          | 26 000             | 0,27                        | II          |
| 397      | 25,36                              | 3 400 q            | 1 900 q          | 23 200             | 0,28                        | I           |
|          |                                    | 3 550 q            | 2 000 q          | 26 300             | 0,27                        | II          |
| 398      | 25,26                              | 3 600 q            | 1 900 q          | 23 300             | 0,32                        | I           |
|          |                                    | 3 400 q            | 2 000 q          | 24 500             | 0,24                        | II          |
| 269      | 24,59                              | 3 400              | 1 600 q          | 17 100             | 0,36                        |             |
| 270      | 24,62                              | 3 250 q            | 1 650 q          | 17 500             | 0,33                        | I           |
|          |                                    | 3 250 q            | 1 750 q          | 19 200             | 0,30                        | II          |
| 271      | 24,70                              | 3 250 q            | 1 700 q          | 18 300             | 0,32                        | I           |
|          |                                    | 3 350 q            | 1 900 q          | 22 100             | 0,27                        | II          |
| 272      | 25,14                              | 3 400              | 1 750 q          | 20 500             | 0,32                        | I           |
|          |                                    |                    | 2 000 q          | 25 000             | 0,24                        | II          |
| 273      | 25,48                              | 3 650              | 1 800 q          | 22 000             | 0,34                        | I           |
|          |                                    |                    | 2 000 q          | 26 600             | 0,28                        | II          |
| 274      | 25,21                              | 3 450              | 1 700 q          | 19 800             | 0,33                        | I           |
| 263      | 24,81                              | 3 600              | 1 800 q          | 21 100             | 0,34                        | I           |
|          |                                    |                    | 2 000 q          | 25 500             | 0,28                        | II          |
| 264      | 25,03                              | 3 500 q            | 1 800 q          | 21 000             | 0,33                        | I           |
|          |                                    | 3 900 q            | 2 000 q          | 26 300             | 0,32                        | II          |

Tab. 2: Fortsetzung

| Kern-Nr. | $\gamma_d$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Ultraschallmessung |                  | E <sub>dyn</sub><br>[MPa] | $\nu_{dyn}$<br>[ $\%$ ] | Bemerkungen |
|----------|------------------------------------|--------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|
|          |                                    | P-Welle<br>[m/s]   | S-Welle<br>[m/s] |                           |                         |             |
| 265      | 24,69                              | 3 450 q            | 1 800 q          | 20 700                    | 0,32                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 800 q            | 2 000 q          | 26 000                    | 0,31                    |             |
| 266      | 24,65                              | 3 300              | 1 600 q          | 17 400                    | 0,34                    | ⊥           |
|          |                                    |                    | 1 900 q          | 22 200                    | 0,26                    |             |
| 267      | 24,68                              | 3 500              | 1 650 q          | 18 100                    | 0,36                    | ⊥           |
|          |                                    |                    | 1 850 q          | 22 100                    | 0,30                    |             |
| 268      | 24,65                              | 3 400              | 1 600 q          | 17 500                    | 0,36                    | ⊥           |
|          |                                    |                    | 1 900 q          | 22 600                    | 0,28                    |             |
| 399      | 24,33                              | 3 250              | 1 900            | 22 200                    | 0,23                    |             |
|          |                                    | 3 250 q            | 1 800 q          | 20 500                    | 0,28                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 500 q            | 2 100 q          | 25 800                    | 0,23                    |             |
| 400      | 24,35                              | 2 900 q            | 1 800 q          | 19 000                    | 0,20                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 500 q            | 2 000 q          | 24 700                    | 0,25                    |             |
| 401      | 24,65                              | 3 350 q            | 1 900 q          | 22 300                    | 0,27                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 450 q            | 1 950 q          | 24 300                    | 0,26                    |             |
| 402      | 24,59                              | 3 300 q            | 1 800 q          | 21 200                    | 0,28                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 450 q            | 2 000 q          | 24 700                    | 0,25                    |             |
| 403      | 24,29                              | 2 900 q            | 1 750 q          | 17 900                    | 0,23                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 300 q            | 2 050 q          | 24 100                    | 0,19                    |             |
| 404      | 24,55                              | 3 300              | 1 850            | 21 200                    | 0,27                    |             |
|          |                                    | 3 100 q            | 1 800 q          | 19 900                    | 0,25                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 500 q            | 2 050 q          | 25 800                    | 0,24                    |             |
| 405      | 24,86                              | 3 200 q            | 1 850 q          | 21 600                    | 0,24                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 600 q            | 2 100 q          | 27 000                    | 0,24                    |             |
| 406      | 24,70                              | 3 150 q            | 1 800 q          | 20 300                    | 0,25                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 200 q            | 2 050 q          | 24 300                    | 0,15                    |             |
| 407      | 24,37                              | 3 150 q            | 1 750 q          | 19 000                    | 0,28                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 550 q            | 2 000 q          | 24 700                    | 0,27                    |             |
| 408      | 24,26                              | 3 050 q            | 1 650 q          | 17 100                    | 0,29                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 350 q            | 1 950 q          | 22 800                    | 0,26                    |             |
| 409      | 24,04                              | 3 000 q            | 1 600 q          | 16 100                    | 0,30                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 250 q            | 1 750 q          | 19 400                    | 0,29                    |             |
| 410      | 23,87                              | 3 000              | 1 650            | 17 000                    | 0,28                    |             |
|          |                                    | 2 750 q            | 1 550 q          | 14 200                    | 0,28                    | ⊥           |
|          |                                    | 3 300 q            | 1 850 q          | 21 100                    | 0,26                    |             |

|| = Durchschallung parallel zur Schichtung  
 ⊥ = Durchschallung senkrecht zur Schichtungsrichtung  
 Legende: q = Durchschallung quer zur Probenlängsachse;

Tab. 3: Versuchsbedingungen und Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen an Proben der Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1

| Kern-Nr. | $\dot{\epsilon}$<br>[s <sup>-1</sup> ] | $\sigma_3$<br>[MPa]                              | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Bruch</sub><br>[MPa] | $\epsilon$ <sub>Bruch</sub>         | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Rest</sub><br>[MPa]     | $E_V$ (AVM)<br>[MPa]                | E<br>[MPa]                           | RVM<br>[MPa]                                | Bemerkungen                        |
|----------|--|--|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|
| 246      | $\dot{\epsilon} = 0,042$<br>[mm/min]   | -  | $\sigma_{SZ} = 1,91$                            | -                                   | -  | -                                   | -                                    | -   | Belastung parallel zur Schichtung  |
| 247      | $1 \times 10^{-5}$                     | 0  | 13,8  | 0,005                               | -  | 3 110                               | 9 210                                | -   |                                    |
| 248      | "                                      | 2,5<br>1,0                                       | 17,7<br>-                                       | 0,004<br>-                          | 8,6<br>4,8   | 6 010<br>-                          | 9 120<br>-                           | 8 390<br>-                                  |                                    |
| 249      | "                                      | 5,0<br>2,5<br>1,0                                | 26,2<br>-<br>-                                  | 0,007<br>-<br>-                     | 12,6<br>7,4<br>4,2                                 | 5 920<br>-<br>-                     | 8 310<br>-<br>-                      | 5 710<br>7 210<br>-                         |                                    |
| 251      | "                                      | 15,0<br>12,5<br>10,0<br>7,5<br>5,0<br>2,5<br>1,0 | 44,8<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-              | 0,011<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | 26,4<br>22,1<br>19,0<br>14,3<br>11,4<br>6,3<br>3,7 | 6 450<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | 10 920<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | 6 080<br>-<br>-<br>6 890<br>-<br>6 120<br>- |                                    |
| 252      | "                                      | 0  | 7,4   | 0,002                               | -  | 3 550                               | -                                    | -   |                                    |
| 253      | "                                      | 2,5<br>1,0                                       | 20,9<br>-                                       | 0,004<br>-                          | 8,7<br>5,2   | 7 330<br>-                          | 10 590<br>-                          | 5 300<br>-                                  |                                    |
| 254      | "                                      | 10,0<br>7,5<br>5,0<br>2,5<br>1,0                 | 37,6<br>-<br>-<br>-<br>-                        | 0,010<br>-<br>-<br>-<br>-           | 20,8<br>18,0<br>12,3<br>8,0<br>4,4                 | 6 980<br>-<br>-<br>-<br>-           | 10 560<br>-<br>-<br>-<br>-           | 5 070<br>-<br>3 480<br>-<br>-               |                                    |
| 255      | $\dot{\epsilon} = 0,042$<br>[mm/min]   | -  | $\sigma_{SZ} = 1,78$                            | -                                   | -  | -                                   | -                                    | -   | Belastung senkrecht zur Schichtung |

Tab. 3: Fortsetzung 1

| Kern-Nr. | $\dot{\epsilon}$<br>[s <sup>-1</sup> ] | $\sigma_3$<br>[MPa] | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Bruch</sub><br>[MPa] | $\epsilon$ <sub>Bruch</sub> | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Rest</sub><br>[MPa] | $E_V$ (AVM)<br>[MPa] | E<br>[MPa] | RVM<br>[MPa] | Bemerkungen                        |
|----------|--|---------------------|---|-----------------------------|--|----------------------|------------|--------------|------------------------------------|
| 256      | 1 × 10 <sup>-5</sup>                   | 15,0                | 47,11   | 0,012                       | 32,3   | 6 800                | 11 100     | 5 150        |                                    |
|          |  | 12,5                | -   | -                           | 29,8   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 10,0                | -   | -                           | 25,9   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 19,0   | -                    | -          | 4 850        |                                    |
|          |  | 5,0                 | -   | -                           | 15,3   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 10,0   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 5,6  | -                    | -          | -            |                                    |
| 257      | "                                      | 20,0                | 52,4  | 0,016                       | 39,5   | 6 340                | 12 050     | 5 460        |                                    |
|          |  | 15,0                | -   | -                           | 33,7   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 12,5                | -   | -                           | 30,0   | -                    | -          | 4 390        |                                    |
|          |  | 10,0                | -   | -                           | 23,5   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 20,3   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 5,0                 | -   | -                           | 15,8   | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 10,0   | -                    | -          | -            |                                    |
| 1,0      | -                                      | -                   | 5,3   | -                           | -  | -                    |            |              |                                    |
| 258      | $\dot{s} = 0,042$<br>[mm/min]          | -                   | $\sigma_{SZ} = 1,79$                            | -                           | -  | -                    | -          | -            | Belastung parallel zur Schichtung  |
| 259      | $\dot{s} = 0,042$<br>[mm/min]          | -                   | $\sigma_{SZ} = 1,79$                            | -                           | -  | -                    | -          | -            | Belastung senkrecht zur Schichtung |
| 260      | 1 × 10 <sup>-5</sup>                   | 2,5                 | 28,5  | 0,004                       | 11,3   | 8 070                | 12 860     | 5 760        |                                    |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 6,3  | -                    | -          | -            |                                    |
| 261      | "                                      | 5,0                 | 29,0  | 0,005                       | 13,5   | 7 170                | 9 770      | 5 030        |                                    |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 8,8  | -                    | -          | -            |                                    |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 4,9  | -                    | -          | -            |                                    |

Tab. 3: Fortsetzung 2

| Kern-Nr. | $\dot{\epsilon}$<br>[s <sup>-1</sup> ] | $\sigma_3$<br>[MPa] | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Bruch</sub><br>[MPa] | $\epsilon$ <sub>Bruch</sub> | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Rest</sub><br>[MPa] | $E_V$ (AVM)<br>[MPa] | E<br>[MPa] | RVM<br>[MPa] | Bemerkungen                       |
|----------|--|---------------------|---|-----------------------------|--|----------------------|------------|--------------|-----------------------------------|
| 262      | 1 x 10 <sup>-5</sup>                   | 15,0                | 43,3  | 0,013                       | 28,8   | 5 230                | 9 700      | -            |                                   |
|          |  | 12,5                | -   | -                           | 26,2   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 10,0                | -   | -                           | 22,8   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 17,8   | -                    | -          | 3 250        |                                   |
|          |  | 5,0                 | -   | -                           | 14,0   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 7,9  | -                    | -          | 3 370        |                                   |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 4,5  | -                    | -          | -            |                                   |
| 395      | $\dot{s} = 0,042$<br>[mm/min]          | -                   | $\sigma_{SZ} = 2,14$                            | -                           | -  | -                    | -          | -            | Belastung parallel zur Schichtung |
| 396      | 1 x 10 <sup>-5</sup>                   | 0                   | 24,3  | 0,003                       | -  | 9 500                | 12 300     | -            |                                   |
| 397      | "                                      | 20,0                | -   | -                           | 45,5   | -                    | -          | 7 400        |                                   |
|          |  | 17,5                | -   | -                           | 42,4   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 15,0                | -   | -                           | 38,1   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 12,5                | -   | -                           | 34,1   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 10,0                | -   | -                           | 29,3   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 24,1   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 5,0*                | 38,2  | 0,006                       | 17,7   | 9 000                | 12 000     | 6 800        |                                   |
| 2,5      | -                                      | -                   | 10,7  | -                           | -  | -                    |            |              |                                   |
| 1,0      | -                                      | -                   | 5,4   | -                           | -  | -                    |            |              |                                   |
| 398      | "                                      | 15,0                | 51,3  | 0,014                       | 36,2   | 7 000                | 12 000     | 5 100        |                                   |
|          |  | 12,5                | -   | -                           | 31,6   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 10,0                | -   | -                           | 26,6   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 21,5   | -                    | -          | 4 800        |                                   |
|          |  | 5,0                 | -   | -                           | 15,0   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 9,0  | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 4,9  | -                    | -          | -            |                                   |

\* Erläuterung im Text

Tab. 3: Fortsetzung 3

| Kern-Nr. | $\dot{\epsilon}$<br>[s <sup>-1</sup> ] | $\sigma_3$<br>[MPa] | $\sigma_1 - \sigma_3$<br>Bruch<br>[MPa] | $\epsilon_{\text{Bruch}}$ | $\sigma_1 - \sigma_3$<br>Rest<br>[MPa] | $E_V$ (AVM)<br>[MPa] | E<br>[MPa] | RVM<br>[MPa] | Bemerkungen                       |
|----------|--|---------------------|---|---------------------------|--|----------------------|------------|--------------|-----------------------------------|
| 269      | $1 \times 10^{-5}$                     | 0                   | 17,7                                    | 0,002                     | -                                      | 10 000               | -          | -            |                                   |
| 270      | "                                      | 2,5                 | 21,3                                    | 0,005                     | 8,5                                    | 8 450                | 10 725     | 5 010        |                                   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | -                                      | -                    | -          | -            |                                   |
| 272      | "                                      | 5,0                 | 29,1                                    | 0,005                     | 13,3                                   | 8 130                | 10 950     | 6 620        |                                   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 8,2                                    | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | 4,5                                    | -                    | -          | -            |                                   |
| 273      | "                                      | 15,0                | 42,2                                    | 0,010                     | 29,7                                   | 7 800                | 11 850     | 5 610        |                                   |
|          |  | 12,5                | -                                       | -                         | 27,0                                   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 10,0                | -                                       | -                         | 23,3                                   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 7,5                 | -                                       | -                         | 17,5                                   | -                    | -          | 3 970        |                                   |
|          |  | 5,0                 | -                                       | -                         | 13,7                                   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 8,4                                    | -                    | -          | -            |                                   |
| 274      | "                                      | 1,0                 | -                                       | -                         | 4,1                                    | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 7,5                 | 33,1                                    | 0,005                     | 16,7                                   | 8 970                | 11 520     | 7 180        |                                   |
|          |  | 5,0                 | -                                       | -                         | 12,8                                   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 7,4                                    | -                    | -          | 6 840        |                                   |
| 263      | "                                      | 1,0                 | -                                       | -                         | 4,4                                    | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 0                   | 21,7                                    | 0,003                     | -                                      | 9 970                | 12 200     | -            |                                   |
| 264      | "                                      | 2,5                 | 27,4                                    | 0,003                     | 9,9                                    | 10 380               | 14 160     | 6 680        |                                   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | 5,6                                    | -                    | -          | -            |                                   |
| 265      | $\dot{s} = 0,042$<br>[mm/min]          | -                   | $\sigma_{SZ} = 2,05$                    | -                         | -                                      | -                    | -          | -            | Belastung parallel zur Schichtung |
| 266      | $1 \times 10^{-5}$                     | 10,0                | 32,6                                    | 0,007                     | 14,4                                   | 6 600                | 8 790      | 5 560        |                                   |
|          |  | 7,5                 | -                                       | -                         | 12,1                                   | -                    | -          | -            |                                   |
|          |  | 5,0                 | -                                       | -                         | 8,9                                    | -                    | -          | 4 535        |                                   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 5,4                                    | -                    | -          | 4 560        |                                   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | 3,1                                    | -                    | -          | -            |                                   |

Tab. 3: Fortsetzung 4

| Kern-Nr. | $\dot{\epsilon}$<br>[s <sup>-1</sup> ] | $\sigma_3$<br>[MPa] | $\sigma_1 - \sigma_3$<br>Bruch<br>[MPa] | $\epsilon_{\text{Bruch}}$ | $\sigma_1 - \sigma_3$<br>Rest<br>[MPa] | $E_V$ (AVM)<br>[MPa] | E<br>[MPa] | RVM<br>[MPa] | Bemerkungen                                 |
|----------|--|---------------------|---|---------------------------|--|----------------------|------------|--------------|---|
| 267      | 1 x 10 <sup>-5</sup>                   | 20,0                | 42,8                                    | 0,011                     | 27,6                                   | 6 280                | 10 150     | 5 770        |   |
|          |  | 17,5                | -                                       | -                         | 25,8                                   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 15,0                | -                                       | -                         | 22,9                                   | -                    | -          | 5 600        |   |
|          |  | 12,5                | -                                       | -                         | 20,9                                   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 10,0                | -                                       | -                         | 18,1                                   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 7,5                 | -                                       | -                         | 14,1                                   | -                    | -          | 4 620        |   |
|          |  | 5,0                 | -                                       | -                         | 10,9                                   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 7,2                                    | -                    | -          | -            |   |
| 1,0      | -                                      | -                   | 4,0                                     | -                         | -                                      | -                    | -          |              |   |
| 268      | "                                      | 7,5                 | 32,9                                    | 0,007                     | 14,8                                   | 7 110                | 10 970     | 6 490        |   |
|          |  | 5,0                 | -                                       | -                         | 11,2                                   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 6,8                                    | -                    | -          | 3 700        |   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | 4,9                                    | -                    | -          | -            |   |
| 399      | $\dot{\epsilon} = 0,042$<br>[mm/min]   | -                   | $\sigma_{\text{SZ}} = 2,22$             | -                         | -                                      | -                    | -          | -            | Belastung senkrecht zur Schichtungsrichtung |
| 400      | 1 x 10 <sup>-5</sup>                   | 2,5                 | 17,6                                    | 0,003                     | 11,7                                   | 7 500                | -          | 6 000        |   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | 6,9                                    | -                    | -          | -            |   |
| 401      | "                                      | 7,5                 | 40,1                                    | 0,009                     | 22,1                                   | 4 400                | 9 900      | 6 000        |   |
|          |  | 5,0                 | -                                       | -                         | 15,1                                   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 8,1                                    | -                    | -          | 5 000        |   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | 4,4                                    | -                    | -          | -            |   |
| 402      | "                                      | 10,0                | 39,0                                    | 0,010                     | 26,6                                   | 6 000                | 10 300     | 4 700        |   |
|          |  | 7,5                 | -                                       | -                         | 21,0                                   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 5,0                 | -                                       | -                         | 14,3                                   | -                    | -          | 2 700        |   |
|          |  | 2,5                 | -                                       | -                         | 8,8                                    | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 1,0                 | -                                       | -                         | 4,3                                    | -                    | -          | -            |   |

Tab. 3: Fortsetzung 5

| Kern-Nr. | $\dot{\epsilon}$<br>[s <sup>-1</sup> ] | $\sigma_3$<br>[MPa] | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Bruch</sub><br>[MPa] | $\epsilon$ <sub>Bruch</sub> | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Rest</sub><br>[MPa] | $E_V$ (AVM)<br>[MPa] | E<br>[MPa] | RVM<br>[MPa] | Bemerkungen                                 |
|----------|--|---------------------|---|-----------------------------|--|----------------------|------------|--------------|---|
| 403      | $1 \times 10^{-5}$                     | 0                   | (6,4 - 7,3)                                     | (0,002<br>-0,003)           | -  | 3 400                | -          | -            | Mehrfachbruch                               |
| 404      | $\dot{s} = 0,042$<br>[mm/min]          | -                   | $\sigma_{SZ} = 2,09$                            | -                           | -  | -                    | -          | -            | Belastung senkrecht zur Schichtungsrichtung |
| 405      | $1 \times 10^{-5}$                     | 10,0                | -   | -                           | 23,3   | -                    | -          | 7 400        |   |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 19,3   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 5,0*                | 33,8  | 0,006                       | 14,3   | 7 700                | 11 500     | 6 600        |   |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 8,4  | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 4,3  | -                    | -          | -            |   |
| 406      | "                                      | 20,0                | 49,7  | 0,014                       | 36,8   | 5 700                | 11 200     | 6 400        |   |
|          |  | 17,5                | -   | -                           | 33,5   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 15,0                | -   | -                           | 29,8   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 12,5                | -   | -                           | 26,3   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 10,0                | -   | -                           | 20,7   | -                    | -          | 5 100        |   |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 17,4   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 5,0                 | -   | -                           | 12,7   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 7,4  | -                    | -          | -            |   |
| 1,0      | -                                      | -                   | 4,3   | -                           | -  | -                    |            |              |   |
| 407      | "                                      | 2,5                 | -   | -                           | -  | 7 700                | 10 300     | -            | Öl im Schlauch                              |
| 408      | "                                      | 7,5                 | 31,1  | 0,007                       | 18,7   | 6 200                | 9 200      | 4 500        |   |
|          |  | 5,0                 | -   | -                           | 12,8   | -                    | -          | -            |   |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 7,2  | -                    | -          | 4 200        |   |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 4,0  | -                    | -          | -            |   |

\* Erläuterung im Text

Tab. 3: Fortsetzung 6

| Kern-Nr. | $\dot{\epsilon}$<br>[s <sup>-1</sup> ] | $\sigma_3$<br>[MPa] | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Bruch</sub><br>[MPa] | $\epsilon$ <sub>Bruch</sub> | $\sigma_1 - \sigma_3$ <sub>Rest</sub><br>[MPa] | $E_V$ (AVM)<br>[MPa] | E<br>[MPa] | RVM<br>[MPa] | Bemerkungen                                |
|----------|--|---------------------|---|-----------------------------|--|----------------------|------------|--------------|--|
| 409      | $1 \times 10^{-5}$                     | 15,0                | 35,1  | 0,011                       | 24,4   | 3 600                | 8 200      | 5 700        |  |
|          |  | 12,5                | -   | -                           | 21,3   | -                    | -          | -            |  |
|          |  | 10,0                | -   | -                           | 17,3   | -                    | -          | 5 200        |  |
|          |  | 7,5                 | -   | -                           | 14,5   | -                    | -          | -            |  |
|          |  | 5,0                 | -   | -                           | 10,4   | -                    | -          | 4 700        |  |
|          |  | 2,5                 | -   | -                           | 6,5  | -                    | -          | -            |  |
|          |  | 1,0                 | -   | -                           | 3,6  | -                    | -          | -            |  |
| 410      | $\dot{s} = 0,042$<br>[mm/min]          | -                   | $\sigma_{SZ} = 2,14$                            | -                           | -  | -                    | -          | -            | Belastung parallel zur Schichtungsrichtung |

| $\sigma_3$<br>[MPa] | Anfangsverformungsmodul $E_V$ [MPa] |        |                   |    | stat. Elastizitätsmodul $E$ [MPa] |        |                    |    | Restverformungsmodul RVM [MPa] |       |                   |    |
|---------------------|-------------------------------------|--------|-------------------|----|-----------------------------------|--------|--------------------|----|--------------------------------|-------|-------------------|----|
|                     | Min                                 | Max    | Mw $\pm$ S        | N  | Min                               | Max    | Mw $\pm$ S         | N  | Min                            | Max   | Mw $\pm$ S        | N  |
| 0                   | 3 110                               | 10 000 | 6 580 $\pm$ 3 558 | 6  | 9 210                             | 12 300 | 11 240 $\pm$ 1 756 | 3  | -                              | -     | -                 | -  |
| 2,5                 | 6 010                               | 10 380 | 7 910 $\pm$ 1 329 | 7  | 9 120                             | 14 150 | 11 290 $\pm$ 1 852 | 6  | 3 370                          | 8 390 | 5 580 $\pm$ 1 413 | 14 |
| 5,0                 | 5 920                               | 9 000  | 7 580 $\pm$ 1 146 | 5  | 8 310                             | 12 000 | 10 510 $\pm$ 1 482 | 5  | 2 700                          | 6 800 | 5 130 $\pm$ 1 444 | 9  |
| 7,5                 | 4 400                               | 8 970  | 6 670 $\pm$ 1 902 | 4  | 9 200                             | 11 520 | 10 400 $\pm$ 1 044 | 4  | 3 250                          | 7 180 | 5 260 $\pm$ 1 311 | 10 |
| 10,0                | 6 000                               | 6 980  | 6 530 $\pm$ 494   | 3  | 8 790                             | 10 560 | 9 880 $\pm$ 956    | 3  | 4 390                          | 7 400 | 5 380 $\pm$ 911   | 8  |
| 15,0                | 3 600                               | 7 800  | 6 150 $\pm$ 1 504 | 6  | 8 200                             | 12 000 | 10 630 $\pm$ 1 445 | 6  | 5 100                          | 6 080 | 5 530 $\pm$ 408   | 5  |
| 20,0                | 5 700                               | 6 340  | 6 110 $\pm$ 353   | 3  | 10 150                            | 12 050 | 11 130 $\pm$ 952   | 3  | 5.460                          | 7 400 | 6 260 $\pm$ 856   | 4  |
| Alle                | 3 110                               | 10 380 | 6 890 $\pm$ 1 892 | 34 | 8 200                             | 14 150 | 10 750 $\pm$ 1 383 | 30 | 2 700                          | 8 390 | 5 520 $\pm$ 340*  | 6* |

Legende:  $\sigma_3$  = Seitendruck      S = Standardabweichung      \* = über  $\sigma_3$  gewichtet  
            $M_w$  = Mittelwert            N = Anzahl der Werte

Tab. 4: Steife- und Verformungsmoduli in Abhängigkeit vom Spannungszustand

| Parameter                     | Schacht Konrad 1 |        |                | Schacht Konrad 2 |        |                |
|-------------------------------|------------------|--------|----------------|------------------|--------|----------------|
|                               | Min              | Max    | Mw ± S         | Min              | Max    | Mw ± S         |
| Teufe [m]                     | 699              | 739    | -              | 585              | 610    | -              |
| $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | 23,87            | 25,53  | 24,76 ± 0,35   | 24,03            | 24,78  | 24,31 ± 0,20   |
| E <sub>dyn</sub> [MPa]        | 14 200           | 27 000 | 21 500 ± 3 037 | 13 100           | 24 900 | 17 900 ± 2 440 |
| $\nu_{dyn}$ [-]               | 0,15             | 0,36   | 0,28 ± 0,043   | 0,10             | 0,35   | 0,21 ± 0,054   |
| $\varphi_{Bruch}$ [°]         | -                | -      | 30,4           | -                | -      | 30,6           |
| c <sub>Bruch</sub> [MPa]      | -                | -      | 4,1            | -                | -      | 3,7            |
| $\varphi_{Rest}$ [°]          | -                | -      | 27,4           | -                | -      | 25,8           |
| c <sub>Rest</sub> [MPa]       | -                | -      | 1,4            | -                | -      | 1,4            |
| E <sub>y</sub> [MPa]          | 3 100            | 10 400 | 6 890 ± 1 892  | 2 900            | 8 050  | 5 760 ± 1 370  |
| E [MPa]                       | 8 200            | 14 150 | 10 750 ± 1 383 | 5 200            | 13 100 | 9 950 ± 1 630  |
| RVM [MPa]                     | 2 700            | 7 400  | 5 350*         | 3 010            | 6 800  | 4 800*         |

\* Mittelwert der gemittelten RVM's mit  $\sigma_3 = 5 / 10 / 15$  MPa

Legende:  $\gamma$  = Wichte  
E<sub>dyn</sub> = dynamischer Elastizitätsmodul  
 $\nu_{dyn}$  = dynamische Poissonzahl  
 $\varphi_{Bruch}$  = innerer Reibungswinkel der Maximalfestigkeiten  
c<sub>Bruch</sub> = Kohäsion der Maximalfestigkeiten  
 $\varphi_{Rest}$  = innerer Reibungswinkel der Restscherfestigkeiten  
c<sub>Rest</sub> = Kohäsion der Restscherfestigkeiten  
E<sub>y</sub> = Anfangsverformungsmodul  
E = statischer Elastizitätsmodul  
RVM = Restverformungsmodul  
Mw = Mittelwert  
S = Standardabweichung

Tab. 5: Ergebnisgegenüberstellung von Laboruntersuchungen an Proben aus den Schachtwiderlagerbohrungen der Schächte Konrad 1 und 2

- Anlage 1 -

Gesteins- und Bruchbeschreibung der Proben  
aus den Schachtwiderlagerbohrungen, Schacht Konrad 1

- 246

Tonmergelstein, grau, undeutliche feine bis feinflaserige Schichtung unter 50°, wenig Bioklasten, z. T. pyritisiert, m. F. r.\*.

- 247

Mergelstein, grau, tonig, feine bis flaserige Schichtung unter 60°, wenige, z. T. größere Muschelschalen, m. F. r., Vielkörperbruch.

- 248

Tonmergelstein, dunkelgrau, feine bis flaserige Schichtung unter 60°, wenige, z. T. größere Muschelschalen, m. F. r., Bruch 65°.

- 249

Tonstein, dunkelgrau, schwach kalkig, schluffig, undeutliche Feinschichtung unter 65°, wenige, z. T. größere Muschelschalen, etwas Pyrit, m. F. schwach r., Hauptbruch 70°, beginnende schichtparallele Nebenbrüche.

- 250

Wie 247, Vielkörperbruch.

- 251

Wie 247, Bruch 60°.

- 252

Wie 249, Schichtung unter 60°, unregelmäßiger Bruch 70°.

- 253

Wie 249, Schichtung unter 60°, Bruch 65°.

- 254

Wie 246, feine Flaserschichtung unter 60°, Bruch 60°.

---

\*m. F. .... r. = mit Fingernagel .... ritzbar

- 255

Tonstein, dunkelgrau, kalkig, Feinschichtung unter  $55^\circ$ , wenig Feinschill, m. F. r.

- 256

Wie 248, Schichtung unter  $60^\circ$ , ein Hauptbruch  $60^\circ$  und mehrere schichtparallele beginnende Brüche.

- 257

Wie 249, etwas Pyrit, ein Hauptbruch  $55^\circ$  und mehrere beginnende schichtparallele Brüche.

- 258

Wie 255, feine Flaserschichtung unter  $60^\circ$ .

- 259

Wie 258, Schichtung unter  $60^\circ$ .

- 260

Tonmergelstein, dunkelgrau bis grau, feine Flaserschichtung unter  $60^\circ$ , wenig Feinschill, m. F. schwach r., unregelmäßiger Bruch ca.  $65^\circ$ .

- 261

Wie 260, wenige, z. T. größere Muschelschalen, Schichtung unter  $65^\circ$ , Bruch  $60^\circ$ .

- 262

Tonstein, dunkelgrün, kalkig, Feinschichtung, z. T. schlierig, unter  $60^\circ$ , m. F. r., wenige, z. T. größere Muschelschalen, zwei Parallelbrüche  $60^\circ$ .

- 395

Wie 258, Schichtung unter  $55^\circ$ , m. F. schwach r., wenige größere Muschelschalen.

- 396

Wie 260, Muschelschalen, Schichtung  $55^\circ$ , ein unregelmäßiger Hauptbruch  $70^\circ$ .

- 397

Wie 246, Schichtung unter  $55^\circ$ , ein Bruch  $65^\circ$ .

- 398

Wie 260, Schichtung unter  $50^\circ$ , ein Hauptbruch  $55^\circ$ , mehrere beginnende schichtparallele Nebenbrüche.

- 269

Wie 255, etwas Pyrit, Schichtung unter  $65^\circ$ , ein Bruch  $70^\circ$ .

- 270

Wie 262, ein Bruch  $65^\circ$ .

- 271

Wie 262.

- 272

Tonmergelstein, grau bis dunkelgrau, undeutliche Feinschichtung unter  $60^\circ$ , größere Muschelschalen und Muschelschill, z. T. in Lagen angereichert, m. F. schwach r., ein Bruch  $60^\circ$ .

- 273

Wie 272, Schichtung  $55^\circ$ , ein Bruch  $60^\circ$ .

- 274

Wie 272, Schichtung unter ca.  $50^\circ$ , Bruch  $55^\circ$ .

- 263

Tonmergelstein, grau- bis dunkelgrau, Flaserschichtung unter ca.  $60^\circ$  aus deutlich begrenzten Ton- und Mergelflasern, m. F. kaum r., steiler Bruchbeginn mit Radialrissen.

- 264

Tonmergelstein, dunkelgrau, Feinschichtung unter 55°, m. F. schwach r., unregelmäßiger Bruch ca. 65°.

- 265

Wie 264, mit Flaserschichtung unter 60°.

- 266

Wie 264, lagenweise mit Muschelschill angereichert, Bruch auf Harnisch 55°.

- 267

Wie 266, Schichtung unter 55°, Bruch auf Harnisch 65°.

- 268

Wie 266, tonig, Schichtung unter 60°, Bruch 60°.

- 399

Wie 263, etwas Muschelschill.

- 400

Wie 249, Schichtung unter 55°, ein Bruch 60°.

- 401

Tonmergelstein, grau- bis dunkelgrau, Feinschichtung unter 50°, wenig Muschelschill, etwas Pyrit, m. F. schwach r., ein Bruch 70°.

- 402

Wie 262, Schichtung unter 45°, ein Hauptbruch 55° und beginnende schichtparallele Nebenbrüche.

- 403

Wie 249, Vielkörperbruch.

- 404

Wie 255, mit Muschelschill und z. T. größeren Muschelschalen, Schichtung unter 50°.

- 405

Wie 266, undeutliche Schichtung unter 55°, ein Bruch 65°.

- 406

Wie 266, Schichtung unter 50°, z. T. größere Muschelschalen, ein Bruch 55°.

- 407

Wie 247, m. F. kaum r., Vielkörperbruch.

- 408

Wie 248, m. F. schwach r., Schichtung unter 60°, ein Bruch 60°.

- 409

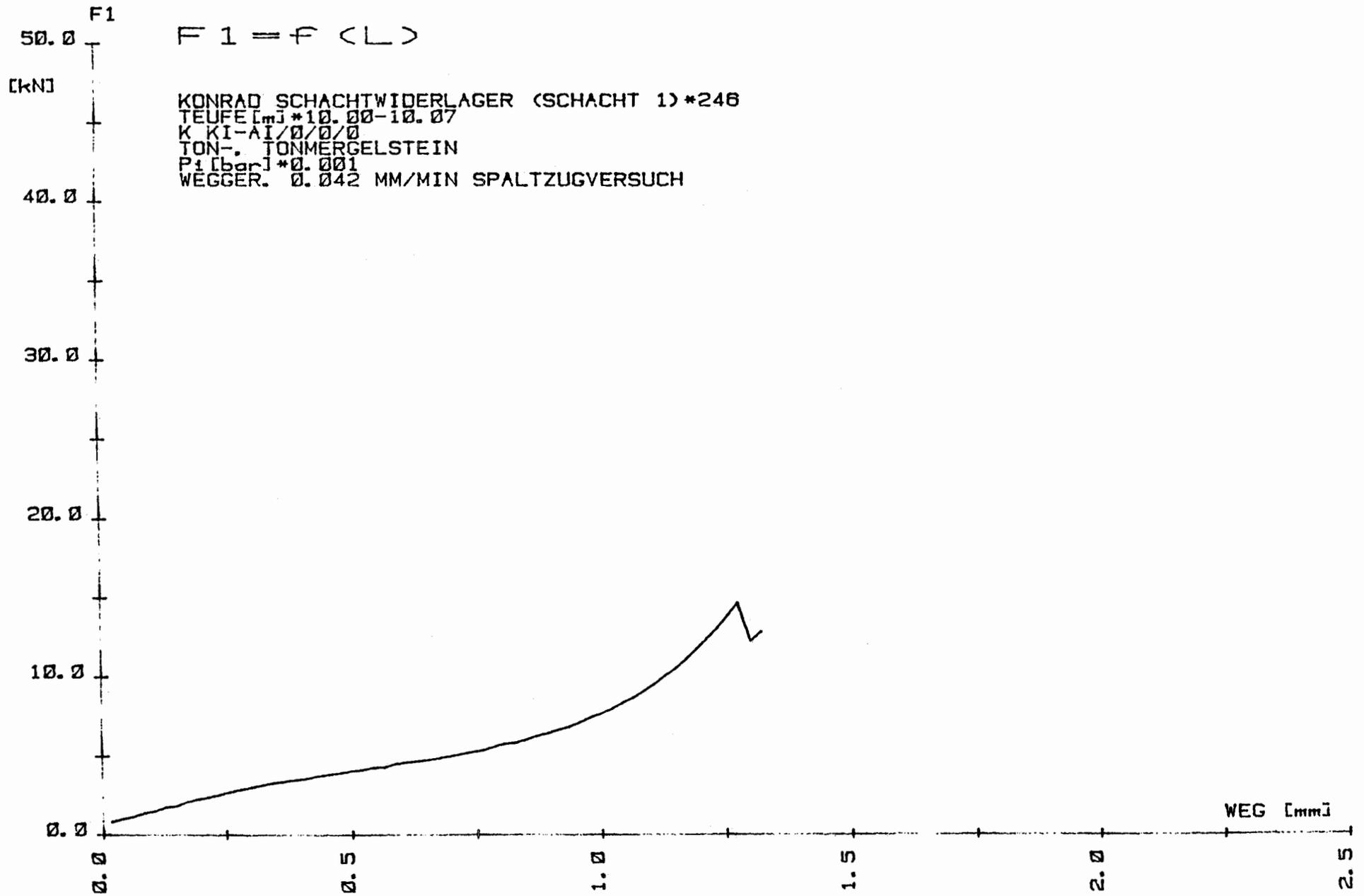
Wie 408, ein Bruch 65°.

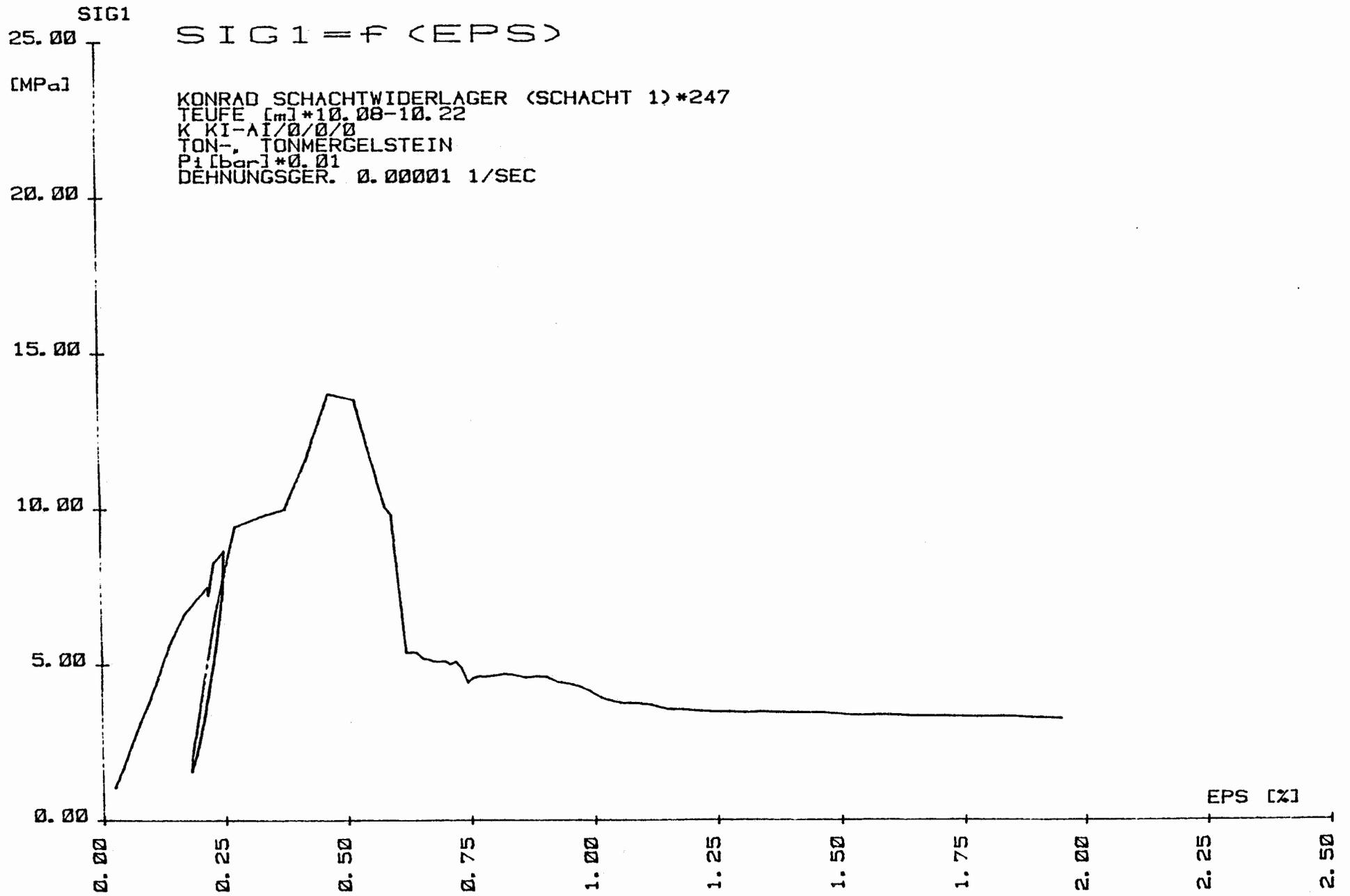
- 410

Wie 255, schwarz- bis dunkelgrau, Schichtung unter 55°.

- Anlage 2 -

Spannungs-Dehnungs-Diagramme der Proben  
aus den Widerlagerbohrungen, Schacht Konrad 1





SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f(\text{EPS})$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*248  
TEUFE [m]\*10.50-10.65  
K KI-AI/0/0/0  
TON- TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*25  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

40

30

20

10

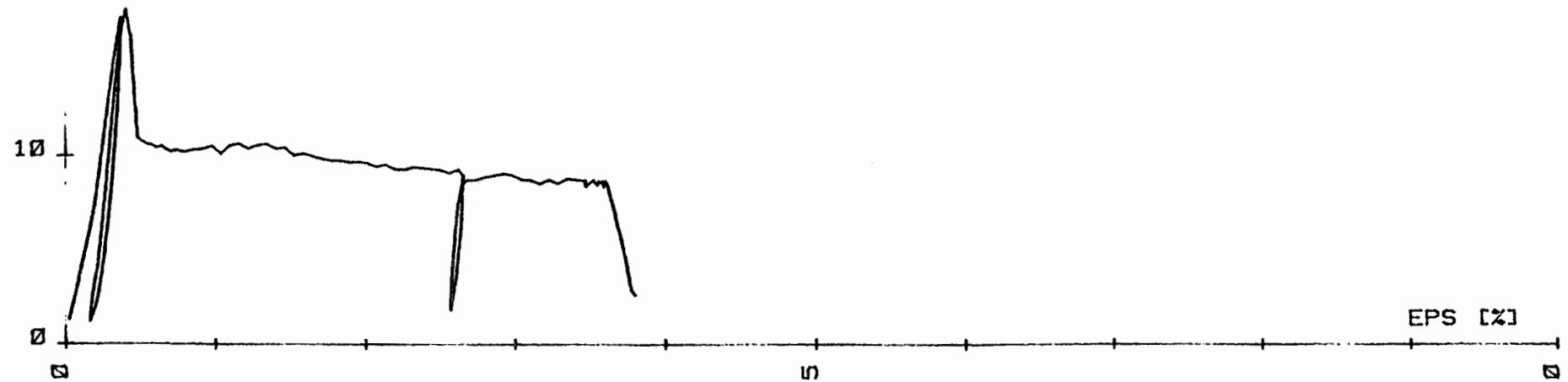
0

0

5

EPS [%]

10

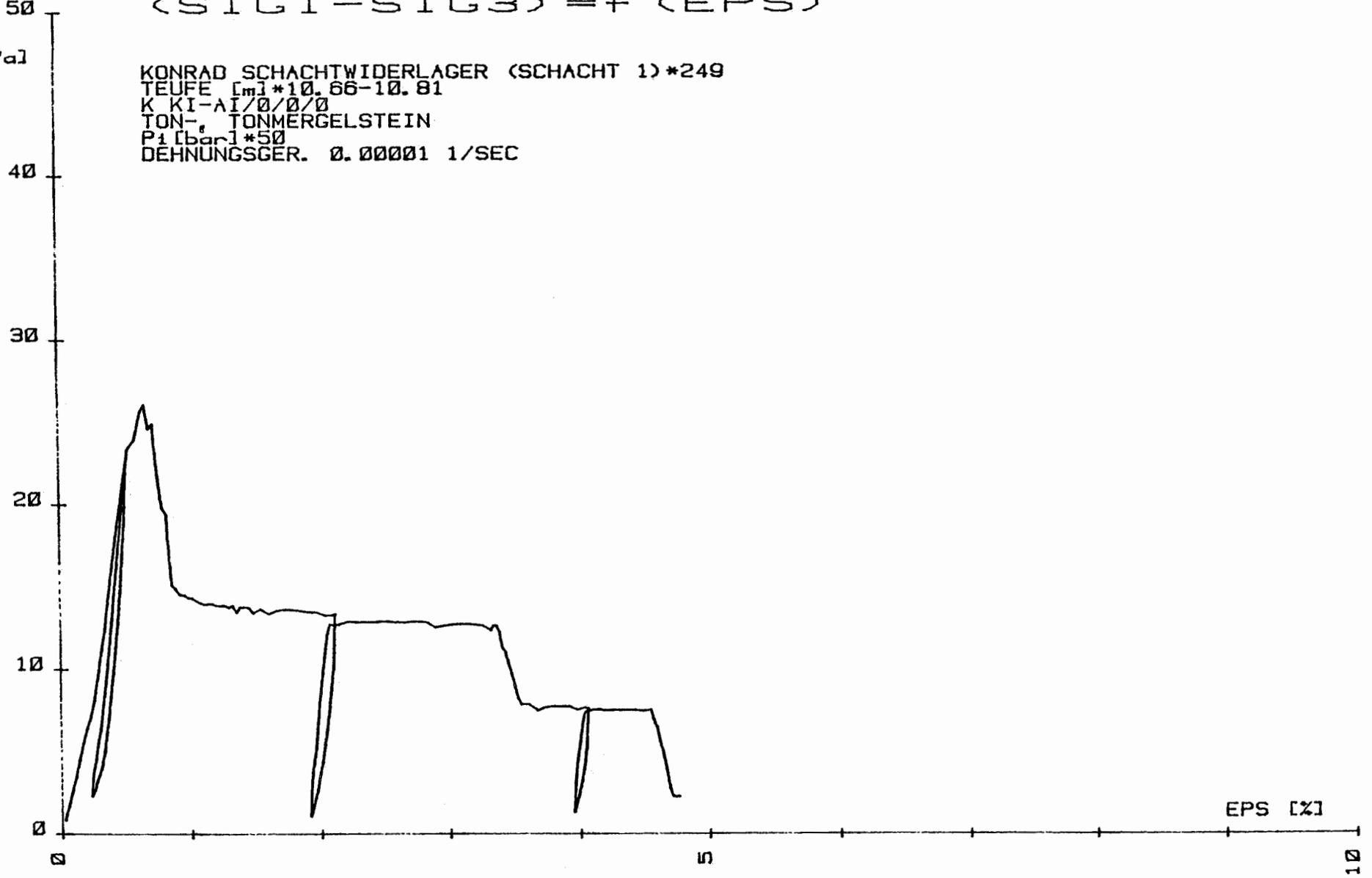


SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*249  
TEUFE [m]\*10.66-10.81  
K KI-AI/0/0/0  
TON- TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*50  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

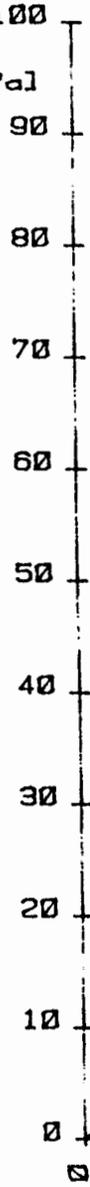


SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*251  
TEUFE [m]\*12.31-12.46  
K KI-AI/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*150  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

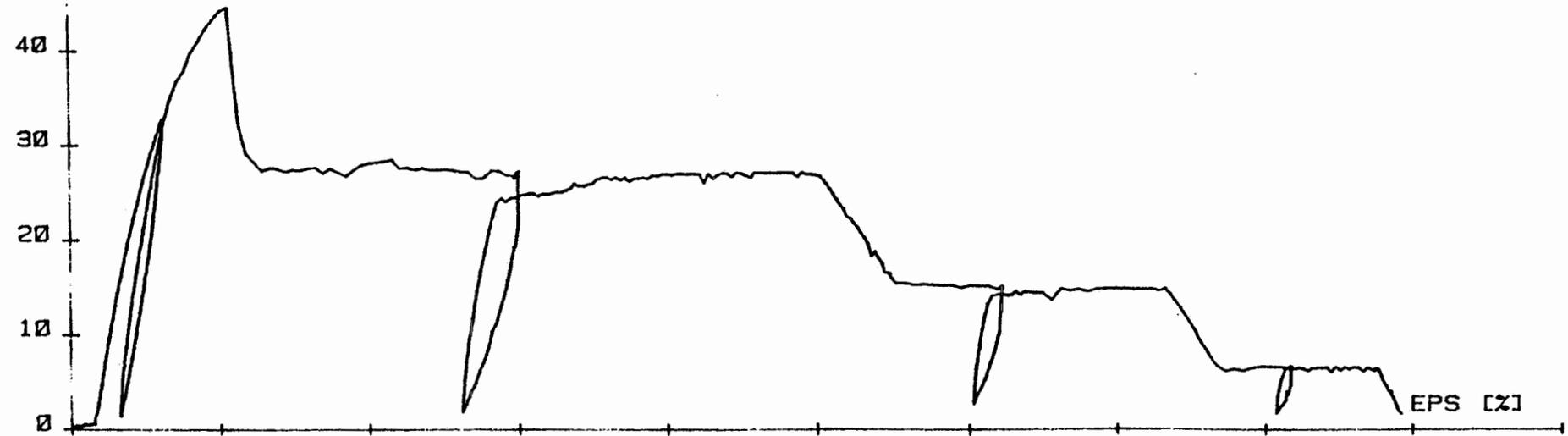


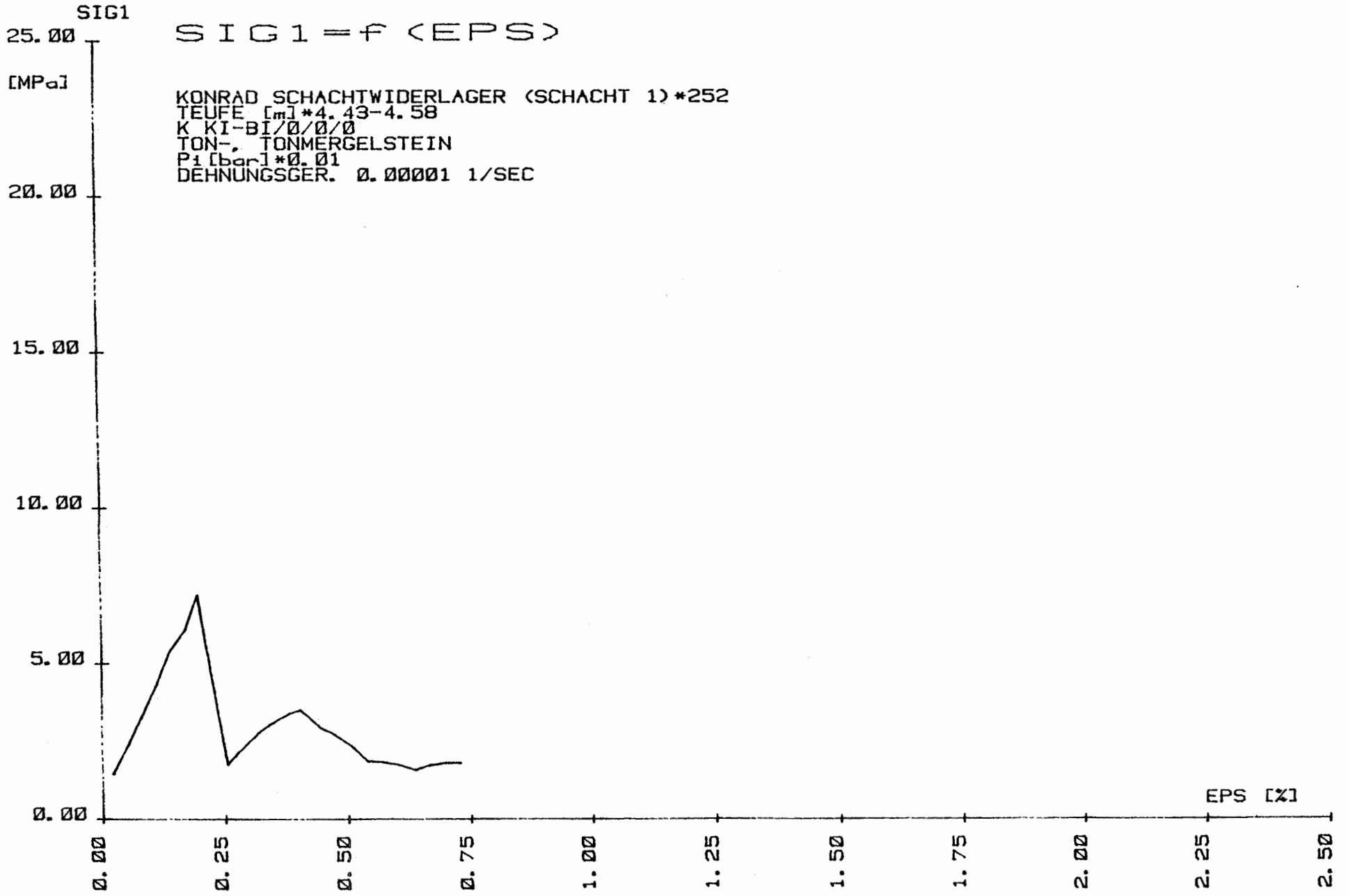
0

5

10

EPS [%]





SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*253  
TEUFE [m]\*4.59-4.74  
K KI-BI/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*25  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

40

30

20

10

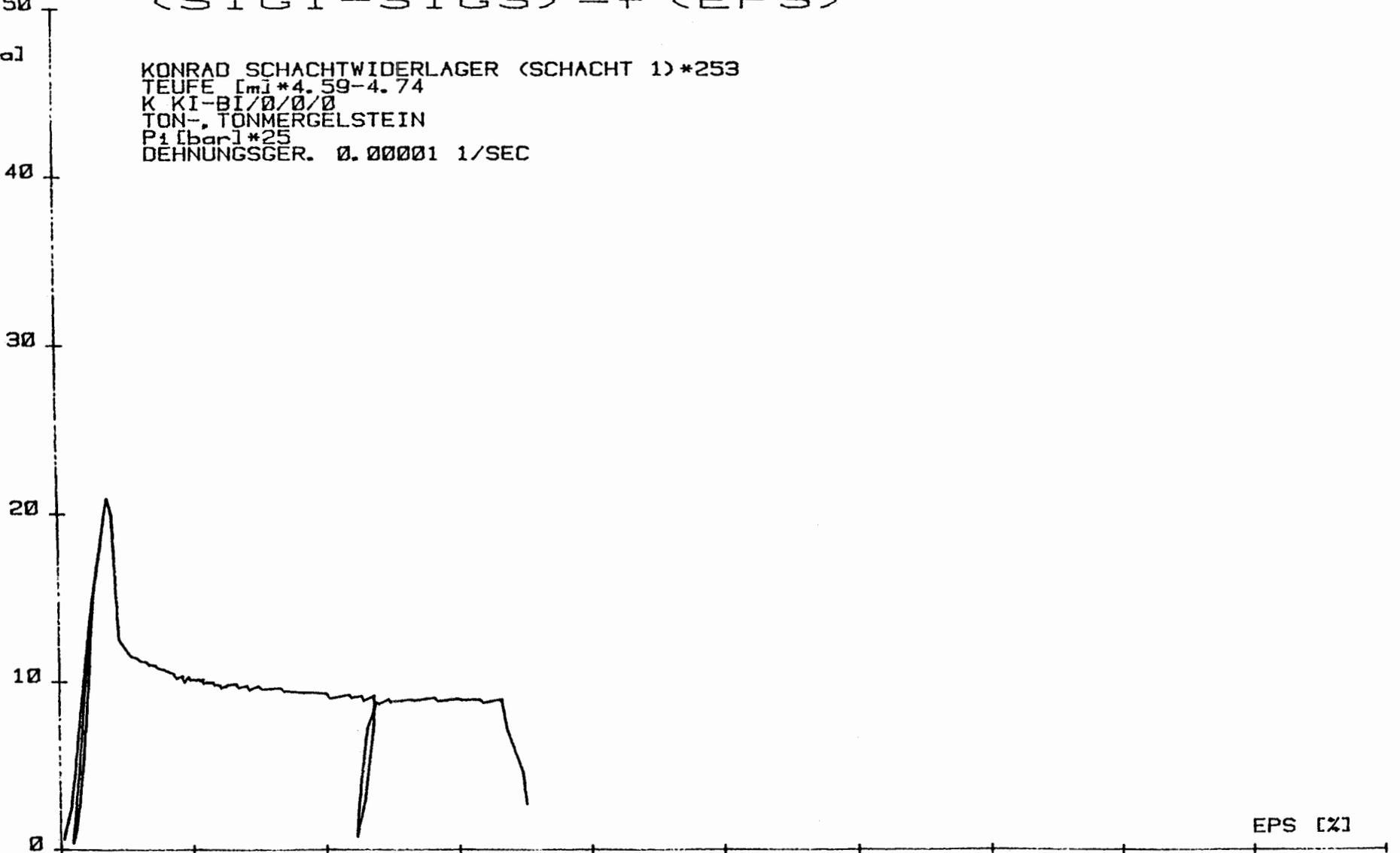
0

0

5

EPS [%]

10



SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f(\text{EPS})$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*254  
TEUFE [m]\*7.62-7.77  
K KI-BI/Ø/Ø/Ø  
TON-, TONMERGELSTEIN  
Pi [bar]\*100  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

50  
40  
30  
20  
10  
0

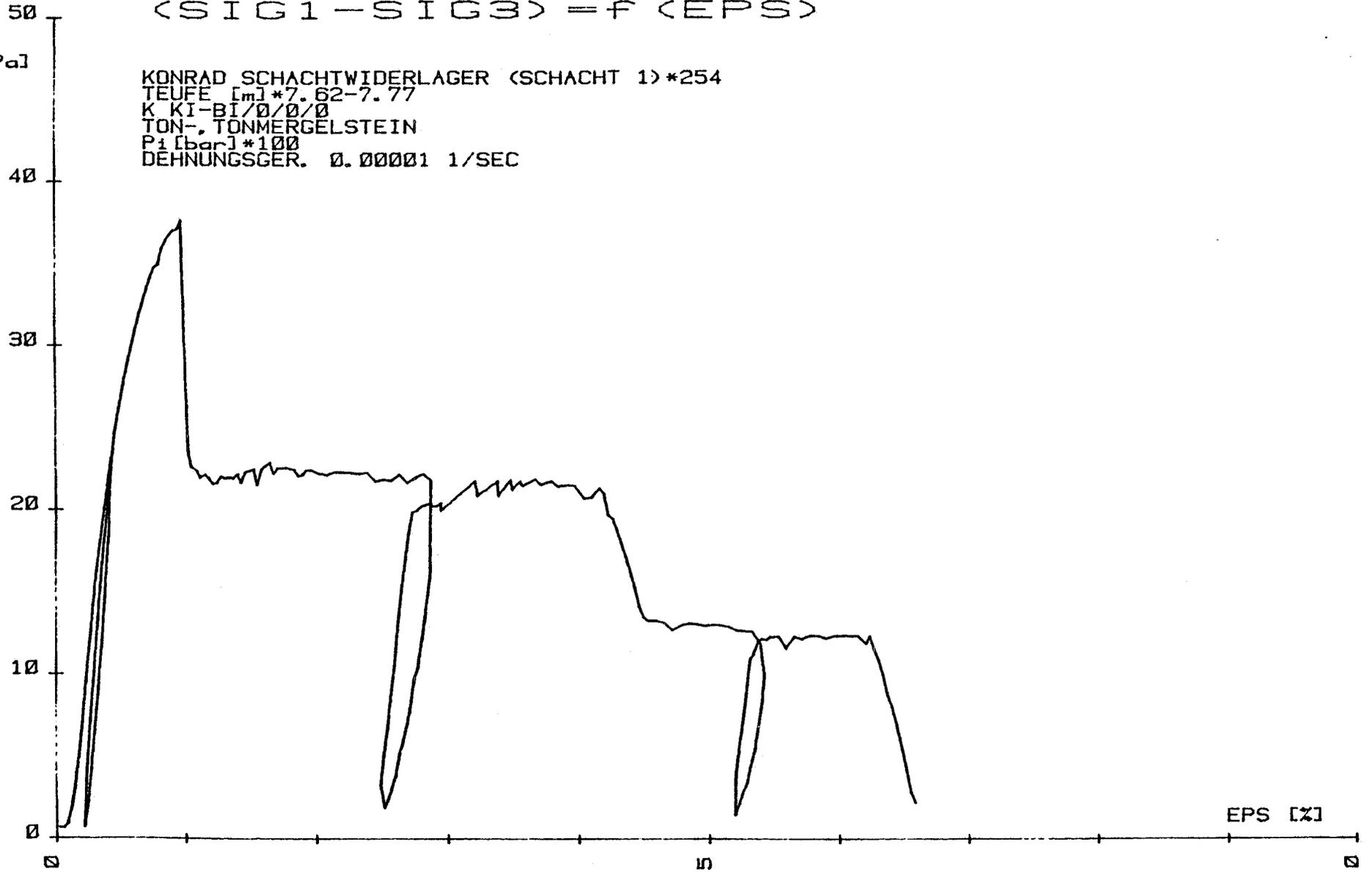
0

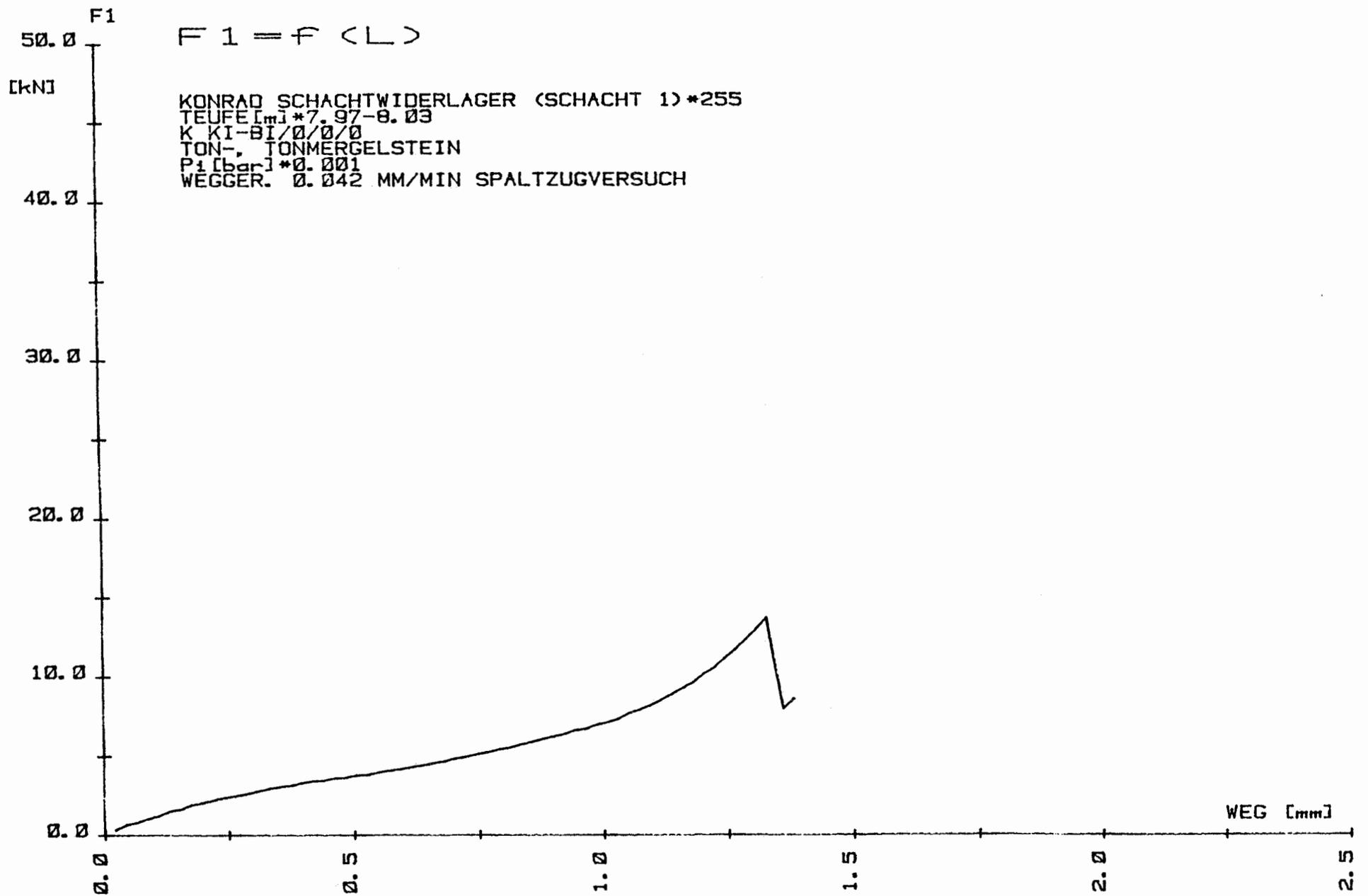
0

10

EPS [%]

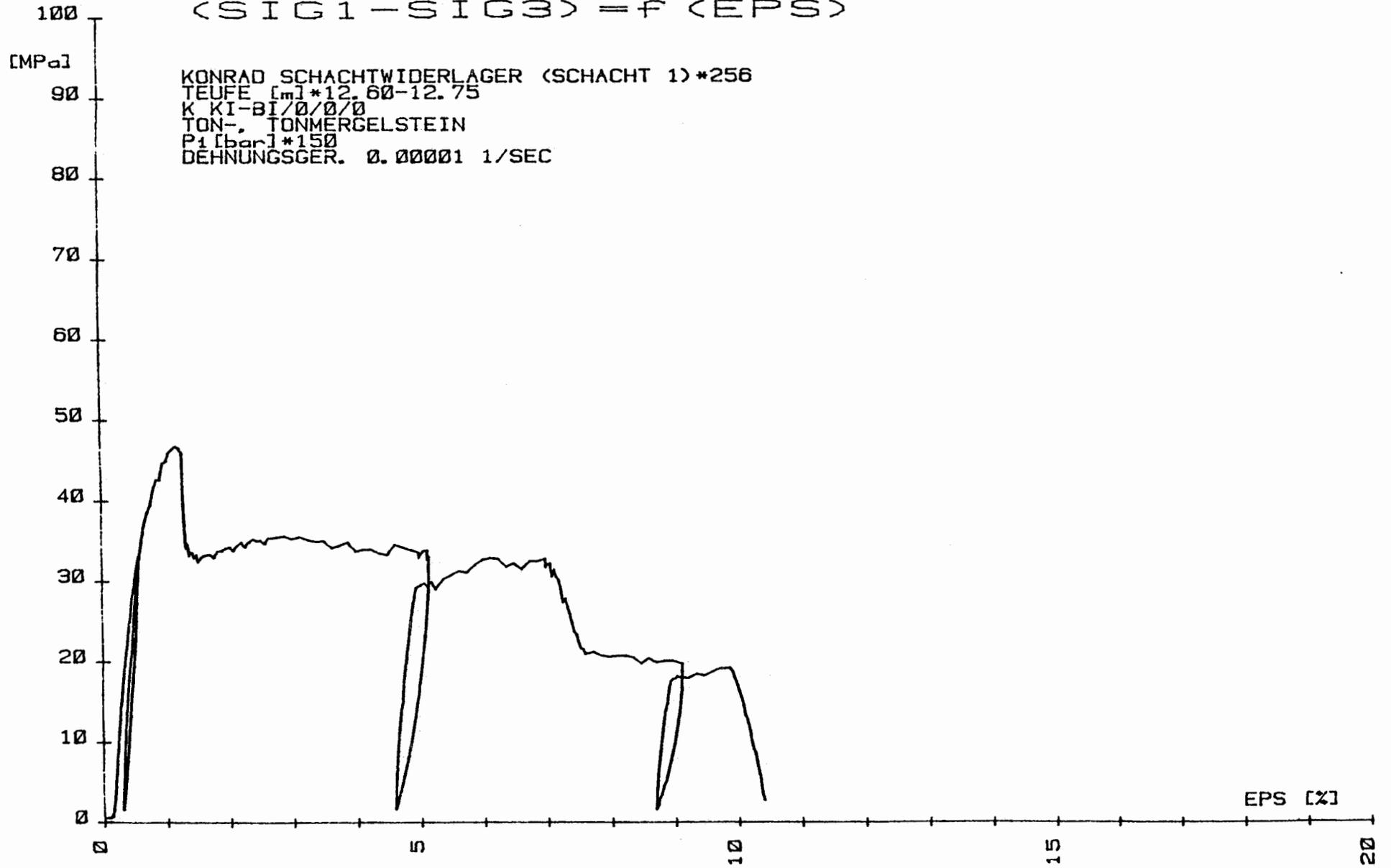
10





SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

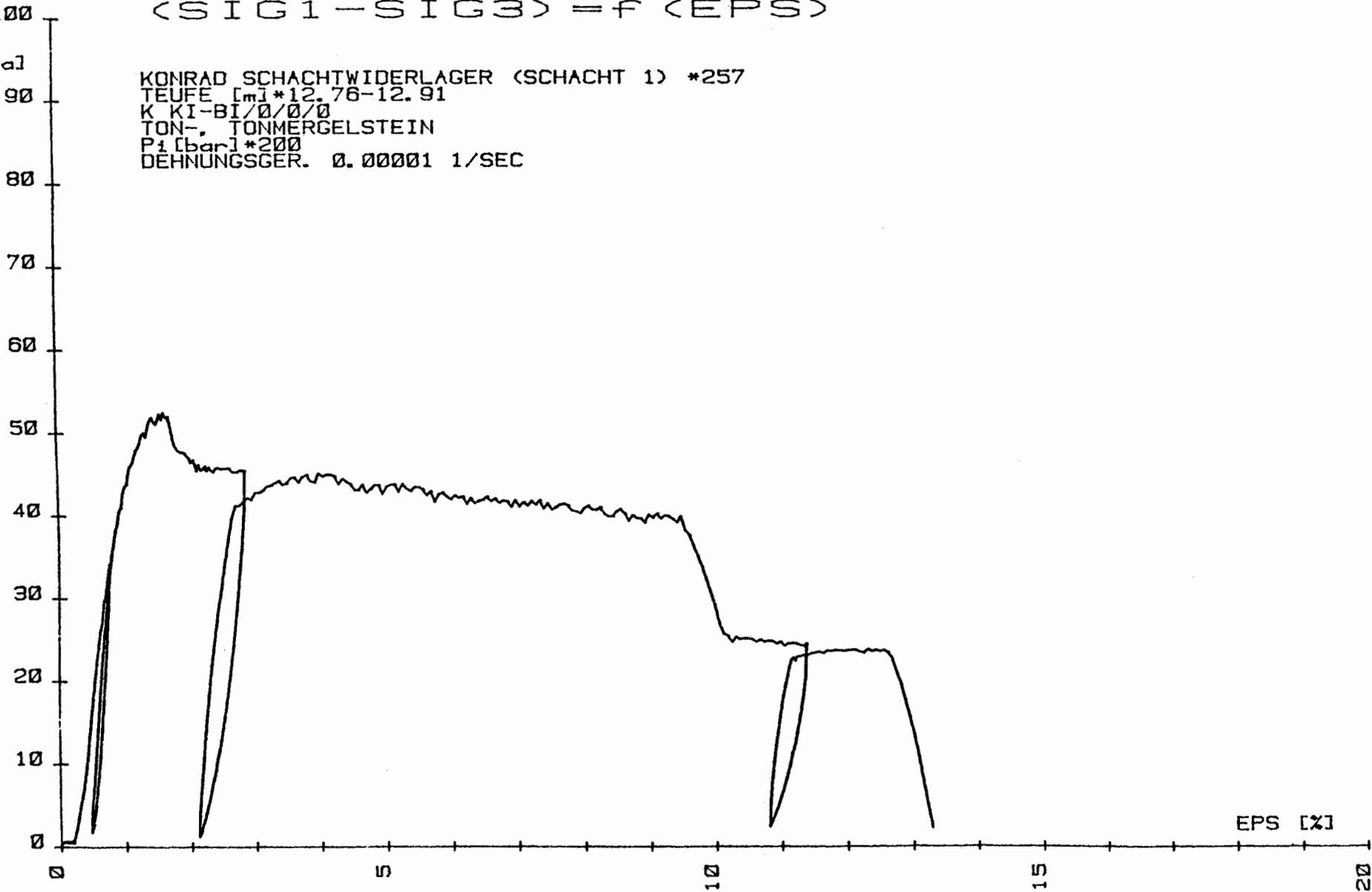


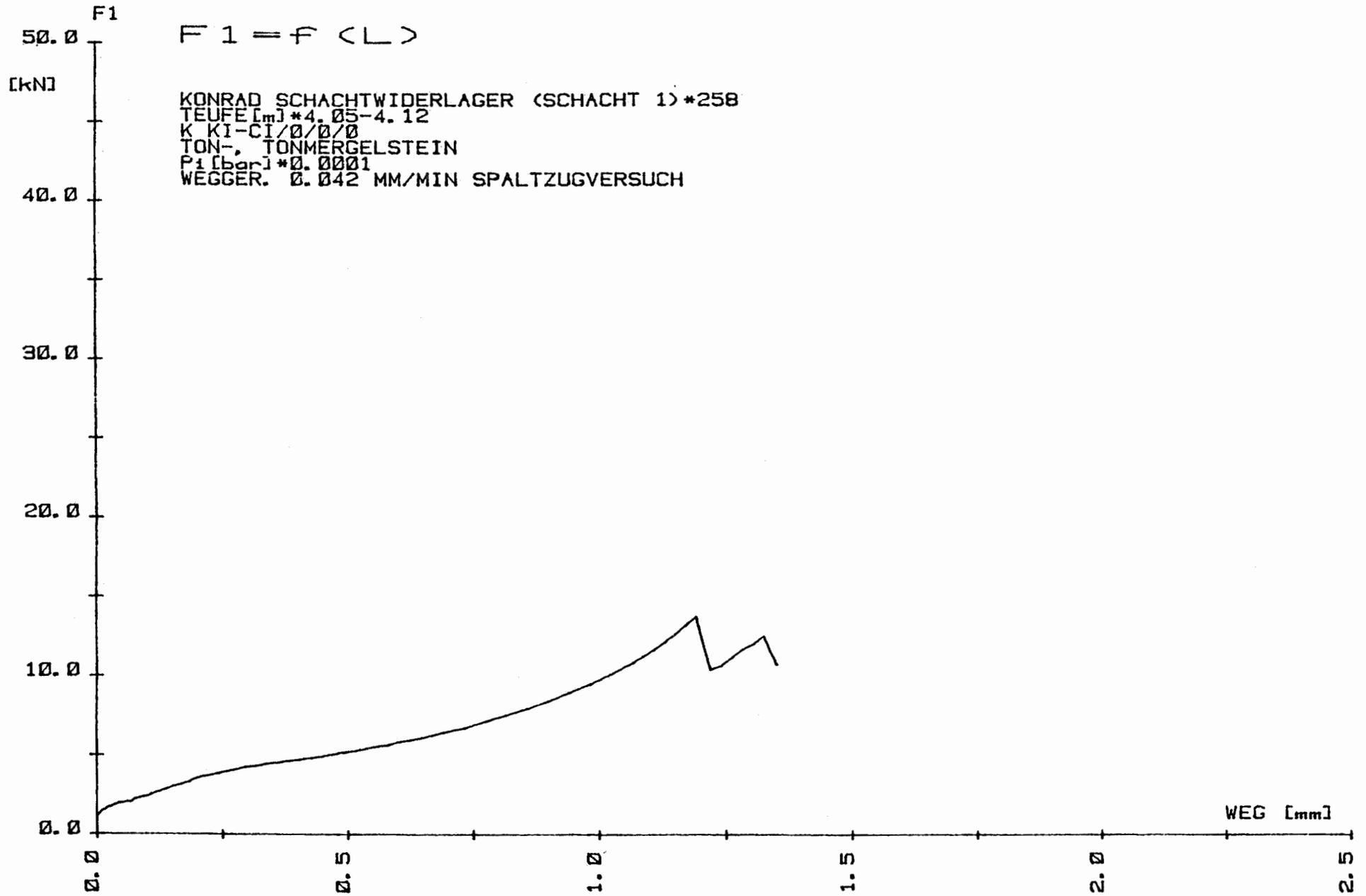
SIG1-SIG3

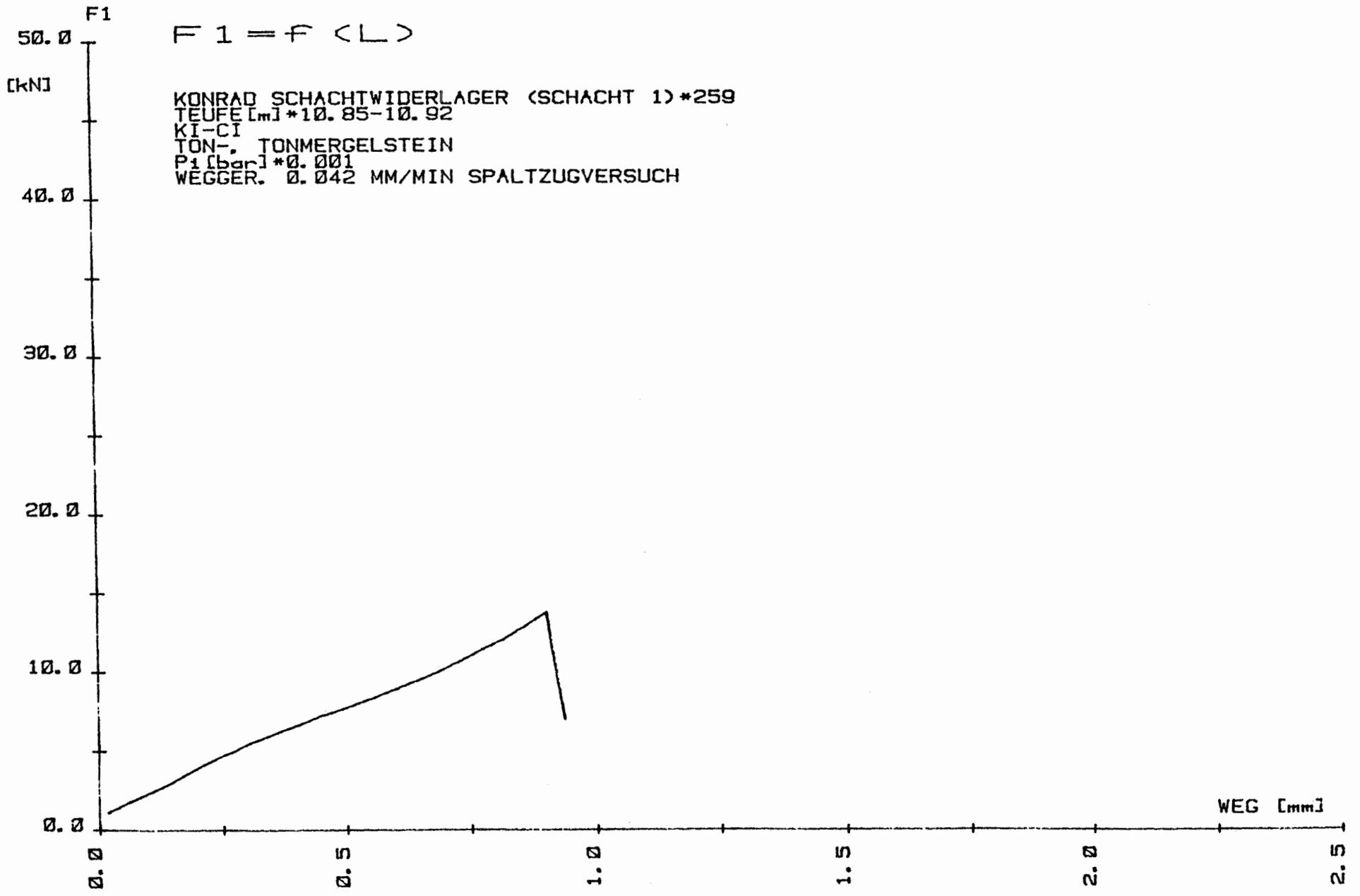
$$\langle \text{SIG1-SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1) \*257  
TEUFE [m]\*12.76-12.91  
K KI-BI/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P<sub>i</sub> [bar]\*200  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC







$$F_1 = f(L)$$

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*259  
TEUFE [m]\*10.85-10.92  
KI-CI  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P<sub>1</sub> [bar]\*0.001  
WEGGER. 0.042 MM/MIN SPALTZUGVERSUCH

SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

Konrad Schachtwiderlager (Schacht 1) \*260  
TEUFE [m] \*12.55-12.70 m  
K KI-CI/0/0/0  
Ton-, Mergelstein  
Pi [bar] \*25  
dehnungeger.

40

30

20

10

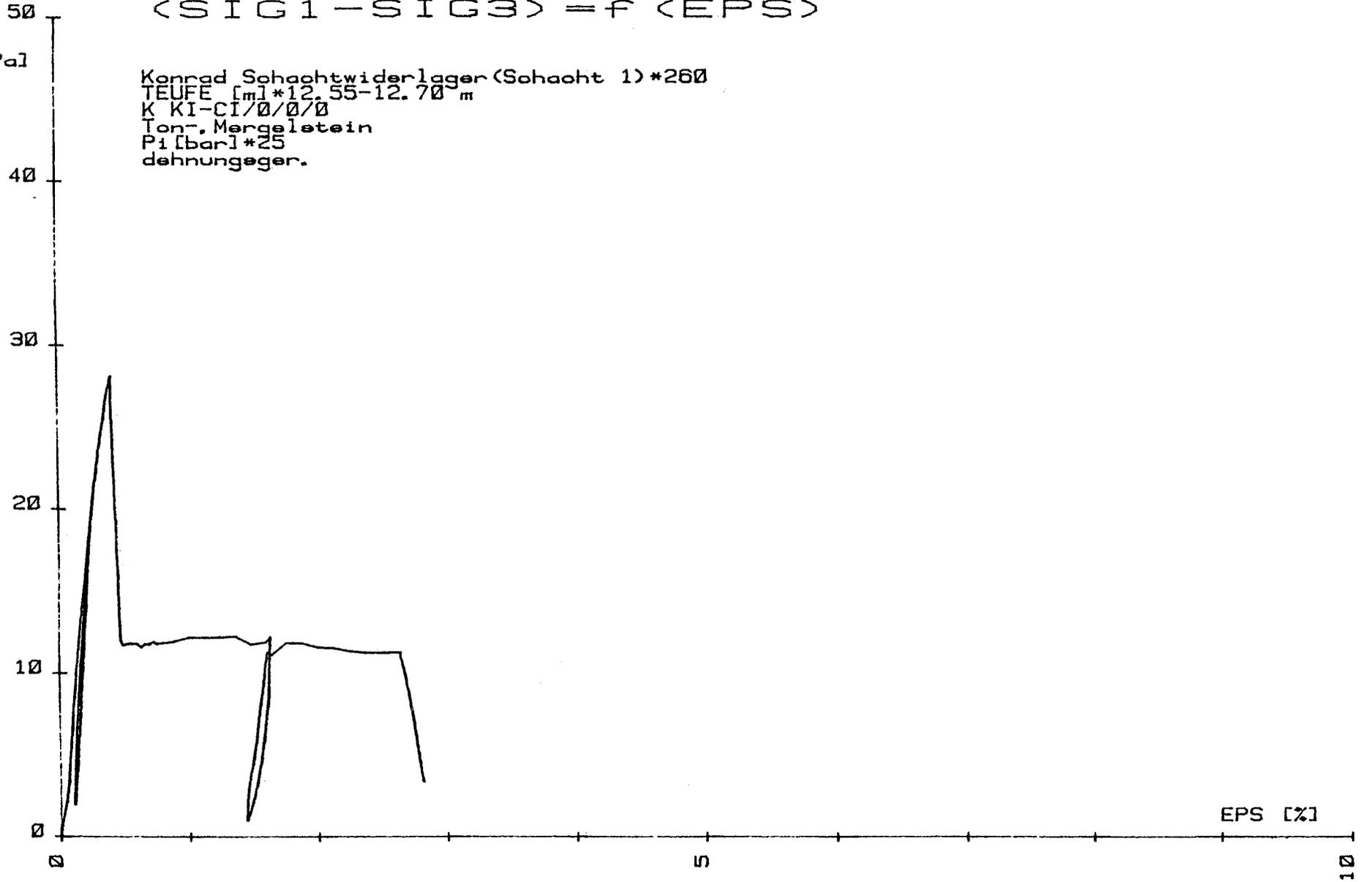
0

0

5

10

EPS [%]



SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*261  
TEUFE [m]\*14.77-14.92  
K KI-CI/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P<sub>i</sub> [bar]\*50  
DEHNUNGSR. 0.00001 1/SEC

40

30

20

10

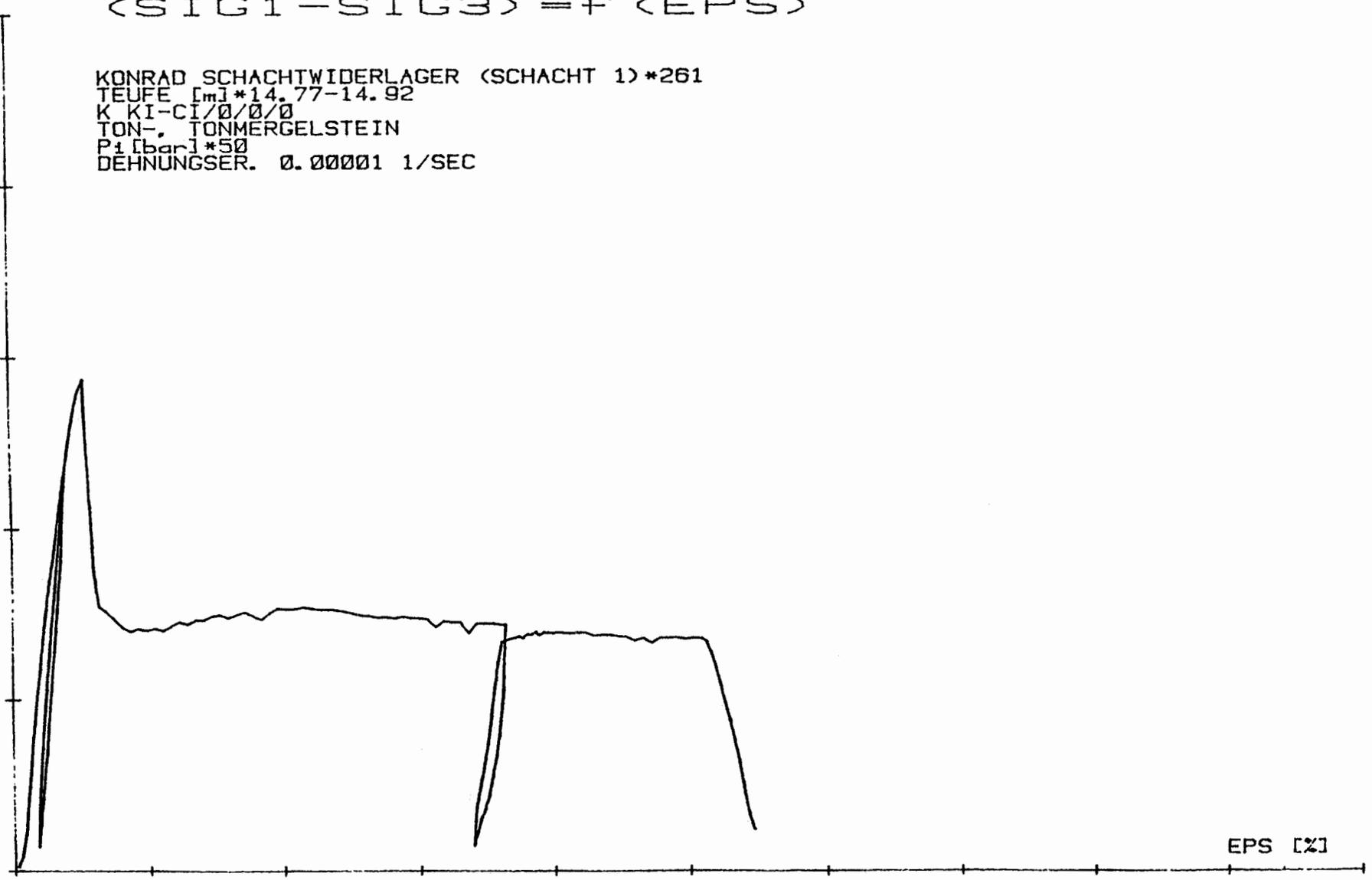
0

0

5

EPS [%]

10



SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1-SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*262  
TEUFE [m]\*14.93-15.08  
K KI-CI/0/0/0  
TON- TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*150  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

40

30

20

10

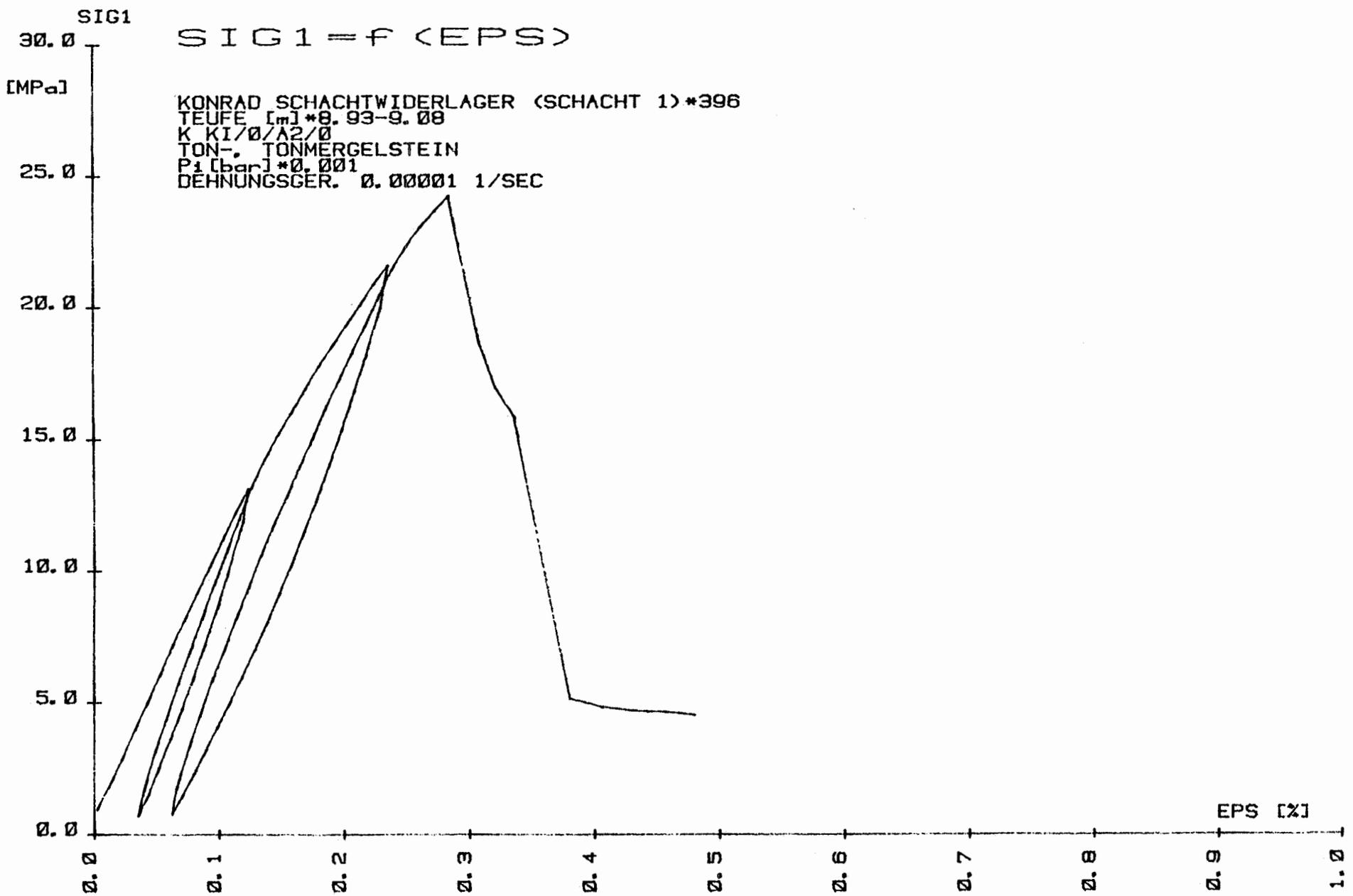
0

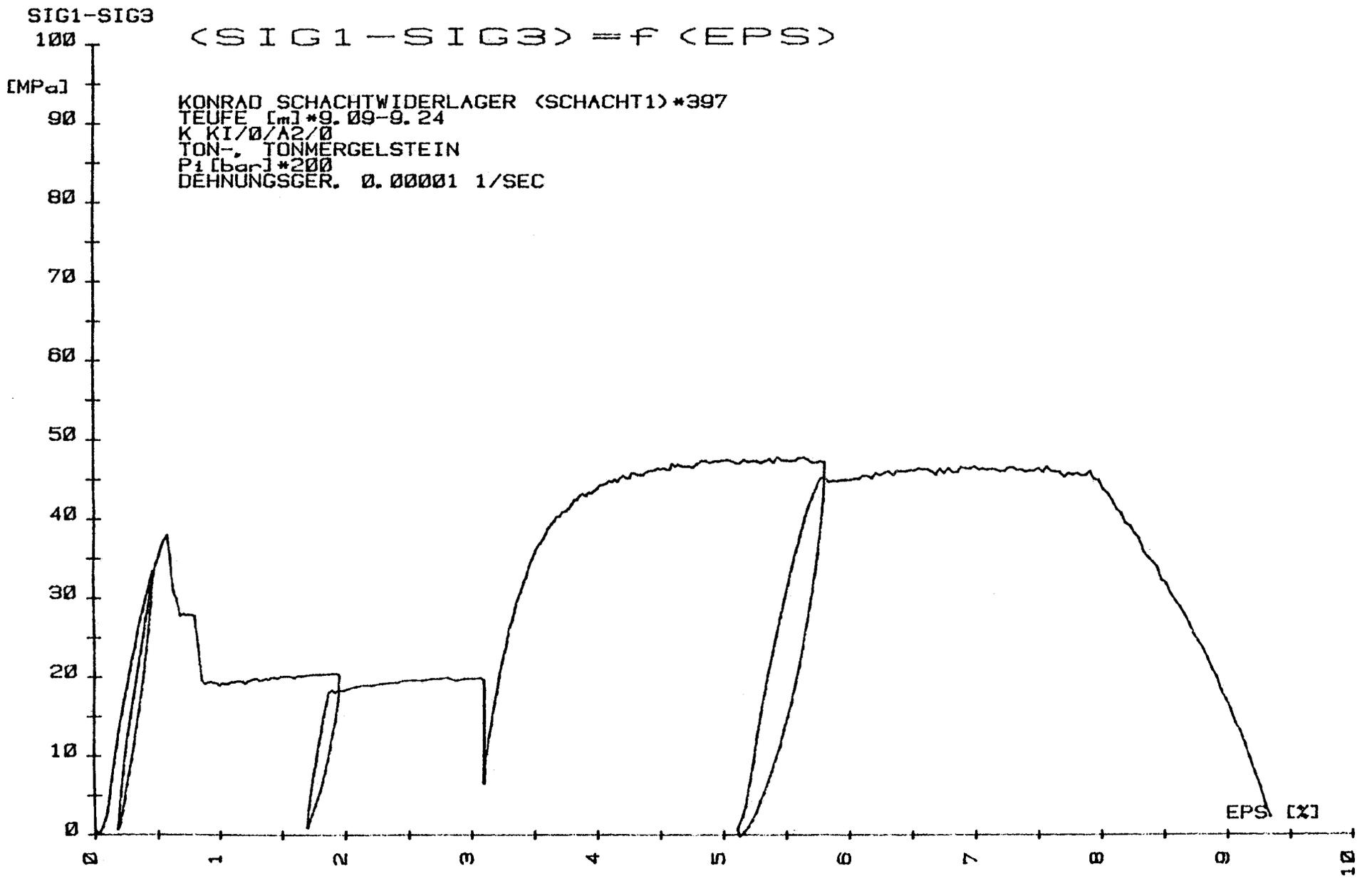
EPS [%]

5

10

0





SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT1)\*398  
TEUFE [m]\*9.25-9.40  
K KI/0/A2/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*150  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0

1

2

3

4

5

6

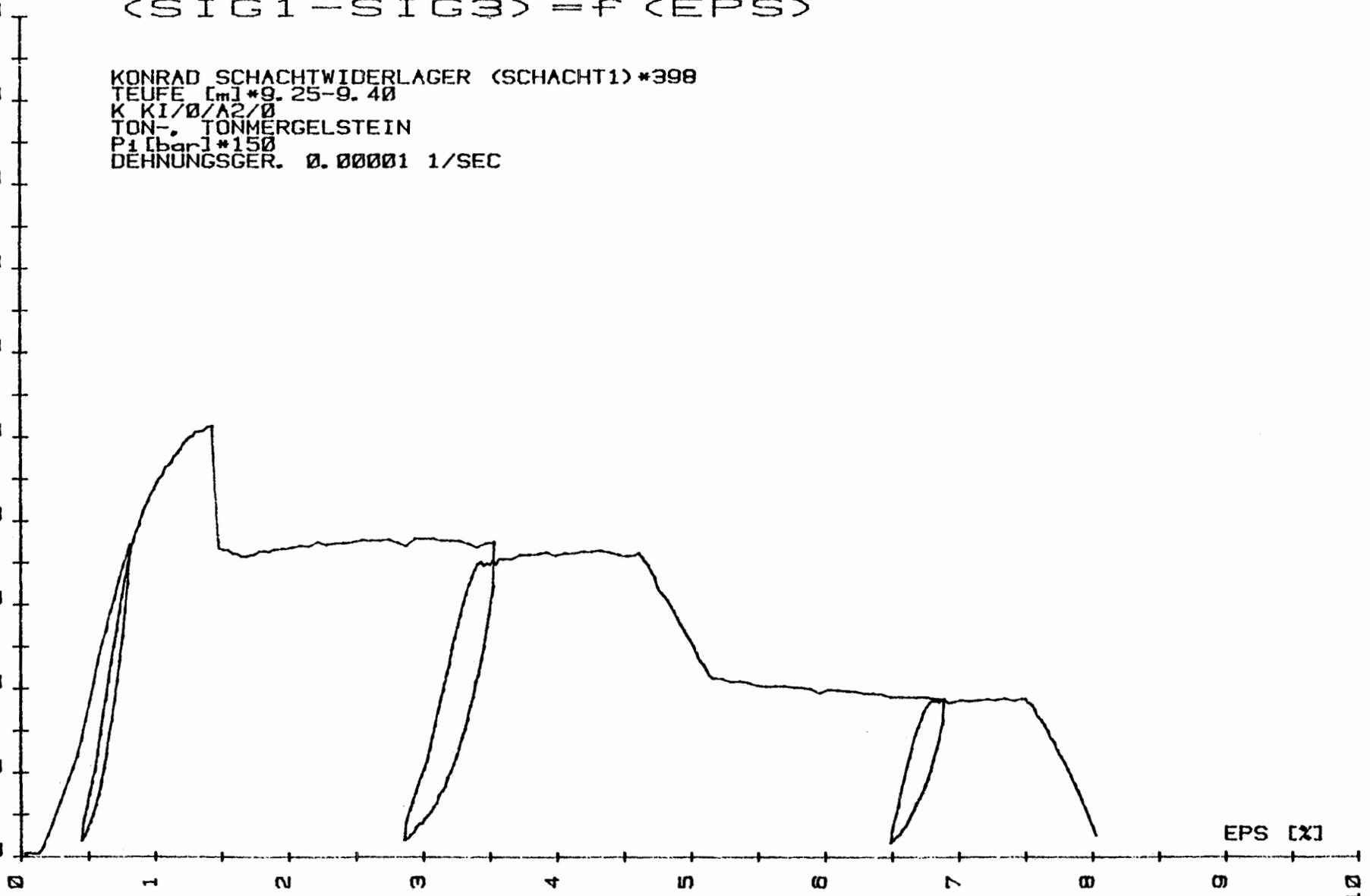
7

8

9

10

EPS [X]



SIG1  
25.00

[MPa]

SIG1 = f (EPS)

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*269  
TEUFE [m]\*3.30-3.45  
K KI-B2/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*0.001  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

20.00

15.00

10.00

5.00

0.00

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

1.25

1.50

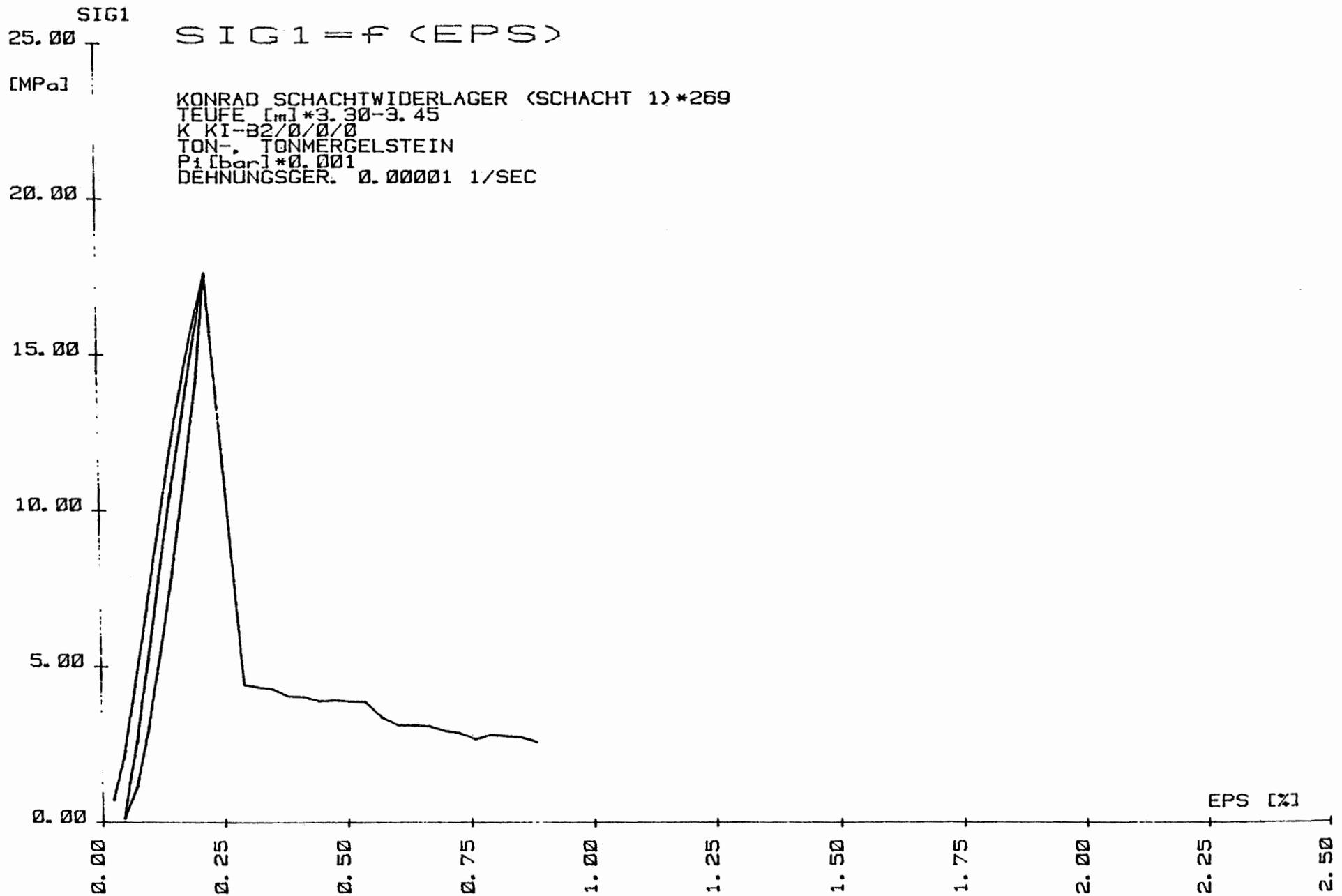
1.75

2.00

2.25

2.50

EPS [%]



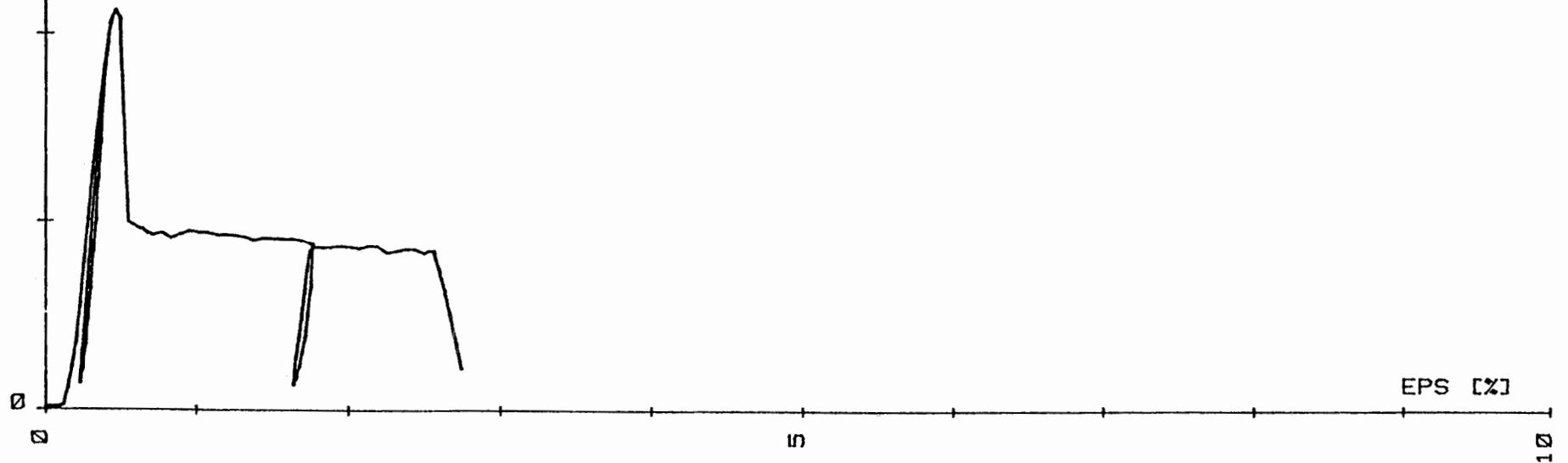
SIG1-SIG3

50

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*270  
TEUFE [m]\*3.46-3.61  
K KI-B2/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*25  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC



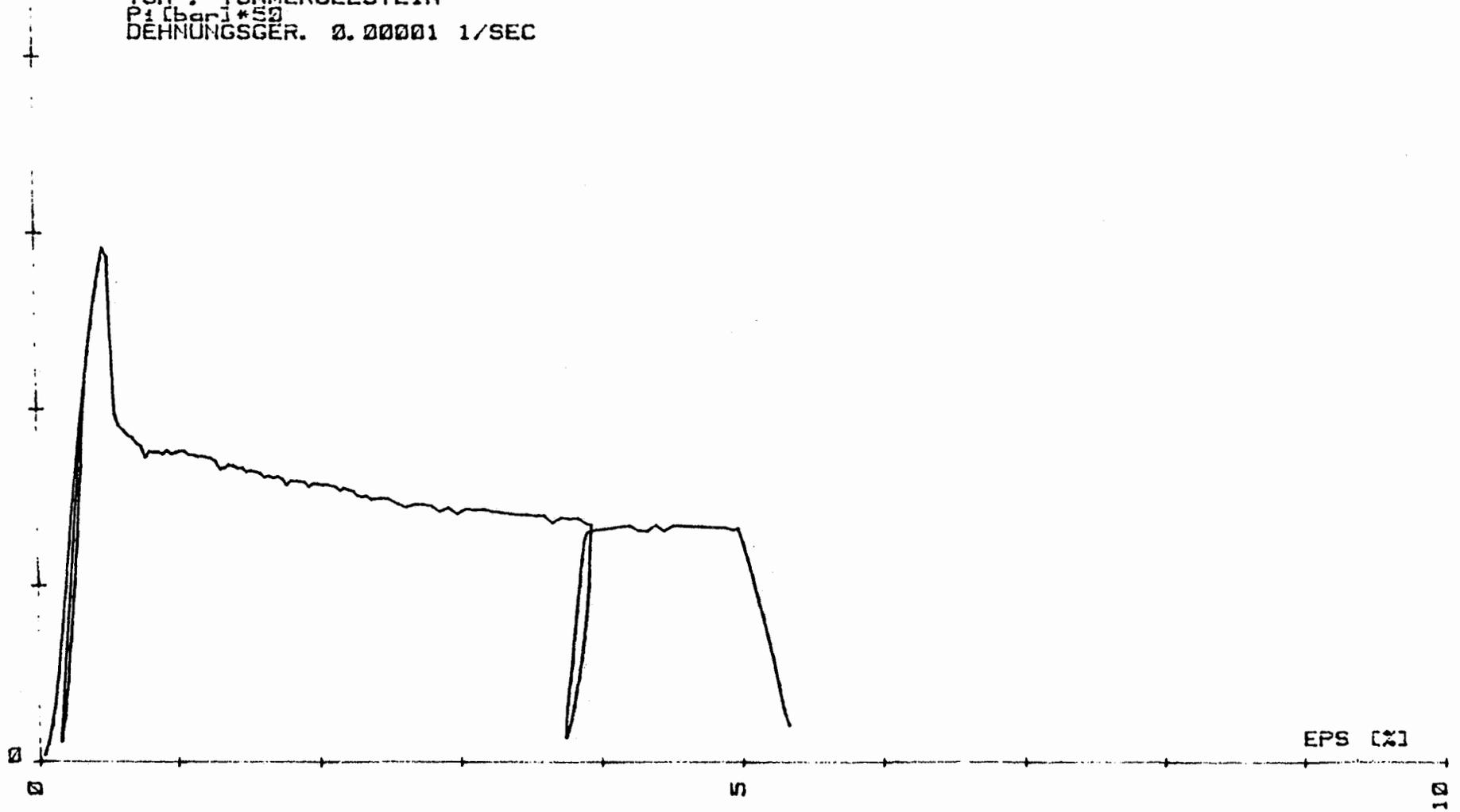
SIG1-SIG3

50

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*272  
TEUFE [m]\*7.89-8.04  
K KI-82/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P [bar]\*50  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC



SIG1-SIG3

(SIG1 - SIG3) = f (EPS)

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*273  
TEUFE [m]\*8.05-8.20  
K KI-B2/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P<sub>i</sub> [bar]\*150  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

40

30

20

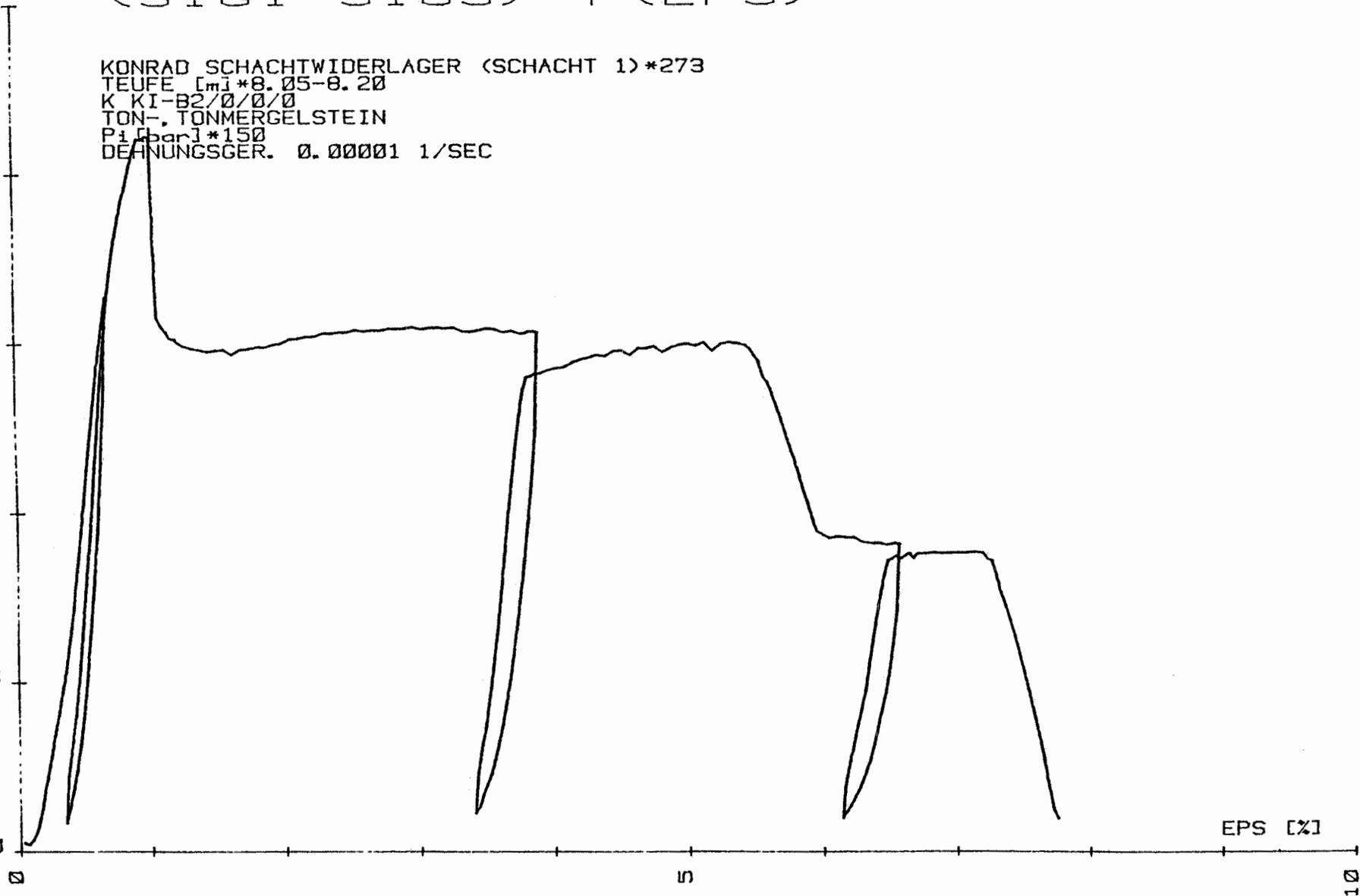
10

0

EPS [%]

50

100



SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

50  
[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*274  
TEUFE [m]\*8.21-8.36  
K KI-B2/0/0/0  
TON. -TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*75  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

40

30

20

10

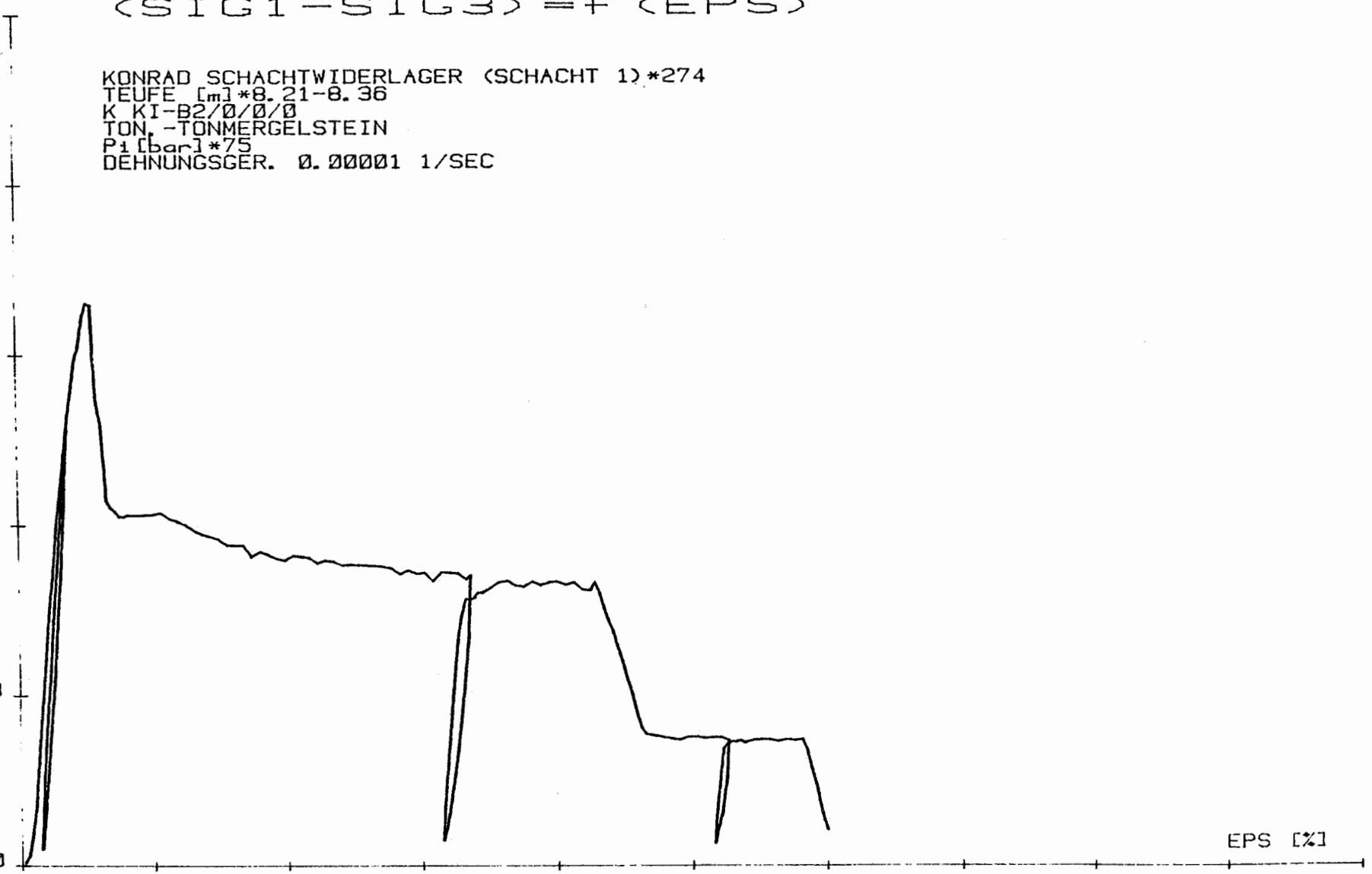
0

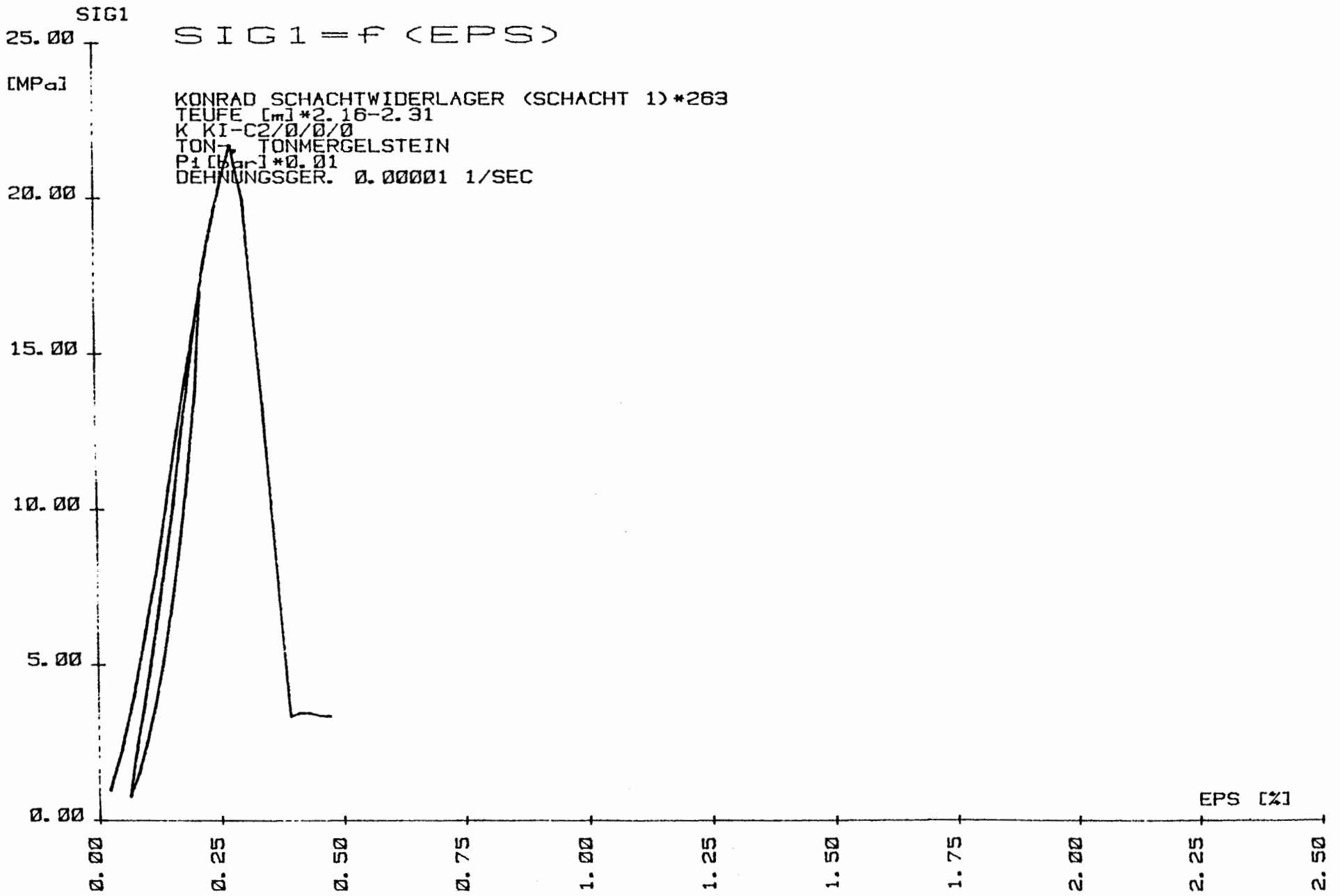
0

5

EPS [%]

10





SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*264  
TEUFE [m]\*2.32-2.47  
K KI-C2/0/0/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*25  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

40

30

20

10

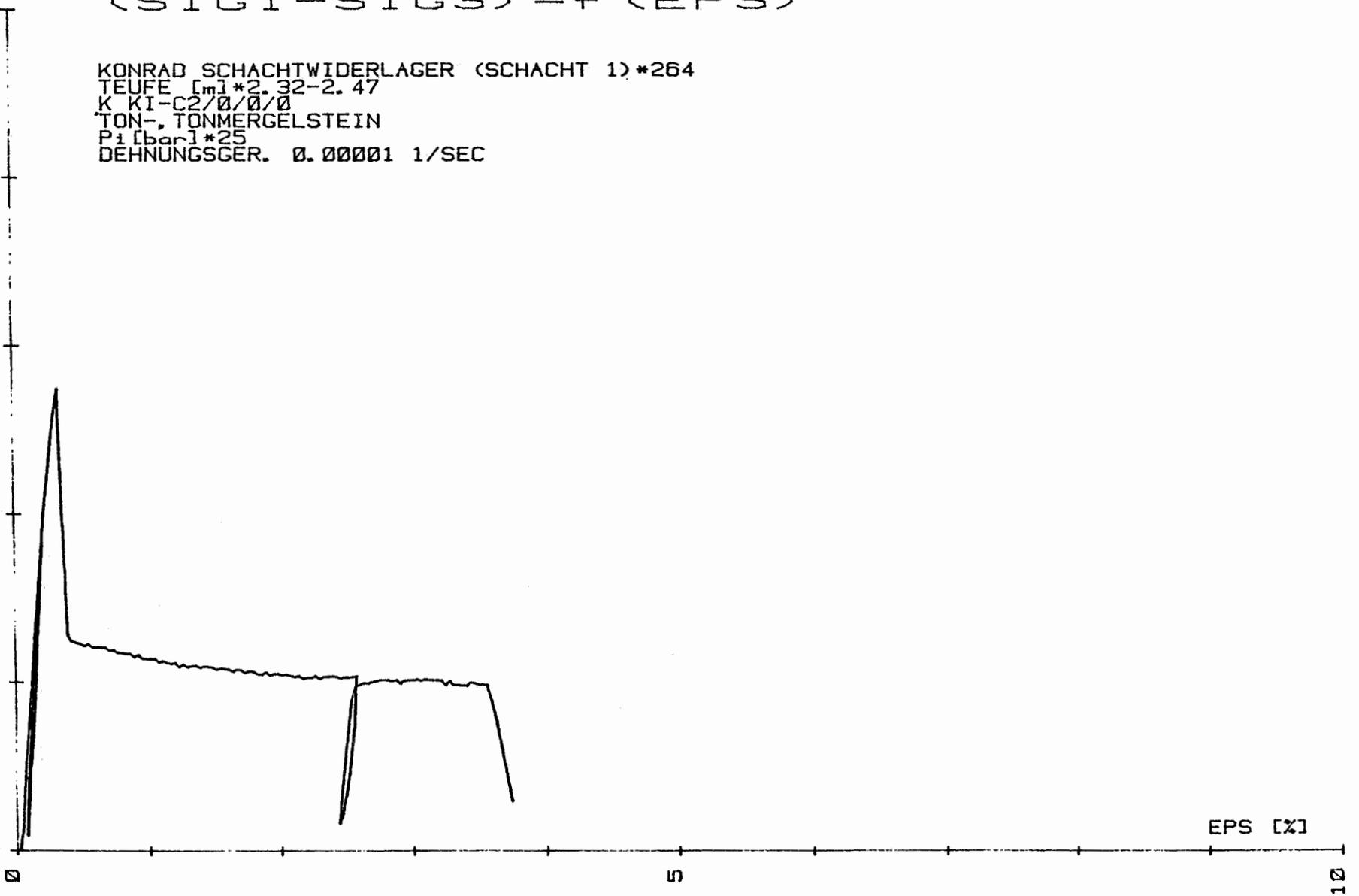
0

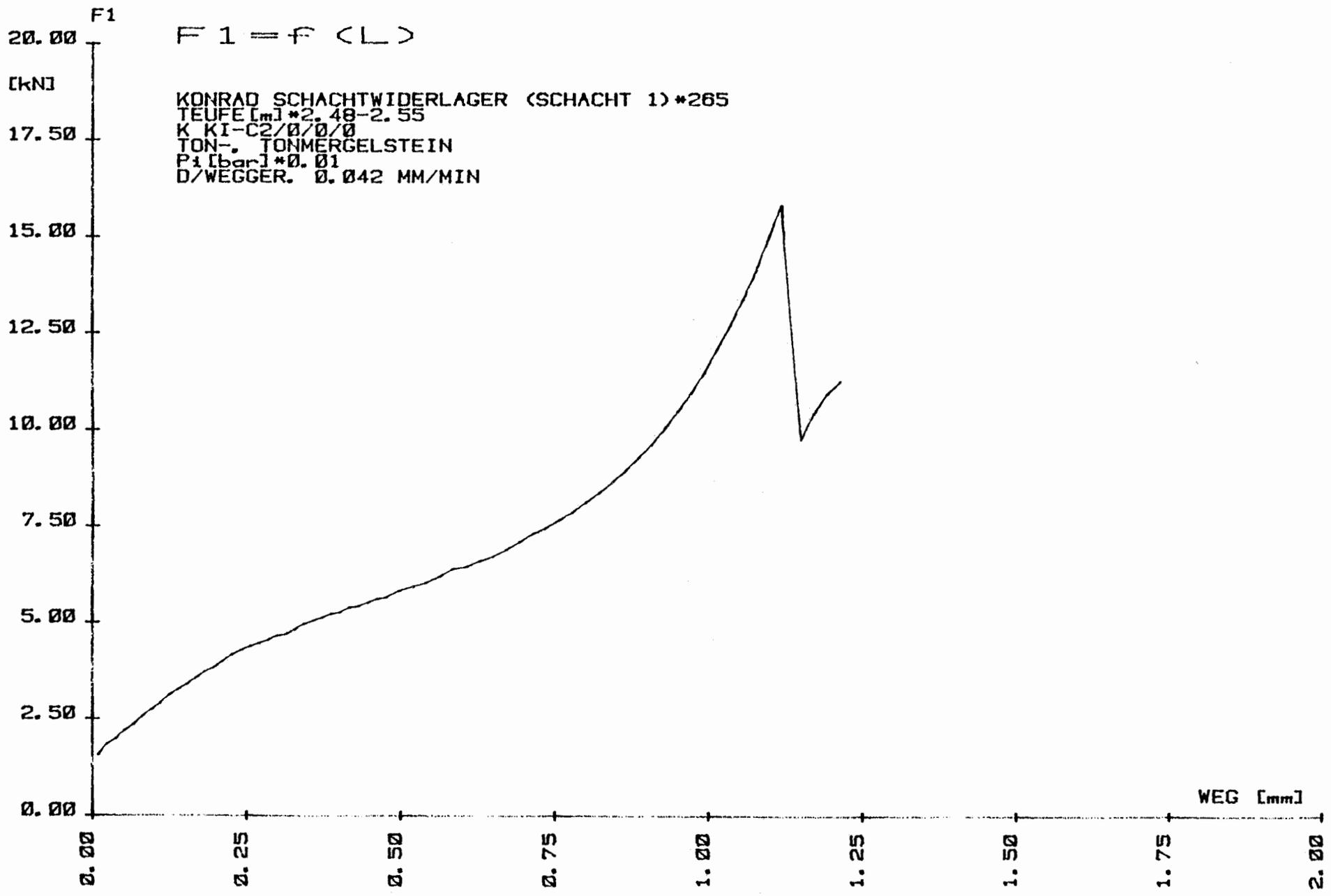
0

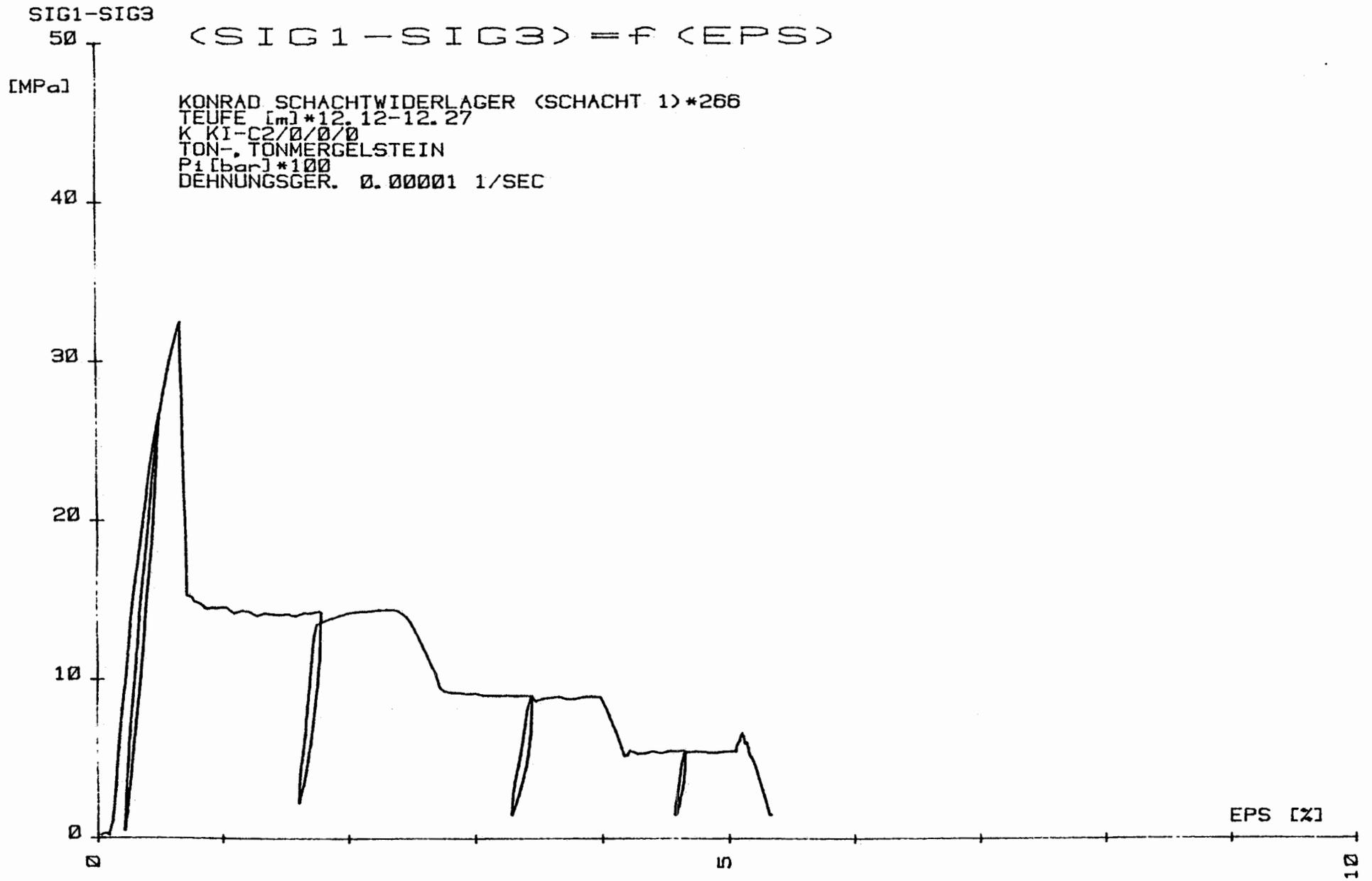
5

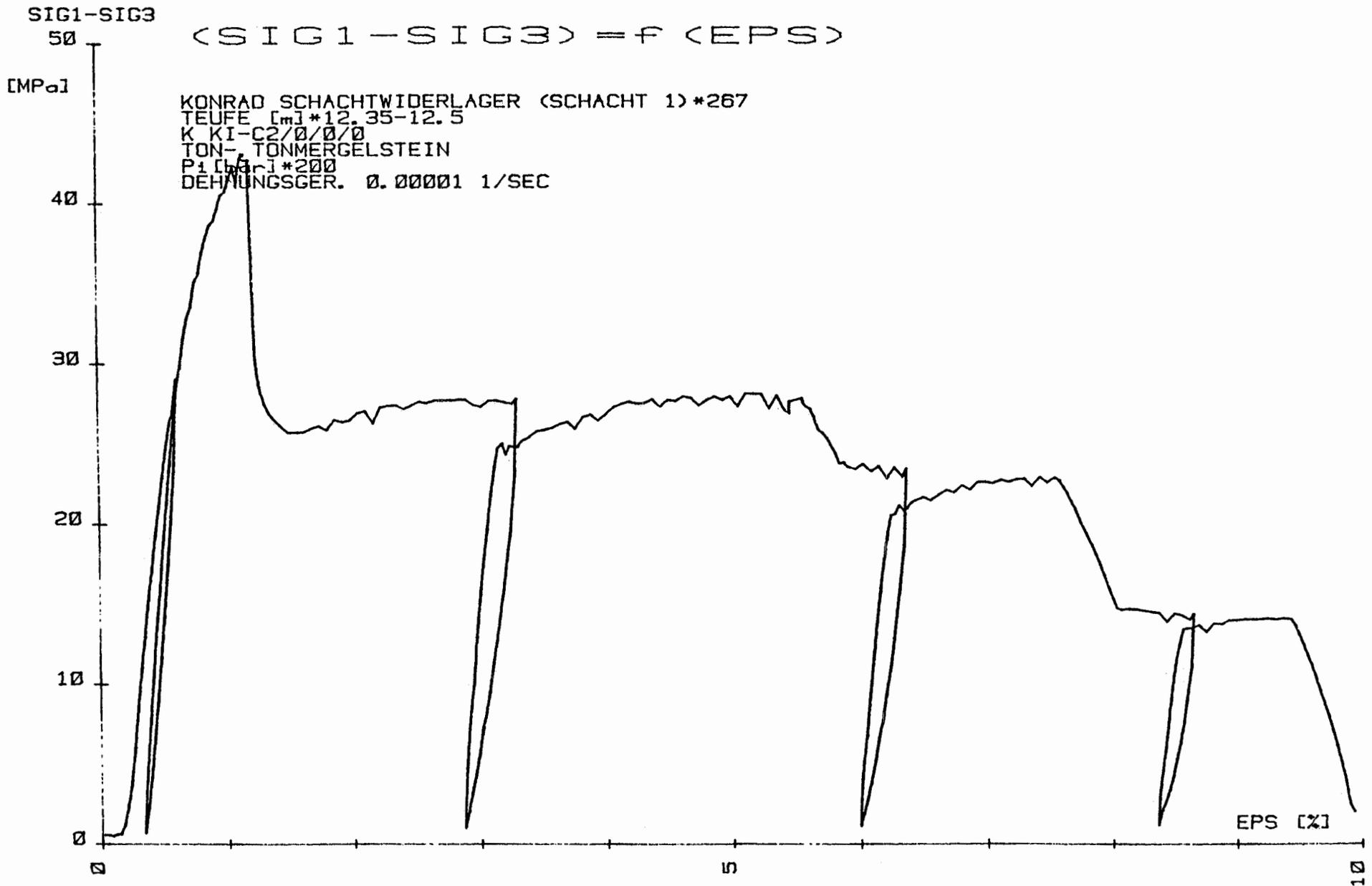
EPS [%]

10







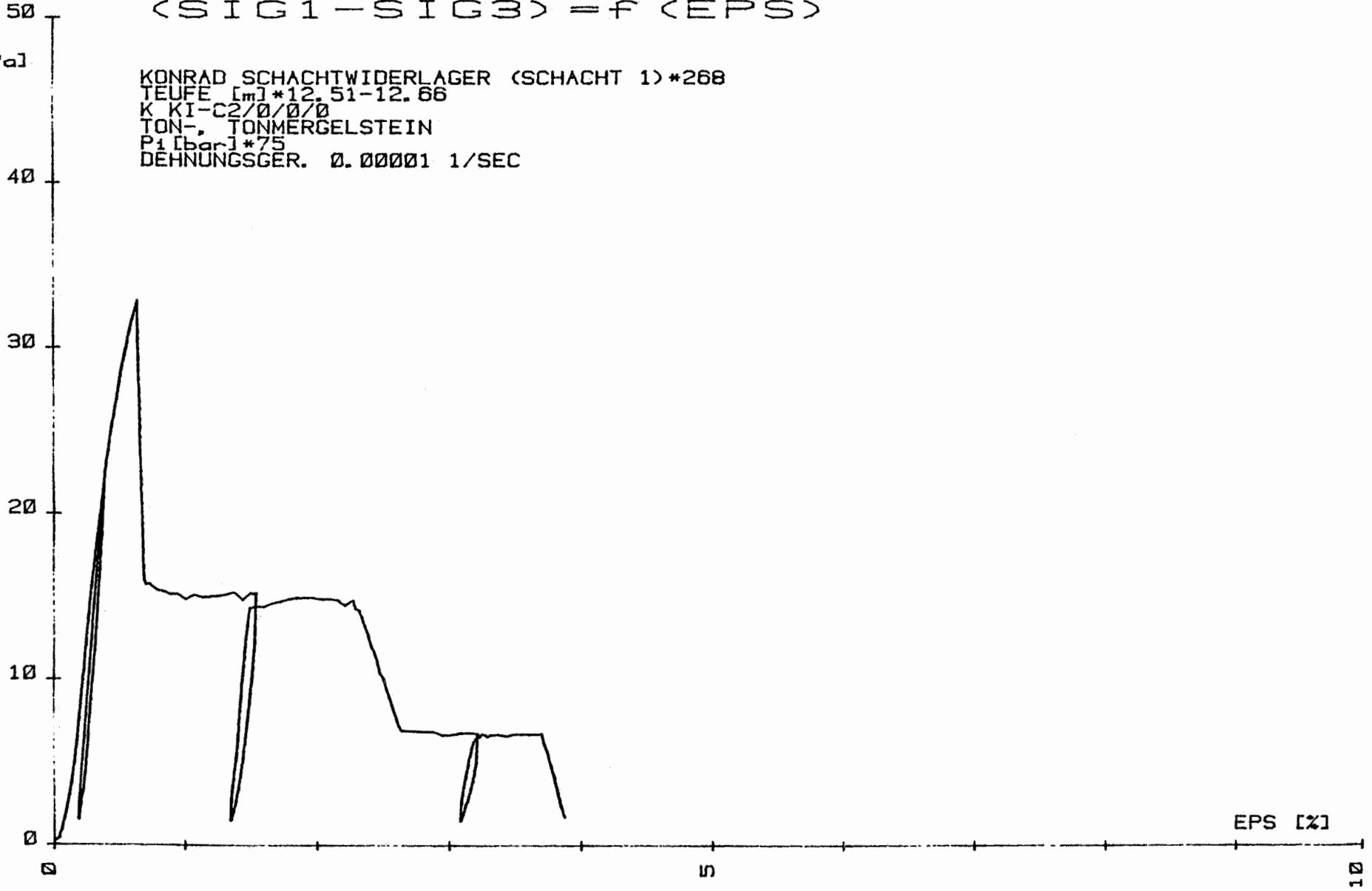


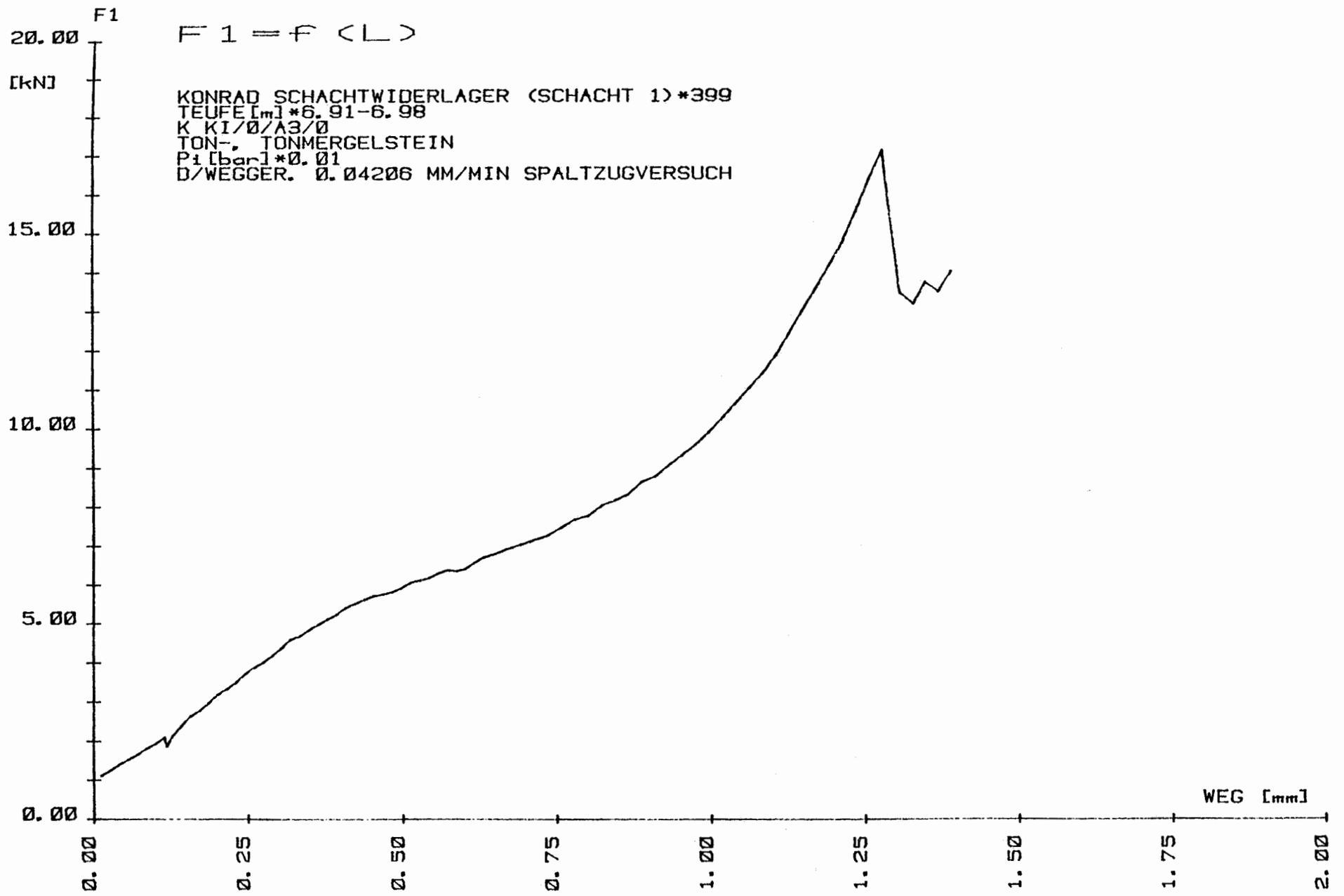
SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1-SIG3} \rangle = f(\text{EPS})$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*268  
TEUFE [m]\*12.51-12.66  
K KI-C2/0/0/0  
TON- TONMERGELSTEIN  
P<sub>i</sub> [bar]\*75  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC





$$F_1 = f(L)$$

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1) \*399  
TEUFE [m] \*6.91-6.98  
K KI/Ø/A3/Ø  
TON-, TONMERGELSTEIN  
Pi [bar] \*0.01  
D/WEGGER. Ø. Ø4206 MM/MIN SPALTZUGVERSUCH

SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1-SIG3} \rangle = f \langle \text{EPS} \rangle$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*400  
TEUFE [m]\*7.07-7.22  
K KI/0/A3/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*25  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

20

15

10

5

0

0

1

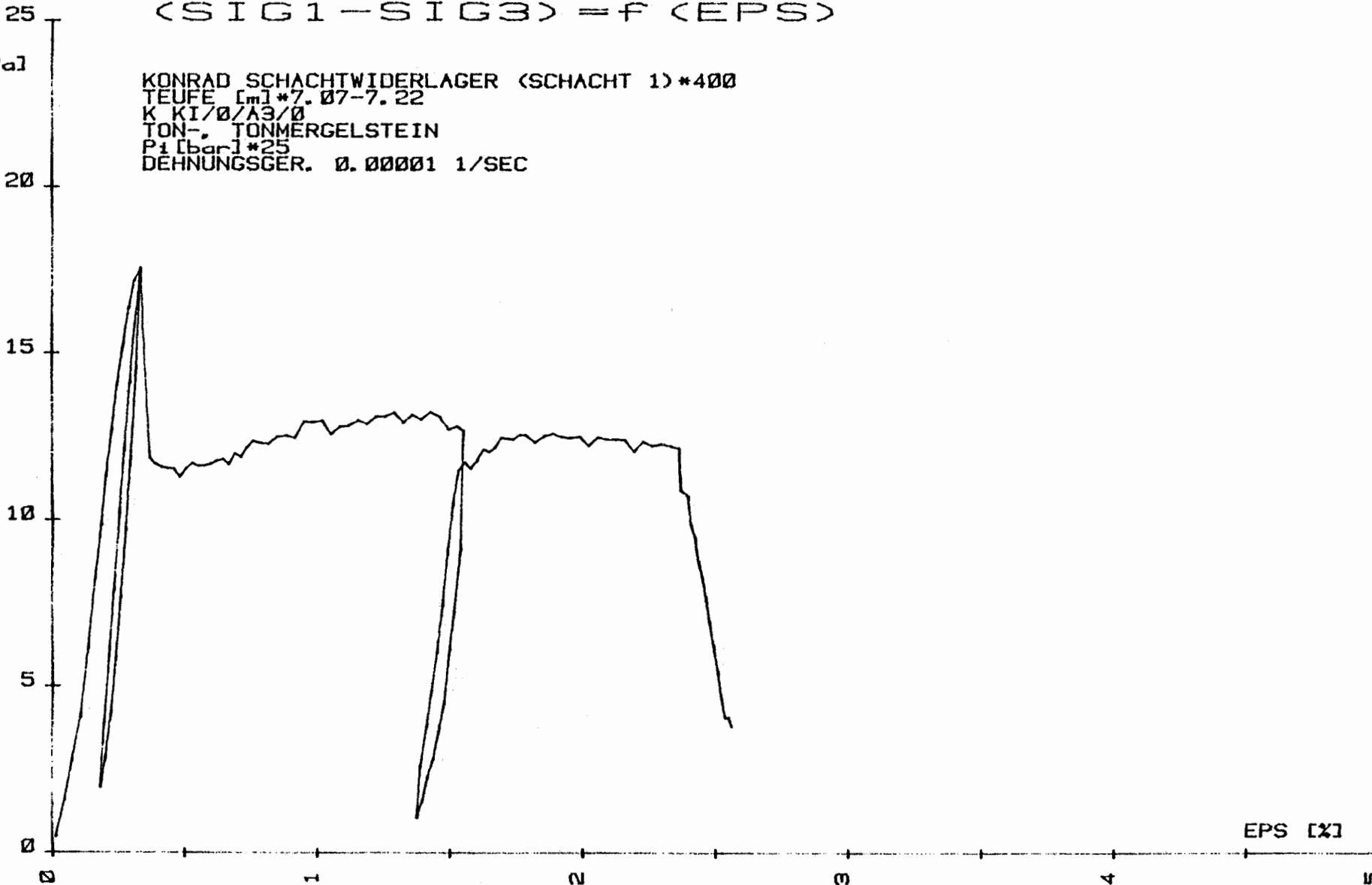
2

3

4

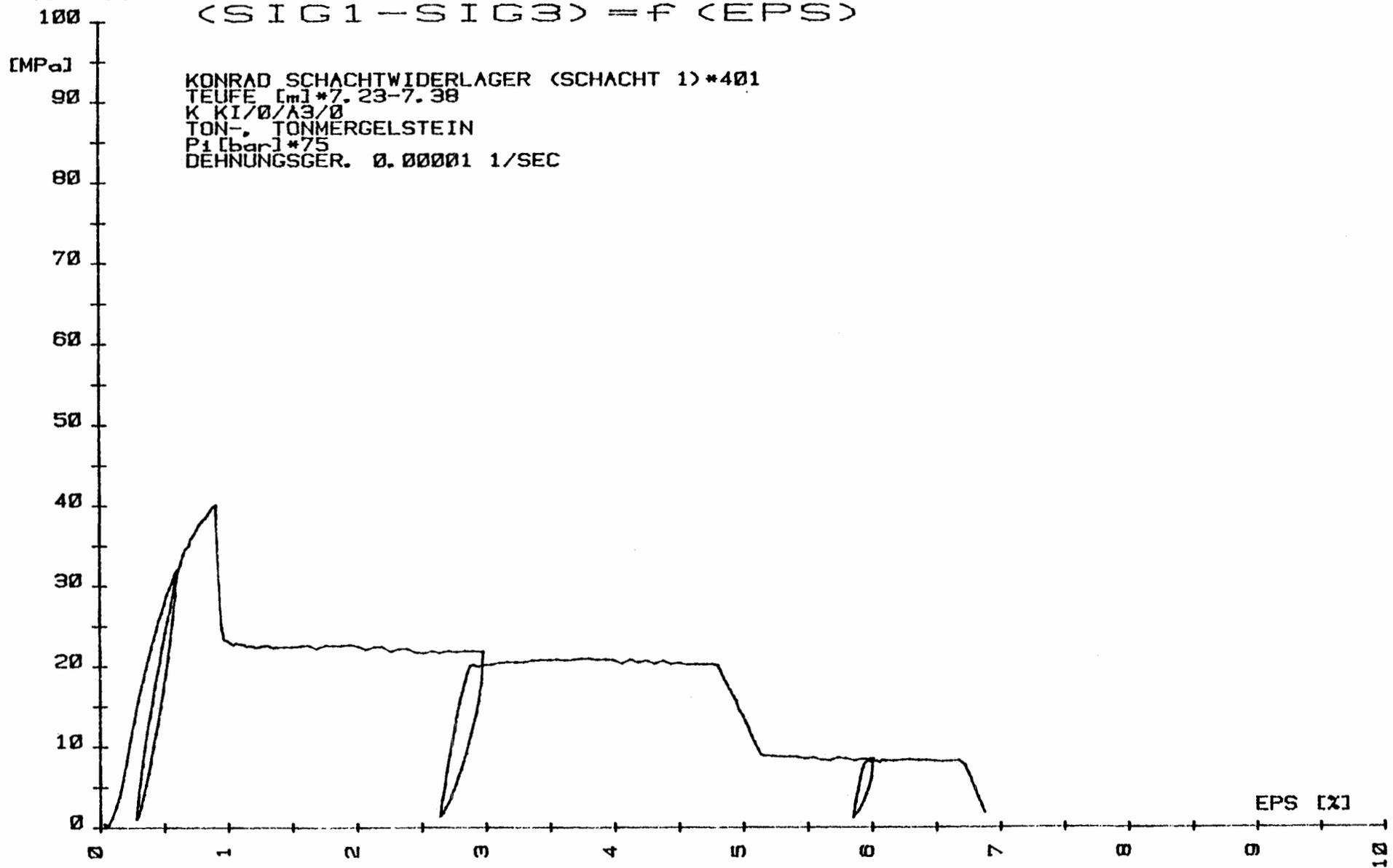
5

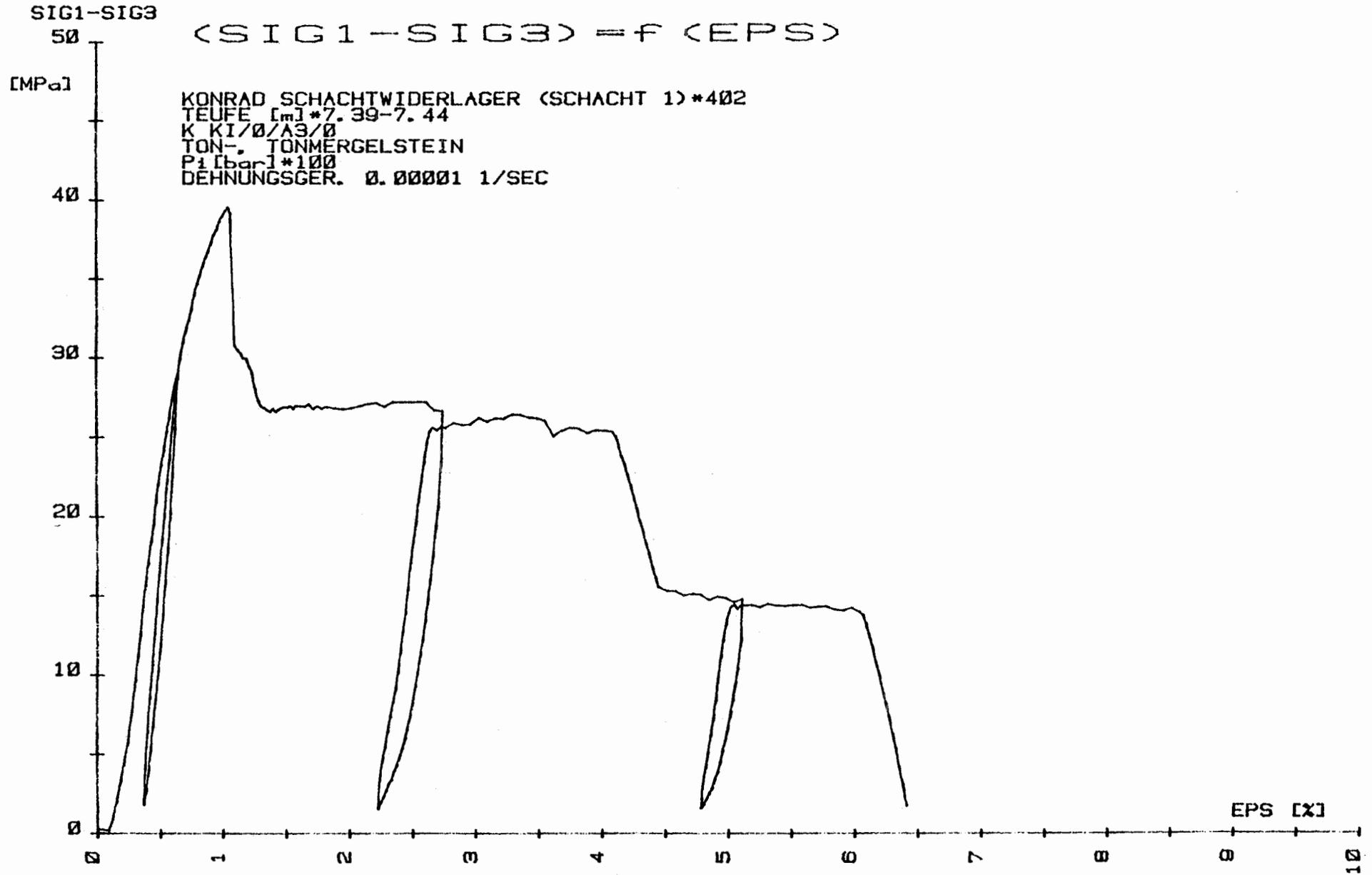
EPS [%]

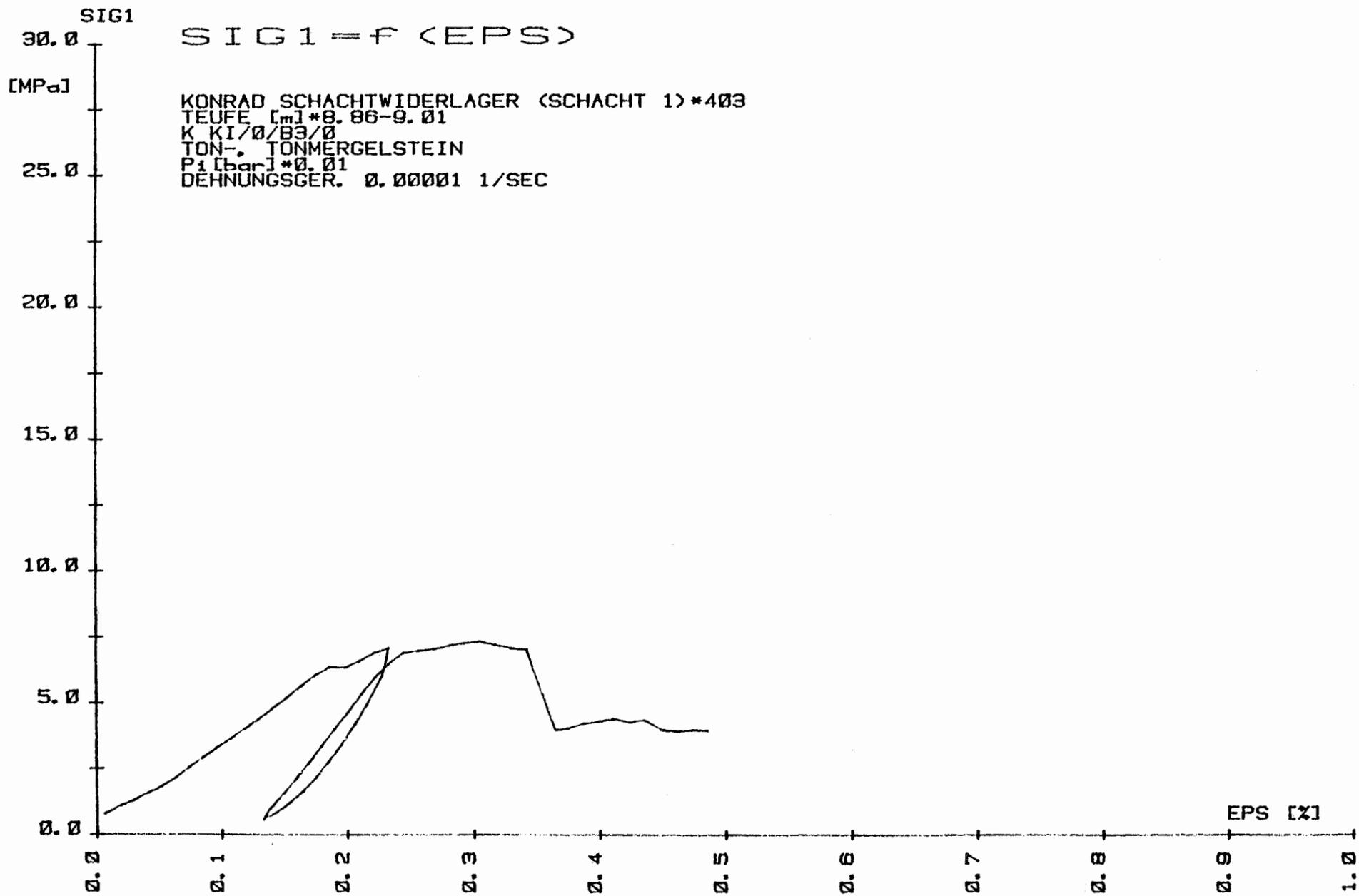


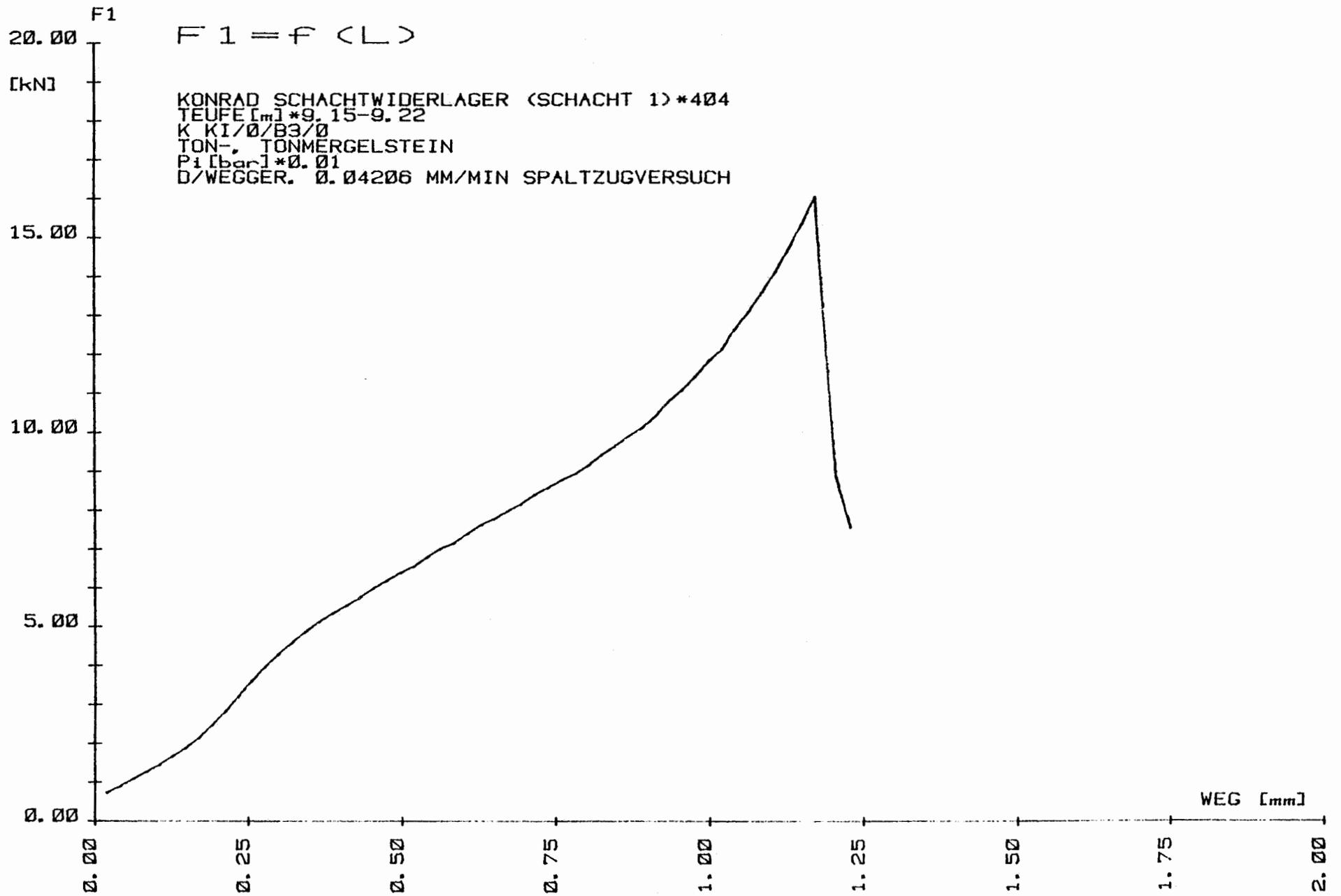
SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f(\text{EPS})$$









SIG1-SIG3

(SIG1-SIG3) = f (EPS)

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*405  
TEUFE [m]\*9.23-9.38  
K KI/0/B3/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*100  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

40

30

20

10

0

0

1

2

3

4

5

6

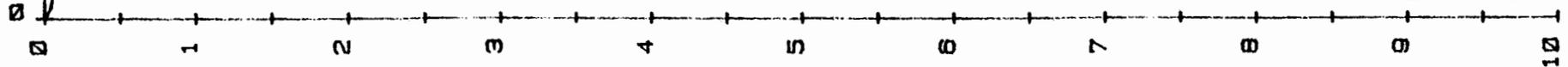
7

8

9

10

EPS [x]



SIG1-SIG3

$$(SIG1 - SIG3) = f(\epsilon_{PS})$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*406  
TEUFE [m]\*9.39-9.54  
K KI/0/B3/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P1 [bar]\*200  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0

1

2

3

4

5

6

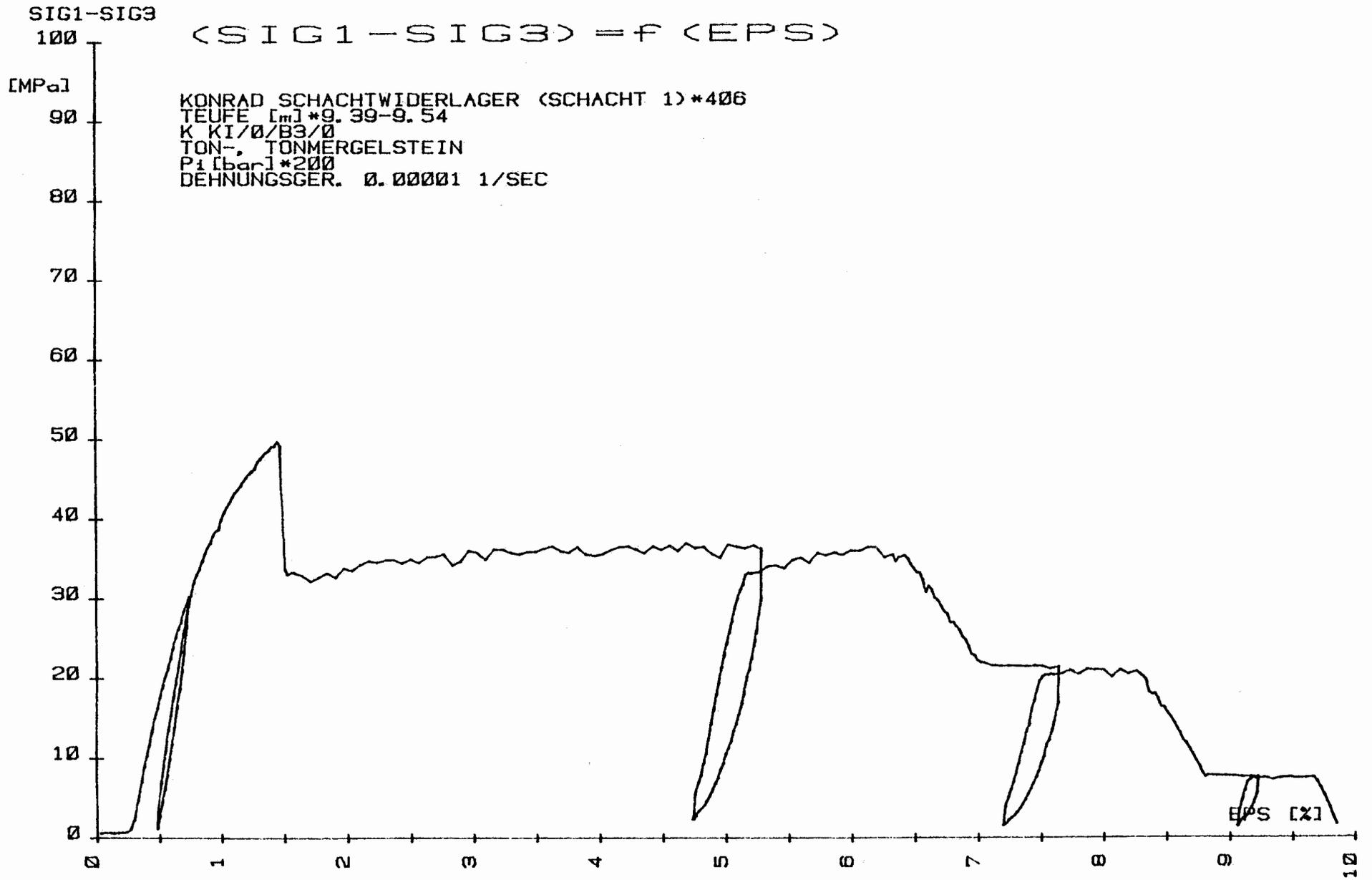
7

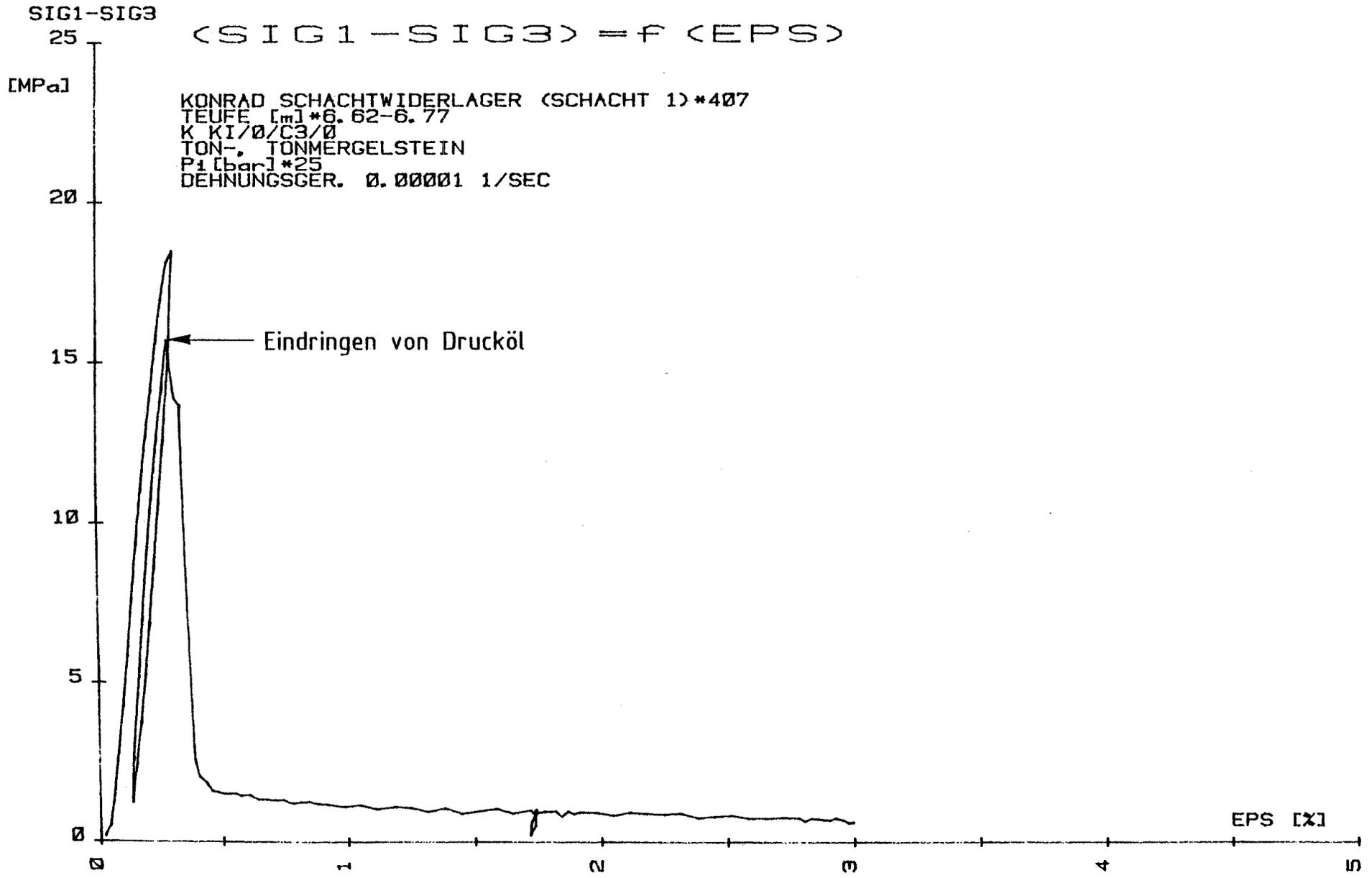
8

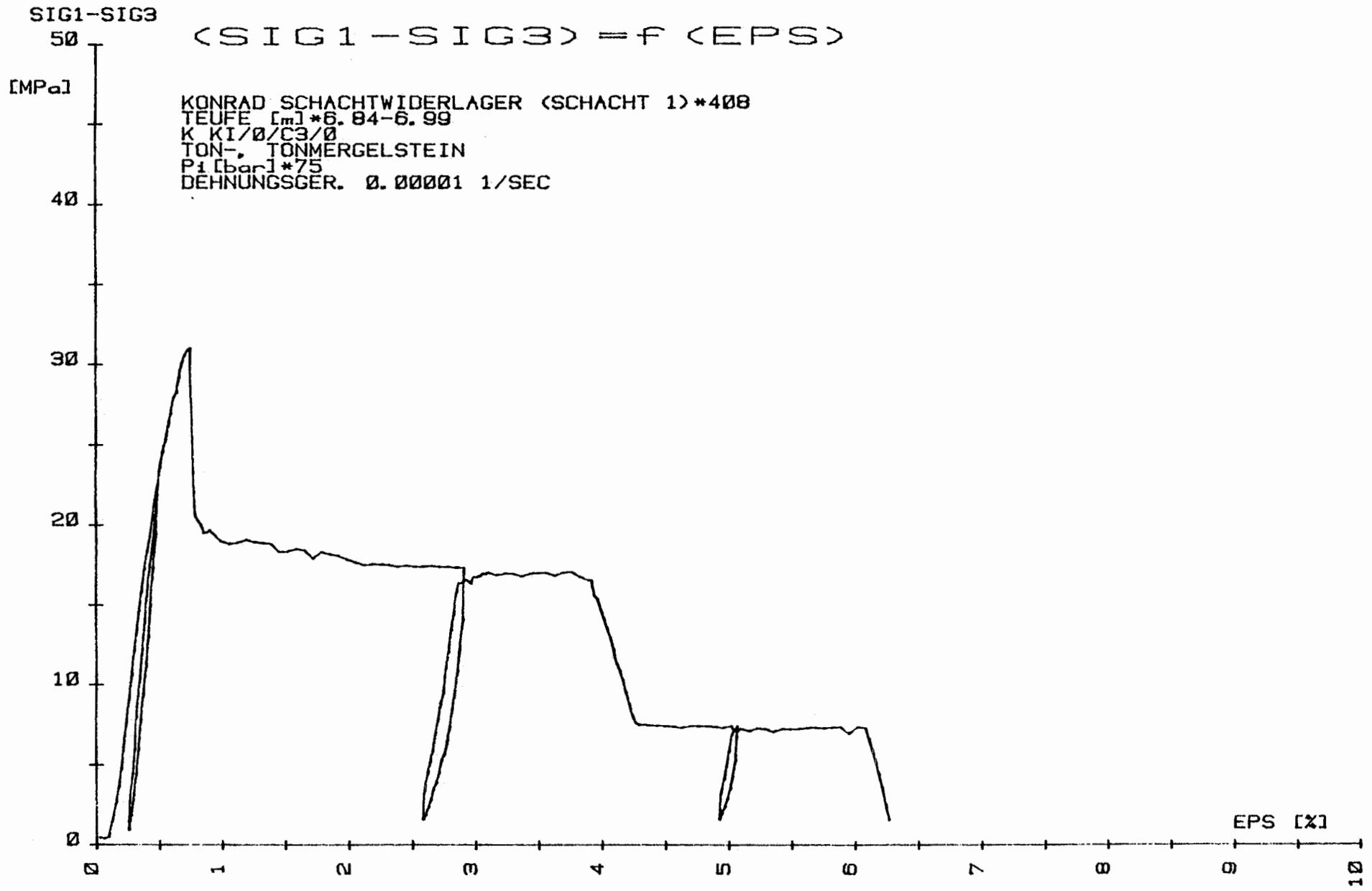
9

10

$\epsilon_{PS}$  [%]







SIG1-SIG3

$$\langle \text{SIG1} - \text{SIG3} \rangle = f(\text{EPS})$$

[MPa]

KONRAD SCHACHTWIDERLAGER (SCHACHT 1)\*409  
TEUFE [m]\*7.00-7.15  
K KI/0/C3/0  
TON-, TONMERGELSTEIN  
P<sub>i</sub> [bar]\*150  
DEHNUNGSGER. 0.00001 1/SEC

