



## DECKBLATT

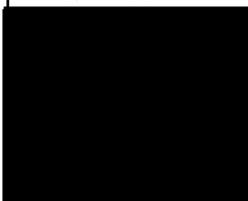
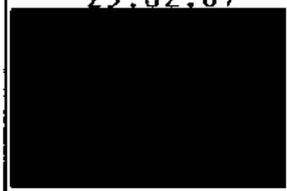
	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
		N A A N	NNNNNNNNNNNN	NNNNNN	X A A X X	A A	NNNN
EU 075.4	9K	3174.32		GB	RB	0004	00

Titel der Unterlage: Felsmechanische Gesteinsparameter: Auswertung der felsmechanischen Laboruntersuchungen - Nachtrag	Seite: I.
	Stand: 30.12.86

Ersteller: GSF	Textnummer:
-------------------	-------------

Stempelfeld:

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

	PL 25.02.87 	PL 25.02.87 
		Freigabe im Projekt

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

# Revisionsblatt



	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 075.4	9K	3174.32		GB	RB	0004	00

Titel der Unterlage:  <b>Felsmechanische Gesteinsparameter:          Auswertung der feldmechanischen Laboruntersuchungen -          Nachtrag</b>	Seite:  <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>II.</b> </div> Stand:  <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>30.12.86</b> </div>
--	--

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

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

LV.-Nr. 2219. 12

AP-Nr. 3

Nachtrag

Auftragnehmer: Gesellschaft für Strahlen- und  
Umweltforschung mbH (GSF), München  
Institut für Tieflagerung

Titel: Felsmechanische Gesteinsparameter  
Teilaufgabe 2219.12, Arbeitspaket Nr. 3:  
Auswertung der felsmechanischen  
Laboruntersuchungen  
- Nachtrag -

Berichtersteller:



Versuchsdurchführung:



Braunschweig, den 30.12.1986

Der Bericht wurde im Auftrag der Physikalisch-Technischen  
Bundesanstalt (PTB) erstellt. Die PTB behält sich alle Rechte  
vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung der  
PTB zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten  
zugänglich gemacht werden.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung des Kriechverhaltens ausgewählter Gesteinsproben	2
2.1 Einführung	2
2.2 Beschreibung des Versuchsstandes	3
2.3 Durchführung von Kriechversuchen	4
2.4 Auswertung der Kriechversuche an Konrad-Proben	4
2.5 Zusammenfassung und Diskussion der Versuchsergebnisse	9

## 1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes Konrad wird von der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Institut für Tief Lagerung die Teilaufgabe 2219.12 "Felsmechanische Gesteinsparameter" in drei Arbeitspaketen bearbeitet:

Die Berichte zum AP 1 (Probenahme für felsmechanische Untersuchungen) und zum AP 2 (Durchführung felsmechanischer Laboruntersuchungen) liegen der PTB vor.

Zum AP 3 (Auswertung der felsmechanischen Laboruntersuchungen) liegt ebenfalls ein Bericht vor. In diesem Bericht war es aus zeitlichen Gründen noch nicht möglich, die endgültigen Ergebnisse von einaxialen Druck-Kriechversuchen darzustellen bzw. auszuwerten. Die Versuche wurden mittlerweile abgeschlossen.

Als Nachtragsbericht werden hiermit die endgültigen Ergebnisse mitgeteilt.

## 2. Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung des Kriechverhaltens ausgewählter Gesteinsproben.

### 2.1 Einführung

Die einaxial/biaxialen Laboruntersuchungen (einaxiale Druckversuche mit unterschiedlichen Weggeschwindigkeiten, Spaltzugversuche, Torsionsversuche) haben anhand der beobachteten Bruchfiguren (überwiegend Sprödbruch und Scherbruch) und der sich einstellenden Bruchwege zwischen 0,394 mm und 1,026 mm kein Kriechverhalten der untersuchten Gesteinsproben erkennen lassen. Bei Probenlängen von 100 mm entsprechen diese Bruchwege Verformungen zwischen 0,394 und 1,026 %.

Auch die Einzelergebnisse der einaxialen Druckversuche (siehe AP 2, Anlage 3) ergeben wegen der Streubreite keine eindeutigen Hinweise auf evtl. Kriecheigenschaften (höhere Geschwindigkeit ergibt höhere Festigkeit bzw. geringere Geschwindigkeit ergibt kleinere Festigkeit).

Da jedoch ein Kriechverhalten nicht eindeutig ausgeschlossen werden konnte, wurden zunächst zwei Gesteinsproben einaxialen Druckkriechversuchen zur Bestimmung der zeitabhängigen Materialverformung unterzogen. Die Proben stammen aus der Bohrung 3/139 und sind stratigraphisch dem Callovium zuzuordnen. Petrographisch handelt es sich um einen Ton-Mergelstein (3/139/007a) bzw. um einen kalkigen Tonstein (3/139/010).

## 2.2 Beschreibung des Versuchsstandes

Die Druck-Kriechversuche wurden in einem Prüfstand der Fa. Freundl/Wennigsen durchgeführt.

In diesem Versuchsstand werden zwei übereinander angeordnete Prüfkörper durch einen Druckzylinder belastet. Aufgrund des Eigengewichtes der mechanischen Verbindung zwischen den beiden Prüfkörpern von etwa 1 KN werden die zu untersuchenden Gesteinsproben unterschiedlich belastet.

Die Druckerzeugungsanlage der Dauerstände erfüllt die Genauigkeitsklasse 1 (d.h. 1 % Abweichung vom Gesamtmeßbereich (0 - 200 bar). Der durch die Hydraulikanlage erzeugte Druck auf den Belastungszylinder wird durch Ölwaagen bis auf 0,5 % des Sollwertes genau konstant gehalten.

Die Temperatur in den Prüfkörpern kann zeitlich und örtlich besser als  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  im Bereich von Raumtemperatur bis  $100^{\circ}\text{C}$  konstant gehalten werden, wobei die Raumtemperatur ständig  $28^{\circ}\text{C}$  beträgt.

Die Längenänderung der Prüfkörper wird mit jeweils drei induktiven Wegaufnehmern am Maschinengrüst bis auf 0,01 mm genau gemessen. Da die Zeitstandsanlagen in einem klimatisierten Raum stehen, können Fehler durch Dehnung des Maschinengerüsts vernachlässigt werden.

### 2.3 Durchführung von Kriechversuchen

Die zu untersuchenden Probekörper werden in die jeweiligen Dauerstandsanlagen zwischen den Druckplatten eingesetzt, durch eine Kraft von etwa zwei kN zur Herstellung des Kraftschlusses vorbelastet und bei Bedarf auf die gewünschte Versuchstemperatur erhitzt. Im Anschluß daran wird die erste Belastungsstufe auf die Probekörper aufgebracht, es werden während der jeweiligen Belastungszeit die einaxiale Druckspannung, die Längenänderung der Probe und die Versuchstemperatur gemessen und daraus die Kriechkurven ermittelt.

Aus den Kriechkurven  $\epsilon = f(T)$  werden nach einem Zeitraum von mindestens 10 Tagen nach einer Belastungsänderung der Prüfkörper durch Berechnung oder graphische Ermittlung die sekundären Kriechgeschwindigkeiten bestimmt.

### 2.4 Auswertung der Kriechversuche von Konrad-Proben

An zwei Prüfzylindern aus der Schachtanlage Konrad (Proben-Nr. 3/139/007A/F3 bzw. 3/139/010/F4) wurden einaxiale Kriechversuche mit unterschiedlichen, stufenweise gesteigerten Belastungen bei durch eine Klimaanlage konstant auf 28° C gehaltener Temperatur durchgeführt.

Bei den Kriechversuchen wurden die in Tabelle 1 angegebenen Belastungen (Einaxiale Druckspannungen) durch die vorhandenen Zeitstandsanlagen auf die beiden Probekörper aufgegeben.

---

Probenzeichnung: 3/139/007A/F3

Probenmaß: (Ø 50 x 100) mm      A = 1963 mm<sup>2</sup>

Gesteinsschicht: Stratigraphie: Callovium

Petrographie : Ton-Mergelstein

---

Belastungsstufe: I	: F <sub>I</sub>	= 44 KN	σ <sub>I</sub>	= 22,42 MPa	214 Tage
II	: F <sub>II</sub>	= 55 KN	σ <sub>II</sub>	= 28,02 MPa	75 Tage
III	: F <sub>III</sub>	= 64 KN	σ <sub>III</sub>	= 32,60 MPa	16 Tage
IV	: F <sub>IV</sub>	= 73 KN	σ <sub>IV</sub>	= 37,19 MPa	34 Tage
V	: F <sub>V</sub>	= 81 KN	σ <sub>V</sub>	= 41,26 MPa	16 Tage
VI	: F <sub>VI</sub>	= 99 KN	σ <sub>VI</sub>	= 50,43 MPa	2 Tage

---

Probenbezeichnung: 3/139/010/F4

Probenmaß: (Ø 50 x 100) mm      A = 1963 mm<sup>2</sup>

Gesteinsschicht: Stratigraphie: Callovium

Petrographie : Tonstein

---

Belastungsstufe: I	: F <sub>I</sub>	= 45 KN	σ <sub>I</sub>	= 22,92 MPa	213 Tage
II	: F <sub>II</sub>	= 56 KN	σ <sub>II</sub>	= 28,52 MPa	75 Tage
III	: F <sub>III</sub>	= 65 KN	σ <sub>III</sub>	= 31,10 MPa	16 Tage
IV	: F <sub>IV</sub>	= 74 KN	σ <sub>IV</sub>	= 37,69 MPa	34 Tage
V	: F <sub>V</sub>	= 82 KN	σ <sub>V</sub>	= 41,76 MPa	16 Tage
VI	: F <sub>VI</sub>	= 100 KN	σ <sub>VI</sub>	= 50,93 MPa	20 Tage
VII	: F <sub>VII</sub>	= 109 KN	σ <sub>VII</sub>	= 55,51 MPa	7 Tage
VIII	: F <sub>VIII</sub>	= 118 KN	σ <sub>VIII</sub>	= 60,10 MPa	11 Tage
IX	: F <sub>IX</sub>	= 126 KN	σ <sub>IX</sub>	= 64,17 MPa	3 Tage

---

**Tabelle 1: Belastung mit jeweiliger Zeitdauer sowie Zuordnung der untersuchten Konrad-Proben**

Die Belastung wurde dann erhöht, wenn die an den Proben gemessene Wegänderung gegen den Wert Null strebte. Der Verlauf der Wegänderung (Axialstauung) der Proben ist in Bildern 1 und 2 dargestellt.

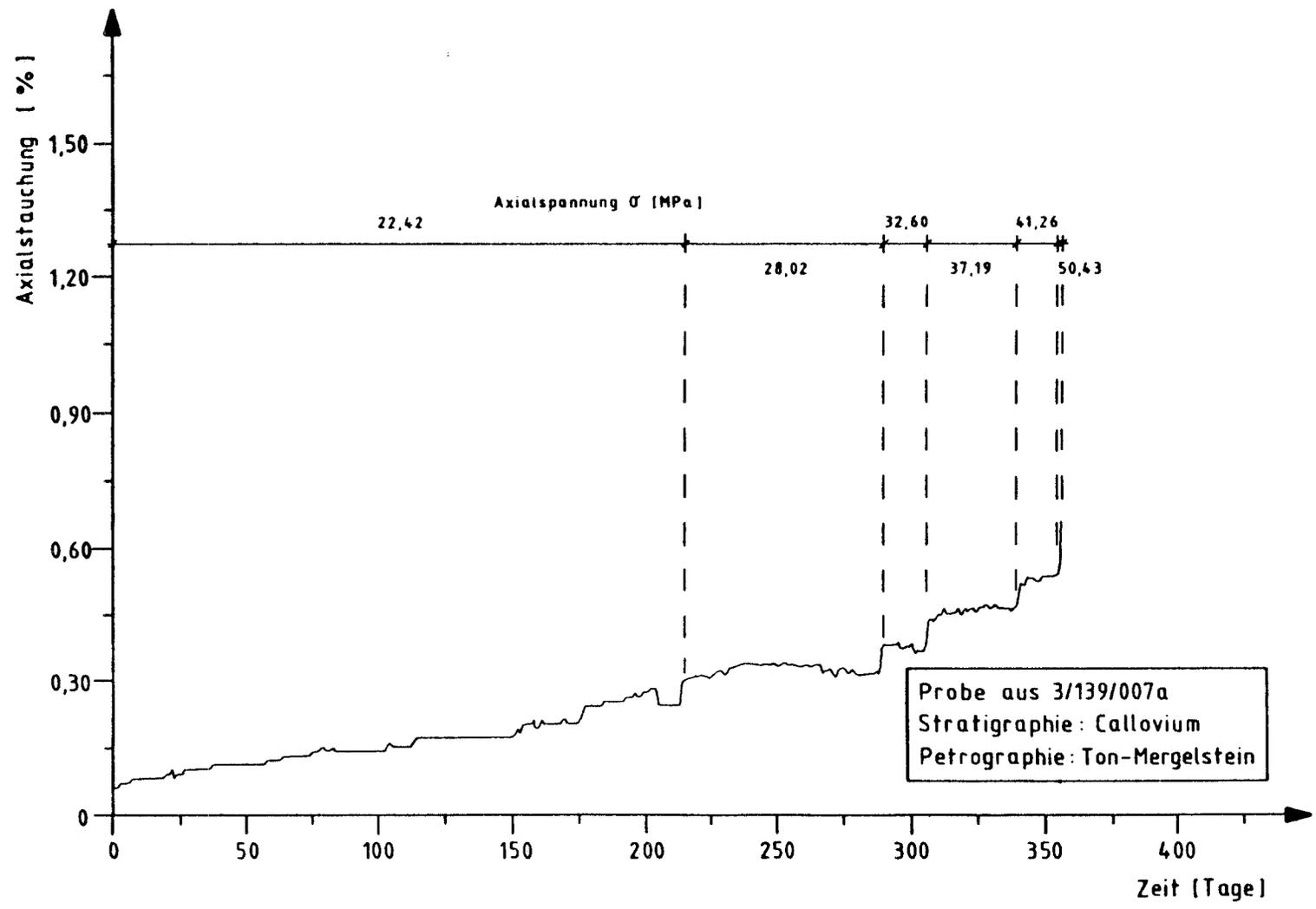


Bild1: Ergebnis des einaxialen Druckkriechversuches an der Ton-Mergelsteinprobe des Calloviums(Gesamtergebnis)

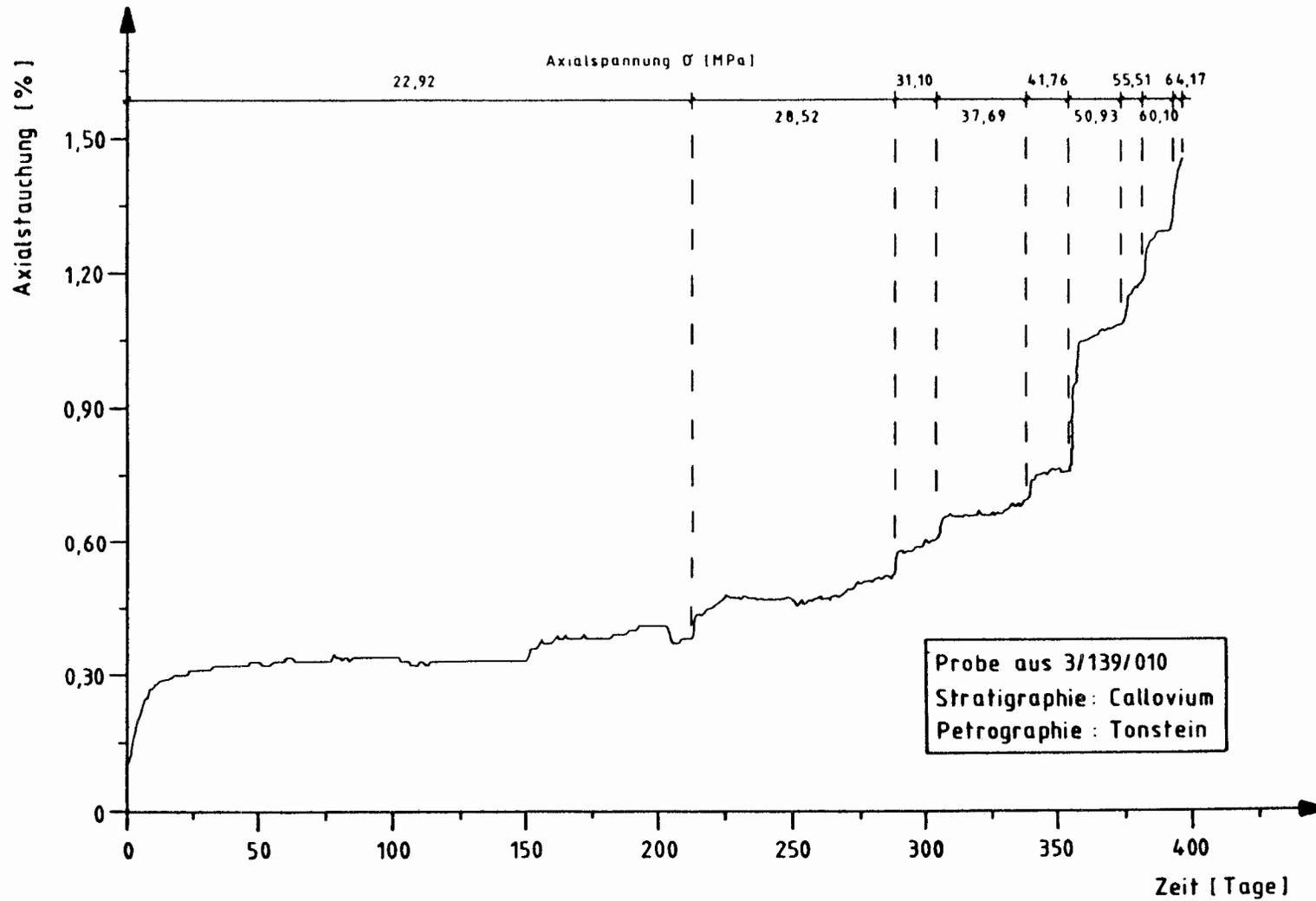


Bild 2: Ergebnis des einaxialen Druckkriechversuches an der Tonsteinprobe des Calloviums (Gesamtergebnis)

Aus den in den Bildern 1 und 2 dargestellten Kriechkurven  $\epsilon = f(T)$  wurden in Abhängigkeit von der Belastung für jeden Probekörper graphisch die mittleren sekundären Kriechgeschwindigkeiten ermittelt (Tabelle 2):

---

Probe-Nr.: 3/139/007A/F3

Belastungsstufe: I	:	$\dot{\epsilon}_I$	=	0,1076	$10^{-4}$	1/d
II	:	$\dot{\epsilon}_{II}$	=	1,3320	$10^{-6}$	1/d
III	:	$\dot{\epsilon}_{III}$	=	(nicht auswertbar)		
IV	:	$\dot{\epsilon}_{IV}$	=	7,5260	$10^{-6}$	1/d
V	:	$\dot{\epsilon}_V$	=	10,050	$10^{-6}$	1/d
VI	:	$\dot{\epsilon}_{VI}$	=	Bruch		

---

Probe-Nr.: 3/139/010/F4

Belastungsstufe: I	:	$\dot{\epsilon}_I$	=	6,9110	$10^{-6}$	1/d
II	:	$\dot{\epsilon}_{II}$	=	7,3400	$10^{-6}$	1/d
III	:	$\dot{\epsilon}_{III}$	=	4,9800	$10^{-5}$	1/d
IV	:	$\dot{\epsilon}_{IV}$	=	1,5250	$10^{-5}$	1/d
V	:	$\dot{\epsilon}_V$	=	1,1400	$10^{-5}$	1/d
VI	:	$\dot{\epsilon}_{VI}$	=	2,7800	$10^{-5}$	1/d
VII	:	$\dot{\epsilon}_{VII}$	=	(Stufen VII und VIII		
VIII	:	$\dot{\epsilon}_{VIII}$	=	nicht auswertbar)		
IX	:	$\dot{\epsilon}_{IX}$	=	Bruch		

---

Tabelle 2: Sekundäre Kriechgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der einaxialen Druckspannung

Näherungsweise könnten die Zusammenhänge zwischen Kriechgeschwindigkeit und Druckbelastungen durch Regressionen dargestellt werden, aber wegen der zu kleinen Zahl der Beobachtungen wird hier darauf verzichtet.

## 2.5. Zusammenfassung und Diskussion der Versuchsergebnisse

An zwei Konrad-Proben (Bild 1 und 2) wurden einaxiale Druckkriechversuche über einen Zeitraum von ca. 360 bzw. 400 Tagen durchgeführt. Dabei wurden die Proben stufenweise bei konstanter Last, wobei jeweils eine Erhöhung der Belastung vorgenommen wurde, belastet, und die zeitabhängige Verformung bei den verschiedenen Belastungen gemessen.

Anhand der Versuchskurven ist zu erkennen, daß die Messwerte gewissen Schwankungen unterliegen, die zum einen aus dem Auflösungsvermögen der Meßeinrichtungen herrühren (Meßgenauigkeit) und zum anderen auf teilweise Schwierigkeiten bei der Steuerung der Klimaanlage (Konstanthaltung der Temperatur).

Auch mußte ein kurzfristiger Defekt an der Drucksteuerung beseitigt werden (Sprung der Meßkurve bei ca. 210 Tagen). Insgesamt zeigen die Meßergebnisse, daß die Verformungen bei den unterschiedlichen Belastungen nach Belastungssteigerung zunächst ansteigen (primäres Kriechen). Nach dieser Phase streben die Verformungsraten gegen Null und deuten somit auf eine Verfestigung des Probenmaterials hin.

Aus den Versuchskurven läßt sich jedoch nicht ableiten, daß ein Kriechen im Sinne eines echten sekundären Kriechens vorliegt, zumal im Prefailure-Bereich unter konstanter Last geringe Verformungen möglich sind. Darüber hinaus ist die Anzahl der Versuche für eine darüber hinausgehende Deutung der Ergebnisse zu gering.

Vergleicht man die Bruchverformungen (Bilder 1 und 2) mit den in einaxialen Druckversuchen erzielten Bruchverformungen (siehe Bericht zu AP2, TA 2219.12, Anlage 4), so erhält man Bruchwege, die bei den Langzeitversuchen (Kriechversuche) und den Kurzzeitversuchen bei ebenfalls annähernd gleichen Bruchspannungen in der gleichen Größenordnung liegen (Tabelle 3).

Probenahme punkt	Ergebnisse aus Langzeitversuchen		Ergebnisse aus Kurzzeitversuchen	
	Bruch- spannung [MPa]	Bruchweg [mm]	Einax. Druck- festigkeit [MPa]	Bruchweg [mm]
3/139/007a	50,43	0,657	60,05	0,565
3/139/010	64,17	1,067	47,90	0,99

Tabelle 3: Vergleich der Ergebnisse aus Langzeitversuchen und Kurzzeitversuchen (Mittelwert)