

KIK 3842
März 1985

Datenbericht REBEKA-5

U. Harten, K. Wiehr
Institut für Reaktorbauelemente
Projekt Nukleare Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

K E R N F O R S C H U N G S Z E N T R U M K A R L S R U H E

Institut für Reaktorbauelemente

Projekt Nukleare Sicherheit

KfK 3842

Datenbericht REBEKA-5

U. Harten, K. Wiehr

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH., Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung:

REBEKA-5 ist ein out-of-pile Hüllrohrverformungsexperiment in einer 7x7-Stab-anordnung voller Druckwasserreaktorstablänge mit Fluten.

Der vorliegende Bericht ist eine graphische Zusammenstellung aller im REBEKA-5-Experiment gemessenen Versuchsdaten als Ergänzung zum REBEKA-5 Ergebnisbericht.

Eine detaillierte Meßstellenbeschreibung ermöglicht dem Benutzer des Datenmaterials eine eindeutige Zuordnung der Meßstellen. Für eine Detailauswertung stehen dem Interessenten alle Meßinformationen des Experimentes in der Datenbank des PHDR selbsterklärend zur Verfügung. Sie sind abgelegt unter dem Namen "REBEKA5".

Die Versuchsanlage wird erläutert und die Betriebszustandswerte während des Versuchsablaufs werden mit Hilfe einer graphischen Zusammenstellung beschrieben.

Im Bereich der maximalen Hüllrohrdehnungen im Bündel werden die Druck- und Temperaturverläufe eines jeden Stabes dargestellt.

Tabellarische Zusammenstellungen der Meßstellen und wichtiger Meßergebnisse geben dem Benutzer einen Überblick über den Versuchsablauf.

Darüber hinaus enthält der Bericht Vermessungskurven über die axialen Dehnungsprofile jedes einzelnen Zircaloyhüllrohres und Kühlkanalversperrungsprofile für Teilbereiche des Bündels sowie des gesamten Bündels. Die lokalen Berststellen der Zircaloyhüllen sind angegeben und den Meßebenen zuzuordnen.

Data Report REBEKA-5

Abstract

REBEKA-5 is an out-of-pile cladding deformation experiment with reflooding in a 7x7 bundle configuration of full length of a pressurized water reactor fuel element. This data report is a graphic summary and includes all essential measured data of the REBEKA-5 test. It is a supplement to the final REBEKA evaluation report.

A detailed description of the measuring points is given. All measured data of the experiment are available at the data bank of PHDR. They are filed under the data set name "REBEKA-5"

The test loop and the operational procedure are described. Pressure and temperature transients of all individual rods at the axial elevation of maximum cladding strains are plotted.

The data report contains also measured axial strain profiles of the individual Zircaloy cladding tubes as well as calculated cooling channel blockages for subchannels and the whole bundle. The points of burst of Zircaloy claddings and their position relative to the measuring points are given.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Allgemeine Zielsetzung	1
1.3 Spezielle Zielsetzung	2
2. Versuchsanlage und Versuchsablauf	3
2.1 Testkreislauf für Bündelexperimente	3
2.2 Teststrecke	3
2.3 Stromversorgung	3
2.4 Brennstabsimulator (BSS)	4
2.4.1 Leistungsabgleich der BSS	4
2.5 Instrumentierung	5
2.6 Instrumentierung des Bündels	5
2.6.1 Instrumentierung der Brennstabsimulatoren	6
2.6.2 Instrumentierung der Abstandshalter mit Fluidthermo- elementen	7
2.6.3 Instrumentierung des Bündelkastens	7
2.6.4 Angaben zur Meßwertgenauigkeit	8
2.7 Versuchsablauf	9
3. Versuchsdaten	19
3.1 Systemdaten der Versuchsanlage	19
3.2 Überblick über Versuchsablauf	23
3.3 Temperatur- und Druckgeschichte aller 49 Einzelstäbe (Abbn. 17 - 65)	25
3.4 Alle Hüllrohr- und Heizstabhüllentemperaturverläufe in axialer Mittelebene, ausgenommen sind Einzeltemperatur- meßstellen, die bereits unter 3.3 dargestellt worden sind (Abbn. 66 - 85)	51
3.5 Axiale Hüllrohrtemperaturverläufe des dargestellten Stabes	62
3.6 Temperaturprofil am Bündelkasten (Abb. 90)	65
3.7 Fluidtemperaturen am Abstandshalter (AH)	65
3.8 Umfangsdehnungen der Zircaloy-4-Hüllrohre aller 49 Brenn- stabsimulatoren und daraus resultierende Kühlkanal- versperrungen	68

4.	Zusammenstellung wichtiger Meßstellen (Tab. 1)	99
	Tabellarische Zusammenfassung der Versuchsergebnisse (Tab. 2)	
5.	Kanalliste und Datenzuordnung	
6.	Faltblatt der Abbildung 7	
7.	Literaturangaben	110
8.	Anhang	111

Verzeichnis der Abbildungen

<u>Abb. Nr.</u>		<u>Seite</u>
1	Versuchskreislauf für Hüllrohrverformungsexperimente Bündel Tests.	10
2	Phasenbelegung der Transduktoren	11
3	Konstruktionszeichnung des Brennstabsimulators mit Stufenheizleiter	12
4	Nennmaße des Brennstabsimulators	13
5	Axiales Leistungsprofil	14
6	Schaltbild der Teststrecke mit Temperatur-, Druck-, Niveau- und Durchflußmeßstellen	15
7	Instrumentierungsplan des Bündels	16
8	Thermoelementanbringung	17
9	Schematische Darstellung der Versuchsführung	18
10	Elektrische Phasenleistung des Bündels	20
11	Drücke in der Versuchsanlage	
12	Temperaturen in der Versuchsanlage	21
13	Massendurchsätze in der Versuchsanlage	
14	Wasserstand Teststrecke und Behälter 5	22
15	Temperaturverläufe der 25 Innenstäbe	24
16	Druckverläufe der 25 Innenstäbe	
17-65	Druck- und Temperaturverlauf aller 49 Einzelstäbe	26
66-85	Temperaturverlauf in axialer Mittelebene	52
86-87	Druck- und Temperaturverlauf zwischen den mittleren Abstandshaltern von Stab 14 und 46	63
88-89	Axialer Temperaturverlauf von Stab 48 und 23	64
90	Temperaturprofil Bündel-Kasten	66
91-93	Fluidtemperaturen am Abstandshalter I, IV, V	66-67
94	Berstdehnungen und Berstlagen	69
95-143	Dehnungsprofil von Stab 37 bis Stab 13	70-94
144	Dehnungsprofil der 49 Stäbe	95
145	Dehnungsprofil der 25 Innenstäbe	95
146	Dehnungsprofil der 9 Innenstäbe	96
147	Kühlkanalversperrung durch 49 Stäbe	97
148	Kühlkanalversperrung durch 25 Innenstäbe	97
149	Kühlkanalversperrung durch 9 Innenstäbe	98
7	Faltblatt von Abb. 7	109

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Bei einem Kühlmittelverluststörfall (KVS) mit doppelendigem Bruch im kalten Strang einer Hauptkühlmittleitung, dem Auslegungsstörfall eines Druckwasserreaktors, können die Brennstabhüllen Temperaturen erreichen, bei denen sie unter der Wirkung des inneren Überdruckes aufblähen bzw. bersten, und somit zu einer lokalen Verengung der Kühlkanäle führen.

Im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit wird zum analytischen Nachweis einer ausreichenden Nachkühlbarkeit des Reaktorkerns das Programmsystem SSYST entwickelt. Aufgabe des im folgenden beschriebenen Vorhabens ist die Bereitstellung experimenteller Informationen zur Verifikation und Weiterentwicklung dieses Programmsystems.

1.2 Allgemeine Zielsetzung

Das out-of-pile Versuchsprogramm zum Aufblähvorgang von Zircaloy-Brennstabhüllen in der Wiederauffüll- und Flutphase eines KVS wird ebenfalls im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit der KfK durchgeführt. Es trägt den Namen REBEKA. (REaktortypische Bündel Experimente KARlsruhe).

Die Versuche haben zum Ziel, den Aufblähvorgang von Zircaloy-Brennstabhüllen an Einzelstäben sowie in Bündelgeometrien voller Länge zu untersuchen. Wesentliche Merkmale der Versuche bestehen darin, daß die Wechselwirkung zwischen Hüllrohrverformung und Kernnotkühlung berücksichtigt und eine meßtechnische Erfassung des zeitabhängigen Aufblähvorganges der Zircaloy-Hülle durchgeführt wird.

Die Versuche haben im einzelnen folgende Ziele:

- Ermittlung des zeitabhängigen Aufblähvorganges an Einzelstäben,
- Ermittlung der Beeinflussung des Aufblähvorganges durch die einsetzende Kernnotkühlung,
- Untersuchung der thermischen und mechanischen Wechselwirkung benachbarter Stäbe beim Aufblähen im Stabbündel,
- Gewinnung von Aussagen über eine mögliche Versagensfortpflanzung sowie
- Untersuchungen über Ausmaß und Verteilung von Kühlkanalversperrungen.

1.3 Spezielle Zielsetzung

Das Ziel des Experimentes REBEKA-5 besteht darin, nachzuweisen, daß trotz Verwendung von Brennstabsimulatoren mit stufenlosem cosinusförmigen axialen Leistungsprofil und einer deutlich höheren Anzahl von verformungsfähigen Zircaloyhüllen im Bündel keine größeren Kühlkanalversperrungen auftreten würden, verglichen mit den Ergebnissen bei kleineren Bündelanordnungen, wenn die Verformung der Hüllrohre unter thermohydraulischen Randbedingungen der Wiederauffüll- und Flutphase eines Kühlmittelverluststörfalles stattfinden würde.

Die bei den bisherigen Experimenten verwendeten Brennstabsimulatoren wiesen bei voller simulierter Brennstablänge zwar ein axiales, cosinusförmiges Leistungsprofil auf, dieses war jedoch in 7 Leistungsstufen angelegt. Der axiale Mittelteil des Bündels hatte über eine Länge von 1300 mm konstante Leistung. Eine Frage, die offen blieb, war, ob ein homogenes cosinusförmiges axiales Leistungsprofil mit einem Leistungsmaximum in der axialen Mitte nicht möglicherweise doch zu einer verstärkten Koplanarität der Stellen maximaler Dehnungen im Bündel und damit zu einer höheren Kühlkanalversperrung führen könnte.

In den Bündelexperimenten REBEKA-3 und -4 waren Hinweise zu erkennen, die vermuten ließen, daß bei größeren Bündelanordnungen, bei denen sich eine größere Anzahl von Brennstabhüllen gegenseitig beeinflussen können, auch größere Kühlkanalversperrungen, vor allem axial ausgedehntere, auftreten könnten. In den bisherigen Bündelversuchen waren jeweils nur 9 bzw. in REBEKA-4 nur 8 Brennstabsimulatoren mit Zircaloy-4-Hüllen und Innendruck versehen. Die äußere Reihe bestand bei diesen Experimenten aus nicht verformbaren Brennstabsimulatoren, die nur die thermische Umgebung für die inneren 3x3 Stäbe zu simulieren hatten. In REBEKA-5 wurde das Bündel nun auf 7x7 Stäbe vergrößert und, um eine ausgeprägte Stab-zu-Stab-Wechselwirkung zu ermöglichen, alle 49 Brennstabsimulatoren mit Zry-4-Hülle versehen und mit Innendruck beaufschlagt.

2. Versuchsanlage und Versuchsablauf

2.1 Testkreislauf für Bündelexperimente

Abb. 1 zeigt ein stark vereinfachtes Schema des Testkreislaufs. Vom Dampfkessel (9) kommend, teilt sich der überhitzte Dampfstrom. Der eine Teilstrom durchströmt den Abscheidetank (2) und die Teststrecke (1) in Abwärtsrichtung und tritt am unteren Ende der Teststrecke gemeinsam mit dem Flutwasser wieder aus. Der zweite Dampfteilstrom nimmt seinen Weg über den Dampfumformer (4) und vereinigt sich vor dem Eintritt in den Kondensator (5) wieder mit Teilstrom 1. Hinter der Kühlmittelpumpe (7) wird das notwendige Speisewasser für den Kessel abgezweigt. Das Flutwasser wird am Boden der Teststrecke eingespeist und verläßt während der Wiederauffüllphase die Teststrecke wieder am unteren Ende zusammen mit dem Dampfteilstrom 1. Durch Schließen des Ventils 7.4 wird die Flutphase eingeleitet. Die Bezeichnungen I bzw. II an den Pfeilen geben die Strömungsrichtung des Dampfes bzw. des Wassers während der Wiederauffüll- (I) bzw. Flutphase (II) des Experimentes an.

2.2 Teststrecke

Da für REBEKA-5 die Bündelgröße auf 7x7 Stäbe erhöht wurde, mußte die Teststrecke (2), die das Bündel aufnimmt, geändert werden. Das äußere Druckrohr (159x3 mm) hat einen Innendurchmesser von 153 mm ϕ . Im Druckrohr sitzt der viereckige Bündelführungskasten aus Edelstahl mit Innenabmessungen von 101x101 mm und einer Wandstärke von 1 mm, in dem sich das Bündel befindet. Zwischen dem Bündelführungskasten und dem Teststreckendruckrohr steht stagnierender Wasserdampf.

Gegenüber den bisherigen Bündelexperimenten 1-4 wurde bei REBEKA-5 die axiale Position des Bündels in der Teststrecke verschoben. Das untere beheizte Ende des Bündels befand sich nicht wie bisher 170 mm oberhalb des Wasserspiegels im unteren Behälterplenum, sondern mit dem Wasserspiegel in einer Ebene. Mit dem Schließen des Ventils 7.4 wurde dadurch ohne Zeitverzögerung der Flutvorgang eingeleitet.

2.3 Stromversorgung

Die höhere erforderliche Leistung für das 49-Stab-Bündel lieferten für diesen Versuch zwei dreiphasige Transduktoren von je 600 kVA. Die drei Phasen des

Transduktors 1 wurden mit je 8 parallel geschalteten Stäben der äußeren Stabreihe des Bündels belegt. Transduktor 2 wurde mit je 9 Stäben in den einzelnen Phasen belastet, wobei der jeweils 9. Stab der Phasen 1 und 2 außerhalb des Testbündels in einem wasserdurchströmten Rohr angeordnet waren. Der 9. Stab der Phase 3 war der Zentralstab. Die 2 zusätzlichen Stäbe außerhalb der Teststrecke waren notwendig, um die 3 Phasen des Transduktors-2 gleichmäßig zu belasten, d.h. Transduktorschiefbelastung zu vermeiden, was wegen der Schaltung des Sicherheitsabschaltsystems erforderlich war.

(Phasenbelegung der Transduktoren s. Abb. 2 - Transduktor-3 wurde nicht wie ursprünglich vorgesehen eingesetzt).

Im Versuch werden die 2x3 Phasenleistungen der Transduktoren gemessen.

2.4 Brennstabsimulator (BSS)

Die Abb. 3 zeigt die Konstruktionszeichnung des Brennstabsimulators (BSS) mit stufenförmigem axialen Heizleiter wie er für die REBEKA-Bündelversuche 1-4 verwendet wurde. Die Volumina der oberen und unteren Stabplena entsprechen denen eines DWR-Brennstabes. Der prinzipielle Aufbau des BSS bleibt in der neuen Version bis auf das axiale Leistungsprofil unverändert. Abb. 4 gibt die Nennmaße des BSS mit stufenlosem, cosinusförmigen Leistungsprofil an. Die daraus resultierende axiale Leistungsverteilung ist in Abb. 5 angegeben.

2.4.1 Leistungsabgleich der BSS

Bei der Herstellung der Brennstabsimulatoren treten gewisse Toleranzen in der beheizten Länge und damit im Gesamtwiderstand der einzelnen BSS auf. Jeweils 8 bzw. 9 BSS liegen parallel an einer Phase eines Transduktors und 24 bzw. 27 BSS an einer gemeinsamen Stromversorgungsquelle, einem Transduktor. Der leistungsgeregelte Transduktor kann jedoch nur als Einheit geregelt werden, das bedeutet, daß geringe Unterschiede in den Gesamtwiderständen der einzelnen Stäbe zu unterschiedlichen Aufheizrampen in der Wiederauffüllphase führen müssen. Da die plastische Verformung der Zircaloyhüllen sehr sensibel von der Temperatur abhängt, muß dafür Sorge getragen werden, daß die spezifische Stableistung, d.h. die Aufheizrampe im Bereich der plastischen Verformung für die einzelnen Stäbe im Bündel möglichst gleich ist. In einem Abgleichsexperiment wurden Vorschaltwiderstände für die einzelnen Stäbe so bestimmt,

daß die Stäbe in axialer Mittelebene gleiche Hüllrohrtemperaturen aufwiesen. Da die Widerstände über nicht lineare Beziehungen mit den Temperaturen verknüpft sind (mit den geänderten Widerständen ändert sich die gesamte Temperaturverteilung) wurde dieser Vorgang iterativ so lange wiederholt, bis alle Hüllrohroberflächentemperaturen ausreichend genau (± 3 K) gleich waren.

Dazu wurde das Bündel von einer gleichmäßigen Ausgangstemperatur von $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit einer Stableistung von etwa 8 KW/Stab auf etwa $450\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei schwacher Kühlung (etwa 2 m/s abwärtsgerichteter Dampfströmung) aufgeheizt. Der Abgleich erfolgte in zwei Gruppen (Transduktor 1 und 2), jedoch gleichzeitig. Der Stab mit der niedrigsten Aufheizrampe in jeder Gruppe wurde als Referenzstab gewählt und festgehalten. Die übrigen Stäbe jeder Gruppe erhielten Vorwiderstände, die von einem Erweiterungsprogramm des Programmsystems "Neff" (Unterprogramm "WABGL") errechnet werden. Dieser Vorgang des Abgleichversuchs wurde etwa drei- bis viermal wiederholt, bis die Hüllrohroberflächentemperaturen am Ende der Rampe bei etwa $450\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ausreichend genau gleich waren. Bei diesem Abgleichsvorgang werden auch unterschiedlich hohe Wärmeverluste z.B. der Eckstäbe an die kältere Bündelkastenwand ausgeglichen, d.h. diese Stäbe erhalten eine etwas höhere Stableistung als die übrigen Stäbe der Gruppe. Für die Stäbe, die nur Innenthermoelemente besitzen, werden die Bezugs-Hüllrohrtemperaturen bestimmt, indem bei Nachbarstäben mit Innen- und Außenthermoelementen der Temperaturunterschied errechnet wird und von der gemessenen Innentemperatur der Stäbe ohne Außenthermoelemente abgezogen wird.

2.5 Instrumentierung

Abb. 6 zeigt das Schaltbild der Teststrecke mit Temperatur-, Druck-, Niveau- und Durchflußmeßstellen.

Tab. 1 faßt die wesentlichen für die Auswertung und den Datenreport wichtigen Meßstellen zusammen.

2.6 Instrumentierung des Bündels

Abb. 7 zeigt die Bündelgeometrie mit Stabdurchmesser, Stabmittenabstand, Abstandshalterstärke, Kasteninnenmaß und Kastenwandstärke sowie die Positionierung der Thermoelemente in der Draufsicht im Bündel.

2.6.1 Instrumentierung der Brennstabsimulatoren

In den Kreisen sind neben den Stabnummern Punkte mit den Zahlen 1, 2 und 3 eingezeichnet, die die radiale Position der Innenthermoelemente angeben. In der 0,7 mm starken Inconel-600-Hülle des Heizstabes sind 0,36 mm starke Mantelthermoelemente in Nuten eingelegt. Die Thermopaarung ist NiCr/Ni, die Isolierung MgO, die Meßspitze isoliert. Im Bereich der Meßspitze von ca. 30 mm sind die Thermoelemente eingelötet, in der übrigen Nut lediglich verstemmt. Die Normalinstrumentierung sieht drei im Winkel von 120° versetzte Thermoelemente in gleicher axialer Position (Mittellebene) vor. Links in Abb.8 ist eine Detailvergrößerung der Thermoelement-Einbettung gezeigt (Ti).

Die Punkte außen an den Kreisen zeigen Winkelpositionen der Außenthermoelemente an. Zur Messung der Temperaturen der Zircaloyhüllen werden Mantelthermoelemente verwendet, deren vorderes Ende an der Meßspitze mit einer etwa 30 mm langen Platinhülle versehen ist. Es handelt sich dabei ebenfalls um NiCr/Ni-Mantelthermoelemente mit isolierter Meßspitze und einem Außendurchmesser von 0,5 mm, über die jedoch ein Platinröhrchen der Abmessung 0,75 x 0,12 mm geschoben und auf einen Enddurchmesser von 0,72 mm heruntergehämert wird. Dieses Thermoelement wird mit Hilfe einer kleinen Spezialpunktschweißmaschine durch fünf Punktschweißungen im Bereich der Platinhülle auf der Zry-4-Hülle befestigt, wodurch ein enger Kontakt zwischen Brennstabsimulatorhülle, Platinhülle und Thermoelement entsteht. Der Schweißstrom fließt dabei überwiegend durch die Platinhülle, ohne das Thermoelement zu beschädigen. Das nach oben bzw. unten aus der Platinhülle austretende Mantelthermoelement wird auf kürzestem Wege in die äußeren Kühlkanäle des Bündels geführt, um zwischen äußerer Stabreihe und der Kastenwand das Bündel zu verlassen. Rechts in Abb.8 ist eine Ausschnittsvergrößerung eines mit Platinhülle versehenen Thermoelementes gezeigt. Die wiedergegebene Schnittstelle liegt zwischen zwei Punktschweißungen. Sie zeigt einen guten Kontakt zwischen Brennstabsimulatorhülle, Platinhülle und Thermoelement. Sind mehrere Thermoelemente auf einer Mantellinie auf verschiedenen axialen Höhen angeordnet, so stehen an den Punkten mehrere Zahlenwerte, z.B. 1-8. Die Tabelle auf Abb. 7 gibt die Stabposition, die Stabnummern, die axialen Positionen der Innen-, Mantel- und Kastenthermoelemente an sowie die Gesamtzahl der TE`s, die auf jedem Stab angebracht sind. Z.B. enthält Stab 23 3 Innen-TE`s (TI) auf 1950 mm Höhe (axiale Mitte), 8 Mantelthermoelemente (TH) auf 150, 500 3900 mm und ein Ispra-TE (TS) auf 1950 mm.

Die axialen TE-Positionen werden von oben nach unten gezählt, wobei sich das obere beheizte Bündelende bei 0 mm und das untere beheizte Bündelende bei 3900 mm befindet.

Die Bezeichnungen auf den Kurvenabbildungen sind wie folgt zu lesen: z.B. TH 23/8 = das 8. Thermoelement auf Stab 23 von oben gezählt, also auf Position 3900 mm = unteres beheiztes Ende.

2.6.2 Instrumentierung der Abstandshalter mit Fluidthermoelementen

Die axialen Positionen der 8 Abstandshalter (AH) sind in Abb. 5 angegeben. Die Steghöhe der Abstandshalterbleche beträgt 38 mm. An einigen ausgewählten Positionen im Bündel sind Fluidthermoelemente (0,5 mm ϕ Mantelthermoelemente NiCr/Ni) an Abstandshaltern angebracht, und zwar an den Abstandshaltern I, IV und V. Die Meßspitzen befinden sich 5 mm unterhalb der jeweiligen Abstandshalterunterkante (UK) als auch 15 mm oberhalb der jeweiligen Abstandshalteroberkante (OK).

Die radialen Positionen im Bündel sind aus Abb. 7 zu entnehmen. Auf den Kurvendarstellungen sind die Positionen der Fluidthermoelemente an den Abstandshaltern gemäß folgender Nomenklatur gekennzeichnet:

z.B. TAH 4/5/2 o

1. Ziffer = Ordnungszahl des AH in seiner axialen Position von oben gezählt
2. Ziffer = Ordnungszahl in x - Achsenrichtung des AH-Bleches
3. Ziffer = Ordnungszahl in y - Achsenrichtung des AH-Bleches
4. o bzw. u = o $\hat{=}$ 15 (mm) oberhalb OK-AH
u $\hat{=}$ 5 (mm) unterhalb UK-AH

2.6.3 Instrumentierung des Bündelkastens

Die auf der Kastenaußenwand befestigten 0,5 mm ϕ Mantelthermoelemente sind auf Abb. 7 mit K 1 - K 10 gekennzeichnet. Davon befinden sich K 1-7 auf einer Mantellinie an den axialen Positionen von 150 - 3750 mm. In der axialen Mittelebene des Bündels ist der Kasten zusätzlich mit 3 weiteren Thermoelementen K 8-K 10 versehen (1950 mm).

Auf den Meßkurvendarstellungen sind die Temperaturschriebe der Kasten-TE's mit TK 1-10 bezeichnet.

2.6.4 Angaben zur Meßgenauigkeit

Der maximale Fehler bei der Meßwertfassung setzt sich aus dem systematischen und dem statistischen Fehler des Rechners und der Meßwertgeber zusammen.

1) Rechner PDP 11/03:

Das Fehlerband des Rechners vom Eingang der Verstärker bis zur Aufzeichnung auf der Magnetplatte setzt sich wie folgt zusammen:

a) Fehler des Rechners, bezogen auf eine 14 bit Zahlendarstellung:

$$14 \text{ bit } \pm 1 \text{ bit (letztes signifikantes bit)} \leq \pm 0,006 \%$$

b) Fehler der Verstärker: $\leq \pm 0,044 \%$

2) Temperaturmessung:

Die Thermoelemente wurden nach 1/2 DIN-Genauigkeit bestellt und laut Eichschein innerhalb dieser Toleranz geliefert.

1/2 DIN-Genauigkeit heißt:

$$\text{Abweichung bis } 400 \text{ } ^\circ\text{C} < \pm 1,5 \text{ } ^\circ\text{C} = \pm 0,375 \%$$

$$\text{Abweichung bis } 800 \text{ } ^\circ\text{C} < \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C} = \pm 0,375 \%$$

Stichprobenweise Nacheichungen im eigenen Hause haben bestätigt, daß die Meßwertgenauigkeit, die in den Eichprotokollen angegeben wird, auch nach dem Aufhämmern der Platinhülsen unverändert gut geblieben ist.

3) Mengenmessung

Die Meßblenden wurden nach dem Versuch ausgebaut und nachgeeicht. Die Abweichungen gegenüber der Auslegungs-Blendenrechnungen ergaben Werte $< 1 \%$.

4) Druckmessung

a) Stabinnendrucke:

Eichmanometer	0 - 160 bar	
Klassengenauigkeit	0,1 bar	
Ablesegenauigkeit	$< \pm 0,1$ bar	$\cong 0,1 \%$
Abweichung lt. Eichschein	$< \pm 0,1$ bar	
Druckgeber	$< \pm 0,65$ bar	$\cong \pm 0,25 \%$

b) Systemdrücke in Testanlage

Eichmanometer	0 - 2 bar	
Klassengenauigkeit	0,1	$\cong \pm 0,1 \%$
Ablesegenauigkeit	$< 0,001$ bar	
Druckgeber 0 - 5 bar abs.	$< \pm 0,05$ bar	$\cong \pm 0,4 \%$

c) Differenzdruckgeber

Eichmanometer	0 - 2 bar	
Klassengenauigkeit	0,1	≅ 0,1 %
Ablesegenauigkeit	0,001 bar	
Differenzdruckgeber	0 - 0,25 bar	≅ <+0,25 %
Differenzdruckgeber	0 - 0,5 bar	≅ <+0,25 %

Die Druckaufnehmer wurden bei Betriebstemperatur zusammen mit der Meßkette Rechner geeicht. Die Eichung erfolgte mittels des Rechenprogrammes "DEICH", wobei die Korrekturkoeffizienten errechnet und das Meßwert-Erfassungsprogramm eingesetzt werden.

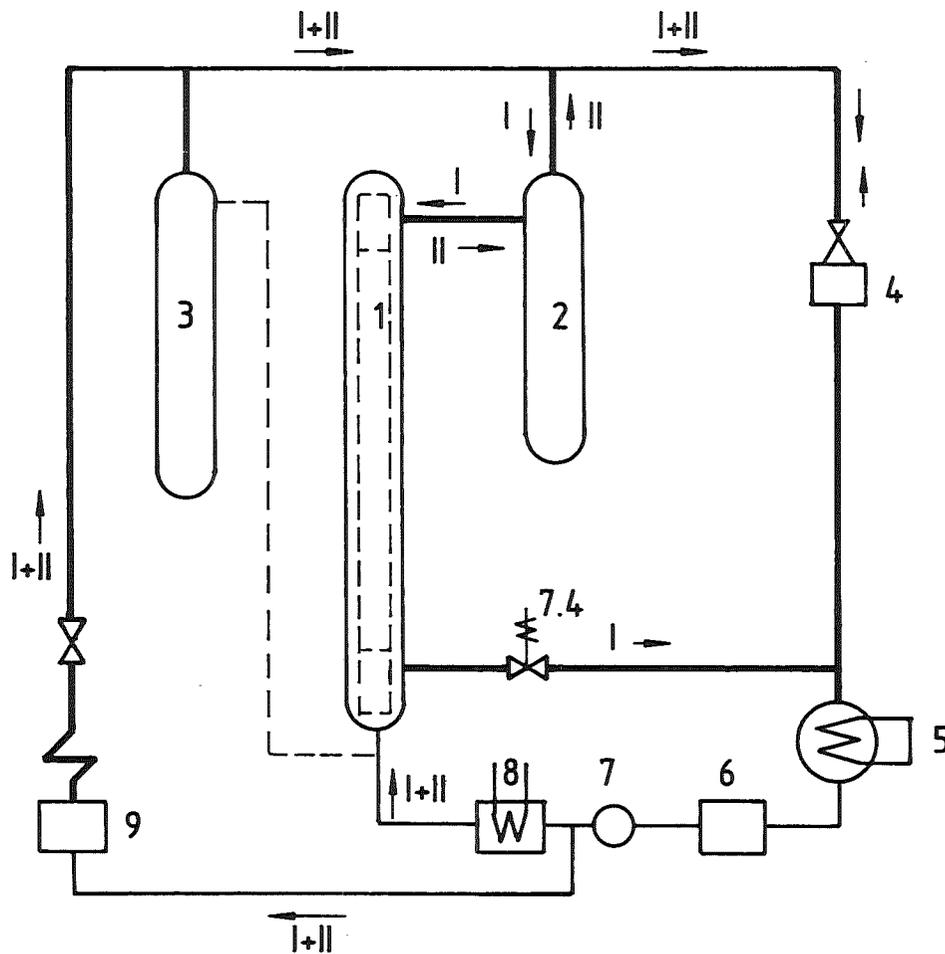
2.7 Versuchsablauf

Nach erfolgtem Leistungsabgleich der Brennstabsimulatoren wurden unmittelbar vor Versuchsbeginn noch einmal folgende Arbeiten durchgeführt:

- Überprüfung der Sicherheitsabschaltssysteme
- Rechnerabgleich (Meßwertverstärker)
- Eichung aller Druck- und Differenzdruckaufnehmer über den Rechner
- Einstellung des in der Wiederauffüllphase abwärts durch das Bündel strömenden Dampfmassenstromes und der Dampftemperatur.
- Einstellung der Flutwassermenge mit Flutwassertemperatur.
- Überprüfung aller Stäbe auf Dichtheit bei 70 bar über 10 min.
- Überprüfung aller Ventilstellungen.

Während dieser Arbeiten wurde das Bündel bei etwa 4,4 bar mit Dampf von 150 °C von oben nach unten durchströmt (Gleichgewichtszustand).

Bei diesem Betriebszustand erfolgte die Druckaufgabe auf die Stäbe mit 70 bar Helium. Das Aufheizen des Bündels erfolgte mit etwa 7,8 KW/Stab. Mit Erreichen einer Hüllrohrtemperatur von 765 °C in Bündelmitte (1950 mm) wurde die Leistung auf etwa 6,6 KW/Stab zurückgenommen und das Fluten des Bündels mit einer kalten Flutwassersteiggeschwindigkeit von etwa 3 cm/s eingeleitet. Dazu wurde Ventil 7.4 geschlossen. Der maximale Innendruck der Stäbe lag bei 88 bar, der mittlere Berstdruck bei 68 bar und die mittlere Bersttemperatur für die 25 Innenstäbe des Bündels etwa bei 800 °C. Das Bersten der Stabhüllen erfolgte frühzeitig in der Flutphase bei nahezu konstantem Hüllrohrtemperaturplateau. Das Zeitintervall des Berstens der 25 Innenstäbe betrug 23,7 Sekunden. Mit dem Wiederbenetzen des oberen beheizten Bündelendes wurde die Leistung abgeschaltet. Abb. 9 zeigt schematisch die Versuchsführung.



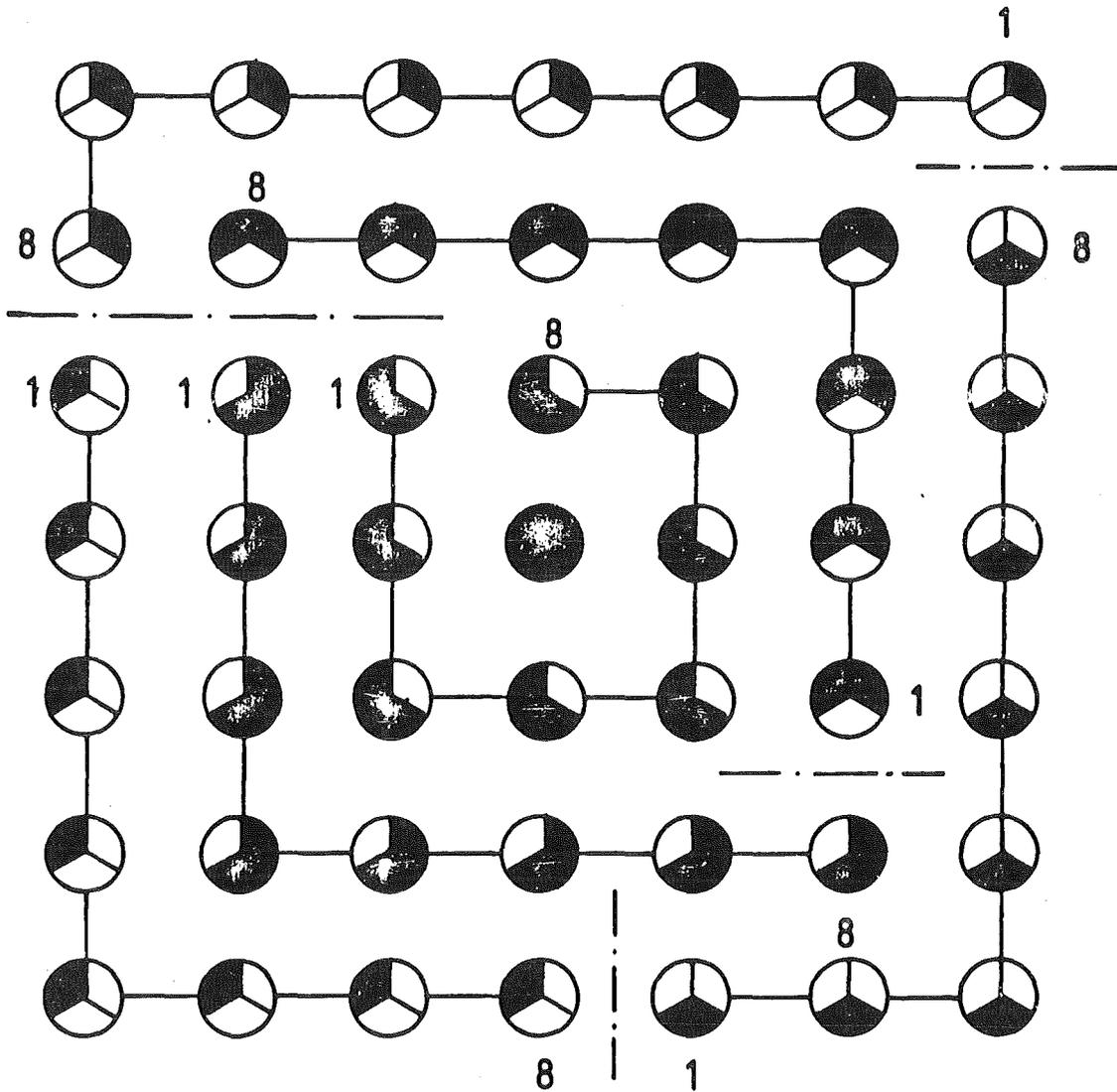
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1 Teststrecke | 2 Wasserauswurf- |
| 2 Wasserauswurf- | 3 Containment- |
| 3 Containment- | 4 Dampfumformer |
| 4 Dampfumformer | 5 Kondensator |
| 5 Kondensator | 6 Speisewasser- |
| 6 Speisewasser- | 7 Kühlmittelpumpe |
| 7 Kühlmittelpumpe | 8 Wasservorwärmer |
| 8 Wasservorwärmer | 9 Dampfkessel |
- I Wiederauffüllphase
II Flutphase

- Bezeichnungen
in Abb. 6
- | | |
|-----|--------------|
| 2 | 3.1 |
| 5 | 12 |
| 4 | 14 |
| 3.1 | 15 |
| 12 | 6.2 u. 6.3 |
| 14 | Anfahrkessel |



Abb. 1 Versuchskreislauf für Hüllrohrverformungsexperimente Bündel - Tests

49 Stab-Bündel



Transduktor 1

- Phase 1
- Phase 2
- Phase 3

Transduktor 2

- Phase 1 + ○ } außerhalb
- Phase 2 + ○ } Teststrecke
- Phase 3 + ● } Zentralstab

KfK

Abb. 2 Phasenbelegung der Transduktoren

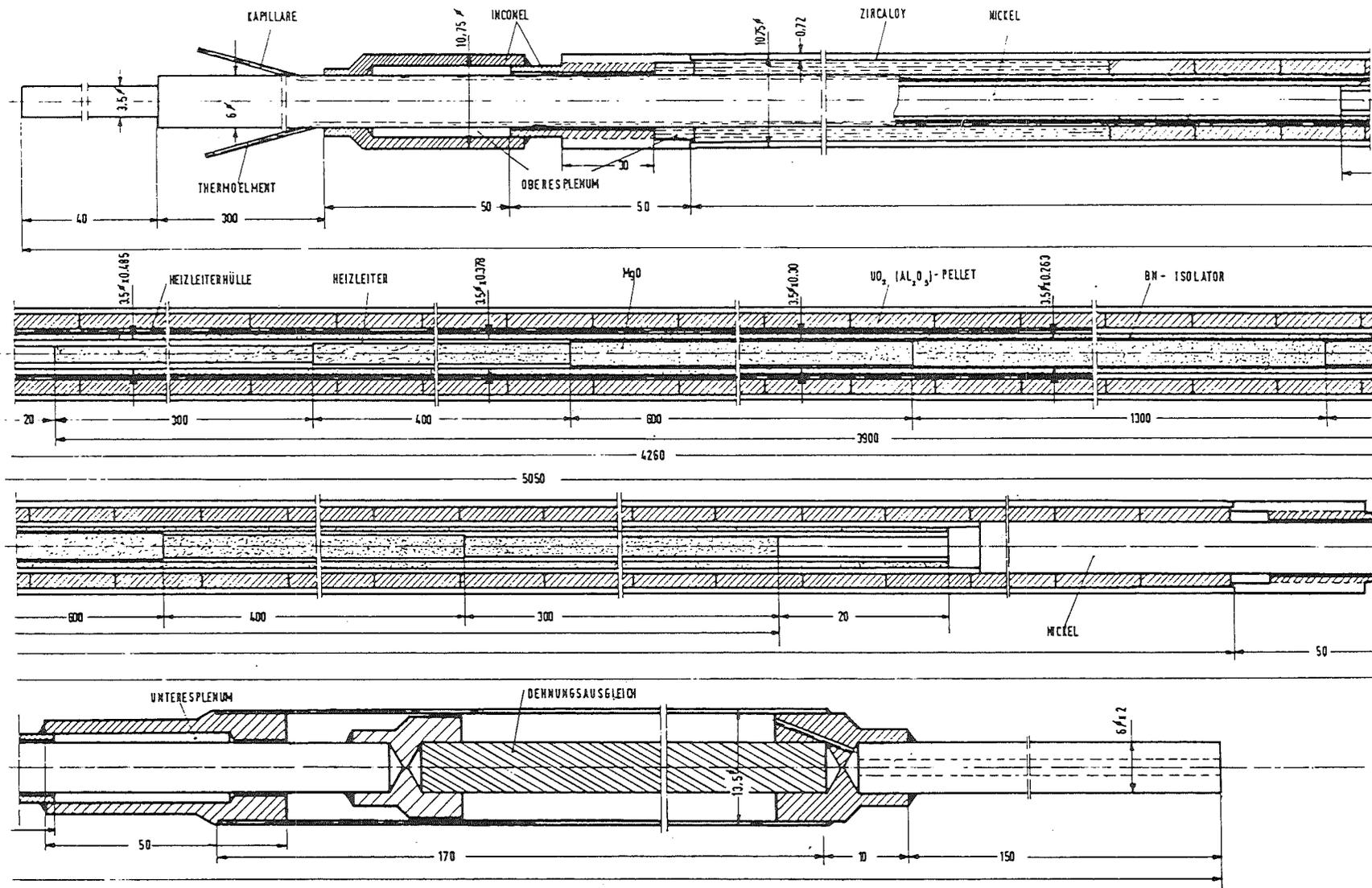


Abb. 3 REBEKA 5
Konstruktionszeichnung des Brennstabsimulators mit Stufenheizleiter

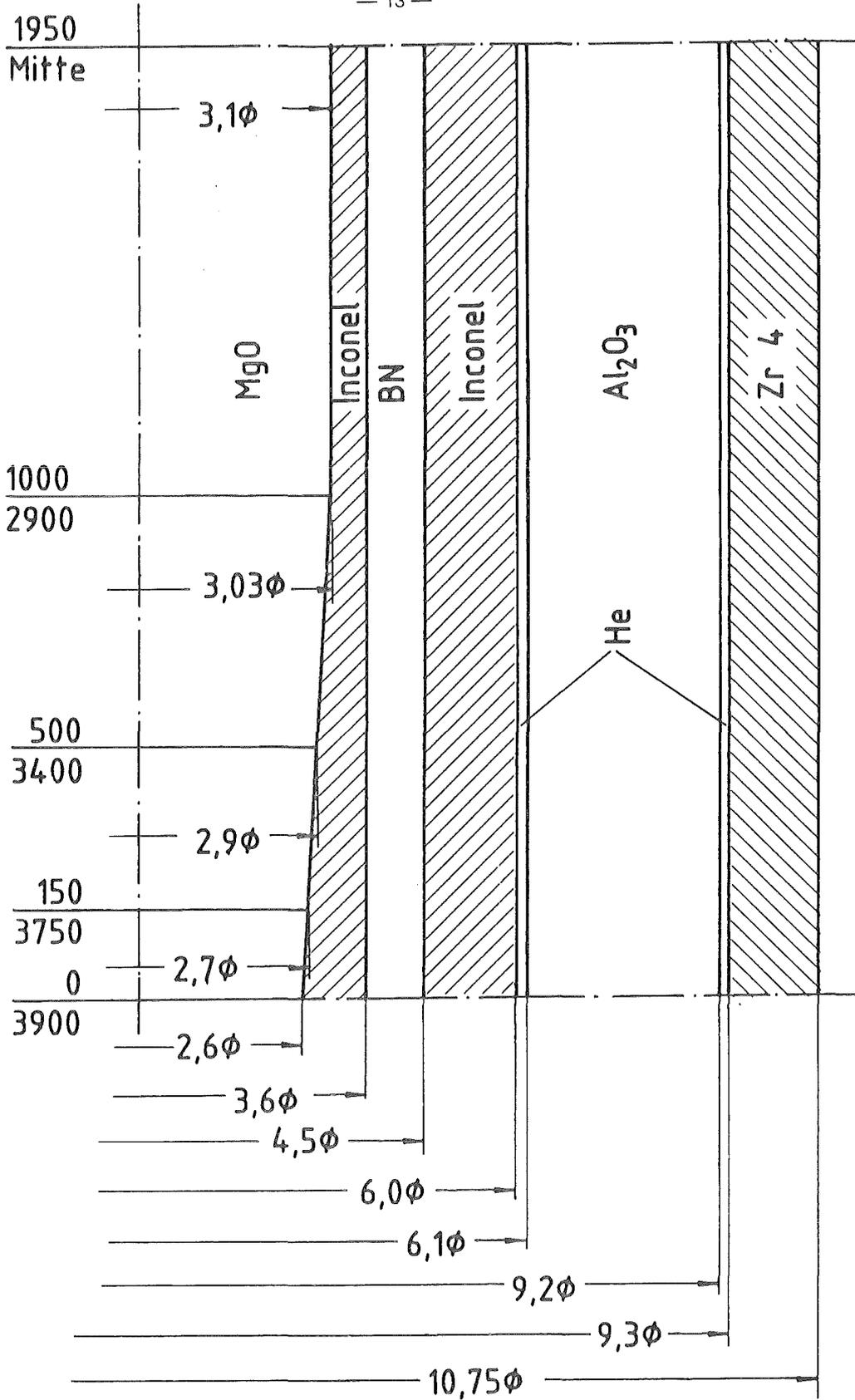


Abb. 4 Nennmaß des Brennstabsimulators

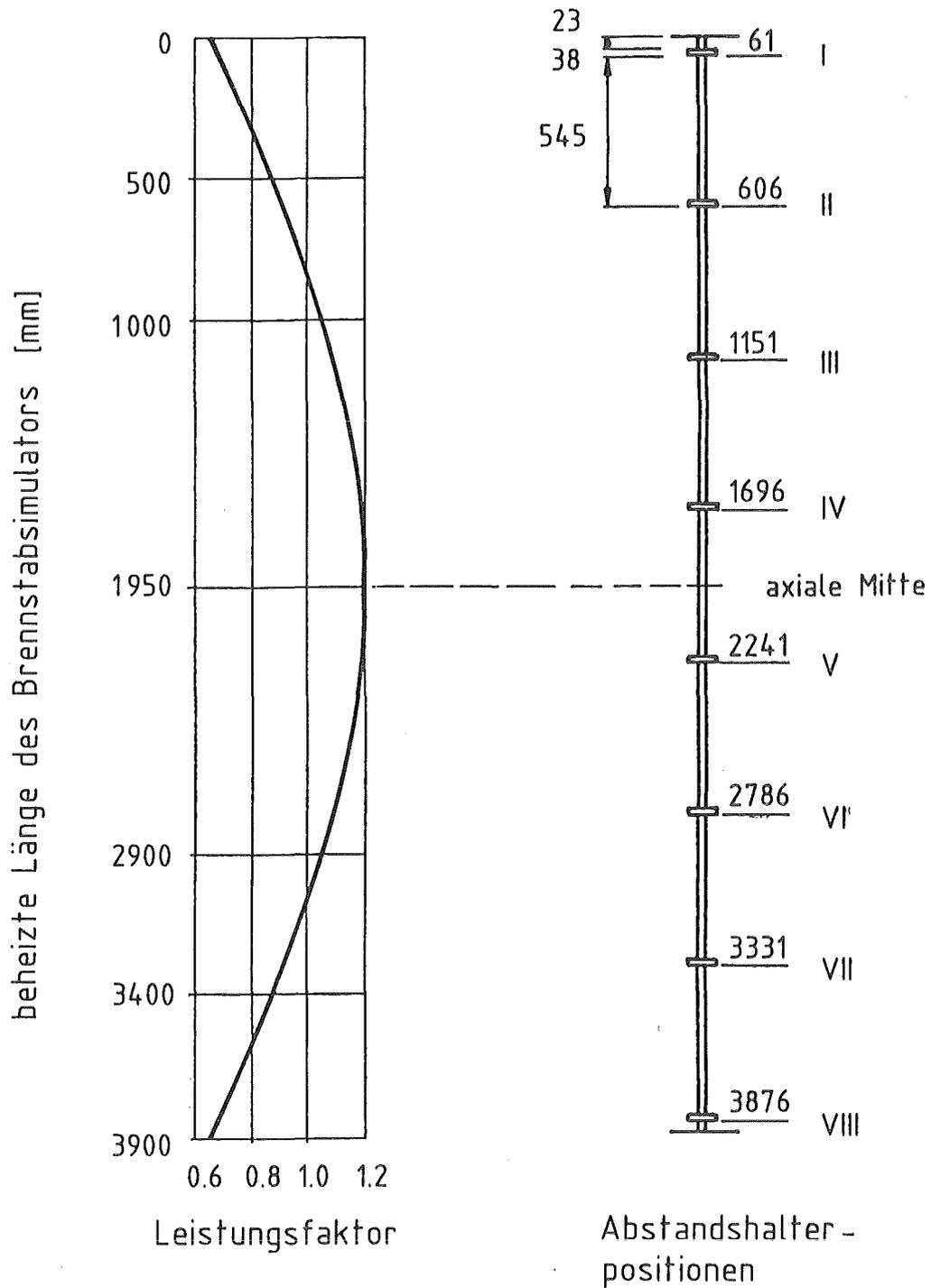


Abb. 5 Axiales Leistungsprofil des Brennstabsimulators und der Abstandshalteranordnung

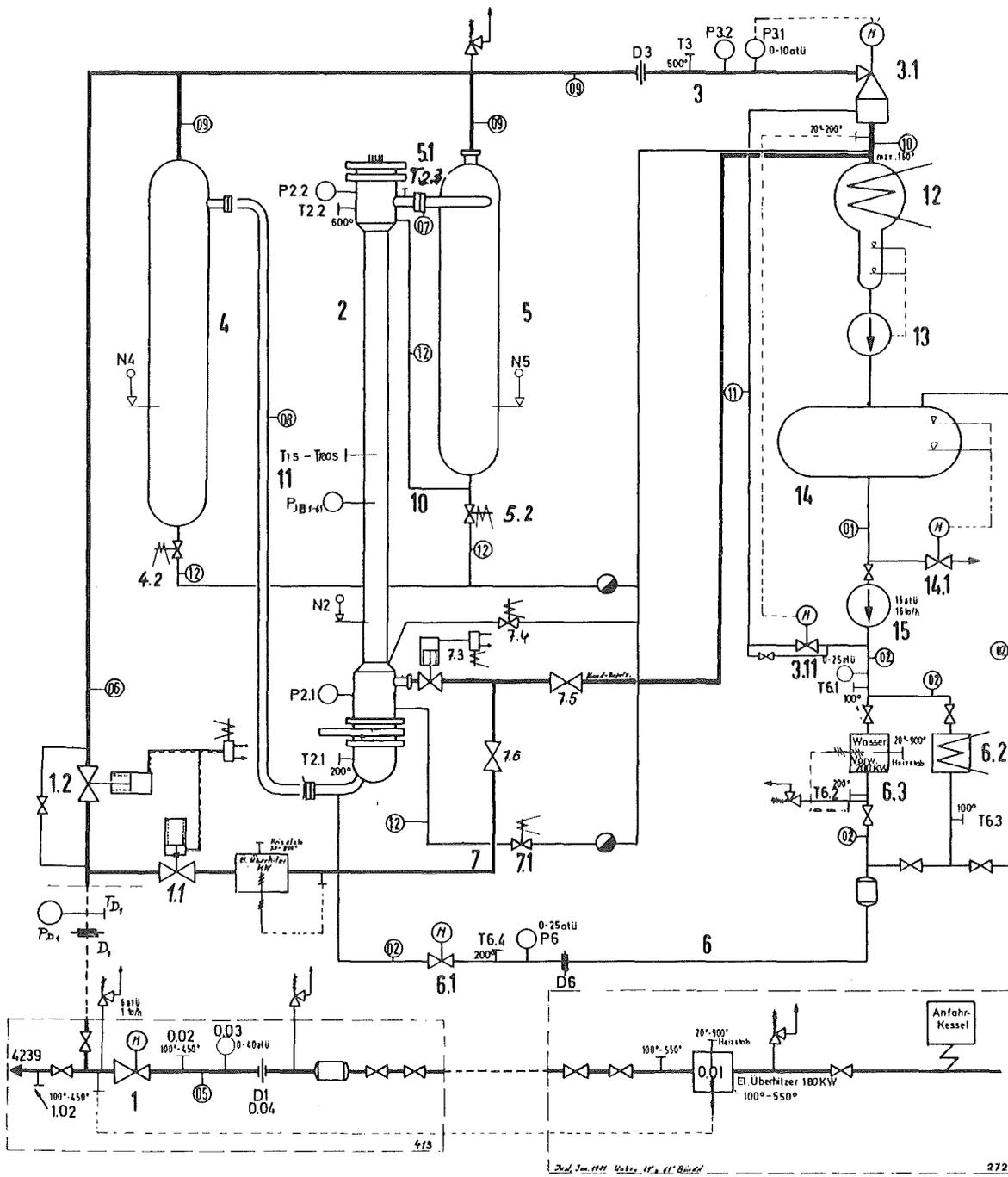
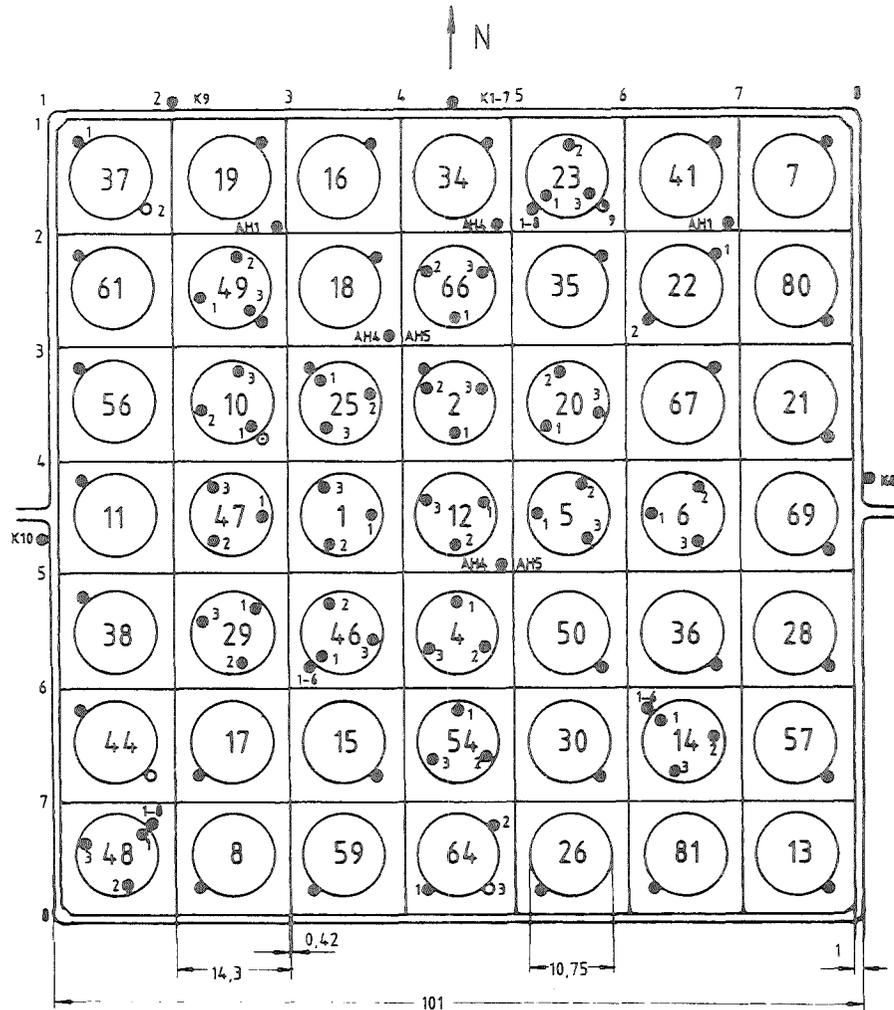


Abb. 6 Schaltbild der Teststrecke mit Temperatur-, Druck-, Niveau- und Durchflußmeßstellen



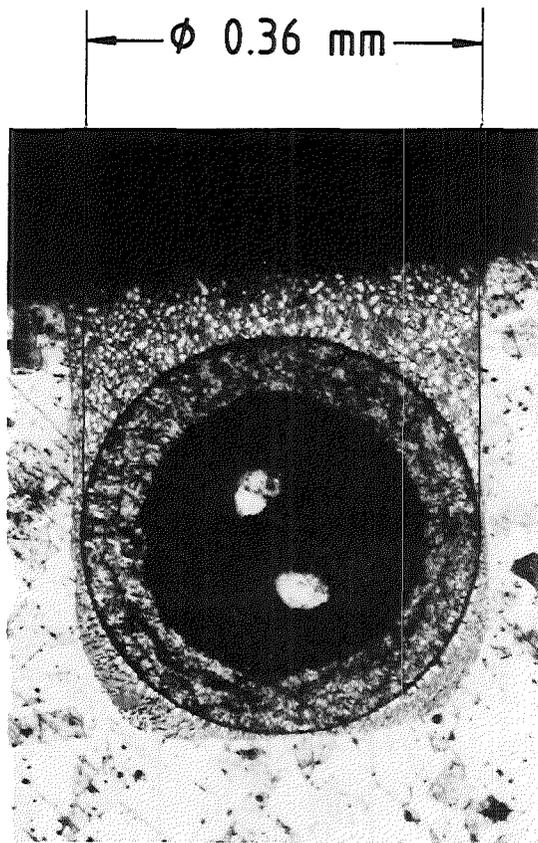
oberes beheiztes Bündelende = 0 mm
 unteres beheiztes Bündelende = 3900 mm

TE-Positionen werden in axialer Richtung von oben nach unten angegeben,
 z.B.: TH 46/3 - Stab 46, 3 TE in Tabelle auf 1807 mm

Position	Stab-Nr.	Ti-Posit.	TE-Positionen		Anzahl TE
			axial	axial /mm/	
1/1	37		axial	1950 Ispra Ø 1 - 1950(O)	2
1/2	19			1950	1
1/3	16			1950	1
1/4	34			1950	1
1/5	23		3x1950	150,500,1000,1950,2900,3400,3750,3900	12
1/6	41			1950 Ispra Ø 0,5 - 1950	1
1/7	7			1950	1
2/1	61			1950	1
2/2	49		3x1950	1950	4
2/3	18			1950	1
2/4	66		3x1950		3
2/5	35			1950	1
2/6	22			2x1950	2
2/7	80			1950	1
3/1	56			1950	1
3/2	10		3x1950	1950 Ispra Ø 0,5 - 1950 (O)	5
3/3	25		3x1950	1950	4
3/4	2		3x1950	1950	4
3/5	20		3x1950		3
3/6	67			1950	1
3/7	21			1950	1
4/1	11			1950	1
4/2	47		3x1950		3
4/3	1		3x1950		3
4/4	12		3x1950		3
4/5	5		3x1950		3
4/6	6		3x1950		3
4/7	69			1950	1
5/1	38			1950	1
5/2	29		3x1950		3
5/3	46		3x1950	1677,1707,1807,1950,2057,2157	9
5/4	4		3x1950		3
5/5	50			1950	1
5/6	36			1950	1
5/7	28			1950	1
6/1	44			1950 Ispra Ø 1 - 1950	2
6/2	17			1950	1
6/3	15			1950	1
6/4	54		3x1950		3
6/5	30			1950	1
6/6	14		3x1950	1677,1707,1807,1950,2057,2157	9
6/7	57			1950	1
7/1	48		3x1950	150,500,1000,1950,2900,3400,3750,3900	11
7/2	8			1950	1
7/3	59			1950	1
7/4	64			1950 Ispra Ø 0,5 u. Ø 1 - 1950	3
7/5	26			1950	1
7/6	81			1950	1
7/7	13			1950	1
Kästen				150,500,1000,1950,2900,3400,3750,3x1950	10
Fluid				Abstandshalter 1,4,5 5 mm unterhalb AH, 15 mm oberhalb AH	13

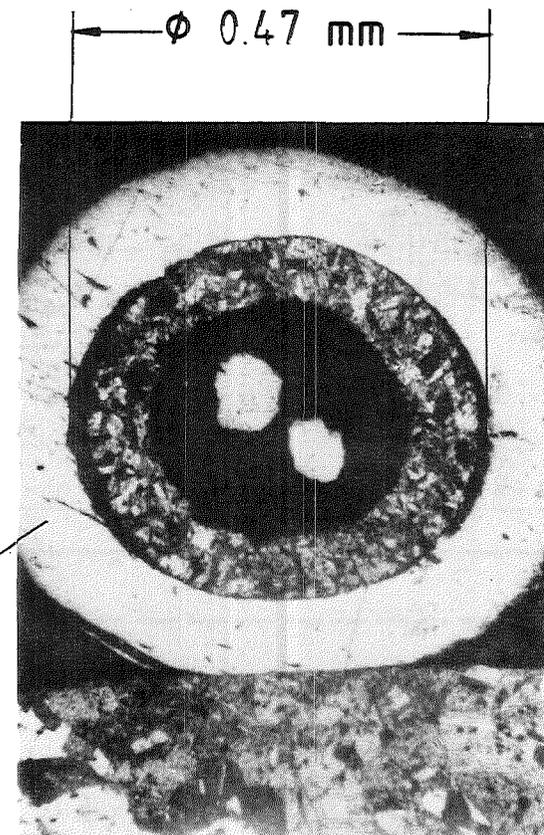


Abb. 7 Instrumentierungsplan des Bündels (Temperaturmeßstellen)



Thermoelement in Heizstabhülle eingebettet (TI)

Pt-Hülse



Thermoelement mit Platinhülle auf Zircaloy-Hülle aufgepunktet (TH)

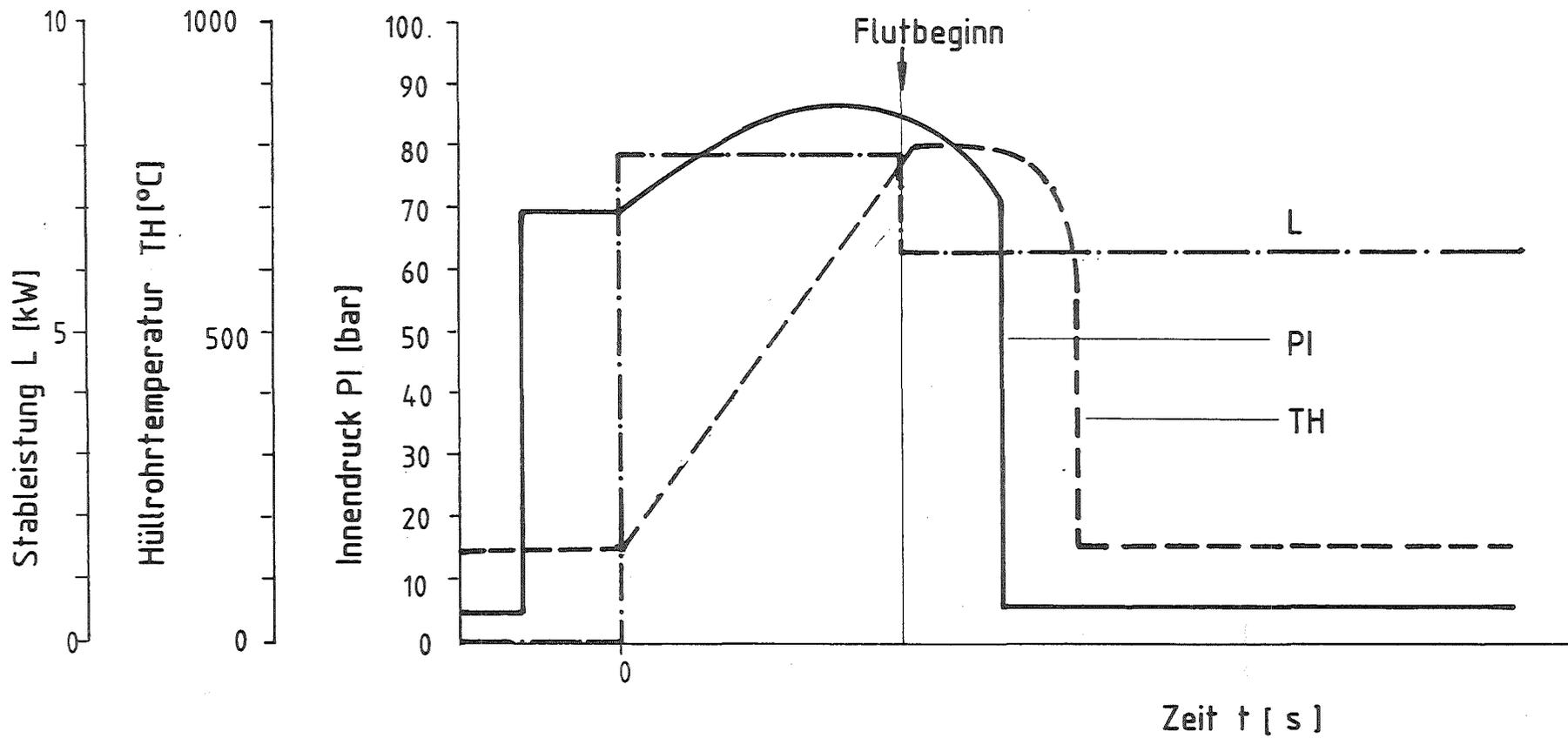


Abb. 9 REBEKA 5
Schematische Darstellung der Versuchsführung

3. Versuchsdaten:

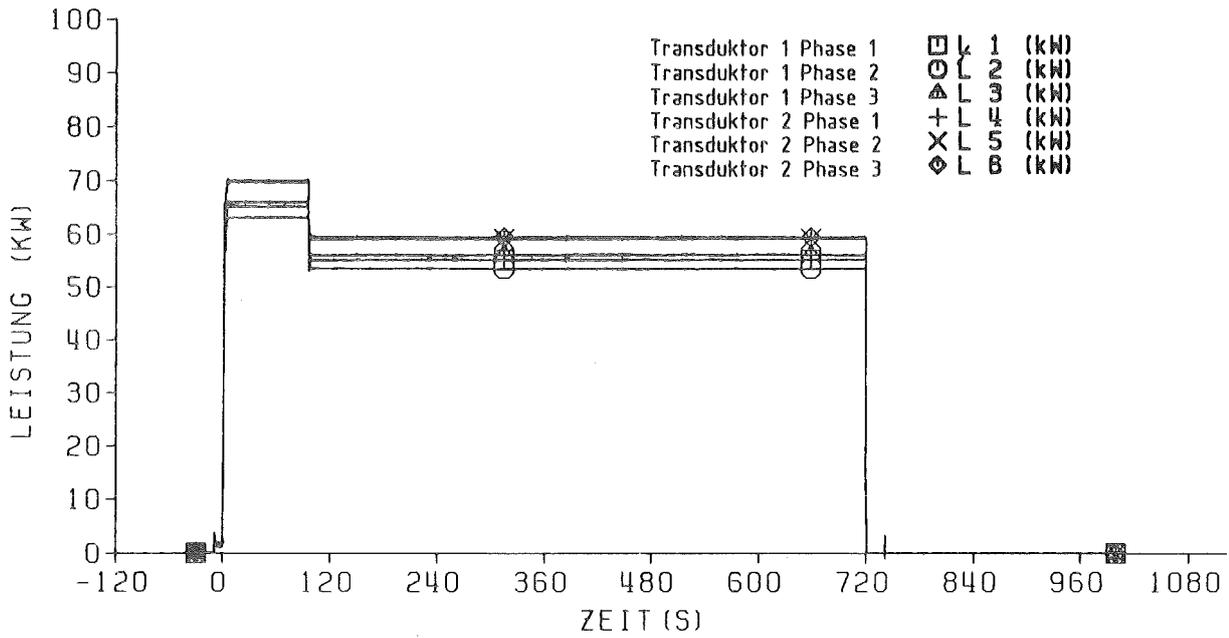
3.1 Systemdaten der Versuchsanlage

3.1.1 Elektrische Phasenleistungen des Bündels (Abb. 10)

3.1.2 Drücke und Temperaturen in der Versuchsanlage (Abbn. 11 und 12)

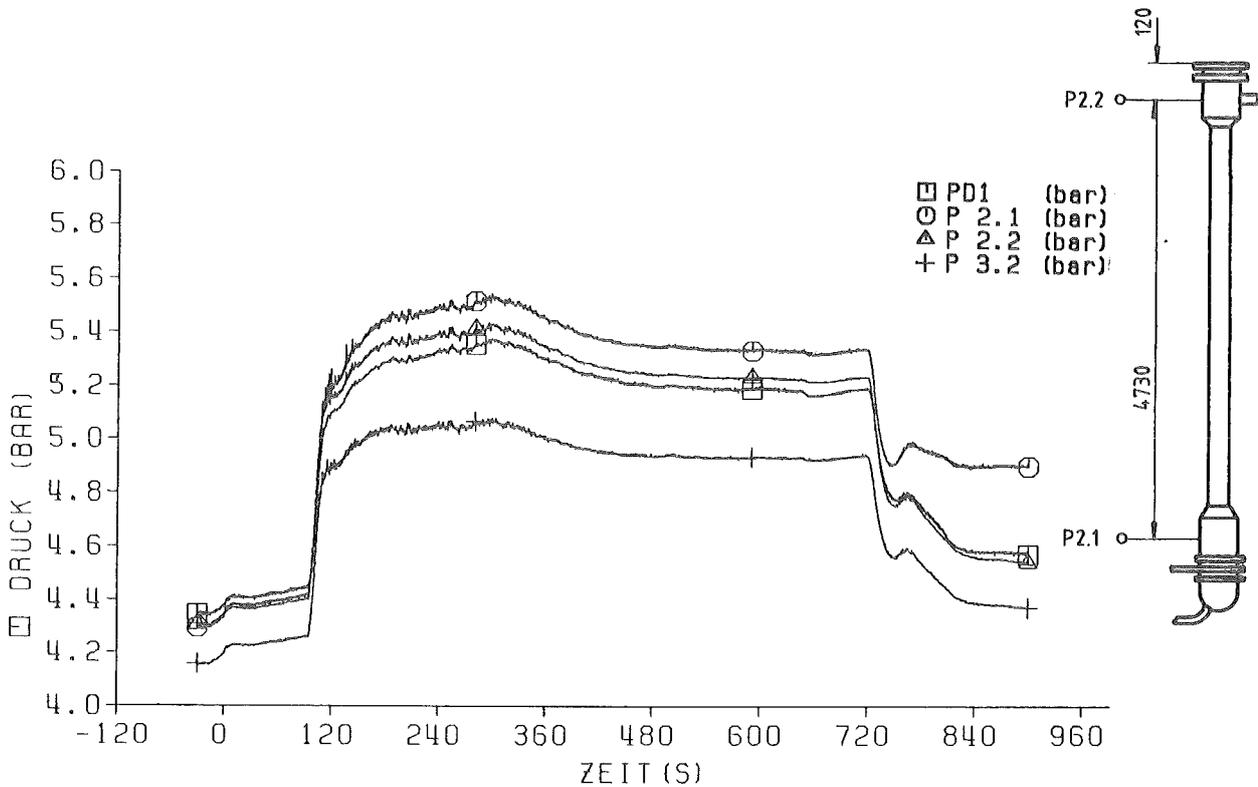
3.1.3 Massendurchsätze in der Versuchsanlage (Abb. 13)

3.1.4 Wasserstände in Teststrecke und Behälter 5 (Abb. 14)



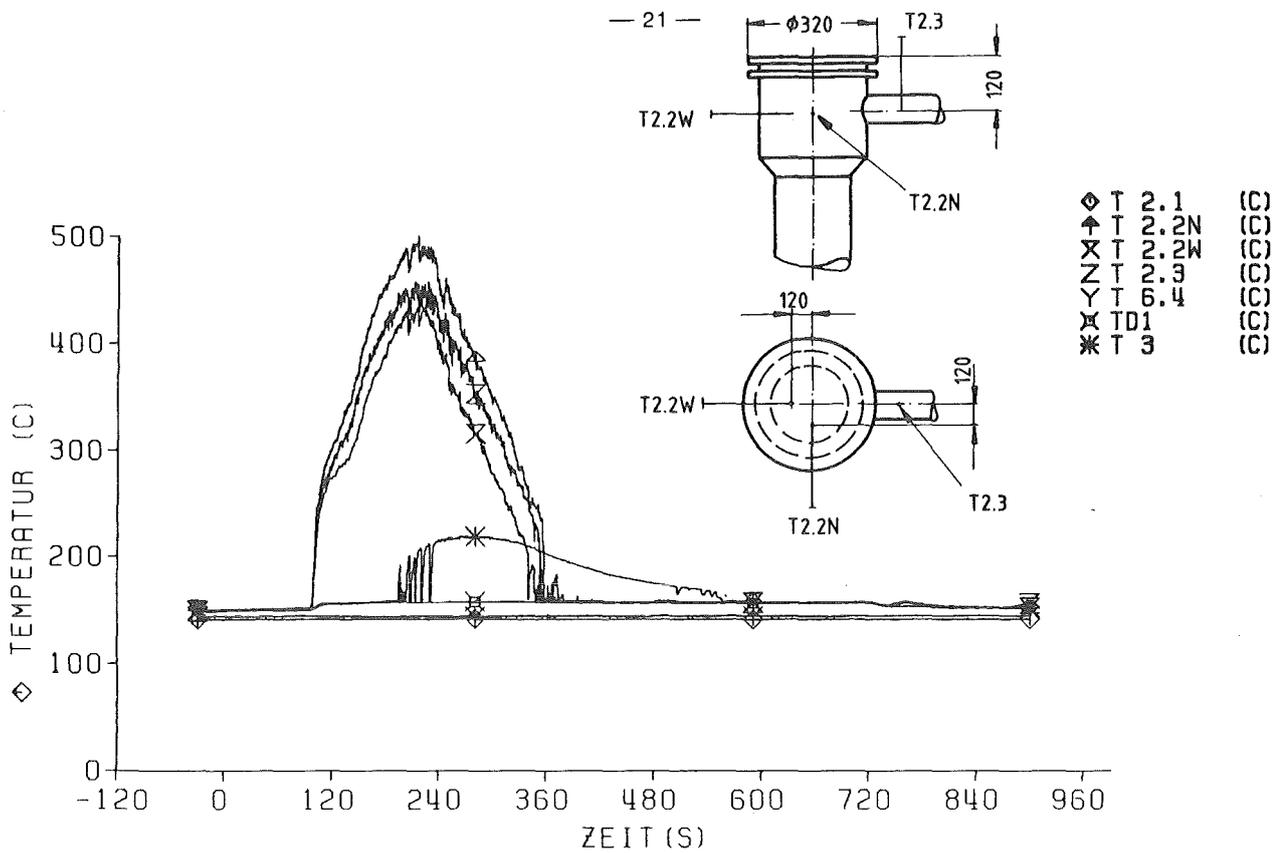
REBEKA 5

Abb: 10 Elektrische Leistungen für Stäbeheizung



REBEKA 5

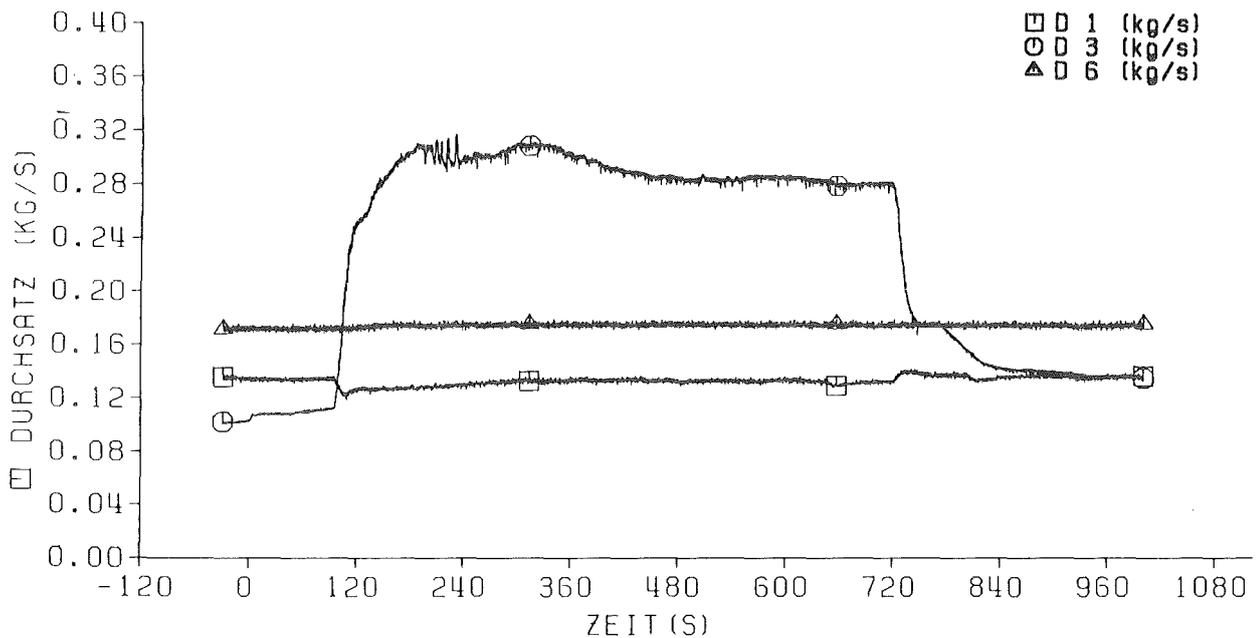
Abb: 11 Drücke in der Versuchsanlage



KIK TRB

REBEKA 5

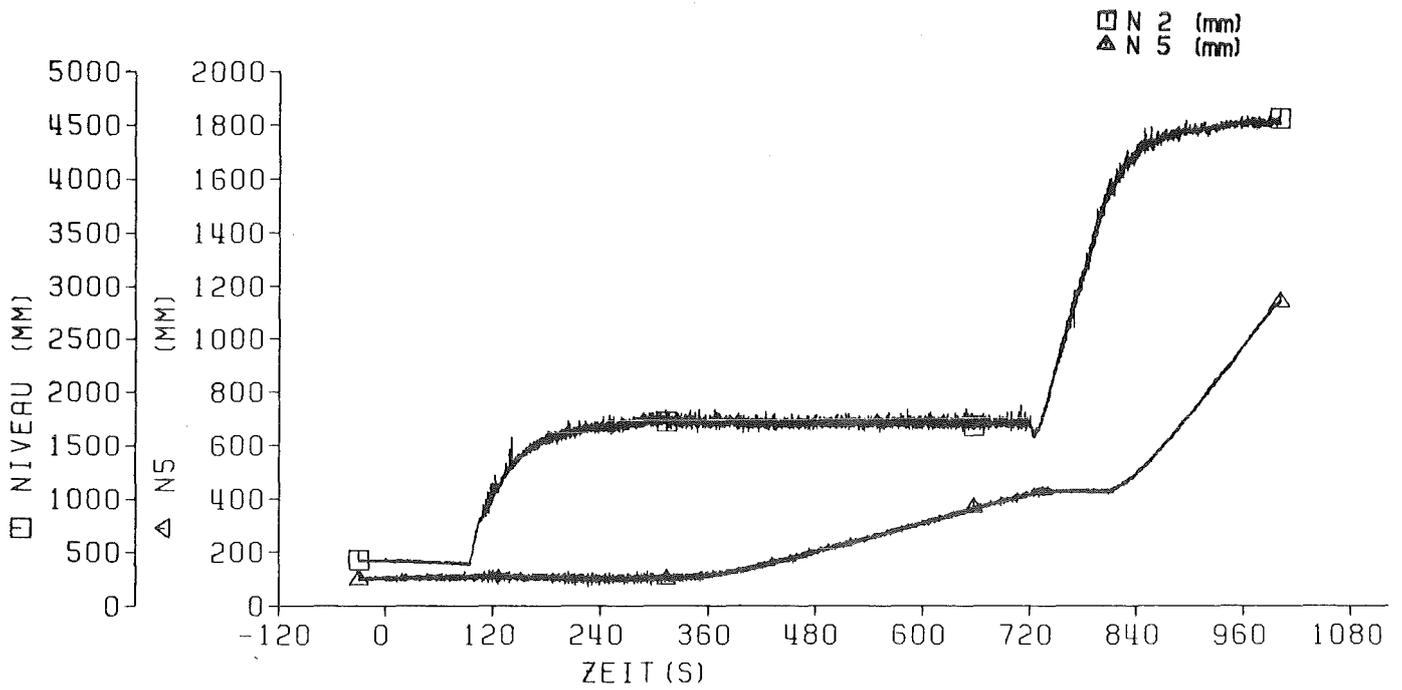
Abb: 12. Temperaturen in der Versuchsanlage



KIK TRB

REBEKA 5

Abb: 13. Massendurchsätze in der Versuchsanlage



REBEKA 5
Abb: 14. Wasserstand Teststrecke und Behälter 5

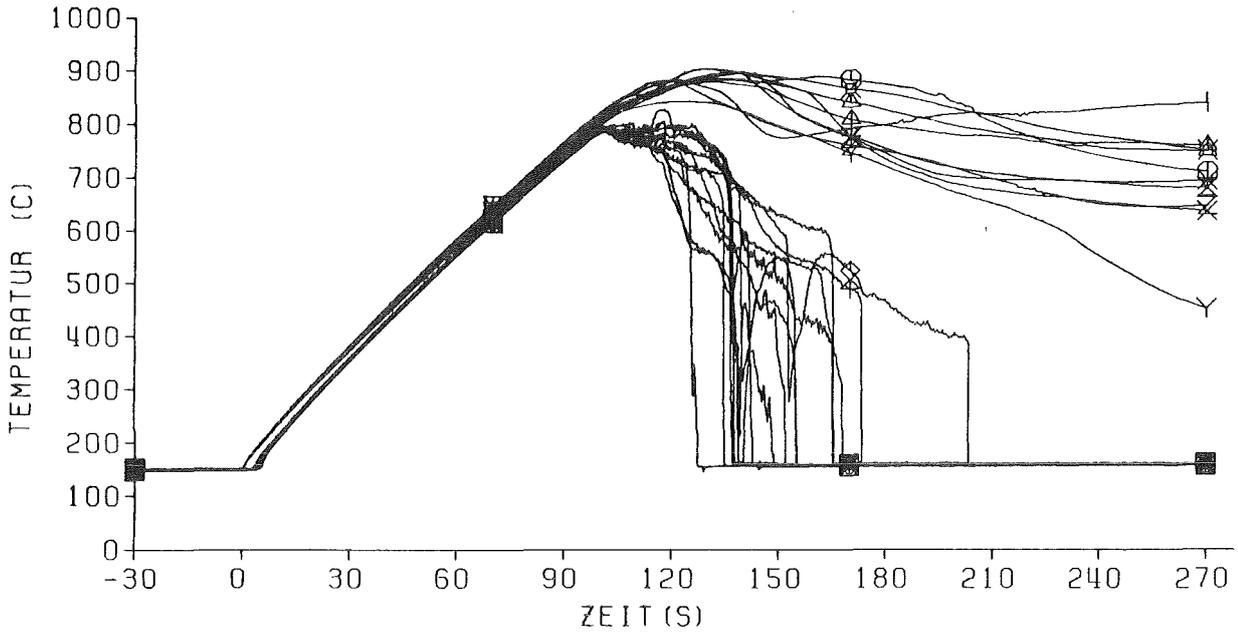
3.2 Überblick über Versuchsablauf

3.2.1 Temperaturverlauf der 25 Innenstäbe (Abb. 15)

3.2.2 Druckverlauf der 25 Innenstäbe (Abb. 16)

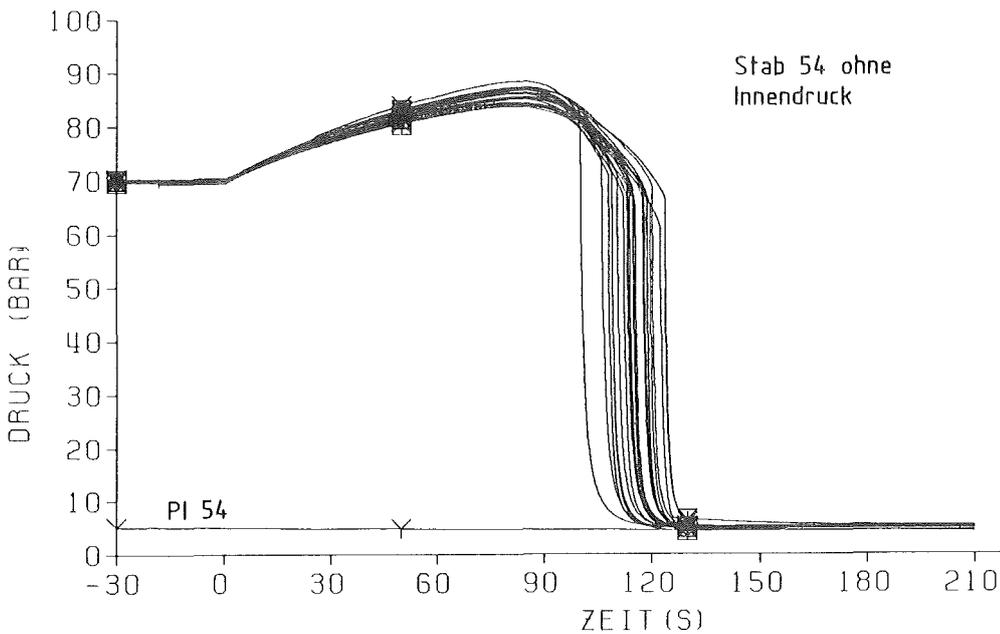
Da die äußere Reihe der Brennstabsimulatorhüllen durch den Einfluß der kälteren Kastenwand unter azimuthalen Temperaturunterschieden verformte, werden für die Beurteilung des Versuchsablaufs nur die Drücke und Temperaturen der 25 inneren Stäbe dargestellt. Da nicht alle Hüllen mit Außenthermoelementen versehen waren, werden zur Darstellung der Temperatur-Zeit-Verläufe des Bündels ersatzweise die Heizstabhüllentemperaturverläufe dargestellt (oberer Kurvenzug in der Aufheizrampe).

Stab 54 wurde nur mit etwa 5 bar beaufschlagt, da die untere Sprengschweißverbindung zwischen dem Inconelrohr des unteren Stabplenums und der Hülle eine Undichtigkeit aufwies und austretendes Helium die Kühlverhältnisse während der Flutphase in nicht überschaubarer Weise beeinflusst hätte. Bei 5 bar Druckaufgabe war die Undichtigkeit ohne Einfluß auf das Zweiphasengemisch.



REBEKA 5

Abb: 15 Temperaturverläufe der 25 Innenstäbe

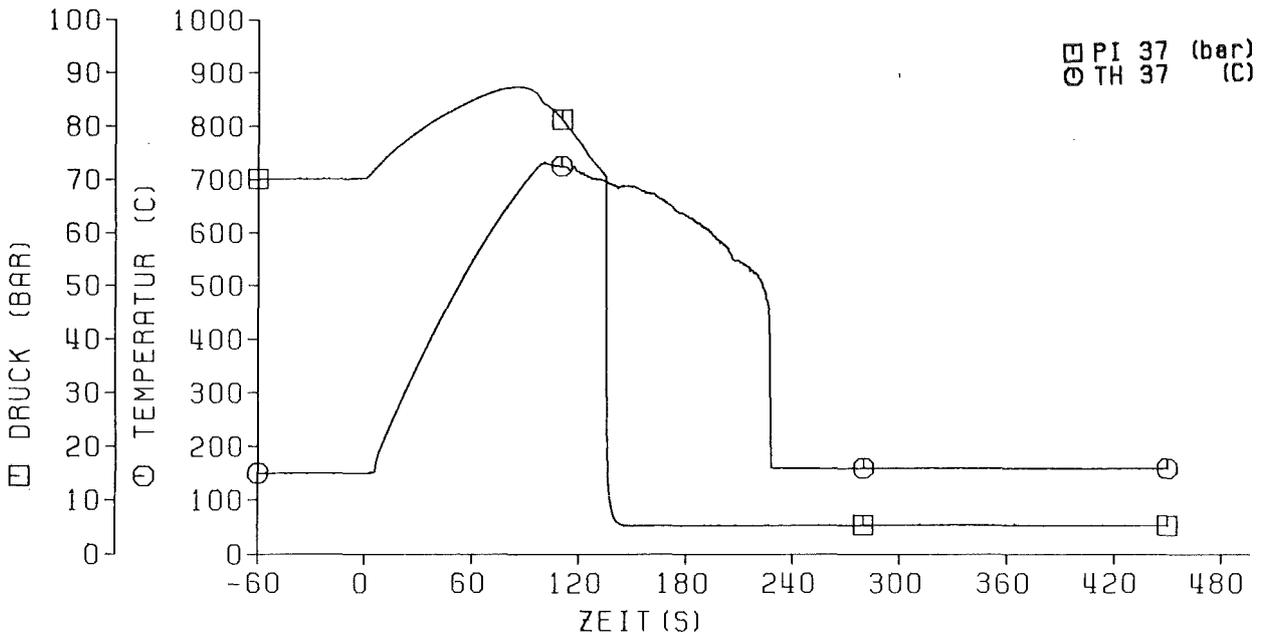


REBEKA 5

Abb: 16 Druckverläufe der 25 Innenstäbe

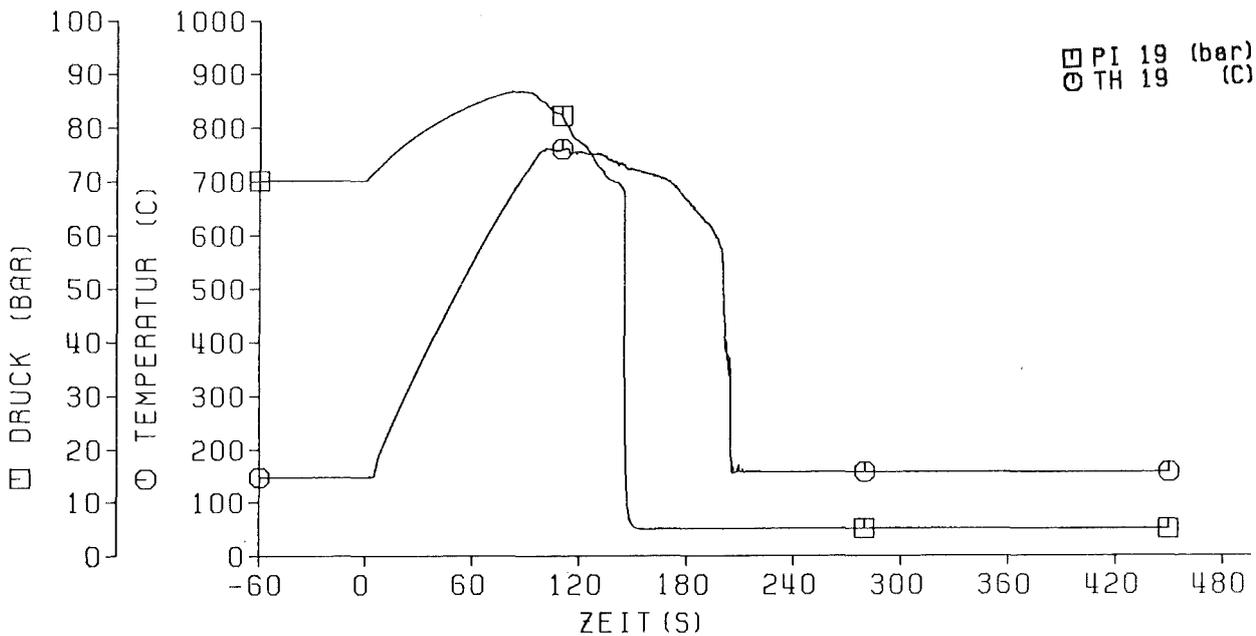
3.3 Temperatur- und Druckgeschichte aller 49 Einzelstäbe (Abbn. 17 - 65)

Die Temperaturmeßstellen befinden sich in axialer Mittelebene des Bündels. Falls keine Außenthermoelemente auf der Zircaloy-4-Hülle vorhanden waren, sind die Temperaturverläufe der Heizstäbe graphisch dargestellt.



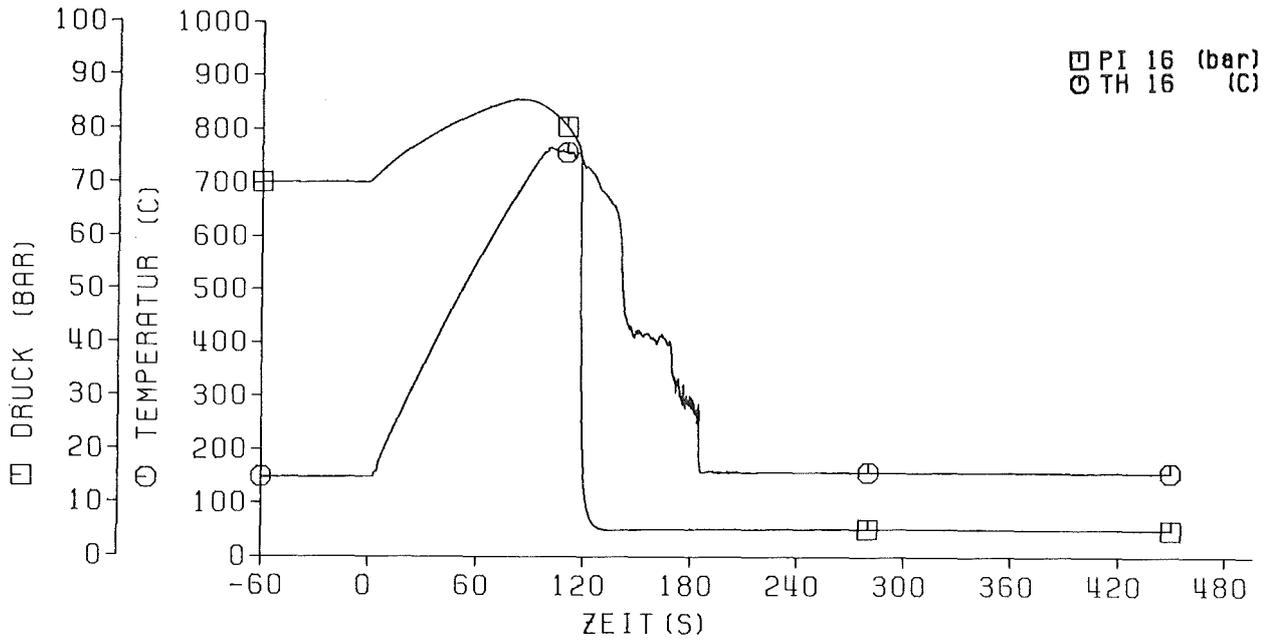
REBEKA 5

Abb: 17 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 37



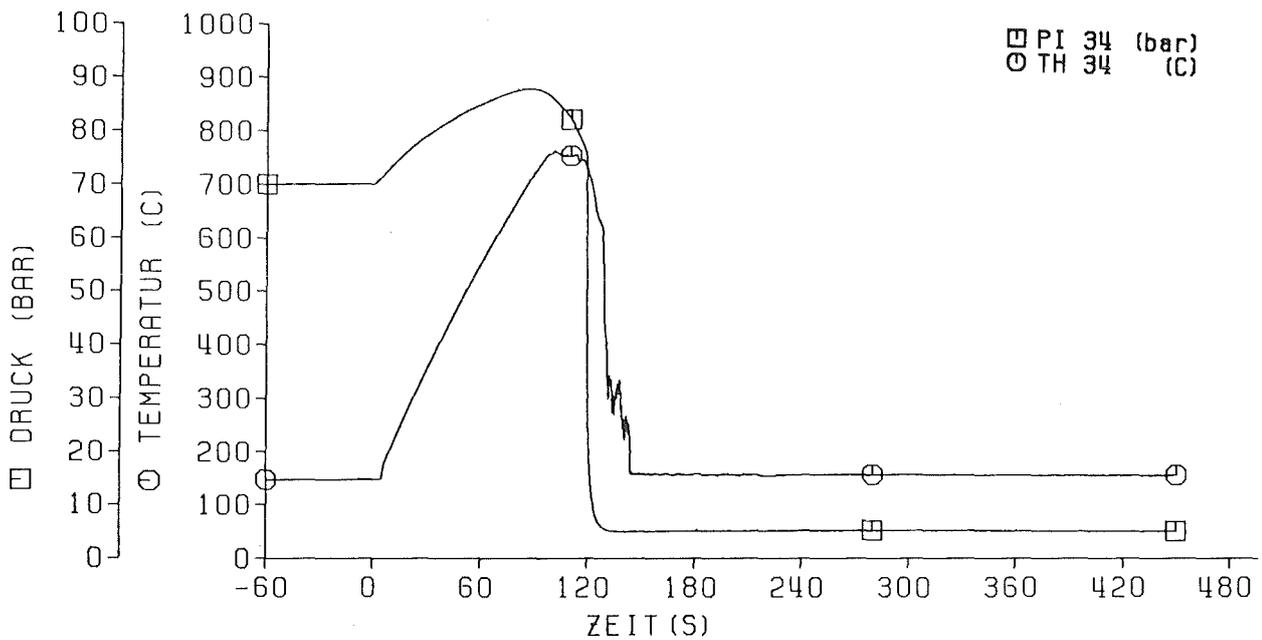
REBEKA 5

Abb: 18 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 19



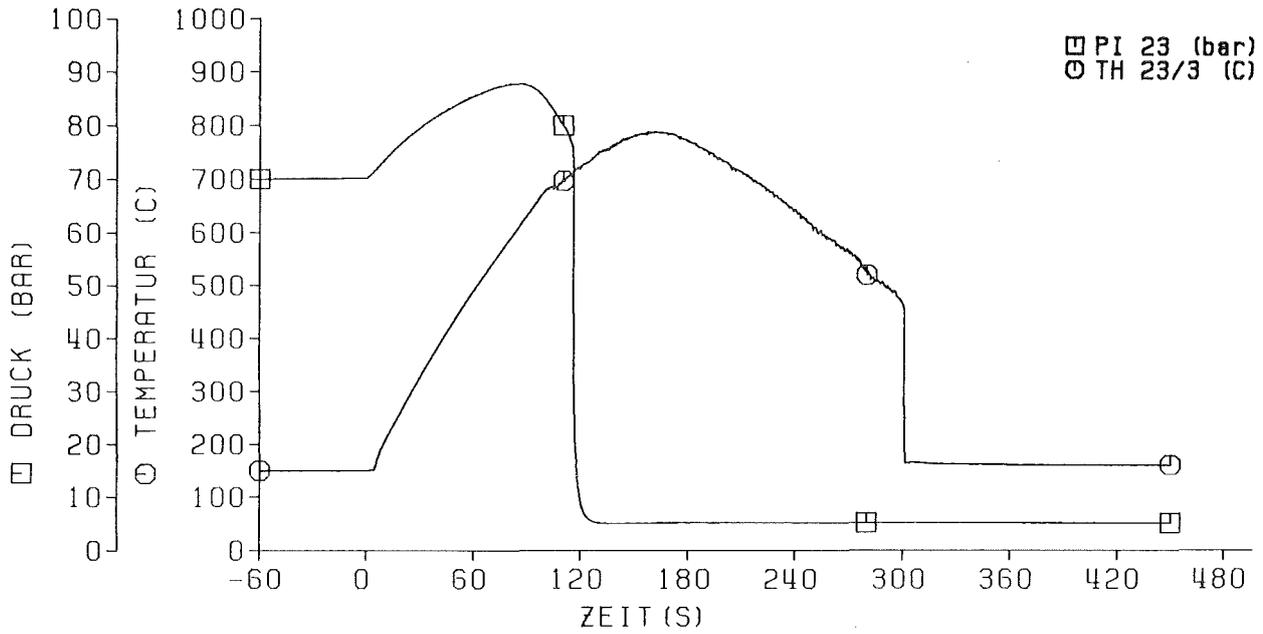
KIK TRB

REBEKA 5
Abb: 19 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 16



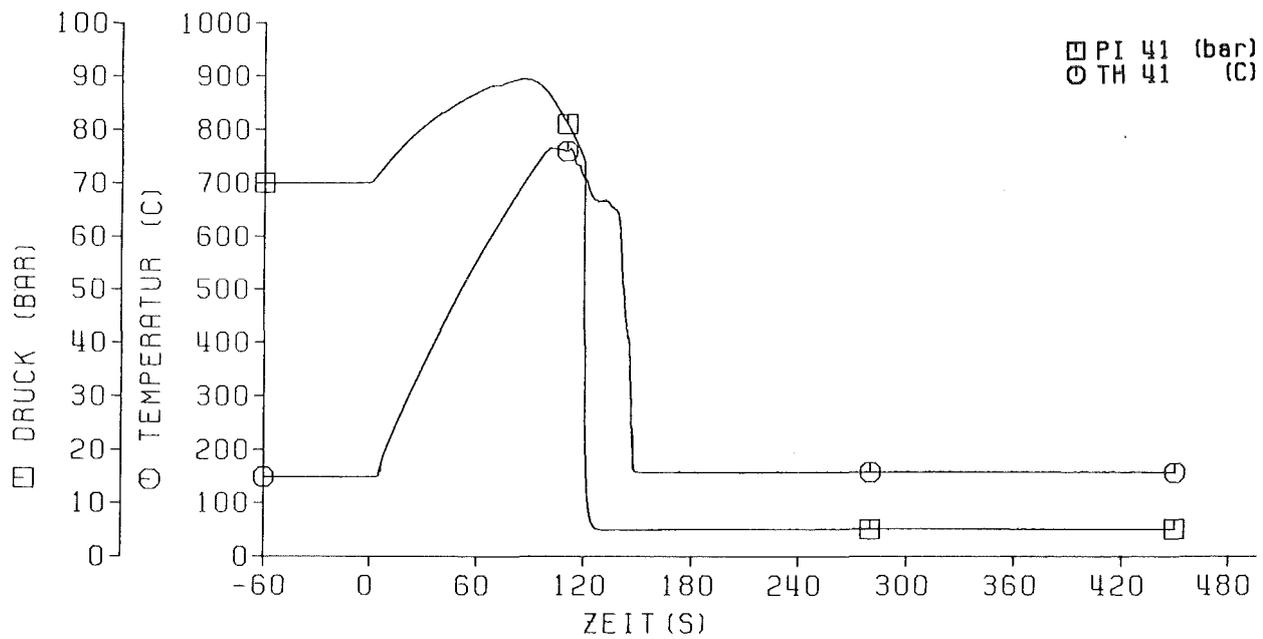
KIK TRB

REBEKA 5
Abb: 20 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 34



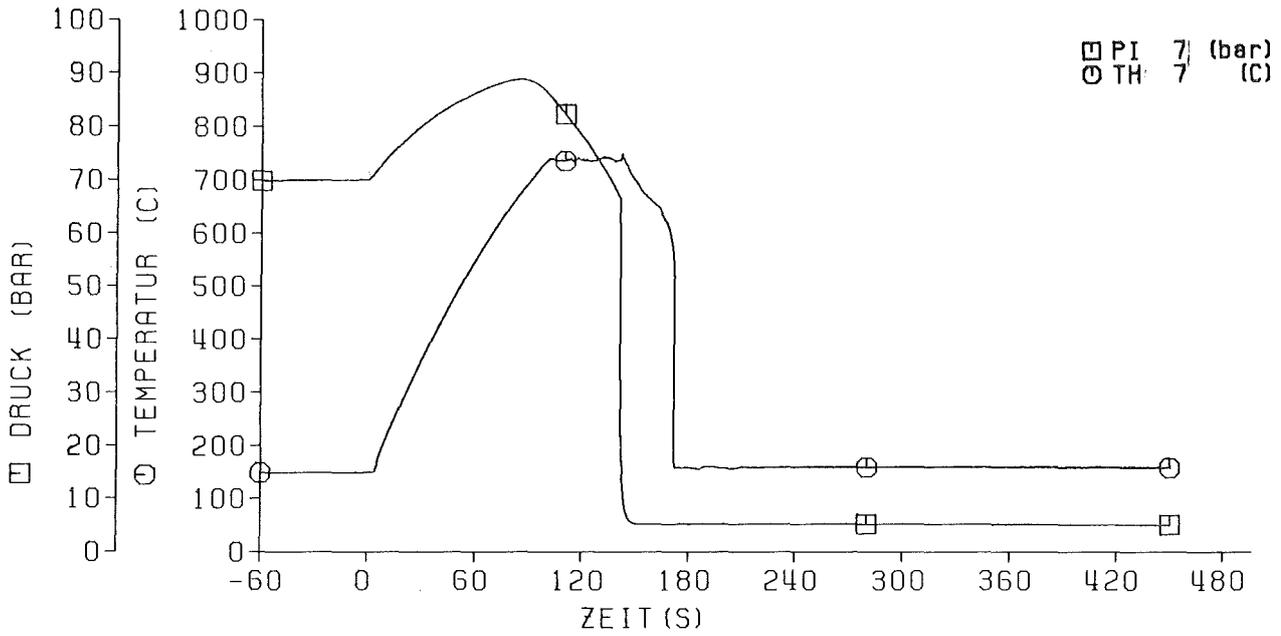
REBEKA 5

Abb: 21 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 23

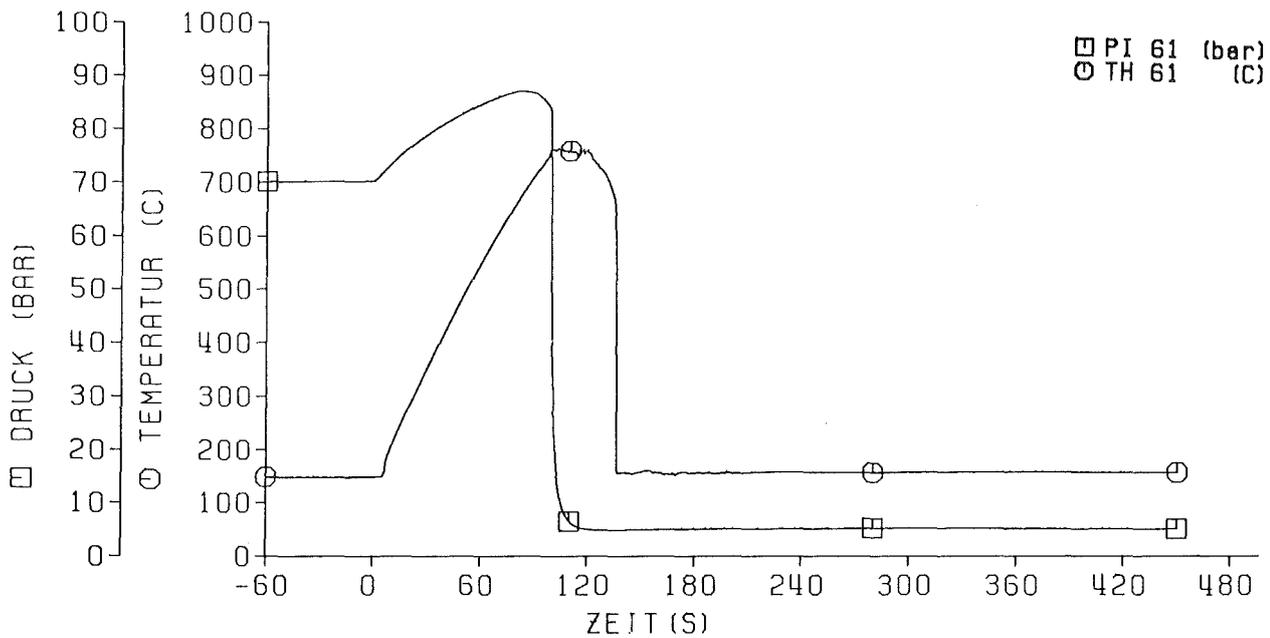


REBEKA 5

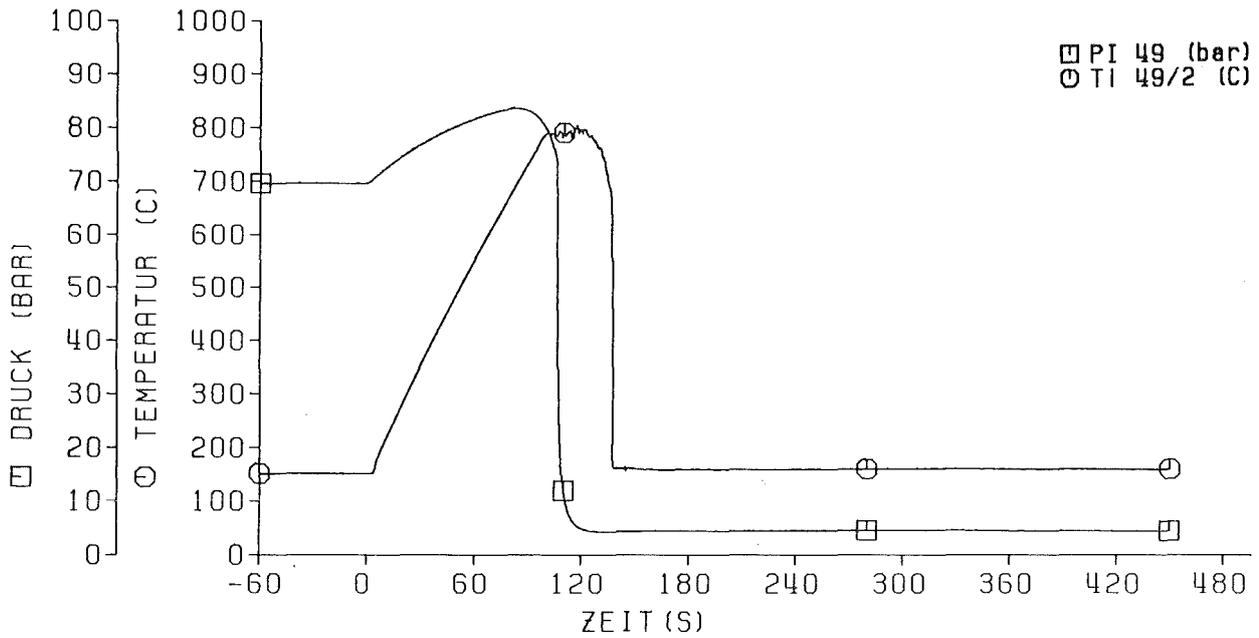
Abb: 22 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 41



REBEKA 5
Abb: 23: Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 7

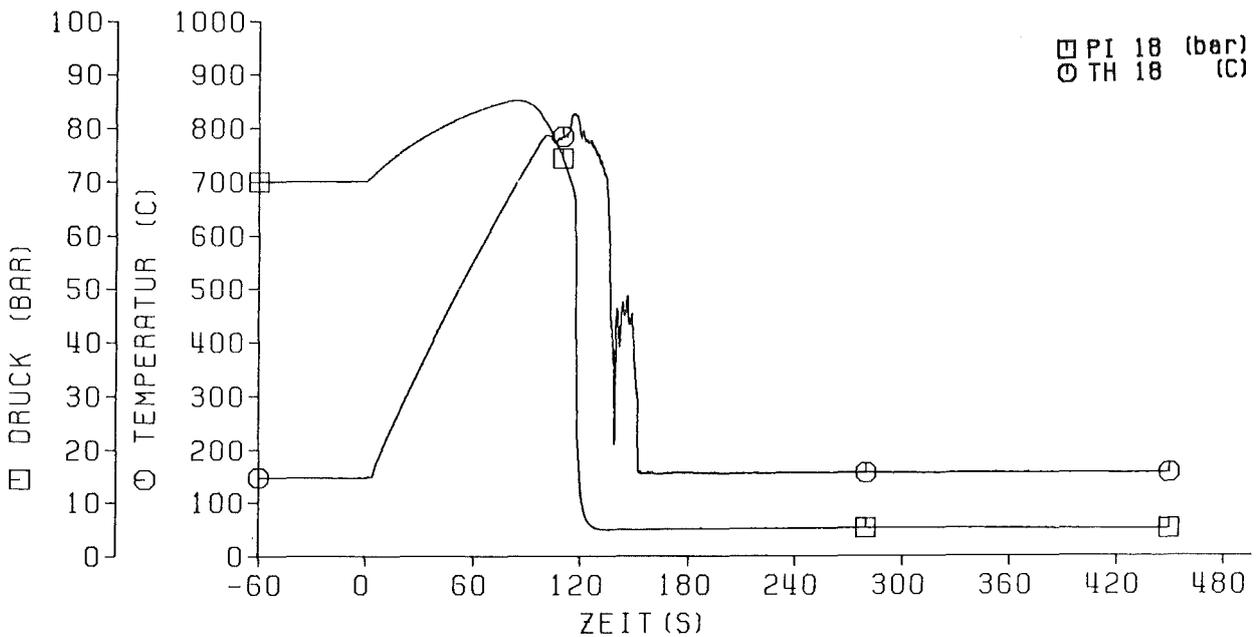


REBEKA 5
Abb: 24: Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 61



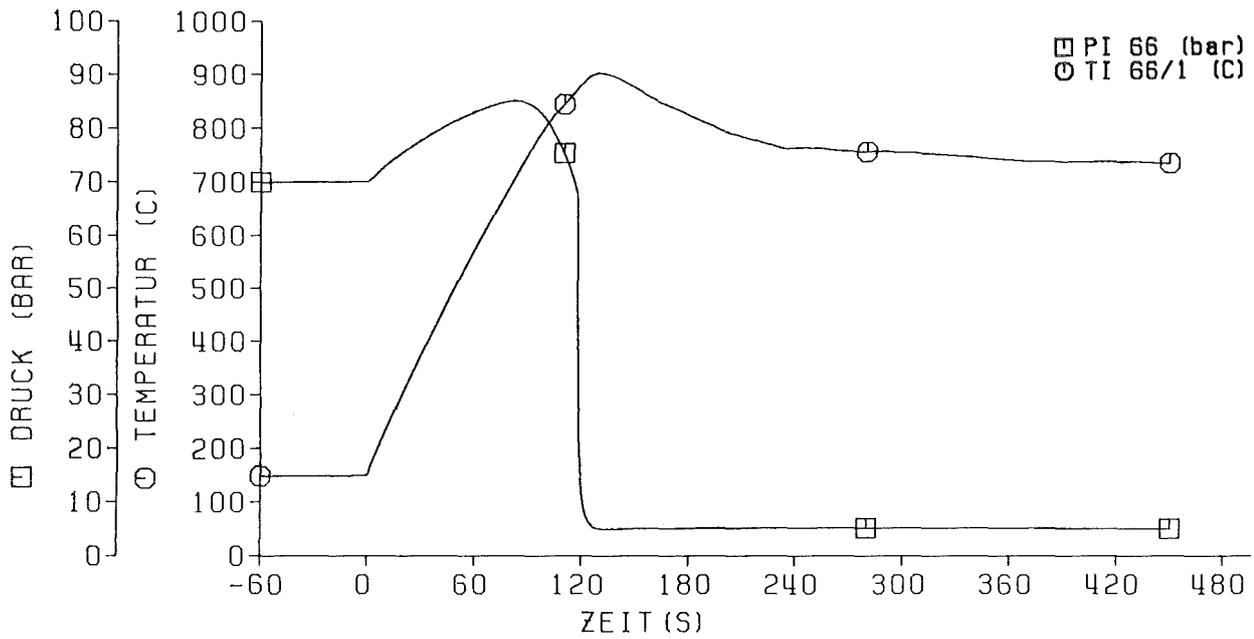
REBEKA 5

Abb: 25 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 49

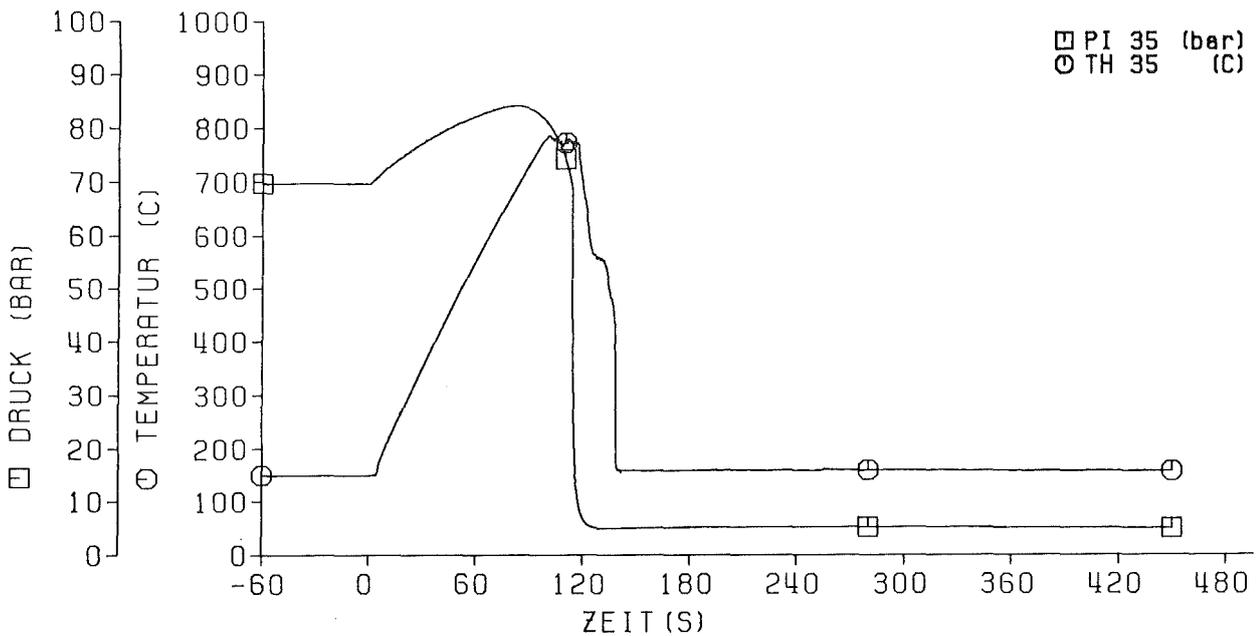


REBEKA 5

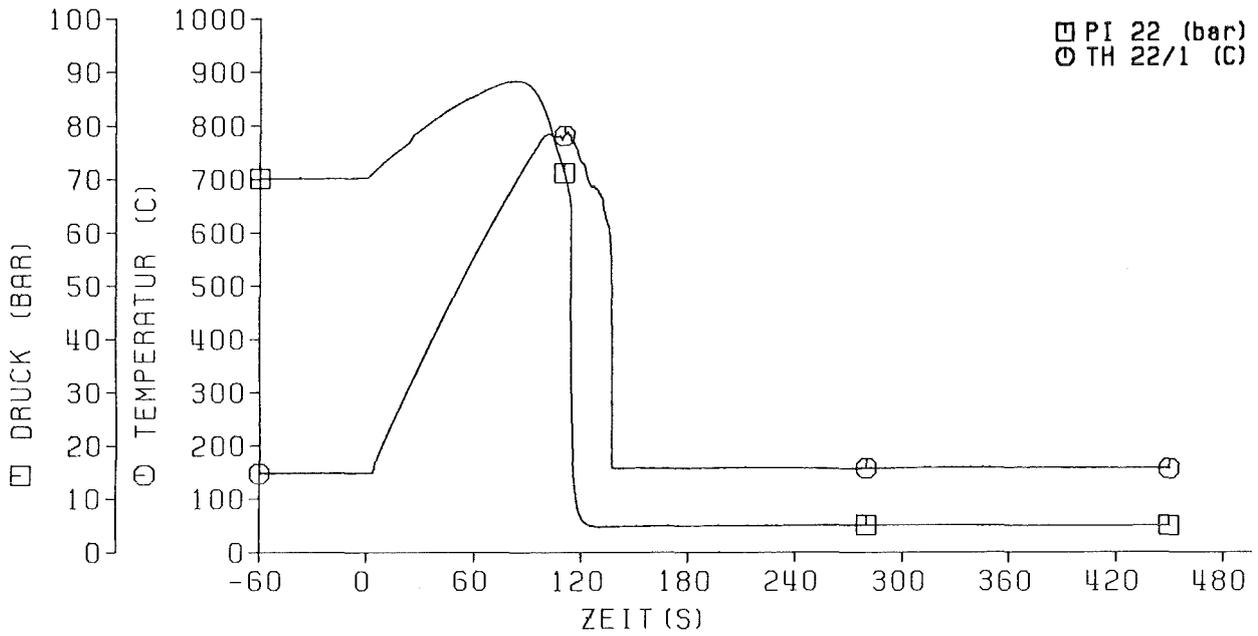
Abb: 26 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 18



REBEKA 5
Abb: 27. Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 66

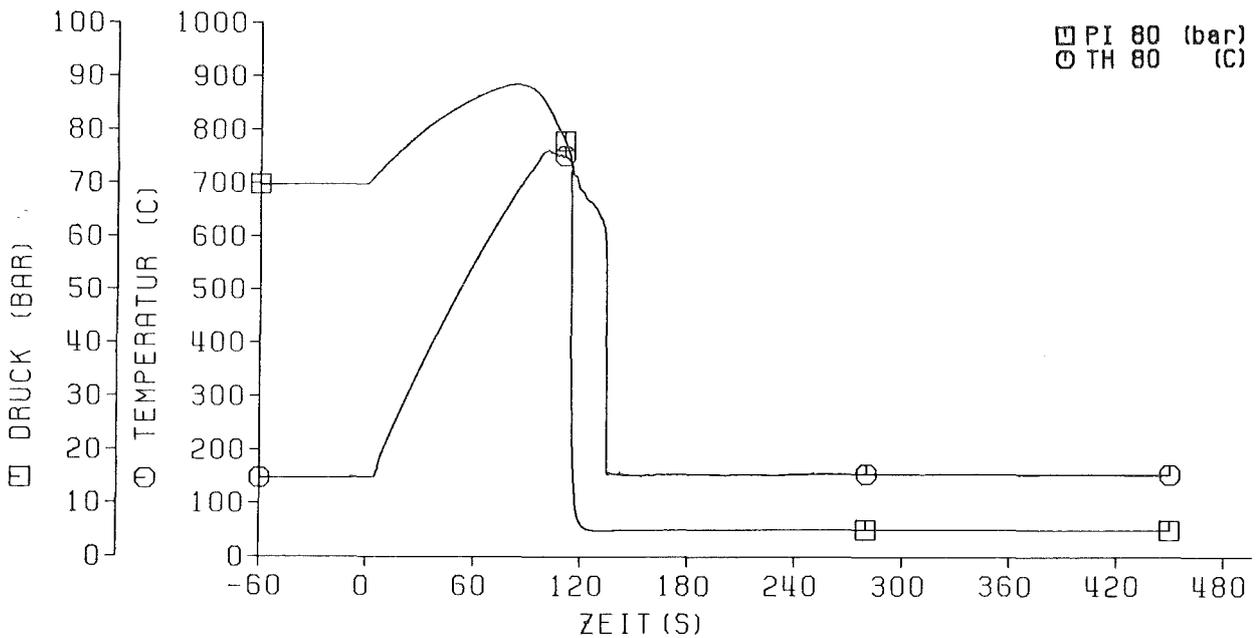


REBEKA 5
Abb: 28. Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 35



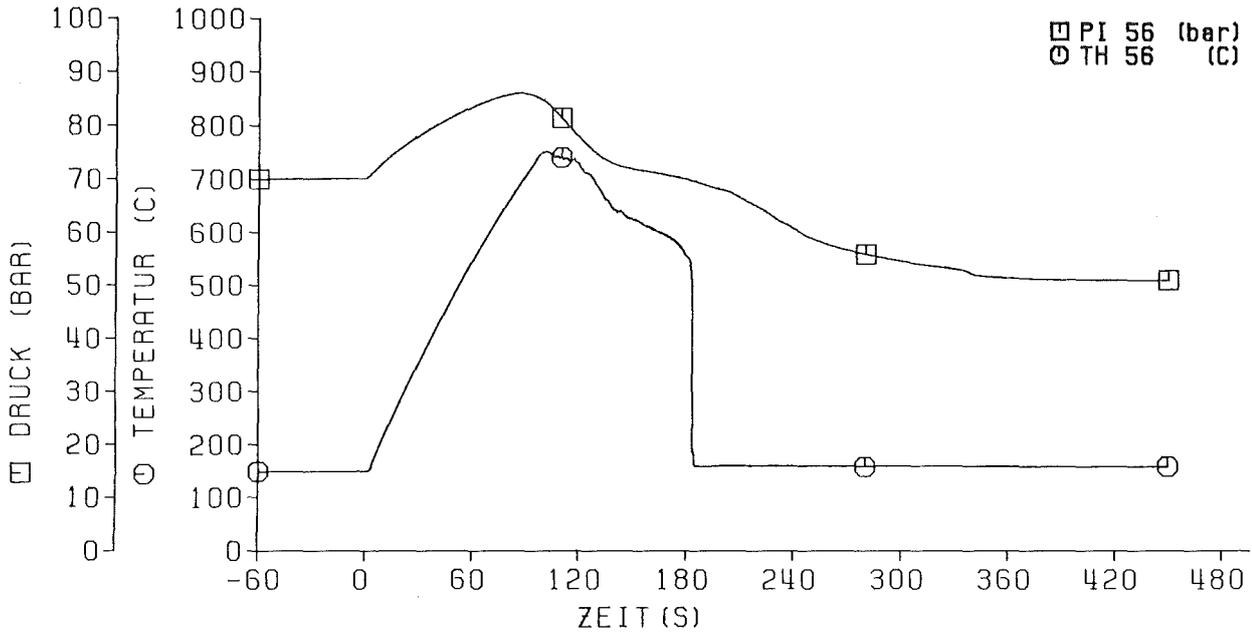
REBEKA 5

Abb: 29 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 22

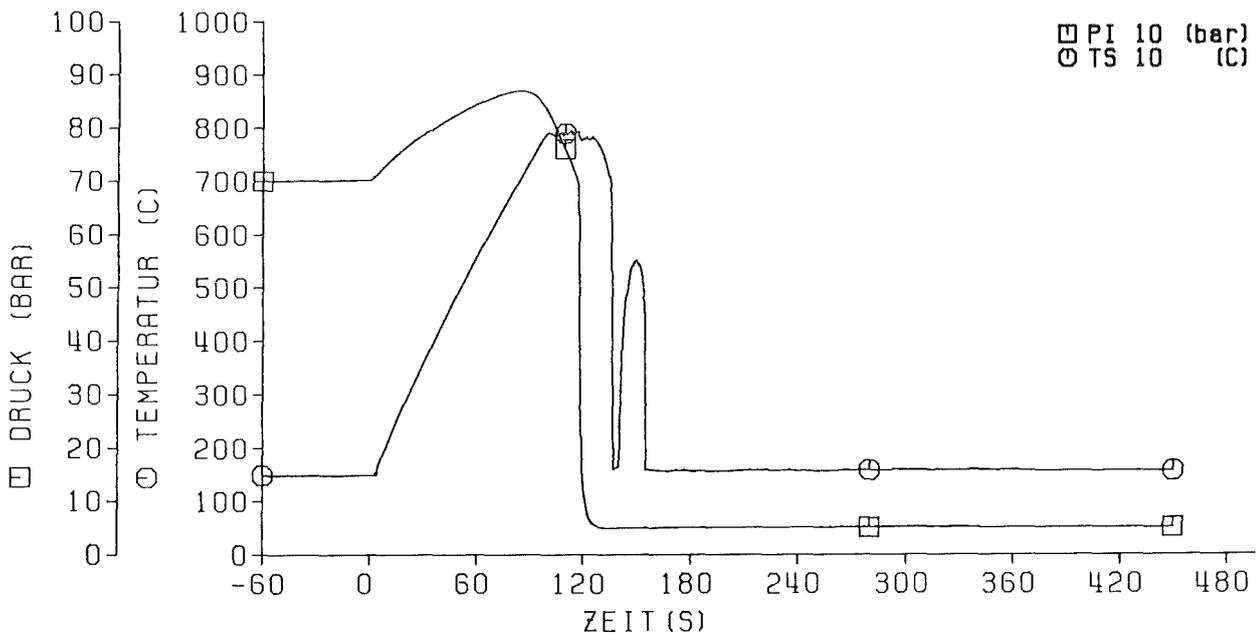


REBEKA 5

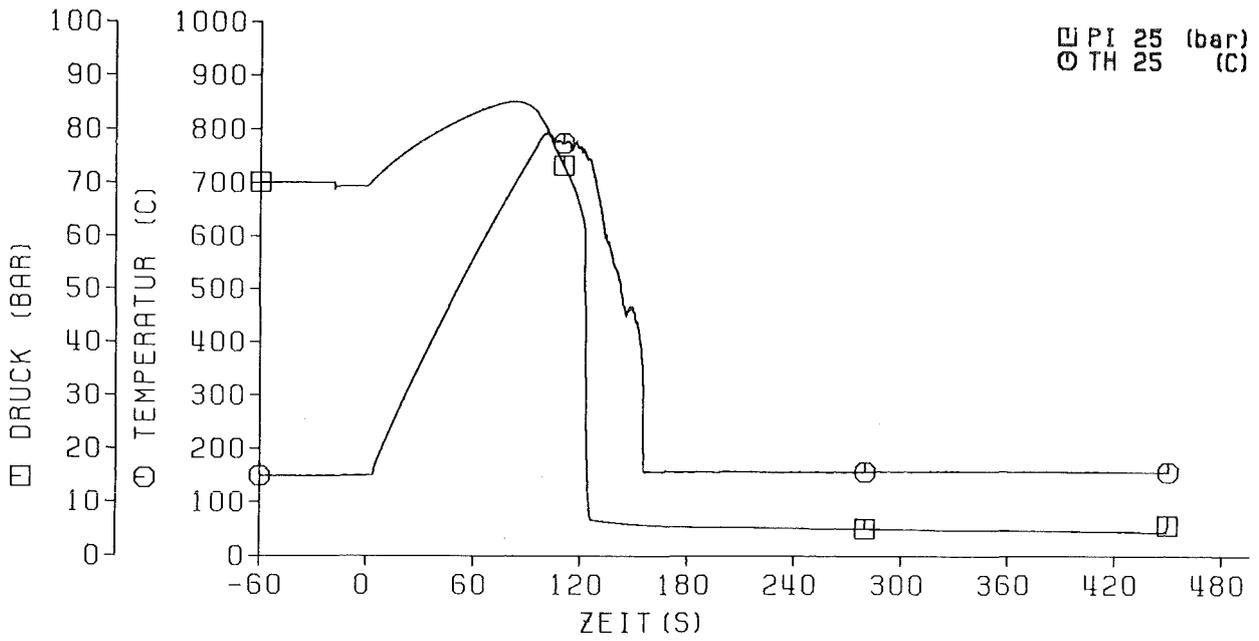
Abb: 30 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 80



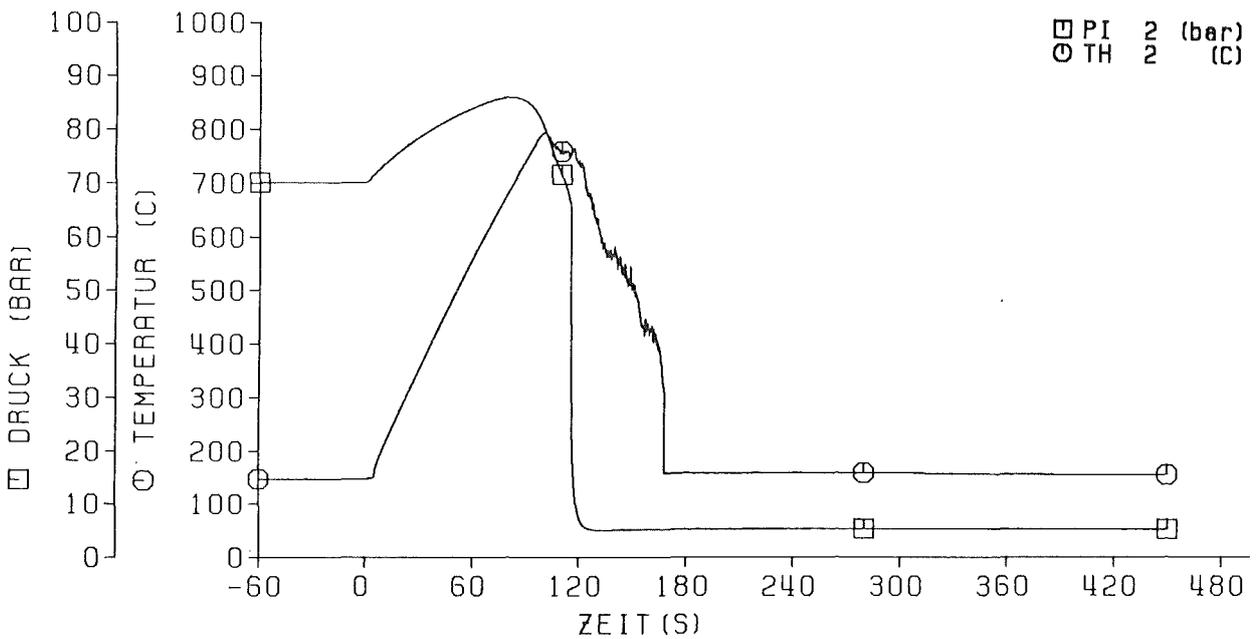
REBEKA 5
Abb:31 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 56



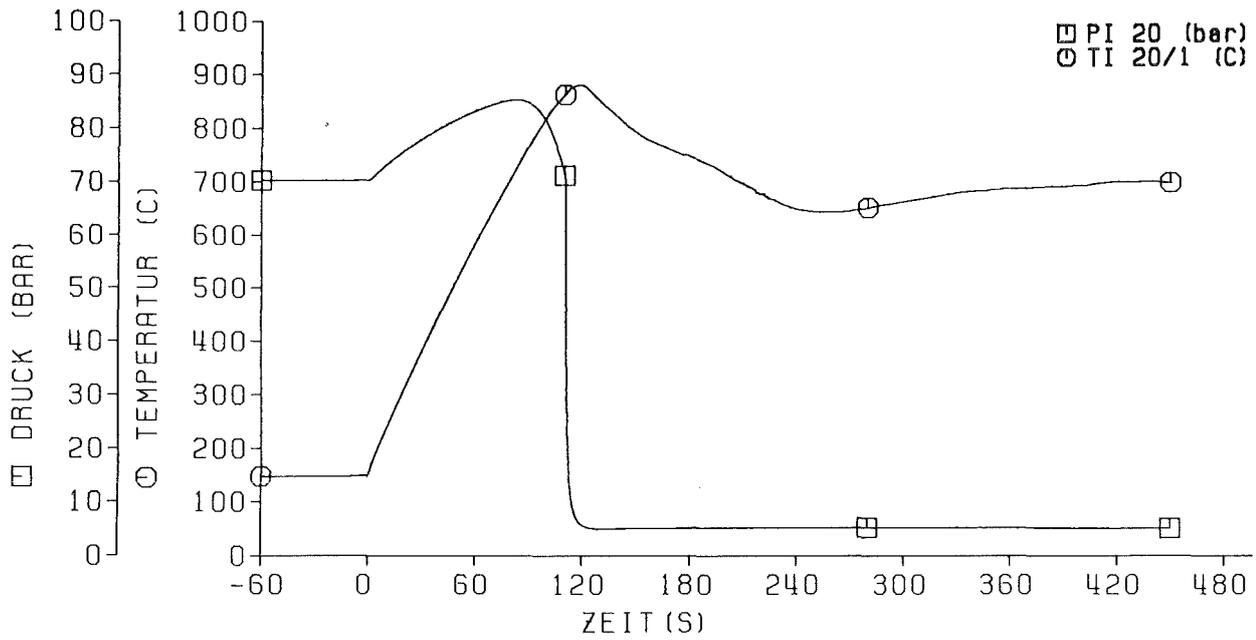
REBEKA 5
Abb: 32 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 10



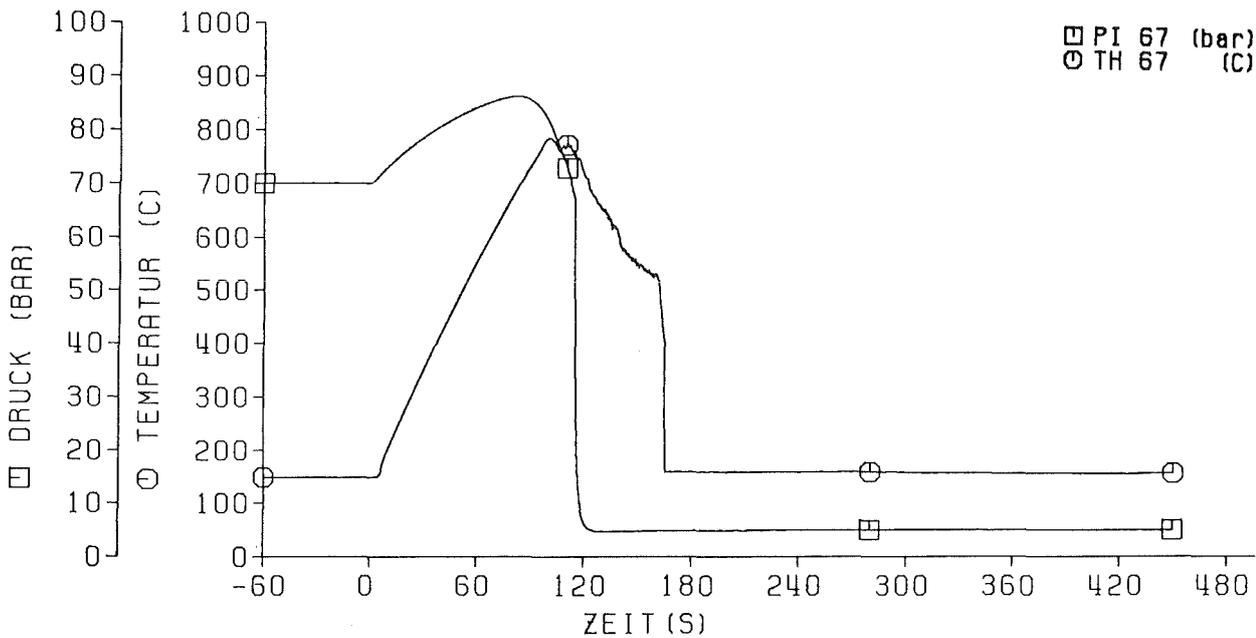
REBEKA 5
Abb: 33 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 25



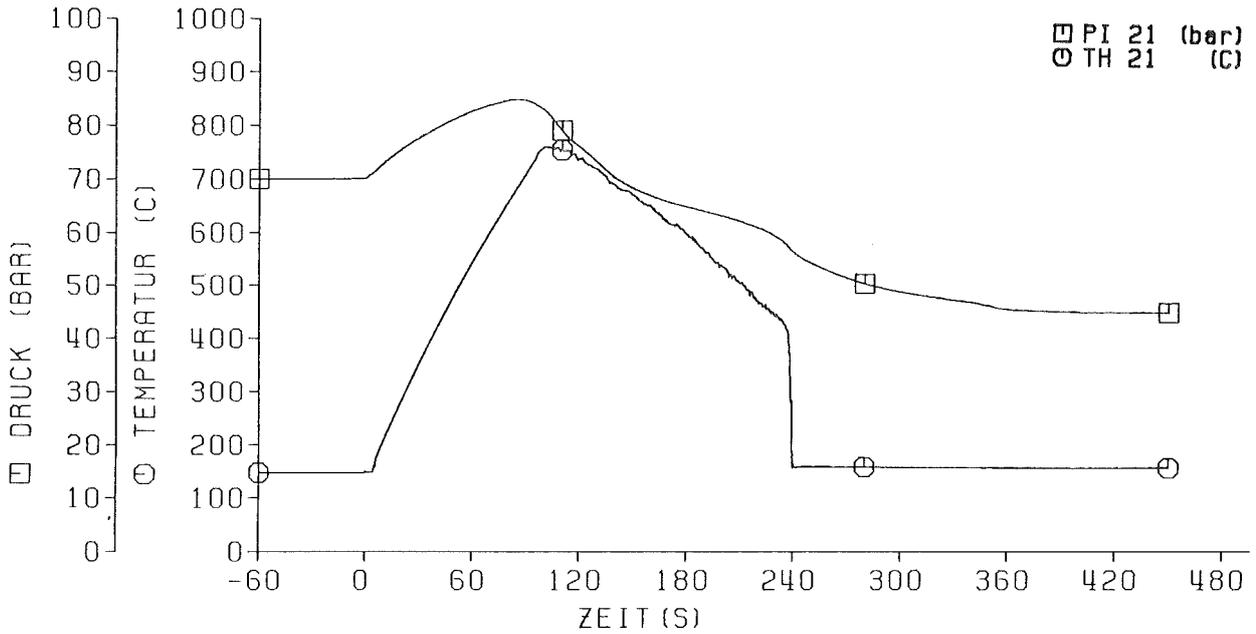
REBEKA 5
Abb: 34 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 2



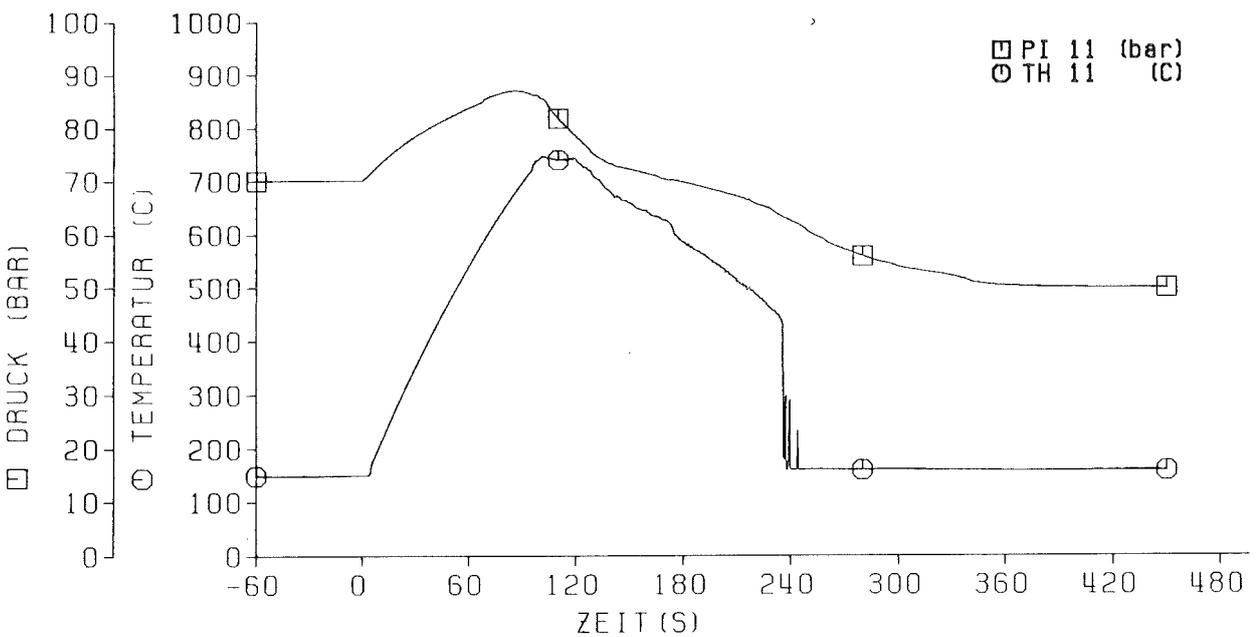
REBEKA 5
Abb: 35 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 20



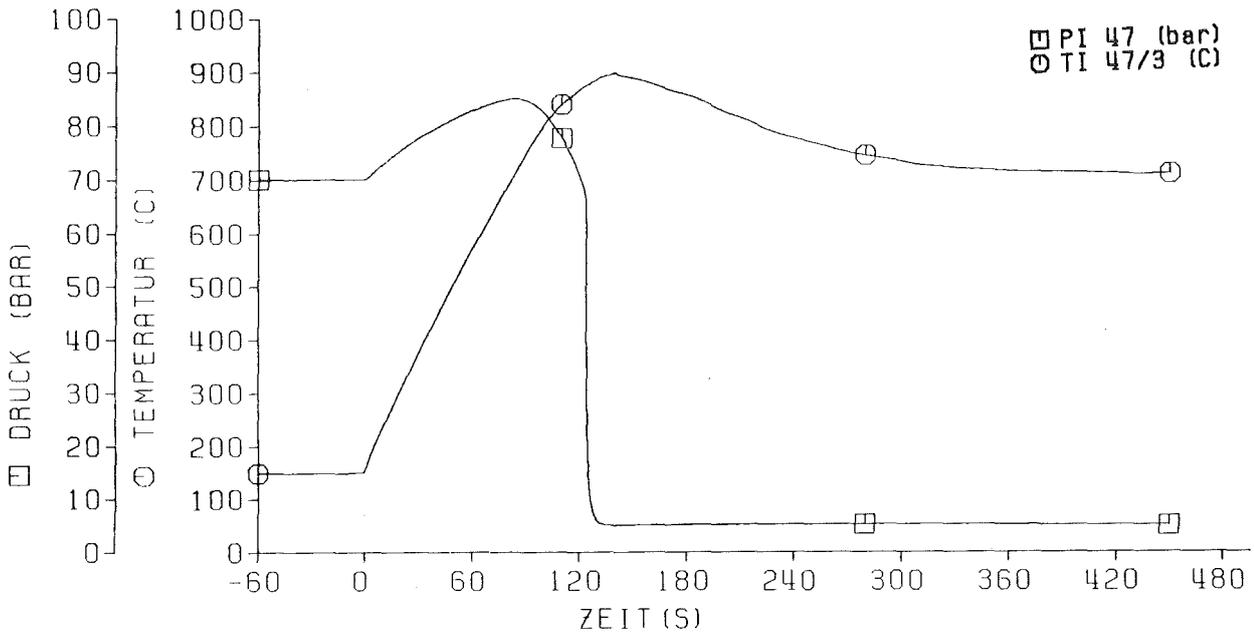
REBEKA 5
Abb: 36 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 67



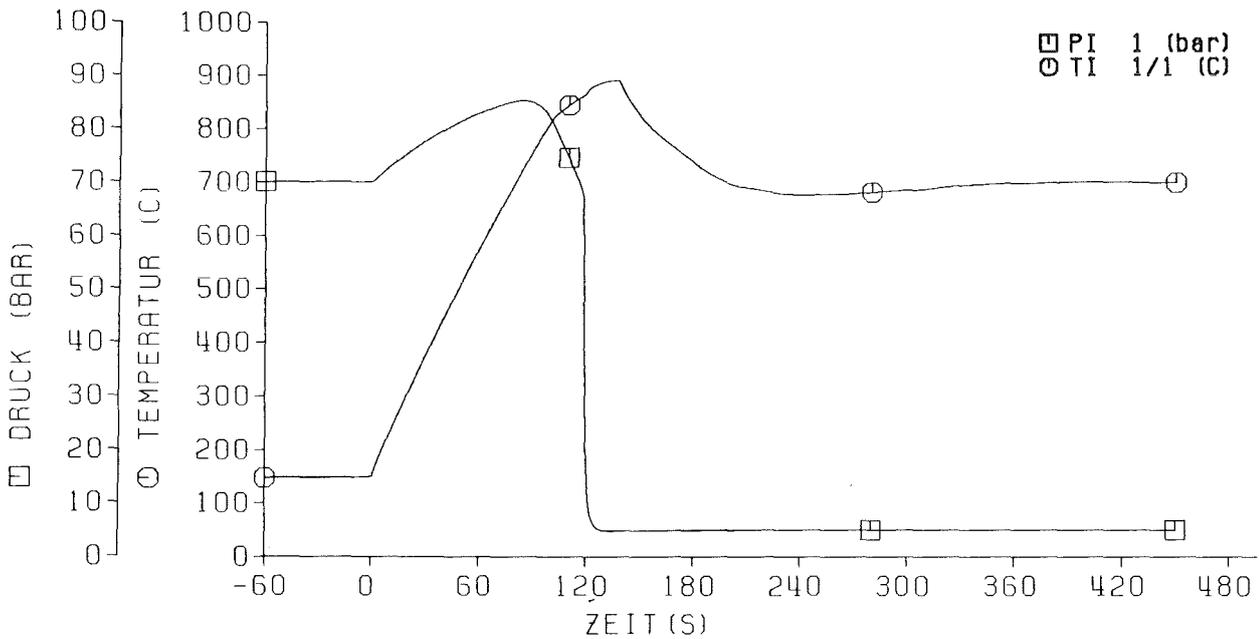
REBEKA 5
Abb: 37 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 21



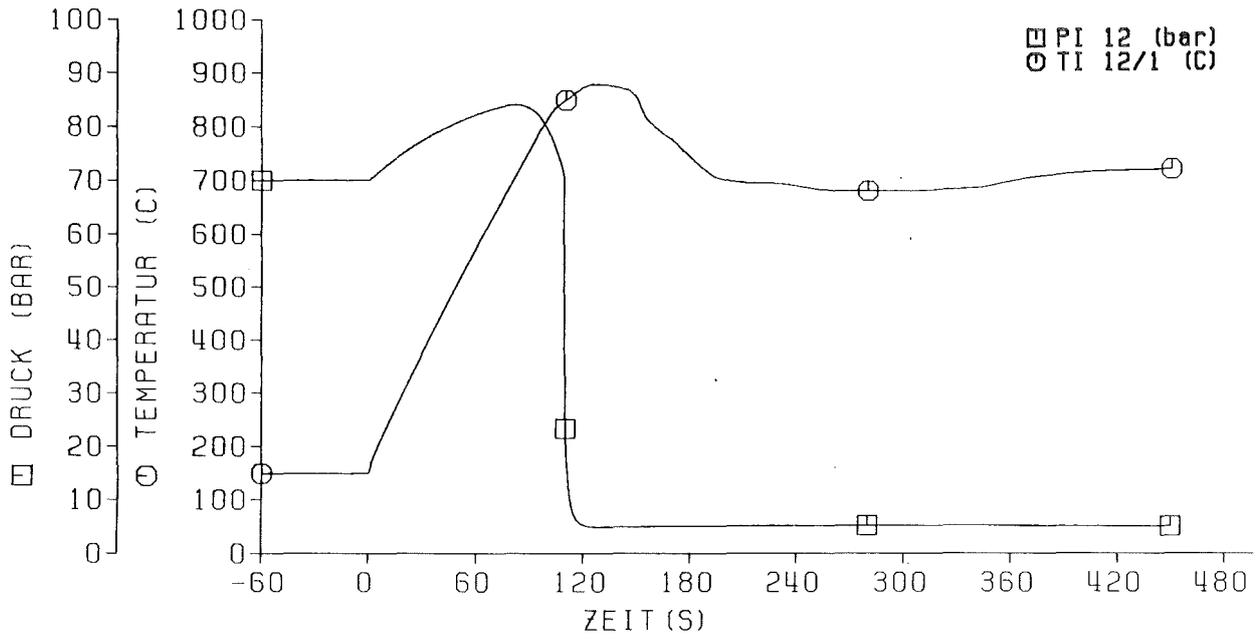
REBEKA 5
Abb: 38 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 11



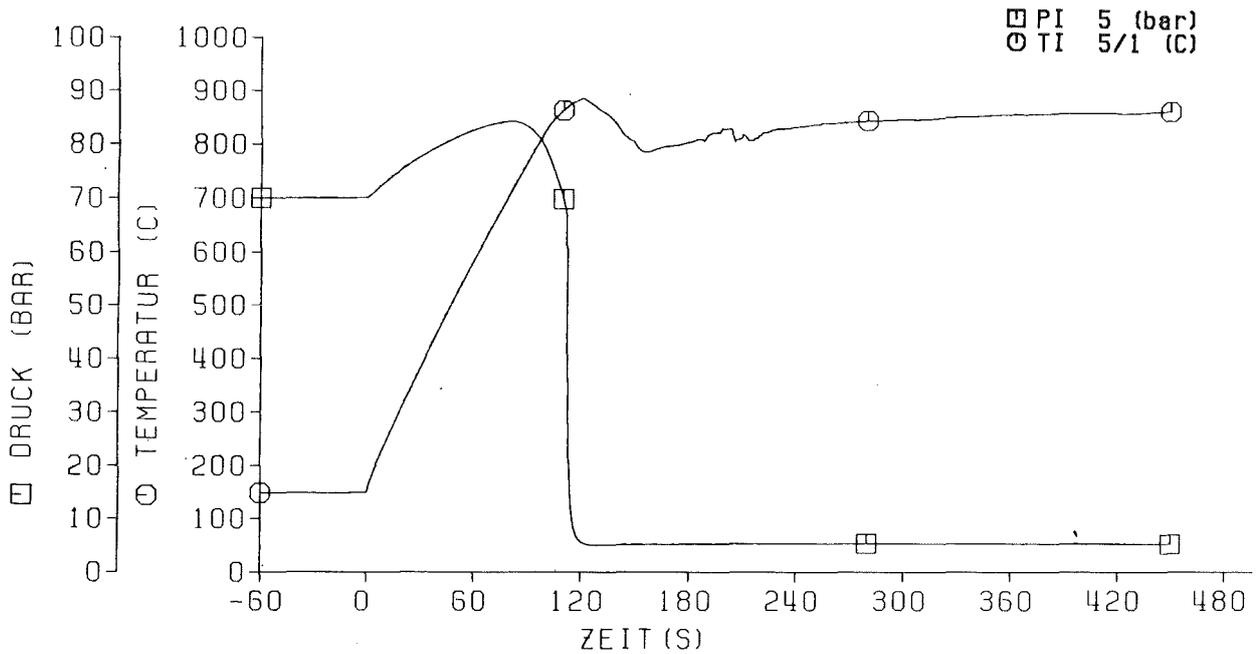
REBEKA 5
Abb: 39 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 47



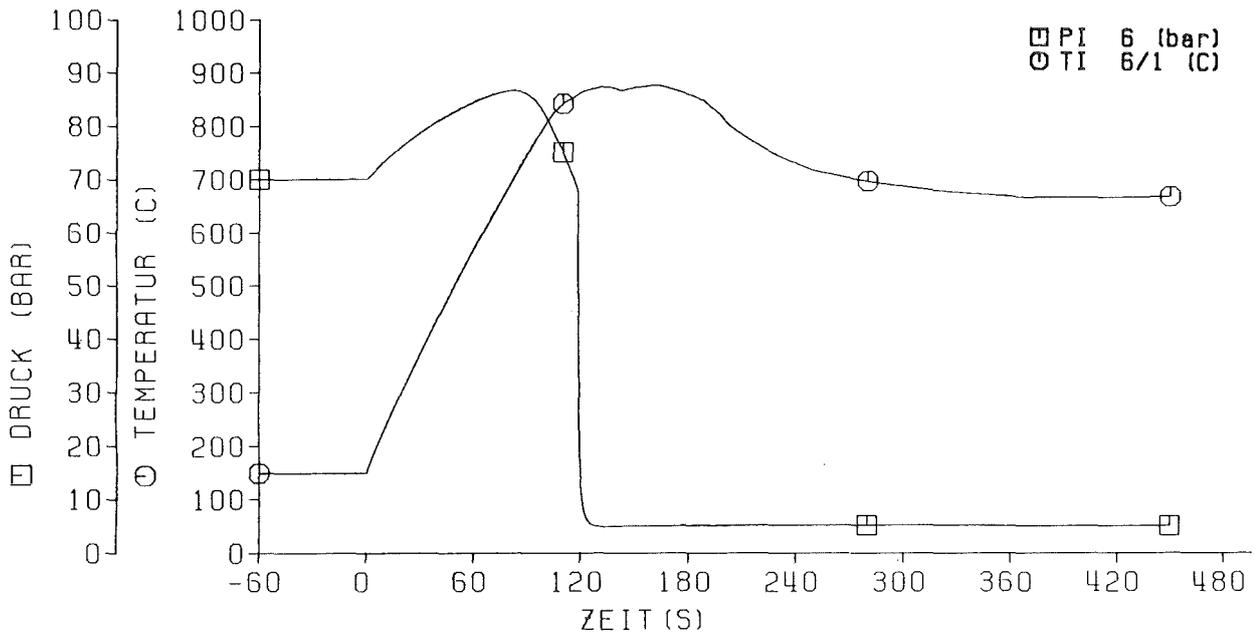
REBEKA 5
Abb: 40 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 1



REBEKA 5
Abb: 41 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 12

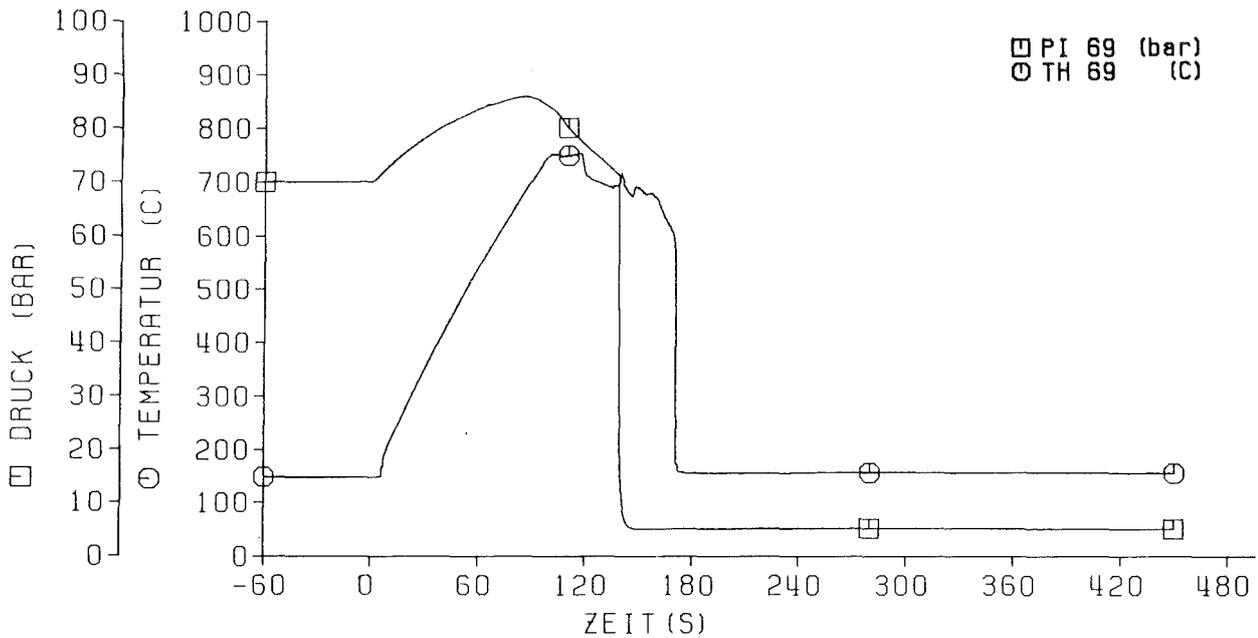


REBEKA 5
Abb: 42 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 5



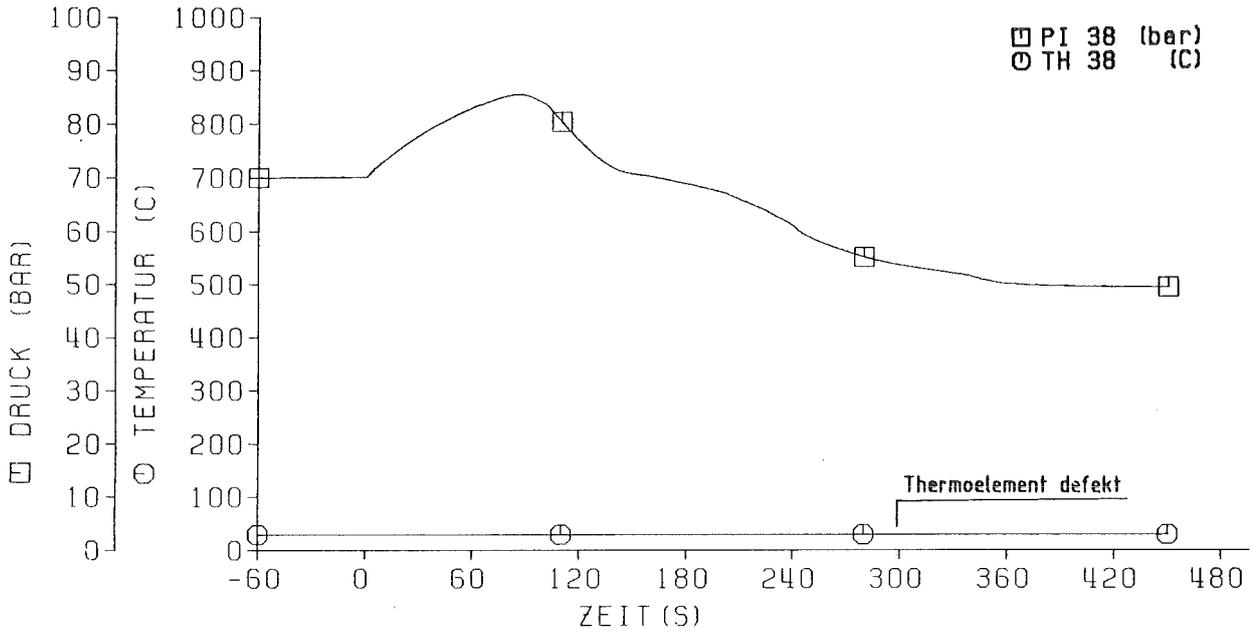
REBEKA 5

Abb: 43 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 6



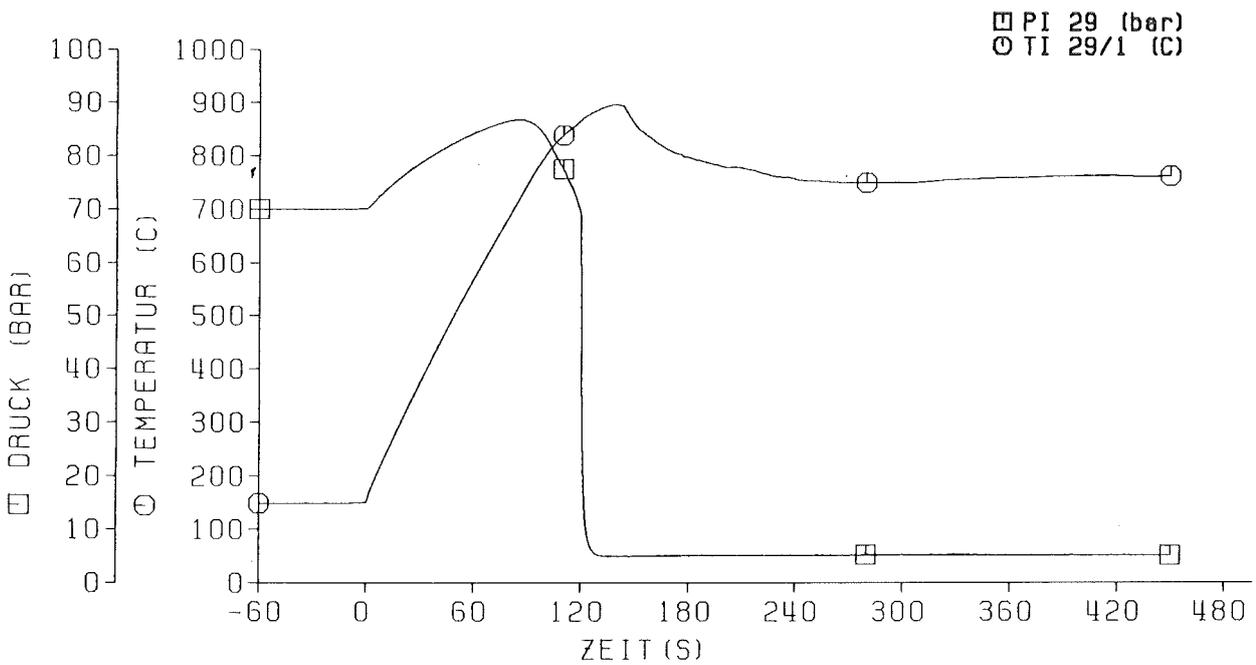
REBEKA 5

Abb: 44 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 69



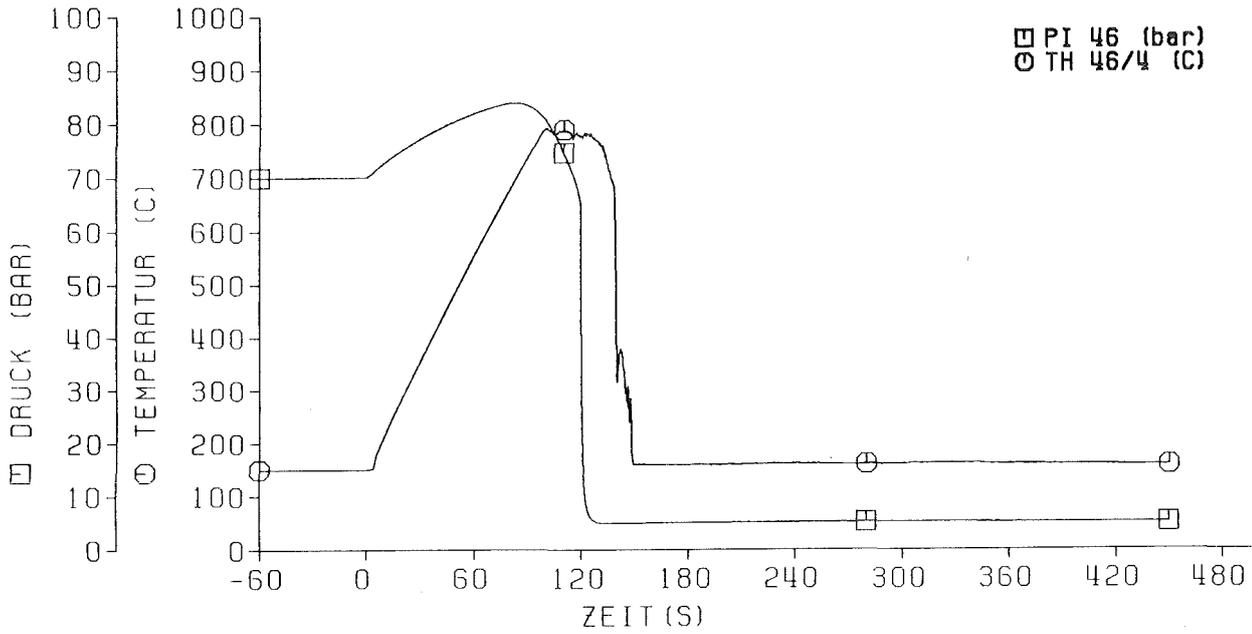
REBEKA 5

Abb: 45 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 38



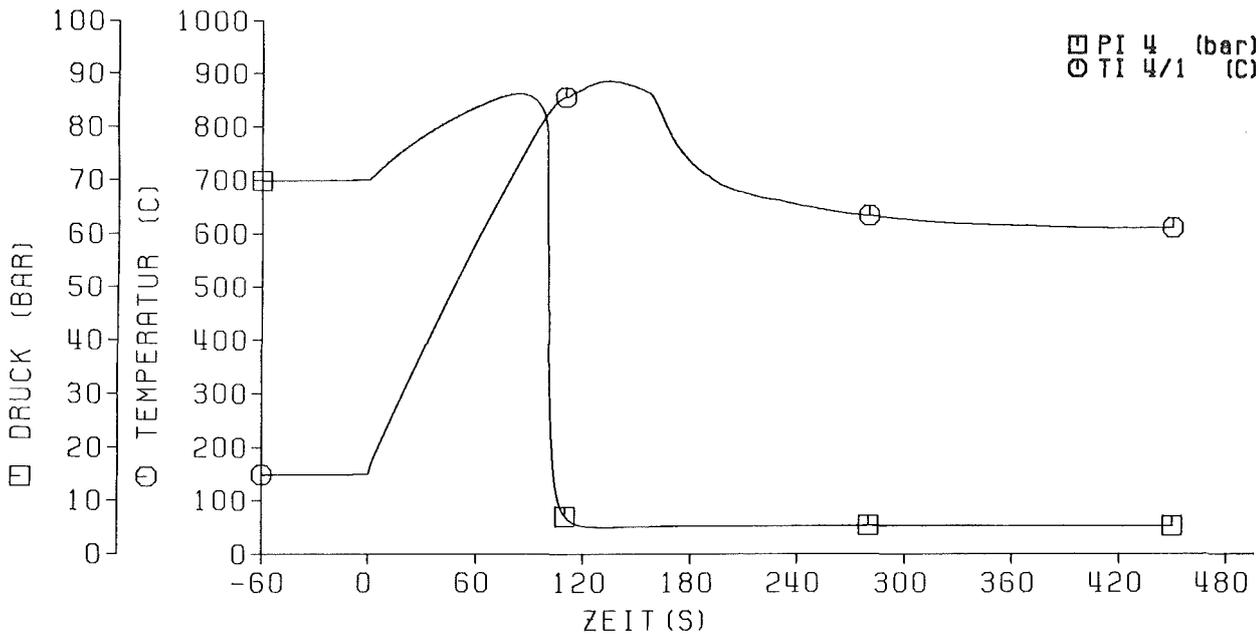
REBEKA 5

Abb: 46 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 29



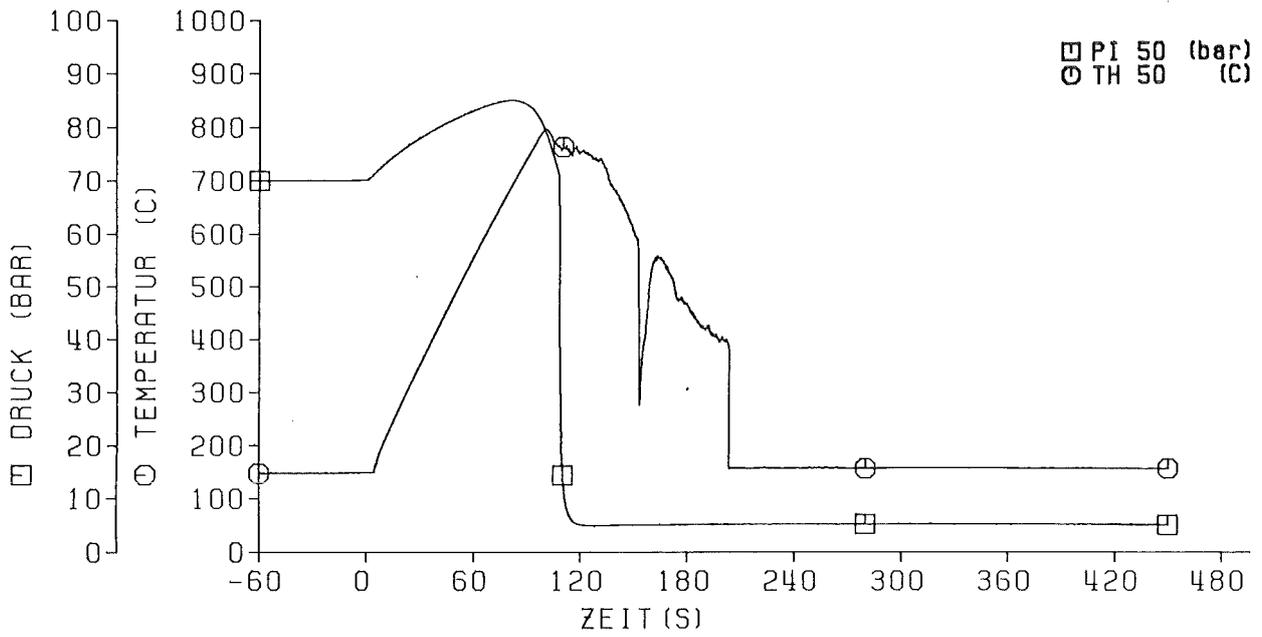
REBEKA 5

Abb: 47 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 46

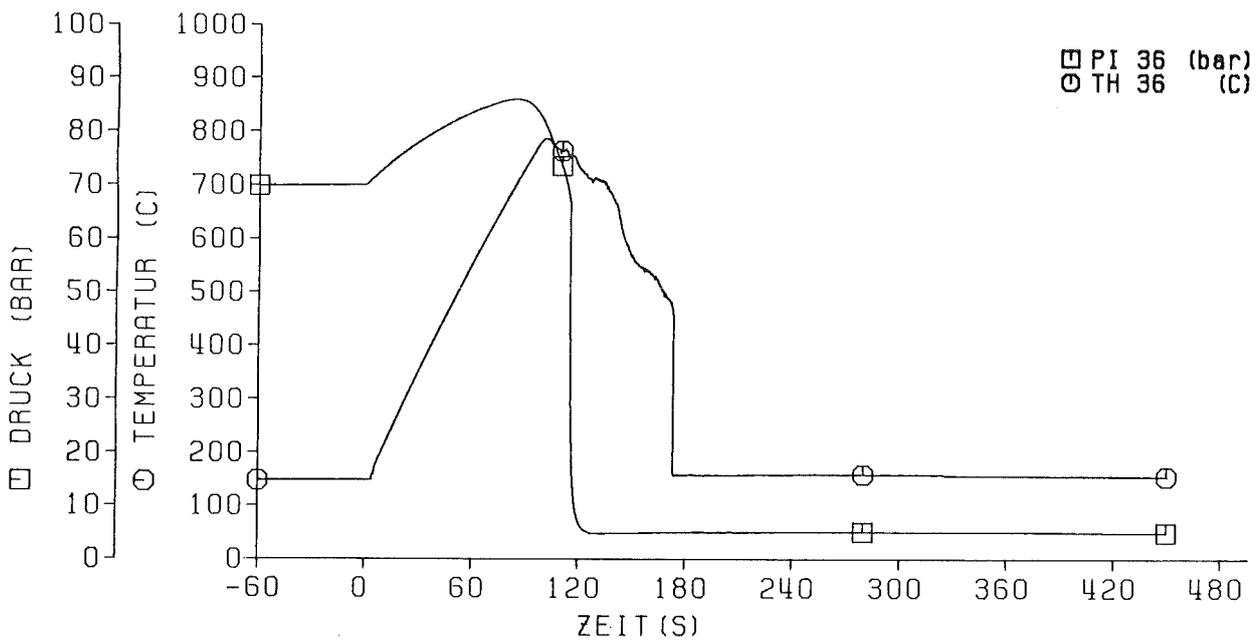


REBEKA 5

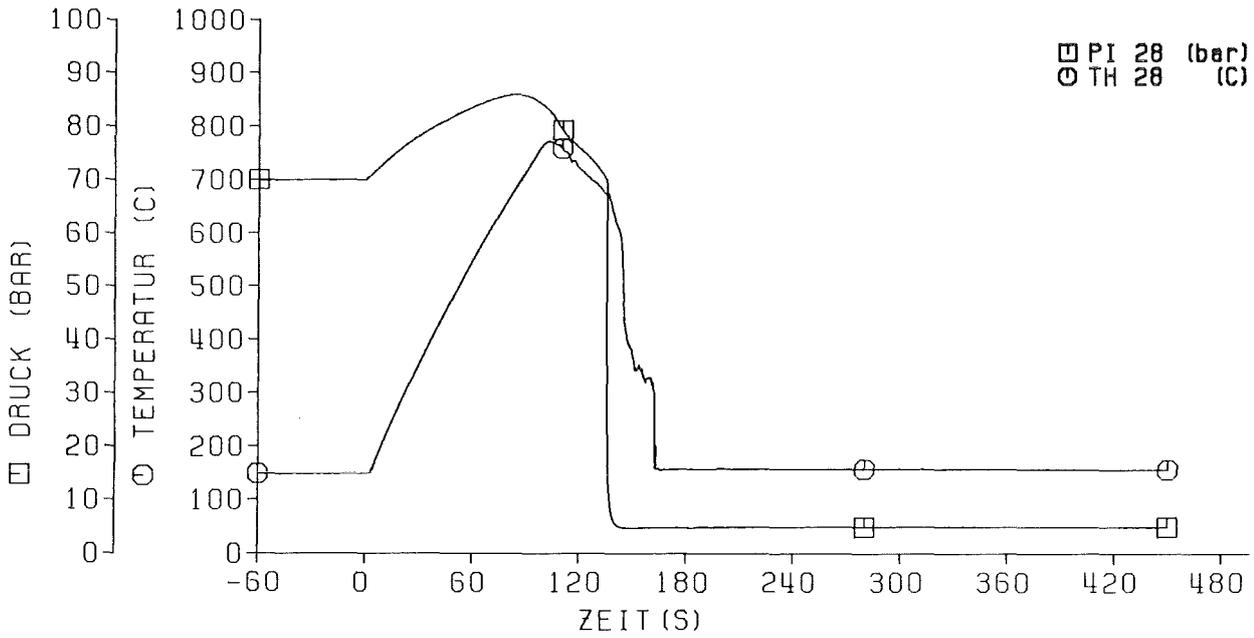
Abb: 48 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 4



REBEKA 5
Abb: 49' Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 50

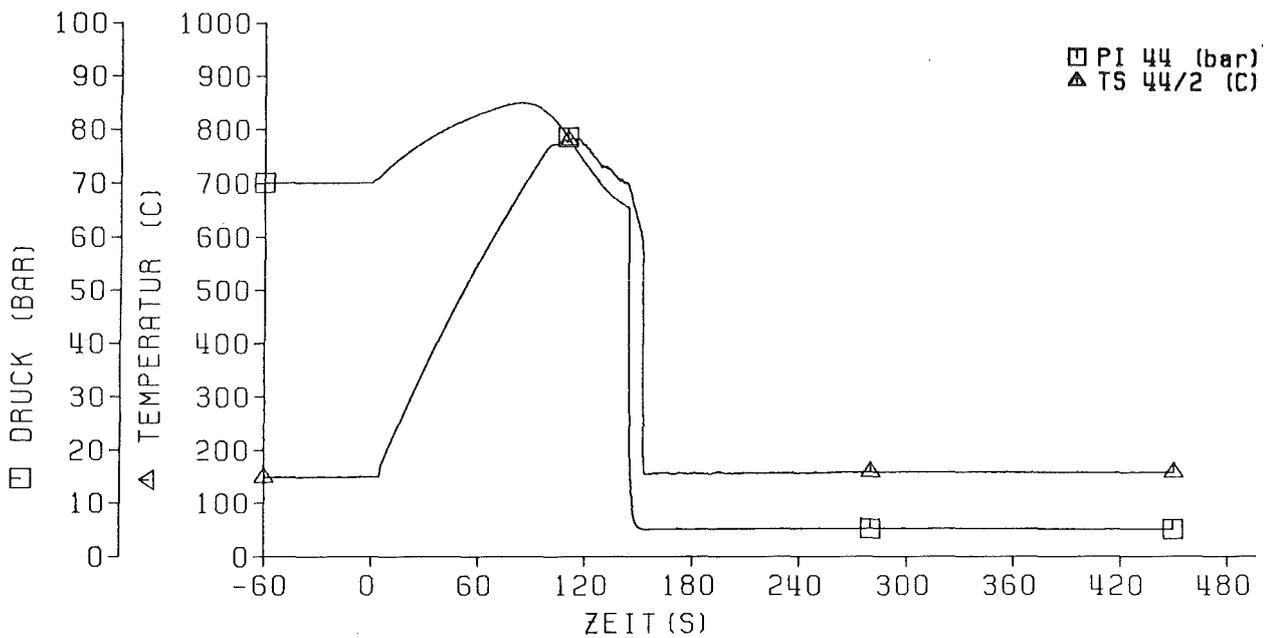


REBEKA 5
Abb: 50 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 36



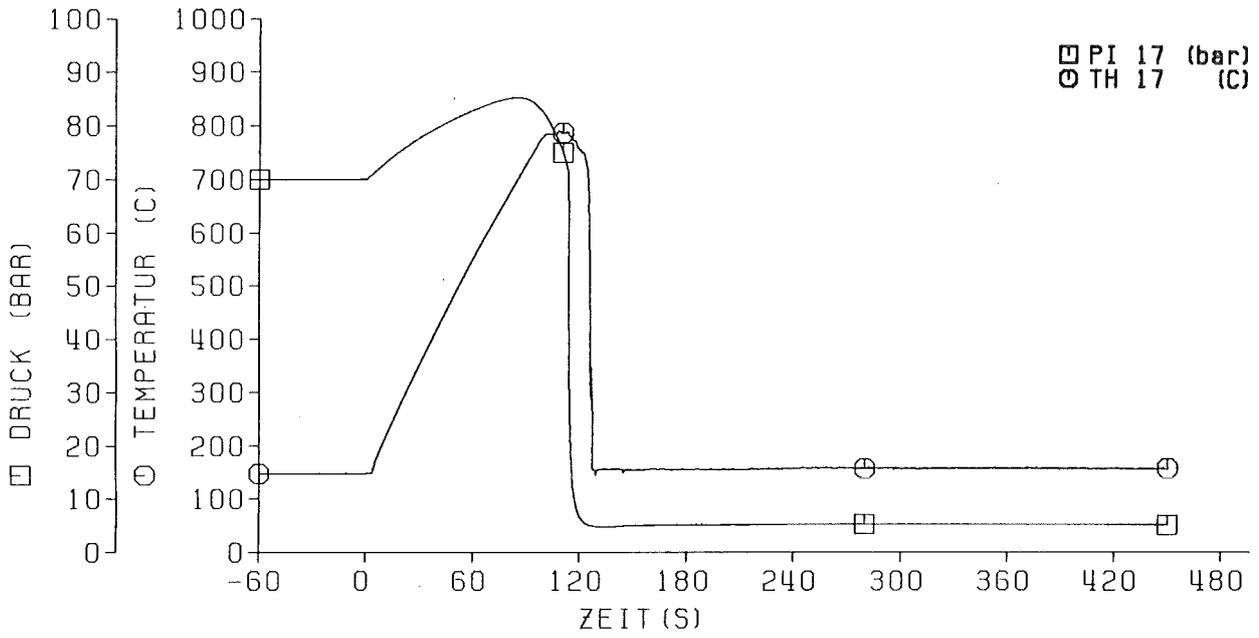
REBEKA 5

Abb: 51 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 28



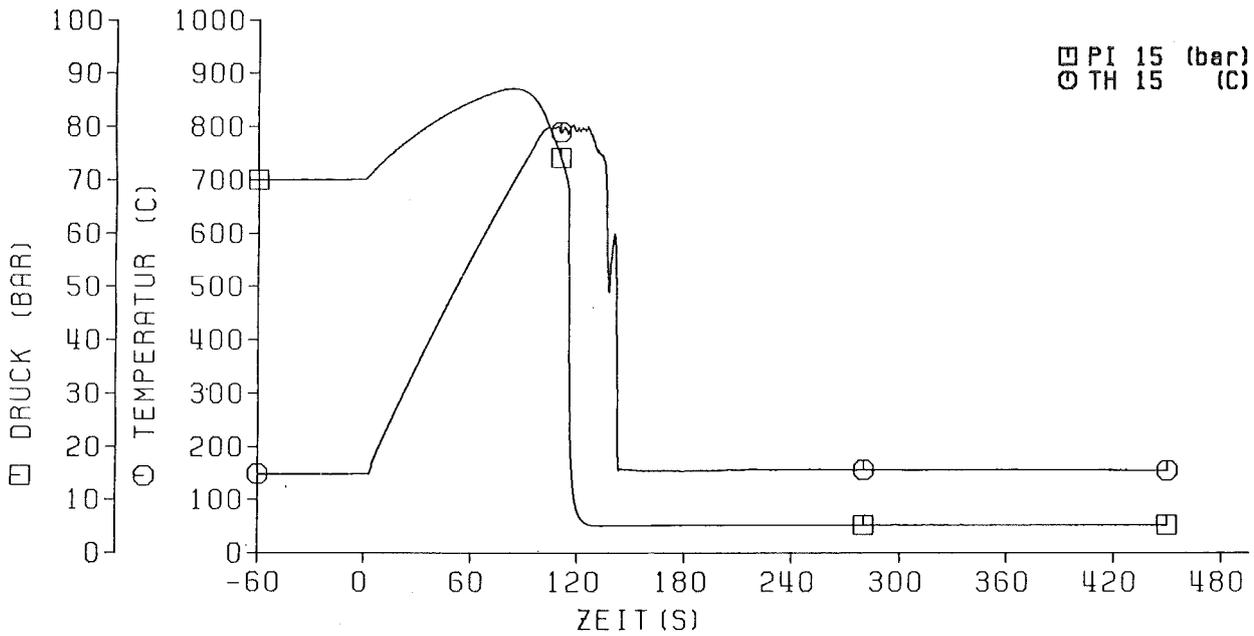
REBEKA 5

Abb: 52 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 44



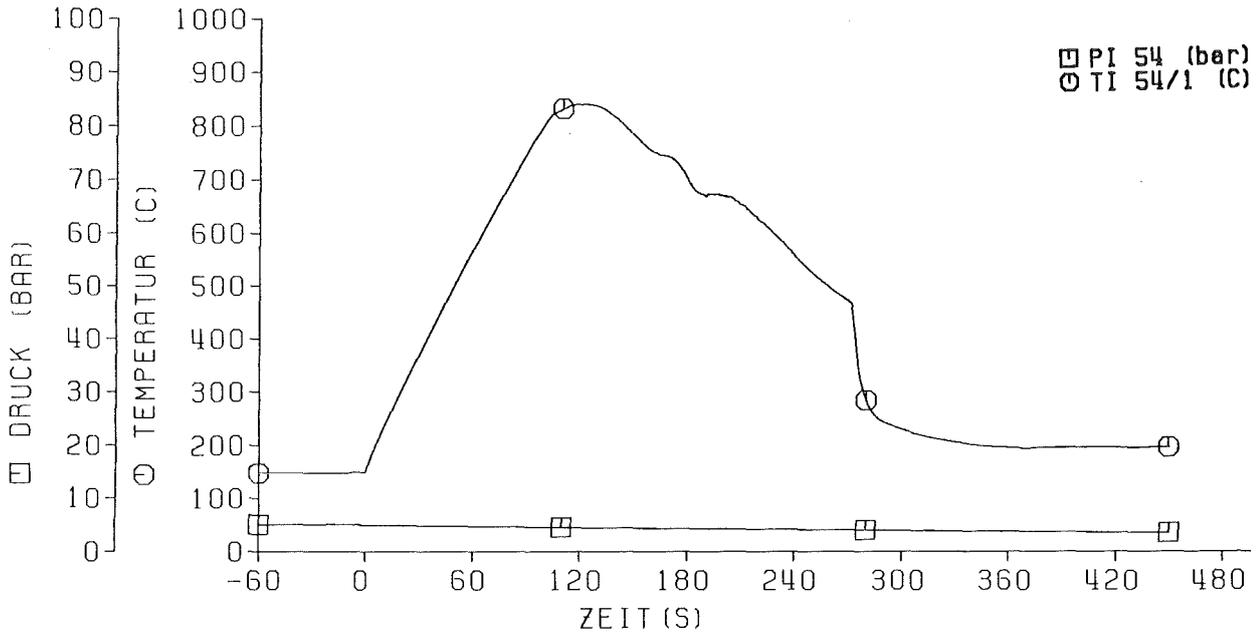
REBEKA 5

Abb: 53 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 17

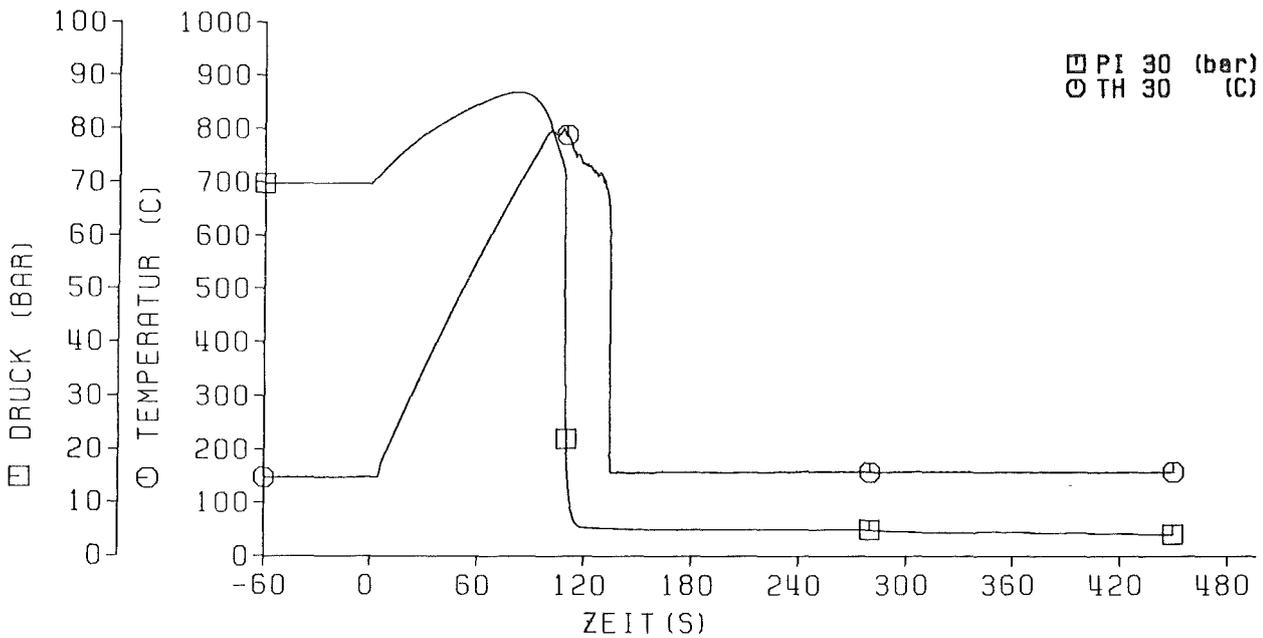


REBEKA 5

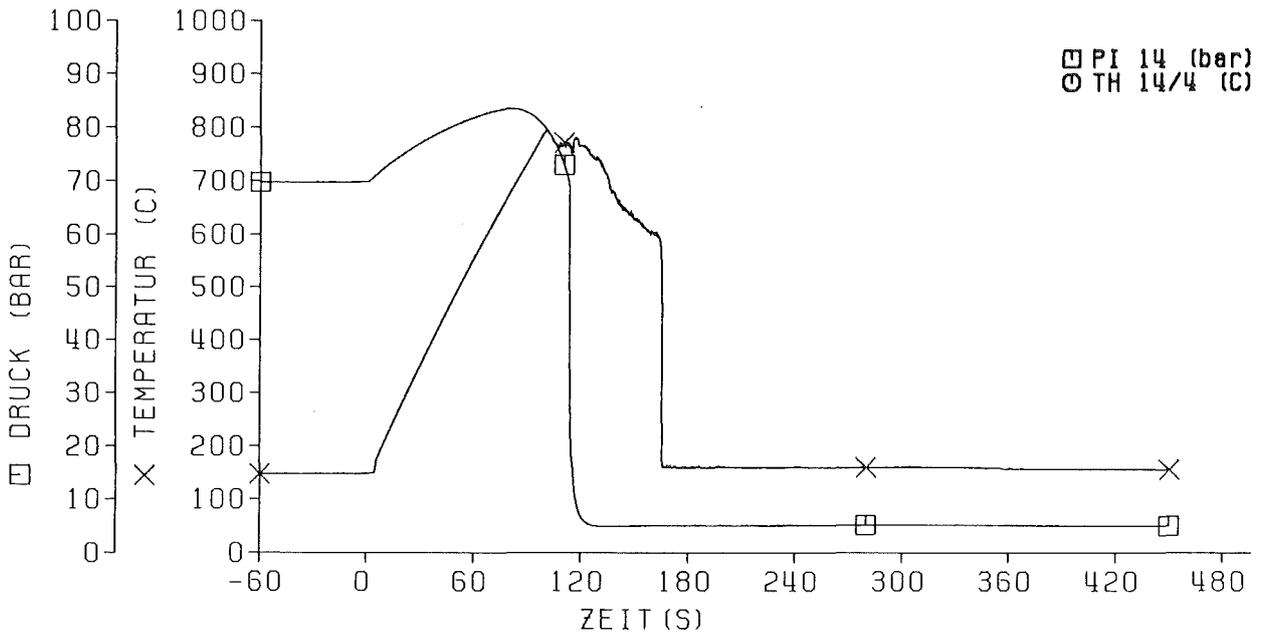
Abb: 54 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 15



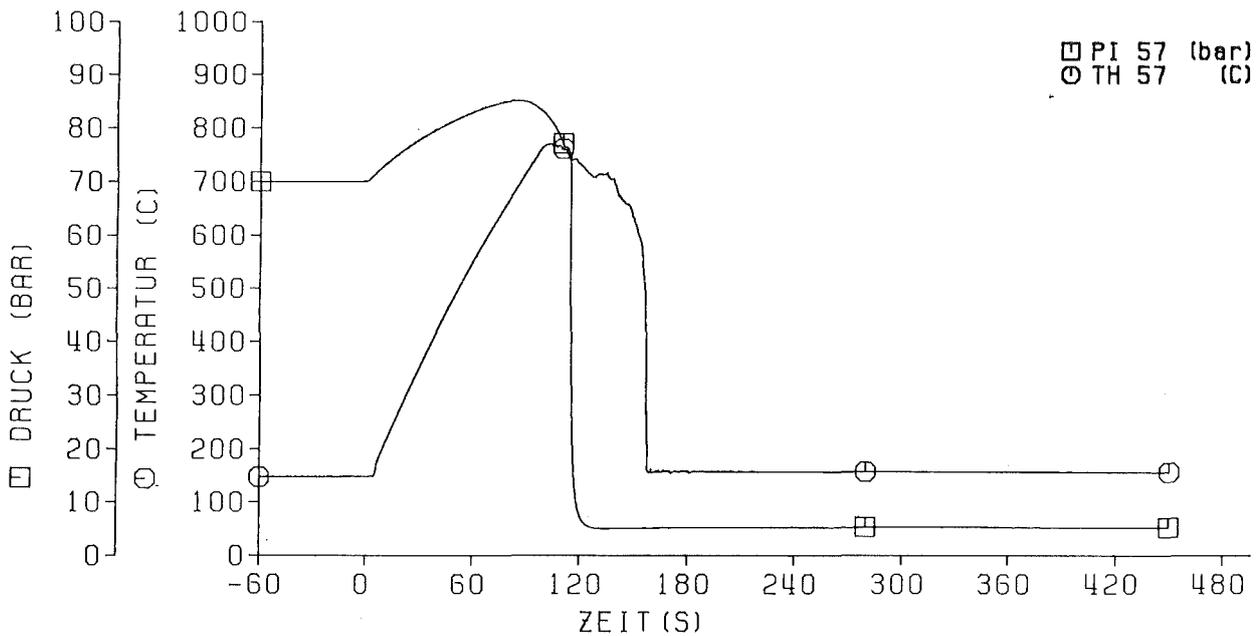
REBEKA 5
Abb: 55 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 54



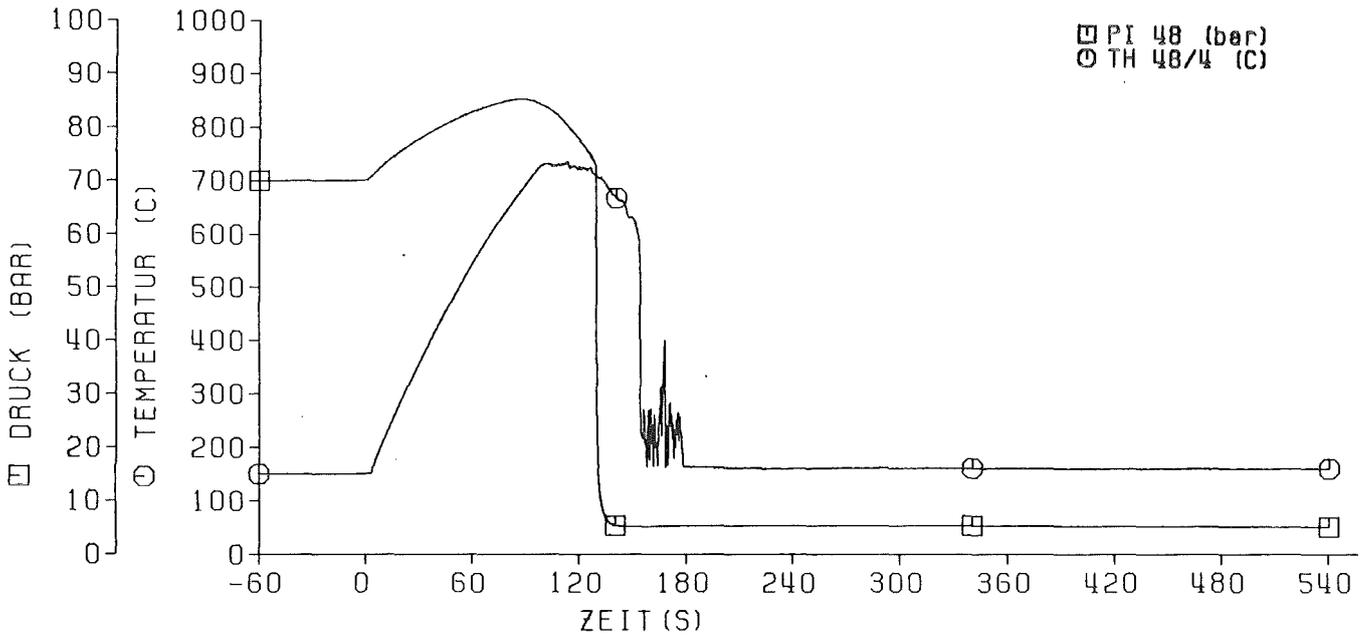
REBEKA 5
Abb: 56 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 30



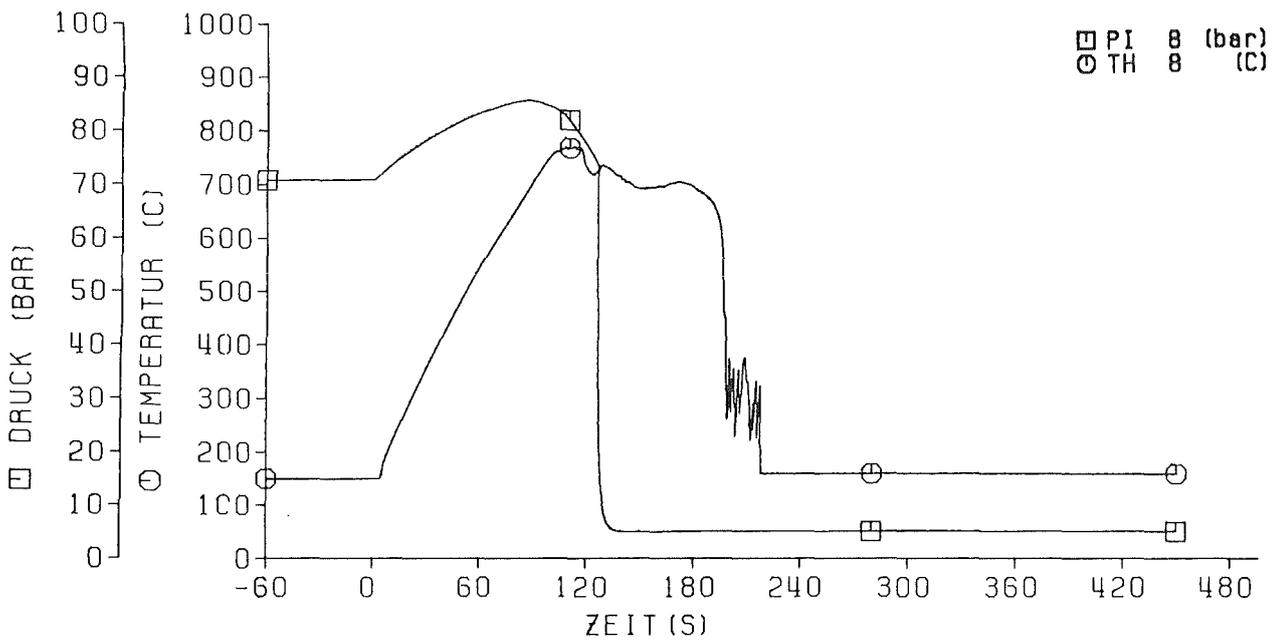
REBEKA 5
Abb: 57 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 14



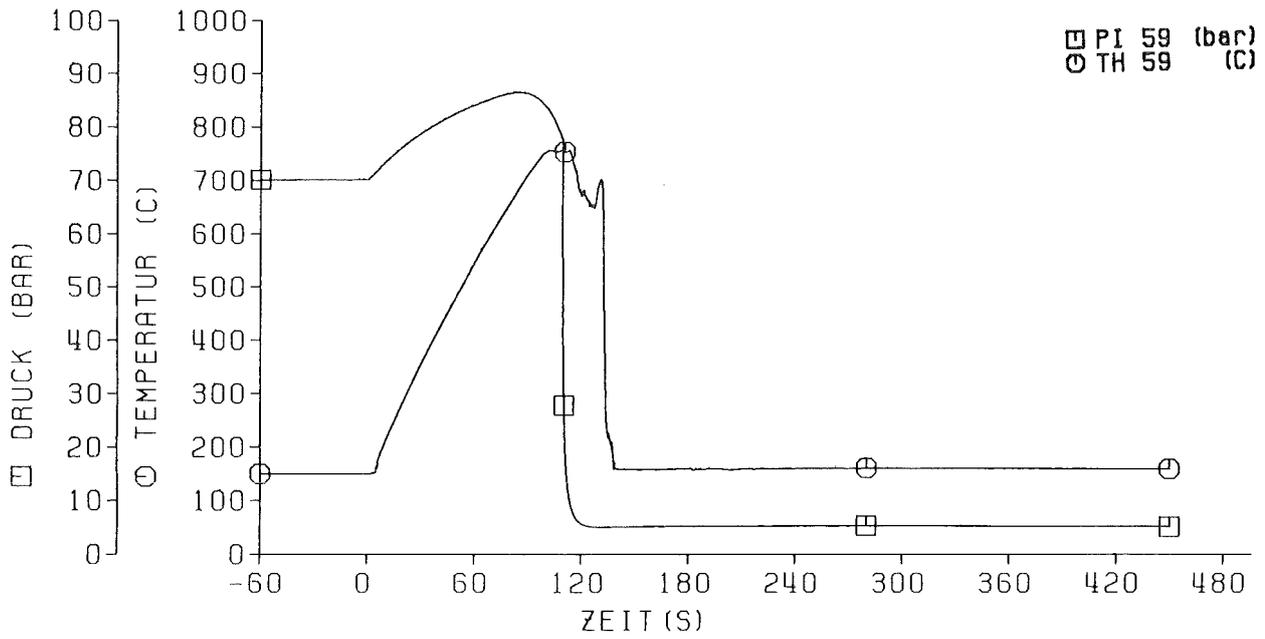
REBEKA 5
Abb: 58 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 57



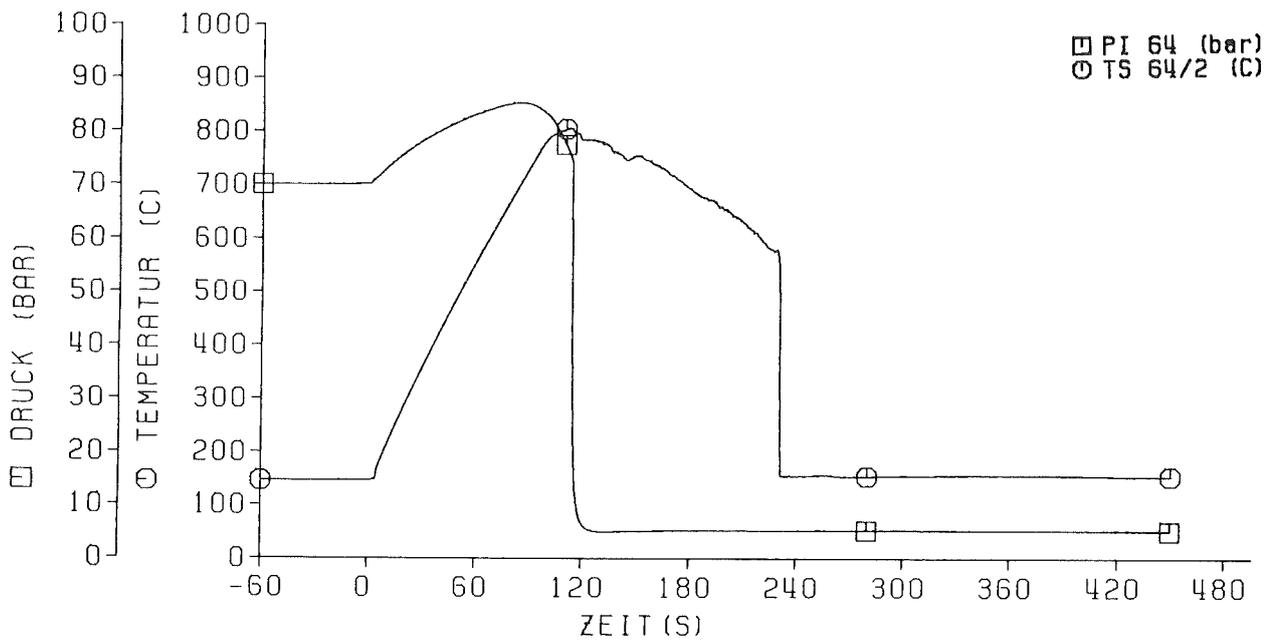
REBEKA 5
Abb: 59 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 48



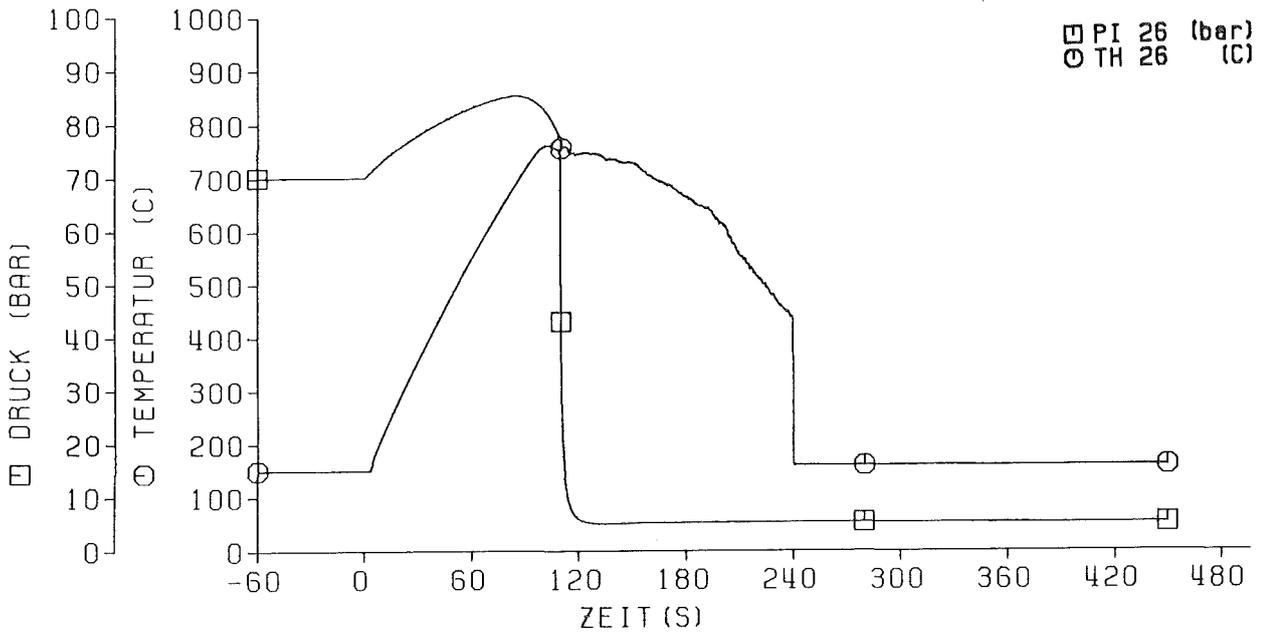
REBEKA 5
Abb: 60 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 8



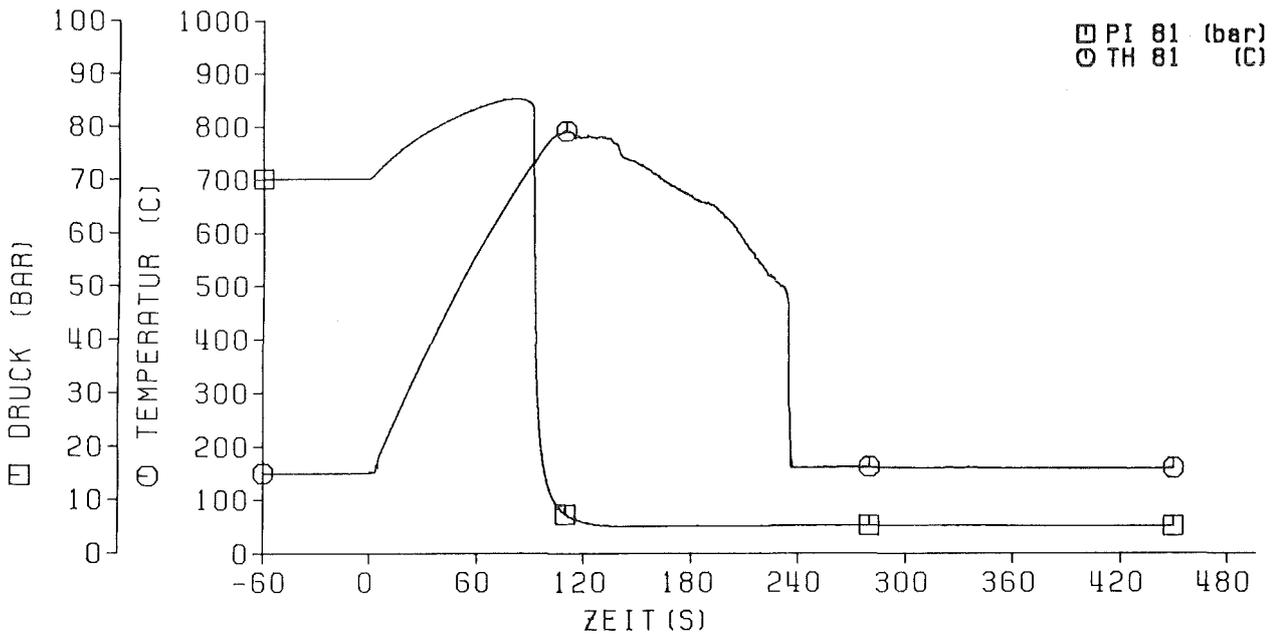
REBEKA 5
Abb: 61 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 59



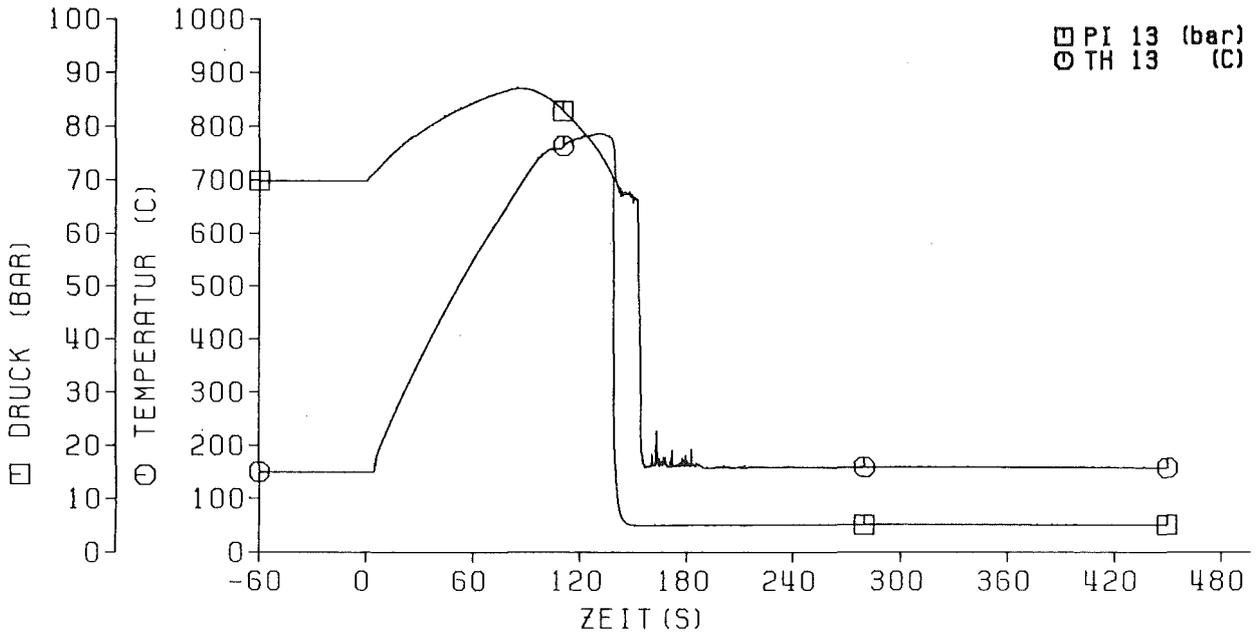
REBEKA 5
Abb: 62 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 64



REBEKA 5
Abb: 63 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 26



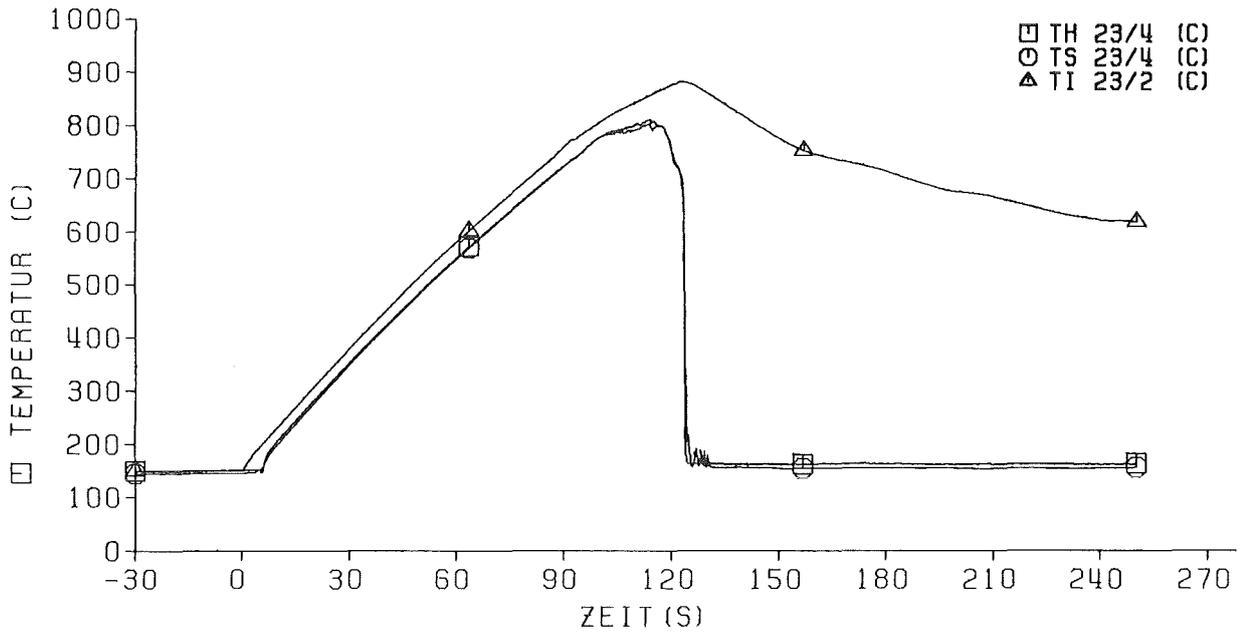
REBEKA 5
Abb: 64 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 81



REBEKA 5
Abb: 65 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 13

3.4 Alle Hüllrohr- und Heizstabhüllentemperaturverläufe in axialer Mittelebene, ausgenommen sind Einzeltemperaturmeßstellen, die bereits unter 3.3 dargestellt worden sind: (Abbn. 66 - 85)

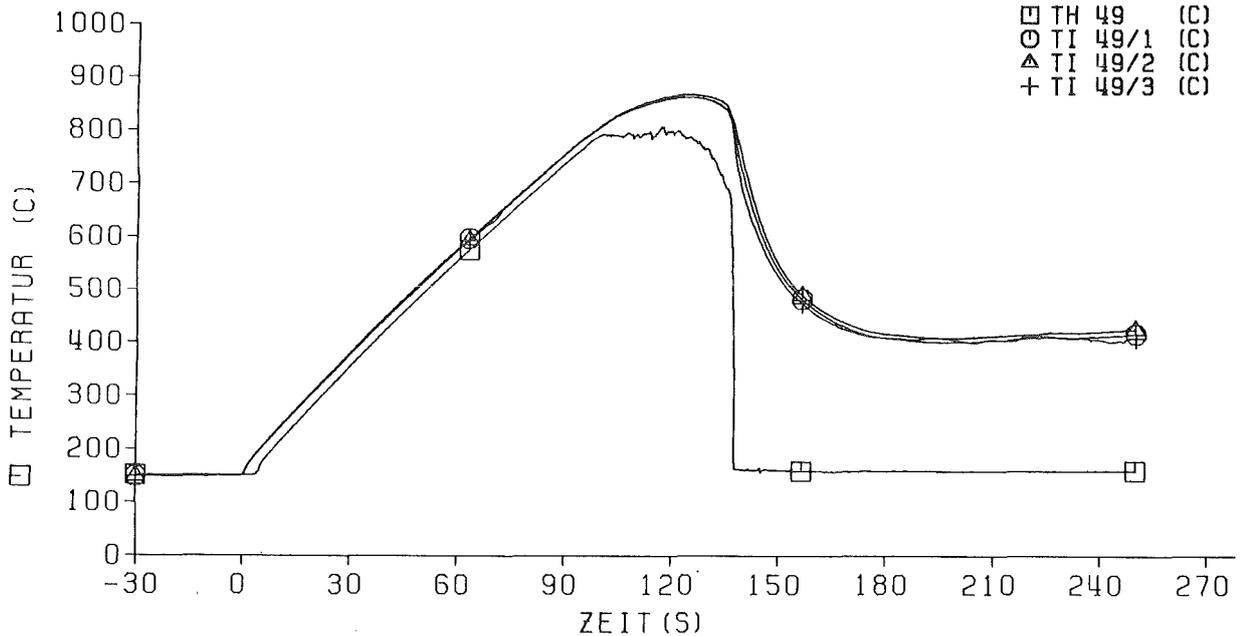
(ohne Stab 38, da Thermoelement defekt).



KITZ STRB

REBEKA 5

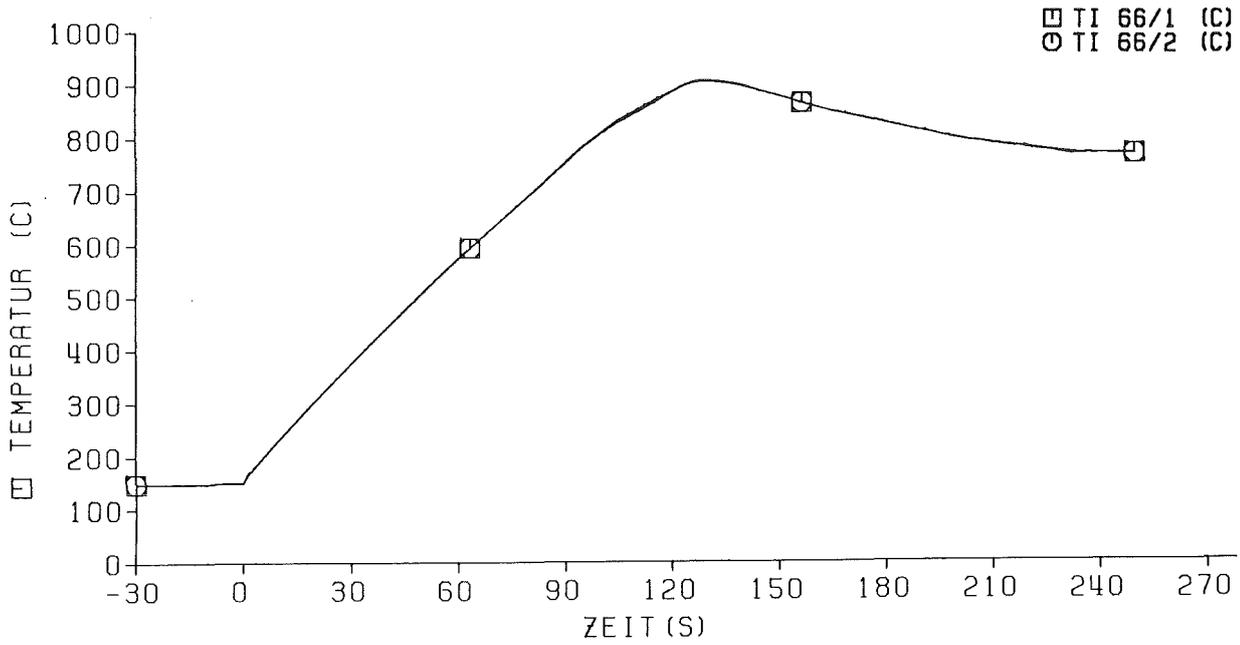
Abb: 66 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 23



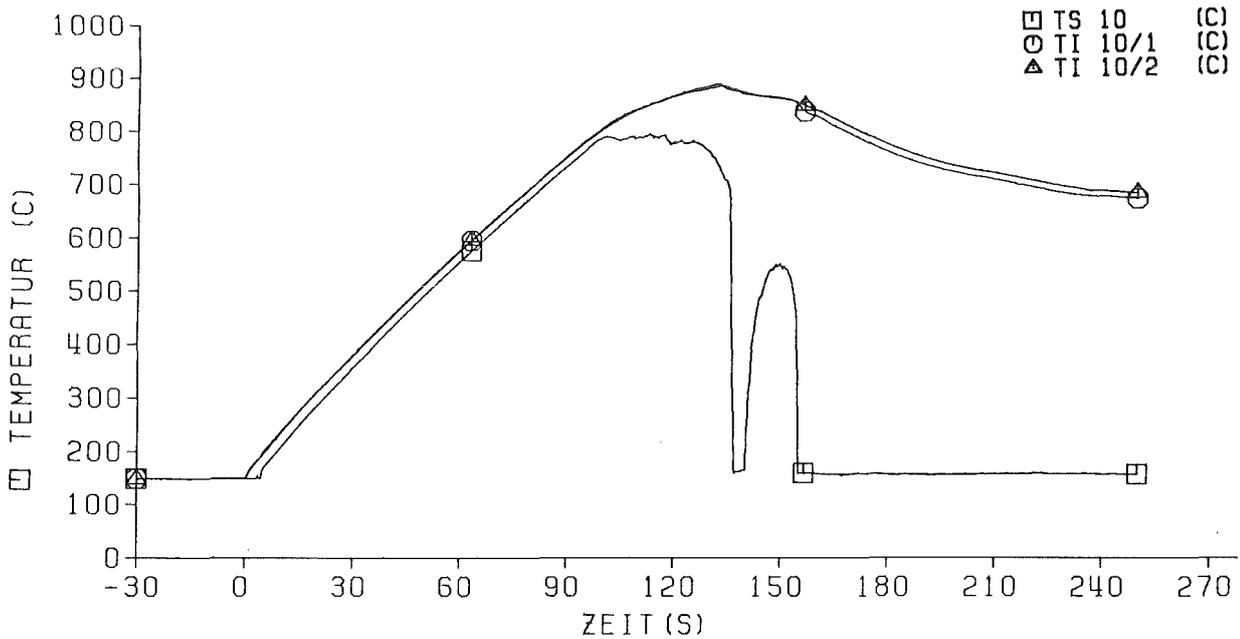
KITZ STRB

REBEKA 5

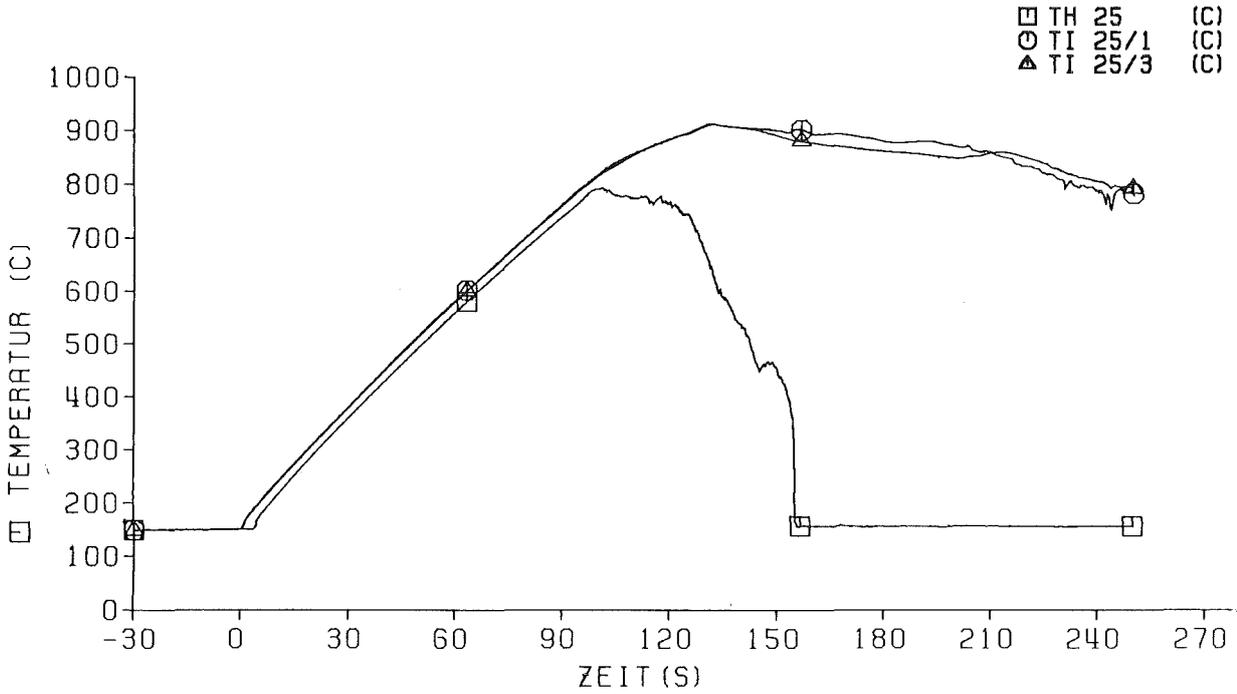
Abb: 67 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 49



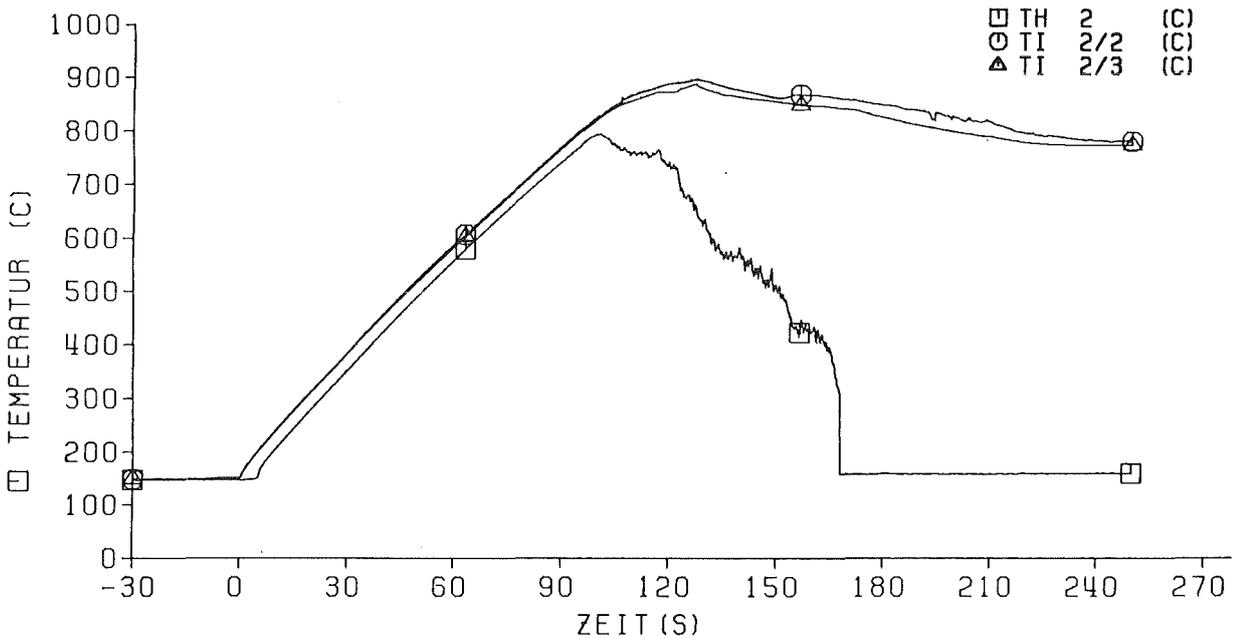
REBEKA 5
Abb: 68 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 66



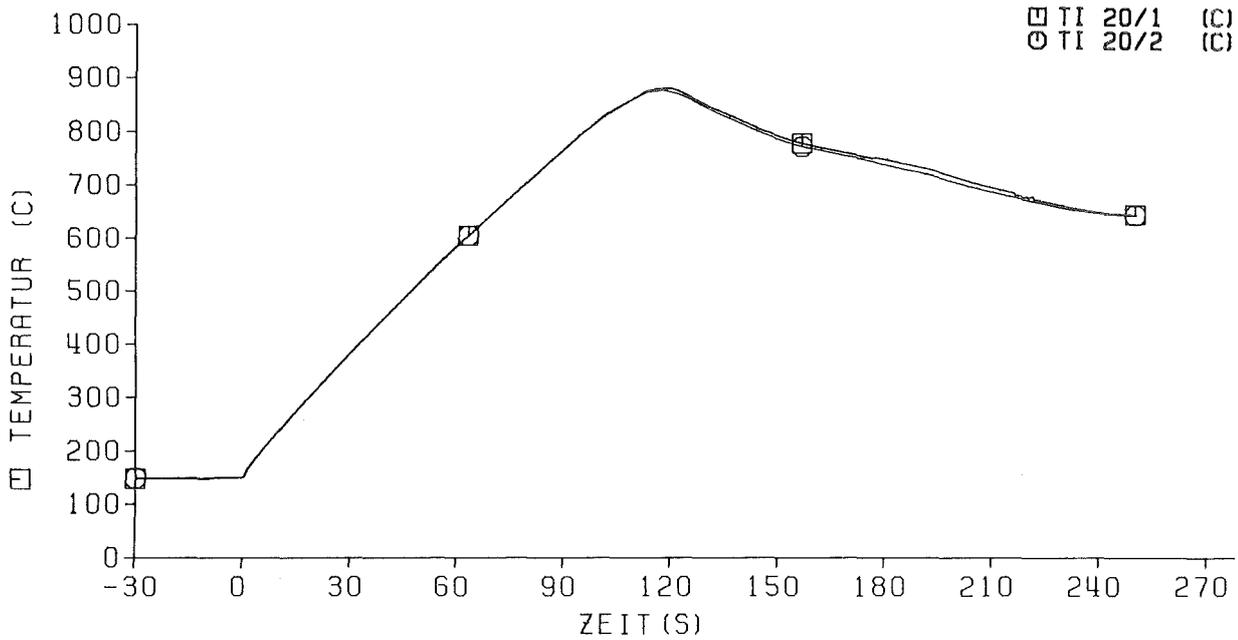
REBEKA 5
Abb: 69 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 10



REBEKA 5
Abb: 70 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene
von Stab: 25

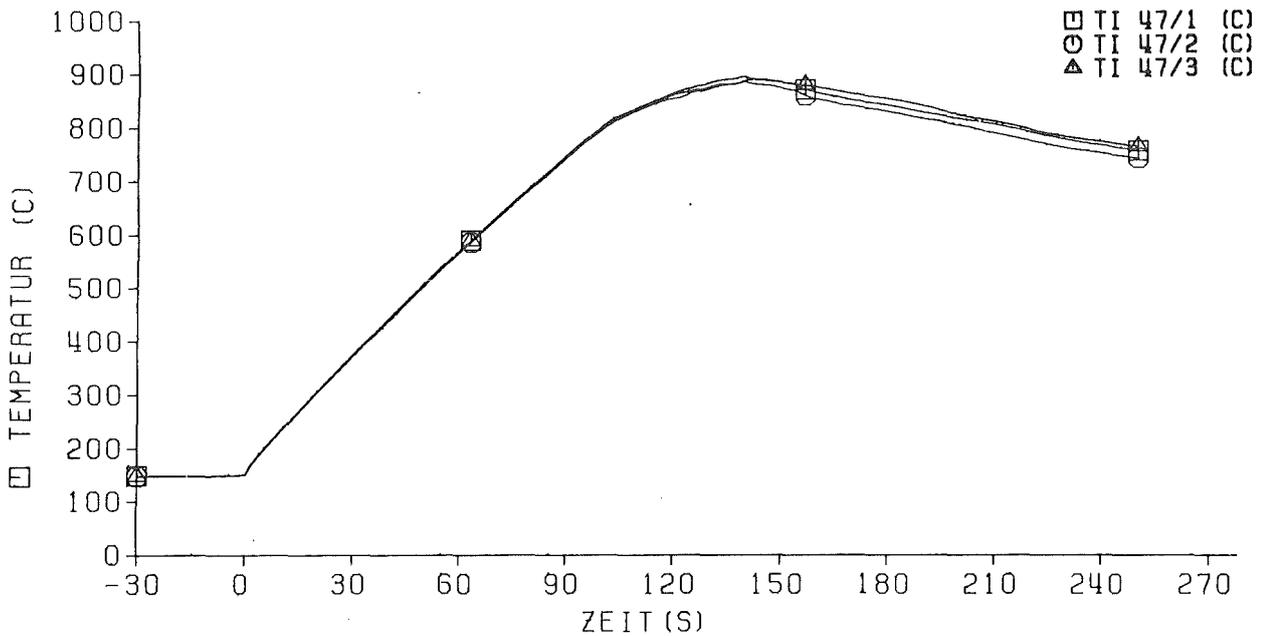


REBEKA 5
Abb: 71 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene
von Stab: 2



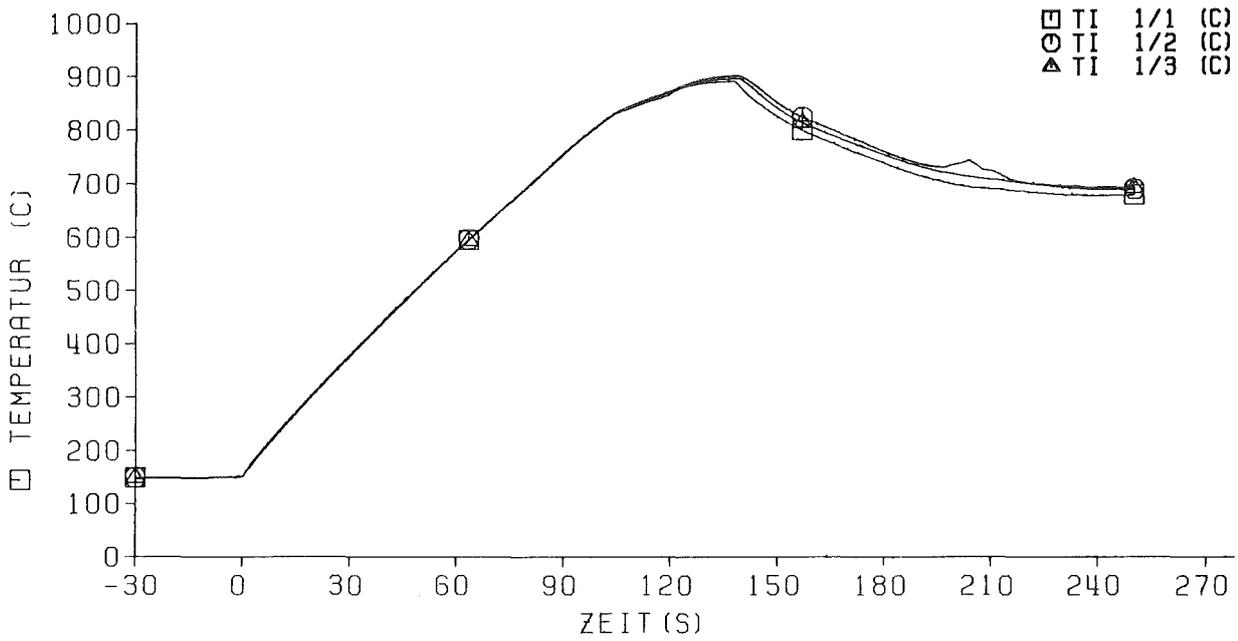
REBEKA 5

Abb: 72 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 20



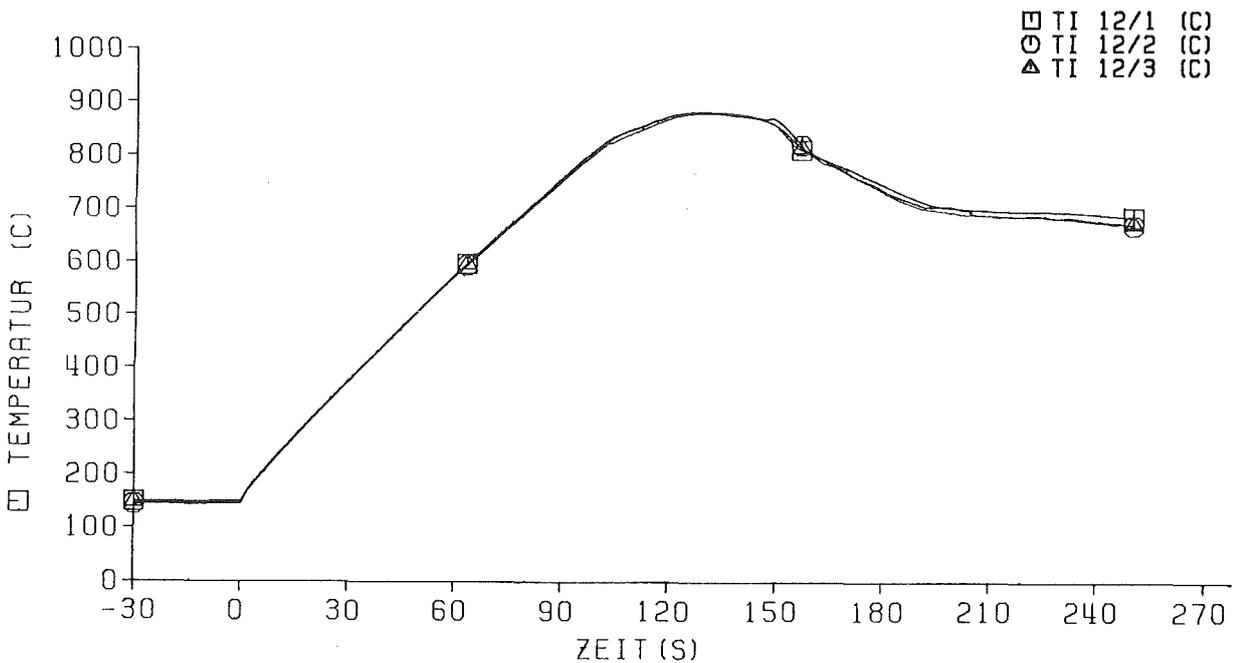
REBEKA 5

Abb: 73 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 47



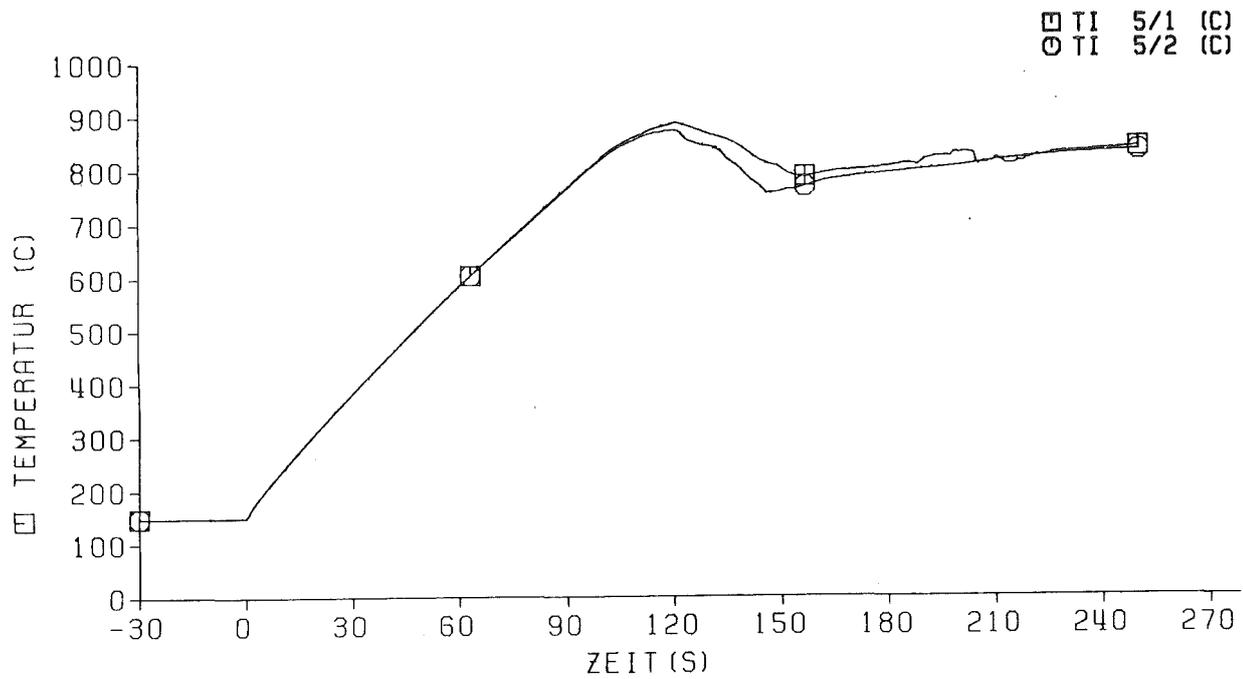
REBEKA 5

Abb: 74 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 1

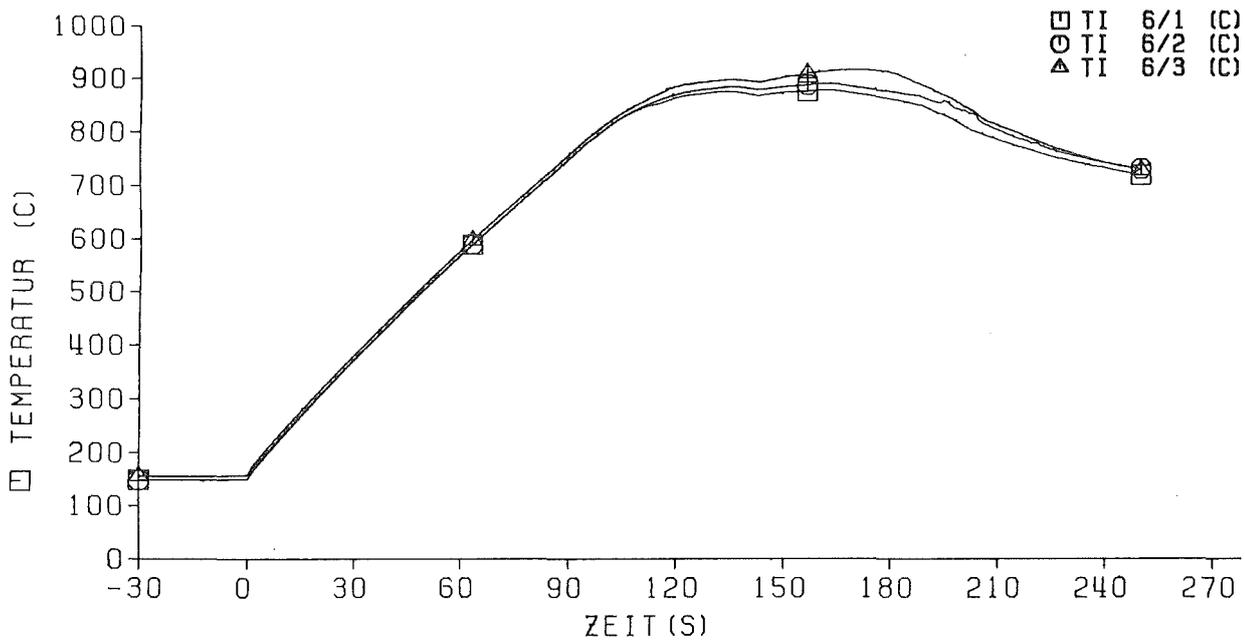


REBEKA 5

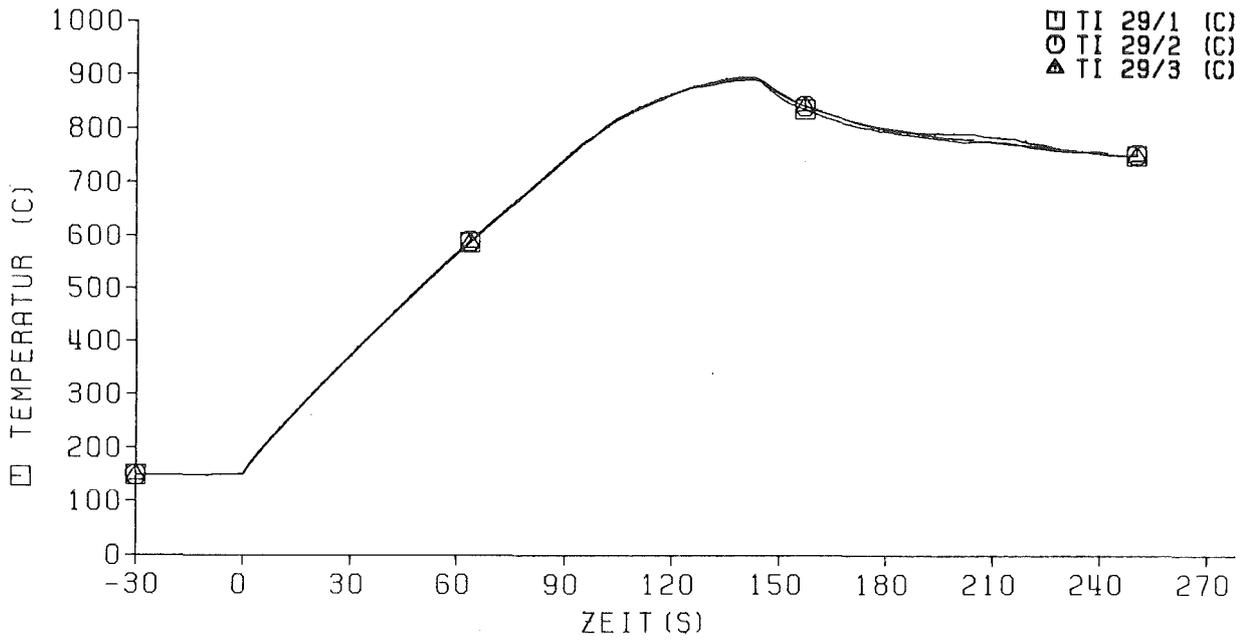
Abb: 75 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 12



REBEKA 5
Abb: 76 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene
von Stab: 5



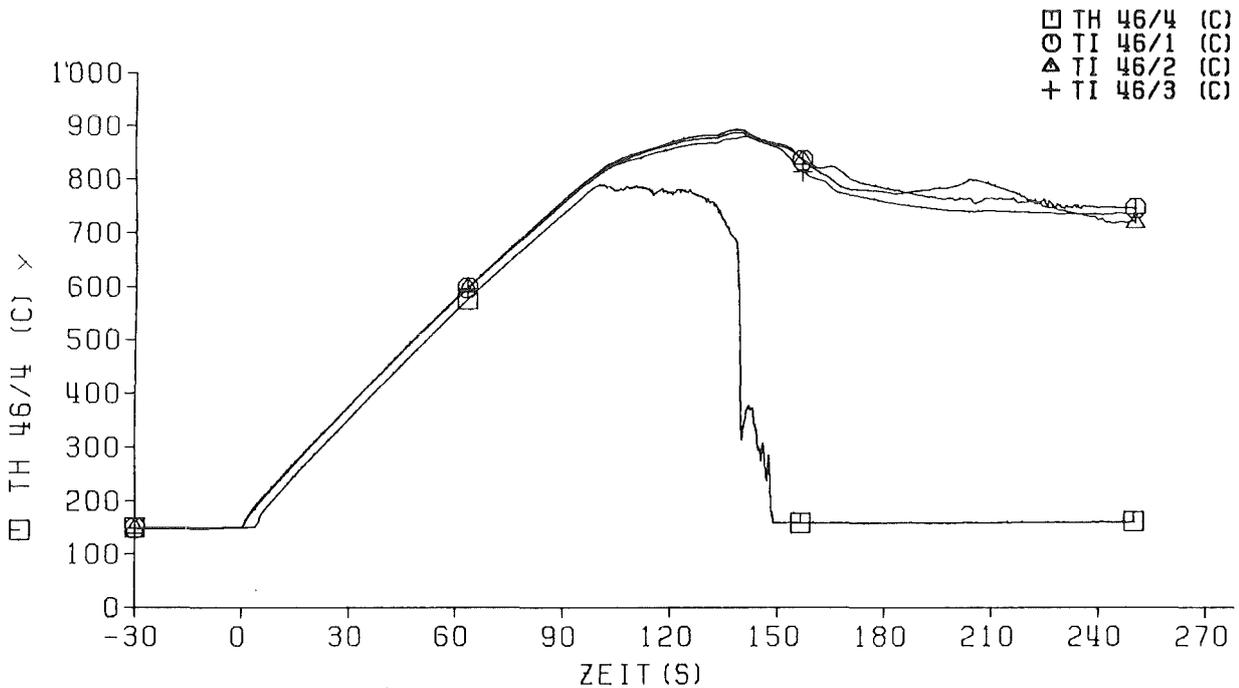
REBEKA 5
Abb: 77 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene
von Stab: 6



KIK TRB

REBEKA 5

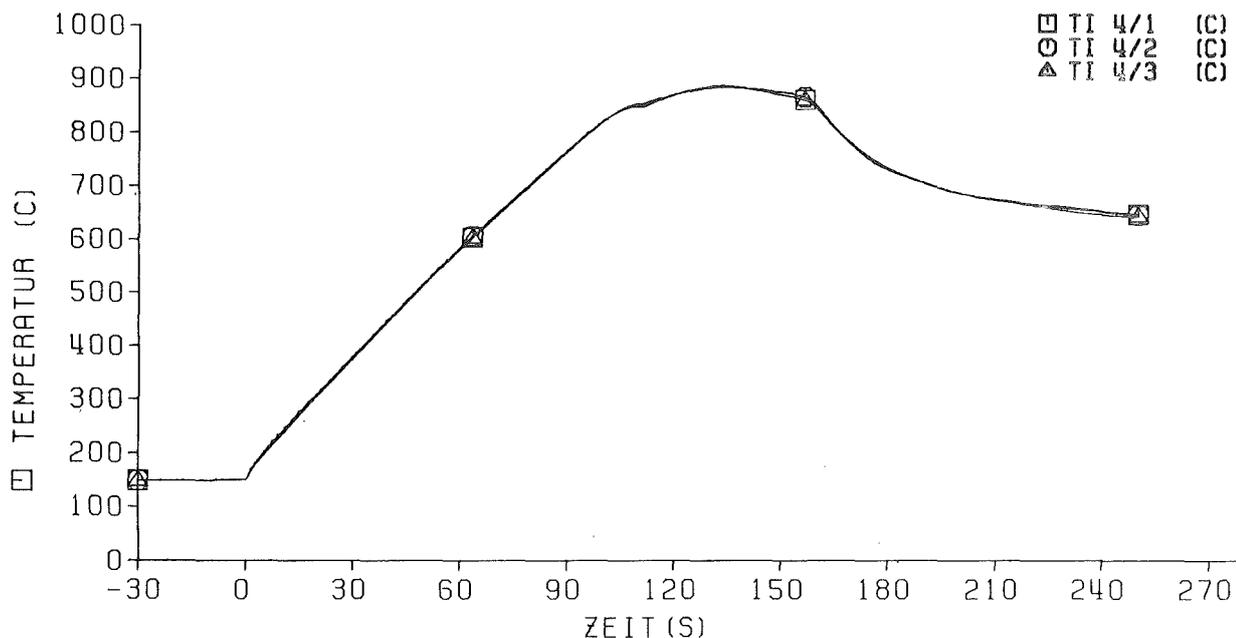
Abb: 78 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 29



KIK TRB

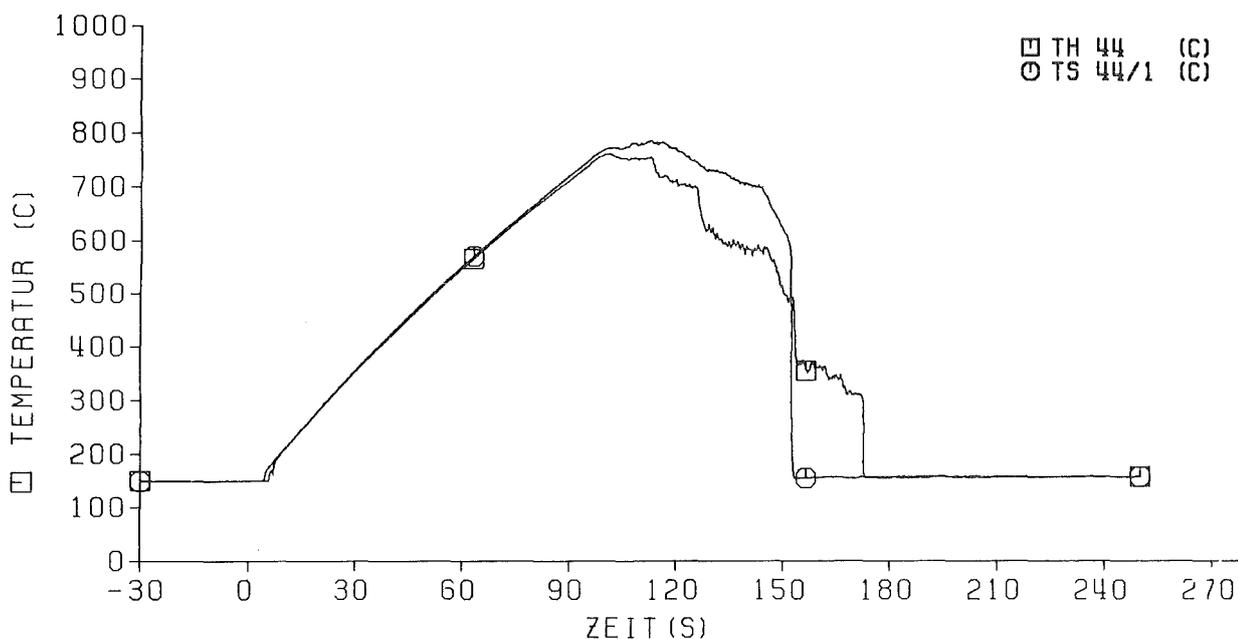
REBEKA 5

Abb: 79 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 46



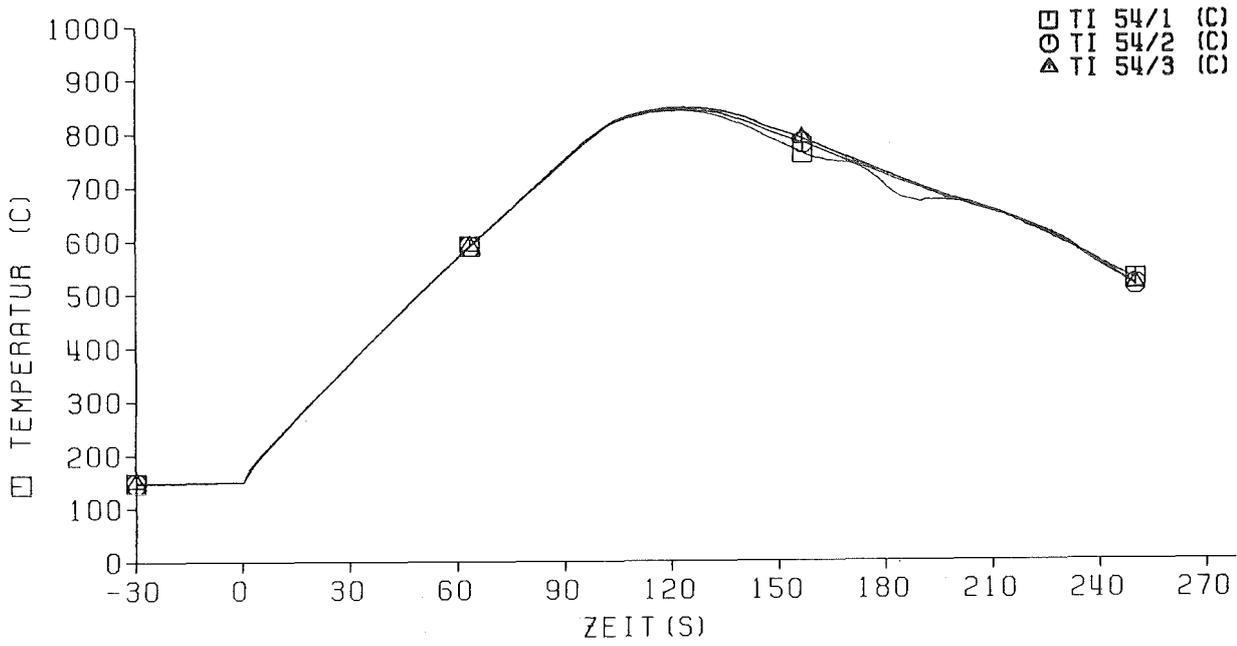
REBEKA 5

Abb: 80 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 4



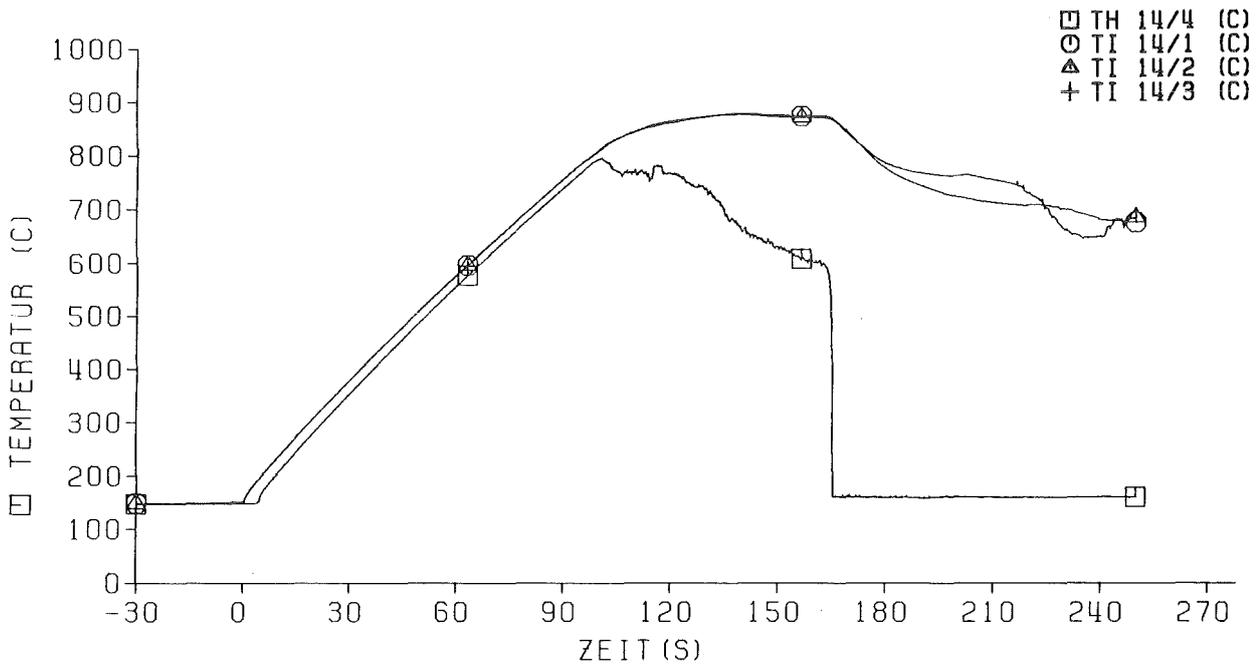
REBEKA 5

Abb: 81 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 44



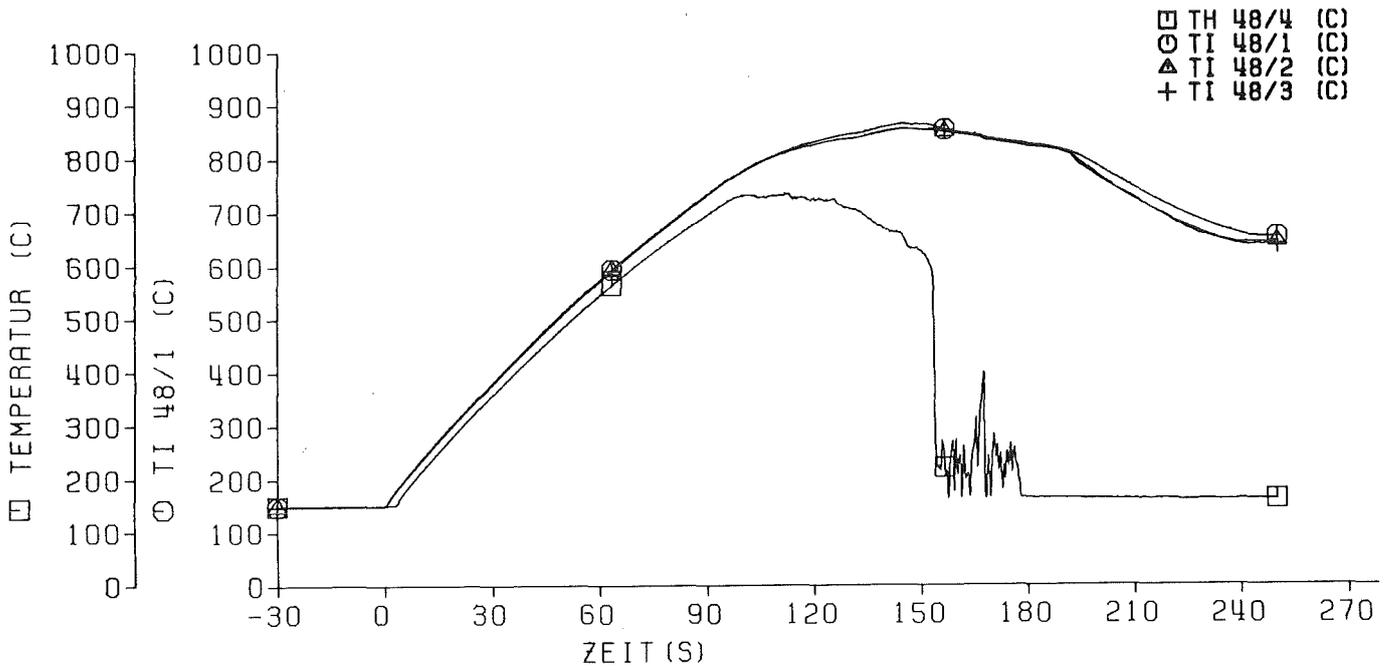
KIK TRB

REBEKA 5
Abb: 82 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene
von Stab: 54



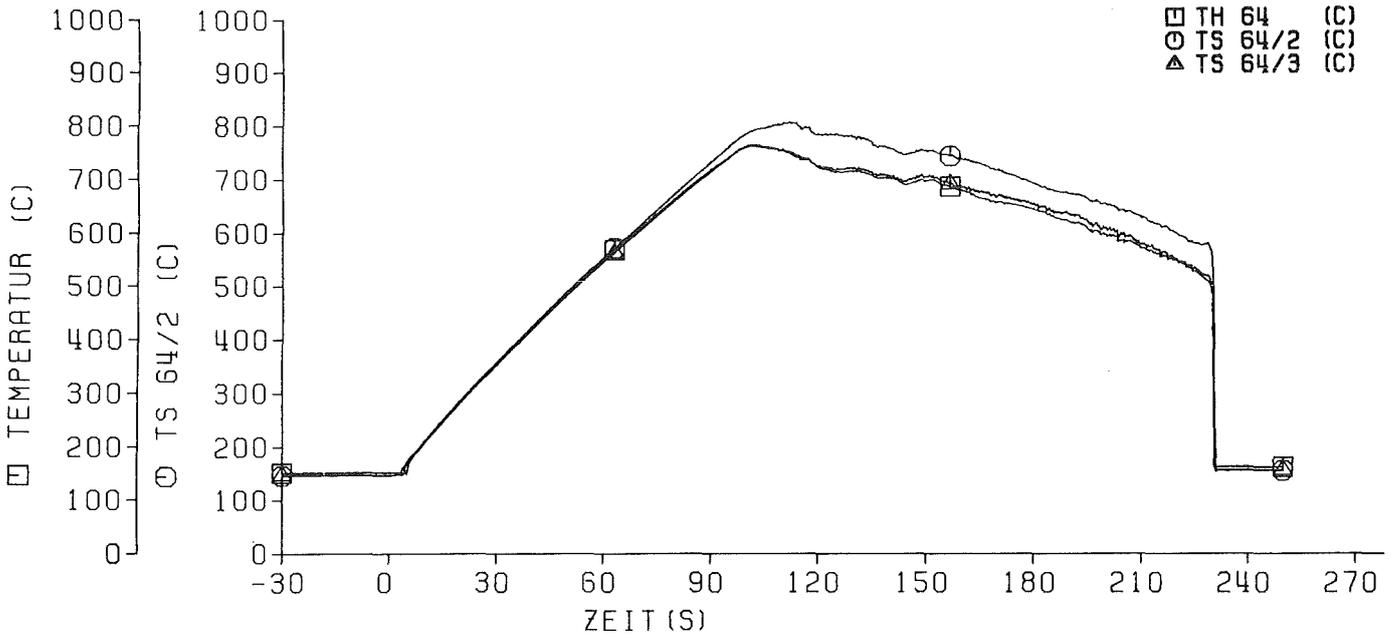
KIK TRB

REBEKA 5
Abb: 83 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene
von Stab: 14



REBEKA 5

Abb: 84 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 48



REBEKA 5

Abb: 85 Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 64

3.5 Axiale Hüllrohrtemperaturverläufe mit Druckverlauf des dargestellten Stabes

3.5.1 Axiale Temperaturen im Bereich zwischen den mittleren Abstandshaltern 4 und 5

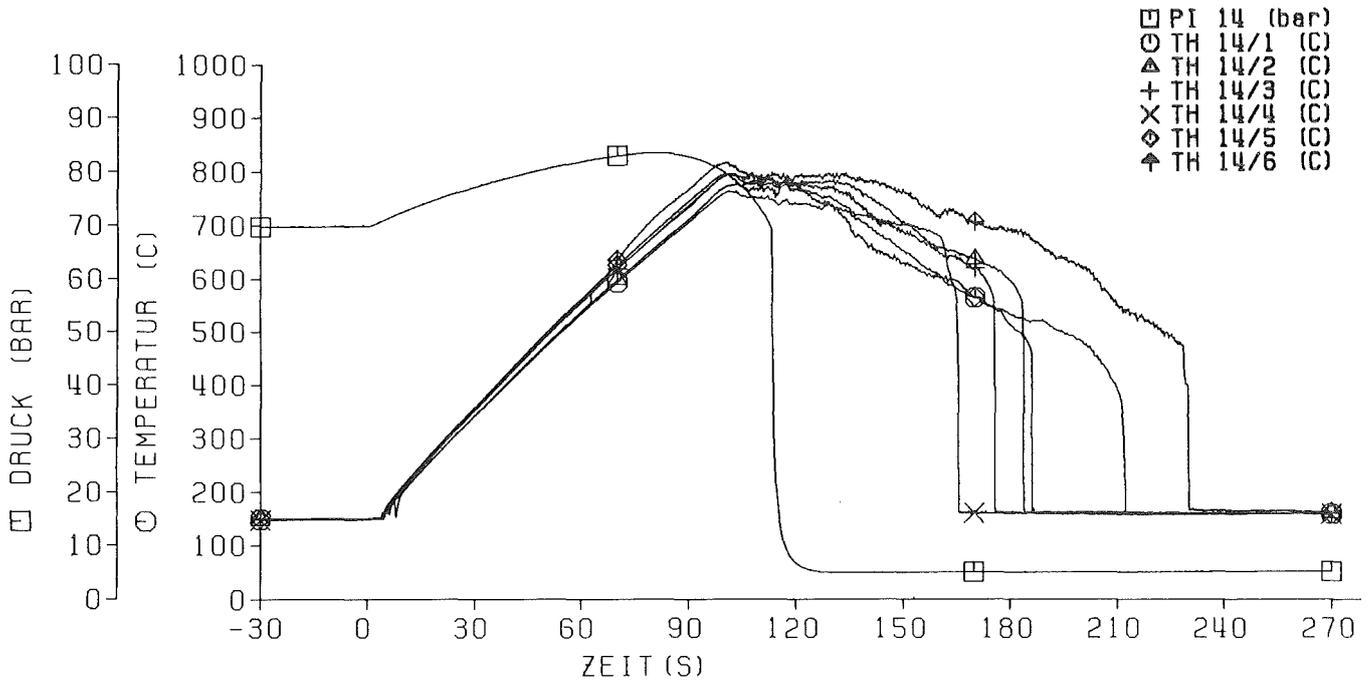
- Stab Nr. 14 (Abb. 86)

- Stab Nr. 46 (Abb. 87)

3.5.2 Axiale Temperaturen über die volle Stablänge

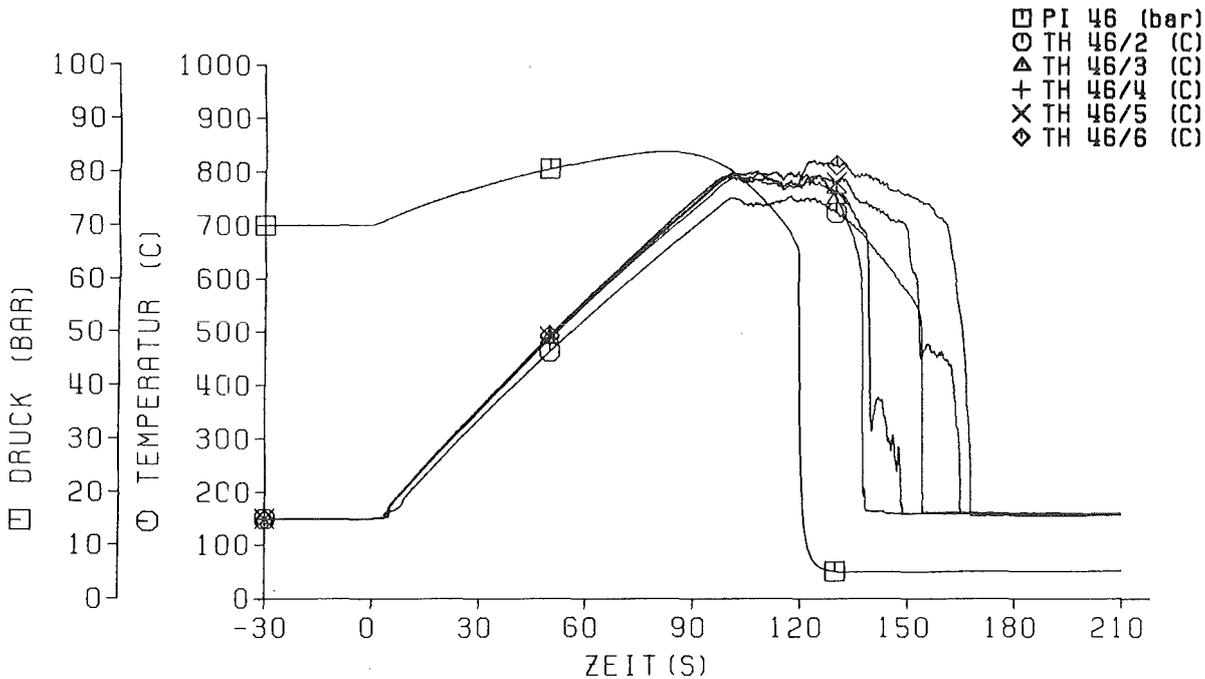
- Stab Nr. 48 (Abb. 88)

- Stab Nr. 23 (Abb. 89)



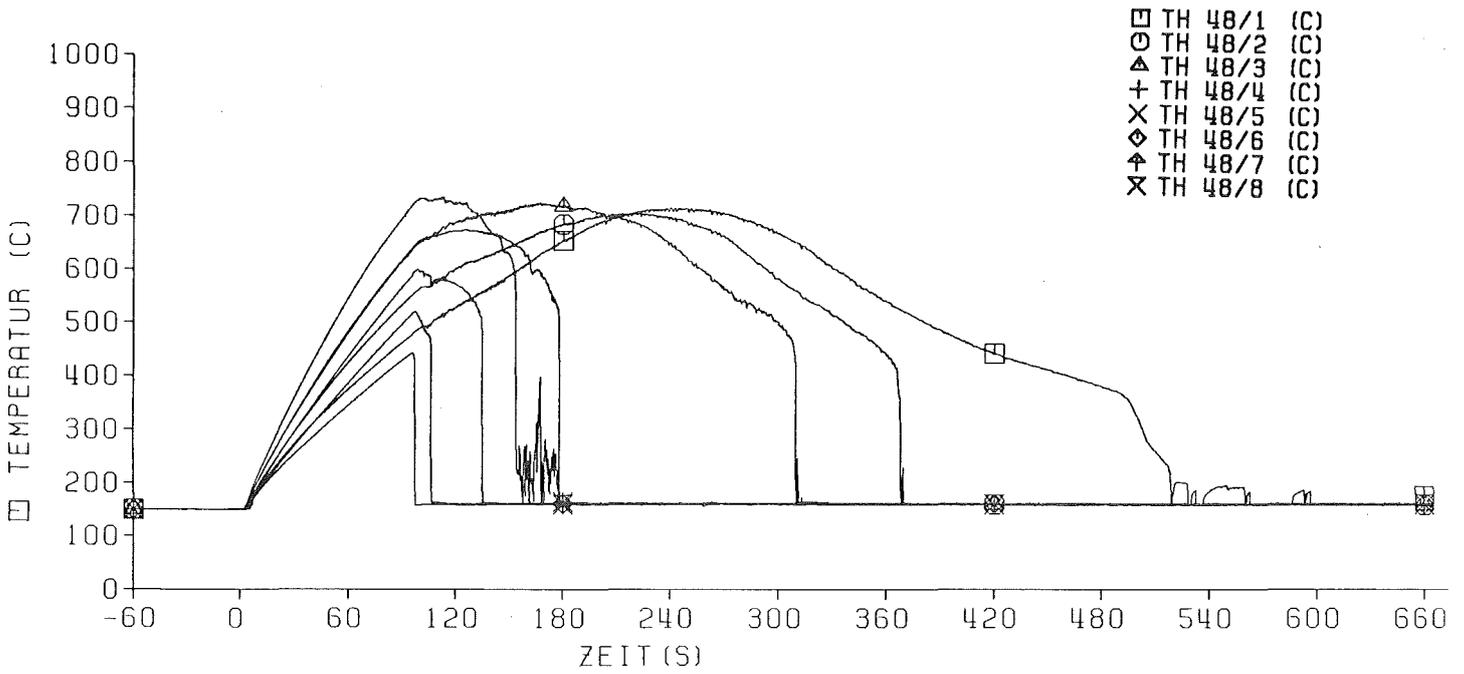
REBEKA 5

Abb: 86 Druck- und Temperaturverlauf zwischen den mittleren Abstandshaltern von Stab 14



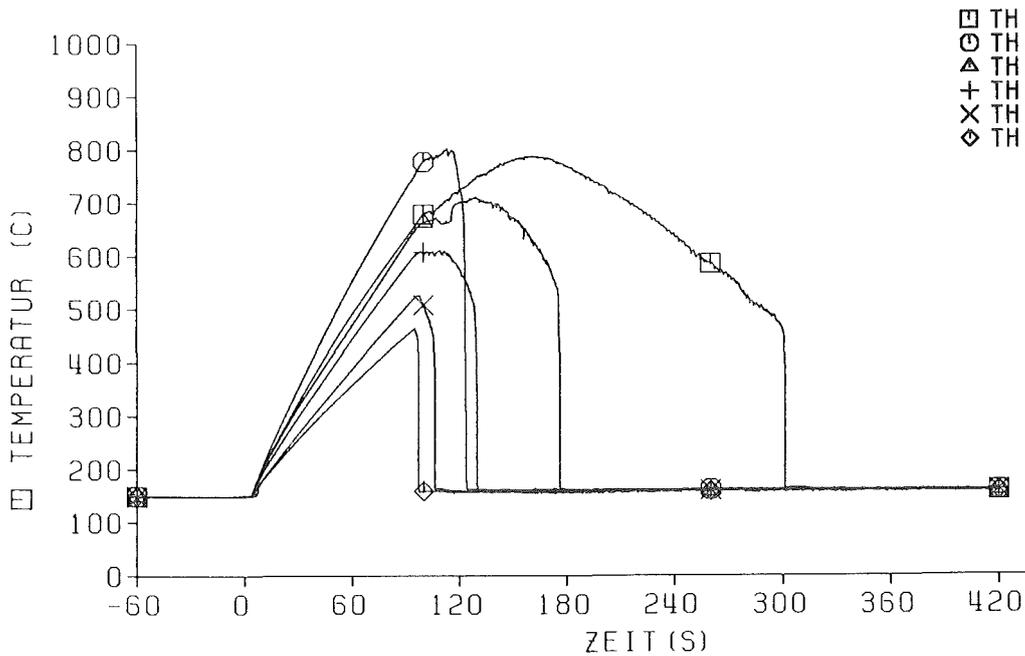
REBEKA 5

Abb: 87 Druck- und Temperaturverlauf zwischen den mittleren Abstandshaltern von Stab 46



REBEKA 5

Abb: 88: Axialer Temperaturverlauf Stab:48



REBEKA 5

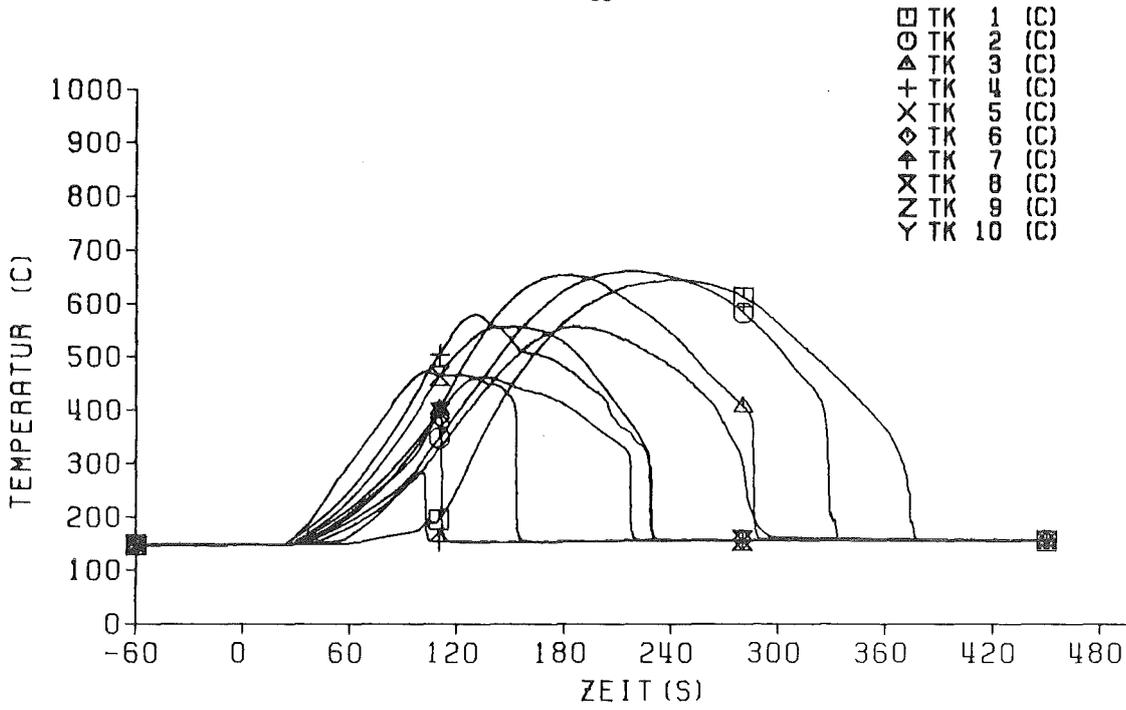
Abb: 89 Axialer Temperaturverlauf von Stab 23

3.6 Temperaturprofil am Bündelkasten (Abb. 90)

und

3.7 Fluidtemperaturen am Abstandshalter (AH)

- am AH 1 (Abb. 91)
- am AH 4 (Abb. 92)
- am AH 5 (Abb. 93)



REBEKA 5
Abb: 90 Temperaturprofil Bündel-Kasten

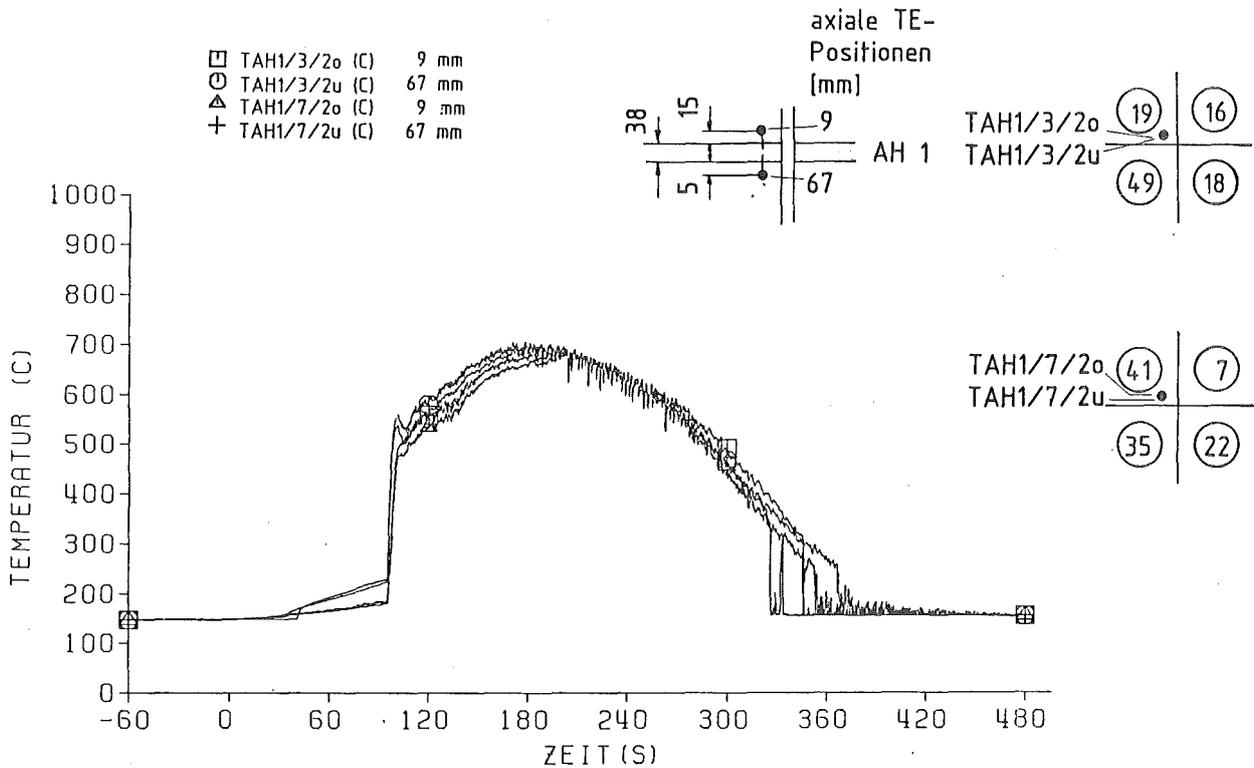


Abb. 91 REBEKA 5
Fluidtemperaturen am oberen Abstandshalter I

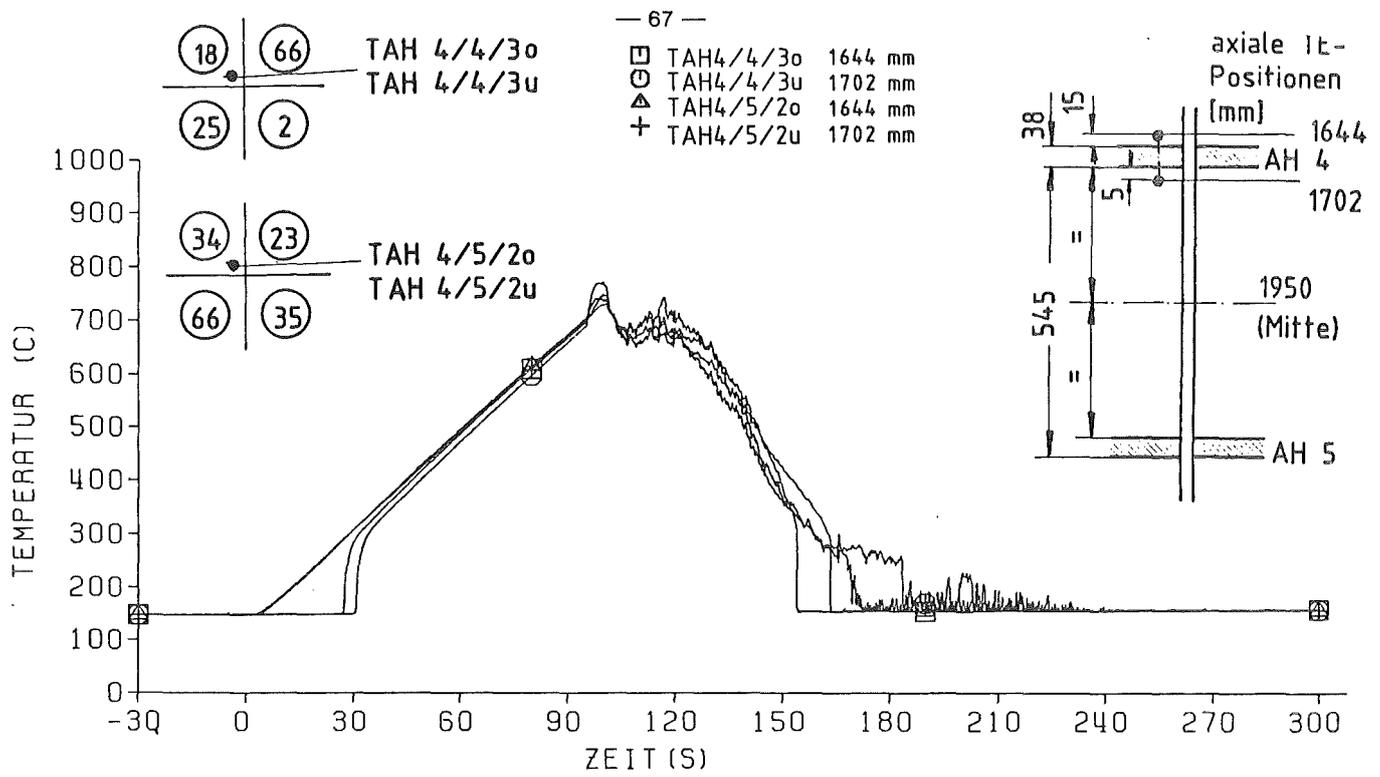


Abb. 92 REBEKA 5
Fluidtemperaturen am Abstandshalter IV

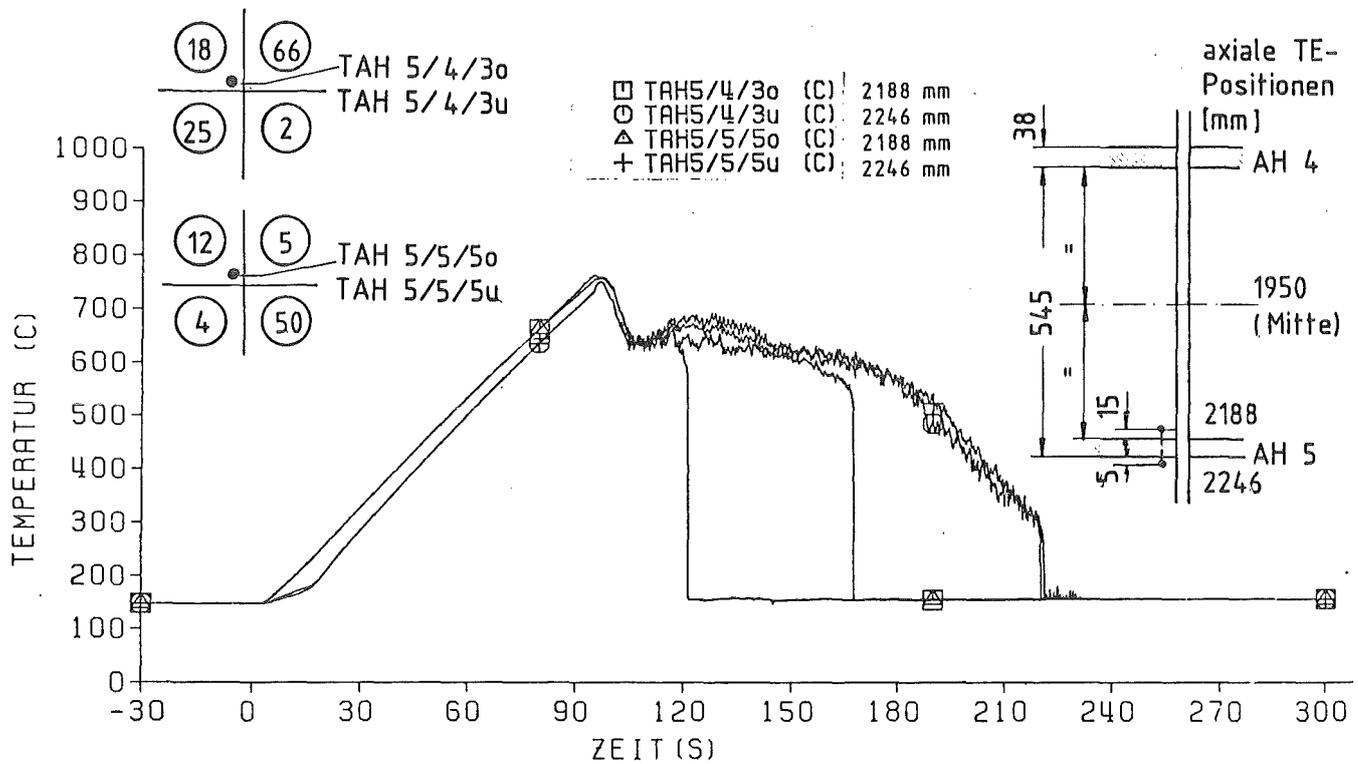


Abb. 93 REBEKA 5
Fluidtemperaturen am Abstandshalter V

3.8 Umfangsdehnungen der Zircaloy-4-Hüllrohre aller 49 Brennstabsimulatoren und daraus resultierende Kühlkanalversperrung

Nach Entfernen des Bündelkastens werden die Brennstabsimulatoren bezüglich ihrer Position im Abstandshaltergitter, bzw. im Bündelverband markiert und die Abstandshalterbleche demontiert.

Die Umfangsdehnung der einzelnen Stäbe wird durch Messung des Durchmessers oder des Umfanges bestimmt. An axialen Stellen, an denen der Querschnitt der gedehnten Hüllrohre kreisförmig ist, wird der Mittelwert von zwei um 90° versetzten Durchmessern herangezogen. An den Stellen, an denen das Hüllrohr gequetscht oder geborsten ist, wird der Umfang mittels eines Meßstreifens ausgemessen.

An den Öffnungen der Berststellen zählt dabei der Umfang von Berstlippe zu Berstlippe unter Aussparung der Öffnung.

Aus den Umfangsdehnungen der einzelnen Hüllen wird nach H.J. Neitzel /2/ die Kühlkanalversperrung im Stabbündel berechnet.

- | | | |
|-------|---------------------------------------|----------------|
| 3.8.1 | Berstdehnungen und Berstlagen | (Abb. 94) |
| 3.8.2 | Umfangsdehnungsprofile | |
| | - aller Hüllrohre einzeln | (Abbn. 95-143) |
| | - aller 49 Hüllrohre zusammen | (Abb. 144) |
| | - der Hüllrohre der 25 Innenstäbe | (Abb. 145) |
| | - der Hüllrohre der 9 innersten Stäbe | (Abb. 146) |

3.8.3 Kühlkanalversperrungen

Die Kühlkanalversperrungsprofile durch 49, 25, bzw. 9 Zircaloy-4-Hüllen werden dargestellt (Abbn. 147 - 149).

mittlere Berstdaten:
~72 bar, ~800 °C

Entfernung vom oberen
beheizten Ende
Berstdehnung, max. Dehnung
Heizstab-Nr.

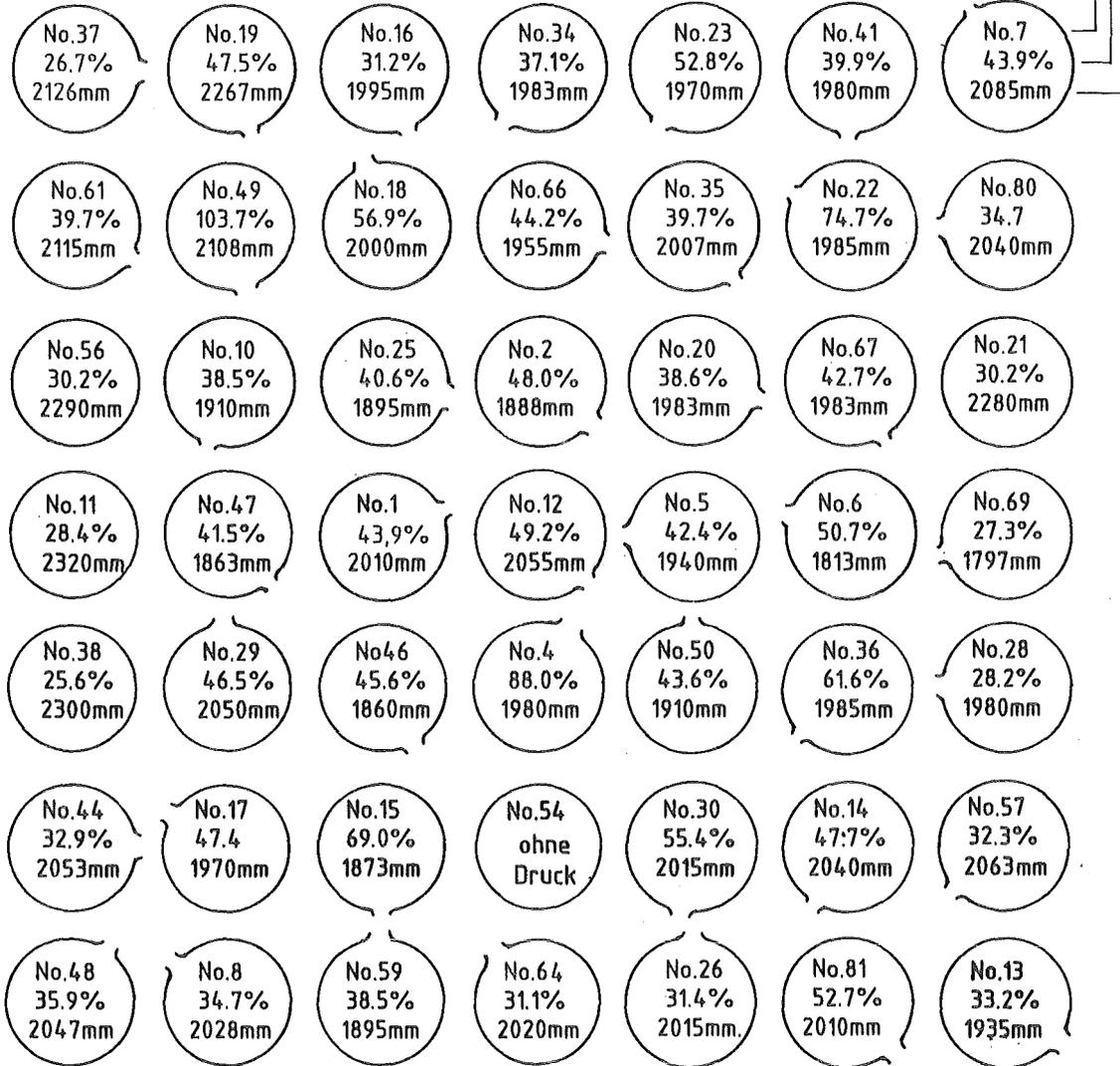
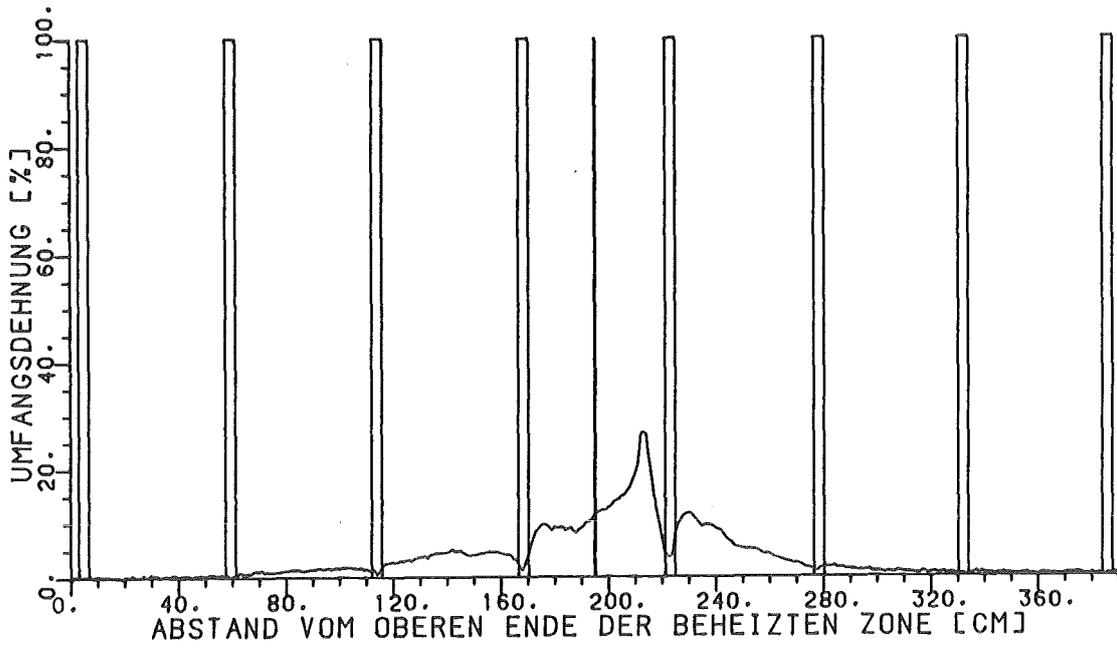
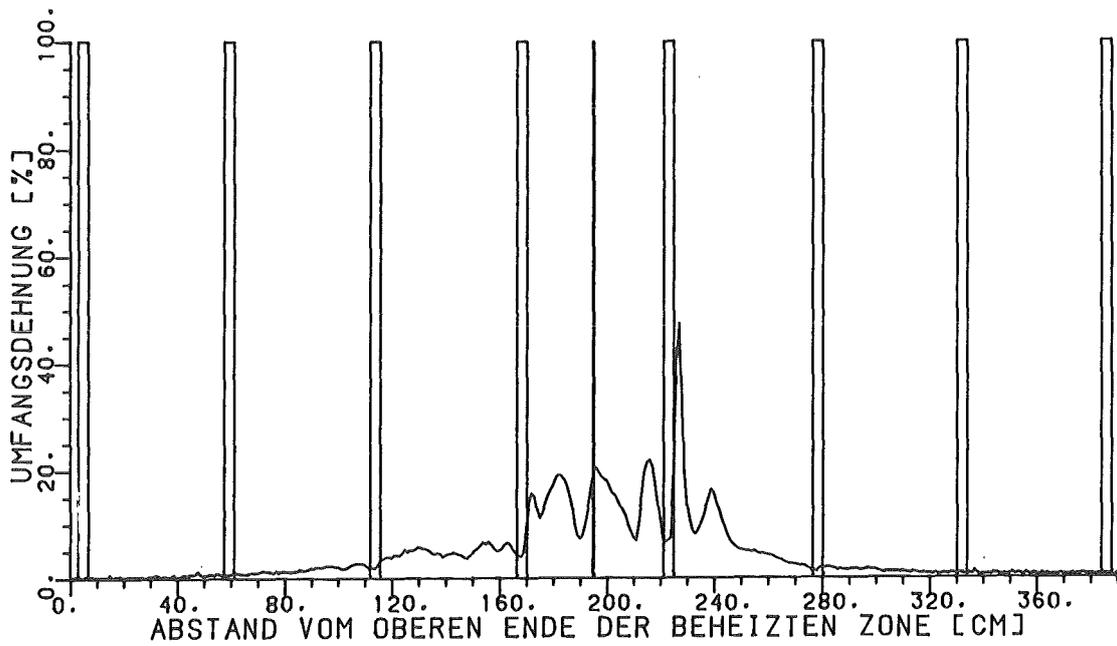


Abb. 94 REBEKA 5
Berstdehnungen und Berstlagen



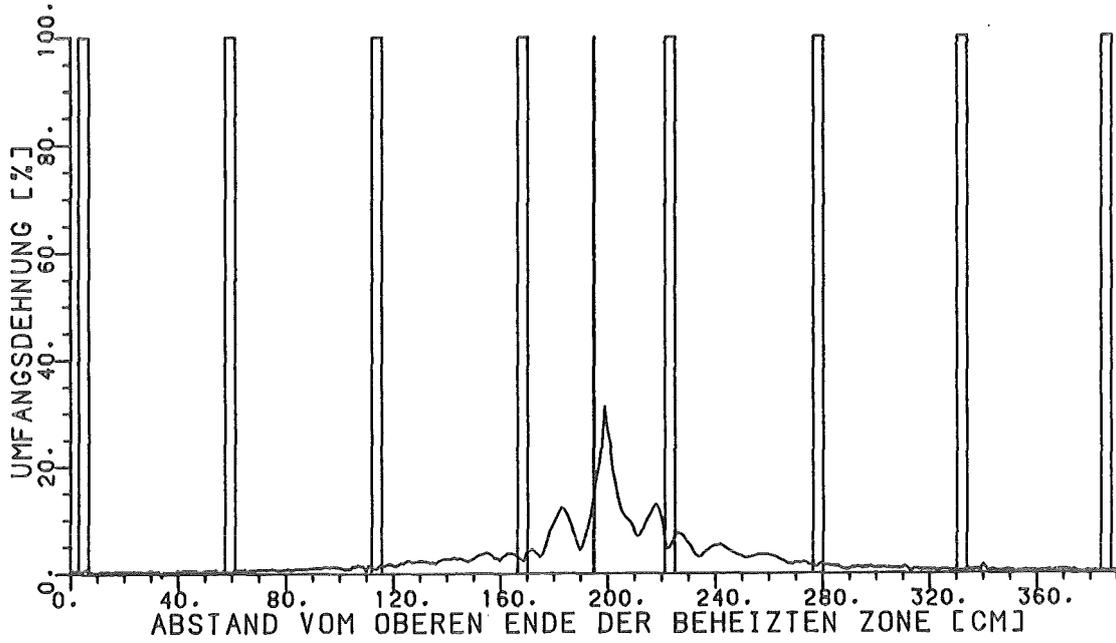
KIK

REBEKA 5
Abb: 95 Dehnungsprofil von Stab: 37



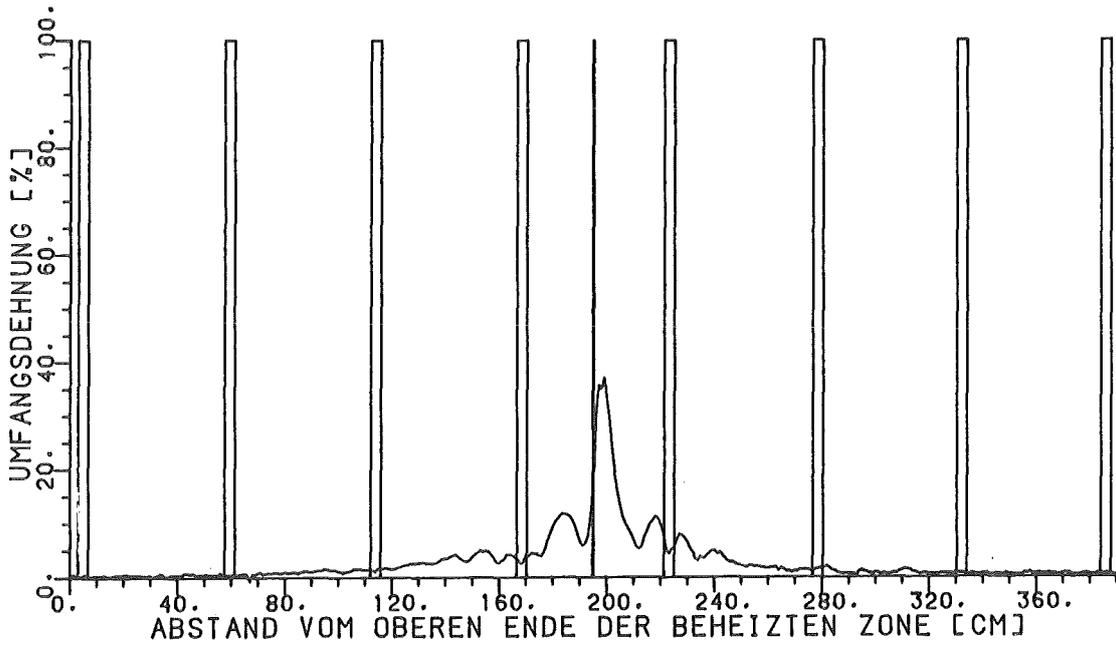
KIK

REBEKA 5
Abb: 96 Dehnungsprofil von Stab: 19



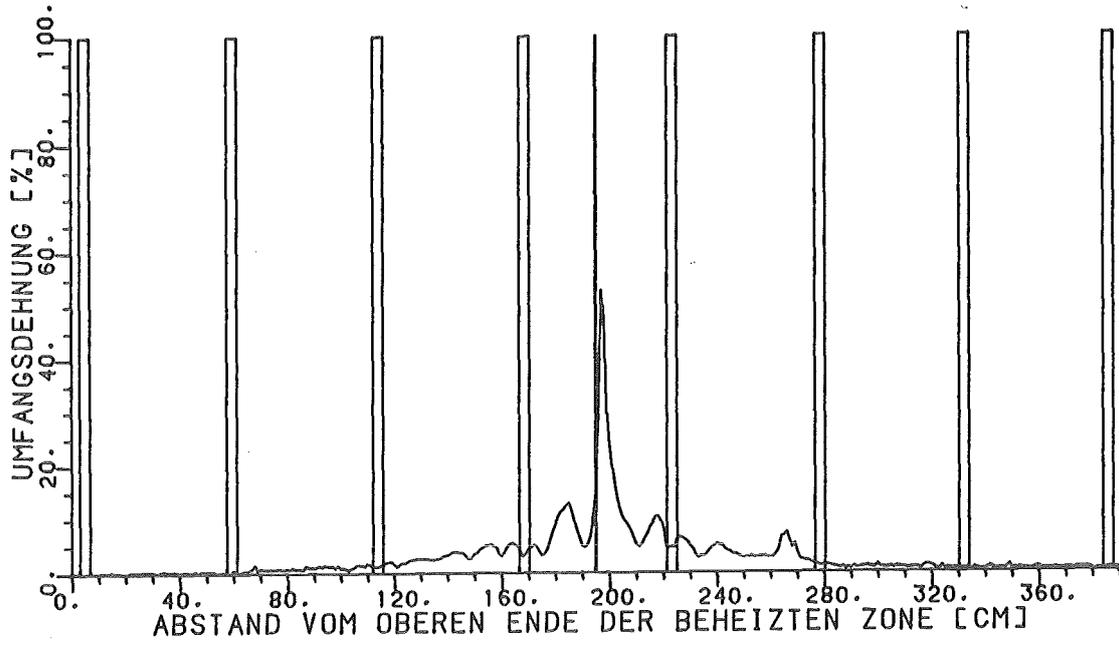
KfK

REBEKA 5
Abb: 97 Dehnungsprofil von Stab: 16



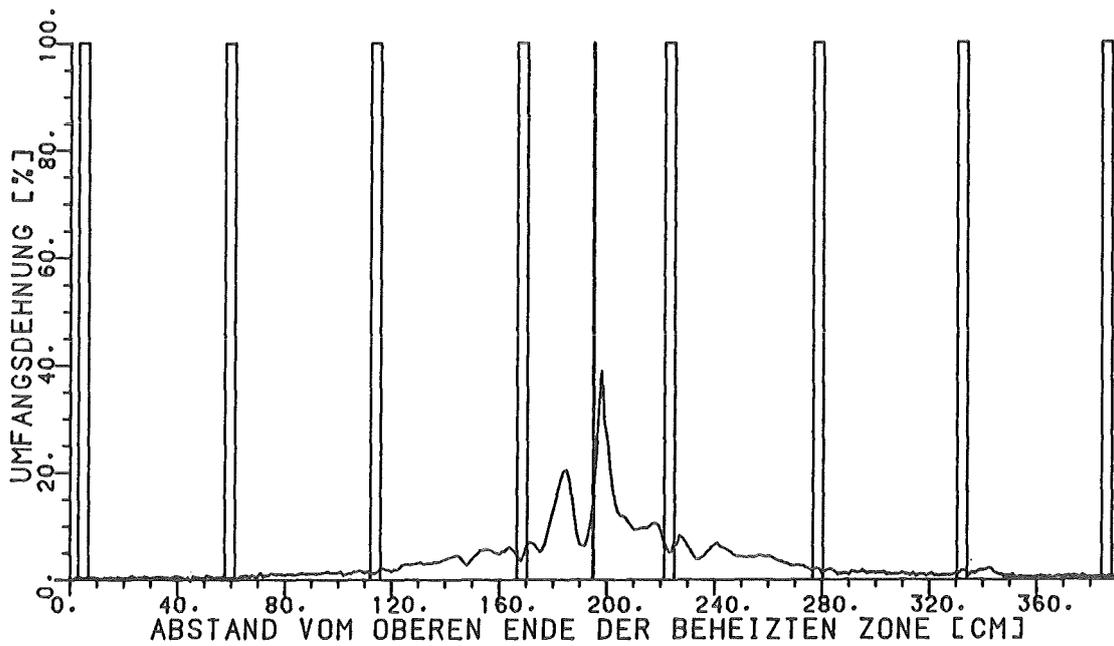
KfK

REBEKA 5
Abb: 98 Dehnungsprofil von Stab: 34



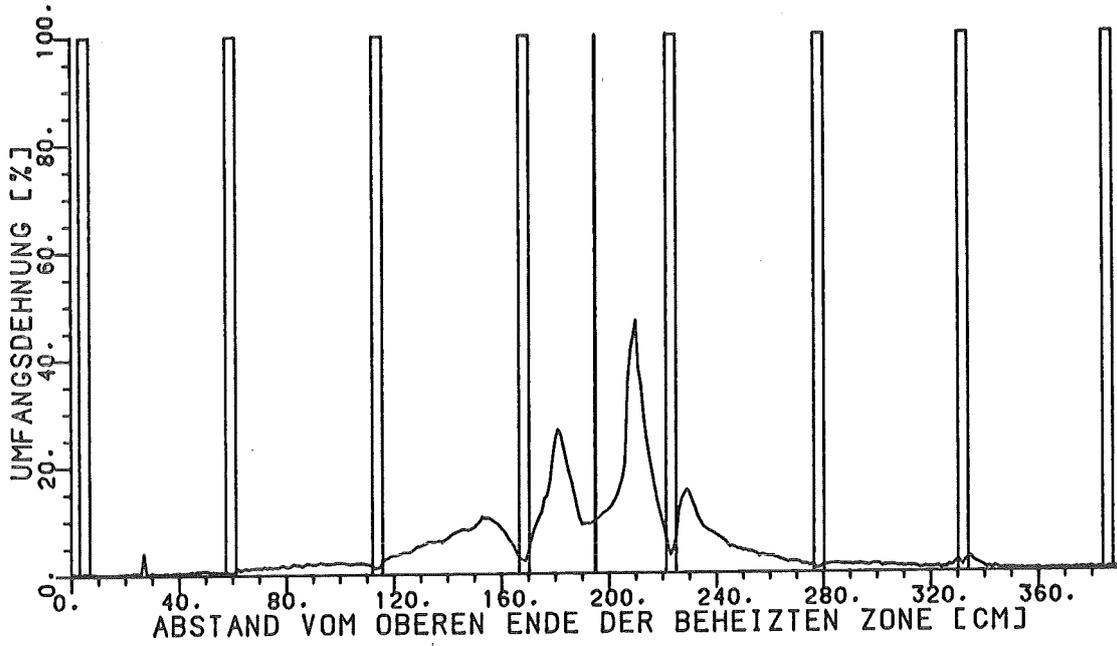
KfK

REBEKA 5
Abb: 99 Dehnungsprofil von Stab: 23



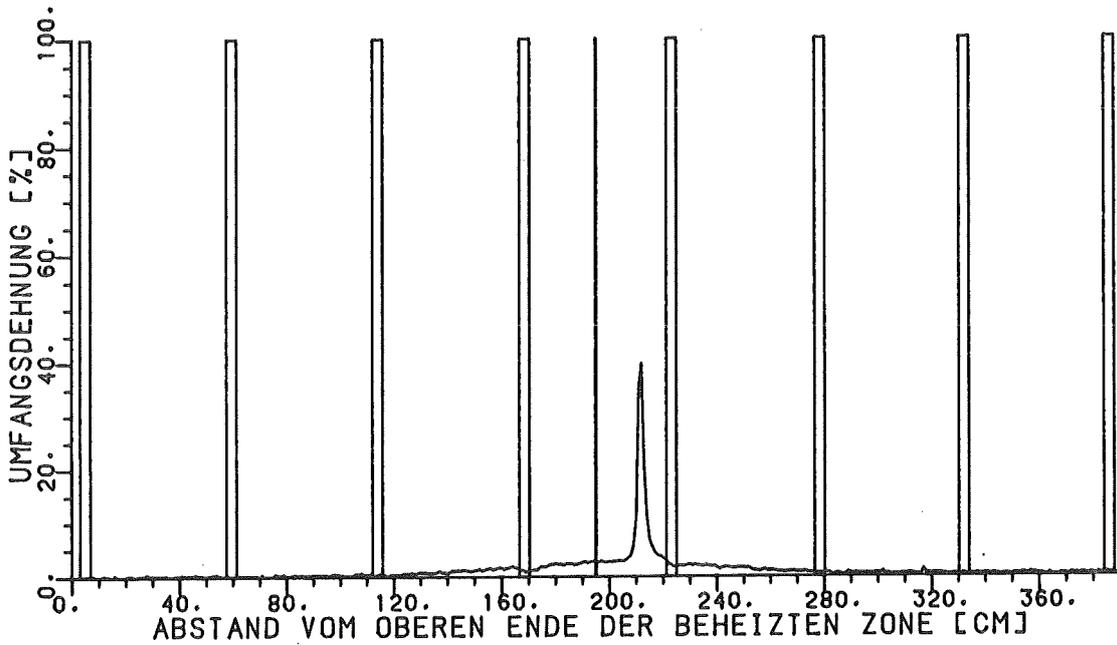
KfK

REBEKA 5
Abb: 100 Dehnungsprofil von Stab: 41



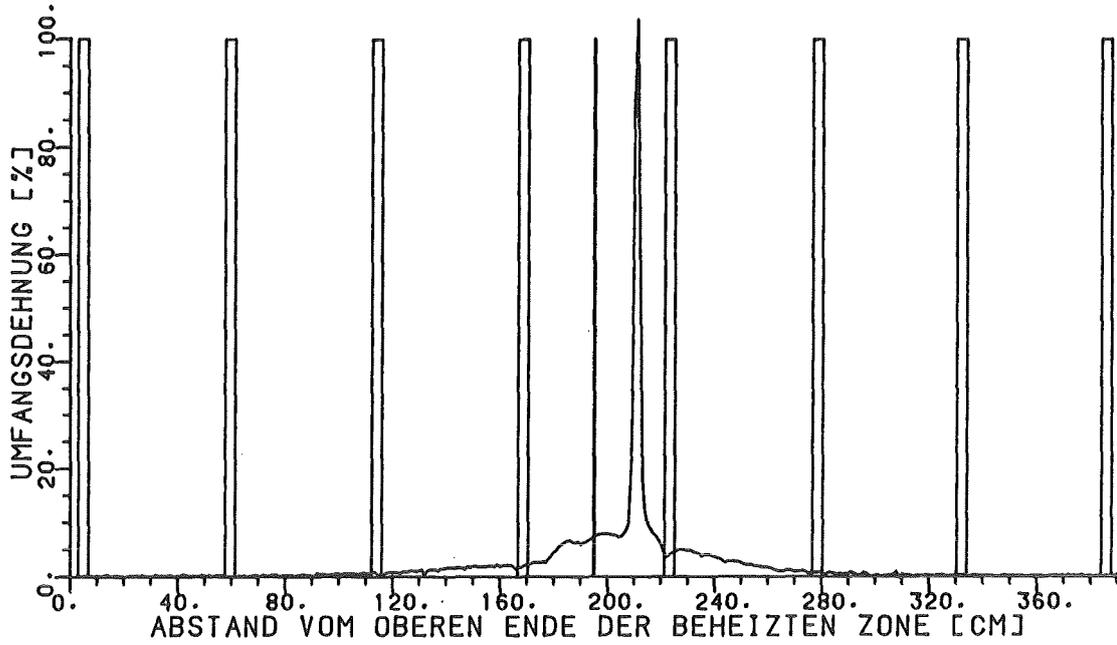
KfK

REBEKA 5
Abb: 101 Dehnungsprofil von Stab: 7



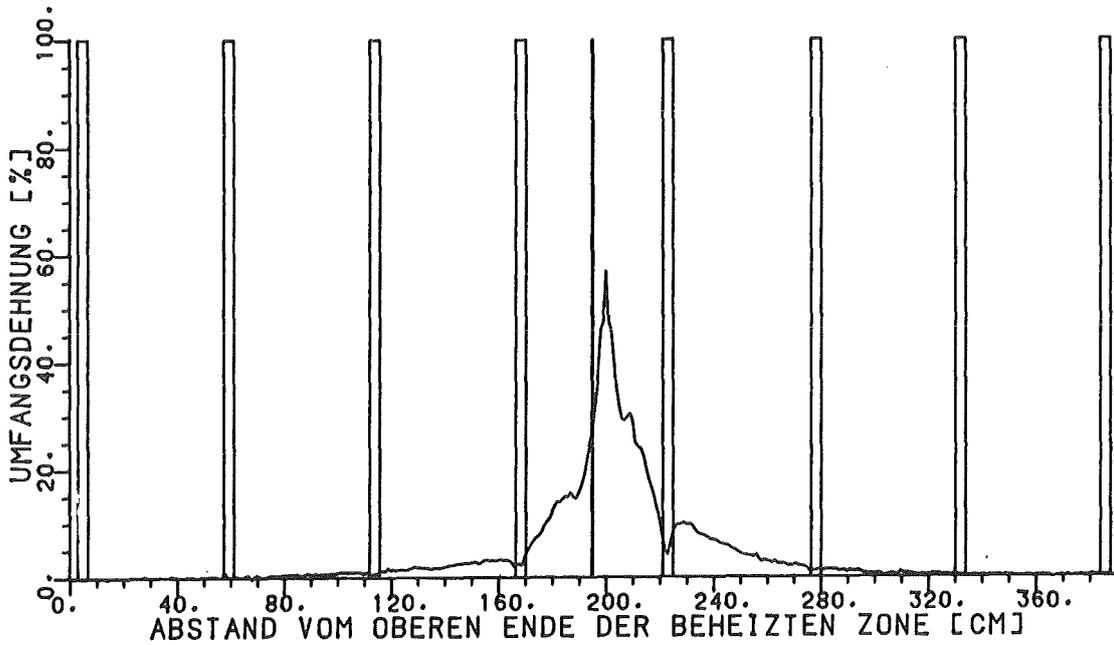
KfK

REBEKA 5
Abb: 102 Dehnungsprofil von Stab: 61



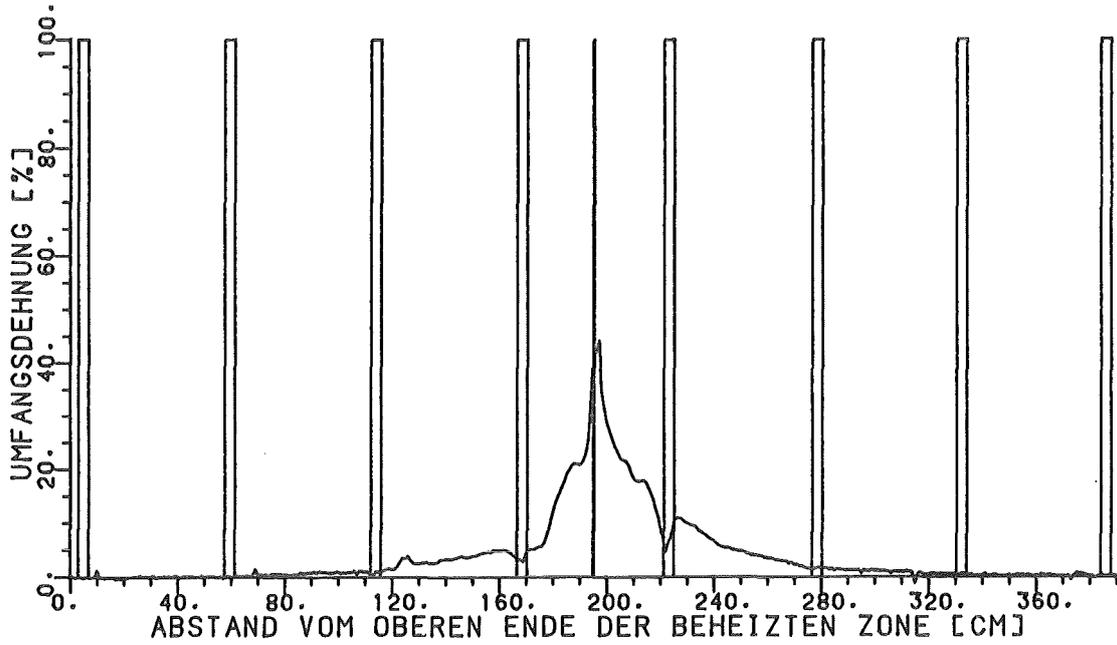
KIK

REBEKA 5
Abb: 103 Dehnungsprofil von Stab: 49



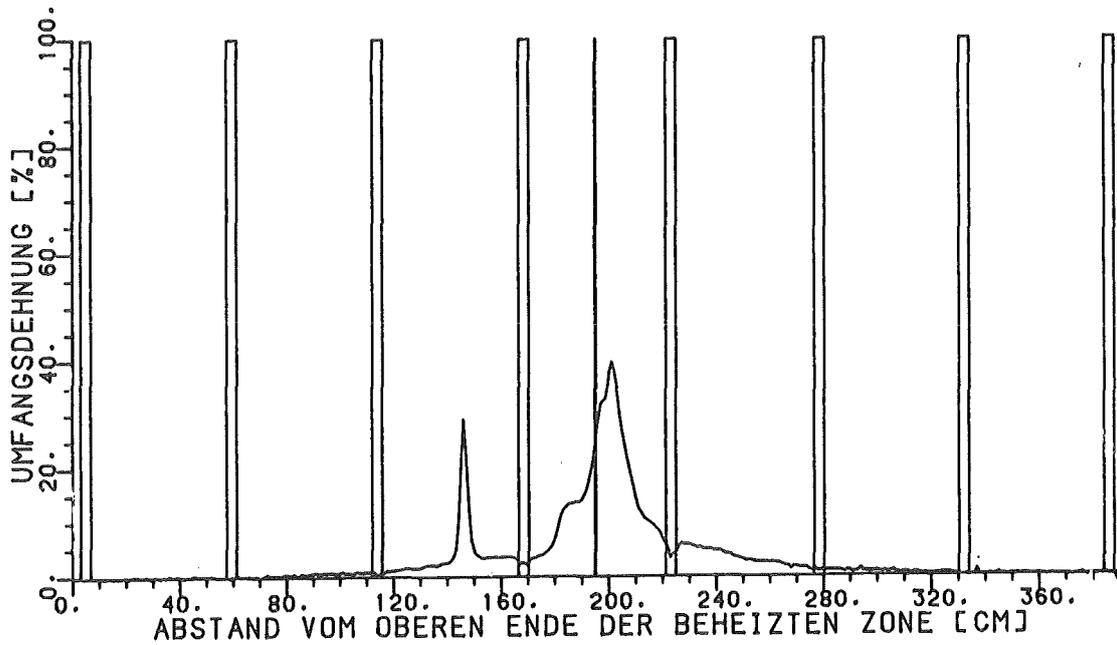
KIK

REBEKA 5
Abb: 104 Dehnungsprofil von Stab: 18



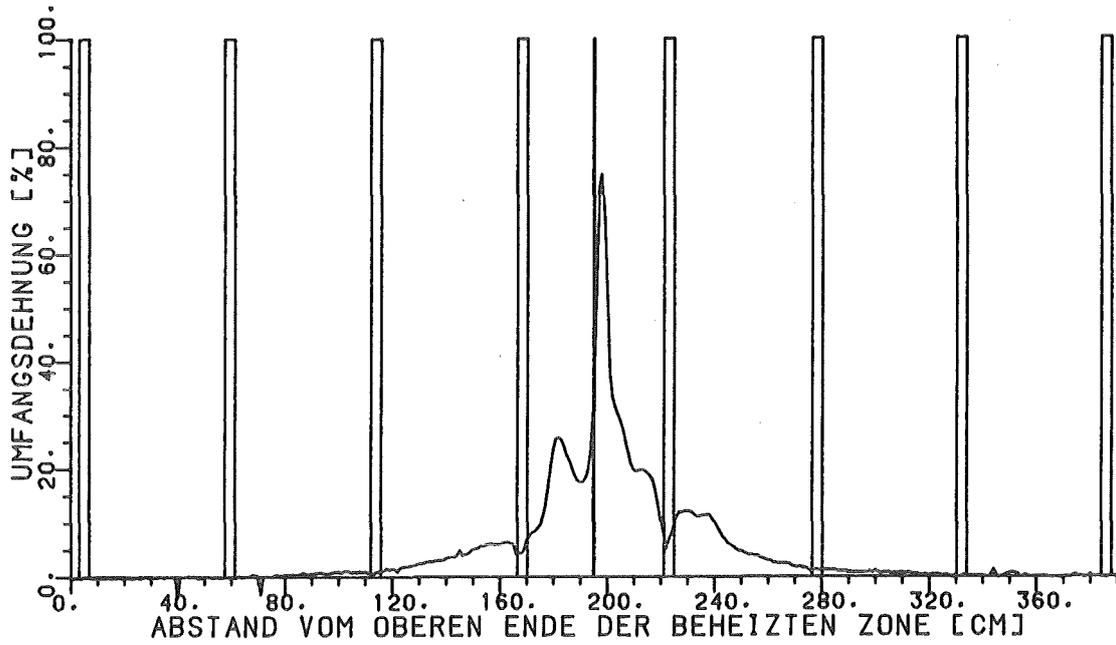
KIK

REBEKA 5
Abb: 105 Dehnungsprofil von Stab: 66



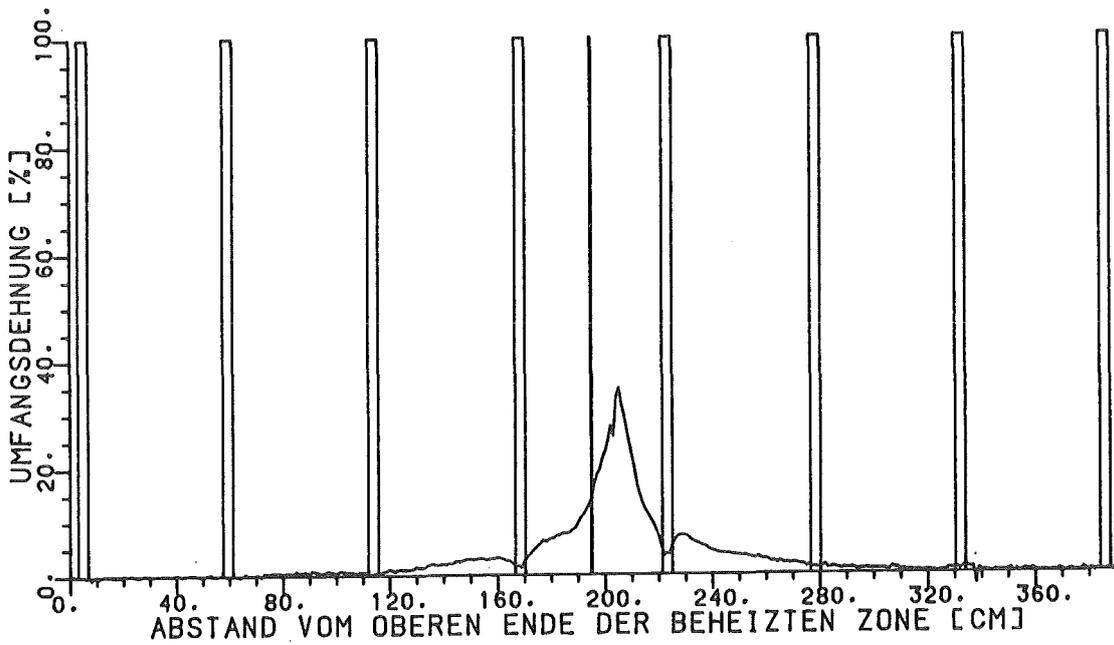
KIK

REBEKA 5
Abb: 106 Dehnungsprofil von Stab: 35



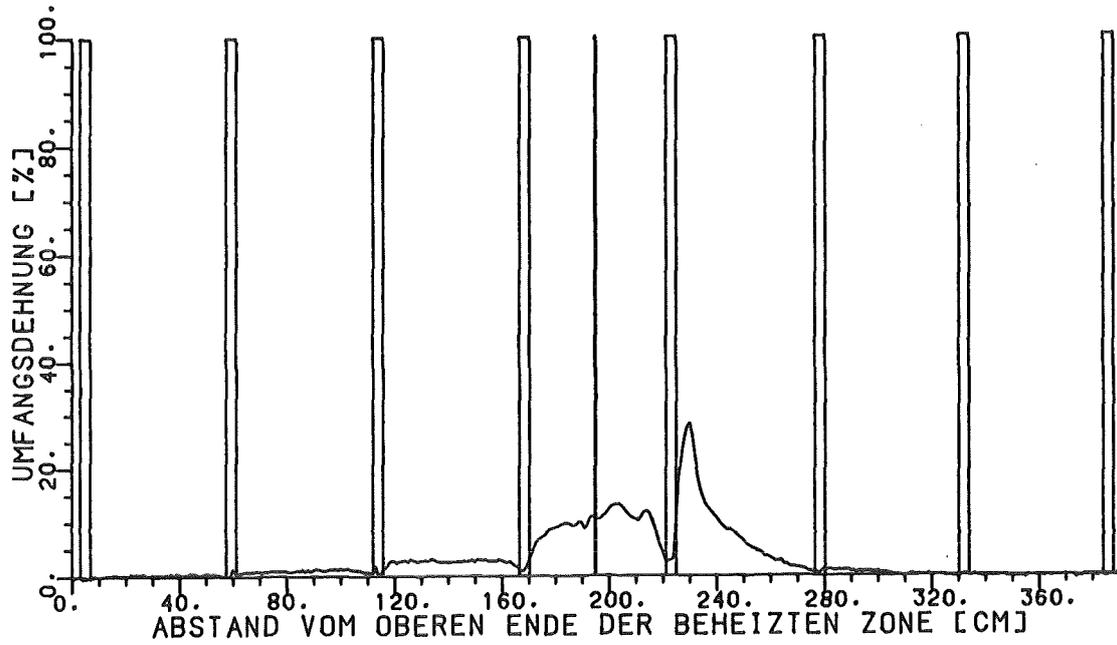
KTK

REBEKA 5
Abb: 107 Dehnungsprofil von Stab: 22



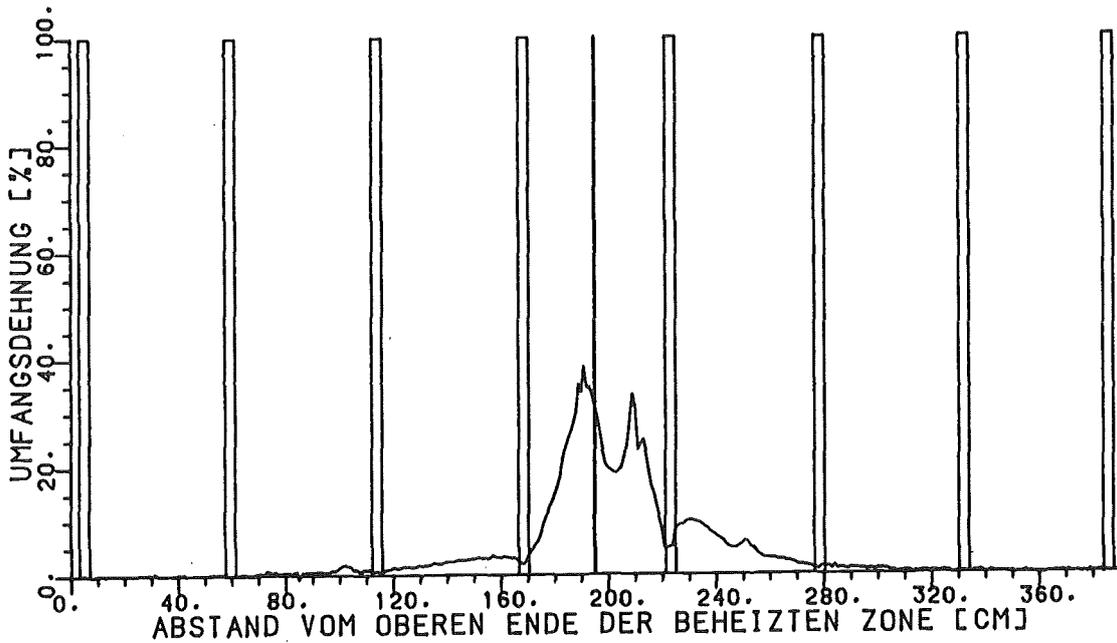
KTK

REBEKA 5
Abb: 108 Dehnungsprofil von Stab: 80



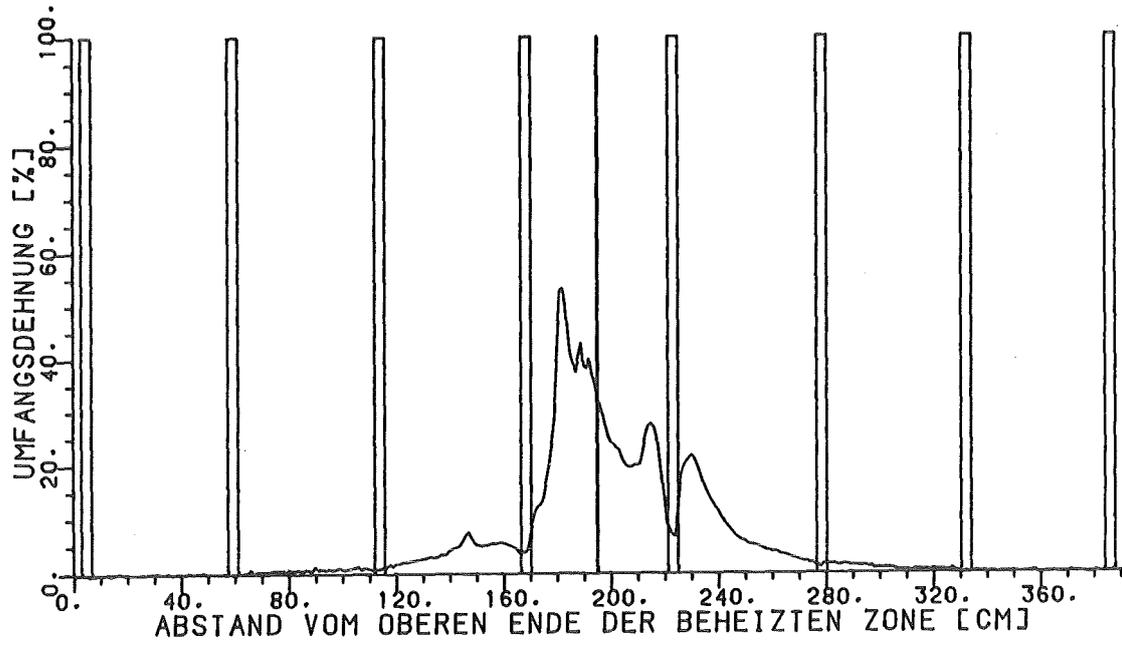
KfK

REBEKA 5
Abb: 109 Dehnungsprofil von Stab: 56



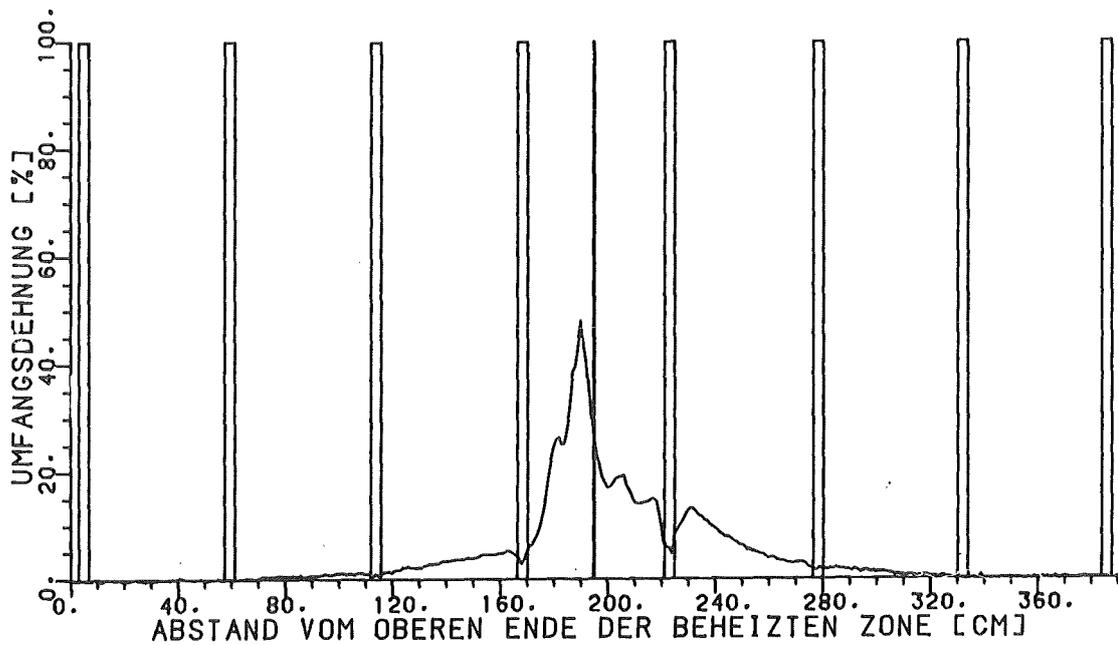
KfK

REBEKA 5
Abb: 110 Dehnungsprofil von Stab: 10



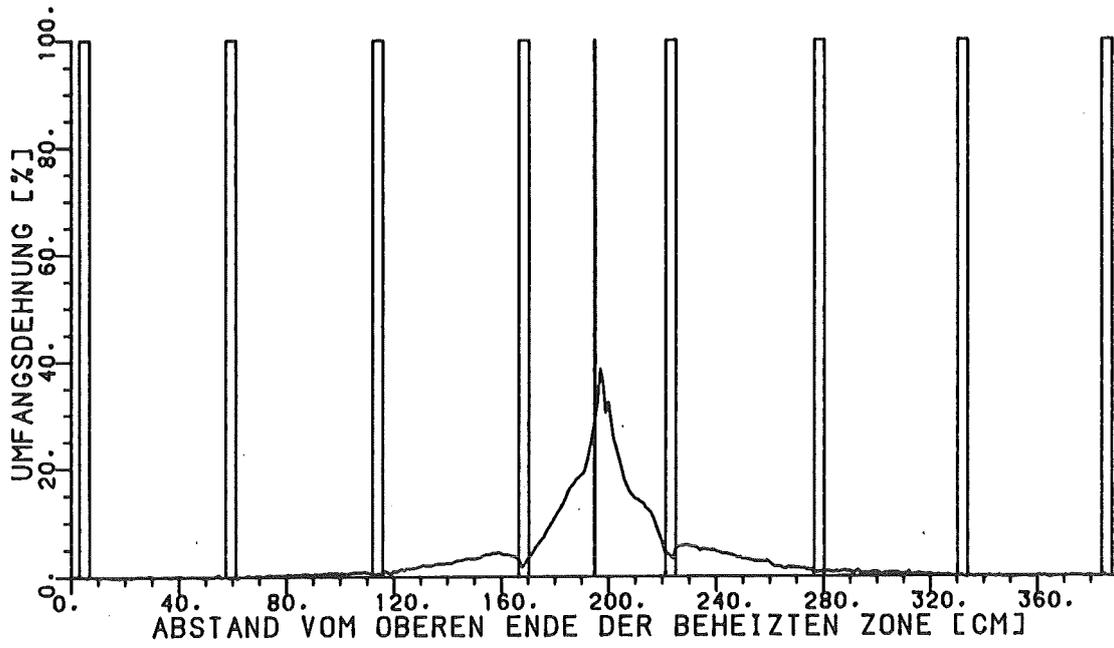
KfK

REBEKA 5
Abb: 111 Dehnungsprofil von Stab: 25

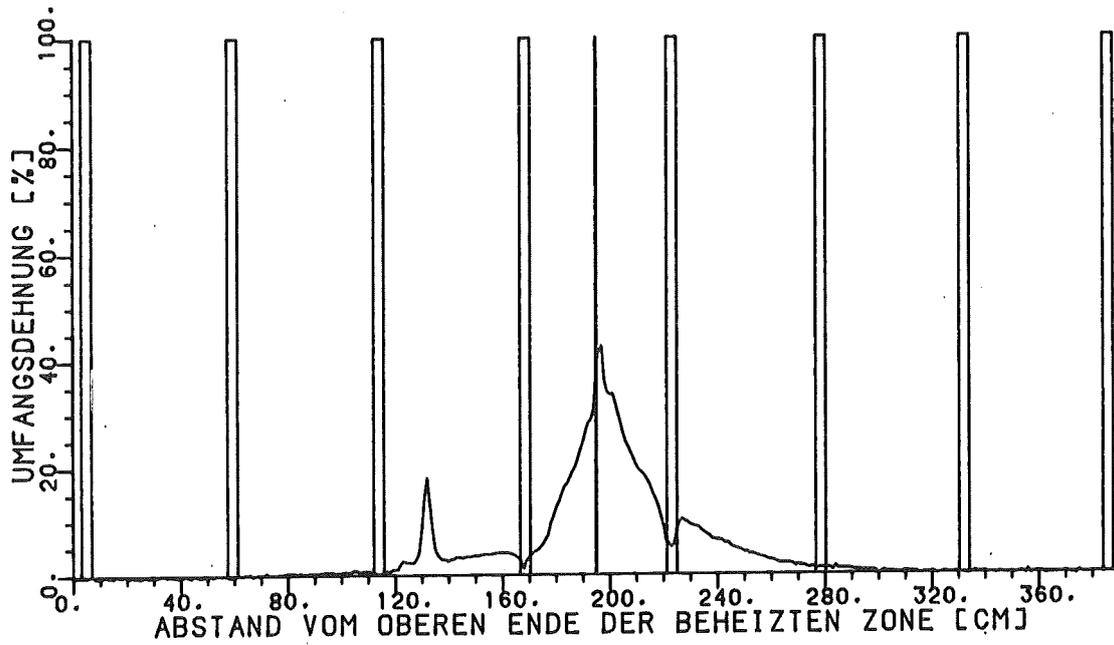


KfK

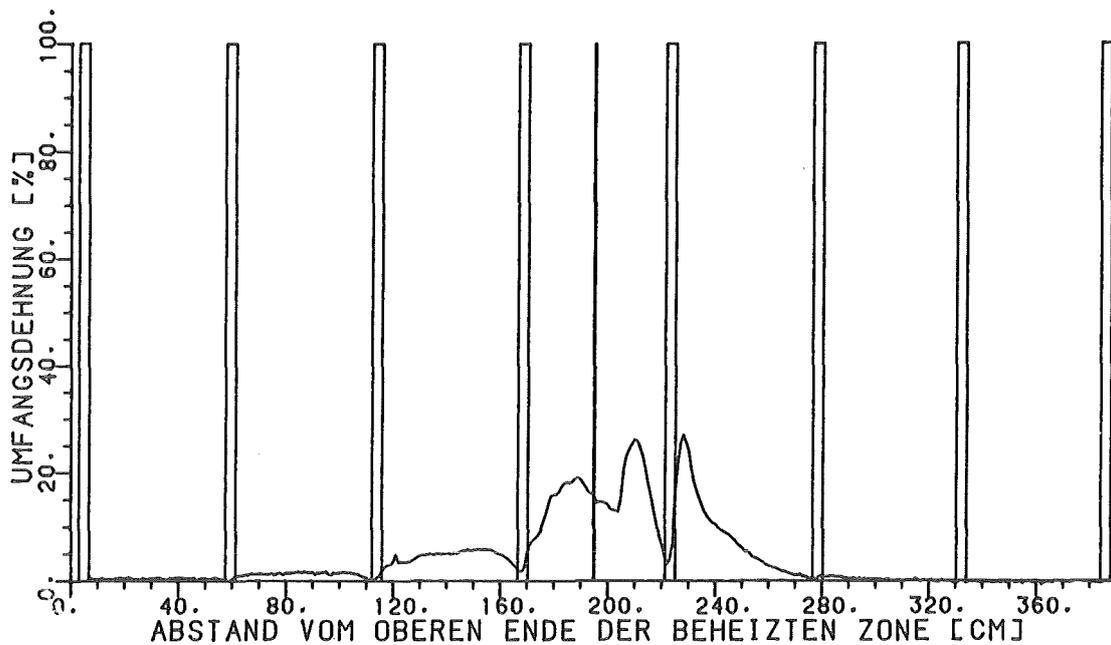
REBEKA 5
Abb: 112 Dehnungsprofil von Stab: 2



REBEKA 5
Abb: 113 Dehnungsprofil von Stab: 20

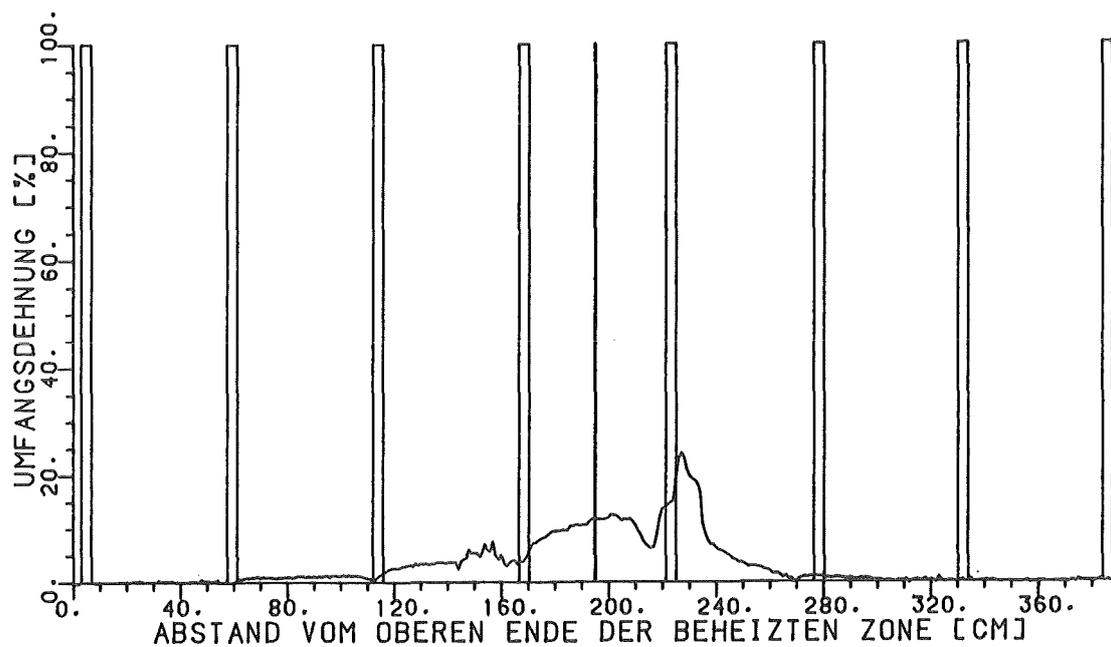


REBEKA 5
Abb: 114 Dehnungsprofil von Stab: 67



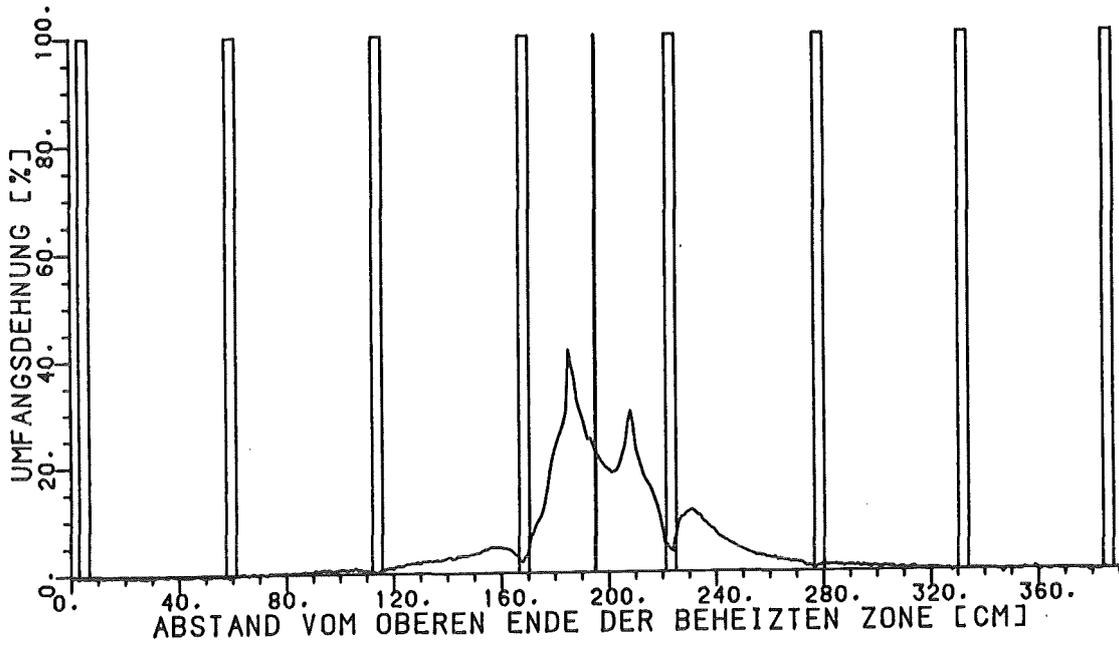
KfK

REBEKA 5
Abb: 115 Dehnungsprofil von Stab: 21

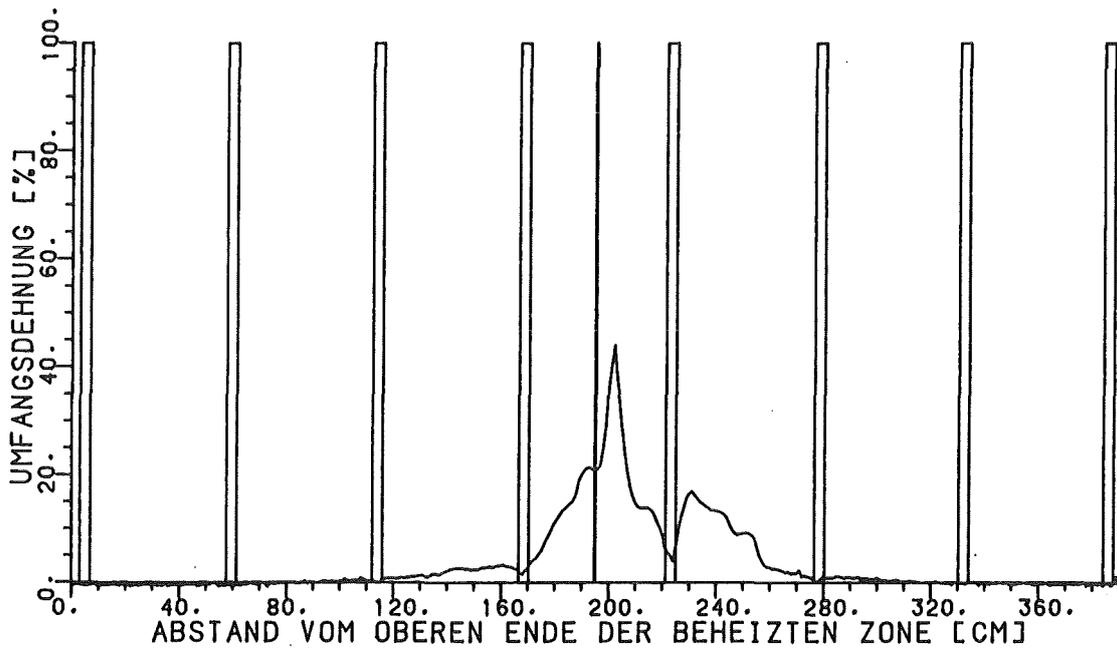


KfK

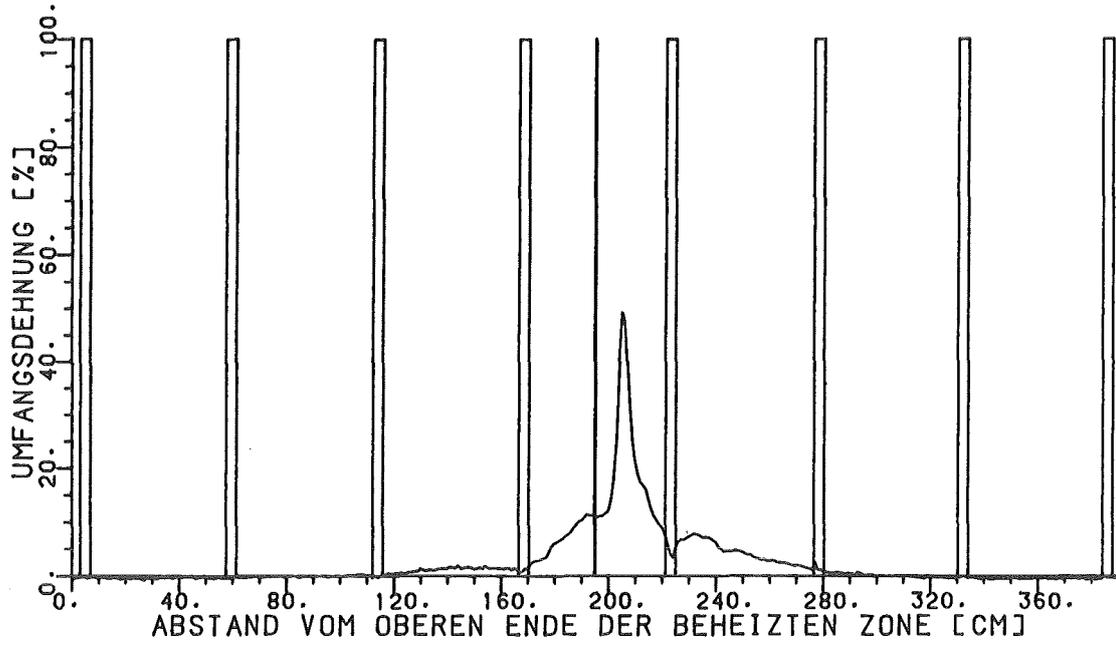
REBEKA 5
Abb: 116 Dehnungsprofil von Stab: 11



REBEKA 5
Abb: 117 Dehnungsprofil von Stab: 47

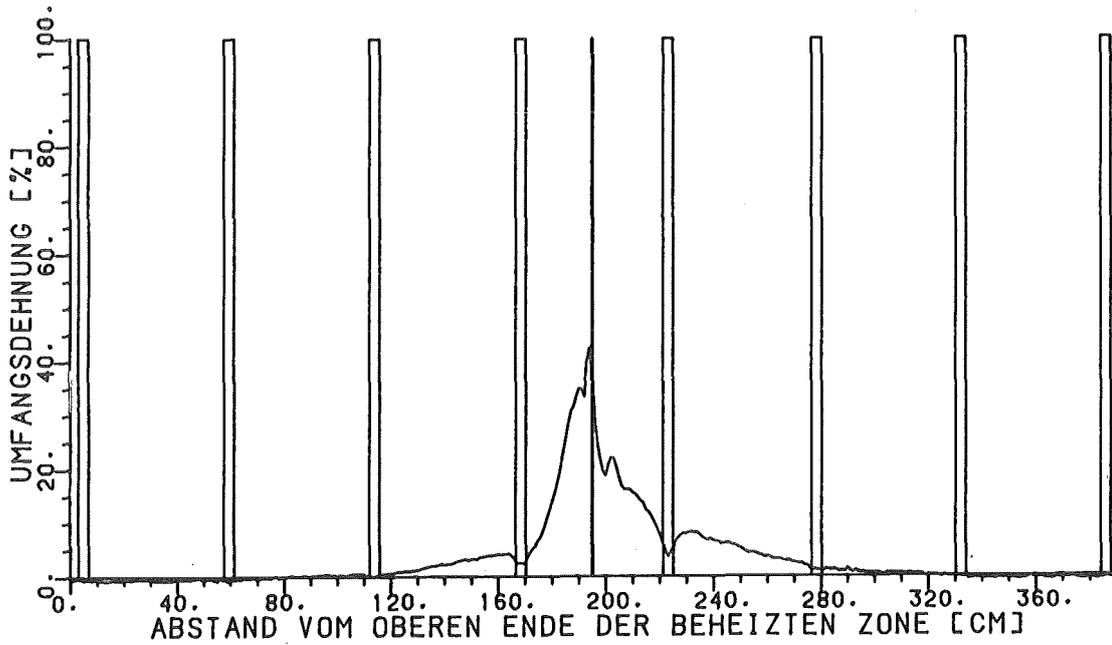


REBEKA 5
Abb: 118 Dehnungsprofil von Stab: 1



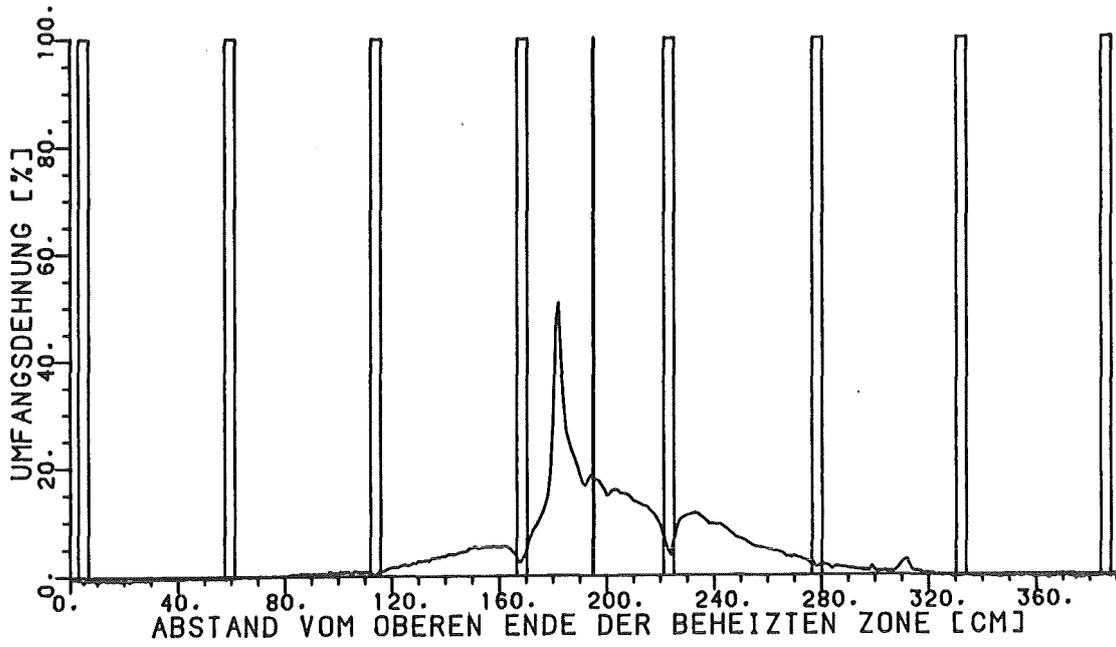
REBEKA 5

Abb: 119 Dehnungsprofil von Stab: 12

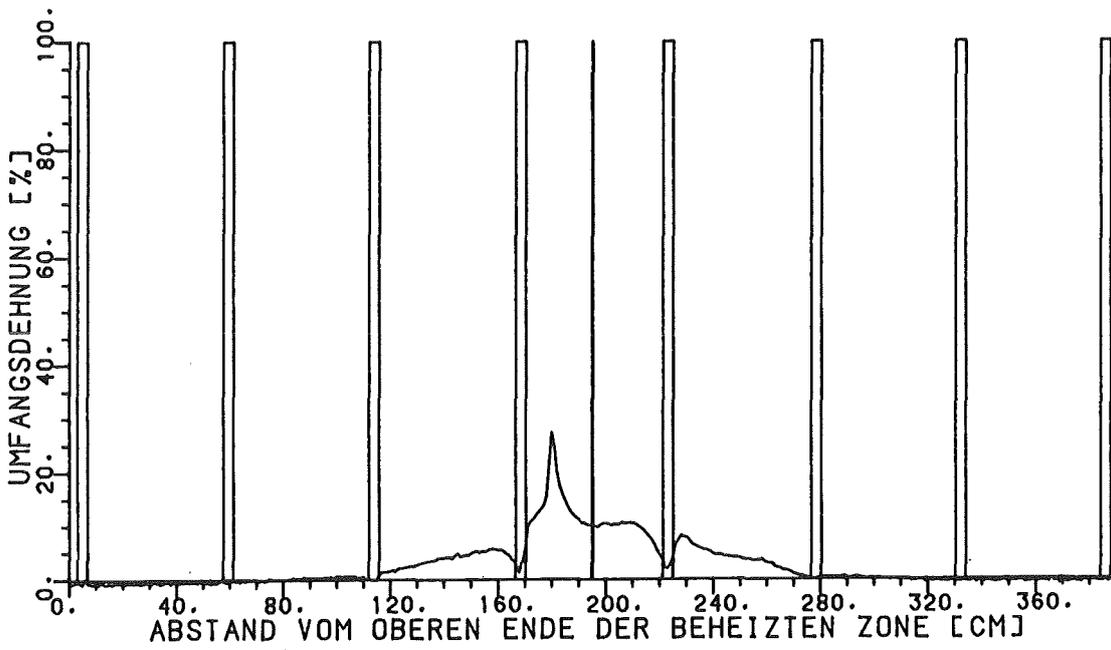


REBEKA 5

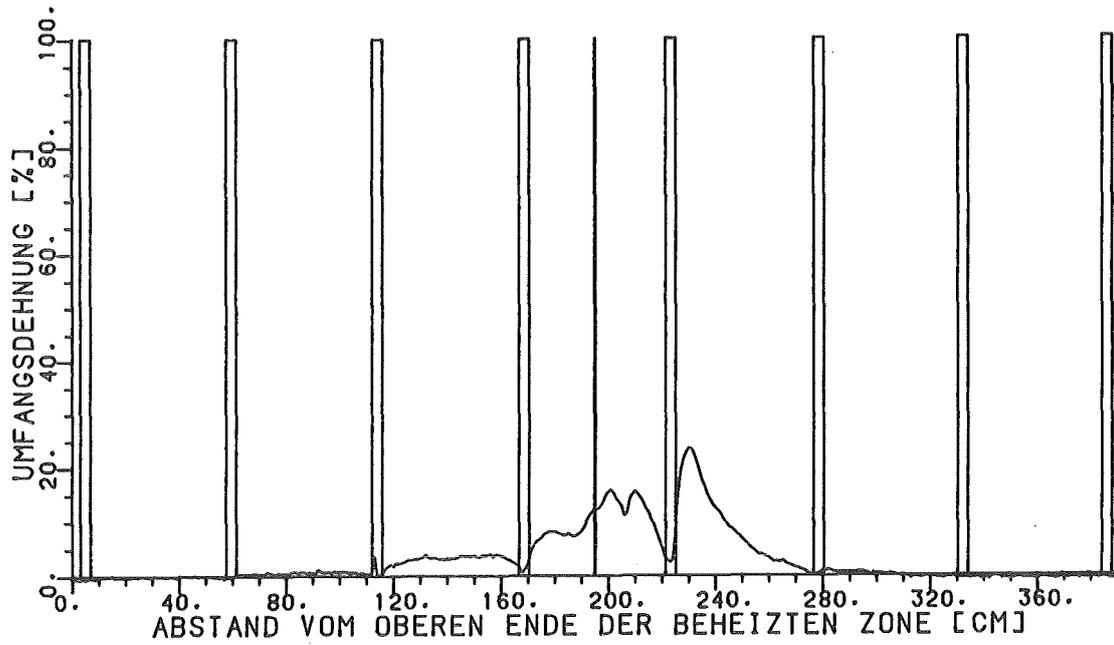
Abb: 120 Dehnungsprofil von Stab: 5



REBEKA 5
Abb: 121 Dehnungsprofil von Stab: 6

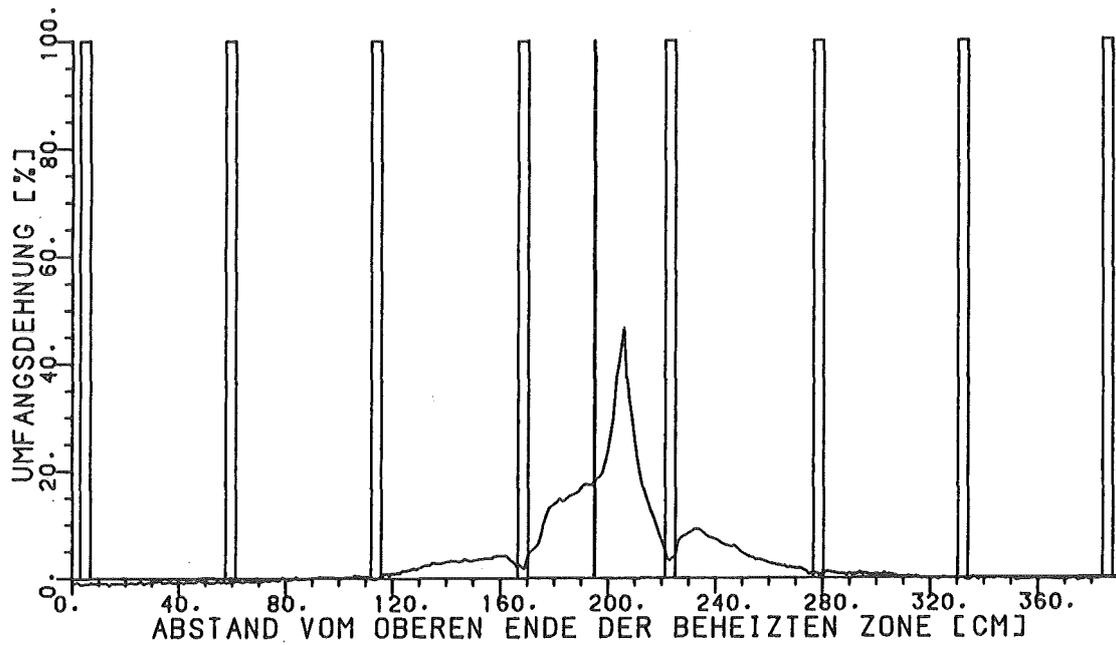


REBEKA 5
Abb: 122 Dehnungsprofil von Stab: 69



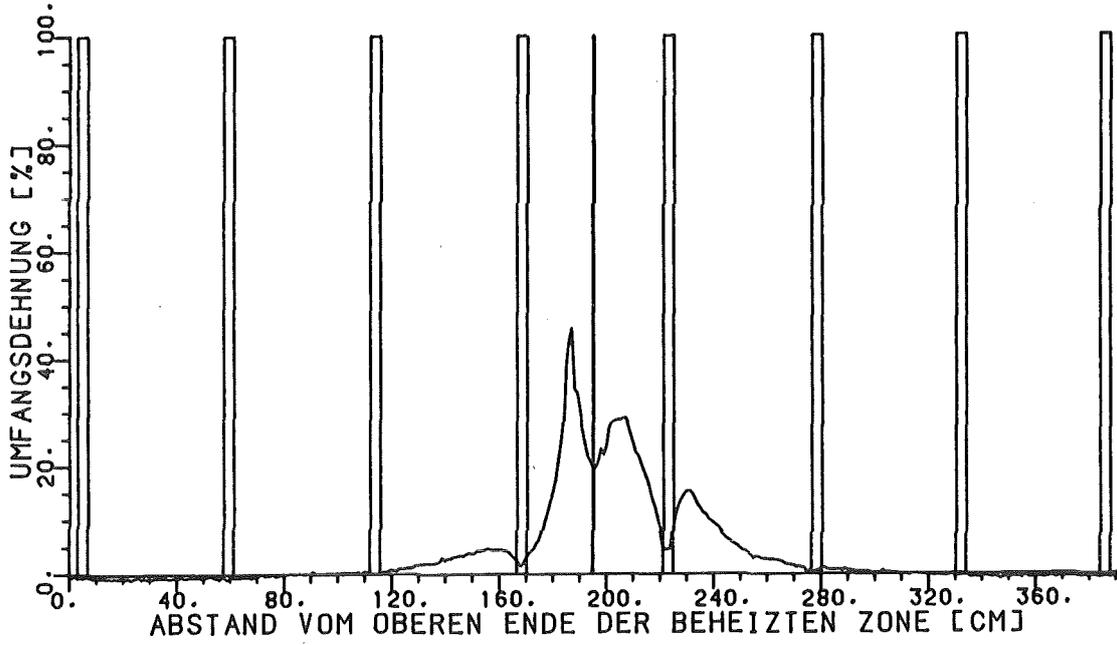
KJK

REBEKA 5
Abb: 123 Dehnungsprofil von Stab: 38

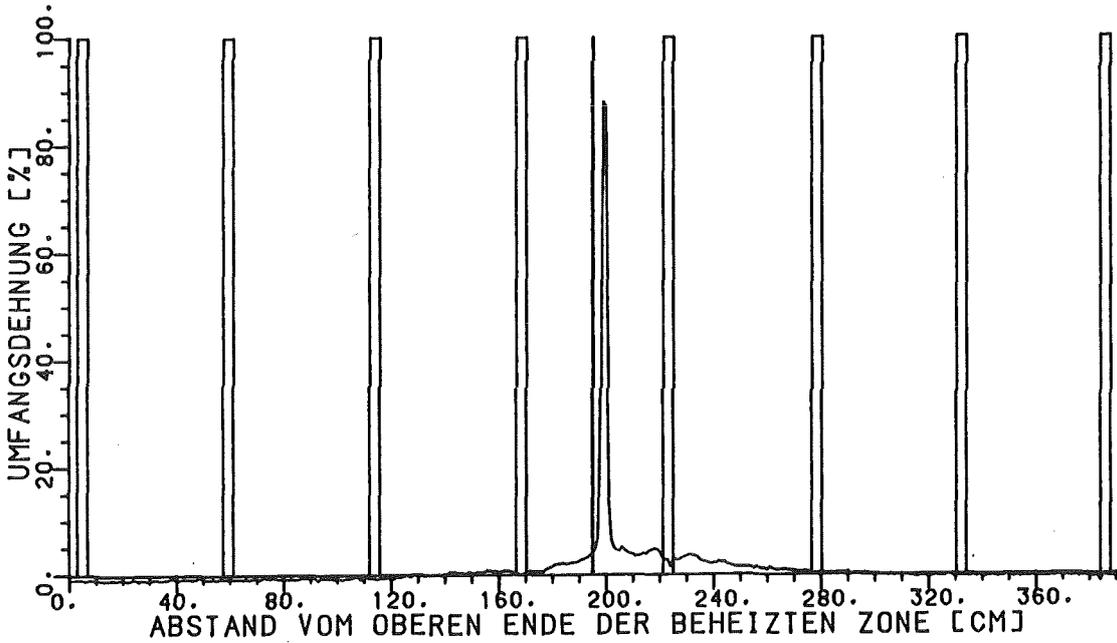


KJK

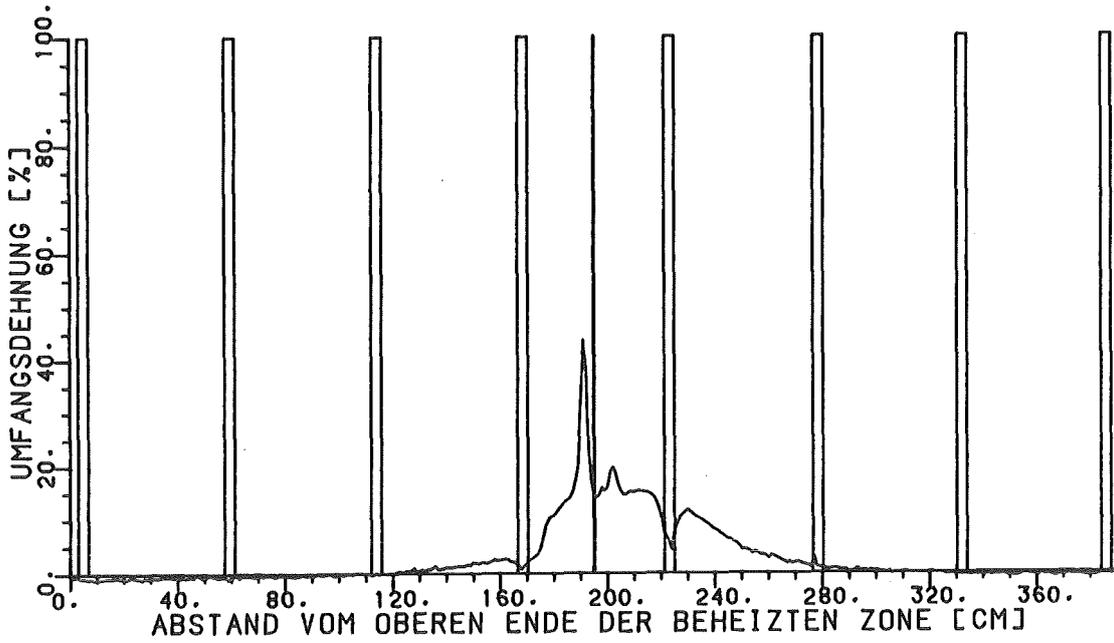
REBEKA 5
Abb: 124 Dehnungsprofil von Stab: 29



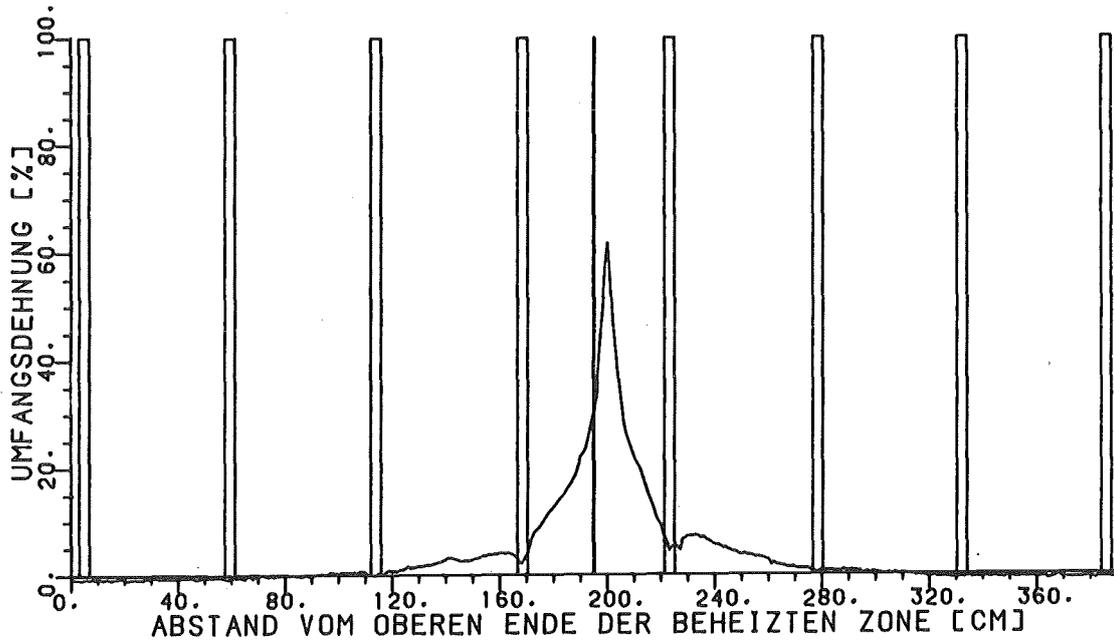
REBEKA 5
Abb: 125 Dehnungsprofil von Stab: 46



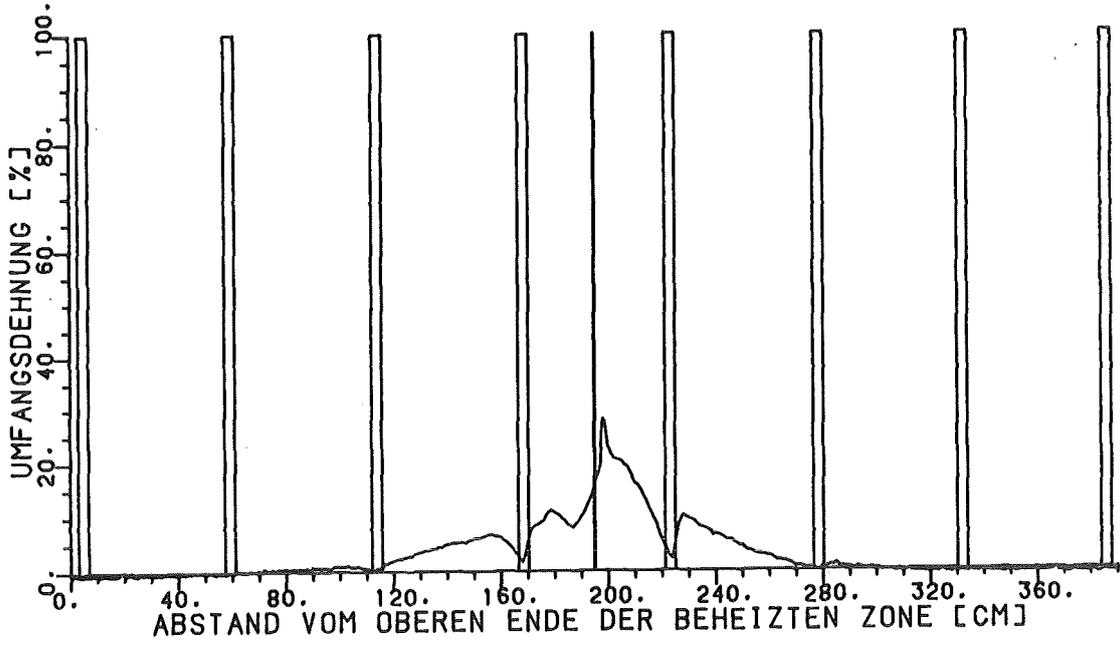
REBEKA 5
Abb: 126 Dehnungsprofil von Stab: 4



REBEKA 5
Abb: 127 Dehnungsprofil von Stab: 50

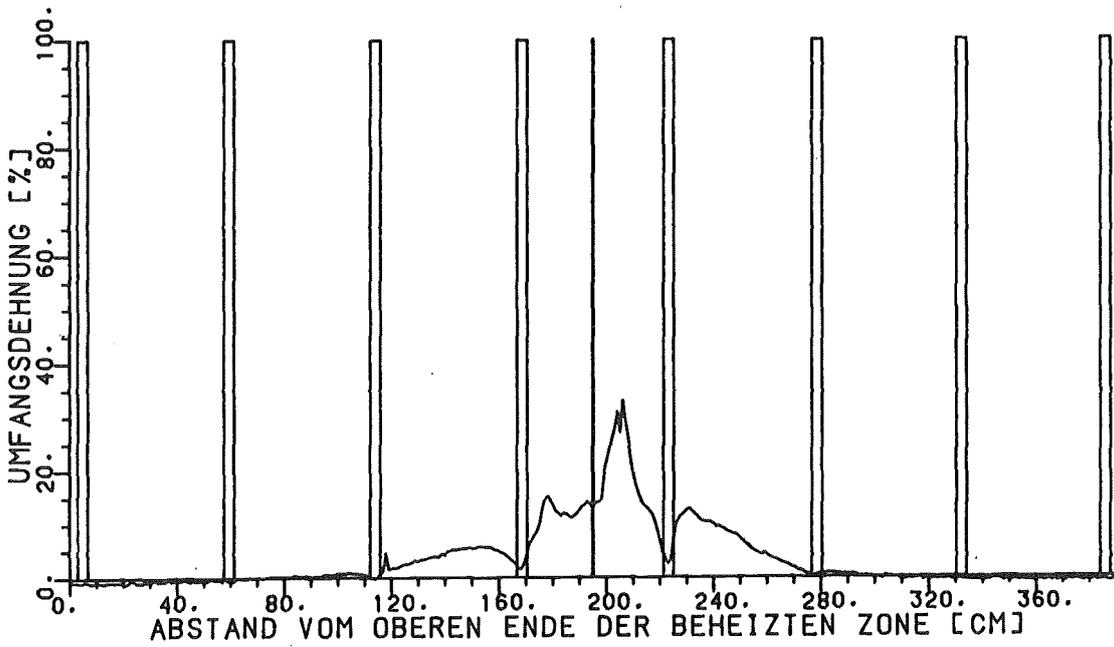


REBEKA 5
Abb: 128 Dehnungsprofil von Stab: 36



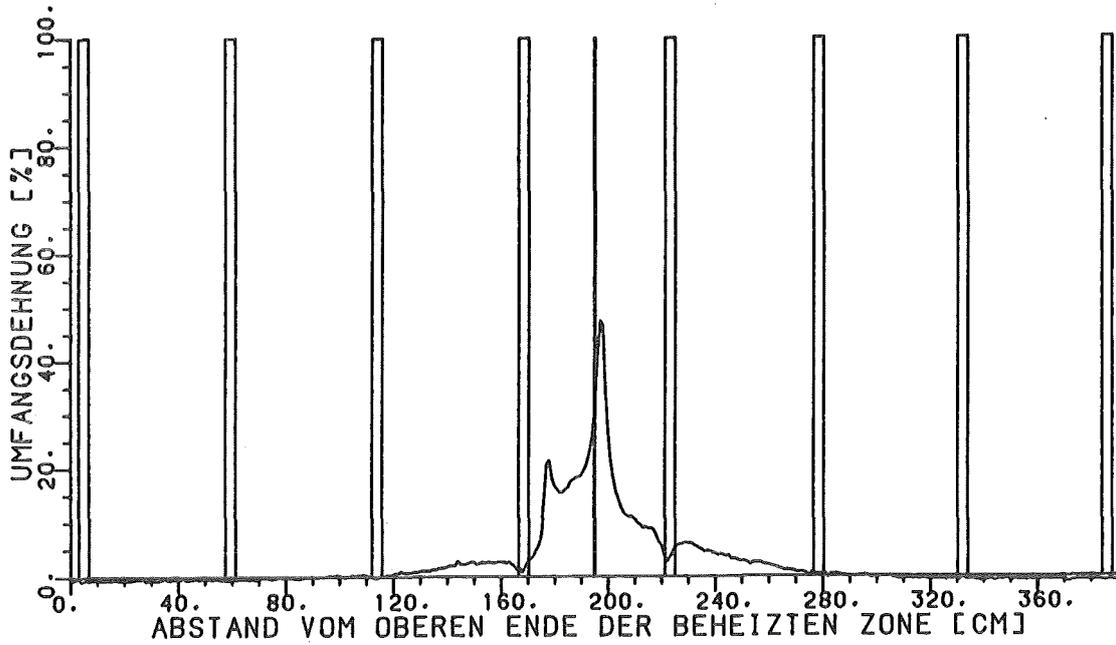
KTK

REBEKA 5
Abb: 129 Dehnungsprofil von Stab: 28



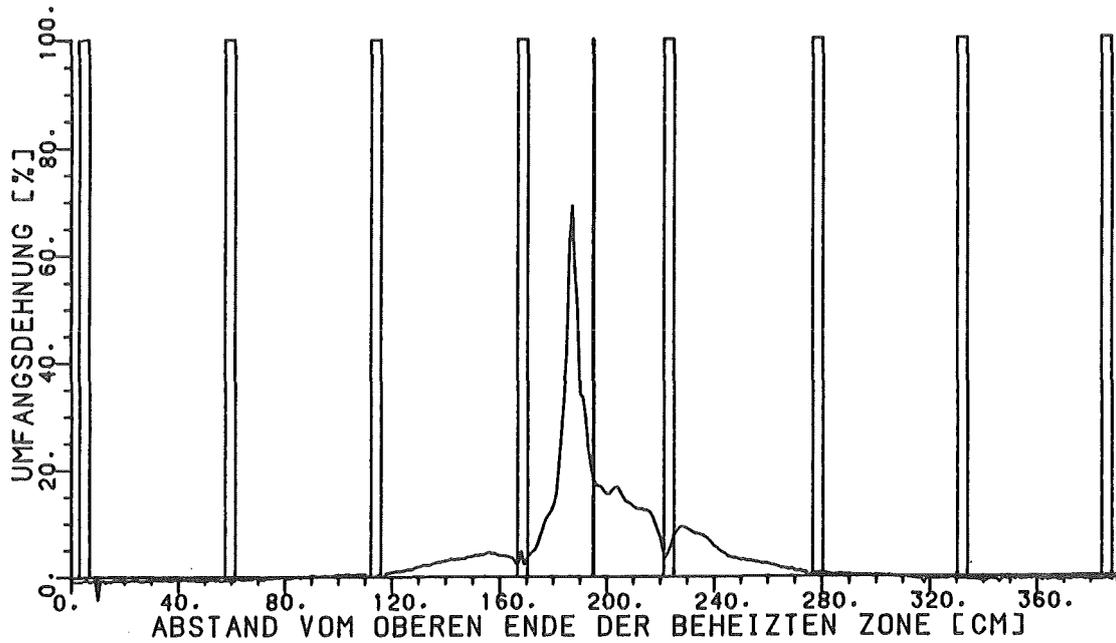
KTK

REBEKA 5
Abb: 130 Dehnungsprofil von Stab: 44



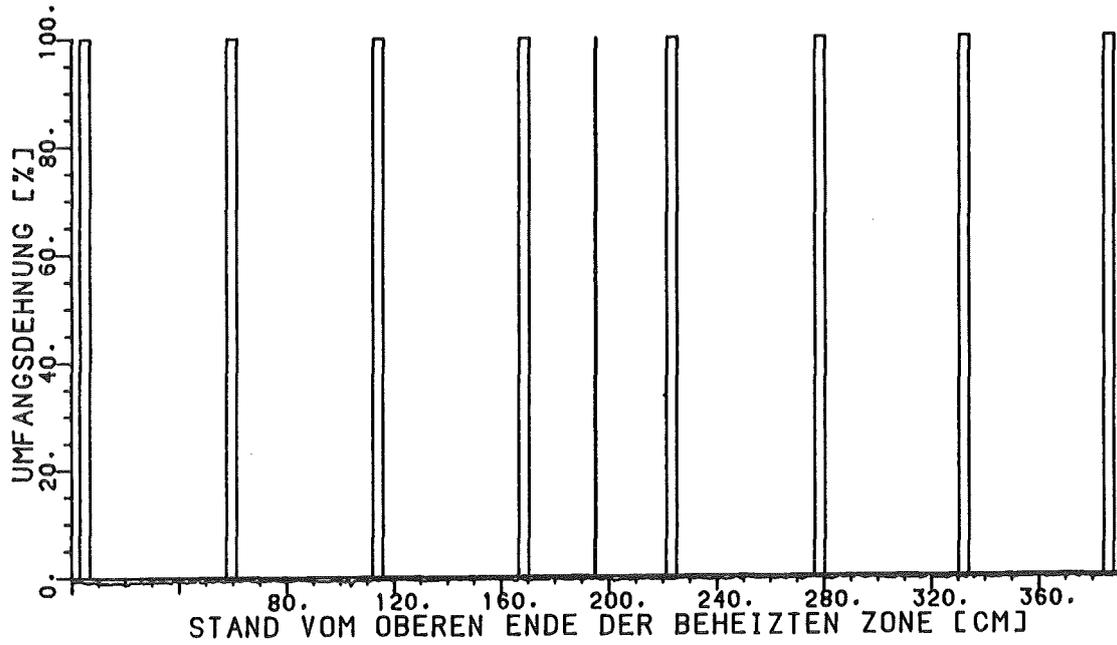
KIK

REBEKA 5
Abb:131 Dehnungsprofil von Stab: 17

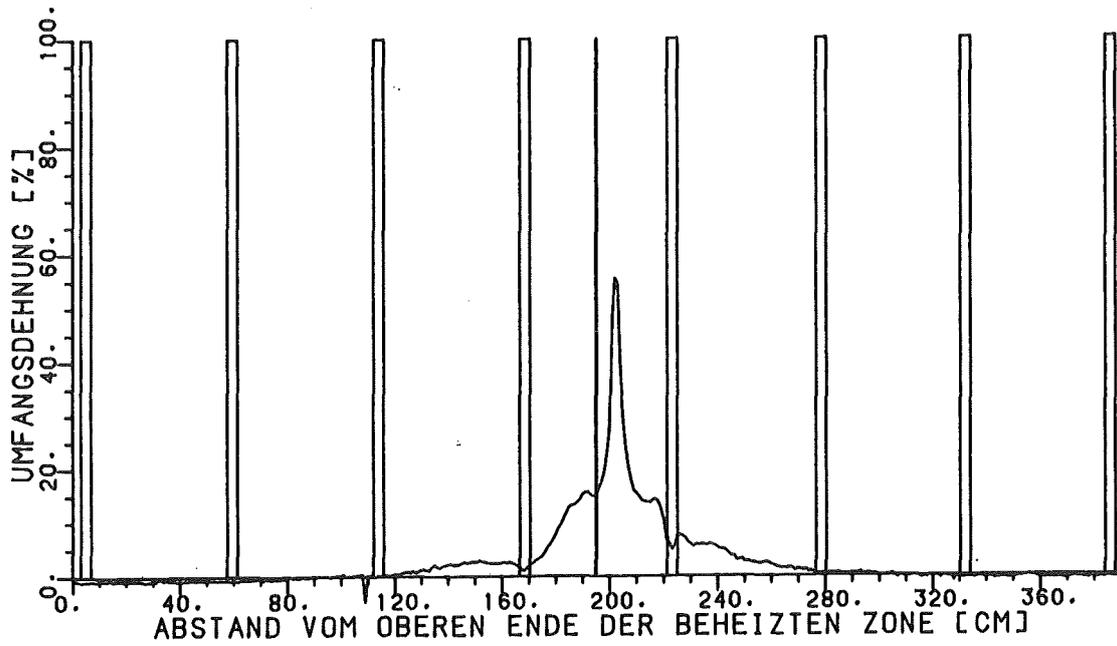


KIK

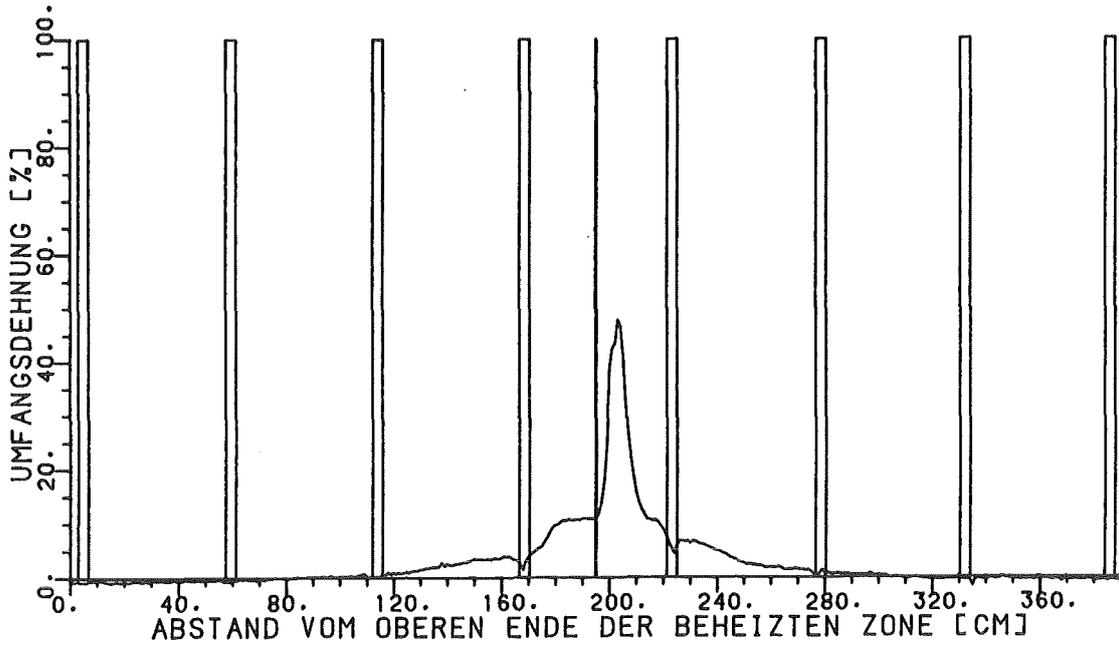
REBEKA 5
Abb:132 Dehnungsprofil von Stab: 15



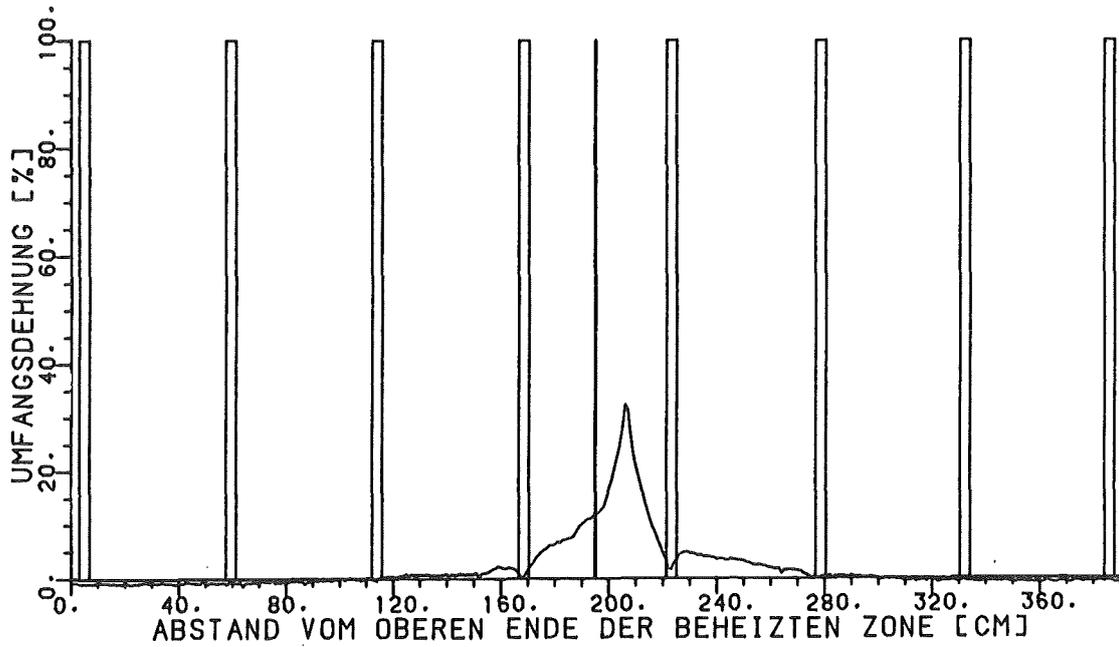
REBEKA 5
Abb: 133 Dehnungsprofil von Stab: 54



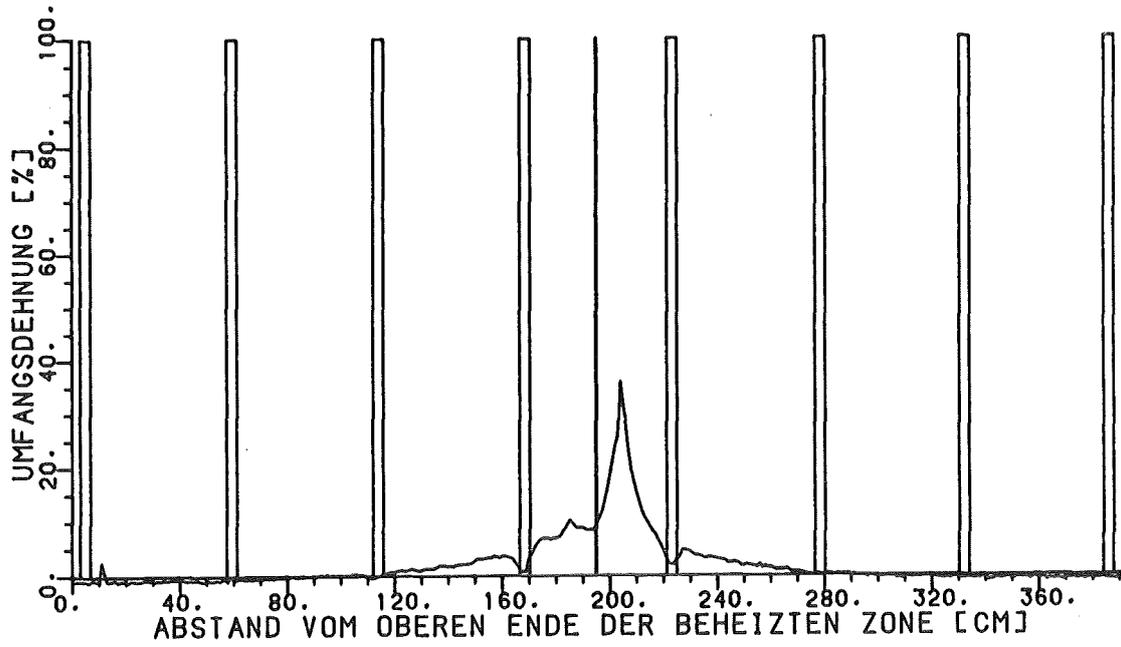
REBEKA 5
Abb: 134 Dehnungsprofil von Stab: 30



REBEKA 5
Abb: 135 Dehnungsprofil von Stab: 14

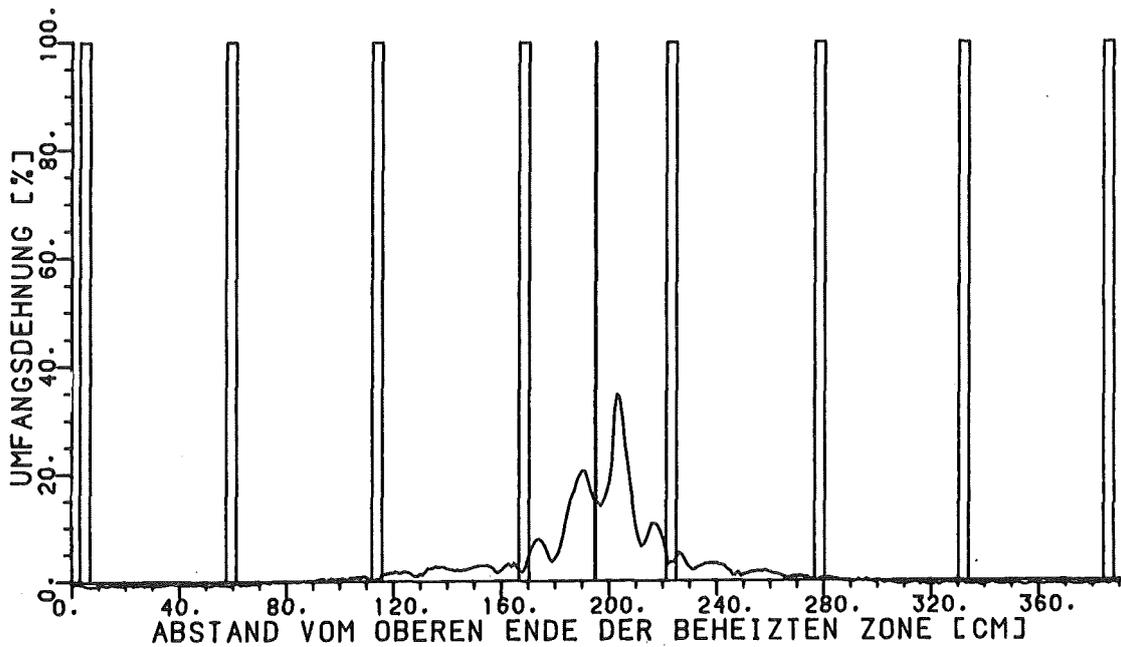


REBEKA 5
Abb: 136 Dehnungsprofil von Stab: 57



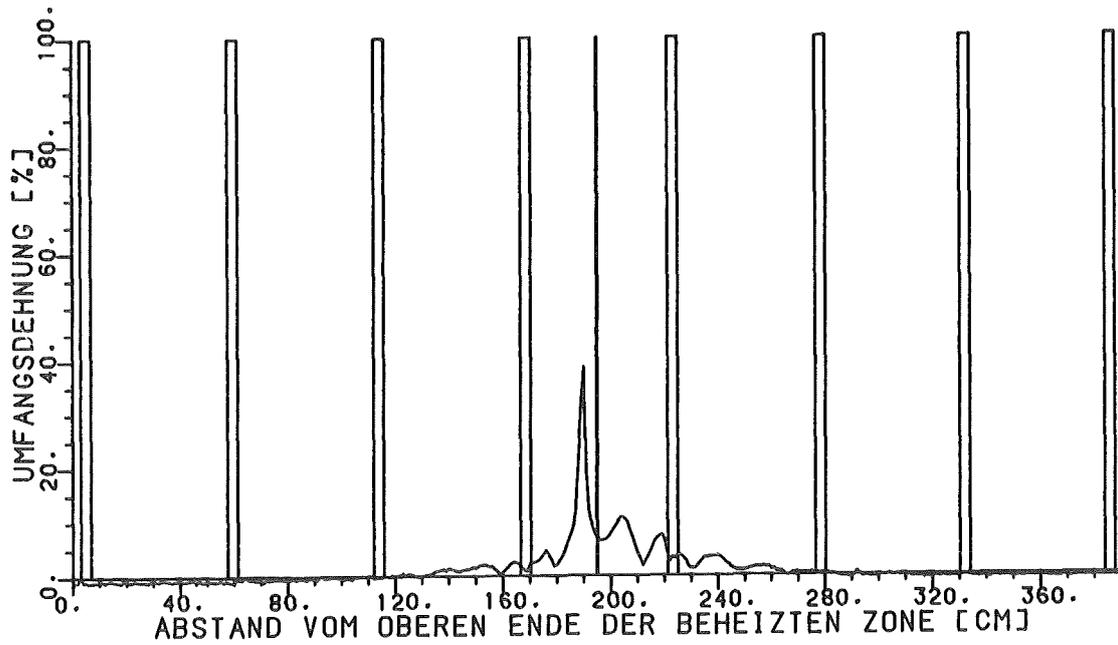
KJK

REBEKA 5
Abb: 137 Dehnungsprofil von Stab: 48



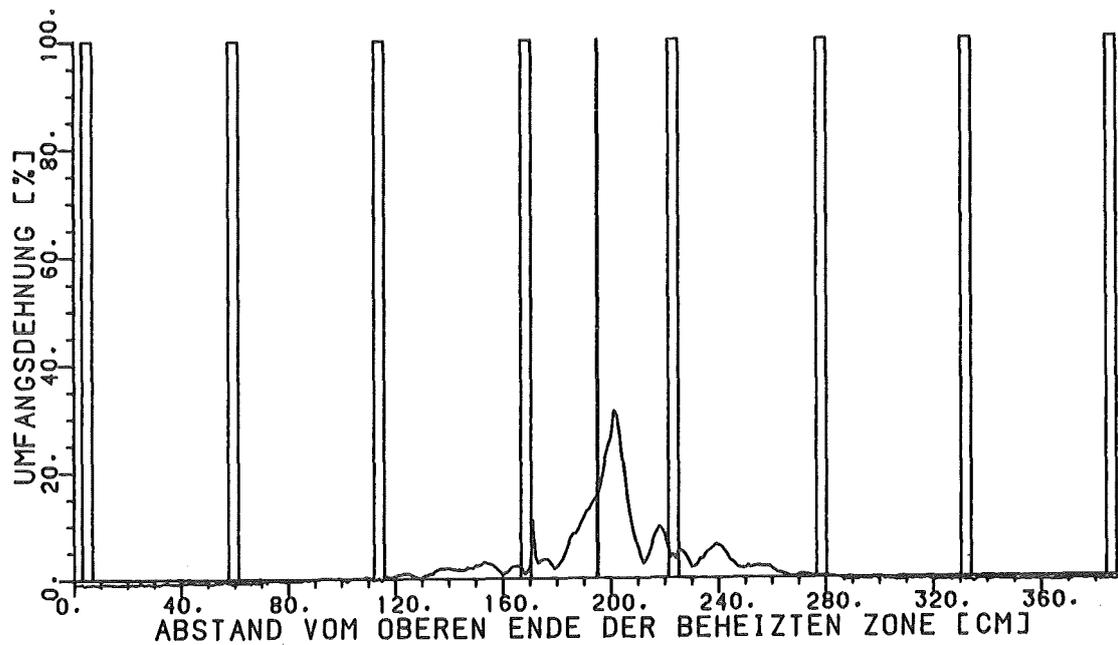
KJK

REBEKA 5
Abb: 138 Dehnungsprofil von Stab: 8



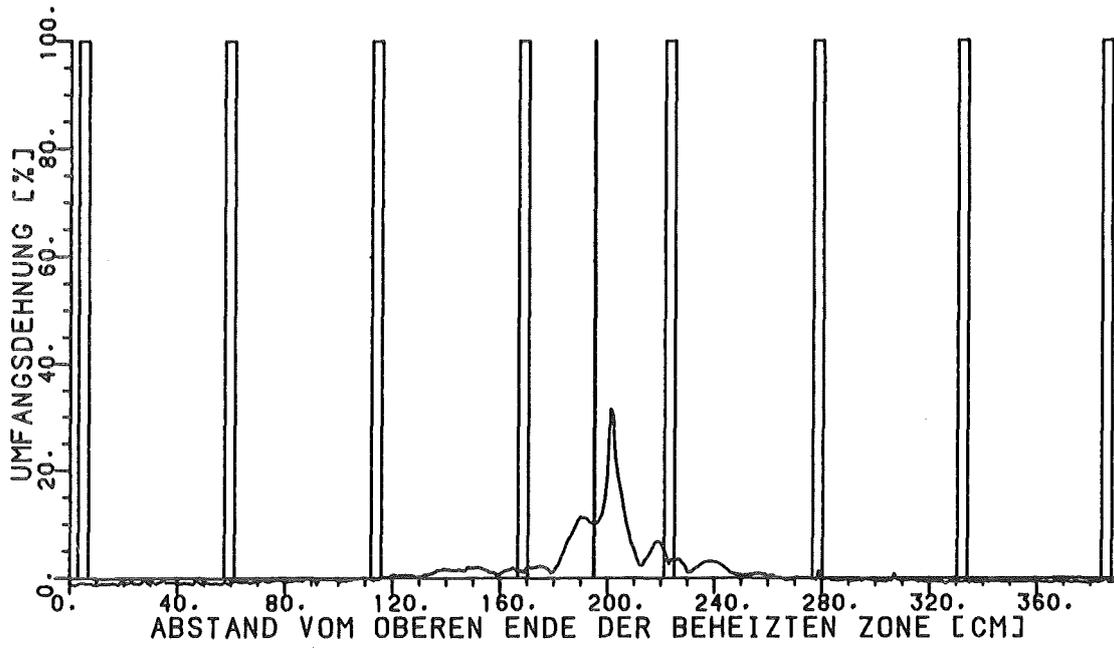
KIK

REBEKA 5
Abb: 139 Dehnungsprofil von Stab: 59



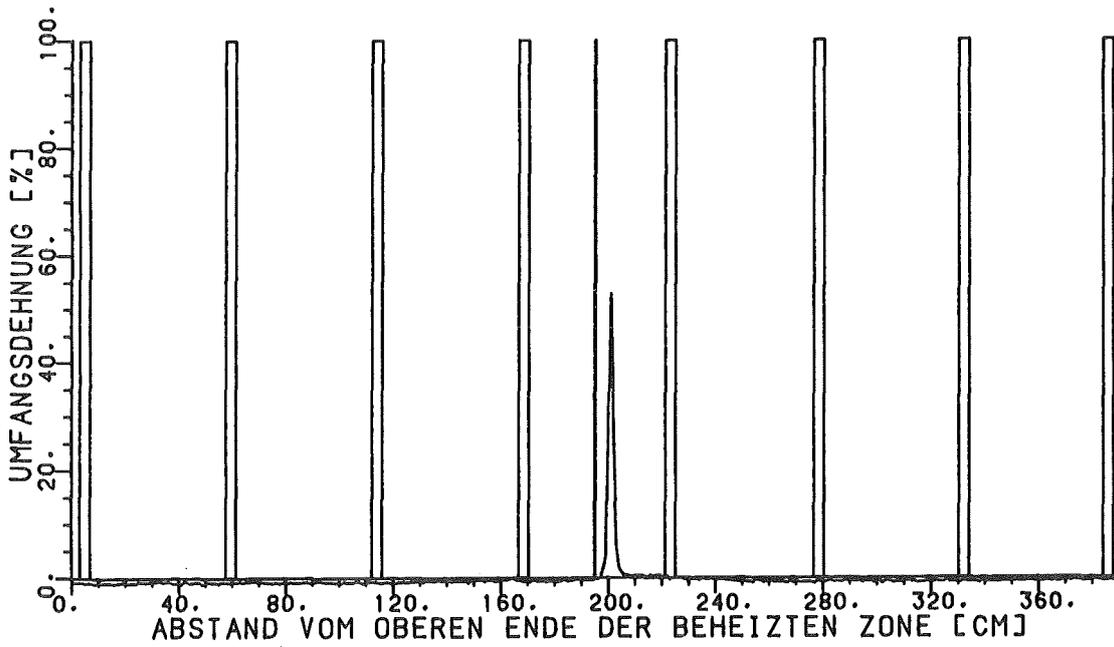
KIK

REBEKA 5
Abb: 140 Dehnungsprofil von Stab: 64



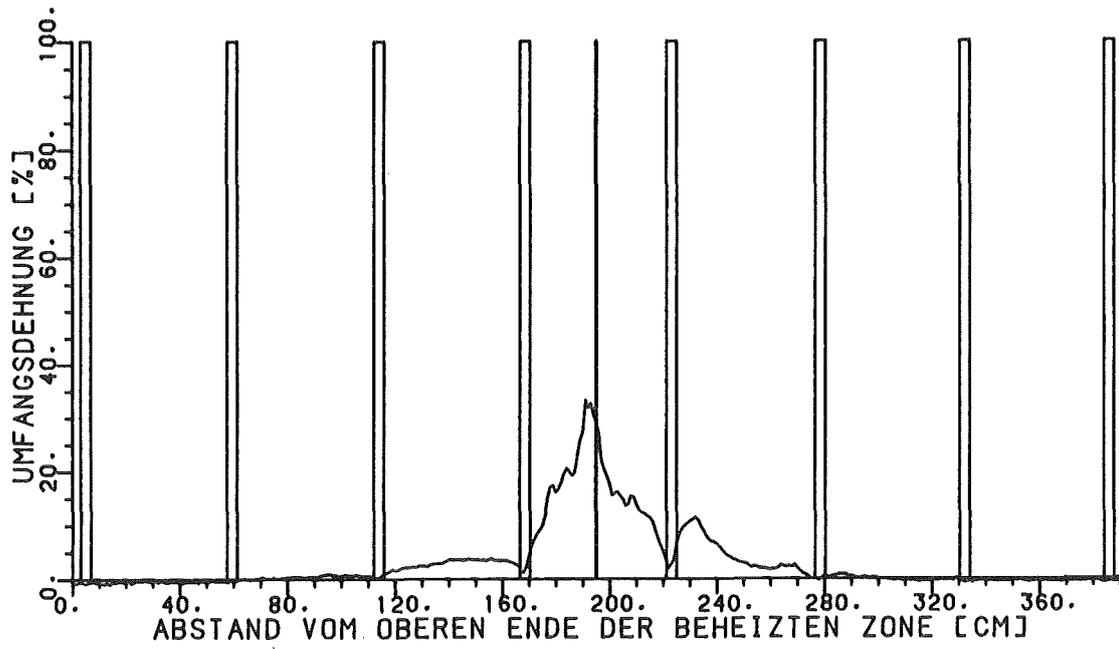
REBEKA 5

Abb: 141 Dehnungsprofil von Stab: 26

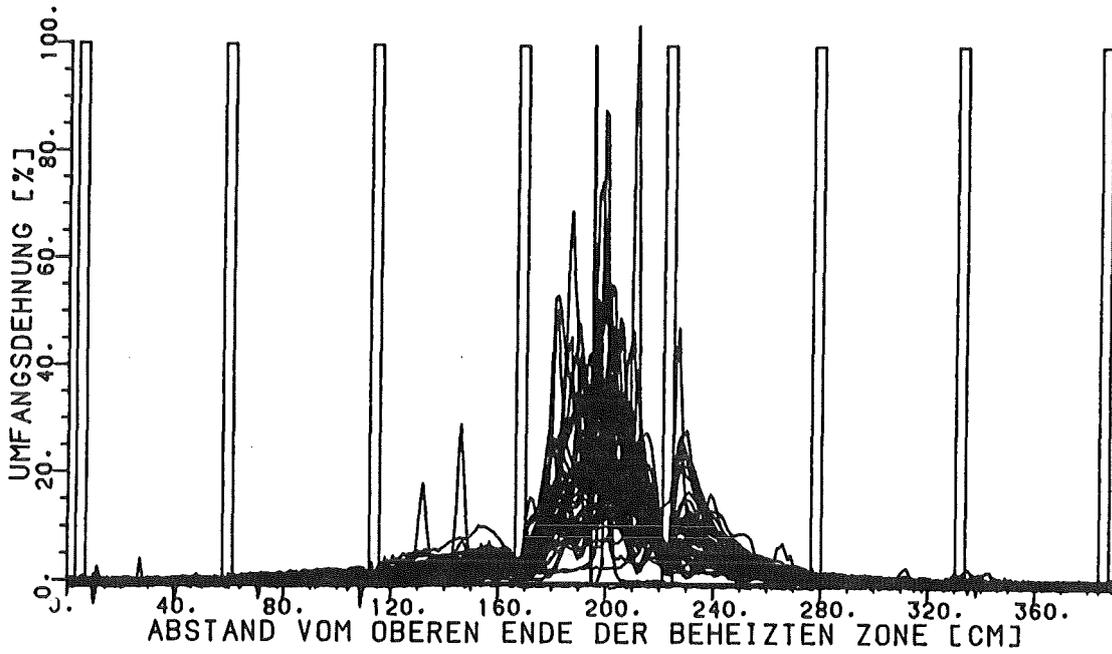


REBEKA 5

Abb: 142 Dehnungsprofil von Stab: 81



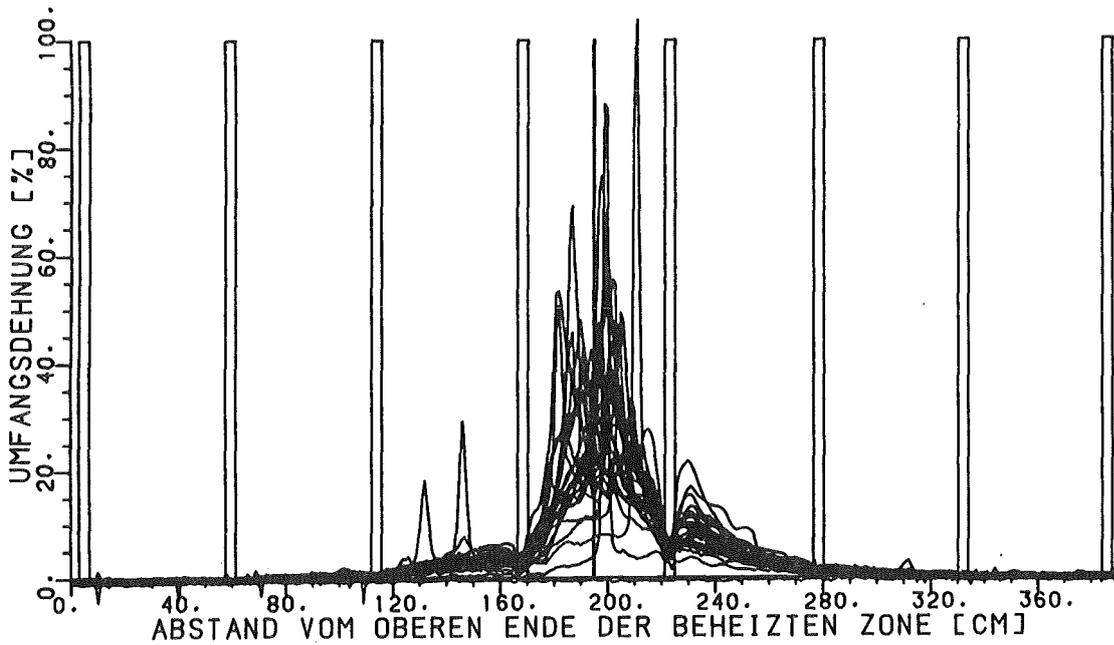
REBEKA 5
Abb: 143 Dehnungsprofil von Stab:13



KfK

REBEKA 5

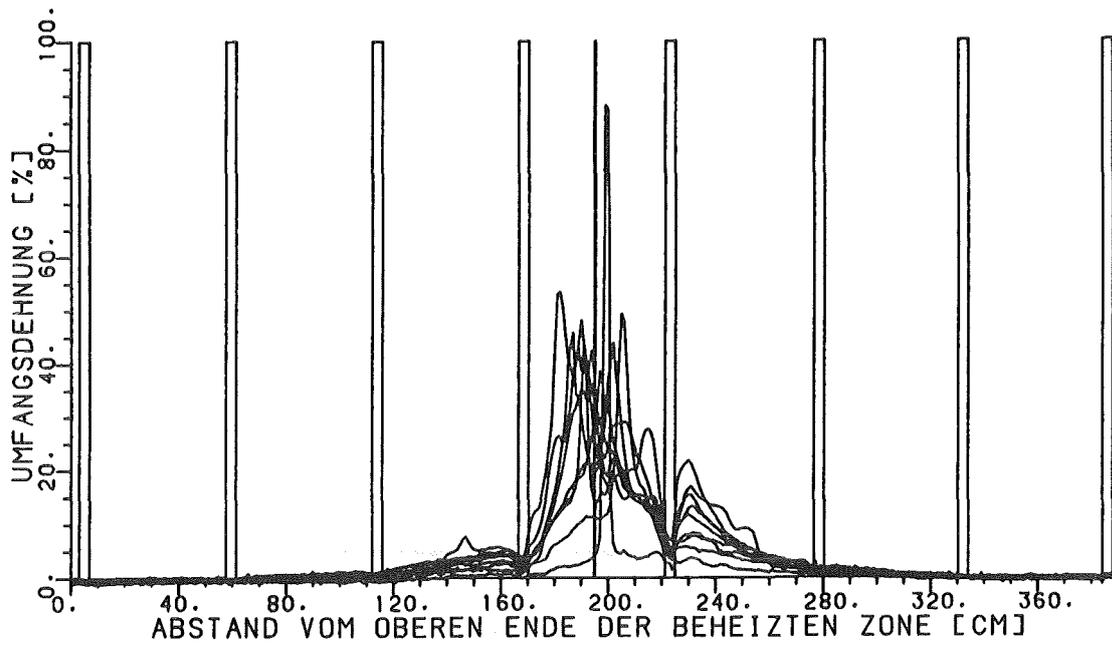
Abb: 144 Dehnungsprofile der 49 Stäbe



KfK

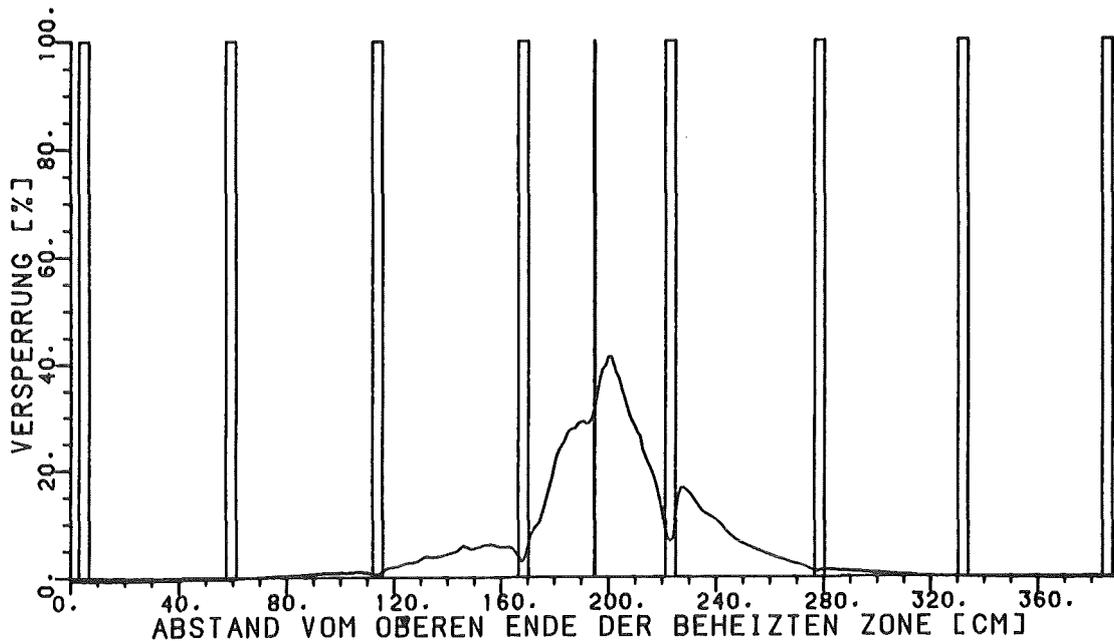
REBEKA 5

Abb: 145 Dehnungsprofile der 25 Innenstäbe



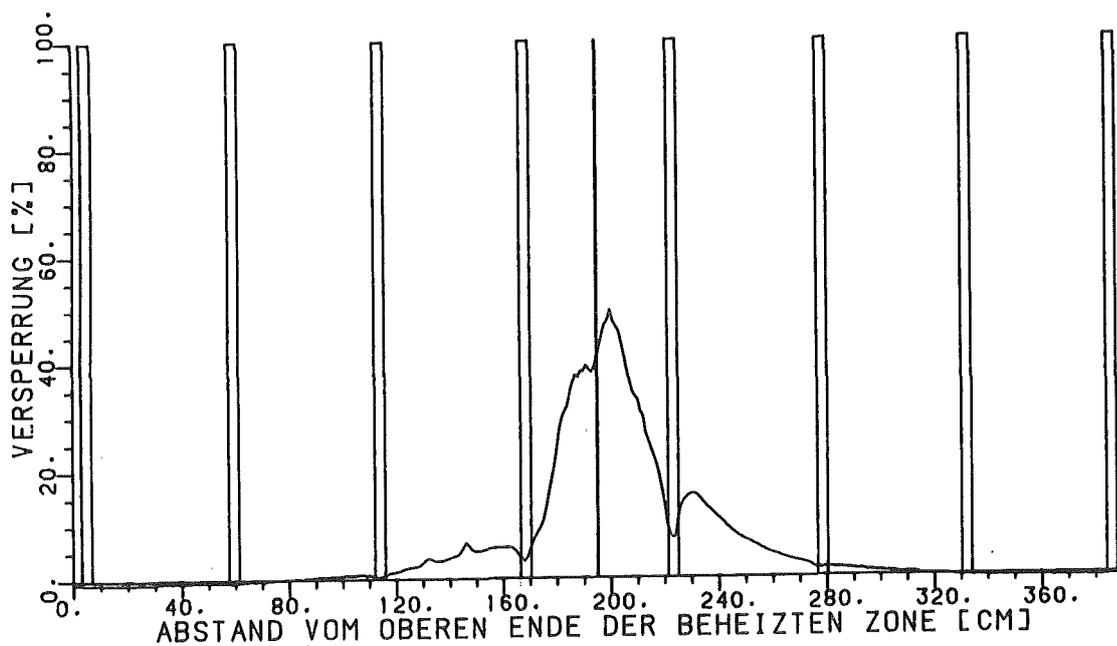
REBEKA 5

Abb: 146 Dehnungsprofile der 9 Innenstäbe



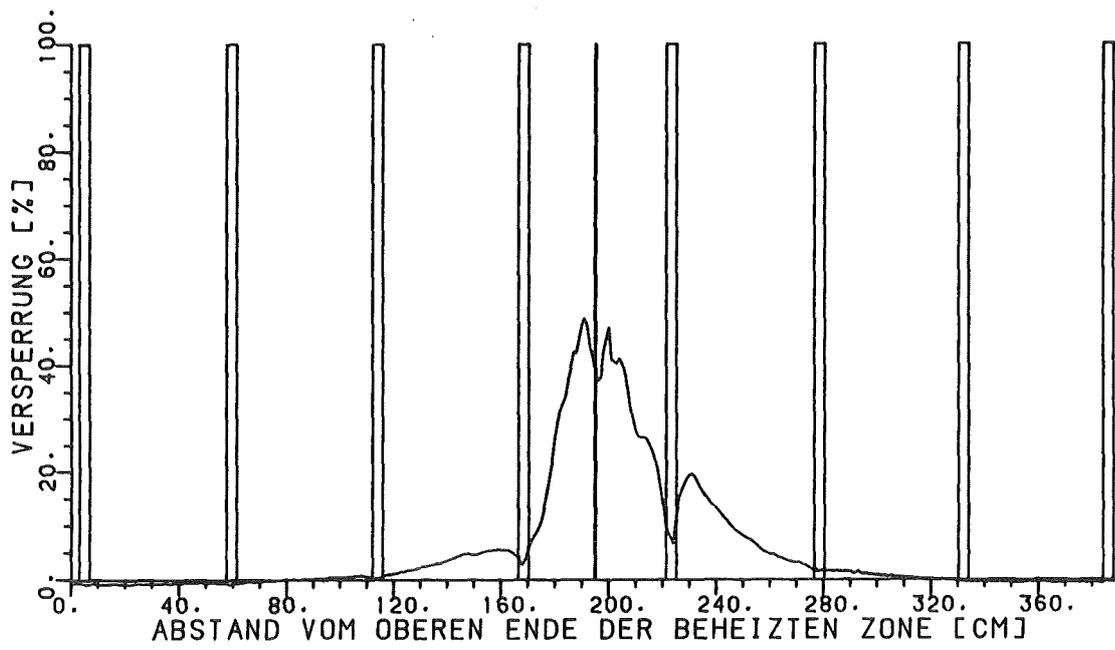
KIK

REBEKA 5
Abb: 147 Kühlkanalversperrung durch 49 Stäbe



KIK

REBEKA 5
Abb: 148 Kühlkanalversperrung durch 25 Innenstäbe



KTK

REBEKA 5

Abb: 149 Kühlkanalversperrung durch 9 Innenstäbe

4. Zusammenstellung wichtiger Meßstellen (Tab. 1)
Tabellarische Zusammenfassung der Versuchsergebnisse (Tab.2)
5. Kanal-Liste und Datenzuordnung
6. Faltblatt der Abb. 7

Tabelle 1: Zusammenstellung wichtiger Meßstellen

Bauteil	Nr.	Meßgröße u. Meßort	Meßstellenbezeichnung	Meßwertgeber	Meßbereich	Medium	Bemerkungen
Teststrecke	2	Druck im oberen Plenum	P2.2	DMS-p-Aufnehmer	0-10 bar	Dampf/Wasser	Kollabierter Wasserstand (incl. Strömungsdruckverlust)
		Temp. im oberen Plenum	(2x)T2.2	NiCr/Ni-TE	0-1000 °C	Dampf/Wasser	
		Temp. in Dampfaustrittsleitung 07	T2.3	NiCr/Ni-TE	0-1000 °C	Dampf/Wasser	
		Druck im unteren Plenum	P2.1	DMS-p-Aufnehmer	0-10 bar	Dampf/Wasser	
		Temp. im unteren Plenum	T2.1	NiCr/Ni-TE	0-1000 °C	Dampf/Wasser	
		Differenzdruck über Teststrecke	N2	DMS- Δ p-Aufnehmer	0-5 mWs	Dampf/Wasser	
		Bündel (BSS)		Hüllrohrtemperaturen	THn	NiCr/Ni-TE ϕ 0.5 mm	
Druck im Stabinnern	PJn			DMS-p-Aufnehmer	0-130 bar	Helium	
Temp. Heizstabhülle	TIn			NiCr/Ni-Te ϕ 0.36 mm	0-1000 °C	Wasser/Dampf	
Fluidtemp. a. Abstandshalter	TAHn			NiCr/Ni-TE ϕ 0.5 mm	0-1000 °C	Wasser/Dampf	
		Temp. BE-Kasten	TKn	NiCr/Ni-TE ϕ 0.5 mm	0-1000 °C	Wasser/Dampf	
Behälter (Wasserauswurf-Sammelbehälter)	5	Differenzdruck	N5	DMS- Δ p-Aufnehmer	0-2.5 mWs	Wasser	Wasserstand
Rohrleitung	02	Druck Flutwasser	P6	DMS-p-Aufnehmer	0-25 bar	Wasser	Flutwassermenge
		Temp. Flutwasser	T6.4	NiCr/Ni-TE	0-1000 °C	Wasser	
		Differenzdruck an Blende Flutwasser	D6	DMS- Δ p-Aufnehmer	0-2,5 mWS	Wasser	
Rohrleitung	06	Druck Dampfeintritt	PD1	DMS-p-Aufnehmer	0-10 bar	Dampf	Dampfmenge Eintritt Versuchsanlage
		Temp. Dampfeintritt	T3	NiCr/Ni-TE	0-1000 °C	Dampf	
		Differenzdruck an Blende Dampfeintritt	D1	DMS- Δ p-Aufnehmer	0-5 mWS	Dampf	
Rohrleitung	09	Druck Dampfaustritt	P3.2	DMS-p-Aufnehmer	0-10 bar	Dampf	Dampfmenge Austritt Versuchsanlage
		Temp. Dampfaustritt	T3	NiCr/Ni-TE	0-1000 °C	Dampf	
		Differenzdruck an Blende Dampfaustritt	D3	DMS- Δ p-Aufnehmer	0-2,5 mWS	Dampf	

REBEKA 5 vom 03.06.82

Tabelle 2: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

Stab Nr.	Berstzeit [s]	Hüllrohrtemperatur axiale Mitte [°C]	Berstdruck [bar]	Dehnung in axialer Mitte [%]	Berstdehnung [%]	Berststelle axial [mm]	Berstwinkel [°]*	Berstfolge	Wiederbe- netzungszeit [s]	Wiederbe- netzungs- folge	Be- merkung
37	135	700	70	11.63	26.7	2126	250°	22	228	25	
19	146	710	67.5	19.75	47.5	2267	160°	27	207	24	
16	121	755	74	14.53	31.2	1995	160°	16	189	21	
34	121	715	76	16.57	37.1	1983	215°	16	147	10	
23	117	800	76	15.35	52.8	1970	210°	12	128	3	
41	122	737	73	15.41	39.9	1980	180°	17	147	5	
7	143	730	67	9.67	43.9	2085	330°	26	177	19	
61	100	755	83	2.86	19.7	2115	120°	2	135	6	
49	102	785	73	7.4	103.7	2108	165°	3	141	9	
18	120	820	66.5	27.14	56.3	2000	345°	15	150	11	
66	120	x880	67.5	41.54	44.2	1955	110°	15	x138	8	
35	111	780	68	25.28	39.7	2007	145°	7	135	6	
22	114	755	66	33.16	74.7	1985	300°	9	136	7	
80	111	735	74	14.37	34.7	2040	270°	7	136	7	
56	-	-	-	10.64	30.2	2290	-	-	183	20	+
10	118	785	68	31	38.5	1910	195°	13	\$138	8	
25	123	760	61	33	40.6	1895	105°	18	156	14	
2	114	765	67	26.3	48	1888	130°	9	168	17	
20	110	x860	70.5	28.9	38.6	1983	105°	6	x117	1	
67	115	755	69	39.2	42.7	1983	150°	10	165	16	
21	-	-	-	15.75	30.2	2280	-	-	140	28	+
11	-	-	-	11.53	28.4	2320	-	-	249	29	+
47	125	x860	66.5	22.32	41.5	1863	140°	19	x141	9	
1	117	x865	67	21	43.9	2010	70°	14	x138	8	
12	109	x842	70	11.12	49.2	2055	135°	5	x135	6	
5	113	x863	67	38	42.4	1950	270°	8	x119	2	
6	120	x850	67	17.6	50.7	1813	285°	15	x171	18	
69	140	690	71	10.1	27.3	1797	255°	25	171	18	
38	-	-	-	12.2	25.6	2300	-	-	-	-	TE defekt
29	121	x870	68	17.58	46.5	2050	0°	16	x138	8	
46	121	785	64.5	19.41	45.6	1860	150°	16	147	10	
4	100	x830	80	3.89	88	1980	30°	2	x135	6	
50	108	760	70	14.41	43.6	1910	0°	4	104	23	
36	116	750	66	30.87	61.6	1985	225°	11	177	19	
28	136	675	70	15.79	28.2	1980	270°	23	162	15	
44	146	\$690	64.5	12.9	32.9	2053	90°	27	&152	12	
17	115	770	68	30.74	47.4	1970	300°	10	125	4	
15	113	780	70	18.22	69	1873	180°	8	141	9	
54	-	-	-	-0.33	-	-	-	-	273	30	ohne PI
30	108	800	72	15.06	55.4	2015	190°	4	135	6	
14	113	770	68	11.9	47.7	2040	210°	8	186	16	
57	115	750	73.5	12.03	32.3	2063	230°	10	159	15	
48	129	705	73.5	9.5	35.9	2047	35°	21	156	14	
8	126	725	73	15.02	34.7	2028	305°	20	198	22	
59	108	750	77.5	6.7	38.5	1895	0°	4	138	8	
64	114	735	73	15.51	31.1	2020	320°	9	232	26	
26	109	740	76	10.39	31.4	2015	0°	5	240	28	
81	91	740	83	-0.207	52.7	2010	135°	1	234	27	
13	839	755	70	28.8	33.2	1935	125°	24	153	13	

Anmerkung: x) Temperatur des Innenthermoelementes

§) Ispra Thermoelement

Alle Zeitangaben beziehen sich auf Beginn der Wiederaufheizphase

+) nicht geborsten

* Winkel wird im Uhrzeigersinn gemessen, Norden ist Bezugslinie.

REBEKA-5

Die Daten wurden digital mit einer Frequenz von 10 Zyklen pro Sekunde von einer PDP 11/03 erfaßt. Für die Umrechnung von Rohmeßwerten in physikalische Einheiten, den Datentransfer und die graphische Darstellung sind Programme geschrieben worden.

Kanalliste und Datenzuordnung für REBEKA-5

Kanal No	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	 Meßwinkel	Abb. Bem.
24	Vergleichstemperatur Kupferplatte	TV/3	°C		1)
25	Temperatur unteres Teststreckenplenum	T2.1	°C		
26	Temperatur oberes Teststreckenplenum Nord	T2.2N	°C	0°	
27	Temperatur oberes Teststreckenplenum West	T2.2W	°C	270°	
28	Dampfaustrittstemp.(Versuchsanl.)	T3.2	°C		
29	Temp. Flutwasser	T6.4	°C		
30	Hüllrohrtemp. Stab 37 bei 1950 mm	TH 37	°C	315°	
31	" " 19 " 1950 mm	TH 19	°C	45°	
32	" " 16 " 1950 mm	TH 16	°C	45°	
33	" " 34 " 1950 mm	TH 34	°C	45°	
34	Temperatur Heizstabhülle				
	Stab 23 bei 1950 mm	Ti 23/1	°C	225°	
35	" " " 23 " 1950 mm	Ti 23/2	°C	345°	
36	Hüllrohrtemp. " 23 " 150 mm	TH 23/1	°C	225°	
37	" " " 23 " 500 mm	TH 23/2	°C	225°	
38	" " " 23 " 1000 mm	TH 23/3	°C	225°	
39	" " " 23 " 1950 mm	TH 23/4	°C	225°	
40	" " " 23 " 2900 mm	TH 23/5	°C	225°	
41	" " " 23 " 3400 mm	TH 23/6	°C	225°	
42	" " " 23 " 3750 mm	TH 23/7	°C	225°	

43	Hüllrohrtemp. Stab 23 bei 3900 mm	TH 23/8	°C	225°
44	" " 41 " 1950 mm	TH 41	°C	45°
45	" " 7 " 1950 mm	TH 7	°C	45°
46	" " 61 " 1950 mm	TH 61	°C	315°
47	" " 80 " 1950 mm	TH 80	°C	135°
48	" " 56 " 1950 mm	TH 56	°C	315°
49	" " 21 " 1950 mm	TH 21	°C	135°
50	" " 11 " 1950 mm	TH 11	°C	315°
51	" " 69 " 1950 mm	TH 69	°C	135°
52	" " 38 " 1950 mm	TH 38	°C	315°
53	" " 28 " 1950 mm	TH 28	°C	135°
54	" " 44 " 1950 mm	TH 44	°C	315°
55	" " 57 " 1950 mm	TH 57	°C	135°
56	Temp. Heizstabhülle			
	Stab 48 bei 1950 mm	Ti 48/1	°C	45°
57	" " 48 " 1950 mm	Ti 48/2	°C	165°
58	" " 48 " 1950 mm	Ti 48/3	°C	285°
59	Hüllrohrtemp. Stab 48 bei 150 mm	TH 48/1	°C	45°
60	" " 48 " 500 mm	TH 48/2	°C	45°
61	" " 48 " 1000 mm	TH 48/3	°C	45°
62	" " 48 " 1950 mm	TH 48/4	°C	45°
63	" " 48 " 2900 mm	TH 48/5	°C	45°
64	" " 48 " 3400 mm	TH 48/6	°C	45°
65	" " 48 " 3750 mm	TH 48/7	°C	45°
66	" " 48 " 3900 mm	TH 48/8	°C	45°
67	" " 8 " 1950 mm	TH 8	°C	225°
68	" " 59 " 1950 mm	TH 59	°C	225°
69	" " 64 " 1950 mm	TH 64	°C	225°
70	" " 26 " 1950 mm	TH 26	°C	225°
71	" " 81 " 1950 mm	TH 81	°C	225°
72	" " 13 " 1950 mm	TH 13	°C	135°
73	Temp. Heizstabhülle			
	Stab 49 bei 1950 mm	Ti 49/3	°C	15°
74	" " 49 " 1950 mm	Ti 49/1	°C	135°
75	" " 49 " 1950 mm	Ti 49/2	°C	255°
76	Hüllrohrtemp. Stab 49 bei 1950 mm	TH 49	°C	135°
77	" " 18 " 1950 mm	TH 18	°C	45°

78	Temp. Heizstabhülle						
		Stab 66 "	1950 mm	Ti 66/1	°C	180°	
79	" "	" 66 "	1950 mm	Ti 66/2	°C	300°	
80	" "	" 66 "	1950 mm	Ti 66/3	°C	60°	
81	Hüllrohrtemp. Stab 35 bei	1950 mm		TH 35	°C	45°	
82	" "	" 22 "	1950 mm	TH 22/1	°C	45°	
83	" "	" 22 "	1950 mm	TH 22/2	°C	225°	
84	Temp. Heizstabhülle						
		Stab 10 bei	1950 mm	Ti 10/1	°C	135°	
85	" "	" 10 "	1950 mm	Ti 10/2	°C	255°	
86	" "	" 10 "	1950 mm	Ti 10/3	°C	15°	
87	" "	" 25 "	1950 mm	Ti 25/1	°C	315°	
88	" "	" 25 "	1950 mm	Ti 25/2	°C	75°	
89	" "	" 25 "	1950 mm	Ti 25/3	°C	195°	
90	Hüllrohrtemp. Stab 25 bei	1950 mm		TH 25	°C	315°	
91	Temp. Heizstabhülle						
		Stab 2 bei	1950 mm	Ti 2/1	°C	180°	
92	" 2	" 2 "	1950 mm	Ti 2/2	°C	300°	
93	" "	" 2 "	1950 mm	Ti 2/3	°C	60°	
94	Hüllrohrtemp. Stab 2 bei	1950 mm		TH 2	°C	315°	
95	Temp. Heizstabhülle						
		Stab 29 bei	1950 mm	Ti 29/1	°C	45°	
96	" "	" 29 "	1950 mm	Ti 29/2	°C	165°	
97	" "	" 29 "	1950 mm	Ti 29/3	°C	285°	
98	Hüllrohrtemp. Stab 67 bei	1950 mm		TH 67	°C	45°	
99	Temp. Heizstabhülle						
		Stab 47 bei	1950 mm	Ti 47/1	°C	90°	
100	" "	" 47 "	1950 mm	Ti 47/2	°C	210°	
101	" "	" 47 "	1950 mm	Ti 47/3	°C	330°	
102	" "	" 1 "	1950 mm	Ti 1/1	°C	90°	
103	" "	" 1 "	1950 mm	Ti 1/2	°C	210°	
104	" "	" 1 "	1950 mm	Ti 1/3	°C	330°	
105	" "	" 12 "	1950 mm	Ti 12/1	°C	60°	
106	" "	" 12 "	1950 mm	Ti 12/2	°C	180°	
107	" "	" 12 "	1950 mm	Ti 12/3	°C	300°	
108	" "	" 5 "	1950 mm	Ti 5/1	°C	270°	
109	" "	" 5 "	1950 mm	Ti 5/2	°C	30°	
110	" "	" 5 "	1950 mm	Ti 5/3	°C	150°	

111	Temp. Heizstabhülle					
		Stab 6 bei 1950 mm	Ti 6/1	°C	270°	
112	" "	" 6 " 1950 mm	Ti 6/2	°C	30°	
113	" "	" 6 " 1950 mm	Ti 6/3	°C	150°	
114	" "	" 20 " 1950 mm	Ti 20/1	°C	225°	
115	" "	" 20 " 1950 mm	Ti 20/2	°C	345°	
116	" "	" 20 " 1950 mm	Ti 20/3	°C	105°	
117	" "	" 46 " 1950 mm	Ti 46/1	°C	225°	
118	" "	" 46 " 1950 mm	Ti 46/2	°C	345°	
119	" "	" 46 " 1950 mm	Ti 46/3	°C	105°	
120	Hüllrohrtemp.	Stab 46 bei 1677 mm	TH 46/1	°C	225°	
121	"	" 46 " 1707 mm	TH 46/2	°C	225°	
122	"	" 46 " 1807 mm	TH 46/3	°C	225°	
123	"	" 46 " 1950 mm	TH 46/4	°C	225°	
124	"	" 46 " 2057 mm	TH 46/5	°C	225°	
125	"	" 46 " 2157 mm	TH 46/6	°C	225°	
126	Temp. Heizstabhülle					
		Stab 4 bei 1950 mm	Ti 4/1	°C	0°	
127	" "	" 4 " 1950 mm	Ti 4/2	°C	120°	
128	" "	" 4 " 1950 mm	Ti 4/3	°C	240°	
129	Hüllrohrtemp.	Stab 36 bei 1950 mm	TH 36	°C	135°	
130	"	" 17 " 1950 mm	TH 17	°C	225°	
131	"	" 15 " 1950 mm	TH 15	°C	135°	
132	Temp. Heizstabhülle					
		Stab 54 bei 1950 mm	Ti 54/1	°C	0°	
133	" "	" 54 " 1950 mm	Ti 54/2	°C	120°	
134	" "	" 54 " 1950 mm	Ti 54/2	°C	240°	
135	Hüllrohrtemp.	Stab 50 " 1950 mm	TH 50	°C	135°	
136	"	" 30 " 1950 mm	TH 30	°C	135°	
137	Temp. Heizstabhülle					
		Stab 14 " 1950 mm	Ti 14/1	°C	315°	
138	" "	" 14 " 1950 mm	Ti 14/2	°C	75°	
139	" "	" 14 " 1950 mm	Ti 14/3	°C	195°	
140	Hüllrohrtemp.	Stab 14 " 1677 mm	TH 14/1	°C	315°	
141	"	" 14 " 1707 mm	TH 14/2	°C	315°	
142	"	" 14 " 1807 mm	TH 14/3	°C	315°	
143	"	" 14 " 1950 mm	TH 14/4	°C	315°	
144	"	" 14 " 2057 mm	TH 14/5	°C	315°	

145	Hüllrohrtemp. Stab 14 bei 2157 mm	TH 14/6	°C	315°	
146	BE-Kastenwandtemp. bei 150 mm	TK 1	°C		
147	" " 500 mm	TK 2	°C		
148	" " 1000 mm	TK 3	°C		
149	" " 1950 mm	TK 4	°C		
150	" " 2900 mm	TK 5	°C		
151	" " 3400 mm	TK 6	°C		
152	" " 3750 mm	TK 7	°C		
153	" " 1950 mm	TK 8	°C		
154	" " 1950 mm	TK 9	°C		
155	" " 1950 mm	TK 10	°C		
156	Fluid-TE Abstandshalter				
	IV bei 1644 mm	TAH4/4/3o	°C		
157	" " IV " 1702 mm	TAH4/4/3u	°C		
158	" " IV " 1644 mm	TAH4/5/5o	°C		
159	" " IV " 1644 mm	TAH4/5/2o	°C		
160	" " IV " 1702 mm	TAH4/5/2u	°C		
161	" " V " 2188 mm	TAH5/4/3o	°C		
162	" " V " 2246 mm	TAH5/4/3u	°C		
163	" " V " 2188 mm	TAH5/5/5o	°C		
164	" " V " 2246 mm	TAH5/5/5u	°C		
165	" " I " 9 mm	TAH1/3/2o	°C		
166	" " I " 67 mm	TAH1/3/2u	°C		
167	" " I " 9 mm	TAH1/7/2o	°C		
168	" " I " 67 mm	TAH1/7/2u	°C		
169	Hüllrohrtemp. (ISPRA-TE)				
	Stab 23 bei 1950 mm	TS 23/9	°C	135°	0,5 mmØ
170	" " 10 " 1950 mm	TS 10	°C	135°	0,5 mmØ
171	" " 64 " 1950 mm	TS 64/2	°C	45°	0,5 mmØ
172	" " 37 " 1950 mm	TS 37/2	°C	135°	1,0 mmØ
173	" " 44 " 1950 mm	TS 44/2	°C	135°	1,0 mmØ
174	" " 64 " 1950 mm	TS 64/3	°C	135°	1,0 mmØ
Kanäle					
175-					
209	nicht belegt				
210	Stabinnendruck v. Stab 37	PJ 37	bar		2)
211	nicht belegt				

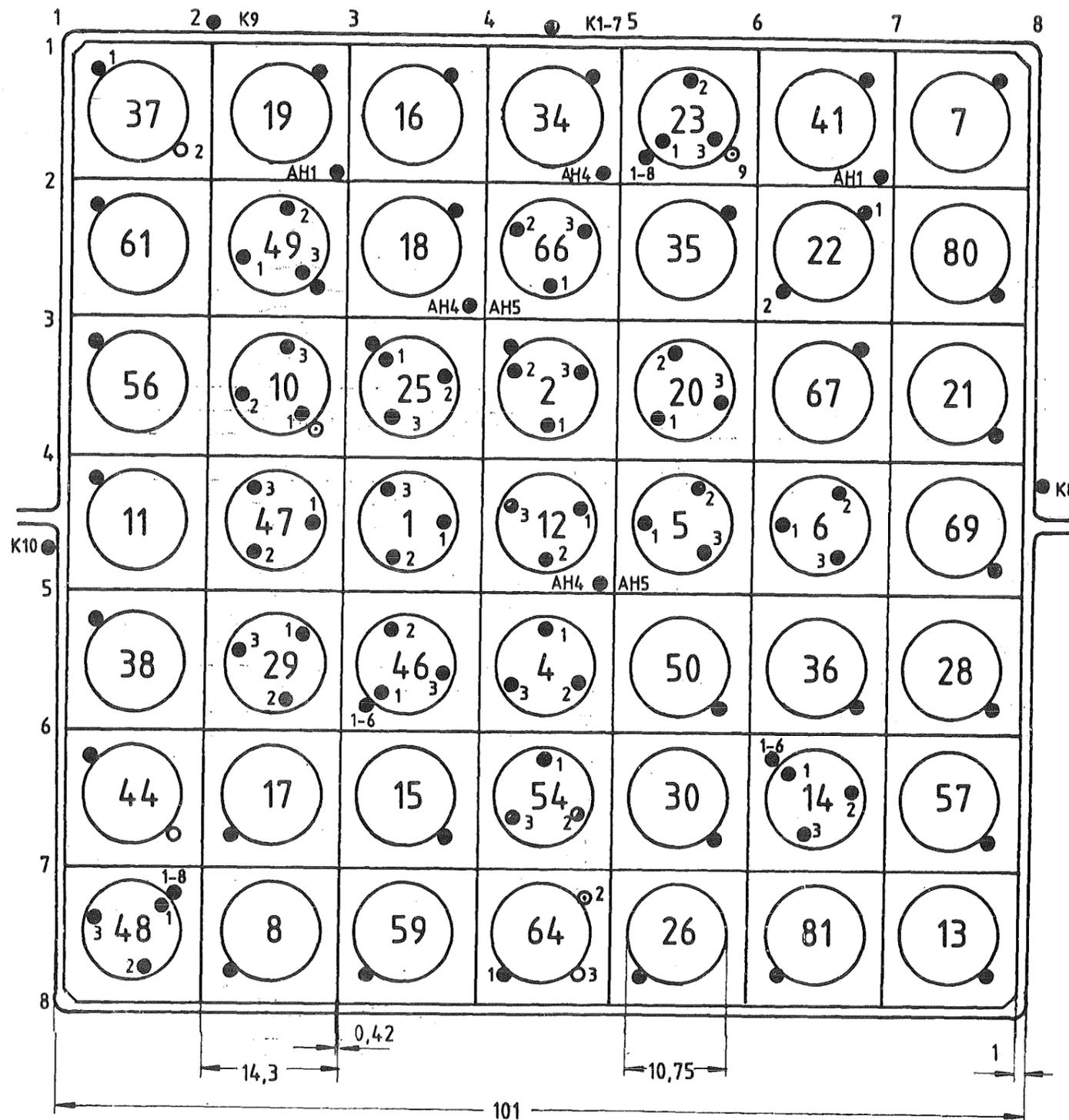
212	Stabinnendruck v. Stab 19	PJ 19	bar		
213	" " " 16	PJ 16	bar		
214	" " " 34	PJ 34	bar		
215	" " " 23	PJ 23	bar		
216	" " " 41	PJ 41	bar		
217	" " " 7	PJ 7	bar		
218	" " " 61	PJ 61	bar		
219	" " " 49	PJ 49	bar		
220	" " " 18	PJ 18	bar		
221	" " " 66	PJ 66	bar		
222	" " " 35	PJ 35	bar		
223	" " " 22	PJ 22	bar		
224	" " " 80	PJ 80	bar		
225	" " " 56	PJ 56	bar		
226	" " " 10	PJ 10	bar		
227	" " " 25	PJ 25	bar		
228	" " " 2	PJ 2	bar		
229	" " " 20	PJ 20	bar		
230	" " " 67	PJ 67	bar		
231	" " " 21	PJ 21	bar		
232	" " " 11	PJ 11	bar		
233	" " " 47	PJ 47	bar		
234	" " " 1	PJ 1	bar		
235	" " " 12	PJ 12	bar		
236	" " " 5	PJ 5	bar		
237	" " " 6	PJ 6	bar		
238	Dampftemperatur an Meßblende 1	TD 1	bar		
239	" " " 3	T 3	bar		
240	Stabinnendruck von Stab 69	PJ 69	bar		
241	" " " 38	PJ 38	bar		
242	" " " 29	PJ 29	bar		
243	" " " 46	PJ 46	bar		
244	" " " 4	PJ 4	bar		
245	" " " 50	PJ 50	bar		
246	" " " 36	PJ 36	bar		
247	" " " 28	PJ 28	bar		
248	" " " 44	PJ 44	bar		
249	" " " 17	PJ 17	bar		

250	Stabinnendruck von Stab 15	PJ 15	bar		
251	" " " 54	PJ 54	bar		
252	" " " 30	PJ 30	bar		
253	" " " 14	PJ 14	bar		
254	" " " 57	PJ 57	bar		
255	" " " 48	PJ 48	bar		
256	" " " 8	PJ 8	bar		
257	" " " 59	PJ 59	bar		
258	" " " 64	PJ 64	bar		
259	" " " 26	PJ 26	bar		
260	" " " 81	PJ 81	bar		
261	" " " 13	PJ 13	bar		
262	Dampfdruck an Meßblende 1	PD 1	bar		
263	Druck im unteren Plenum d. Teststr.	P 2.1	bar		
264	" " oberen " " "	P 2.2	bar		
265	Dampfdruck an Meßblende 3	P 3.2	bar		
266	Druck Flutwasser	P 6	bar		
267	Differenzdruck an Meßblende 1	D 1	kg/s		
268	" " " 3	D 3	kg/s		
269	" " " 6	D 6	g/s		
270	" " Teststrecke	N 2	m Ws		
271	" " Containmentsimulatur	N 4	m Ws		
272	" " Wasserauswurfbehälter	N 5	m Ws		
273	El. Phasenleistg. Transduktor 1, Phase 1	L 1	kW		
274	" " " 1, " 2	L 2	kW		
275	" " " 1, " 3	L 3	kW		
276	" " " 2, " 1	L 4	kw		
277	" " " 2, " 2	L 5	kW		
278	" " " 2, " 3	L 6	kW		

1. Vergleichstemperatur (TV/3): 3,
da 3 Meßfühler auf Cu-Platte in Reihe geschaltet.

2. He-Gas zur Simulation des Spalt-
gasinnendruckes von frischen Brenn-
stäben

Position	Stab-Nr.	Ti-Posit.	TE-Positionen	Anzahl
		axial	axial /mm/	TE
1/1	37		1950 Ispra ϕ 1 - 1950(O)	2
1/2	19		1950	1
1/3	16		1950	1
1/4	34		1950	1
1/5	23	3x1950	150, 500, 1000, 1950, 2900, 3400, 3750, 3900	12
1/6	41		Ispra ϕ 0,5 - 1950	1
1/7	7		1950	1
2/1	61		1950	1
2/2	49	3x1950	1950	4
2/3	18		1950	1
2/4	66	3x1950		3
2/5	35		1950	1
2/6	22		2x1950	2
2/7	80		1950	1
3/1	56		1950	1
3/2	10	3x1950	1950 Ispra ϕ 0,5 - 1950 (O)	5
3/3	25	3x1950	1950	4
3/4	2	3x1950	1950	4
3/5	20	3x1950		3
3/6	67		1950	1
3/7	21		1950	1
4/1	11		1950	1
4/2	47	3x1950		3
4/3	1	3x1950		3
4/4	12	3x1950		3
4/5	5	3x1950		3
4/6	6	3x1950		3
4/7	69		1950	1
5/1	38		1950	1
5/2	29	3x1950		3
5/3	46	3x1950	1677, 1707, 1807, 1950, 2057, 2157	9
5/4	4	3x1950		3
5/5	50		1950	1
5/6	36		1950	1
5/7	28		1950	1
6/1	44		1950 Ispra ϕ 1 - 1950	2
6/2	17		1950	1
6/3	15		1950	1
6/4	54	3x1950		3
6/5	30		1950	1
6/6	14	3x1950	1677, 1707, 1807, 1950, 2057, 2157	9
6/7	57		1950	1
7/1	48	3x1950	150, 500, 1000, 1950, 2900, 3400, 3750, 3900	11
7/2	8		1950	1
7/3	59		1950	1
7/4	64		1950 Ispra ϕ 0,5 u. ϕ 1 - 1950	3
7/5	26		1950	1
7/6	81		1950	1
7/7	13		1950	1
Kasten			150, 500, 1000, 1950, 2900, 3400, 3750, 3x1950	10
Fluid	Abstandshalter 1,4,5	5 mm	unterhalb AH, 15 mm oberhalb AH	13



oberes beheiztes Bündelende = 0 mm
 unteres beheiztes Bündelende = 3900 mm

TE-Positionen werden in axialer Richtung von oben nach unten angegeben,
 z.B.: TH 46/3 → Stab 46, 3. TE in Tabelle auf 1807 mm

Instrumentierungsplan des Bündels (Temperaturmeßstellen)

Faltblatt von Abb. 7

Literaturangaben

/1/ Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1982, KfK 3350,
Juli 1983/S 4200 - 94 - 162. Untersuchung zur Wechselwirkung
zwischen aufblähenden Zircaloy-Hüllen und einsetzender Kernnot-
kühlung (REBEKA-Programm). (K. Wiehr, A. Emling, F. Erbacher,
U. Harten, W. Just, H.J. Neitzel, P. Schäffner, He. Schmidt,
E. Vogel; IRB)

/2/ s. Anhang

/3/ Zugriff zu den Versuchsdaten

Benutzer, die an den REBEKA5 Versuchsdaten Interesse haben, sofern Ihnen
ein DATEX-P-Anschluß oder eine Wahlleitung zu dem PHDR-Rechner DATA
GENERAL zur Verfügung steht, können diese mittels nachfolgendem Aufruf
lesen und kopieren.

USERNAME:IRB229

PASSWORT:*)

)SEARCH

)SEE REBEKA5

*) Das Passwort wird bei Anfrage dem Benutzer bekannt gegeben.