KfK 3986
März 1986

Datenbericht REBEKA-6

K. Wiehr, U. Harten
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 3986

Datenbericht REBEKA-6

K. Wiehr, U. Harten

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

Zusammenfassung:

REBEKA-6 ist ein out-of-pile Hüllrohrverformungsexperiment in einer 7x7-Stabanordnung voller Druckwasserreaktorstablänge mit Fluten. In diesem Experiment herrschten in der Wiederauffüll- und Flutphase gleiche Strömungsrichtungen des Kühlmittels.

Der vorliegende Bericht ist eine graphische Zusammenstellung aller im REBEKA-6-Experiment gemessenen Versuchsdaten als Ergänzung zum REBEKA-6 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 "REBEKA6".

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 können den Meßebenen zugeordnet werden.

Data Report REBEKA-6

Abstract

REBEKA-6 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 experiment was carried out with the same flow direction of the coolant during the refill- and reflood phases of a LOCA. This data report is a graphic summary and includes all essential measured data of the REBEKA-6 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 "REBEKA6".

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	4
2.4	Brennstabsimulator (BSS)	4
2.4.1	Leistungsabgleich der BSS	5
2.5	Instrumentierung	6
2.6	Instrumentierung des Bündels	6
2.6.1	Instrumentierung der Brennstabsimulatoren	6
2.6.2	Fluidthermoelemente	7
2.6.3	Instrumentierung der Abstandshalter mit Fluidthermoelementen	8
2.6.4	Instrumentierung des Bündelkastens	8
2.6.5	Angaben zur Meßwertgenauigkeit	9
2.7	Versuchsvorbereitung	10
2.7.1	Einstellung des in der Wiederaufheizphase aufwärts durch das Bündel strömenden Dampfmassenstromes und der Dampfeintrittstemperatur	10
2.7.2	Einstellung der Flutwassersteiggeschwindigkeit (kalte Flutrate)	11
2.8	Versuchsablauf	12
3.	Versuchsdaten	24
3.1	Systemdaten der Versuchsanlage	24
3.2	Überblick über Versuchsablauf	29
3.3	Temperatur- und Druckgeschichte aller 48 Einzelstäbe	31
3.4	Fluidtemperaturen	56
3.5	Alle Hüllrohr- und Heizstabhüllentemperaturverläufe in axialer Mittelebene	63
3.6	Axiale Hüllrohrtemperaturverläufe	73
3.7	Axialer Temperaturverlauf am Bündelkasten (Abb. 101)	73
3.8	Fluidtemperaturen am Abstandshalter (AH)	73

Seite

3.9 Umfangsdehnungen der Zircaloy-4-Hüllrohre 79

4. Zusammenstellung wichtiger Meßstellen (Tab. 1) 107
Tabellarische Zusammenfassung der Versuchsergebnisse (Tab. 2) 108

5. Kanalliste und Datenzuordnung 109

6. Faltblatt der Abbildung 7 119

7. Literaturangaben 120

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. Nr.		Seite
1	Versuchskreislauf für Hüllrohrverformungsexperimente Bündel Tests.	14
2	Phasenbelegung der Transduktoren	15
3	Konstruktionszeichnung des Brennstabsimulators mit Stufenheizleiter	16
4	Nennmaße des Brennstabsimulators	17
5	Axiales Leistungsprofil	18
6	Schaltbild der Teststrecke mit Temperatur-, Druck-, Niveau- und Durchflußmeßstellen	19
7	Instrumentierungsplan des Bündels	20
8	Thermoelementanbringung	21
9	Vorversuch zur Bestimmung der kalten Flutrate	22
10	Bestimmung der kalten Flutrate am Ende des Experiments	23
11	Elektrische Phasenleistung des Bündels	25
12	Drücke in der Versuchsanlage	25
13	Wasserstände in der Teststrecke und Behälter 5	26
14	Temperaturen in der Teststrecke	26
15	Druck, Temperatur und Dampfmenge in Blende D1	27
16	Druck, Temperatur und Dampfmenge Blende D2	27
17	Druck, Temperatur und Dampfmenge Blende D3	28
18	Druck, Temperatur und Dampfmenge Blende D6	28
19	Temperaturverläufe der 24 Innenstäbe	30
20	Druckverläufe der 22 Innenstäbe	30
21-68	Druck und Temperaturverlauf aller 48 Einzelstäbe	32-55
69-79	Fluidtemperaturen	57-62
80-96	Hüllrohr- und Heizstabhüllentemperaturverläufe in axialer Mittelebene	64-72
97-100	Axiale Hüllrohrtemperaturverläufe	74-75
101	Axialer Temperaturverlauf am Bündelkasten	76
102-105	Fluidtemperaturen am Abstandshalter	77-78
106	Berstdehnungen und Berstlagen	80
107-152	Dehnungsprofile von Stab 37 bis Stab 13	81-103
153	Dehnungsprofile der 46 Stäbe	104
154	Dehnungsprofile der 22 Innenstäbe	104

		Seite
155	Dehnungsprofile der 8 Innenstäbe	105
159	Faltblatt von Abb. 7	119

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Bei einem Kühlmittelverluststörfall (KVS) mit doppelendigem Bruch im kalten Strang einer Hauptkühlmittelleitung, 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-3 /1/ 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 Bündelexperiment REBEKA-6 wurde am 24. März 1983 durchgeführt. Dieser Versuch hatte das Ziel, den Einfluß der Durchströmungsrichtung auf die Zircaloyhüllrohrverformung und die Kühlkanalblockade zu untersuchen. Da in diesem Experiment keine Umkehr der Strömungsrichtung zwischen Aufheiz- und Flutphase simuliert wurde, d.h. gleiche Strömungsrichtung in beiden Phasen vorherrschte, wurde als Folge davon eine erhöhte Koplanarität der Berststellen erwartet, ähnlich wie dies in den NRU-Tests festgestellt wurde. (National Research Universal) /4/. Eine solche Versuchsführung ist zwar für deutsche Druckwasserreaktoren mit kombinierter Heiß- Kalteinspeisung nicht repräsentativ, kommt jedoch den Verhältnissen im Druckwasserreaktor mit Kalteinspeisung recht nahe.
Es sollte gezeigt werden, daß die erhöhte Koplanarität der Berststellen des NRU-Inpile-Experimentes nicht ein nuklearspezifisches, sondern ein strömungsspezifisches Ergebnis der experimentellen Versuchsführung ist.

Da gemäß der Zielsetzung dieses Experiment relativ einfache Kühlbedingungen ohne Strömungsumkehr während der Verformung der Zircaloyhüllen aufwies, wurde es als geeignet befunden, als blindes Deutsches Standard Problem Nr. 7 (DSP 7) und als offenes Internationales Standard Problem Nr. 14 (ISP 14) zu dienen /2/.

Ursprünglich war daran gedacht, für die Voraus- und Nachrechnungen des Experimentes die Bestimmung der thermohydraulischen Verhältnisse in die Aufgabenstellung mit einzubeziehen. Um für den Vergleich Experiment-Rechnung möglichst umfangreiche Kontrollwerte zu erhalten, wurde der Brennstabsimulator (BSS) der Zentralposition im Bündel durch ein Leerrohr ersetzt, welches mit Fluidthermoelementen bestückt war. Dadurch sollten Informationen über die Thermohydraulik im zentralen Unterkühlkanal gewonnen werden.

Für das Standard Problem wurde dann jedoch festgelegt, die Aufgabe auf eine reine Brennstabverhaltensvorhersage zu beschränken und die thermohydraulischen Randbedingungen aus dem Experiment an verschiedenen axialen Stabpositionen vorzugeben. Dafür mußten ort- und zeitabhängige Wärmeübergangszahlen geliefert werden, die aus Hüllrohrtemperaturmessungen an zwei nicht differenzdruckbeaufschlagten, unverformten Zircaloyhüllrohren bezogen auf eine konstant angenommene Fluidtemperatur bestimmt werden mußten.

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 Dampfstrom nach dem Überhitzer in zwei Teilströme. Der eine Teilstrom nimmt seinen Weg über Ventil 1.2 direkt zum Dampfumformer (4). Der zweite Teilstrom strömt über Ventil 7.2 durch einen Dampfverteiler in das untere Plenum der Teststrecke. Der Dampf tritt unmittelbar oberhalb des Wasserspiegels im unteren Behälterplenum in die Teststrecke ein. Ein Teil dieses zweiten Dampfteilstromes durchströmt nun das Testbündel während der Anfahr- und Aufheizphase von unten nach oben. Da während dieser Zeitphasen auch bereits das Flutwasser in die Teststrecke eingespeist wird (Flutwasserdruck, -temperatur und -menge werden eingestellt und konstant gehalten), der Wasserspiegel in der Teststrecke jedoch noch nicht steigen darf, wird das Ventil 7.3 so weit geöffnet, daß alles in die Teststrecke eingespeiste Wasser wieder abfließen kann. Ein Teil des über Ventil 7.2 zuströmenden Dampfes verläßt die Teststrecke jedoch auch durch das Ventil 7.3, so daß nur ein bestimmter, aus Mengenbilanzen zu bestimmender Anteil des Dampfteilstromes 2 die Teststrecke von unten nach oben durchströmt. In der Anfahrphase werden alle Dampf- und Wasserwerte (Druck, Temperatur und Menge) eingestellt und konstant gehalten. In der Wiederaufheizphase wird das Bündel elektrisch aufgeheizt und bei Erreichen einer bestimmten Hüllrohrtemperatur im Bündel die Ventile 7.2 und 7.3 geschlossen. Damit wird die aufwärtsgerichtete Dampfströmung unterbrochen, und das Bündel wird von unten zwangsgeflutet.

Nicht verdampftes Wasser wird im Kopf der Teststrecke 1 und in einem Zyklonabscheider des Wasserauswurfsammeltanks (2) abgeschieden und aufgefangen. Der Containmentsimulator (3) ist ein leerer Pufferbehälter, der dazu dient, Druckstöße im System zu dämpfen. Die Bezeichnungen I bzw. II an den Pfeilen geben die Strömungsrichtung des Dampfes und/oder Wassers während der Wiederauffüll- bzw. Flutphase des Experimentes an.

2.2 Teststrecke

Für REBEKA-6 wurde die Bündelteststrecke geringfügig gegenüber REBEKA-5 modifiziert. Ein zusätzlicher Dampfverteiler im unteren Plenum der Teststrecke ermöglicht die aufwärtsgerichtete Dampfströmung während der Aufheizphase des Bündels. Das äußere Druckrohr (153x3 mm) hat einen Innendurchmesser von 153

mm ø. Im Druckrohr sitzt der quadratische Bündelführungskasten aus Edelstahl mit Innenabmessungen 101x101 mm und einer Wandstärke von 1 mm, in dem sich das Bündel befindet. Zwischen dem Bündelführungskasten und dem Druckrohr steht stagnierender Wasserdampf.

2.3 Stromversorgung

Die erforderliche Leistung für das (49-1)-Stab-Bündel liefern zwei dreiphasige Transduktoren von je 600 kVA. Jede Phase jedes Transduktors wurde mit je 8 parallel geschalteten Stäben belegt (Abb. 2). Im Versuch gemessen werden die 2x3 Phasenleistungen der Transduktoren.

2.4 Brennstabsimulatoren (BSS)

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

Volumina	bei 20 °C	bei 600 °C
oberes Plenum	8,5 ccm	8,5 ccm
alle Spalten mit Pelletfasen	10,0 ccm	10,0 ccm
unteres Plenum	17,5 ccm	16,3 ccm
Vol. der Anschlußröhrchen mit Druckaufnehmer	4,0 ccm	4,0 ccm
Gesamtvolumen	40,0 ccm	39,0 ccm

Die nominelle Änderung des Teilvolumens im unteren Plenum ergibt sich aus der konstruktiven Gestaltung des Brennstabsimulators. Der Heizstab ist oben aufgehängt und schiebt sich bei Erwärmung in das untere Plenum (Unterschied des unteren Plenumvolumens bei Raumtemperatur 20 °C und 600 °C Heizstabtemperatur). Die Feder, die die Pellets zusammenschiebt, sitzt im oberen Plenum. Die

Volumenanalyse beinhaltet nicht die durch mögliche Ausdehnung der äußeren Hüllen bei Temperaturerhöhungen bedingte Volumenzunahme. Außer den Stäben 14 und 54 waren alle Stäbe vor Beginn des eigentlichen Versuchs mit 60 bar Helium-Innendruck beaufschlagt worden.

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 BSS liegen parallel an einer Phase eines Transduktors d.h. 24 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 der axialen Ebene 1850 mm 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 ($\pm$ 3 K) gleich waren.

Dazu wurde das Bündel von einer gleichmäßigen Ausgangstemperatur von ca.140°C mit einer Stableistung von ca.8 KW/Stab auf ca.450-500°C bei schwacher Kühlung (etwa 2 m/s aufwärtsgerichteter Dampfströmung) aufgeheizt. Der Abgleich erfolgte in zwei Gruppen für 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 450-500 ^{o}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 erhielten eine etwas höhere Stableistung als die übrigen Stäbe der Gruppe.

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 einen Schnitt durch 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 (Mittelebene) vor. Links in Abb.8 ist eine Detailvergrößerung der Innenthermoelement-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 Platinhülse 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 heruntergehämmert wird. Dieses Thermoelement wird mit Hilfe einer kleinen Spezialpunktschweißmaschine durch fünf Punktschweißungen im Bereich der Platinhülse auf der Zry-4-Hülle befestigt, wodurch ein enger Kontakt zwischen Brennstabsimulatorhülle, Platinhülse und Thermoelement entsteht. Der Schweißstrom fließt dabei überwiegend durch die Platinhülse, ohne das Thermoelement zu beschädigen. Das

nach oben bzw. unten aus der Platinhülse 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 Platinhülse versehenen Thermoelementes gezeigt. Die wiedergegebene Schnittstelle liegt zwischen zwei Punktschweißungen. Sie zeigt einen guten Kontakt zwischen Brennstabsimulatorhülle, Platinhülse 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-, Fluid-Abstandshalter- und Kastenthermoelemente an sowie die Gesamtzahl der TE`s, die auf jedem Stab angebracht sind. Z.B. enthält Stab 49 13 Thermoelemente, davon 3 Innen-TE`s (TI) auf 1950 mm Höhe (axiale Mitte) und 10 Mantelthermoelemente (TH) auf -150, 150, 500 ..... 3900 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 49/10 = das 10. Thermoelement auf Stab 49 von oben gezählt, also auf Position 3900 mm = unteres beheiztes Ende.

2.6.2 Fluidthermoelemente

Da für das Standardproblem ursprünglich auch die thermohydraulischen Verhältnisse im Bündel aus den Versuchsrandbedingungen gerechnet werden sollte, wurde der Zentralstab durch ein 10,75 x 0,7 mm Inconelrohr ersetzt und als Thermoelementführungsrohr für Fluidthermoelemente (TF) benutzt. 0,25 mm starke Mantelthermoelemente ragten in verschiedenen axialen Höhen etwa 4 mm in den zentralen Unterkühlkanal. Diese Instrumentierung sollte die Entwicklung des thermodynamischen Ungleichgewichts meßtechnisch in recht engen axialen Ebenen erfassen.

Ihre axiale Position ist analog zu lesen wie bei den Hüllrohrthermoelementen TH. Die Meßkurven einiger Fluidthermoelemente und zwar TF 9/1, TF 9/2, TF 10/2, TF 11/1, TF 11/2, TF 12 und TF 13 können nicht dargestellt werden, da die Meßfühler ausgefallen waren. In den Temperaturschrieben sind die Meß-

stellen mit TF bezeichnet.

2.6.3 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 ø Mantelthermoelemente NiCr/Ni) an Abstandshaltern angebracht, und zwar an den Abstandshaltern I, IV, V und VIII. Die Meßspitzen befinden sich 5 mm unterhalb der jeweiligen Abstandshalterunterkante (UK) als auch 15 mm oberhalb der jeweiligen Abstandshalteroberkante (OK).

Die Koordinaten-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 ≙ 15 (mm) oberhalb OK-AH
   u ≙ 5 (mm) unterhalb UK-AH

2.6.4 Instrumentierung des Bündelkastens

Die auf der Kastenaußenwand befestigten 0,5 mm ø 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.

2.6.5 Angaben zur Meßgenauigkeit

Der maximale Fehler bei der Meßwerterfassung 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 bit ± 1 bit (letztes signifikantes bit) ≤ ± 0,006 %

b) Fehler der Verstärker: ≤ ± 0.005 %

2) Temperaturmessung:

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

1/2 DIN-Genauigkeit heißt:

Abweichung bis 400 °C < ± 1,5 °C ≙ ± 0,375%

Abweichung bis 800 °C < ± 3 °C ≙ ± 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) Stabinnendrücke:

Eichmanometer	0 - 160 bar	
Klassengenauigkeit	0,1 bar	
Ablesegenauigkeit	<±0,1 bar	≙ 0,1 %
Abweichung lt. Eichschema	<0,1 bar	
Druckgeber	<±0,65 bar	≙± 0,25 %

b) Systemdrücke in Testanlage

Eichmanometer	0 - 2 bar	
Klassengenauigkeit	0,1	≙ ± 0,1 %

Ablesegenauigkeit	<0,001	bar	
Druckgeber 0 - 5 bar abs.	<±0,05	bar	≙ ± 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 Versuchsvorbereitung

2.7.1 Einstellung des in der Wiederaufheizphase aufwärts durch das Bündel strömenden Dampfmassenstromes und der Dampfeintrittstemperatur

In der Wiederauffheizphase soll eine Wärmeübergangszahl von etwa 30 W/m^2K durch eine aufwärtsgerichtete Dampfströmung von etwa 2 m/s simuliert werden. Die Dampfströmung muß durch Differenzenbildung mehrerer Dampfmassenströme bestimmt werden, was mit Hilfe der Abb. 6 erläutert werden soll.

Der die Versuchsanlage versorgende Dampfstrom D_1, vom Anfahrkessel kommend, wird in der Ventilgruppe 1.1 und 1.2 in zwei Teildampfströme geteilt. Der eine Teilstrom umströmt die Versuchsanlage über Leitung 06. Der andere Teilstrom, in Blende D2 gemessen, tritt durch Ventil 7.2 und dem Dampfverteiler in die Teststrecke ein. Der Wasserspiegel im unteren Teil der Teststrecke 2 wird vor Versuchsbeginn in Stutzenhöhe des Ventils 7.3 konstant gehalten. Dies geschieht durch entsprechende Einstellung des Drosselventils 7.5, so daß das in die Teststrecke eingespeiste Notkühlwasser, gemessen an Blende D6, die Teststrecke wieder verlassen kann. Dabei läßt sich nicht vermeiden, daß ein gewisser Teil des über Ventil 7.2 eingespeisten Dampfes ebenfalls durch die Ventile 7.3-7.5 die Teststrecke wieder verläßt. Der Dampfmassenstrom, der die Teststrecke vor Versuchsbeginn und während der Wiederaufheizphase durchströmt, ist also geringer als der in Blende D2 gemessene Dampfmassenstrom.

Die Bestimmung des durch die Teststrecke strömenden Dampfmassenstromes geschieht in mehreren Schritten:

1) Kontrolleichung der Massenströme durch die Blenden D2 und D6:
   Der Wasserspiegel im unteren Plenum der Teststrecke wird über Ventil 7.1 um etwa 300 mm abgesenkt. Die Ventile 7.1 und 7.3 werden geschlossen und der Wasserspiegel beginnt wieder langsam im unteren Plenum zu steigen. Während dieser Zeit werden die Dampfmassenströme D_1 und D_3 der Blenden D1 und D3 gemessen. Die Teststrecke wird während dieser Zeit vom gesamten Massenstrom D_2 durchströmt. Die Dampfüberhitzung beträgt etwa 30 K, so daß praktisch keine Kondensation zwischen D1 und D3 stattfinden sollte. Im Idealfall sollte D_3 den gleichen Wert zeigen wie D_1. Tatsächlich zeigt D_3 jedoch einen geringfügig niedrigeren Wert (etwa 5 %), was auf kleinste Lecks, Abweichungen in der Meßgenauigkeit der beiden Blenden und evtl. geringfügiger Dampfkondensation zurückzuführen ist. Da nur Durchsatzdifferenzen zur Bestimmung der Dampfmenge D_2, die durch die Teststrecke strömt, wichtig sind, wird D_3 mit der aus der Eichung bestimmten Differenz zu D_{3K} korrigiert, so daß bei diesen Ventilstellungen $D_1 = D_{3K}$ wird.

2) Ventil 7.3 wird geöffnet und der Wasserspiegel stellt sich wieder auf Stutzenhöhe des Ventils 7.3 ein. D_1 wird nun größer sein als D_{3K}. Die Differenz von $D_1 - D_{3K}$ verläßt die Teststrecke durch Ventil 7.3 und 7.5 zusammen mit der Notkühlwassermenge D_6. Damit ergibt sich für den Durchsatz durch die Teststrecke folgende Beziehung:

$$D_{2T} = D_2 - (D_1 - D_{3K})$$

   Soll die Menge D_{2T} einen bestimmten Wert erhalten, so wird bei voreingestellter konstanter Ventilstellung von 7.5 die Ventilstellung 7.2 so verstellt, daß die gewünschte Menge von D_{2T} erreicht wird.
   Angestrebt war ein Massenstrom von 14 g/s. Die Einstellung des Wertes erfolgte bei abgeschalteter Bündelleistung.

2.7.2 Einstellung der Flutwassersteiggeschwindigkeit (kalte Flutrate) (s. Abb. 9)

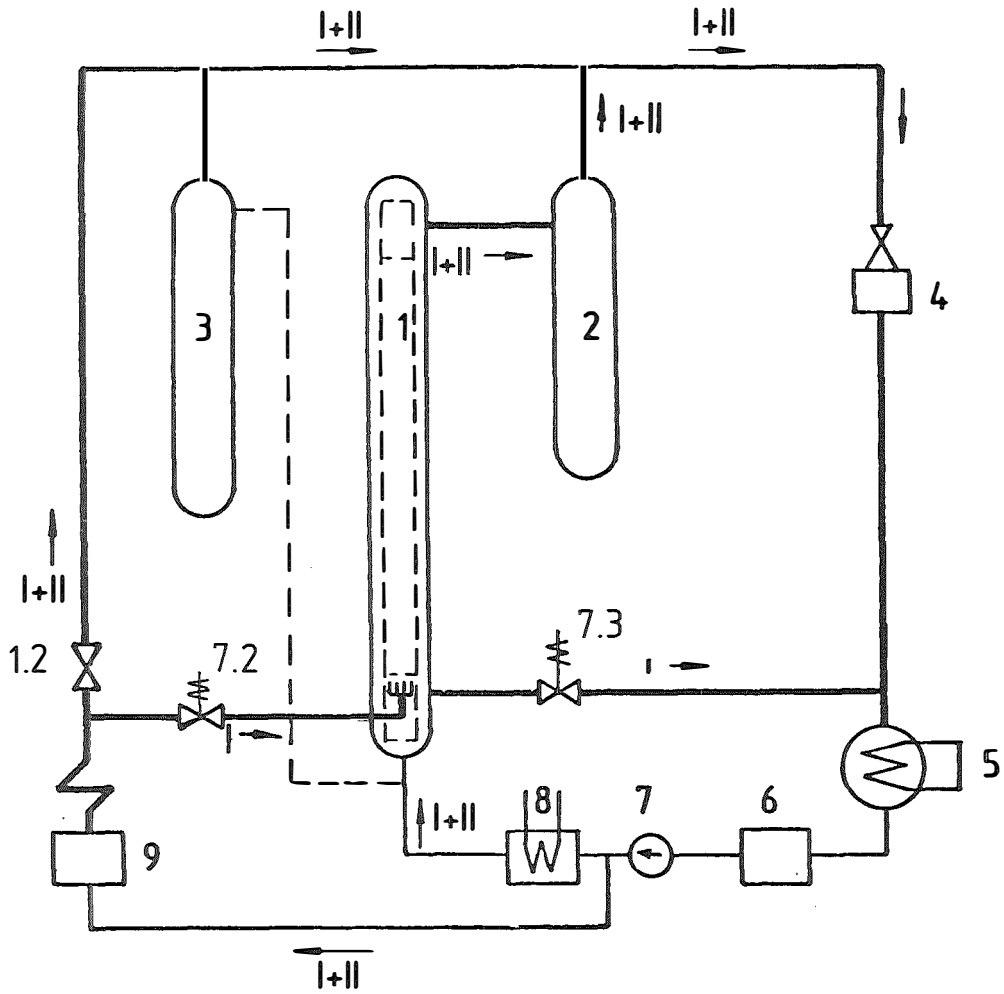
Die Teststrecke mit dem Bündel wird bei etwa 4 bar durch den aufwärtsströmenden Dampf auf etwa 150 °C aufgeheizt, Der berechnete Massenstrom für die

angestrebte kalte Flutrate von 3 cm/s bei 135 °C ist eingestellt. Das Dampfventil 7.2 und das Abströmventil 7.3 werden geschlossen. Der Wasserspiegel im Bündel steigt und wird mit dem Differenzdruckmesser N2 an der Teststrecke gemessen. Die Einstellung des Massenstromes wird gegebenenfalls so korrigiert, daß die gewünschte kalte Flutwassersteiggeschwindigkeit erreicht wird. Diese Methode gewährleistet, daß geringe Abweichungen in der Geometrie des Bündelkastens und/oder geringe Undichtigkeiten z.B. im Flutventil 7.3 bzw. Meßungenauigkeiten bei der Flutwassermenge bei der Bestimmung der kalten Flutrate berücksichtigt werden. Dadurch ist es möglich, daß geringe Unterschiede zwischen gemessener und rechnerisch ermittelter Wassermenge auftreten. Zur Überprüfung der korrekten Messung des Differenzdruckmessers dienen der minimale und der maximale Wasserstandswert, die durch die axialen Positionen der Anschlußstutzen des Meßgerätes gegeben sind. Eine weitere Überprüfung findet am Ende des Experimentes statt, wenn auch die obersten Thermoelemente wiederbenetzt sind und die Leistung abgeschaltet wird. Das Zweiphasengemisch kollabiert und der ansteigende Wasserstand wird gemessen. Der Gradient des ansteigenden Wasserstandes bestätigt den gewünschten Wert von 3 cm/s als Flutrate (s. Abb. 10).

2.8 Versuchsablauf

Das Bündel wurde bei etwa 4 bar mit Dampf von unten nach oben durchströmt. Nach Erreichen einer konstanten Temperatur im Bündel erfolgte die Innendruckaufgabe auf die Stäbe mit 60 bar Helium. Die Aufheizung des Bündels erfolgte mit etwa 7,8 KW/Stab. Der tatsächlich erreichte Massendurchsatz durch das Bündel während der Wiederaufheizphase betrug 11,5 g/s. Ursache für den verringerten Dampfmassendurchsatz durch die Teststrecke war ein Druckanstieg in der Teststrecke bei Zuschaltung der Leistung auf das Bündel, verursacht durch zusätzliche Dampfproduktion sowie dem Anstieg der Dampftemperatur in der Teststrecke. Durch axiale Wärmeleitung in die unteren nicht beheizten Bereiche der Stäbe, die in das Flutwasser eintauchten, entstand zusätzlicher Dampf. Der Druckanstieg in der Teststrecke führte nun zu einem etwas erhöhten Dampfstrom durch die Ventile 7.3 und 7.5, so daß sich der die Teststrecke in der Wiederaufheizphase durchströmende Dampfmassenstrom um 3.5 g/s reduzierte. Mit Erreichen von Hüllrohrtemperaturen von 765 °C in einer axialen Höhe des Bündels von 1850 mm, wurde die Leistung auf etwa 6,6 KW/Stab reduziert, das Ventil 7.2 geschlossen (Dampfzufuhr der Aufheizphase unterbrochen) und durch Schließen des Ventils 7.3 das Bündel mit 3 cm/s (kalte Flutrate) geflutet.

Leistung und Flutrate wurden konstant gehalten bis zum Ende des Versuchs. Abbruchskriterium für den Versuch war das Wiederbenetzen der oberen Stabenden.

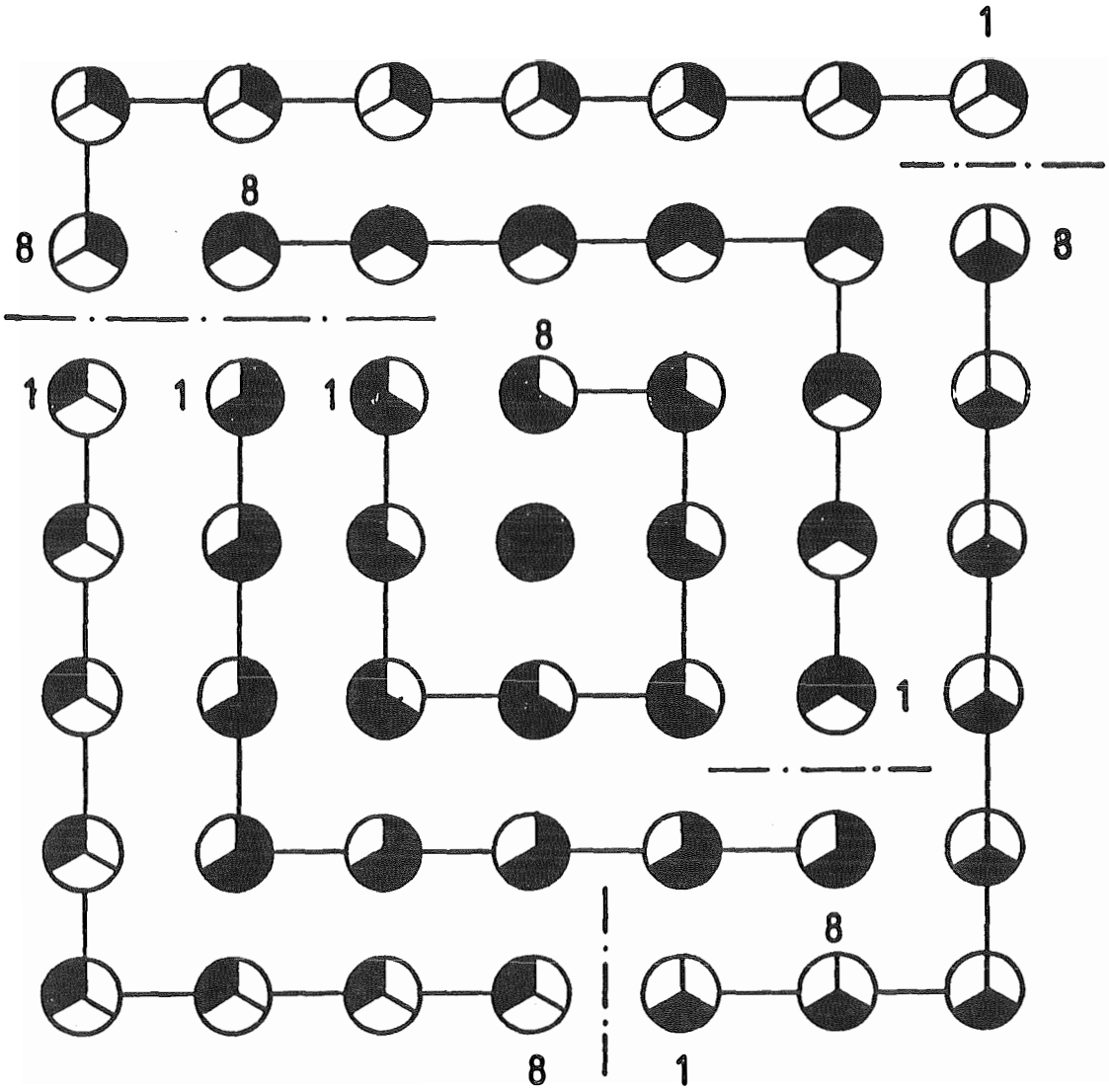


	Bezeichnungen in Abb. 6
1 Teststrecke	2
2 Wasserauswurf-sammeltank	5
3 Containment-simulator	4
4 Dampfumformer	3.1
5 Kondensator	12
6 Speisewasser-behälter	14
7 Kühlmittelpumpe	15
8 Wasservorwärmer	6.2 u. 6.3
9 Dampfkessel	Anfahrkessel

I Wiederauffüllphase
II Flutphase

Abb. 1 REBEKA 6
Versuchskreislauf für Hüllrohrverformungsexperimente, Bündel - Tests

7x7 Stab-Bündel - Anordnung



Transduktor 1	Transduktor 2
Phase 1	Phase 1
Phase 2	Phase 2
Phase 3	Phase 3
Zentralposition: Fluidmeßlanze	

Abb. 2 Phasenbelegung der Transduktoren

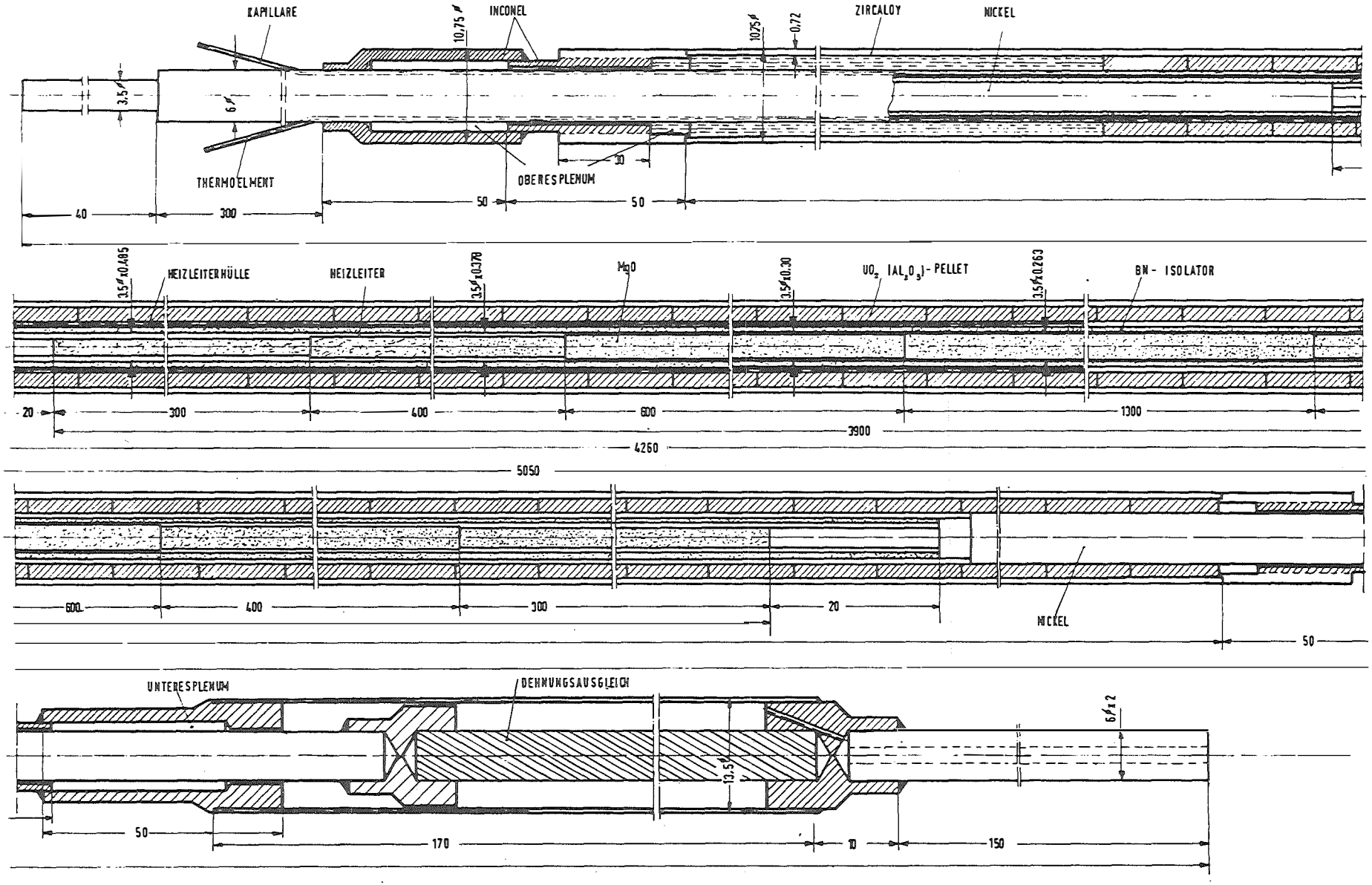


Abb. 3 REBEKA 6

Konstruktionszeichnung des Brennstabsimulators mit Stufenheizleiter

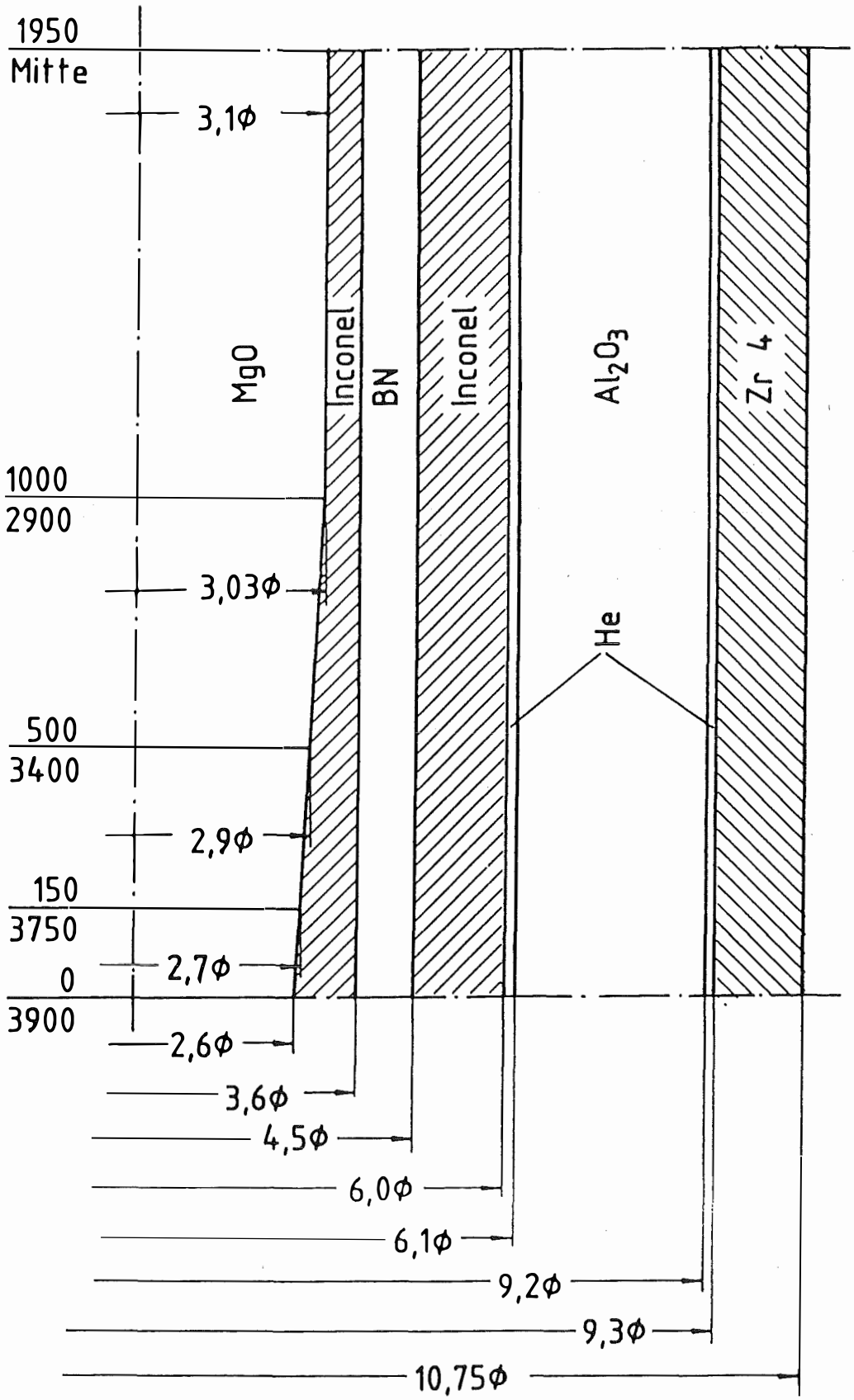


Abb. 4 Nennmaß des Brennstabsimulators

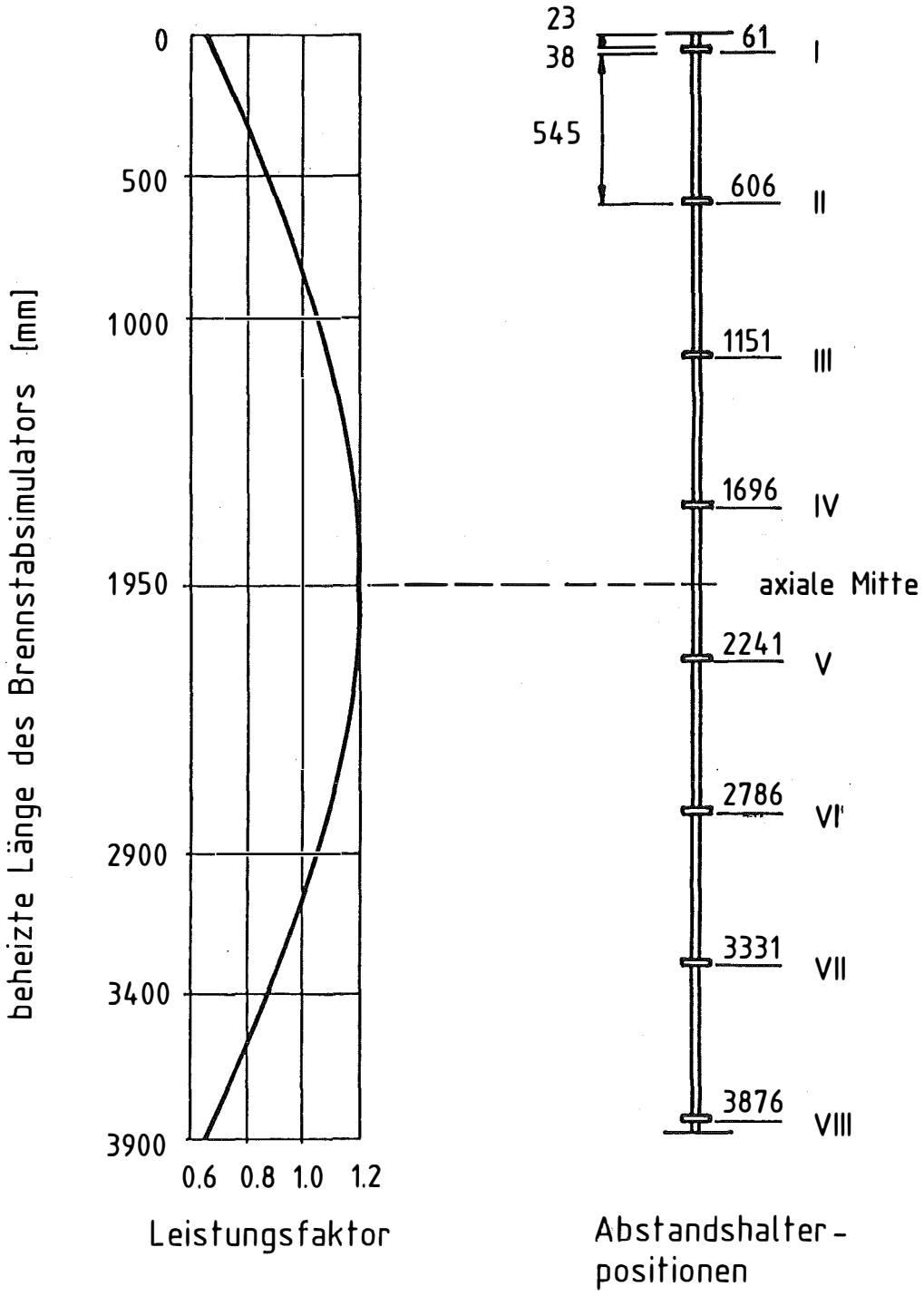
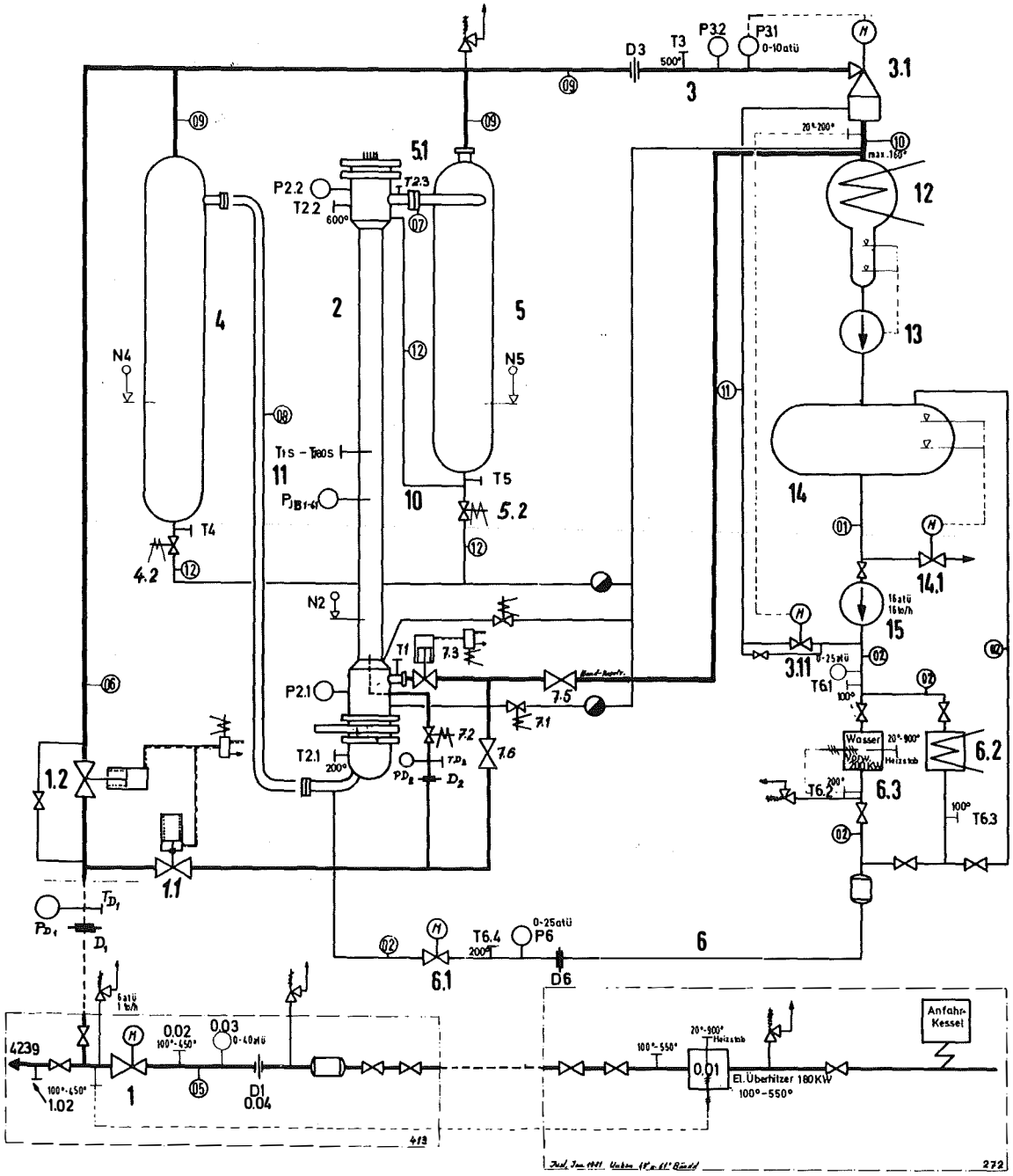
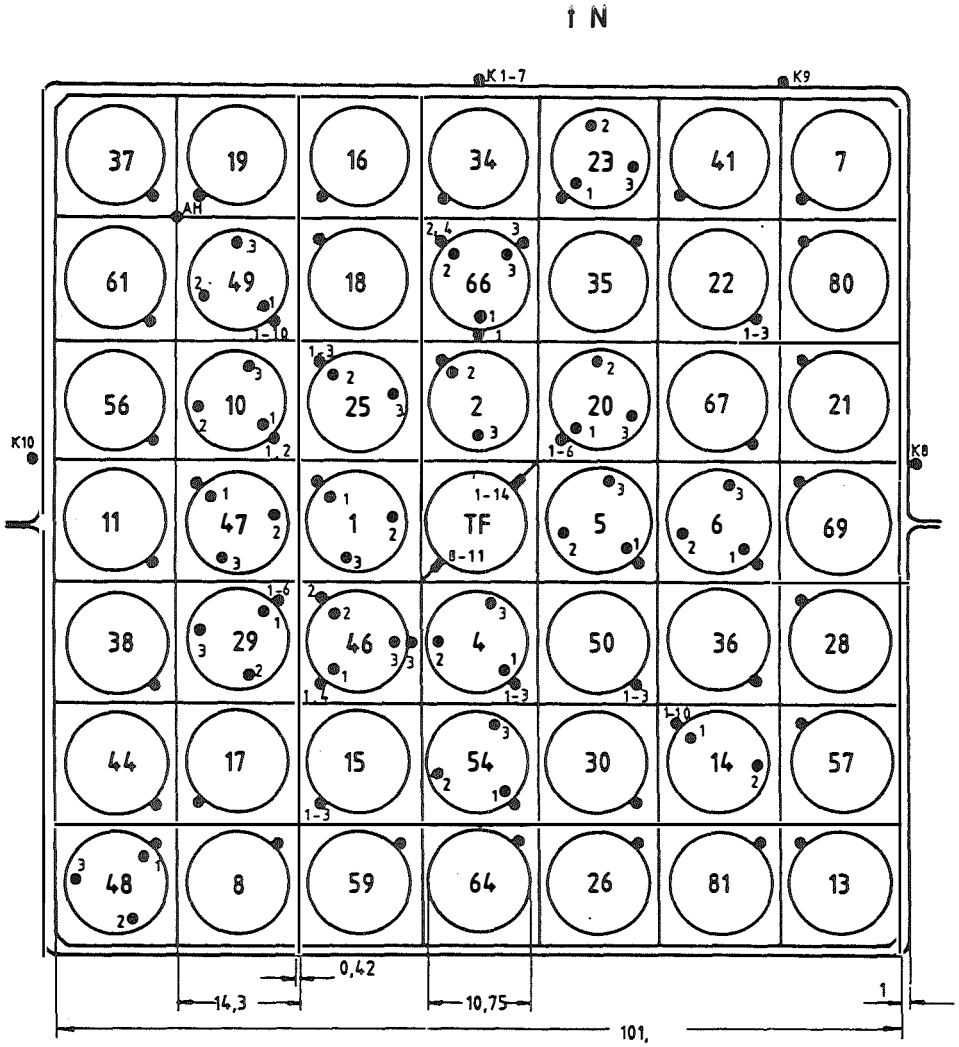


Abb. 5 Axiales Leistungsprofil des Brennstabsimulators und der Abstandshalteranordnung



2 Teststrecke
5 Wasserauswurf-sammeltank
4 Containment-simulator
3.1 Dampfumformer
12 Kondensator
14 Speisewasser-behälter
15 Kühlmittelpumpe
6.2 6.3 Wasservorwärmer Dampfkessel

Abb. 6 REBEKA 6
Schaltbild der Teststrecke mit Temperatur- und Druckmeßstellen



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

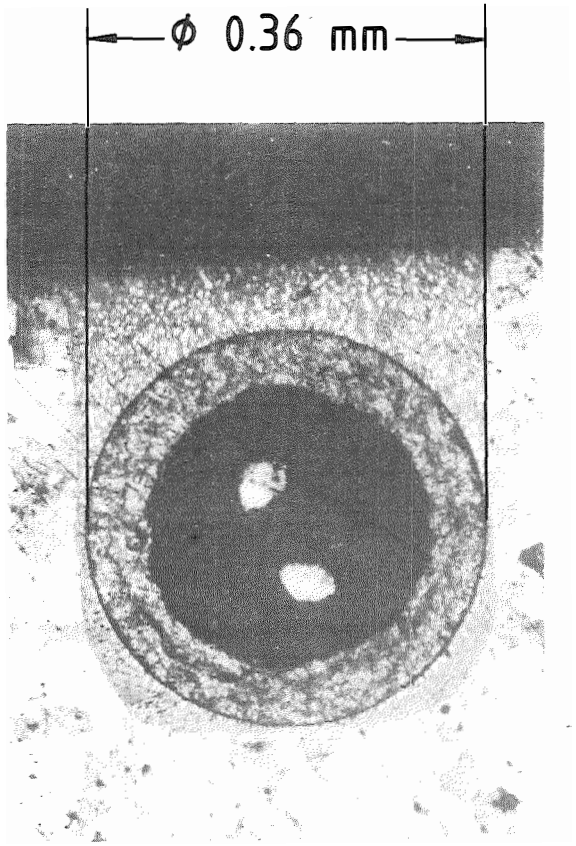
TE-Positionen werden in axialer Richtung von oben nach unten angegeben,
z.B.: TH 25/1 → Stab 25, oberstes TE auf Position 1750 mm

Position	Stab-Nr.	Ti Position axial mm	TE-Positionen axial mm	Anzahl TE
1/1	37		1850	1
1/2	19		1850	1
1/3	16		1850	1
1/4	34		1850	1
1/5	23	3 x 1950	1850	4
1/6	41		1850	1
1/7	7		1850	1
2/1	61		1850	1
2/2	49	3 x 1950	-150, 150, 500, 1000, 1850, 1950, 2900, 3400, 3750, 3900.	13
2/3	18		1850	1
2/4	66	3 x 1950	3 x 1800, 1850	7
2/5	35		1850	1
2/6	22		1750, 1800, 1850.	3
2/7	80		1850	1
3/1	56		1850	1
3/2	10	3 x 1950	1850, 1950	5
3/3	25	2 x 1950	1750, 1800, 1850	5
3/4	2	2 x 1950	1850	3
3/5	20	3 x 1950	1750, 1800, 1850, 1950, 2050, 2150	9
3/6	67		1850	1
3/7	21		1850	1
4/1	11		1850	1
4/2	47	3 x 1950	1850	4
4/3	1	2 x 1950	1850	3
4/4	TF		315, 860, 1205, 1305, 1405, 1505, 1605, 1750, 1850, 3585	11
4/5	5	3 x 1950	1850	4
4/6	6	3 x 1950	1850	4
4/7	69		1850	1
5/1	38		1850	1
5/2	29	3 x 1950	1750, 1800, 1850, 1950, 2050, 2150,	9
5/3	46	3 x 1950	3 x 1800, 1850	7
5/4	4	3 x 1950	1750, 1800, 1850	6
5/5	50		1750, 1800, 1850	3
5/6	36		1850	1
5/7	28		1850	1
6/1	44		1850	1
6/2	17		1850	1
6/3	15		1750, 1800, 1850	3
6/4	54	3 x 1950	1850	4
6/5	30		1850	1
6/6	14	2 x 1950	-150, 150, 500, 1000, 1850, 1950, 2900, 3400, 3750, 3900	12
6/7	57		1850	1
7/1	48	3 x 1950	1850	4
7/2	8		1850	1
7/3	59		1850	1
7/4	64		1850	1
7/5	26		1850	1
7/6	81		1850	1
7/7	13		1850	1
Kasten			150, 500, 1000, 1950, 2900, 3400, 3750, 3 x 1950	10
Fluid	Abstandshalter 1,4,5,8		15 mm oberhalb u. 5 mm unterhalb AH	6
Dampf			Dampftemperatur in Röhrchen d. Verteilers	1

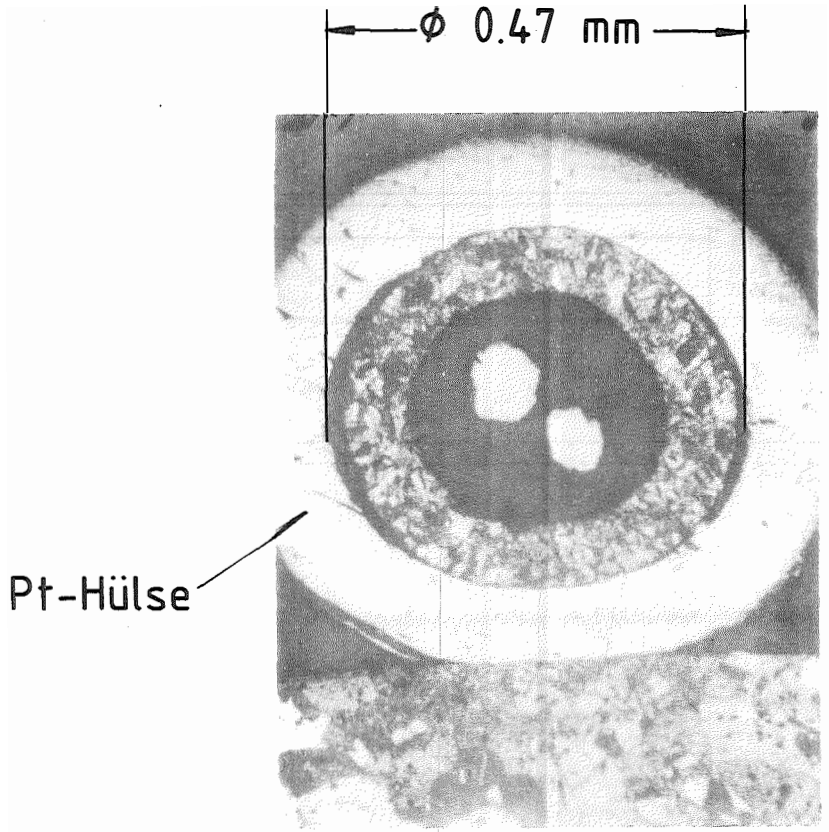
KfK

Abb. 7 REBEKA 6

Instrumentierungsplan des Bündels (Temperaturmeßstellen)



Thermoelement in Heizstabhülle eingebettet (TI)



Thermoelement mit Platinhülse auf Zircaloy-Hülle aufgepunktet (TH)

Abb. 8 Thermoelementanbringung

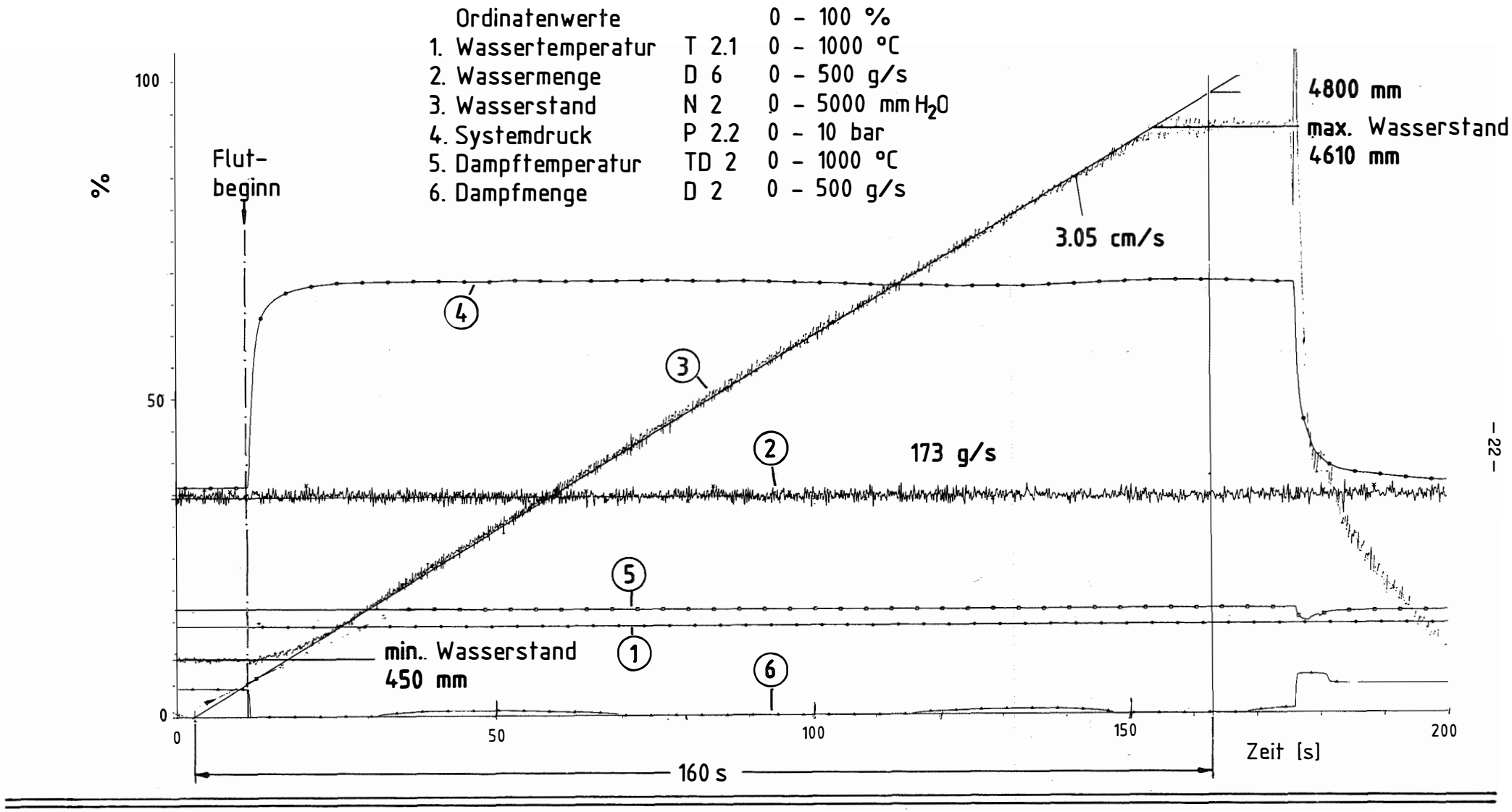


Abb: 9 REBEKA - 6 Versuch zur Bestimmung der kalten Flutrate

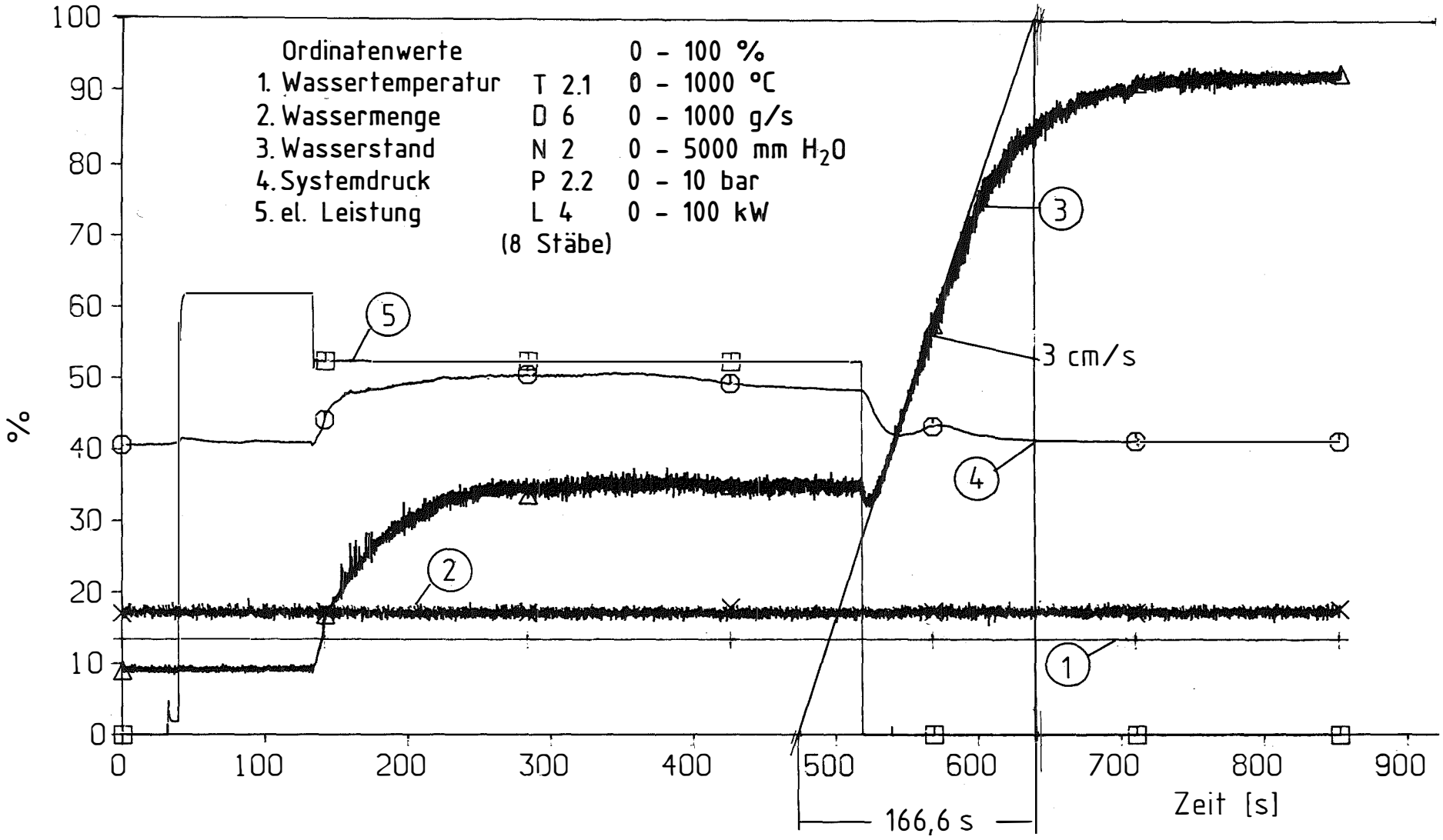
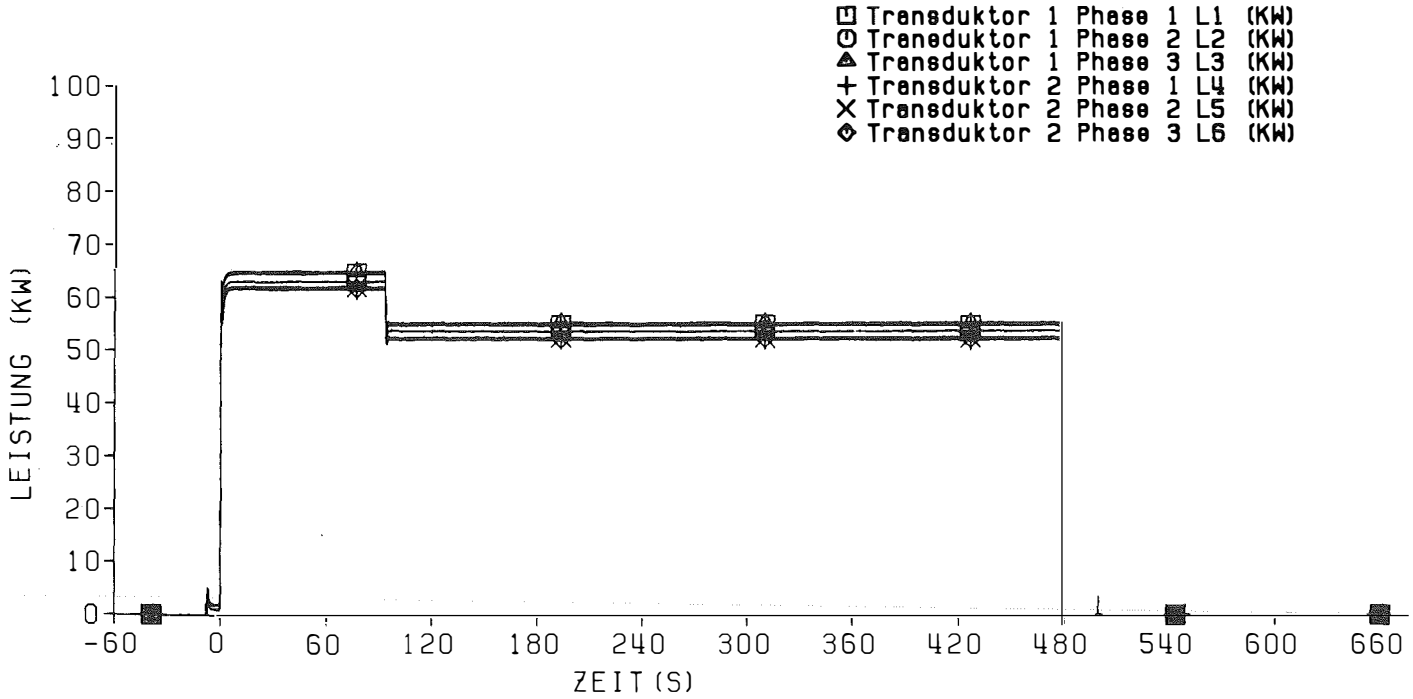


Abb: 10 **REBEKA-6** Bestimmung der kalten Flutrate am Ende des Versuchs

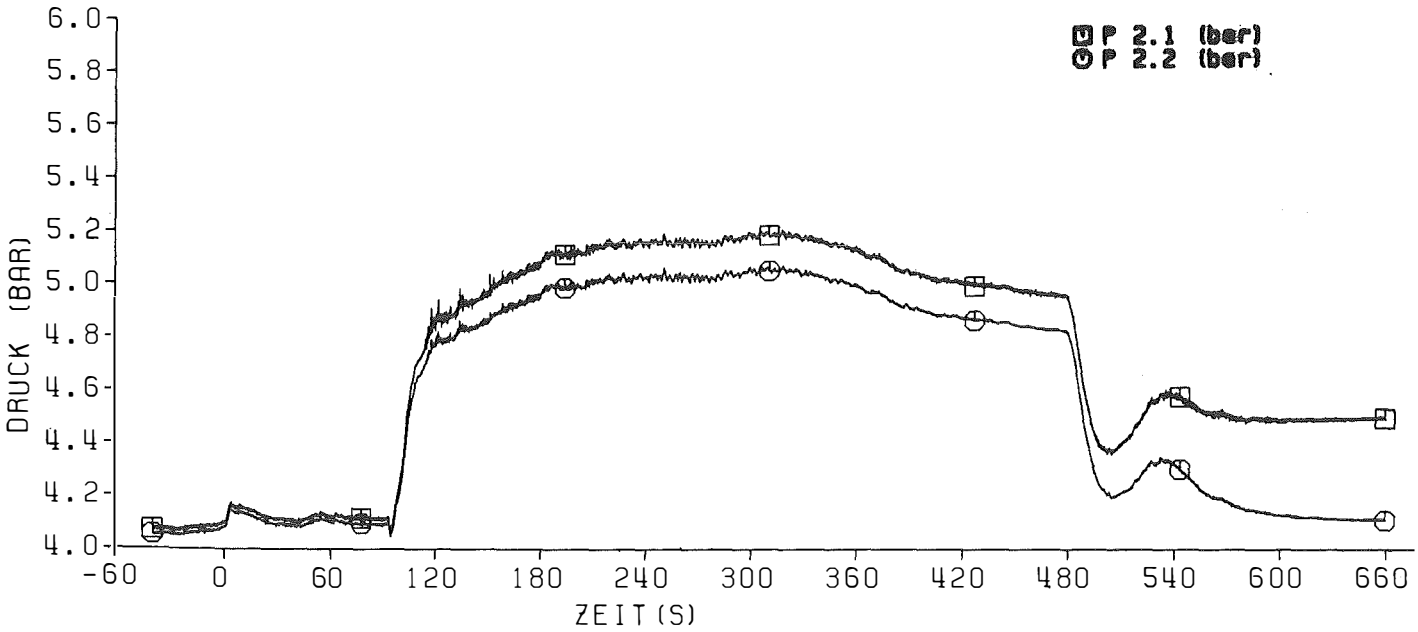
3. Versuchsdaten

3.1 Systemdaten der Versuchsanlage

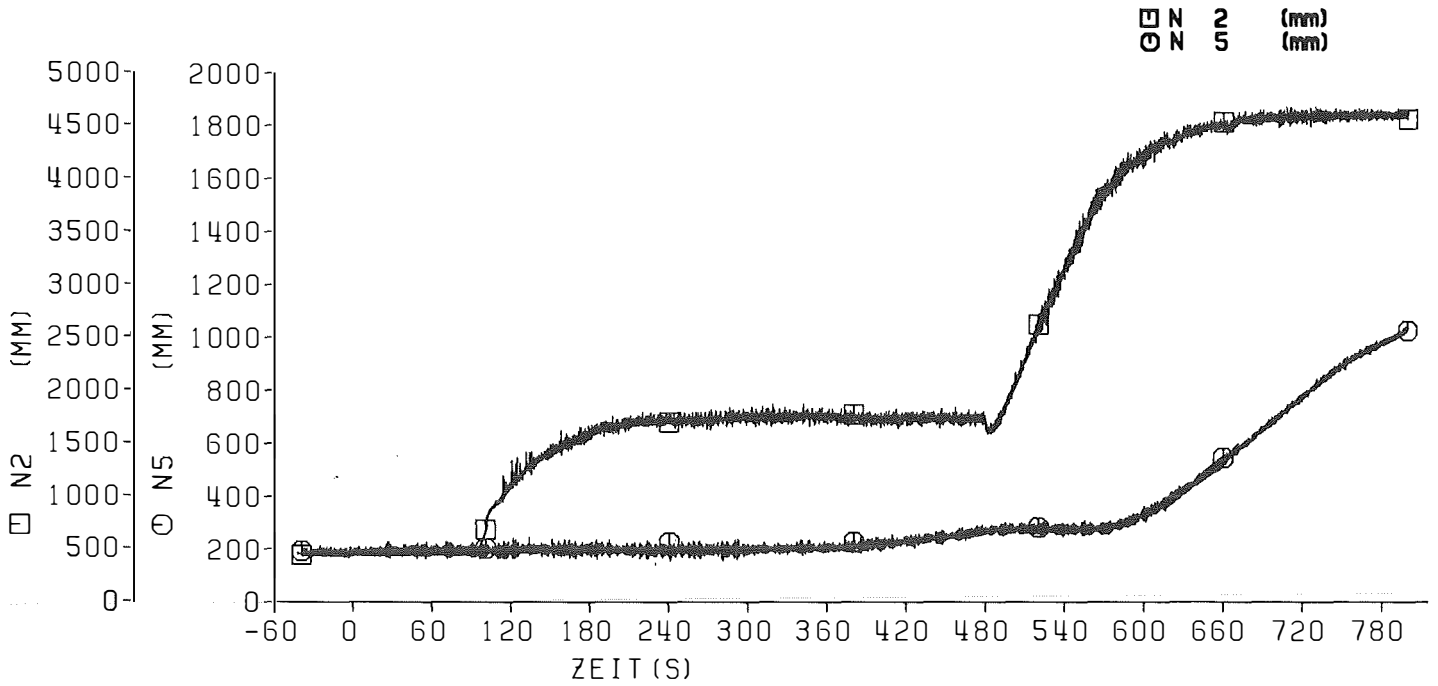
- Elektrische Phasenleistungen des Bündels (Abb. 11)
- Drücke in der Teststrecke (Abb. 12)
- Wasserstände in Teststrecke und Behälter 5 (Abb. 13)
- Temperaturen in der Teststrecke (Abb. 14)
- Drücke, Temperaturen und Massendurchsätze in den Blenden D1, D2, D3, und D 6 (Abbn. 15 - 18)



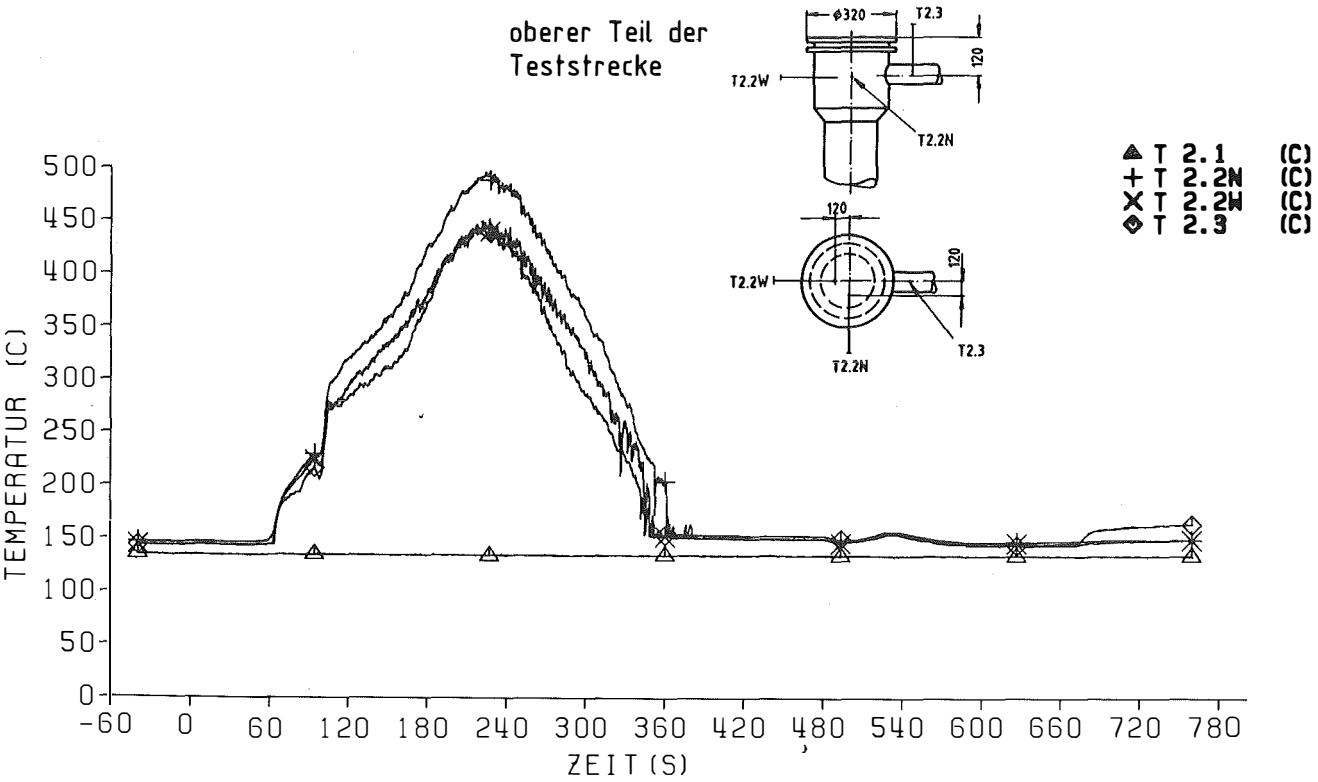
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 11 Elektrische Leistungen für Stäbeheizung



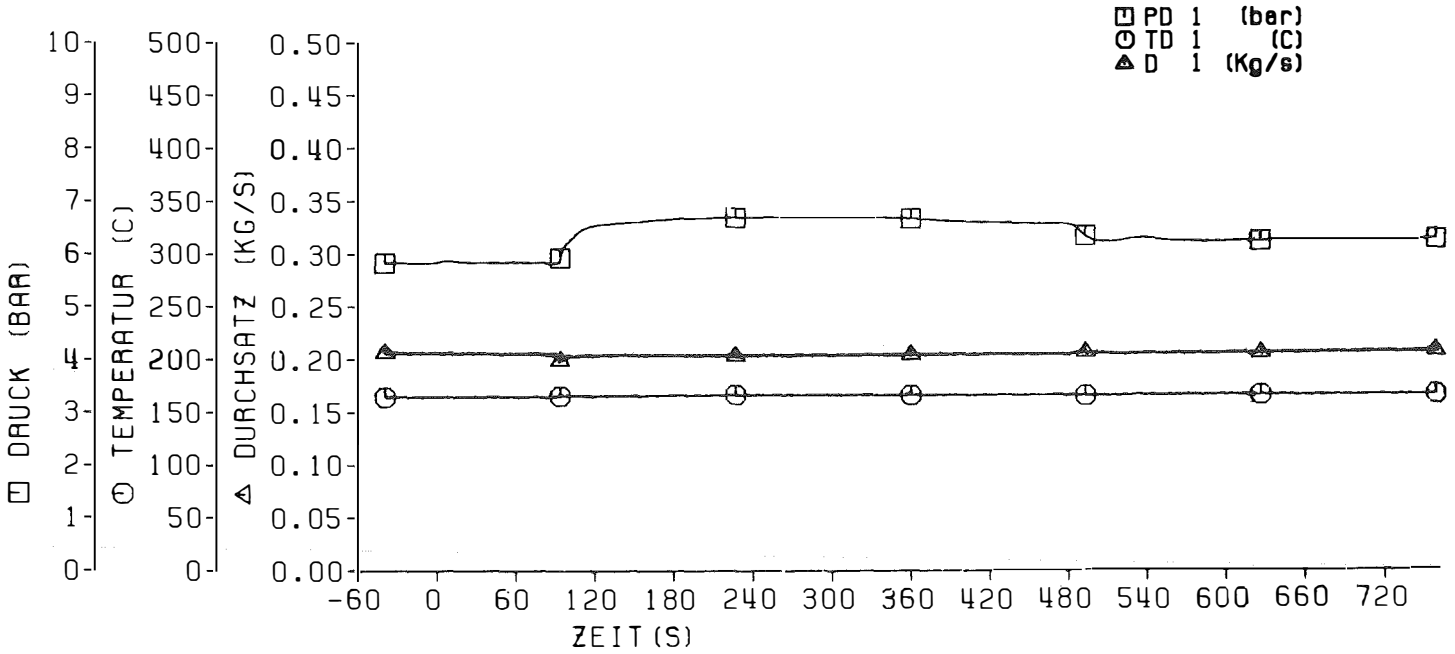
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 12 Drücke in der Versuchsanlage



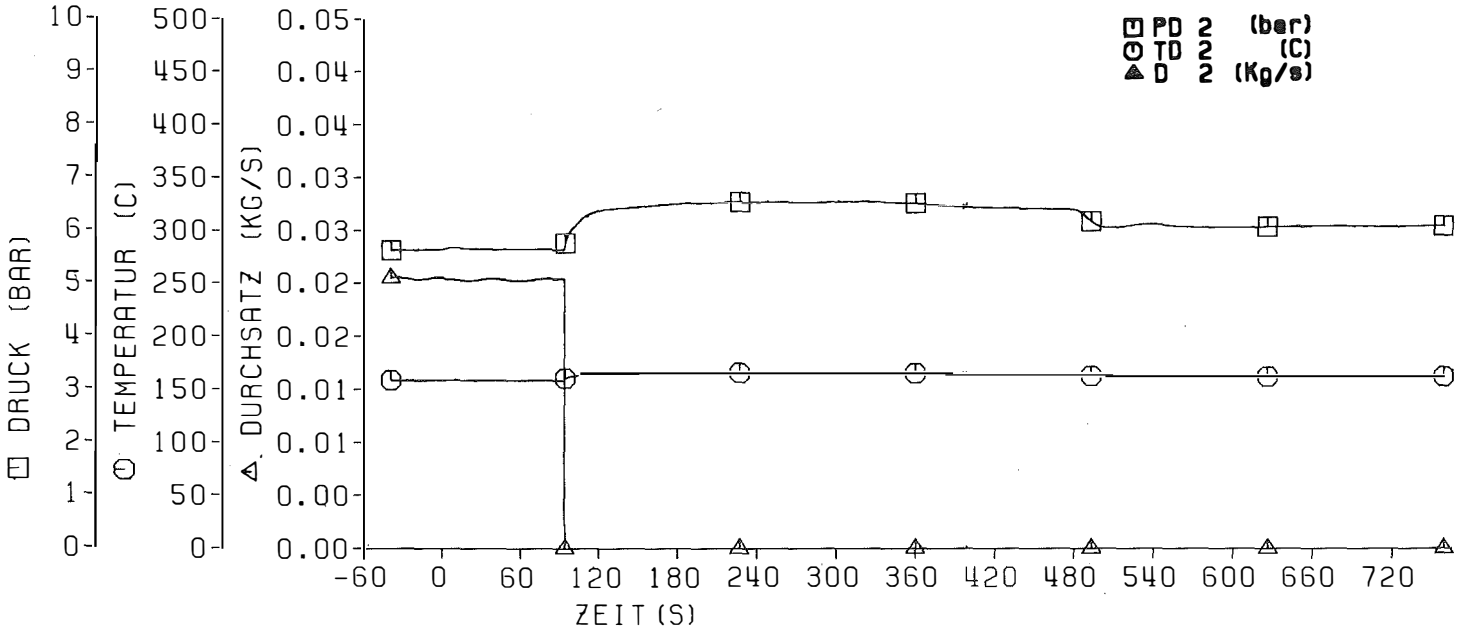
REBEKA 6
Abb: 13 Wasserstände in der Teststrecke u. Behälter 5



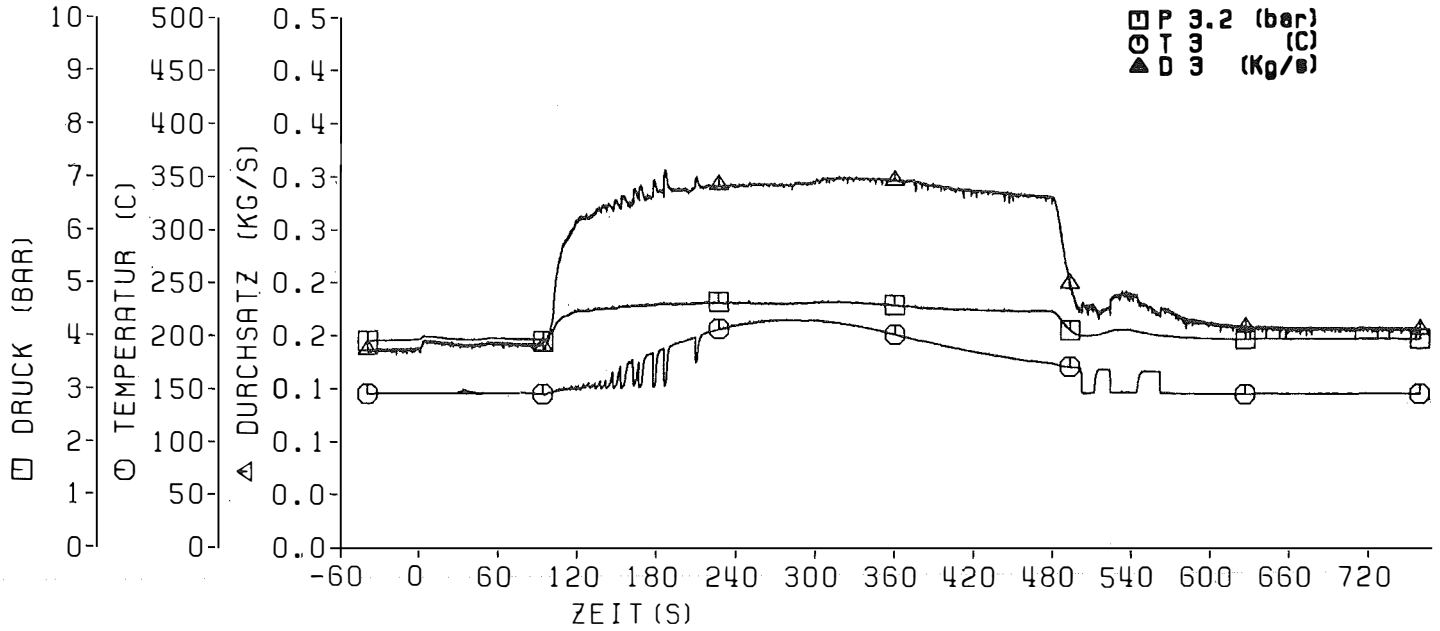
REBEKA 6
Abb: 14 Temperaturen in der Teststrecke



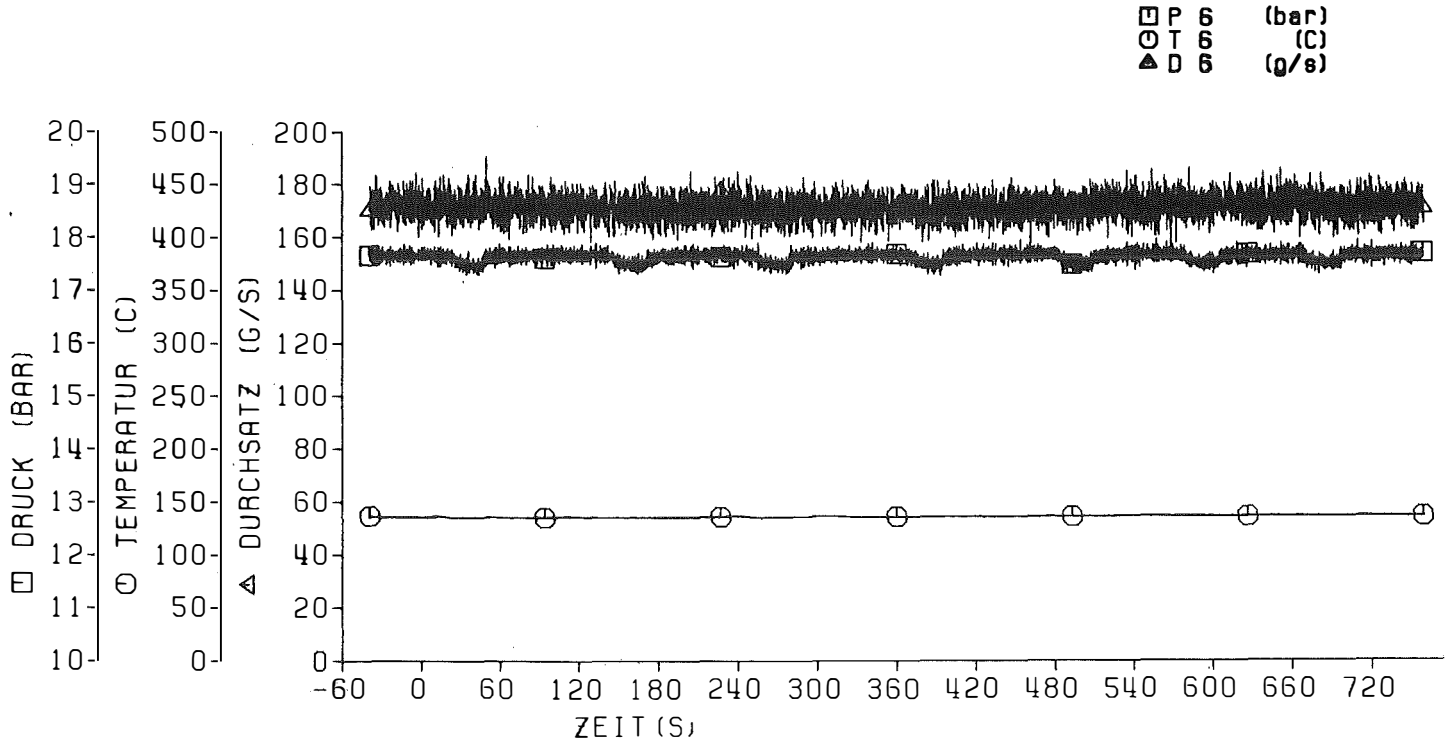
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 15 Druck, Temperatur und Dampfmenge in Blende D1



REBEKA 6
Abb: 16 Druck, Temperatur und Dampfmenge in Blende D2



REBEKA 6 24.03.83
Abb: 17 Druck, Temperatur und Dampfmenge
Blende D3



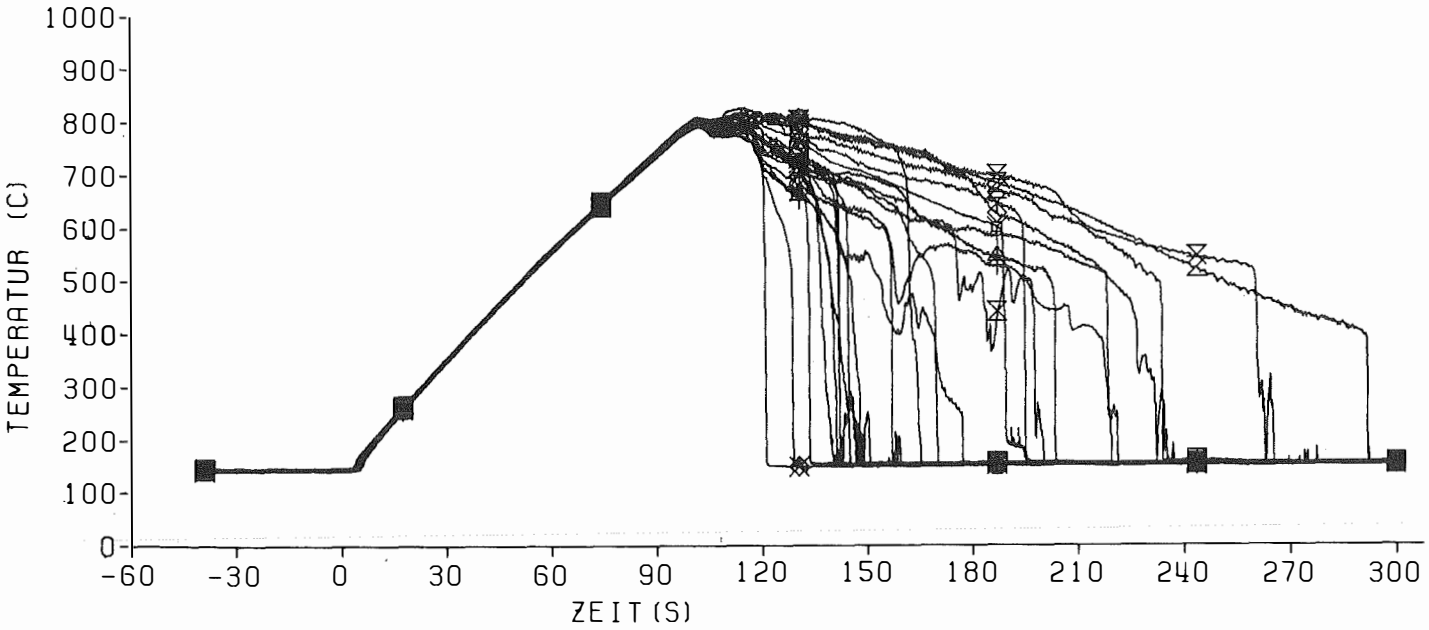
REBEKA 6
Abb: 18 Druck, Temperatur und Wassermenge
in Blende 6

3.2 Überblick über Versuchsablauf

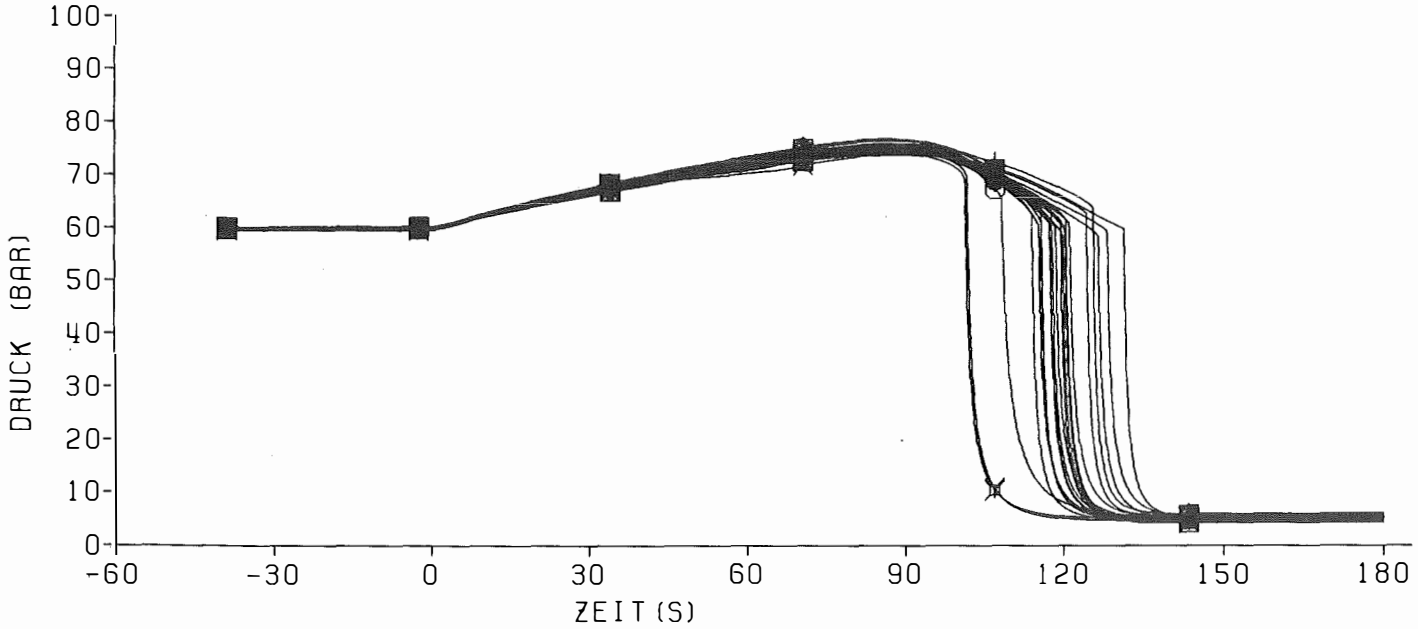
- Temperaturverlauf der 24 Innenstäbe (Abb. 19)

- Druckverlauf der 22 druckbeaufschlagten Innenstäbe (Abb. 20)

Da die äußere Reihe der Brennstabsimulatorhüllen durch den Einfluß der kälteren Kastenwand unter azimutalen Temperaturunterschieden verformte, werden für die Beurteilung des Versuchsablaufs nur die Drücke und Temperaturen der inneren Stäbe der 5x5 Anordnung dargestellt.



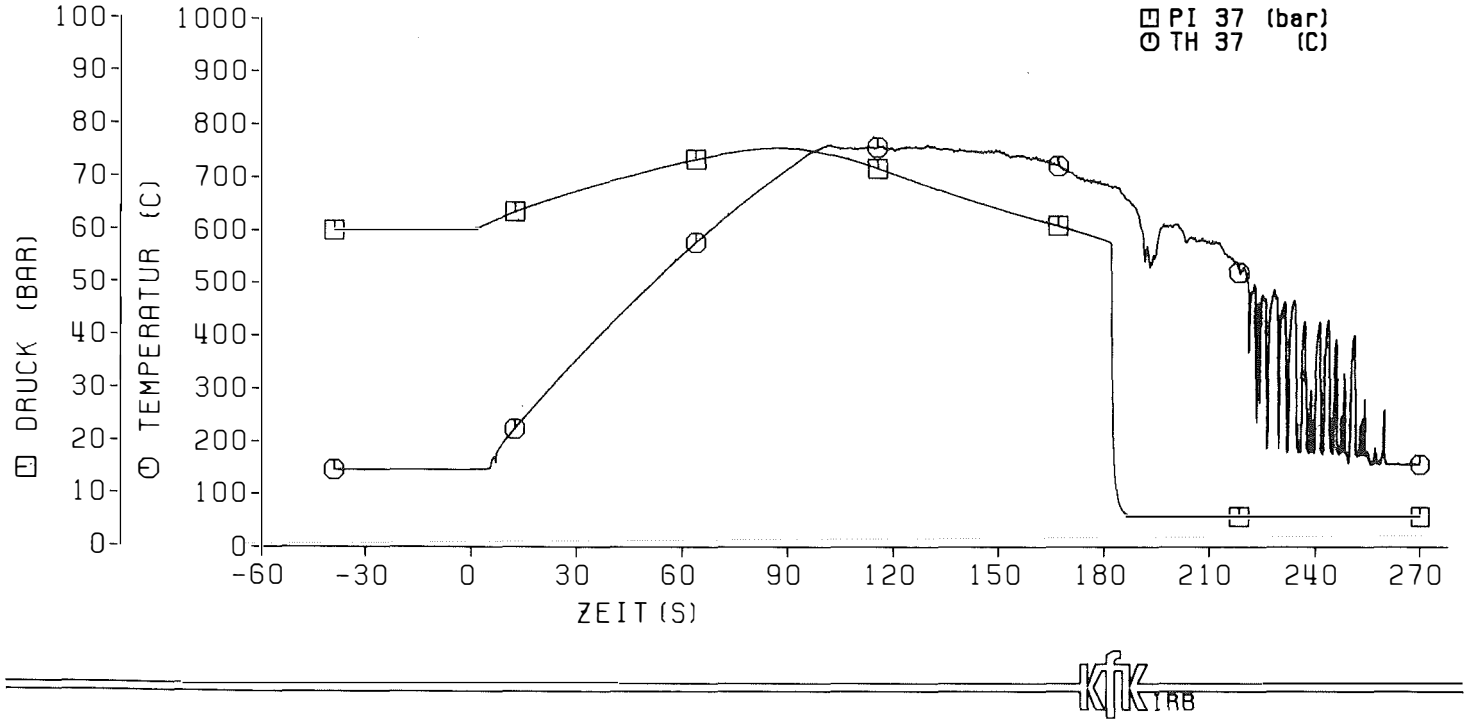
REBEKA 6
Abb: 19 Temperaturverläufe der 24 Innenstäbe in 1850 mm axialer Höhe



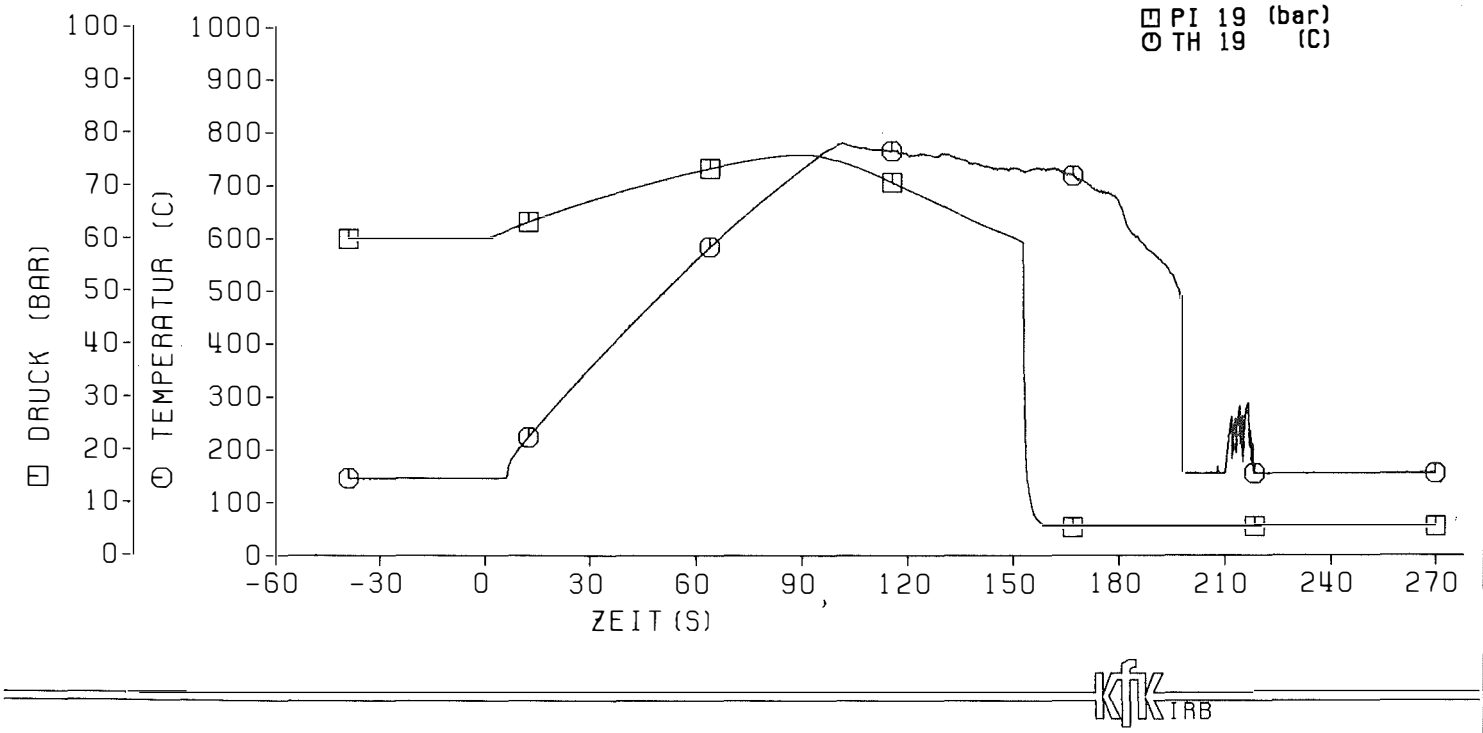
REBEKA 6
Abb: 20 Druckverläufe der 22 druckbeaufschlagten Innenstäbe

3.3 Temperatur- und Druckgeschichte von 48 Einzelstäben (Abbn. 21 - 68)

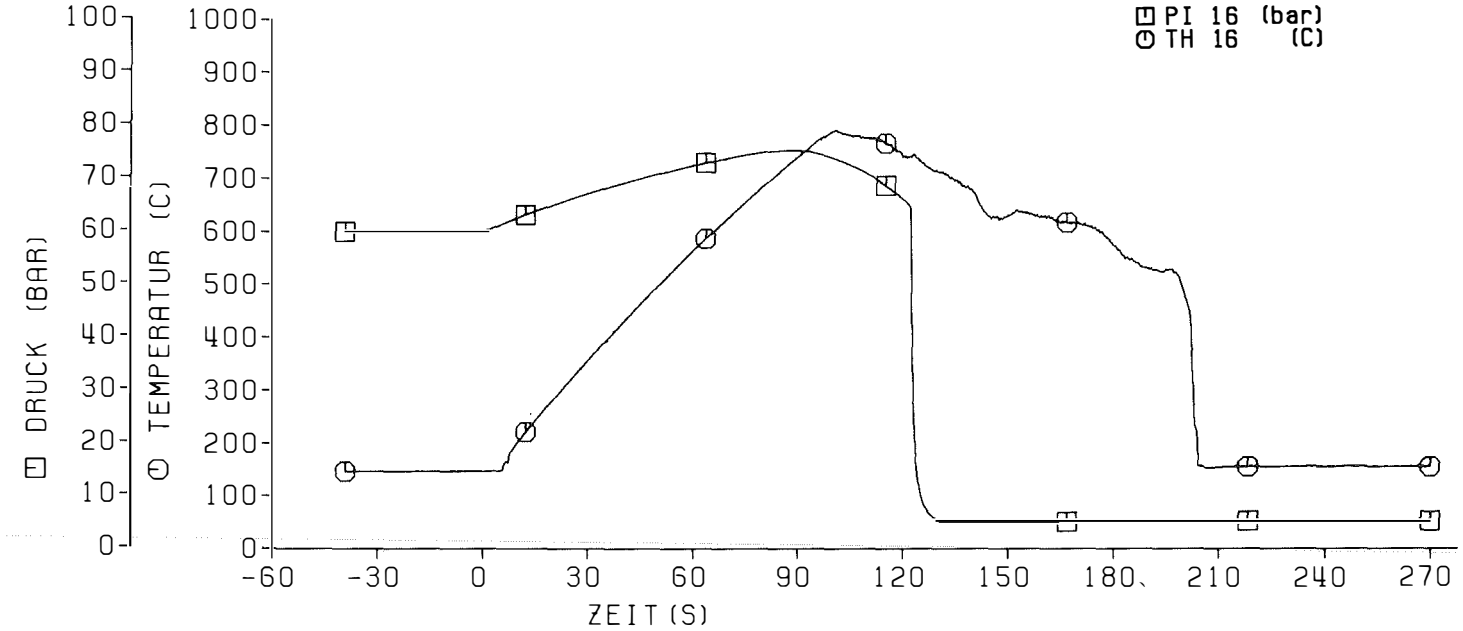
Die Temperaturmeßstellen befinden sich in der axialen Höhe von 1850 mm, d.h. 100 mm oberhalb der axialen Mittelebene des Bündels. Die Zircaloyhüllen der Stäbe 54 und 14 sollten unverformt bleiben und wiesen einen Innendruck von 5 bar auf. Die Drücke dieser Stäbe sind in dieser Darstellung daher nicht aufgeführt.



REBEKA 6 24.03.83
Abb: 21 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 37

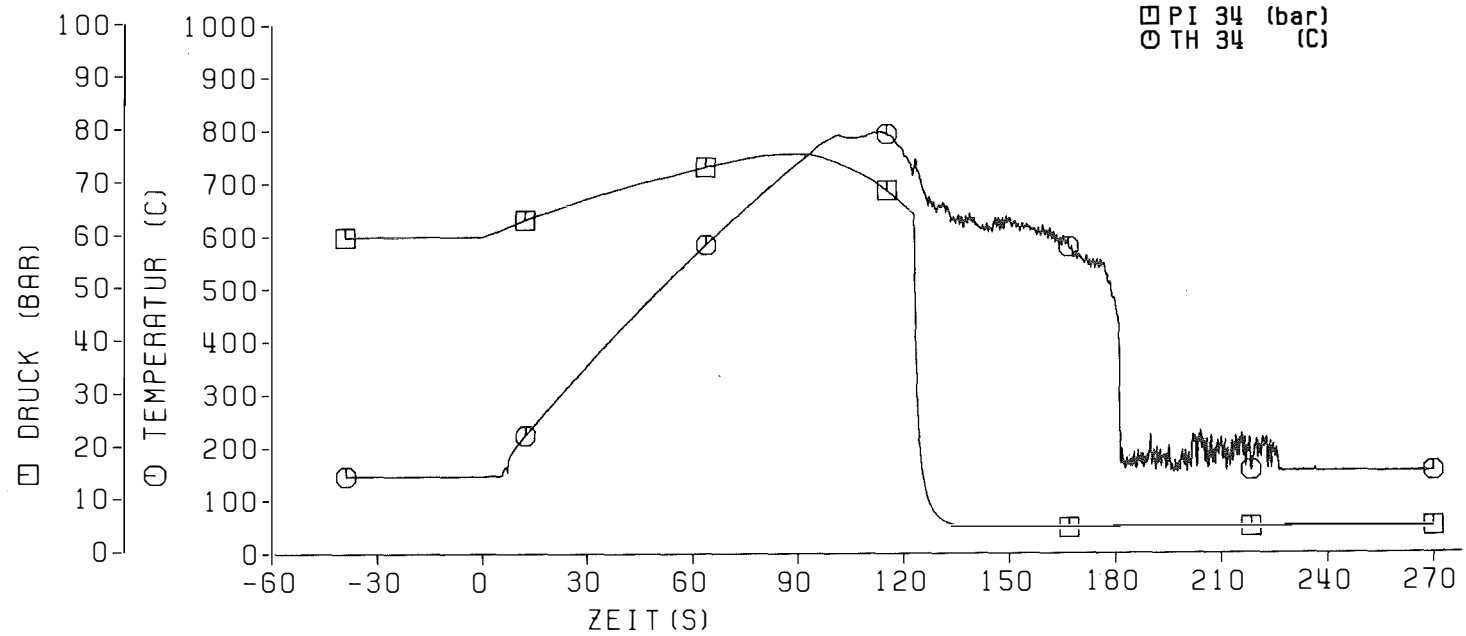


REBEKA 6 24.03.83
Abb: 22 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 19



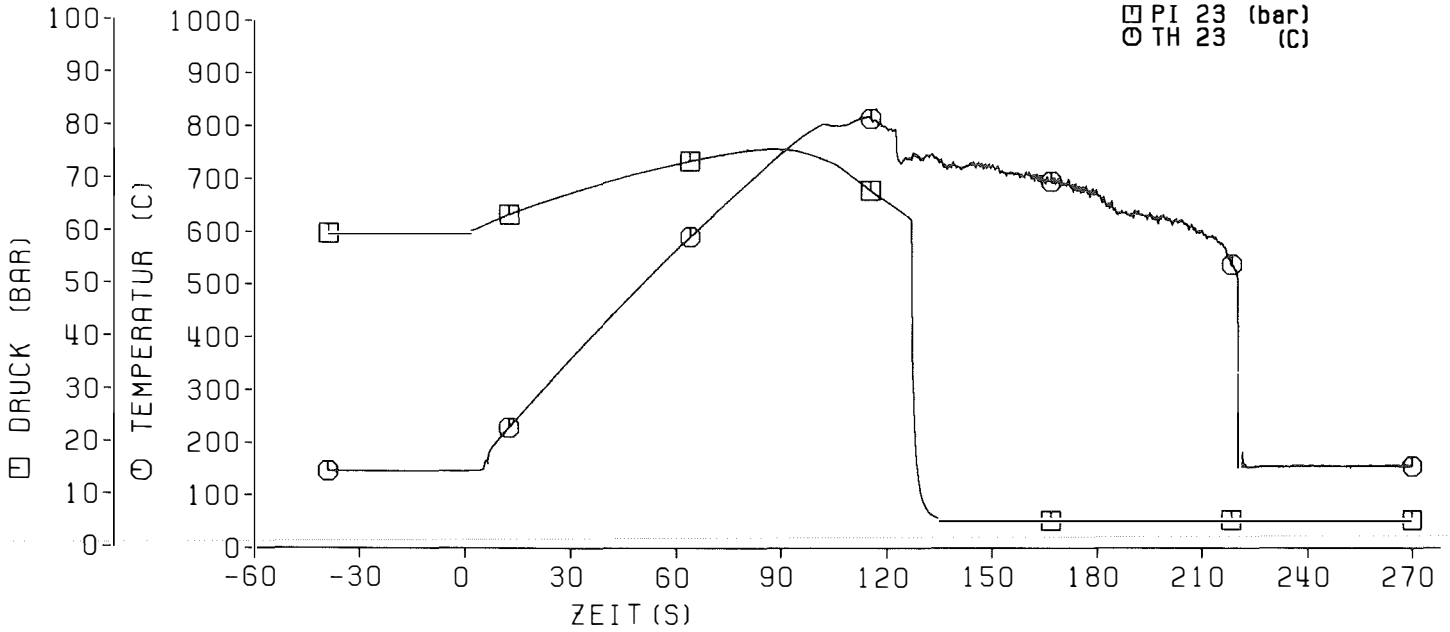
KfK IRB

REBEKA 6 24.03.83
Abb: 23 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 16

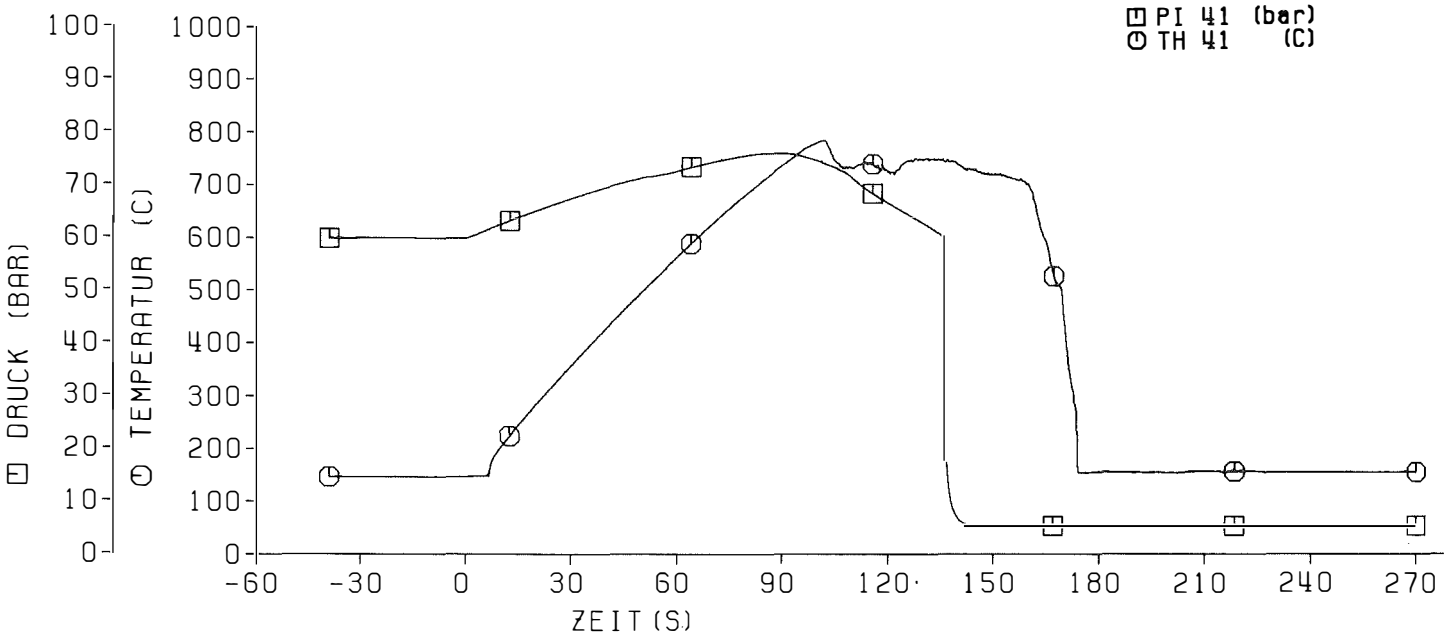


KfK IRB

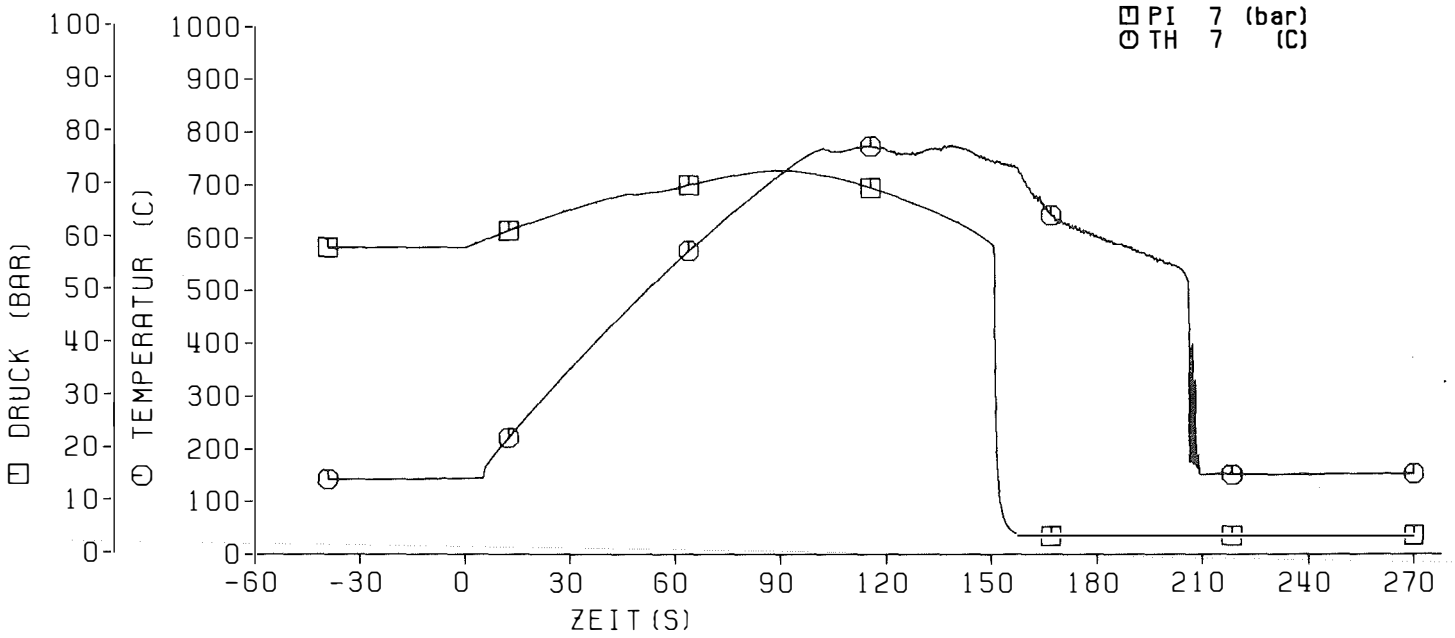
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 24 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 34



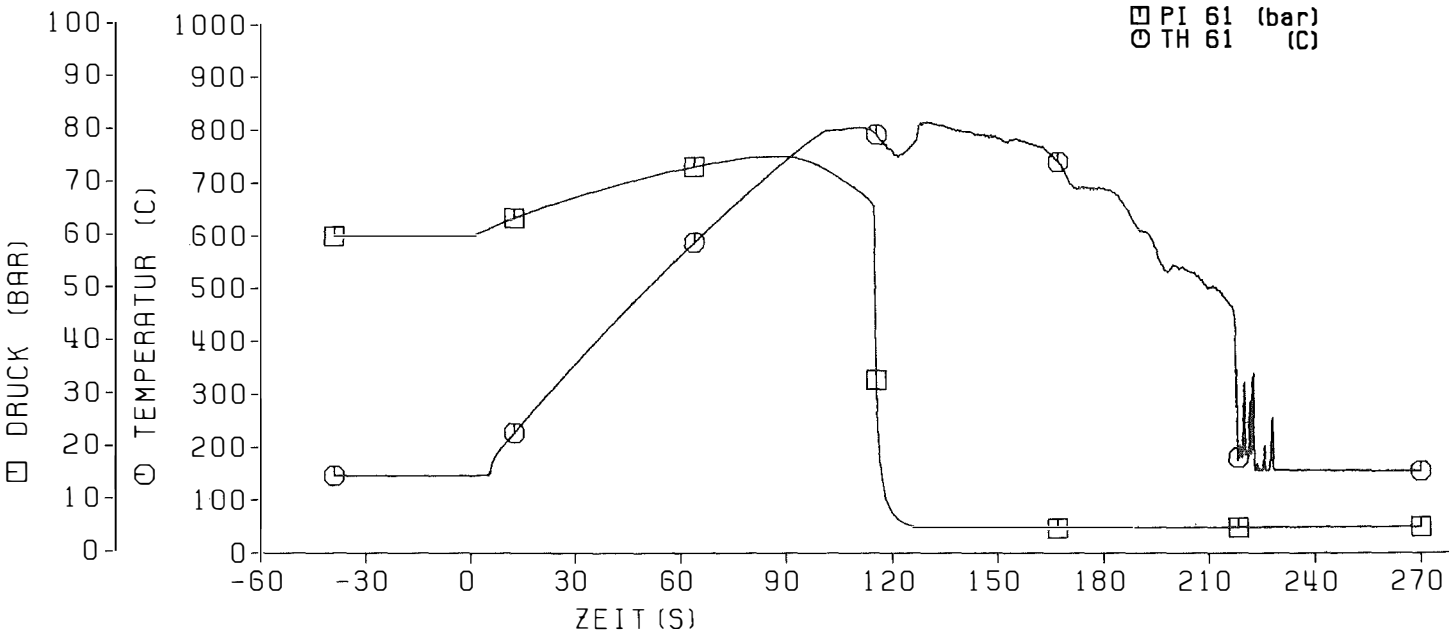
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 25 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 23



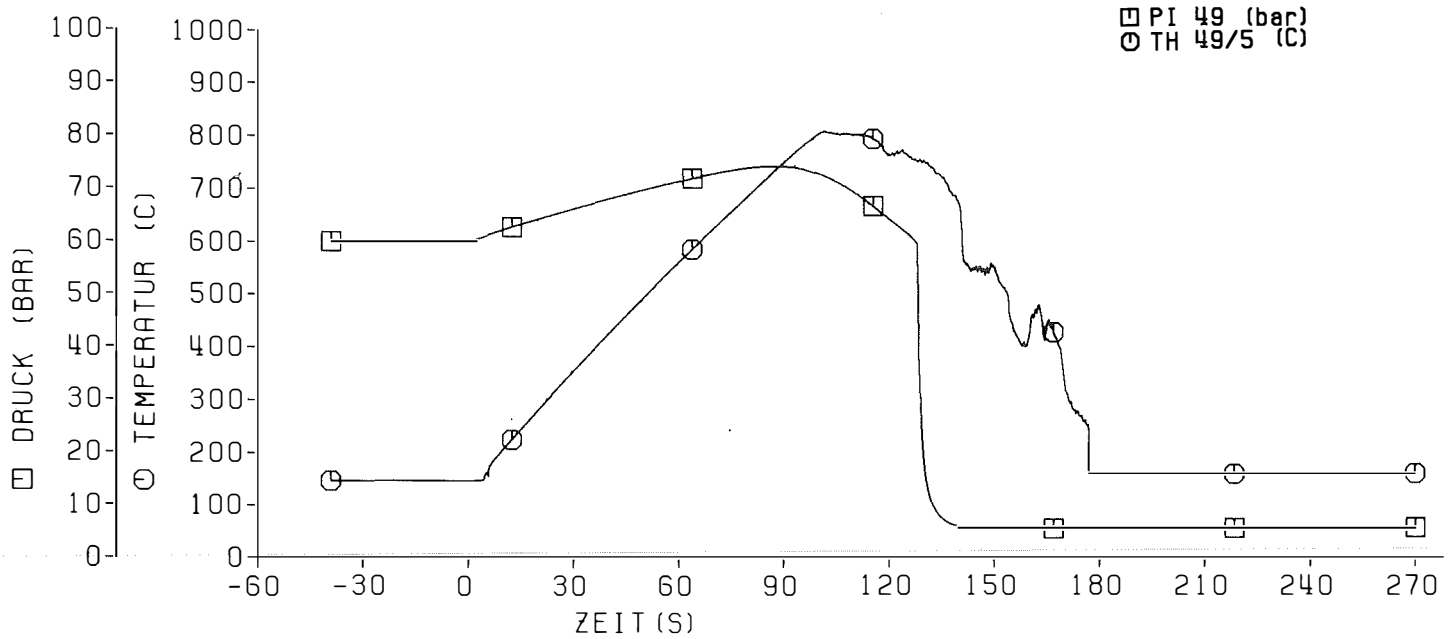
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 26 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 41



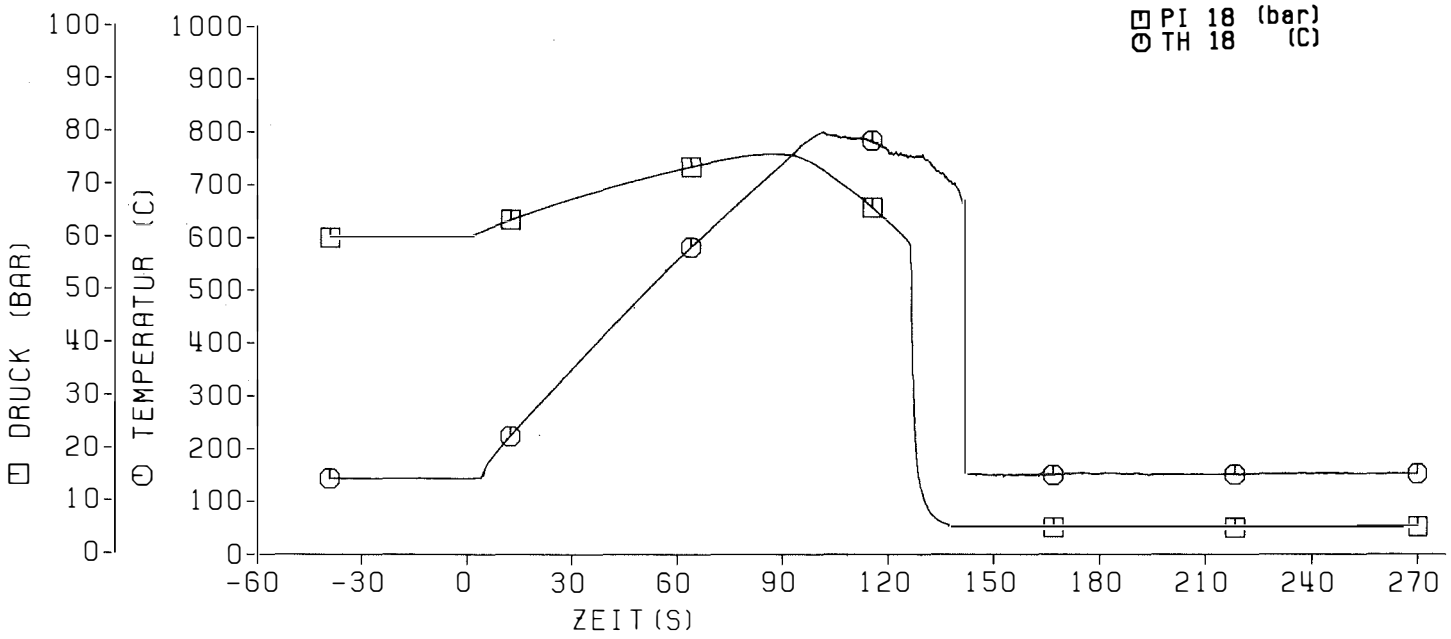
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 27 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 7



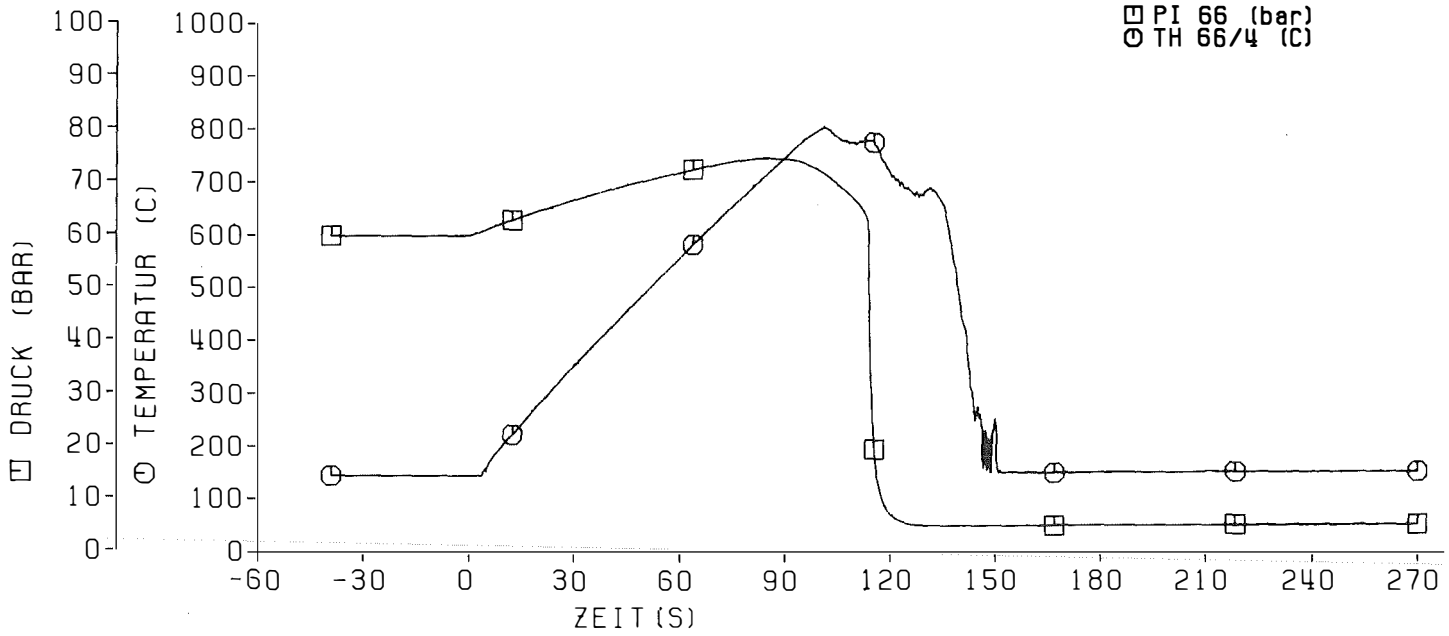
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 28 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 61



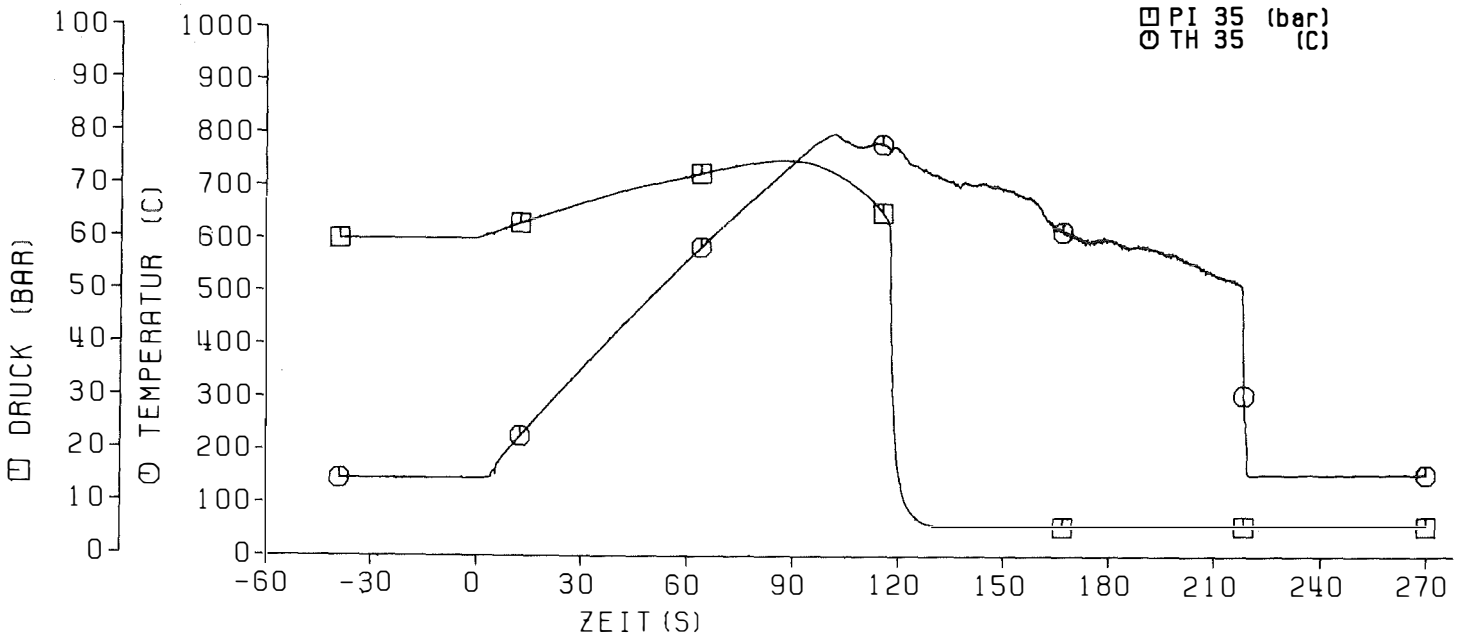
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 29 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 49



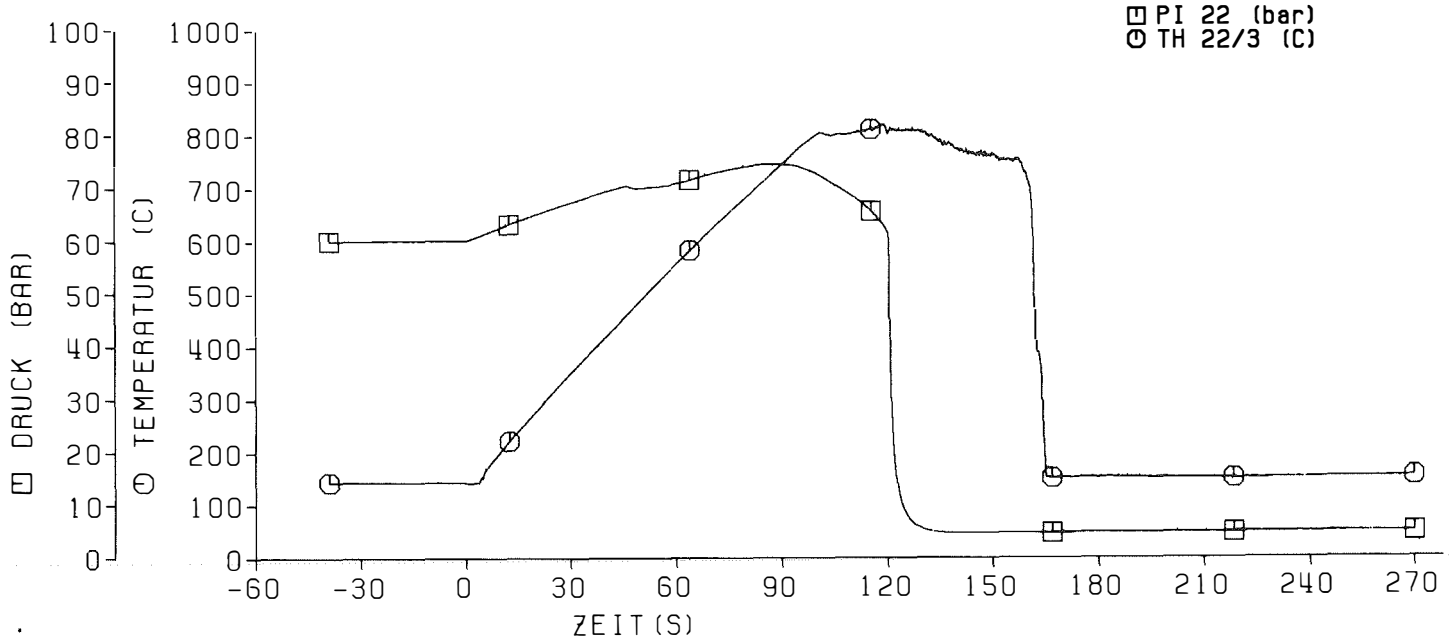
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 30 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 18



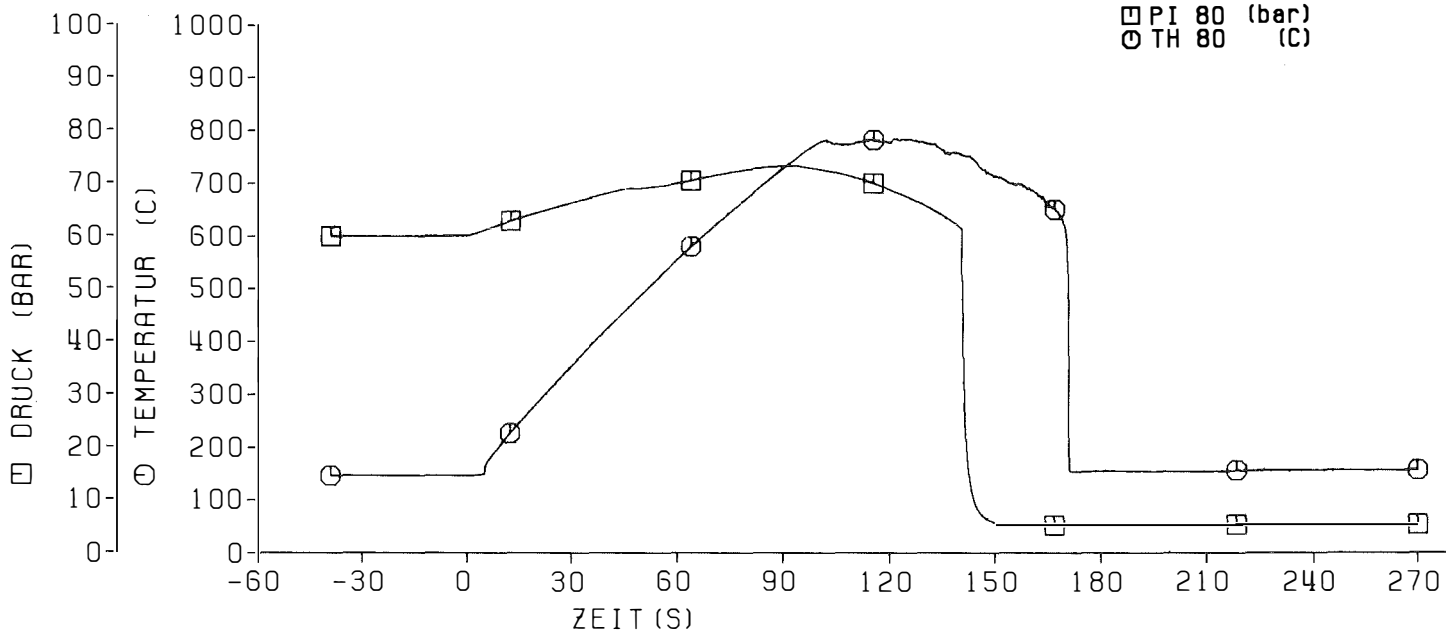
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 31 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 66



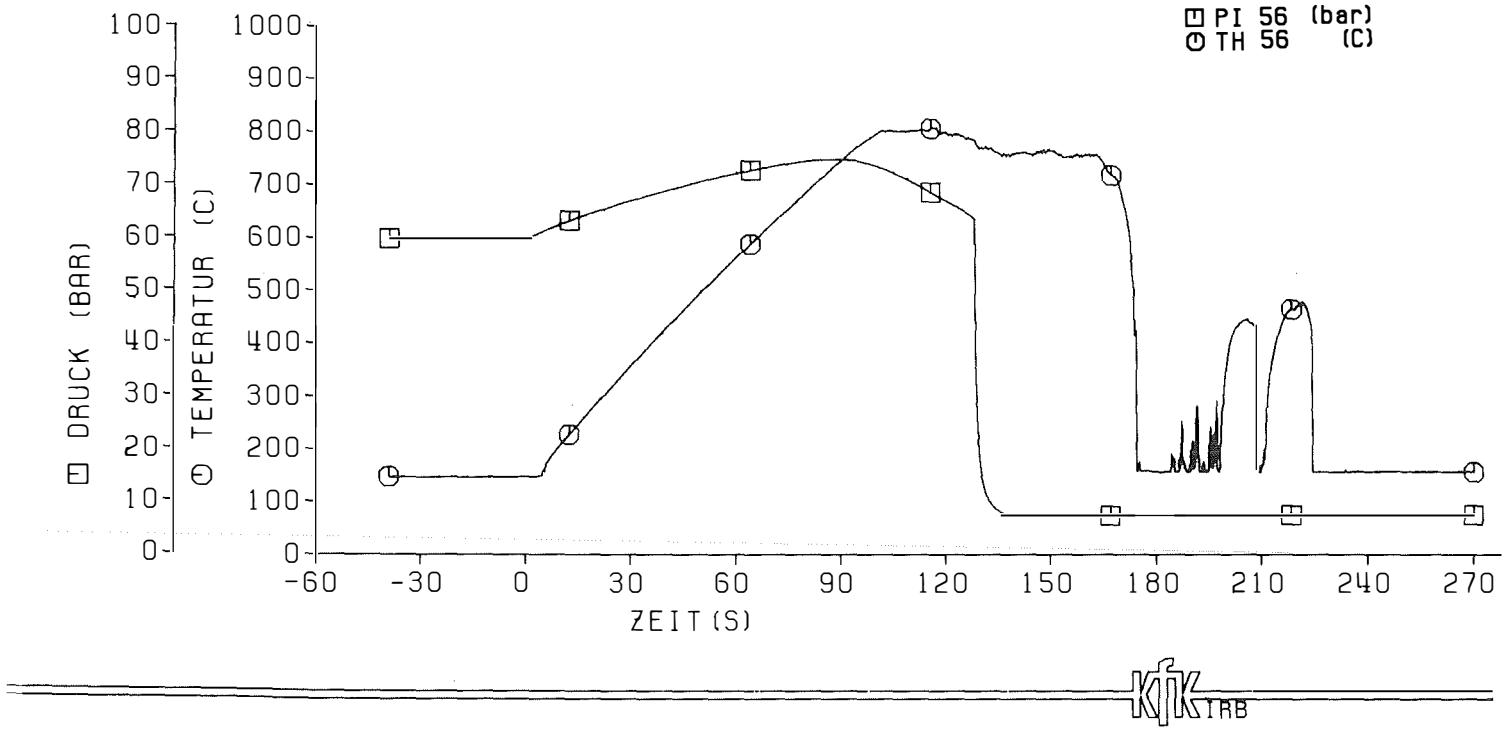
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 32 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 35



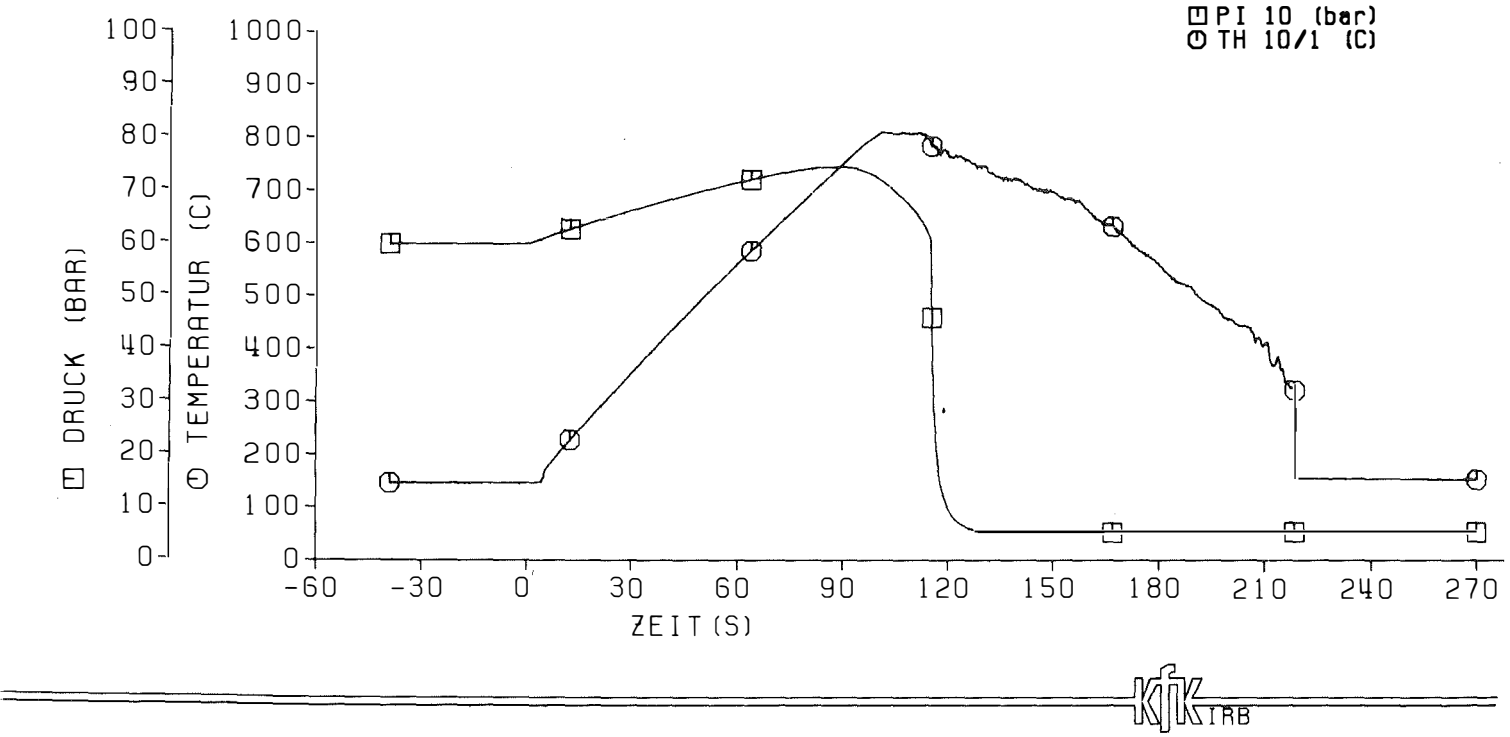
REBEKA 6 24.03.83
Abb:33 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 22



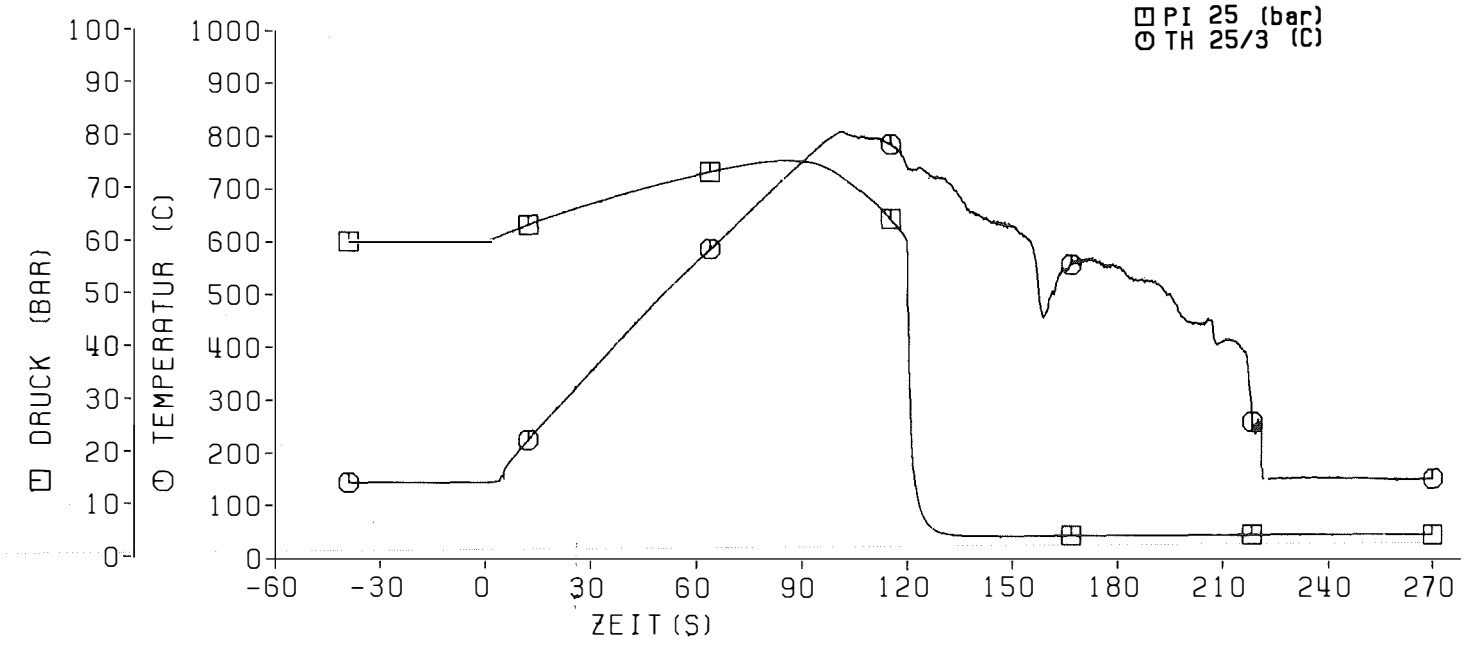
REBEKA 6 24.03.83
Abb:34 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 80



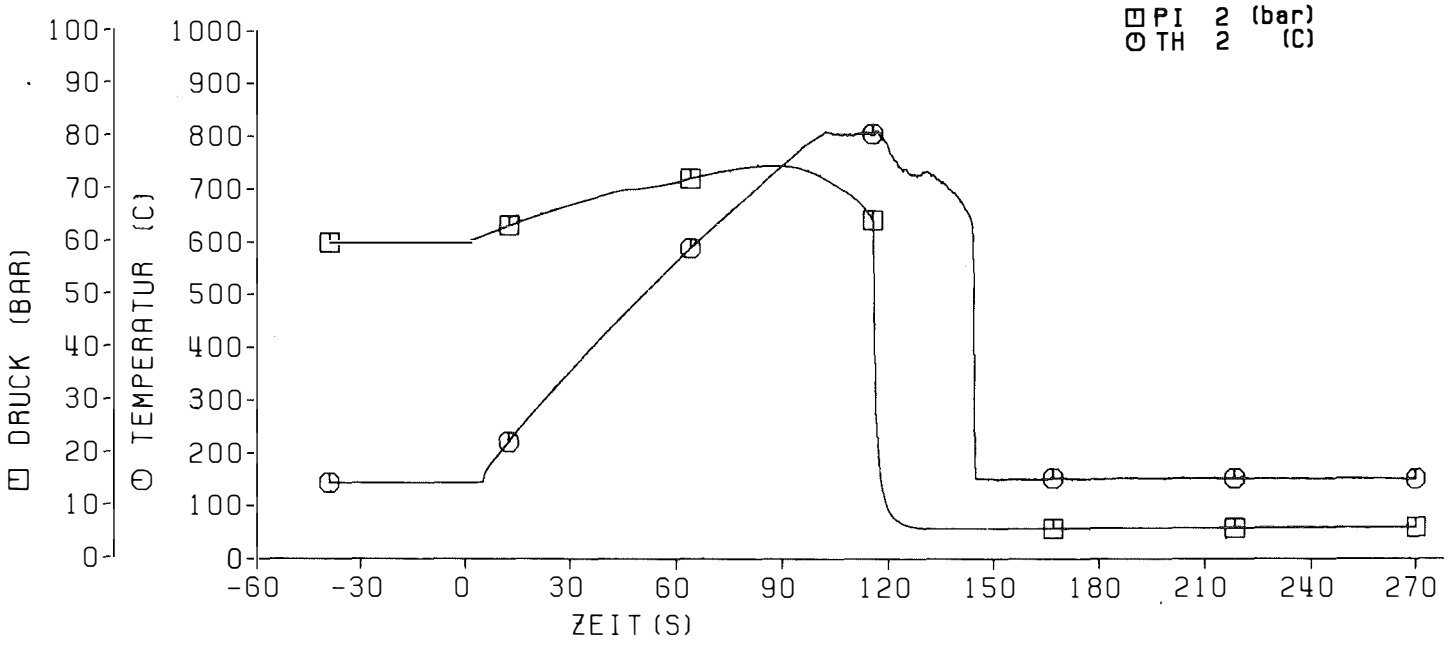
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 35 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 56



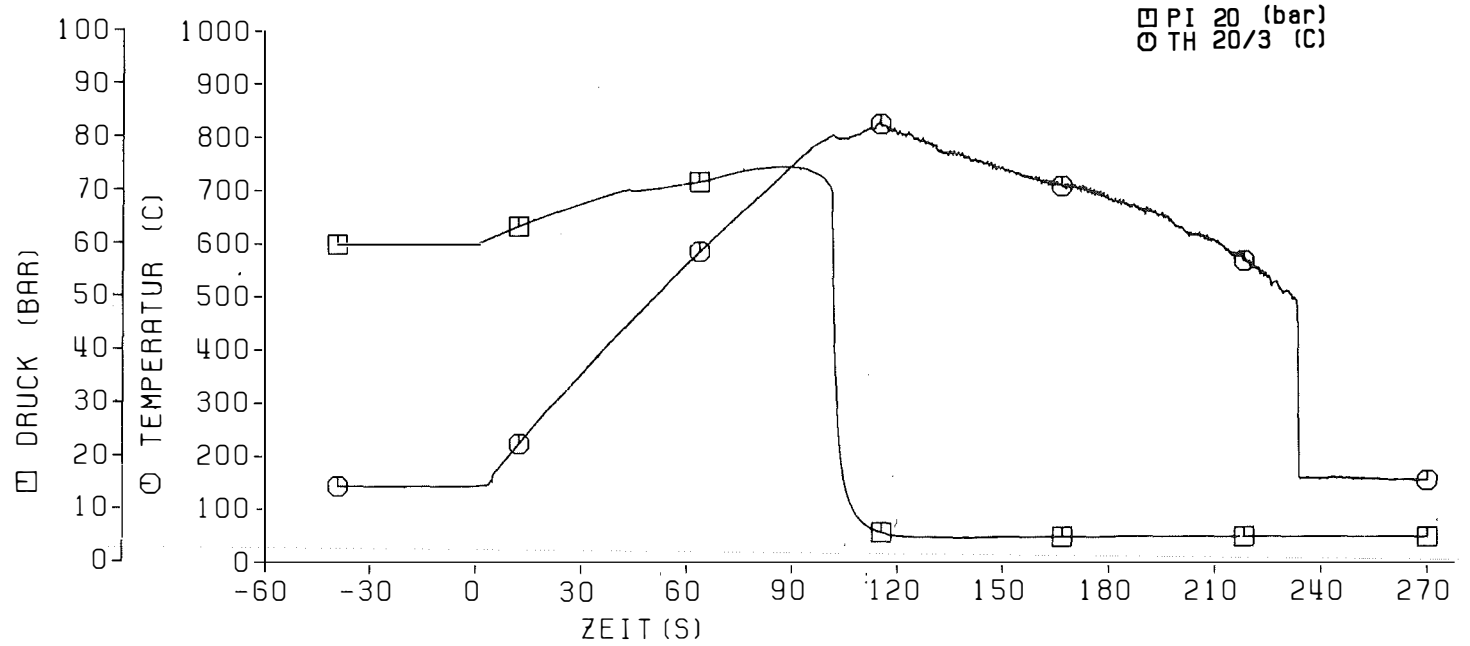
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 36 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 10



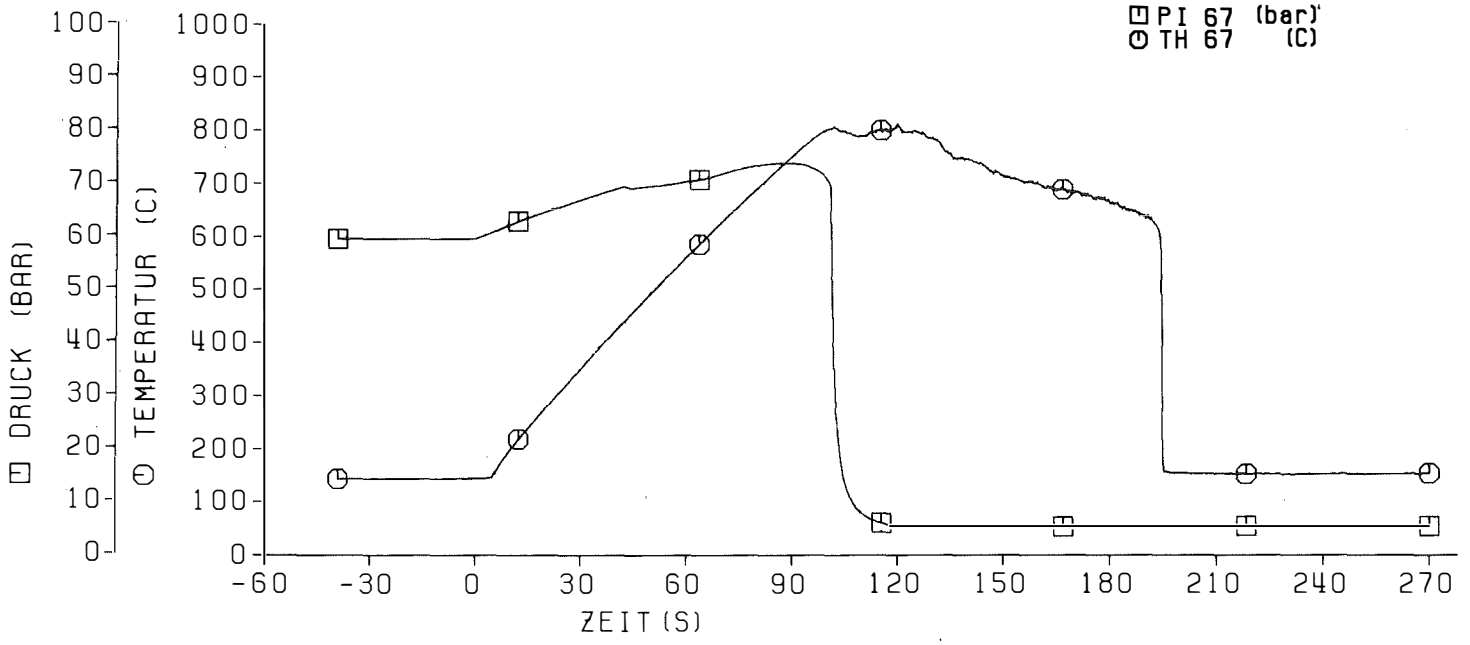
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 37 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 25



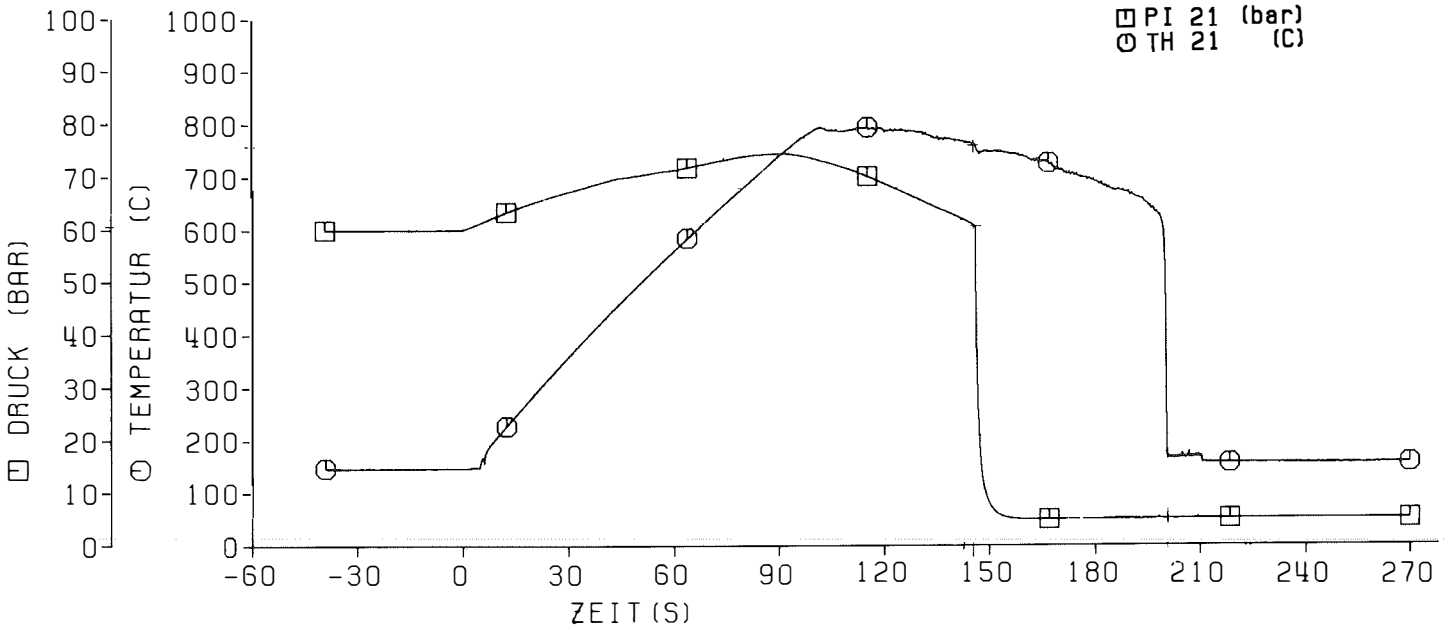
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 38 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 2



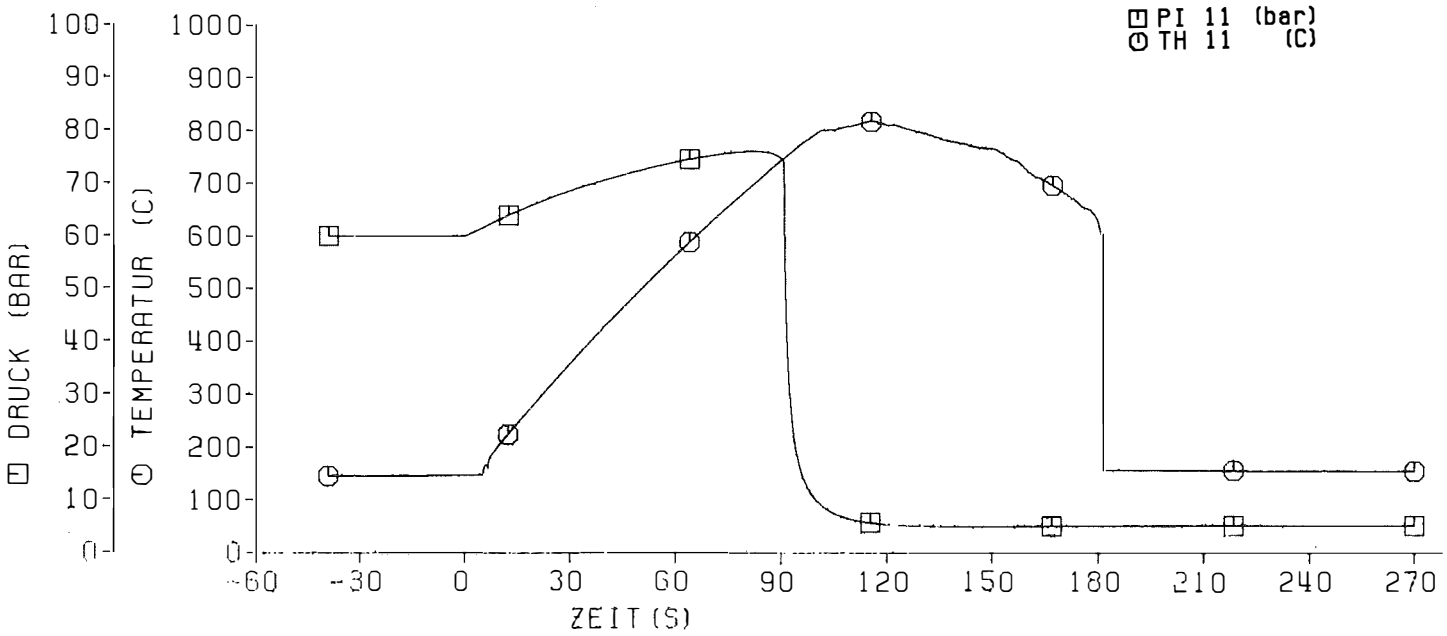
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 39 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 20



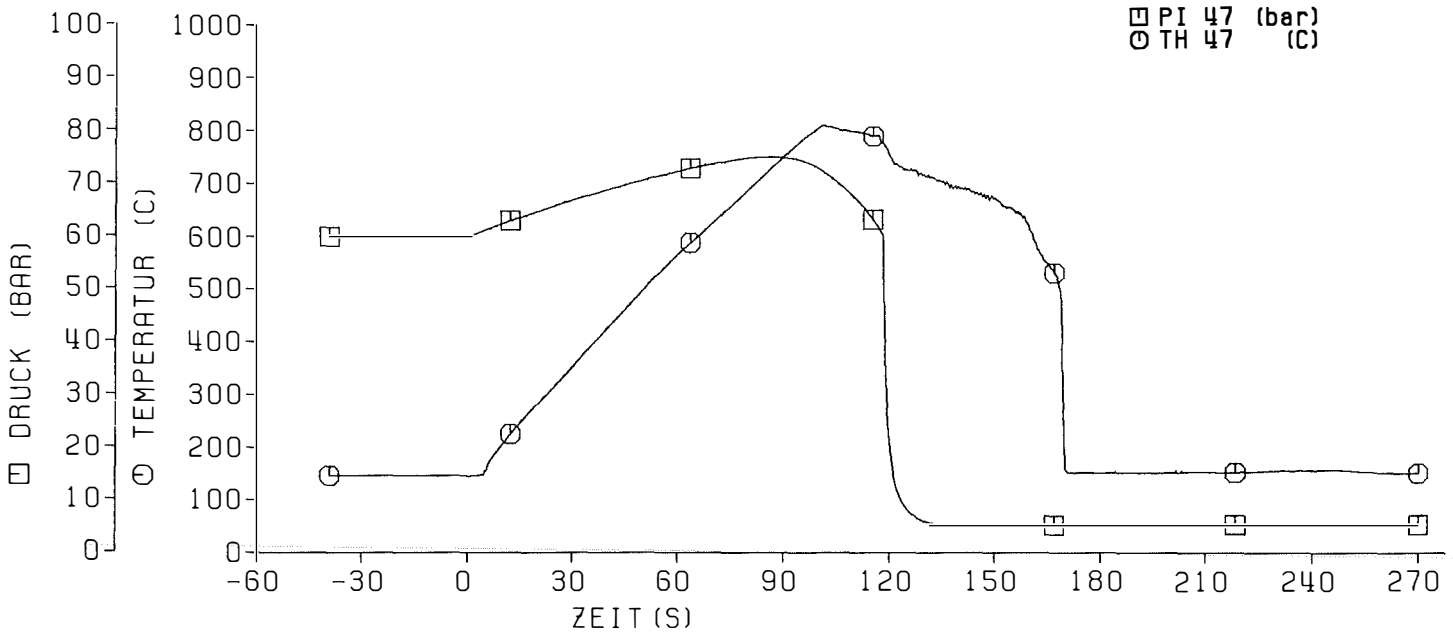
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 40 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 67



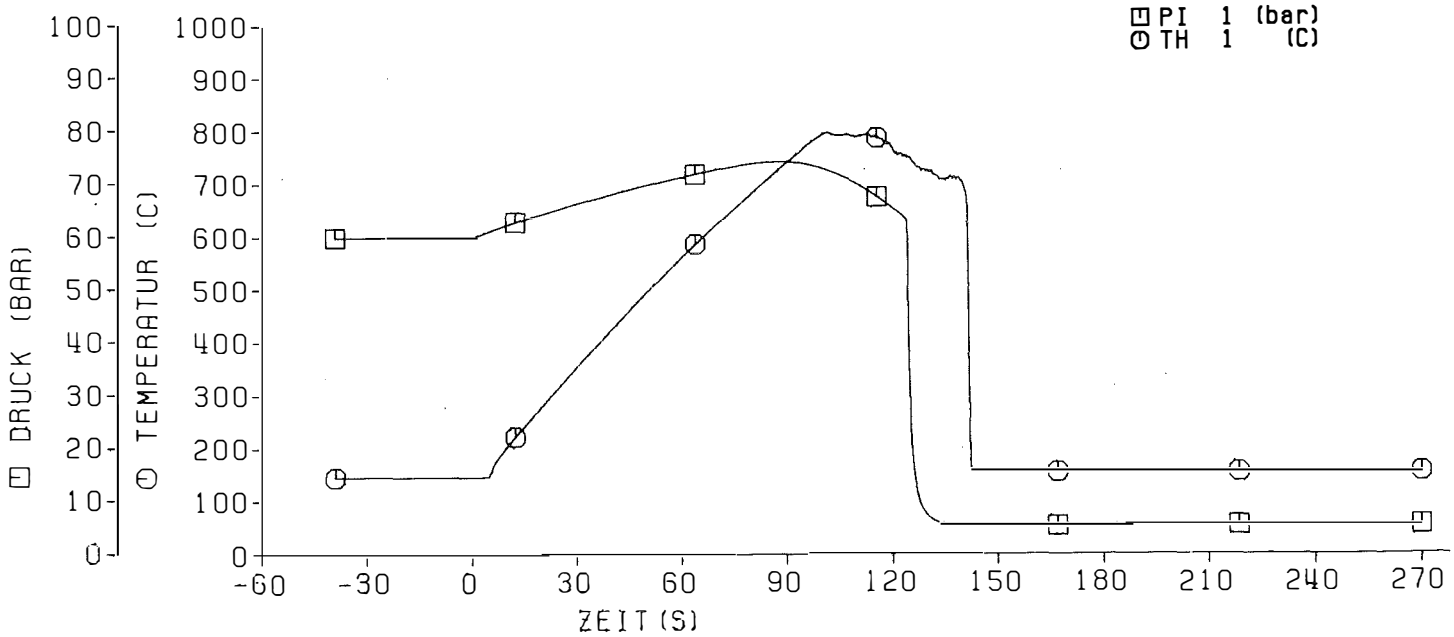
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 41 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 21



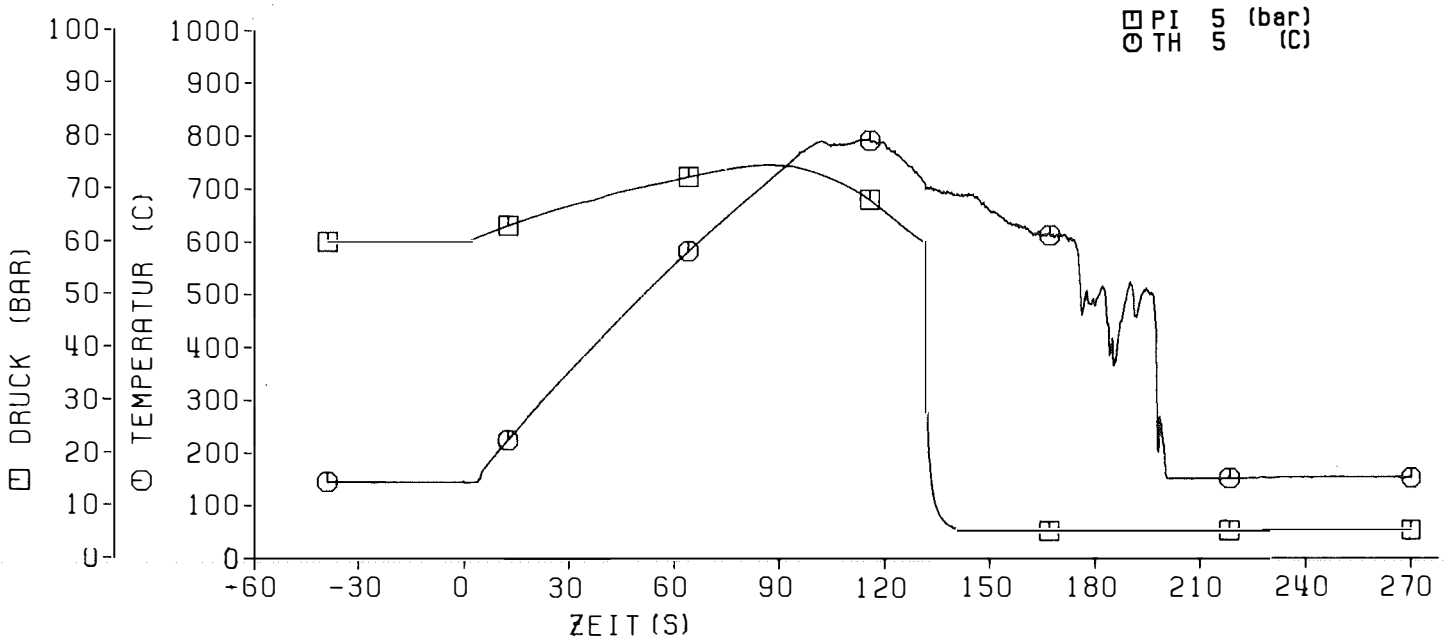
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 42 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 11



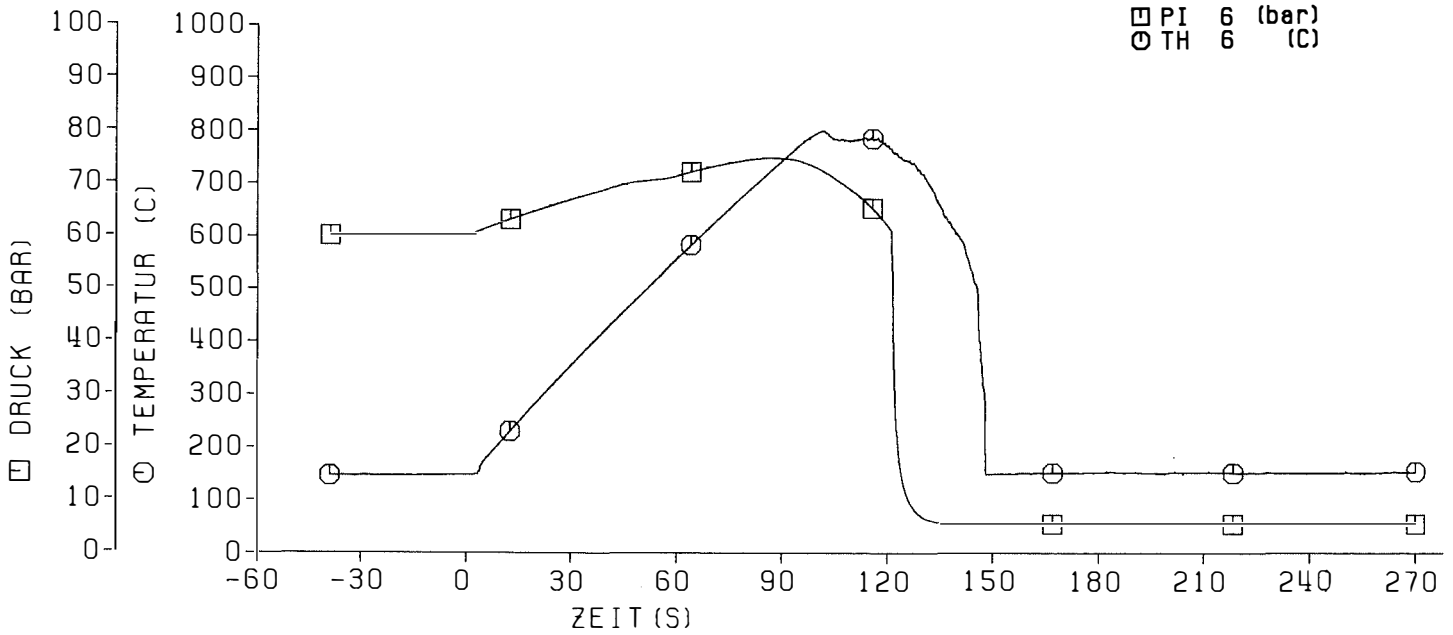
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 43 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 47



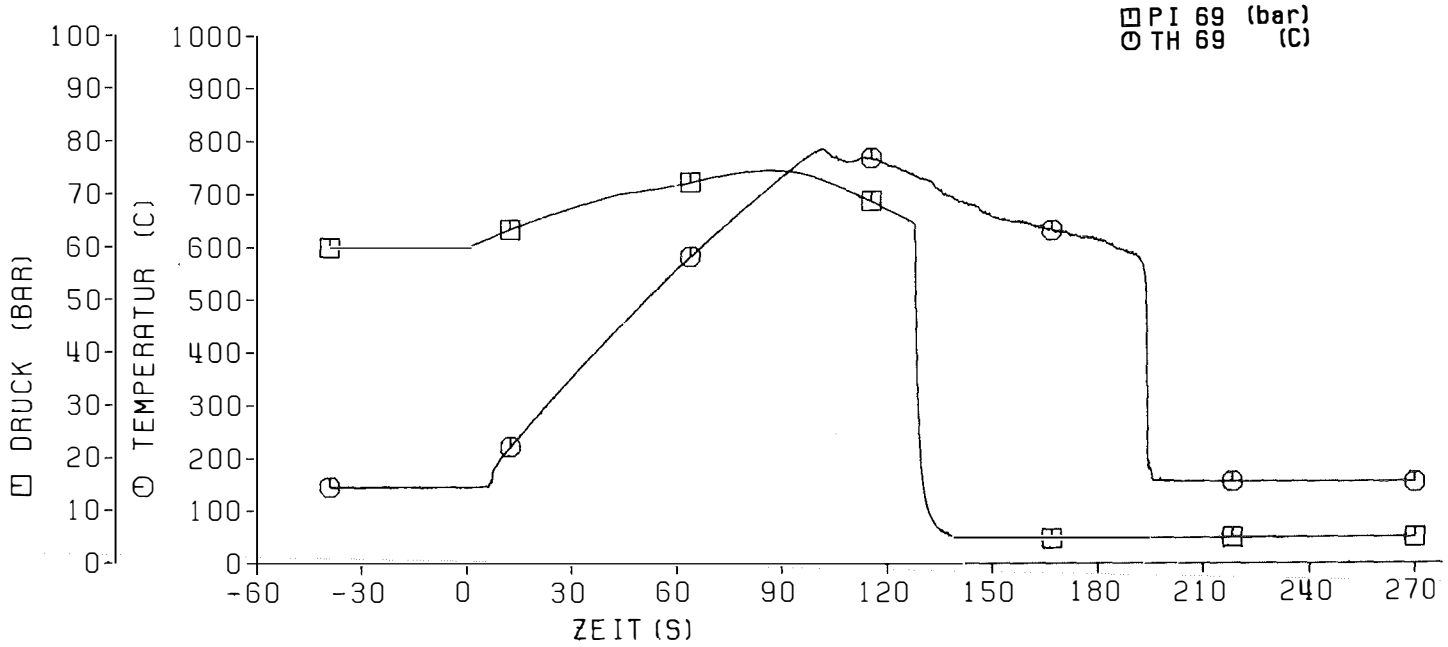
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 44 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 1



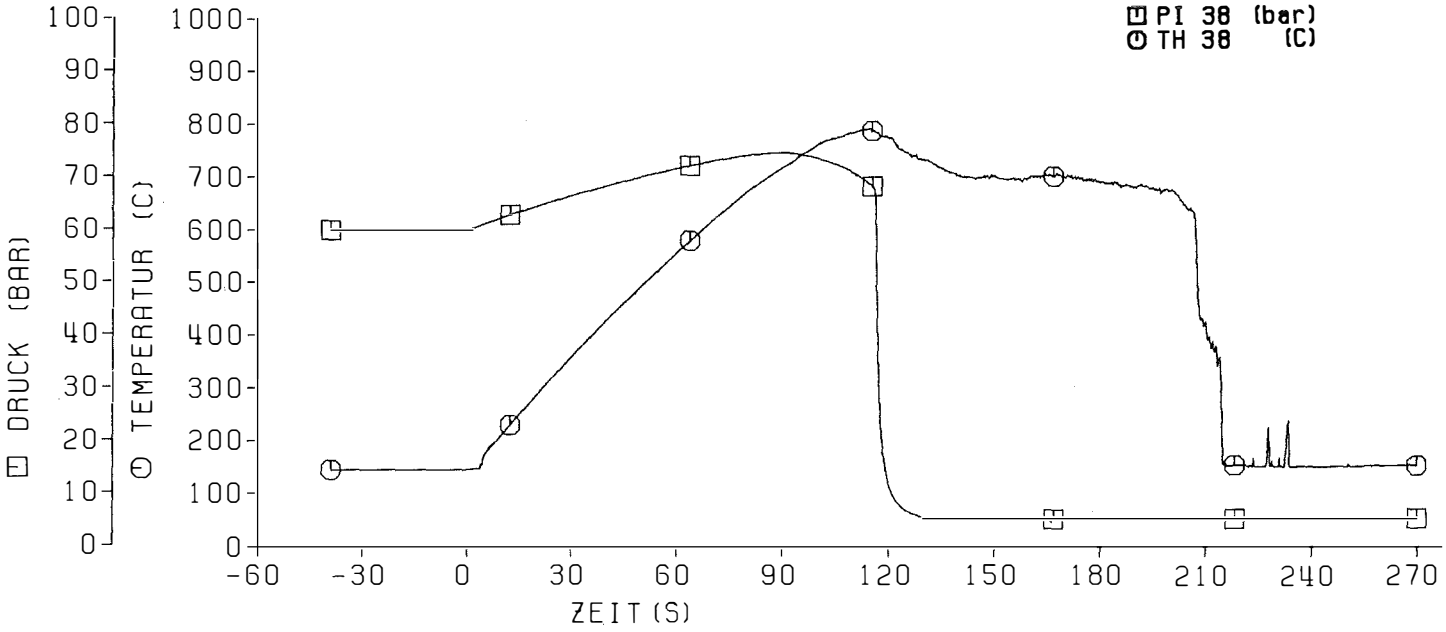
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 45 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 5



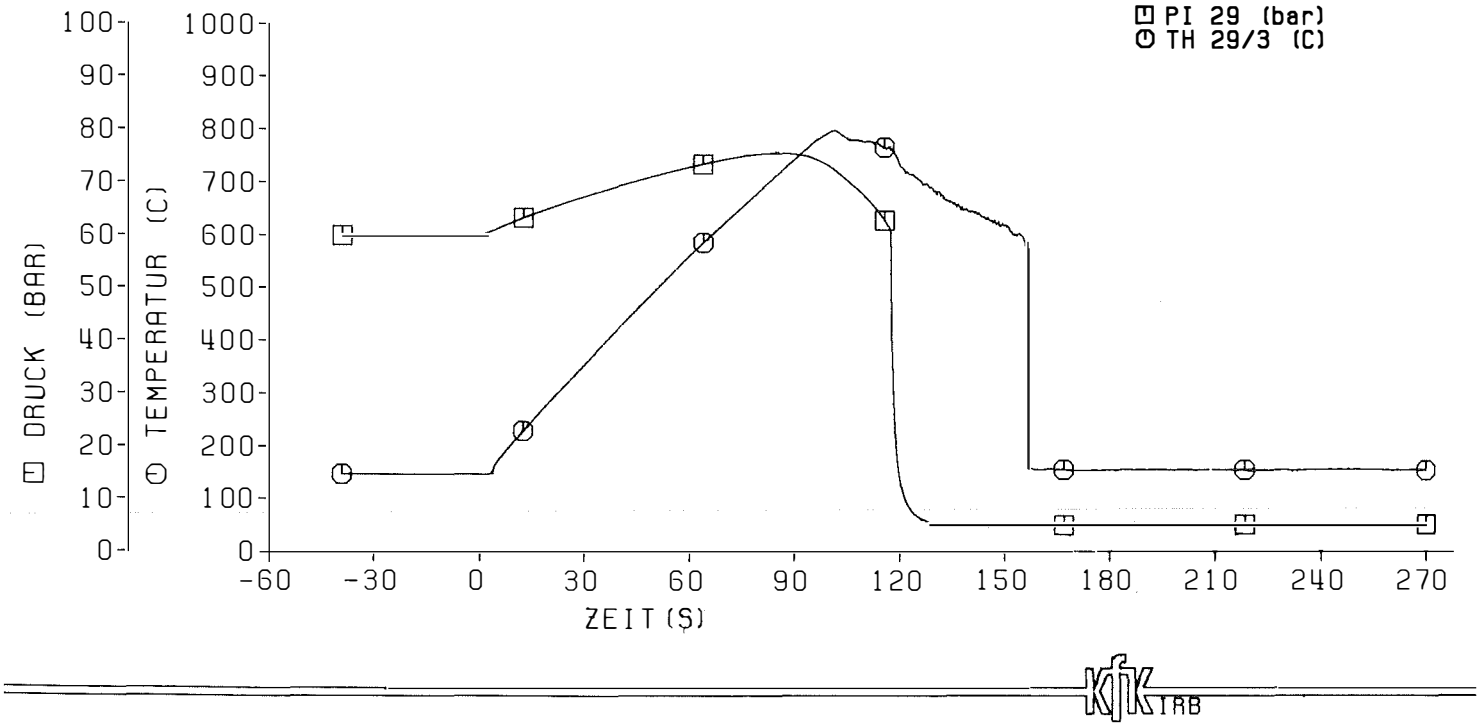
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 46 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 6



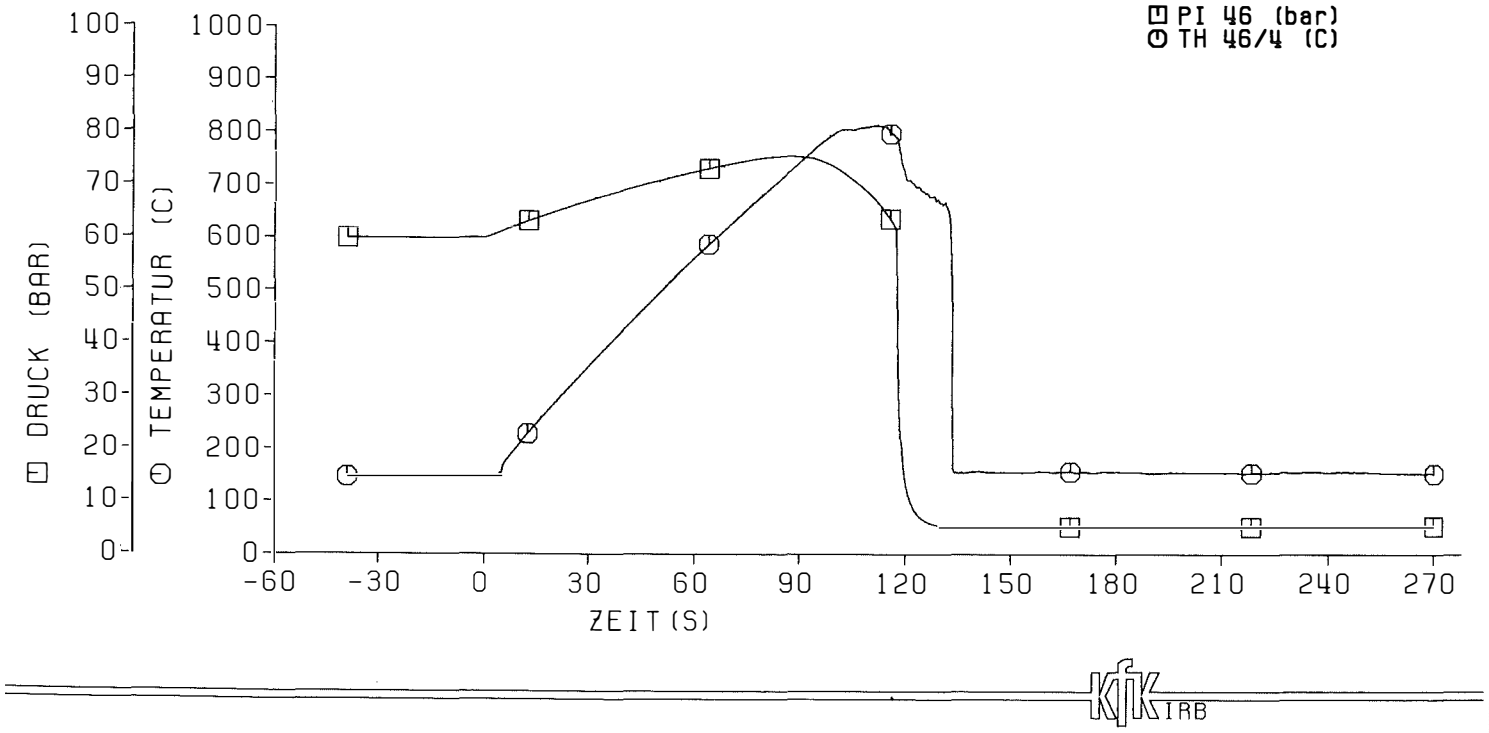
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 47 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 69



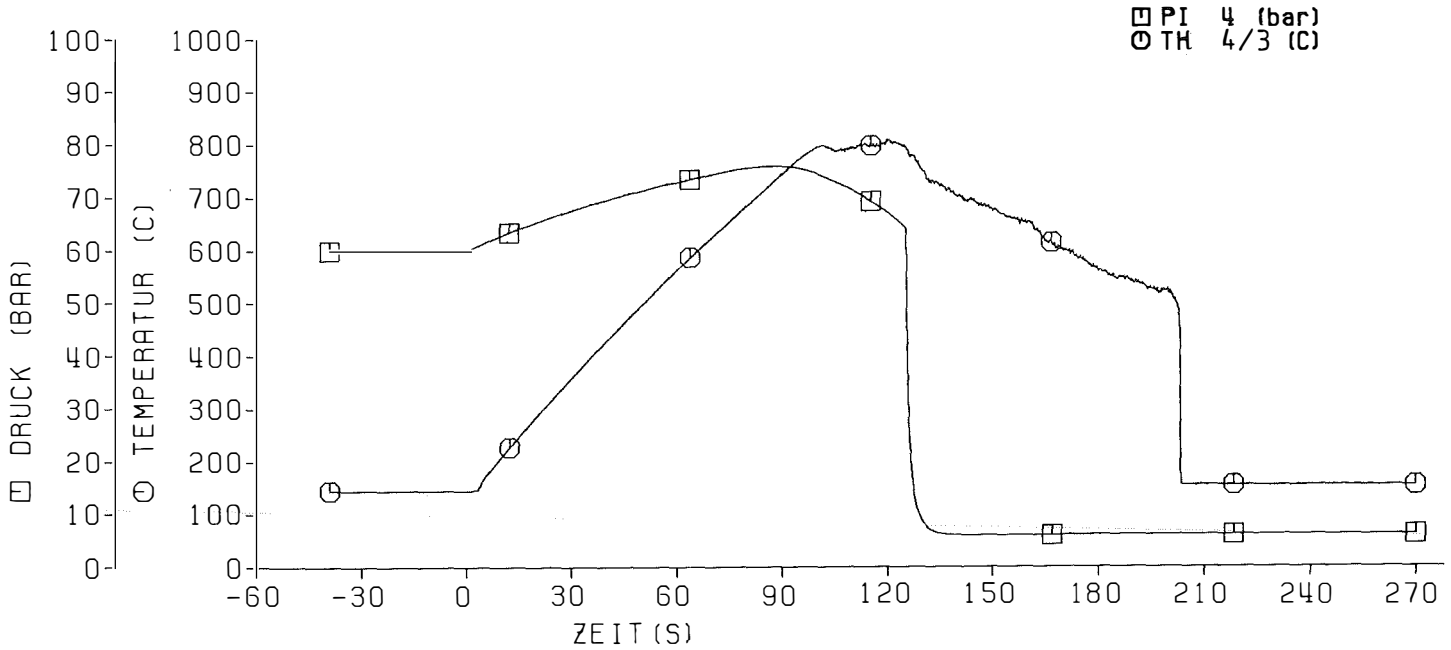
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 48 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 38



REBEKA 6 24.03.83
Abb: 49 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 29

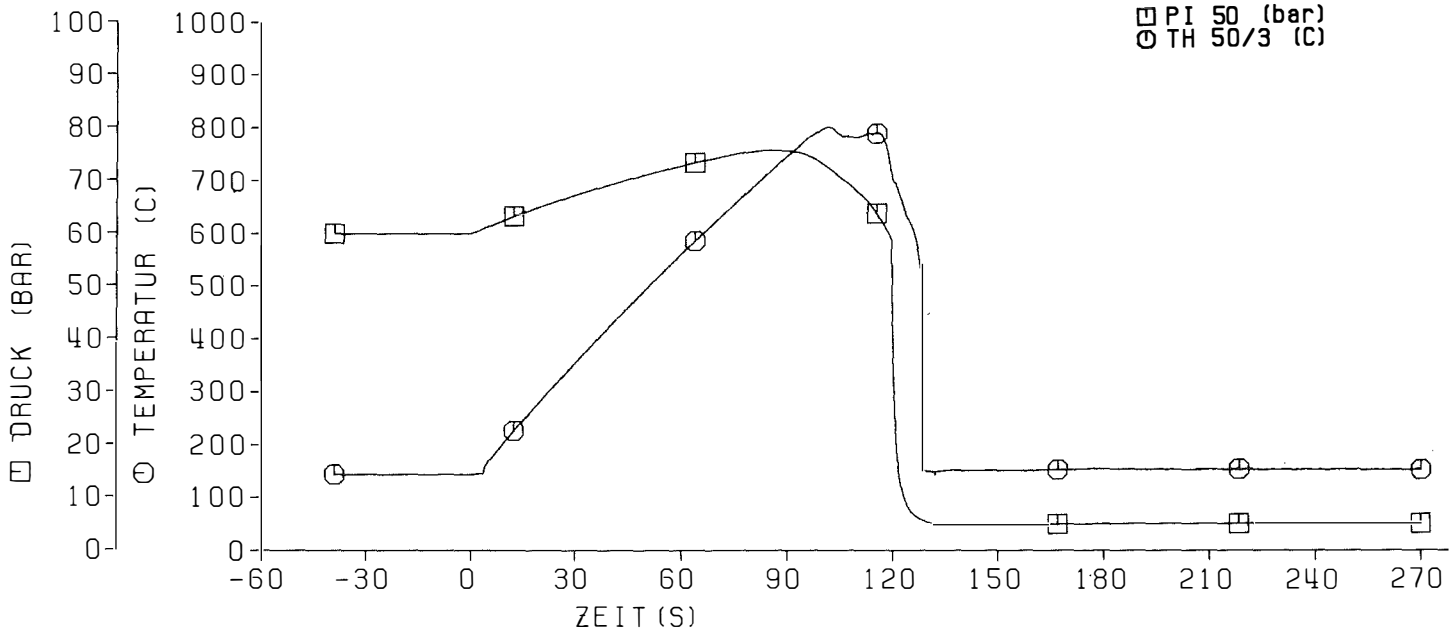


REBEKA 6 24.03.83
Abb: 50 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 46



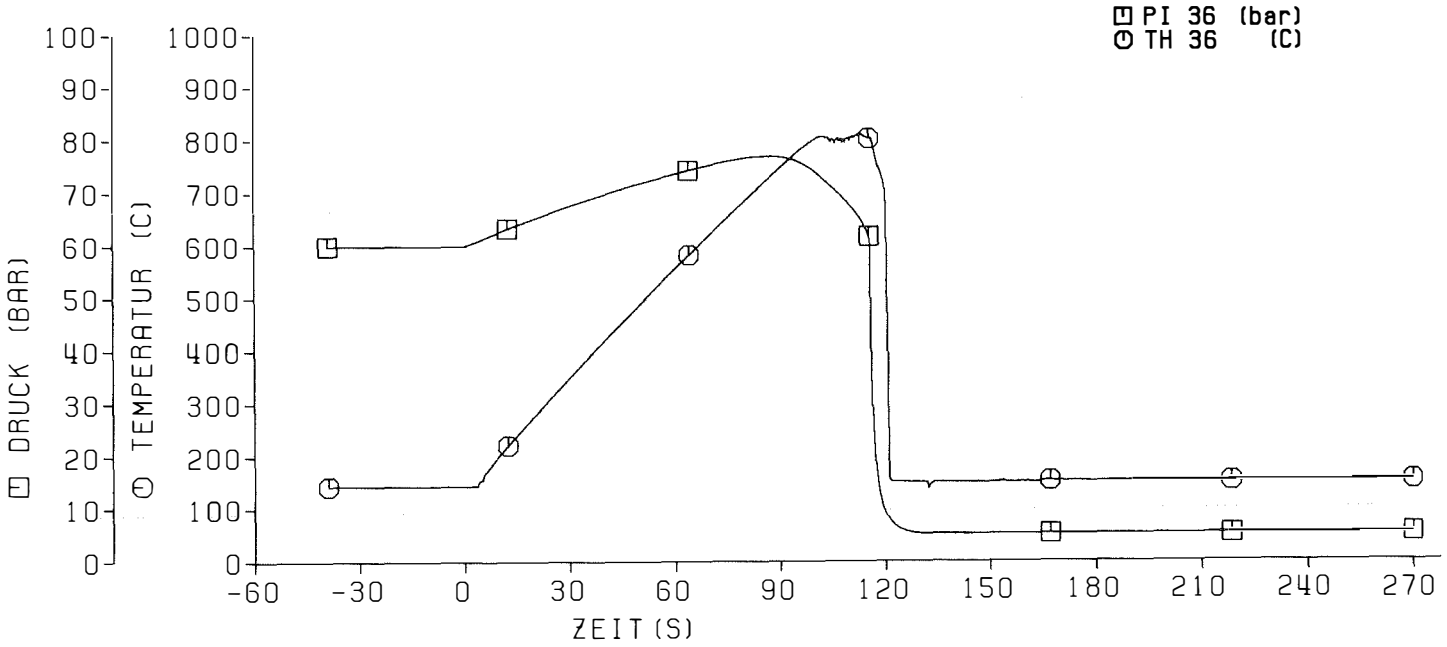
IRB

REBEKA 6 24.03.83
Abb: 51 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 4

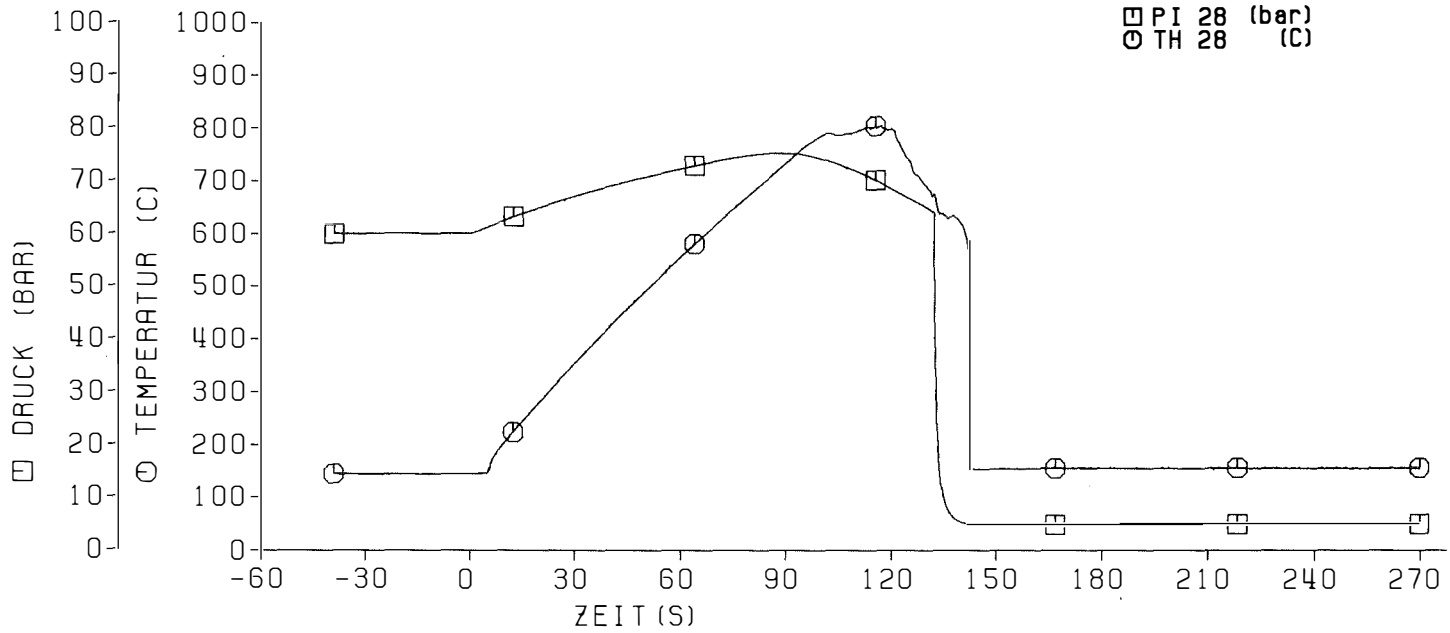


IRB

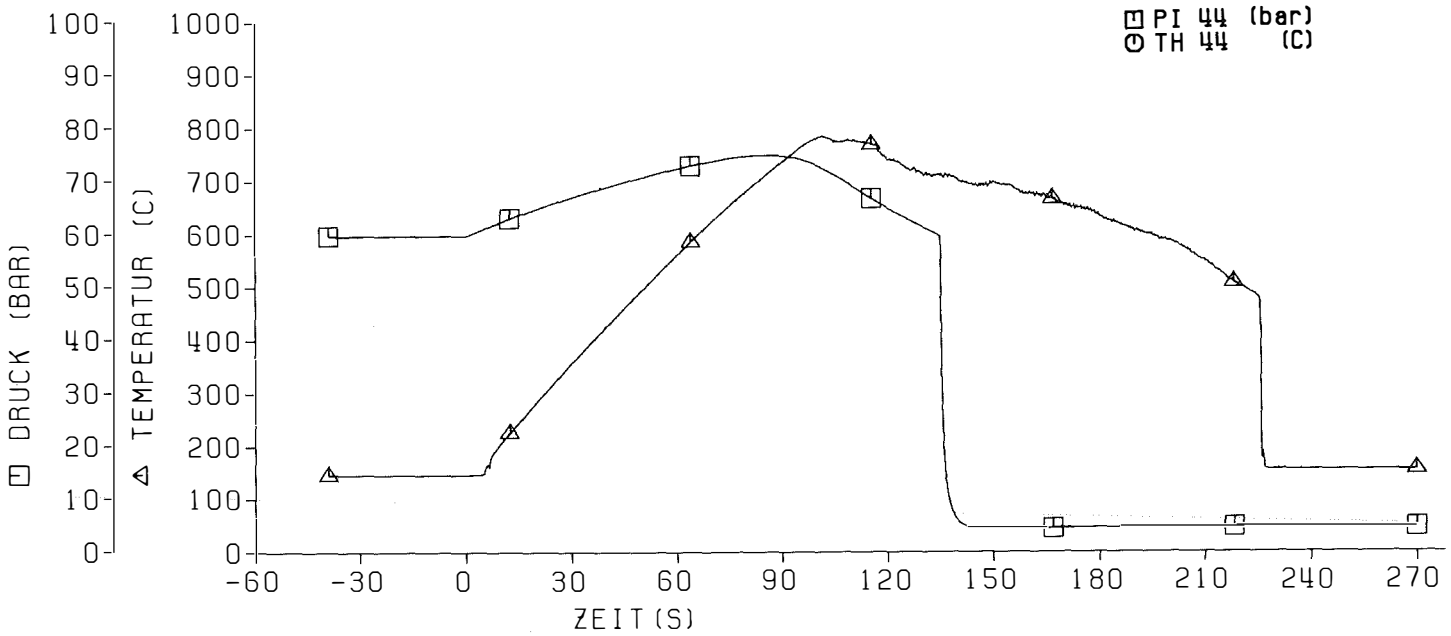
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 52 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 50



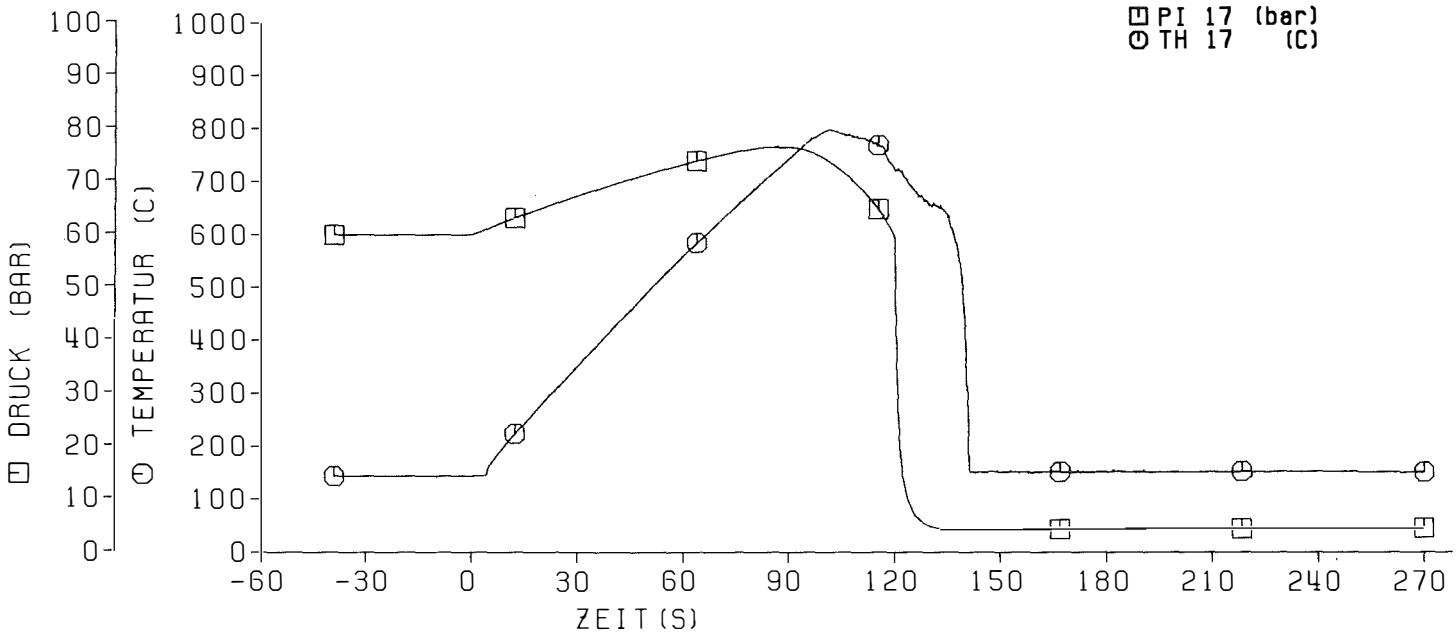
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 53 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 36



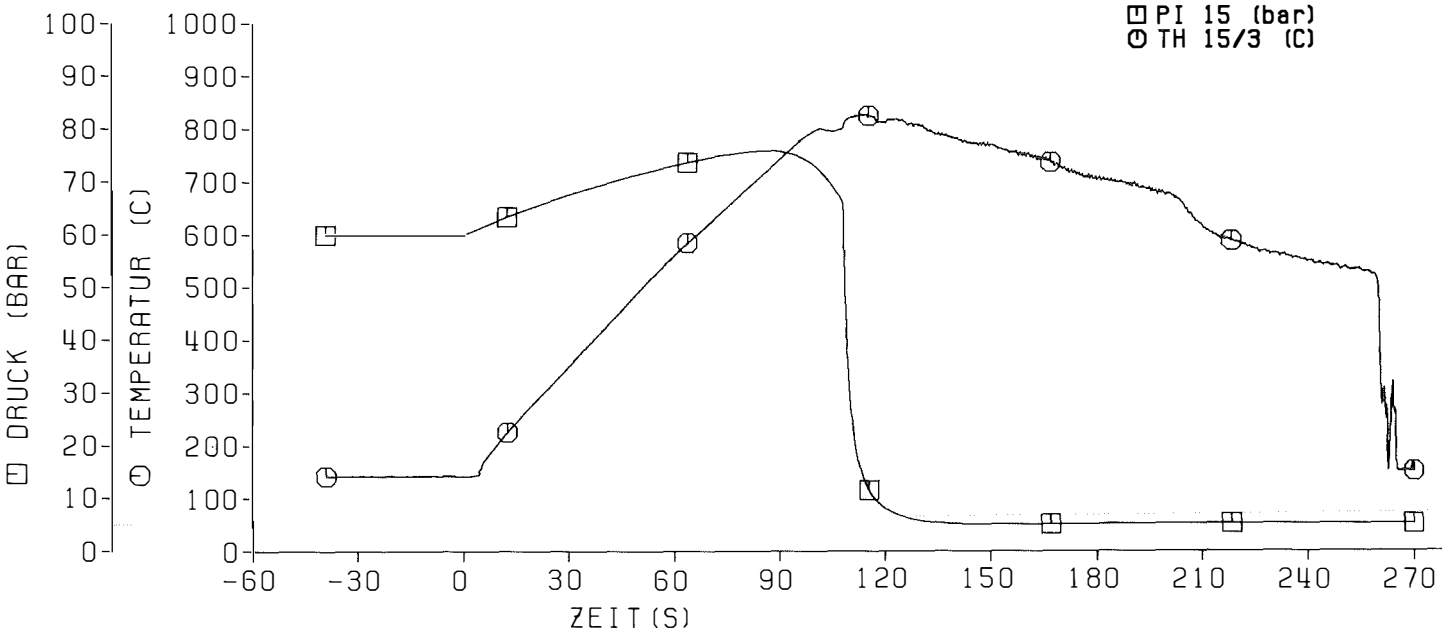
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 54 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 28



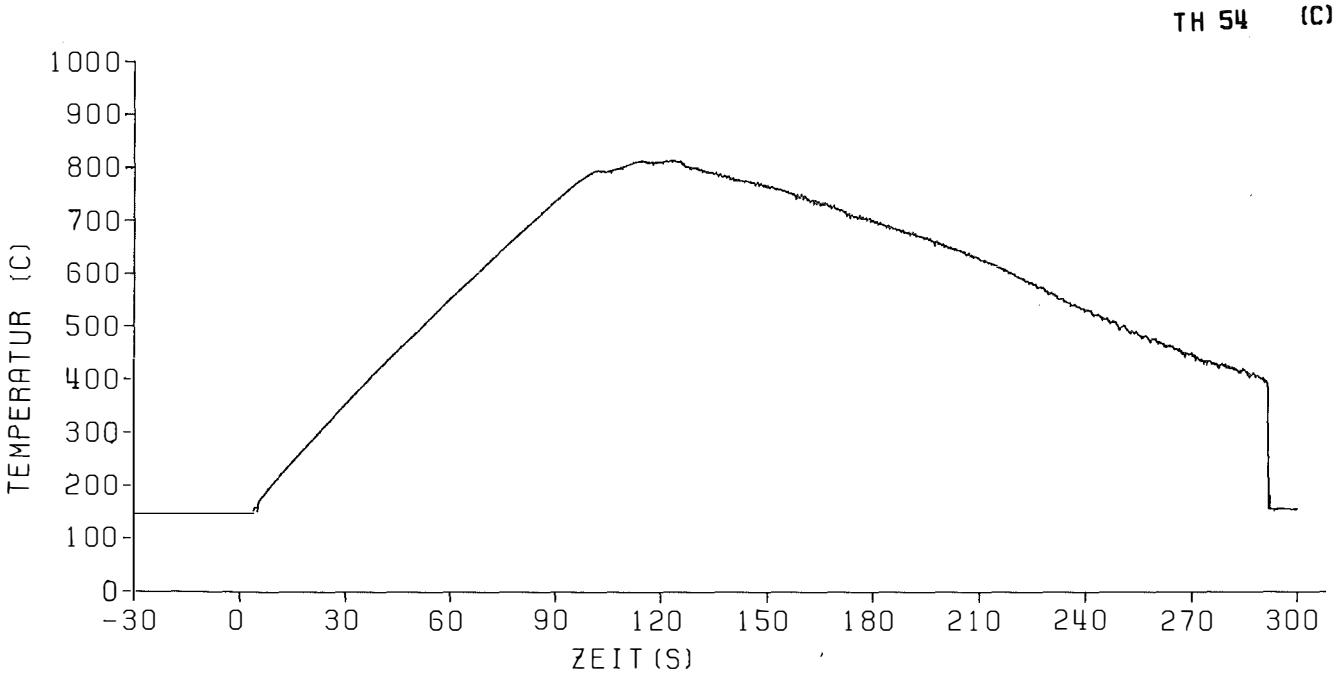
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 55 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 44



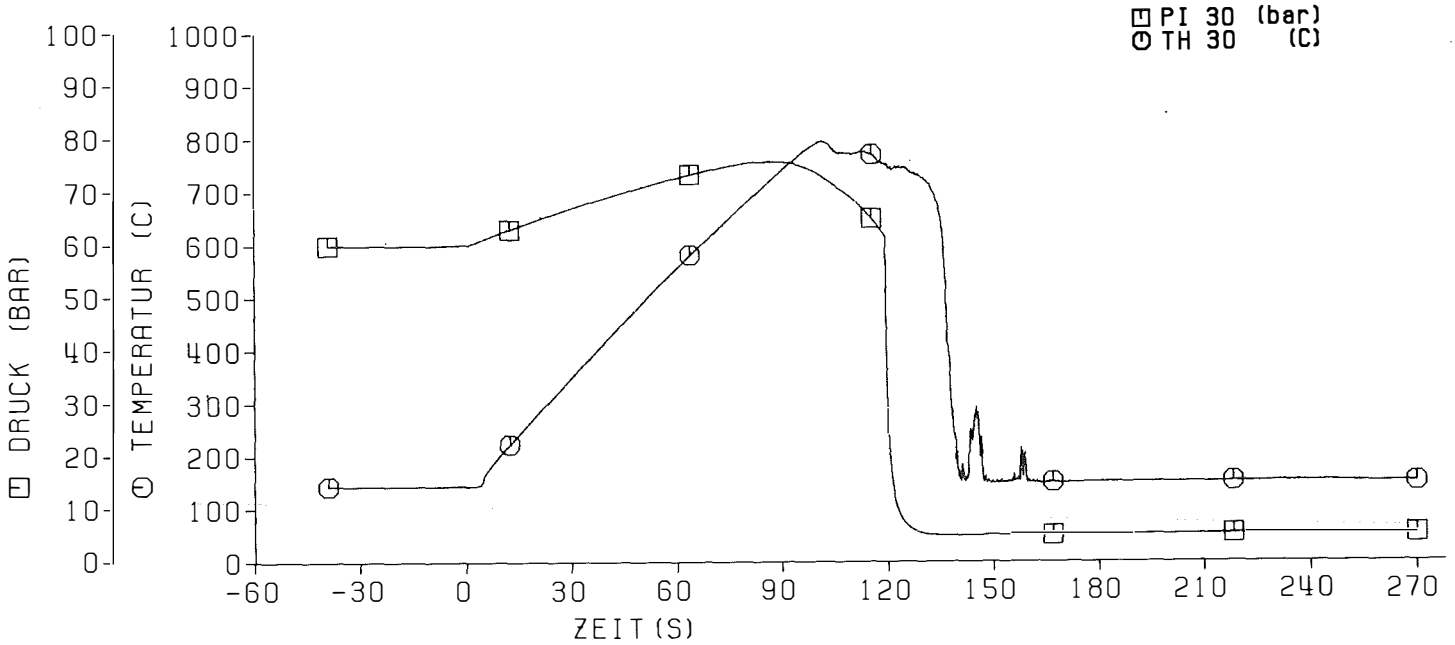
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 56 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 17



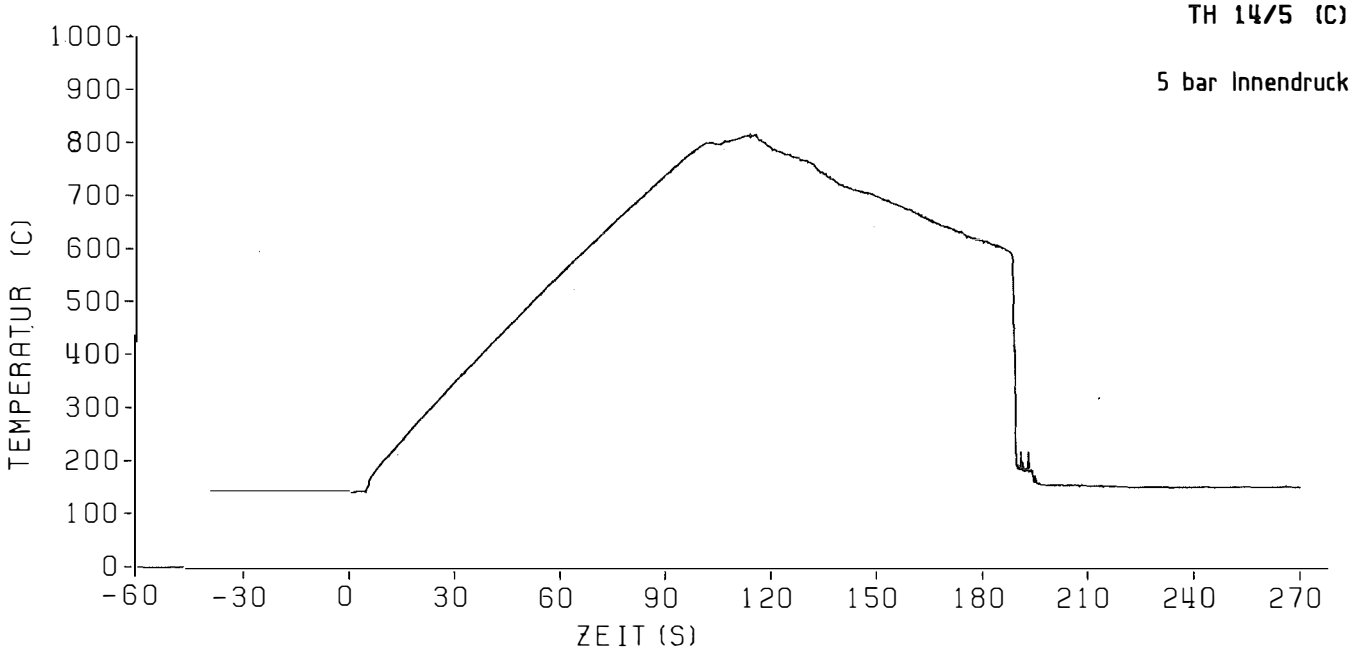
REBEKA 6 24.03.83
Abb:57 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 15



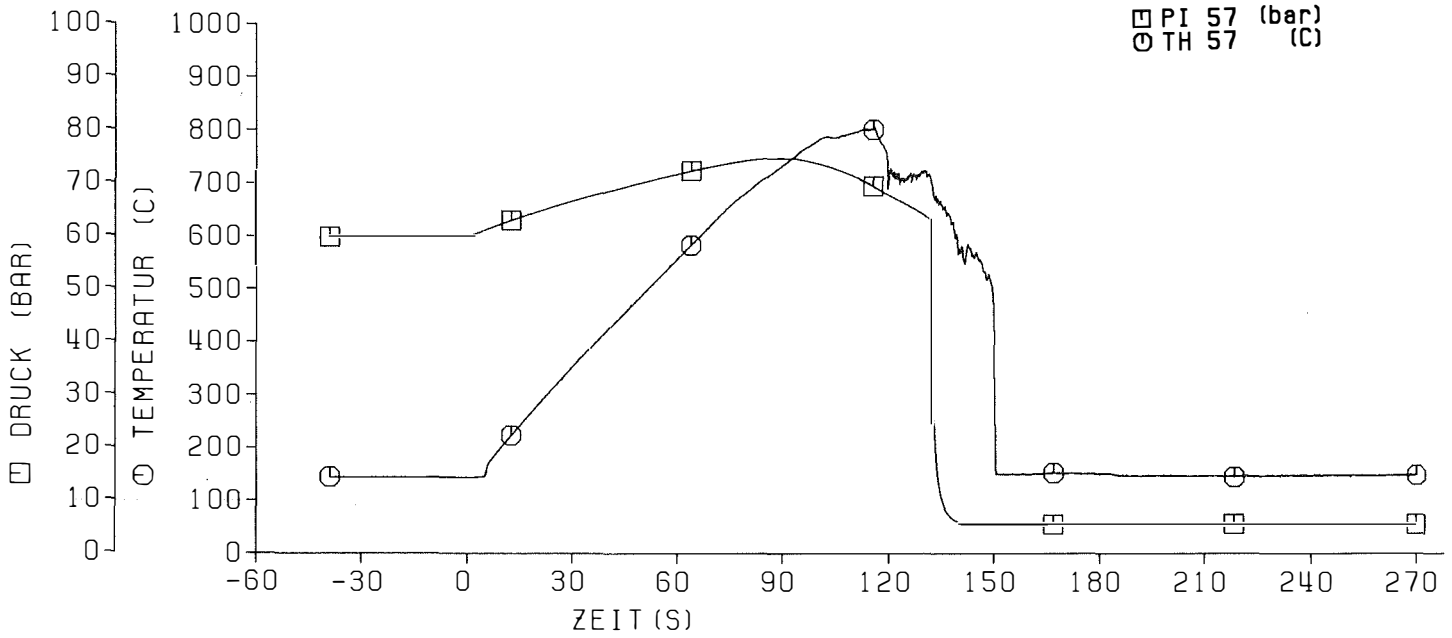
REBEKA 6 23.04.83
Abb:58 Temperaturverlauf von Stab: 54



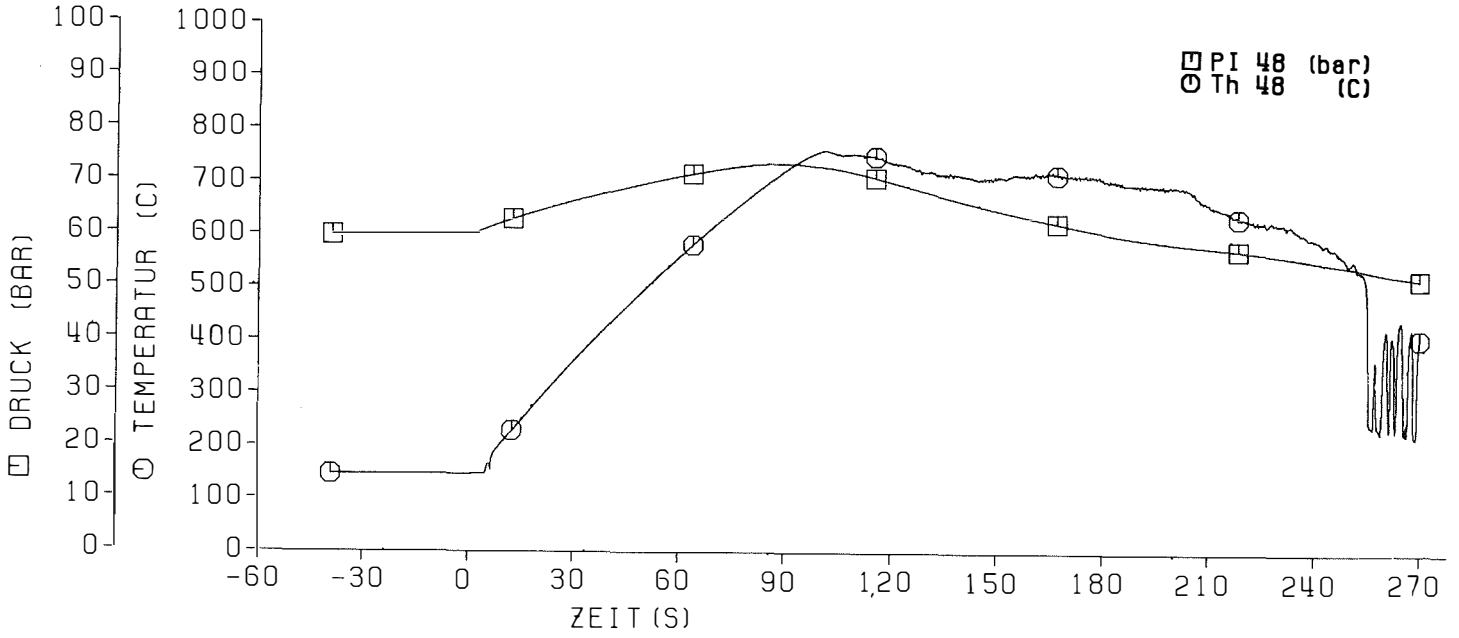
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 59 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 30



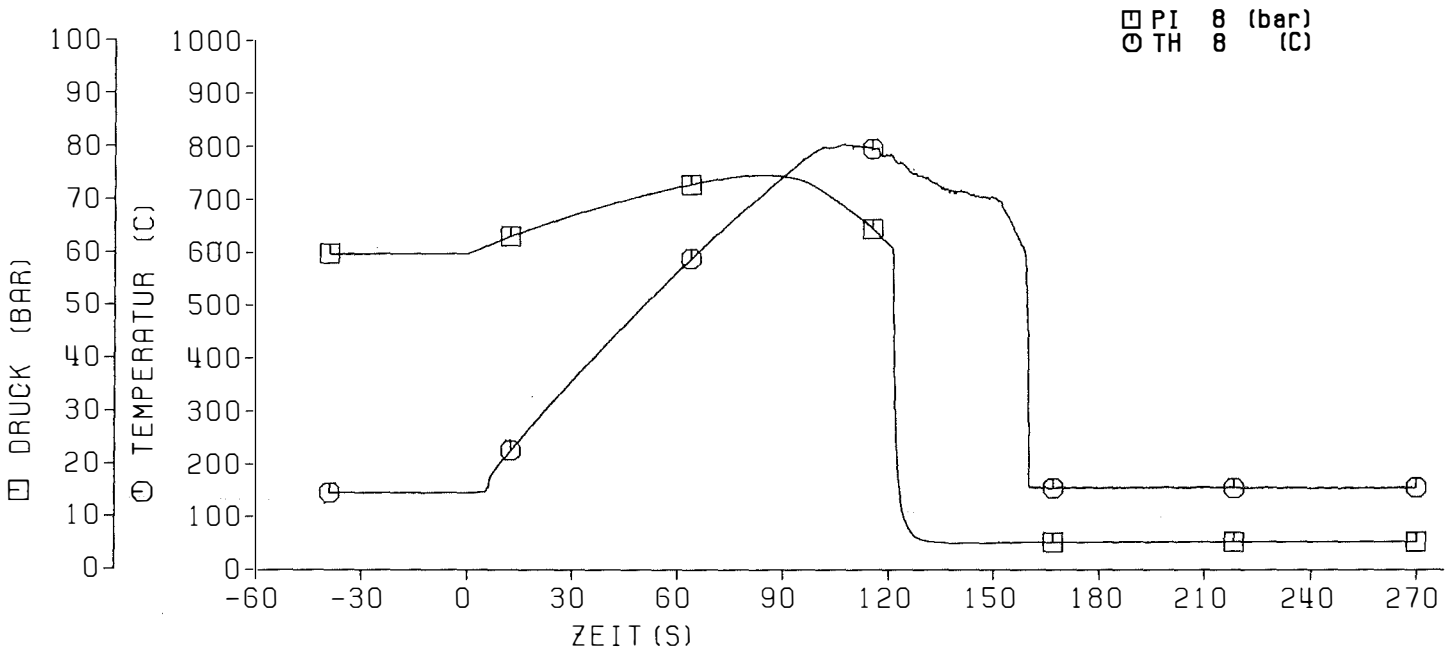
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 60 Temperaturverlauf von Stab: 14



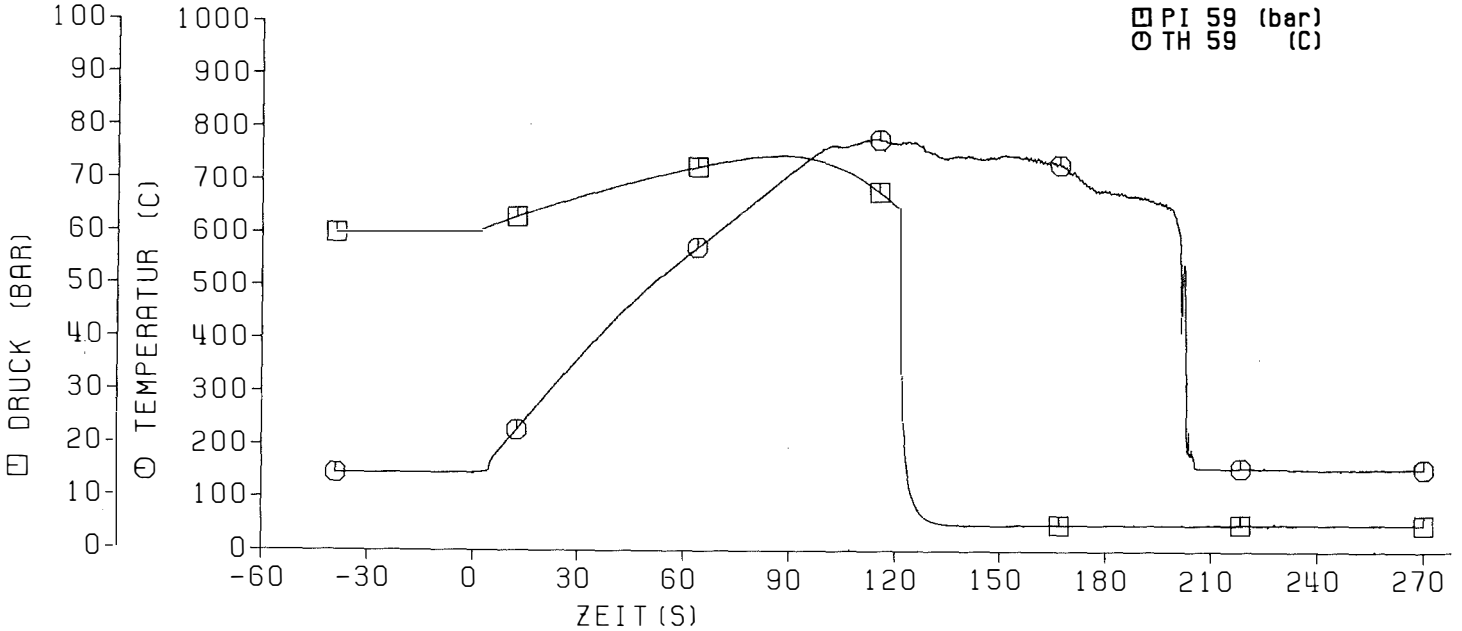
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 61 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 57



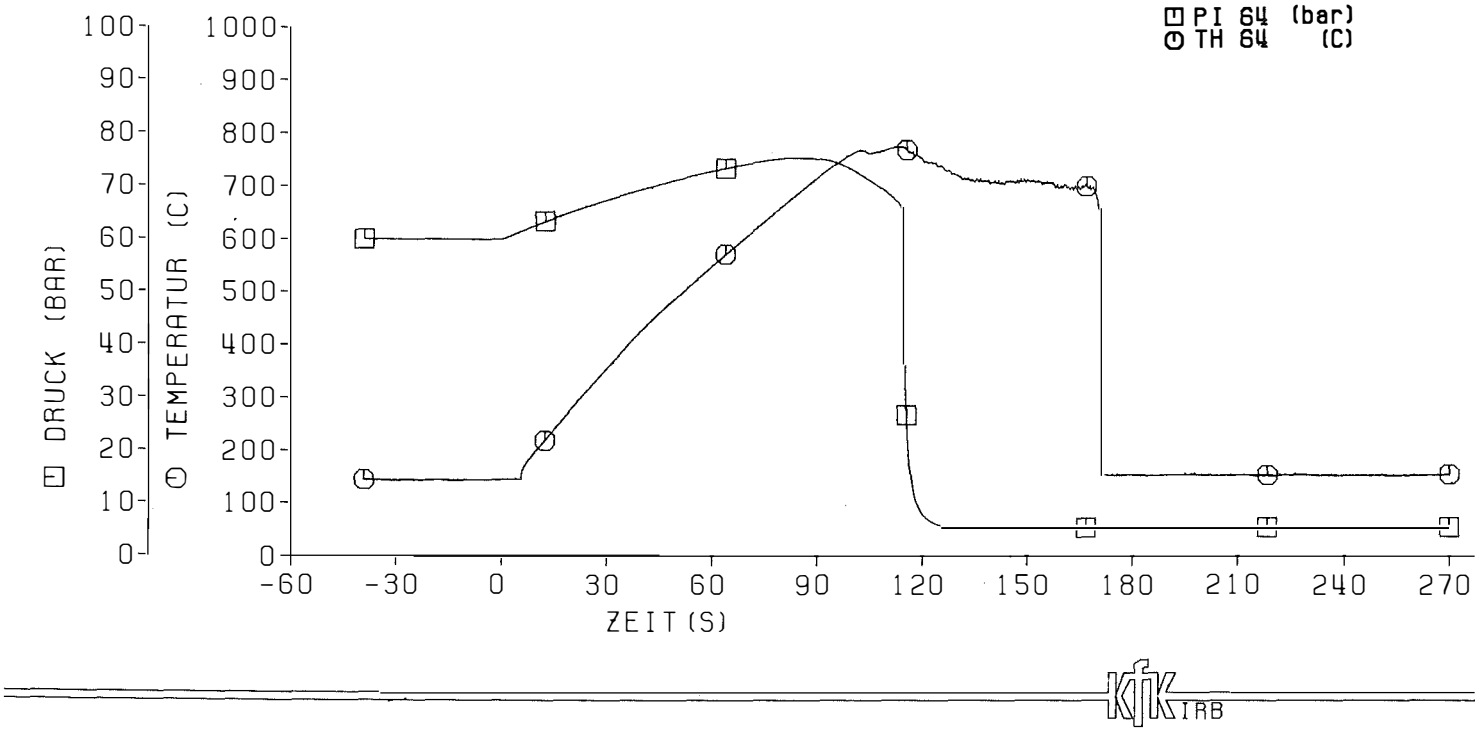
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 62 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 48



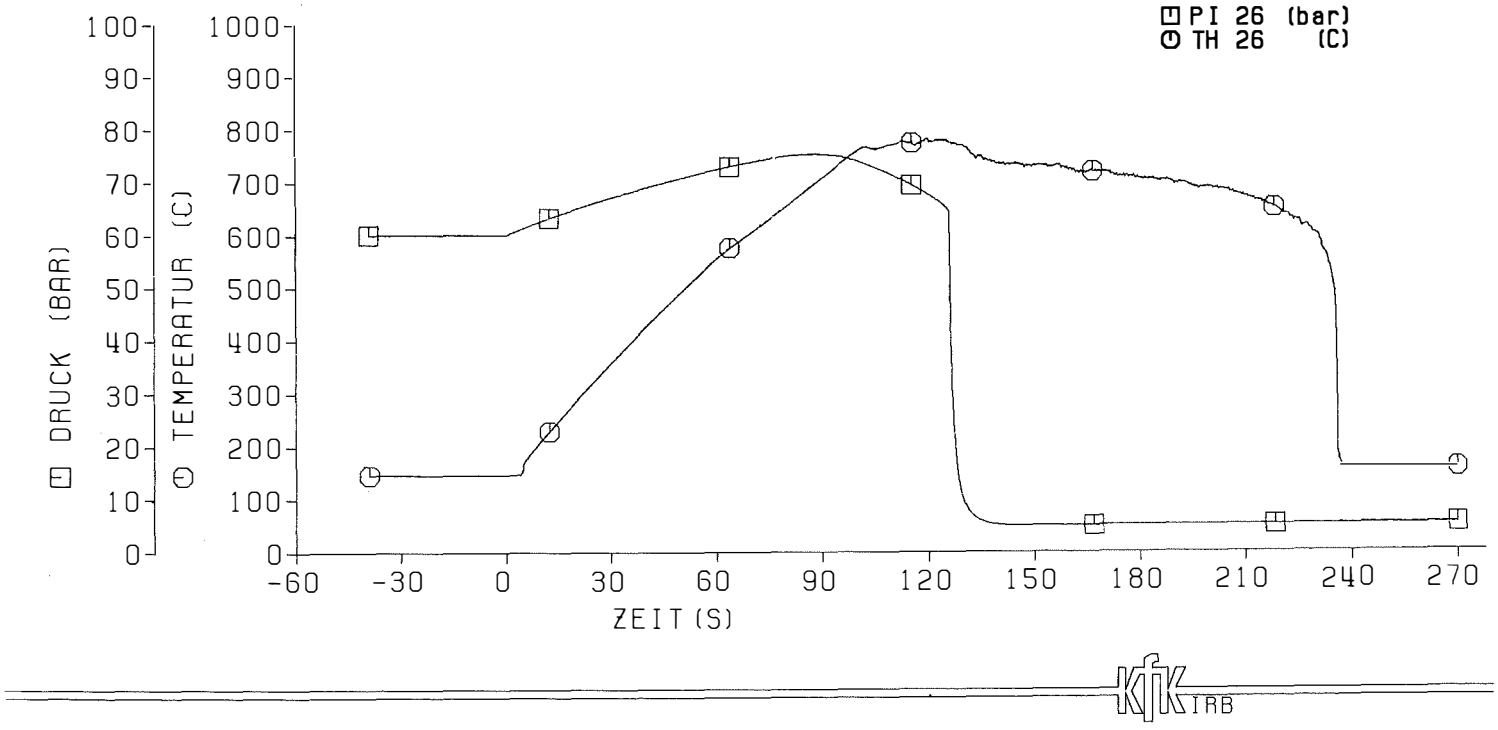
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 63 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 8



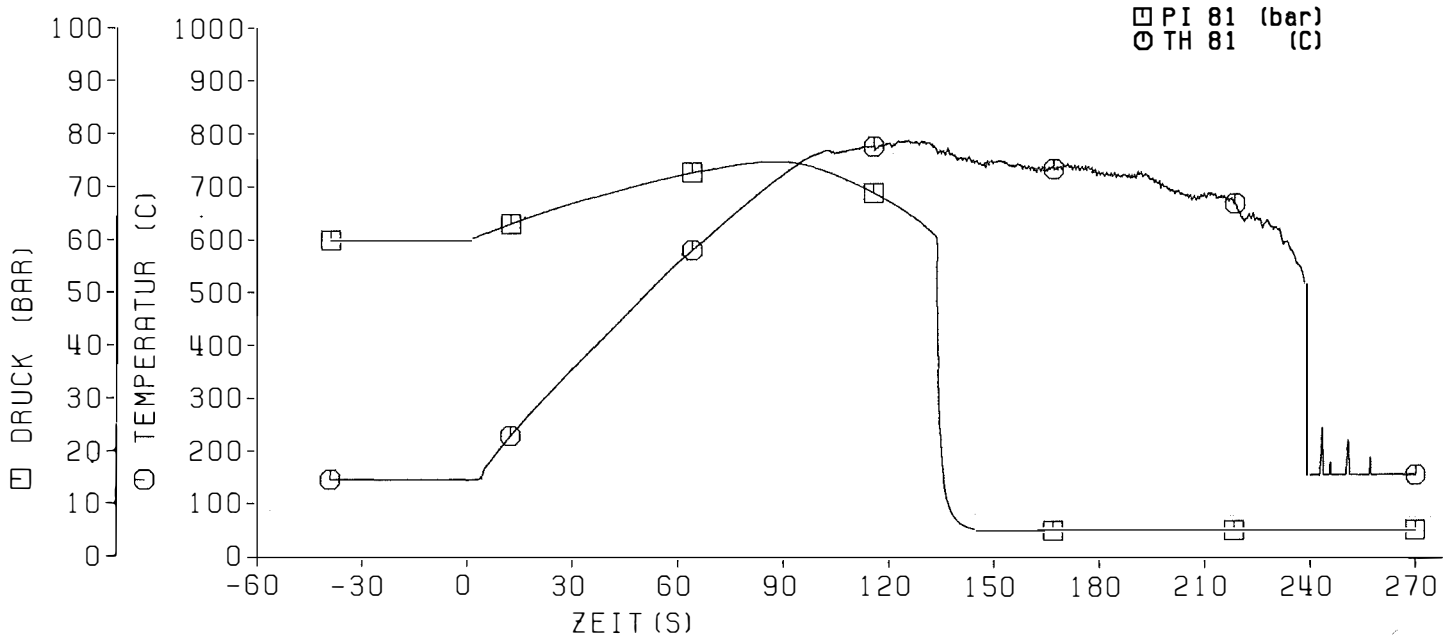
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 64 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 59



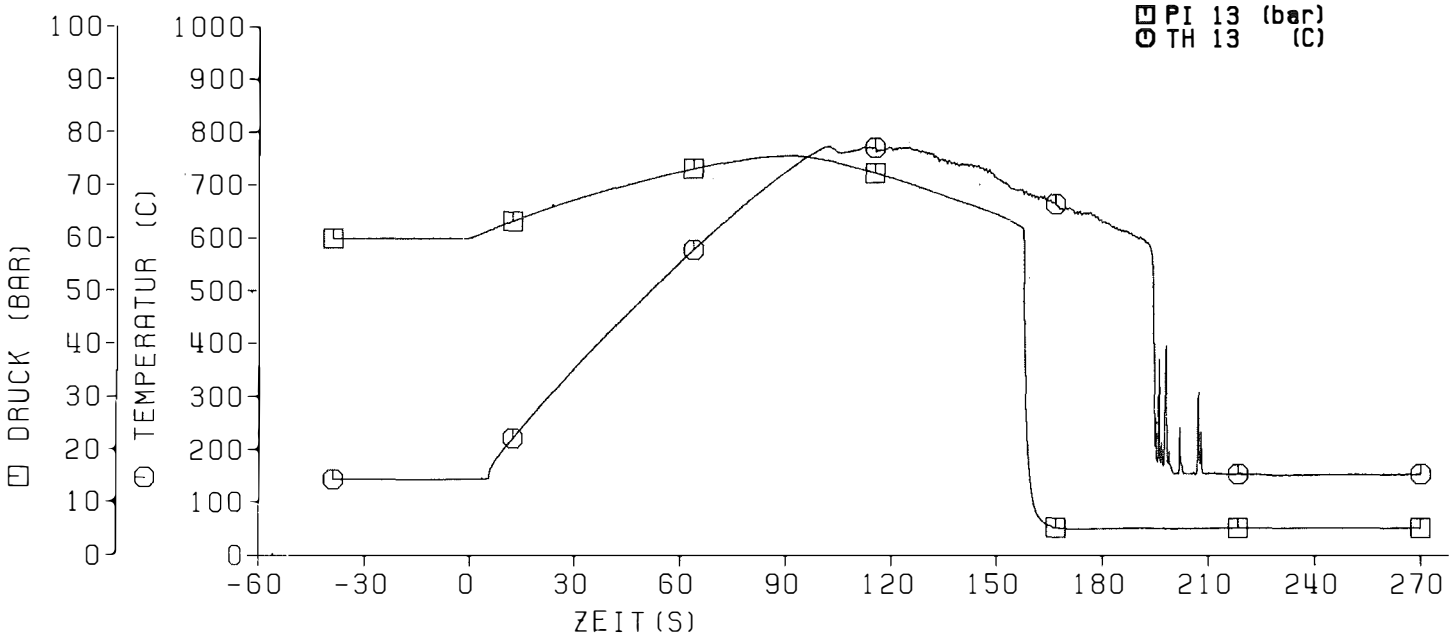
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 65 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 64



REBEKA 6 24.03.83
Abb: 66 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 26



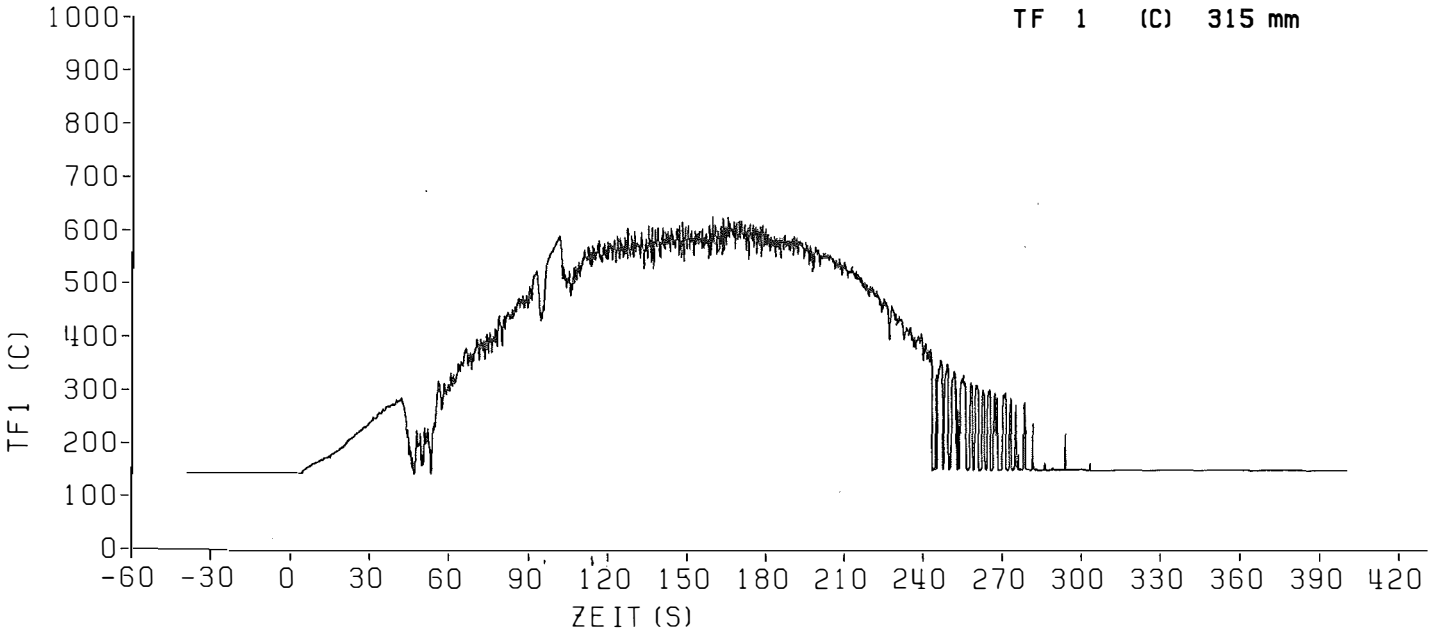
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 67 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 81



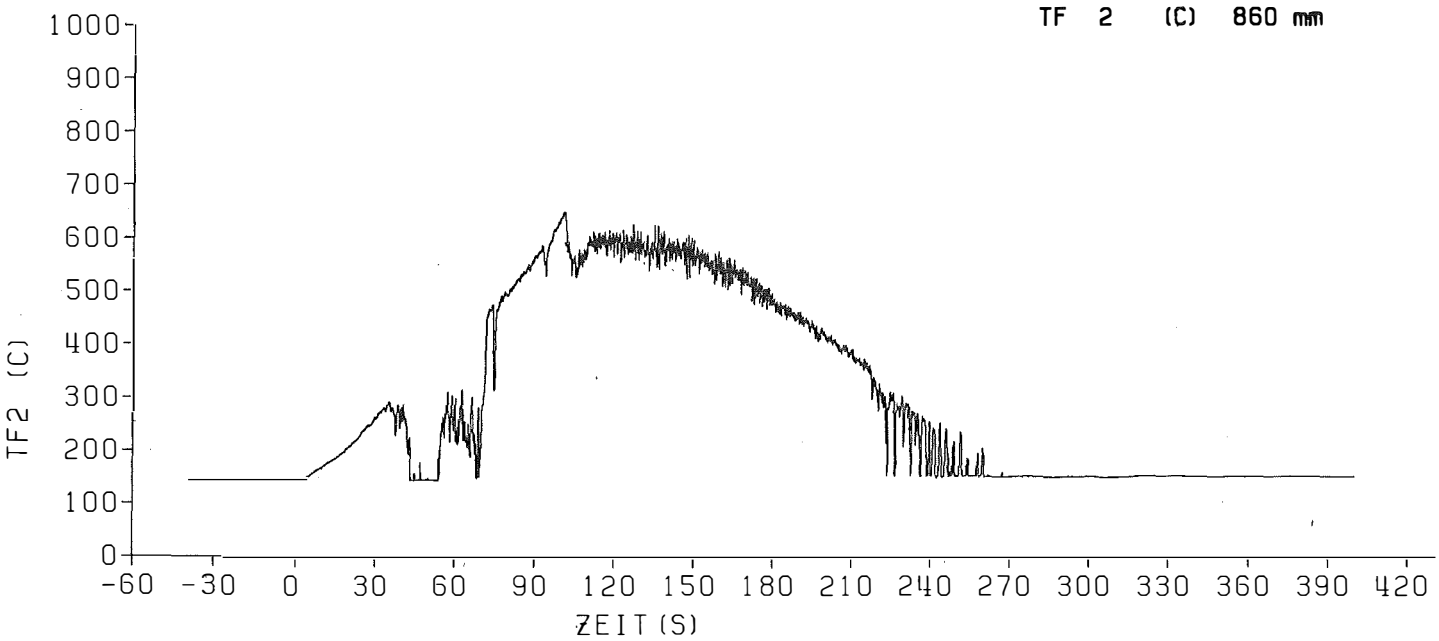
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 68 Druck-und Temperaturverlauf von Stab: 13

3.4 Fluidtemperaturen

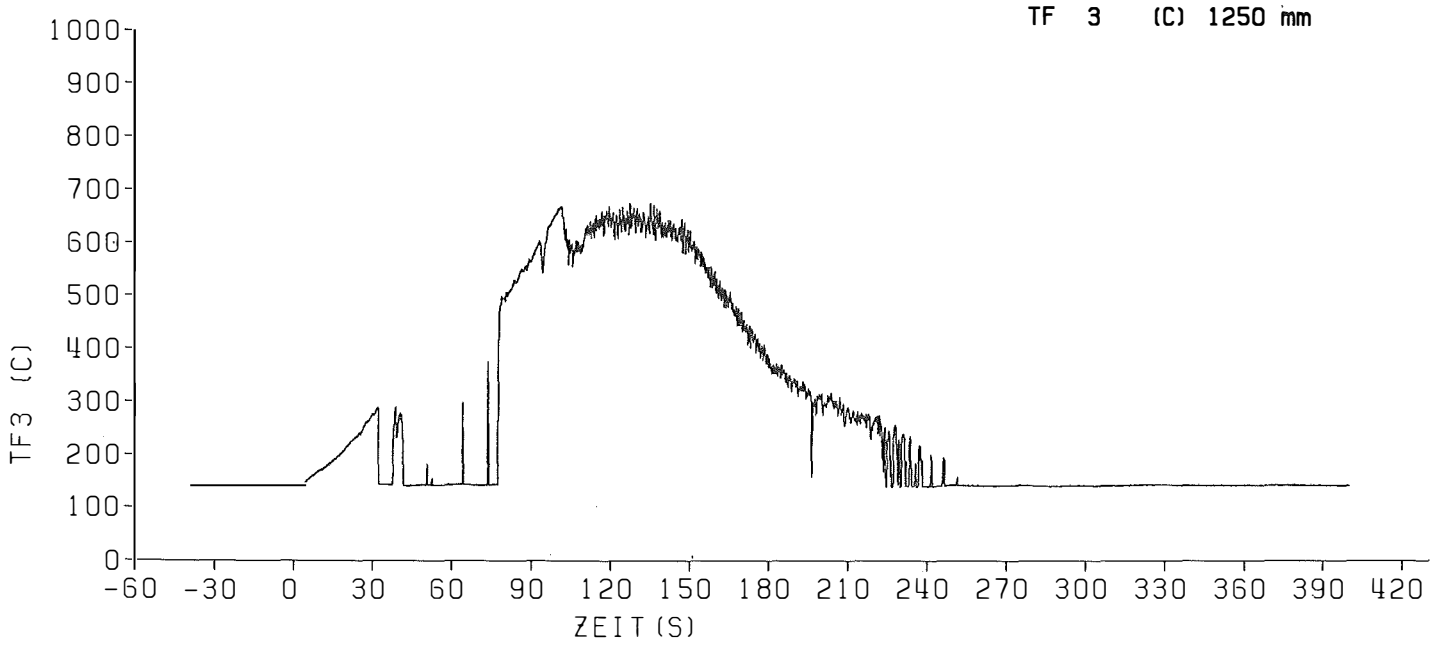
(Abbn. 69 - 79)



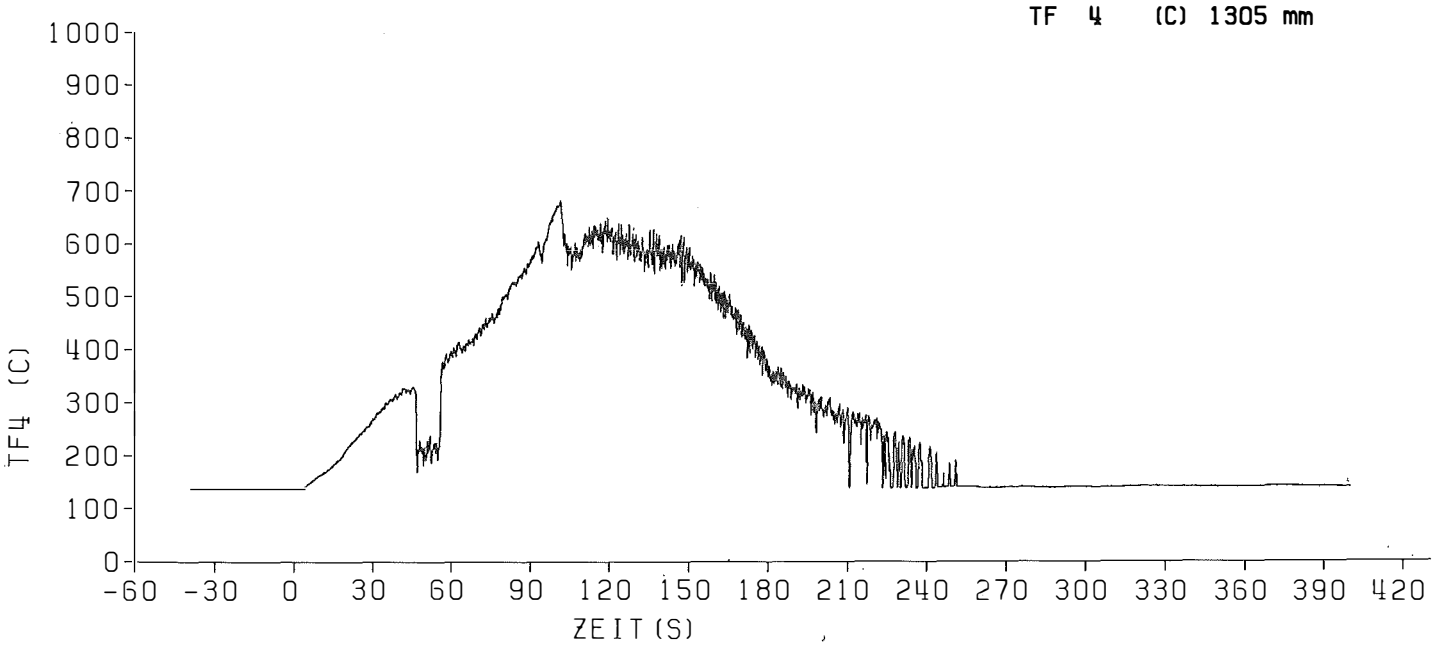
REBEKA 6
Abb: 69 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



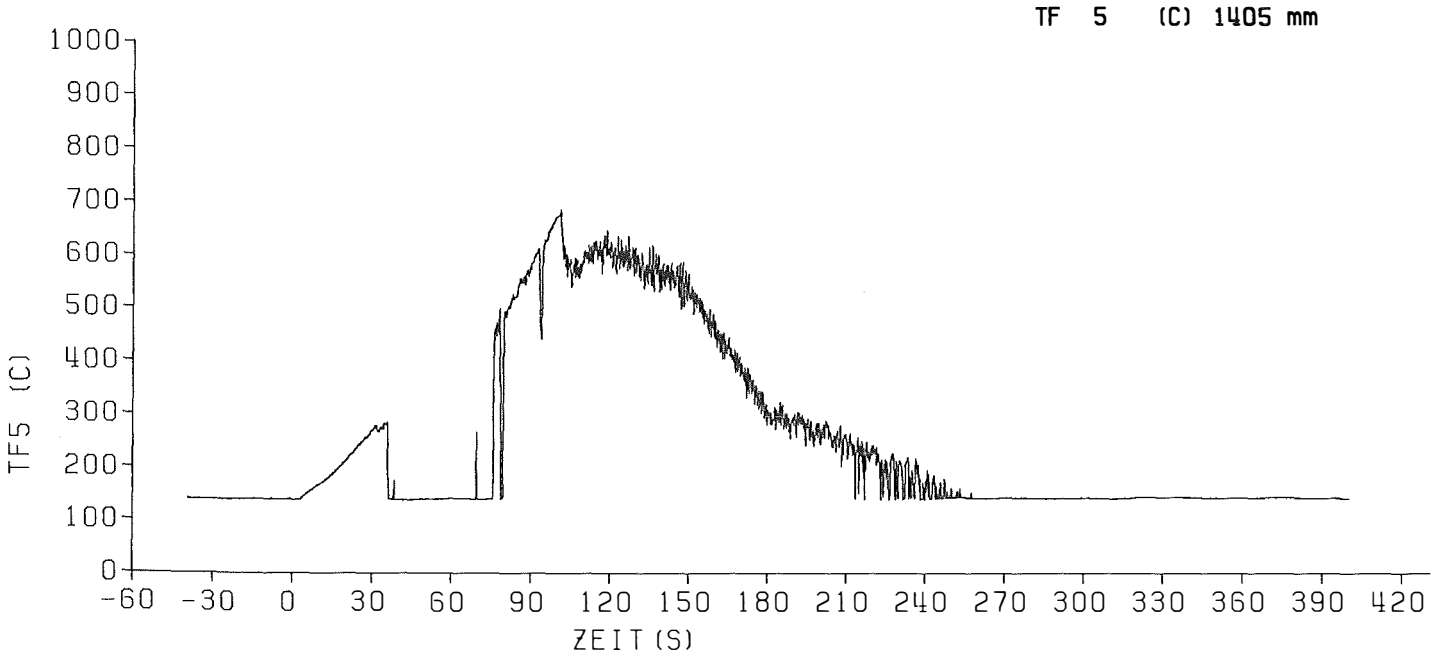
REBEKA 6
Abb: 70 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



REBEKA 6
Abb: 71 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal

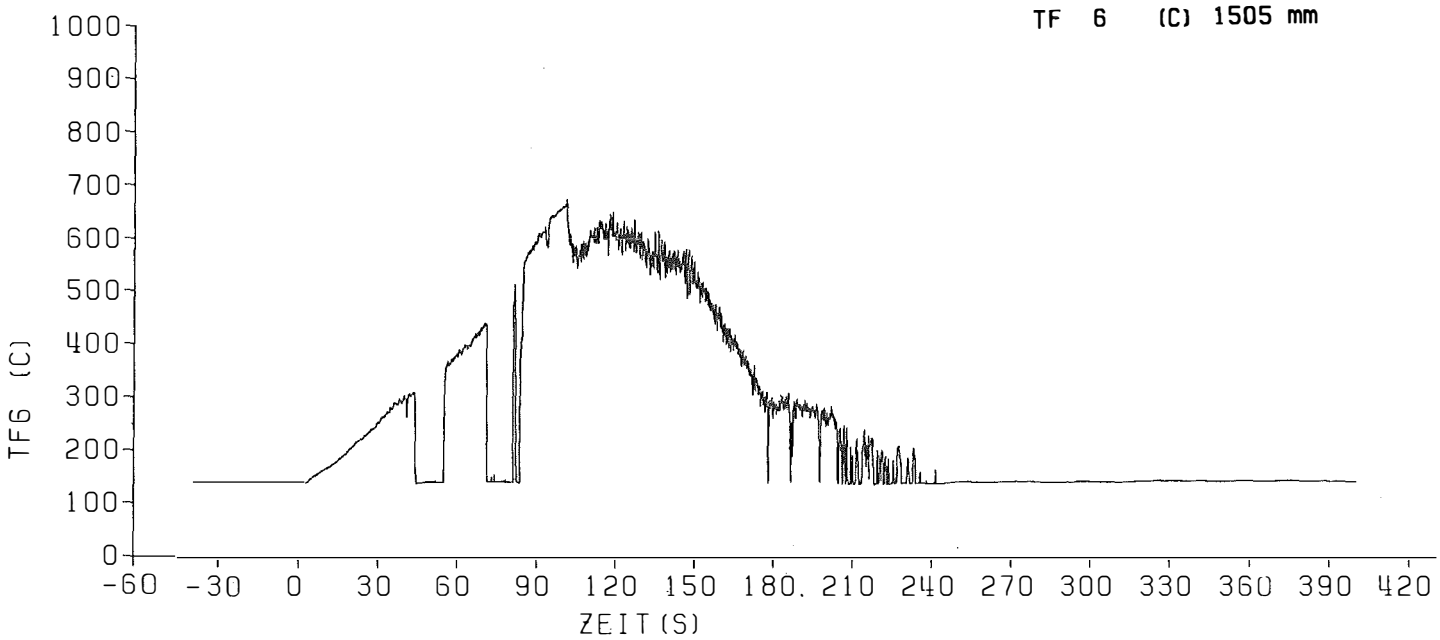


REBEKA 6
Abb: 72 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



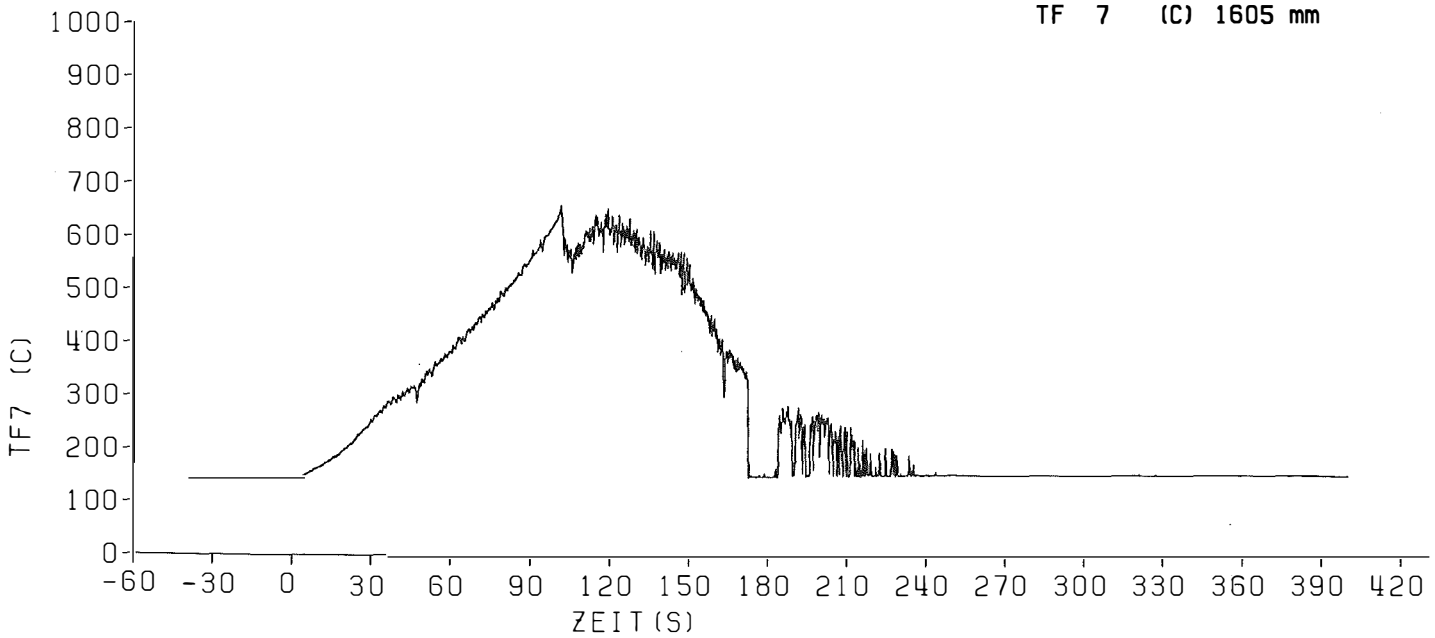
IRB

REBEKA 6
Abb:73 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal

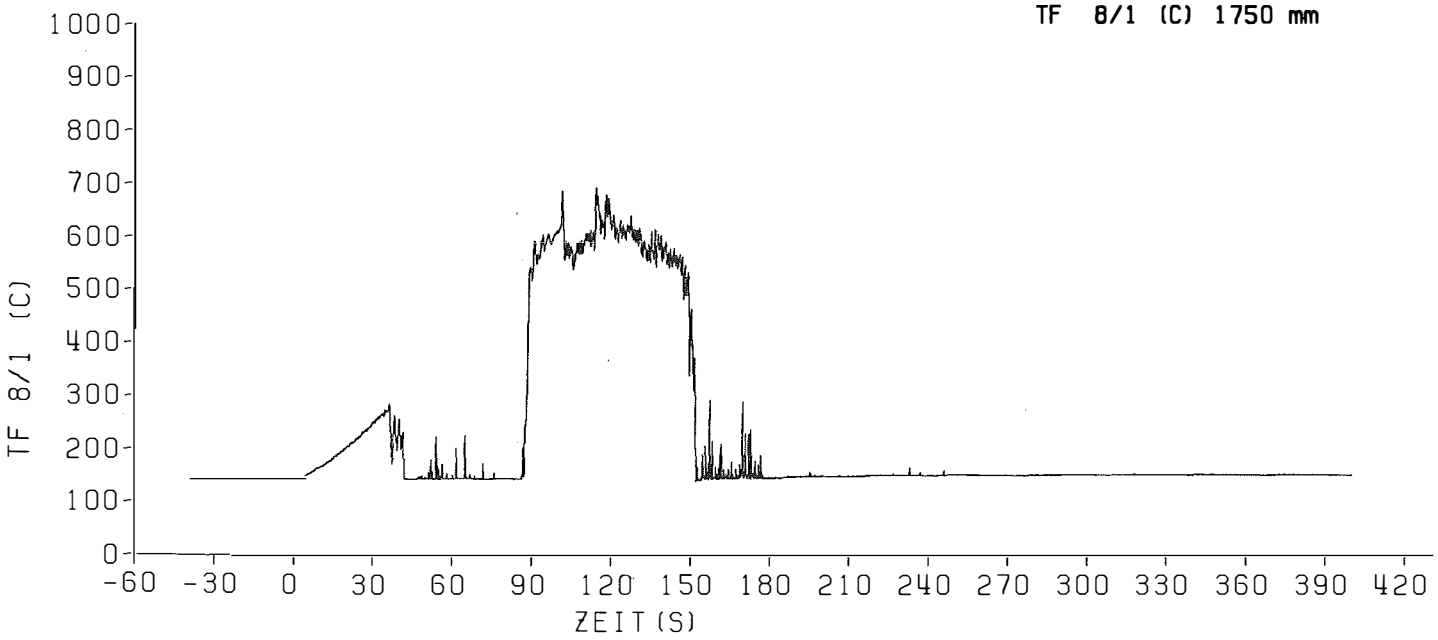


IRB

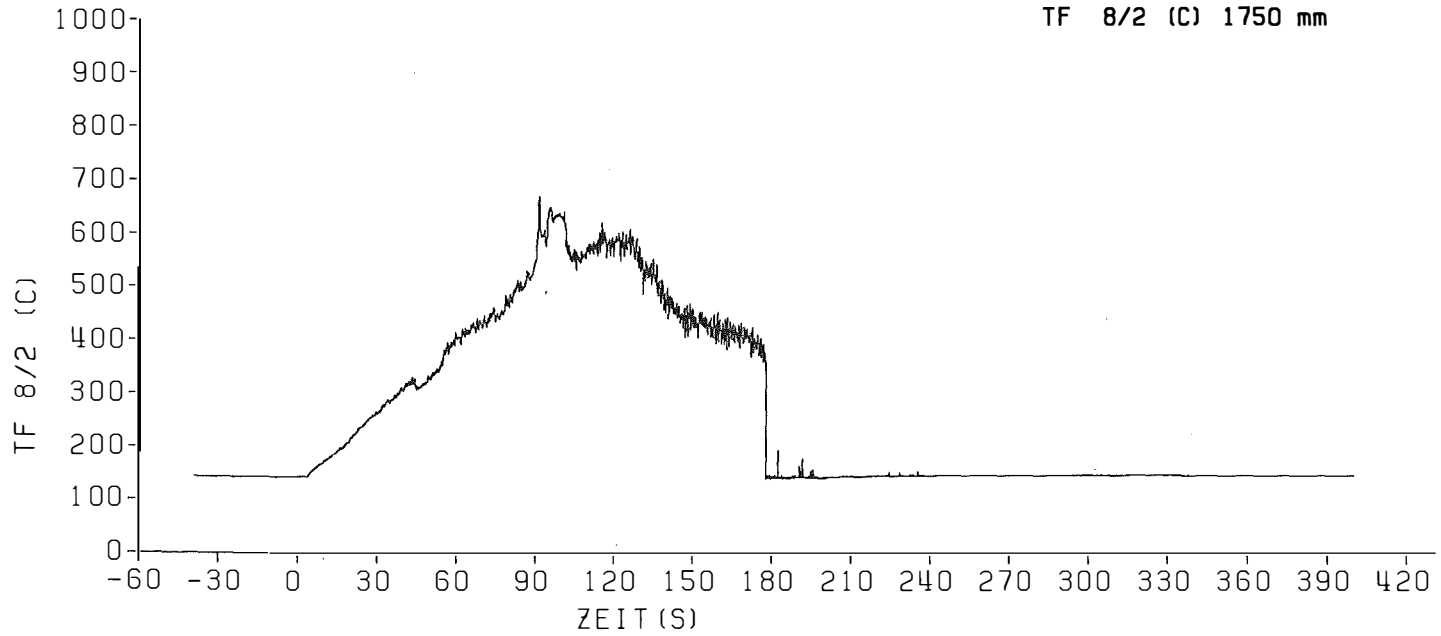
REBEKA 6
Abb:74 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



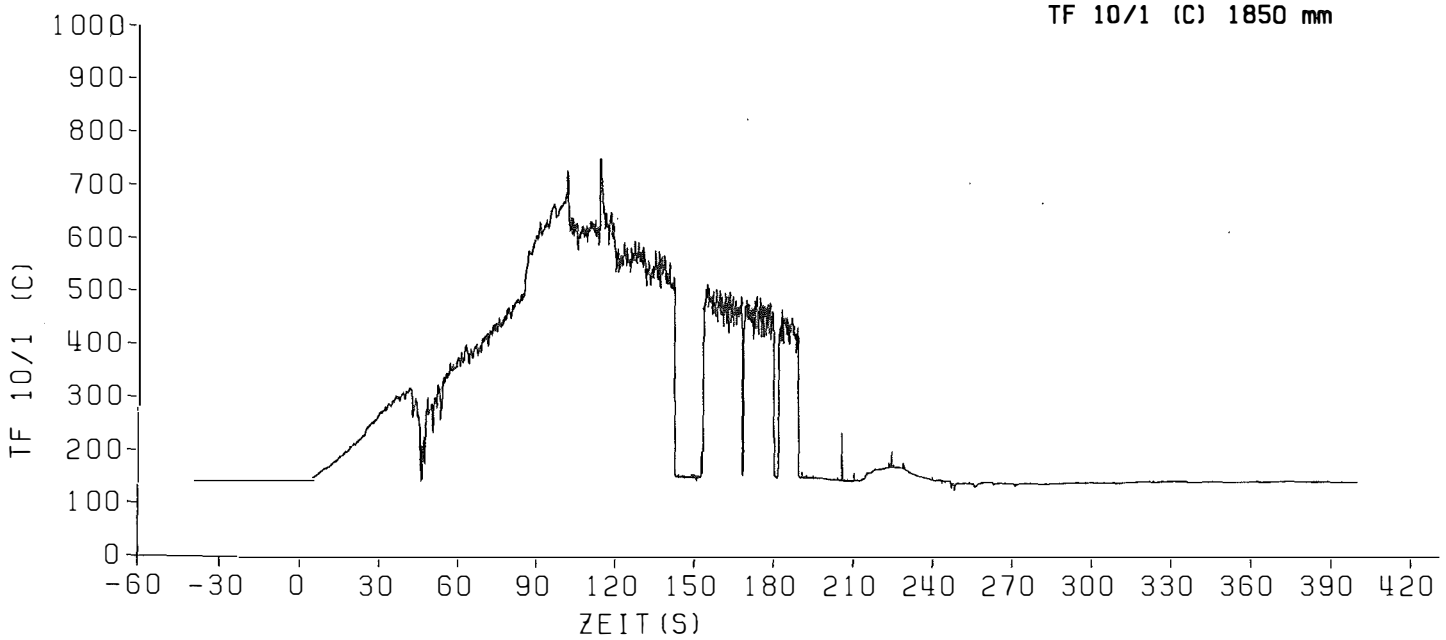
REBEKA 6
Abb: 75 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



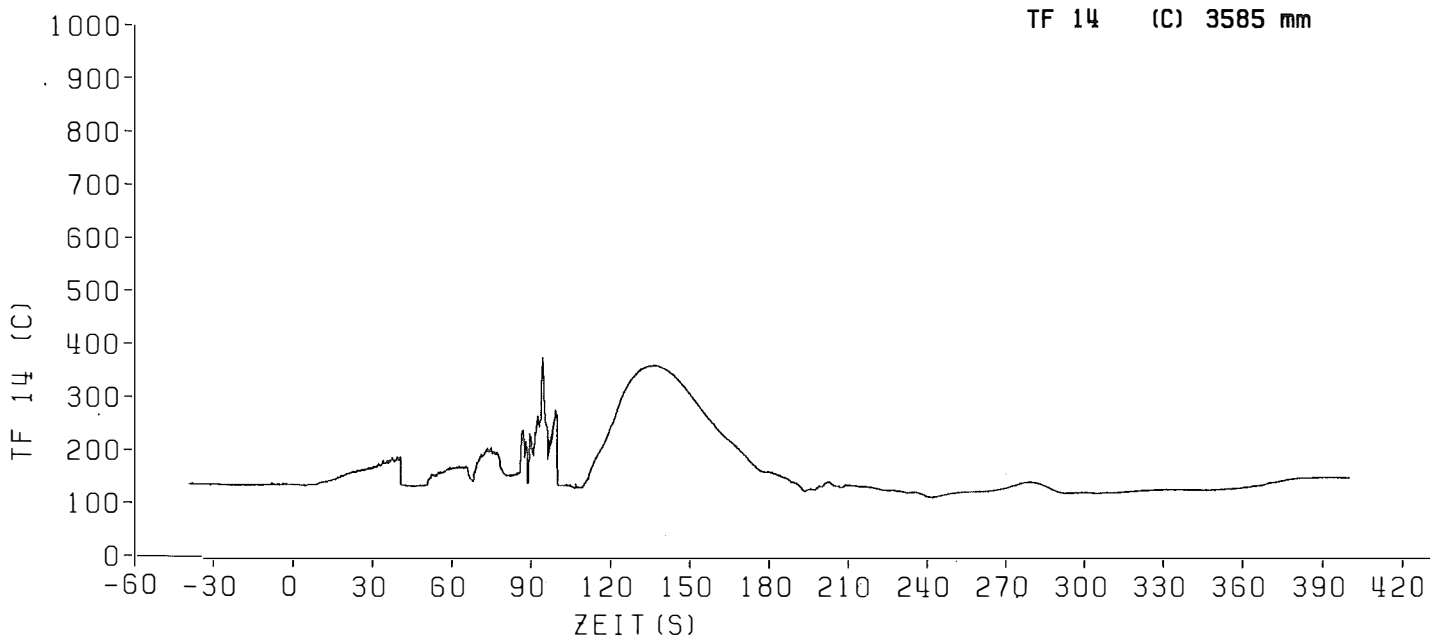
REBEKA 6
Abb: 76 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



REBEKA 6
Abb: 77 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



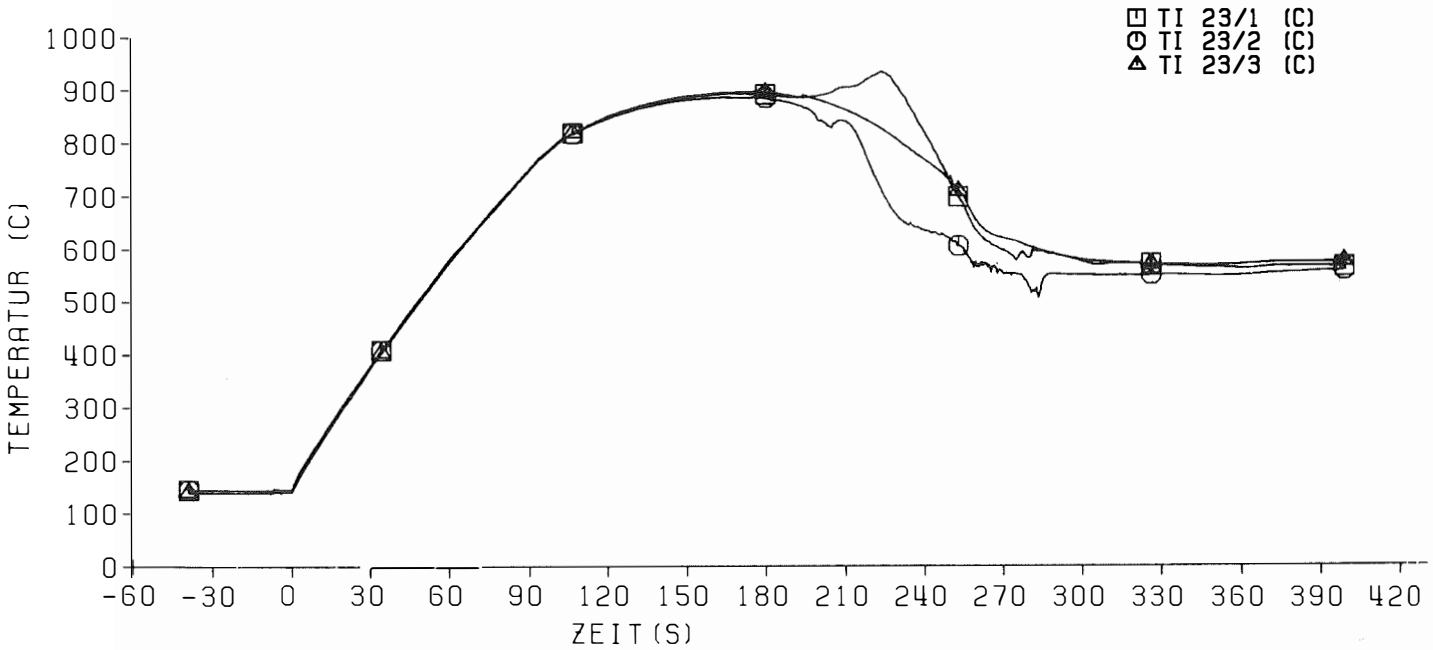
REBEKA 6
Abb: 78 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal



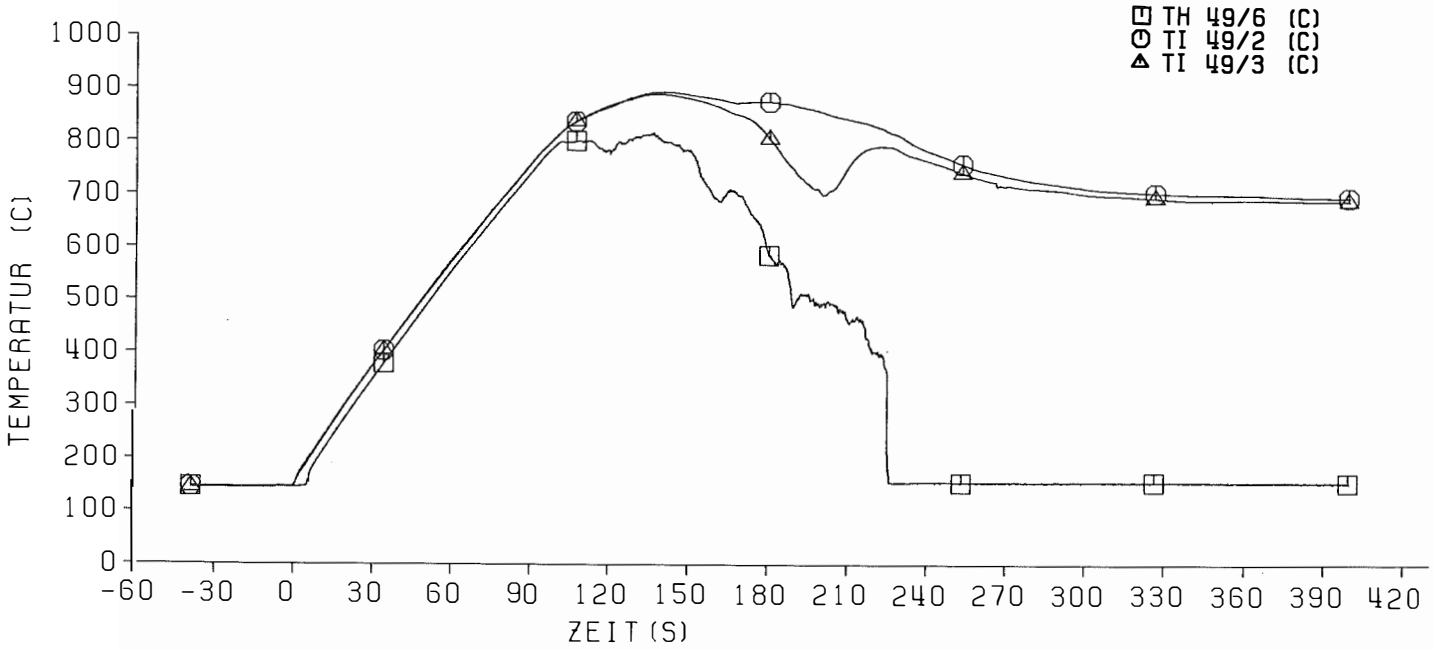
REBEKA 6
Abb: 79 Fluidtemperatur im zentralen Unterkanal

3.5 Alle Hüllrohr- und Heizstabhüllentemperaturverläufe in axialer Mittelebene.

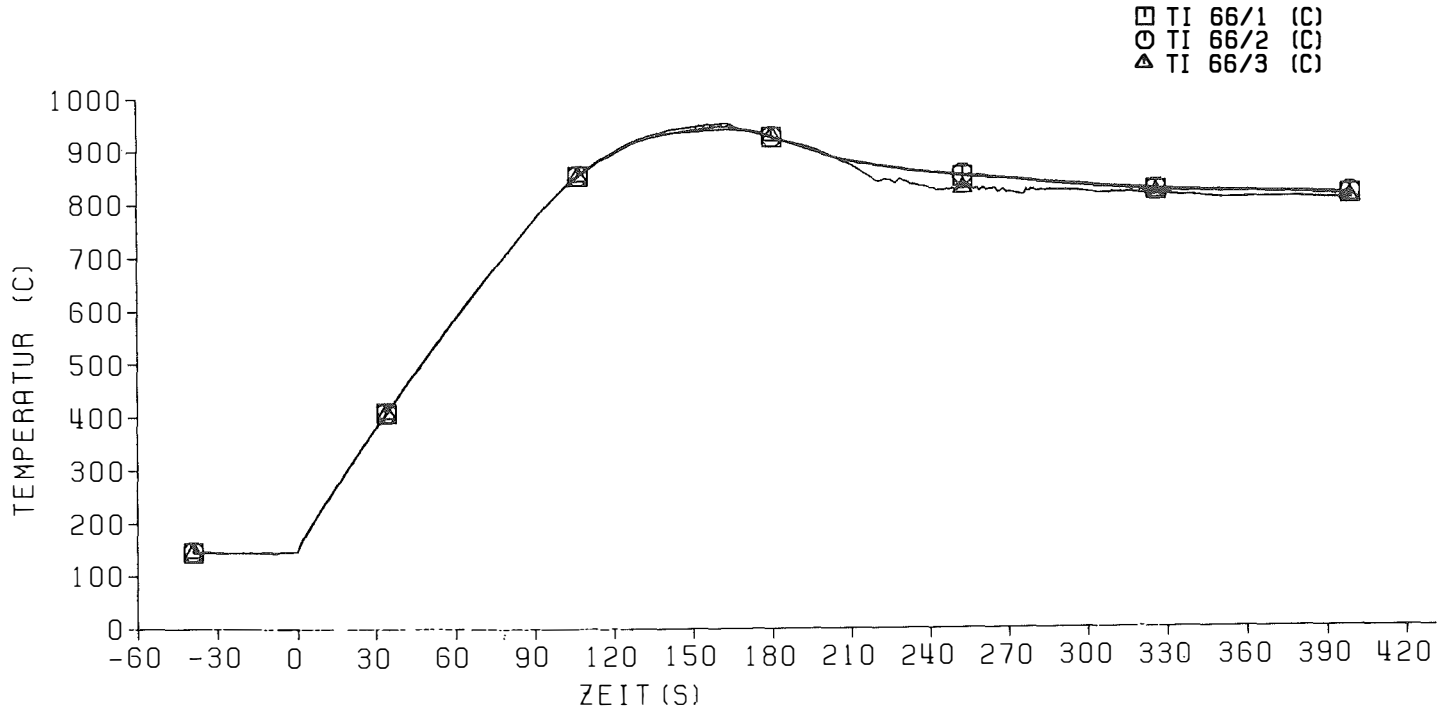
(Abbn. 80 - 96)



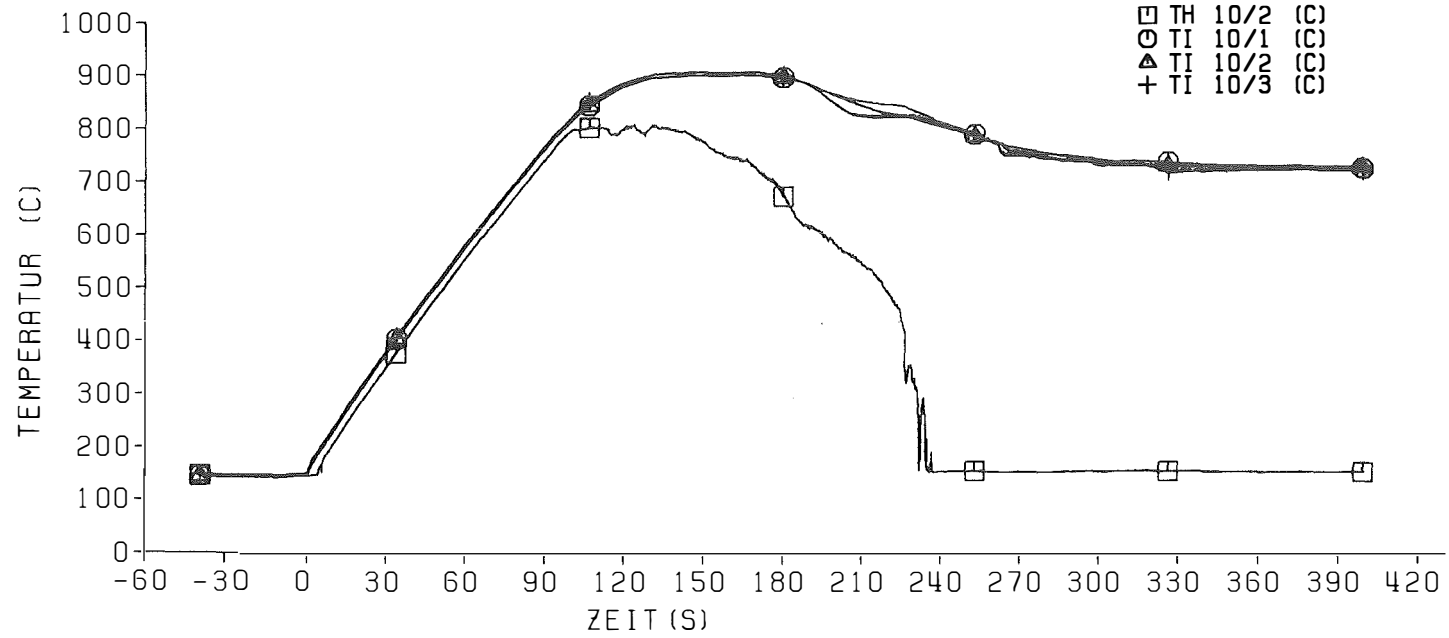
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 80 Innentemperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 23



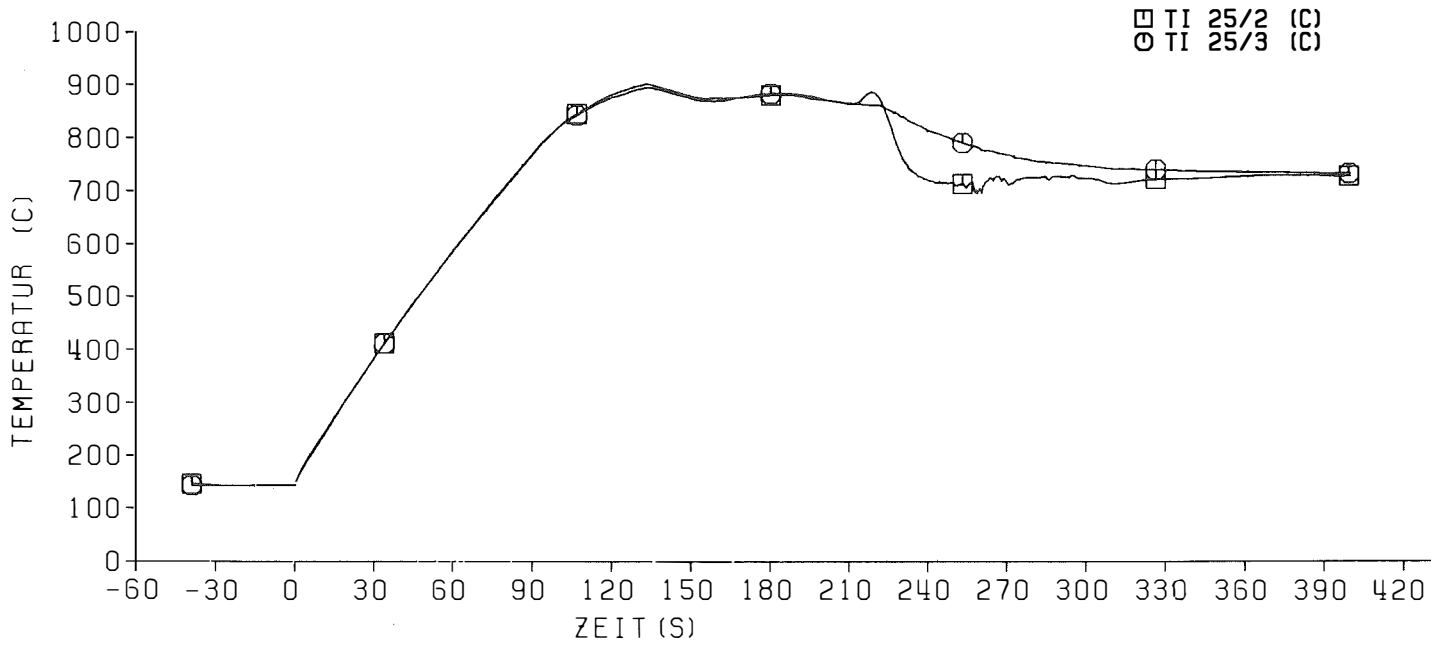
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 81 Hüllrohr-und Innentemperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 49



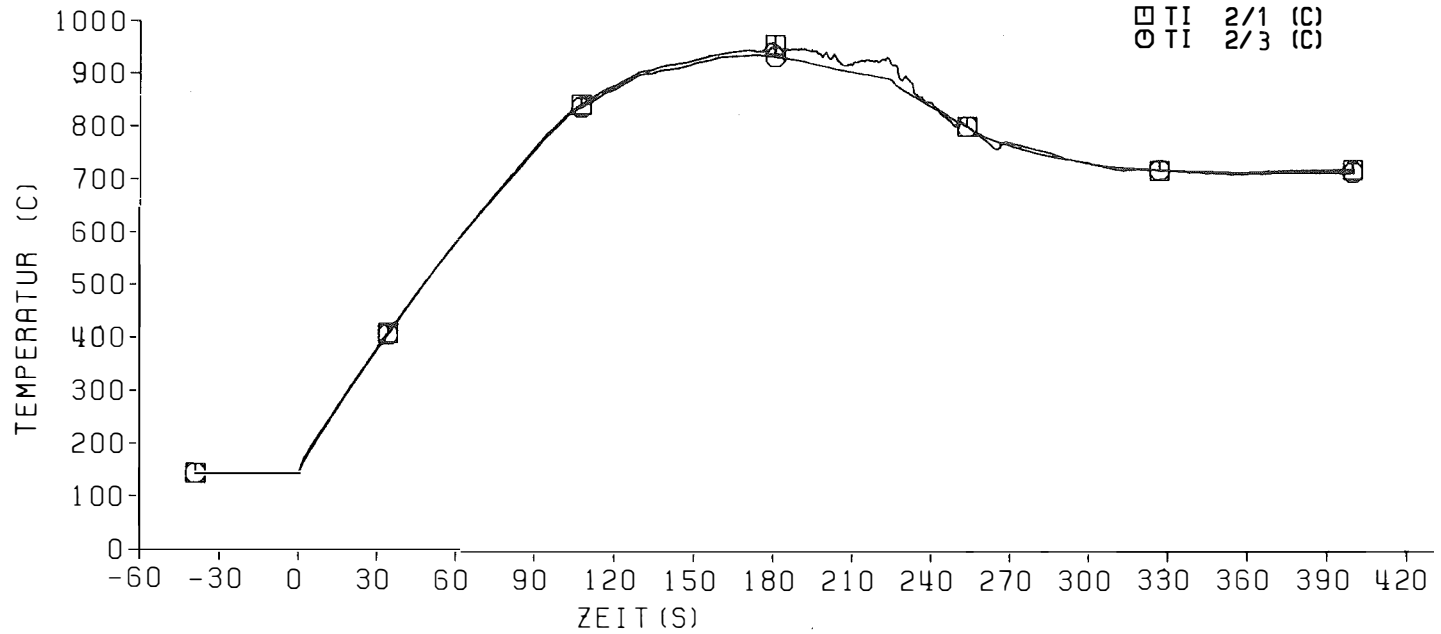
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 82 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 66



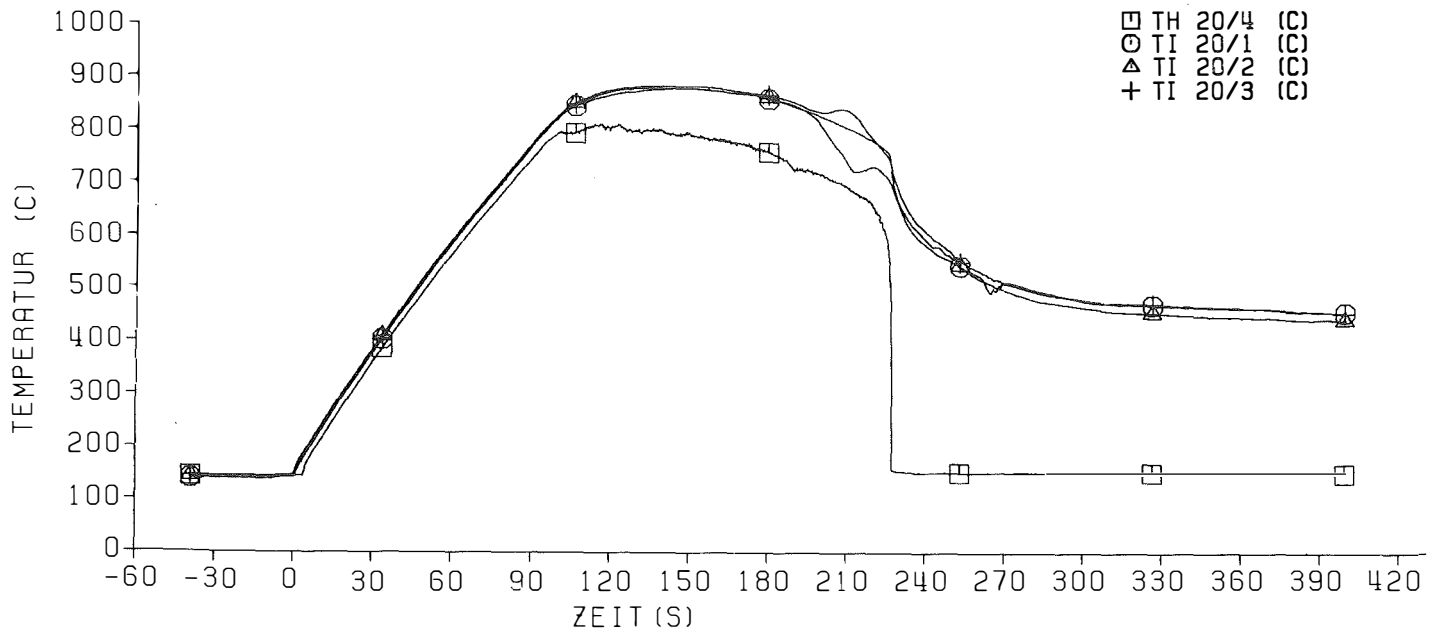
REBEKA 6 23.04.83
Abb:83 Hüllrohr-und Innen-Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 10



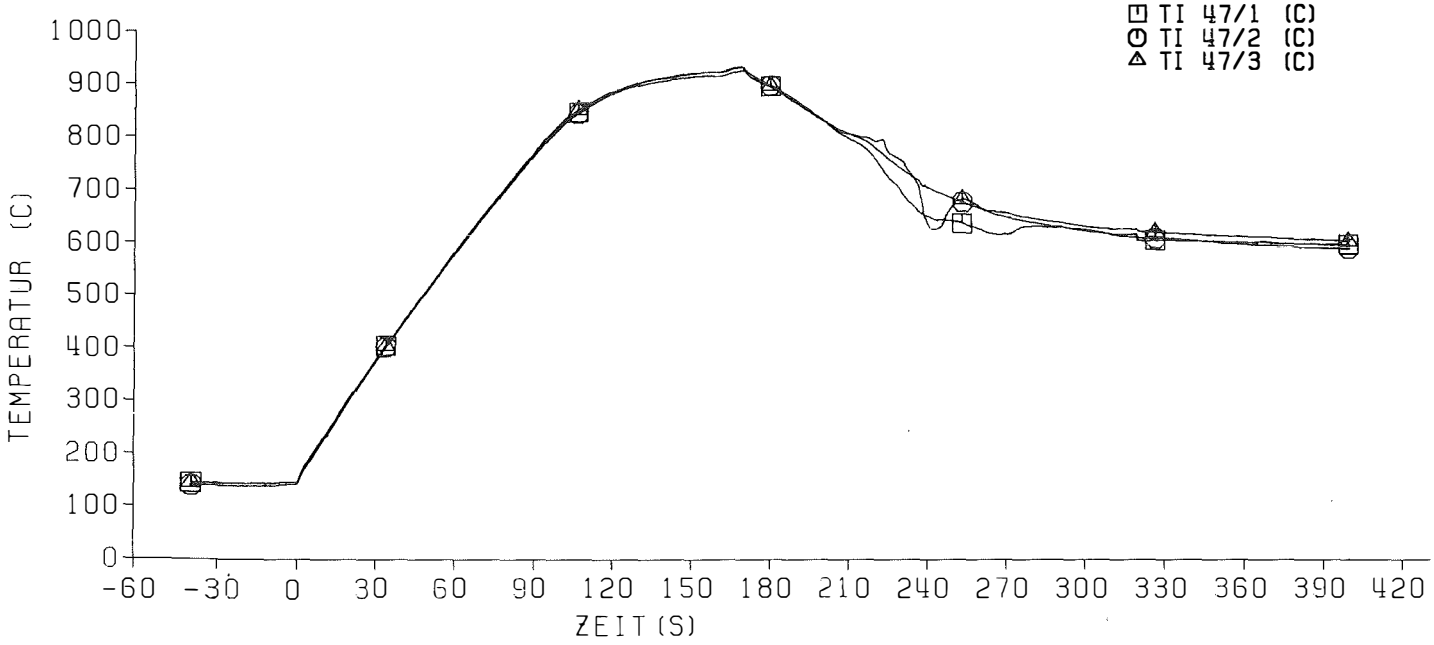
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 84 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 25



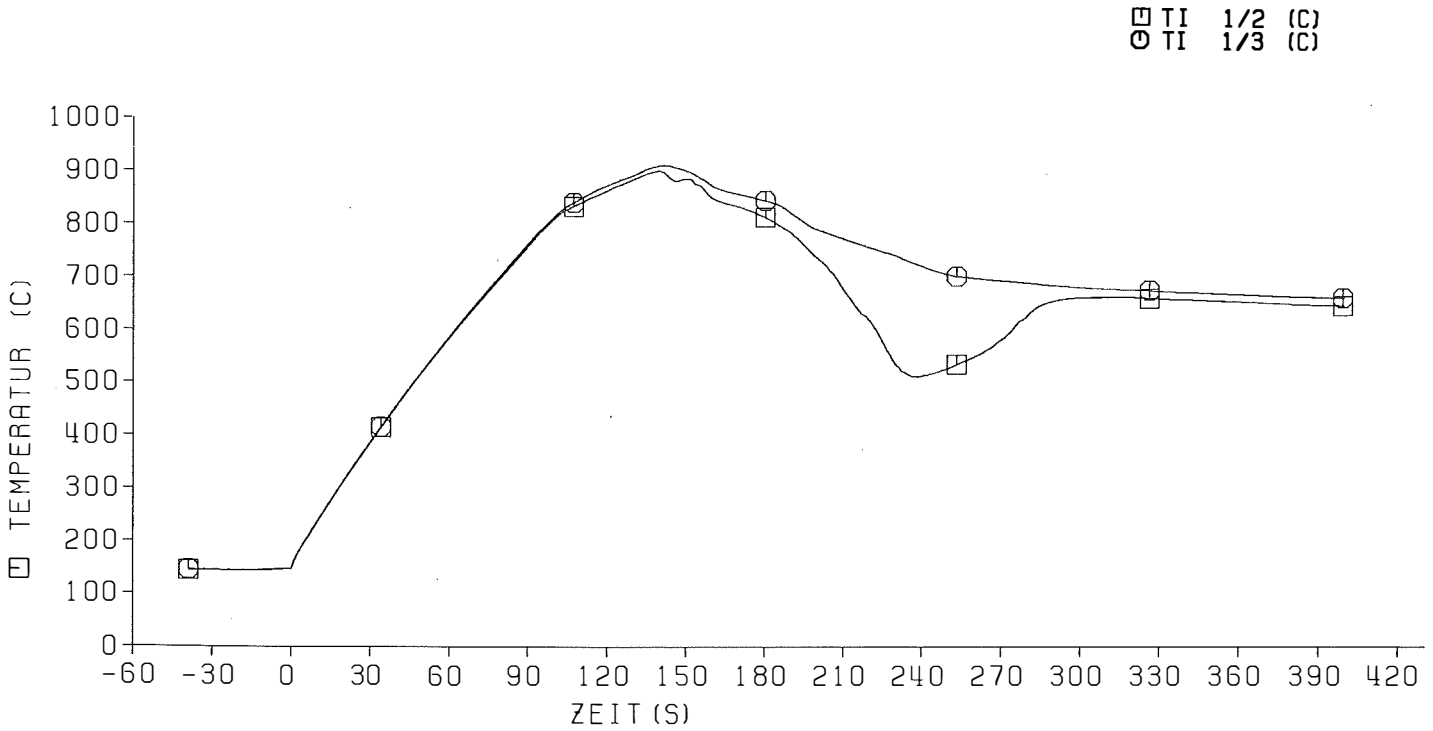
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 85 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 2



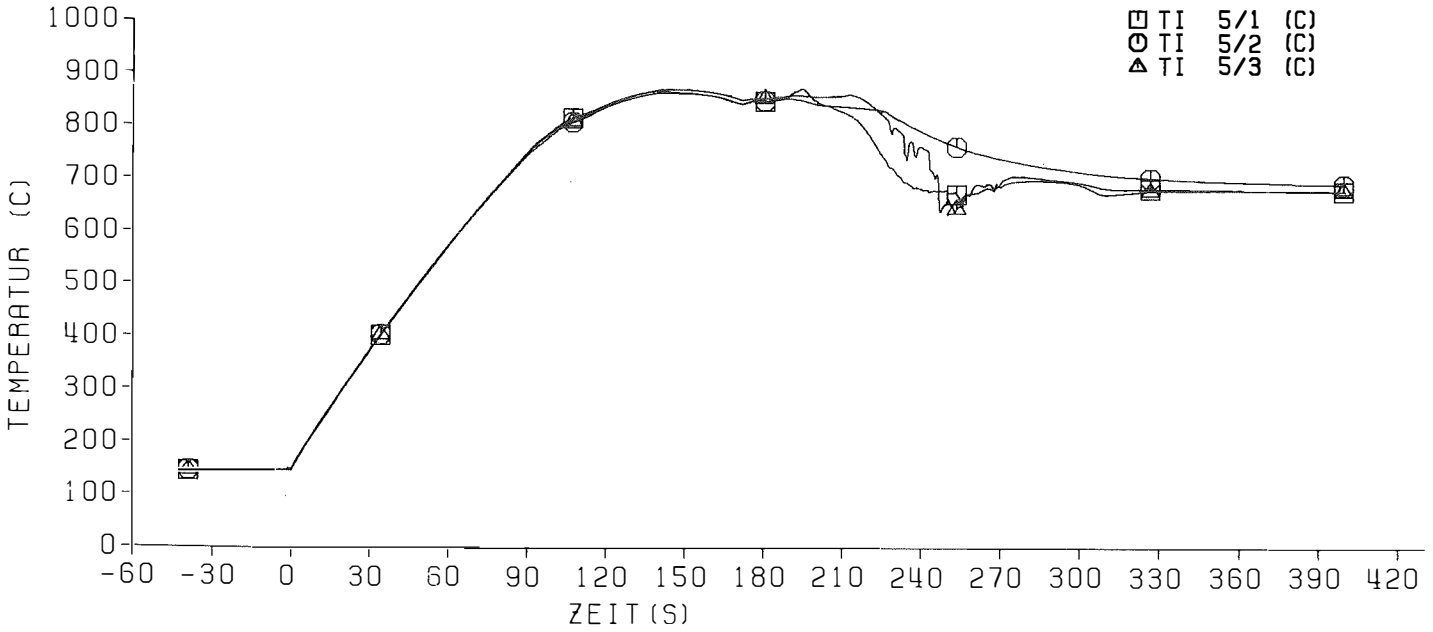
REBEKA 6 23.04.83
Abb:86 Hüllrohr-und Innen-Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 20



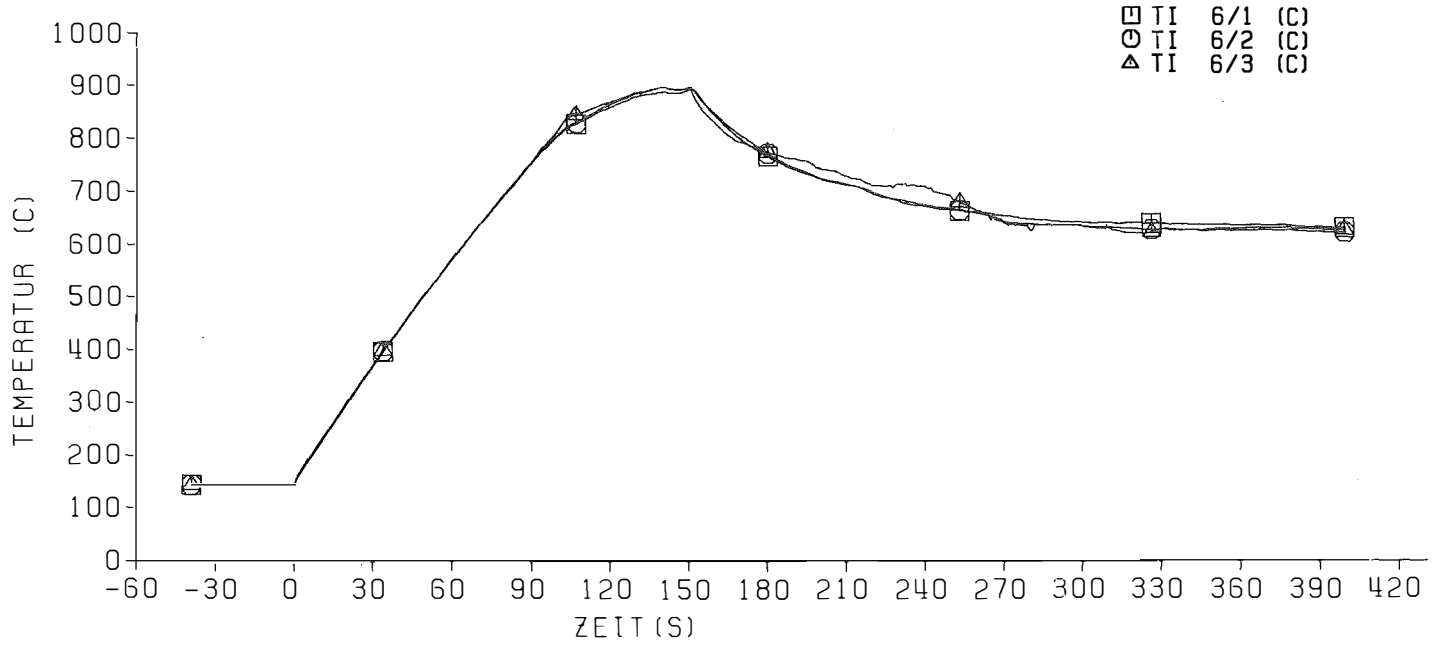
REBEKA 6 23.04.83
Abb:87 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 47



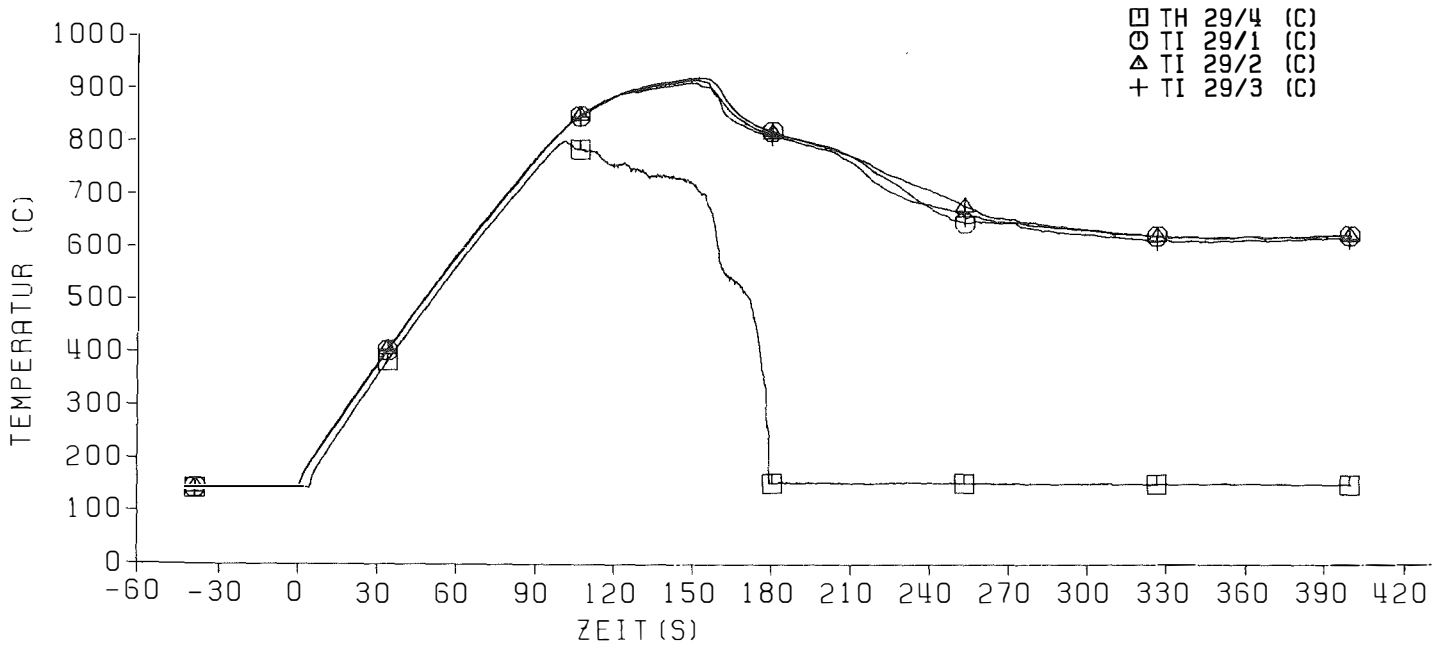
REBEKA 6
Abb:88 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 1



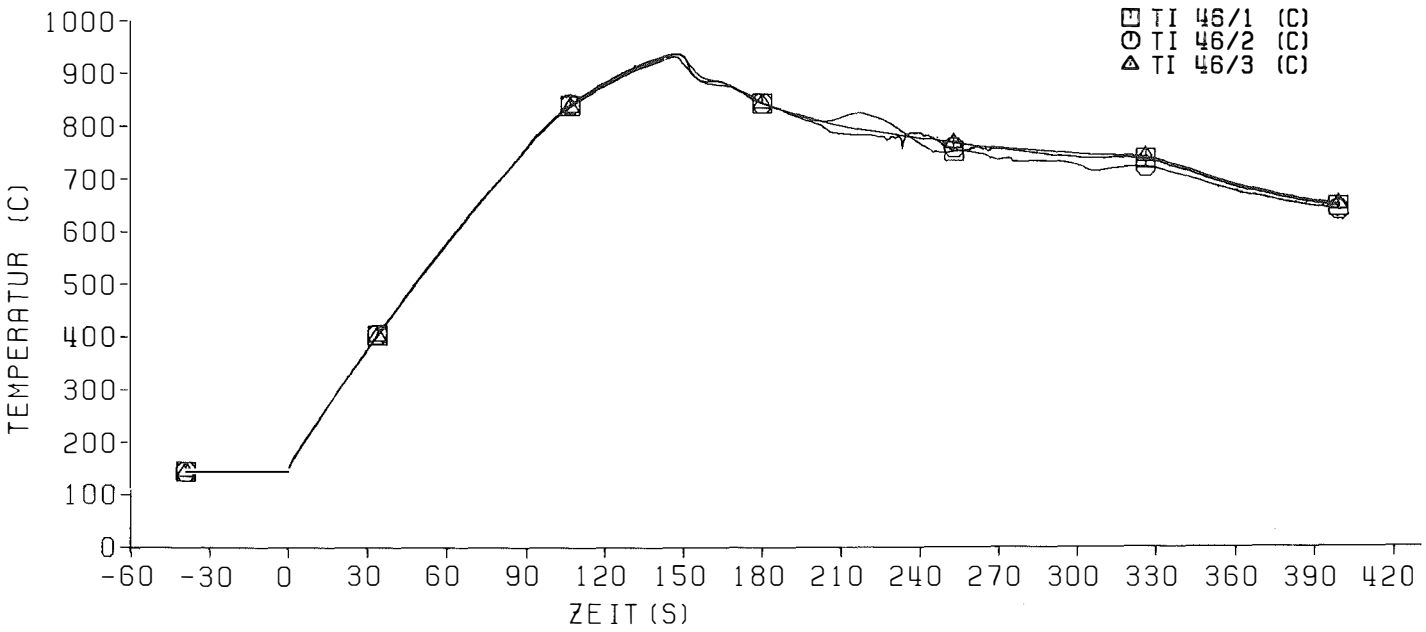
REBEKA 6 23.04.83
Abb:89 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 5



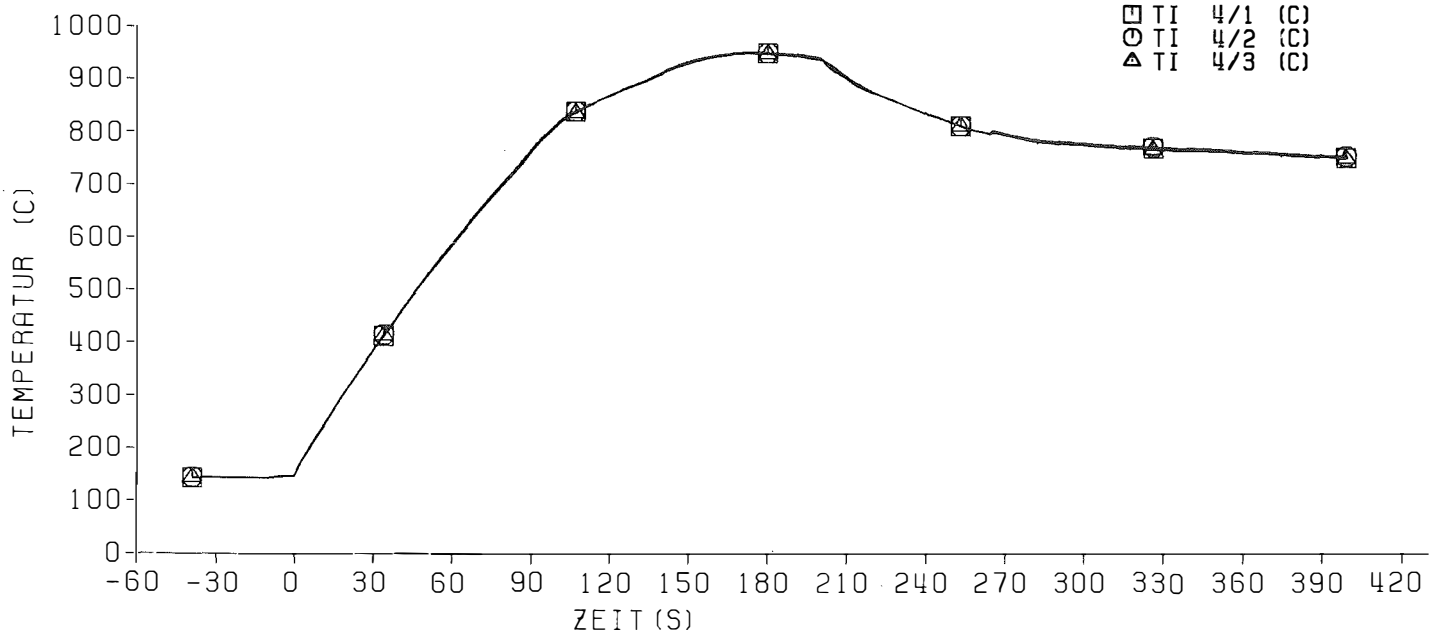
REBEKA 6 23.04.83
Abb:90 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 6



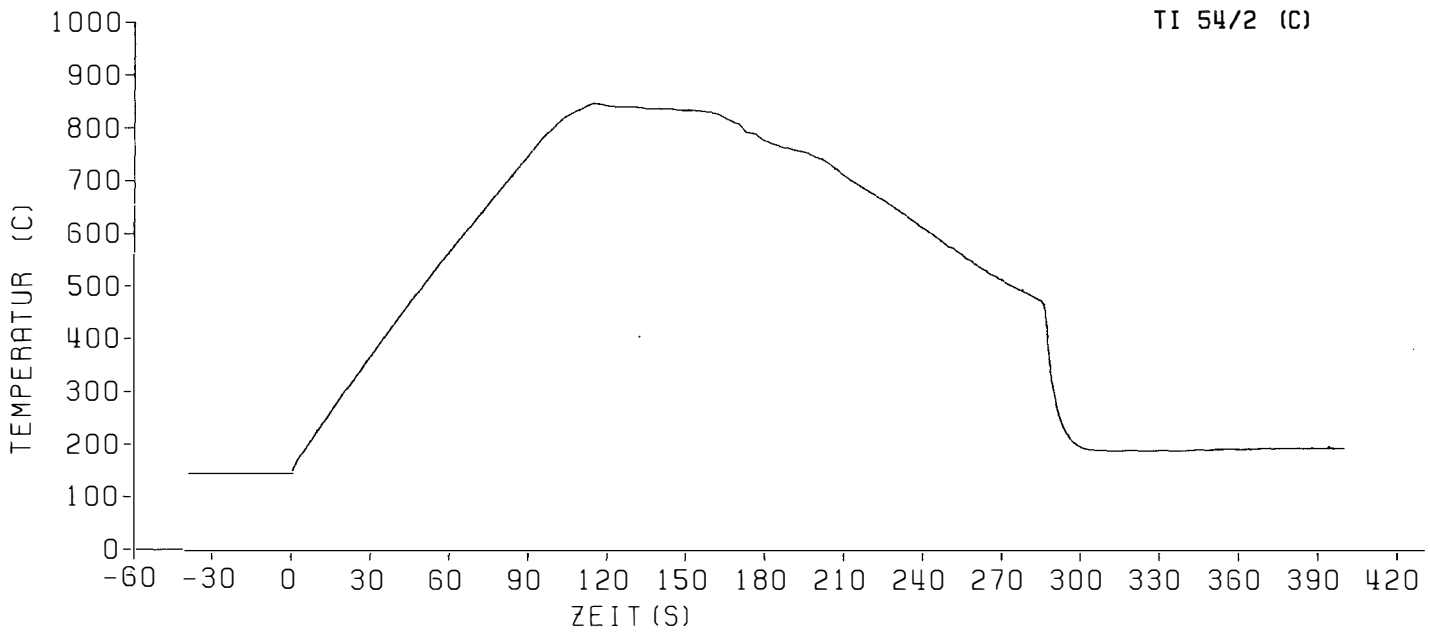
REBEKA 6 23.04.83
Abb:91 Hüllrohr-und Innen-Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 29



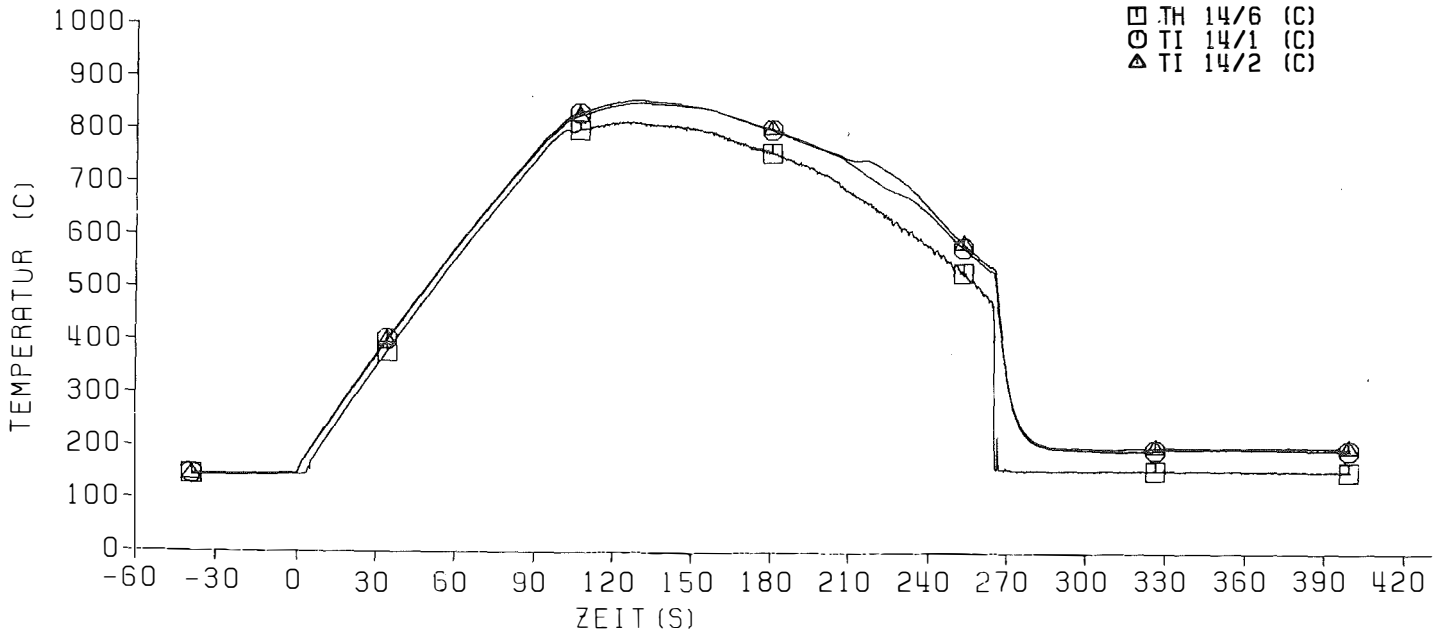
REBEKA 6 23.04.83
Abb:92 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 46



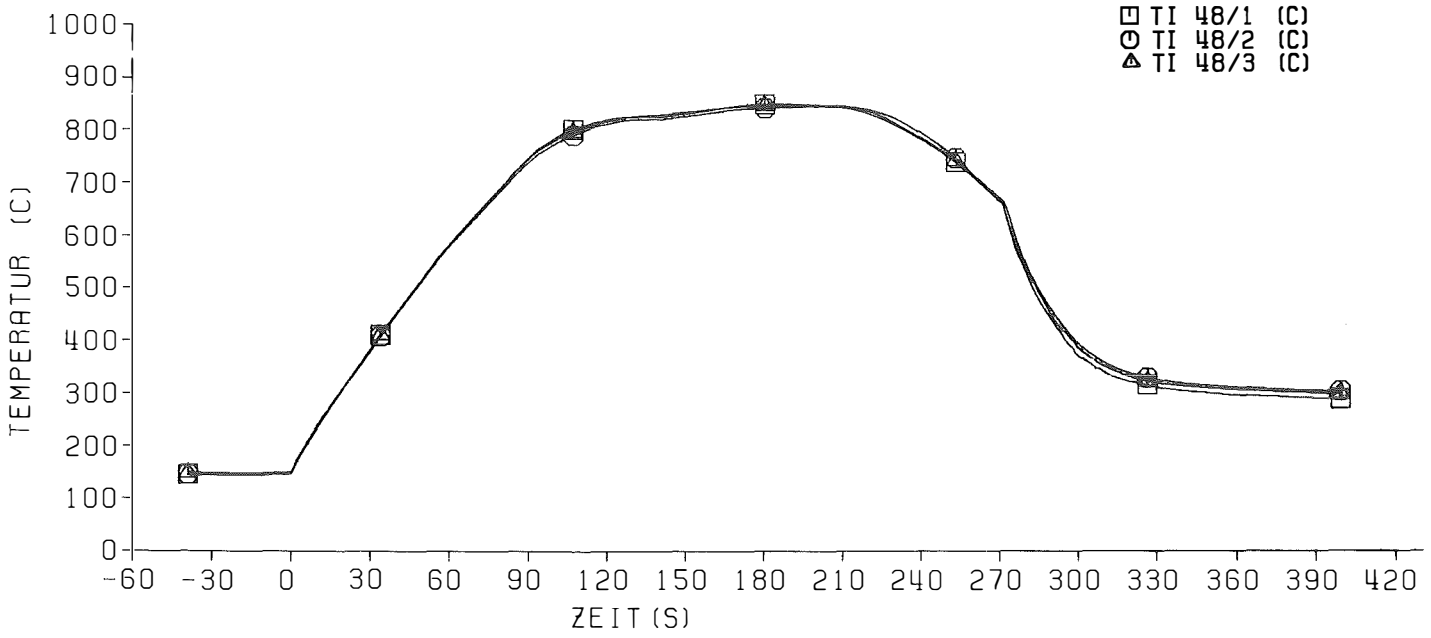
REBEKA 6 23.04.83
Abb:93 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 4



REBEKA 6 23.04.83
Abb:94 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab:54



REBEKA 6 23.04.83
Abb:95 Hüllrohr-und Innen-Temperaturverlauf in axialer Mittelebene von Stab: 14



REBEKA 6 23.04.83
Abb: 96 Innentemperaturverlaufin axialer Mittelebene von Stab: 48

3.6 Axiale Hüllrohrtemperaturverläufe

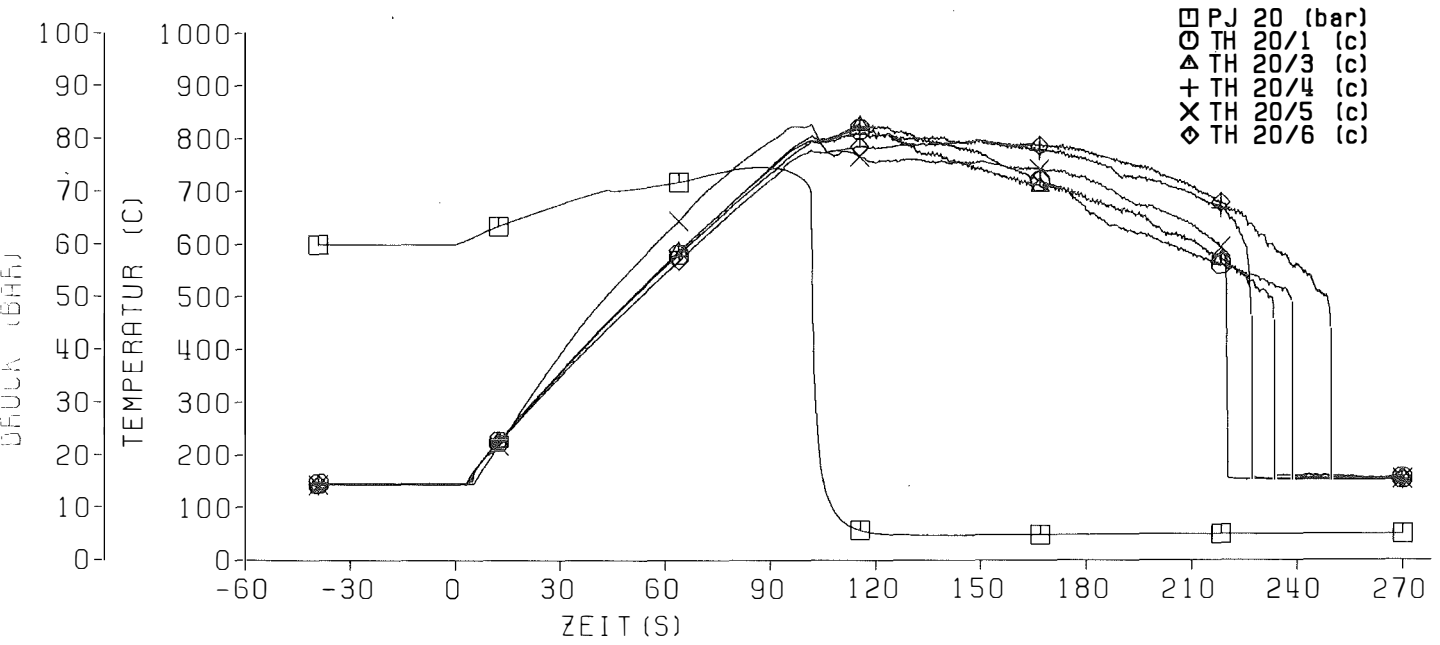
- axiale Temperaturen im Bereich zwischen den mittleren Abstandshaltern 4 und 5 sowie den dazugehörigen Innendrücken.
  Stab-Nr. 20 (Abb. 97)
  Stab-Nr. 29 (Abb. 98)

- axiale Temperaturen über die volle Stablänge
  Stab 49 (Abb. 99)
  Stab 14 (Abb. 100)

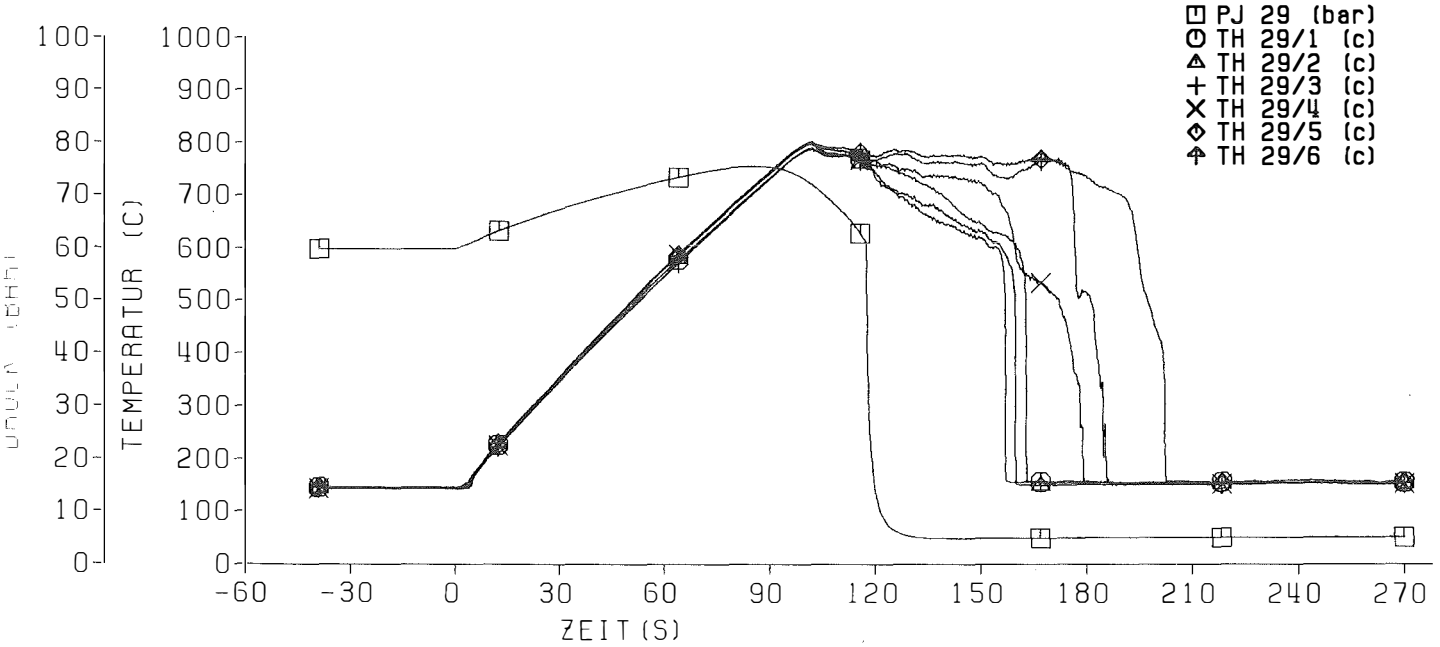
3.7 Axialer Temperaturverlauf am Bündelkasten (Abb. 101)

3.8 Fluidtemperaturen am Abstandshalter

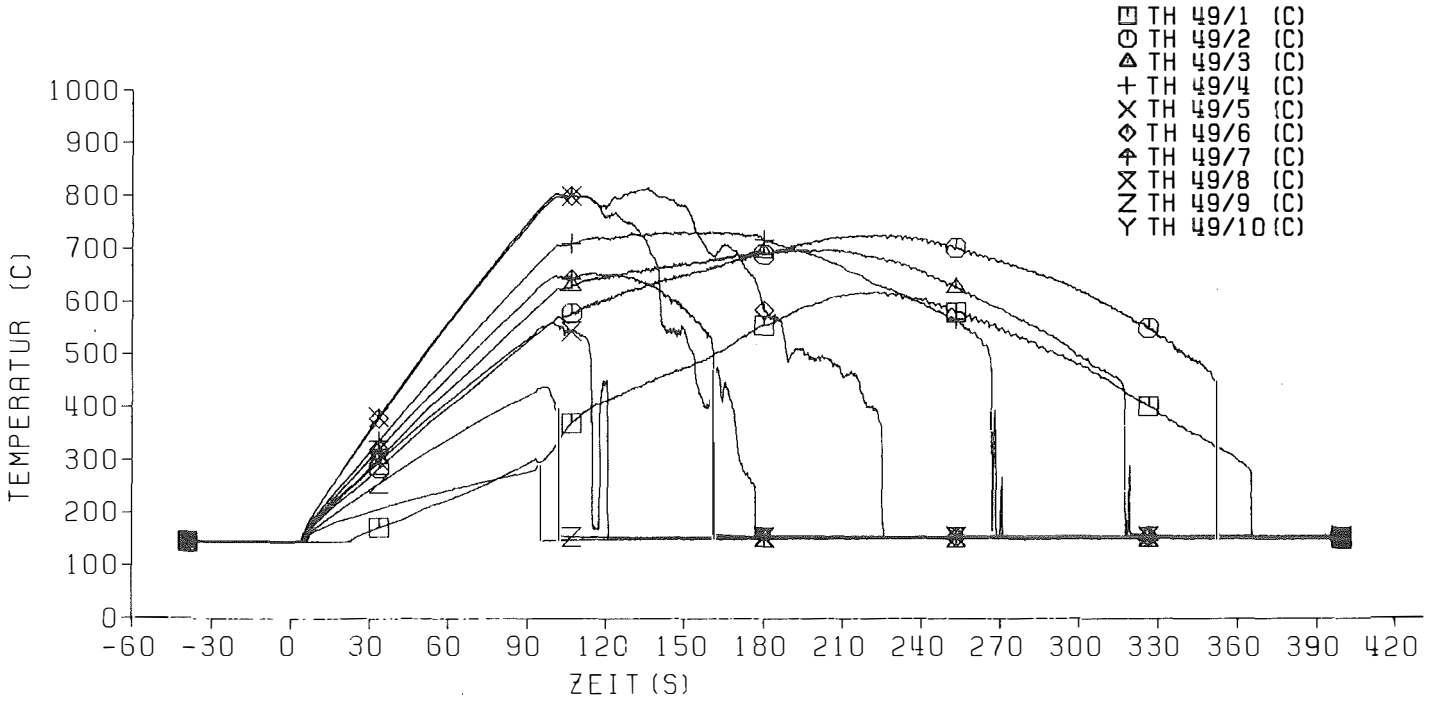
AH 1 (Abb. 102)
AH 4 (Abb. 103)
AH 5 (Abb. 104)
AH 8 (Abb. 105)



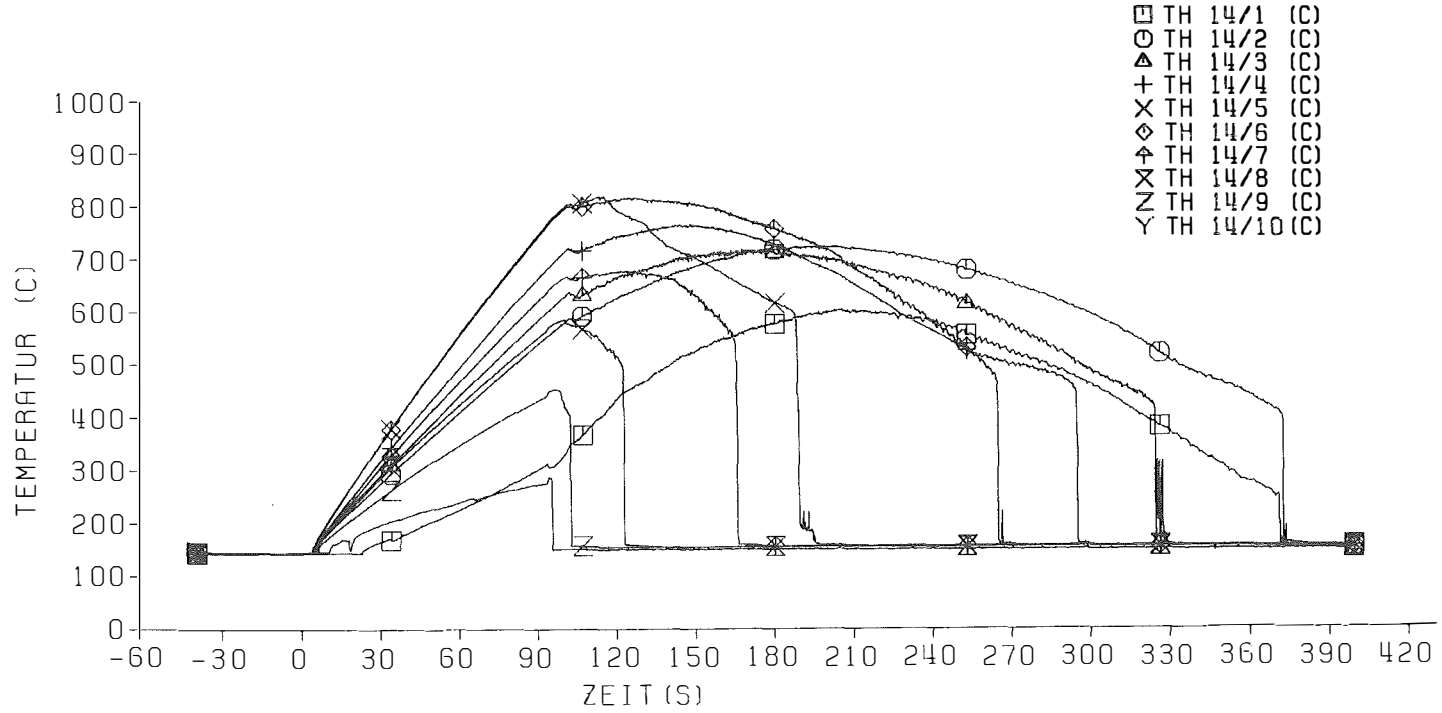
REBEKA 6 24.03.83
Abb: 97 Druck u. Temperaturverlauf zwischen den mittleren Abstandshaltern von Stab: 20



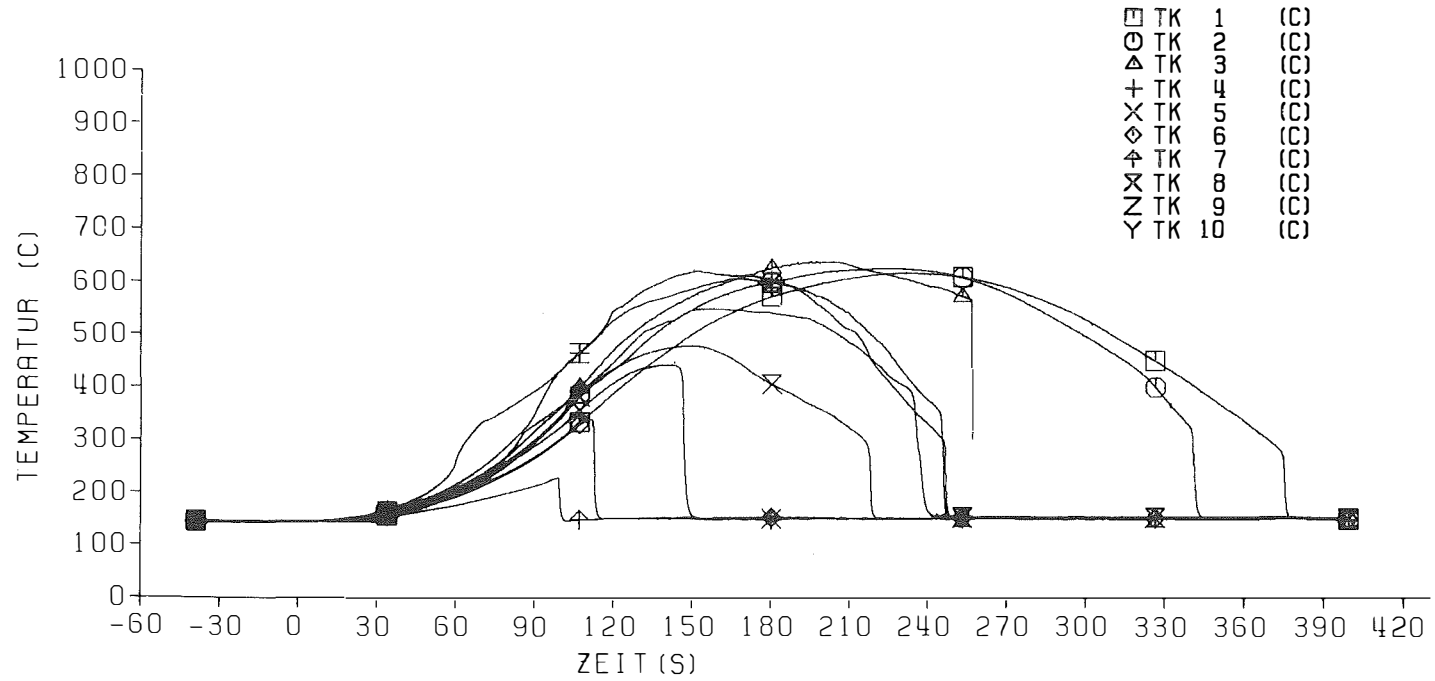
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 98 Druck-und Temperaturverlauf zwischen den mittleren Abstandshaltern von Stab: 29



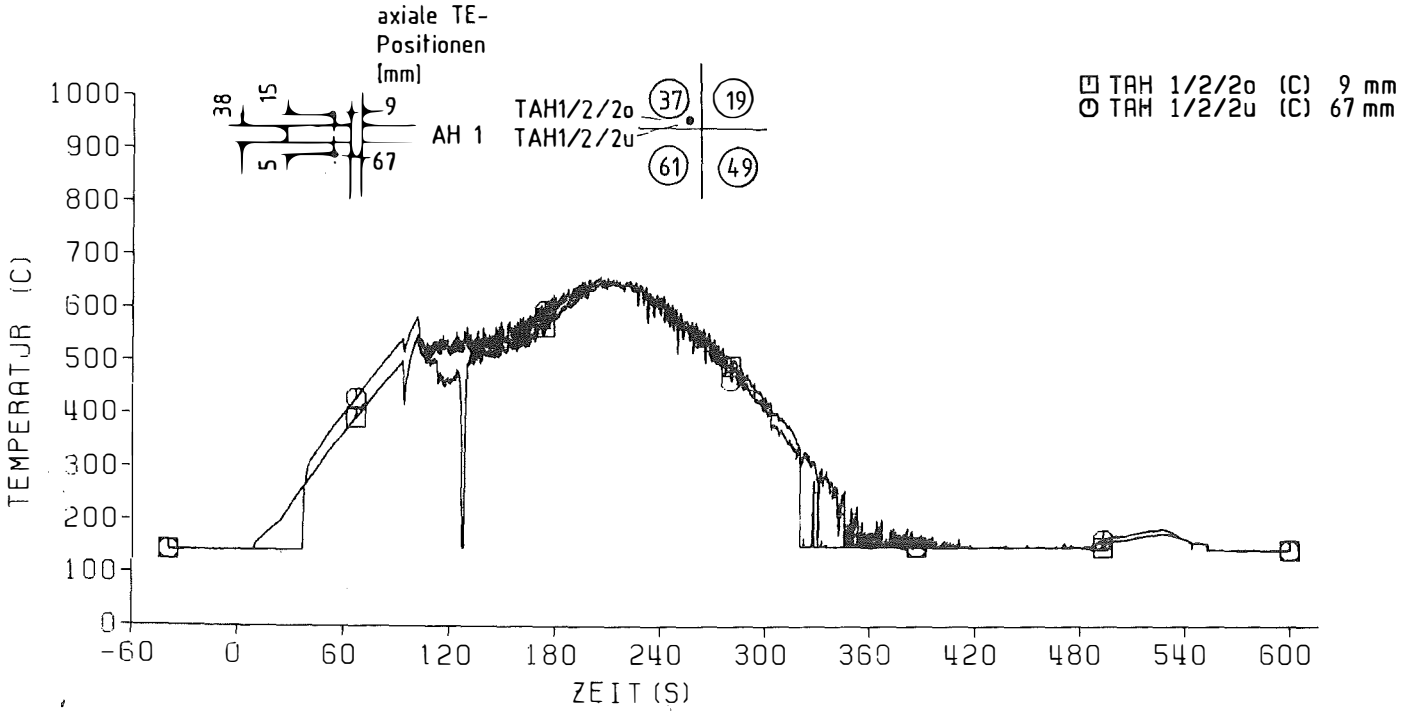
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 99 Axialer Temperaturverlauf über die ganze Stablänge von Stab:49



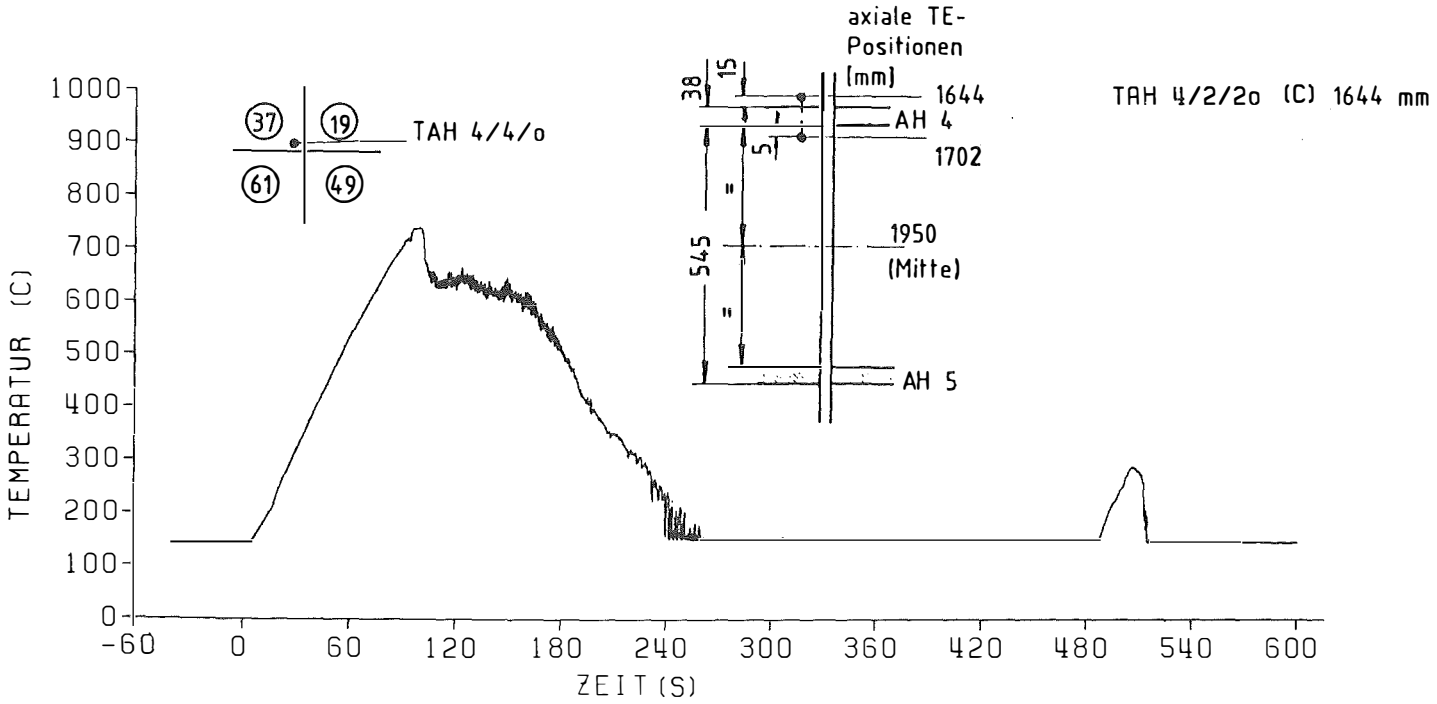
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 100 Axialer Temperaturverlauf über die ganze Stablänge von Stab:14



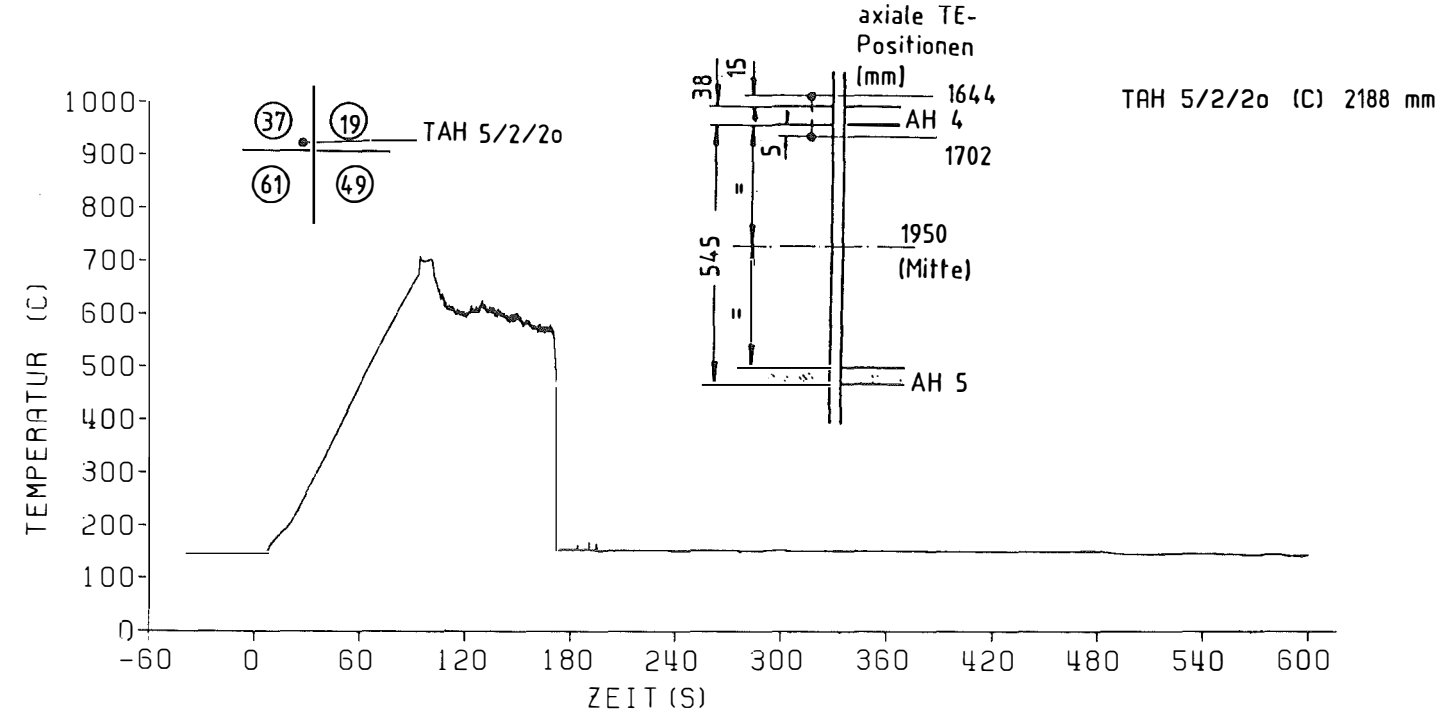
REBEKA 6 23.04.83
Abb: 101 Axialer Temperaturverlauf Bündelkasten



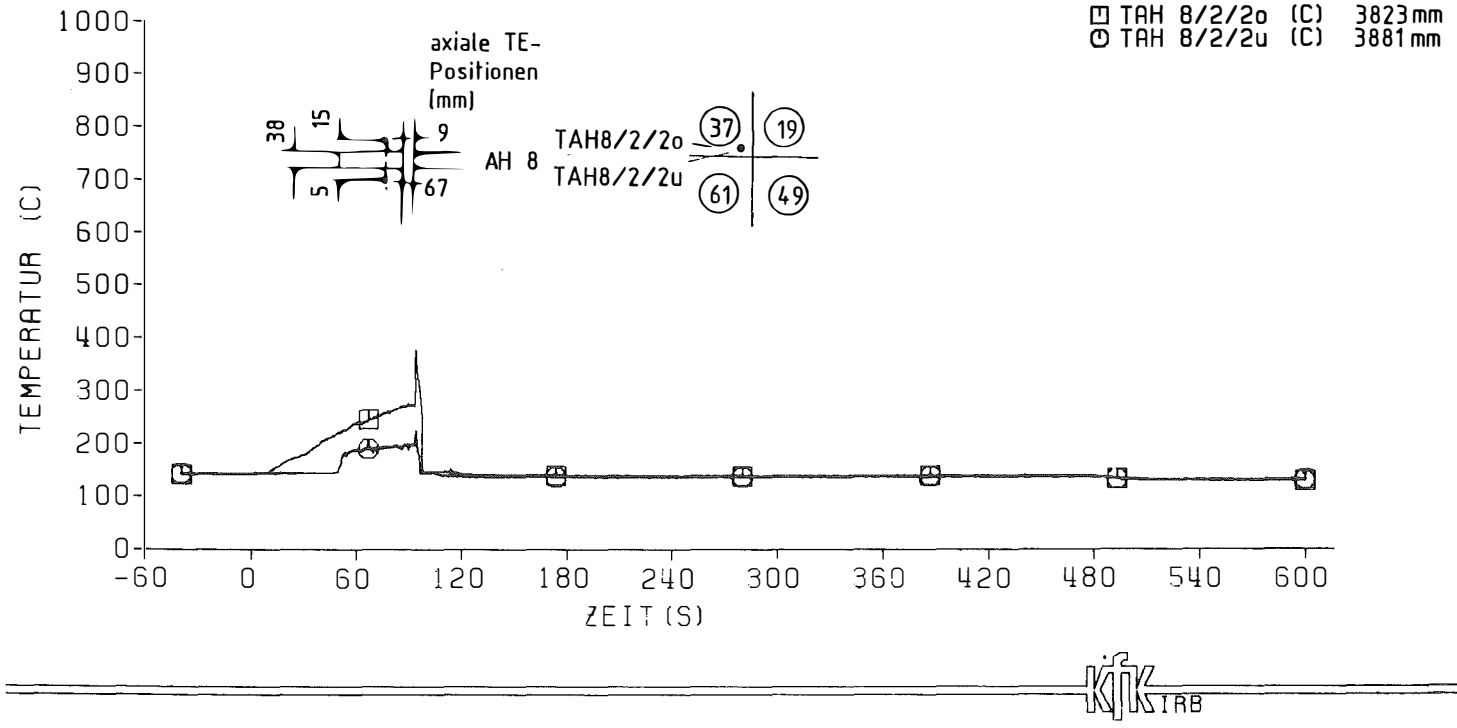
REBEKA 6 24.03.83
Abb:102 Fluidtemperaturen am Abstandshalter 1



REBEKA 6 24.03.83
Abb:103 Fluidtemperaturen am Abstandshalter 4



REBEKA 6 24.03.83
Abb: 104 Fluidtemperaturen am Abstandshalter 5



REBEKA 6 24.03.83
Abb: 105 Fluidtemperaturen am Abstandshalter 8

3.9 Umfangsdehnungen der Zircaloy-4-Hüllrohre

Nach Entfernen des Bündelkastens werden die Brennstabsimultoren 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 ^{o} 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.

Berstdehnungen und Berstlagen	(Abb. 106)
Umfangsdehnungsprofile	
- aller Hüllrohre einzeln	(Abbn. 107 - 152)
- aller 48 Hüllrohre zusammen	(Abb. 153)
- der Hüllrohre der 24 Innenstäbe	(Abb. 154)
- der Hüllrohre der 8 innersten Stäbe	(Abb. 155)

Entfernung vom oberen Ende der beheizten Länge

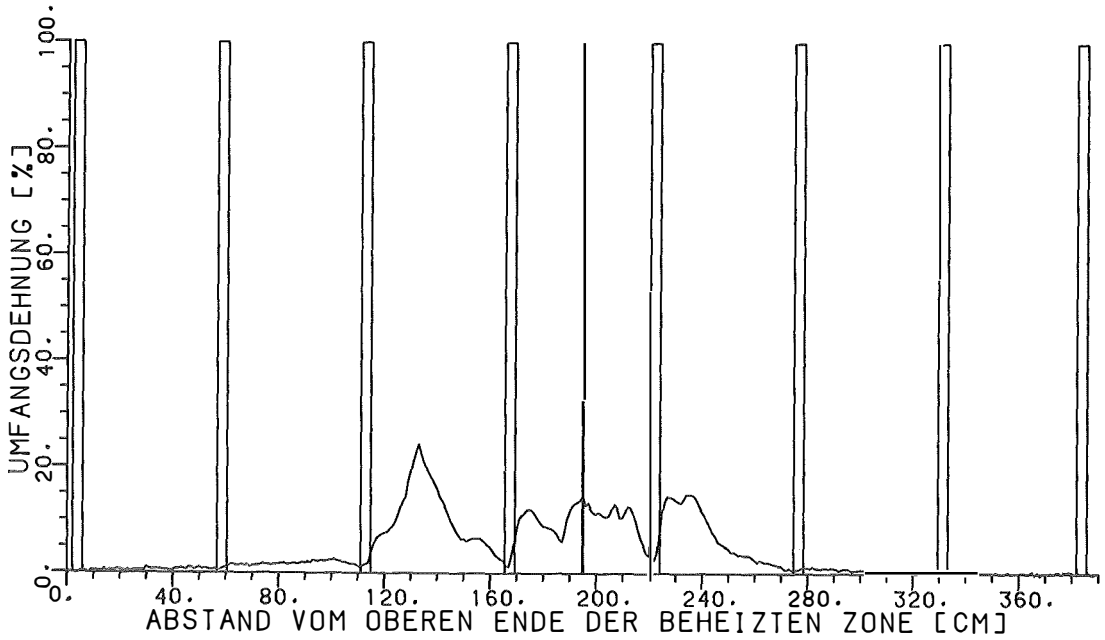
Berstdehnung, max. Dehnung

Heizstab - Nummer

No.37 23.7% 1325mm	No.19 33.7% 2005mm	No.16 36.0% 1870mm	No.34 55.0% 1880mm	No.23 47.5% 2360mm	No.41 44.5% 1875mm	No.7 31.5% 1995mm
No.61 71.7% 2095mm	No.49 54.0% 1835mm	No.18 51.6% 1980mm	No.66 45.0% 1890mm	No.35 37.7% 1920mm	No.22 45.0% 1810mm	No.80 33.2% 1960mm
No.56 31.7% 1955mm	No.10 63.7% 1825mm	No.25 49.5% 1805mm	No.2 32.4% 1885mm	No.20 94.5% 2060mm	No.67 89.5% 1920mm	No.21 58.4% 1350mm
No.11 54.% 2185mm	No.47 43.6% 1875mm	No.1 36.2% 1930mm	Fluid Lanze	No.5 33.2% 1825mm	No.6 42.0% 1815mm	No.69 40.6% 1240mm
No.38 34.7% 1970mm	No.29 34.7% 1910mm	No.46 33.2% 1855mm	No.4 31.7% 1945mm	No.50 52.5% 1825mm	No.36 43.6% 1865mm	No.28a 25.8% 1920mm
No.44 36.2% 1785mm	No.17 42.1% 1885mm	No.15 119% 1460mm	No.54 ohne Druck	No.30 42.1% 1810mm	No.14 ohne Druck	No.57 34.7% 1900mm
No.48 22.0% 1740mm	No.8 34.7% 1925mm	No.59 36.2% 1925mm	No.64 31.8% 1955mm	No.26 42.1% 1930mm	No.81 40.6% 1960mm	No.13 46.6% 1990mm

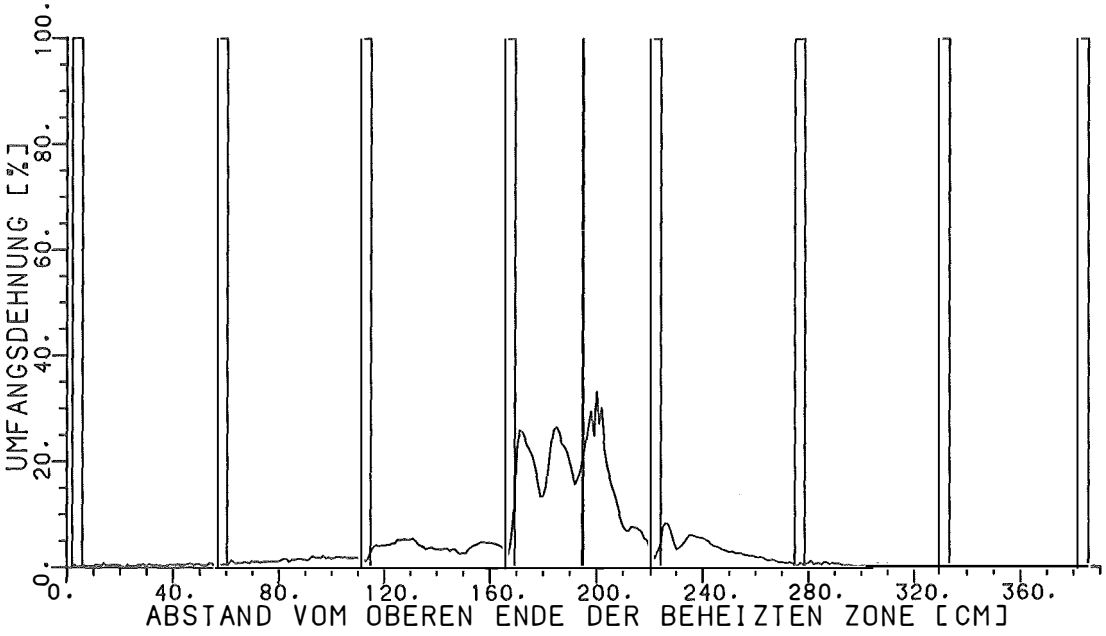
Abb.106 REBEKA 6

Berstdehnungen und Berstlagen



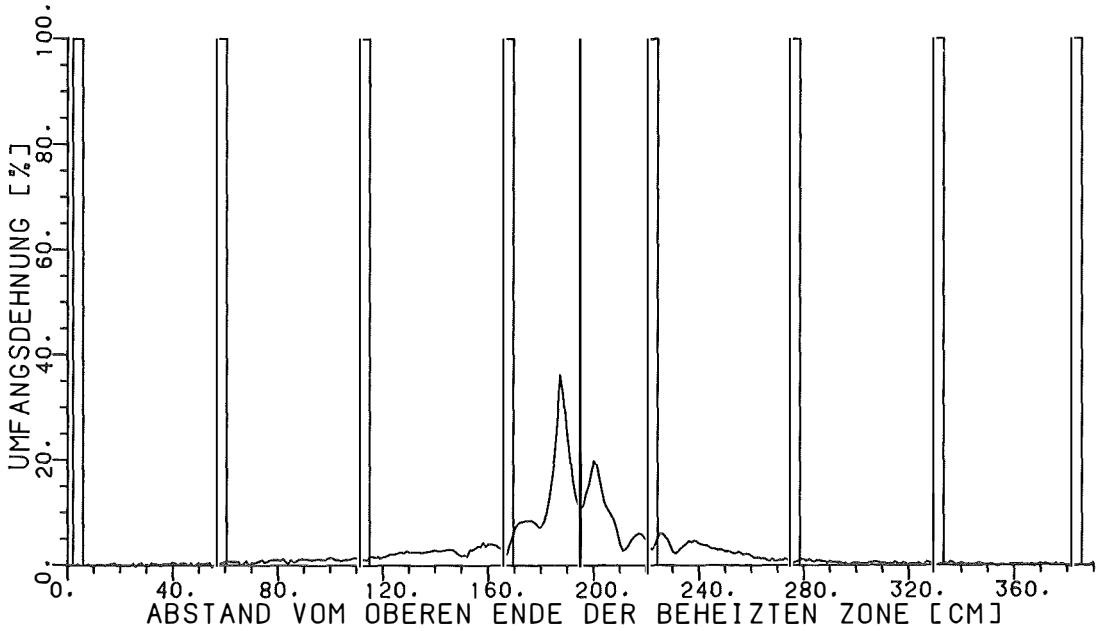
REBEKA 6

Abb.: 107 Dehnungsprofil von Stab: 37



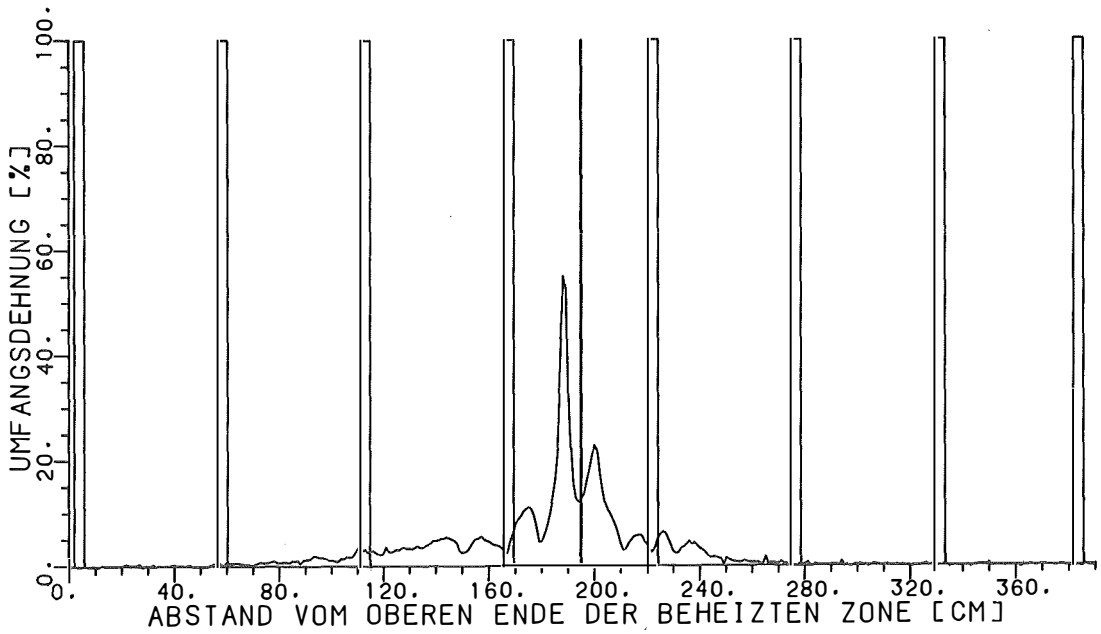
REBEKA 6

Abb.: 108 Dehnungsprofil von Stab: 19



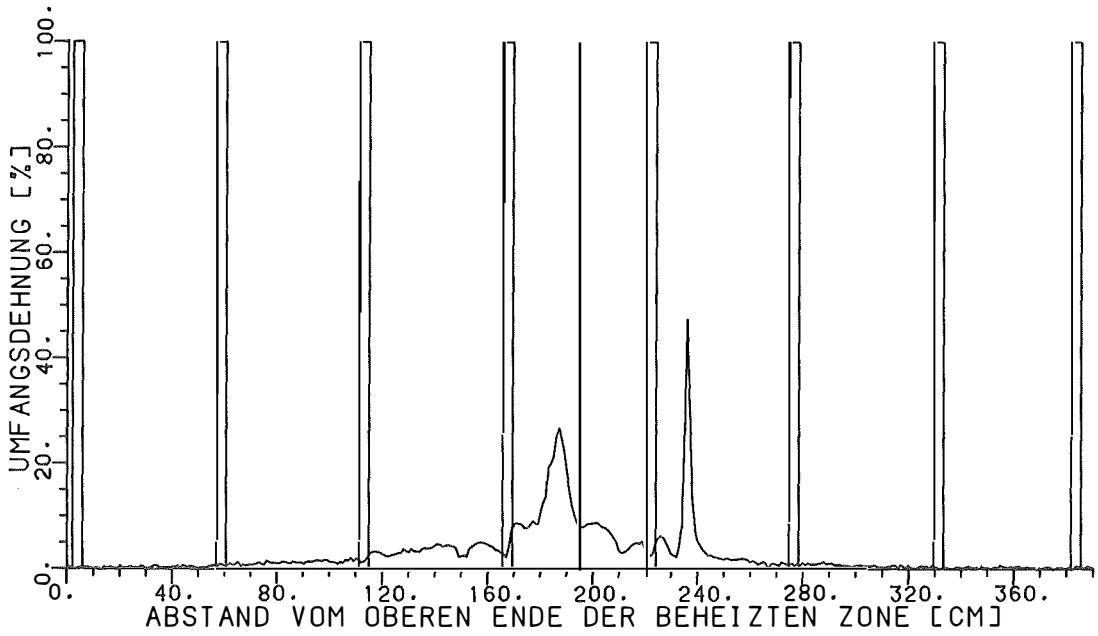
REBEKA 6

Abb.: 109 Dehnungsprofil von Stab: 16



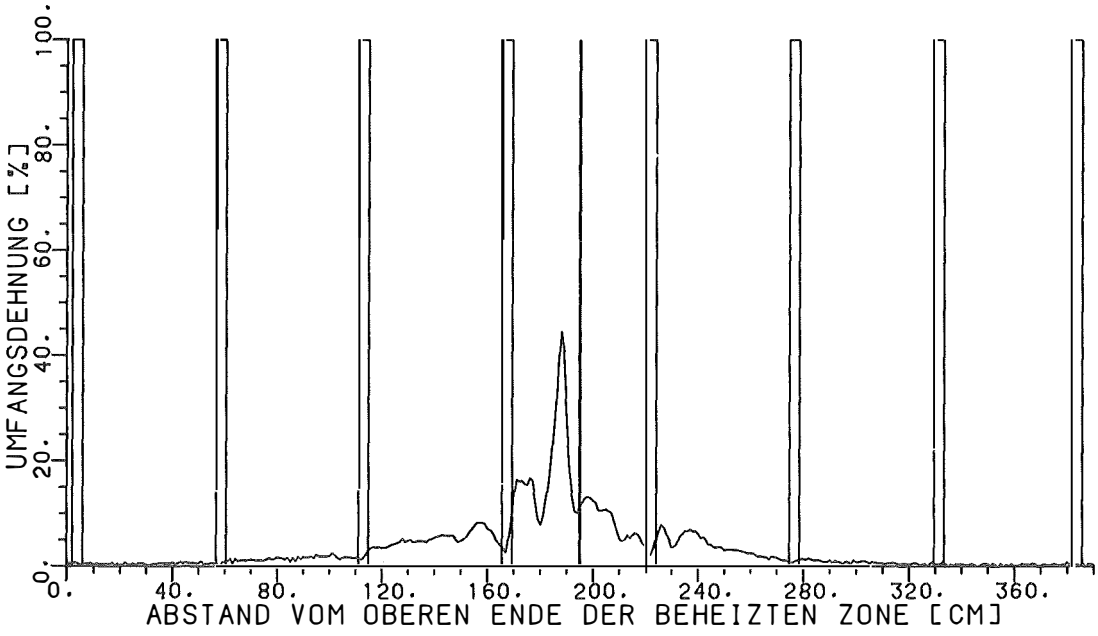
REBEKA 6

Abb.: 110 Dehnungsprofil von Stab: 34



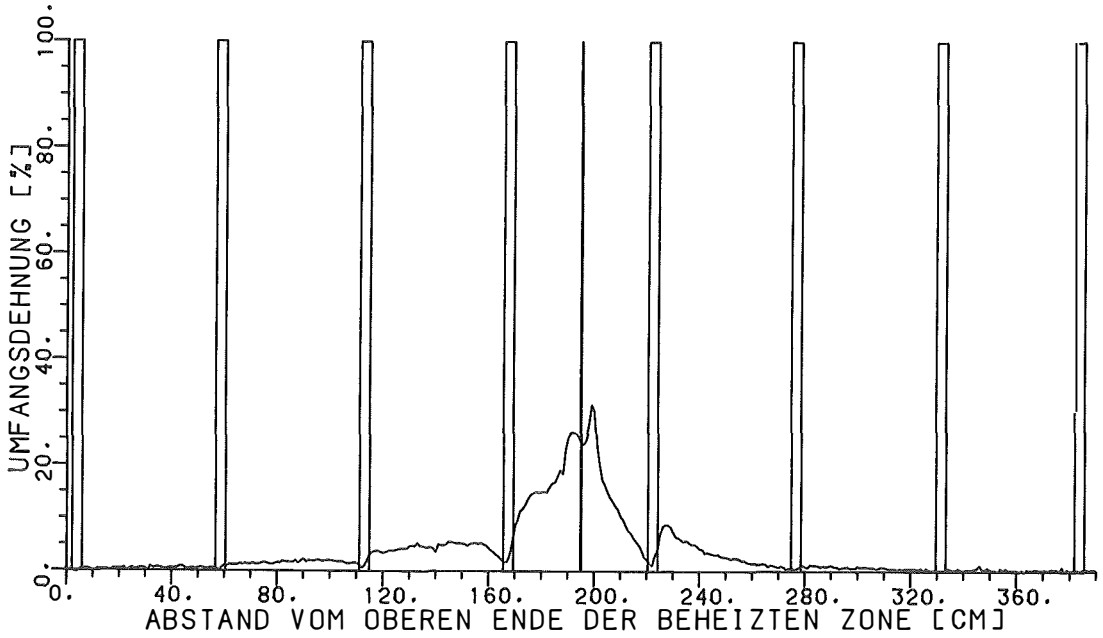
REBEKA 6

Abb.: 111 Dehnungsprofil von Stab: 23



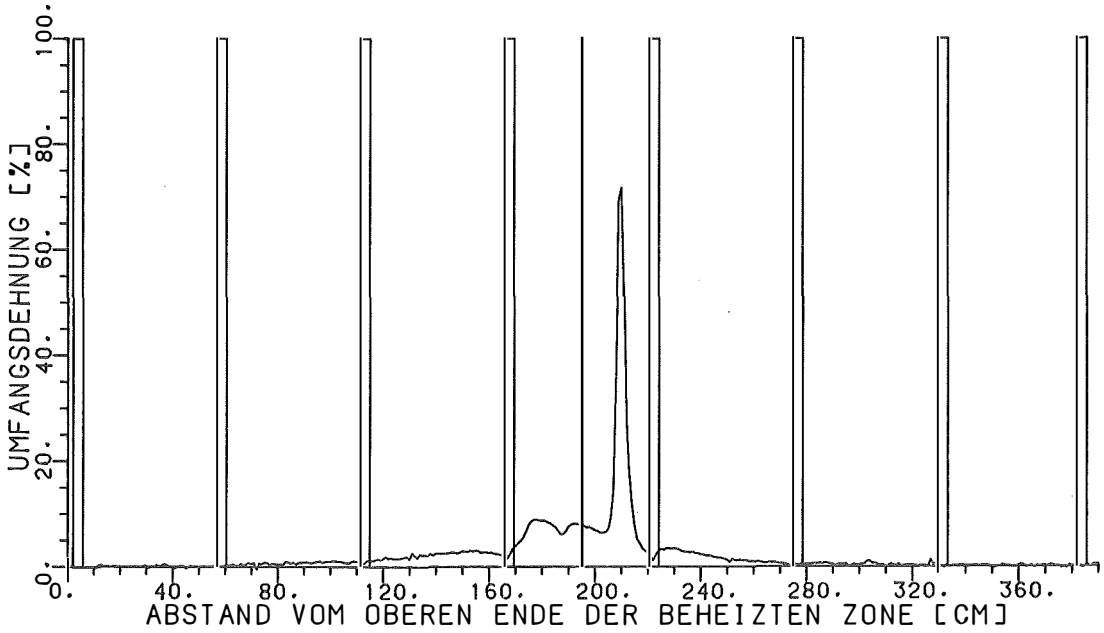
REBEKA 6

Abb.: 112 Dehnungsprofil von Stab: 41



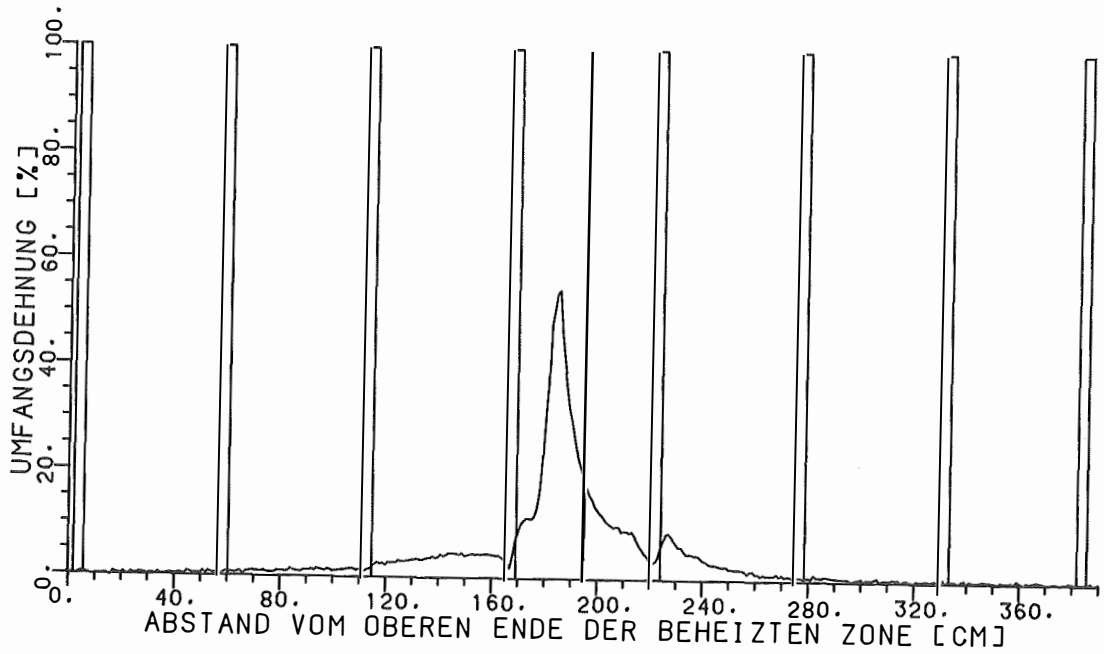
REBEKA 6

Abb.: 113 Dehnungsprofil von Stab: 7



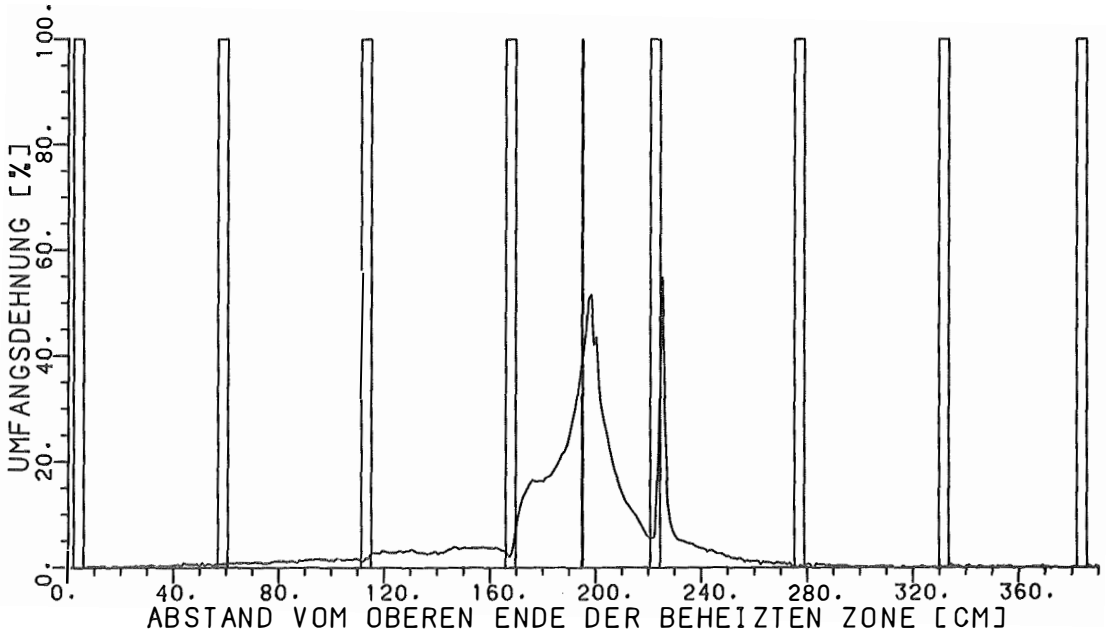
REBEKA 6

Abb.: 114 Dehnungsprofil von Stab: 67



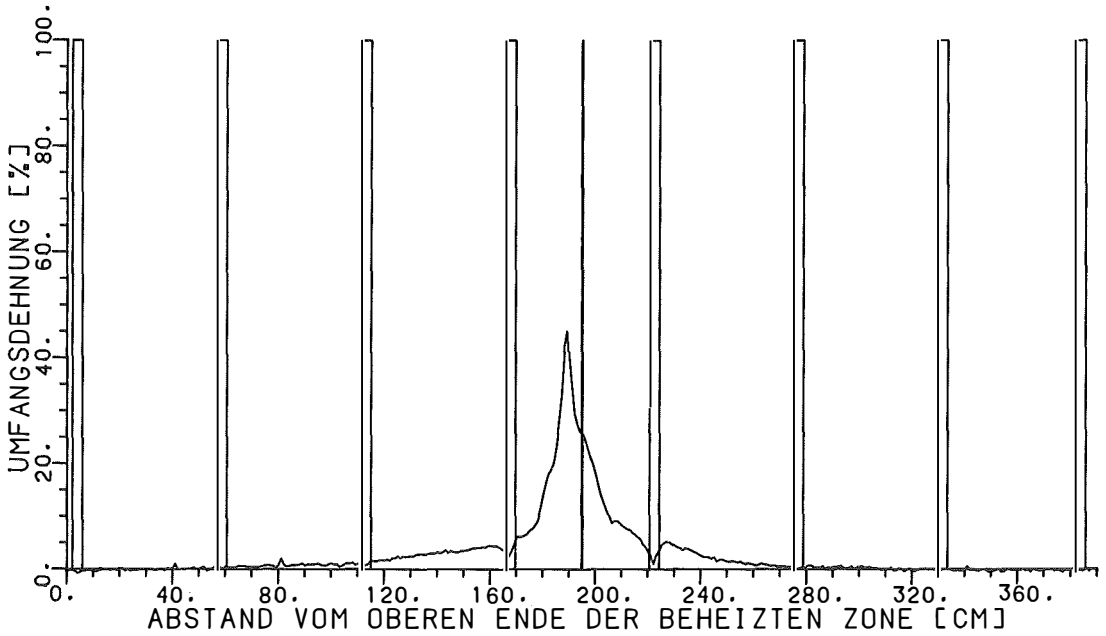
REBEKA 6

Abb.:115 Dehnungsprofil von Stab: 49



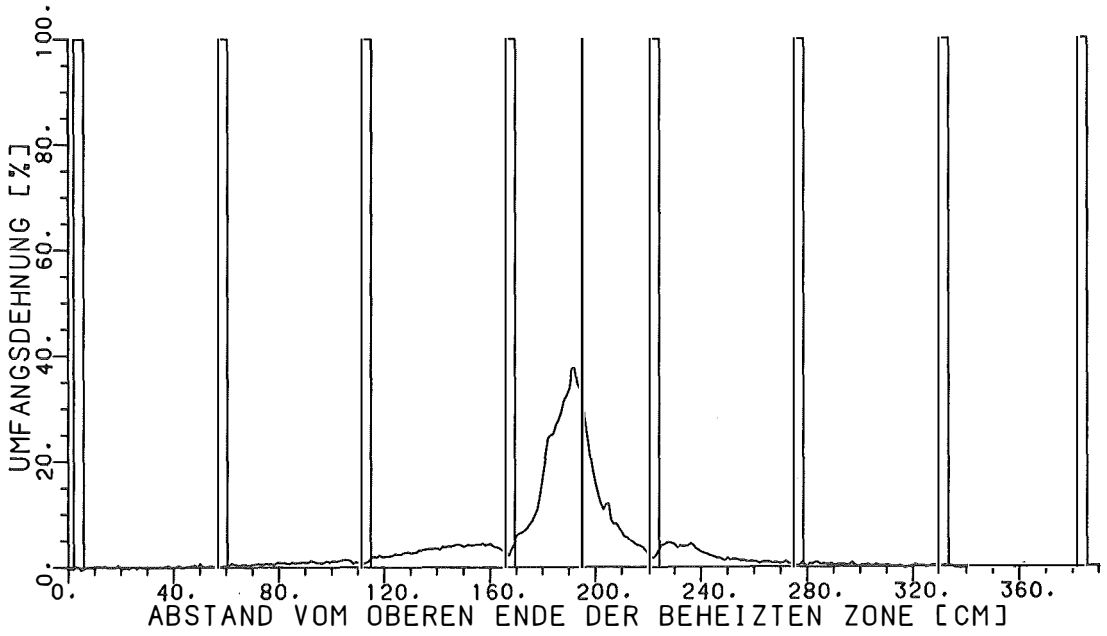
REBEKA 6

Abb.: 116 Dehnungsprofil von Stab: 18



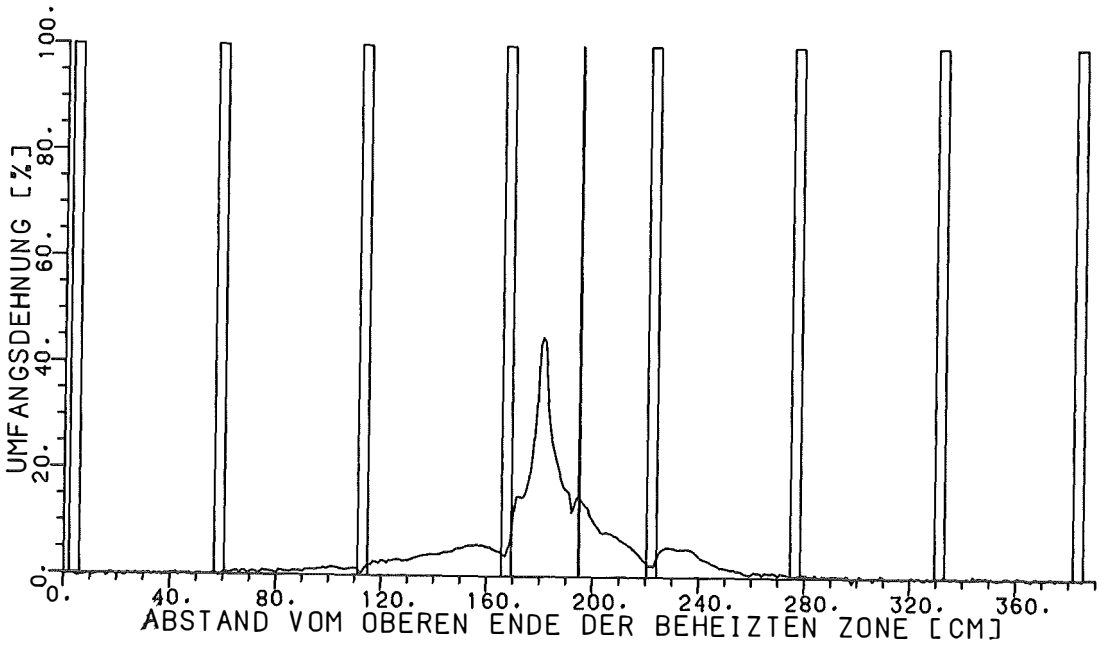
REBEKA 6

Abb.: 117 Dehnungsprofil von Stab: 66



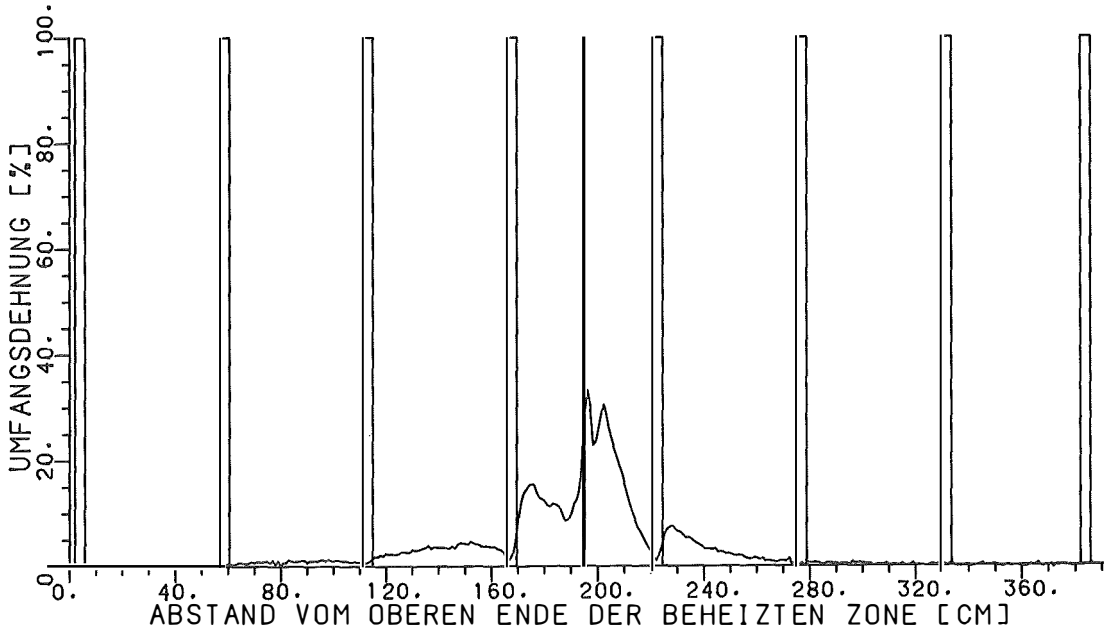
REBEKA 6

Abb.: 118 Dehnungsprofil von Stab: 35



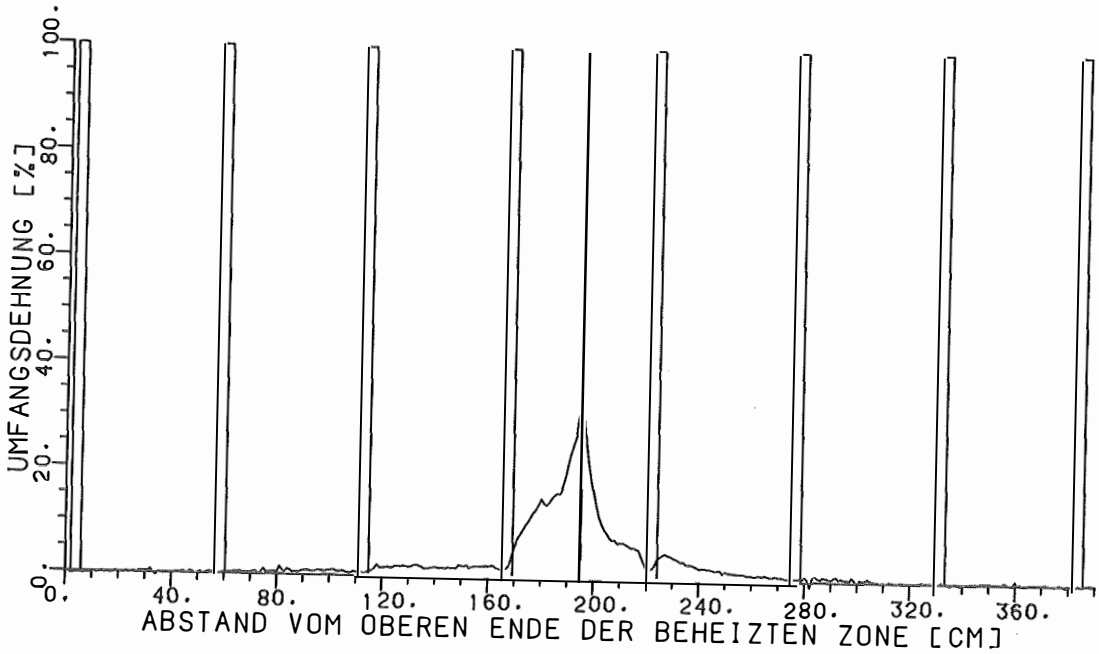
REBEKA 6

Abb.: 119 Dehnungsprofil von Stab: 22



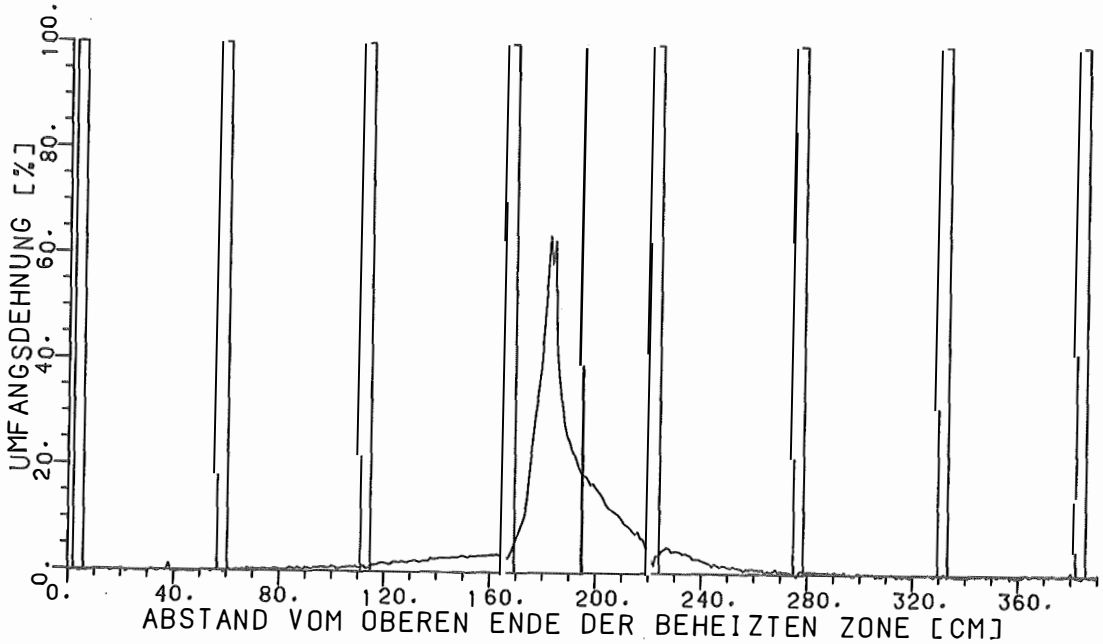
REBEKA 6

Abb.: 120 Dehnungsprofil von Stab: 80



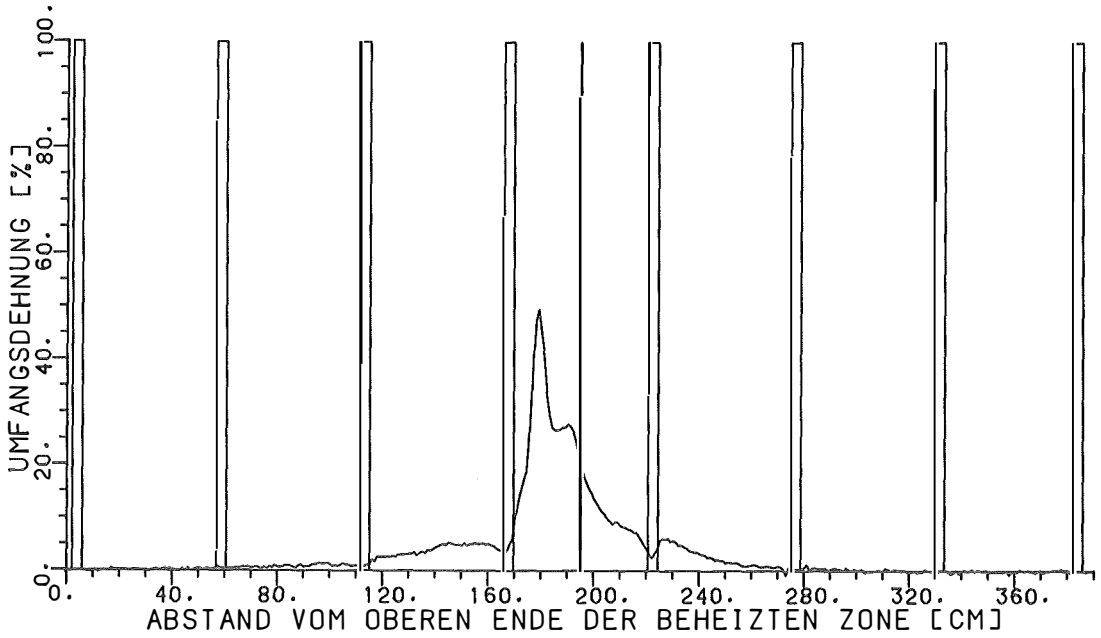
REBEKA 6

Abb.: 121 Dehnungsprofil von Stab: 56



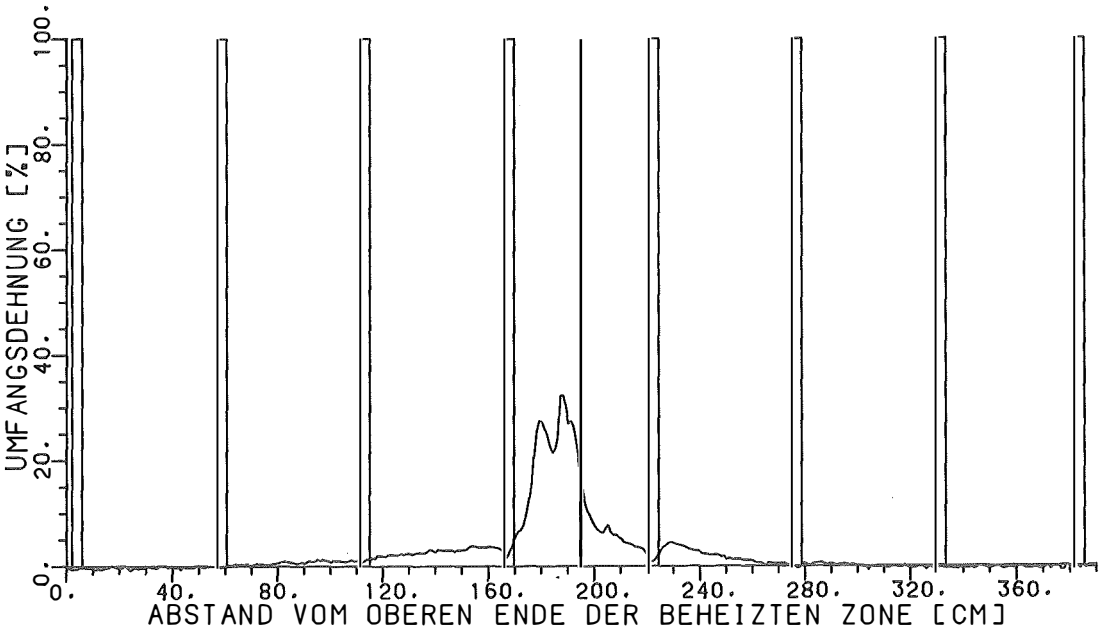
REBEKA 6

Abb.: 122 Dehnungsprofil von Stab: 10



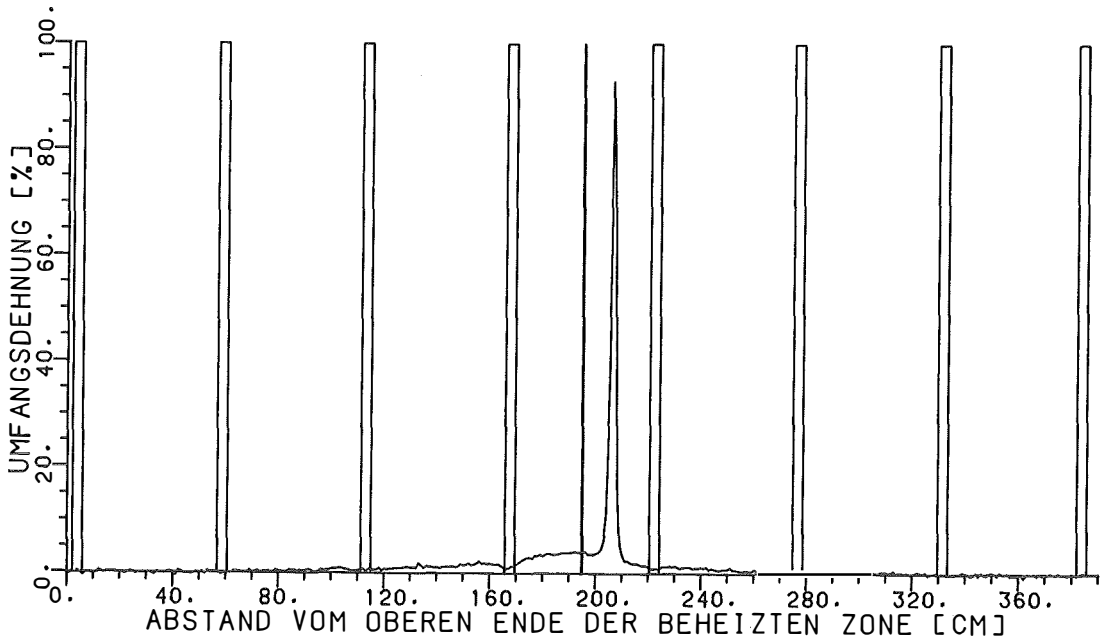
REBEKA 6

Abb.:123 Dehnungsprofil von Stab: 25



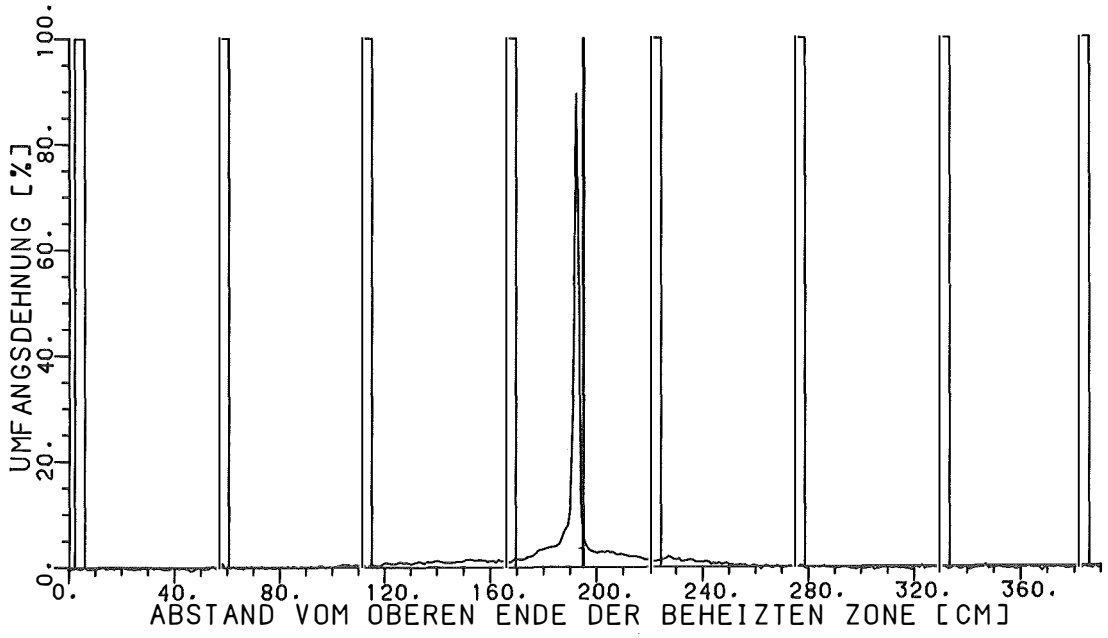
REBEKA 6

Abb.:124 Dehnungsprofil von Stab: 2



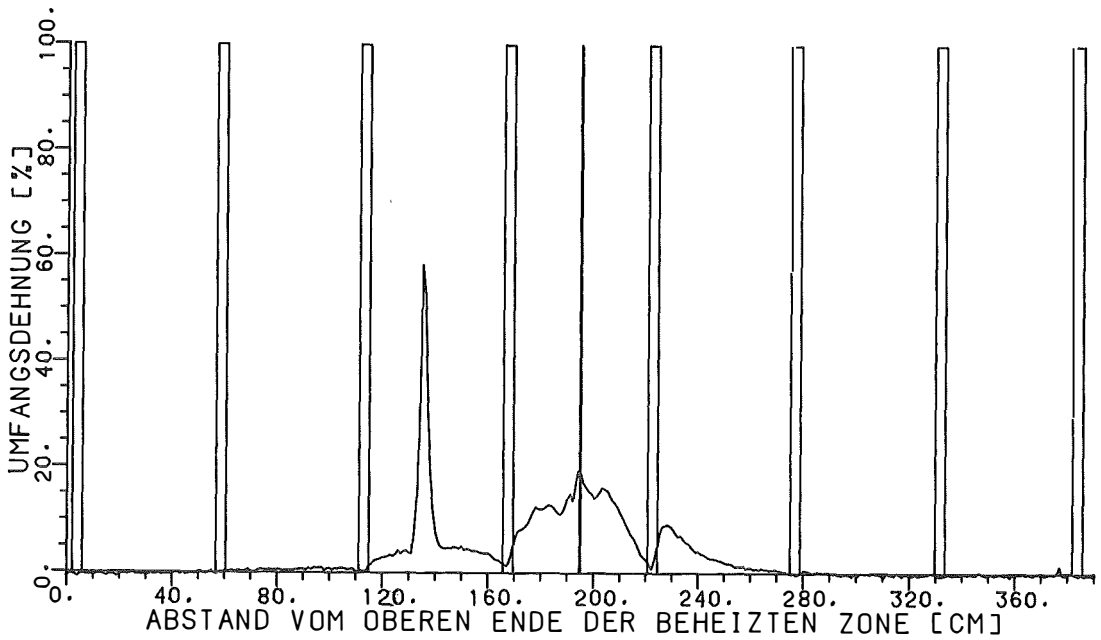
REBEKA 6

Abb.: 125 Dehnungsprofil von Stab: 20



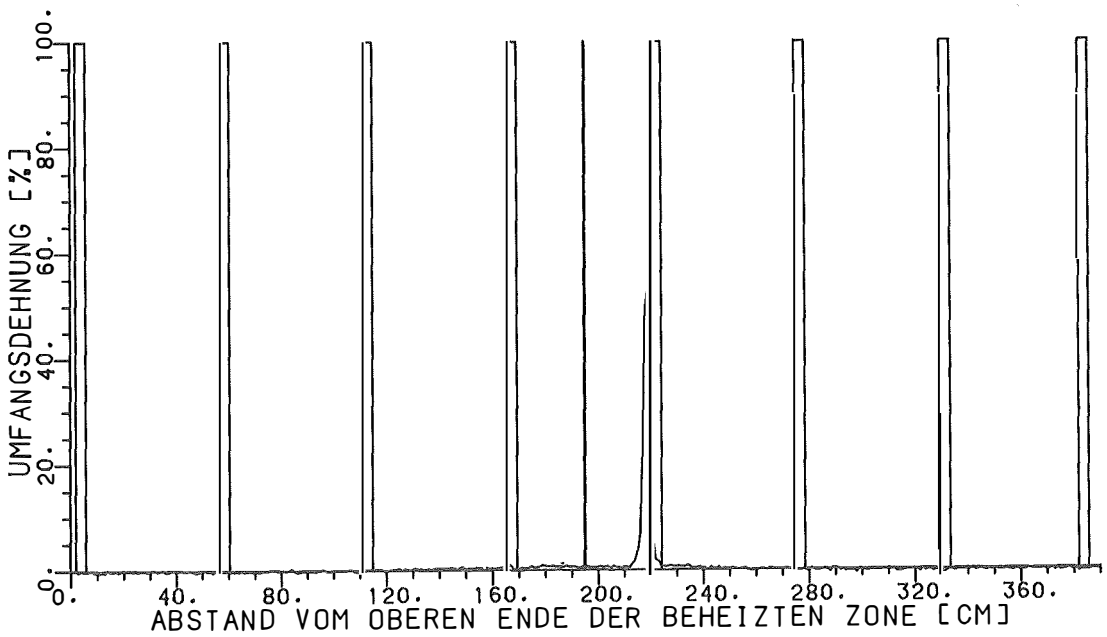
REBEKA 6

Abb.: 126 Dehnungsprofil von Stab: 67



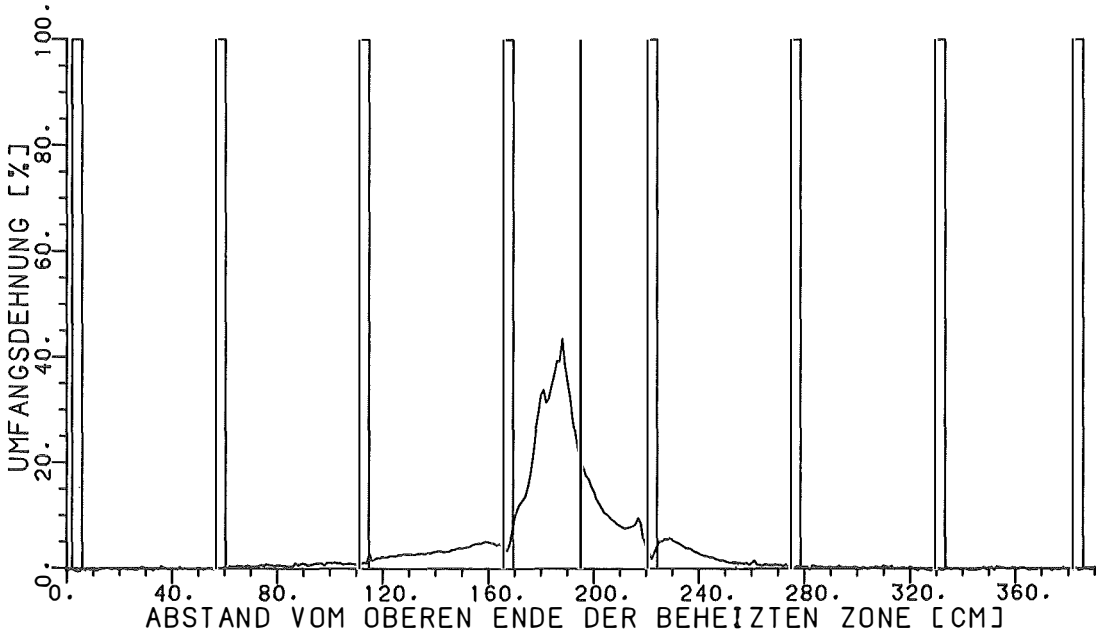
REBEKA 6

Abb.: 127 Dehnungsprofil von Stab: 21



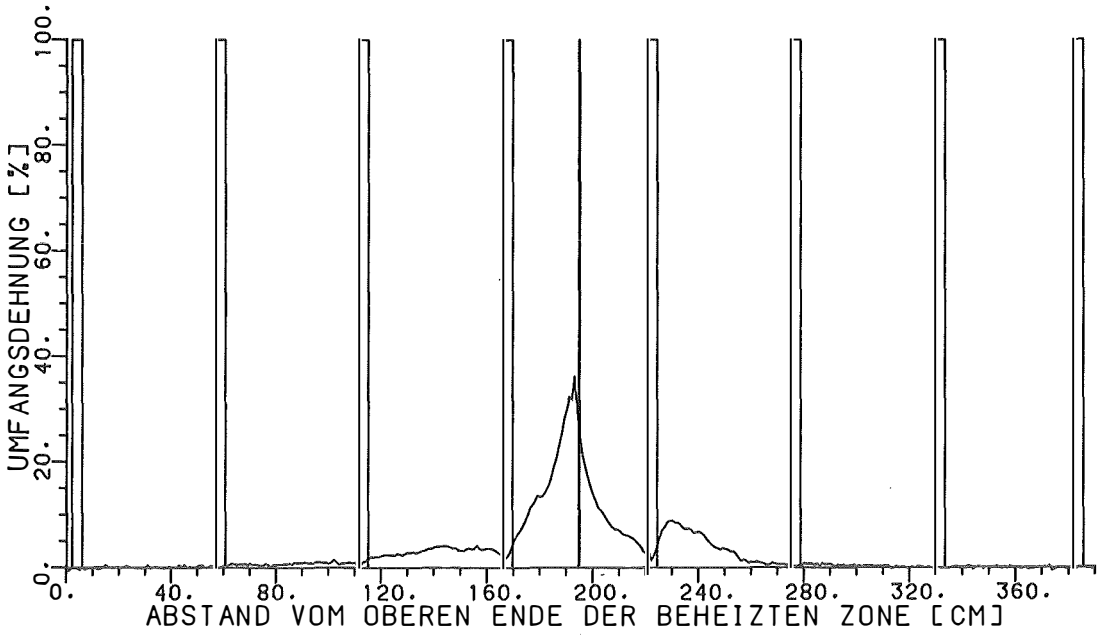
REBEKA 6

Abb.: 128 Dehnungsprofil von Stab: 11



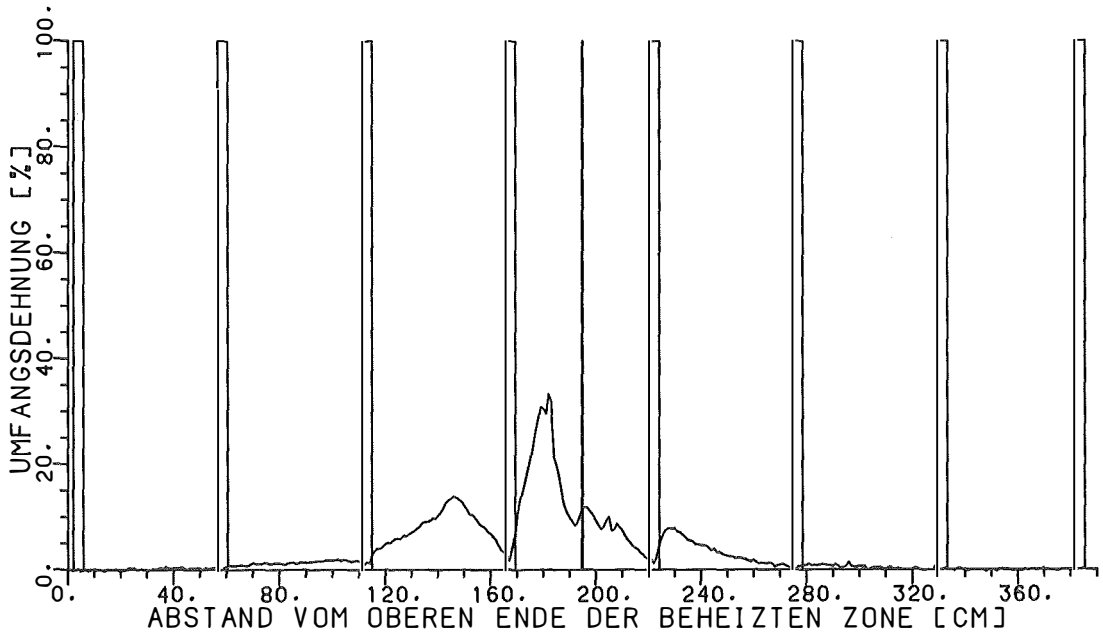
REBEKA 6

Abb.: 129 Dehnungsprofil von Stab: 47



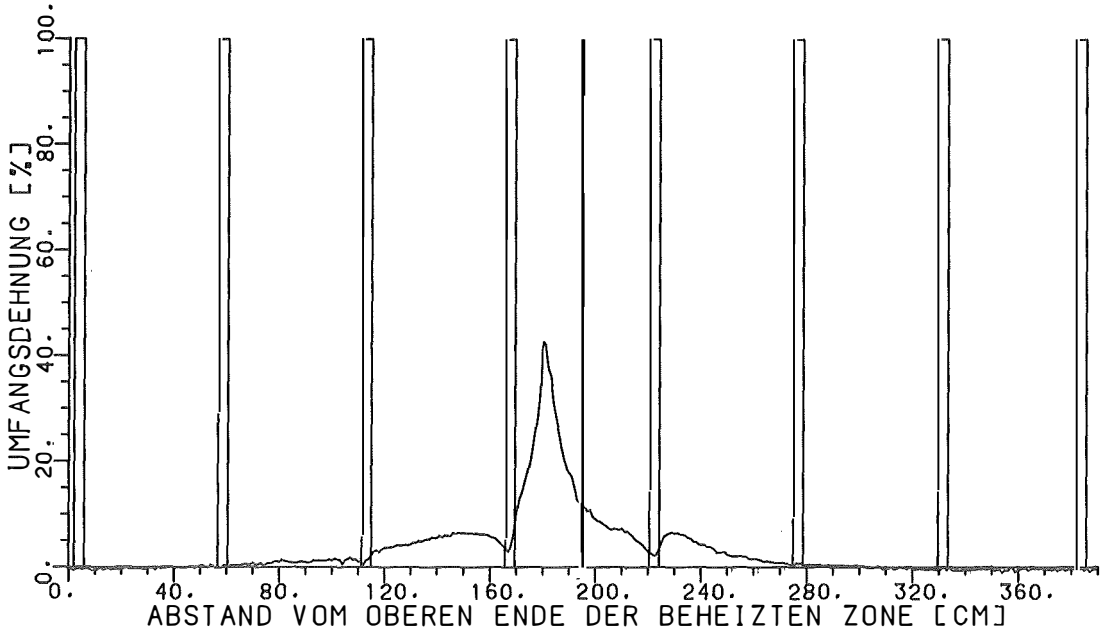
REBEKA 6

Abb.: 130 Dehnungsprofil von Stab: 1



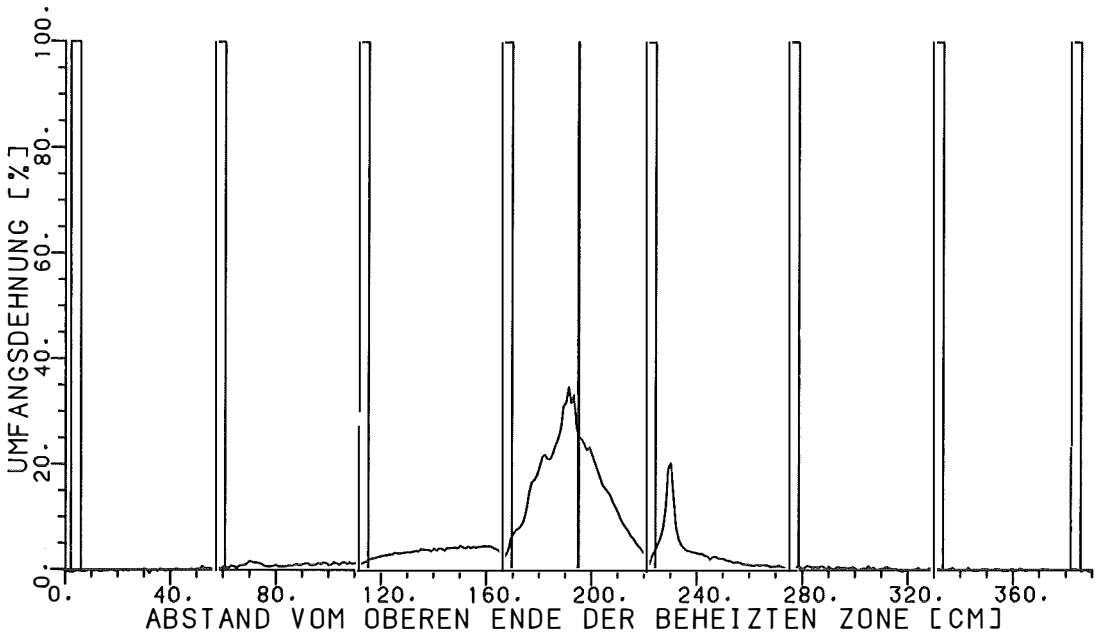
REBEKA 6

Abb.: 131 Dehnungsprofil von Stab: 5



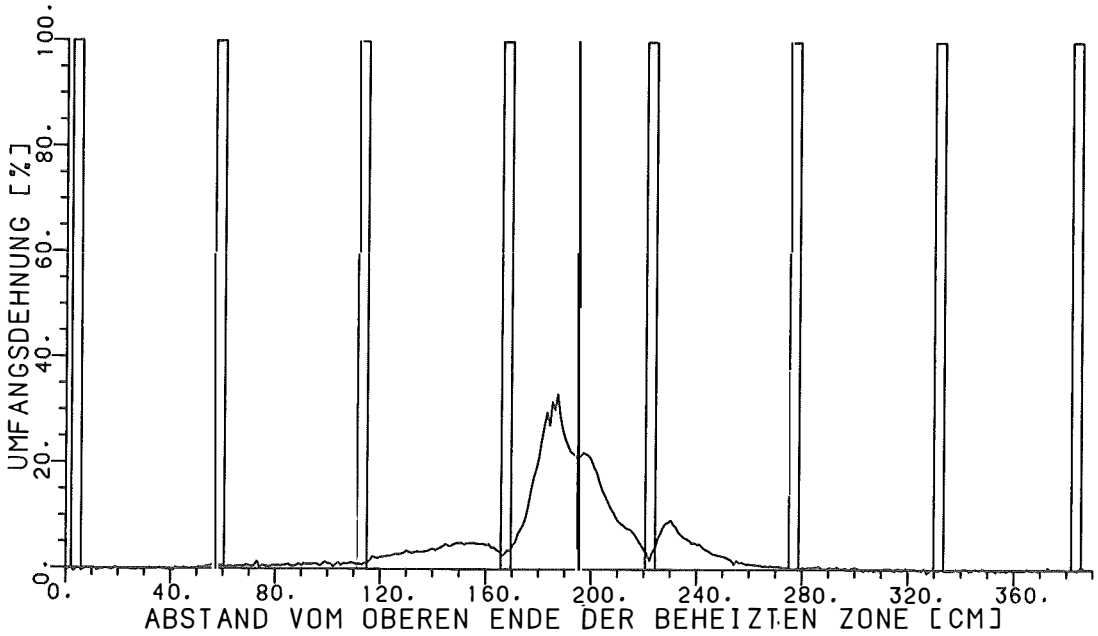
REBEKA 6

Abb.: 132 Dehnungsprofil von Stab: 6



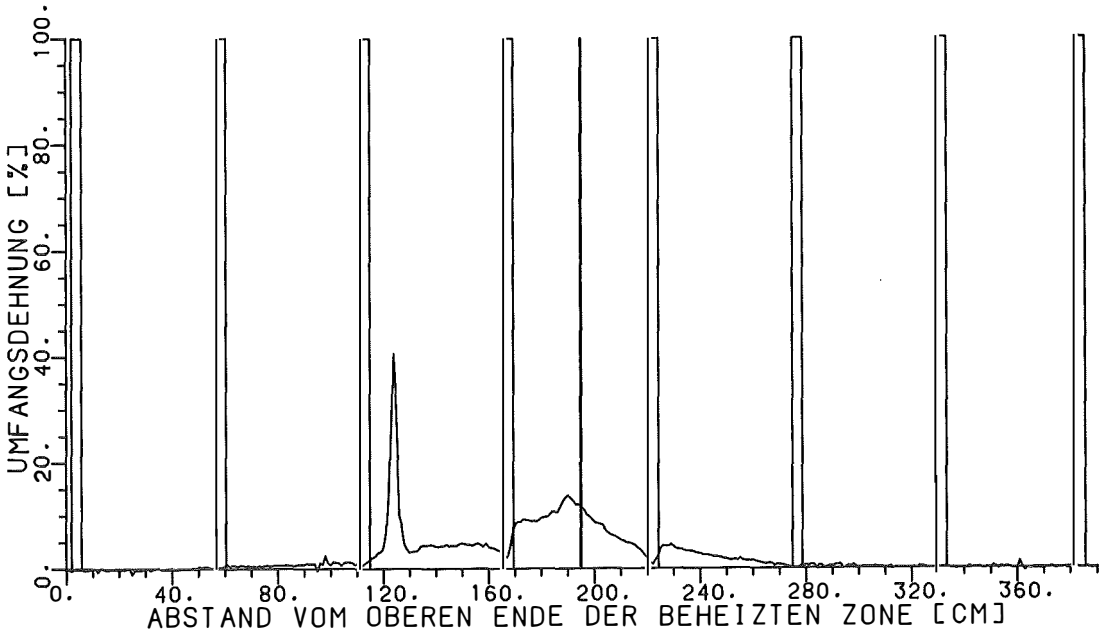
REBEKA 6

Abb.: 133 Dehnungsprofil von Stab: 69



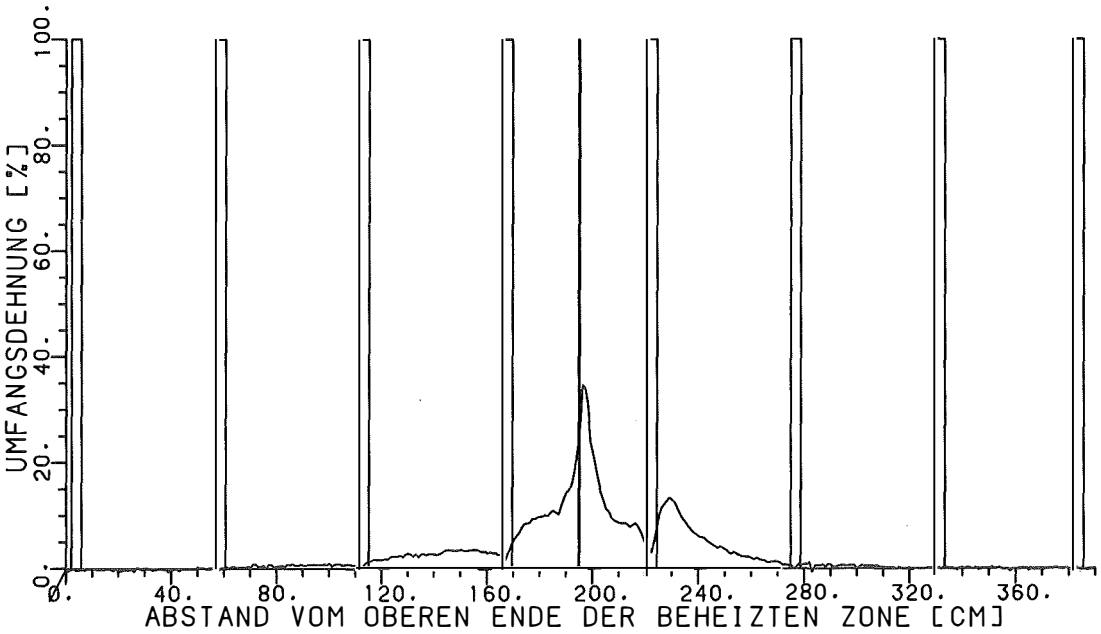
REBEKA 6

Abb.: 134 Dehnungsprofil von Stab: 38



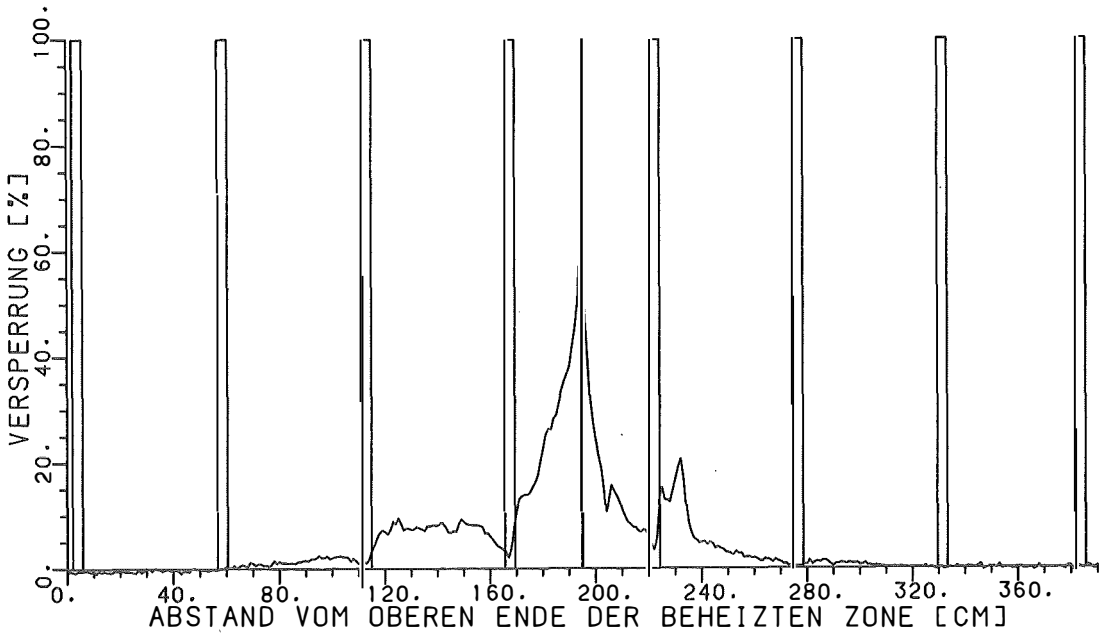
REBEKA 6

Abb.: 135 Dehnungsprofil von Stab: 29



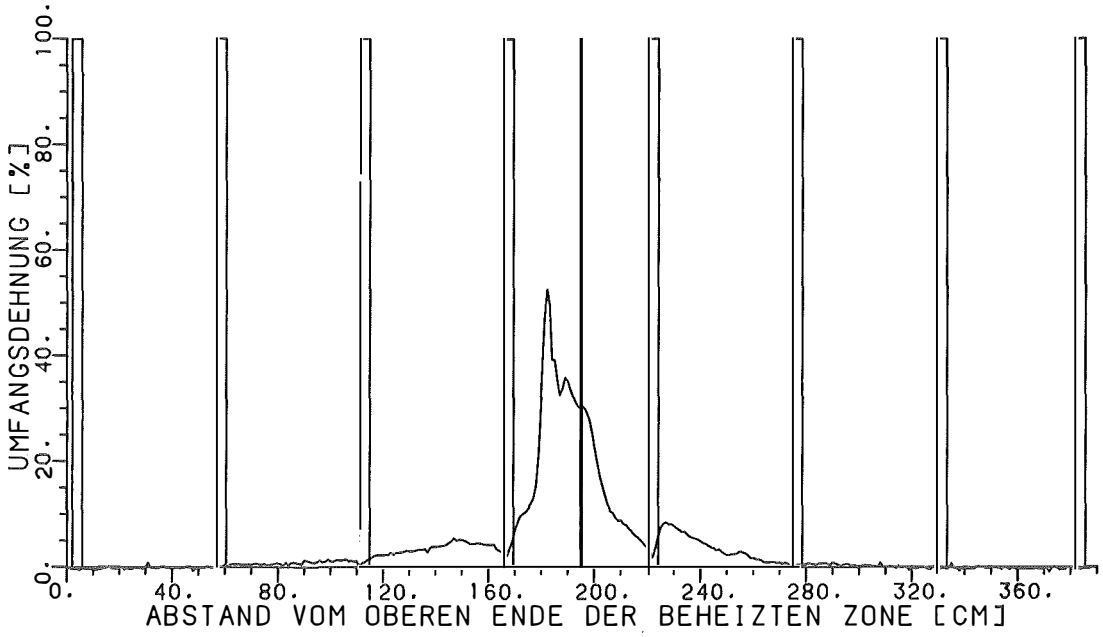
REBEKA 6

Abb.: 136 Dehnungsprofil von Stab: 46



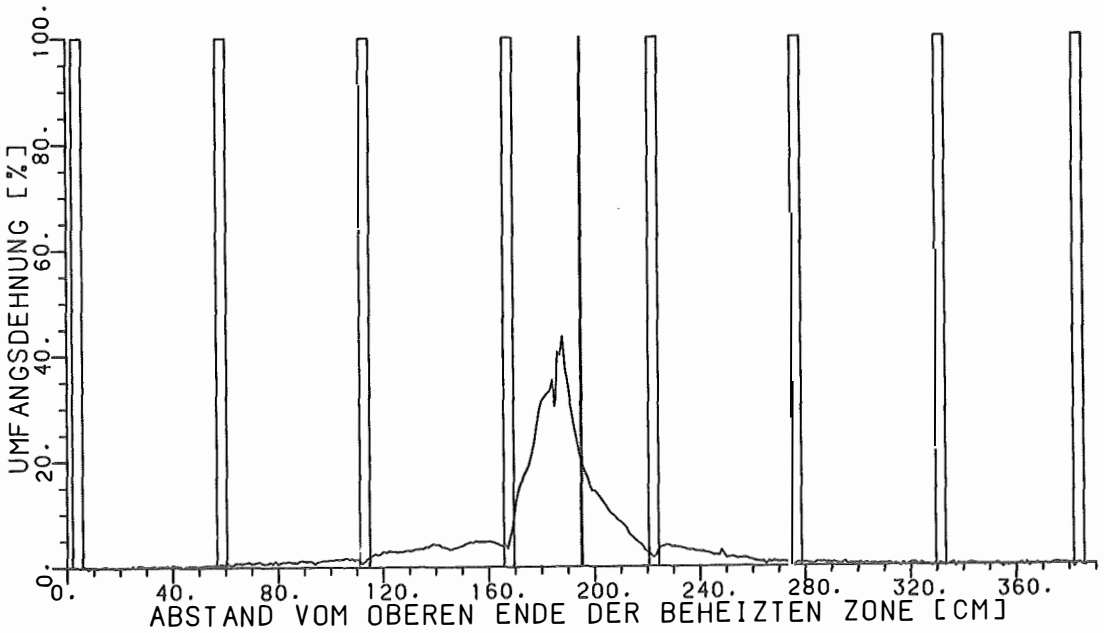
REBEKA 6

Abb.: 137 Dehnungsprofil von Stab: 4



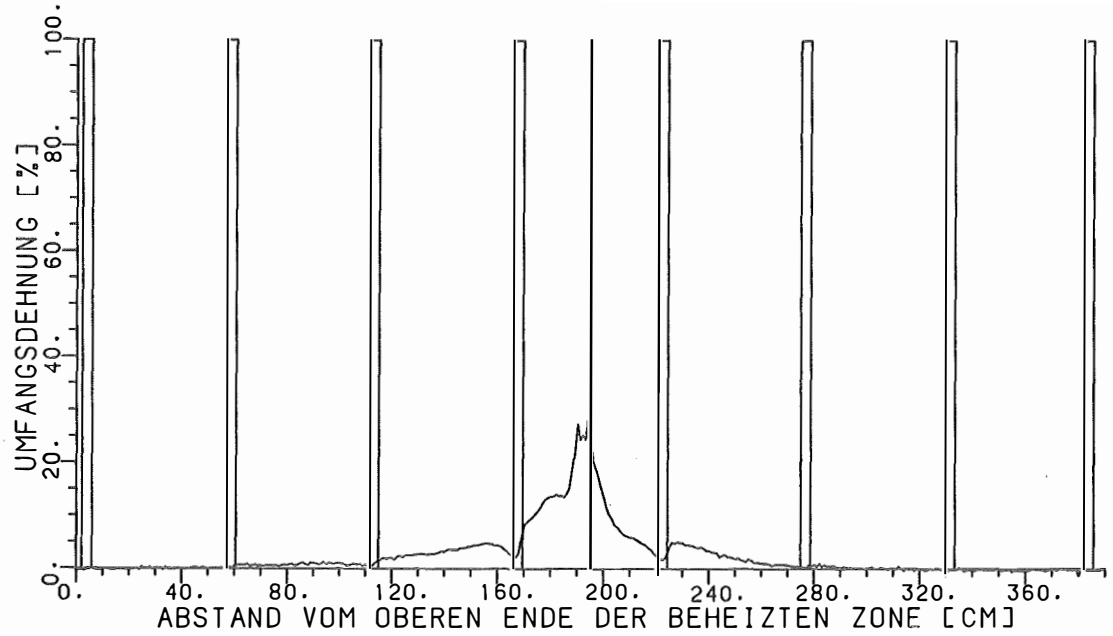
REBEKA 6

Abb.: 138 Dehnungsprofil von Stab: 50



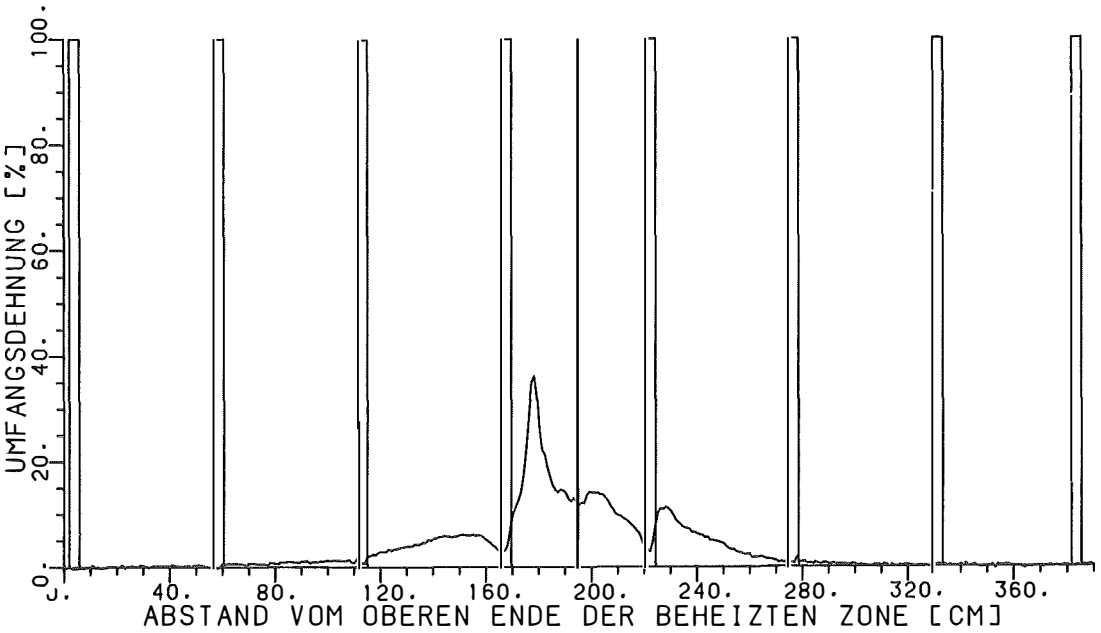
REBEKA 6

Abb.: 139 Dehnungsprofil von Stab: 36



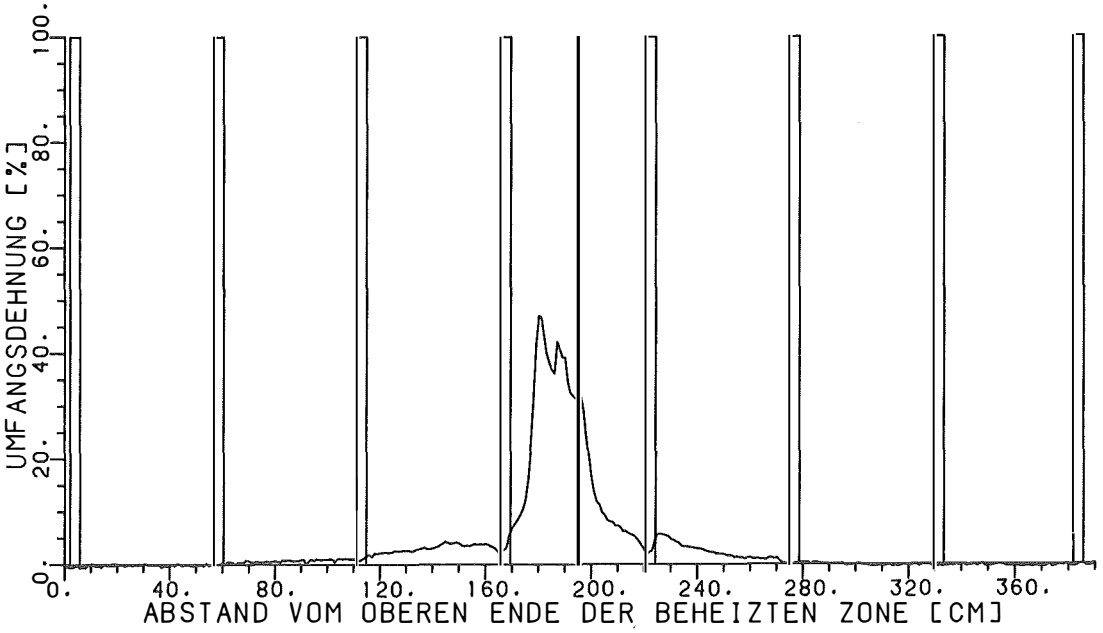
REBEKA 6

Abb.: 140 Dehnungsprofil von Stab: 28



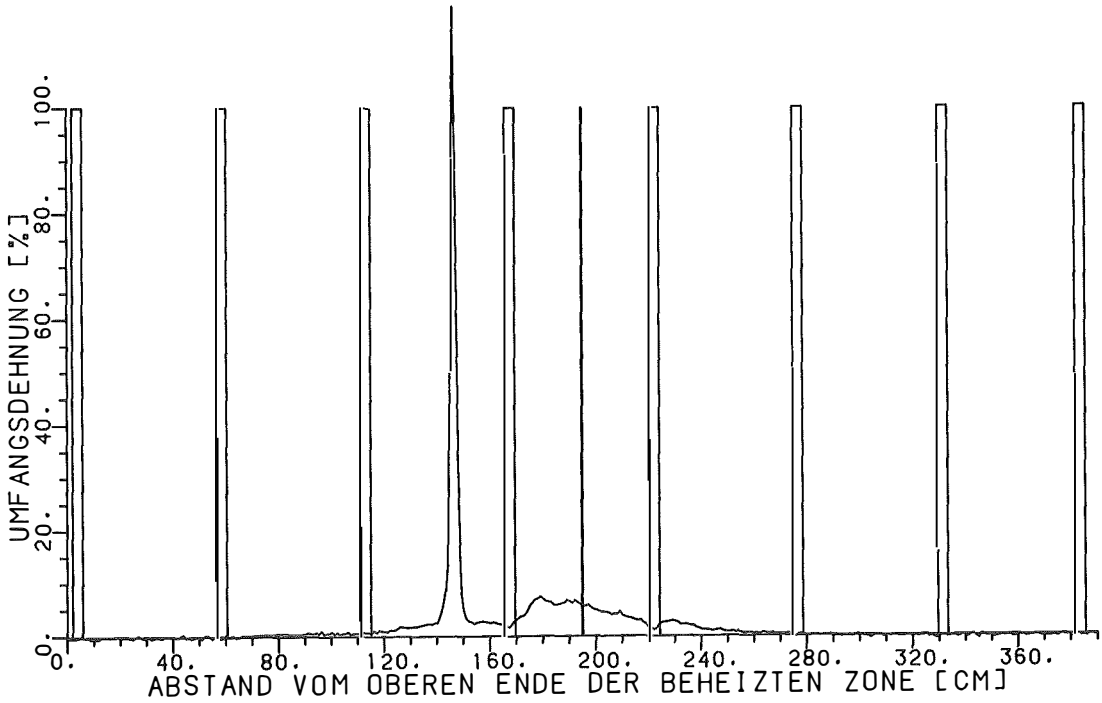
REBEKA 6

Abb.:141 Dehnungsprofil von Stab: 44



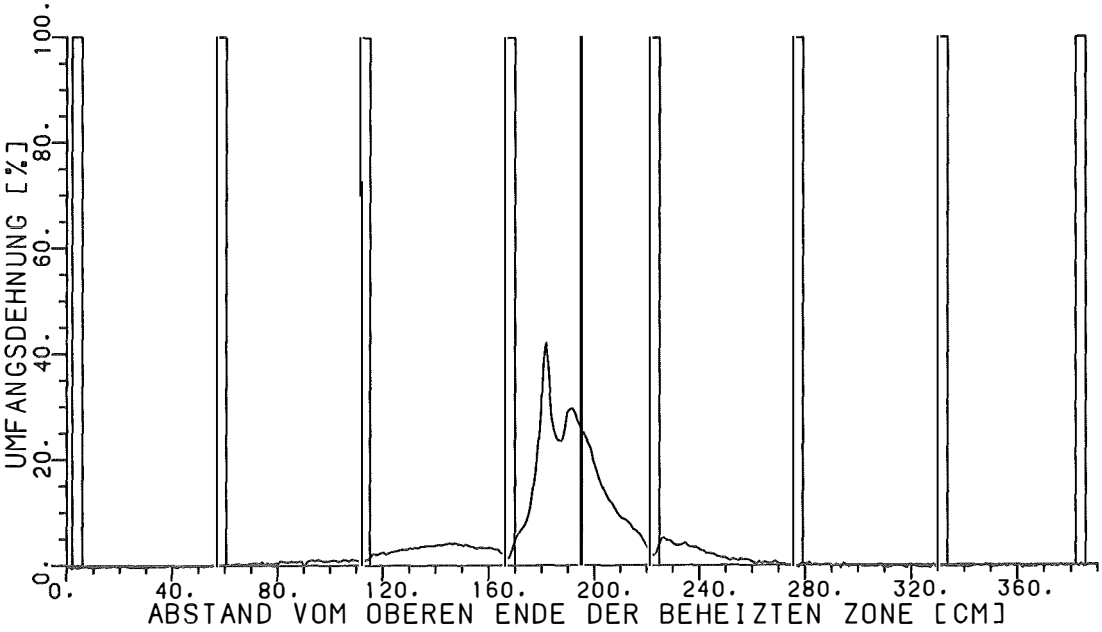
REBEKA 6

Abb.:142 Dehnungsprofil von Stab: 17



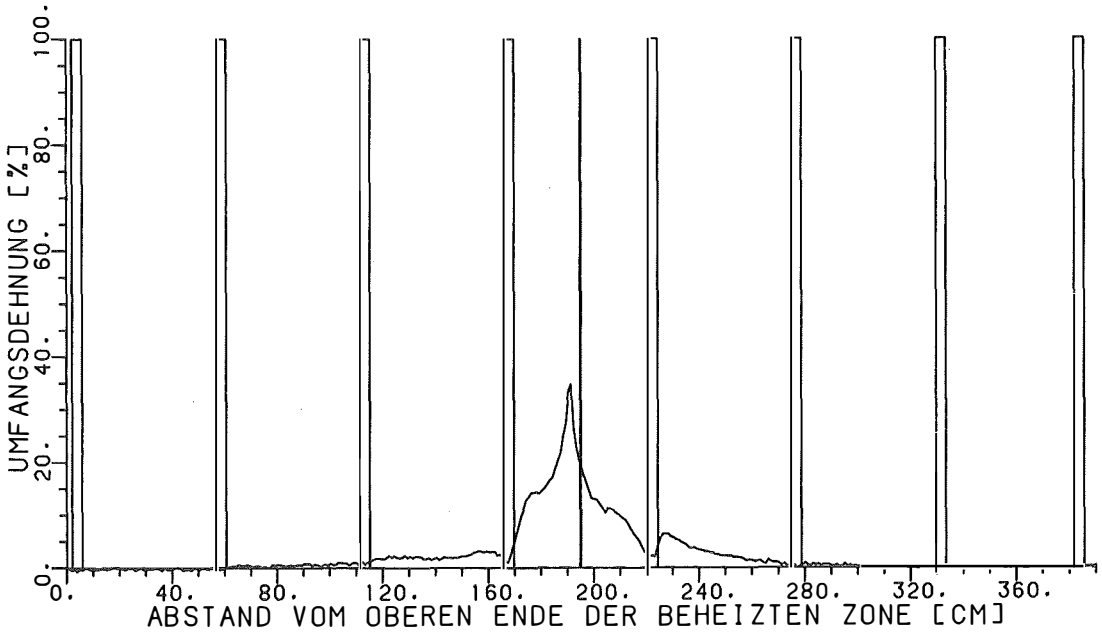
REBEKA 6

Abb.: 143 Dehnungsprofil von Stab: 15



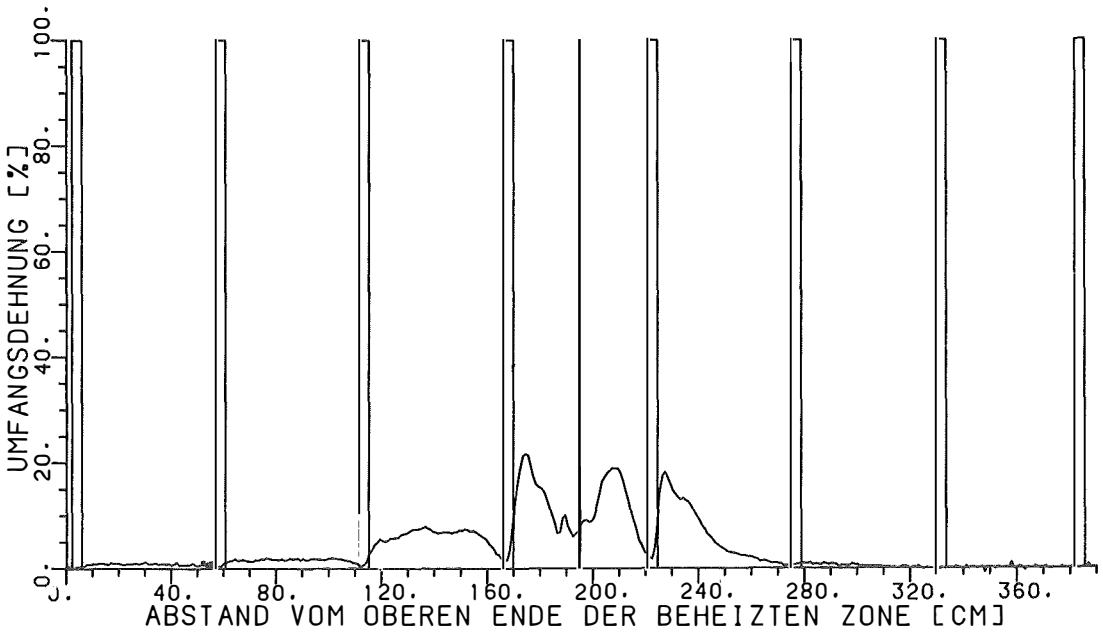
REBEKA 6

Abb.: 144 Dehnungsprofil von Stab: 30



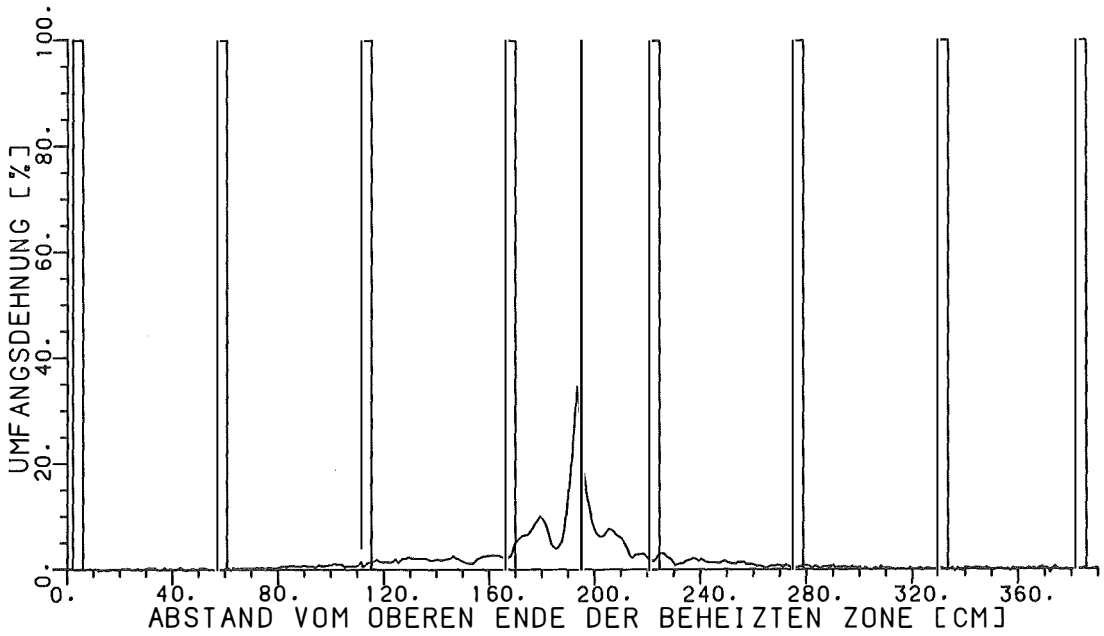
REBEKA 6

Abb.: 145 Dehnungsprofil von Stab: 57



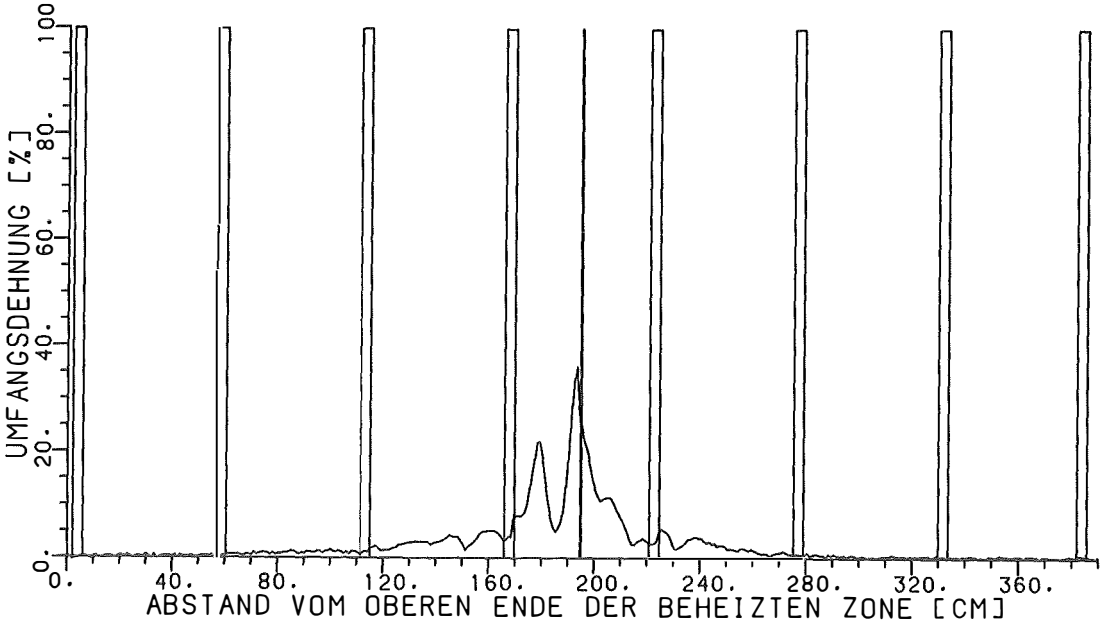
REBEKA 6

Abb.: 146 Dehnungsprofil von Stab: 48



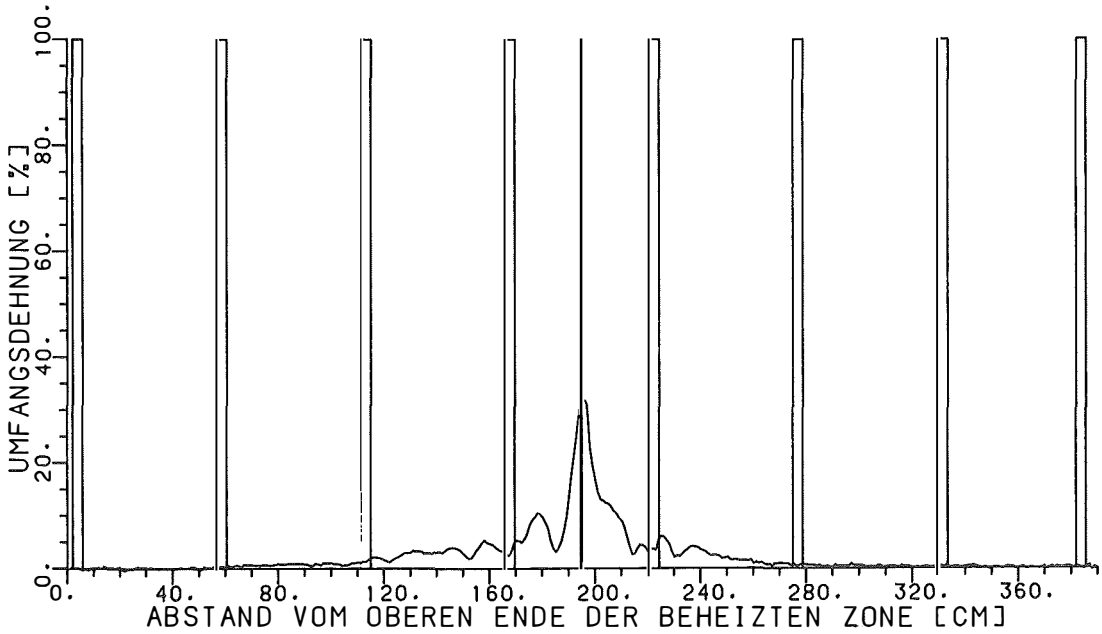
REBEKA 6

Abb.: 147 Dehnungsprofil von Stab: 8



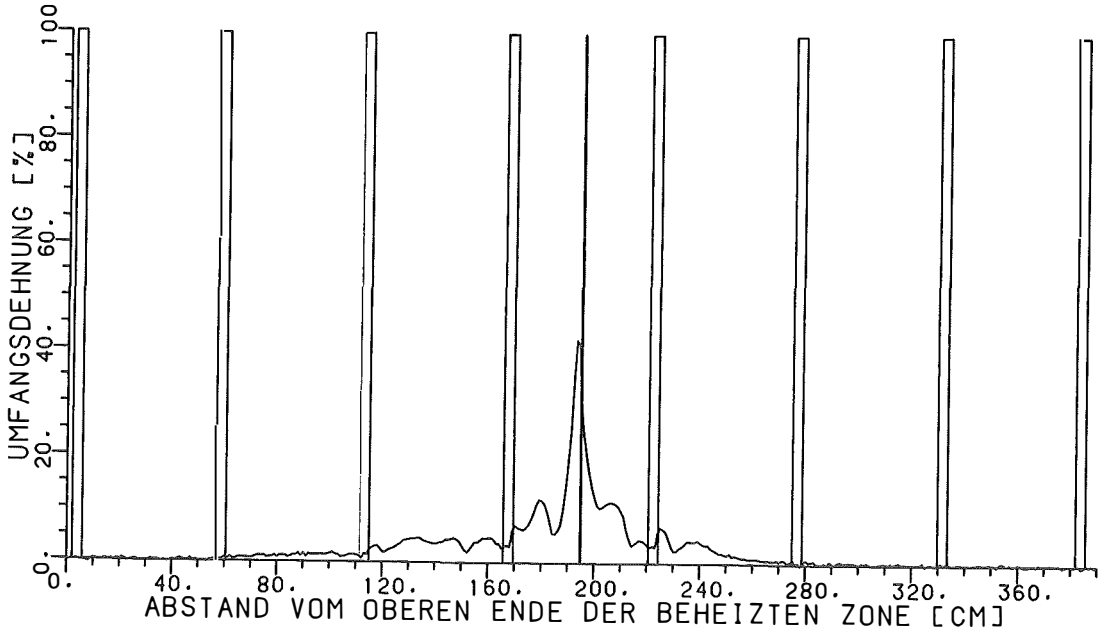
REBEKA 6

Abb.: 148 Dehnungsprofil von Stab: 59



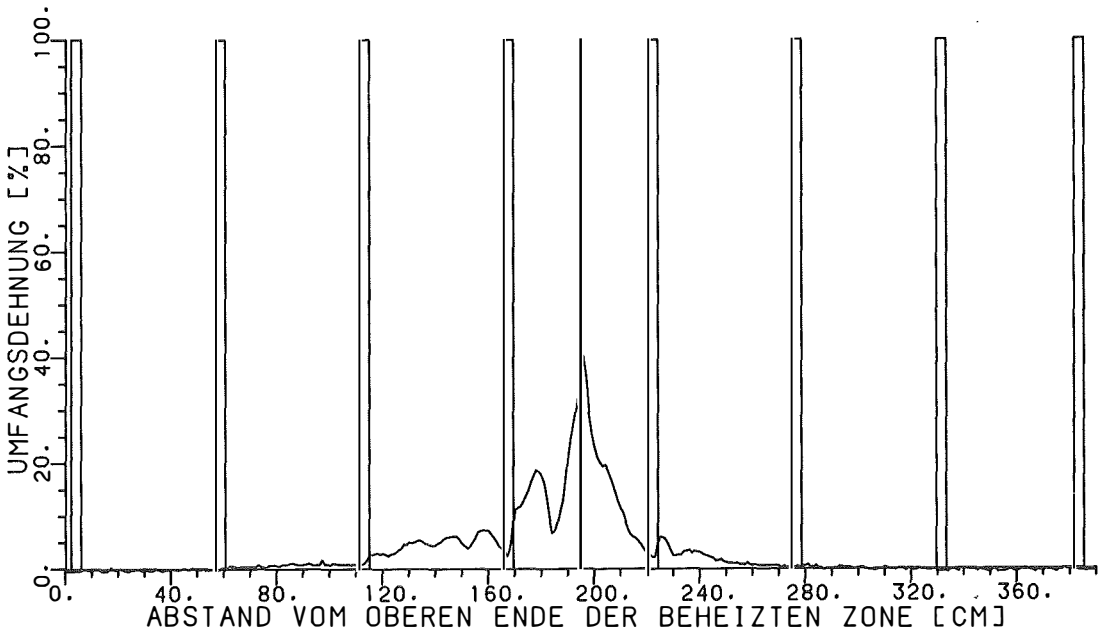
REBEKA 6

Abb.:149 Dehnungsprofil von Stab:64



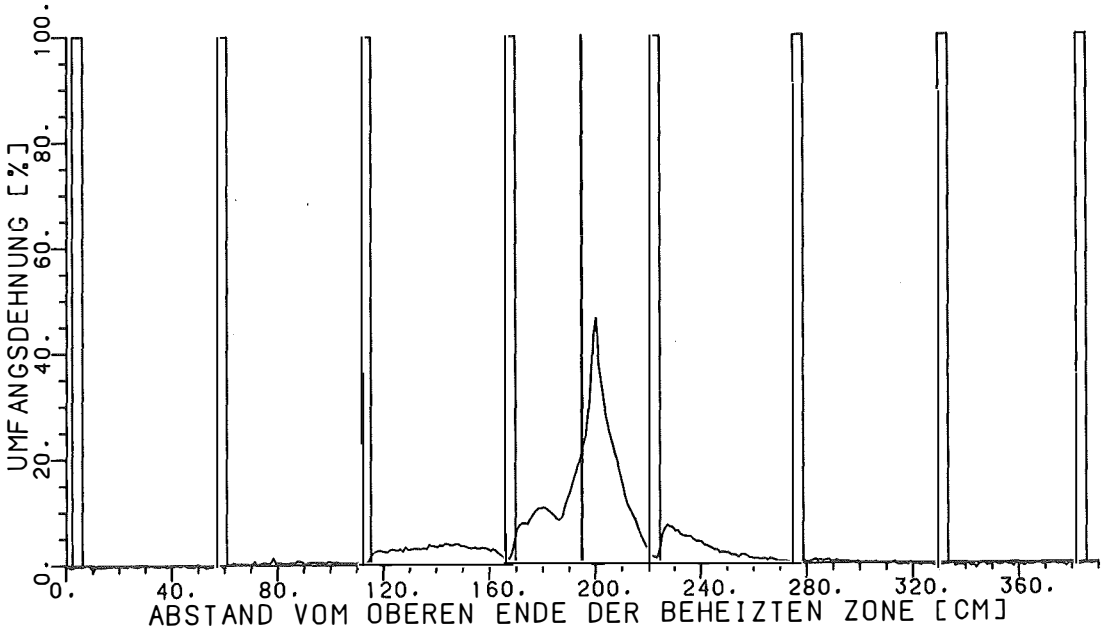
REBEKA 6

Abb.:150 Dehnungsprofil von Stab:26



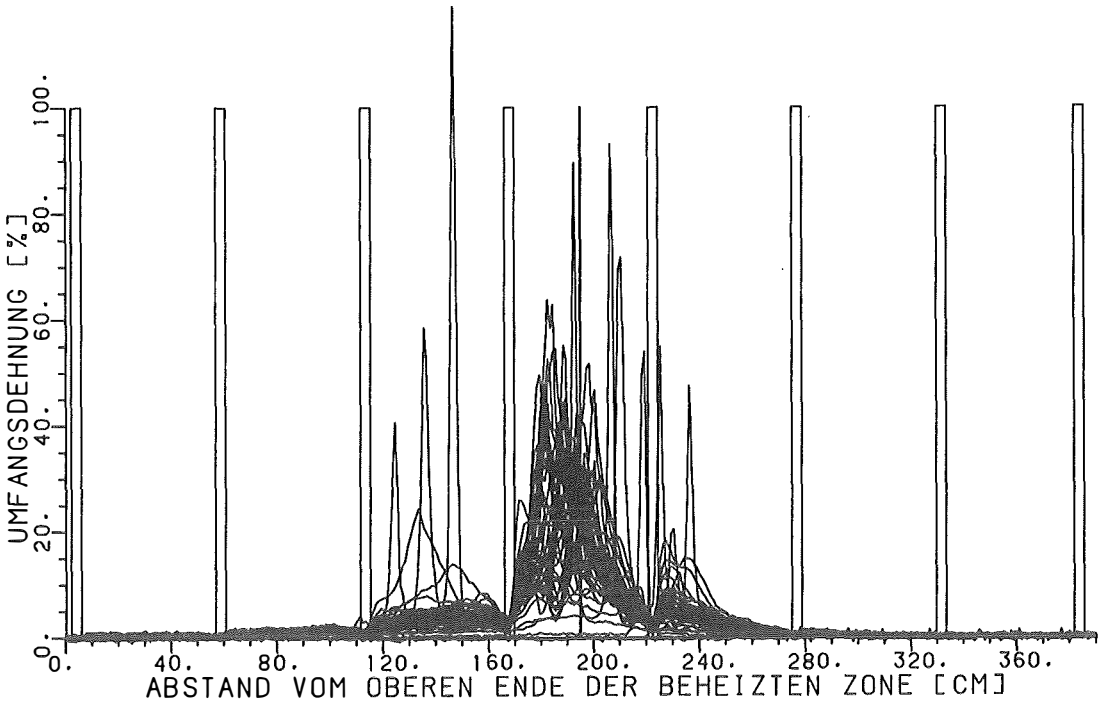
REBEKA 6

Abb.:151 Dehnungsprofil von Stab: 81

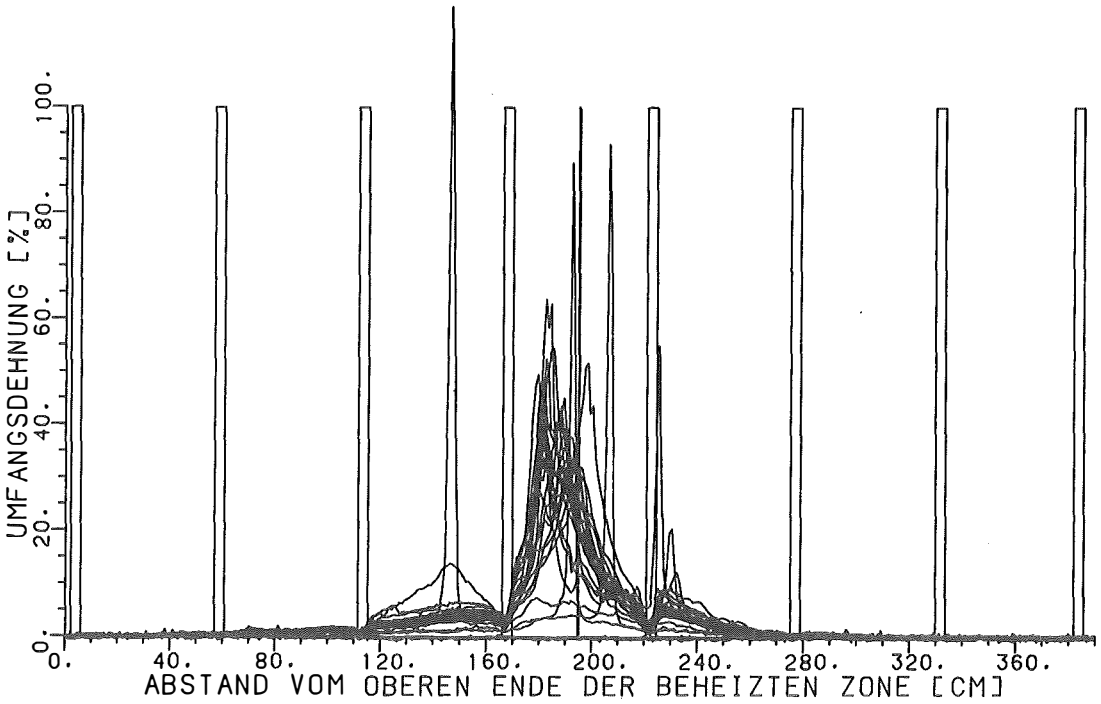


REBEKA 6

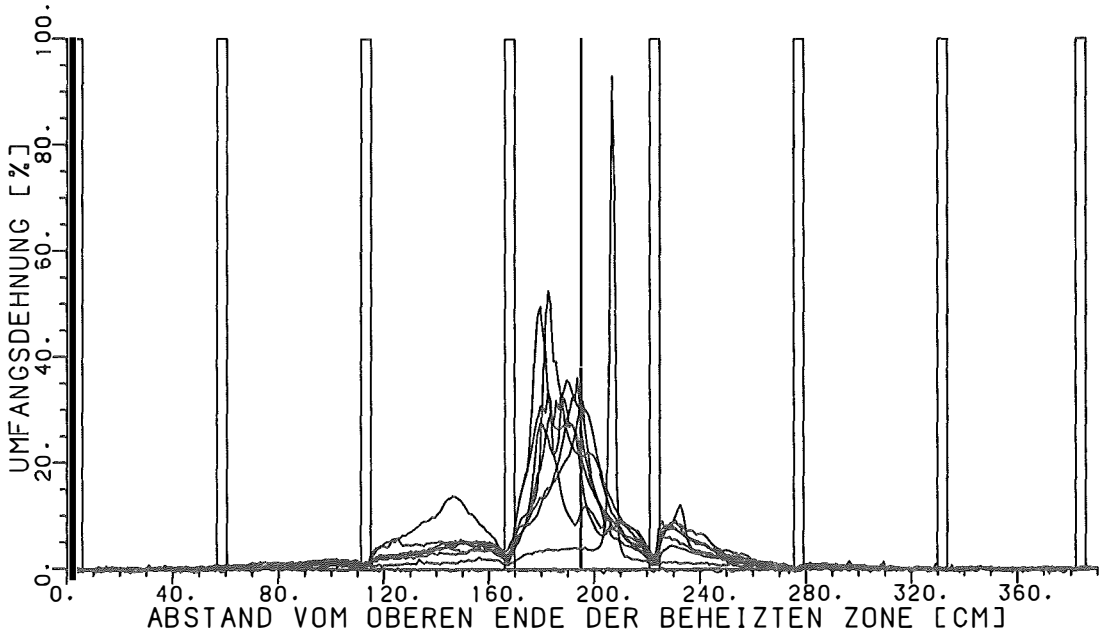
Abb.:152 Dehnungsprofil von Stab:13



REBEKA 6
Abb.: 153 Dehnungsprofile der 48 Stäbe



REBEKA 6
Abb.: 154 Dehnungsprofile der 24 Innenstäbe



REBEKA 6

Abb.: 155 Dehnungsprofile der 8 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	
		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	Kollabierter Wasserstand (incl.Strömungsdruckverlust)
		Differenzdruck über Teststrecke	N2	DMS-Δp-Aufnehmer	0-5 mWs	Dampf/Wasser	
Bündel (BSS)		Hüllrohrtemperaturen	THn	NiCr/Ni-TE ø 0.5 mm	0-1000 °C		
		Druck im Stabinnern	PJn	DMS-p-Aufnehmer	0-130 bar	Helium	
		Temp. Heizstabhülle	TIn	NiCr/Ni-Te ø 0.36 mm	0-1000 °C	Wasser/Dampf	
		Fluidtemp. a. Abstandshalter	TAHn	NiCr/Ni-TE ø 0.5 mm	0-1000 °C	Wasser/Dampf	
		Temp. BE-Kasten	TKn	NiCr/Ni-TE ø 0.5 mm	0-1000 °C	Wasser/Dampf	
Rohrleitung Dampfverteiler	07	Druck Dampfeintritt Temp. Dampfeintritt Differenzdruck an Blende Dampfeintritt	PD2 TD2 D2	DMS-p-Aufnehmer NiCr/Ni-Te DMS-Δp-Aufnehmer	0-10 bar 0-1000 °C 0-2.5 m Ws	Dampf Dampf Dampf	Dampfmenge Dampfverteiler Eintritt Teststrecke
Behälter (Wasserauswurf-Sammelbehälter)	5	Differenzdruck	N5	DMS-Δp-Aufnehmer	0-2.5 mWs	Wasser	Wasserstand
Rohrleitung	02	Druck Flutwasser Temp. Flutwasser Differenzdruck an Blende Flutwasser	P6 T6.4 D6	DMS-p-Aufnehmer NiCr/Ni-TE DMS-Δp-Aufnehmer	0-25 bar 0-1000 °C 0-2,5 mWS	Wasser Wasser Wasser	Flutwassermenge
Rohrleitung	06	Druck Dampfeintritt Temp. Dampfeintritt Differenzdruck an Blende Dampfeintritt	PD1 T3 D1	DMS-p-Aufnehmer NICr/Ni-TE DMS-Δp-Aufnehmer	0-10 bar 0-1000 °C 0-5 mWS	Dampf Dampf Dampf	Dampfmenge Eintritt Versuchsanlage
Rohrleitung	09	Druck Dampfaustritt Temp. Dampfaustritt Differenzdruck an Blende Dampfaustritt	P3.2 T3 D3	DMS-p-Aufnehmer NiCr/Ni-TE DMS-Δp-Aufnehmer	0-10 bar 0-1000 °C 0-2,5 mWS	Dampf Dampf Dampf	Dampfmenge Austritt Versuchsanlage

REBEKA 6 VOM 24.03.83

TABELLE 2: ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Stab Nr.	Berst-zeit s	Hüllrohr-temperatur 1850 mm zur Berstzeit °C	Berst-druck bar	Dehnung in 1850 mm axialer Höhe %	Berst-dehnung %	Berststelle axial mm	Berst-winkel ▷	Berst-folge	Wiederbe-netzungszeit bei 1850 mm s	Wiederbe-netzungs-folge	Bemerkung
37	181,5	687	57,5	7,41	23,7	1325	130	38	217,8	34	
19	153	729	59,5	26,53	33,7	2005	0	36	198,3	27	
16	121,5	745	64,6	20,62	36,0	1870	135	17	203,7	30	
34	122,4	732	64,5	16,4	55,0	1880	250	18	180,6	21	
23	126,3	742	62,2	21,36	47,5	2360	170	24	223,2	37	
41	135	748	61	25,4	44,5	1875	80	32	174	19	
7	151	745	58,2	16,74	31,5	1995	225	35	206,7	32	
61	114,6	800	65,9	7,45	71,7	2095	50	8	217,8	34	
49	128,4	750	59,8	54,57	54,0	1835	225	25	177	20	
18	126	755	68,9	19,37	51,6	1980	110	23	142	9	Lokalbeule
66	114	780	64	23,36	45,0	1890	120	6	144	10	
35	118,6	780	64	26,96	37,7	1920	210	13	119	1	
22	120	814	62,5	24,55	45,0	1810	155	16	165	16	
80	139	760	62	11,3	33,2	1960	270	33	171	18	
56	129	770	64	15,77	31,7	1955	140	27	174	19	
10	115,5	795	61,5	41,72	63,7	1825	140	9	219	35	
25	119,4	755	61	26,56	49,5	1805	50	14	221,4	36	
2	115,5	806	64	22,18	32,4	1885	350	10	145,5	11	
20	101,4	802	70,5	3,6	94,5	2060	45	2	233,7	39	Lokalbeule
67	102	800	70	4,14	89,5	1920	300	3	195	25	Lokalbeule
21	144,8	762	61	12,14	58,4	1350	230	34	201	28	
11	91,5	741	74	0,59	54	2185	160	1	181,5	22	
47	119,4	772	59,9	36,73	43,6	1875	80	14	169,5	17	
1	123,6	745	63	18,9	36,2	1930	0	21	141,3	7	
TF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Fluidlanze
5	132	704	60	20,0	33,2	1825	195	28	198	26	
6	125,4	758	60,1	28,16	42,0	1815	235	22	148,5	12	
69	128,7	733	64,2	10,72	40,6	1240	325	26	195	25	
38	122,7	771	60,5	11,05	34,7	1970	135	19	164,4	15	
29	114,3	770	62	22,2	34,7	1910	270	7	156,3	14	
46	117	768	62,4	31,77	33,2	1855	200	12	132,6	4	
4	123	769	64,7	16,73	31,7	1945	170	20	205,5	31	
50	115	710	58,9	39,17	52,5	1825	0	9	128,5	3	
36	113,7	810	62,5	30,29	43,6	1865	180	5	120	2	
28	129,9	679	64,8	13,56	29,8	1920	0	28	141,6	8	
44	134	715	60,5	15,52	36,2	1785	35	31	225	38	
17	118,5	728	60	36,81	42,1	1885	45	14	140,4	6	
15	107,4	805	66,7	5,96	119	1460	110	4	138,9	5	Lokalbeule
54	-	-	-	-	-	-	-	-	291	44	drucklos
30	119,4	750	62,1	24,0	42,1	1810	330	15	140,4	6	
14	-	-	-	-	-	-	-	-	189,8	23	drucklos
57	132	668,5	63	18,69	34,7	1900	270	29	151	13	
48	-	-	-	8,53	22	1740	-	-	255	42	n.geborsten
8	115,8	790	68	3,98	34,7	1925	90	11	214,5	33	
59	121,5	771	64,2	5,02	36,2	1925	250	17	203,5	29	
64	114	773	66	3,12	31,8	1955	330	6	271,3	43	
26	126	772	64,5	5,5	42,1	1930	325	23	237	40	
81	133,5	770	60	7,18	40,6	1960	120	30	239	41	
13	159,9	680	61,5	8,54	46,6	1990	240	37	194,8	24	

Alle Zeitangaben beziehen sich auf den Beginn der Wiederaufheizphase

REBEKA-6

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-6

Kanal No	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meßwinkel	Abb. Bem.
24	Vergleichstemperatur Kupferplatte	TV/3	°C		1)
25	Temperatur unteres Teststrecken-plenum	T2.1	°C		
26	Temperatur oberes Teststrecken-plenum Nord	T2.2N	°C	0°	
27	Temperatur oberes Teststrecken-plenum West	T2.2W	°C	270°	
28	Dampfaustrittstemp.(Versuchsanl.)	T2.3	°C		
29	Temp. Flutwasser	T6.4	°C		
30	Hüllrohrtemp. Stab 37 bei 1850 mm	TH 37	°C	135°	
31	" " 19 " 1850 mm	TH 19	°C	215°	
32	" " 16 " 1850 mm	TH 16	°C	215°	
33	" " 34 " 1850 mm	TH 34	°C	215°	
34	Temperatur Heizstabhülle Stab 23 bei 1950 mm	Ti 23/1	°C	215°	
35	" " 23 " 1950 mm	Ti 23/2	°C	335°	
36	" " 23 " 1950 mm	Ti 23/3	°C	95°	
37	Hüllrohrtemp. " 23 " 1850 mm	TH 23	°C	215°	
38	" " 41 " 1850 mm	TH 41	°C	215°	
39	" " 7 " 1850 mm	TH 7	°C	215°	
40	" " 61 " 1850 mm	TH 61	°C	135°	
41	" " 80 " 1850 mm	TH 80	°C	315°	
42	" " 56 " 1850 mm	TH 56	°C	135°	

Kanal No	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meßwinkel	Abb. Bem.
43	Hüllrohrtemp. Stab 21 bei 1850 mm	TH 21	°C	315°	
44	" " 11 bei 1850 mm	TH 11	°C	135°	
45	" " 69 bei 1850 mm	TH 69	°C	315°	
46	" " 38 bei 1850 mm	TH 38	°C	135°	
47	" " 28 bei 1850 mm	TH 28	°C	315°	
48	" " 44 bei 1850 mm	TH 44	°C	135°	
49	" " 57 bei 1850 mm	TH 57	°C	315°	
50	Temp.Heizstabh. " 48 bei 1950 mm	Ti 48/1	°C	45°	
51	" " 48 bei 1950 mm	Ti 48/2	°C	165°	
52	" " 48 bei 1950 mm	Ti 48/3	°C	285°	
53	Hüllrohrtemp. " 48 bei 1850 mm	TH 48	°C	45°	
54	" " 8 bei 1850 mm	TH 8	°C	45°	
55	" " 59 bei 1850 mm	TH 59	°C	45°	
56	" " 64 bei 1850 mm	TH 64	°C	45°	
57	" " 26 bei 1850 mm	TH 26	°C	45°	
58	" " 81 bei 1850 mm	TH 81	°C	45°	
59	" " 13 bei 1850 mm	TH 13	°C	315°	
60	Temp.Heizstabh. " 49 bei 1950 mm	Ti 49/1	°C	135°	
61	" " 49 bei 1950 mm	Ti 49/2	°C	255°	
62	" " 49 bei 1950 mm	Ti 49/3	°C	15°	
63	Hüllrohrtemp. " 49 bei -150 mm	TH 49/1	°C	135°	
64	" " 49 bei +150 mm	TH 49/2	°C	135°	
65	" " 49 bei 500 mm	TH 49/3	°C	135°	
66	" " 49 bei 1000 mm	TH 49/4	°C	135°	
67	" " 49 bei 1850 mm	TH 49/5	°C	135°	
68	" " 49 bei 1950 mm	TH 49/6	°C	135°	
69	" " 49 bei 2900 mm	TH 49/7	°C	135°	
70	" " 49 bei 3400 mm	TH 49/8	°C	135°	

Kanal No	Datenzuordnung Meßstellenangaben		Bezeichnung	Einheit	Meßwinkel	Abb. Bem.
71	Hüllrohrtemp.Stab	49 bei 3750 mm	TH 49/9	°C	135°	
72	"	49 bei 3900 mm	TH 49/10	°C	135°	
73	" "	18 bei 1850 mm	TH 18	°C	315°	
74	Temp.Heizstabh."	66 bei 1950 mm	Ti 66/1	°C	180°	
75	" "	66 bei 1950 mm	Ti 66/2	°C	300°	
76	" "	66 bei 1950 mm	Ti 66/3	°C	60°	
77	Hüllrohrtemp. "	66 bei 1800 mm	TH 66/1	°C	180°	
78	" "	66 bei 1800 mm	TH 66/2	°C	300°	
79	" "	66 bei 1800 mm	TH 66/3	°C	60°	
80	" "	66 bei 1850 mm	TH 66/4	°C	300°	
81	" "	35 bei 1850 mm	TH 35	°C	45°	
82	" "	22 bei 1750 mm	TH 22/1	°C	135°	
83	" "	22 bei 1800 mm	TH 22/2	°C	135°	
84	" "	22 bei 1850 mm	TH 22/3	°C	135°	
85	Temp.Heizstabh."	10 bei 1950 mm	Ti 10/1	°C	135°	
86	" "	10 bei 1950 mm	Ti 10/2	°C	255°	
87	" "	10 bei 1950 mm	Ti 10/3	°C	15°	
88	Hüllrohrtemp. "	10 bei 1850 mm	TH 10/1	°C	135°	
89	" "	10 bei 1950 mm	TH 10/2	°C	135°	
90	Temp.Heizstabh."	25 bei 1950 mm	Ti 25/2	°C	315°	
91	" "	25 bei 1950 mm	Ti 25/3	°C	75°	
92	Hüllrohrtemp. "	25 bei 1750 mm	TH 25/1	°C	315°	
93	" "	25 bei 1800 mm	TH 25/2	°C	315°	
94	" "	25 bei 1850 mm	TH 25/3	°C	315°	
95	Temp.Heizstabh."	2 bei 1950 mm	Ti 2/2	°C	315°	
96	" "	2 bei 1950 mm	Ti 2/3	°C	195°	
97	Hüllrohrtemp. "	2 bei 1850 mm	TH 2	°C	315°	
98	Temp.Heizstabh."	20 bei 1950 mm	Ti 20/1	°C	225°	

Kanal No	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meß-winkel	Abb. Bem.
99	Temp.Heizstabh." 20 bei 1950 mm	Ti 20/2	°C	345°	
100	" " 20 bei 1950 mm	Ti 20/3	°C	105°	
101	Hüllrohrtemp. " 20 bei 1750 mm	TH 20/1	°C	225°	
102	" " 20 bei 1800 mm	TH 20/2	°C	225°	TE defekt
103	" " 20 bei 1850 mm	TH 20/3	°C	225°	
104	" " 20 bei 1950 mm	TH 20/4	°C	225°	
105	" " 20 bei 1950 mm	TH 20/4	°C	225°	
105	" " 20 bei 2050 mm	TH 20/5	°C	225°	
106	" " 20 bei 2150 mm	TH 20/6	°C	225°	
107	" " 67 bei 1850 mm	TH 67	°C	135°	
108	Temp.Heizstabh." 47 bei 1950 mm	Ti 47/1	°C	315°	
109	" " 47 bei 1950 mm	Ti 47/2	°C	75°	
110	" " 47 bei 1950 mm	Ti 47/3	°C	195°	
111	" " 47 bei 1850 mm	TH 47	°C	315°	
112	" " 1 bei 1950 mm	Ti 1/1	°C	315°	TE defekt
113	" " 1 bei 1950 mm	Ti 1/2	°C	75°	
114	" " 1 bei 1950 mm	Ti 1/3	°C	195°	
115	Hüllrohrtemp. " 1 bei 1850 mm	TH 1	°C	315°	
116	Temp.Heizstabh." 5 bei 1950 mm	Ti 5/1	°C	135°	
117	" " 5 bei 1950 mm	Ti 5/2	°C	255°	
118	" " 5 bei 1950 mm	Ti 5/3	°C	15°	
119	Hüllrohrtemp. " 5 bei 1850 mm	TH 5	°C	135°	
120	Temp.Heizstabh." 6 bei 1950 mm	Ti 6/1	°C	135°	
121	" " 6 bei 1950 mm	Ti 6/2	°C	255°	
122	" " 6 bei 1950 mm	Ti 6/3	°C	15°	
123	Hüllrohrtemp. " 6 bei 1850 mm	TH 6	°C	135°	
124	Temp.Heizstabh." 29 bei 1950 mm	Ti 29/1	°C	435°	
125	" " 29 bei 1950 mm	Ti 29/2	°C	165°	
126	" " 29 bei 1950 mm	Ti 29/B	°C	285°	

Kanal No	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meß-winkel	Abb. Bem.
127	Hüllrohrtemp. Stab 29 bei 1750 mm	TH 29/1	°C	45°	
128	" " 29 bei 1800 mm	TH 29/2	°C	45°	
129	" " 29 bei 1850 mm	TH 29/3	°C	45°	
130	" " 29 bei 1950 mm	TH 29/4	°C	45°	
131	" " 29 bei 2050 mm	TH 29/5	°C	45°	
132	" " 29 bei 2150 mm	TH 29/6	°C	45°	
133	Temp.Heizstabh." 46 bei 1950 mm	Ti 46/1	°C	225°	
134	" " 46 bei 1950 mm	Ti 46/2	°C	345°	
135	" " 46 bei 1950 mm	Ti 46/3	°C	105°	
136	Hüllrohrtemp. " 46 bei 1800 mm	TH 46/1	°C	225°	
137	" " 46 bei 1800 mm	TH 46/2	°C	225°	
138	" " 46 bei 1800 mm	TH 46/3	°C	225°	
139	" " 46 bei 1850 mm	TH 46/4	°C	225°	
140	Temp.Heizstabh." 4 bei 1950 mm	Ti 4/1	°C	135°	
141	" " 4 bei 1950 mm	Ti 4/1	°C	255°	
142	" " 4 bei 1950 mm	Ti 4/3	°C	15°	
143	Hüllrohrtemp. " 4 bei 1750 mm	TH 4/1	°C	135°	
144	" " 4 bei 1800 mm	TH 4/2	°C	135°	
145	" " 4 bei 1850 mm	TH 4/3	°C	135°	
146	" " 50 bei 1750 mm	TH 50/1	°C	135°	
147	" " 50 bei 1800 mm	TH 50/2	°C	135°	
148	" " 50 bei 1850 mm	TH 50/3	°C	135°	
149	" " 36 bei 1850 mm	TH 36	°C	135°	
150	" " 17 bei 1850 mm	TH 17	°C	225°	
151	" " 15 bei 1750 mm	TH 15/1	°C	225°	
152	" " 15 bei 1800 mm	TH 15/2	°C	225°	
153	" " 15 bei 1850 mm	Ti 54/1	°C	135°	
154	Temp.Heizstabh." 54 bei 1950 mm	Ti 54/1	°C	135°	TE defekt

Kanal No.	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meß-winkel	Abb. Bem.
155	Temp.Heizstabh." 54 bei 1950 mm	Ti 54/2	°C	255°	
156	" " 54 bei 1950 mm	Ti 54/3	°C	15°	TE defekt
157	Hüllrohrtemp. " 54 bei 1850 mm	TH 54	°C	135°	
158	" " 30 bei 1850 mm	TH 30	°C	135°	
159	Temp.Heizstabh." 14 bei 1950 mm	Ti 14/1	°C	315°	
160	" " 14 bei 1950 mm	Ti 14/2	°C	75°	
161	Hüllrohrtemp. " 14 bei -150 mm	TH 14/1	°C	315°	
162	" " 14 bei 150 mm	TH 14/2	°C	315°	
163	" " 14 bei 500 mm	TH 14/3	°C	315°	
164	" " 14 bei 1000 mm	TH 14/1	°C	315°	
165	" " 14 bei 1850 mm	TH 14/5	°C	315°	
166	" " 14 bei 1950 mm	TH 14/6	°C	315°	
167	" " 14 bei 2900 mm	TH 14/7	°C	315°	
168	" " 14 bei 3400 mm	TH 14/8	°C	315°	
169	" " 14 bei 3750 mm	TH 14/9	°C	315°	
170	" " 14 bei 3900 mm	TH 14/10	°C	315°	
171	Fluidtemp.Zentr. Unterkanal " 1 bei 315 mm	TF 1	°C	45°	
172	" 2 bei 860 mm	TF 2	°C	45°	
173	" 3 bei 1205 mm	TF 3	°C	45°	
174	" 4 bei 1305 mm	TF 4	°C	45°	
175	" 5 bei 1405 mm	TF 5	°C	45°	
176	" 6 bei 1505 mm	TF 6	°C	45°	
177	" 7 bei 1605 mm	TF 7	°C	45°	
178	" 8/1 bei 1750 mm	TF 8/1	°C	225°	
179	" 8/2 bei 1750 mm	TF 8/2	°C	225°	
180	" 9/1 bei 1800 mm	TF 9/1	°C	225°	TE defekt
181	" 9/2 bei 1800 mm	TF 9/2	°C	225°	TE defekt

Kanal No.	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meß-winkel	Abb. Bem.
182	Fluidtemp.Zentr. 10/1 bei 1850 mm	TF 10/1	°C	225°	
	Unterkanal				
183	" 10/2 bei 1850 mm	TF 10/2	°C	225°	TE defekt
184	" 11/1 bei 1950 mm	TF 11/1	°C	225°	TE defekt
185	" 11/2 bei 1950 mm	TF 11/2	°C	225°	TE defekt
186	" 12 bei 2495 mm	TF 12	°C	45°	TE defekt
187	" 13 bei 3040 mm	TF 13	°C	45 °	TE defekt
188	" 14 bei 3585 mm	TF 14	°C	45°	
189	Fluid TE Abstandsh. I bei 9 mm	TAH 1/2/20	°C		
190	" I bei 67 mm	TAH 1/2/2u	°C		
191	" IV bei 1644 mm	TAH 4/2/2o	°C		TE defekt
192	" IV bei 1702 mm	TAH 4/2/2u	°C		
193	" V bei 2188 mm	TAH 5/2/20	°C		
194	" V bei 2188 mm	TAH 5/2/2u	°C		TE deffekt
195	" VIII bei 3823 mm	TAH 8/2/2o	°C		
196	" VII bei 3881 mm	TAH 8/2/2u	°C		
197	Dampftemp.Druckrohr	TDr2	°C		
198	"	TDr2	°C		
199	BE-Kastenwandtemp. 1 bei 150 mm	TK1	°C	N	
200	" 2 bei 500 mm	TK2		N	
201	" 3 bei 1000 mm	TK3		N	
202	" 4 bei 1950 mm	TK4		N	
203	" 5 bei 2900 mm	TK5		N	
204	" 6 bei 3400 mm	TK6		N	
205	" 7 bei 3700 mm	TK7		N	
206	" 8 bei 1950 mm	TK8		O	
207	" 9 bei 1950 mm	TK9		N	
208	" 10 bei 1950 mm	TK10	°C	W	

Kanal No.	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meßwinkel	Abb. Bem.
209	Temp.Druckrohr außen Mitte	TDr3	°C		
210	Stabinnendruck von Stab 37	PJ 37	bar		2)
211	" " " 19	TJ 19	bar		
212	" " " 16	PJ 16	bar		
213	" " " 34	PJ 34	bar		
214	" " " 23	PJ 23	bar		
215	" " " 41	PJ 41	bar		
216	" " " 7	PJ 7	bar		
217	" " " 61	PJ 61	bar		
218	" " " 49	PJ 49	bar		
219	" " " 18	PJ 18	bar		
220	" " " 66	PJ 66	bar		
221	" " " 35	PJ 35	bar		
222	" " " 22	PJ 22	bar		
223	" " " 80	PJ 80	bar		
224	" " " 56	PJ 56	bar		
225	" " " 10	PJ 10	bar		
226	" " " 25	PJ 25	bar		
227	" " " 2	PJ 2	bar		
228	" " " 20	PJ 20	bar		
229	" " " 67	PJ 67	bar		
230					nicht
231	" " " 11	PJ 11	bar		belegt
232	" " " 47	PJ 47	bar		
233	" " " 1	PJ 1	bar		
234	Dampfdruck an Meßblende 2	PD 2	bar		
235	Stabinnendruck von Stab 5	PJ 5	bar		

Kanal Nr.	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meß-winkel	Abb. Bem.
236	Stabinnendruck von Stab 6	PJ 6	bar		
237	Dampftemperatur Meßblende 2	TD 2	°C		
238	" " 1	TD 1	°C		
239	" " 3	T 3	°C		
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	" " " 15	PJ 15	bar		
251	" " " 21	PJ 21	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		

Kanal Nr.	Datenzuordnung Meßstellenangaben	Bezeichnung	Einheit	Meßwinkel	Abb. Bem.
262	Dampfdruck an Meßblende 1	PD 1	bar		
263	Druck im unteren Plenum d. Teststr.	P 2.1	bar		
264	Druck im oberen Plenum d. Teststr.	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	" an Meßblende 2	D 2	kg/s		
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 Spaltgasinnendruckes von frischen Brennstäben.

Literatur

/1/ R. Meyder:
SSYST-3 Eingabebeschreibung und Handhabung. KfK 3654, Dezember 1983.

/2/ K. Wiehr et al.:
Brennstabverhalten in der Wiederauffüll- und Flutphase eines Kühlmittelverluststörfalles. Auswertung von REBEKA-6 für Deutsches Standardproblem Nr. 7. PNS-Jahresbericht 1984, KfK 3450, Juni 1984.

/3/ U. Harten, K. Wiehr:
Datenbericht REBEKA-5. KfK 3842, März 1985.

/4/ LOCA-Simulation in the National Research Universal Reactor Program, NUREG/CR-2528, PNL4166

Zugriff zu den Versuchsdaten

Benutzer, die an den REBEKA-6 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 REBEKA6
```

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