

KfK 4002  
Dezember 1985

# **Die COSIMA-Experimente und ihre Nachrechnung, eine Datenbasis zur Überprüfung von Rechenprogrammen für Zweiphasenströmungen**

G. Class, R. Meyder, E. Stratmanns  
Institut für Reaktorentwicklung  
Projekt Nukleare Sicherheit

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE  
Institut für Reaktorentwicklung  
Projekt Nukleare Sicherheit

KfK 4002

Die COSIMA-Experimente und ihre Nachrechnung, eine

=====

Datenbasis zur Überprüfung von Rechenprogrammen

=====

für Zweiphasenströmungen

=====

G. Class, R. Meyder, E.Stratmanns

Kernforschungszentrum Karlsruhe G.m.b.H., 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

Die COSIMA Anlage hatte das Ziel, die Wechselwirkung der fluiddynamischen, thermischen und mechanischen Vorgänge im Kühlkanal und im Brennstab eines Druckwasserreaktors während der Abblasephase eines Kühlmittelverluststörfalles mit großem Leck zu simulieren. Im vorliegenden Bericht wird das umfangreiche Datenmaterial aller COSIMA Experimente vorgestellt. Die Datenbasis soll der Überprüfung und Weiterentwicklung von Rechenprogrammen für Zweiphasenströmungen dienen. Für das Brennstabverhalten ergab sich, daß im allgemeinen nur geringe Hüllrohrdehnungen erreicht werden, und daß zum Bersten der Hüllrohre in der Abblasephase extrem hohe Stabinnendrucke notwendig sind. Zusätzlich wurden wichtige Erkenntnisse zum Verhalten von Brennstabsimulatoren und zum Einfluß von Thermoelementen, die außen auf dem Hüllrohr angebracht sind, gewonnen.

Ergebnisse, die mit den Rechenprogrammen RELAP und DRUFAN gewonnen worden sind zeigen, daß schon heute eine zufriedenstellende Nachrechnung der Experimente erreicht wird. Eine Verbesserung kann erreicht werden, wenn man die Modelle zur Beschreibung der Phasentrennung verfeinert.

The COSIMA-experiments, a database for validation of

=====

two-phase-flow computer-codes

=====

#### Abstract

The aim of the COSIMA-facility was to simulate the hydraulic, thermal and mechanical conditions in the subchannel, as well as in the cladding of fuel rod in a PWR during a large break LOCA. The report presents an overview on the large database generated with COSIMA. The database is to be used to validate and develop computer codes for two-phase flow. In terms of fuel rod behavior it was found that during blowdown under realistic conditions only small strains are reached. For clad rupture extremely high rod internal pressure is necessary. Additionally important results were found in the behavior of a fuel rod simulator and on the effect of thermocouples attached on the cladding outer surface.

Posttest calculations, performed with the codes RELAP and DRUFAN show a good agreement with the experiments. This however can be improved if the phase separation models in the codes would be updated.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	5
2. Beschreibung der Versuchsanlage	7
2.1 Kreislauf	7
2.2 Teststrecke	8
2.3 Instrumentierung	9
2.4 Brennstabsimulator vom Typ WUS	11
2.5 Brennstabsimulator vom Typ SIM	11
3. Einfache Abblase-Experimente ohne Beheizung	12
3.1 Zielsetzung und Versuchsmatrix	12
3.2 Abblasen aus dem Unterplenum	12
3.3 Abblasen aus dem Oberplenum	15
3.4 Vergleich einseitig abblasender Versuche	17
3.5 Abblasen aus Ober- und Unterplenum	18
4. Abblase-Experimente mit dem Stabsimulator vom Typ WUS	22
4.1 Zielsetzung und Versuchsmatrix	22
4.2 Abblasen aus dem Oberplenum	22
4.3 Abblasen aus Ober- und Unterplenum	25
5. Abblase-Experimente mit dem Stabsimulator vom Typ SIM	28
5.1 Zielsetzung und Versuchsmatrix	28
5.2 COSTRA-Experimente ohne Hüllrohrdeformation	28
5.2.1 Ablauf der COSTRA-Transiente	28
5.2.2 Experimente mit $Al_2O_3$ -Pellets	30
5.2.2.1 Experimente mit nominellem Stab	30
5.2.2.2 Experimente mit veränderten Spaltweiten	31
5.2.3 Experimente mit Quarzpellets	32
5.3 Experimente zum Einfluß von Thermoelementen	33
5.3.1 Zielsetzung der Experimente	33
5.3.2 Ablauf der LOFTRA-Transiente	34
5.3.3 Einfluß von Thermoelementen bei COSTRA und LOFTRA	35
5.4 Experimente mit Stabdeformation	36

6.	Nachrechnung der Experimente	38
6.1	Zielsetzung der Nachrechnungen	38
6.2	Probleme bei der Modellierung	38
6.3	Nachrechnung der Experimente ohne Beheizung	39
6.4	Nachrechnung von LOFTRA und COSTRA	41
7.	Schlußfolgerungen	44
8.	Literatur	46

## 1. Einleitung

Der Kühlmittelverluststörfall mit großem Leck in einem Druckwasserreaktor wird im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens von Kernkraftwerken als ein Störfall behandelt, dessen Folgen von der Anlage beherrscht werden müssen. Um eine entsprechende Auslegung vornehmen zu können, ist es daher notwendig die Folgen dieses Ereignisses möglichst gut zu kennen. Die Sorge gilt dabei dem Verhalten der Brennstäbe, denn nur wenn die Brennstabhüllen versagen, können Spaltprodukte freigesetzt werden.

Das Verhalten eines Brennstabes während eines Kühlmittelverluststörfalles hängt von seinem Abbrand, seinem Innendruck, seiner Kühlung und der Wärmefreisetzung im Stab ab. Die Versagensarten sind das Bersten der Hüllrohre ohne große Verformung, und das Erreichen großer Dehnungen mit und ohne Bersten. Die erste Versagensart führt im wesentlichen nur zur Freisetzung von gasförmigen Spaltprodukten, während die zweite zusätzlich die Flutung des Kernes behindern kann.

Im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit wurden diese Fragen theoretisch und experimentell untersucht /1,2/. Dazu wurde der gesamte Fragenkomplex in integrale und spezielle Untersuchungen unterteilt. Die integralen Versuche wurden nochmals in Abblasephase und Wiederauffüll- und Flutphase unterteilt. Der vorliegende Bericht behandelt die Experimente zum integralen Verhalten der Brennstäbe während der Abblasephase.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde im KfK die COSIMA-Anlage (controlled blowdown simulation Karlsruhe) geplant, entwickelt und erstellt. Um der Aufgabenstellung zu entsprechen, waren eine Reihe von technischen Neu- und Weiterentwicklungen notwendig. So wurde z.B. im Rahmen dieses Vorhabens ein Zweiphasen-Massenstrommeßgerät, das sog. 'True Mass Flow Meter' (TMFM), entwickelt /3,4,5,6,7/, sowie ein Brennstabsimulator mit einer linearen Leistung von ca. 700 W/cm, mit Gasinnendruck und einer deformierbaren Hülle aus Zircaloy.

Im Laufe der Durchführung des Vorhabens ergab sich eine gewisse Verschiebung der Versuchsschwerpunkte. So konnte zu Anfang relativ rasch demonstriert werden, daß in der Abblasephase keine überraschenden Effekte auftreten und das Verhalten des Hüllrohres in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der speziellen Experimente stand /8,9/. Es wurde daher anschließend mehr Gewicht auf die Erzeugung von Datensätzen zur Überprüfung von Rechenprogrammen für die Analyse des Brennstabverhaltens, besonders der Thermohydraulik, sowie auf die Verbesserung der Brennstabsimulatoren hinsichtlich der Reproduzierbarkeit ihres Verhaltens bei wiederholtem Einsatz gelegt.

Das Besondere dieser Datenbasis ist, daß sie Abblase-Experimente einer Teststrecke enthält bei der der Abblaseort, die Abblasequerschnittsfläche und die Beheizungsart systematisch variiert wurden. Auf diese Weise kann man sowohl einzelne Modelle in den Zweiphasen-Rechenprogrammen überprüfen, als auch ihr Zusammenwirken. Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die durchgeführten Experimente und die dabei beobachteten Phänomene. Am Ende des Berichts werden einige Ergebnisse vorgestellt, die mit den Rechenprogrammen RELAP und DRUFAN gewonnen wurden. Es handelt sich dabei um Versuchsnachrechnungen, nicht um eine umfassende Verifizierung dieser Programme.

## 2. Beschreibung der Versuchsanlage

In der COSIMA-Anlage /10,11/ soll die Hülle des Brennstabsimulators denselben mechanischen sowie thermo- und fluiddynamischen Bedingungen ausgesetzt werden, wie sie für ein Brennstabhüllrohr während der Abblasephase eines Kühlmittelverluststörfalles erwartet werden /1/. Es mußten daher die im Stab freigesetzte Wärme und die Verhältnisse des Kühlmittels im Kühlkanal, im wesentlichen also Druck und Massenstrom, steuerbar sein. Gewählt wurde ein elektrisch beheizter Simulator in einem Stabbündel, welches zwischen zwei Kühlmittel-Speichervolumen angeordnet ist. An die Speichervolumina wurden Regelventile angeschlossen, so daß der Druck-Zeit-Verlauf in der Teststrecke durch die Summe der Ventilquerschnitte und der Massenstrom durch das Bündel durch die Aufteilung des Gesamtquerschnitts auf das untere bzw. obere Ventil eingestellt werden kann. Eine Gesamtansicht der Anlage gibt Abb. 2.1.

### 2.1 Kreislauf

Der Kreislauf der COSIMA Anlage (Abb. 2.2) hat die Aufgabe, in der Teststrecke stationäre Anfangsbedingungen einzustellen. Der Kreislauf besteht aus einem beheizten Druckhalter, mit einem angeschlossenen beheizbaren Wasserkessel von ca. 150 l Inhalt, sowie einer Umwälzpumpe, Rohrleitungen, Ventilen und der Teststrecke. Die Anfangsbedingungen des Kühlmittels für ein Abblase-Experiment sind ca. 578 K und 16 Mpa.

Nach dem Erreichen dieser stationären Anfangsbedingungen werden die Heizer im Stabbündel eingeschaltet, um ein realistisches axiales Temperaturprofil einzustellen. Da im Kreislauf keine spezielle Wärmesenke vorhanden ist, muß zur Erhaltung der Anfangsbedingungen die Auslösung des Experimentes erfolgen, bevor die Temperatur des Kreislaufwassers am Austritt des Speicherkessels ansteigt. Bei der Auslösung des Experimentes wird die Teststrecke durch Schnellschlußventile vom übrigen Kreislauf abgetrennt.

Zur Auslösung und zur weiteren Steuerung eines Experimentes sind eine große Zahl aktiver Maßnahmen notwendig. Daher wurden sämtliche Steuerungsaufgaben programmiert und auf einen Steuerungsrechner gegeben. Nach dem Erreichen der stationären Anfangsbedingungen erfolgt somit nur noch die Auslösung des Experiments von Hand.

## 2.2 Teststrecke

Die Teststrecke (Abb. 2.3) besteht aus dem oberen und unteren, jeweils kugelförmigen Kühlmittelpenum und dem dazwischen gelegenen Stabbündel. Jedes Plenum hat ein Volumen von 6.54 l. Der Abstand der Plenamitten ist ca. 2.4 m. Zur Reduktion der Thermoschockbeanspruchung der Plena wurden diese innen mit Thermoschockblechen ausgekleidet.

Die Plena sind über die Abblaseleitungen mit dem Abblasebehälter verbunden (Abb. 2.2). In jeder Leitung liegen auf dem Weg zum Abblasebehälter zunächst ein True Mass Flow Meter, dann ein Schnellöffnungsventil und schließlich ein Regelventil. Die Regelventile haben einen linearen Zusammenhang zwischen Ventilhub und Öffnungsquerschnitt. Ihre Stellung wird in % des Maximalhubes angegeben. Der Abblasebehälter ist offen, der Gegendruck am Ende der Abblaseleitung ist daher in erster Näherung gleich dem Umgebungsdruck.

Das Stabbündel der COSIMA-Anlage besteht aus drei mal drei Stäben in quadratischer Anordnung (Abb.2.4). Die zentrale Position wird vom Brennstabsimulator, die anderen Positionen von den Begleitheizern eingenommen. Der Raum zwischen Bündel und Druckführungsrohr wird durch Füllstücke ausgefüllt. Die Begleitheizer sind elektrisch beheizte Stäbe mit thermisch sehr gut an das Hüllrohr gekoppeltem Heizleiter, deren axiale Heizzone sich von der Mitte des Bündels gemessen 0.75 m nach oben und unten erstreckt. Ihre Leistung beträgt insgesamt 110 kW. Jeder Begleitheizer des Bündels besteht aus einem oberen und einem unteren Teil. Dazwischen bleibt Platz für die Sichtfenster der Pyrometer zur berührungsfreien Messung der Oberflächentemperatur des Simulators.

### 2.3 Instrumentierung

Ein Instrumentierungsplan ist in Abb. 2.5.1 und 2.5.2 gegeben. Gemessen werden Drücke, Temperaturen, Dichten, Massenströme, Leistungen und die Stellung der Regelventile.

Der Druck im Kühlmittel wird in den Plena, an Positionen ober- und unterhalb des beheizten Bündels, und im Abblasebehälter gemessen. Zusätzlich wird auch der Differenzdruck zwischen den Plena erfaßt. Außerdem wird der Gasdruck im Brennstabsimulator gemessen. Die Dichte in den Plena wird mittels Gamma-Durchstrahlung bestimmt; weil die Gamma-Strahlen die Plena unter  $45^\circ$  zur Senkrechten durchstrahlen, sind Korrekturen für die vom Strahl nicht erfaßten Bereiche erforderlich. Dabei ist hier unter Dichte die über das Plenumvolumen gemittelte Dichte zu verstehen. Da sich im oberen Teil der Plena Wasserdampf ansammelt, kommt es häufig zur Ausbildung eines Gemischspiegels, der den überwiegend mit Dampf gefüllten Teil, von dem mit einem Zweiphasengemisch gefüllten Teil des Plenums trennt. Die Dichtemessung mittelt über beide Teilvolumina.

Die Messung der Massenströme in den Abblaseleitungen erfolgt, wie erwähnt, jeweils mit einem TMFM. Die Ventilpositionen werden über Tauchspulen in ein elektrisches Signal umgesetzt und ebenfalls aufgezeichnet.

Die Leistung der Begleitheizer und des Simulatorstabes werden getrennt durch Spannungs- und Strommessung erfaßt. Die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen des Brennstabsimulators werden mittels 8 Quotientenpyrometern bestimmt. Sie arbeiteten zuverlässig und sehr genau ( $\pm 3$  K). Die tiefste mit diesen Pyrometern meßbare Temperatur liegt bei 810 K. Fällt die Temperatur bei einem Pyrometer unter 810 K so wird daher der Wert 810K angegeben. Weitere Temperaturen werden im Fluidbereich, des Bündels und der Plena mittels Thermoelementen gemessen. Diese 'blanken' Thermoelemente haben einen Durchmesser von 1 mm. Zusätzlich werden noch zahlreiche Strukturtemperaturen der Füllkörper und der Plenawände mit aufgezeichnet. Der Versuch, aus diesen Daten gezielt das radiale Temperaturprofil in den Füllkörpern zu bestimmen, muß

aber als gescheitert betrachtet werden. Schließlich werden noch die Temperaturen in den Abblaseleitungen und im Abblasebehälter aufgezeichnet.

Insgesamt wurden 67 verschiedene Meßsignale über die Datenerfassungsanlage aufgezeichnet. Die Aufzeichnungsfrequenz beträgt 100 Hz. Die Meßwerte sind im mKs - System auf Magnetband vom Kerforschungszentrum erhältlich. In den Abbildungen der folgenden Kapitel werden für die einzelnen Meßwerte folgende Abkürzungen verwendet:

- T : Temperaturmessung mit Thermoelementen.
- IN : Temperaturmessung mit Pyrometern.
- P : Druck.
- D : Dichte.
- M : Massenstrom in den Abblaseleitungen.
- PO : Stellung der Regelventile.

#### 2.4 Brennstabsimulator vom Typ WUS

Ein radialer und ein axialer Schnitt durch einen Brennstabsimulator vom Typ WUS /12/ ist in Abb. 2.6 gegeben. Dieser Simulator war zur Ermittlung von Wärmeübergangszahlen, unter Verzicht auf ein verformbares Hüllrohr, entwickelt worden. Der radiale Temperaturgradient des Hüllrohres und damit der Wärmestrom sollte ursprünglich mittels in unterschiedlichem Abstand von der Hüllrohroberfläche eingebetteten Thermoelementen bestimmt werden. Leider waren bei keinem Stab alle Temperaturmeßstellen hinreichend lange funktionsfähig. Daher mußte die mit den Pyrometern bestimmte Oberflächentemperatur zur Ermittlung der Wärmeströme mit herangezogen werden. Er ist ebenso wie der Simulator mit verformbarer Hülle (Typ SIM) über 0.5 m beheizbar. Die beheizbare Zone reicht von der Mitte des Bündels 0.25 m nach unten und nach oben. Die typische Leistung für diesen Stab liegt bei 600 W/cm.

#### 2.5 Brennstabsimulator vom Typ SIM

Mit dem Brennstabsimulator vom Typ SIM /13/ sollte sowohl das thermodynamische als auch das mechanische Verhalten des Brennstabes simuliert werden. Sein Aufbau ist in Abb. 2.7 gegeben. Er besteht aus einem zentralen Heizstab aus Graphit von 6 mm Durchmesser,  $Al_2O_3$ -Ringpellets

und dem Zircaloy-Hüllrohr. Um einen Kurzschluß zwischen Heizstab und Zircaloy zu vermeiden, wurde das Graphit mit Tantalkarbid beschichtet. Die elektrische Leistung wird über Stäbe aus CuZr und Übergangsstücke aus Ta oder Mo an den Graphitstab herangeführt. Auch dieser Stabtyp ist nur über 50 cm Länge beheizt, die maximale Stabileistung beträgt 700 W/cm. Am oberen Ende des SIM ist ein Anschluß, um den Stab in der Teststrecke mit Gas zu füllen. Normalerweise wurde Helium als Füllgas eingesetzt.

Eine ausführlichere Beschreibung der COSIMA Anlage ist in /10,11/ zu finden. Insgesamt wurden ca. 200 Versuche durchgeführt. Manche Versuche waren für Funktionstests oder zur Festlegung der Steuerprogramme notwendig, so daß nicht alle Versuchsnummern in Tabelle 2.1 fortlaufend verzeichnet sind. Die Tabelle gibt einen summarischen Überblick über die wesentlichen Randbedingungen aller COSIMA-Experimente. Eine nähere Erläuterung ausgewählter Experimente folgt in den Kapiteln 3 bis 5.

### 3. Einfache Abblase-Experimente ohne Beheizung

#### 3.1 Zielsetzung und Versuchsmatrix

Wie aus der Beschreibung in Kapitel 2 hervorgeht, ist der Aufbau der COSIMA-Teststrecke einschließlich der Simulatorstäbe und der Begleitheizer recht kompliziert. Um das thermohydraulische Verhalten der Anlage und die Fähigkeiten der bei uns verfügbaren Thermohydraulik-Rechenprogramme RELAP und DRUFAN besser beurteilen zu können, wurde diese Serie einfacher Versuche gewählt, bei der auf die Beheizung der Stäbe verzichtet wurde. Diese Serie umfaßt die Versuche V191-V208 (Tabelle 2.1).

Bei den Versuchen V191, V192, V193 wird nur aus dem Unterplenum abgeblasen, bei den Versuchen V194, V195, V207 dagegen nur aus dem Oberplenum. Bei den Versuchen V208, V198, V199, V201, V202 wird sowohl aus dem Ober-, als auch aus dem Unterplenum abgeblasen. Bei allen bisher genannten Experimenten bleibt die Ventilstellung während des Abblasevorganges konstant. Bei den Versuchen V203 bis V206 schließlich wird die Ventilstellung am Ober- und am Unterplenum während der Transiente geändert. Nach einigen Vorausrechnungen wurden die Stufen der Ventilstellungen zu 10 %, 15 % und 20 % festgelegt. Um bei den vielen Versuchen die Übersicht zu bewahren, sind in Tabelle 3.1 und 3.2 die Versuchsnummern den schematisch dargestellten Ventilstellungen zugeordnet.

#### 3.2 Abblasen aus dem Unterplenum

Für einen Abblaseversuch ohne Beheizung sind folgende Daten von Interesse:

- a) Druckverlauf im Kühlmittel, in diesem Bericht gelegentlich auch als Systemdruck bezeichnet; er ist nach dem Öffnen der Schnellschlußventile praktisch für die gesamte Teststrecke gleich. Es genügt daher im allgemeinen, nur eine Messung zu zeigen und zu diskutieren. Für die folgende

Diskussion wurde P4 bzw. P6 der Druck im Unter- bzw. Oberplenum gewählt.

- b) Fluidtemperaturen; hier stehen die Messungen im Unter- und Oberplenum T5 und T8 sowie die Messungen im Bündel T6 und T7 unter- bzw. oberhalb der beheizbaren Zone zur Verfügung. Da die Plenumtemperaturen nur die zum Druck gehörenden Sättigungstemperaturen zeigen, werden sie nicht weiter behandelt.
- c) Dichten; es stehen die Messungen im Unter- und Oberplenum zur Verfügung (D1 und D2). Zur Definition der Dichte siehe Kapitel 2.3.
- d) Massenströme; diese stehen an der unteren und oberen Abblaseleitung zur Verfügung (M1 und M2).

In Abb. 3.1 ist der Systemdruckverlauf für V191 mit einer Ventilstellung von 10 % am Unterplenum gezeigt. Aus versuchstechnischen Gründen wird der Abblasevorgang stets bei einer Zeit größer Null, hier 16 s, ausgelöst. Zunächst fällt der Druck sehr rasch von 15.5 Mpa auf den Sättigungsdruck von 8.5 Mpa. Danach sinkt er nahezu linear bis ca. 26 s, um anschließend ebenfalls linear, aber mit größerer Steigung, bis zum Ende der Datenaufzeichnung zu fallen. Aus der Abbildung ist weiter zu erkennen, daß der Druck in beiden Plena gleich ist.

Abb. 3.2 zeigt den Verlauf der Dichten. Bei der Dichte D2 im Oberplenum kann man je nach Genauigkeit der Betrachtung vier bis fünf verschiedenen Phasen unterscheiden. Nach einem kurzen Abfall der Dichte, der im Unter- und Oberplenum nahezu identisch verläuft, bleibt die Dichte im Oberplenum bis ca. 21 s konstant. Danach fällt die Dichte linear bis ca. 26 s, um sodann bis 36 s noch steiler abzufallen. Nach diesem Zeitpunkt wird der Dichteabfall wieder geringer. Der Dichteverlauf im Unterplenum (D1) zeigt bis 18 s einen geringen Abfall. Danach wird er bis 22 s sehr steil, ist von 22 s bis 28 s wieder flacher, und bleibt ab 28 s praktisch konstant.

Die Temperaturen T6 und T7 (Abb. 3.3) zeigen durchweg Sättigungstemperatur.

Dieses Verhalten kann wie folgt erklärt werden: Zunächst strömt das in der Abblaseleitung enthaltene Fluid aus. Dieser Vorgang verhindert einen steileren Dichteabfall in den Plena bis 18 s. Danach verliert das Unterplenium sehr rasch Masse bis etwa 22 s. Im Oberplenium hingegen bleibt die Dichte bis 21 s nahezu konstant. Offenbar verhindert die Verdampfung im und die Ausströmung aus dem Bündel zwischen 18 s und 21 s die Ausbildung einer spürbaren Druckdifferenz zum Oberplenium. Erst danach tritt auch im Oberplenium ein Masseverlust auf, der nach ca. 2.5 s Verzugszeit als Massengewinn im Unterplenium den Dichtegradienten dort bei 23 s reduziert. Bei etwa 26 s hat sich im Oberplenium vermutlich ein Gemischspiegel ausgebildet, so daß nach dieser Zeit der Masseverlust dort zunimmt. 2.5 s später, bei 28 s, beendet dieser vergrößerte Massenstrom aus dem Oberplenium das weitere Absinken der Dichte im Unterplenium. Durch das Gleichgewicht der zu- und abströmenden Massen am Unterplenium bleibt dort die Dichte bis zum Ende der Transiente konstant. Bei etwa 26 s erreicht die Dichte im Unterplenium erstmals den Wert, den sie bis zum Ende der Transiente beibehält. Wahrscheinlich erreicht bei dieser Dichte der Gemischspiegel das Niveau des Ausblasestutzens. Dadurch strömt nach 26 s mehr Dampf ab und der Druck fällt etwas steiler ab. Der Knick im Dichteverlauf des Oberpleniums bei 36 s ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß sich im Oberplenium ein 'Badewannenwirbel' ausbildet. Damit wird eine Phasentrennung möglich, bei der bevorzugt Dampf nach unten ausströmt und das Wasser länger zurückgehalten wird.

Der nächste Versuch (V192), mit 15 % Ventilöffnung im Unterplenium, zeigt im Oberplenium ein nahezu gleichmäßiges Absinken der Dichte (Abb. 3.4), bis das Plenum nach ca. 38 s leer ist. Der Dichteverlauf und damit die Massenbilanz im Unterplenium zeigen dagegen drei Phasen an: bis etwa 21 s einen Netto-Massenverlust, dann bis 41 s ein Gleichgewicht zwischen dem Zustrom aus dem Bündel bzw. dem Oberplenium und dem Abstrom durch die Abblaseleitung und in der dritten Phase abermals einen Netto-Masseverlust. Der Systemdruck (Abb 3.5) fällt vom Sättigungsdruck bei 16.5 s bis ca. 56 s nahezu linear ab. Nur zwischen 41 s und 48 s zeigt sich eine schwache Störung dieses Verlaufs. Eine genaue Analyse der Meßwerte läßt zwar in manchen Fällen die in Versuch V191 beobachteten Details wieder erkennen, jedoch sind die

Anzeichen schwach, so daß hier nicht näher darauf eingegangen wird. Die Temperaturen im Bündel (Abb. 3.6) zeigen oberhalb der beheizbaren Zone während der gesamten Versuchsdauer Sättigungswerte. Unterhalb der beheizbaren Zone tritt ab ca. 51 s Überhitzung auf. Dies ist zu erklären, wenn man annimmt, daß aus dem Oberplenum, ein mit der Zeit abnehmender Strom 'nassen' Dampfes in das Bündel gelangt, der während der Durchströmung durch das Bündel trocknet. Ab ca. 51 s ist der Dampfstrom so gering, daß die Speicherwärme der Bündelstrukturen ausreicht, um den Dampf zu überhitzen.

Im Versuch V193, bei einer Öffnung von 20 % im Unterplenum, ist im wesentlichen dasselbe zu beobachten wie in den vorhergehenden Versuchen. Lediglich die Zeitskala verschiebt sich hin zu kleineren Werten. Das Oberplenum ist schon bei ca. 31 s leer (Abb. 3.7). Der Druck (Abb. 3.8) nimmt bis 43 s linear und dann exponentiell ab. Dies wird durch die abnehmende Druckdifferenz am Regelventil verursacht. Die Fluidtemperaturen (Abb. 3.9) folgen zunächst wieder den Sättigungswerten, zeigen aber ab 43 s unterhalb und ab 48 s auch oberhalb der beheizbaren Zone Überhitzung an.

Abb. 3.10 zeigt schließlich den Verlauf der Massenströme aus dem Unterplenum für diese drei Versuche. Man sieht dort, wie erwartet, die mit zunehmender Ausströmfläche zunehmende Ausströmrate und die damit gekoppelte Abnahme der Abblasezeit. So ist im Versuch V191 zum Ende der Aufzeichnung noch nicht das Ende des Abblasevorganges erreicht, in den Versuchen V192 und V193 dagegen schon bei ca. 41 s.

### 3.3 Abblasen aus dem Oberplenum

Beim Versuch V194 ist das Regelventil am Oberplenum 10 % geöffnet. Der Dichteverlauf ist in Abb. 3.11 gezeigt. Man erkennt, daß die Dichte in der ersten Sekunde in beiden Plena, ähnlich wie beim Versuch V191, gleichmäßig fällt. Danach bleibt die Dichte im Unterplenum, durch die Verdampfung im Oberplenum und im Bündel bis ca. 27 s nahezu konstant, um dann bis zum Ende des Versuchs wieder abzufallen. Die Dichte im Oberplenum fällt während der gesamten Versuchszeit etwa exponentiell ab. Auffallend ist, daß das Dichtesignal im Oberplenum

wesentlich größere Schwankungen zeigt als bisher. Dies ist wie folgt zu erklären: In den Versuchen V191-V193 wurde die Ausbildung von Gemischspiegeln (Phasenseparation) vermutet. Nimmt man an, daß sich auch hier solche Gemischspiegel ausbilden, so liegt in der unteren Hälfte des Oberplenums ein Zweiphasengemisch relativ hoher Dichte vor. In dieses Gemisch strömt von unten, aus dem Bündel, Dampf ein und führt zu heftigen Aufschäumen des Wassers, das im Dichtesignal als Schwankung beobachtet wird.

Der Vergleich des Verlaufs der Dichten in den Versuchen V191 und V194 zeigt, daß in V194 noch viel Wasser im Versuchsstand zurückbleibt. Bedingt durch die starke Reduktion des Strömungsquerschnittes beim Übergang vom Unterplenum in das Bündel, sowie durch die Phasenseparation infolge der Gravitation, strömt aus dem Unterplenum überwiegend Dampf in das Bündel ab.

Abb. 3.12 zeigt den Verlauf der Fluidtemperaturen im Bündel. Sie zeigen ab 32 s und 33 s Überhitzung an. Die Überhitzung wird, wie schon erwähnt, durch die Speicherwärme der Bündelstrukturen hervorgerufen. Aus dem axialen Temperaturgradienten ( $T_7$  ist größer als  $T_6$ ) kann man auf die Strömungsrichtung (von unten nach oben) schließen. Der Druck (Abb. 3.13) fällt zunächst steil auf den zur Fluidtemperatur gehörenden Sättigungswert. Bis etwa 20 s fällt er weniger, dann bis 36 s mehr, und danach wieder weniger. Die Zunahme des Druckgradienten bei 20 s ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß zu dieser Zeit der Gemischspiegel im Oberplenum unter das Niveau des Abblasestutzens sinkt und damit mehr Dampf aus der Strecke abströmt. Für die Abnahme des zeitlichen Druckgradienten ab 36 s ist die abnehmende Druckdifferenz am Regelventil verantwortlich.

Da sich die Versuche V194, V195 und V207 nur durch die Größe der Ausblasefläche am Regelventil unterscheiden, wurden ihre Ergebnisse in Vergleichsdiagramme eingetragen. Abb. 3.14 zeigt die Druckverläufe, die durch den zunehmenden Abblasequerschnitt bestimmt sind. Nach Abb. 3.14 bewirken bei ca. 31 s gemessen 5 % Änderung im Abblasequerschnitt ca. 1 Mpa Druckdifferenz. Abb. 3.15 zeigt den Verlauf der Fluidtemperaturen. Dabei ist die Ordinate am rechten Bildrand gültig für die obere Kurvenschar ( $T_7$ ) und die Ordinate am linken Rand für

die untere Kurvenschar (T6). Abb. 3.16 und 3.17 zeigen den Verlauf der Dichte im Ober- bzw. Unterplenum. Trotz der starken Schwankungen des Signals kann man in Abb 3.17 erkennen, daß die Dichte im Unterplenum am Ende der Tests praktisch gleich ist, obwohl unterschiedliche Abblasequerschnitte vorliegen.

Der Verlauf der Massenströme in Abb.3.18 ist nicht systematisch. So sollte Versuch V194, der zu Beginn des Experiments den kleinsten Massenstrom zeigt, am Ende den größten Massenstrom zeigen, denn die Fluidmasse in der Teststrecke ist für alle Experimente gleich. Da dies in Abb. 3.18 nicht gefunden wird ist anzunehmen, daß hier Meßfehler vorliegen, die wahrscheinlich mit der Temperatur des TMFM zusammenhängen. Da aber kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Abweichung und irgendeiner vermuteten Einflußgröße gefunden wurde, bleibt zu vermerken, daß der Meßwert des TMFM am Oberplenum unsicher ist.

#### 3.4 Vergleich einseitig abblasender Versuche

In den Abschnitten 3.2 und 3.3 wurden Versuche unterschiedlicher Abblasequerschnitte aber gleichen Abblaseortes miteinander verglichen. In diesem Abschnitt sollen Versuche gleichen Abblasequerschnitts, aber unterschiedlichen Abblaseorts, verglichen werden.

Abb. 3.19 zeigt den Verlauf des Druckes für die Versuche V191 (10 % unten) und V194 (10 % oben). Es ist deutlich zu sehen, daß beim Öffnen des Oberplenums der Druckabfall rascher ist als bei demselben Öffnungsquerschnitt am Unterplenum. Die Ursache ist in Abb. 3.20 anhand der Dichteverläufe in den Plena, aus denen abgeblasen wird, zu sehen. Zwar ist die Dichte in den Plena nicht unmittelbar gleich der Dichte in den Abblaseleitungen, hier spielt noch die Höhe des Gemischspiegels relativ zur Lage der Ausblaseleitung eine Rolle, aber sie gibt einen guten Anhaltswert dafür. Man erkennt, daß beim Abblasen aus dem Oberplenum Fluid geringerer Dichte abgegeben wird, dies ist aber, bei zu Beginn vergleichbarer Druckdifferenz am Regelventil, gleichbedeutend mit einer größeren spezifischen Volum- und Enthalpieverlustrate. Hieraus ergibt sich eine stärkere Druckabsenkung. Es ist also nicht die im System noch verbliebene

Fluidmasse, die den Druck hält, diese ist in Versuch V194 viel größer als in V191, sondern die aus dem System noch nicht abgegebene Menge an Dampf bzw. Enthalpie.

Der Effekt, daß sich beim Abblasen aus dem Oberplenum ein steilerer Druckabfall einstellt als beim Abblasen durch denselben Querschnitt aus dem Unterplenum, nimmt mit abnehmendem Abblasequerschnitt zu. Die Abhängigkeit von dieser Größe ist in Abb. 3.21 zu sehen, in der der Druckverlauf für alle sechs Versuche eingetragen ist.

### 3.5 Abblasen aus Ober- und Unterplenum

Die Versuchsserie, bei der aus dem Ober- und Unterplenum abgeblasen wird, kann in drei Gruppen unterteilt werden. In der ersten Gruppe ist das Oberplenum stets zu 20 % und das Unterplenum zu 10 %, 15 % bzw. 20% geöffnet (Versuche V208, V198, V199), in der zweiten ist das Unterplenum zu 20 % und das Oberplenum zu 20 %, 10 %, bzw. 15 % geöffnet (Versuche V199, V201, V202) und in der dritten (Versuche V203-V206) werden die Ventile während des Abblasens verstellt (Tab. 3.2).

Der Druckverlauf der ersten Gruppe ist in Abb. 3.22 zu sehen. Man erkennt den Einfluß der im Vergleich zu den vorhergehenden Experimenten vergrößerten Gesamtausblasefläche an der kürzeren Dauer des Abblasevorganges, die sich innerhalb der Gruppe nicht mehr wesentlich verändert. Lediglich der Gradient des Druckes über der Zeit nimmt zwischen 21 s und 26 s geringfügig zu bzw. zwischen 26 s und 36 s geringfügig ab. Die Verläufe der Dichten, die zur besseren Unterscheidbarkeit geglättet sind, zeigen Abb. 3.23 und Abb. 3.24. In Abb. 3.25 sind die Fluidtemperaturen in der Strecke für Versuch V208 aufgetragen. An diesen Temperaturen sieht man, daß nach der Überhitzung bei ca. 25 s eine stabile Strömung von unten nach oben vorliegt. In Abb. 3.26 ist aus dem Verlauf derselben Größen für den Versuch V198 abzulesen, daß zunächst wieder eine Strömung von unten nach oben vorliegt, bei ca. 45 s stellt sich jedoch Stagnation ein. Nach einem kurzzeitigen Absinken der Temperaturen beendet eine Strömung von oben nach unten den Versuch. In Abb. 3.27 erkennt man, daß im Versuch V199 die Strömungsumkehr schon sehr früh einsetzt und wahrscheinlich Tröpfchen der Zweiphasenströmung eine vorübergehende

Rückkühlung der Thermolemente bewirken. Eine genaue Erklärung der Strömungsumkehr für Versuch V198 und V199 steht noch aus, denn der Abströmquerschnitt im Oberplenum ist in beiden Fällen größer als im Unterplenum. Für die Überprüfung von Rechenprogrammen ist sie aber von untergeordneter Bedeutung.

Der Druckverlauf der zweiten Gruppe, bei der der Abblasequerschnitt am Unterplenum stets 20 % war, ist in Abb. 3.28 dargestellt. Es zeigen sich keine Besonderheiten. Ebenso verhalten sich die Dichten im Ober- bzw. Unterplenum (Abb. 3.29 - 3.30). Bei den Temperaturen (Abb. 3.31) nimmt mit abnehmender Ausblasefläche am Oberplenum die Überhitzung von T6 und T7 ab, da immer mehr Fluid durch das Bündel und das untere Plenum in den Abblasebehälter strömt.

In Abb. 3.32 bzw. 3.33 ist der Verlauf des Druckes von Versuchen eingetragen, die insgesamt dieselbe Ausblasefläche haben, d.h. Versuch V208 und V201 bzw. Versuch V198 und V202 (Tab. 3.1). Man erkennt dort, daß die Versuche einen steileren Druckabfall zeigen, die den größeren Öffnungsquerschnitt im Unterplenum haben. Der Unterschied ist klein und für V208/V201 größer als bei V202/V198. Dieser Gegensatz wird erklärbar, wenn man den Einfluß der Leckmassenstrom-Enthalpie auf den Druckverlauf berücksichtigt. Vergleicht man die Dichten in den Plena (Abb. 3.34, 3.35), so sieht man, daß sich die Dichten der Oberplena bis ca. 26 s weder für V208/V201 noch für V202/V198 wesentlich unterscheiden. Die Dichten der Unterplena sind aber in diesem Zeitraum für V201 und V202 am kleinsten, wobei der Unterschied zu den Vergleichsversuchen, entsprechend dem Druckverhalten, bei V201 größer ist als bei V202. Es strömt hier also aus dem Unterplenum mehr Dampf aus als in den Versuchen V208 und V198. Damit liegt auch der Systemdruck von V201/V202 unter dem von V208/V198. Eine Zunahme der Abströmfläche am Oberplenum um 5 % bzw. 10 % beschleunigt den Druckabfall des Systems somit weniger als eine Zunahme um 5 % bzw. 10 % am Unterplenum.

Ein Vergleich der Massenströme am Unterplenum ist für die Versuche V208, V198, V199, V201 und V202 in Abb. 3.36 gegeben. Mit in Abb. 3.36 eingetragen ist der Massenstrom für Versuch V193, bei dem die Ausblasefläche 20 % im unteren Plenum war. Man erkennt aus diesem

Diagramm, daß mit zunehmender Ausströmfläche (Versuch V208, V198, V199) der Massenstrom zunimmt, ist sie aber konstant (Versuch V199, V201, V202, V193) so ist der Massenstrom in den ersten drei Sekunden praktisch unabhängig vom Ausblasequerschnitt im Oberplenum. Dasselbe Verhalten kann angenähert auch für die Massenströme am Oberplenum gezeigt werden (Abb. 3.37), jedoch ist es dort, wegen der Unsicherheiten in den Anzeigen des TMFM, nicht so deutlich.

Die dritte Gruppe von Versuchen stellt eine Mischung aus den Versuchstypen der ersten und zweiten Gruppe dar. Dabei wird in den Experimenten V203 und V204 bis 19 s nur aus dem Ober- und ab 25 s nur aus dem Unterplenum abgeblasen. Bei den Versuchen V205 und V206 ist dies gerade umgekehrt. Zwischen der 19. und der 25. Sekunde wird in allen Experimenten sowohl aus dem Unter- als auch aus dem Oberplenum abgeblasen. Für einen Vergleich ist wieder zu beachten, daß nur solche Experimente verglichen werden können, die insgesamt denselben Abblasequerschnitt über der Zeit aufweisen (Tab. 3.2). Daher ist der Verlauf des Druckes für die Versuche V203 und V205 in Abb. 3.38 und für Versuch V204 und V206 in Abb. 3.39 dargestellt.

Das Verhalten des Druckes entspricht den Beobachtungen bei den Versuchen V191-V195 und V207. Während der Phasen, in denen in einem Experiment nur aus dem Oberplenum abgeblasen wird, ergibt sich ein kleinerer Druck als im Vergleichsversuch, in dem derselbe Abblasequerschnitt am Unterplenum vorliegt. Dies zeigt sich bis 19 s in V203 und V204, und ab 25 s in V205 und V206. In der Zeitspanne, in der die Ventile oben und unten offen sind, ist der Druckabfall in dem Versuch größer, in dem das Unterplenum weiter geöffnet ist.

Die Fluidtemperaturen (Abb. 3.40) zeigen keine Besonderheiten. Bei den Dichten (Abb. 3.41-3.44) ist das Öffnen des zweiten Ventils bei 19 s deutlich am Sprung im Dichteverlauf des Ober- bzw. Unterplenums zu sehen. Die Versuche V205 und V206 zeigen das Entleeren des Oberplenums, so wie dies in den Versuchen V194, V195 und V207 auch beobachtet wurde.

Auf eine Beobachtung sei noch hingewiesen. Die Experimente V203 bis V206 unterscheiden sich von allen bisher erläuterten dadurch, daß die

Schnellöffnungsventile oben und unten zu Versuchsbeginn geöffnet wurden. Die Regelventile wurden aber entsprechend den Ventilsteuerprogrammen gefahren (Tab. 3.2). Wie nun in Abb. 3.45 und Abb. 3.46 zu erkennen ist, steigen in den True Mass Flow Metern die Temperaturen schon an, auch wenn das zugehörige Regelventil noch geschlossen ist. Dies deutet auf undichte Ventile hin.

#### 4. Abblase Experimente mit dem Stabsimulator vom Typ WUS

##### 4.1 Zielsetzung und Versuchsmatrix

Die Versuche mit dem WUS-Stab sind als Beispiele zur Überprüfung von Wärmeübergangskorrelationen, insbesondere bei hohem Druck und unter transienten Bedingungen, gedacht. Der Stab ist auf Grund seiner massiven Bauweise gut in einem Rechenprogramm modellierbar und eignet sich daher für solche Untersuchungen. Im Laufe der Versuche hat sich gezeigt, daß dieser Stab sehr empfindlich ist; es sind verschiedene Thermoelemente ausgefallen. Deshalb wurden nur sechs Experimente durchgeführt. Bei allen Versuchen wird die dem Simulatorstab zugeführte Heizleistung aus einer stationären Leistung von ca. 64 kW/m über der Zeit linear abgesenkt und in Versuch V56 bei 5 s sonst bei 7 s abgeschaltet. Dabei gab es gelegentlich Schwierigkeiten mit der Leistungsregelung, wie an dem unregelmäßigen Leistungsverlauf in den Versuchen V57 und V58 zu sehen ist (Abb. 4.1). In den Versuchen V56, V59, V61 und V62 wird nur aus dem Oberplenum, in den Versuchen V57 und V58 wird sowohl aus dem Ober- als auch aus dem Unterplenum abgeblasen. Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die Ventilsteuerprogramme.

##### 4.2 Abblasen aus dem Oberplenum

Der Versuch V56 eignet sich zur Untersuchung des Einflusses der Beheizung des Stabbündels auf die Thermohydraulik, insbesondere den Druckverlauf. Bei diesem Experiment wird aus dem Oberplenum bis 26 s mit einem Querschnitt von 8 % und danach mit einem Querschnitt von ca. 28 % ausgeblasen. Das Ventil am Unterplenum bleibt während des gesamten Versuchs geschlossen. Er steht damit in einer Reihe mit den Experimenten V194, V195 und V207. Abb. 4.2 zeigt den Verlauf des Druckes für diese vier Versuche. Da die Auslösung der Experimente zu verschiedenen Zeiten erfolgte, wurde in diesem Diagramm eine Zeitverschiebung von -16 s bzw. -23 s vorgenommen. Man erkennt, daß sich ca. 4 s nach Beginn des Abblasens der Druck des Versuchs V56 in die Systematik der Versuche V194, V195 und V207 einfügt. Es ist also für den Verlauf des Druckes nach dieser Zeit kein wesentlicher Einfluß der Beheizung mehr erkennbar. Bei Zeiten kleiner 4 s nach Versuchsbeginn

ist festzustellen, daß Verdampfung schon bei einem Druck von ca. 11 Mpa einsetzt, entsprechend einer Sättigungstemperatur von ca. 590 K. Dies deckt sich mit der gemessenen Fluidtemperatur über der beheizten Zone, Meßstelle T7 in Abb. 4.3.

Am Verlauf des Druckes (Abb. 4.4) in Versuch V56 ist bei 26 s eine Zunahme und bei 28 s eine Abnahme des Druckgradienten erkennbar. Die Zunahme ist auf das Öffnen des Abblaseventils am Oberplenium von 8 % auf 28 % (Abb. 4.9) zurückzuführen. Die darauf folgende Abnahme ist erklärbar, wenn man den Verlauf der Dichten (Abb. 4.5) betrachtet. Man sieht, daß die Verdampfung im Unterplenium erst bei 28 s beginnt. Der dabei produzierte Dampf reduziert den Druckgradienten. Der Dichteverlauf im Oberplenium in Abb. 4.5 zeigt ferner, daß durch die Verdampfung des Fluids im Unterplenium Wasser aus dem Unterplenium ins Oberplenium transportiert wird, und dort bei etwa 29 s zu einer kurzzeitigen Zunahme der Dichte führt.

Bei den beheizten Versuchen wurden am Simulator die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen mit den Pyrometern gemessen. Bei den Versuchen mit WUS-Stäben wurde zusätzlich die Hüllrohrtemperatur mit Thermoelementen bestimmt. Die tiefste mit den Pyrometern meßbare Temperatur liegt bei 810 K. Es wird daher in allen folgenden Diagrammen bei Temperaturen kleiner 810 K der Wert 810 K angegeben. Des weiteren sei darauf hingewiesen, daß in den Experimenten mit WUS-Simulatoren das Pyrometer IN8 keine Meßwerte lieferte, da die beheizte Zone des WUS-Stabes erst ca. 1 cm unterhalb des IN8 beginnt.

Abb. 4.6 zeigt die Temperaturen in der oberen Hälfte des WUS. Aus diesem Diagramm liest man zu Beginn des Experiments eine Hüllrohrtemperatur von ca. 650 K ab. Dies entspricht etwa dem Wert der sich bei einer Heizflächenbelastung von  $1800 \text{ kW/m}^2$  ergibt, wenn man die Wärmeübergangszahl zu  $40000 \text{ W/m}^2/\text{K}$  (Oberflächensieden) und die Tiefe der TE-Spitze unter der Zircaloy-Oberfläche zu 0.2 mm annimmt. Die Hüllrohrtemperaturen oberhalb des Abstandshalters zeigen ab 26 s Überhitzung an, die im Maximum einen Wert von ca. 900 K erreicht. Sie wird durch die Speicherwärme des Stabes verursacht. Die empfindlichen Pyrometer weisen darauf hin, daß diese Überhitzung unterbrochen wird. Vergleicht man den Verlauf des Meßwertes IN7 (Abb. 4.6) mit dem der

Dichte (Abb. 4.5), so stellt man fest, daß der Einbruch der Temperatur beim IN7 durch Fluid aus dem Unterplenum verursacht wird. Bei den Meßwerten T22, IN4 und IN5 in Abb. 4.7 ist zu beachten, daß T22 durch den mittleren Abstandshalter abgedeckt wird und die Pyrometer IN4 und IN5 sich in unmittelbarer Nähe dieses Abstandshalters befinden. Es ist daher eine Interpretation dieser Temperaturen problematisch. Die Temperaturen unterhalb des Abstandshalters (Abb. 4.8) zeigen dagegen, entsprechend der Aufwärtsströmung, einen systematischen Verlauf.

Die Druckverläufe in den Versuchen V56, V59, V61 und V62 sind ähnlich. Vergleicht man im einzelnen die Veränderungen am Ventilsteuerprogramm mit dem Druckverlauf, so erkennt man eine enge Korrelation; so z.B. in Abb. 4.9 beim Vergleich der Versuche V56 und V61, und in Abb. 4.10 für die Versuche V61 und V62. In Abb. 4.9 wird deutlich, daß erst nach Beginn der Verdampfung im Unterplenum bei 28 s (D1 in Abb. 4.12) die unterschiedliche Abblasefläche wirksam wird. In Abb. 4.11, beim Vergleich der Versuche V56 und V59, ist zu beachten, daß V59 etwa .1 s zu spät ausgelöst wurde. Diese Zeitverschiebung verursacht die scheinbaren Abweichungen im Druck bis 28 s.

Der geglättete Verlauf der Dichten zeigt ebenfalls ein recht einheitliches Bild (Abb. 4.12). Bemerkenswert ist, daß der Dichtesprung bei der Verdampfung im Unterplenum bei ca. 28 s offensichtlich nur unwesentlich von der Größe der Ausblasefläche abhängig ist; vermutlich begrenzt hier der Reibdruckverlust im Bündel die Verdampfungsrate.

Die Hüllrohrtemperaturen des WUS nehmen in den Versuchen V56, V59, V61 und V62 unterhalb des Abstandshalters mit abnehmendem Abströmquerschnitt zwischen 30 s und 40 s zu (Abb. 4.13). Dies kann wie folgt erklärt werden: Unterhalb des Abstandshalters tritt Überhitzung erst bei ca. 30 s ein. Man darf daher annehmen, daß der untere Teil des WUS, auf Grund des bis zu diesem Zeitpunkt guten Wärmeüberganges vom Stab ins Fluid, in allen Versuchen in etwa ein gleiches radiales Temperaturprofil hat. In der nun einsetzenden Dampfströmung stellt sich daher die Hüllrohrtemperatur nur noch entsprechend der Kühlung durch den Dampfstrom ein; d.h. mit abnehmendem Durchsatz steigt die Hülltemperatur. Für die Überhitzung oberhalb des Abstandshalters (Abb. 4.6, 4.14, 4.16) überlagern sich diesem Zusammenhang sowohl

die Unterschiede des Abblasequerschnitts bei Zeiten kleiner 30 s als auch die unterschiedliche Heizleistung im Stab. Die erste Spitze der Hüllrohroberflächentemperatur ist verursacht durch die Speicherwärme im Stab. Für den Versuch V56 (Abb. 4.6) ist ihr Maximalwert 880 K. Für  $t > 30$  s werden trotz der nun im Kühlkanal vorliegenden Dampfstömung nur noch 820 K erreicht. In Versuch V59 ist die Abschaltkurve der Stabileistung flacher, damit wird mehr Wärme im Stab frei und die erste Überhitzung ( $t < 30$  s) erreicht höhere Temperaturen (Abb. 4.14) als im Versuch V56, obwohl entsprechend der Ventilstellung (Abb. 4.11) zu dieser Zeit ein größerer Massenstrom im Kühlkanal vorliegt als bei V56. Bei der zweiten Überhitzung ( $t > 30$  s) führt der reduzierte Massenstrom im Kühlkanal in V59 zu einem deutlichen zweiten Temperaturmaximum mit etwa 970 K. Vergleicht man hierzu V62 in Abb. 4.15, bei dem der Abströmquerschnitt für  $t < 30$  s vergrößert und für  $t > 30$  s verkleinert wurde (Tab. 4.1), so erkennt man, daß der erhöhte Massenstrom für  $t < 30$  s die Hüllrohrtemperatur um ca. 20 K absenkt und der reduzierte Massenstrom für  $t > 30$  s den relativen Verlust an Speicherwärme bei  $t < 30$  s in etwa ausgleicht. Versuch V61 liegt entsprechend dem Ventilsteuerprogramm zwischen V59 und V61, jedoch war dort die Anfangsstabileistung ca. 31 kW anstelle der 32 kW in V59 und V61. Diese um ca. 3 % reduzierte Leistung wirkt sich auf die Temperaturen stark aus (Abb. 4.16), so daß ein Vergleich mit den anderen Versuchen nicht sinnvoll erscheint.

Zum Abschluß dieser Betrachtung sei auf eines noch explizit hingewiesen: In diesen Experimenten sind Unterschiede in der mittleren Hüllrohrtemperatur und der Oberflächentemperatur von ca. 100 K über einen Zeitraum von einer Sekunde aufgetreten (Abb. 4.14-4.16). Dies ist nur möglich bei einem Simulatorstab ohne Spalt zwischen Wärmequelle und Hüllrohr, weil nur dann genügend Wärme aus dem Stab nachfließen kann.

#### 4.3 Abblasen aus Ober- und Unterplenum

Die Versuche V57 und V58 sind bis auf geringe Abweichungen im Leistungsverlauf (Abb. 4.1) identisch, also genügt es den Versuch V57 zu diskutieren. Abb. 4.17 zeigt das Ventilsteuerprogramm dieser Versuche. Mit diesem Programm wird in der Teststrecke der kaltseitige

Bruch einer Primärkühlmittelleitung eines DWR simuliert /1/. In der Anfangsphase liegt eine Strömung von unten nach oben (25.5 bis 26 s) vor, entsprechend der normalen Durchströmung eines Reaktorkernes. Danach (26 bis 27 s) folgt eine Strömung von oben nach unten, entsprechend der angenommenen Bruchlage. Anschließend wird von 27 bis 35 s eine Stagnationsphase im Kern eingestellt, indem beide Abblasequerschnitte gleich groß gewählt werden. Die Transiente wird abgeschlossen durch eine Strömung von oben nach unten.

Abb. 4.18 zeigt die Fluidtemperaturen in der Teststrecke. An ihnen kann man erkennen, ob die durch das Ventilsteuerprogramm gewünschte Strömungsrichtung erreicht wurde. Die Aufwärtsströmung bis 26 s ist deutlich erkennbar, danach zeigen bis 28 s beide Meßstellen Sättigungstemperatur, es ist daher keine Strömungsrichtung erkennbar. In der Phase, in der Stagnation erwartet wurde, also zwischen 28 und 35 s, stellt sich eine Dampfströmung von unten nach oben ein. Ab 35 s wird durch das Schließen des oberen Abblaseventils das im Oberplenum verbliebene Wasser durch die Strecke ins Unterplenum gedrückt, wobei wieder eine vorübergehende Benetzung der Thermoelemente auftritt.

Der Verlauf des Druckes ist in Abb. 4.19 gezeigt. Im Vergleich mit z.B. V62 (Abb. 4.10) ist der Druckgradient in der Anfangsphase des V57 größer. Dies ist auch zu erwarten, da die Ausblasefläche insgesamt in V57 größer ist als in V62. Bei etwa 35 s ist, in dem bis dahin recht gleichmäßigen Druckverlauf, eine kleine Störung zu erkennen. Diese Störung ist auf die Dampfproduktion zurückzuführen, die auftritt, wenn das Restwasser aus dem Oberplenum durch das überhitzte Testbündel strömt.

Der Verlauf der Dichten (Abb. 4.20) ist im Unter- und Oberplenum beinahe gleich. Für die Zeit bis 35 s entspricht dies den Beobachtungen aus den Versuchen V203-V206 ohne Beheizung. Bei 35 s würde man aber, ähnlich wie in diesen Versuchen, erwarten, daß das Fluid aus dem Ober- ins Unterplenum strömt und dort zu einem Dichteanstieg führt. Dies wird hier jedoch nicht gefunden, vermutlich verhindern die hohen Temperaturen im Bündel, daß überwiegend Wasser ins Unterplenum strömt, somit erhöht der Zustrom an nassem Dampf aus dem

Oberplenum lediglich den Leckmassenstrom. Der Verlauf der Massenströme ist in Abb. 4.21 gegeben. Sie reagieren in der Anfangsphase des Experiments sehr empfindlich auf das Ventilstellung. Später, bei 35 s, ist auch das Öffnen des Unterplenums noch deutlich zu erkennen, jedoch ist die Reaktion des Systems, d.h. der Anstieg des Massenstroms, relativ träge. Dies ist darauf zurückzuführen, daß anfangs nahezu reines Wasser und später ein Zweiphasengemisch geringer Dichte aus der Strecke ausströmt.

Der Verlauf der WUS Temperaturen ist für den Bereich unterhalb bzw. oberhalb des Abstandshalters in Abb. 4.22 bzw. 4.23, und für den Bereich des Abstandshalters in Abb. 4.24 zusammengefaßt. Man erkennt in diesen Bildern, daß hier nur geringe Differenzen zwischen der mittleren Hüllrohrtemperatur und der Oberflächentemperatur des Hüllrohres auftreten, außerdem passen die Temperaturen im Bereich des Abstandshalters in das Bild der übrigen Werte. Dies kann nur damit erklärt werden, daß in diesem Zeitbereich ein einphasiges Kühlmittel vorgelegen hat. Betrachtet man den Verlauf der Temperaturen genauer, so sieht man, daß die Überhitzung des Stabes zuerst am unteren Ende einsetzt. Es muß also zu dieser Zeit, entsprechend dem Ventilsteuerprogramm, eine Strömung von oben nach unten vorgelegen haben. Eine Langzeitwirkung dieser Strömungsrichtung ist, daß bei festgehaltener Zeit die Temperaturen von unten nach oben systematisch kleiner werden, wobei die axialen Temperaturunterschiede im unteren Teil des Stabes kleiner sind als im Oberen. Die maximale Temperatur ist mit der Leistung im WUS korreliert. Nach ihrer Abschaltung bei ca. 31 s fällt die Temperatur zunächst schwach und mit einsetzender Rückströmung stark. Der Stab wird dabei im oberen Teil noch für eine kurze Zeit benetzt (Meßstelle T23), während im übrigen Bereich des Stabes die WUS-Oberfläche trocken bleibt.

## 5. Abblase-Experimente mit dem Stabsimulator vom Typ SIM

### 5.1 Zielsetzung und Versuchsmatrix

Als nächster Schritt zur Simulation eines Reaktorbrandstabs während eines Abblasevorgangs werden in den Experimenten Simulatoren verwendet, die einen gasgefüllten Spalt mit einer deformierbaren Hülle besitzen (SIM). Dabei werden nicht mehr in erster Linie die thermohydraulischen Randbedingungen variiert, sondern vielmehr die verwendete Pelletart, die Geometrie der Spalte und der Gasdruck im SIM. Es hat sich gezeigt, daß die Pellets während eines Abblaseversuchs zerbrechen und hierdurch die Speicherwärme des Stabes verändert wird. Deshalb wurden Versuchsserien mit einem Stab bei konstant gehaltenen Randbedingungen durchgeführt, um zu sehen, ob sich dabei eine in einem Rechenprogramm formulierbare Systematik für die Änderung der thermischen Eigenschaften des Stabes ergibt.

### 5.2. COSTRA-Experimente ohne Hüllrohrdeformation

#### 5.2.1 Ablauf der COSTRA-Transiente

Die COSTRA-Transiente ist in ihrem Ventilsteuerprogramm und einer charakteristischen Hüllrohroberflächentemperatur in Abb. 5.1 gezeigt. Sie erzeugt einen Druck/Zeit- und einen Massenstrom/Zeit-Verlauf, wie es für einen Druckwasserreaktor deutscher Bauart bei einem kaltseitigen Bruch einer Hauptkühlmittelleitung erwartet wird /14/. Der Vergleich mit dem Ventilsteuerprogramm des Versuchs V57 (Abb. 5.2) zeigt, daß hier eine große Ähnlichkeit vorliegt. Der wesentliche Unterschied liegt im Zeitpunkt, zu dem die Stagnationsphase beendet wird, nämlich 32.5 s anstelle 35 s.

Der Druck in dem für COSTRA typischen Versuch V108 liegt im Vergleich zu V57 (Abb. 5.3) bei 27 s und 37 s etwas tiefer. Die erste Unterschreitung ist mit der geringeren Anfangstemperatur von V108 zu erklären (Abb. 5.4); die zweite mit dem geringen Restquerschnitt am Ventil des Oberplenums in V108. Deshalb kann in V108 nach 35 s aus dem Oberplenum noch Dampf austreten. Dies führt zu einer weiteren

Druckabsenkung. Bei 38 s ist jedoch das Oberplenum des V57 leer und somit kein Druckaufbau im Bündel mehr möglich, so daß jetzt der Druck in V57 rascher fällt. Der Anstieg des Druckes in V108 nach 44 s ist auf das Schließen der Ventile und Fluten der Teststrecke am Ende der Tests zurückzuführen. Dies ist notwendig, um unkontrollierte Deformationen des Hüllrohres nach Abschluß des Tests sicher zu unterbinden.

Der Verlauf der Fluidtemperaturen in Abb. 5.4 zeigt für beide Experimente in gleicher Weise Überhitzung an, dabei ist bei COSTRA der Temperaturanstieg steiler. Nach der Strömungsumkehr folgen die Fluidtemperaturen dem Sättigungsdruck, wobei V57 an der Meßstelle T6 ab 41 s Überhitzung anzeigt.

Die Dichten in den Plena sind für V108 in Abb. 5.5 aufgetragen. Sie zeigen im Vergleich zu V57 (Abb. 4.20) einen durch das Ventilsteuerprogramm verursachten höheren Restmassegehalt in der Strecke am Ende der Transiente.

Die Temperaturen des Hüllrohres werden bei COSTRA nur mit den Pyrometern gemessen. Sie sind in Abb. 5.6 für IN1-3 (unterhalb des Abstandshalters), in Abb. 5.7 für IN6-8 (oberhalb des Abstandshalters), und in Abb. 5.8 für IN4 und IN5 (Abstandshalter liegt dazwischen) gezeigt. Die Maximalwerte der Hüllrohroberflächentemperaturen liegen zwischen 1050 und 1100 K. Die Unterschiede in den Werten haben verschiedene Ursachen; so setzt an den Meßstellen die Austrocknung der Hüllrohroberfläche nicht gleichzeitig ein, die  $Al_2O_3$ -Pellets liegen an einigen Meßstellen am Hüllrohr an, an anderen nicht, und schließlich ist die Fluidtemperatur entlang des Kanals nicht konstant. Nur der massive Einfluß der Rückströmung bei 33 s ist systematisch. Man sieht in Abb. 5.7, daß zunächst die Meßstelle IN8, dann IN7 und dann IN6 durch das Fluid aus dem Oberplenum benetzt wird. Interessant ist das Verhalten der Temperaturen IN4 und IN5 in Abb. 5.8. Während für  $t < 33$  s IN5 kleiner ist als IN4, ist es für  $t > 33$  s gerade umgekehrt. Hier spielt offenbar der Abstandshalter eine Rolle, der die ankommende ausgebildete Strömung verwirbelt, und damit zur Verdampfung von Tröpfchen im Fluid führt, wodurch die Dampftemperatur reduziert wird. Dieser Effekt hat bei manchen Experimenten zum Benetzen der

Hülle beim IN4 geführt, obwohl IN5 überhitzt blieb. Es bleibt festzuhalten, daß die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen während Stagnationsphasen sehr empfindlich sind. Eine Diskussion kleiner Unterschiede erscheint daher nicht sinnvoll.

### 5.2.2 Experimente mit $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pellets

#### 5.2.2.1 Experimente mit nominellem Stab

Ein nomineller SIM-Stab ist ein Simulatorstab mit den Abmessungen entsprechend Abb. 2.7. Unsere Experimente haben gezeigt, daß die  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Ringpellets der SIM-Stäbe bei der hohen Stableistung von ca. 700 W/cm durch Thermospannungen zerbrechen. Dieses Brechen hat zur Folge, daß sowohl der innere Spalt zwischen Graphitheizer und Pellet als auch der äußere Spalt zwischen Pellet und Hüllrohr reduziert werden, hierdurch erhöhen sich die Spaltwärmedurchgangszahlen und die Speicherwärme wird reduziert /14/.

In Abb. 5.9 sind die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen für eine Serie von sechs COSTRA-Experimenten mit demselben Stab aufgetragen. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Experimente zu erreichen, wurden die lokalen zeitabhängigen Temperaturen sowohl in der Zeit (von 31 bis 32 s), als auch axial über alle Meßstellen gemittelt. Man erkennt den Einfluß der zerbrechenden Pellets an der starken Reduktion dieser mittleren Temperatur. Die Auszählung der Bruchstücke von Pellets aus Stäben, die eine unterschiedliche Anzahl von Abblaseversuchen bei unterschiedlicher Leistung erlebt haben ergab, daß die Zahl der Bruchstücke mit der Stableistung und mit der Anzahl der Abblaseversuche zunimmt (Abb. 5.10). Vergleicht man aber typische thermohydraulische Größen der Transiente, so kann man z.B. bei den Fluidtemperaturen in der Teststrecke (Abb. 5.11) nur geringe Änderungen während der Stagnationsphase feststellen, die auf die reduzierte Speicherwärme zurückzuführen sind. Man kann daraus schließen, daß der Einfluß einer veränderten Speicherwärme auf den Ablauf der Transiente vernachlässigbar ist, wogegen bei den Hüllrohr-Oberflächentemperaturen eine hohe Sensitivität vorliegt. Wegen der zerbrechenden Pellets sollte daher bei der Untersuchung von Parametern mit SIM Stäben nur das jeweils erste Experiment mit einem SIM-Stab herangezogen werden.

#### 5.2.2.2 Experimente mit veränderten Spaltweiten

Die Veränderung der Spaltweite zwischen Graphitheizer und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Ringpellet (innen) oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Ringpellet und Zircaloy Hüllrohr (außen) wirkt, ähnlich wie das Zerbrechen der Pellets, auf den Widerstand in den Spalten und somit auf die im Stab gespeicherte Wärme /15/. Aus dem Kapitel 5.2.2.1 ist bekannt, daß hierdurch nur die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen beeinflusst werden, es genügt also nur diese zu diskutieren. Um eine Basis für diesen Vergleich zu haben, sind in Abb. 5.12 für zwei Versuche mit frischen nominellen Stäben (V102, V108) die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen für die Meßstellen IN2 und IN7 aufgetragen. Man erkennt eine recht gute Übereinstimmung. Es treten nur Abweichungen von ca. 20 K auf. In Abb. 5.13 sind die Temperaturen von IN2 und IN7 für einen nominellen Stab und einen Stab mit aufgeweitetem Außenspalt (+0.05 mm, V172) eingetragen. In Abb. 5.14 sind wieder die Temperaturen von IN2 und IN7 aufgetragen, diesmal für nominellen Stab und einen Stab bei dem der Innenspalt, durch Reduktion des Graphitheizer-Durchmessers (-0.20 mm, V181), vergrößert wurde. Aus diesen Verläufen wird deutlich, daß die Zunahme im Außenspalt eine Erhöhung und die Zunahme im Innenspalt eine Reduktion in den Hüllrohr-Oberflächentemperaturen bewirkt. Die Erhöhung beträgt maximal ca. 50 K, die Reduktion ca. 70 K. Die Reduktion ist zunächst nicht verständlich, da die Vergrößerung der Spalte nur den Wärmewiderstand zwischen Quelle und Senke vergrößert. Vergleicht man aber die Wärmekapazität der verschiedenen Stäbe, so ist sie für den Stab mit aufgeweitetem Hüllrohr und den nominellen Stab gleich. Bei dem Stab mit vergrößertem Innenspalt fehlt aber ca. 10 % der Graphitmasse. Im warmen Zustand verhalten sich aber die Anteile der Speicherwärmen zwischen Graphit und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in etwa wie 1:1, so daß die Speicherwärme insgesamt für den Stab mit reduziertem Graphitheizer-Durchmesser ca. 5 % tiefer liegt. Dies erklärt die Reduktion der Hüllrohr-Oberflächentemperaturen.

Um den Zusammenhang zwischen Speicherwärme, Spaltweite und Zahl der Abblaseversuche zu demonstrieren, ist in Abb. 5.15 analog zu Abb. 5.9 die zeitlich und räumlich gemittelte Hüllrohr-Oberflächentemperatur aufgetragen. Man sieht, daß die Abnahme der Speicherwärme infolge

des Zerplatzens der Pellets praktisch unabhängig von dem zur Verfügung stehenden Leervolumen im Stab ist. Entscheidend ist lediglich der Temperaturgradient, der sich zwischen dem Heizer und der Hülle einstellt. Mit anderen Worten, unabhängig davon von welcher Spaltweite ausgegangen wird, ist nach einer Anzahl von Abblaseversuchen die Ausgangsgeometrie 'vergessen' und es bleibt nur noch die durch die Heizleistung charakterisierte Größe der Pelletbruchstücke übrig.

### 5.2.3 Experimente mit Quarzpellets

Das Zerplatzen der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Ringpellets entspricht dem bekannten 'relocation' der realen Brennstoffpellets. Für die Durchführung von Experimenten ist es aber unangenehm, wenn Pellets zerplatzen, da bei Parameteruntersuchungen stets ein frischer Stab gefertigt und in die Teststrecke eingebaut werden muß. Es wurde daher versucht, eine andere Pelletart zu finden, die den hohen thermischen Gradienten Stand hält /16/. Hierfür erwies sich Quarz ( $\text{SiO}_2$ ) als geeignet. Es wurde daher eine Reihe von SIM-Stäben mit Quarzpellets angefertigt, um mit ihnen anhand der bekannten COSTRA Transiente die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse bei wiederholtem Einsatz desselben Stabes zu untersuchen. Die Quarz-Pellets haben im Vergleich zu den  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pellets eine geringere Wärmekapazität und eine größere Wärmeleitfähigkeit. Es wurde daher der Verlauf der Heizleistung zur Nachbildung der COSTRA-Transiente neu spezifiziert.

Die Pyrometertemperaturen des V160 sind für IN1-IN3 in Abb. 5.16, für IN4 und IN5 in Abb. 5.17, und für IN6-IN8 in Abb. 5.18 abgebildet. Ein Vergleich der Temperaturen mit den entsprechenden Werten aus einer COSTRA-Transiente mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pellets zeigt, daß hier insgesamt höhere Temperaturen erreicht werden. Die Ursache hierfür ist aber auf Grund der geänderten Heizleistung nicht eindeutig zu klären. Für die Untersuchung der Reproduzierbarkeit ist dies jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Das Ergebnis einer Serie von sechs identischen Experimenten ist -wieder in Form der räumlich und zeitlich gemittelten Maximaltemperatur- in Abb. 5.19 dargestellt. Auch hier muß eine Veränderung der thermodynamischen Eigenschaften des Stabes festgestellt werden, die Speicher-

wärme nimmt ab, obwohl die Pellets nicht brechen. Dabei ist die Abnahme bei den ersten Versuchen größer und bei den späteren kleiner. Dieses Verhalten ist nicht völlig aufgeklärt. Eine Abschätzung des Einflusses unterschiedlicher Exzentrizitäten zwischen  $\text{SiO}_2$ -Pellet und Heizer bzw. zwischen  $\text{SiO}_2$ -Pellet und Hülle ergab eine deutliche Variation in der stationären Zentraltemperatur von ca. 180 K; man könnte also annehmen, daß zu Beginn der Experimente die Pellets zentriert waren, und diese Zentrierung sich im Verlauf der Experimente abgebaut hat. Eine realistischere Erklärung basiert auf der Beobachtung eines Graphitüberzugs auf den  $\text{SiO}_2$ -Pellets nach dem Ausbau der Stäbe. Durch diesen Überzug wird der Wärmeaustausch zwischen Pellets und Heizer in dem Maße verbessert, wie der Graphitüberzug dichter wird. Festzuhalten bleibt jedenfalls, daß auch ein Stab mit  $\text{SiO}_2$ -Pellets in seiner Speicherwärme nicht stabil ist.

### 5.3 Experimente zum Einfluß von Thermoelementen

#### 5.3.1 Zielsetzung der Experimente

In der amerikanischen Loss Of Flow Testanlage (LOFT) beim Idaho National Engineering Labor (INEL) in Idaho-Falls wurden zur Bestimmung der Hüllrohrtemperaturen in Experimenten zum Kühlmittelverluststörfall Thermoelemente eingesetzt, die außen entlang des Brennstabes geführt werden. Sie sind dabei in kleinen Abständen und insbesondere am Meßort selbst auf die Hülle aufgeschweißt. Abb. 5.20 zeigt die damals verwendete Konstruktion. Bei der Auswertung der Versuche waren Zweifel darüber aufgekommen, ob diese Thermoelemente (TE) die wirklichen Hüllrohr-Oberflächentemperaturen anzeigen oder ob nicht bei vorliegender Tröpfchenströmung die TE wie Kühlrippen wirken und zu einem vorzeitigen Benetzen zunächst der TE und dann des Stabes führen. Zur Untersuchung dieser Frage erwies sich die COSIMA-Anlage mit ihren SIM-Stäben und dem Spalt zwischen Pellet und Hülle als gut geeignet /17,18/. Durch einen Vergleich der Pyrometermessungen für einen Stab mit Thermoelementen und einen Stab ohne Thermoelemente sollte der Unterschied sichtbar gemacht werden. INEL bestückte zwei mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pellets gefüllte SIM-Stäbe mit solchen außen montierten Thermoelementen (LOFT-TE). Außerdem wurde noch ein weiteres Steuerprogramm entwickelt, um die Tröpfchenströmung im Bündel über

eine längere Zeit als bei der COSTRA-Transiente einzustellen. Diese zweite Transiente wird im folgenden LOFTRA genannt. Es wurden Experimente des Types COSTRA wie auch LOFTRA mit und ohne Thermoelemente gefahren. In der Diskussion der Ergebnisse wird ein SIM-Stab mit außen aufgebrachtten Thermoelementen SIM-TE genannt und ein SIM-Stab ohne Thermoelemente SIM-BA.

### 5.3.2 Ablauf der LOFTRA-Transiente

Die LOFTRA-Transiente (Abb. 5.21) beginnt genau wie die COSTRA-Transiente (Abb. 5.1) mit einer Strömungsumkehr, gefolgt von einer Stagnationphase und einer Rückströmung bis etwa 35 s. Nach einer zweiten Stagnationsphase bis 40 s wird bis ca. 47 s eine aufwärts gerichtete Strömung eingestellt. Darauf folgt wiederum eine Stagnationphase bis 55 s mit abschließender Rückströmung bis 65 s. Da die LOFTRA-Transiente insgesamt länger dauert als die COSTRA-Transiente, sind die Ventilhübe kleiner. Bei etwa 66 s wird die Anlage, wie auch am Ende der COSTRA-Transiente, wieder geflutet.

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Meßwerte wurden mit einem SIM-BA im Versuch V129 gewonnen. Der Druckverlauf ist in Abb. 5.22 dargestellt, man erkennt, daß sich der Druck im wesentlichen entsprechend dem Gesamtabblasequerschnitt verhält. Eine Ausnahme bildet der Knick bei ca. 40 s, wo trotz einer Zunahme der Ausblasefläche der Druckgradient kleiner wird. Dies ist darauf zurückzuführen, daß in dieser Phase eine Strömung von oben nach unten durch die Strecke vorliegt und dadurch Wasser bzw. Tröpfchen in die heiße Strecke gelangen und dort verdampfen. Die Dichten in Abb. 5.23 zeigen nur eine relativ gleichmäßige Abnahme. Dabei bleibt mehr Wasser in der Strecke zurück als bei der COSTRA-Transiente

Am Verlauf der Fluidtemperaturen (Abb. 5.24) ist die Strömungsrichtung im Kanal zu erkennen. Die Überhitzung oberhalb der Teststrecke (T7) tritt bei 31 s auf, 2 s nachdem sich eine Strömung vom Unter- ins Oberplenum eingestellt hat. Offenbar wird nach dieser Verzugszeit überwiegend Dampf aus der Strecke ins Oberplenum geleitet. Mit dem Öffnen des Ventils im Unterplenum zeigt auch T6 Überhitzung an. Durch das Schließen des Ventils im Oberplenum und das Öffnen des Ventiles

im Unterplenums auf 13 % bei 40 s wird ein Fluid mit höherem Tröpfchenanteil von oben durch die Teststrecke transportiert, und T7 wird wieder benetzt. An der Meßstelle unterhalb der Teststrecke (T6) kommt es nicht mehr zur Benetzung, offenbar verdampfen die noch ankommenden Tröpfchen vollständig im beheizten Teil der Strecke. Die Kopplung zwischen Ventilstellung und Strömungsrichtung, angezeigt durch die Fluidtemperaturen, ist wesentlich geringer als bei den vorhergehenden Versuchen. Dies wird im wesentlichen durch den angestrebten höheren Gehalt an Tröpfchen im Fluid verursacht.

Bei der Analyse der Pyrometertemperaturen (Abb. 5.25-5.27) zeigt sich bis ca. 41 s eine direkte Kopplung der Hüllrohr-Oberflächentemperaturen an die aktuellen Ventilstellungen. Für die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen ist charakteristisch, daß bei gerichteter Strömung eine Reduktion und bei Stagnation eine Erhöhung der Temperatur auftritt. Die Variationen entlang des Stabes lassen sich mit der lokalen Entspeicherung des Stabes während des Abblasevorganges erklären.

### 5.3.3 Einfluß von Thermoelementen bei COSTRA und LOFTRA

Wie aus der oben vorgenommenen Untersuchung des Einflusses der inneren und äußeren Spaltweite bekannt ist, sind kleinere Änderungen am SIM ohne Einfluß auf die Thermohydraulik während des Abblasevorganges. Es genügt daher lediglich die Temperaturen des SIM-TE mit denen des SIM-BA zu vergleichen.

Die Abb. 5.28-5.35 zeigen den Vergleich der Pyrometermessungen für die COSTRA-Transienten V93 mit einem SIM-TE und V108 mit einem SIM-BA. Man sieht dort, daß die Temperaturen, sofern sie nicht durch die Nähe zum Abstandshalter beeinflusst sind, im V93 (SIM-TE) um ca. 50 K tiefer liegen, und daß im Gegensatz zu V108 (SIM-BA) alle Meßpositionen benetzt werden. Im oberen Teil des Stabes (IN7 und IN8) ist auch eine deutliche Verzögerung bei der Austrocknung der Hüllrohroberfläche (steiler Temperaturanstieg) beim SIM-TE im Vergleich zum SIM-BA zu beobachten. In Abb. 5.36-5.43 sind die Pyrometermessungen für die LOFTRA-Transienten V126 (SIM-TE) und V129 (SIM-BA) aufgetragen. Man findet auch hier dasselbe Verhalten wie für die COSTRA, nur sind die

Abweichungen im unteren Teil des Stabes mit ca. 150 K wesentlich größer. Der geringe Unterschied der beobachteten Temperaturen in der Nähe der Abstandshalter ist, wie schon weiter oben bemerkt, auf die turbulenzfördernde Wirkung des Abstandshalters zurückzuführen. Die zusätzliche Anwesenheit eines TE führt zu keiner weiteren Änderung des Signals. Man kann aus diesem Vergleich festhalten: Die außen aufgebrauchten Thermoelemente reduzieren die Hüllrohr-Oberflächentemperaturen, insbesondere bei Tröpfchenströmung, um bis zu 150 K, das Austrocknen der Hüllrohroberfläche tritt später und ihre Wiederbenetzung früher ein.

Für die Versuche mit SIM-TE-Stäben werden jetzt noch die Meßwerte der TE mit denen der Pyrometer verglichen, und zwar für COSTRA V93 in Abb. 5.44 und 5.45, und für LOFTRA V126 in Abb. 5.46 und 5.47. Die TE sind an der gleichen axialen Position wie die Pyrometer IN2, IN4, IN6 und IN8 angebracht, jedoch in Umfangsrichtung um  $90^\circ$  versetzt. Für den Vergleich wurden die Meßpositionen IN2 und IN6 gewählt, da diese nur wenig vom Abstandshalter und dem Ende der beheizten Zone beeinflusst werden, dabei sei daran erinnert, daß die Pyrometer unter 810 K keine verwertbare Anzeige liefern. Man erkennt aus diesen Diagrammen, daß die Thermoelemente teilweise geringere und teilweise höhere Temperaturen als die Pyrometer anzeigen. Die Abweichungen sind damit zu erklären, daß die Thermoelemente auf Grund ihrer geringen Masse und ihrer relativ großen Wärmeübertragungsfläche der Dampftemperatur rascher folgen als das Hüllrohr. Die Abweichungen von ca. 20 K sind angesichts des hohen Temperaturniveaus gering.

#### 5.4 Experimente mit Stabdeformation

Experimente mit Stabdeformation wurden durchgeführt, um zu überprüfen, ob eine fühlbare Reduktion des Kühlkanalquerschnitts während der Abblasephase auftritt /1/. Der Gasdruck in den Stäben wurde zwischen 3 Mpa und 12 Mpa variiert. Der verwendete Simulator war ein mit  $Al_2O_3$  Pellets gefüllter SIM-BA. Die thermohydraulischen Randbedingungen wurden nach COSTRA eingestellt.

Die Deformation der Hüllrohre wurde durch ihre Vermessung nach den Experimenten festgestellt. Sie waren, wie vom Materialverhalten her

zu erwarten, bei reaktortypischem Innendruck von 7 Mpa klein. Ein typischer Wert ist ca. 3 % Umfangsdehnung. Bei sehr kleinem Innendruck (3 Mpa) schrumpfte die Hülle auf die Pellets auf (Abb. 5.48), bei sehr hohem Druck (12 Mpa) ist die Hülle geborsten (Abb. 5.49). Die dabei erreichten Versagensdehnungen von etwa 10-20 % sind in Übereinstimmung mit den Erfahrungen aus Flutexperimenten /19/ und Einzeleffektuntersuchungen /20/.

Der für die Durchführung der Experimente ohne Hüllrohrdeformation vorzugebende Innendruck im Stab (V80-V208) wurde anhand von Abb. 5.50 gewählt. In diesem Diagramm sind abhängig von Differenzdruck und Temperatur Linien gleicher Kriechgeschwindigkeit für Zircaloy-Hüllrohre dargestellt /20/. Trägt man hier den Druck-Temperaturverlauf eines Experimentes ein, so kann man den Verlauf der Dehngeschwindigkeit ablesen und integrieren. Damit erhält man einen guten Schätzwert für die zu erwartende Enddehnung.

## 6. Nachrechnung der Experimente

### 6.1 Zielsetzung der Nachrechnungen

Mit den Nachrechnungen der COSIMA-Experimente wurden zwei Ziele verfolgt: Zum einen sollte ein besseres Verständnis der Anlage erreicht und gegebenenfalls Hinweise auf sensitive bzw. ungenau gemessene Größen erhalten werden, zum anderen sollten die Fähigkeiten heute verfügbarer Rechenprogramme erprobt werden. Als Rechenprogramme wurden RELAP4/mod6 /21/ und DRUFAN02 /22/ eingesetzt.

### 6.2 Probleme bei der Modellierung

Die Nachrechnung jeder realen Anlage erfordert ein bestimmtes Maß an Abstraktion, um die Problemformulierung mit den Begriffen eines Rechenprogramms vornehmen zu können. So ist z.B. der Querschnitt der Teststrecke, wie in Abb. 6.1 dargestellt, nicht mit den gegebenen Rechenprogrammen modellierbar, da sowohl DRUFAN als auch RELAP nur Stäbe beschreiben können, die vollständig vom Fluid im Kühlkanal benetzt sind. Ebenso sind teilweise in die Füllstücke eingelassene Stäbe nicht vorgesehen. Ein weiteres Problem ist, daß nur prismatische Rohrleitungen zulässig sind. Mit diesen Elementen läßt sich jedoch ein kugelförmiges Plenum nur grob angenähert abbilden. Probleme entstehen auch auf Grund der Fluidmodelle dieser Codes. Wir beobachten in der Realität thermodynamisches und dynamisches Ungleichgewicht zwischen Dampf und Wasser, während die von uns eingesetzten Codes aber von den Grundgleichungen her nur Zweiphasenströmungen im Gleichgewicht beschreiben können. Erst die Einführung konstitutiver Modelle für den Schlupf erlaubt z.B. Aussagen über Differenzgeschwindigkeiten zwischen Dampf und Wasser. Angesichts dieser zum Teil schwerwiegenden Einschränkungen in den Modellen dürfen die Erwartungen an die Rechenergebnisse nicht zu hoch gestellt werden. Ein Nodalisierungsschema ist für eine RELAP-Rechnung in Abb. 6.2, und für eine DRUFAN-Rechnung in Abb. 6.3 angegeben.

### 6.3 Nachrechnung der Experimente ohne Beheizung

Als Beispiele der Nachrechnung der Experimente ohne Beheizung V191-V208 werden hier nur drei Fälle behandelt, nämlich V207 V193 und V198. Die Rechnungen wurden mit DRUFAN02 durchgeführt /23/. Ein Eingabedatensatz für V207 ist in Anhang A angegeben. Für V207 zeigen Abb. 6.4 den Vergleich des gemessenen und berechneten Druckes, Abb. 6.5 und Abb. 6.6 den Vergleich der Dichten im Unter- und Oberplenum.

Der gerechnete Verlauf des Druckes stimmt recht gut mit dem gemessenen überein, er wird im ersten Teil der Transiente maximal um ca. .5 Mpa über- und im zweiten Teil um ca. .2 Mpa unterschätzt. Der Verlauf der Dichte im Oberplenum zeigt in der Rechnung zwischen 20 und 23 s einen zu steilen, und danach einen zu geringen Abfall.

Die Dichte im Unterplenum ist bis etwa 36 s nahe an dem gemessenen Verlauf, danach zeigt sich aber eine deutliche Zunahme, die im Experiment nicht beobachtet wird. Vergleicht man nun hierzu den Verlauf des Dampfgehaltes in der geschlossenen Abblaseleitung am Unterplenum (Abb. 6.7), so erkennt man, daß in der Rechnung beim Erreichen des Sättigungsdruckes in dieser Leitung sehr rasch viel Dampf entsteht, der ein Zweiphasengemisch relativ großer Dichte in das Unterplenum drückt und dort die Dichte erhöht. Eine bessere Modellierung muß daher anstelle einer Anfangstemperatur für die drei Volumen, zur Nachbildung des axialen Temperaturgradienten in der Abblaseleitung, unterschiedliche Temperaturen verwenden.

Die Überschätzung des Druckes bei gleichzeitiger Unterschätzung der Dichte steht im Widerspruch zu den bei unseren Experimenten gefundenen Zusammenhängen (s. Kapitel 3.4) und deutet darauf hin, daß in der Rechnung der zeitliche Verlauf der Enthalpie des ausgeblasenen Fluids anders ist als im Experiment. Die in Abb. 6.5 und Abb. 6.6 angegebene Dichte der Rechnung ist aus den drei Teilvolumina der Plena gemittelt. Auf Grund einer zu starken Phasenseparation im Rechenmodell wird aus dem Oberplenum zunächst ausschließlich Wasser abgeströmt, wobei der Druck nicht genügend abfällt. Sinkt jedoch der Gemischspiegel unter das Niveau des Abblasestutzen so wird nur Dampf abgeströmt und der

Druck fällt zu rasch. Die Abweichungen in den Fluidtemperaturen (Abb. 6.8) sind gering, ähnlich denen des Druckes.

Der Druckverlauf für V193 ist in Abb. 6.9, die Dichten in den Plena sind in Abb. 6.10 bzw. 6.11 angegeben. Der Druck ist in diesem Fall nur bis etwa 33 s in guter Übereinstimmung mit der Messung, danach treten größere Abweichungen bis maximal ca. 1 Mpa auf. Die Dichte im Unterplenium wird bis 10 s deutlich über-, und zwischen 33 und 39 s unterschätzt. Dies hängt wieder mit der Temperaturverteilung in der geschlossenen Abblaseleitung, diesmal des Oberplenums, zusammen. Die Leitung wurde in dieser Rechnung mit drei Knoten unterschiedlicher Anfangstemperatur modelliert. Dabei waren die Anfangstemperaturen geschätzt worden. Wie der Dampfgehalt dieser Leitung in Abb. 6.12 zeigt, wird bei Erreichen der Sättigungstemperatur in den Knoten Dampf erzeugt, der letztlich zu einer Erhöhung der Dichte im Unterplenium führt. Nach Abb. 6.10 war die höchste Temperatur zu hoch und die mittlere Temperatur zu tief geschätzt worden. Die tiefste Temperatur war recht gut geschätzt. Entgegen der Erwartung ist das Wasser, das zu diesen Veränderungen der Dichte im Unterplenium notwendig ist, in dem gerechneten Dichteverlauf des Oberplenums nicht erkennbar. Betrachtet man den Verlauf der Dichten in Abb. 6.10 und Abb. 6.11 bis etwa 33 s, so sieht man, daß das Fluid aus dem Oberplenium zu rasch ins Unterplenium fließt. Dies zeigt sich in Abb. 6.11 am steileren Dichtegradienten und in Abb. 6.10 am Knick bei 30 s.

Vor dem Hintergrund der Erfahrung bei der Nachrechnung von V207 kann man aus dem Druckverlauf schließen, daß die Dichte des abströmenden Fluids bis etwa 33 s recht gut stimmt. Zwischen 33 und 39 s ist nach Abb. 6.10 die berechnete Dichte im Unterplenium kleiner als im Experiment, was zu der starken Druckabsenkung in diesem Zeitraum führt.

Beim Versuch V198 ist das Problem der geschlossenen Abblaseleitung (s.o.) nicht mehr gegeben, da in diesem Versuch aus beiden Plena abgeblasen wird. Entsprechend gut sind auch die Resultate der Nachrechnung, von denen in Abb. 6.13 der Druck und in Abb. 6.14 und 6.15 die Dichte in den Plena aufgetragen sind. Dennoch ist auch hier das Problem der richtigen Berechnung der Dichte des abströmenden Fluids erkennbar.

#### 6.4 Nachrechnung von LOFTRA und COSTRA

Für die Nachrechnung dieser Transienten /23,24/ wurde das Rechenprogramm RELAP4/mod6 herangezogen. Ein Eingabedatensatz für V129 ist in Anhang B angegeben.

Für LOFTRA ist in Abb. 6.16 der Verlauf des gemessenen und berechneten Druckes angegeben. Abb. 6.17 zeigt die Dichte im Oberplenium und Abb. 6.18 die Dichte im Unterplenium. Bis etwa 35 s ist für den Druck eine gute und für die Dichte im Unterplenium eine zufriedenstellende Übereinstimmung erkennbar. Die Dichte im Oberplenium sinkt aber zu Beginn zu rasch, bis der Gemischspiegel das Niveau der Ausblaseleitung erreicht. Danach stabilisiert sich der Verlauf und liegt bis ca. 40 s nahe bei den gemessenen Werten. Beginnend mit der Stagnationsphase bei 35 s wird der Druck zu hoch berechnet, ab etwa 37.5 s ist auch die berechnete Dichte im Unterplenium zu groß und ab etwa 40 s ist die Dichte im Oberplenium zu klein berechnet. Dies ist wie folgt zu erklären: Die geringe Rückströmung, beginnend in der Stagnationsphase ab 35 s, fördert in der Rechnung zuviel Wasser aus dem Oberplenium in das heiße Bündel. Das Wasser verdampft dort teilweise und der Systemdruck wird angehoben. Der Überschuß an Wasser führt nach einer Verzugszeit von 2.5 s auch zu einer Überschätzung der Dichte im Unterplenium. Nach dem Öffnen des Ventils am Unterplenium (40 s) fließt in der Rechnung in ca. 6 s alles Wasser aus dem Oberplenium nach unten ab und erhöht dabei den Systemdruck noch mehr, ebenso wie die Dichte im Unterplenium. Im Experiment hingegen bleibt ein relativ großer Anteil des Wassers im Oberplenium zurück; es wird daher kein so großer Druck aufgebaut und die Dichte im Unterplenium bleibt geringer.

Der zeitliche Verlauf der Hüllrohrtemperaturen kann, bei den festgestellten Abweichungen in den thermohydraulischen Randbedingungen, nicht besonders gut berechnet sein. Dennoch ist, wie in Abb. 6.19 an den Temperaturen unterhalb des Abstandshalters erkennbar, der qualitative Verlauf bis 35 s teilweise ähnlich dem gemessenen. Die Temperaturen oberhalb des Abstandshalters (Abb. 6.20) zeigen jedoch starke Abweichungen. Die im Zeitbereich zwischen 42 s und 52 s in den Abbildungen angegebenen berechneten Werte sind durch das Plotprogramm

verfälscht, außerdem ist bei diesem Vergleich zu beachten, daß im Rechenmodell nur drei Temperaturen für den Simulator bestimmt werden, und nicht acht wie im Experiment.

Die absolute Abweichung in der Temperatur von ca. 100-150 K darf in diesem Zusammenhang nicht überbewertet werden, da hierfür schon geringe Fehler in der Bestimmung des Zeitpunktes zu dem das Hüllrohr austrocknet verantwortlich sein können. Man sieht aber auch am Verlauf der berechneten Temperaturen, daß nach 35 s keine Stagnation, sondern ein geringer Massenstrom von oben nach unten einsetzt. Dies deckt sich mit den Beobachtungen beim Druck und Dichteverlauf. Nach 40 s sieht man am Absinken der Hüllrohr-Oberflächentemperaturen, daß in dieser Phase zuviel Kühlmittel in das Bündel strömt. Der Verlauf ab 50 s ist wieder ähnlich dem gemessenen, nur sind die berechneten Temperaturen auf Grund der vorangegangenen Kühlung ca. 100-150 K zu tief.

Die Ergebnisse der Nachrechnung der COSTRA-Experimente sind in Abb. 6.21 für den Druck und in Abb. 6.22 und 6.23 für die Dichten in den Plena dargestellt. Dabei wird der Druck bis 38 s über- und danach unterschätzt. Die Dichte im Oberplenum ist bis ca. 33 s, die Dichte im Unterplenum bis ca. 30 s zufriedenstellend berechnet. Auch bei COSTRA ist, ähnlich wie bei LOFTRA, zu beachten, daß in der Rechnung zunächst die Dichte im Oberplenum zu rasch fällt und anschließend in der Stagnationsphase zu viel Fluid aus dem Ober- ins Unterplenum fließt, ebenso wie während der Rückströmphase nach 33 s.

Der Sprung bei 33 s im gemessenen Dichteverlauf des Unterplenum (Abb. 6.22), verursacht durch das Öffnen des Ventils am Unterplenum bei 33 s, wird in der Rechnung nicht wiedergegeben. Dies ist wahrscheinlich auf den überschätzten Massenstrom aus dem Oberplenum (Abb. 6.23) zurückzuführen.

Ab etwa 36 s fällt der berechnete Druck stärker als der gemessene obwohl die berechnete Dichte im Unterplenum noch größer ist als ihr gemessener Vergleichswert. Dies kann nur so erklärt werden, daß im Experiment das Zweiphasengemisch dieser Dichte einen höheren Gemischspiegel liefert als das Zweiphasengemisch höherer Dichte in der Rech-

nung. Es muß dann nach Abschnitt 3.4 der Gemischspiegel im Experiment höher als die Abblaseleitung liegen und der Spiegel in der Rechnung darunter.

Abschließend kann man feststellen, daß die Nachrechnung der Experimente zufriedenstellende Ergebnisse geliefert hat. Eine gewisse Verbesserung der Ergebnisse ist möglich, wenn man, wie in Abschnitt 3.5 angeführt, einen Fehler zwischen der angezeigten und der tatsächlichen Ventilstellung annimmt. Rechnungen unter Annahme eines solchen realistisch abgeschätzten Fehlers bestätigen dies. Als wesentliche Ursache für die Abweichungen zwischen Rechnung und Experiment wurde jedoch die berechnete Höhe der Gemischspiegel, bzw. der mittleren Blasendichte im Fluidbereich von Behältern, festgestellt. Das Problem bei der Berechnung dieser Größe liegt dabei sowohl in der Art der Modellierung der kugelförmigen Plena als auch in den physikalischen Modellen.

## 7. Schlußfolgerungen

Im vorliegenden Bericht wurde das systematisch geordnete, umfangreiche Datenmaterial aller COSIMA Experimente vorgestellt, das in dieser Breite von keiner anderen bekannten Versuchsanlage erreicht wird. Mit diesen Experimenten konnte das Dehnverhalten von Zircaloy Hüllrohren unter den für einen Kühlmittelverluststörfall typischen Bedingungen während der Abblasephase demonstriert werden. Es zeigte sich, daß im allgemeinen nur geringe Dehnungen erreicht werden, und daß zum Bersten der Hüllrohre in der Abblasephase untypisch hohe Stabinnendrucke notwendig sind. Zusätzlich wurden wichtige Erkenntnisse zum Verhalten von Brennstabsimulatoren und zum Einfluß von Thermoelementen gewonnen, die aussen auf dem Hüllrohr angebracht sind.

Das Verhalten der Versuchsanlage ist weitgehend geklärt. Spezielle Fragen, wie das Absinken der Speicherwärme bei Quarzpellets, gehörten nicht zu den Untersuchungszielen von COSIMA und sind für das Verständnis des Verhaltens der Anlage von untergeordneter Bedeutung. Neben der Vielfalt von Experimenten an der COSIMA-Anlage ist auch ihre gute Instrumentierung ein wichtiger Grund, um daran Rechenprogramme zur Beschreibung von Zweiphasenströmungen, wie RELAP oder DRUFAN, zu überprüfen. Mit eigenen Rechnungen wurde demonstriert, daß schon heute eine zufriedenstellende Nachrechnung der Experimente erreicht wird. Diese kann aber noch verbessert werden, wenn, wie im Bericht identifiziert, die Modelle zur Beschreibung der Phasentrennung weiter verfeinert werden.

### Anerkennung

An erster Stelle sei den Herren Prof. Dr. D. Smidt (IRE) und DI. A. Fiege (PNS-PL) für ihr Interesse und ihre unverzichtbare Unterstützung des COSIMA-Vorhabens gedankt.

Den Ingenieuren und Experimentatoren des IT schulden wir ebenfalls besonderen Dank. Ohne ihren engagierten Einsatz, ihre Kreativität bei der Lösung der vielen Probleme bei der Entwicklung der Komponenten und bei der Planung und dem Betrieb der COSIMA-Anlage wäre dieses schwierige Vorhaben nicht durchführbar gewesen. Insbesondere gilt dabei unser Dank den Herren K. Hain, F. Brüderle, Th. Vollmer, K. Wagner, N. Paroth, F. Schloß, E. Mackert und den Herren der IT-Werkstatt. Viele weitere Kollegen haben durch Zuarbeit und in vielen Diskussionen zum Gelingen von COSIMA mit beigetragen; Ihnen gilt unser spezieller Dank.

8. Literatur

- /1/ Fiege, A.; (HRSG.); Bocek, M.; Class, G.; Erbacher, F.; Fiege, A.; Hofmann, G.; Hofmann, P.; Ihle, P.; Karb, E.; Leistikow, S.; Meyder, R.; Raff, S.; (MITARB.)  
Stand und Ergebnisse der theoretischen und experimentellen Forschungsvorhaben zum LWR-Brennstabverhalten bei Reaktorstörfällen. Eine Zwischenbilanz, Stand: Dezember 1977. KfK-Ext.28/78-01 (September 78)
- /2/ Fiege, A.; (HRSG.); Bocek, M.; Borgwaldt, H.; Class, G.; Erbacher, F.; Fiege, A.; Gulden, W.; Hain, K.; Hofmann, G.; Hofmann, P.; Ihle, P.; Karb, E.; Leistikow, S.; Malang, S.; Meyder, R.; Petersen, C.; Raff, S.; Schanz, G.; Sepold, L.; Wiehr, K.; Zimmermann, H.; (MITARB.)  
Stand und Ergebnisse der Untersuchungen des PNS zum LWR-Brennstabverhalten bei Kühlmittelverluststörfällen KfK-3422 (Oktober 82)
- /3/ Class, G.; Reimann, J.; Wagner, K.  
Transient two-phase mass flow rate measurement with a true mass flow meter.  
Two-Phase Flow Instrumentation Review Group Meeting, Troy, N.Y., March 13-14, 1978
- /4/ Wagner, K.; Reimann, J.; Class, G.; John, H.; Schloss, F.  
Transient and steady-state two-phase mass flow rate measurements with a true mass flow meter.  
Nuclear Power Option for the World,  
Europ. Nuclear Conf., Hamburg, May 6-11, 1979  
American Nuclear Society, Transactions, 31(1979) S.431-33

- /5/ Class, G.; Hain, K.; Schloss, F.; Wagner, K.  
True mass flow meter. Entwicklung und Einsatz eines  
Massenstrom-Meßgerätes für instationäre  
Zweiphasenströmungen.  
KfK-2790 (Juli 79)
- /6/ Class, G.; Hain, K.;  
True mass flowmeter - a mass flowmeter for nonsteady-state  
two-phase flow.  
Nuclear Technology, 60(1983) S.314-319
- /7/ Class, G.  
Residual error problems in true mass flowmeters.  
Delhaye, J.M.; Cognet, G.; (HRSG) Measuring Techniques in  
Gas-Liquid Two-Phase Flows,  
UITAM-Symp., (Internat.Union of Theoretical and Applied  
Mechanics) Nancy, F, July 5-8, 1983 Berlin (u.a.)  
Springer 1984 S.607-23
- /8/ Class, G.; Fömpe, D.; Hain, K.; Brüderle, F.; Schloss,  
F.; Vollmer T.; Wagner K.  
Untersuchungen zum LWR-Brennstabverhalten unter gesteuerten  
thermohydraulischen Randbedingungen (COSIMA-Programm).  
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1978/2.  
KfK-2750 (Oktober 79) S.4200/91-4200/96
- /9/ Class, G.; Hain, K.; Meyder, R.  
Thermohydraulisch gesteuerte Blowdown-Versuche in der  
Versuchsanlage COSIMA zum DWR Brennstabverhalten:  
Experimentelle und theoretische Ergebnisse.  
Jahreskolloquium 1978 des Projekts Nukleare Sicherheit,  
Karlsruhe, 28.-29.November 1978.  
In: KfK-2770 (November 78)

- /10/ Class, G.; Hain, K.  
COSIMA - Gesteuerte Blowdown-Versuche zum  
LWR-Brennstabverhalten.  
KfK-Nachrichten, 10(1978) No. 2, S.39-48
- /11/ Brüderle, F.; Hain, K.  
Die Teststrecke der Blowdownversuchsanlage COSIMA.  
KfK-3020, Kernforschungszentrum Karlsruhe (1980)
- /12/ Class, G.; Fömpe, D.; Hain, K.; Brüderle, F.; Schloss,  
F.; Vollmer T.; Wagner K.  
Untersuchungen zum LWR-Brennstabverhalten in der  
Blowdown-Phase eines Kühlmittelverluststörfalles.  
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1978/1.  
KfK-2700 (November 78) S.4200/87-4200/95
- /13/ Class, G.; Hain, K.  
Ergebnisse zum DWR Brennstabverhalten aus der  
Blowdown-Versuchsanlage COSIMA.  
Jahrestagung Kerntechnik 82. Reaktortagung 1982  
Mannheim, 4.-6. Mai 1982  
Kerntechnische Ges.e.V. Deutsches Atomforum e.V.  
Eggenstein-Leopoldshafen:  
Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik  
1982 S.159-62
- /14/ Class, G.; Fömpe, D.; Hain, K.; Brüderle, F.; Paroth, N.;  
Vollmer T.; Wagner K.  
Untersuchungen zum Brennstabverhalten in der Blowdown-Phase  
eines Kühlmittelverluststörfalles. Out-of-pile  
Experimente mit elektrisch beheizten Einzelstäben.  
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Halbjahresbericht 1977/2.  
KfK-2600 (April 78) S.367-372

- /15/ Class, G.; Meyder, R.; Stratmanns, E.; Hain, K.; Vollmer, T.; Brüderle, F.  
Untersuchungen zum Brennstabverhalten unter gesteuerten thermohydraulischen Randbedingungen (COSIMA-Programm).  
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1980.  
KfK-2950 (August 81) S.4200/110-4200/131
- /16/ Class, G.; Meyder, R.; Stratmanns, E.; Hain, K.; Vollmer, T.; Brüderle, F.  
Untersuchungen zum Brennstabverhalten unter gesteuerten thermohydraulischen Randbedingungen (COSIMA-Programm).  
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1981.  
KfK-3250 (Juni 82) S.4200/66 4200/81
- /17/ Class, G.; Meyder, R.; Hain, K.  
Messung der Brennstab-Hüllrohrtemperatur mit LOFT-typischen Thermoelementen unter Blowdown-Bedingungen in COSIMA. Measurements of clad temperatures with LOFT-typical thermocouples in the COSIMA facility under blowdown conditions.  
7.Jahreskolloquium des Projektes Nukleare Sicherheit des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Karlsruhe  
24.-25.November 1980 KfK-3070 (November 80)
- /18/ Class, G.; Hain, K.; Meyder, R.  
Measurement of cladding temperatures with Loss-Of-Fluid-Test thermocouples in the COSIMA blowdown test facility.  
Nuclear Technology, 69(1985) S.72-81
- /19/ Erbacher, F.; Neitzel, H.J.; Wiehr, K.  
Interaction between thermohydraulics and fuel clad ballooning in a LOCA, results of REBEKA multirod burst tests with flooding  
6. Water reactor safety research information meeting  
November 6-9, 1978, Gaithersburg, MD

/20/ Raff, S.

Entwicklung eines Deformations- und Versagensmodells für  
Zircaloy im Hochtemperaturbereich zur Anwendung bei Kühlmittel-  
verluststörfalluntersuchungen an Leichtwasserreaktoren  
KfK-3184 (November 82)

/21/ RELAP4/MOD6

A Computer Program for Transient Thermal Hydraulic Analysis  
of Nuclear Reactors and Related Systems.  
EG&G Idaho Inc. January 1978.  
Contract no. EY-76-C-07-1570

/22/ DRUFAN-01/MOD2

Programm Description, Volum 1, 2, 3, 4  
Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH

/23/ Class, G.; Meyder, R.; Stratmanns, E.; Hain, K.; Brüderle,  
F.; Vollmer, T.

Untersuchungen zum Brennstabverhalten unter gesteuerten  
thermohydraulischen Randbedingungen (COSIMA-Programm).  
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1983.  
KfK-3450 (Juni 84) S.4200/23 4200/41

/24/ Class, G.; Meyder, R.; Stratmanns, E.; Hain, K.; Brüderle,  
F.; Vollmer, T.

Untersuchungen zum Brennstabverhalten unter gesteuerten  
thermohydraulischen Randbedingungen (COSIMA-Programm).  
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1982.  
KfK-3350 (Juli 83) S.4200/71 4200/89

Tabelle 2.1

Versuchs- Nummer	Transienten- Art	Steuer- progr. Nr.	Simul. Heiz. Leist /W/cm/	Wand- heiz. Leist /kw/	Brennstab Simulator Typ / Nr	Pellet Werk- stoff	Gas Art	Stab- innen- druck /bar/	Trans. dauer / s /	Bemerkungen  ((Versuchsziele))
V 01 - V 42										Vorversuche; Komponenten-Tests
V 43	2F - kalt	1017	660	108	SIMI/ 10	AL2 03	He	120	20	1. Versuch für SSYST-Analyse
V 44	2F - kalt	1017	675	108	SIMI/ 11	AL2 03	He	30	20	1. Versuch für RELAP-Analyse
V 45	2F - kalt	1019	720	108	SIMI/ 12	AL2 03	He	120	20	Fehler Stabheizung
V 46	2F - kalt	1019	720	108	SIMI/ 12	AL2 03	He	120	20	2. Versuch für SSYST-Analyse
V 48	2F - heiss	1021	-	108	SIMI/ 8	AL2 03	He	30	20	Iteration 2F heiss - Bruchlage
V 49	2F - kalt	501	680	108	WUS	---	--	--	20	1.WUS-Versuch, Ausfall aller Stab TE
V 50	2F - kalt	501	660	---	WUS	---	--	--	20	2.WUS-Versuch, Ausfall aller Stab TE
V 51	2F - kalt	501	600	---	WUS	---	--	--	20	3.WUS-Versuch, Ausfall aller Stab TE
V 52	2F - kalt	1017	680	108	SIMII/101	AL2 03	He	35	20	Erprobung SIMII / Simulator
V 53	Aufheizversuch	1022	680	108	SIMII/102	AL2 03	He	35	20	Test zum Pelletcracking
V 56	2F - heiss	5000	650	108	WUSII	---	--	--	20	1.WUSII-Versuch (s. a. Abb 4.3-4.13)
V 57	2F - kalt	5001	650	108	WUSII	---	--	--	20	2.WUSII-Versuch (s. a. Abb 4.1-4.24)
V 58	2F - kalt	5001	650	108	WUSII	---	--	--	20	3.WUSII-Versuch (s. a. Abb 4.1-4.24)
V 59	2F - heiss	5002	650	108	WUSII	---	--	--	20	4.WUSII-Versuch (s. a. Abb 4.1-4.24)
V 61	2F - heiss	5002	630	108	WUSII	---	--	--	20	5.WUSII-Versuch (s. a. Abb 4.1-4.24)
V 62	2F - heiss	5004	650	108	WUSII	---	--	--	20	6.WUSII-Versuch (s. a. Abb 4.1-4.24)
V 63	2F - kalt	1023	560	108	SIMII/104	Th 02	He	30	20	? Reproduktion V44 (mit Th 02-Pellets)
V 64	2F - kalt	1024	700	108	SIMII/105	Th 02	He	120	20	? Reproduk. V43(V46) (Stab geborsten)
V 65	2F - kalt	1019	700	108	SIMII/ 16	AL2 03	He	70	20	? Transiente bei 70 bar Pi (? SSYST ?)
V 66	2F - heiss	1026	660	108	SIMII/ 16	AL2 03	He	30	20	2 F-heiss Iteration

Tabelle 2.1

Versuchs- Nummer	Transienten- Art	Steuer- progr. Nr.	Simul. Heiz. Leist /W/cm/	Wand- heiz. Leist /kw/	Brennstab Simulator Typ / Nr	Pellet Werk- stoff	Gas Art	Stab- innen- druck /bar/	Trans. dauer / s /	Bemerkungen  ((Versuchsziele))
V 67	'Zeit Stand'	1027	700	108	SIMII/ 16	A12 03	He	30	20	Zeitstand-Verhalten Hülle
V 68	'Zeit Stand'	1029	680	108	SIMII/ 16	A12 03	He	30	20	Zeitstand-Verhalten Hülle
V 69	'Zeit Stand'	1029	660	108	SIMII/ 15	A12 03	He	85	20	Zeitstand-Verhalten Hülle
V 70	2F - kalt	1017	660	108	SIMII/ 17	A12 03	He	125	20	Stab geborsten. TMFM2 defekt
V 71	2F - kalt	1030	670	108	SIMII/ 18	A12 03	He	35	20	V44 mit 2% mehr Leistung
V 72	2F - kalt	1031	715	108	SIMII/ 18	A12 03	He	35	20	V71 mit höherer Stableistung
V 73	2F - heiss	1032	670	108	SIMII/ 20	A12 03	He	35	20	'WUS' V62 (aber Fehler Transduktor)
V 74	2F - heiss	1033	630	108	SIMII/ 14	A12 03	He	35	20	'WUS' V62 (aber Fehler Transduktor)
V 75	2F - kalt	1034	670	108	SIMII/ 14	A12 03	He	35	20	Iteration Ventil-Steuerprog. COSTRA
V 76	2F - kalt	1035	670	108	SIMII/ 14	A12 03	He	35	20	Iteration Ventil-Steuerprog. COSTRA
V 77	2F - kalt	1036	670	108	SIMII/ 14	A12 03	He	35	20	Iteration Ventil-Steuerprog. COSTRA
V 78	2F - kalt	1037	670	108	SIMII/ 14	A12 03	He	35	20	Iteration Ventil-Steuerprog. COSTRA
V 79	COSTRA	1034	660	110	SIMII/106	A12 03	He	35	20	COSTRA-Transiente mit TE-Dummies
V 80	COSTRA	1034	660	110	SIMII/106	A12 03	He	35	20	COSTRA-Transiente mit TE-Dummies
V 81	COSTRA	1034	660	110	SIMII/106	A12 03	He	35	20	COSTRA-Transiente mit TE-Dummies
V 82	COSTRA	1034	660	110	SIMII/107	A12 03	He	35	20	COSTRA-Transiente ( RELAP-Analyse)
V 83	COSTRA	1034	770	110	SIMII/107	A12 03	He	35	20	COSTRA-Transiente (2. Stab-Blowdown)
V 84	COSTRA	1038	500	110	SIMII/109	A12 03	He	55	20	COSTRA; unverformte Hülle;( ? Leistung)
V 85	COSTRA	1038	500	110	SIMII/109	A12 03	He	55	20	COSTRA; unverformte Hülle;( ? Leistung)
V 86	COSTRA	1038	500	110	SIMII/109	A12 03	He	55	20	COSTRA; wie V84,V85 ? Leistung/Elektr.
V 87	COSTRA	1039	460	110	SIMII/103	A12 03	He	55	20	Vorversuch zur LOFT-Serie COSTRA
V 88	COSTRA	1040	460	110	SIMII/103	A12 03	He	55	20	Vorversuch zur LOFT-Serie COSTRA

Labelle 2.1

Versuchs- Nummer	Transienten- Art	Steuer- progr. Nr.	Simul. Heiz. Leist. /W/cm/	Wand- heiz. Leist. /kw/	Brennstab Simulator Typ / Nr	Pellet Werk- stoff	Gas Art	Stab- innen- druck /bar/	Trans. dauer / s /	Bemerkungen  ((Versuchsziele))
V 89	COSTRA	1040	460	110	SIM11/103	A12 03	He	55	20	Vorversuch zur LOFT-Serie COSTRA
V 90	COSTRA	1040	460	110	SIM11/103	A12 03	He	55	20	Vorversuch zur LOFT-Serie COSTRA
V 91	COSTRA	1040	460	110	SIM11/112	A12 03	He	55	20	COSTRA LOFT-Untersuchung
V 92	COSTRA	1040	460	110	SIM11/112	A12 03	He	55	20	COSTRA LOFT-Untersuchung -REPRO-Versuch
V 93	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	1. COSTRA - Versuch mit LOFT-TE
V 94	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	2. COSTRA-LOFT-TE (RELOCATION-Einfluss)
V 95	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	3. COSTRA-LOFT-TE (RELOCATION-Einfluss)
V 96	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	4. COSTRA-(LOFT-TE- demontiert = > T ?)
V 97	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	5. COSTRA-(LOFT-TE- demontiert)
V 98	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	6. COSTRA-(LOFT-TE- demontiert)
V 99	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	7. COSTRA-(LOFT-TE- demontiert)
V100	COSTRA	1040	460	110	SIM11/110	A12 03	He	55	20	8. COSTRA-(LOFT-TE- demontiert)
V101	COSTRA	1040	460	110	SIM11/116	A12 03	He	55	20	1. REPRO-Versuch (Stab wird defekt )
V102	COSTRA	1040	460	110	SIM11/117	A12 03	He	55	20	1. REPRO-Versuch zu COSTRA-mit TE
V103	COSTRA	1040	460	110	SIM11/117	A12 03	He	55	20	2. REPRO-Versuch zu RELOCATION-Einfluss
V104	COSTRA	1040	460	110	SIM11/117	A12 03	He	55	20	3. REPRO-Versuch zu RELOCATION-Einfluss
V105	COSTRA	1040	460	110	SIM11/117	A12 03	He	55	20	4. REPRO-Versuch zu RELOCATION-Einfluss
V106	COSTRA	1040	460	110	SIM11/117	A12 03	He	55	20	5.-Versuch ? RELOCATION-Einfluss ?
V107	COSTRA	1040	460	110	SIM11/117	A12 03	He	55	20	6.-Versuch ? RELOCATION-Einfluss ?
V108	COSTRA	1041	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	1.-Versuch ? RELOCATION-Serie ?
V109	COSTRA	1041	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	2.-Versuch ? RELOCATION-Serie ?
V110	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	3.-Versuch ? RELOCATION-Serie ?
V111	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	4.-Versuch ? RELOCATION-Serie ?

Tabelle 2.1

Versuchs- Nummer	Transienten- Art	Steuer- progr. Nr.	Simul. Heiz. leist. /W/cm/	Wand- heiz. Leist. /kw/	Brennstab Simulator Typ / Nr	Pellet Werk- stoff	Gas Art	Stab- innen- druck /bar/	Trans. dauer / s /	Bemerkungen  (Versuchsziele)
V112	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	5.-Versuch ? RELOCATION-Serie ?
V113	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	6.-Versuch ? RELOCATION-Serie ?
V114	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	7.-Versuch ? RELOCATION-Serie ?
V115	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	Arg.	55	20	8.-Versuch RELOCATION-Serie; Spaltgas
V116	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	9.-Versuch RELOCATION-Serie;
V117	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	10.Versuch RELOCATION-Serie;Abstandsh.
V118	COSTRA	1042	460	110	SIM11/118	A12 03	He	55	20	11.Versuch RELOCATION-Serie;Abstandsh.
V119	LOFTRA-Itera.	1044	460	110	SIM11/121	A12 03	He	50	40	1.Versuch LOFTRA Iteration
V120	LOFTRA-Itera.	1044	460	110	SIM11/121	A12 03	He	50	40	2.Versuch LOFTRA Iteration /Leistung
V121	LOFTRA-Itera.	1045	480	110	SIM11/121	A12 03	He	50	40	3.Versuch LOFTRA Iteration -Leistung
V122	LOFTRA-Itera.	1046	490	110	SIM11/121	A12 03	He	50	40	4.Versuch LOFTRA Iteration -Ventile
V123	LOFTRA-Itera.	1047	490	110	SIM11/121	A12 03	He	50	40	5.Versuch LOFTRA Iteration - Temp.verl.
V124	LOFTRA-Itera.	1048	520	110	SIM11/121	A12 03	He	50	40	6.Versuch LOFTRA Iteration - Leistung
V125	LOFTRA-Itera.	1049	520	110	SIM11/121	A12 03	He	50	40	7.Versuch LOFTRA Iteration-Temp-Verl.
V126	LOFTRA	1050	500	108	SIM11/111	A12 03	He	50	40	1. LOFTRA-TE; TMFM2-Anzeige=??
V127	COSTRA	1040	460	108	SIM11/111	A12 03	He	55	20	2. Versuch Stab 111 // COSTRA-Trans.
V128	ähnlich LOFT.	1051	560	108	SIM11/111	A12 03	He	50	40	2. "LOFTRA"-TE; Leistungsverlauf
V129	LOFTRA	1050	500	108	SIM11/122	A12 03	He	50	40	LOFTRA-Repro V126 ohne TE
V130	COSTRA	1040	460	108	SIM11/122	A12 03	He	55	20	COSTRA-Repro V127 ohne TE
V131	ähnlich LOFT.	1052	560	108	SIM11/122	A12 03	He	50	40	REPRO-V128 ohne TE //?? Elektrode
V132	LOFTRA	1050	500	108	SIM11/124	A12 03	He	50	40	LOFTRA-Repro V129 ohne TE
V133	-- --	1042	460	108	SIM11/124	A12 03	He	55	20	Datenaufzeichnung defekt/ P02 ni. off.
V134	-- --	1042	460	108	SIM11/124	A12 03	He	55	20	Datenaufzeichnung defekt/? CALAS ?

Tabelle 2.1

Versuchs- Nummer	Transienten- Art	Steuer- progr. Nr.	Simul. Heiz. Leist /W/cm/	Wand- heiz. Leist /kw/	Brennstab Simulator Typ / Nr	Pellet Werk- stoff	Gas Art	Stab- innen- druck /bar/	Trans. dauer / s /	Bemerkungen  ((Versuchsziele))
V135	-- --	1042	460	108	SIM11/128	A12 03	He	55	20	Steuerung-CALAS defekt
V136	-- --	1042	460	108	SIM11/128	A12 03	He	55	20	Test CALAS-Steuerung
V137	-- --	1042	460	108	SIM11/128	A12 03	He	55	20	Test CALAS-Steuerung
V139	-- --	1042	460	108	SIM11/129	A12 03	He	50	20	?CALAS Nachwärme von Hand geschaltet
V140	COSTRA	1053	350	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	Iteration Quarz-Pellets Relocation
V141	COSTRA	1054	380	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	Iteration-Leistung Si 02 - Versuche
V142	COSTRA	1042	460	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	COSTRA-Leistung mit Si02-Pellets
V143	COSTRA	1042	460	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	REPRO V142 ?? Relocation - Si02 ??
V144	COSTRA	1042	460	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	REPRO V143 ?? Relocation - Si02 ??
V145	COSTRA	1053	350	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	REPRO V140 ?? Relocation- Si02 ??
V146	COSTRA	1053	350	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	REPRO V140 ?? "Relocation- Si 02"?
V147	COSTRA	1053	350	108	SIM11/132	Si 02	He	50	20	8.Versuch Si02 Pellets ? Relocation
V148	COSTRA	1055	430	108	SIM11/133	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/frisch. Stab ? Strahlung
V149	COSTRA	1056	380	108	SIM11/137	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/ Einfluss Strahlung ??
V150	COSTRA	1057	360	108	SIM11/137	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/ Einfluss Strahlung ??
V151	COSTRA	1057	360	108	SIM11/138	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/frisch. Stab ? red. Graphit Ø
V152	COSTRA	1057	360	108	SIM11/138	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/red. Graphit Ø ?? Transduktor
V153	COSTRA	1057	360	108	SIM11/138	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/red. Graphit Ø REPRO v151
V154	COSTRA	1057	360	108	SIM11/138	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/red. Graphit Ø REPRO v153
V155	COSTRA	1057	360	108	SIM11/138	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/red. Graphit Ø REPRO v153
V156	COSTRA	1057	360	108	SIM11/138	Si 02	He	50	20	Si02-Pellets/red. Graphit Ø REPRO v153

Tabelle 2.1

Versuchs- Nummer	Transienten- Art	Steuer- progr. Nr.	Simul. Heiz. Leist /W/cm/	Wand- heiz. Leist /kw/	Brennstab Simulator Typ / Nr	Pellet Werk- stoff	Gas Art	Stab- innen- druck /bar/	Trans. dauer / s /	Bemerkungen  ((Versuchsziele))
V157	COSTRA	1057	360	108	SIMII/138	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets/red. Graphit Ø REPRO v153
V158	COSTRA	1057	360	108	SIMII/138	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets/red. Graphit Ø REPRO v153
V159	COSTRA	1057	360	108	SIMII/138	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets/red. Graphit Ø REPRO v153
V160	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets/frisch. Stab ? Nominal-Gap
V161	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V162	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V163	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V164	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V165	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V166	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V167	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V168	COSTRA	1057	370	108	SIMII/139	Si O2	He	50	20	SiO2-Pellets-Relocation ? REPRO V160
V172	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	1. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V173	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	2. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V174	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	3. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V175	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	4. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V176	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	5. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V177	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	6. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V178	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	7. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V179	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	8. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm
V180	COSTRA	1042	460	108	SIMII/130	Al2 O3	He	50	20	9. Versuch mit aufgeweitetem Hüllrohr .1mm

Tabelle 2.1

Versuchs- Nummer	Transienten- Art	Steuer- progr. Nr.	Simul. Heiz. Leist /W/cm/	Wand- heiz. Leist /kw/	Brennstab Simulator Typ / Nr	Pellet Werk- stoff	Gas Art	Stab- innen- druck /bar/	Trans. dauer / s /	Bemerkungen  ((Versuchsziele))
V181	COSTRA	1042	460	108	SIM11/134	A12 03	He	50	20	1. Versuch mit red. Heizer / (.2 mm)
V182	COSTRA	1042	460	108	SIM11/134	A12 03	He	50	20	1. Versuch mit red. Heizer / (.2 mm)
V183	COSTRA	1042	460	108	SIM11/134	A12 03	He	50	20	1. Versuch mit red. Heizer / (.2 mm)
V184	COSTRA	1042	460	108	SIM11/134	A12 03	He	50	20	1. Versuch mit red. Heizer / (.2 mm)
V185	COSTRA	1042	460	108	SIM11/134	A12 03	He	50	20	1. Versuch mit red. Heizer / (.2 mm)
V186	COSTRA	1042	460	108	SIM11/134	A12 03	He	50	20	1. Versuch mit red. Heizer / (.2 mm)
V187	- Test -	1042	--	---	SIM11/134	A12 03	He	15	70	Anlagen Test
V188	- Test -	1042	--	---	SIM11/134	A12 03	He	15	70	Anlagen Test
V189	COSTRA	1034	740	108	SIM11/134	A12 03	He	30	20	Anlagen Test //Steuerung wie V82 //
V191	'TFD'	1058	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 10% ; OP zu
V192	'TFD'	1059	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 10% ; OP zu
V193	'TFD'	1060	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 20% ; OP zu
V194	'TFD'	1061	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP zu ; OP 10%
V195	'TFD'	1062	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP zu ; OP 15%
V198	'TFD'	1063	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 15% ; OP 20%
V199	'TFD'	1073	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 20% ; OP 20%
V201	'TFD'	1067	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 20% ; OP 10%
V202	'TFD'	1068	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 20% ; OP 15%
V203	'TFD'	1066	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP OP s. Tab. 2.3
V204	'TFD'	1070	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP OP s. Tab. 2.3
V205	'TFD'	1071	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP OP s. Tab. 2.3
V206	'TFD'	1072	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP OP s. Tab. 2.3
V207	'TFD'	1069	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP zu ; OP 20%
V208	'TFD'	1064	--	---	SIM11/134	A12 03	He	30	40	TFD-Versuch Ventile: UP 10% ; OP 20%

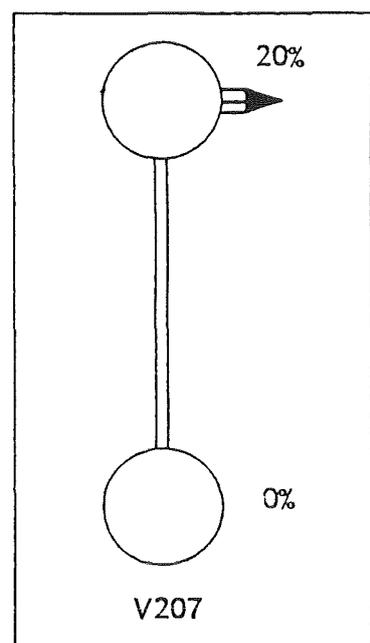
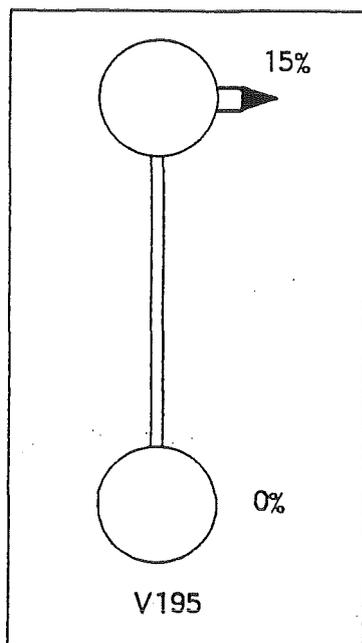
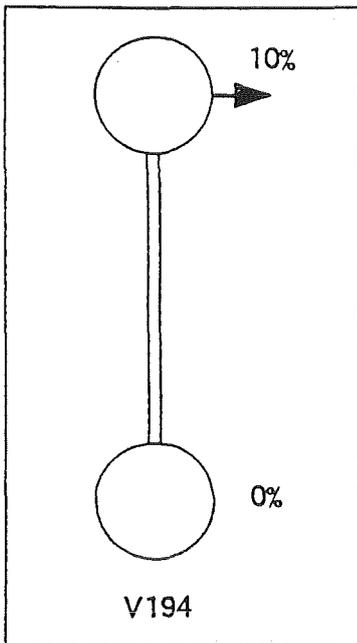
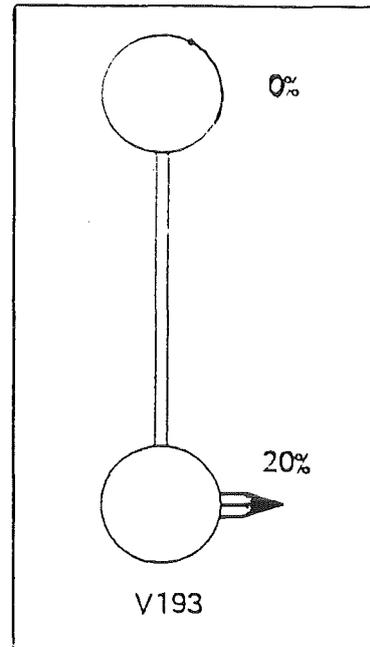
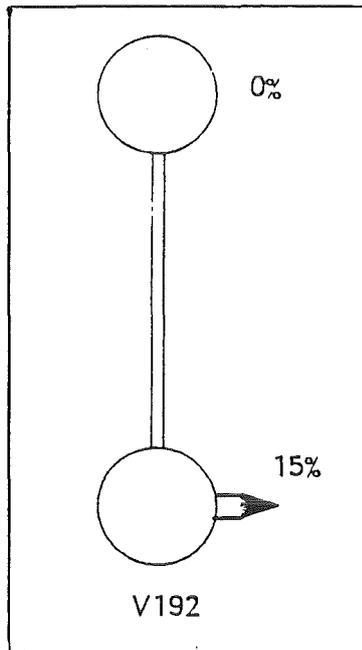
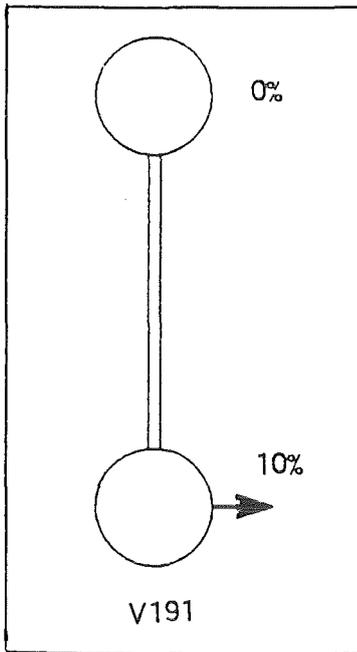


Tabelle 3.1.1 Ventilstellungen in % des Maximalwertes als Funktion der Zeit für COSIMA-Thermohydraulik-Experimente

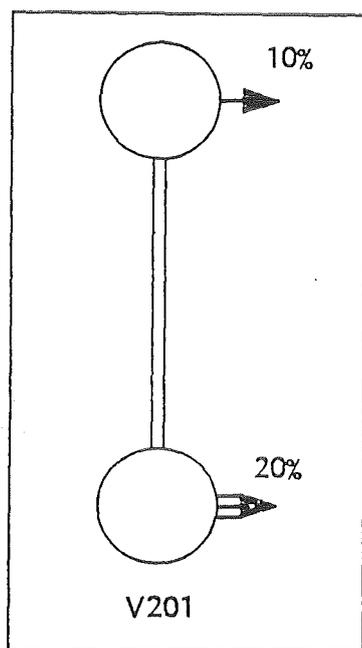
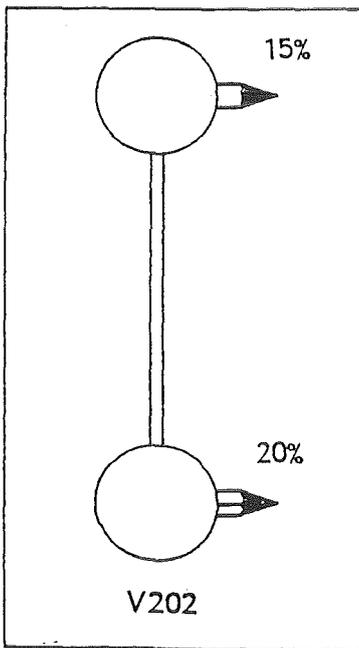
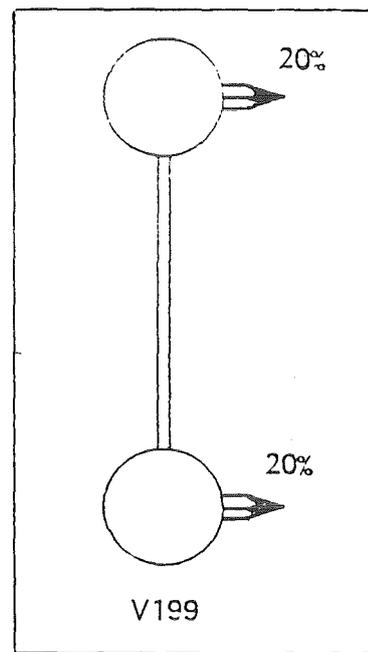
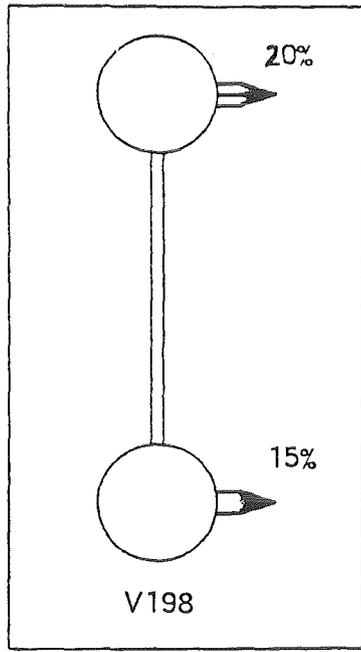
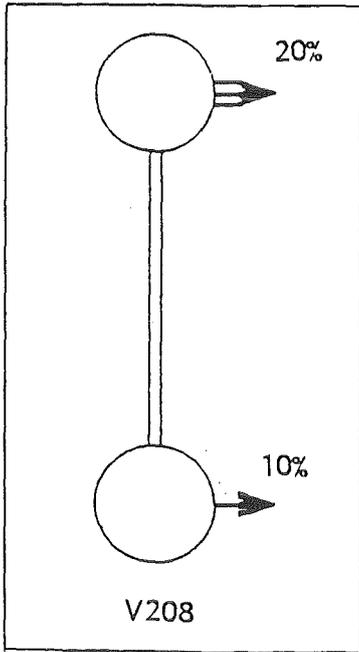


Tabelle 3.1.2 Ventilstellungen in % des Maximalwertes als Funktion der Zeit für COSIMA-Thermohydraulik-Experimente

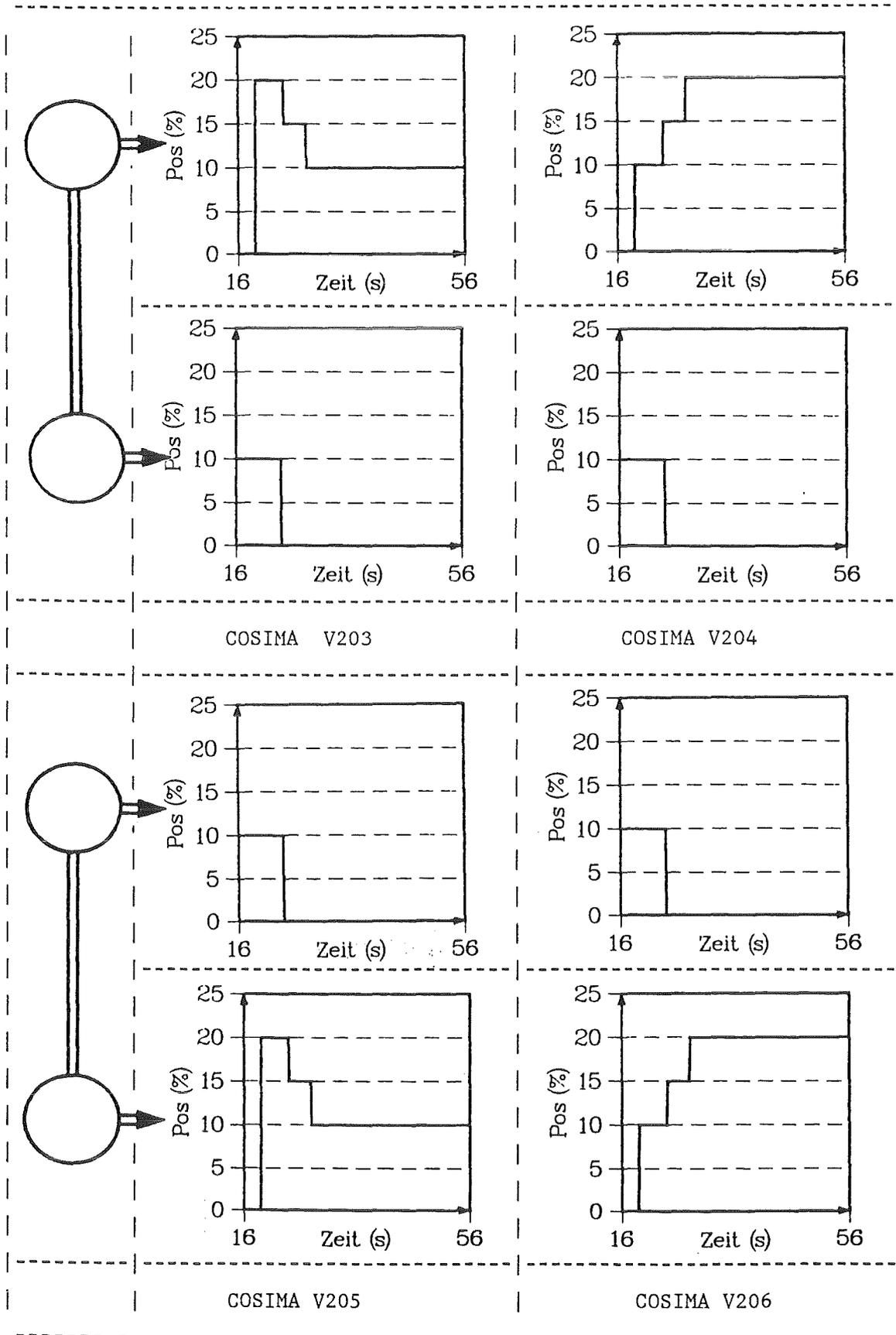


Tabelle 3.2 Ventilstellungen in % des Maximalwertes als Funktion der Zeit für die COSIMA-Versuche V203 - V206

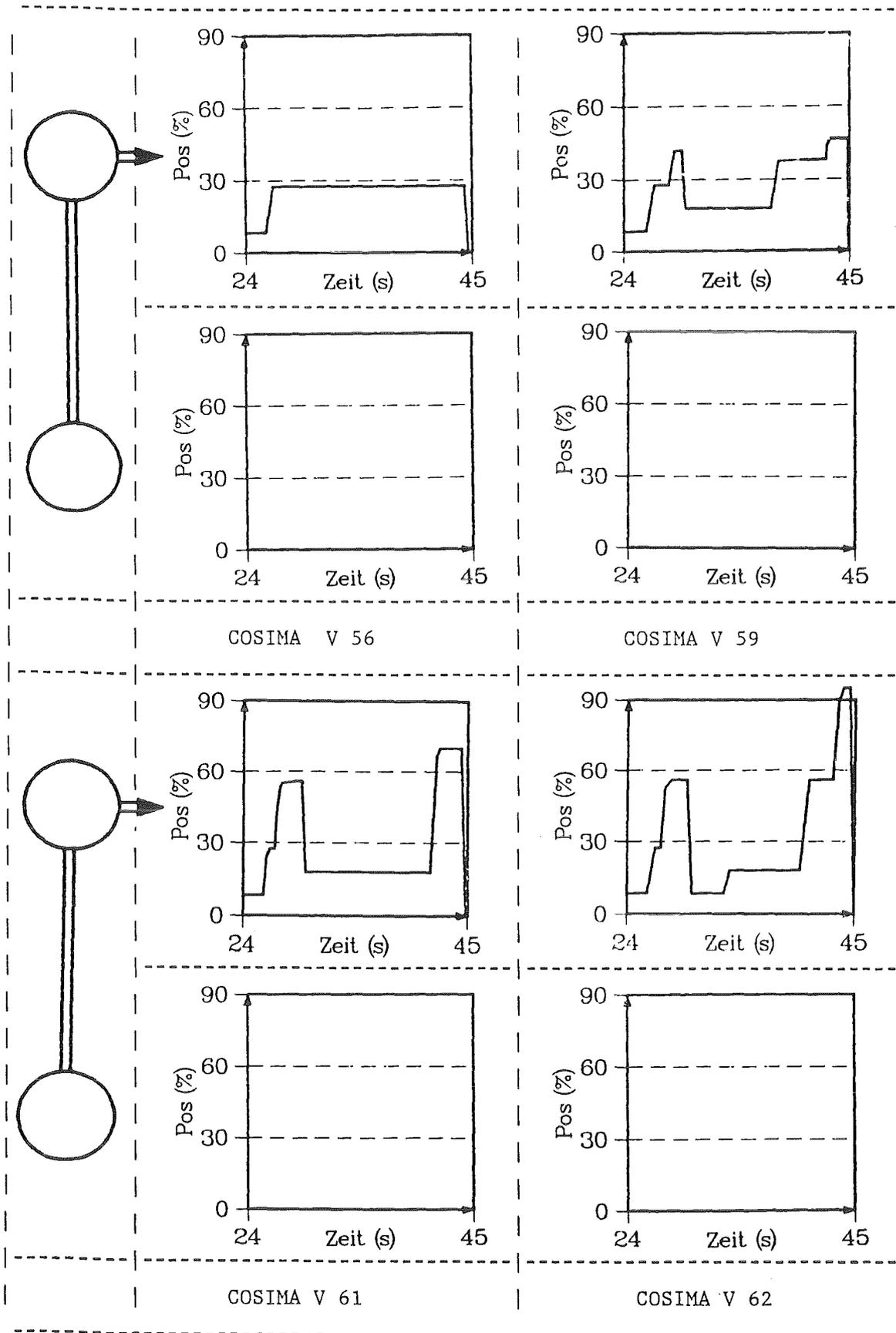


Tabelle 4.1 Ventilstellungen in % des Maximalwertes als Funktion der Zeit für die COSIMA-WUS-Experimente

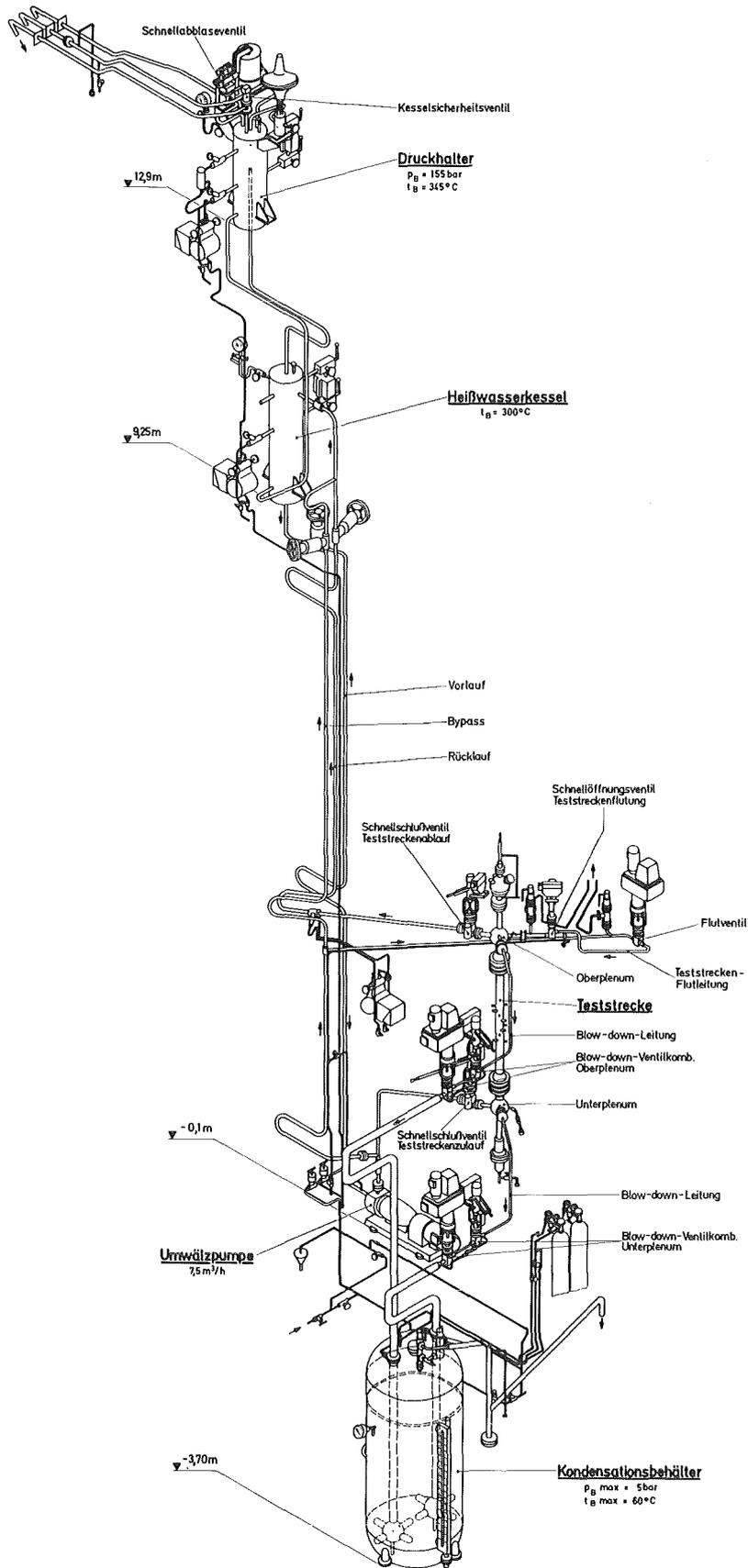


Abb. 2.1 COSIMA - Gesamtansicht

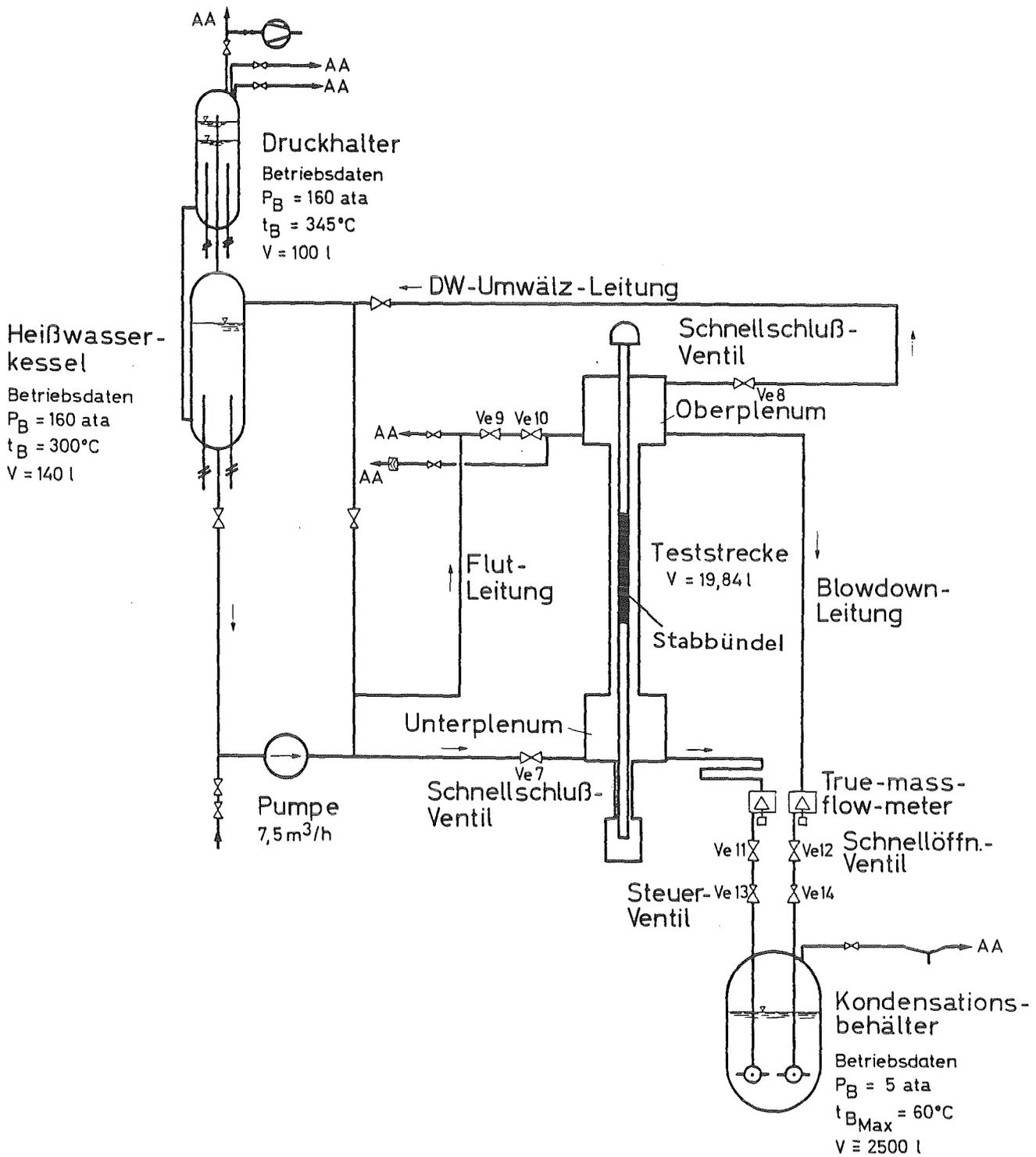


Abb. 2.2 COSIMA - Prinzipschema

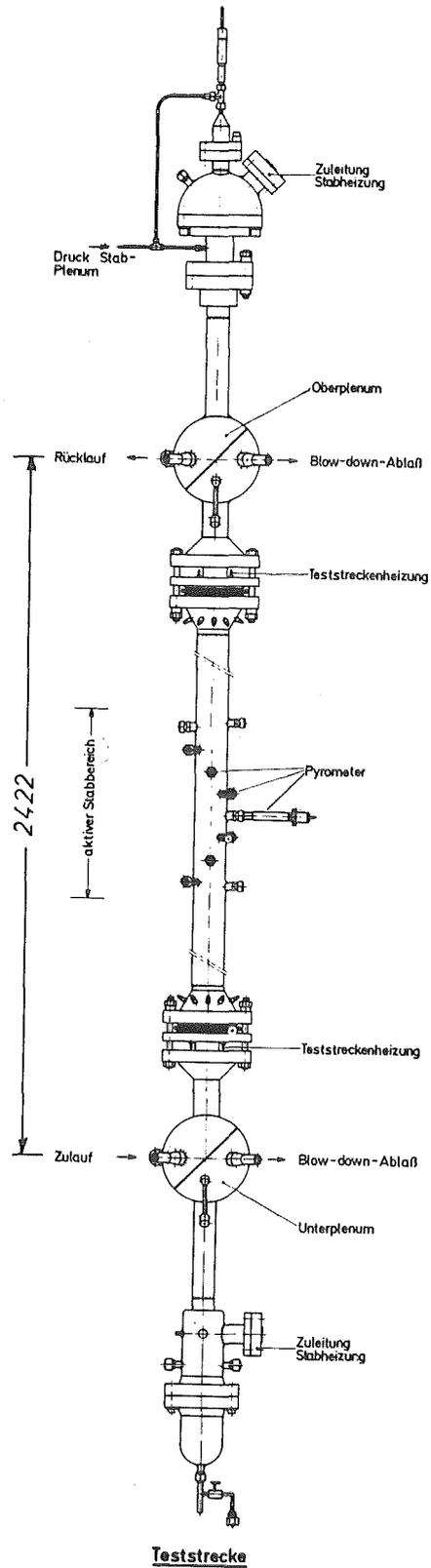


Abb. 2.3 COSIMA - Teststrecke

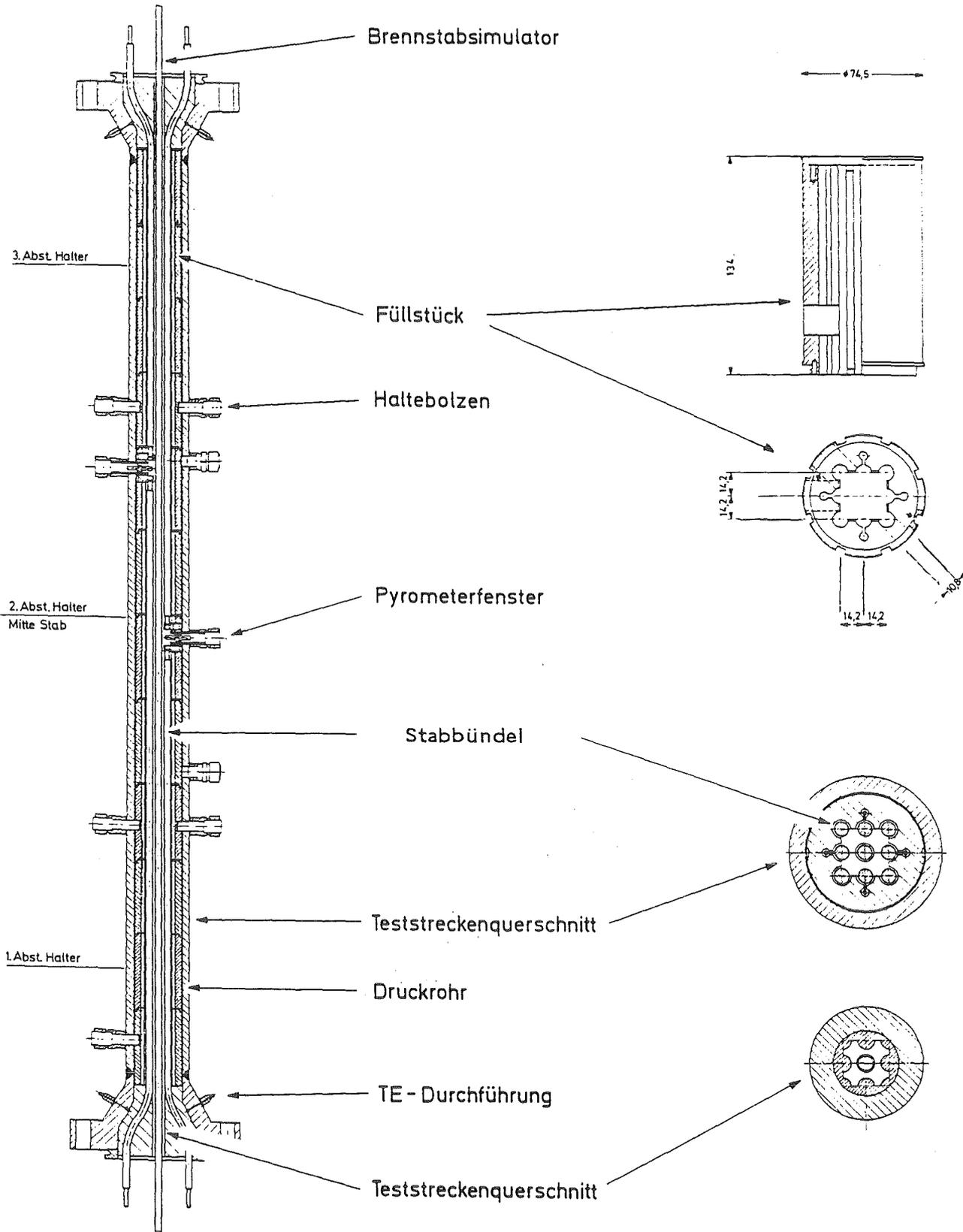


Abb. 2.4 COSIMA Stab-Bündel, Längs- und Querschnitt

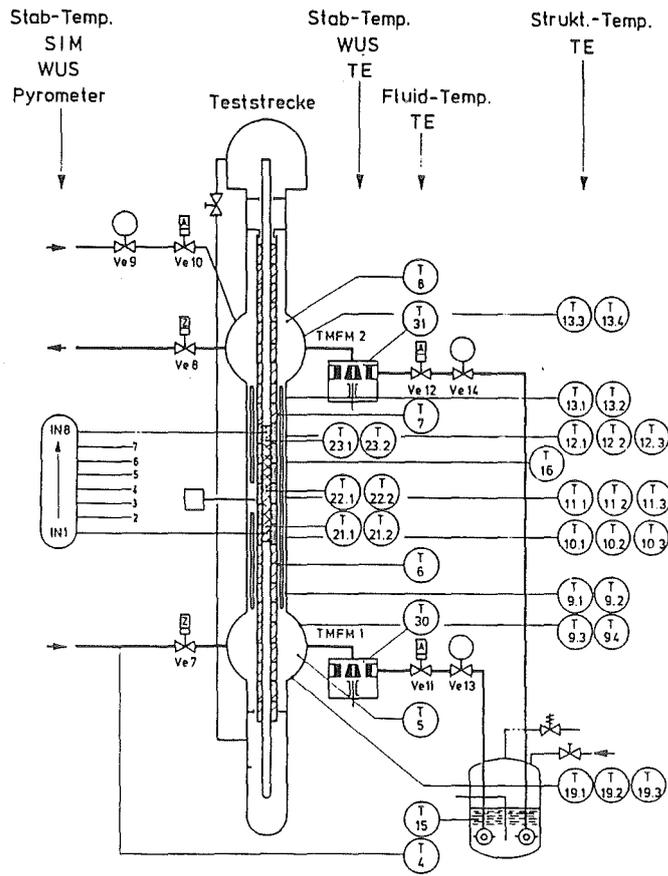


Abb. 2.5.1 COSIMA Instrumentierungsplan, Temperaturen

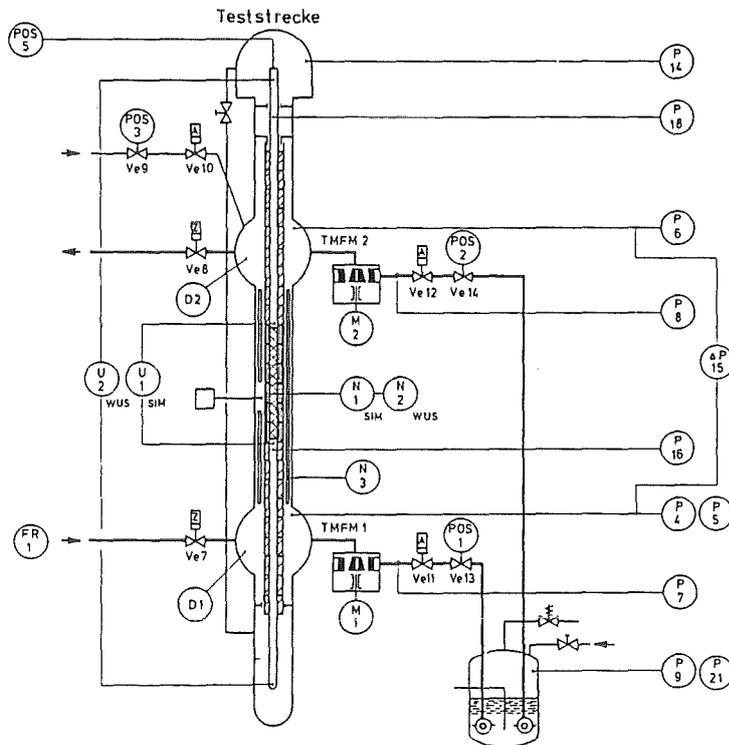


Abb. 2.5.2 COSIMA Instrumentierungsplan  
Leistung, Druck, Durchsatz, Dichte

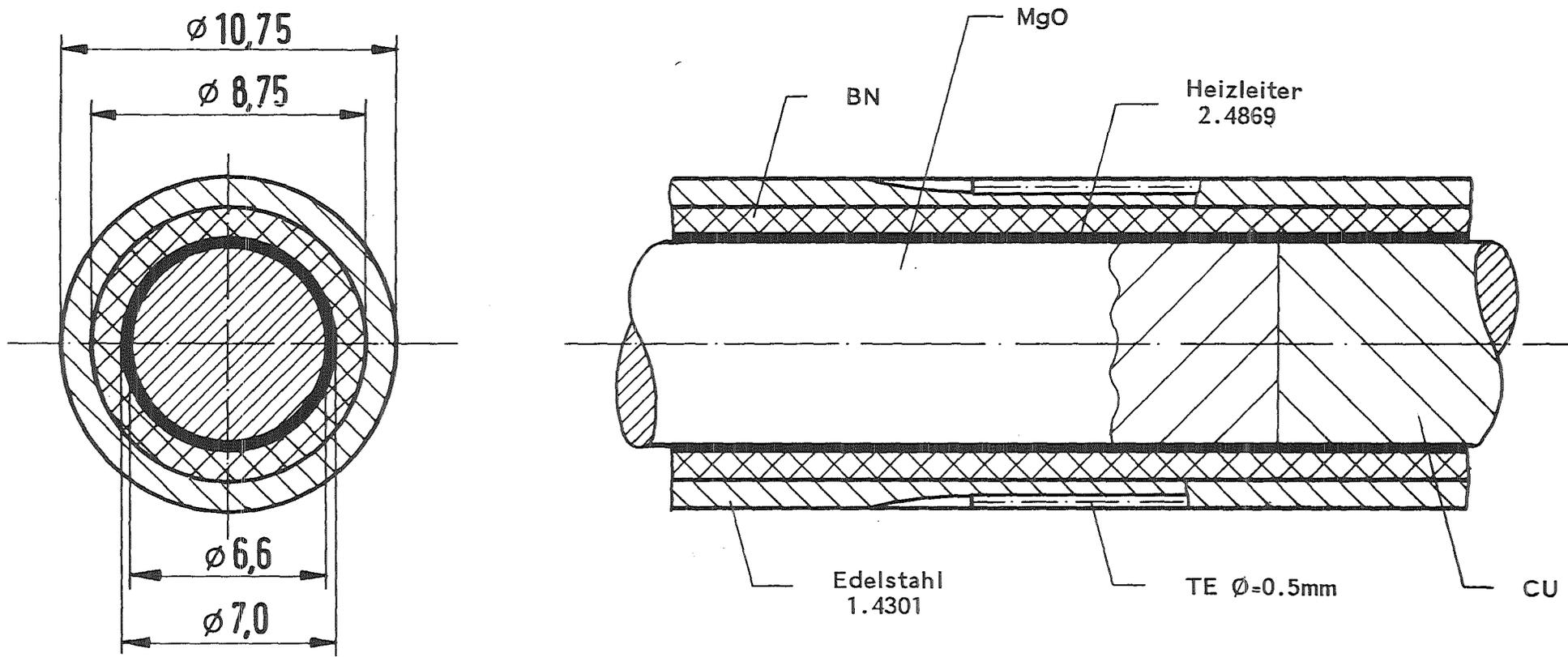
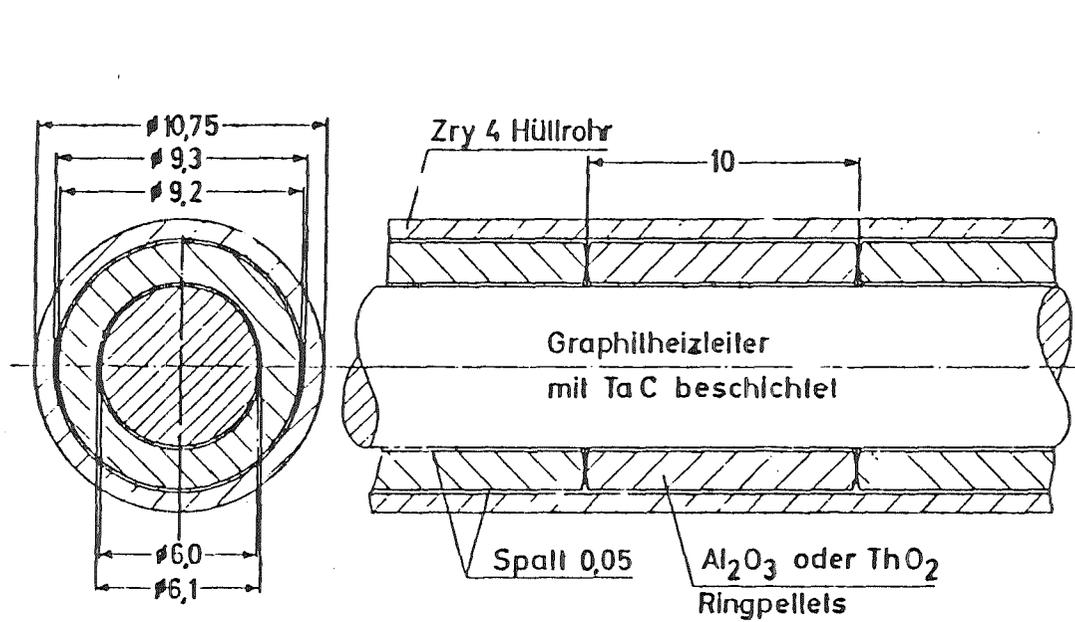
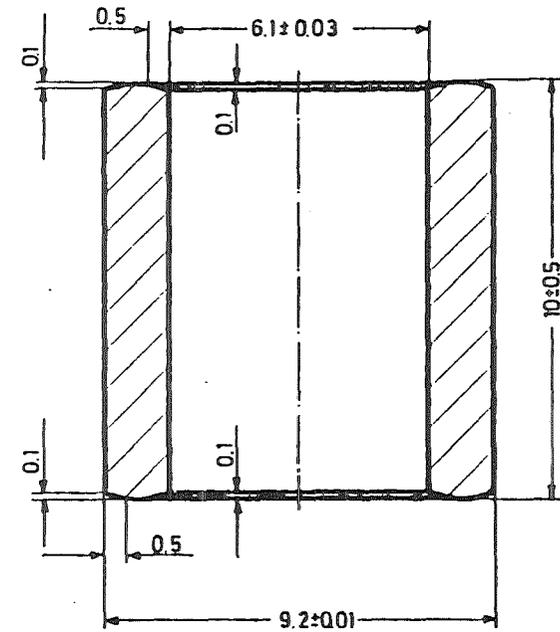


Abb. 2.6 Längs- und Querschnitt eines  
 COSIMA Simulatorstabes vom Typ WUS



Querschnitt der beheizten Zone



Pelletabmessungen

Abb. 2.7 Längs- und Querschnitt eines COSIMA Simulatorstabes vom Typ SIM

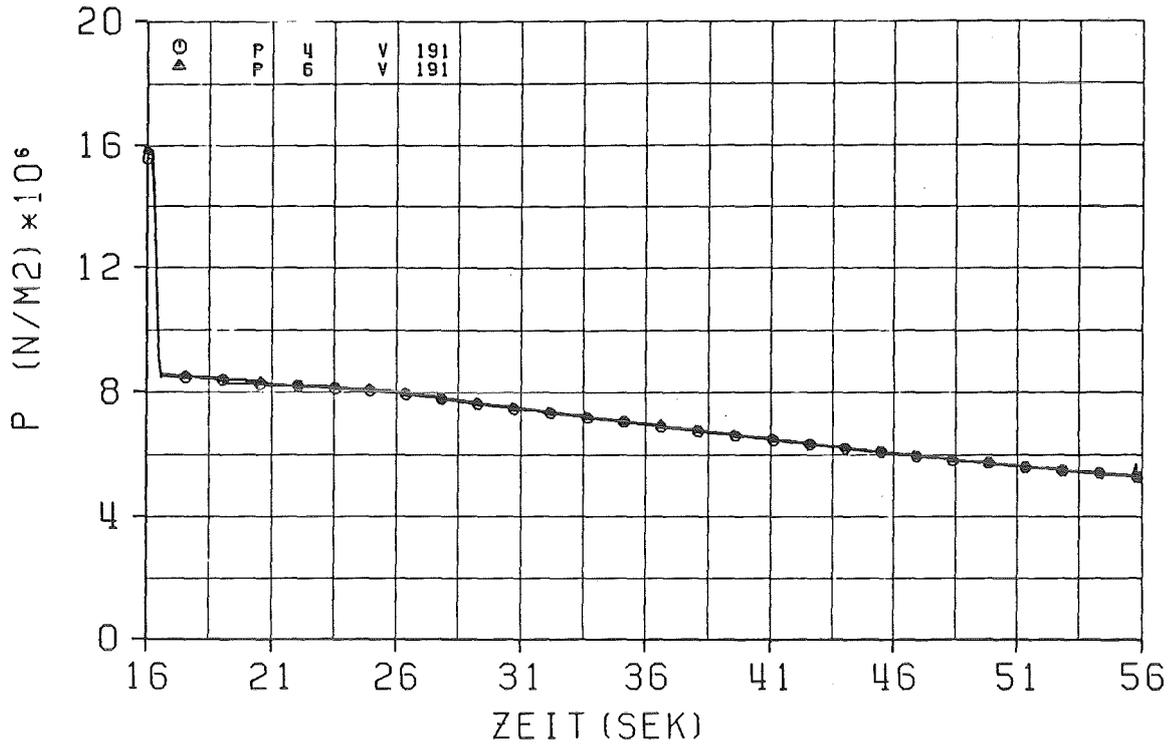


Abb. 3.1 Versuch V191 - Systemdruckverlauf.  
( 10% Ventilstellung Unterplenium; ohne Beheizung )

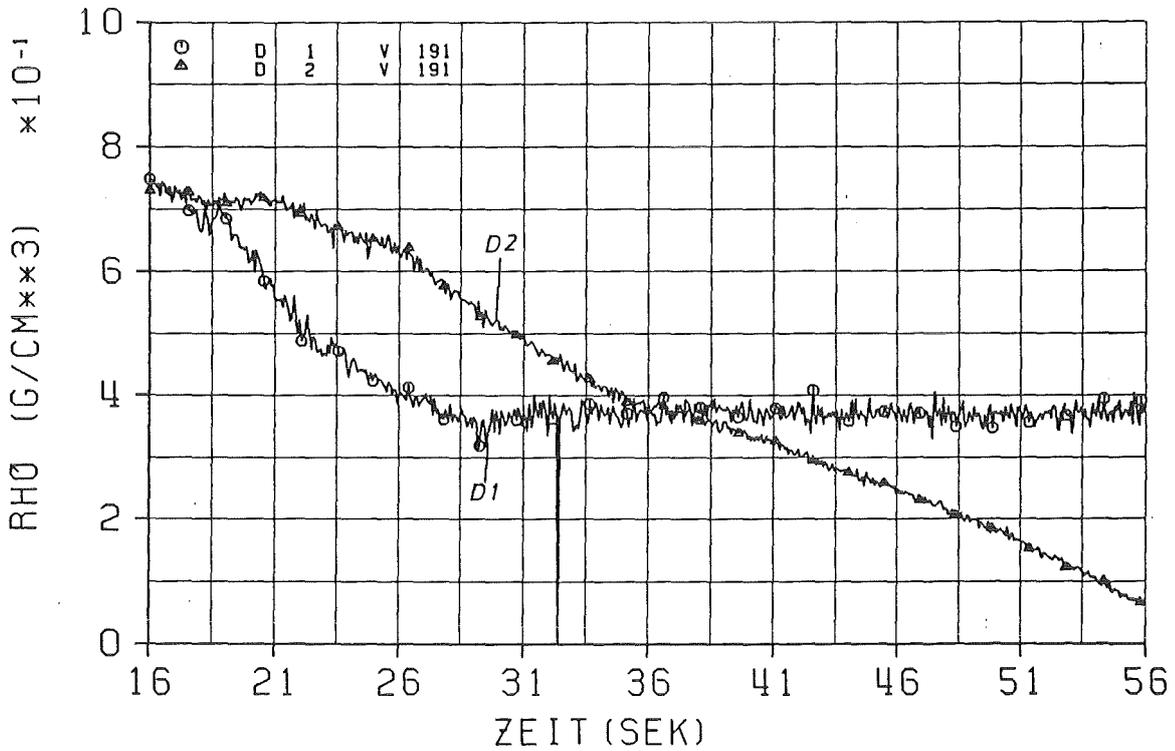


Abb. 3.2 Versuch V191 - Dichte-Messwertverläufe  
( 10% Ventilstellung Unterplenium; ohne Beheizung )  
D1 - im Unterplenium  
D2 - im Oberplenium

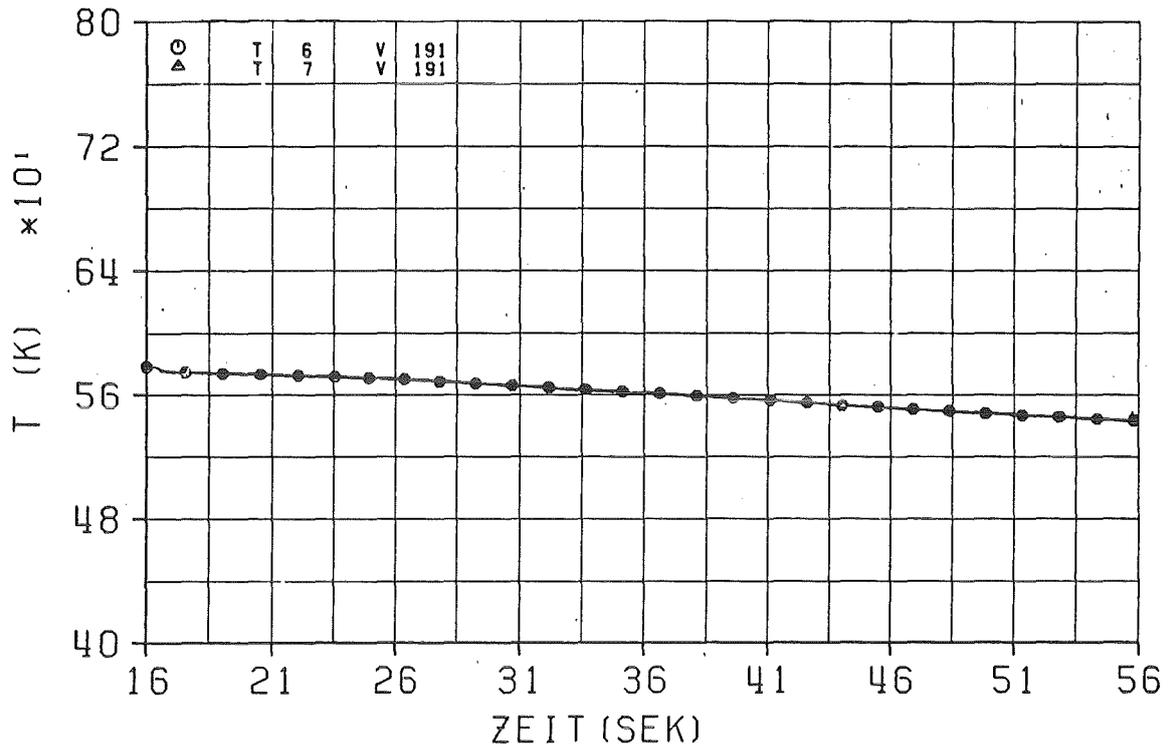


Abb. 3.3 Versuch V191 - Fluidtemperaturen  
( 10% Ventilstellung Unterplenum; ohne Beheizung )  
T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

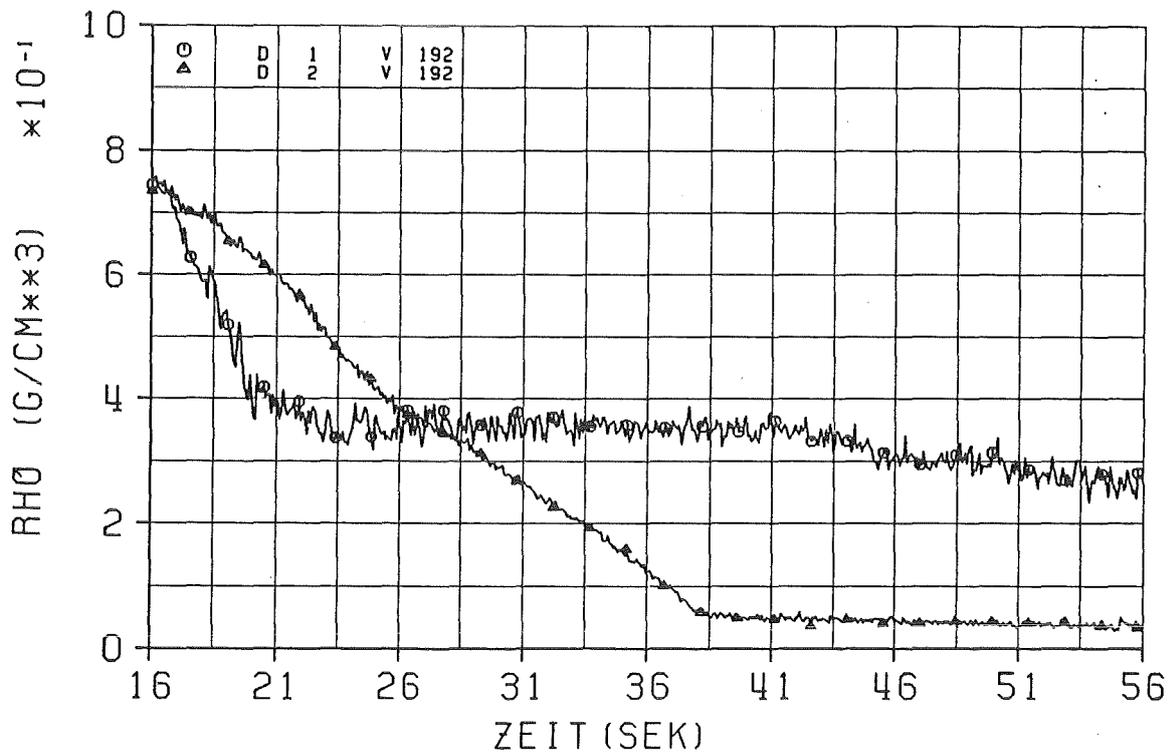


Abb. 3.4 Versuch V192 - Dichte-Messwertverläufe  
( 15% Ventilstellung Unterplenum; ohne Beheizung )  
D1 - im Unterplenum  
D2 - im Oberplenum

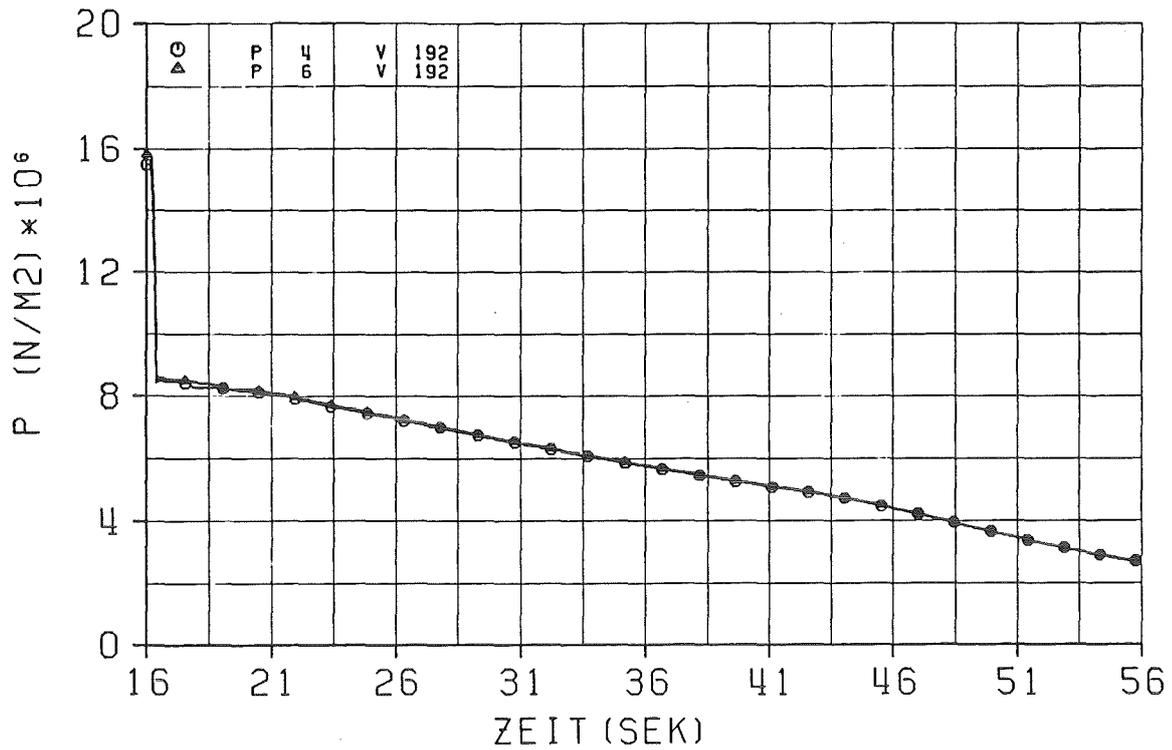


Abb. 3.5 Versuch V192 - Systemdruckverlauf.  
( 15% Ventilstellung Unterplenium; ohne Beheizung )

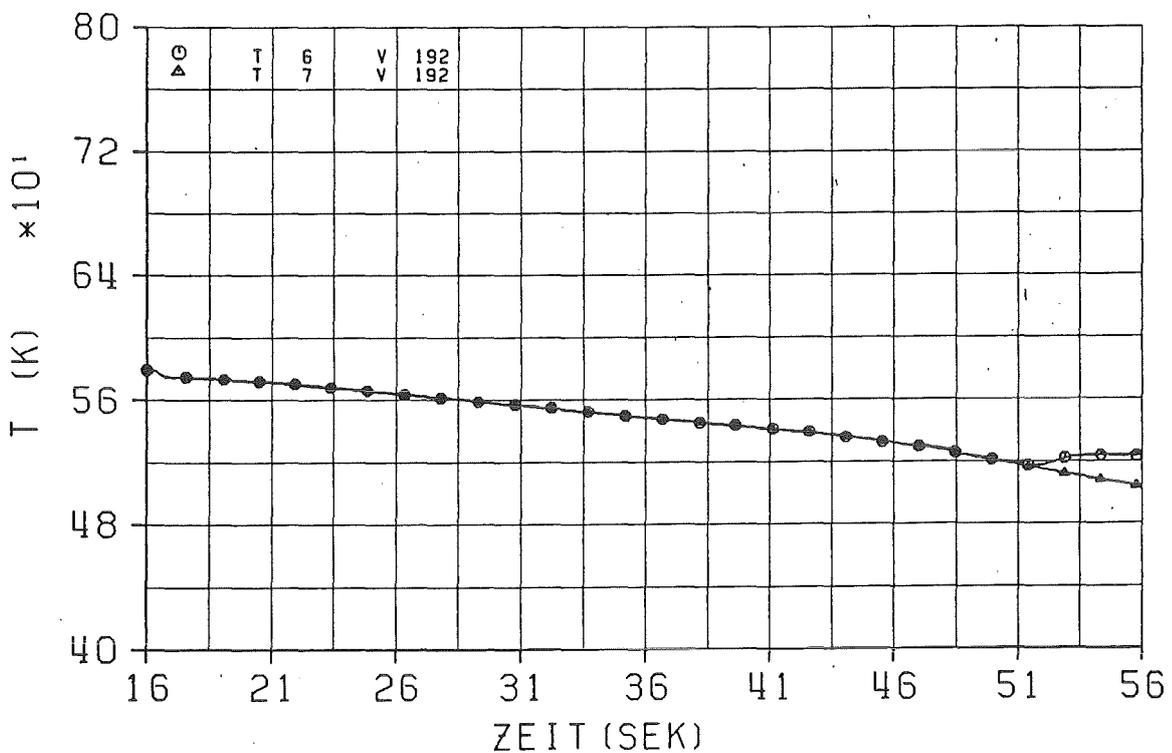


Abb. 3.6 Versuch V192 - Fluidtemperaturen  
( 15% Ventilstellung Unterplenium; ohne Beheizung )  
T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

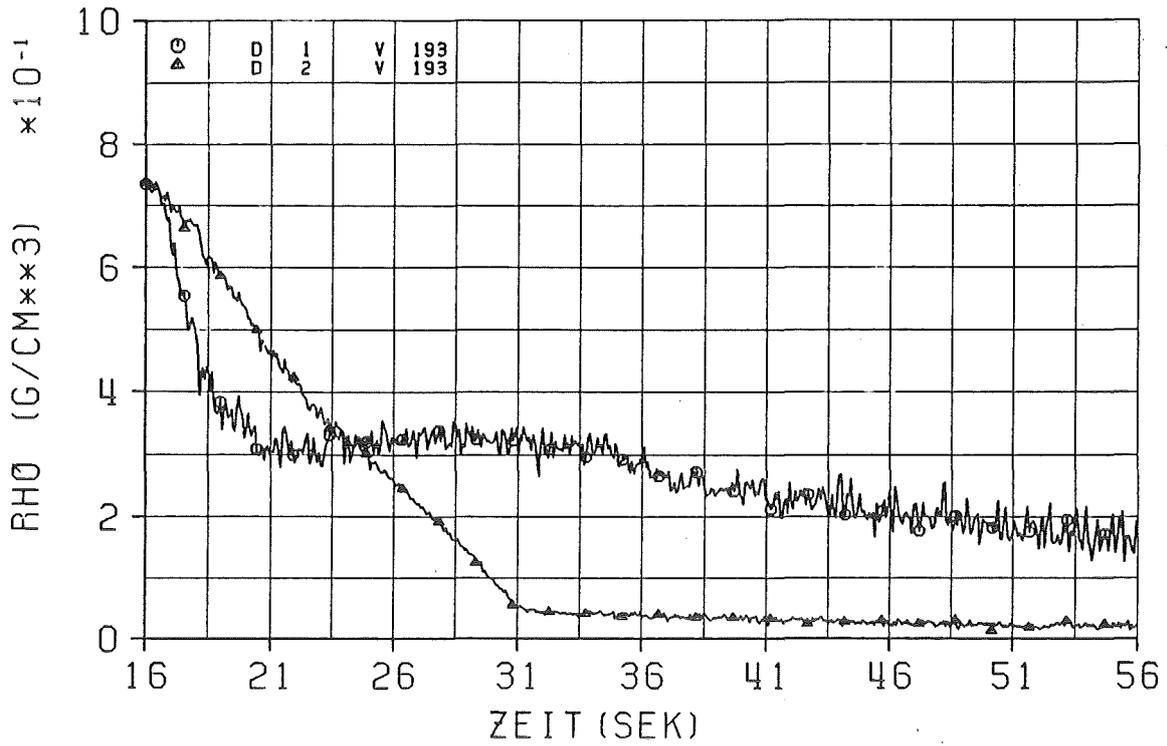


Abb. 3.7 Versuch V193 - Dichte-Messwertverläufe  
( 20% Ventilstellung Unterplenium; ohne Beheizung )  
D1 - im Unterplenium  
D2 - im Oberplenium

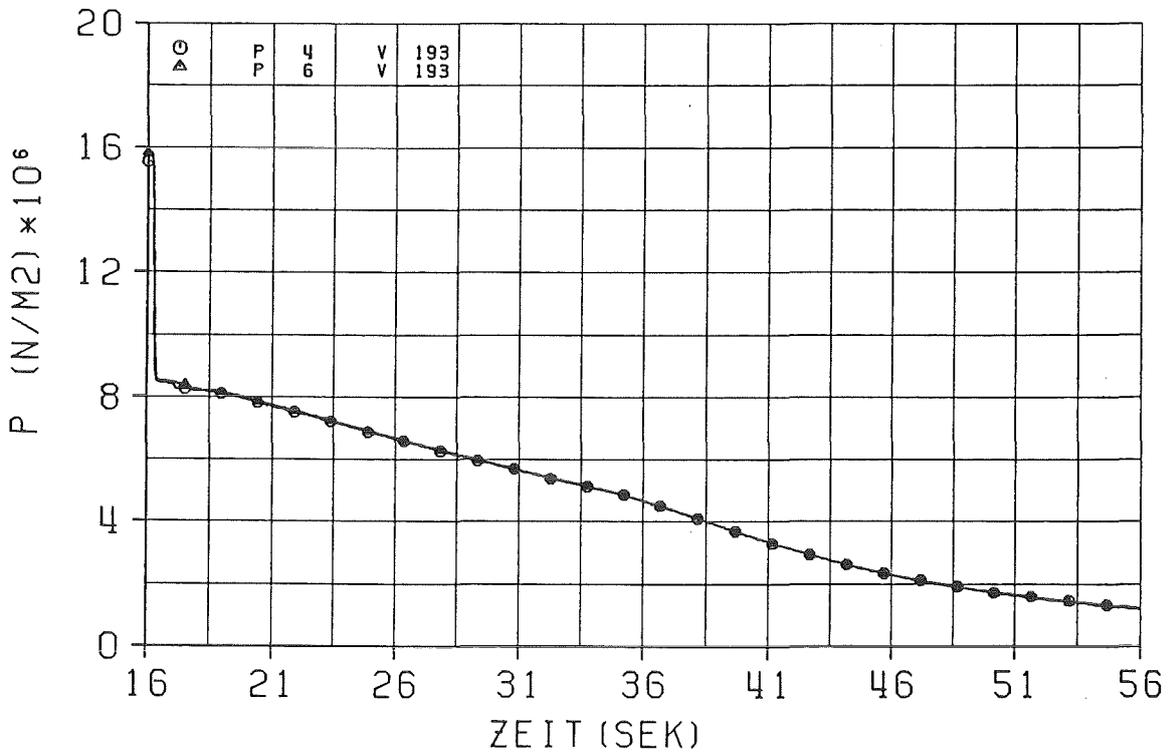


Abb. 3.8 Versuch V193 - Systemdruckverlauf.  
( 20% Ventilstellung Unterplenium; ohne Beheizung )

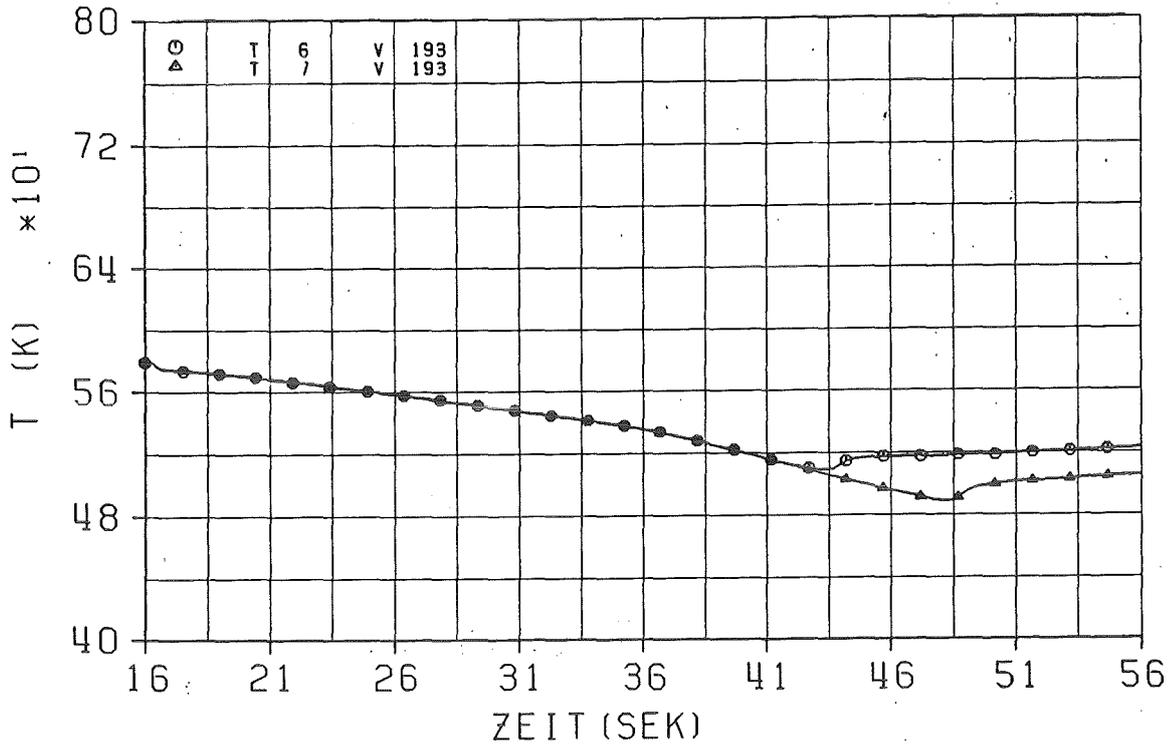


Abb. 3.9 Versuch V193 - Fluidtemperaturen  
 ( 20% Ventilstellung Unterplenum; ohne Beheizung )  
 T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
 T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

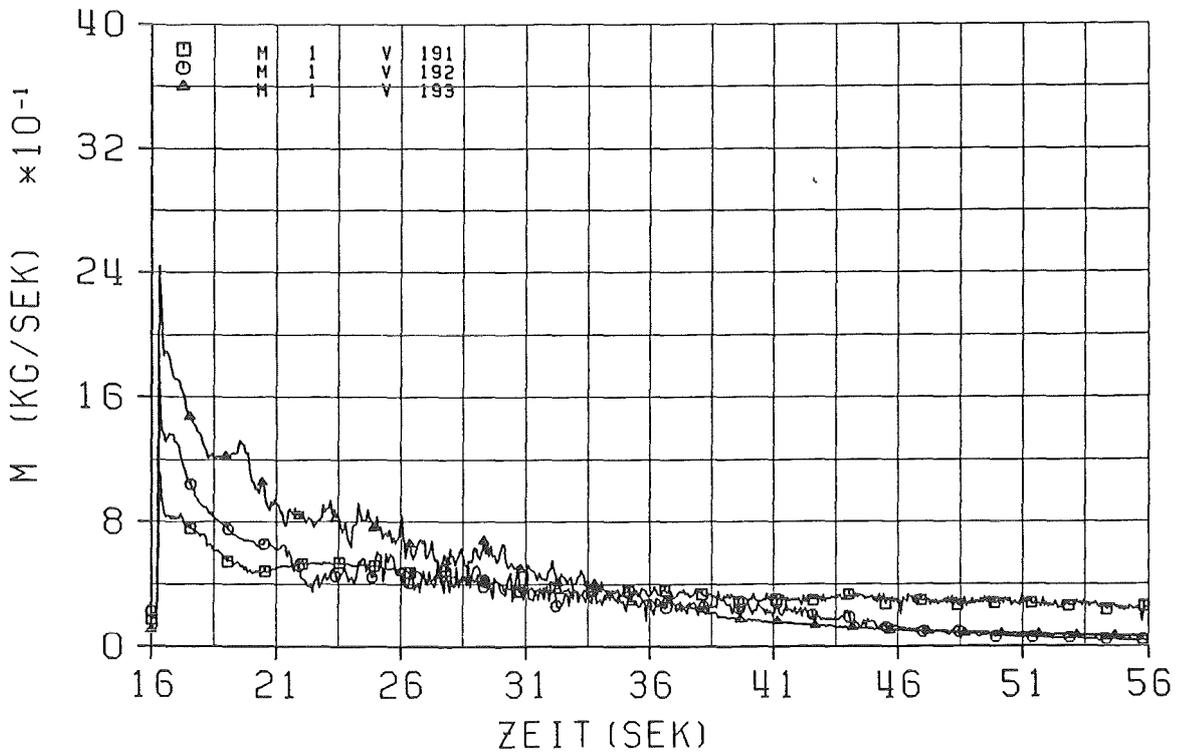


Abb. 3.10 Versuche V191, V192, V193 - Leckmassenstromverläufe  
 M1 - untere Blowdown-Leitung

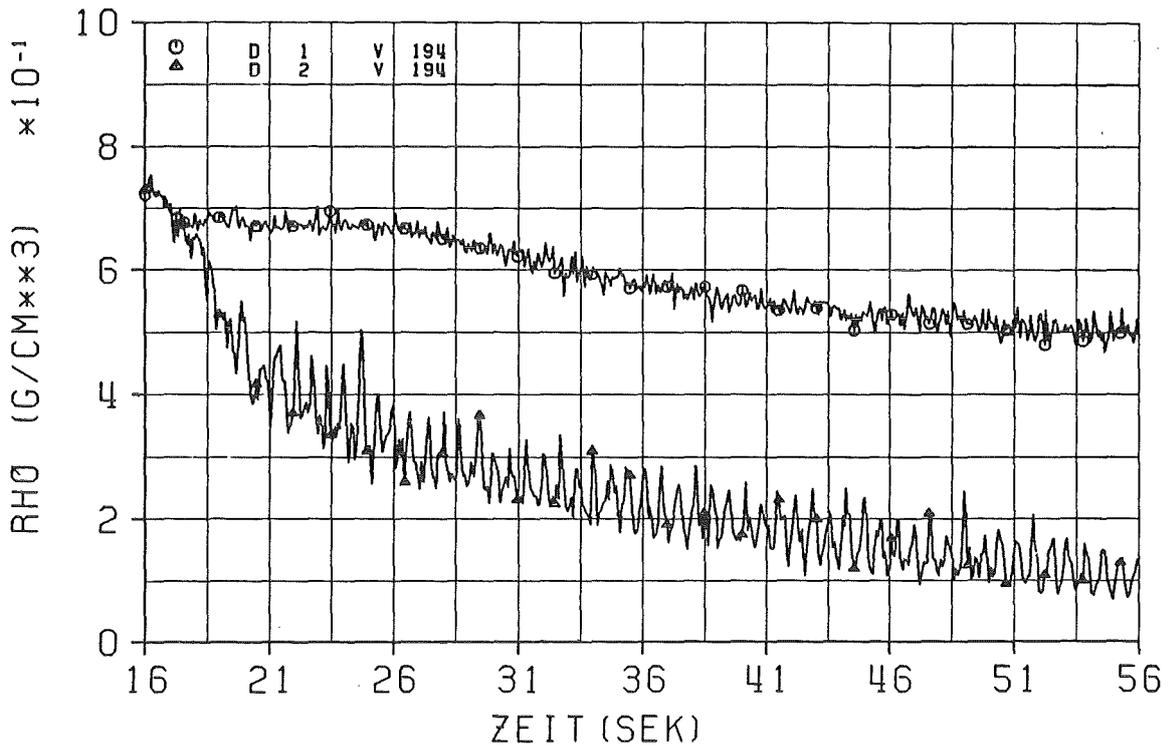


Abb. 3.11 Versuch V194 - Dichte-Messwertverläufe  
 ( 10% Ventilstellung Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D1 - im Unterplenum  
 D2 - im Oberplenum

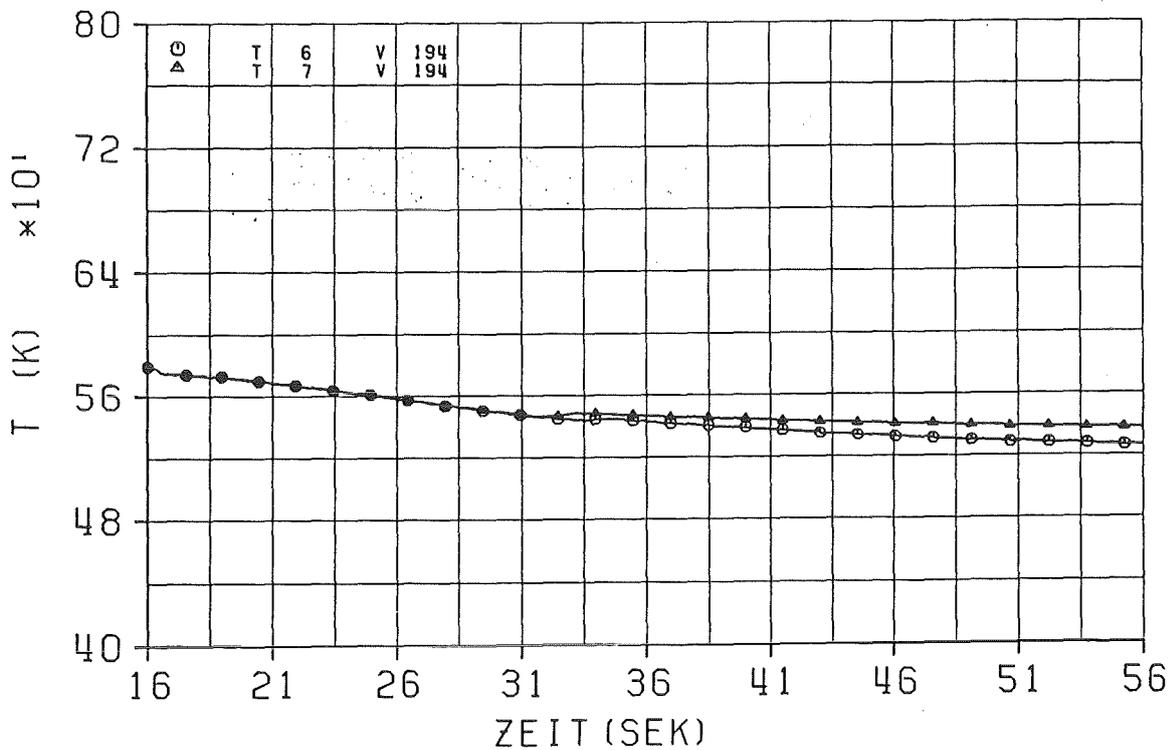


Abb. 3.12 Versuch V194 - Fluidtemperaturen  
 ( 10% Ventilstellung Oberplenum; ohne Beheizung )  
 T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
 T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

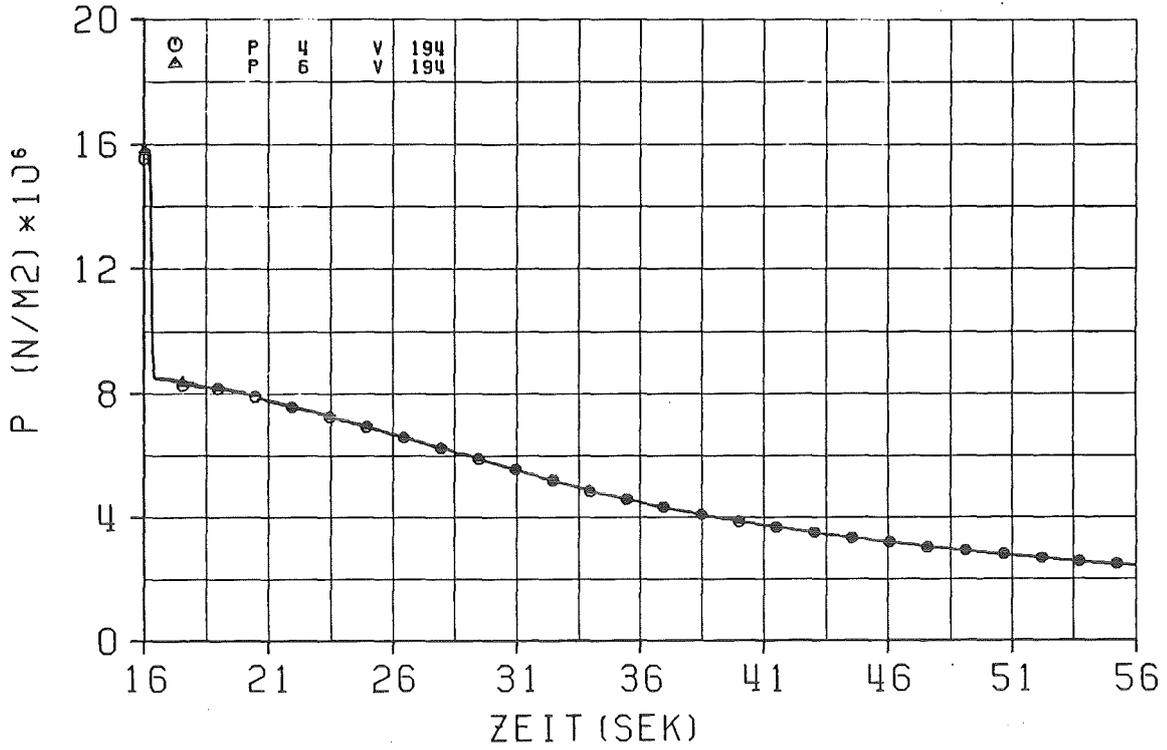


Abb. 3.13 Versuch V194 - Systemdruckverlauf.  
( 10% Ventilstellung Oberplenium; ohne Beheizung )

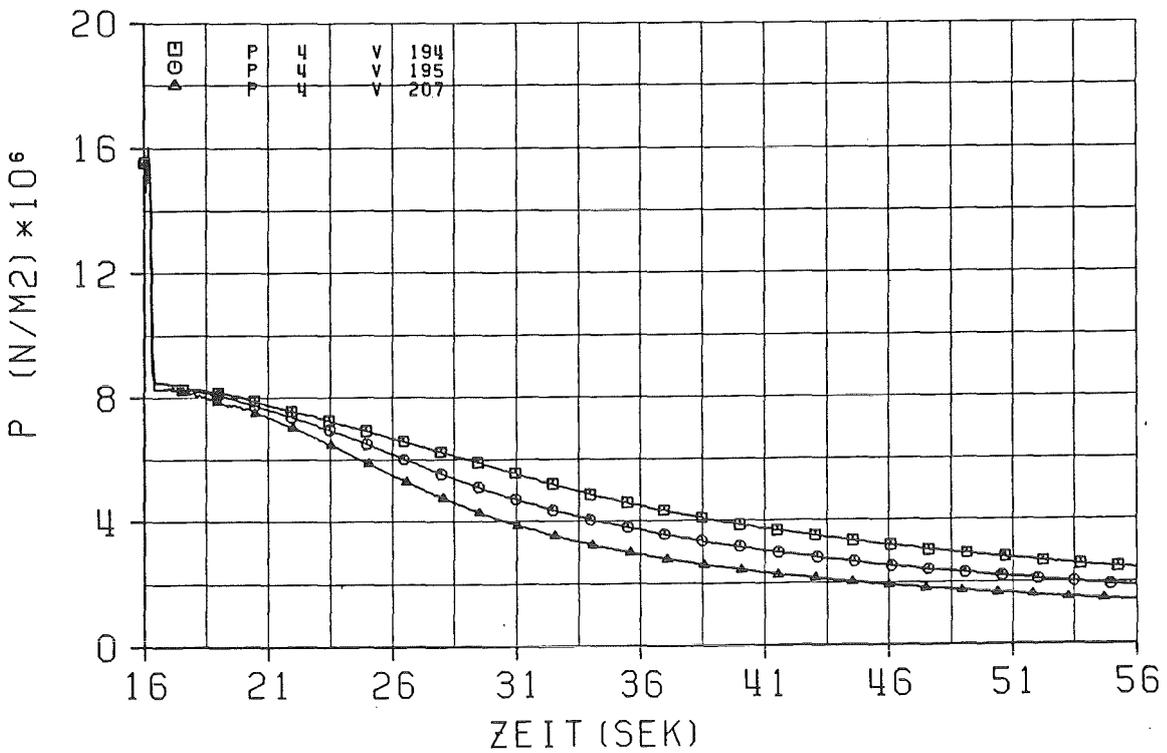


Abb. 3.14 Versuch V194, V195, V207 - Systemdruckverlauf.  
( 10%, 15%, 20% Ventilstellung Oberplenium; ohne Beheizung )

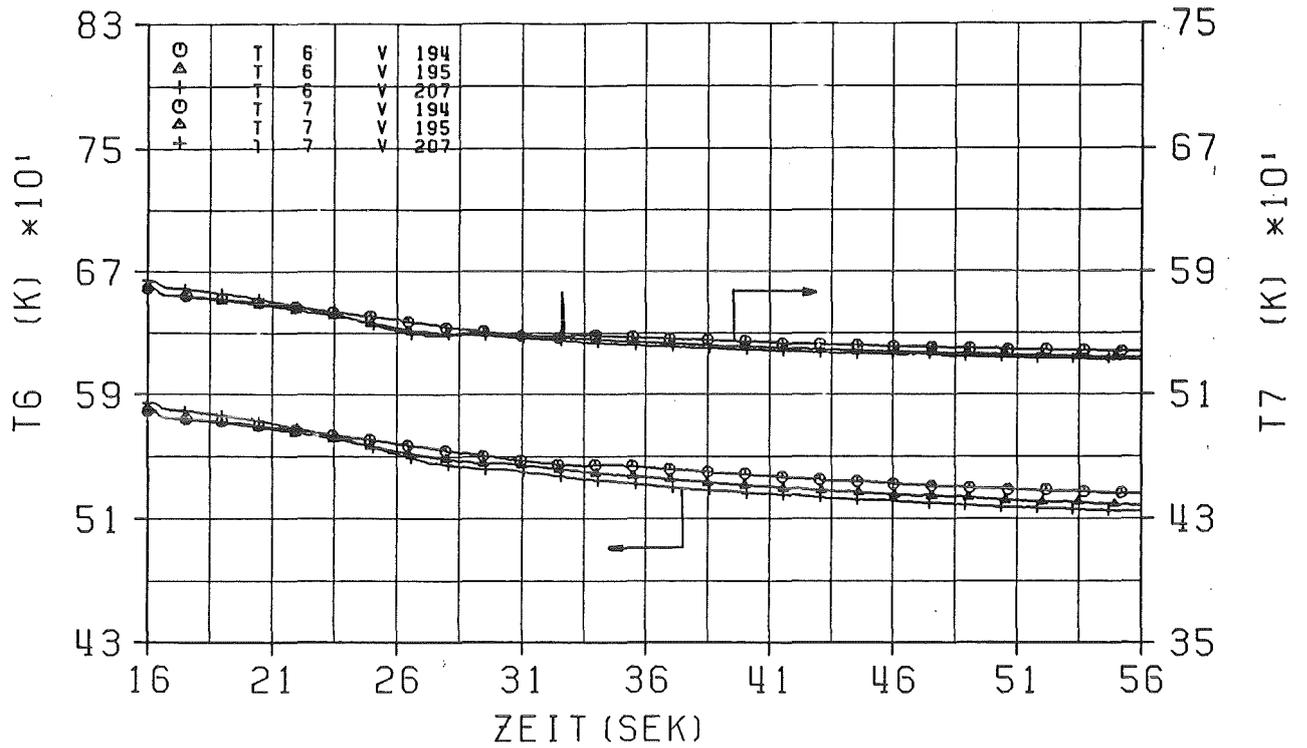


Abb. 3.15 Versuch V194, /V195, /V207 - Fluidtemperaturen  
 ( 10%, 15%, 20% Ventilstellung Oberplenum; ohne Beheizung )  
 T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
 T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

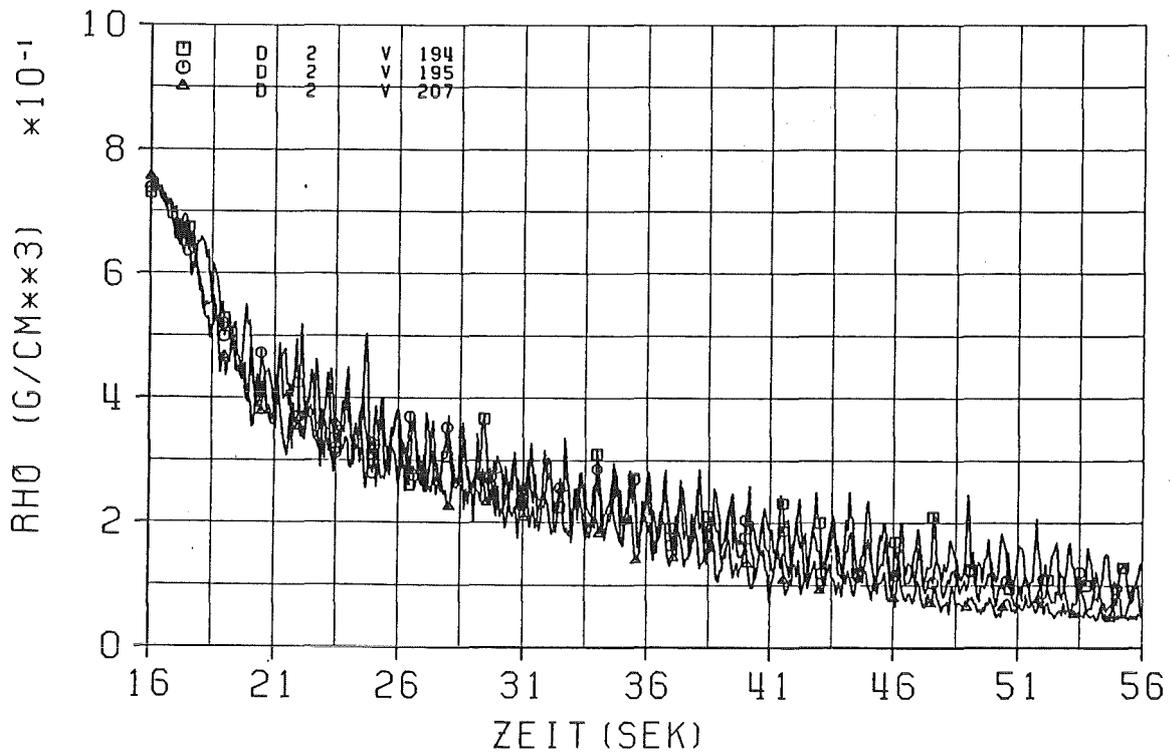


Abb. 3.16 Versuch V194, V195, V207 - Dichte-Messwertverläufe  
 ( 10%, 15%, 20% Ventilstellung Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D2 - im Oberplenum

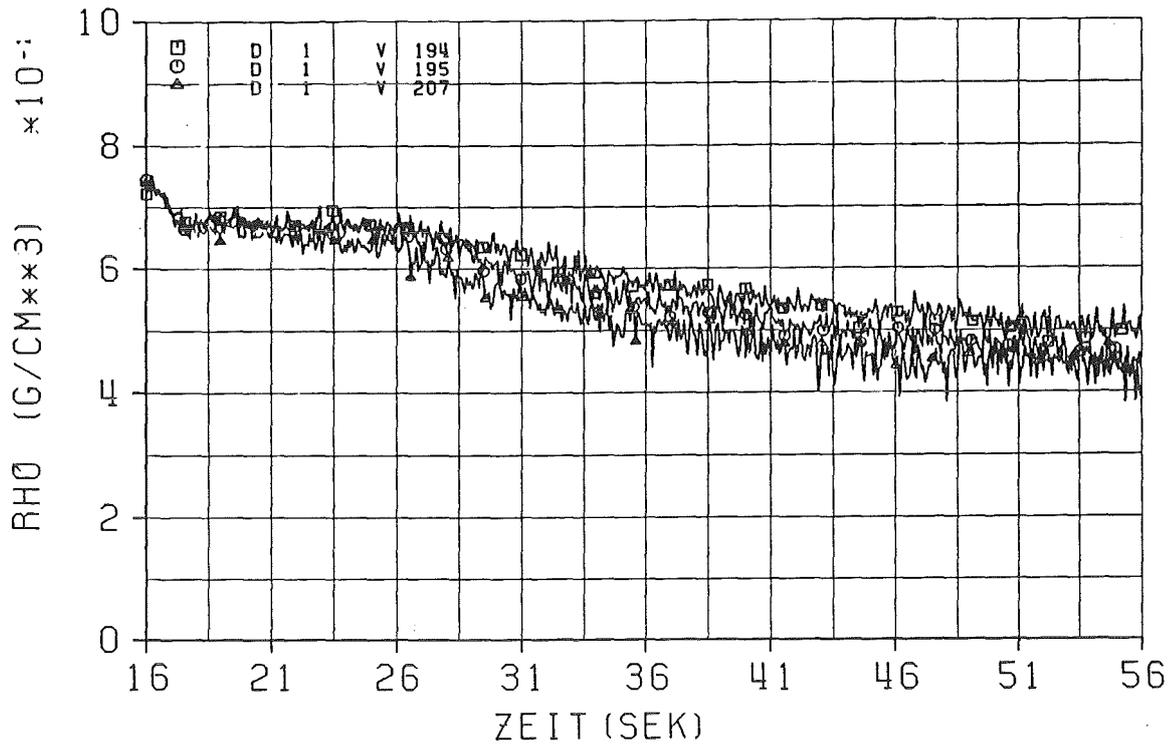


Abb. 3.17 Versuch V194, V195, V207 - Dichte-Messwertverläufe  
( 10%, 15%, 20% Ventilstellung Oberplenum; ohne Beheizung )  
D1 - im Unterplenum

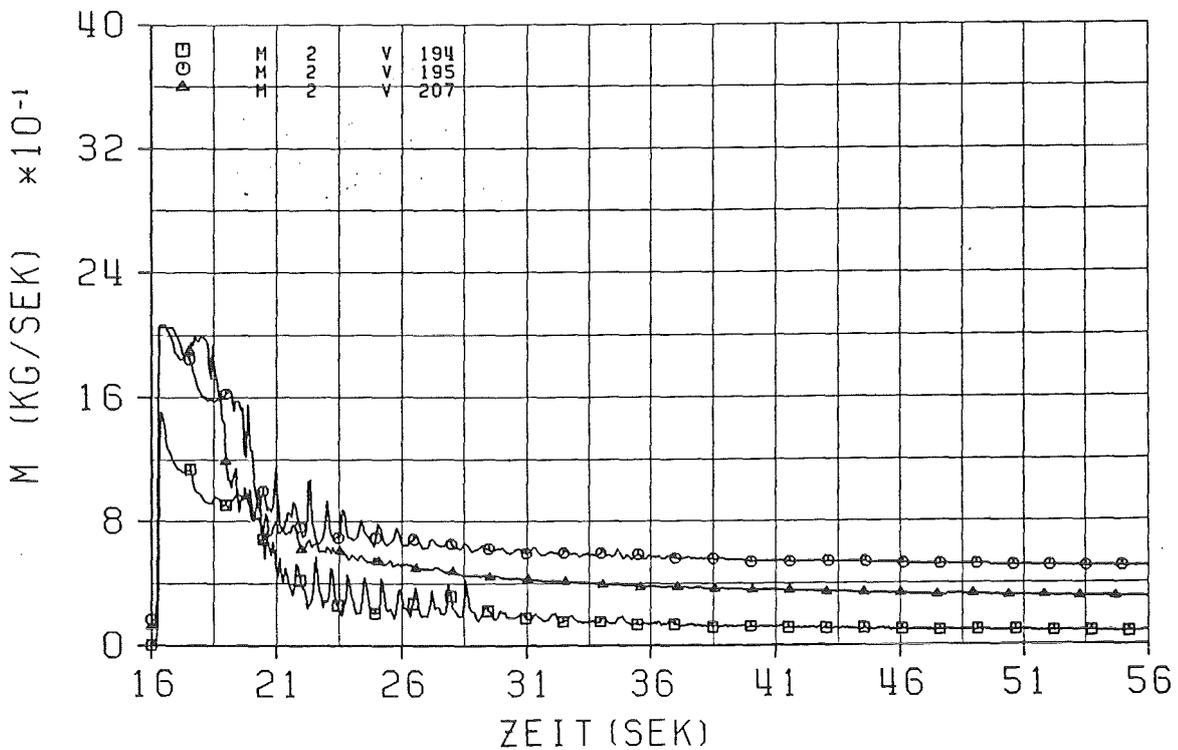


Abb. 3.18 Versuch V194, V195, V207 - Leckmassenstromverläufe  
( 10%, 15%, 20% Ventilstellung Oberplenum; ohne Beheizung )  
M2 - obere Blowdown-Leitung

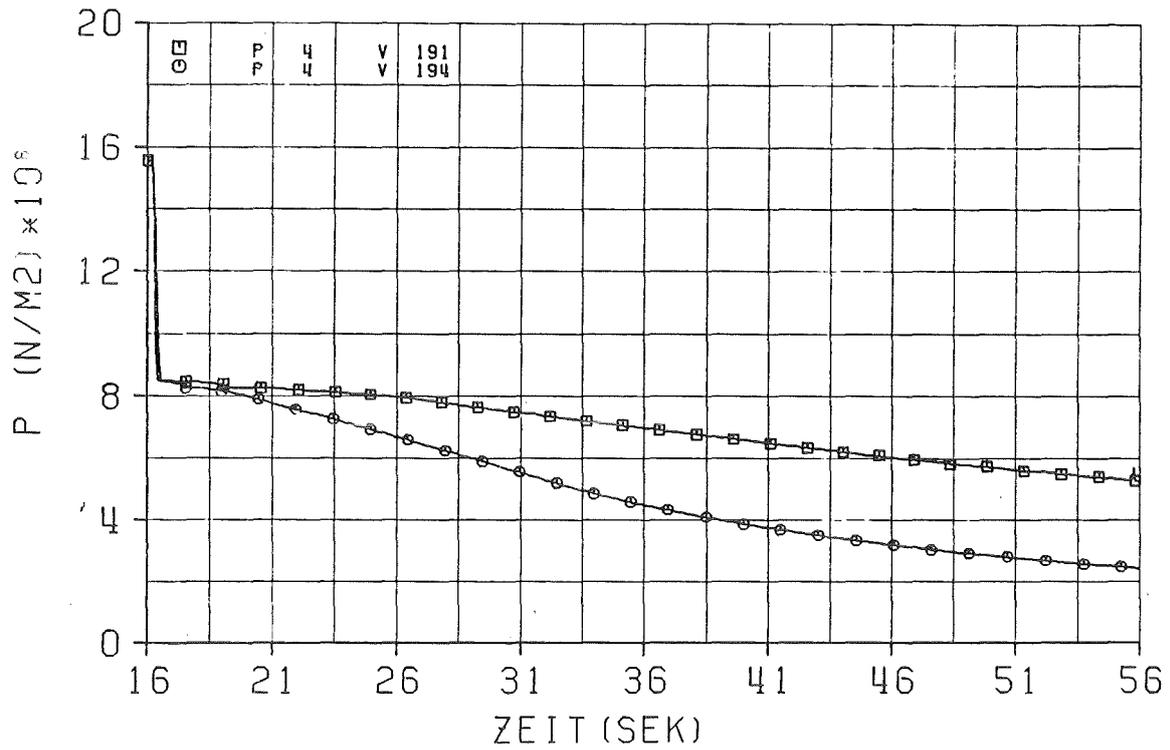


Abb. 3.19 Versuch V191, V194 - Systemdruckverlauf.  
( 10% Ventilstellung Unter-, Oberplenum; ohne Beheizung )

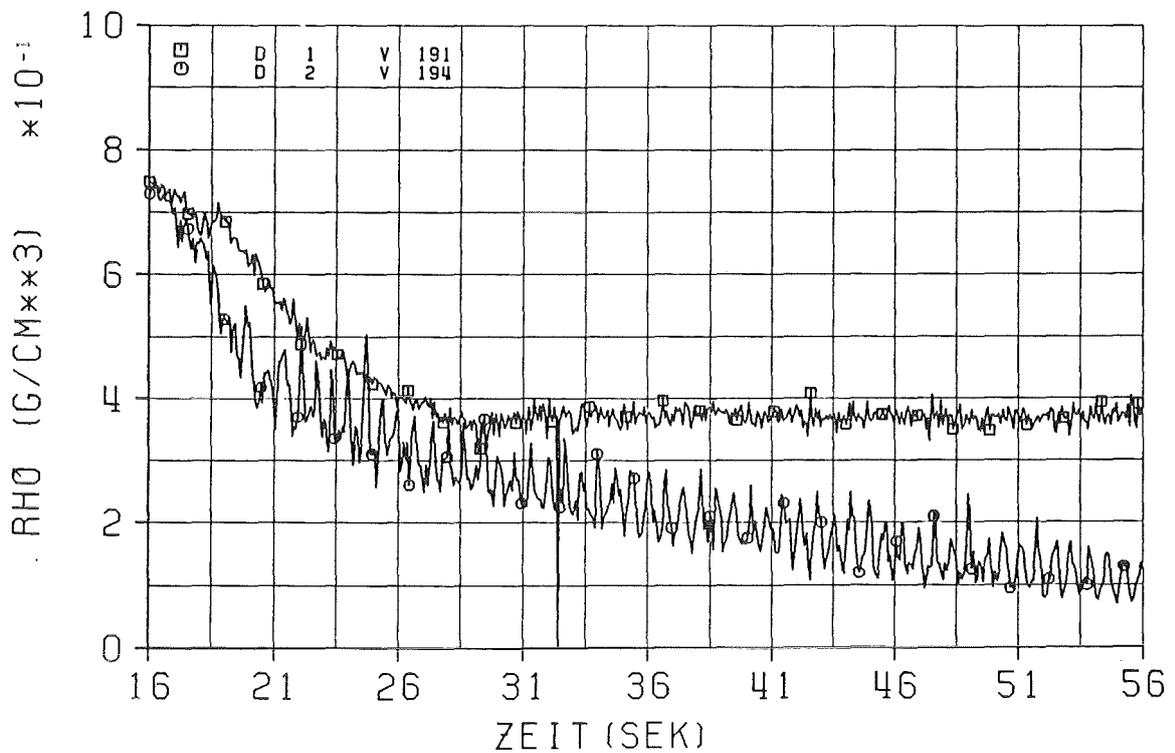


Abb. 3.20 Versuch V191, V194 - Dichte-Messwertverläufe  
( 10% Ventilstellung Unter-, Oberplenum; ohne Beheizung )  
D1 - im Unterplenum  
D2 - im Oberplenum

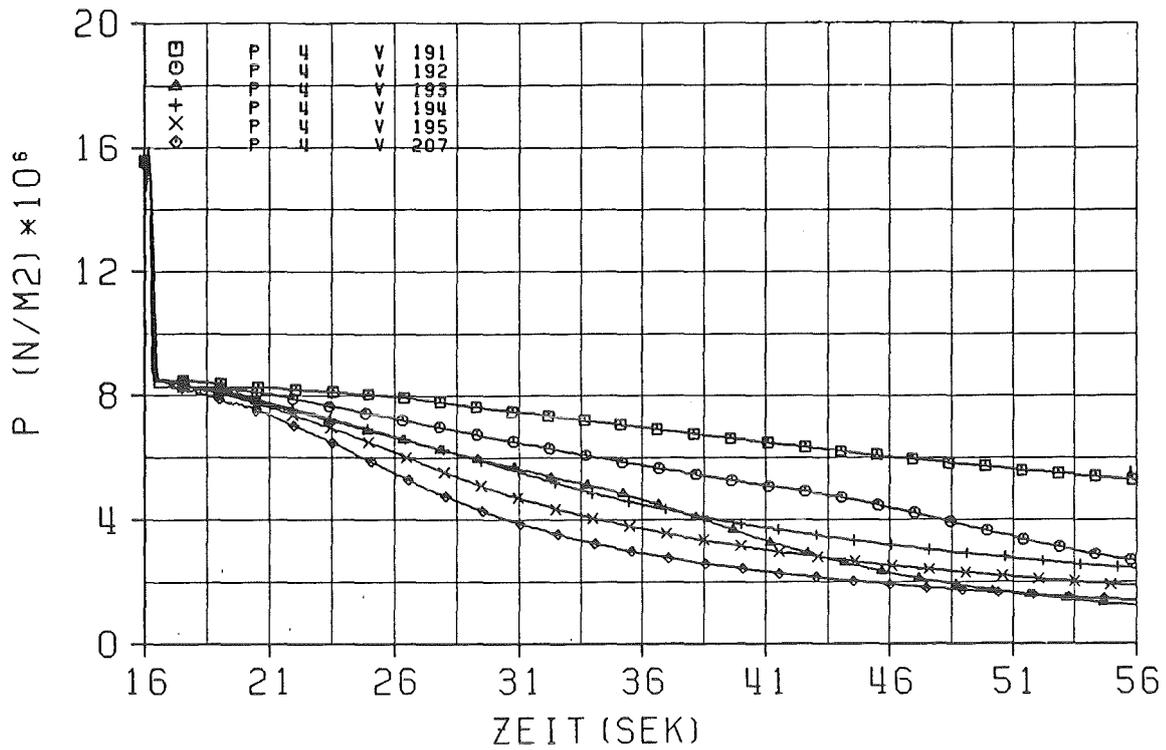


Abb. 3.21 Versuchs-Vergleiche - Systemdruck.  
 ( 10%, 15%, 20% Ventilstellung Unterplenum; ohne Beheizung )  
 ( 10%, 15%, 20% Ventilstellung Oberplenum; ohne Beheizung )

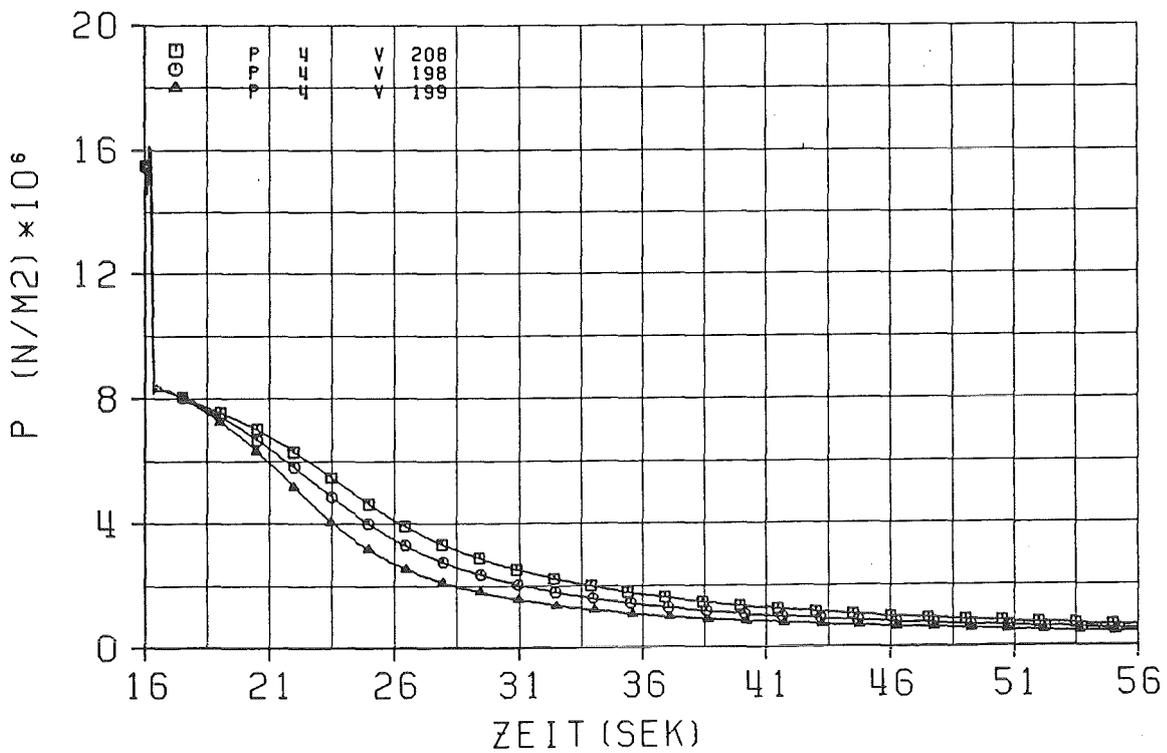


Abb. 3.22 Versuchs-Vergleiche - Systemdruck.  
 ( V208-20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 ( V198-20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 ( V199-20%/20% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )

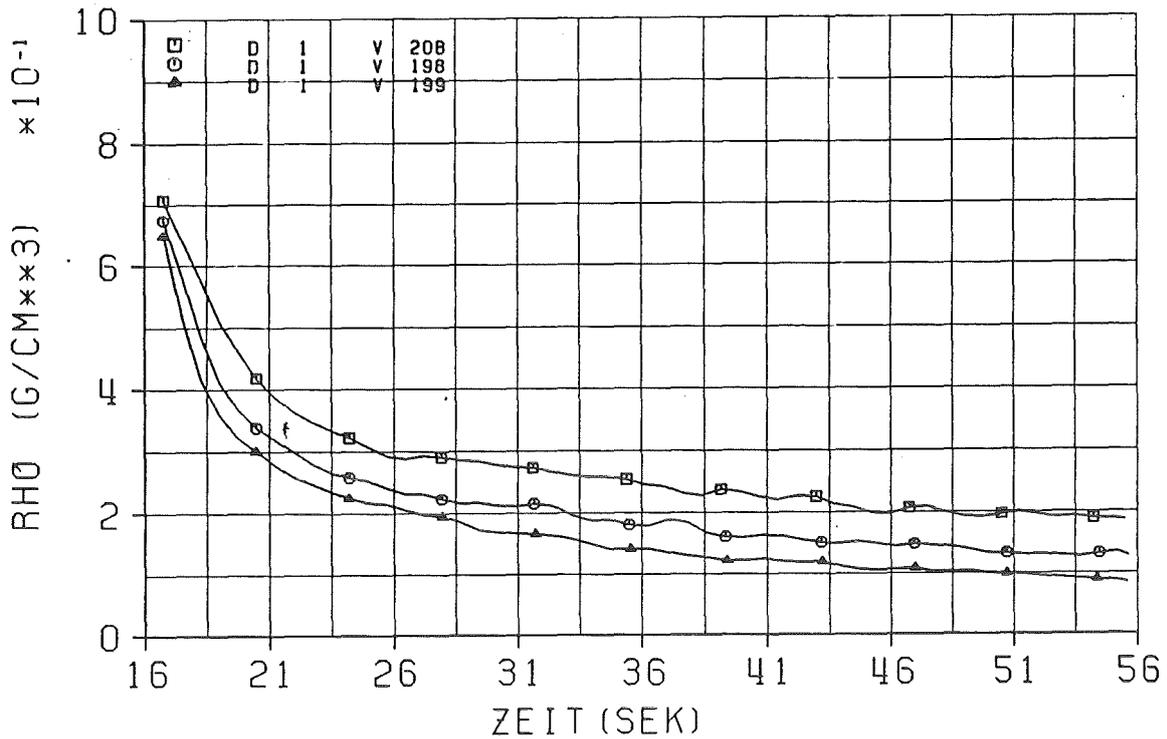


Abb. 3.23 Versuchs-Vergleiche - Dichte-Messwertverläufe  
 (V208-20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V198-20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V199-20%/20% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 D1 - (geglättet) im Unterplenum

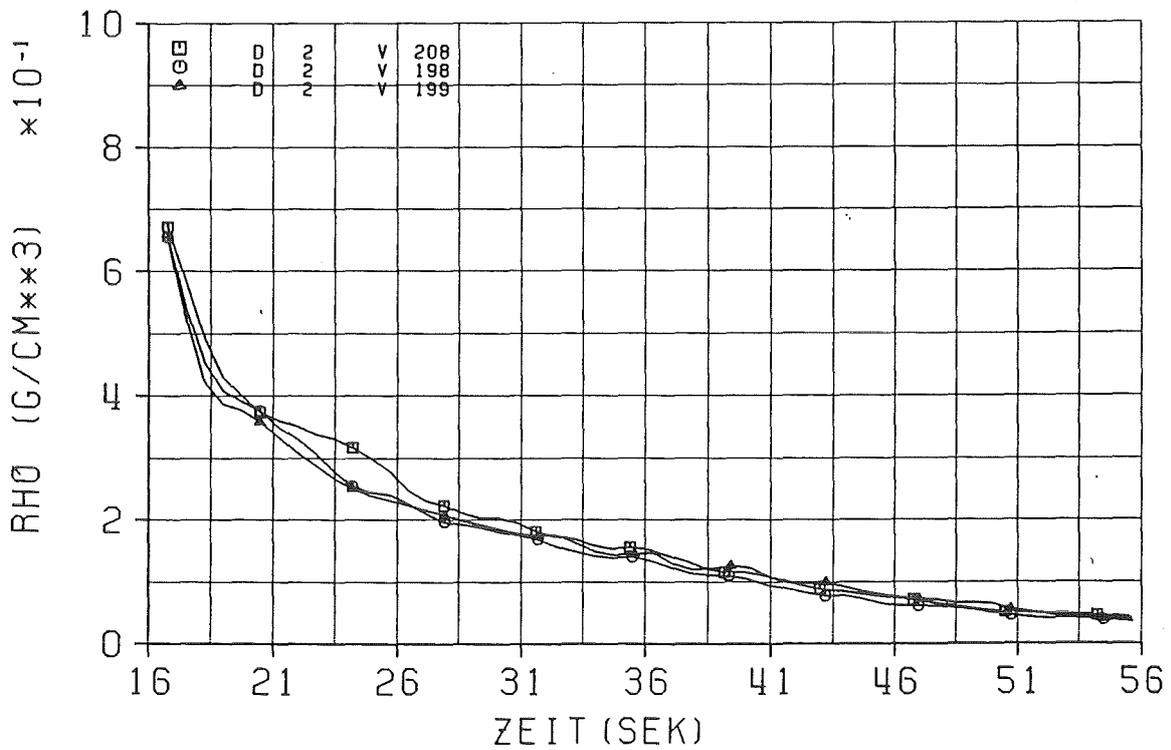


Abb. 3.24 Versuchs-Vergleiche - Dichte-Messwertverläufe  
 (V208-20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V198-20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V199-20%/20% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 D2 - (geglättet) im Oberplenum

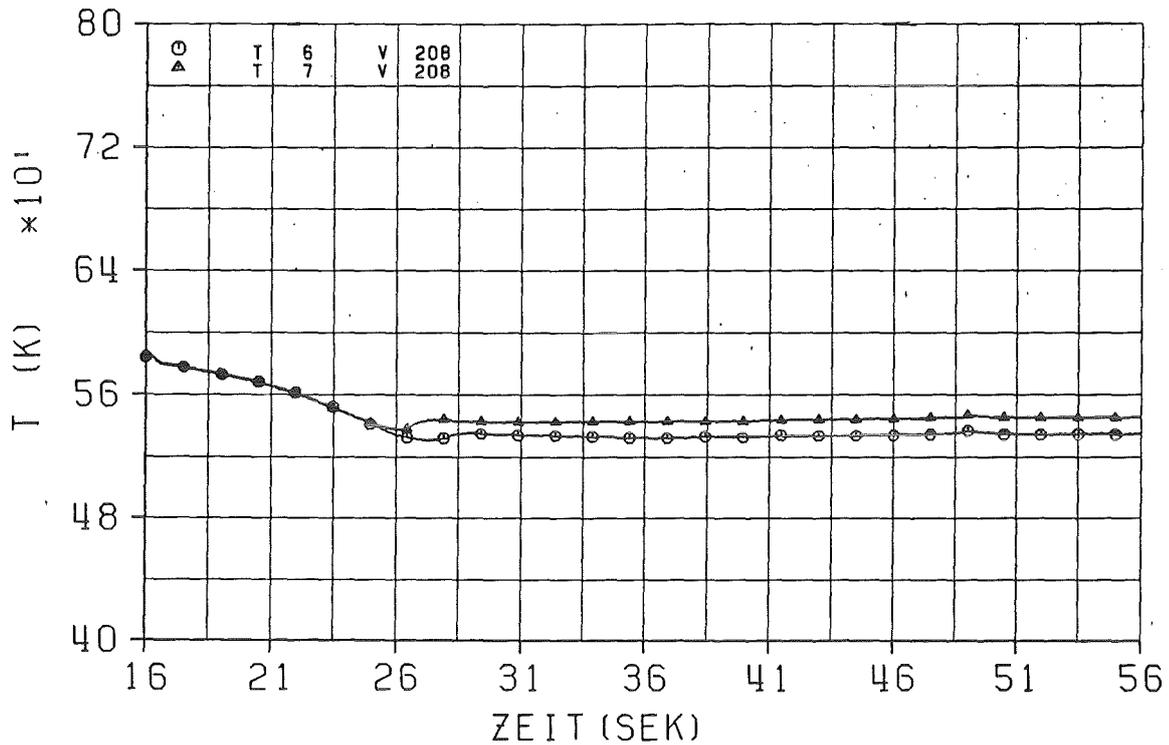


Abb. 3.25 Versuch V208 - Fluidtemperaturen  
 ( 20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
 T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

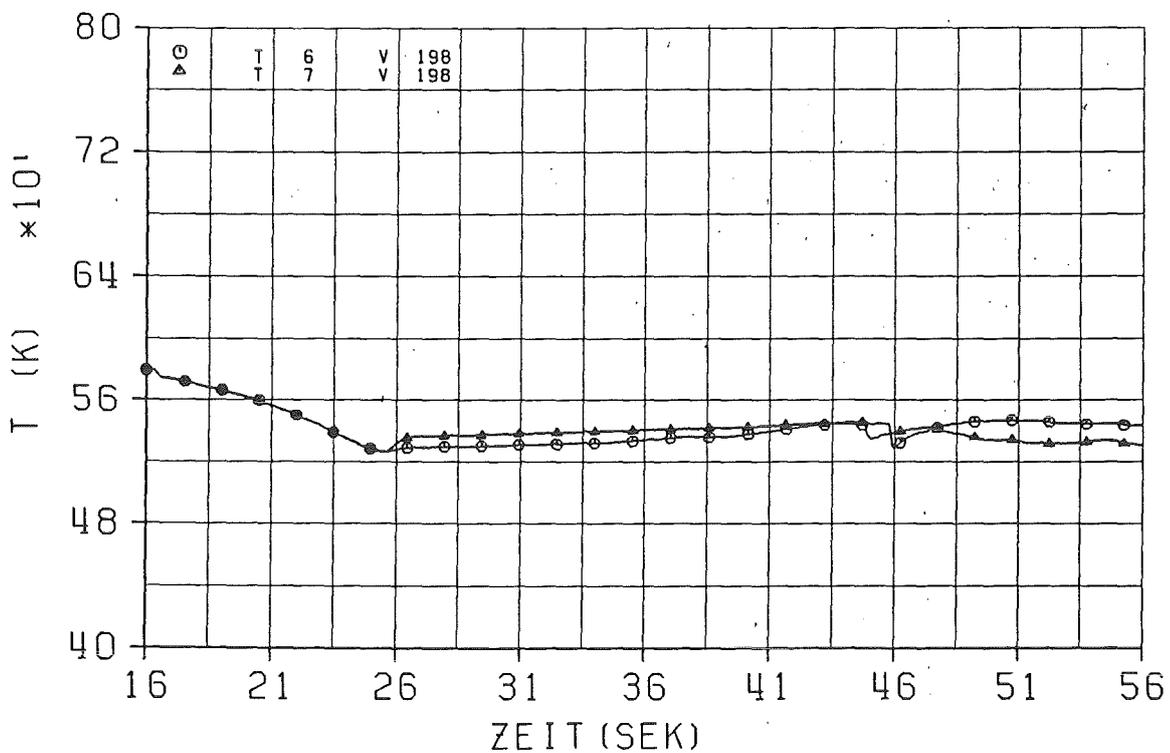


Abb. 3.26 Versuch V198 - Fluidtemperaturen  
 ( 20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
 T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

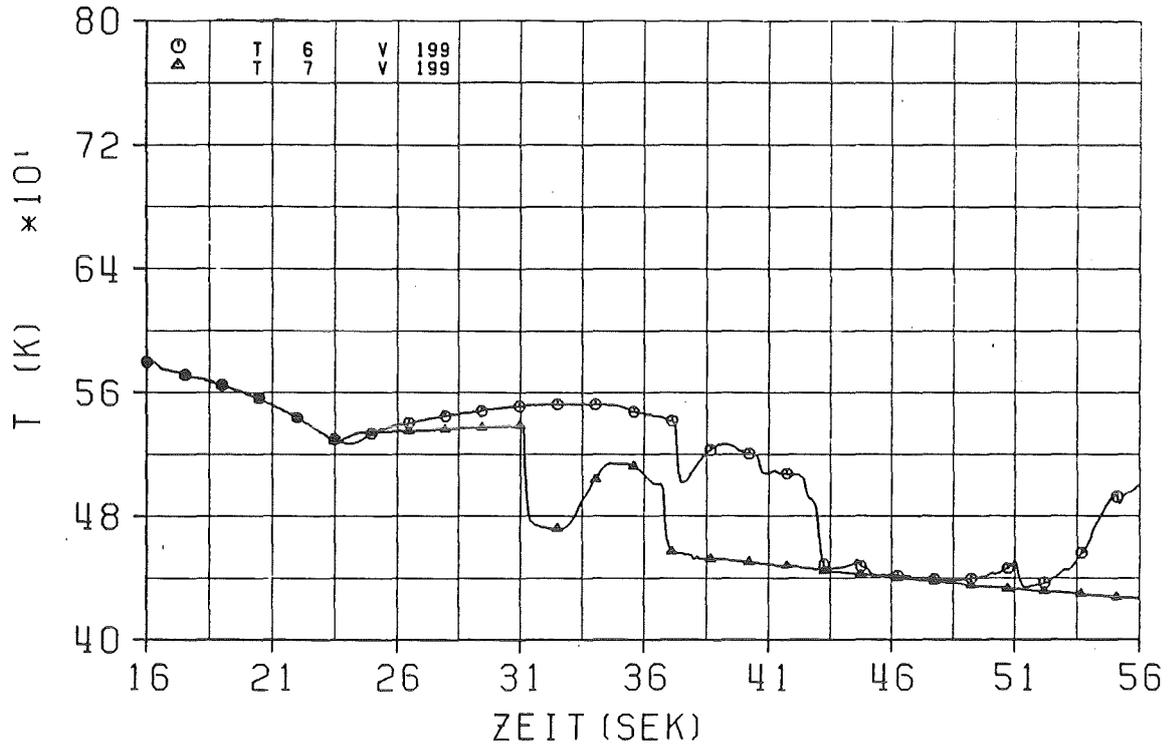


Abb. 3.27 Versuch V199 - Fluidtemperaturen  
 ( 20%/20% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
 T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

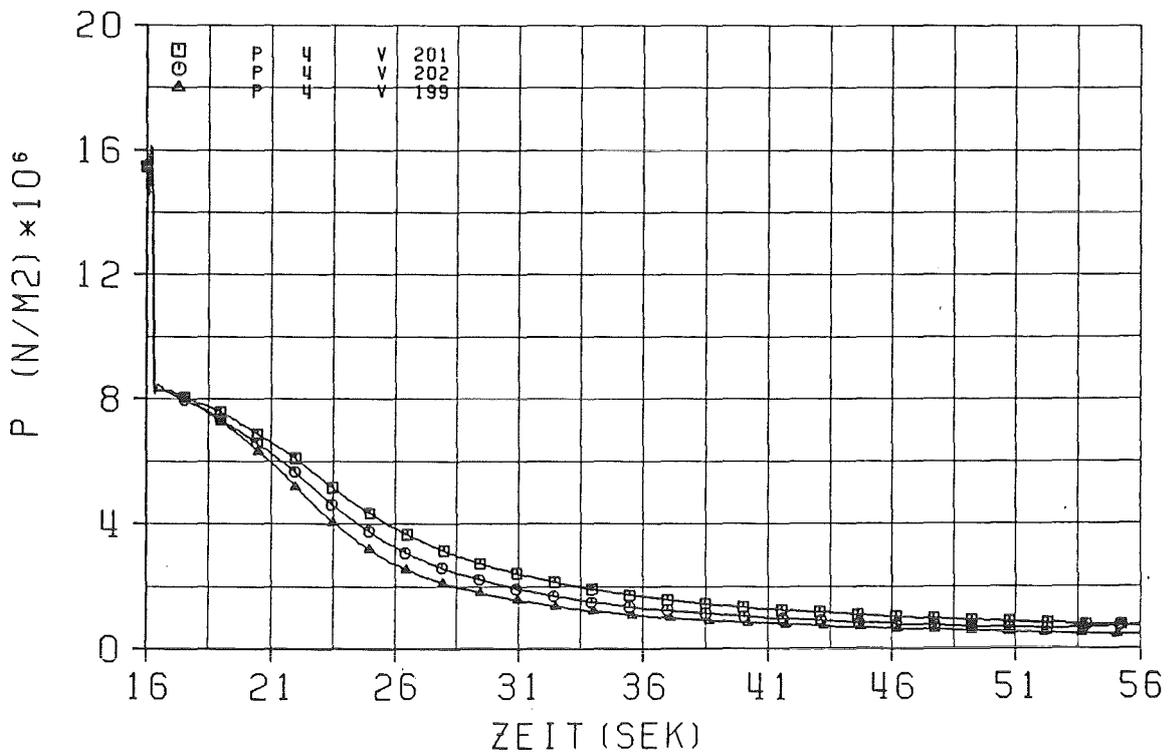


Abb. 3.28 Versuchs-Vergleiche - Systemdruck.  
 (V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V199-20%/20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )

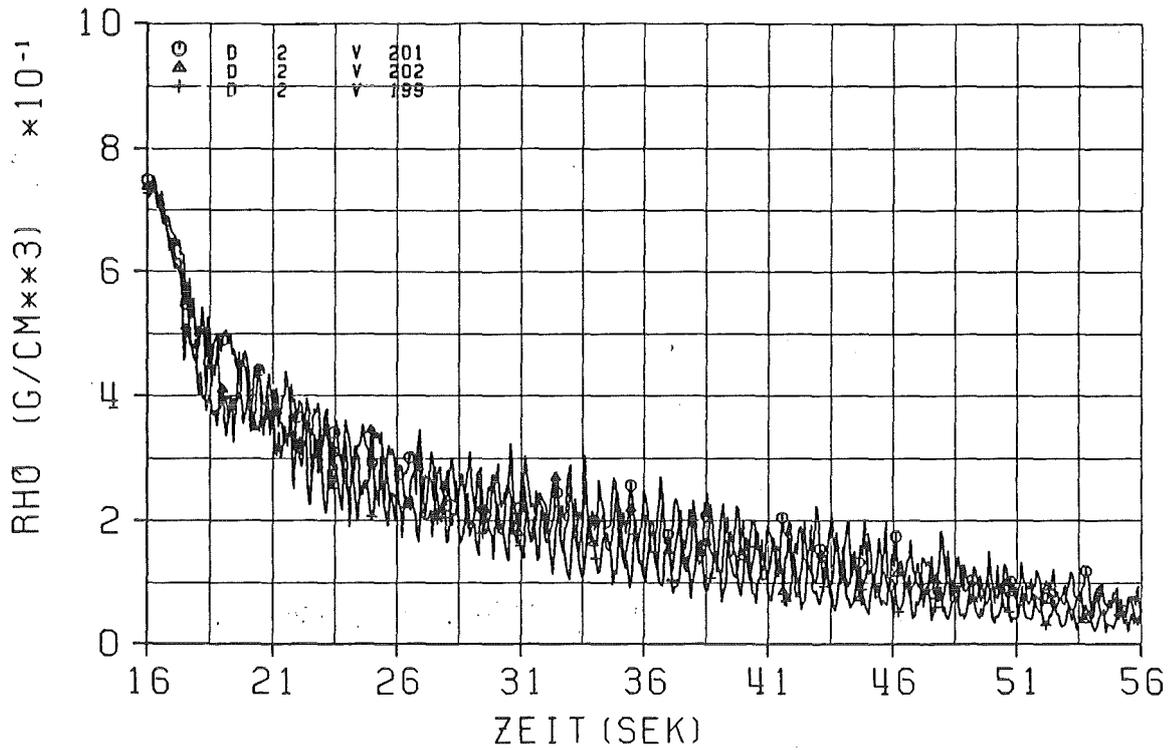


Abb. 3.29 Versuchs-Vergleiche - Dichte-Messwertverläufe  
 (V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V199-20%/20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D2 - im Oberplenum

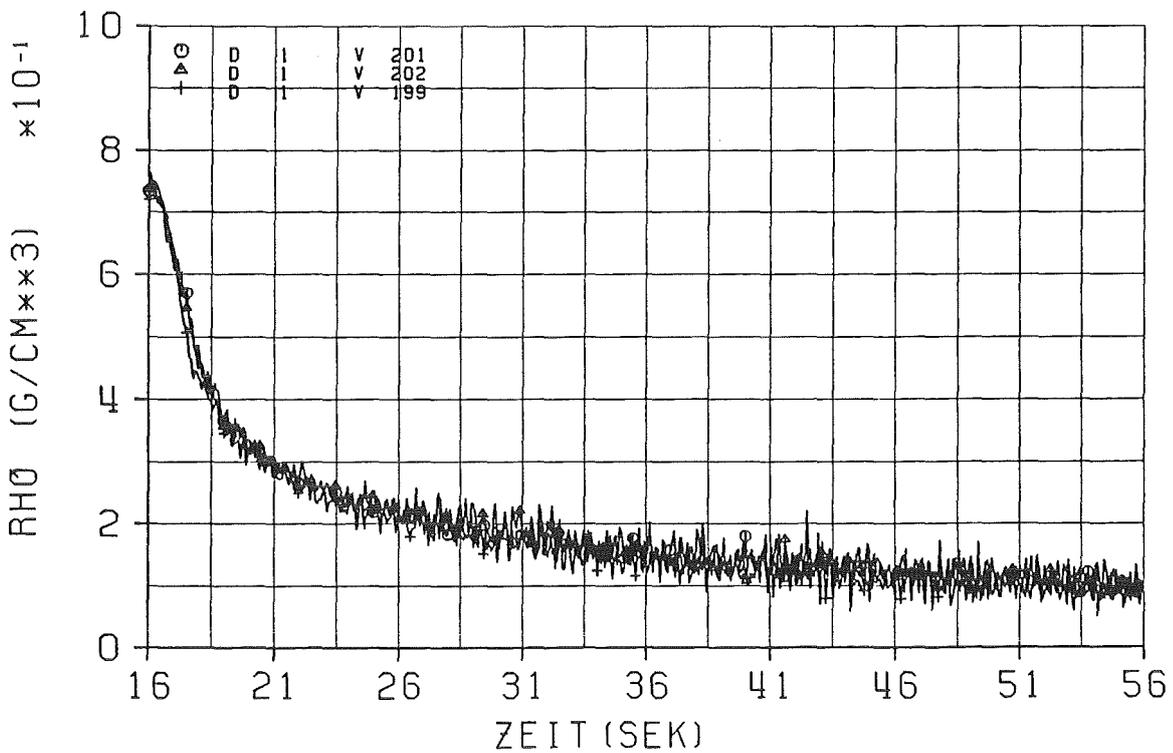


Abb. 3.30 Versuchs-Vergleiche - Dichte-Messwertverläufe  
 (V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V199-20%/20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D1 - im Unterplenum

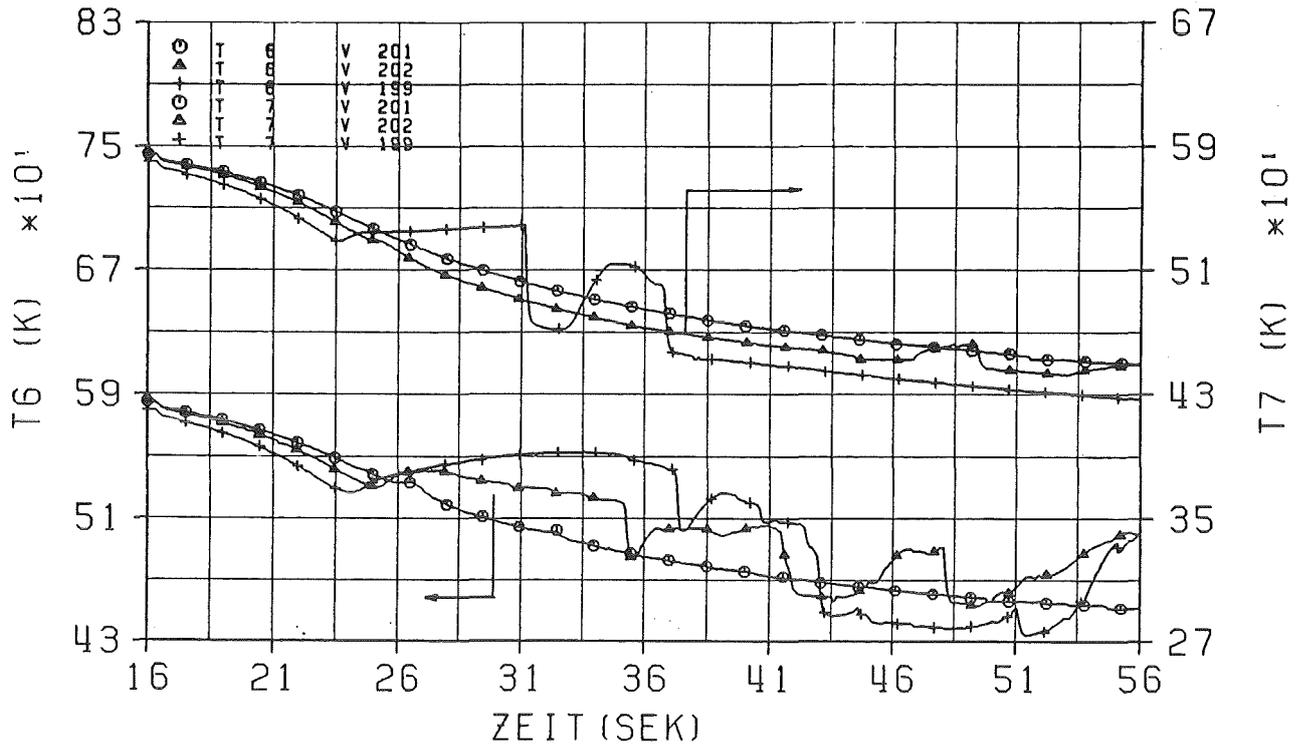


Abb. 3.31 Versuchs-Vergleiche - Fluidtemperaturen

(V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )

(V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )

(V199-20%/20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )

T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone

T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

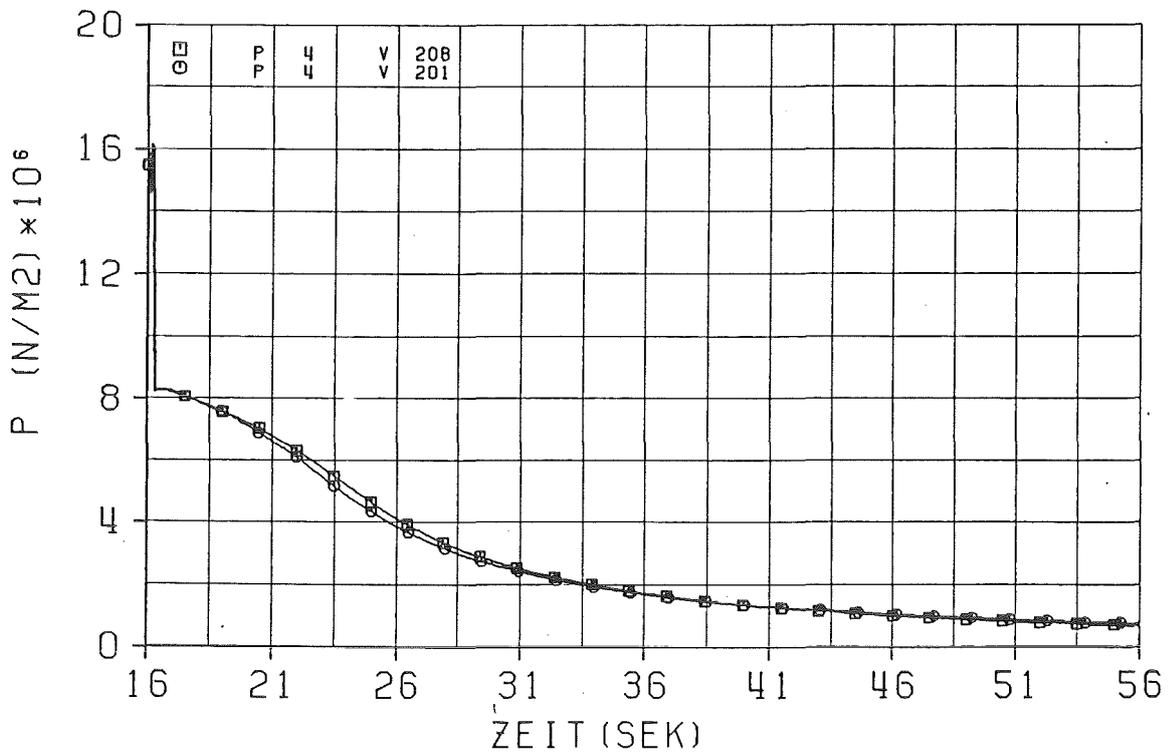


Abb. 3.32 Versuchs-Vergleich - Systemdruckverlauf

(V208-20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )

(V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )

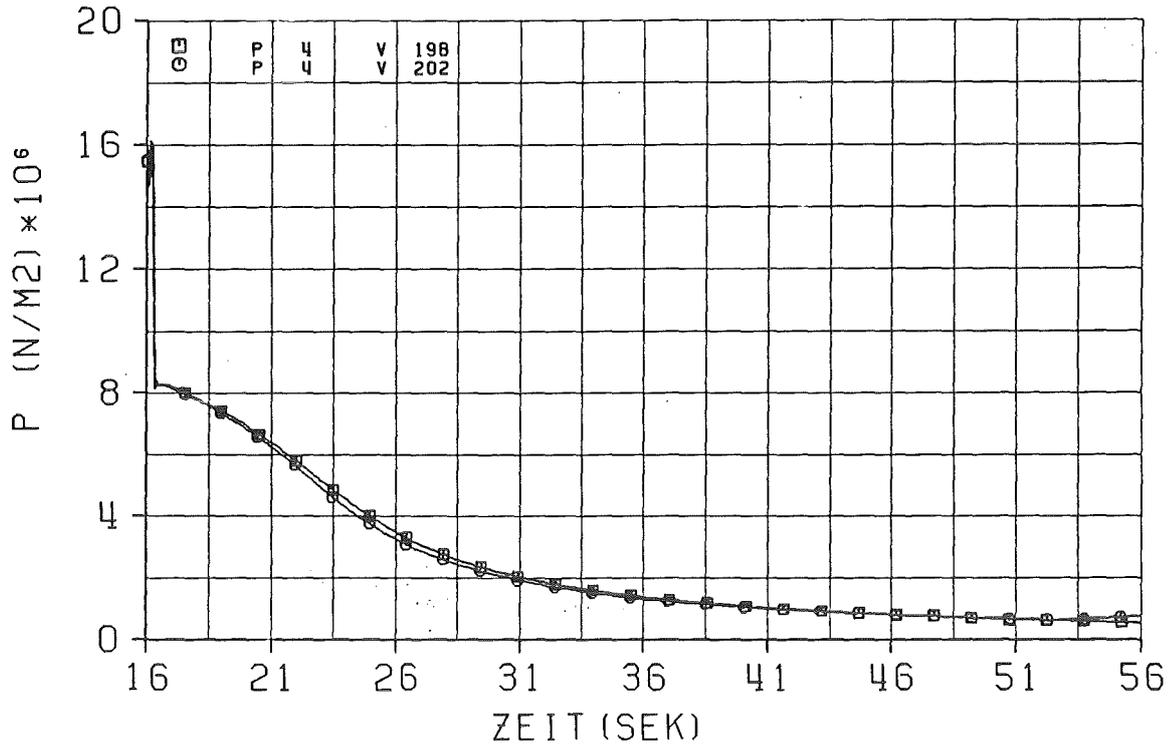


Abb. 3.33 Versuchs-Vergleich - Systemdruckverlauf  
 (V198-20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )

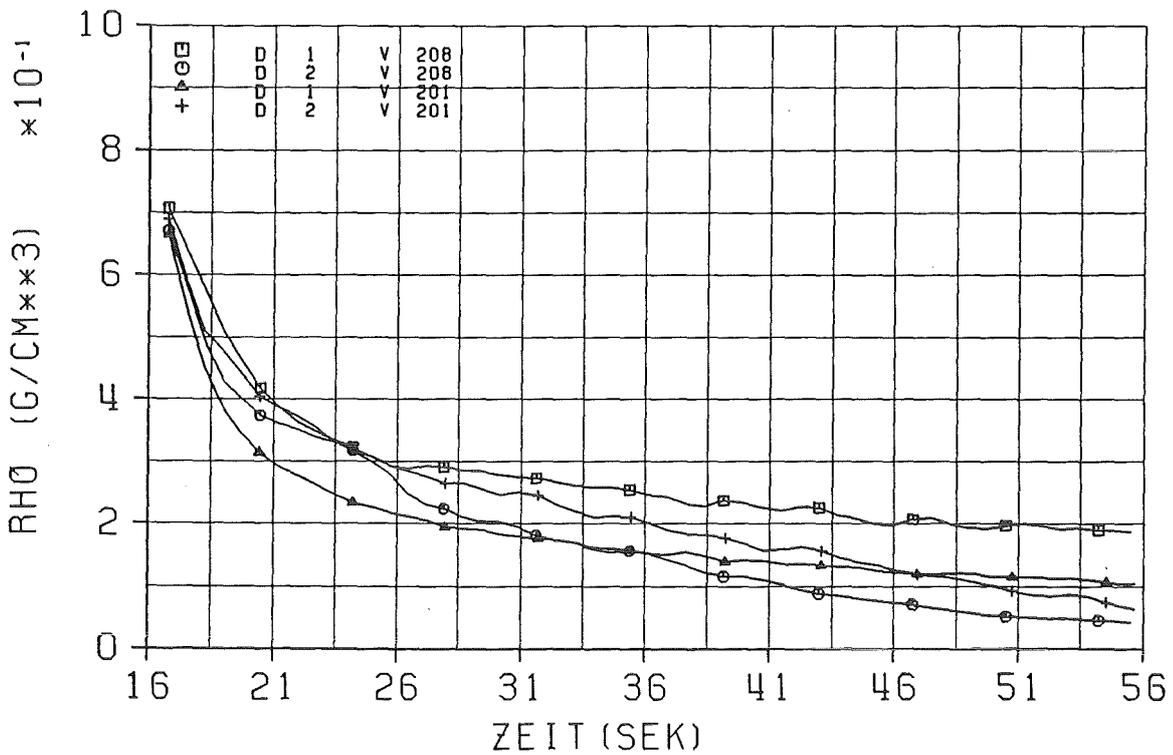


Abb. 3.34 Versuchs-Vergleich - Dichteverläufe  
 (V208-20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D1 - (geglättet) im Unterplenum  
 D2 - (geglättet) im Oberplenum

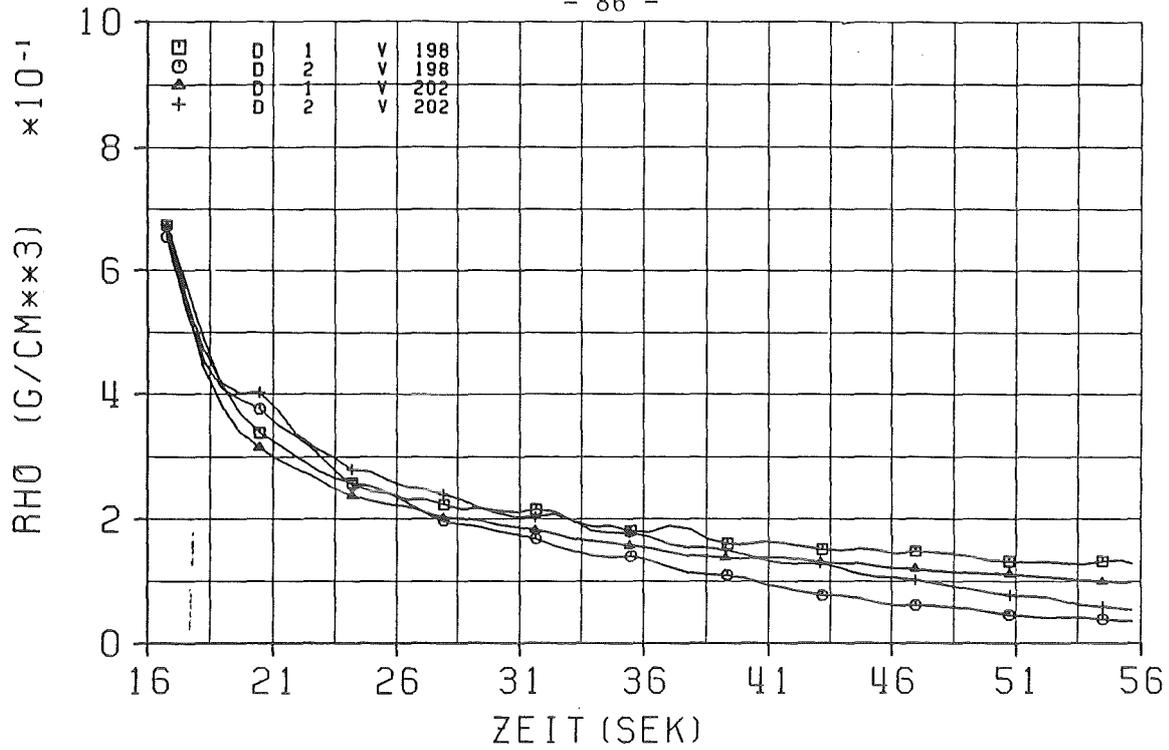


Abb. 3.35 Versuchs-Vergleich - Dichteverläufe  
 (V198-20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D1 - (geglättet) im Unterplenum  
 D2 - (geglättet) im Oberplenum

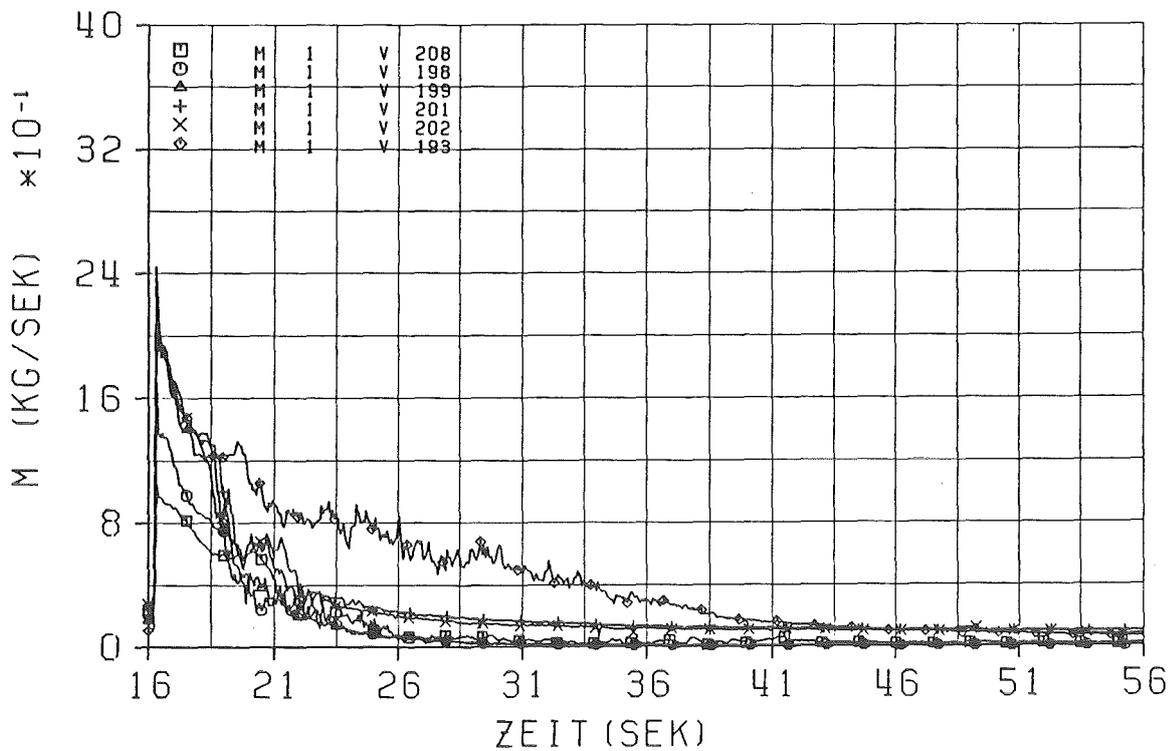


Abb. 3.36 Versuchs-Vergleich - Leckmassenstromverläufe  
 (V208-20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V198-20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V199-20%/20% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )  
 (V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 (V193-20%/0 % Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 M1 - untere Blowdown-Leitung

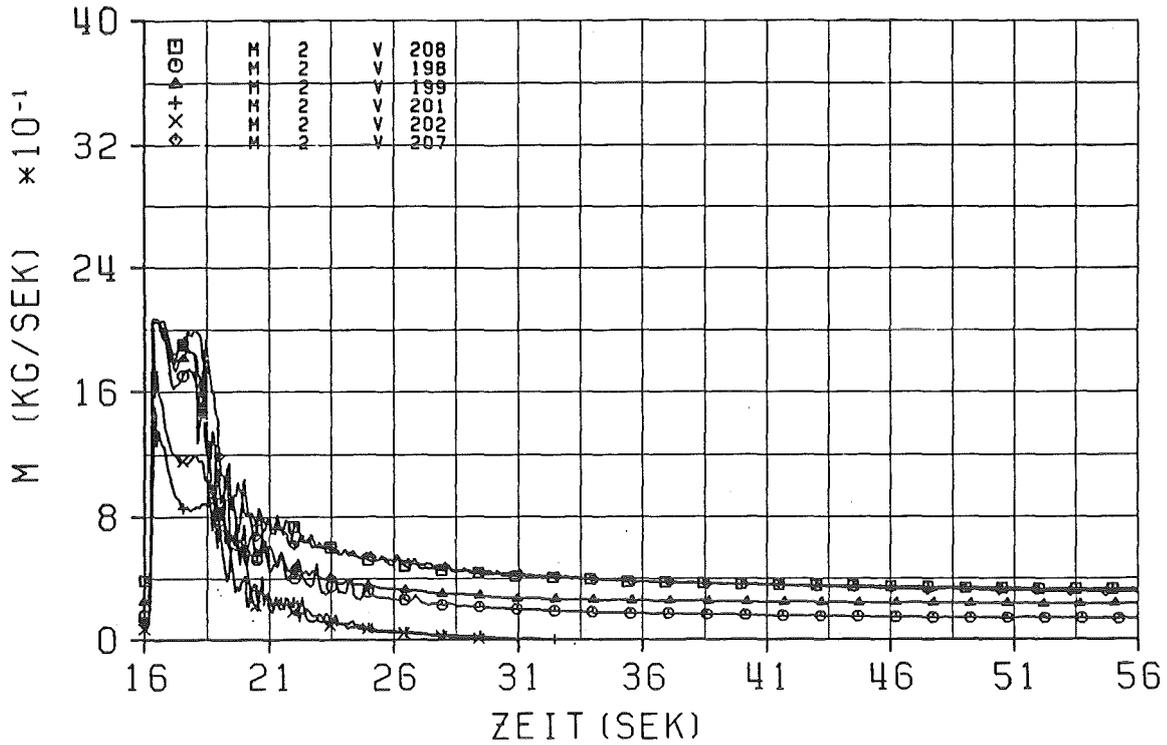


Abb. 3.37 Versuchs-Vergleich - Leckmassenstromverläufe

- (V208-20%/10% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )
- (V198-20%/15% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )
- (V199-20%/20% Ventilstellung Ober-/Unterplenum; ohne Beheizung )
- (V201-20%/10% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )
- (V202-20%/15% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )
- (V207-0 %/20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )
- M2 - obere Blowdown-Leitung

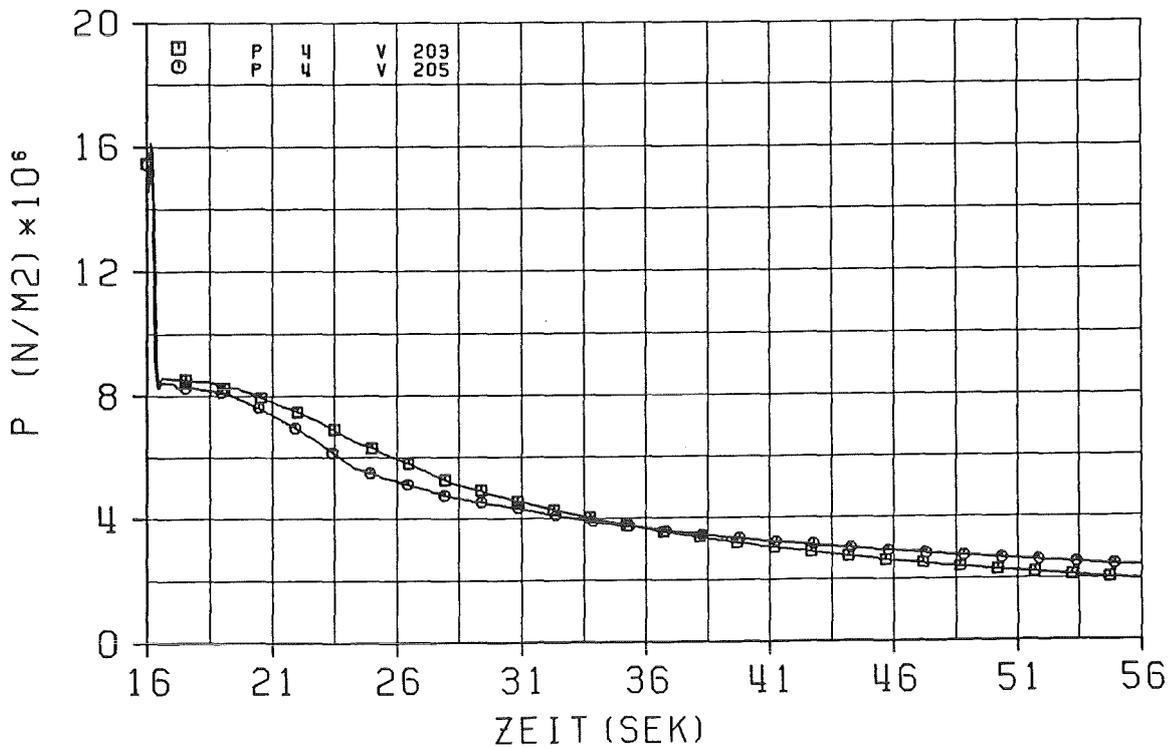


Abb. 3.38 Versuchs-Vergleich - Systemdruckverläufe

- (V203-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )
- (V205-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )

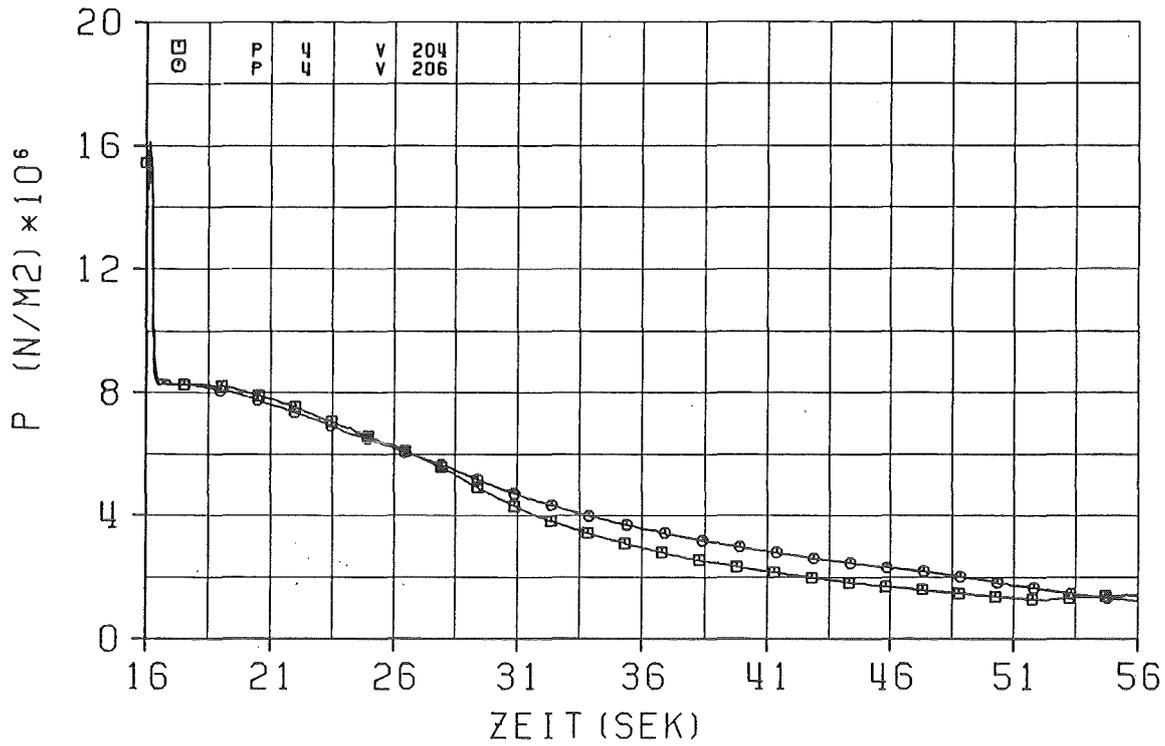


Abb. 3.39 Versuchs-Vergleich - Systemdruckverläufe  
 (V204-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )  
 (V206-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )

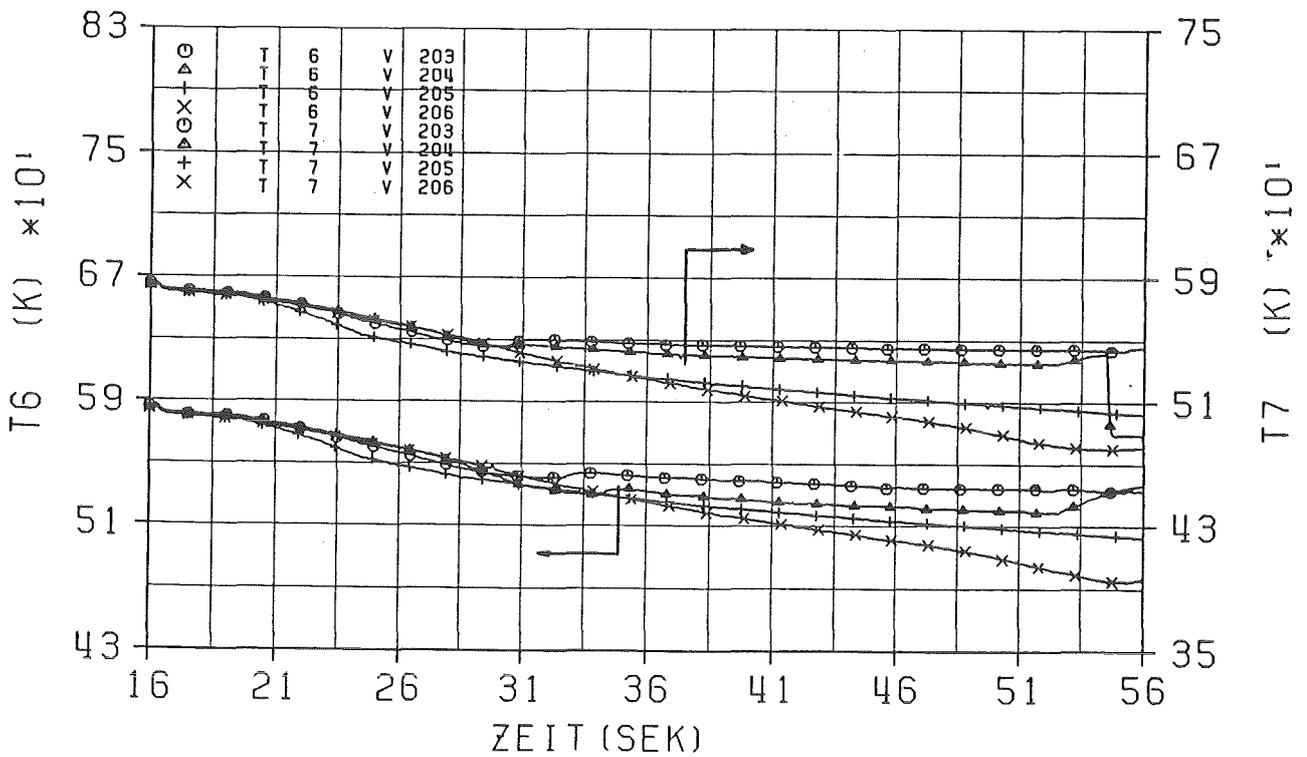


Abb. 3.40 Versuchs-Vergleich - Fluidtemperaturen  
 ( transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )  
 T6 - unterhalb der 'beheizbaren' Zone  
 T7 - oberhalb der 'beheizbaren' Zone

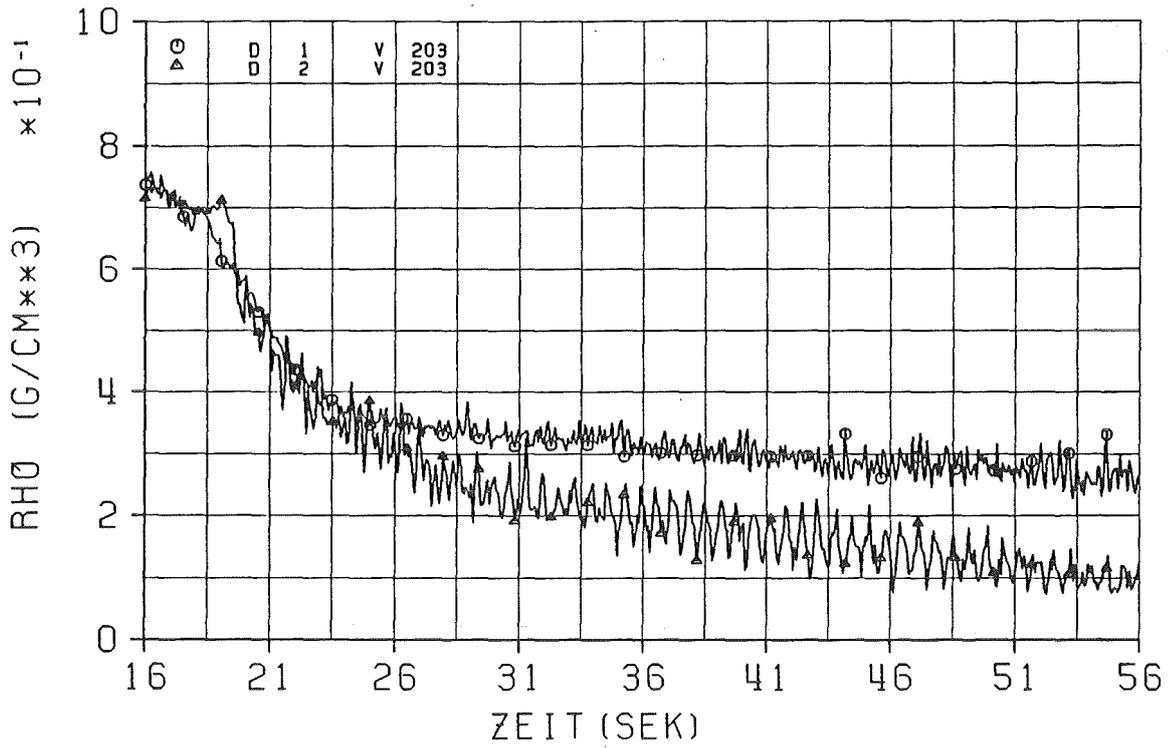


Abb. 3.41 Versuch V203 Dichte-Messwertverläufe  
(V203-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )  
D1 - im Unterplenum  
D2 - im Oberplenum

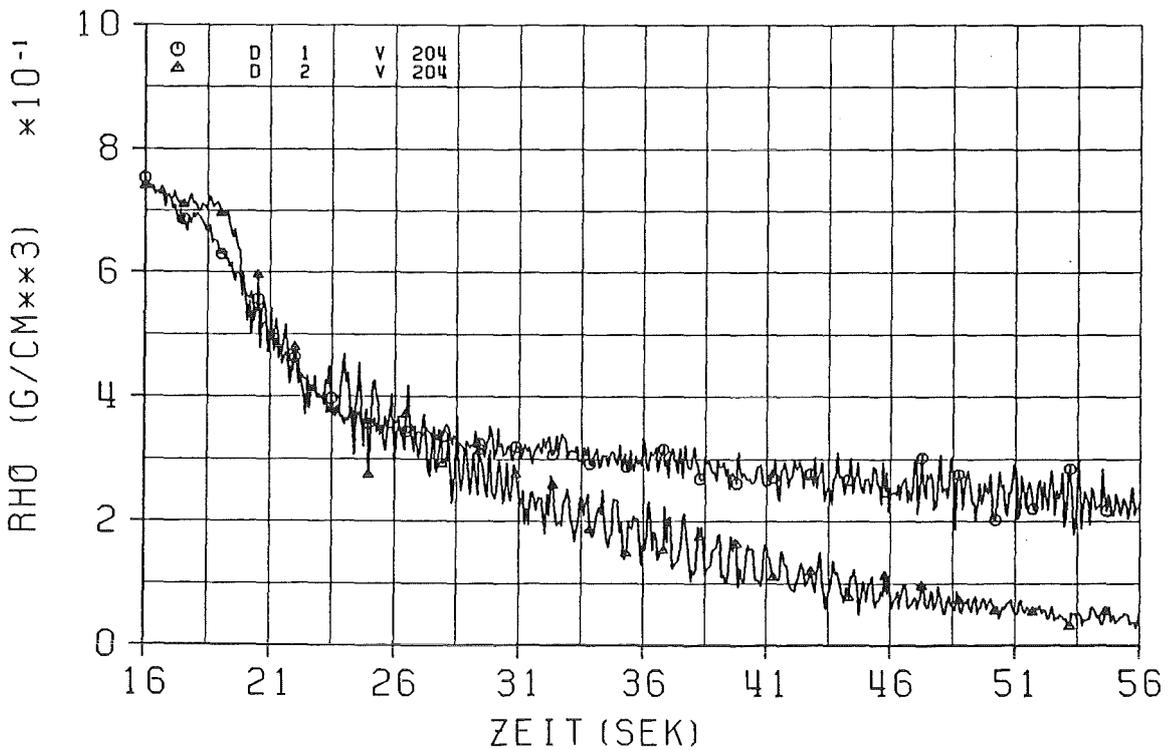


Abb. 3.42 Versuch V204 Dichte-Messwertverläufe  
(V204-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )  
D1 - im Unterplenum  
D2 - im Oberplenum

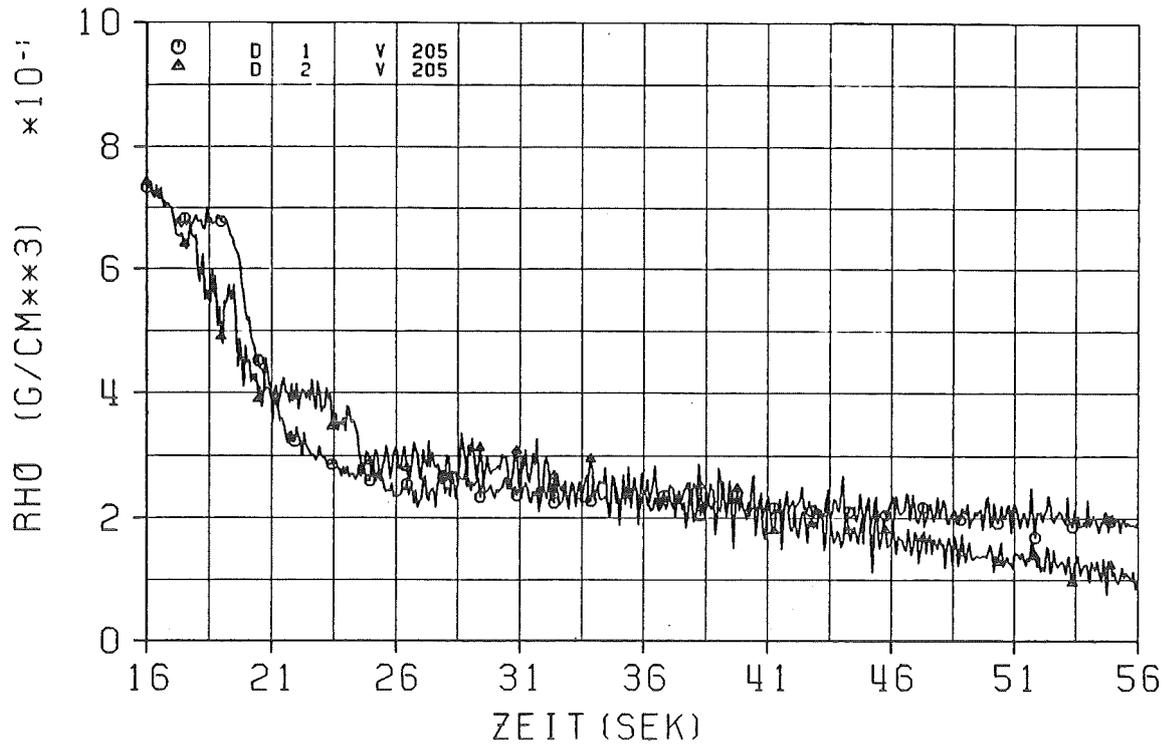


Abb. 3.43 Versuch V205 Dichte-Meßwertverläufe  
(V205-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung)  
D1 - im Unterplenium  
D2 - im Oberplenium

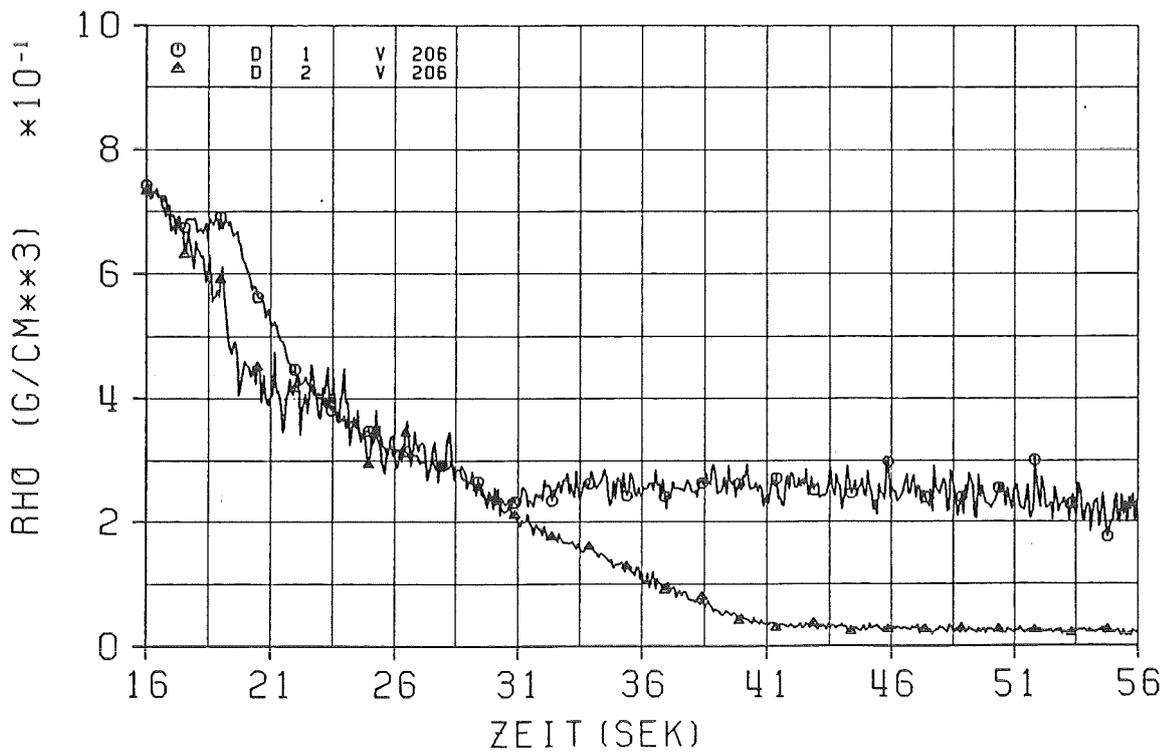


Abb. 3.44 Versuch V206 Dichte-Meßwertverläufe  
(V206-transientes Verfahren der Ventile Beheizung)  
D1 - im Unterplenium  
D2 - im Oberplenium

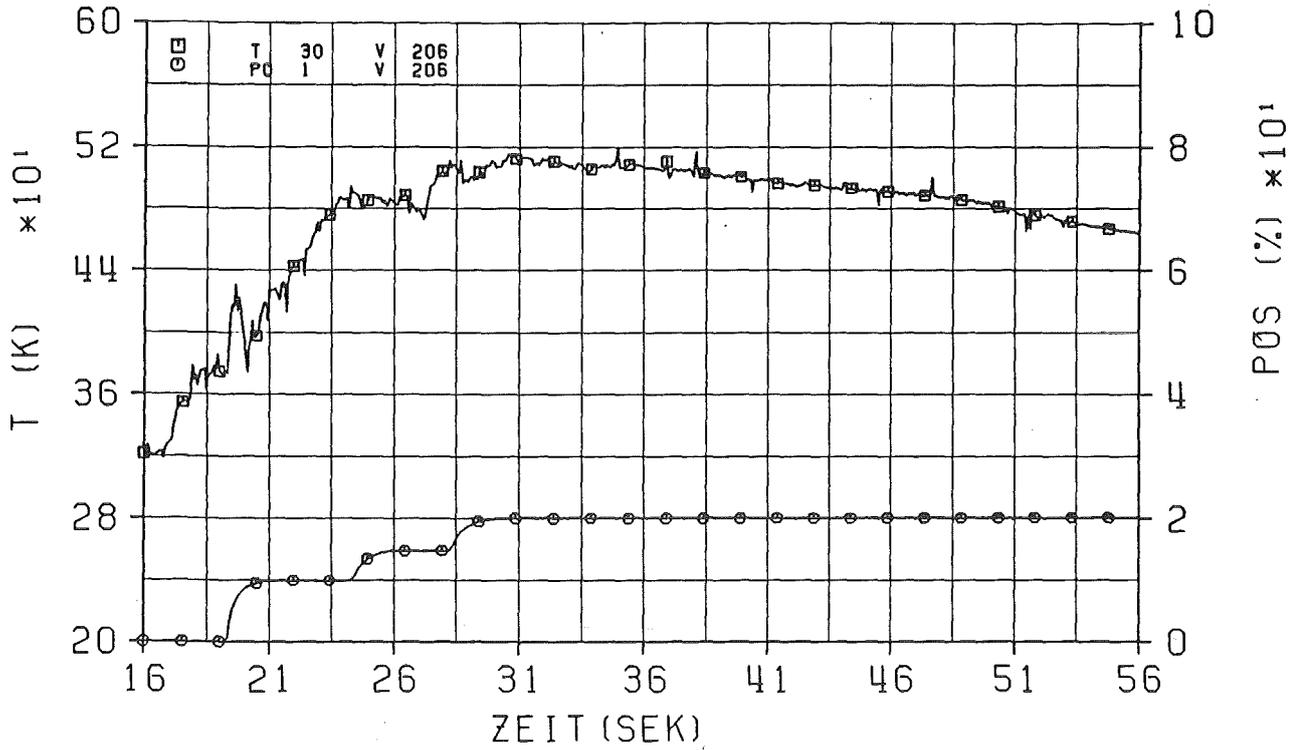


Abb. 3.45 Versuch V206 Meßwerte untere Blowdown-Leitung  
(V206-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )  
T30 - Fluidtemperatur in der unteren Blowdown-Leitung  
PO1 - Ventilstellung in der unteren Blowdown-Leitung

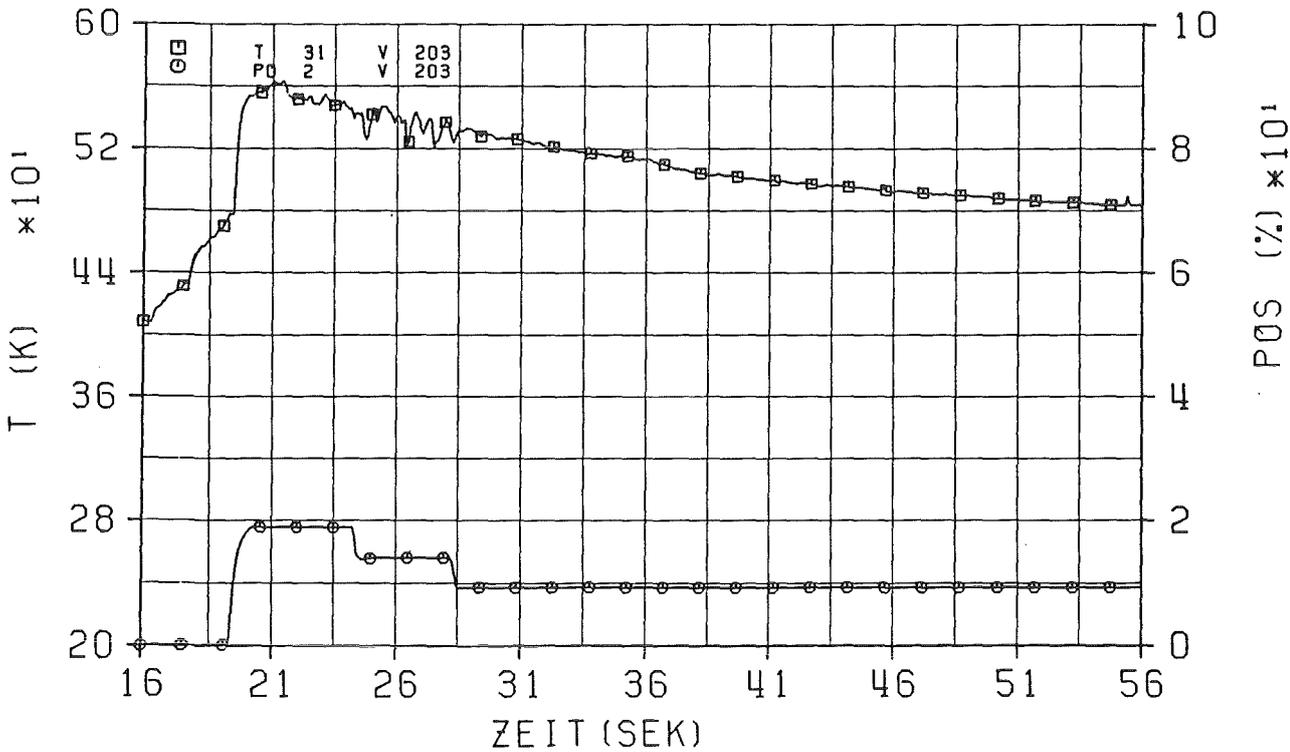


Abb. 3.46 Versuch V203. Meßwerte oberer Blowdown-Leitung  
(V203-transientes Verfahren der Ventile; ohne Beheizung )  
T31 - Fluidtemperatur in der oberen Blowdown-Leitung  
PO2 - Ventilstellung in der oberen Blowdown-Leitung

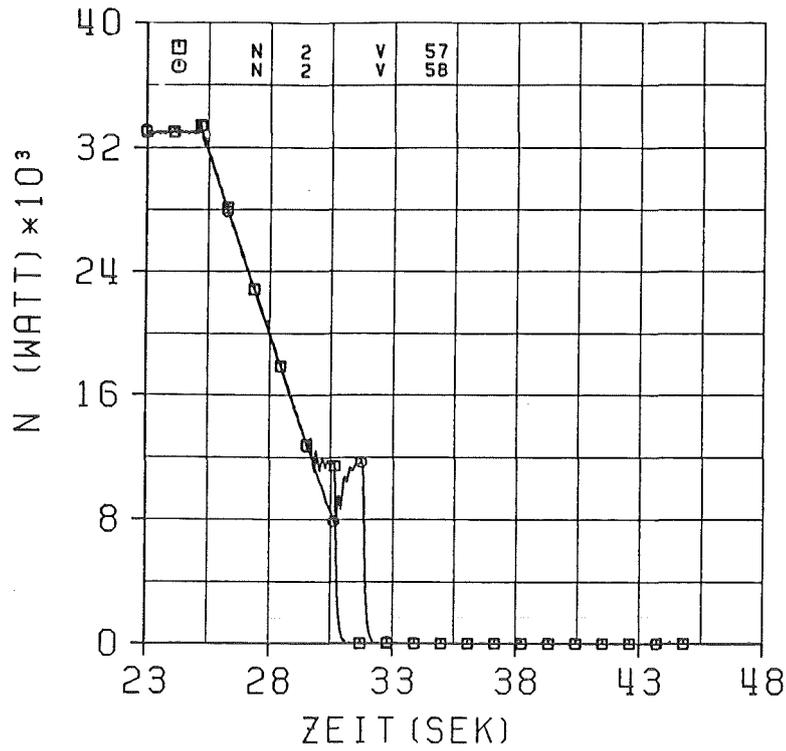


Abb. 4.1 Versuche V57, V58  
N 2 - WUS Stableistung

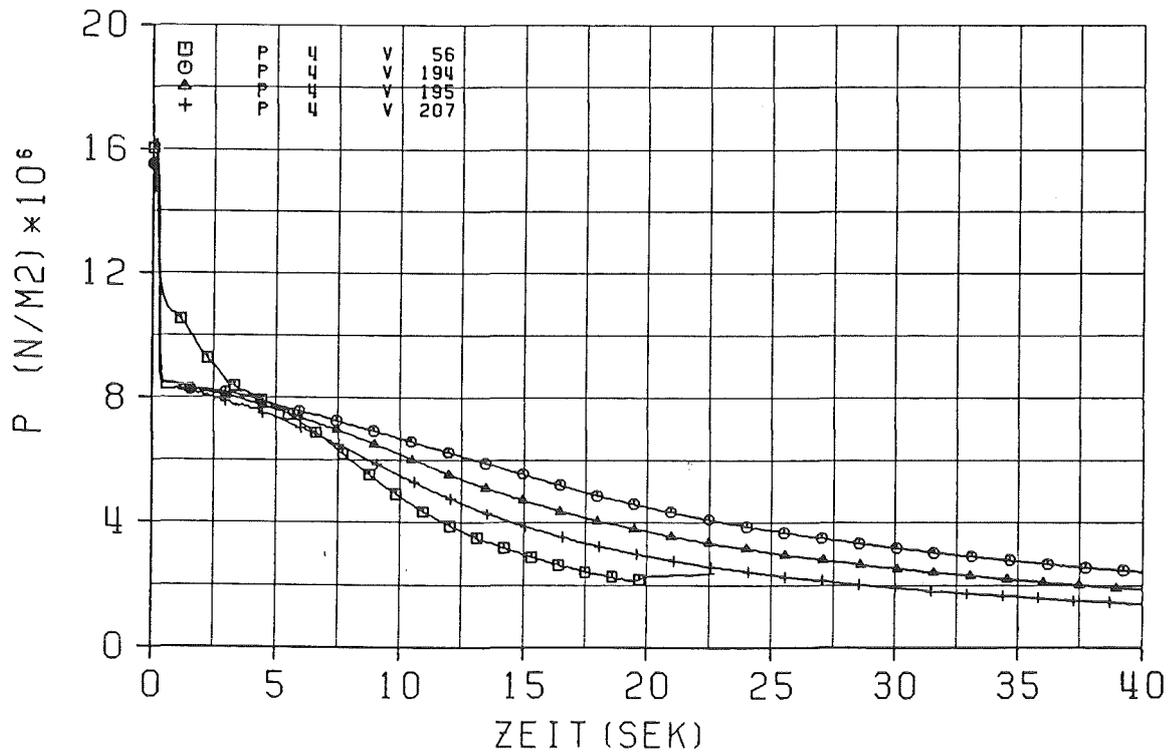


Abb. 4.2 Versuchs-Vergleiche der Systemdruckverläufe  
 V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 V194 transientes Verfahren Ventil PO2; ohne Beheizung  
 V195 transientes Verfahren Ventil PO2; ohne Beheizung  
 V207 transientes Verfahren Ventil PO2; ohne Beheizung

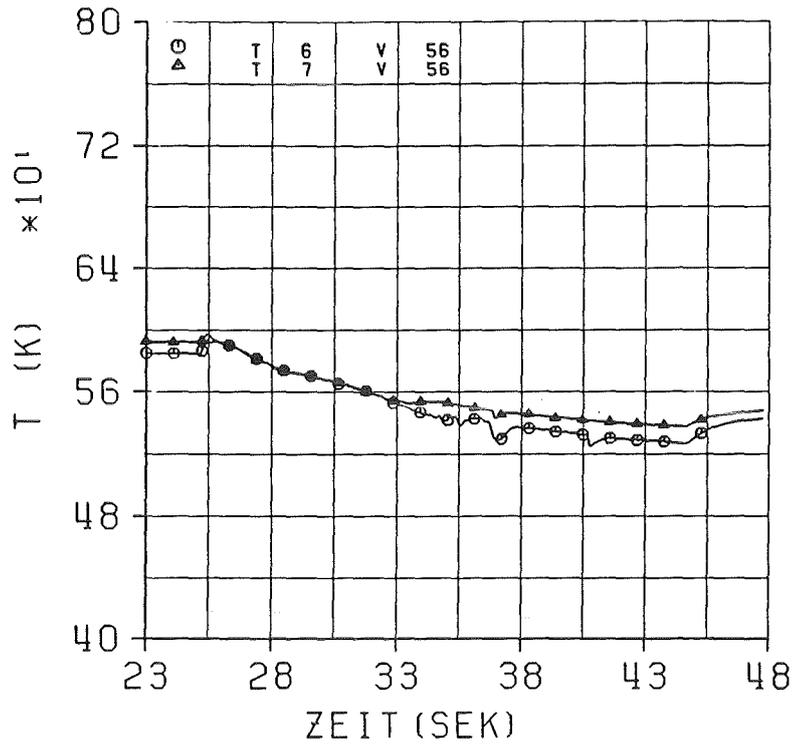


Abb. 4.3 Versuch V56 Fluidtemperaturen  
V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
T6 - unterhalb der beheizbaren Zone  
T7 - oberhalb der beheizbaren Zone

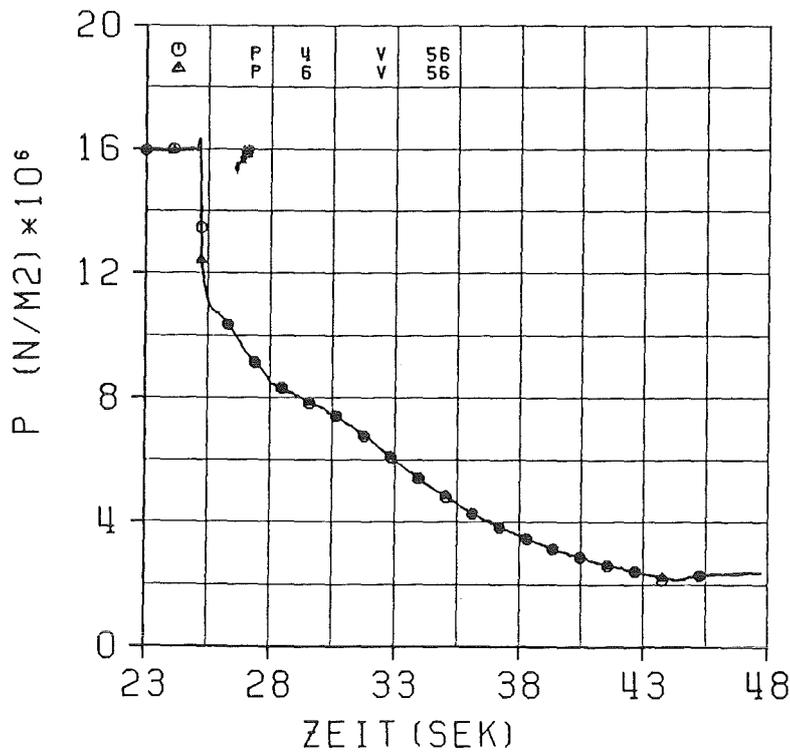


Abb. 4.4 Versuch V56 Systemdruckverlauf  
V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
P4 - Druck im Unterplenum  
P6 - Druck im Oberplenum

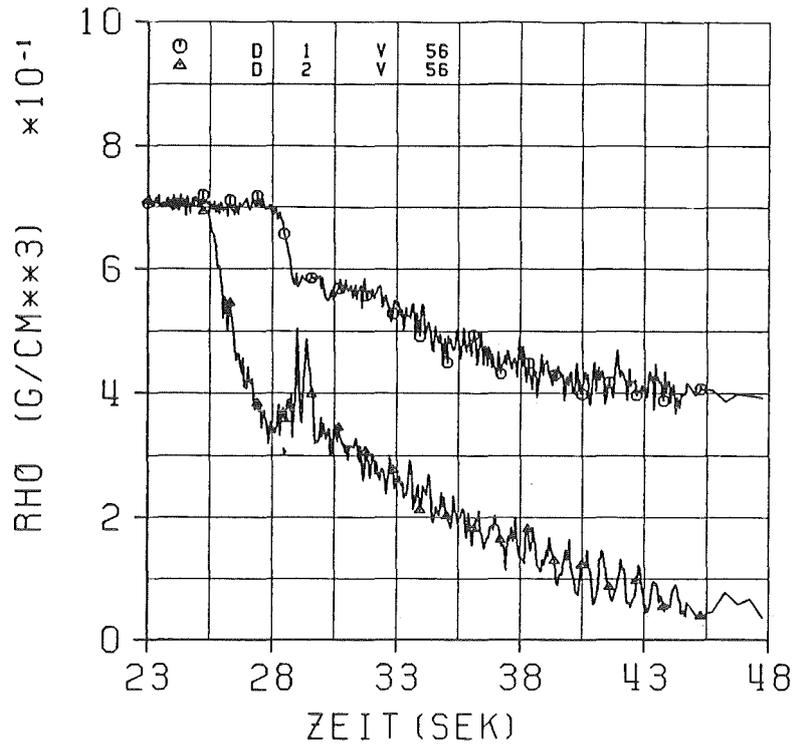


Abb. 4.5 Versuch V56 Dichtemesswerte  
 V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 D1 - Dichte im Unterplenum  
 D2 - Dichte im Oberplenum

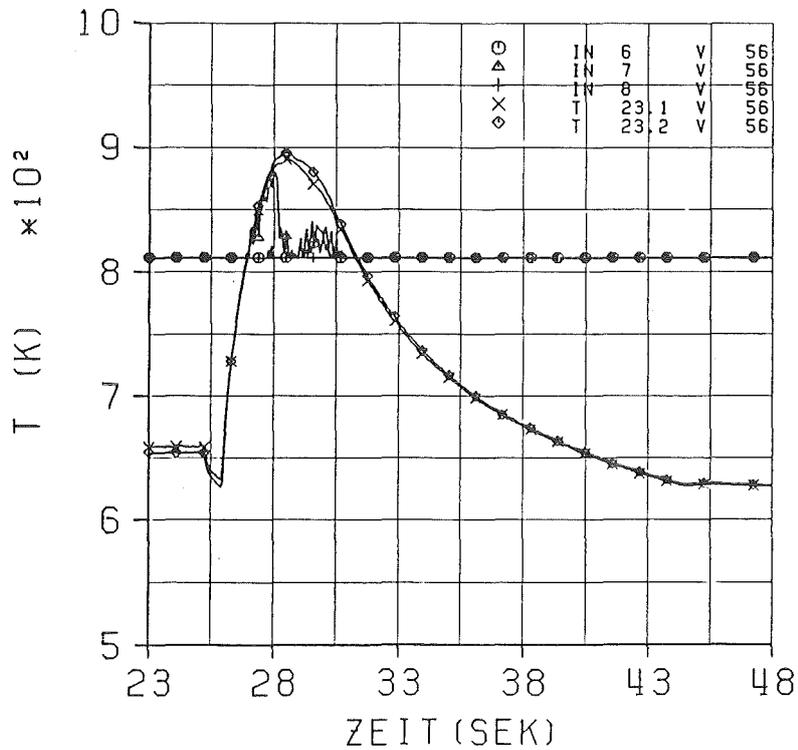


Abb. 4.6 Versuch V56 Hüllrohrtemperaturen obere Stabhälfte  
 V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 IN6, 7, 8 - Pyrometer-Messungen  
 T23.1, 23.2 - Thermoelement-Messungen

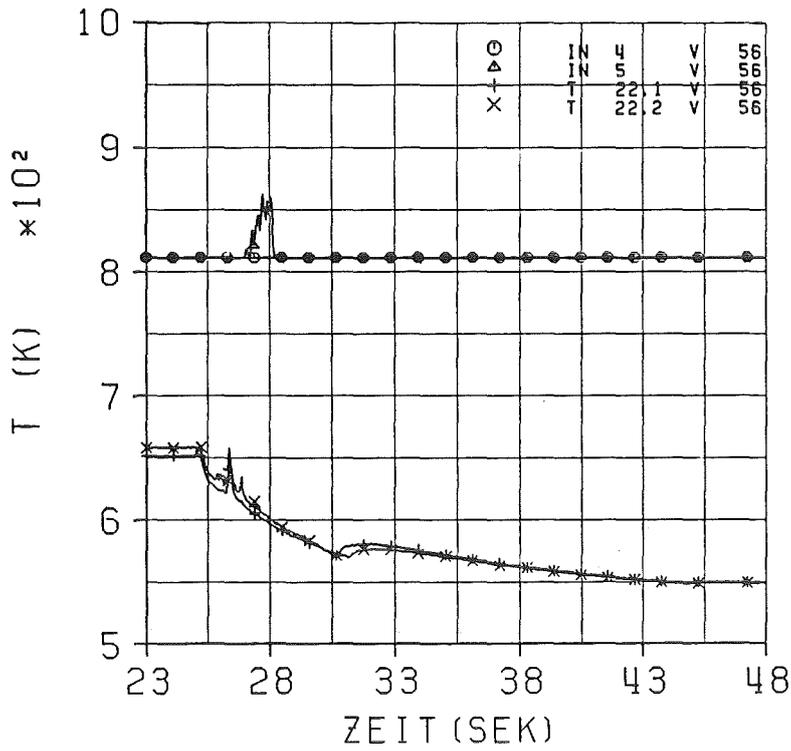


Abb. 4.7 Versuch V56 Hüllrohrtemperaturen Stabmitte (Abstandshalterbereich)  
 V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 IN4, 5 - Pyrometer-Messungen  
 T22.1, 22.2 - Thermoelement-Messungen

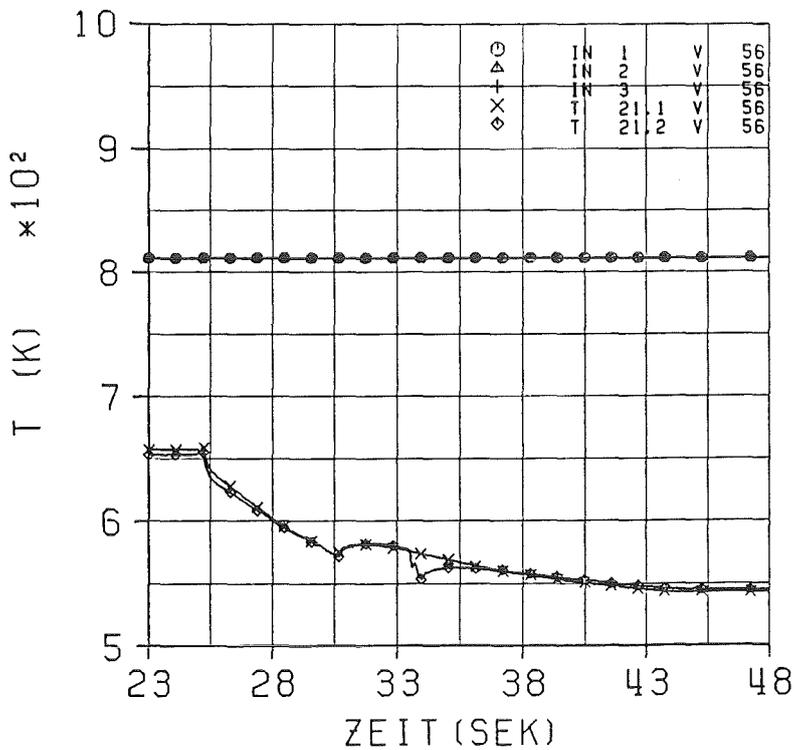


Abb. 4.8 Versuch V56 Hüllrohrtemperaturen untere Stabhälfte  
 V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 IN1, 2, 3 - Pyrometer-Messungen  
 T21.1 21.2 - Thermoelement-Messungen

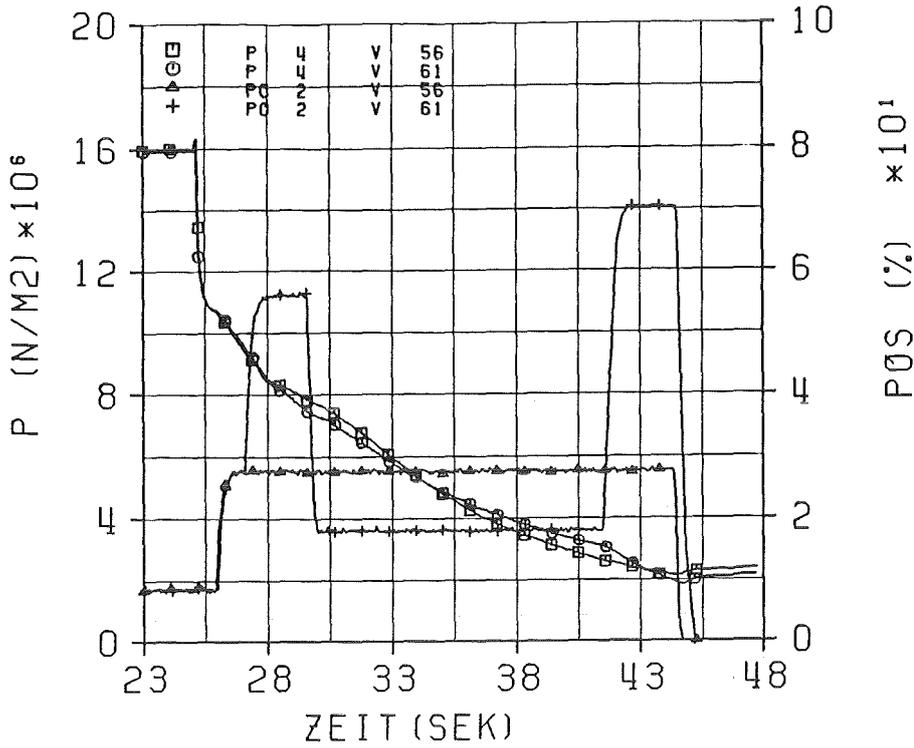


Abb. 4.9 Versuchs-Vergleich Korrelation Systemdruck-Ventilsteuernung  
 V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 V61 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 P4 - Systemdruck im Unterplenium  
 PO2 - Ventilstellung in der oberen Blowdown-Leitung

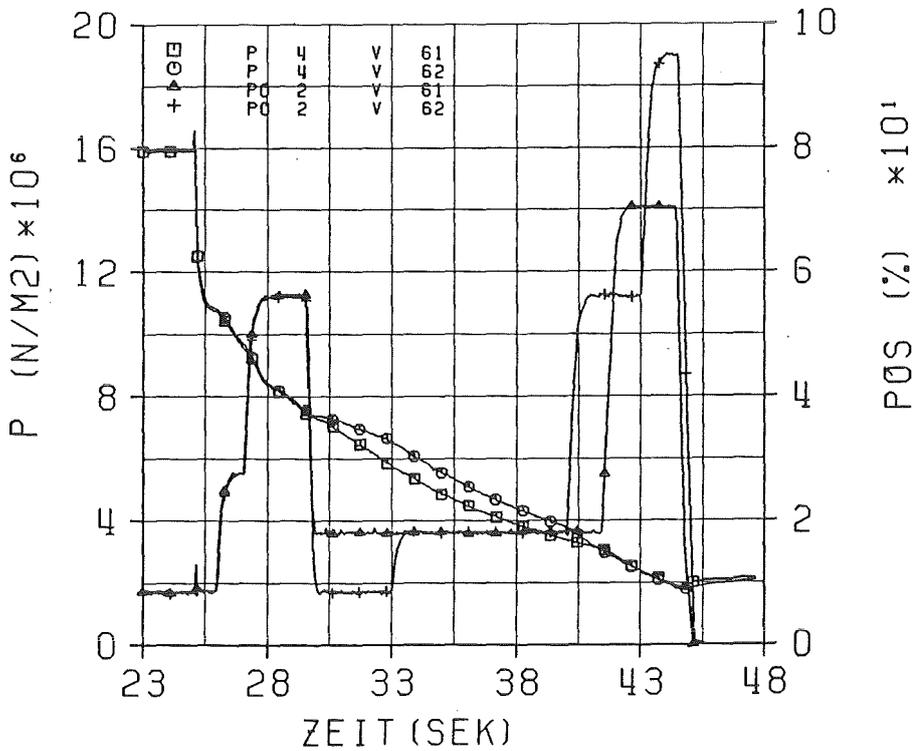


Abb. 4.10 Versuchs-Vergleich Korrelation Systemdruck-Ventilsteuernung  
 V61 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 V62 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 P4 - Systemdruck im Unterplenium  
 PO2 - Ventilstellung in der oberen Blowdown-Leitung

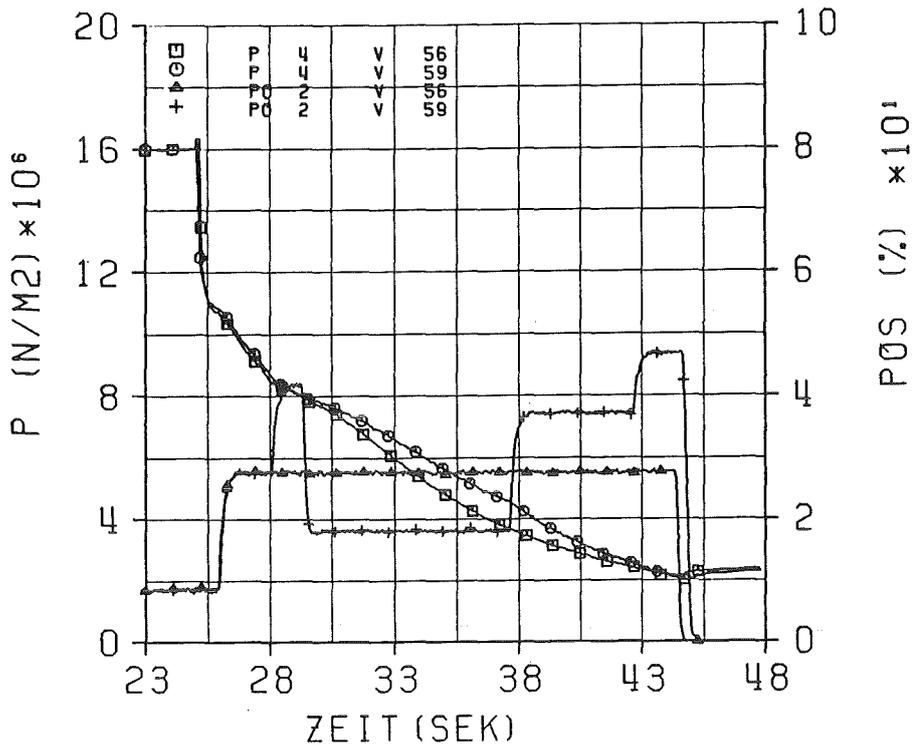


Abb. 4.11 Versuchs-Vergleich Korrelation Systemdruck-Ventilsteuernung  
 V56 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 V59 transientes Verfahren Ventil PO2; mit Beheizung  
 P4 - Systemdruck im Unterplenium  
 PO2 - Ventilstellung in der oberen Blowdown-Leitung

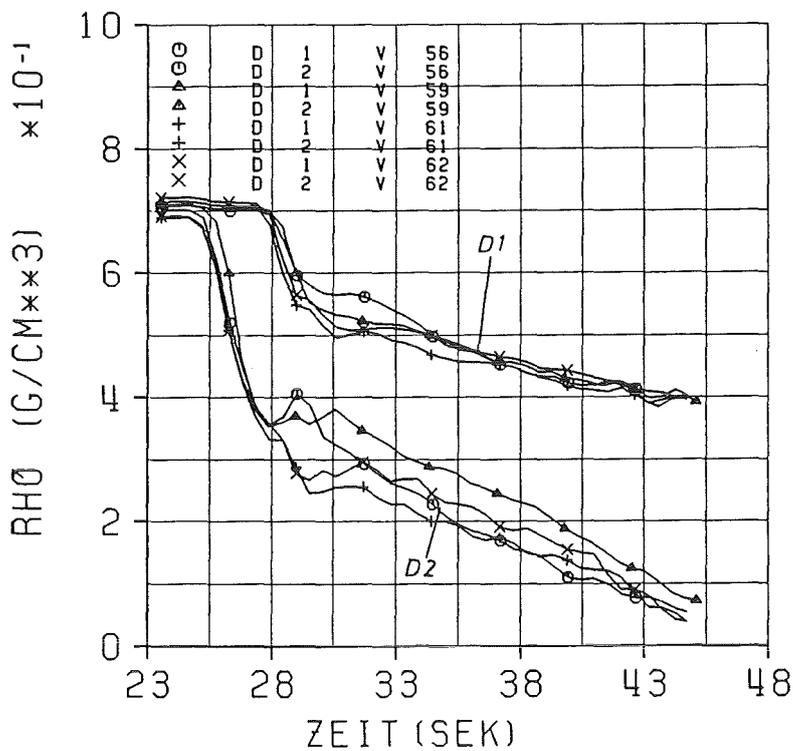


Abb. 4.12 Versuchs-Vergleiche - Dichteverläufe  
 D1 - (geglättet) im Unterplenium  
 D2 - (geglättet) im Oberplenium

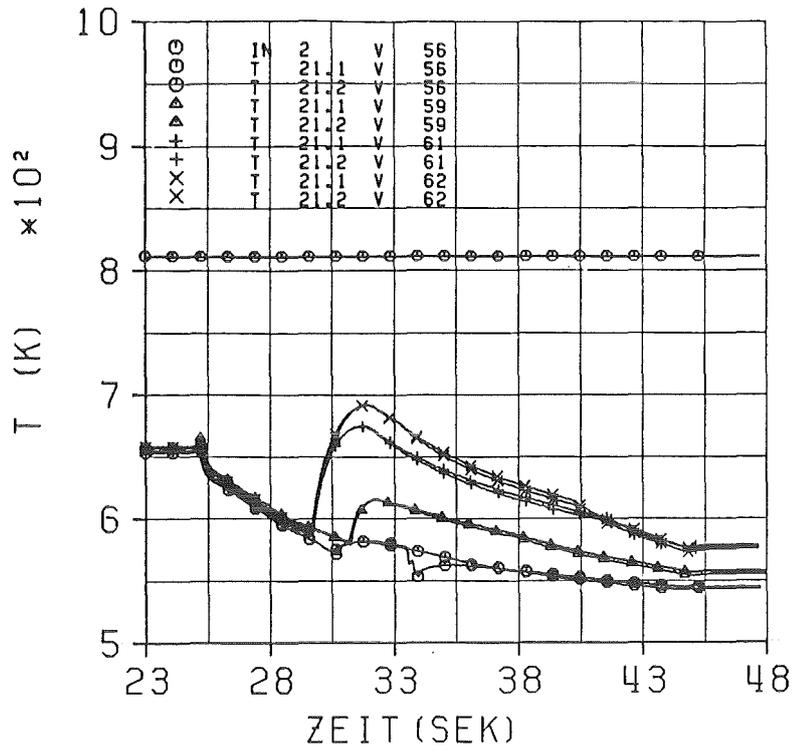


Abb. 4.13 Versuchs-Vergleiche - Hüllrohrtemperaturen  
T21.1, T21.2 Thermoelementmessungen untere Stabhälfte

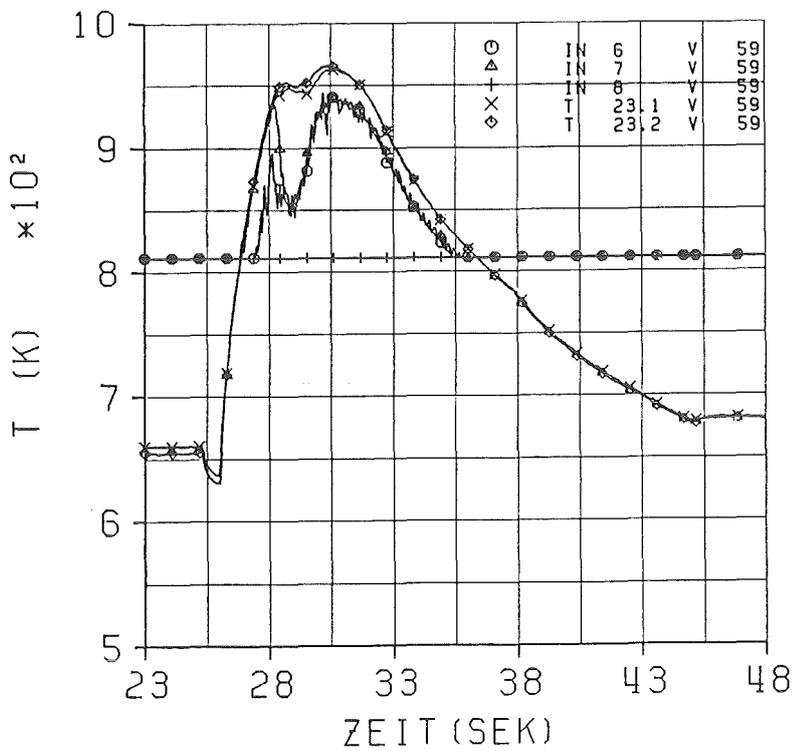


Abb. 4.14 Versuch V59 - Hüllrohrtemperaturen  
IN6, 7, 8 Pyrometermessungen obere Stabhälfte  
T23.1, 23.2 Thermoelementmessungen obere Stabhälfte

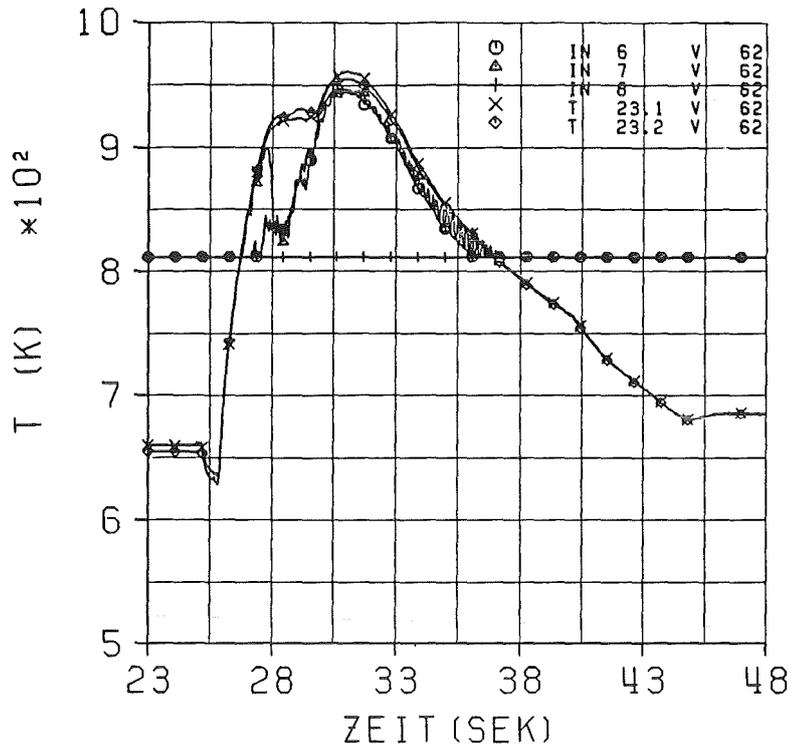


Abb. 4.15 Versuch V62 - Hüllrohrtemperaturen  
 IN6, 7, 8 Pyrometermessungen obere Stabhälfte  
 T23.1, 23.2 Thermoelementmessungen obere Stabhälfte

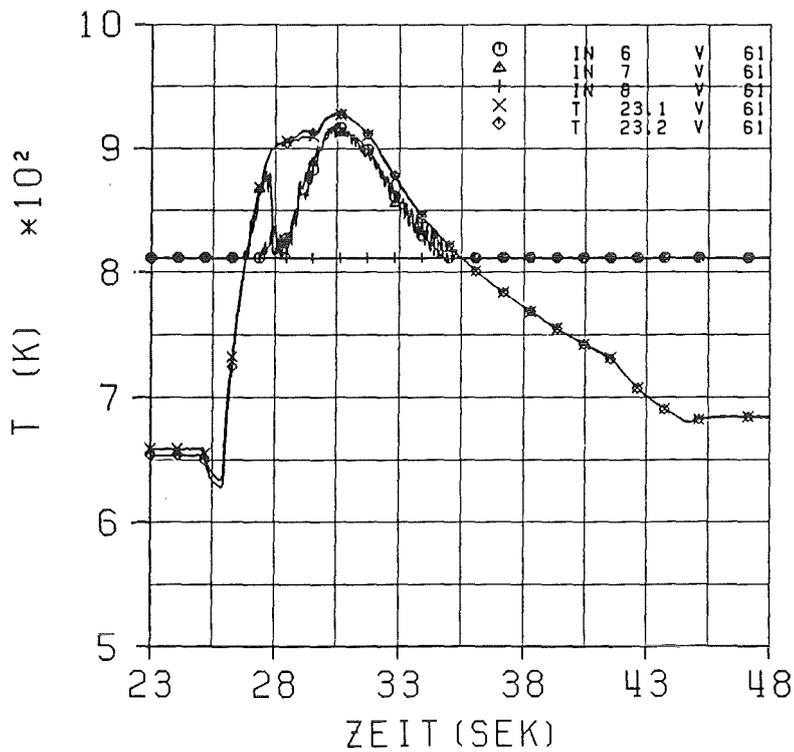


Abb. 4.16 Versuch V61 - Hüllrohrtemperaturen  
 IN6, 7, 8 Pyrometermessungen obere Stabhälfte  
 T23.1, 23.2 Thermoelementmessungen obere Stabhälfte

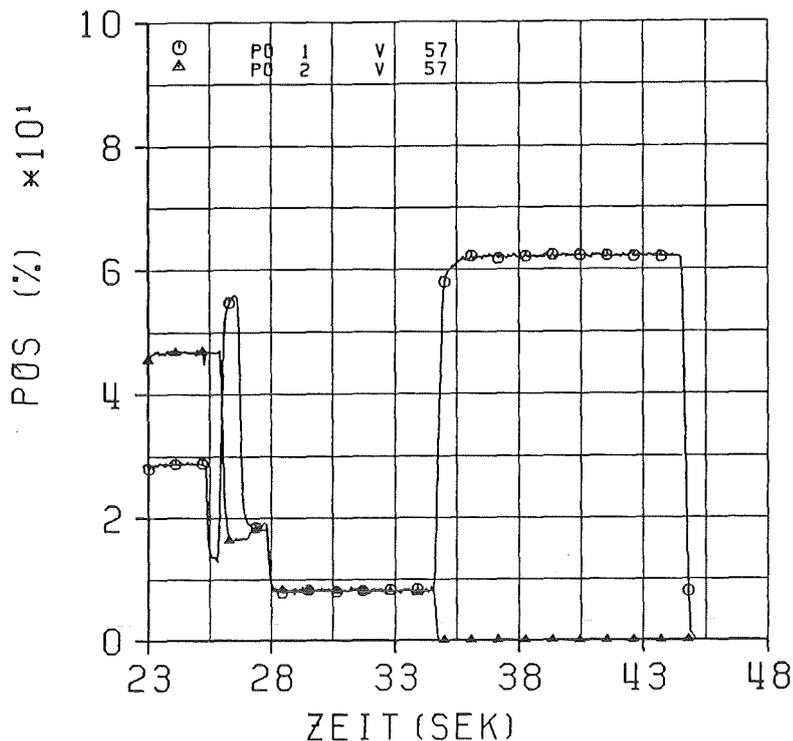


Abb. 4.17 Versuch V57 - Ventilsteuerprogramm  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenium; mit Beheizung  
 PO 1 Ventilstellung untere Blowdownleitung  
 PO 2 Ventilstellung obere Blowdownleitung

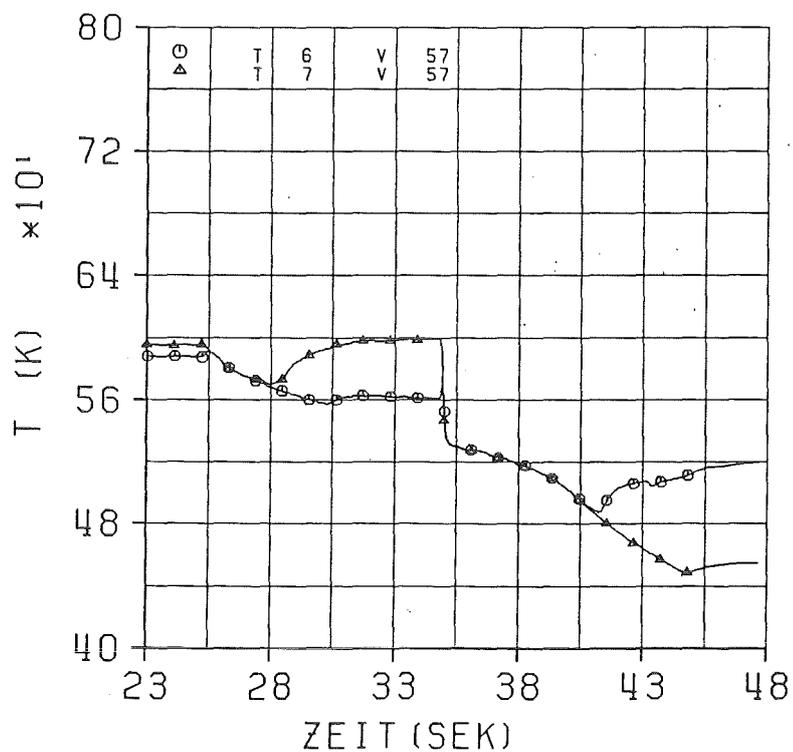


Abb. 4.18 Versuch V57 - Fluidtemperaturen  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenium; mit Beheizung  
 T6 - unterhalb der beheizten Zone  
 T7 - oberhalb der beheizten Zone

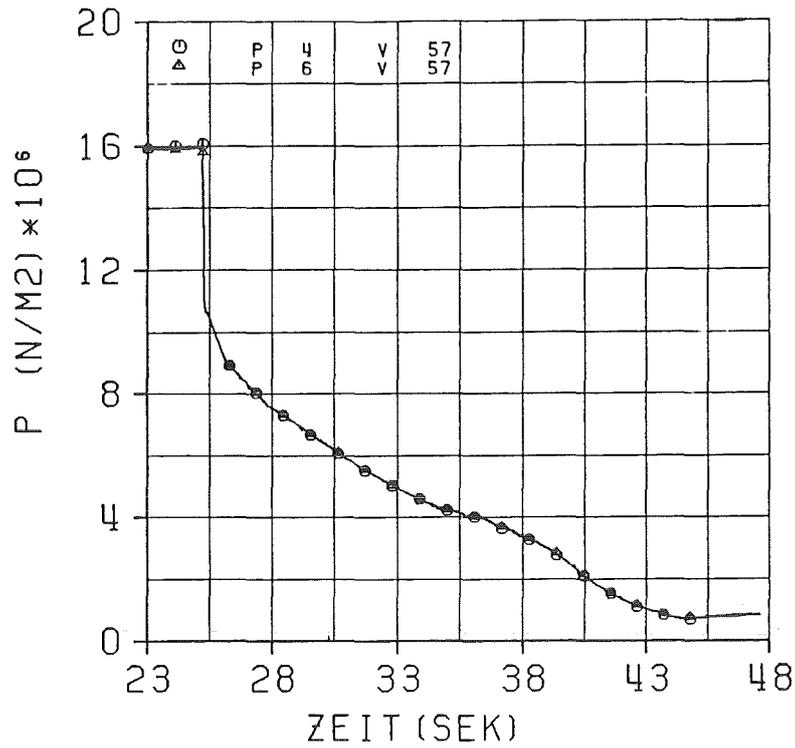


Abb. 4.19 Versuch V57 - Systemdruckverlauf  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenum; mit Beheizung  
 P4 - Druck im Unterplenum  
 P6 - Druck im Oberplenum

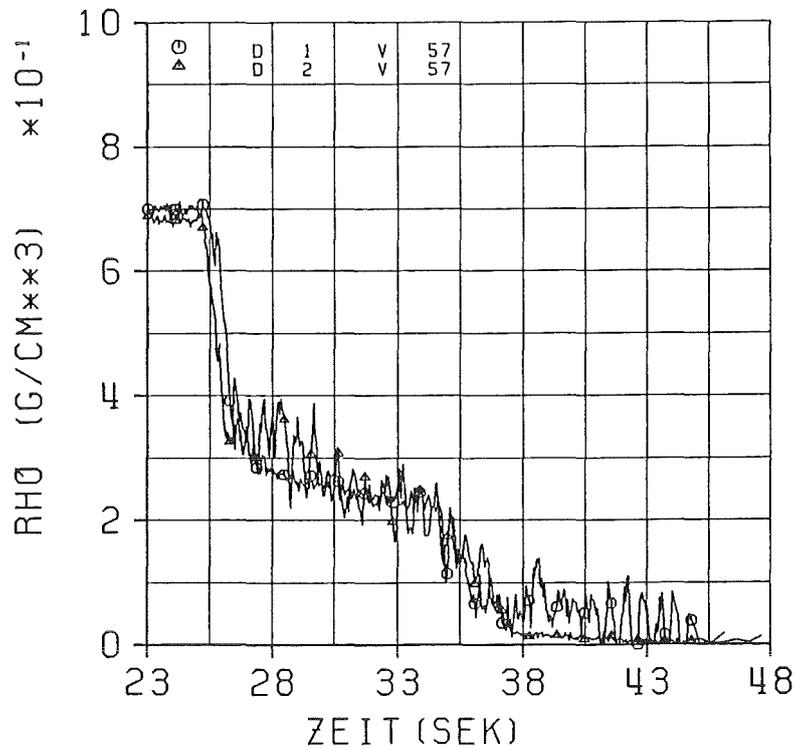


Abb. 4.20 Versuch V57 - Dichtemesswertverlauf  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenum; mit Beheizung  
 D1 - Dichte im Unterplenum  
 D2 - Dichte im Oberplenum

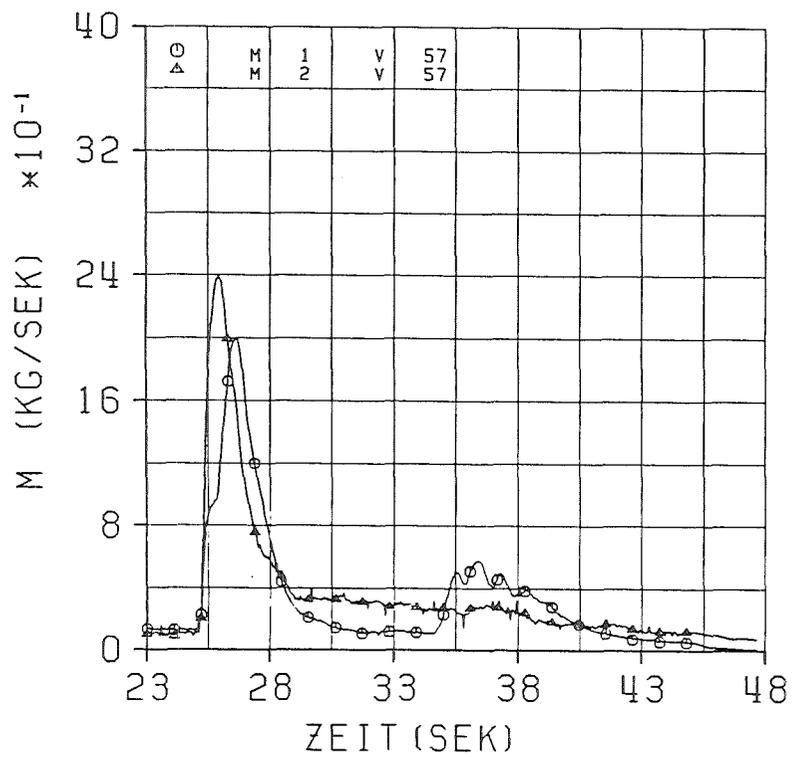


Abb. 4.21 Versuch V57 - Leckmassenstromverlauf  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenium; mit Beheizung  
 M1 - untere Blowdownleitung  
 M2 - obere Blowdownleitung

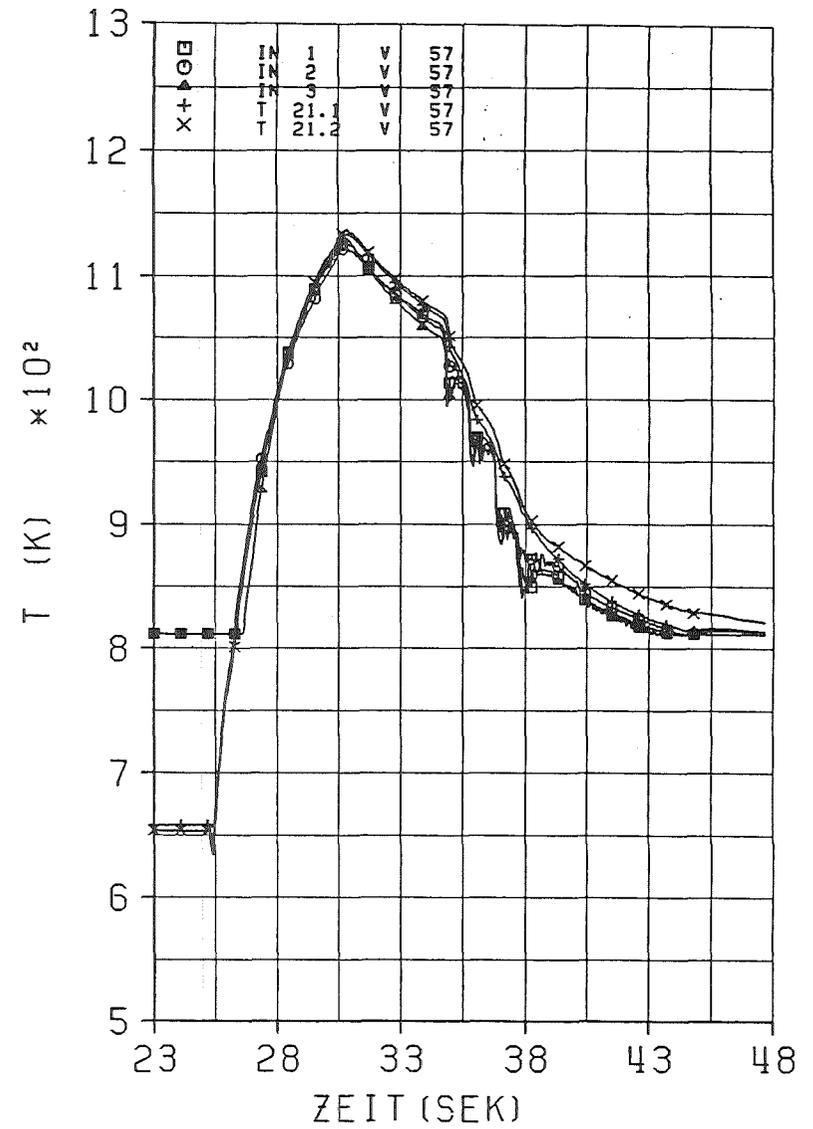


Abb. 4.22 Versuch V57 - Hüllrohrtemperaturverlauf  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenium; mit Beheizung  
 IN 1, 2, 3 Pyrometermessungen untere Stabhälfte  
 T21.1, 21.2 Thermoelementmessungen untere Stabhälfte

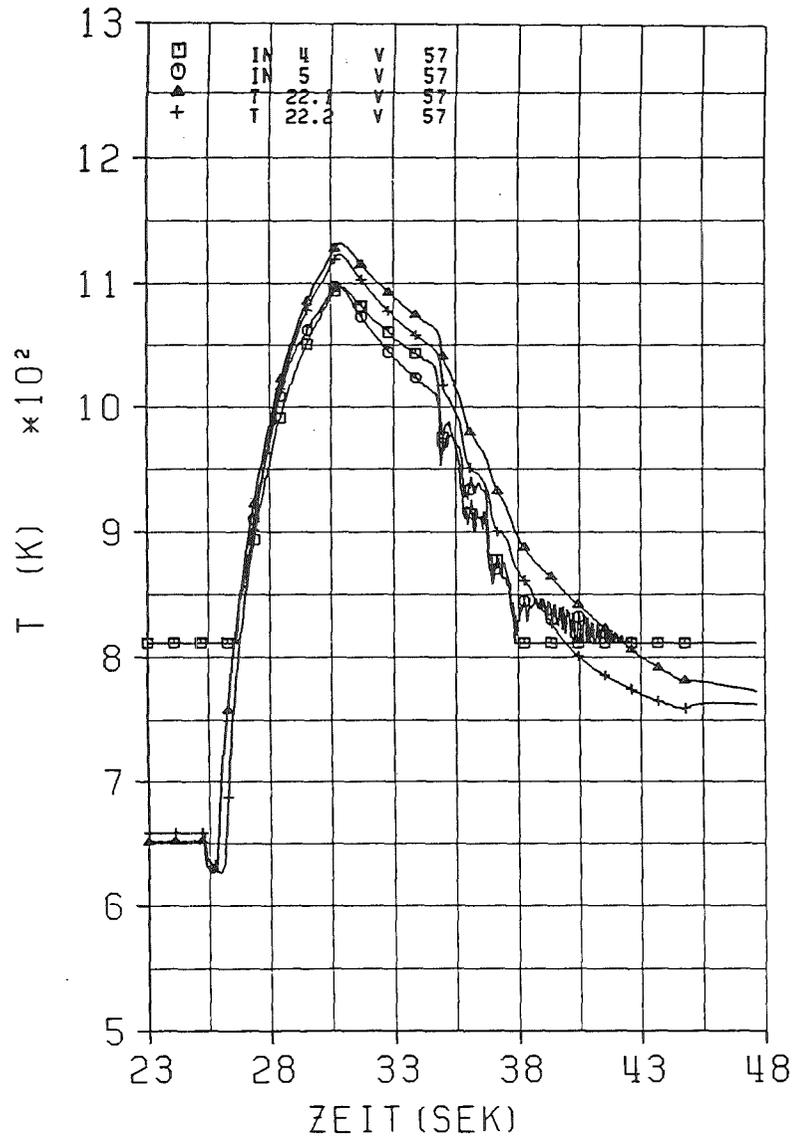


Abb. 4.23 Versuch V57 - Hüllrohrtemperaturverlauf  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenium; mit Beheizung  
 IN 4, 5 Pyrometermessungen im Abstandhalterbereich  
 T22.1, 22.2 Thermoelementmessungen im Abstandhalterbereich

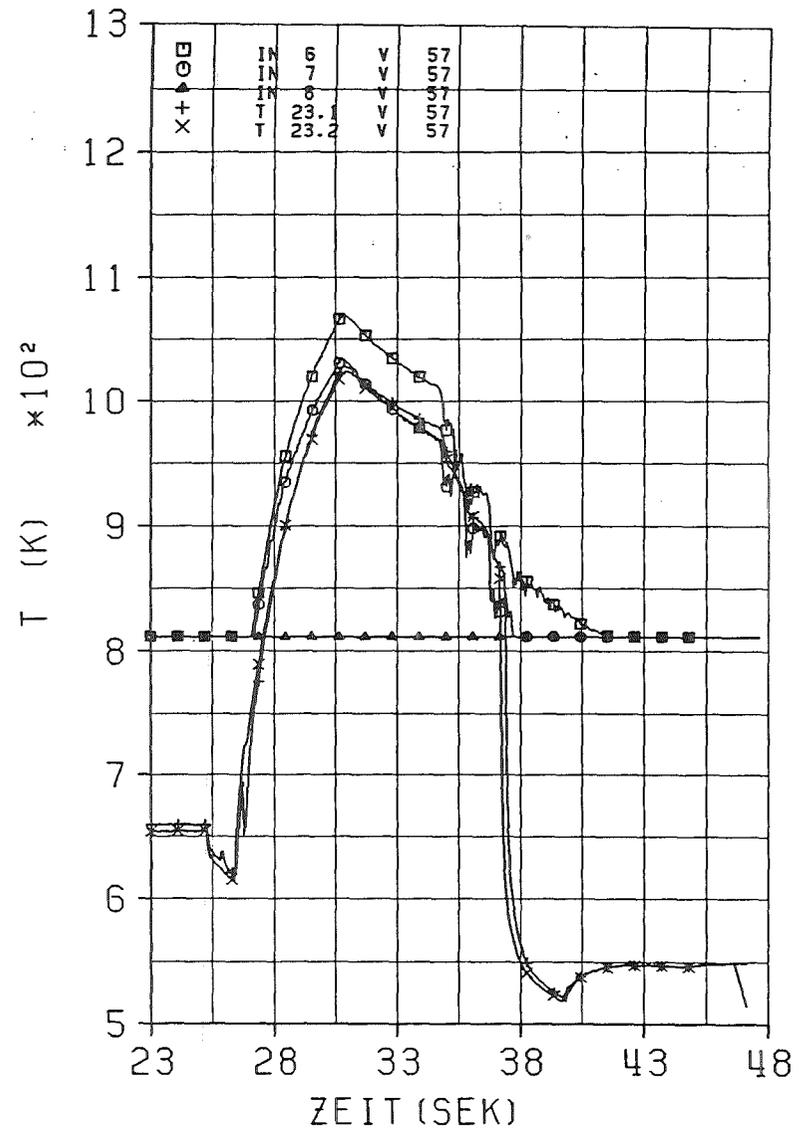


Abb. 4.24 Versuch V57 - Hüllrohrtemperaturverlauf  
 V57 Abblasen aus Ober- und Unterplenium; mit Beheizung  
 IN 6, 7, 8 Pyrometermessungen obere Stabhälfte  
 T23.1, 23.2 Thermoelementmessungen obere Stabhälfte

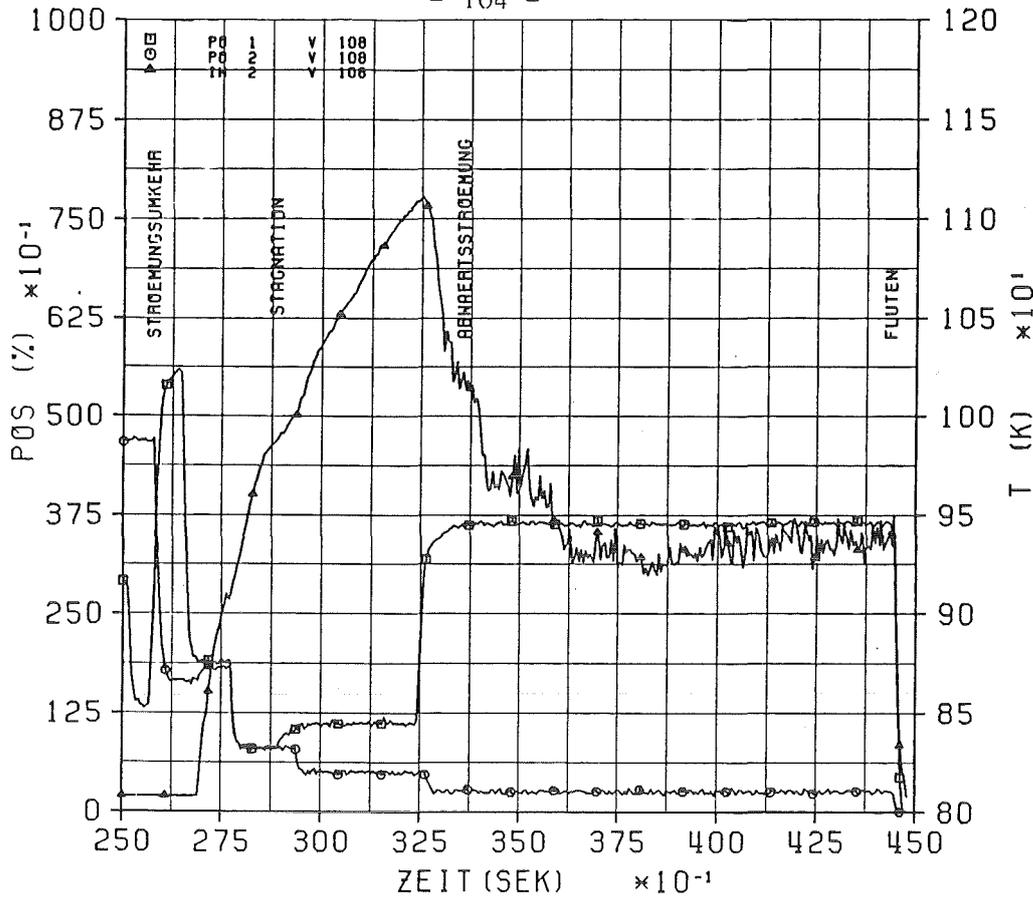


Abb. 5.1 Versuch V108 COSTRA Transiente  
 Korrelation Ventilsteuerprogramm zu Hüllrohrtemperatur  
 PO 1 Ventilstellung untere Blowdownleitung  
 PO 2 Ventilstellung obere Blowdownleitung  
 IN 2 Pyrometermessung untere Stabhälfte

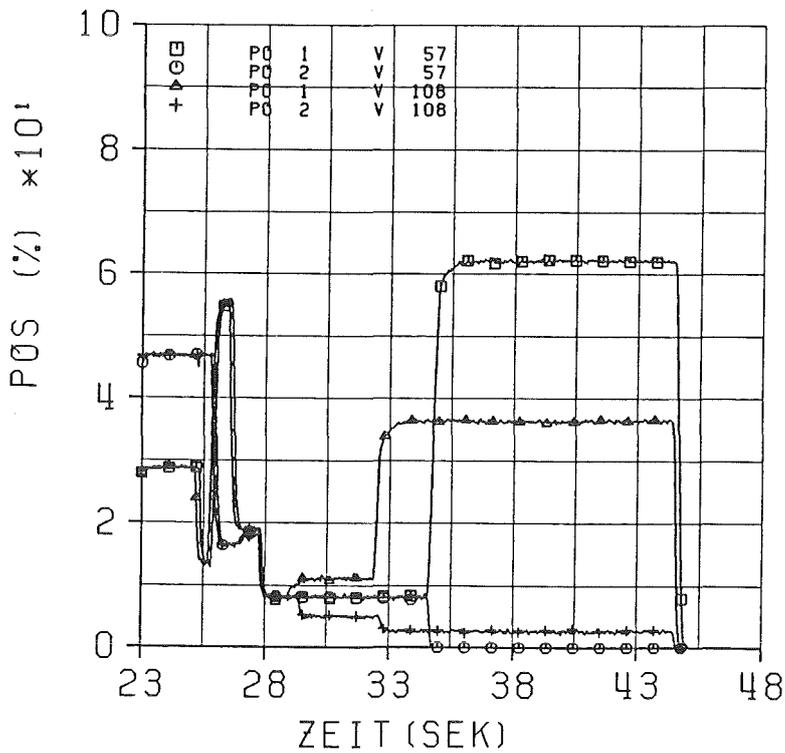


Abb. 5.2 Vergleich Ventilsteuerprogramm V57, V108  
 V57 'WUS' Versuch mit Beheizung  
 V108 'SIM' COSTRA Transiente mit Beheizung  
 PO 1 Ventilstellung untere Blowdownleitung

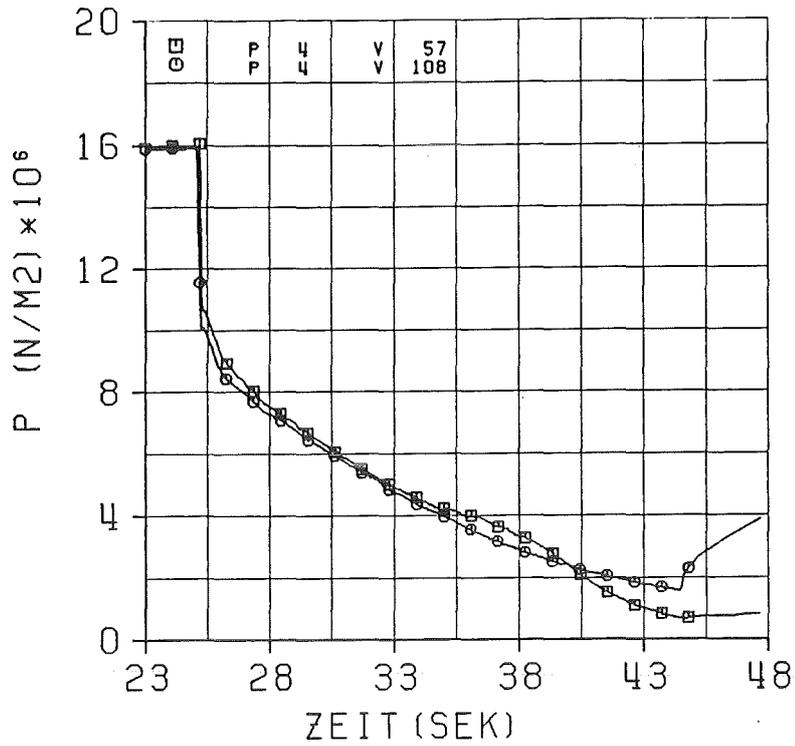


Abb. 5.3 Vergleich Systemdruckverlauf V57, V108  
 V57 'WUS' Versuch mit Beheizung  
 V108 'SIM' COSTRA Transiente mit Beheizung  
 P 4 Druck im Unterplenium

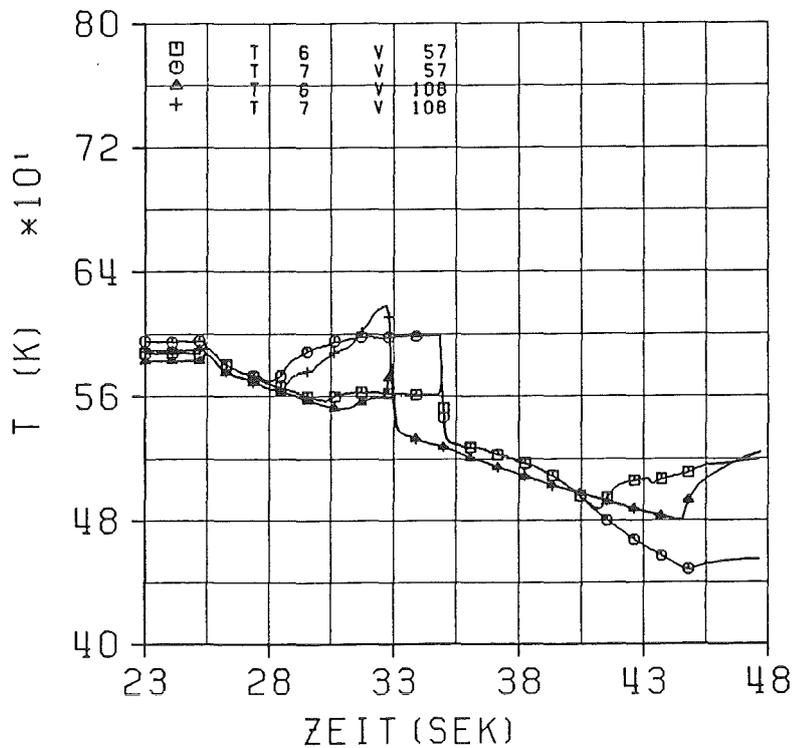


Abb. 5.4 Vergleich Fluidtemperaturverlauf V57, V108  
 V57 'WUS' Versuch mit Beheizung  
 V108 'SIM' COSTRA Transiente mit Beheizung  
 T6 - unterhalb der beheizten Zone  
 T7 - oberhalb der beheizten Zone

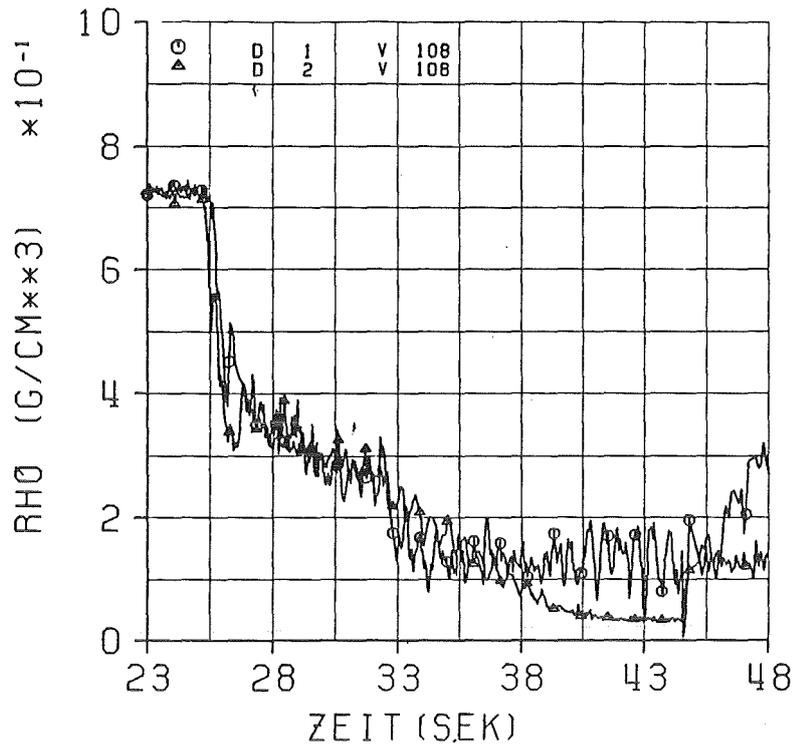


Abb. 5.5 Versuch V108 Dichte-Messwertverlauf  
 V108 'SIM' COSTRA Transiente  
 D1 - Unterplenum  
 D2 - Oberplenum

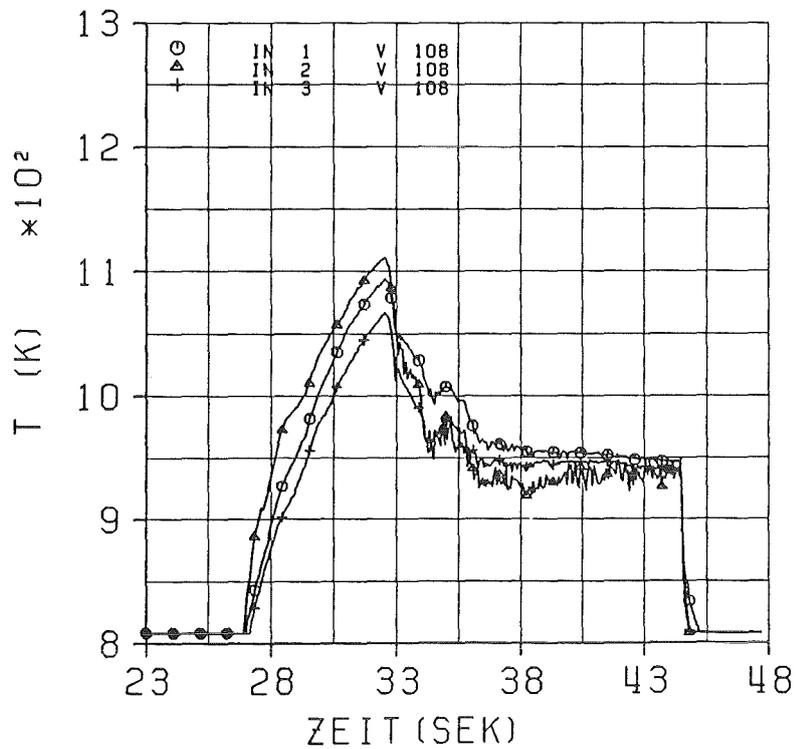


Abb. 5.6 Versuch V108 Hüllrohroberflächentemperatur  
 V 108 'SIM' COSTRA Transiente  
 IN1, 2, 3 - untere Stabhälfte

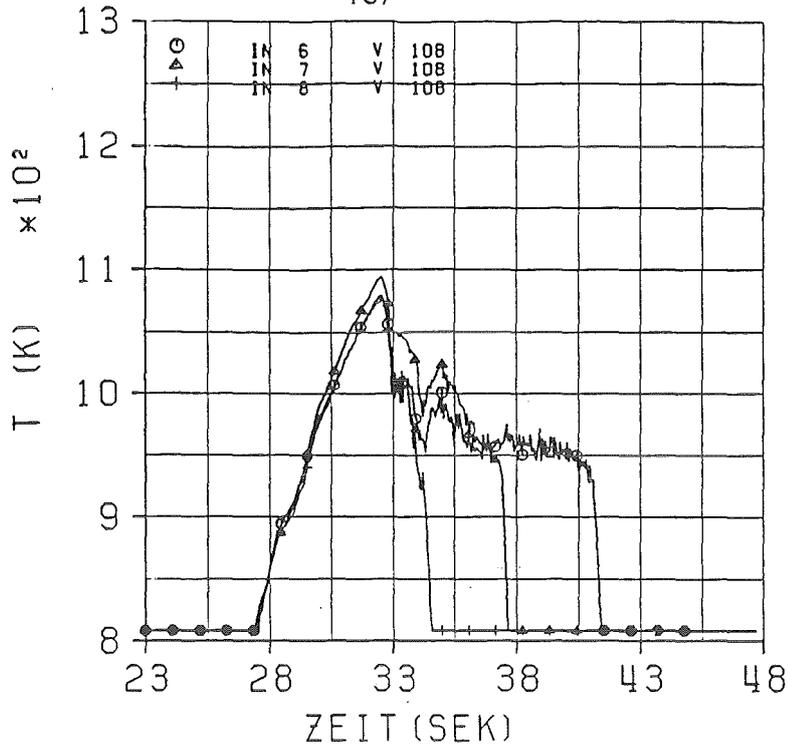


Abb. 5.7 Versuch V108 Hüllrohroberflächentemperatur  
 V 108 'SIM' COSTRA Transiente  
 IN6, 7, 8 - obere Stabhälfte

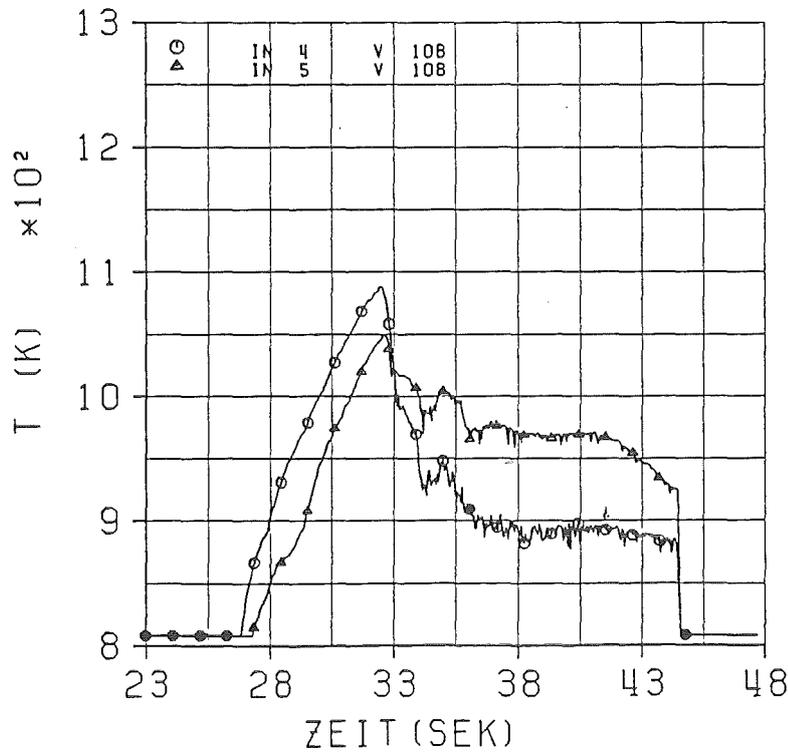


Abb. 5.8 Versuch V108 Hüllrohroberflächentemperatur  
 V 108 'SIM' COSTRA Transiente  
 IN4, 5 - Einflußbereich des Abstandshalters

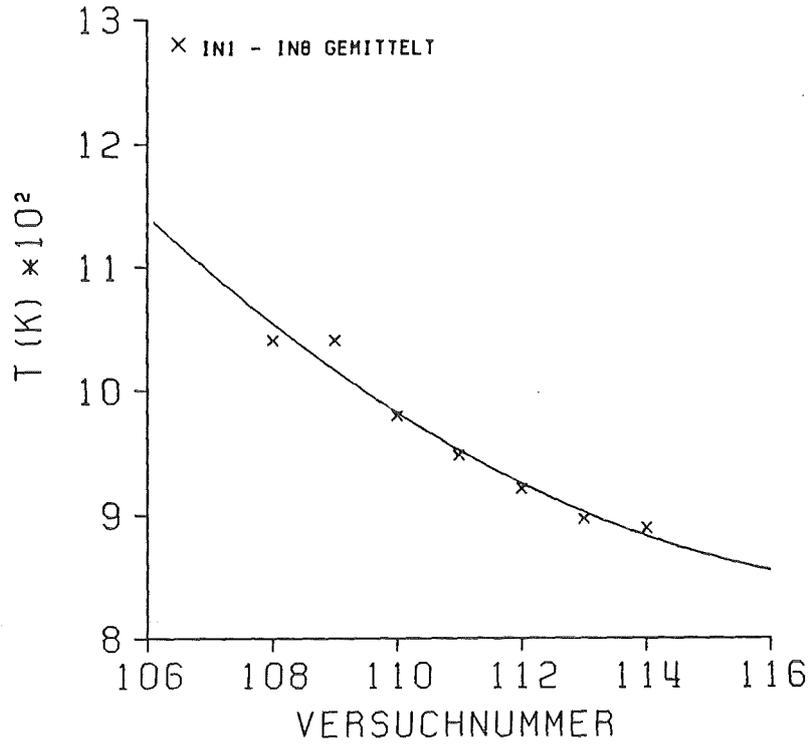


Abb. 5.9 Hüllrohroberflächentemperaturen für V108 - V114  
 'Relocation-Tests mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Pellets'  
 über Zeit ( 31s - 32s ) und Ort ( IN1 - IN8 ) gemittelt

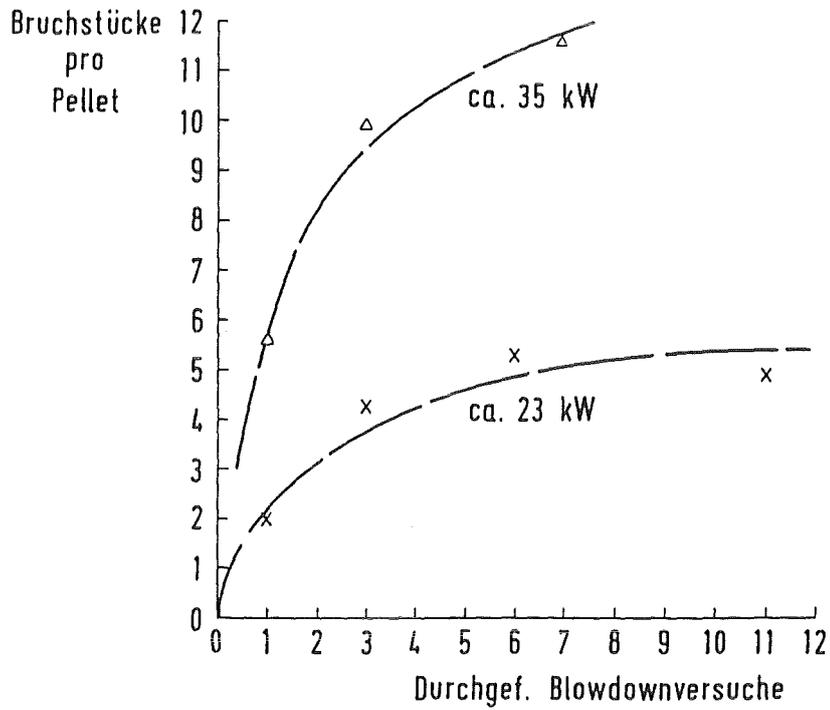


Abb. 5.10 Pelletbruchstücke  $y = f(N, ib)$   
 N = Stabileistung SIM  
 ib = Anzahl der Blowdownversuche

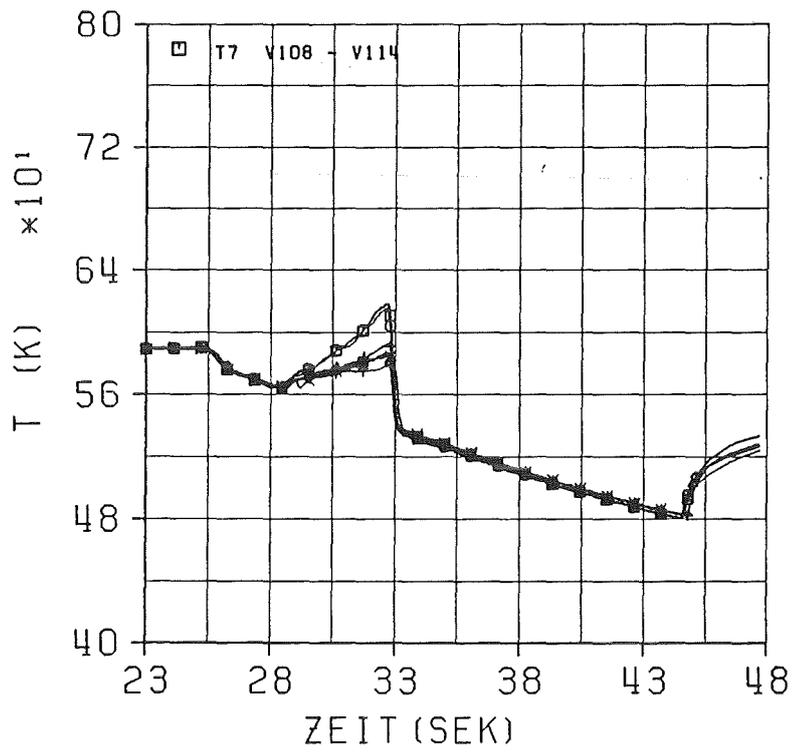


Abb. 5.11 Fluidtemperaturen für V108 - V114  
T7 - oberhalb der beheizten Zone

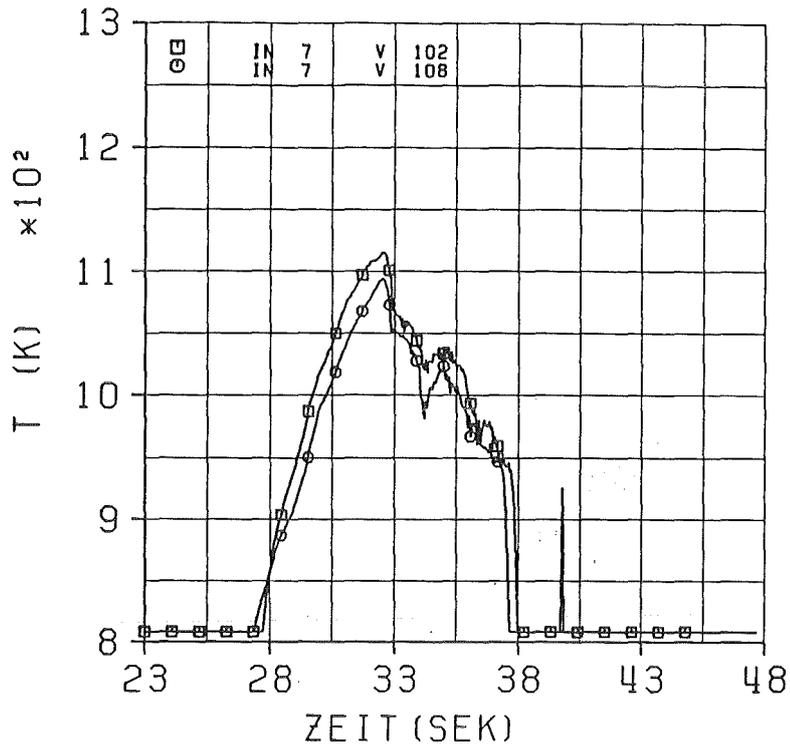


Abb. 5.12.1 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V102, V108  
V102, V108 - 1. Blowdown COSTRA, nominelle Spaltweiten  
IN 7 obere Stabhälfte

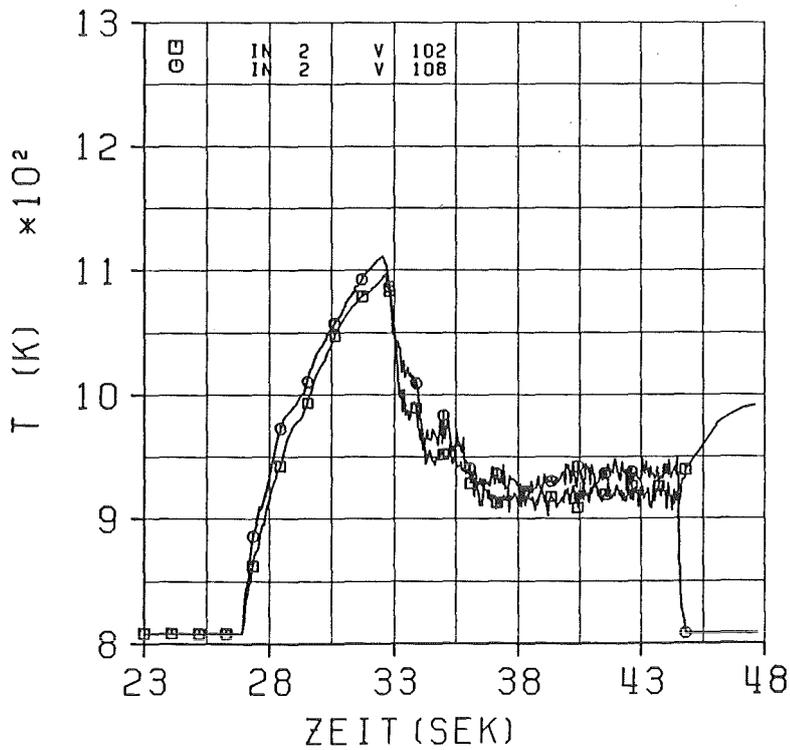


Abb. 5.12.2 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V102, V108  
V102, V108 - 1. Blowdown COSTRA, nominelle Spaltweiten  
IN 2 untere Stabhälfte

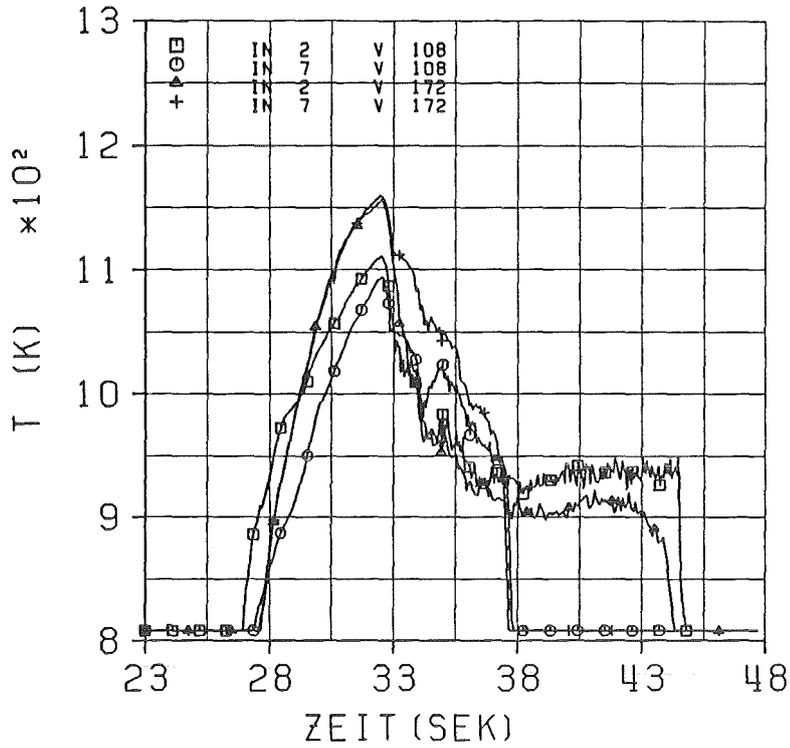


Abb. 5.13 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V108, V172  
 V108 - 1. Blowdown COSTRA, nominelle Spaltweiten  
 V172 - 1. Blowdown COSTRA, +0.05 mm Aussenspalt  
 IN 2 untere Stabhälfte  
 IN 7 obere Stabhälfte

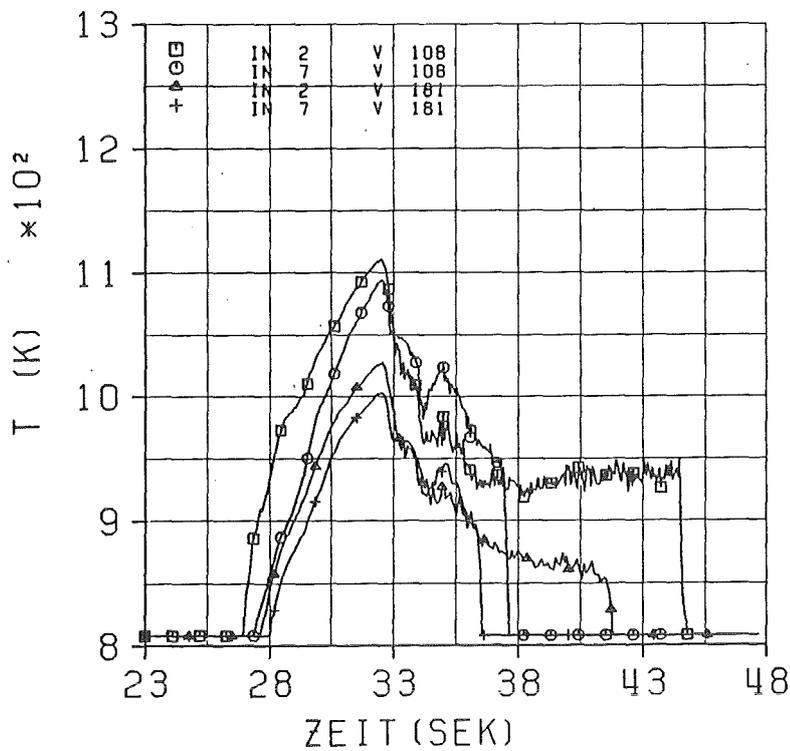


Abb. 5.14 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V108, V181  
 V108 - 1. Blowdown COSTRA, nominelle Spaltweiten  
 V181 - 1. Blowdown COSTRA, -0.20 mm Innenspalt  
 IN 2 untere Stabhälfte  
 IN 7 obere Stabhälfte

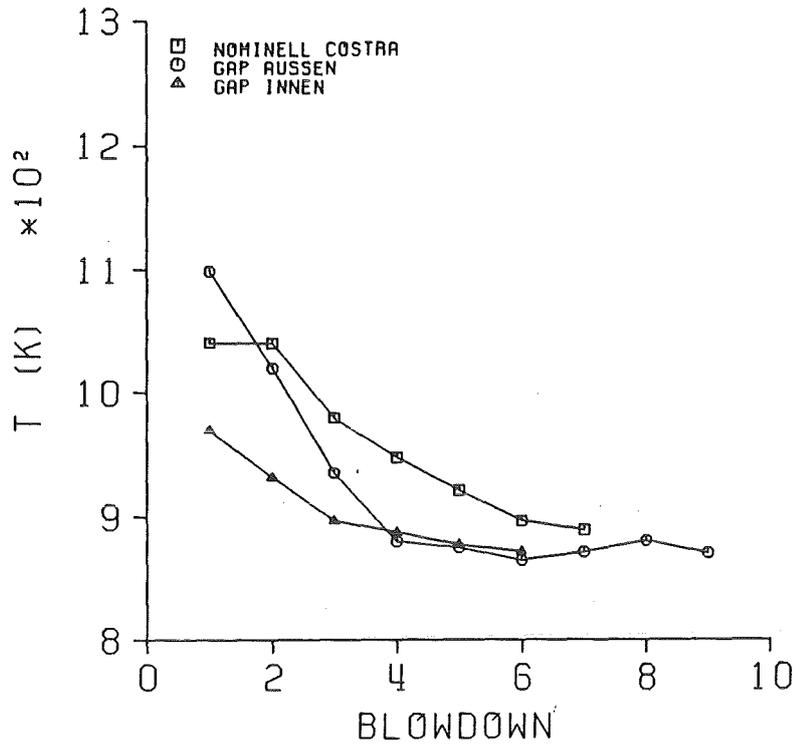


Abb. 5.15 Hüllrohroberflächen-Temperaturen = f( n Blowdown )  
über Zeit( 31s - 32s ) und Ort ( IN1 - IN8 ) gemittelt

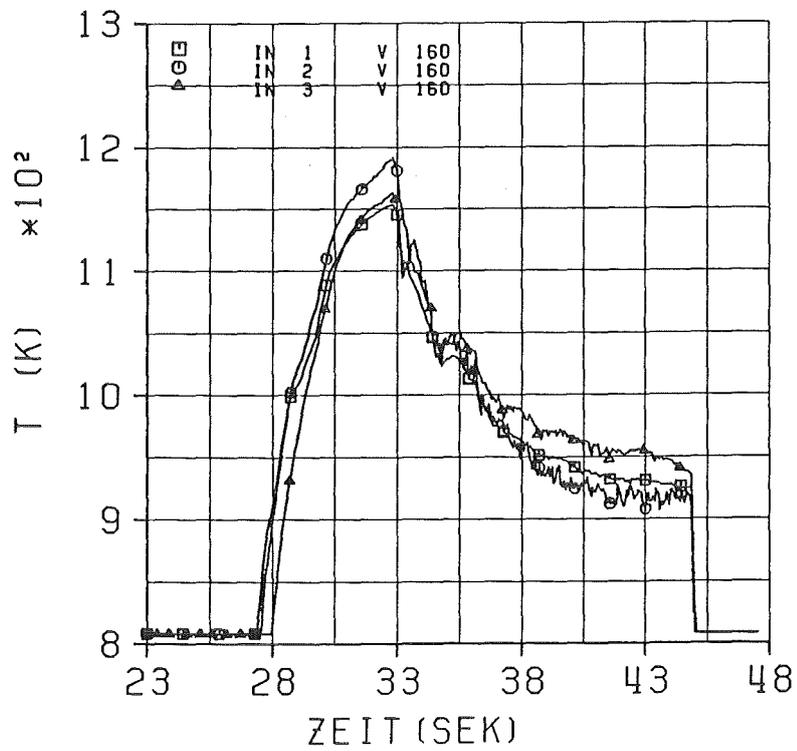


Abb. 5.16 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V160 (SiO<sub>2</sub>-Pellets)  
IN1, IN2, IN3 - untere Stabhälfte

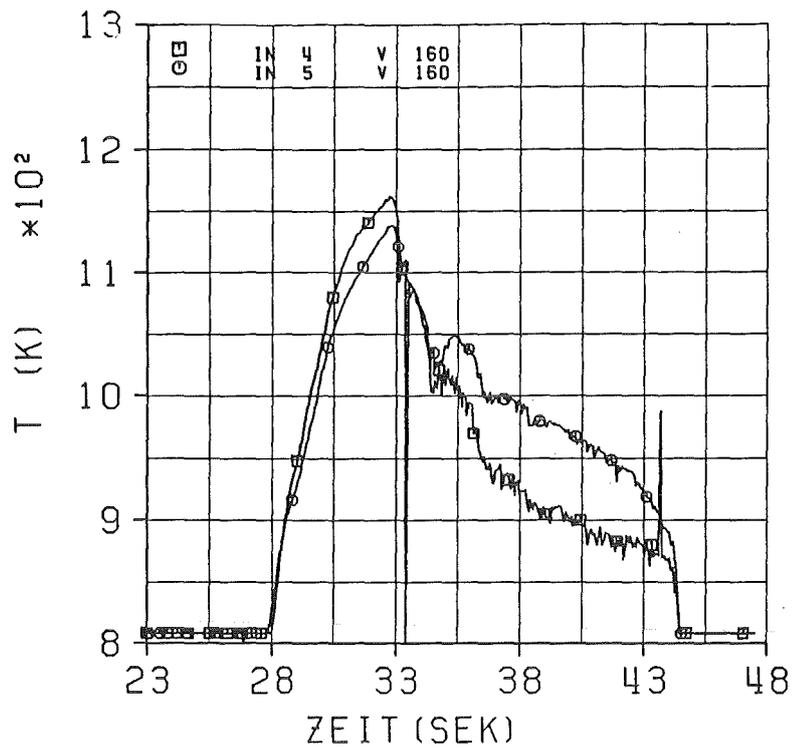


Abb. 5.17 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V160 ( $\text{SiO}_2$  -Pellets)  
IN4, IN5 - Stabmitte ( Abstandshalterbereich )

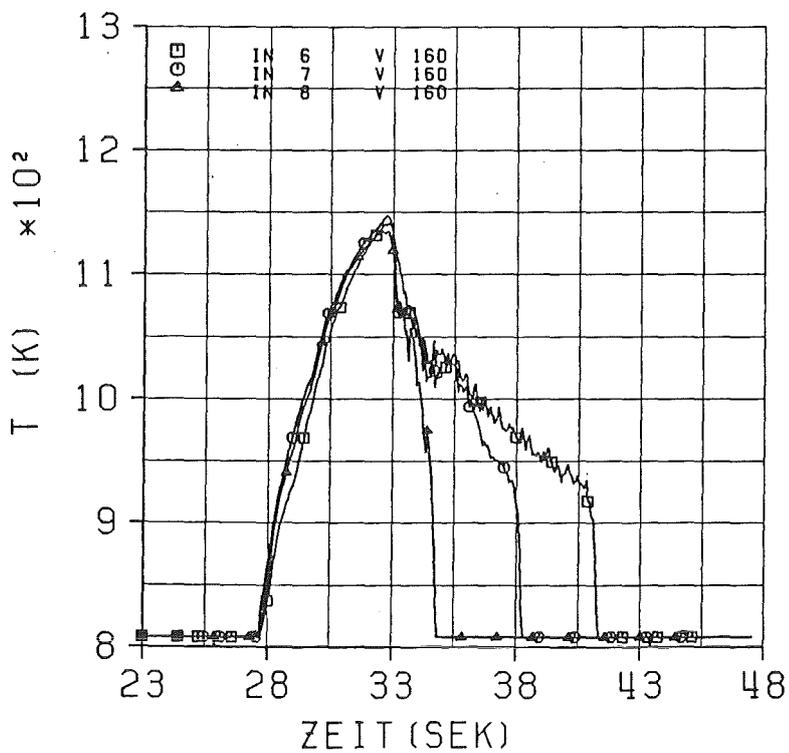


Abb. 5.18 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V160 ( $\text{SiO}_2$  -Pellets)  
IN6, IN7, IN8 - obere Stabhälfte

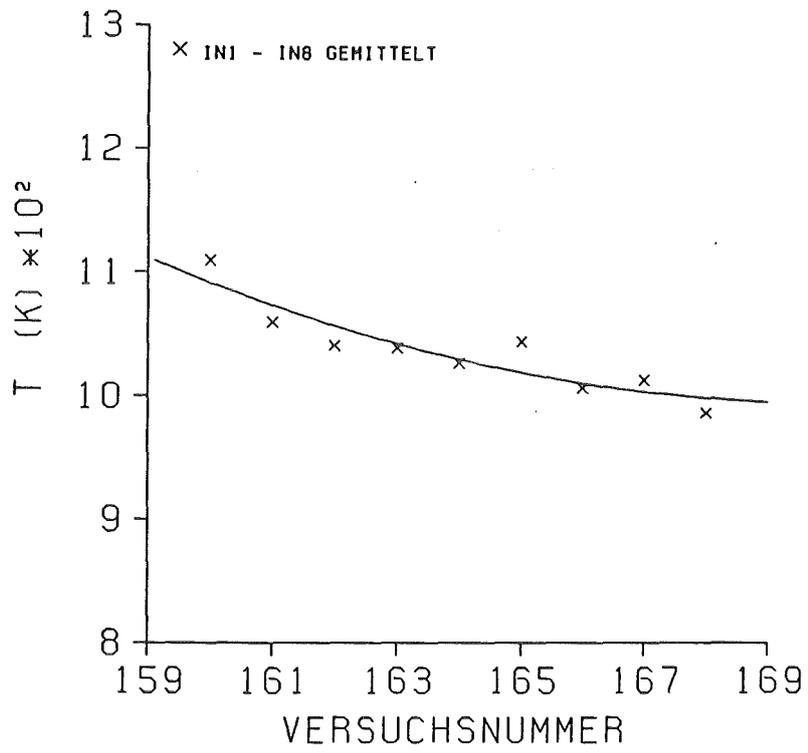


Abb. 5.19 Hüllrohroberflächen-Temperaturen V160 - V168  
Versuche mit  $SiO_2$  - Pellets  
über Zeit( 31s - 32s ) und Ort (IN1 - IN8) gemittelt

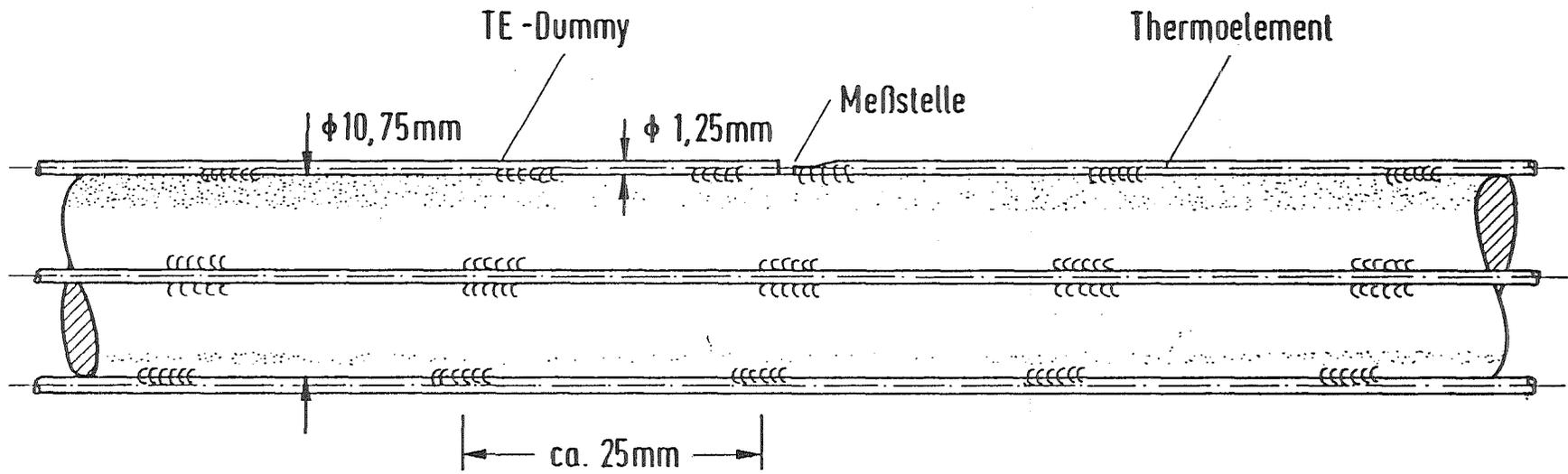


Abb. 5.20 LOFT - typische Thermoelement-Instrumentierung

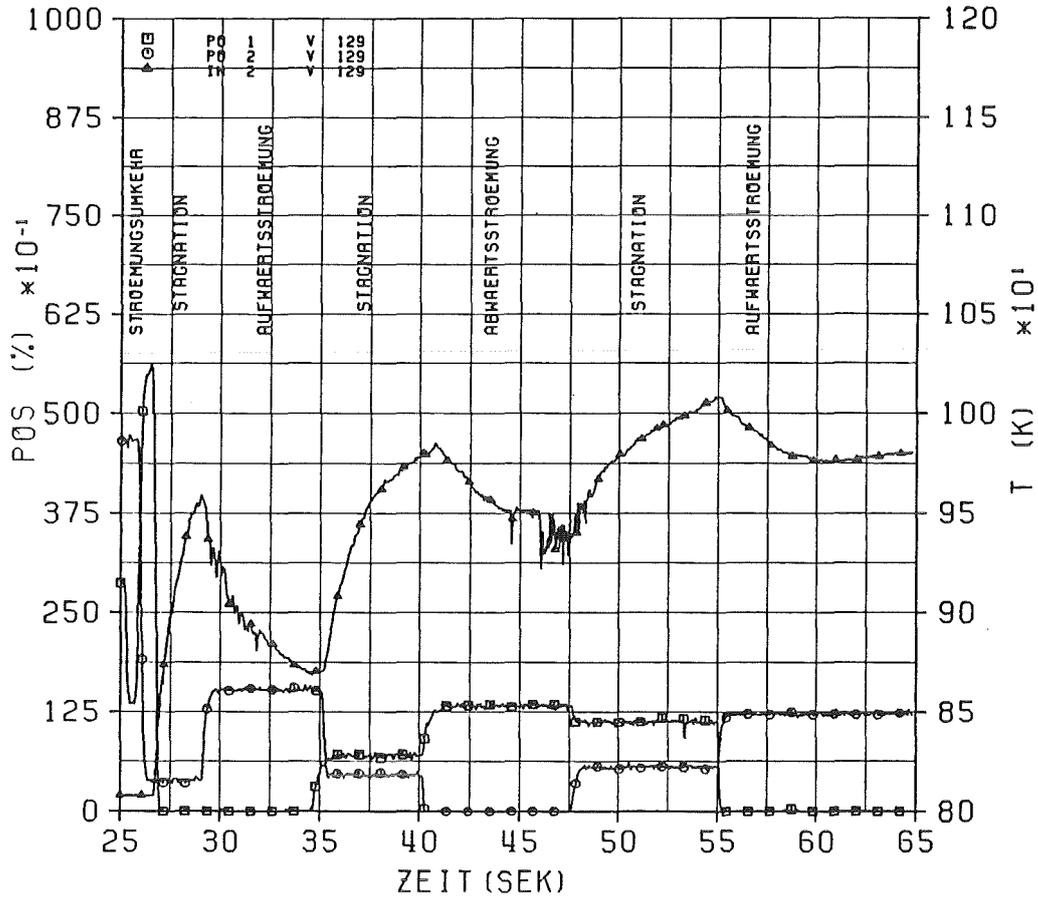


Abb. 5.21 V129 LOFTRA mit 'SIM-BA'

PO 1 - Ventilstellung untere Blowdownleitung

PO 2 - Ventilstellung obere Blowdownleitung

IN 2 - Hüllrohroberflächentemperatur

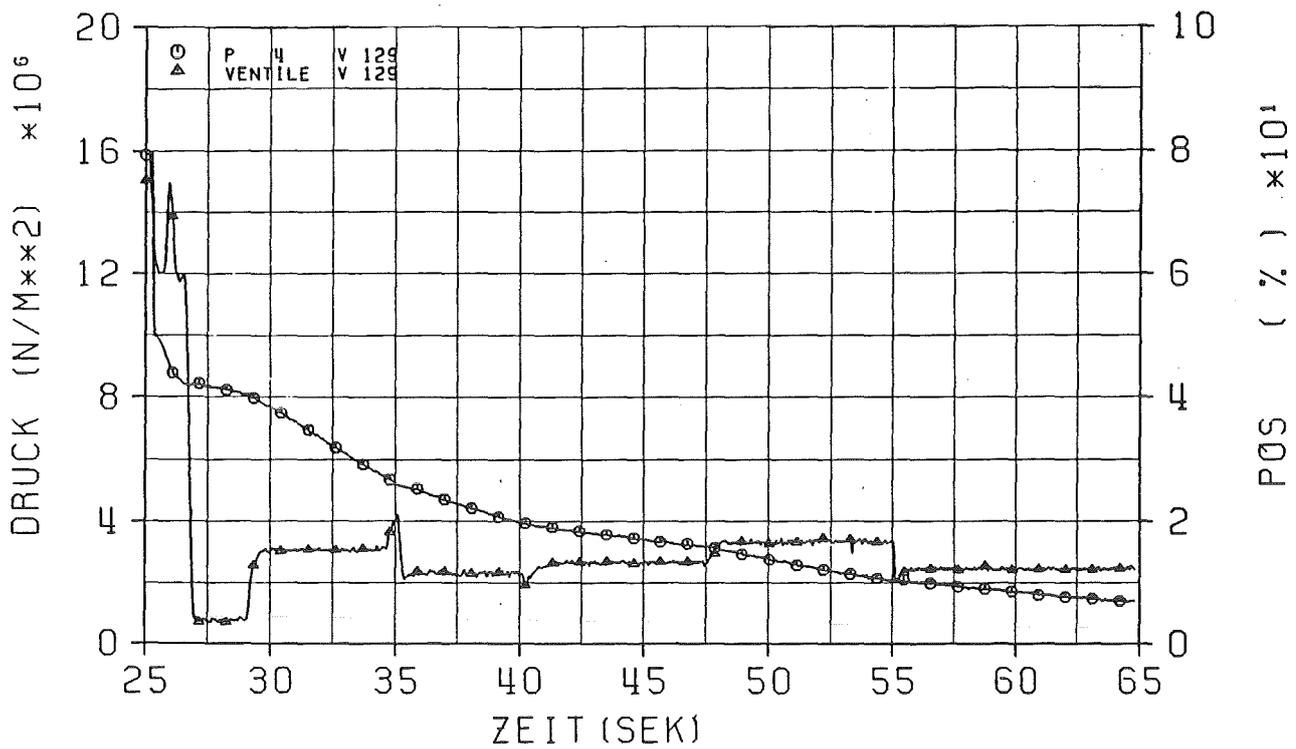


Abb. 5.22 V129 LOFTRA mit 'SIM-BA'  
 P 4 - Systemdruck im Unterplenum  
 - Gesamtabblasequerschnitt ( PO 1 + PO 2 )

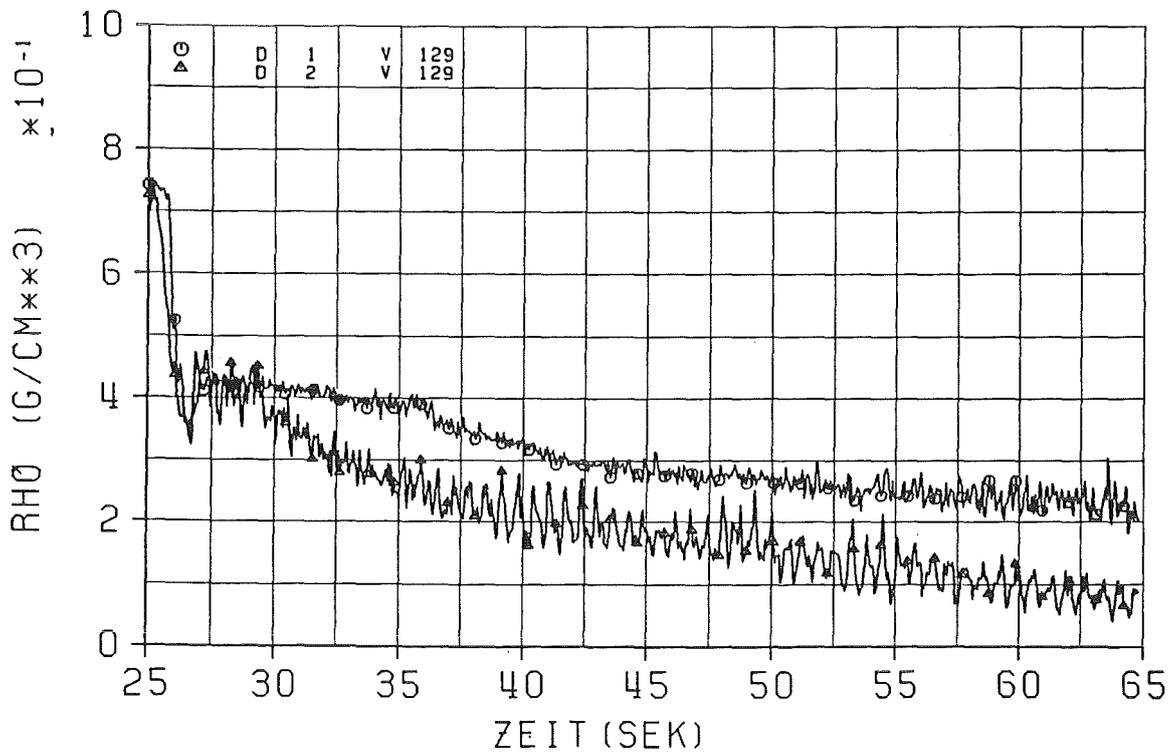


Abb. 5.23 V129 LOFTRA mit 'SIM-BA' ; Dichtemeßwertverläufe  
 D 1 - im Unterplenum  
 D 2 - im Oberplenum

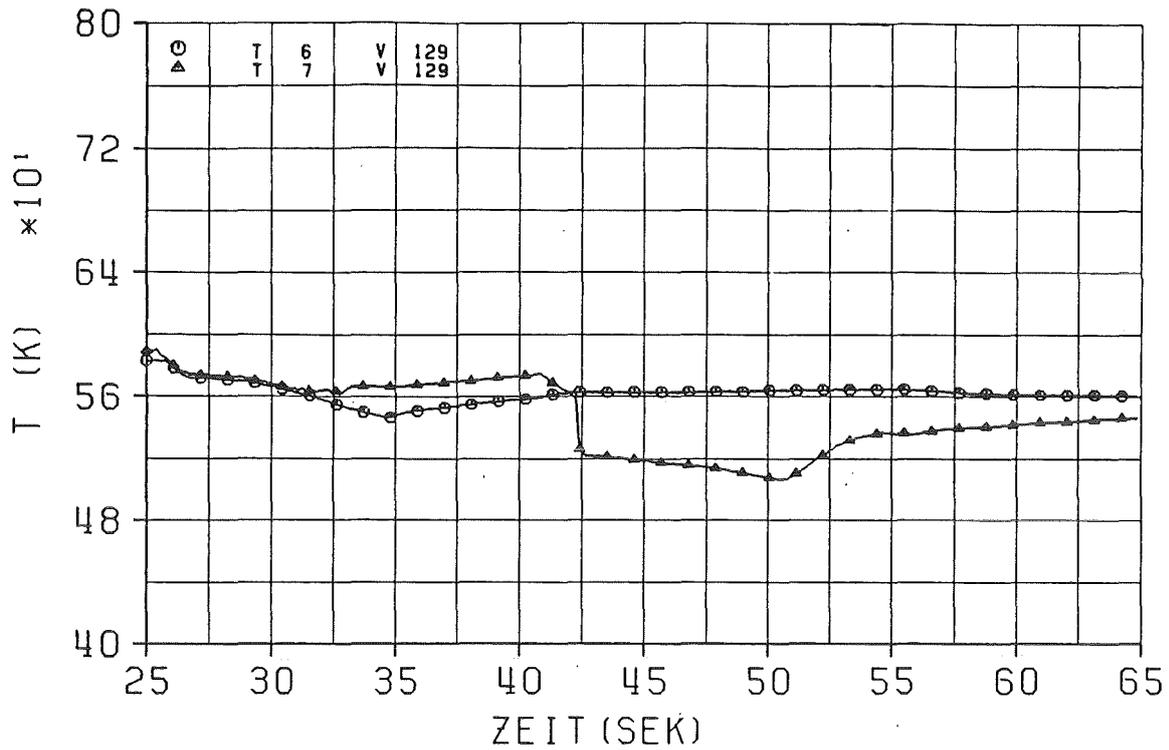


Abb. 5.24 V129 LOFTRA mit 'SIM-BA'; Fluidtemperaturen  
 T6 - unterhalb der beheizten Zone  
 T7 - oberhalb der beheizten Zone

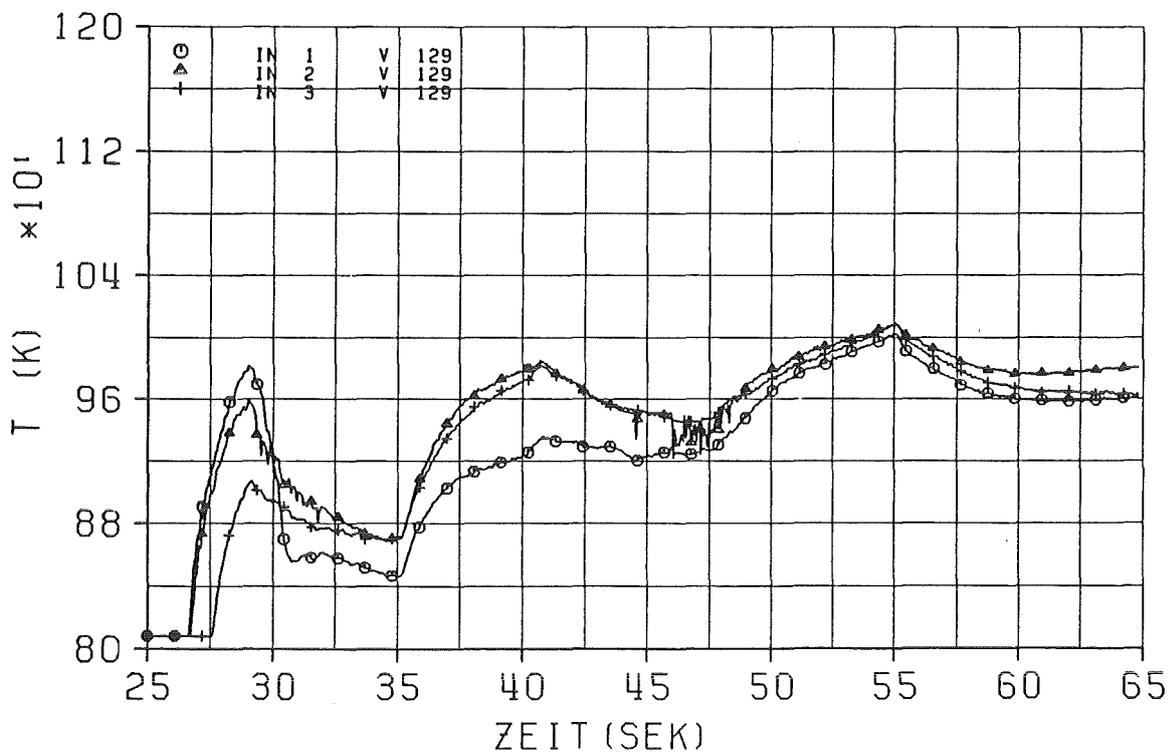


Abb. 5.25 V129 LOFTRA mit 'SIM-BA'; Hüllrohroberflächentemp.  
 IN1, IN2, IN3 - untere Stabhälfte

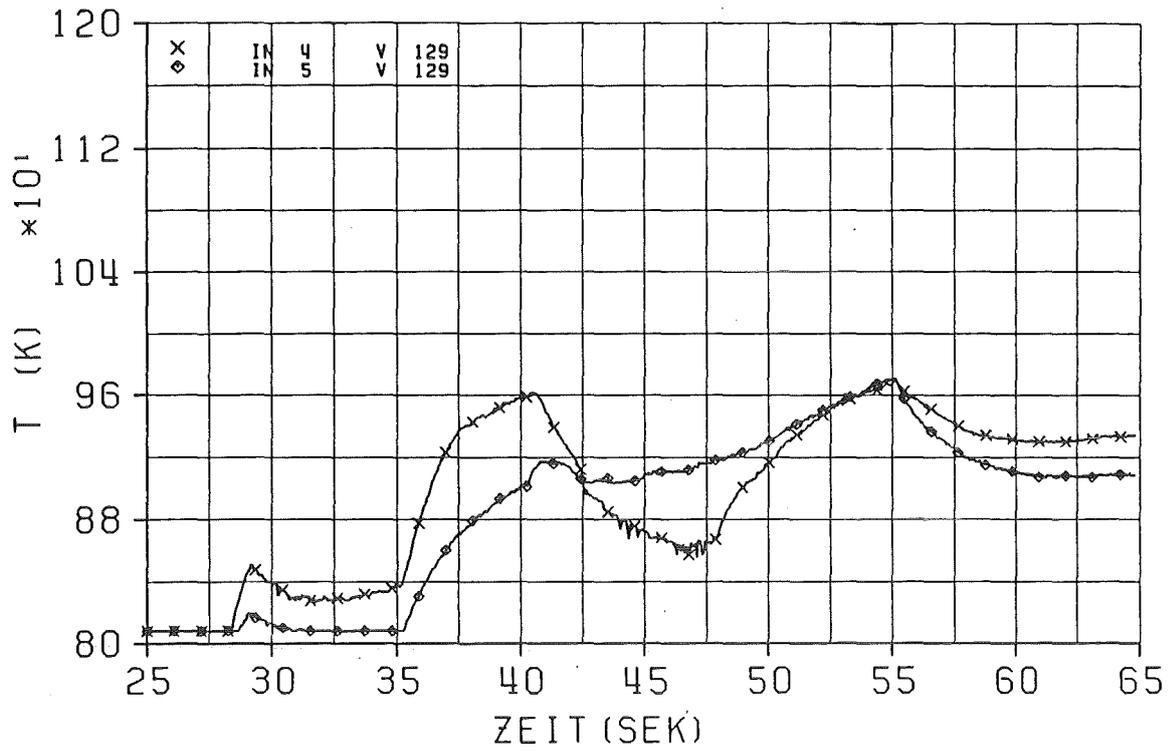


Abb. 5.26 V129 LOFTRA mit 'SIM-BA'; Hüllrohroberflächentemp.  
IN4, IN5, - Stabmitte (Abstandshalter-Bereich)

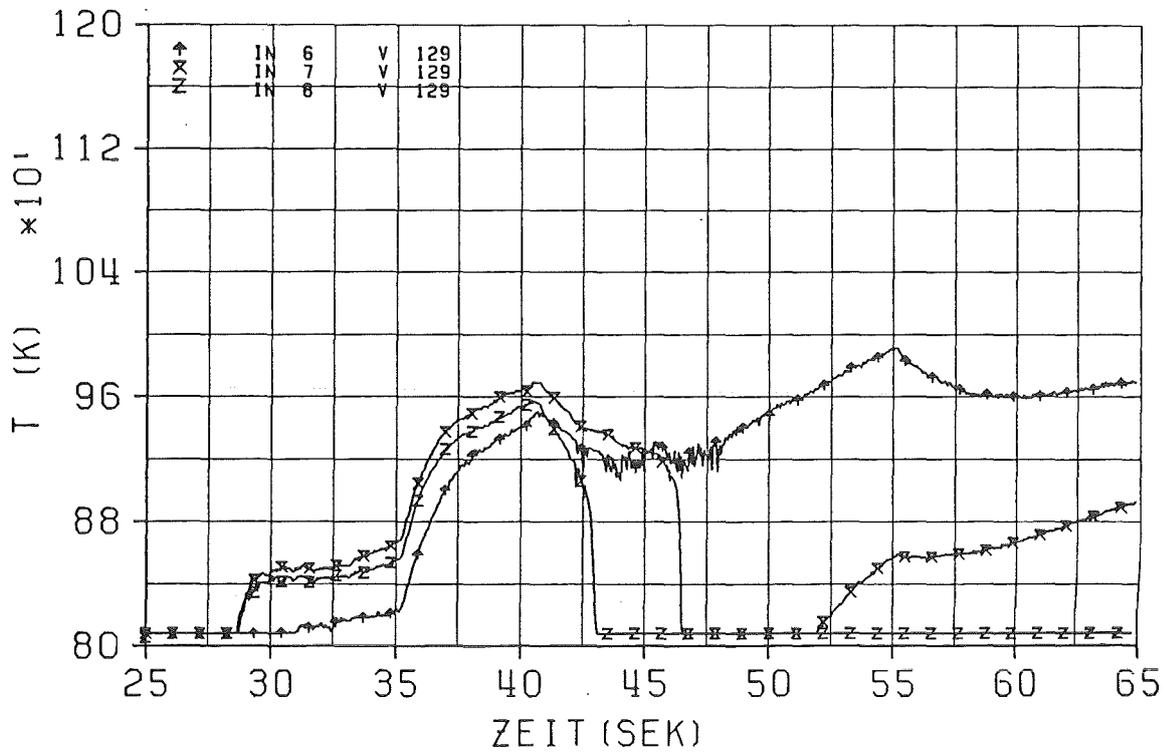


Abb. 5.27 V129 LOFTRA mit 'SIM-BA'; Hüllrohroberflächentemp.  
IN6, IN7, IN8 - obere Stabhälfte

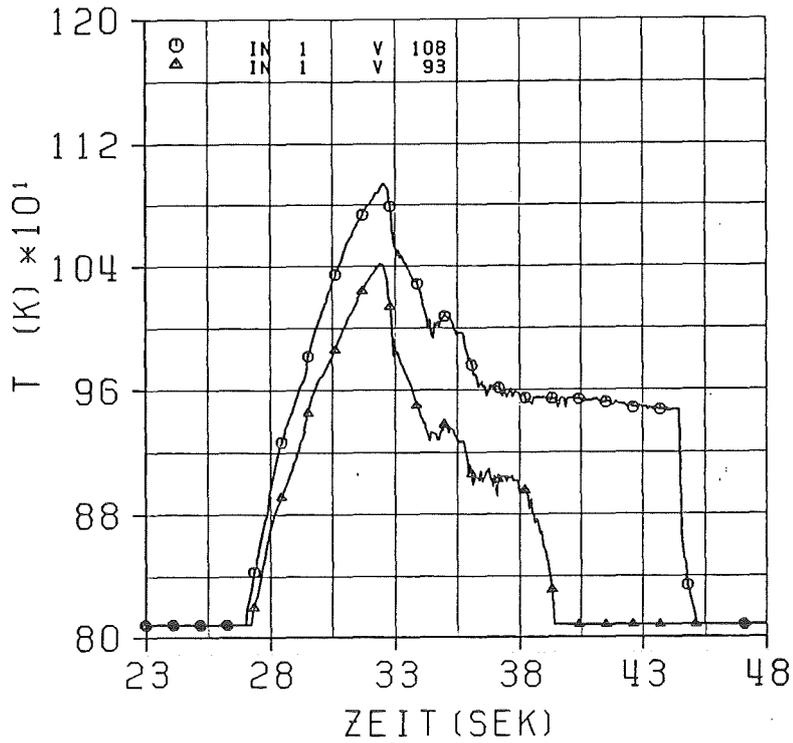


Abb. 5.28 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
IN1 - untere Stabhälfte

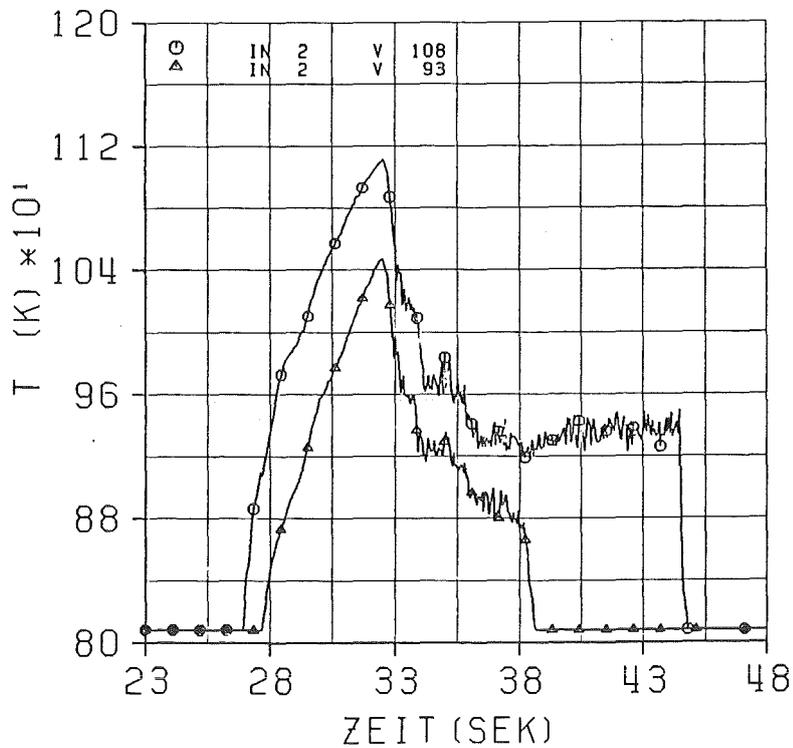


Abb. 5.29 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
IN2 - untere Stabhälfte

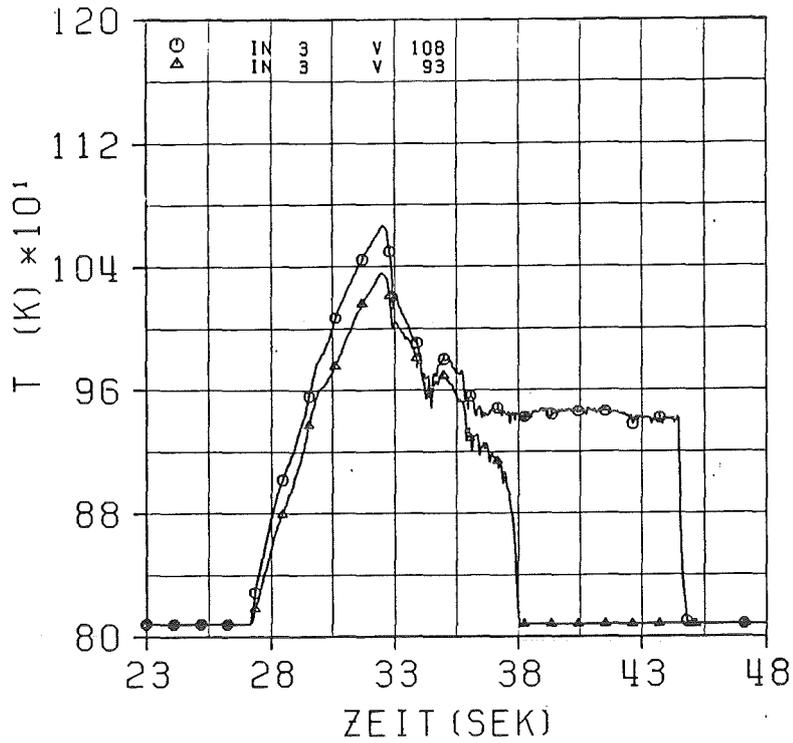


Abb. 5.30 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
 V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
 IN3 - untere Stabhälfte

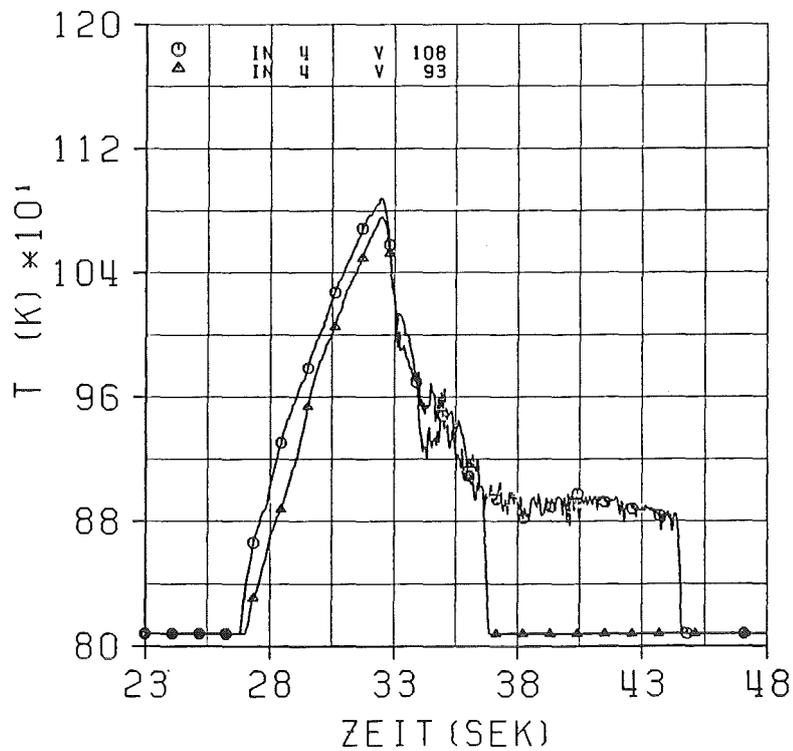


Abb. 5.31 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
 V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
 IN4 - unterhalb des Abstandshalters

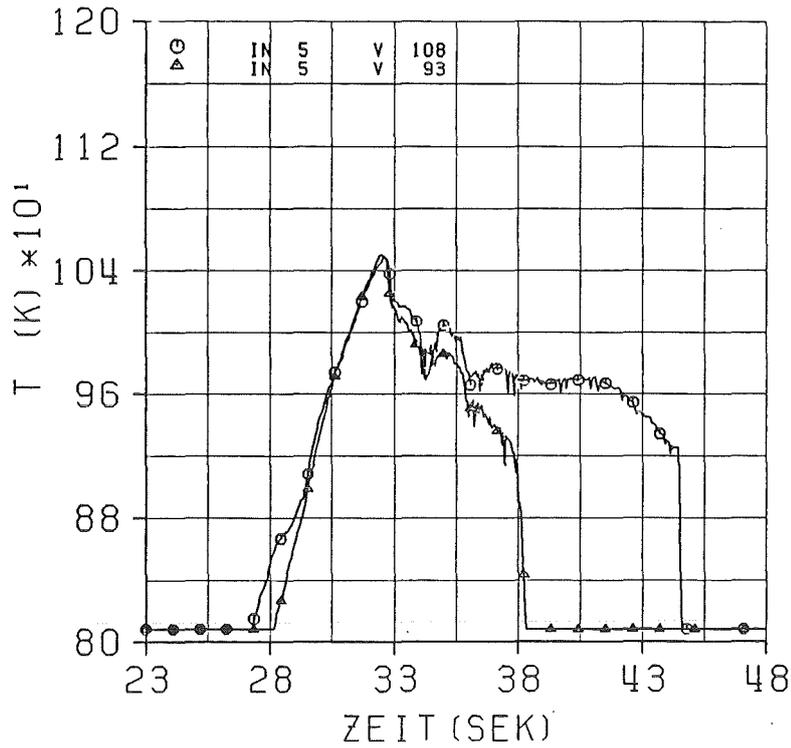


Abb. 5.32 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
 V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
 IN5 - oberhalb des Abstandshalters

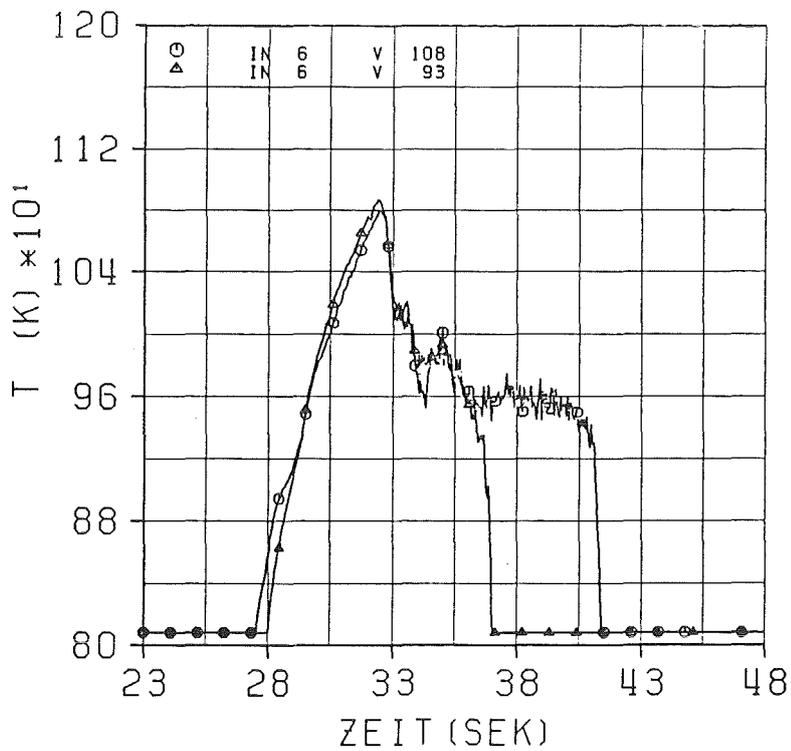


Abb. 5.33 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
 V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
 IN6 - obere Stabhälfte

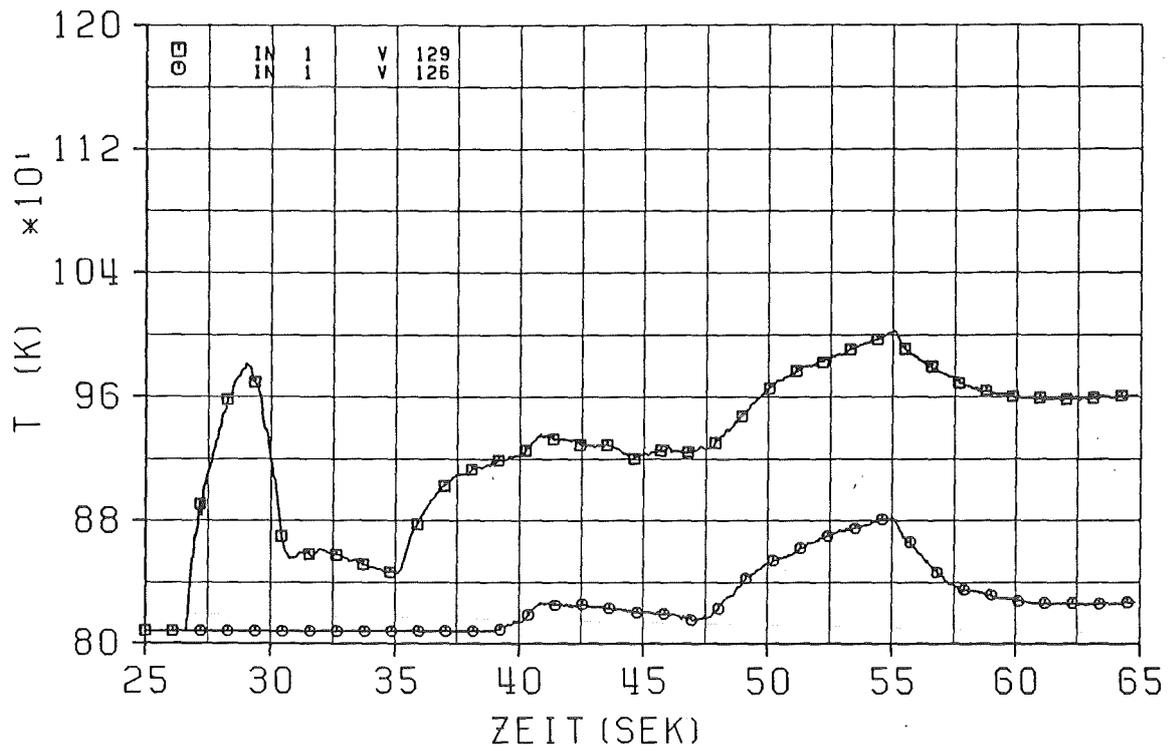


Abb. 5.36 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
 V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
 IN1 - untere Stabhälfte

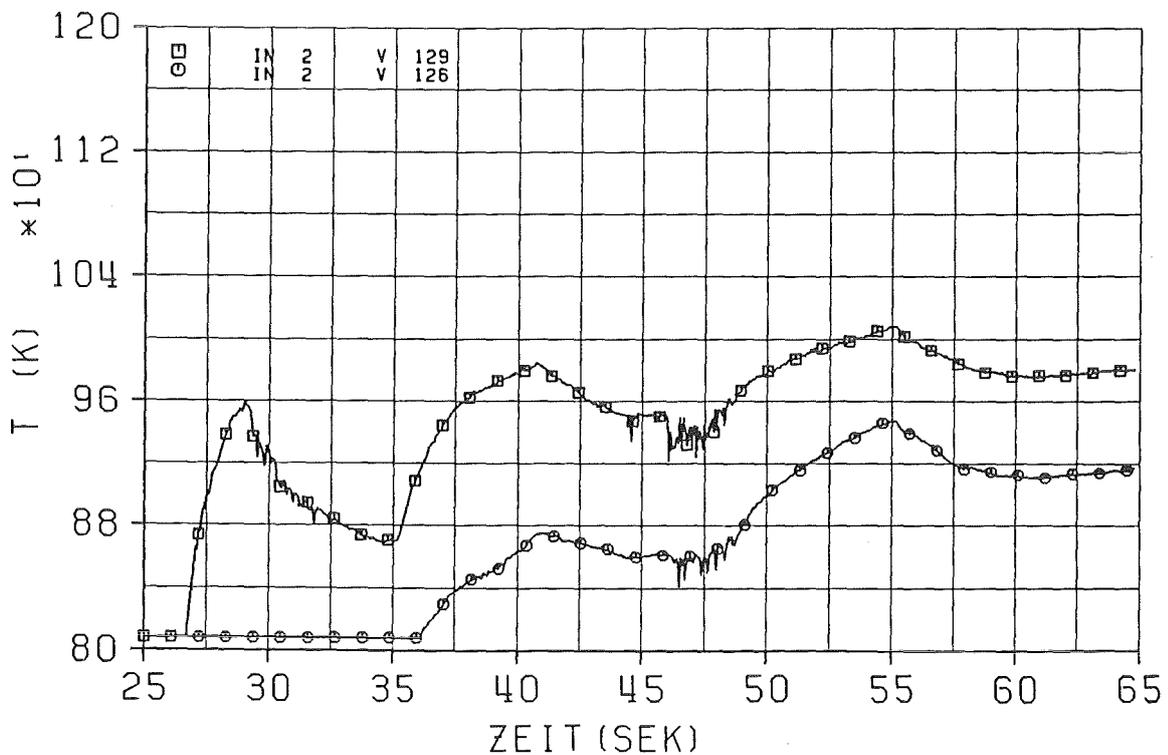


Abb. 5.37 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
 V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
 IN2 - untere Stabhälfte

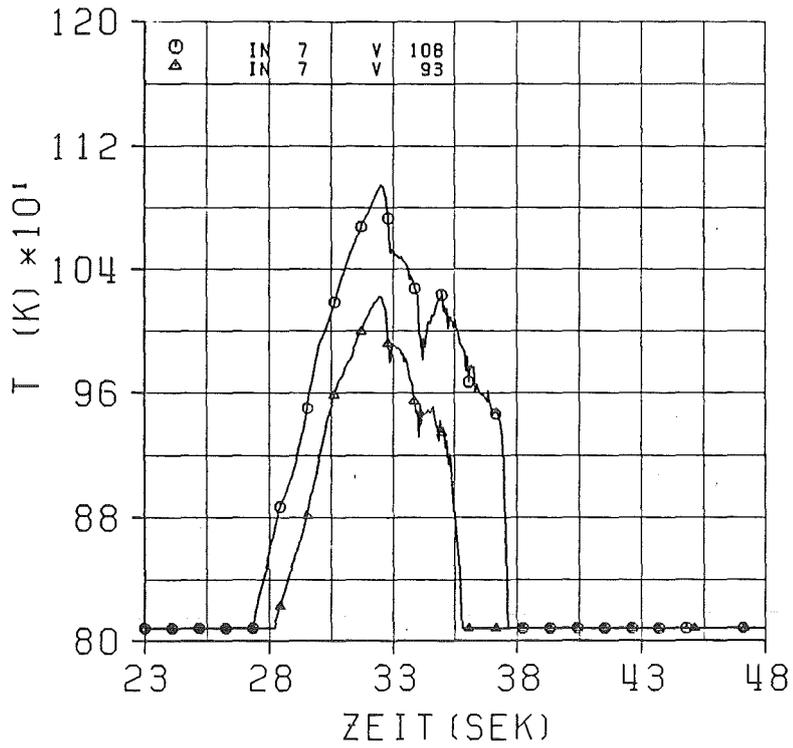


Abb. 5.34 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
IN7 - obere Stabhälfte

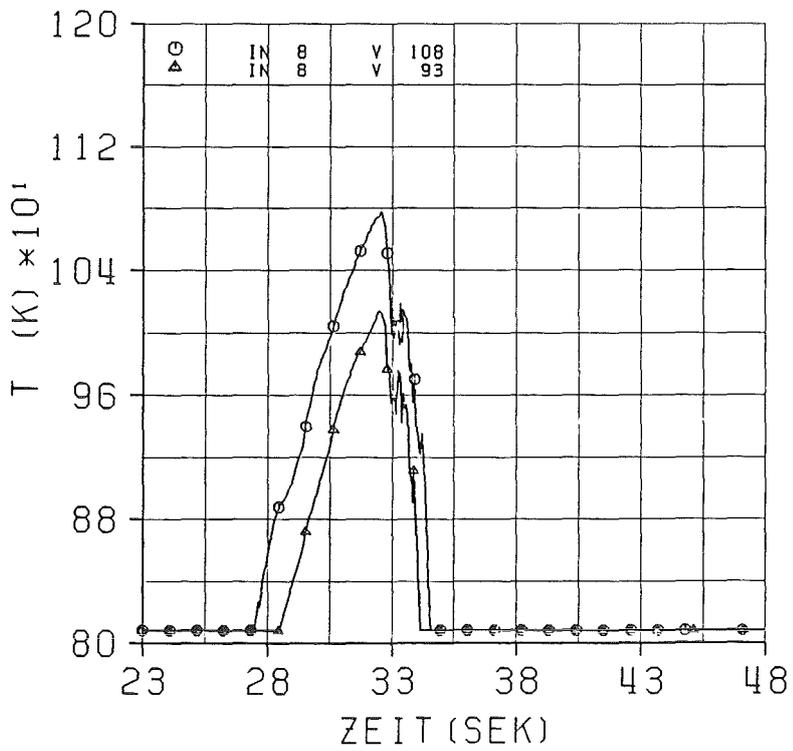


Abb. 5.35 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V108 - COSTRA mit 'SIM-BA'  
V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
IN8 - obere Stabhälfte

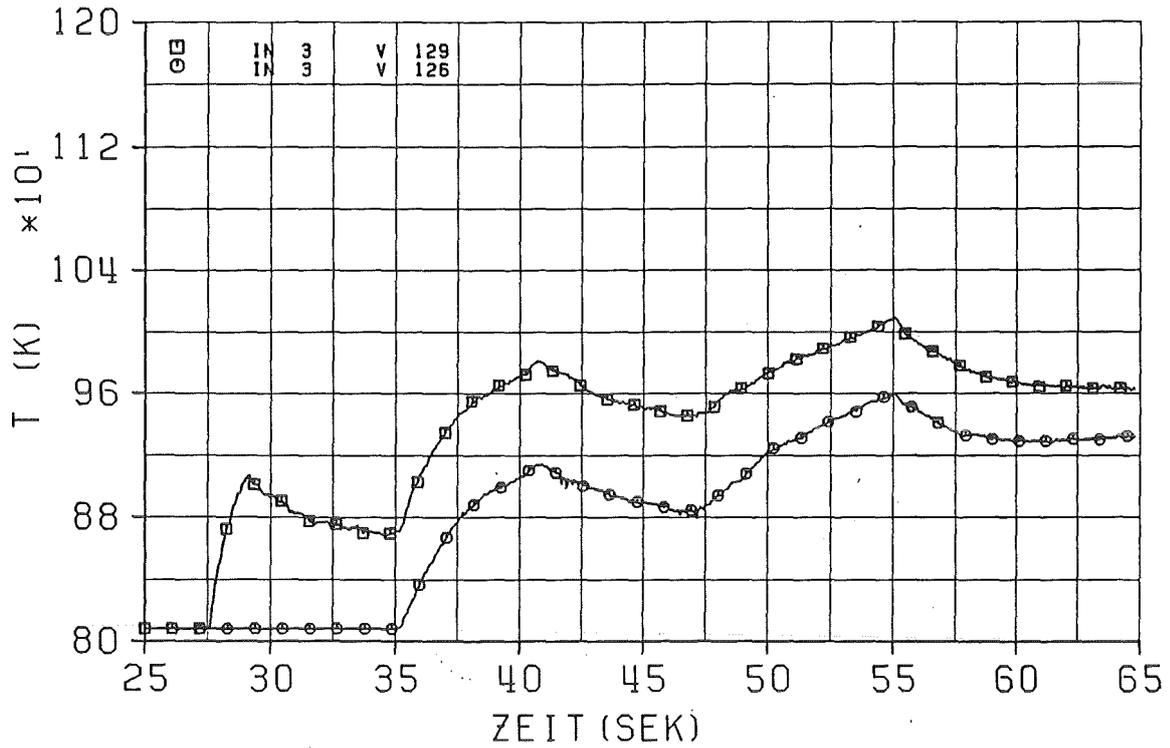


Abb. 5.38 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
IN3 - untere Stabhälfte

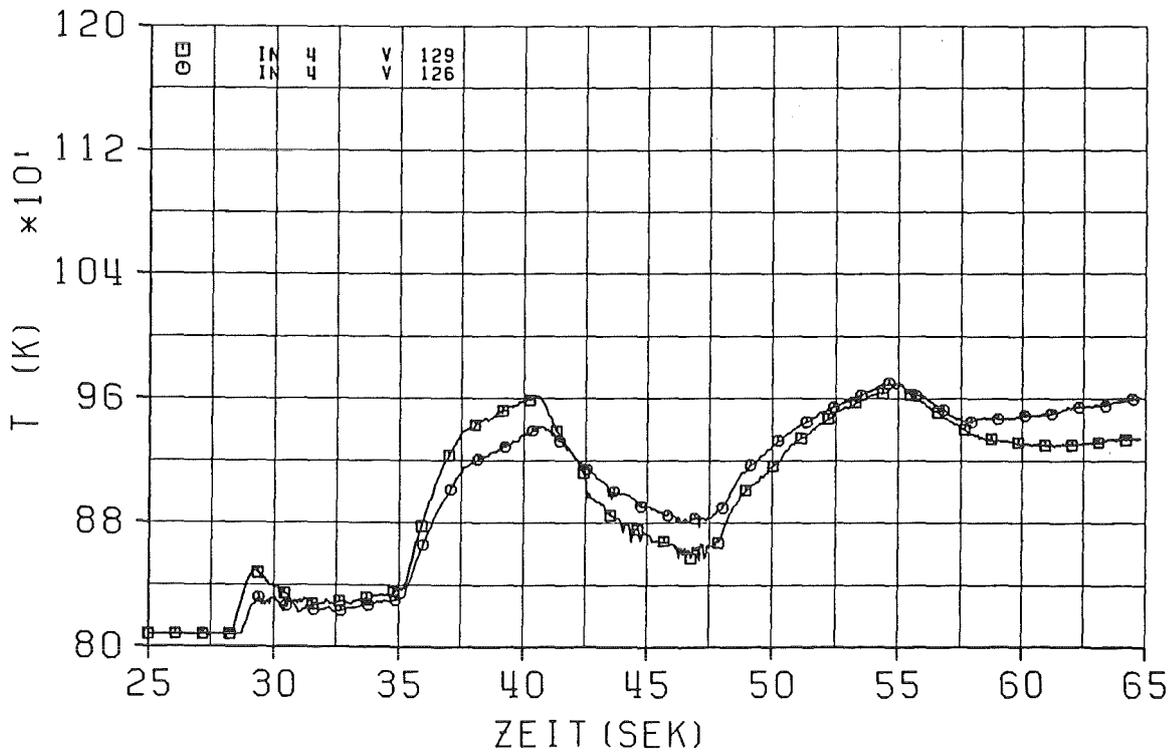


Abb. 5.39 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
IN4 - nahe am Abstandshalter

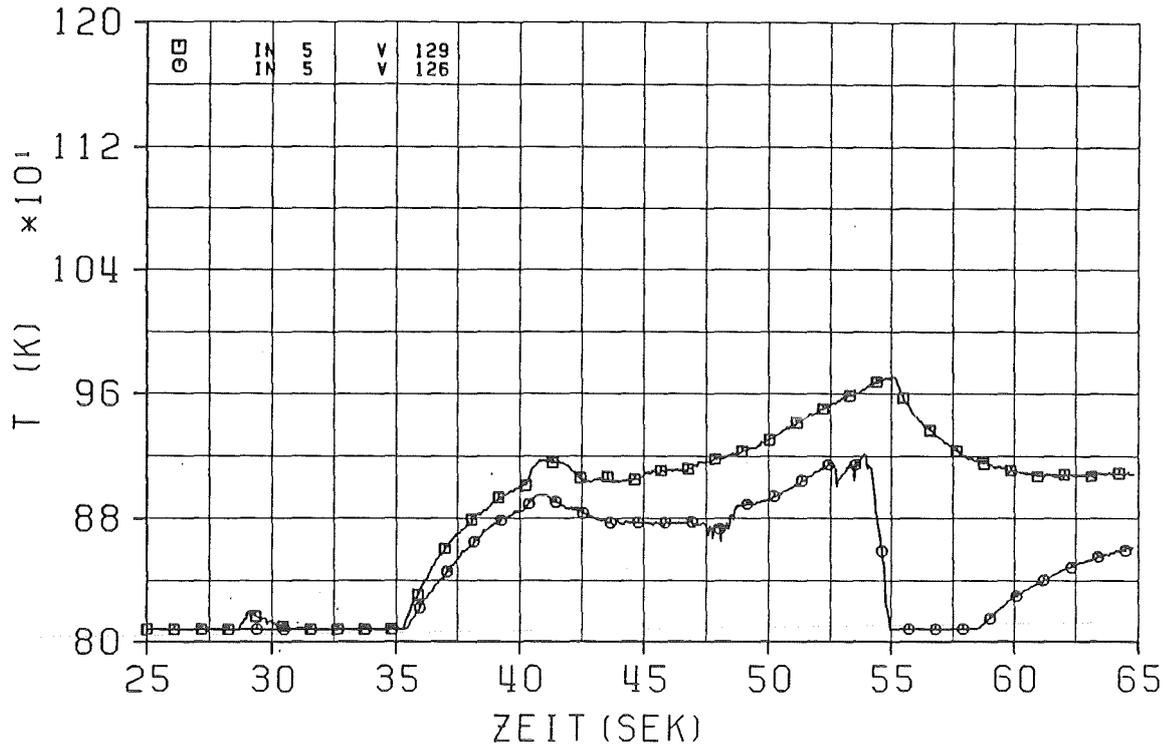


Abb. 5.40 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
IN5 - nahe am Abstandshalter

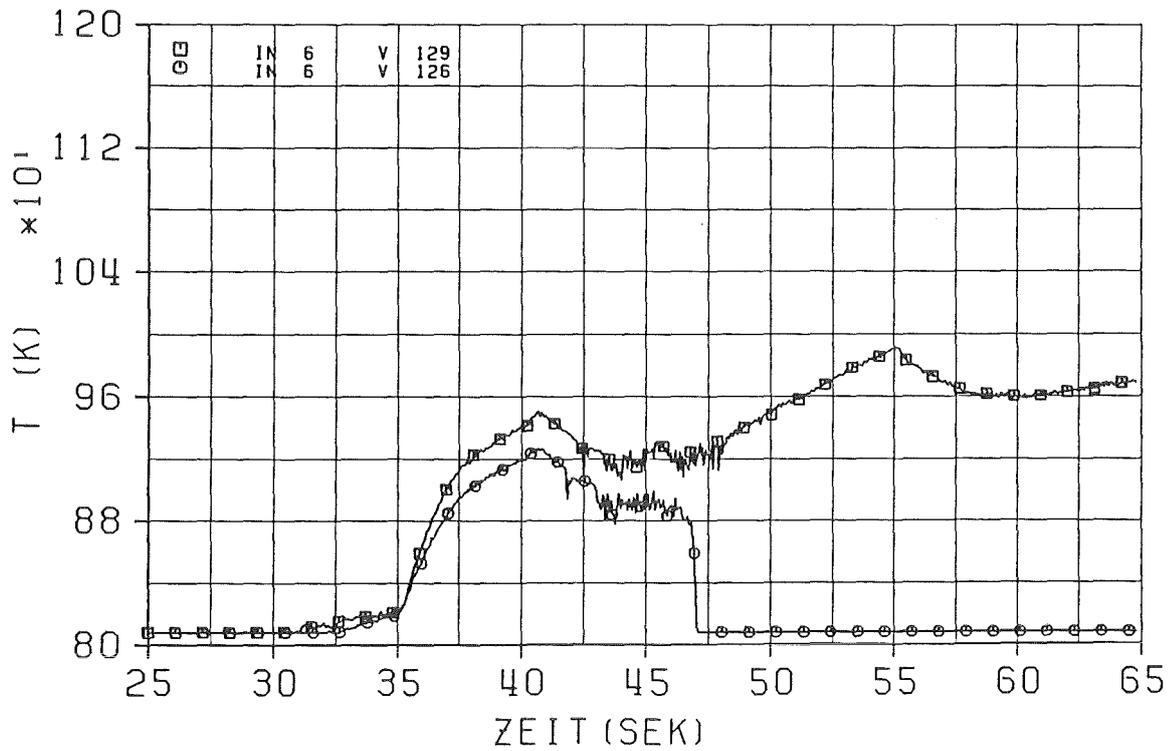


Abb. 5.41 Hüllrohroberflächentemperaturen  
V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
IN6 - obere Stabhälfte

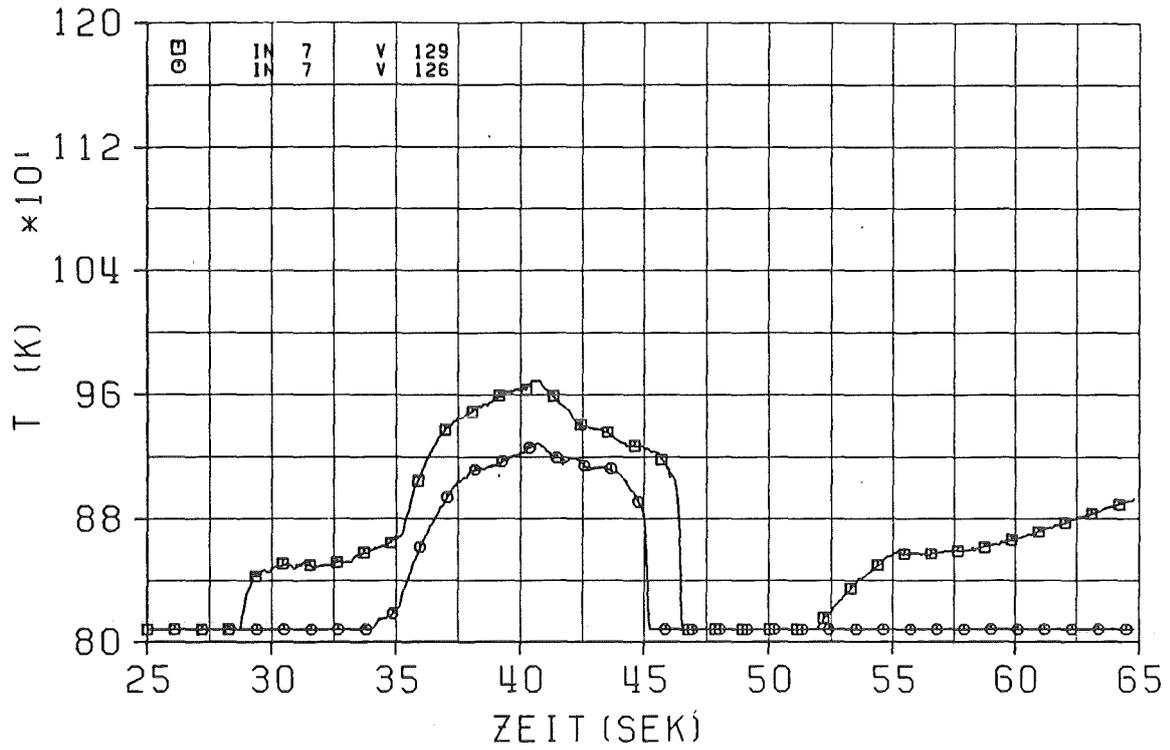


Abb. 5.42 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
 V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
 IN7 - obere Stabhälfte

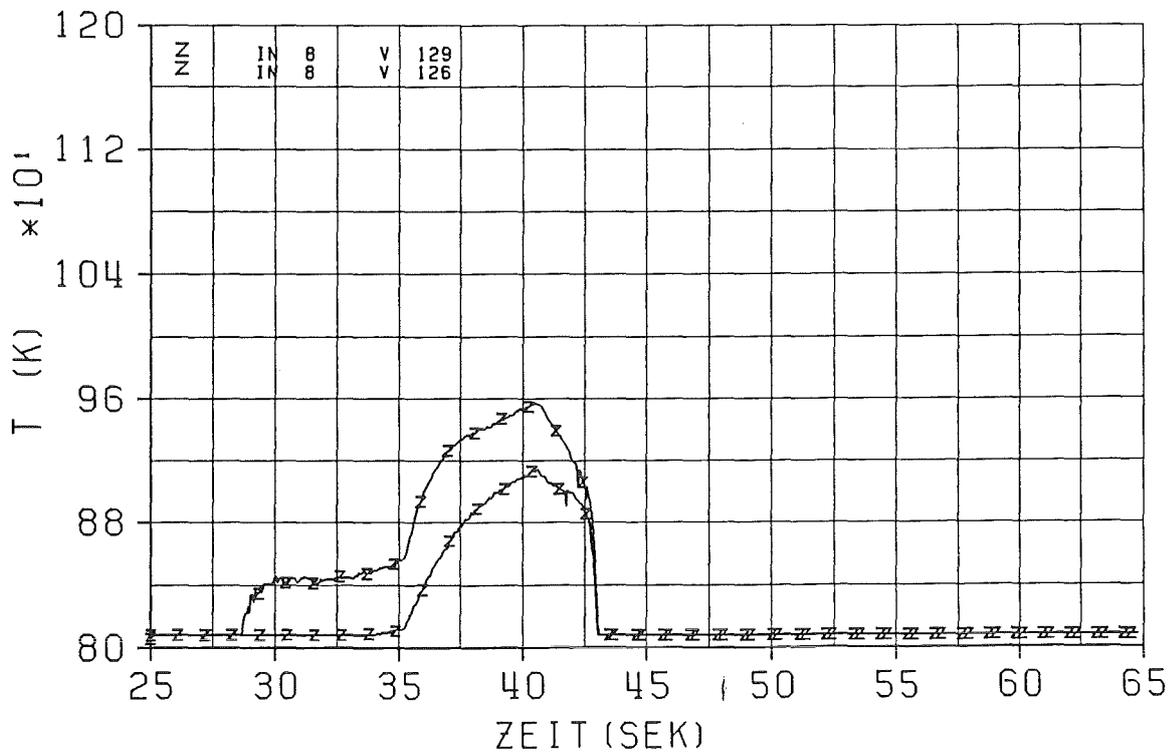


Abb. 5.43 Hüllrohroberflächentemperaturen  
 V129 - LOFTRA mit 'SIM-BA'  
 V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
 IN8 - obere Stabhälfte

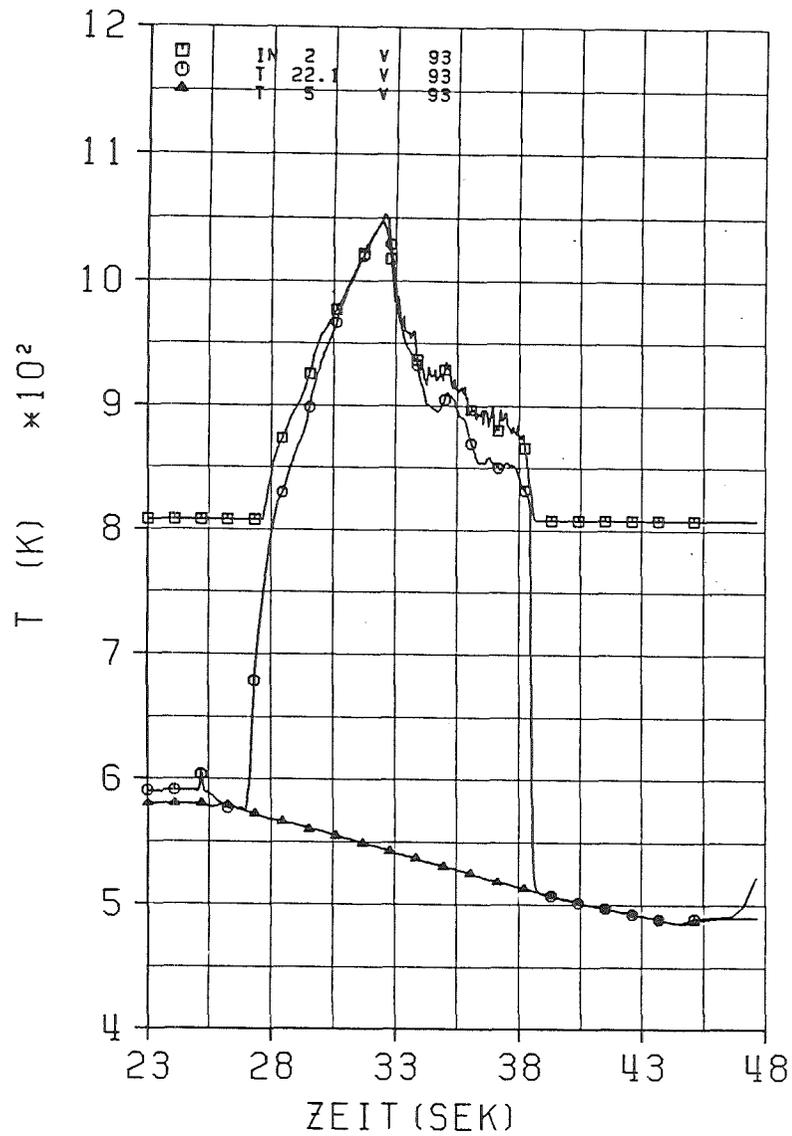


Abb. 5.44 Vergleich Pyrometer - TE - Messung-Hüllrohrtemperaturen  
 V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
 IN2 - Pyrometermessung bei 659.5 mm  
 T22.1- TE-Messung bei 659.5 mm  
 T5 - Fluid-(Sättigungs-) Temperatur im Unterplenium

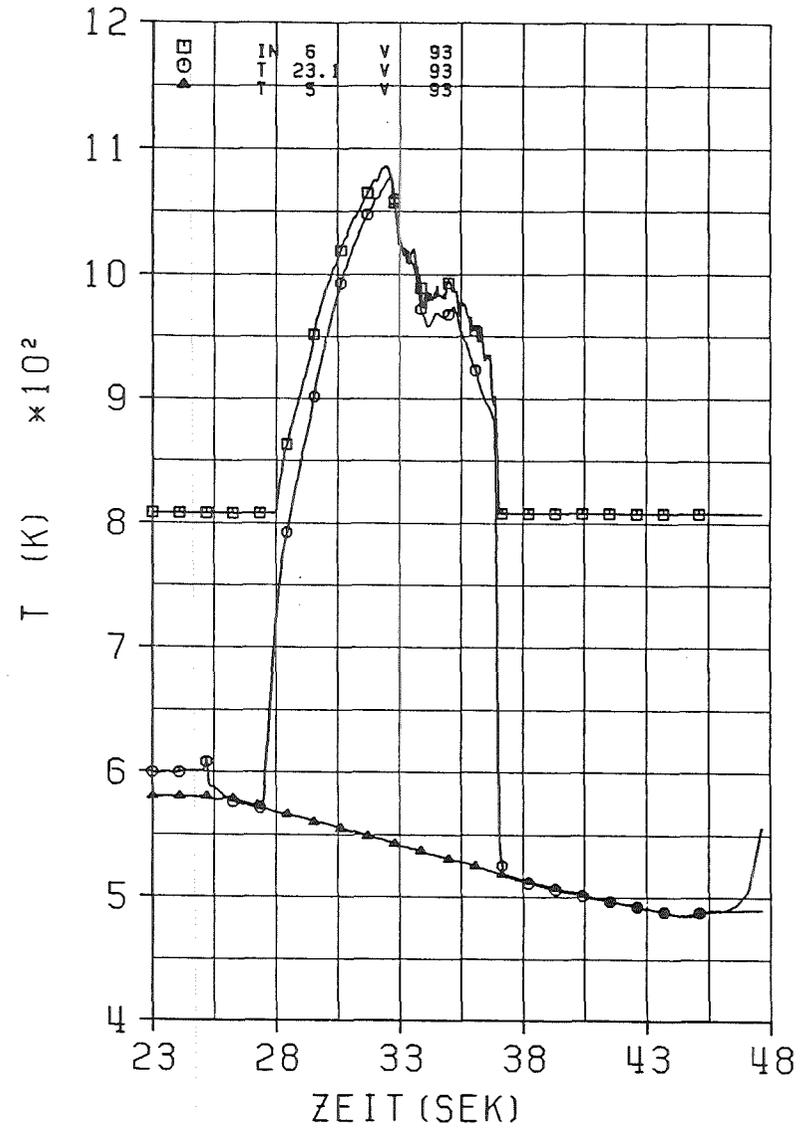


Abb. 5.45 Vergleich Pyrometer - TE - Messung-Hüllrohrtemperaturen  
 V93 - COSTRA mit 'SIM-TE'  
 IN6 - Pyrometermessung bei 919.5 mm  
 T23.1- TE-Messung bei 919.5 mm  
 T5 - Fluid-(Sättigungs-) Temperatur im Unterplenium

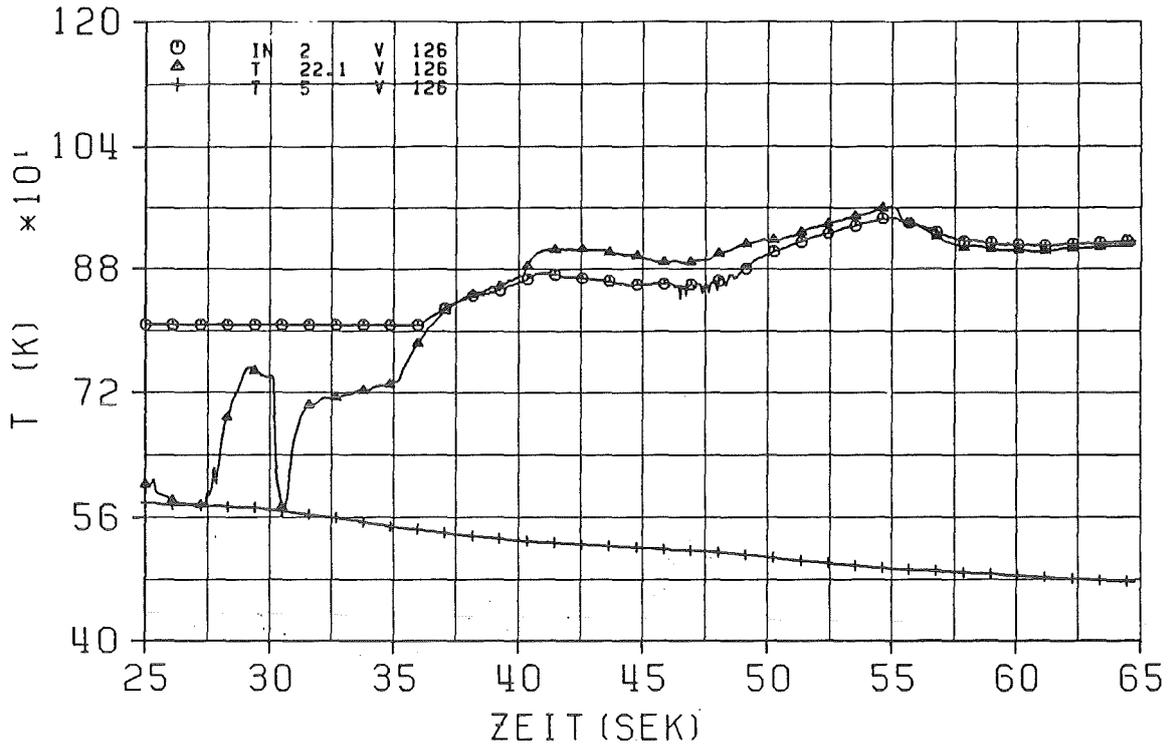


Abb. 5.46 Vergleich Pyrometer - TE - Messung-Hüllrohrtemperaturen  
 V126 - LOFTRA 'mit SIM-TE'  
 IN2 - Pyrometermessung bei 659.5 mm  
 T22.1- TE-Messung bei 659.5 mm  
 T5 - Fluid-(Sättigungs-) Temperatur im Unterplenum

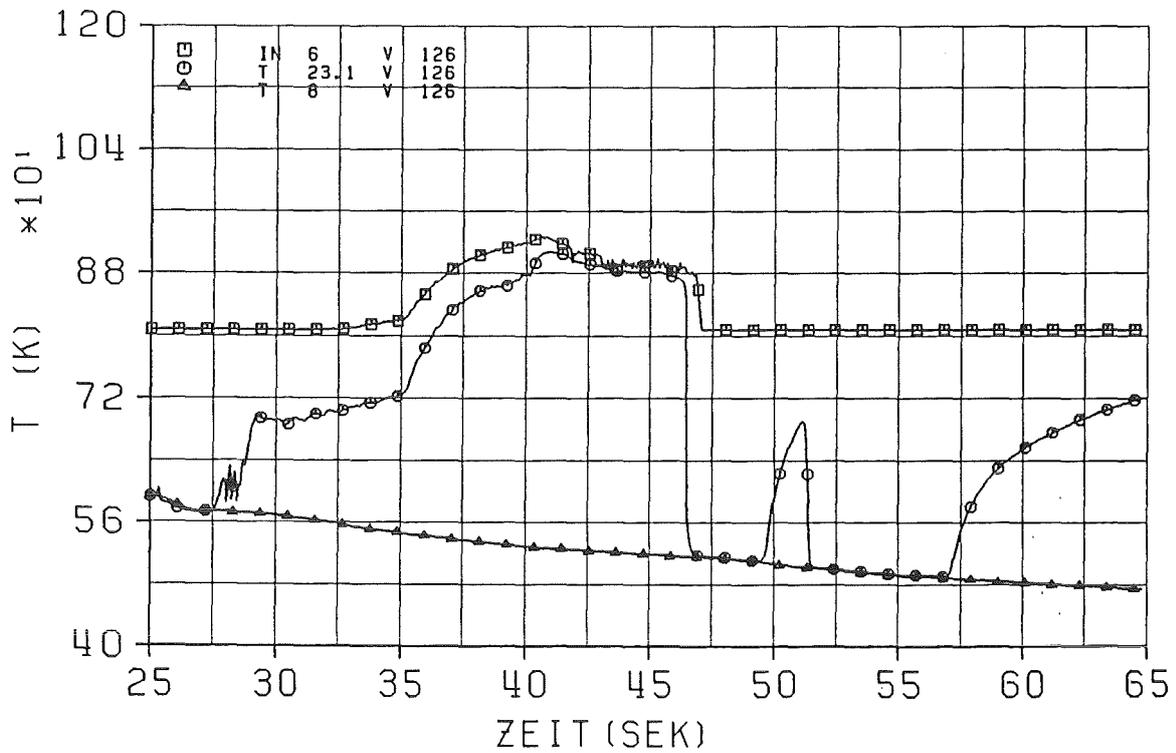


Abb. 5.47 Vergleich Pyrometer - TE - Messung-Hüllrohrtemperaturen  
 V126 - LOFTRA mit 'SIM-TE'  
 IN6 - Pyrometermessung bei 919.5 mm  
 T23.1- TE-Messung bei 919.5 mm  
 T5 - Fluid-(Sättigungs-) Temperatur im Unterplenum

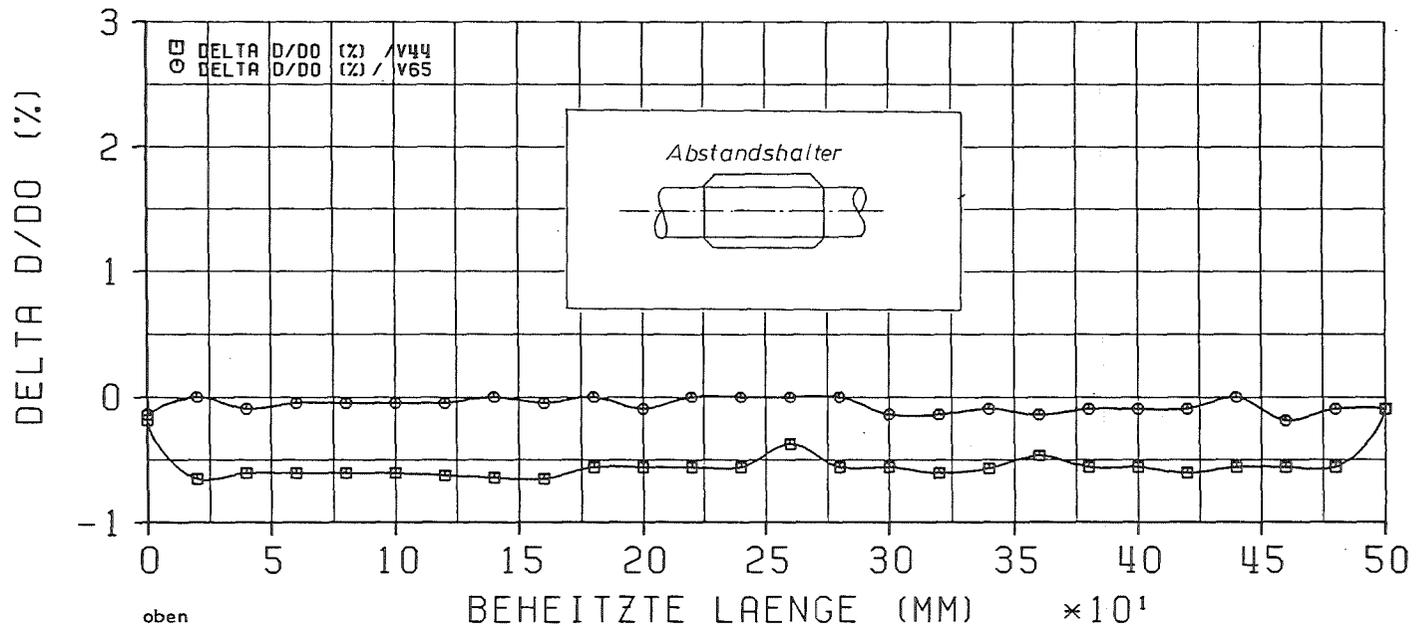


Abb. 5.48 SIM-Hüllrohrdeformation entlang des Stabes  
 V44 - COSTRA / 30 bar Innendruck /  
 V65 - COSTRA / 70 bar Innendruck /

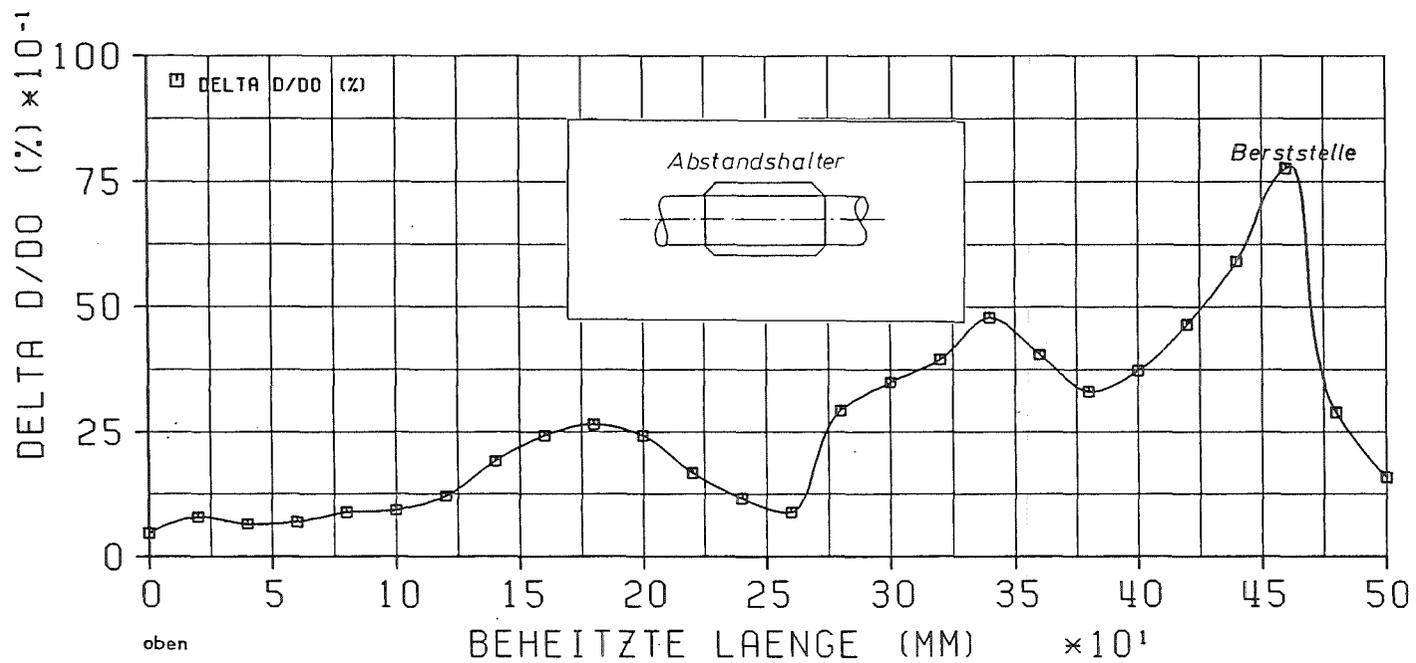


Abb. 5.49 SIM-Hüllrohrdeformation entlang des Stabes  
 V45 - COSTRA / 120 bar Innendruck /

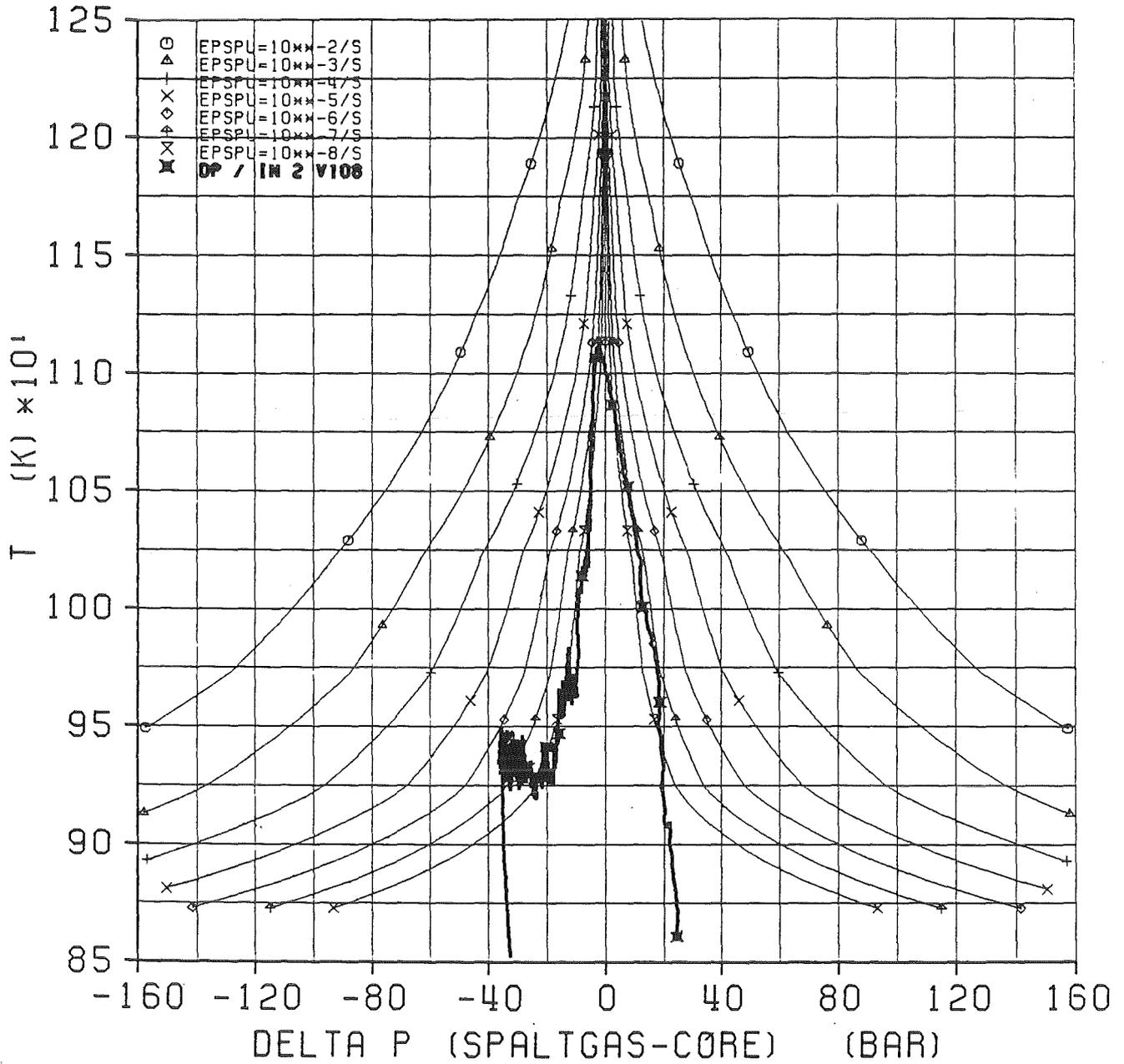
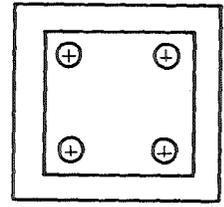
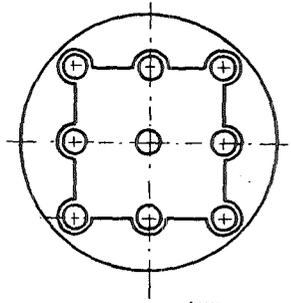


Abb. 5.50 Linien gleicher Kriechgeschwindigkeit ( ESPU in (1 / s))  
für Zircaloy-Hüllrohre als Funktion von Temperatur und  
Differenzdruck / 24 /

REAL

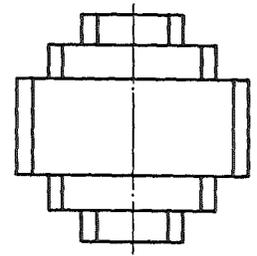
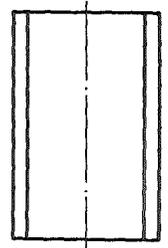
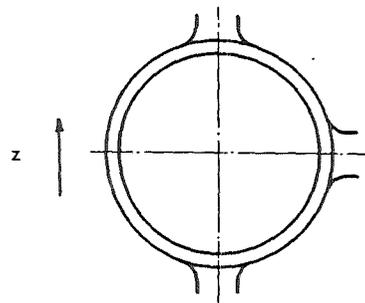
MODELL

Teststrecken-Querschnitt



: Wärmetransport : Stab -> Fluid  
 Stab -> Struktur  
 Struktur -> Fluid

Plena



: Wassermasse =  $f(z)$   
 : Wärmeübertragungsfläche =  $f(z)$

REAL

MODELL

mehrere Wasserspiegel

Bubble-rise & Slip Modell

Dampf  
Wasser



Dampf

Wasser

Dampf

Dampf + Wasser



: Abstandshalter

--> lokale Turbulenz  
Druckverlust

Abb. 6.1 Schematische Darstellung der Probleme bei der Modellierung des Teststreckenquerschnitts, des Kugelpenums und der Wasserspiegel für die Rechenprogramme RELAP und DRUFAN

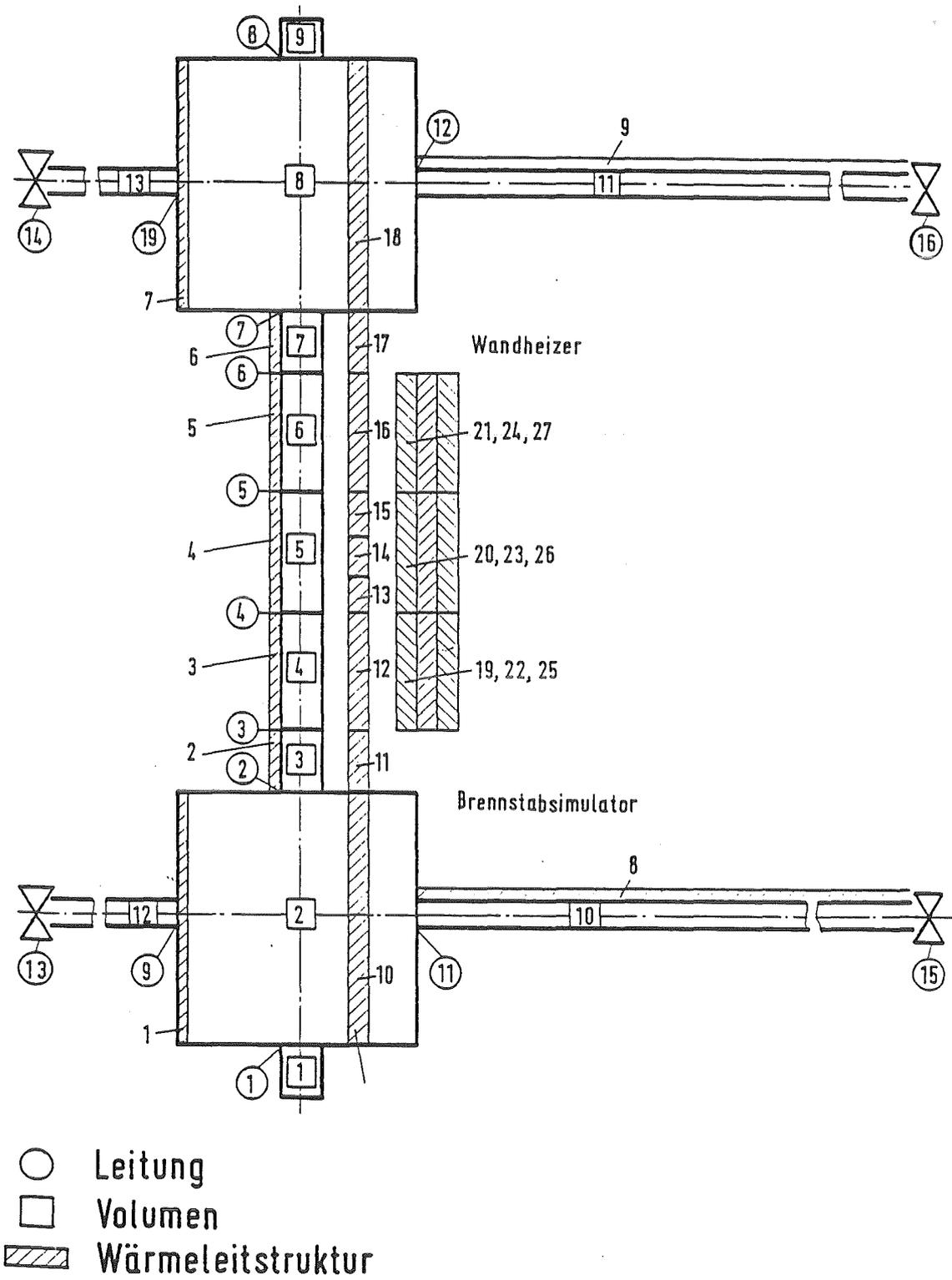


Abb. 6.2 Nodalisierungs-Schema für RELAP4-Rechnung (Anhang A)

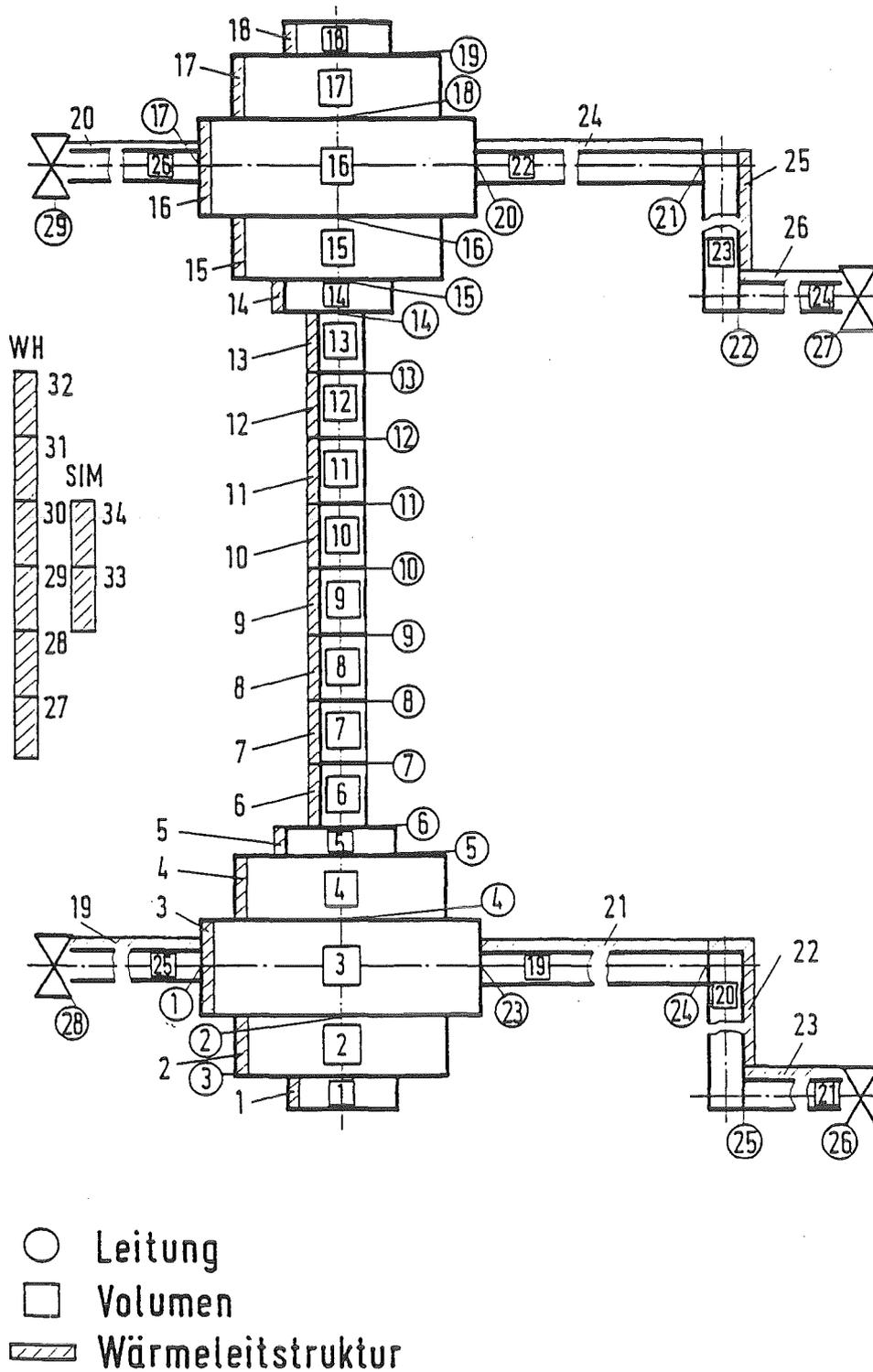


Abb. 6.3 Nodalisierungs-Schema für DRUFAN 02 Rechnung (Anhang B)

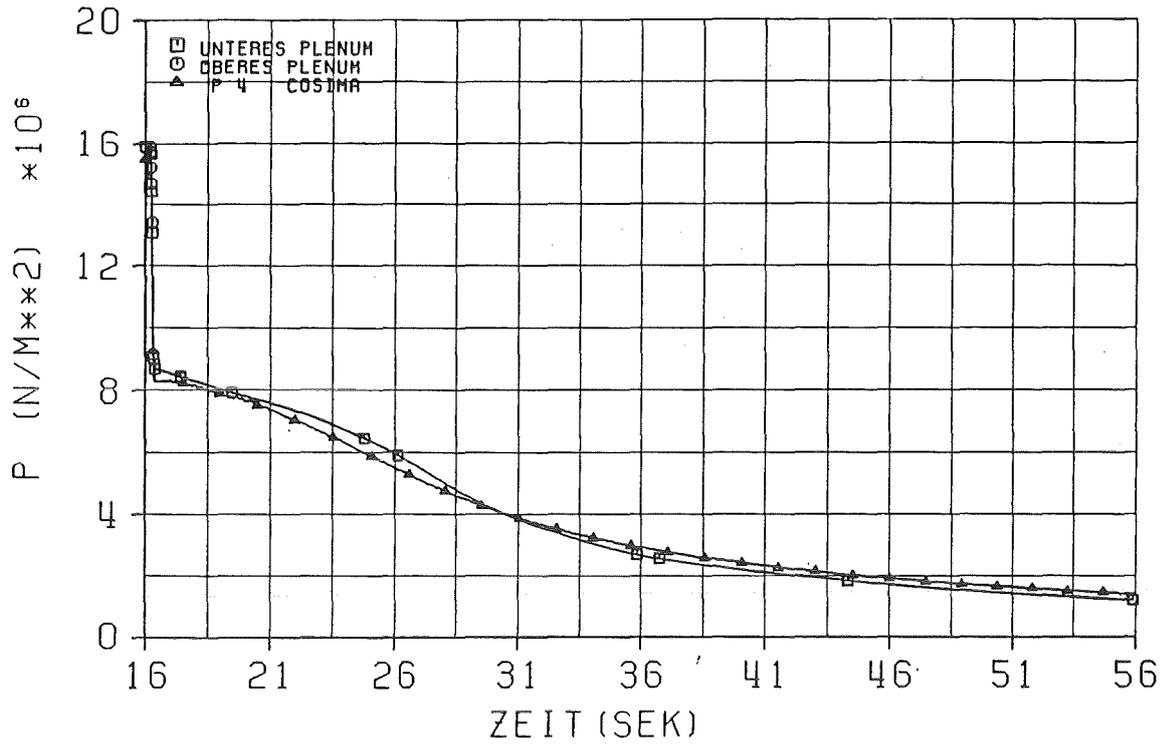


Abb. 6.4 DRUFAN 02 Nachrechnung; Systemdruckverlauf V207  
 (0% / 20% Ventilstellung Unter-/Oberpl.; ohne Beheizung)  
 P4 - Messwert im Unterplenium

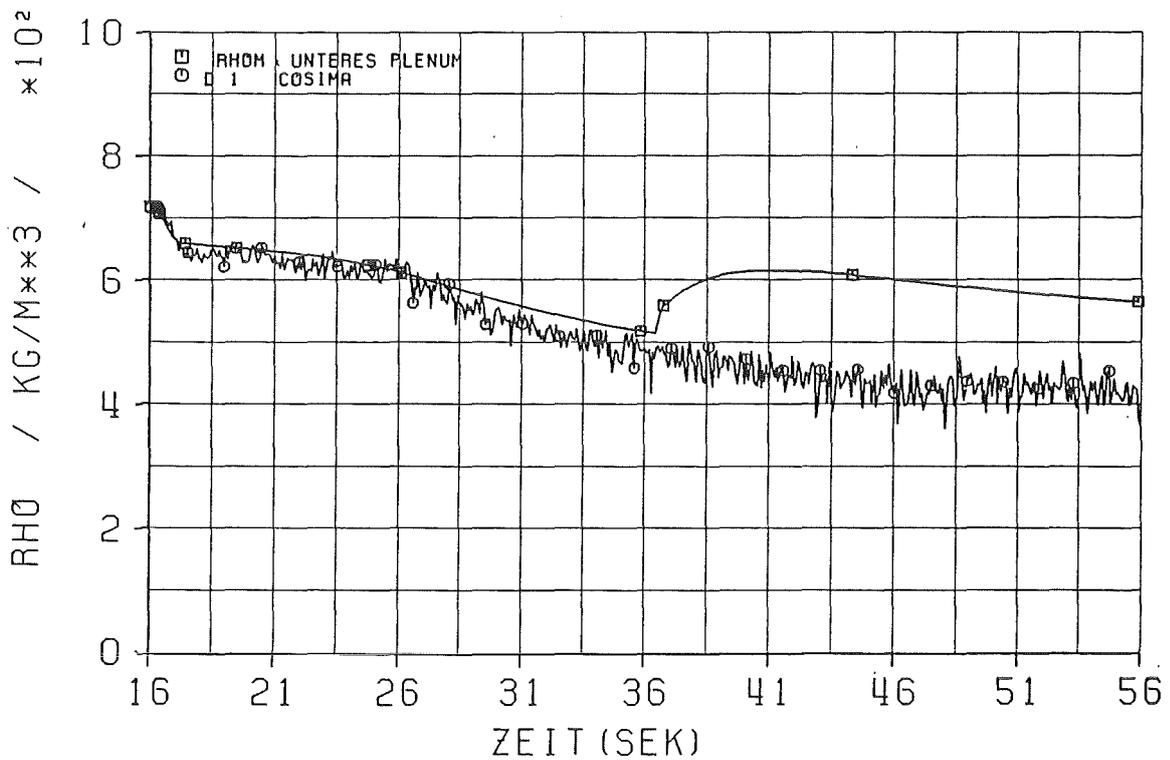


Abb. 6.5 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dichteverlauf V207  
 (0% / 20% Ventilstellung Unter-/Oberpl.; ohne Beheizung)  
 D1 - Messwert im Unterplenium  
 RHOM- Gerechneter Mittelwert (VOLUMEN: 2, 3, 4)

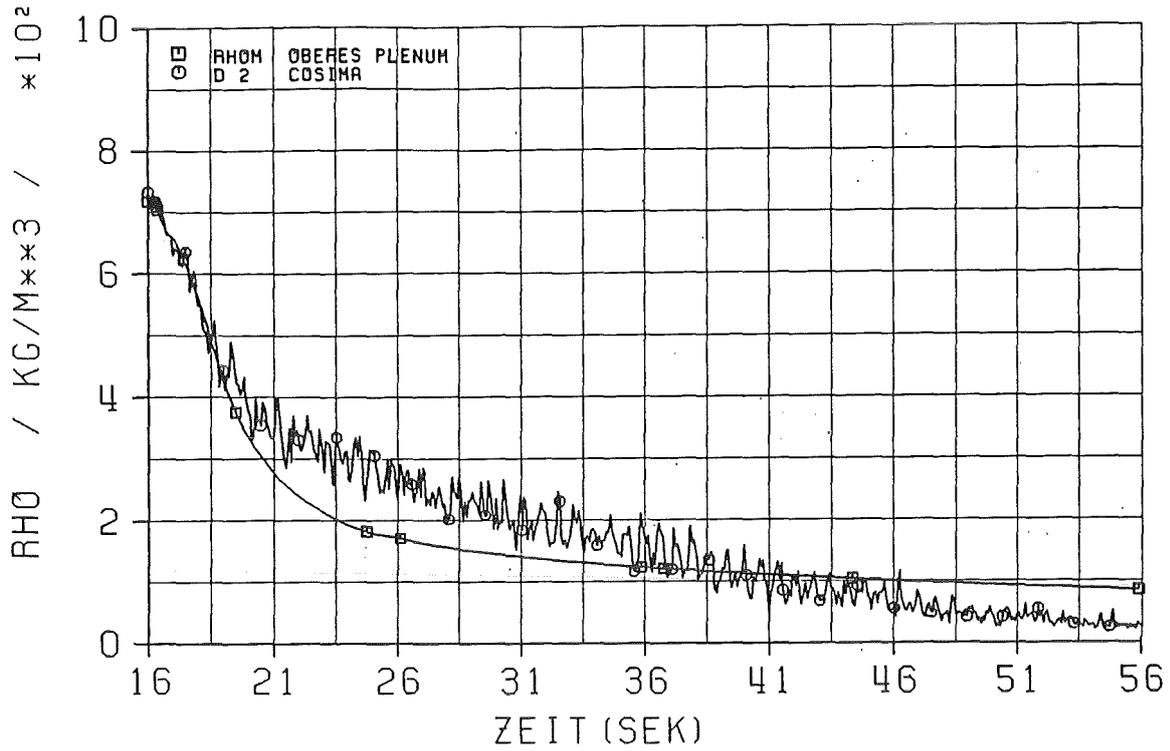


Abb. 6.6 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dichteverlauf V207  
 (0% / 20% Ventilstellung Unter-/Oberpl.; ohne Beheizung)  
 D2 - Messwert im Oberplenum  
 RHOM- Gerechneter Mittelwert (VOLUMEN: 15,16,17)

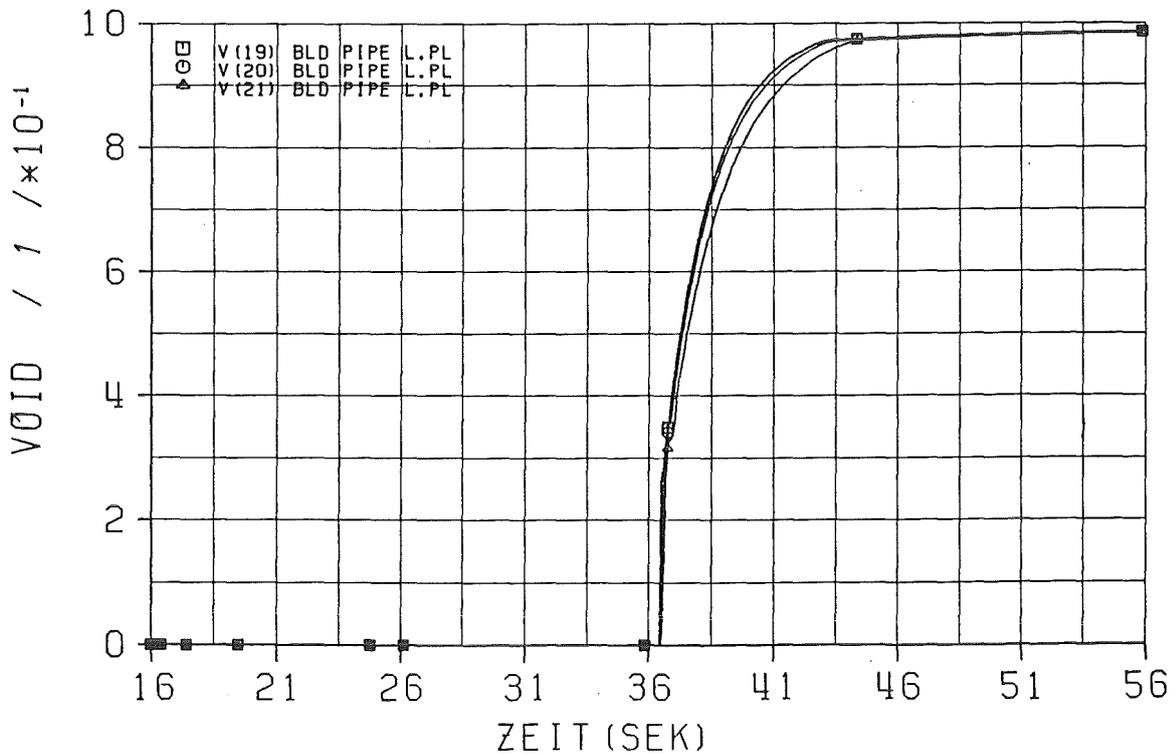


Abb. 6.7 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dampfgehalt V207  
 (0% / 20% Ventilstellung Unter-/Oberpl.; ohne Beheizung)  
 VOLUMEN-19, 20, 21 der unteren Blowdown-Leitung

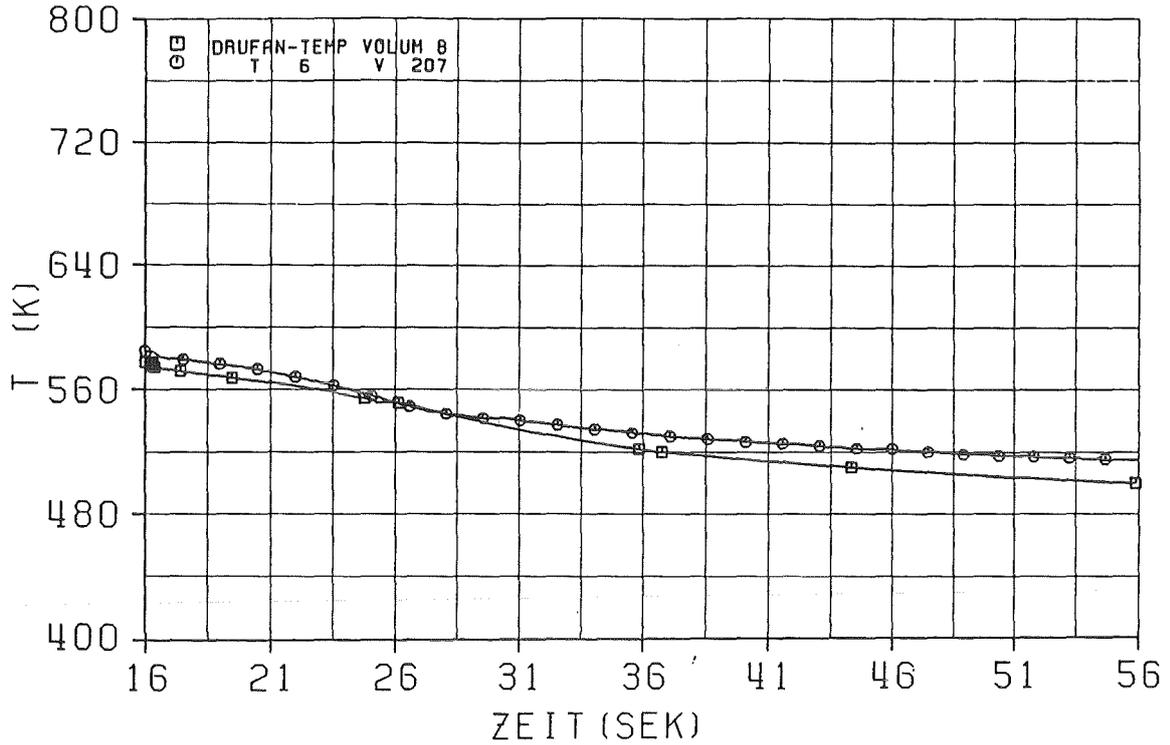


Abb. 6.8 DRUFAN 02 Nachrechnung; Fluidtemperatur V207  
 (0 % / 20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung)  
 T6 - Messwert unterhalb der beheizten Zone  
 Volumen 8 - Knoten unterhalb der beheizten Zone

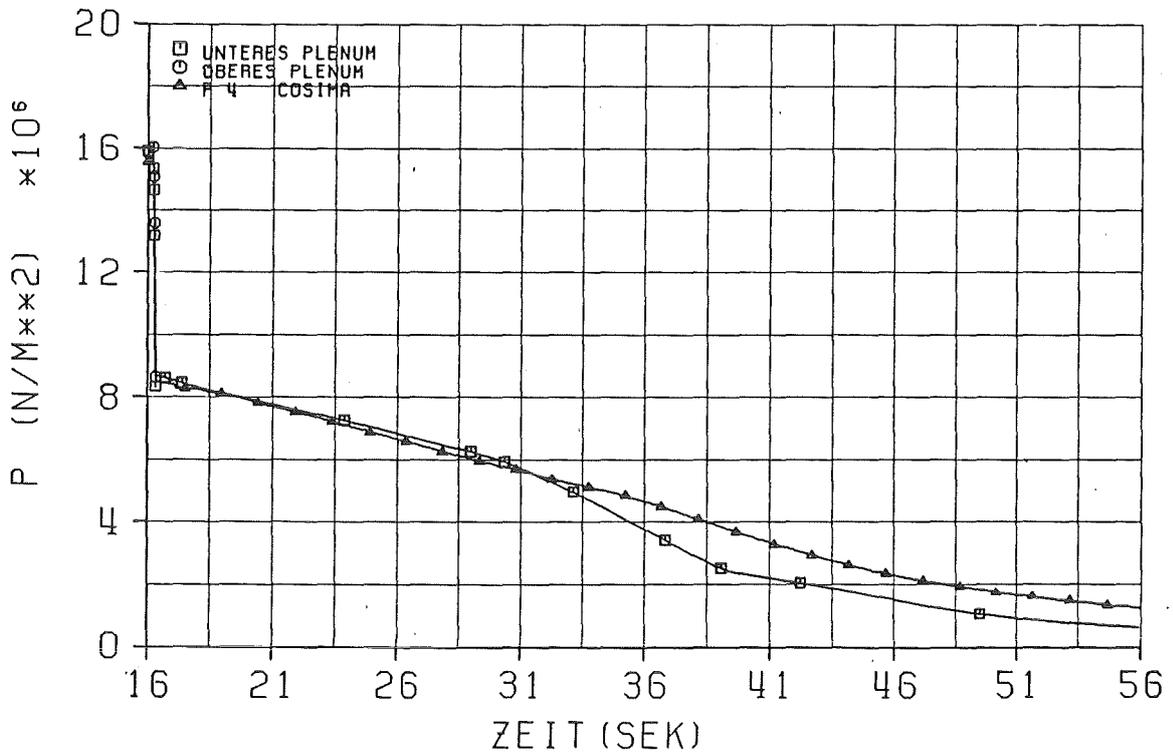


Abb. 6.9 DRUFAN 02 Nachrechnung; Systemdruckverlauf V193  
 (20% / 0 % Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung)  
 P4 - Messwert im Unterplenum

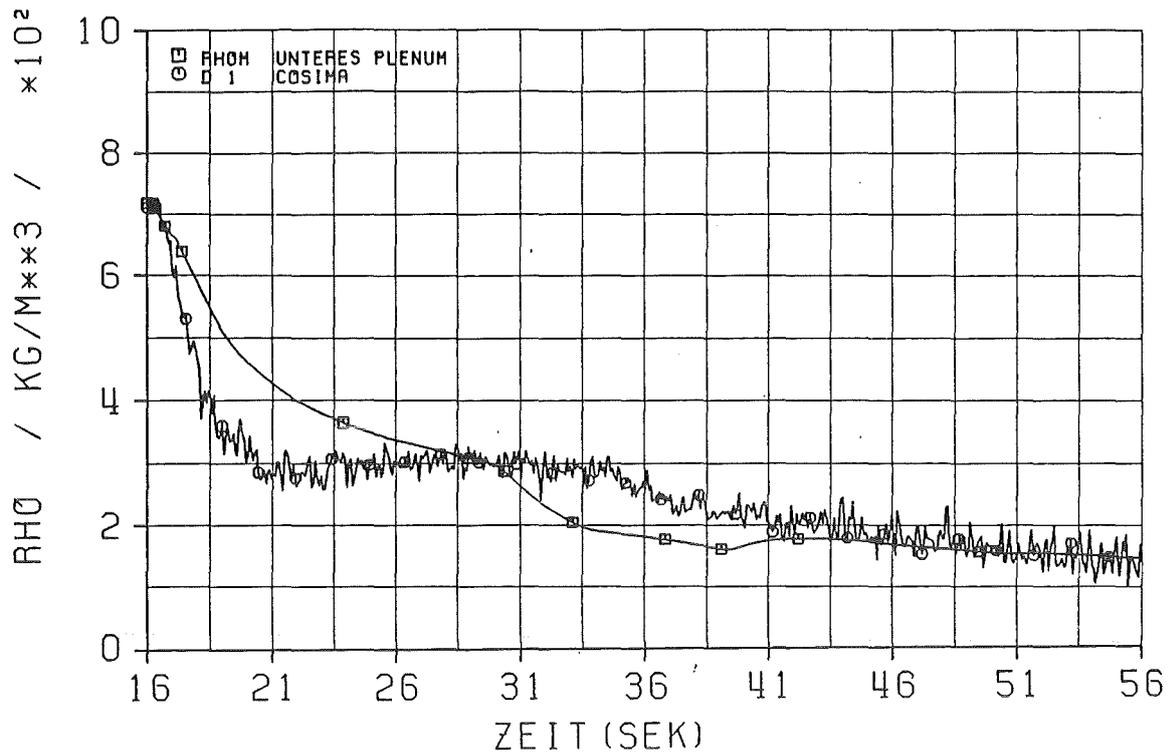


Abb. 6.10 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dichteverlauf V193  
 (20% / 0 % Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D1 - Messwert im Unterplenum  
 RHOM- Gerechneter Mittelwert (VOLUMEN: 2, 3, 4)

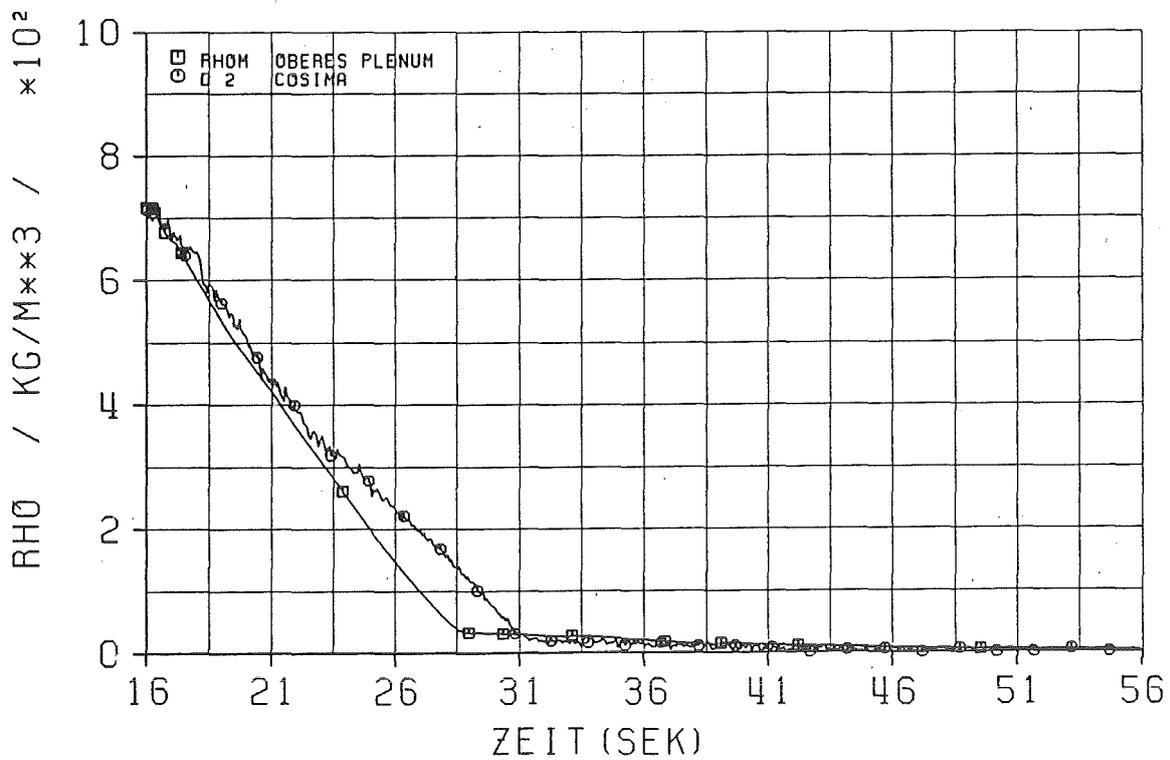


Abb. 6.11 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dichteverlauf V193  
 (20% / 0 % Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung )  
 D2 - Messwert im Oberplenum  
 RHOM- Gerechneter Mittelwert (VOLUMEN: 15,16,17)

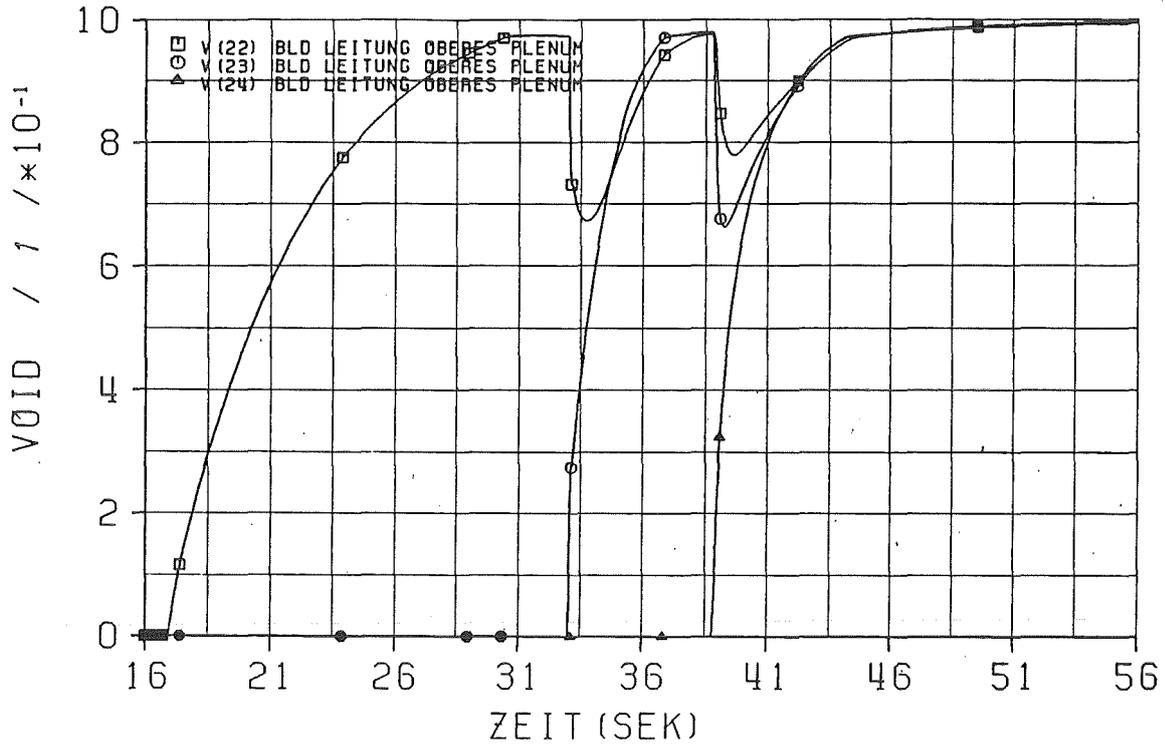


Abb. 6.12 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dampfgehalt V193  
 (20% / 0% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung)  
 Volumen 22, 23, 24 = obere Blowdown-Leitung

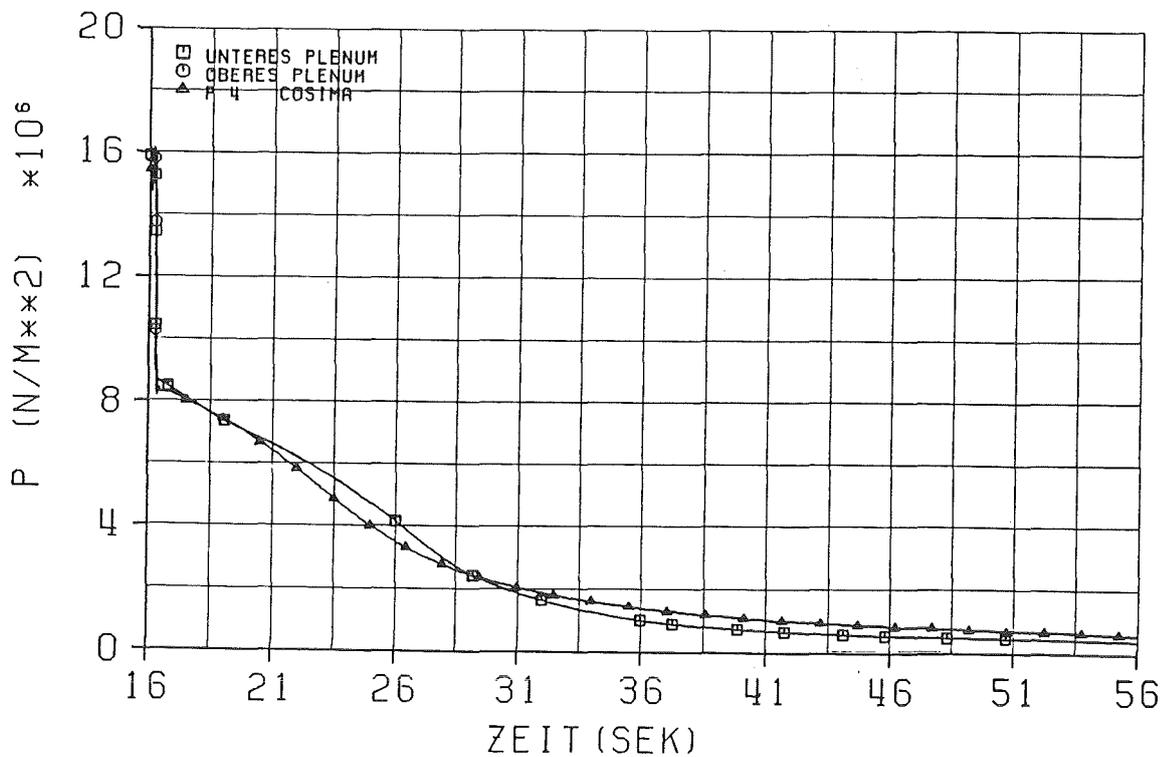


Abb. 6.13 DRUFAN 02 Nachrechnung; Systemdruckverlauf V198  
 (15% / 20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung)  
 P4 - Messwert im Unterplenum

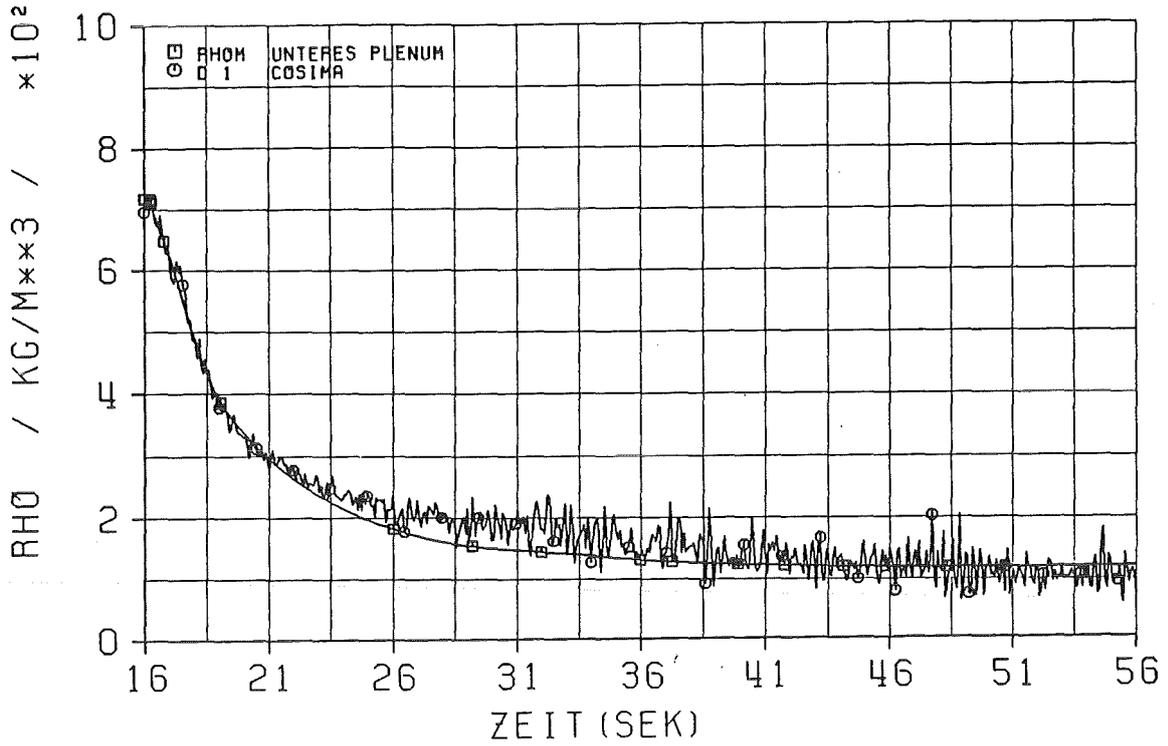


Abb. 6.14 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dichteverlauf V198  
(15% / 20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung)  
D1 - Messwert im Unterplenum  
RHOM- Gerechneter Mittelwert (VOLUMEN: 2, 3, 4)

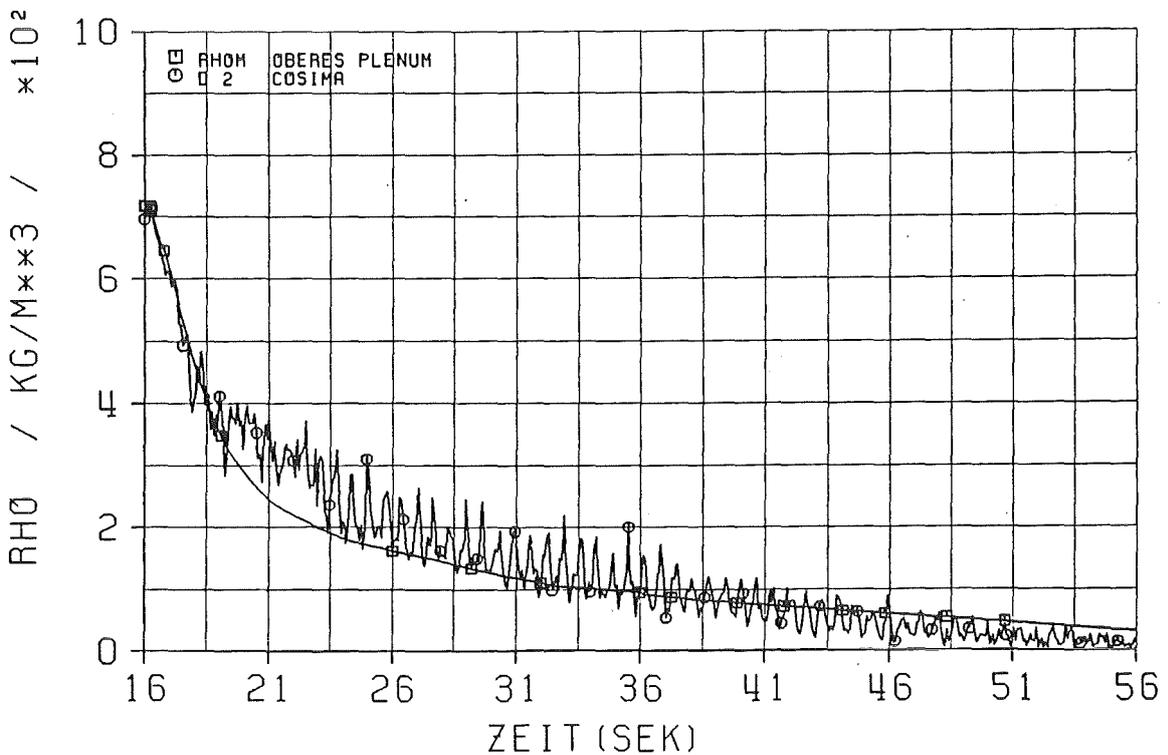


Abb. 6.15 DRUFAN 02 Nachrechnung; Dichteverlauf V198  
(15% / 20% Ventilstellung Unter-/Oberplenum; ohne Beheizung)  
D2 - Messwert im Oberplenum  
RHOM- Gerechneter Mittelwert (VOLUMEN: 15,16,17)

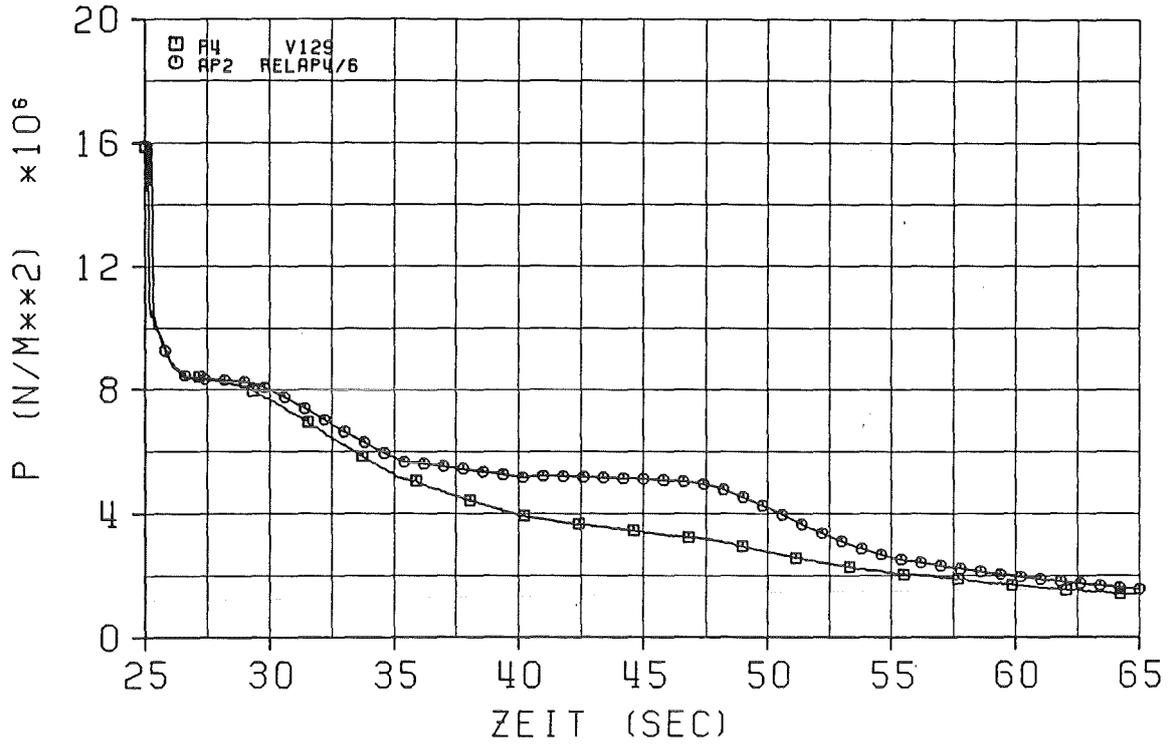


Abb. 6.16 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Systemdruckverlauf V129 (LOFTRA)  
P4 - Messwert im Unterplenum  
AP2 - Druck im VOLUMEN 2

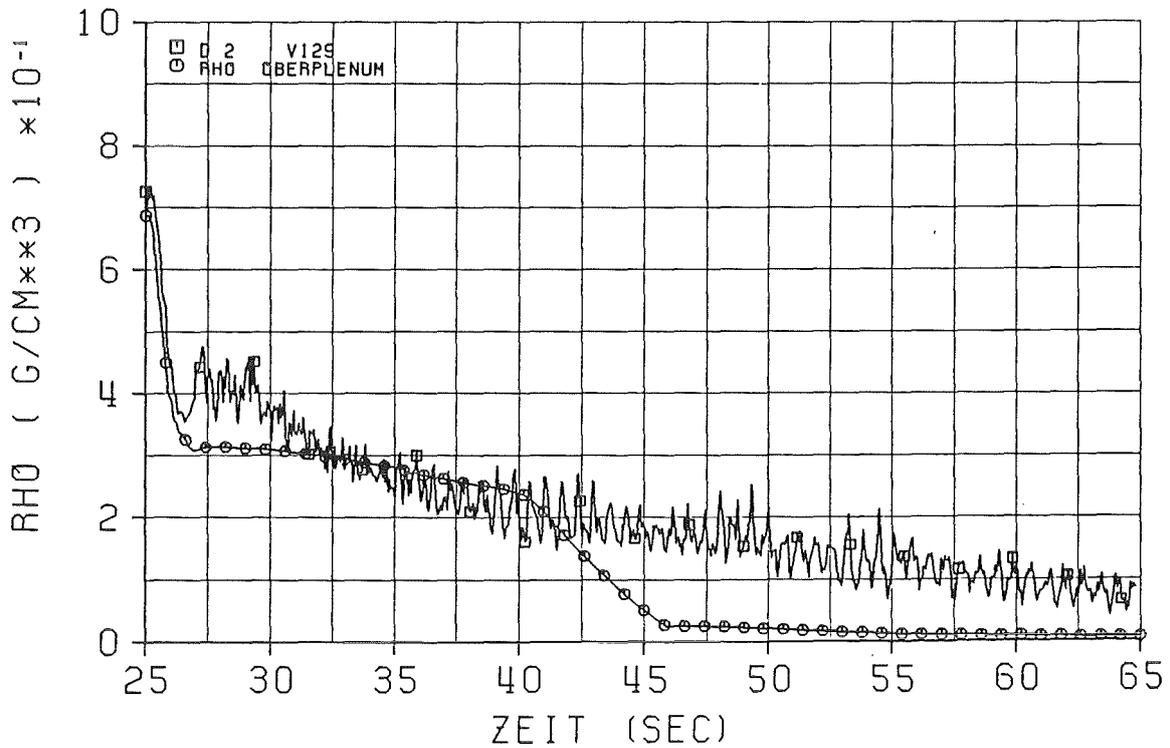


Abb. 6.17 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Dichteverlauf V129 (LOFTRA)  
D2 - Messwert im Oberplenum  
RHO - Dichte im VOLUMEN 8

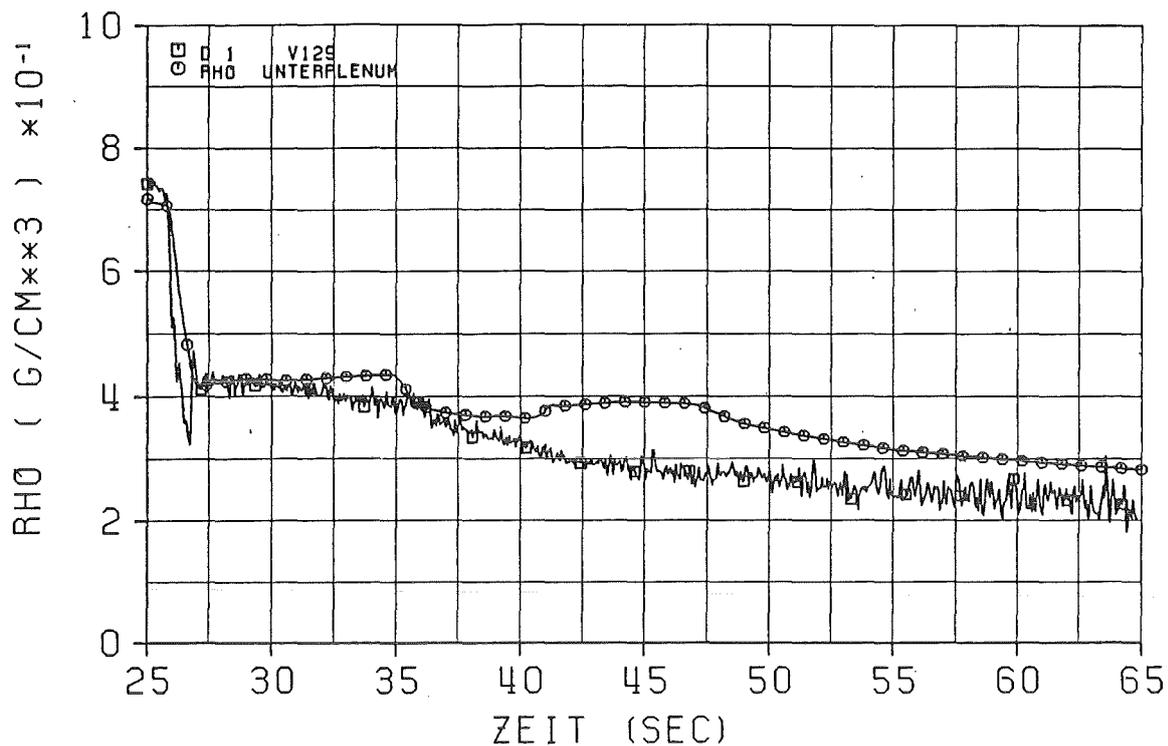


Abb. 6.18 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Dichteverlauf V129 (LOFTRA)  
 D1 - Messwert im Unterplenium  
 RHO - Dichte im VOLUMEN 2

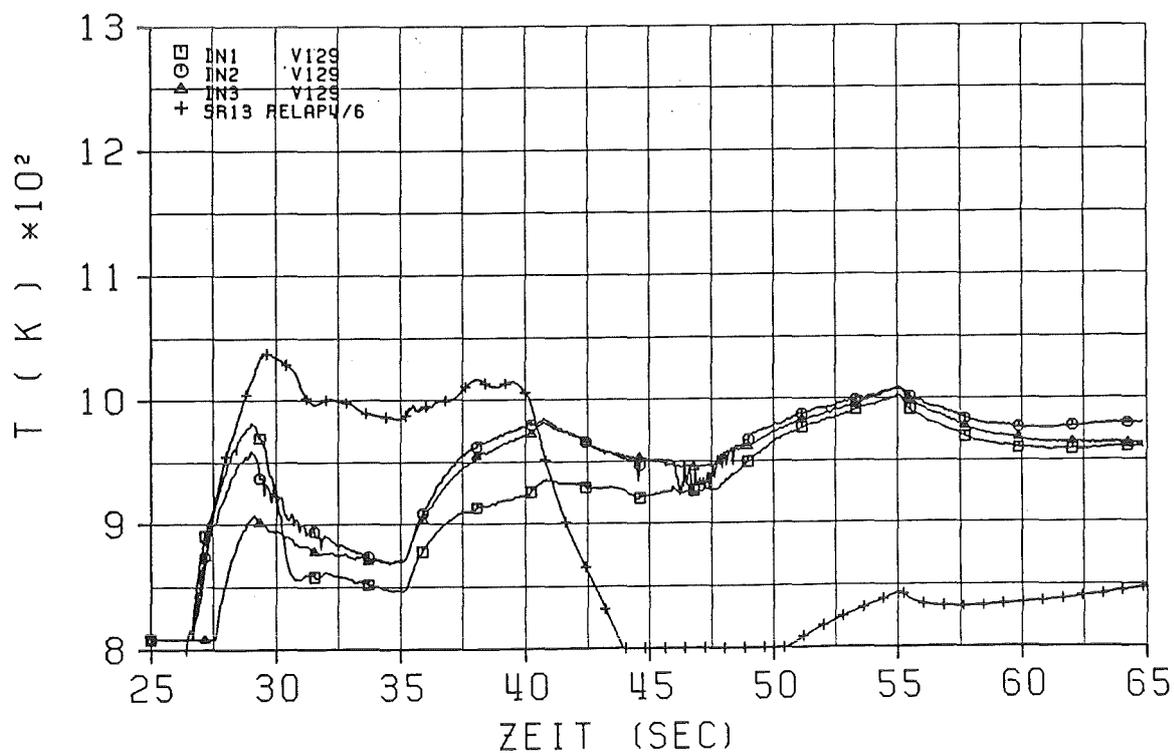


Abb. 6.19 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Hüllrohrtemperatur V129 (LOFTRA)  
 IN1/IN2/IN3 - Pyrometermessung untere Stabhälfte  
 SR13 - RELAP Heatslab 13

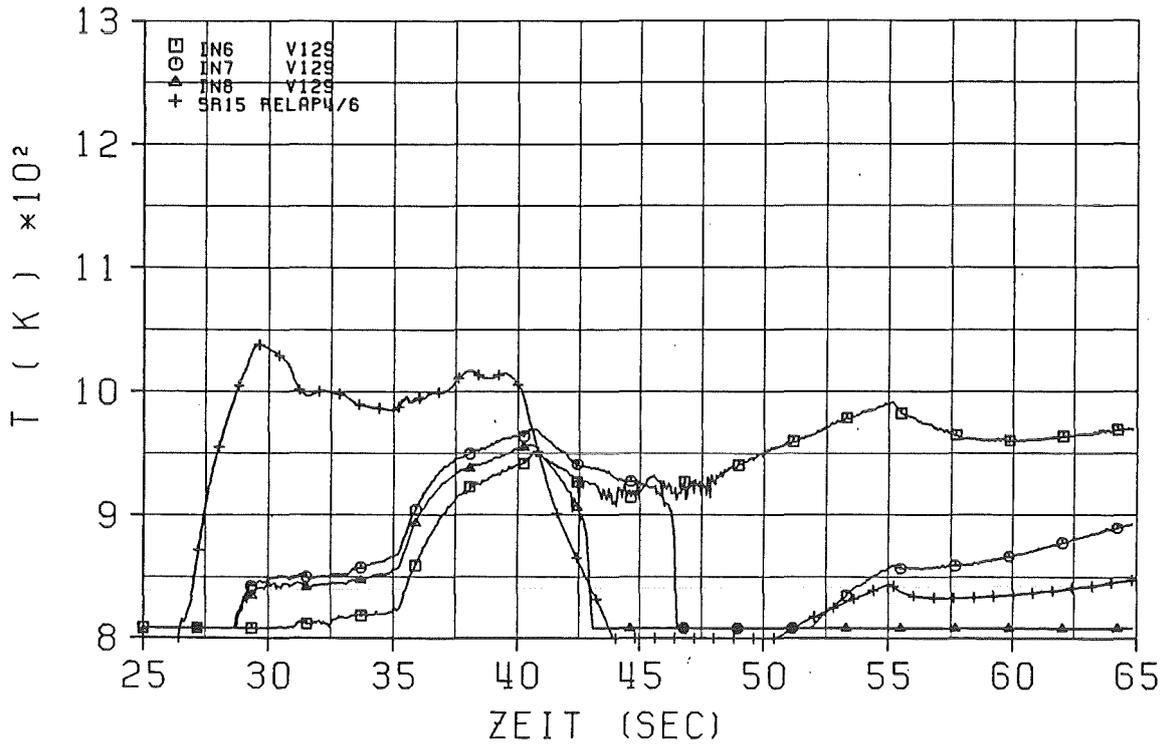


Abb. 6.20 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Hüllrohrtemperatur V129 (LOFTRA)  
 IN6/IN7/IN8 - Pyrometermessung obere Stabhälfte  
 SR15 - RELAP Heatslab 15

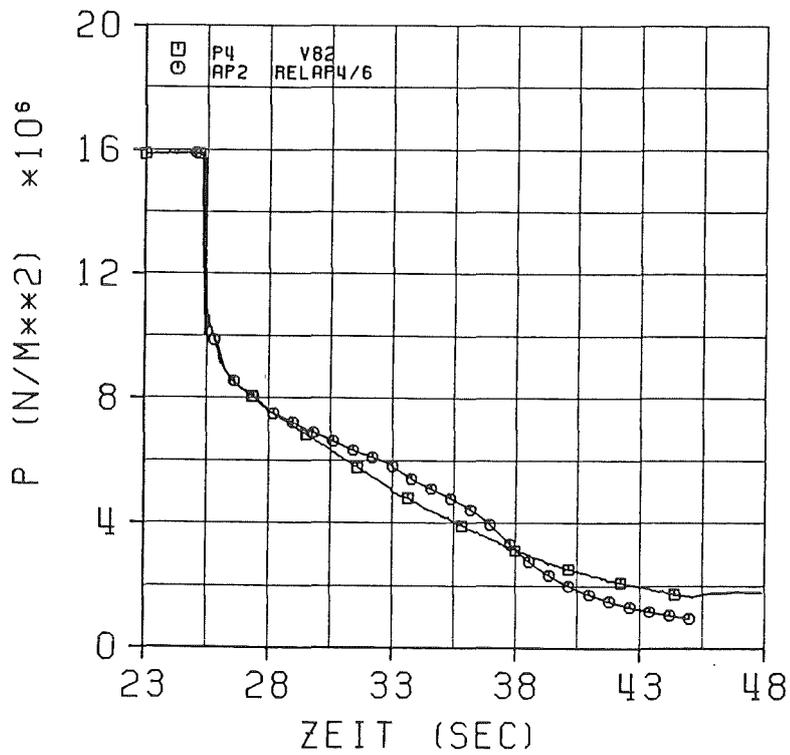


Abb. 6.21 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Systemdruckverlauf V82 (COSTRA)  
 P4 - Messwert im Unterplenium  
 AP2 - Druck im VOLUMEN 2

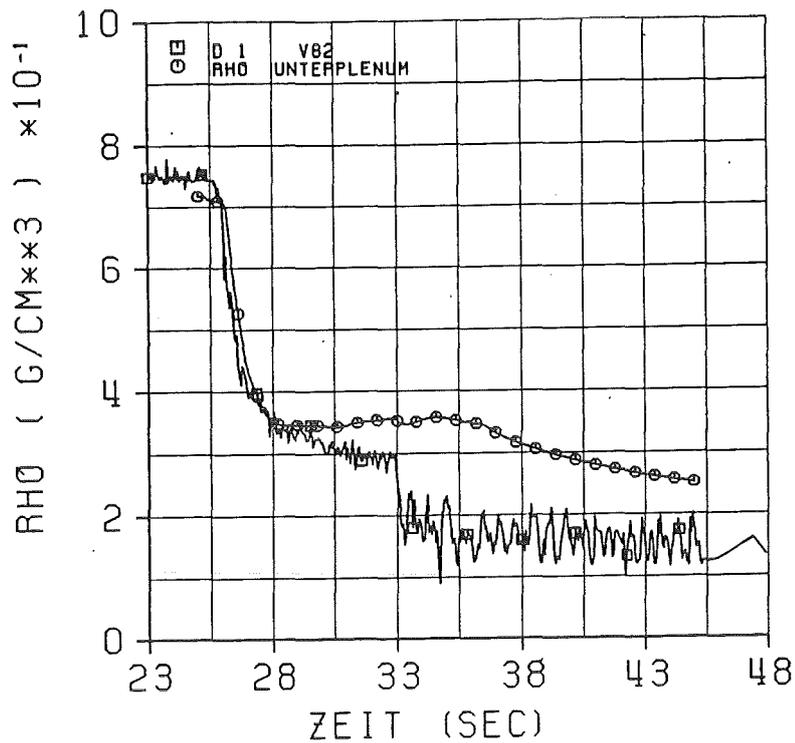


Abb. 6.22 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Dichteverlauf V82 (COSTRA)  
D1 - Messwert im Unterplenum  
RHO - Dichte im VOLUMEN 2

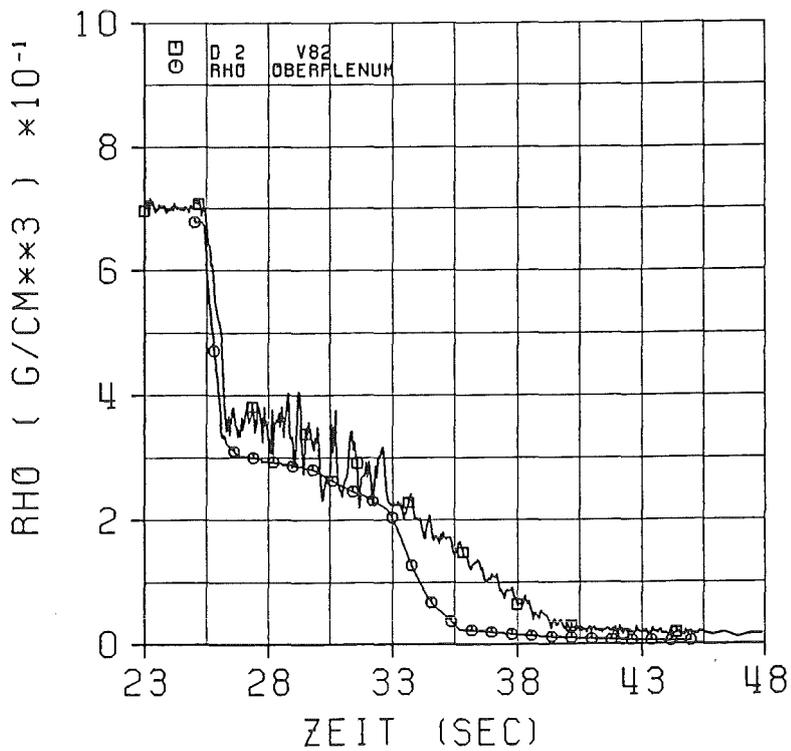


Abb. 6.23 RELAP4/mod6 Nachrechnung; Dichteverlauf V82 (COSTRA)  
D2 - Messwert im Oberplenum  
RHO - Dichte im VOLUMEN 8

ANHANG A

RELAP4/MOD6 INPUT ZU LOFTRA V129

```
= V129   INP: IRE118.SEM02.CNTL(V129GNO)  OUT: RELAP4/1,2
*
*   VEREINFACHTE NODALISIERUNG
* -----
*   POST-TEST CALCULATIONS FOR EXPERIMENT 129
*   OUTER GAP = .01 MM, INNER GAP=.05 MM
*   THERMAL CONDUCTIVITY OF AL2O3 ACCORDING TO THE MANUFACTUR'S SPECIF.
*
*   WANDSTAERKE DER MESS-STRECKE IN DER RECHNUNG = 10 MM; MIT EINEM
*   TEMPERATURGRADIENTEN LT. SSYSTRECHNUNG
*
*****
*   DIESER JOB IST DER AUSGANG- FUER SENSITIVITAET
*****
*   GROBE NODALISIERUNG; EIN WASSERSPIEGEL; IN DEN PLANA WILSON BUBBLE;
*   IN DER STRECKE KONSTANTES BUBBLE RISE; HTS2 DEFAULT (2 0 0 2);
*   HF KRITICAL FLOW;
*   ===== N O M I N A L   E I N G A B E   =====
*****
*
*
*****
$   PROBLEM-DIMENSION
*****
*   LD NE NTC NTR NV NB NTV NJ NP NCK NL NF NSL NGO NM NCO NHT ISP IU
010001 -2  9  7  5 13  2  0 16  0  0  2  2 27 10  7  9  0  0  2
*
*****
$   PROBLEM CONSTANDS
*****
*   POWER      OMEGA
010002  2.5E-2  1.0
*
*****
$   MINOR EDITS
*****
020000  SR 14  AP 2  AT 2 AP 8 AT 8 JW 15  JW 16  SL 5  ML 8
*
*
*****
$   TIME STEP DATA CARDS
*****
*
  NMI  NMA  NDM  NCH  DEL  DTM  TLA  ENDCPU
030010  1  1  0  1  1.E-4  0.0  1.1E-4  7100.
030020 200 25 10 0  1.E-4  1.0E-7  5.0
030030  2 25 10 0  1.E-2  1.0E-5  9.0
030040 200 25 10 0  1.E-4  1.0E-7 12.0
030050  2 25 10 0  1.E-2  1.0E-5 14.5
030060 200 25 10 0  1.E-4  1.0E-7 17.0
030070  2 25 10 0  1.E-2  1.0E-5 40.0
*
*****
$   TRIP CONTROL DATA CARDS
*****
*
  IDR  IDS  IX1  IX2  SET  DELAY
040010  1  1  0  0  40.  0.0  * END TRIP
040020  1 -4  5  0 14.5  0.0  * END TRIP WHEN P5 < 14.5 PSIA
040030  2  1  0  0  0.0  0.0  * OPEN BLOWDOWN VALVES
040040  3  1  0  0  0.0  0.0  * CLOSE ISOLATION VALVES
```

040050 4 1 0 0 0.0 0.0 \* SCRAM SIM AND GUARD HEATERS

\*

\*\*\*\*\*

\$ VOLUME DATA CARDS

\*\*\*\*\*

*	IBUB	IREAD	P	TEMP	HORX	V	ZVOL
*							
050011	2	0	2306.500311	300.000	-1.00000	1.42E-3	1.166
050021	1	0	2306.168849	581.000	-1.00000	0.22954	0.6234
050031	2	0	2304.400364	581.000	-1.00000	6.5946E-3	0.96457
050041	2	0	2303.489775	584.500	-1.00000	9.6994E-3	1.8766
050051	2	0	2302.224492	592.440	-1.00000	8.47855E-3	1.6404
050061	2	0	2300.954612	600.440	-1.00000	9.6994E-3	1.8766
050071	2	0	2300.040558	604.100	-1.00000	6.5946E-3	0.96457
050081	1	0	2299.642151	604.300	-1.00000	0.22954	0.6234
050091	2	0	2299.315547	300.000	-1.00000	1.42E-3	1.166
050101	0	0	2306.169211	446.000	-1.00000	3.5315E-2	6.562E-2
050111	0	0	2299.642527	446.000	-1.00000	3.5315E-2	6.562E-2
050121	0	0	2306.192242	582.000	-1.00000	6.066E-3	8.86E-2
050131	0	0	2298.630681	604.300	-1.00000	6.066E-3	8.86E-2

\*

*	ZM	JTPMV	FLOWA	DIAMV	ELEV	IAMBLO
---	----	-------	-------	-------	------	--------

\*

050012	1.16600	0	1.218E-3	1.51E-3	3.5	2
050022	0.62340	0	0.36531	0.6847	4.666	3
050032	0.96457	0	5.12E-3	4.36E-2	5.2894	4
050042	1.87660	0	5.12E-3	4.36E-2	6.25397	5
050052	1.64040	0	5.12E-3	4.36E-2	8.13057	6
050062	1.87660	0	5.12E-3	4.36E-2	9.77097	7
050072	0.96457	0	5.12E-3	4.36E-2	11.64757	8
050082	0.62340	0	0.36531	0.6847	12.61214	9
050092	1.16600	0	1.218E-3	1.51E-3	13.23554	0
050102	6.562E-2	0	3.38E-3	6.562E-2	4.94489	0
050112	6.562E-2	0	3.38E-3	6.562E-2	12.89103	0
050122	8.86E-2	0	6.16E-3	8.86E-2	4.9274	0
050132	8.86E-2	0	6.16E-3	8.86E-2	12.87954	0

\*

\*\*\*\*\*

\$ BUBBLE DATA CARDS

\*\*\*\*\*

*	ALPH	VBUB
060011	0.8	-1.0
060021	0.0	0.22

\*

\*

\*\*\*\*\*

\$ JUNCTION DATA CARDS

\*\*\*\*\*

*	IW1	IW2	IPUMP	IVALVE	WP	AJUN	ZJUN	INERTA
*								
080011	1	2	0	0	0.0	1.218E-3	4.666	0.0
080021	2	3	0	0	3.179	5.12E-3	5.2894	0.0
080031	3	4	0	0	3.179	5.12E-3	6.25397	0.0
080041	4	5	0	0	3.179	5.12E-3	8.13057	0.0
080051	5	6	0	0	3.179	5.12E-3	9.77097	0.0
080061	6	7	0	0	3.179	5.12E-3	11.64757	0.0
080071	7	8	0	0	3.179	5.12E-3	12.61214	0.0
080081	8	9	0	0	0.0	1.218E-3	13.23554	0.0
080091	12	2	0	0	3.179	6.16E-3	4.9777	0.0

080101	8	13	0	0	3.179	6.16E-3	12.92384	0.0
080111	2	10	0	0	0.0	3.38E-3	4.9777	0.0
080121	8	11	0	0	0.0	3.38E-3	12.92384	0.0
080131	0	12	1	0	3.179	6.16E-3	4.9777	0.0
080141	0	13	2	0	-3.179	6.16E-3	12.92384	0.0
080151	10	0	1	0	0.0	8.514E-4	4.9777	0.0
080161	11	0	2	0	0.0	8.514E-4	12.92384	0.0

\*  
 \* FJUNF FJUNR JVERTL JCHOKE JCALCI MVMIX DIAMJ  
 \*

080012	0.	0.	0	-1	3	0	1.51E-3
080022	0.	0.	0	-1	3	0	4.36E-2
080032	0.	0.	0	-1	3	0	4.36E-2
080042	0.	0.	0	-1	3	0	4.36E-2
080052	0.	0.	0	-1	3	0	4.36E-2
080062	0.	0.	0	-1	3	0	4.36E-2
080072	0.	0.	0	-1	3	0	4.36E-2
080082	0.	0.	0	-1	3	0	1.51E-3
080092	0.	0.	1	-1	3	0	8.86E-2
080102	0.	0.	1	-1	3	0	8.86E-2
080112	0.	0.	1	-1	3	0	6.56E-2
080122	0.	0.	1	-1	3	0	6.56E-2
080132	0.	0.	1	-1	3	0	8.86E-2
080142	0.	0.	1	-1	3	-2	8.86E-2
080152	5.	5.	1	0	2	0	3.28E-2
080162	5.	5.	1	0	2	0	3.28E-2

\*  
 \* CONCO ICHOKE IHQCOR SRCOS IFLOOD IADJUN  
 \*

080013	0.	0	0	-1.	0	0
080023	0.	0	3	-1.	0	0
080033	0.	0	3	-1.	0	0
080043	0.	0	3	-1.	0	0
080053	0.	0	3	-1.	0	0
080063	0.	0	3	-1.	0	0
080073	0.	0	3	-1.	0	0
080083	0.	0	0	-1.	0	0
080093	0.	0	0	0.	0	0
080103	0.	0	0	0.	0	0
080113	0.625	0	0	0.	0	0
080123	0.625	0	0	0.	0	0
080133	0.	0	0	0.	0	0
080143	0.	0	0	0.	0	0
080153	0.	12	0	0.	0	0
080163	0.	12	0	0.	0	0

\*  
 \*\*\*\*\*  
 \$ LEAK TABLE DATA CARDS  
 \*\*\*\*\*

\* UNTERPLENUM  
 \*\*\*\*\*

* NA ITL SI TA1 TA2 .....
120100 20 2 14.5
120101 .0 .0 .2 .0 .29 .231 .4 .151 .6 .136 .8 .131
120102 1. .398 1.1 .506 1.6 .56 2.13 .0 9.6 .0 10.2 .058
120103 11.1 .071 15.1 .071 15.86 .127 22.6 .135 22.8 .117 30. .112
120104 30.3 .0 100. .0

\*  
 \*

\*\*\*\*\*

\* OBERPLENUM

\*\*\*\*\*

120200 20 2 14.5  
120201 .0 .0 .2 .0 .4 .47 .9 .468 1.15 .104 1.4 .037  
120202 4.1 .038 4.2 .095 4.7 .152 10.1 .152 10.4 .046 15.1 .046 15.3 .0  
120203 22.6 .0 23.2 .056 30. .056 30.3 .122 40. .122 40.2 .0 100. .0

\*

\*\*\*\*\*

\$ FILL TABLE DATA CARDS

\*\*\*\*\*

\* ITF ITY NPT ICA ISA UNI PRESS TEMP  
130100 3 1 4 4 0 LBS/SEC 2306.4 581.000  
130200 3 1 4 4 0 LBS/SEC 2298.4 604.300

\*

\* TIM1 FLO1 TIM2 FLO2 .....  
130101 .0 516.07 .1 516.07 .120 .0 100. .0  
130201 .0 -516.07 .2 -516.07 .220 .0 100. .0

\*

\*\*\*\*\*

\$ KINETICS KONSTANT DATA CARDS

\*\*\*\*\*

\* NOD KMU BOV RHO UDU PRO LAM TAU  
140000 0 0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

\*

\*\*\*\*\*

\$ SCRAM TABLE DATA CARDS

\*\*\*\*\*

\* NSC ITS TSC1 TSC2 .....  
141000 12 4 .0 1. .2 1. .5 .32 .8 .034 1. .0 3. .0  
141001 3.6 .12 8.2 .12 9. .07 40. .07 40.2 .0 100. .0

\*

\*\*\*\*\*

\$ SECOND POWER DECAY CURVE/GAMMA HEATING POWER TABLE

\*\*\*\*\*

\* NGT IGT GTB1 GTB2 .....  
144101 4 4 0. 1. .15 1. .28 .0 100. 0.

\*

\*\*\*\*\*

\$ HEAT TRANSFER SURFACE CORRELATION OPTION CARD

\*\*\*\*\*

\* NSUR IMSS IQTB IQFB  
150000 2 0 0 2

\*

\*\*\*\*\*

\$ HEAT SLAB DATA CARDS

\*\*\*\*\*

\* IVSL IVSR IGOM ISB IXLO IMCL IMCR AHTL AHTR  
\*  
150011 2 0 1 0 1 0 0 1.7889 .0  
150021 3 0 3 1 1 0 0 0.35947 .0  
150031 4 0 3 1 1 0 0 0.6994 .0  
150041 5 0 3 1 1 0 0 0.6114 .0  
150051 6 0 3 1 1 0 0 0.6994 .0  
150061 7 0 3 1 1 0 0 0.35947 .0  
150071 8 0 1 1 1 0 0 1.7889 .0  
150081 10 0 10 0 0 0 0 1.826 .0  
150091 11 0 10 0 0 0 0 1.826 .0  
150101 0 2 7 1 2 0 0 .0 6.91E-2

150111	0	3	7	1	2	0	0	.0	1.07E-1
150121	0	4	7	1	2	0	0	.0	2.08E-1
150131	0	5	6	1	2	0	0	.0	6.726E-2
150141	0	5	6	1	2	0	0	.0	4.726E-2
150151	0	5	6	1	2	0	0	.0	6.725E-2
150161	0	6	7	1	2	0	0	.0	2.08E-1
150171	0	7	7	1	2	0	0	.0	1.07E-1
150181	0	8	7	1	2	0	0	.0	6.91E-2

\* GUARD - HEATER

150191	0	4	8	0	2	0	0	.0	5.803E-1
150201	0	5	8	1	2	0	0	.0	5.072E-1
150211	0	6	8	1	2	0	0	.0	5.826E-1

\*

150221	0	4	8	0	2	0	0	.0	5.803E-1
150231	0	5	8	1	2	0	0	.0	5.072E-1
150241	0	6	8	1	2	0	0	.0	5.826E-1

\*

150251	0	4	8	0	2	0	0	.0	5.803E-1
150261	0	5	8	1	2	0	0	.0	5.072E-1
150271	0	6	8	1	2	0	0	.0	5.826E-1

\*

	VOLS	HDML	HDMR	DHEL	DHER	CHNL	CHNR	ZBOT	ZTOP
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------

\*

150012	4.689E-2	.0	.0	0.0	.0	.0	.0	.0	.0
150022	1.179E-2	.0	.0	9.32E-2	.0	.0	.0	.0	.0
150032	2.295E-2	.0	.0	9.32E-2	.0	.0	.0	.0	.0
150042	2.006E-2	.0	.0	9.32E-2	.0	.0	.0	.0	.0
150052	2.295E-2	.0	.0	9.32E-2	.0	.0	.0	.0	.0
150062	1.179E-2	.0	.0	9.32E-2	.0	.0	.0	.0	.0
150072	4.689E-2	.0	.0	0.0	.0	.0	.0	.0	.0
150082	6.878E-2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
150092	6.878E-2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
150102	6.090E-4	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.0	.0
150112	9.424E-4	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.0	.0
150122	1.833E-3	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.0	.0
150132	5.930E-4	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.0	.607
150142	4.167E-4	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.607	1.0335
150152	5.930E-4	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	1.0335	1.6404
150162	1.833E-3	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.0	.0
150172	9.424E-4	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.0	.0
150182	6.090E-4	.0	.0	.0	3.53E-2	.0	.0	.0	.0

\* GUARD HEATER

150192	4.856E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0
150202	4.245E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0
150212	4.856E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0

\*

150222	4.856E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0
150232	4.245E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0
150242	4.856E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0

\*

150252	4.856E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0
150262	4.245E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0
150272	4.856E-3	.0	.0	.0	3.52E-2	.0	.0	.0	.0

\*

\*\*\*\*\*

\* WALL TEMPERATURE RESET CARD

\*\*\*\*\*

\* TP(1,XXX) TP(NODER,XXX)

\*

150013	578.500	577.600	*	IM UNTERPLENUM
150023	578.500	577.600	*	UNBEHEITZTES TEIL
150033	592.790	577.600	*	WAND HEIZER
150043	592.790	577.600	*	SIMULATOR + WANDHEIZER
150053	594.770	577.600	*	WAND HEIZER
150063	601.970	577.600	*	UNBEHEITZTES TEIL
150073	601.970	577.600	*	IM OBERPLENUM

\*  
\*\*\*\*\*

\$ GUARD HEATERS MODELED AS GAMMA HEATED SLABS

\*\*\*\*\*

\* --> N(WANDHEIZER)

\*\*\*\*\*

*	IGT	QV
156019	1	8.66572E+06
156020	1	8.66572E+06
156021	1	8.66572E+06
156022	1	8.66572E+06
156023	1	8.66572E+06
156024	1	8.66572E+06
156025	1	8.66572E+06
156026	1	8.66572E+06
156027	1	8.66572E+06

\*  
\*\*\*\*\*

\$ CORE SECTION DATA CARDS

\*\*\*\*\*

*	ISLB	NODT	CLTI	QFRAC	QPMOD	QDMOD
*						
160010	10	2 7 12	.0	1.6E-5		
160020	11	2 7 12	.0	4.85E-5		
160030	12	2 7 12	.0	1.4375E-4		
160040	13	2 7 12	.0	.36982		
160050	14	2 7 12	.0	.25985		
160060	15	2 7 12	.0	.36982		
160070	16	2 7 12	.0	1.4375E-4		
160080	17	2 7 12	.0	4.85E-5		
160090	18	2 7 12	.0	1.6E-5		

\*  
\*\*\*\*\*

\$ SLAB GEOMETRY DATA CARDS

\*\*\*\*\*

*	1	=	PLENA
*	2	=	PLENA
*	3	=	FUELLSTUECKE
*	4	=	ROHR NW 20*2.5
*	5	=	ROHR NW 20*5.0
*	6	=	SIM AKTIV
*	7	=	SIM-ENDEN
*	8	=	WANDHEIZER
*	9	=	ROHR NW 27*6.5
*	10	=	ROHR NW 20*10. --> ROHR&TMFM-MASSE

*		IG	NR	IM	NDX	XO	XR	PF
*		IGP						
170101		2	1	1	5	.3424	3.28E-2	.0
*								
170201		2	1	1	5	.123	3.28E-2	.0
*								

170301	1	1	1	5	4.66E-2	3.28E-2	.0	
*								
170401	2	1	1	2	3.28E-2	.82E-2	.0	
*								
170501	2	1	1	2	3.28E-2	1.64E-2	.0	
*								
170601	2	5	5	3	.0	9.94D-3	1.0	
170602	0			3		1.64D-4	.0	
170603	0			2		5.085D-3	.0	
170604	0			3		3.281D-5	.0	
170605	0			4		2.42D-3	.0	
*								
170701	2	5	7	3	.0	9.94D-3	1.0	
170702	0			3		1.64D-4	.0	
170703	0			2		5.085D-3	.0	
170704	0			3		3.281D-5	.0	
170705	0			4		2.42D-3	.0	
*								
170801	2	5	2	3	.0	8.46D-3	.0	
170802	0			1		1.21D-3	.5	
170803	0			6		2.31D-3	.0	
170804	0			1		1.31D-3	.0	
170805	0			7		3.28D-3	.5	
*								
170901	2	1	1	2	4.43D-2	2.13D-2	.0	
*								
171001	2	1	1	2	3.28D-2	3.28D-2	.0	
*		IG	NR	IM	NDX	XO	XR	PF
*		(IGP)						

\*\*\*\*\*

\$ MATERIAL - 1 = STAHL 4571  
 \$ MATERIAL - 2 = AL203 NACH HERSTELLER  
 \$ MATERIAL - 3 = HELIUM  
 \$ MATERIAL - 4 = ZIRCALOY  
 \$ MATERIAL - 5 = GRAPHIT  
 \$ MATERIAL - 6 = BORNITRID (NACH VOLLMER 95 % DER THEORETISCHEN DICHTE)  
 \$ MATERIAL - 7 = CU

\*\*\*\*\*

\*  
 \* MATERIAL = 1 - STAINLESS STEEL TYPE 4571  
 \* MATERIAL = 2 - AL203 ACCORDING TO THE MANUFACTURER  
 \* MATERIAL = 3 - HELIUM  
 \* MATERIAL = 4 - ZIRCALOY  
 \* MATERIAL = 5 - GRAPHITE  
 \* MATERIAL = 6 - BORON NITRIDE (NACH VOLLMER 95 % DER THEORETISCHEN DICH  
 \* MATERIAL = 7 - COPPER

\*\*\*\*\*

\*  
 \*\*\*\*\*  
 \$ THERMAL CONDUCTIVITY DATA CARDS  
 \*\*\*\*\*  
 \* FUER HELIUM ZUSCHLAG VON 0.04 W/MK AUF OBEREN 2 WERTE WEGEN STRAHLUNGS  
 \* ANTEIL  
 \* FOR HELIUM AN ADDITION OF .04 W/M\*K TO THE UPPER 2 VALUES  
 \* BECAUSE OF RADIATION'S CONTRIBUTION  
 \*  
 \* NKP TPK1 .....

180100 -11 212. 9.47 392. 10.34 572. 11.12 752. 11.87 932. 12.59 1112.  
 180101 13.29 1292. 13.92 1472. 14.62 1652. 15.25 1832. 15.89 2372. 17.79

180200 -13 80.33 11.16 260.33 8.46 440.33 6.12 620.33 4.59 800.33 3.58  
180201 980.33 2.92 1160.33 2.36 1340.33 1.95 1520.33 1.64 1610.33 1.57  
180202 1790.33 1.44 2060.33 1.398 2420.33 1.49  
180300 -12 80. .0894 440. .1278 800. .1618 1160. .2044 1520. .2335  
180301 1880. .2668 2240. .2988 2600. .3243 2960. .3549 3320. .3794  
180302 3680. .4039 4040. .4282  
180400 -8 80.6 7.61 440.6 9.1 800.6 10.42 1160.6 11.8 1520.6 13.5  
180401 1880.6 15.76 2240.6 18.81 2600.6 22.89  
180500 -15 32.0 67.19 392. 53.75 752. 47.03 1112. 38.97 1472. 33.59  
180501 1832. 29.56 2192. 26.87 2552. 23.52 2912. 21. 3272. 19.48 3632.  
180502 16.8 3992. 15.45 4352. 14.5 4712. 13.44 5072. 12.77  
180600 1 212. 12.13  
180700 -3 176.0 22.76 968.0 21.43 1994.0 19.06

\*

\*\*\*\*\*

\$ VOLUMETRIC HEAT CAPACITY DATA CARDS

\*\*\*\*\*

\* NCP TPC1 .....  
190100 -11 212. 55.82 392. 60.7 572. 63.38 752. 65.7 932. 67.45 1112.  
190101 68.9 1292. 71.17 1472. 74.42 1652. 79.07 1832. 86.63 2372. 111.63  
190200 -9 62.6 45.64 440.6 59.26 800.6 64.82 1160.6 68.28 1520.6 70.48  
190201 1880.6 71.78 2240.6 72.42 2600.6 72.42 2960.6 72.42  
190300 -8 80. .3814 440. .2293 800. .1643 1160. .128 1520. .1048  
190301 1880. .0888 2240. .0769 5000. .0769  
190400 -12 80.6 28.26 260.6 29.18 440.6 30.08 620.6 31.0 800.6 31.9  
190401 980.6 32.81 1160.6 33.72 1340.6 34.63 1466.6 35.19 1664.6 83.49  
190402 1808.6 35.27 2600.6 35.27  
190500 -9 62.6 13.49 440.6 24.83 800.6 30.31 1160.6 34.32 1520.6 37.48  
190501 1880.6 40.03 2240.6 42.09 2600.6 43.71 2960.6 45.0  
190600 -13 212. 30.83 392. 37.99 572. 43.72 752. 48.07 932. 51.03 1112.  
190601 53.43 1292. 55.67 1472. 57.61 1652. 59.27 1832. 60.62 2012. 61.61  
190602 2192. 62.47 2372. 62.95  
190700 -3 68.0 50.67 1112.0 58.76 1832.0 64.17

\*

ANHANG B

DRUFAN02 INPUT ZU TFD-EXPERIMENT V207

\*\*\*\*\*

\* COSIMA V207 POST CALCULATION DRUFAN02/M2 17.9.84

\*

\* FEINE NODAL DER PLENA (5 KNOTEN) & ABLASELEITUNGEN

\*

\* ==> RLAP10 LABEL 11/12 ==> 20% OBEN OFFEN

\* OHNE M-L PFAD MIT RELAP - DRIFT

\*

\*

DRUFAN POST TEST COSIMA V207/ 17.09.84 / LOWER CLOSED / UPPER 20% OPEN

*3	NTRIP	2	DTOA	0.5	IDL2	1	LTIME	T	IPLO	1	MZEIT	100
----	-------	---	------	-----	------	---	-------	---	------	---	-------	-----

*ITRI	IDTR	1	IDSI	1	REF1	0	REF2	0	ILAT	1	NVCO	0	SETPT	40.0	DELAY	0.0
		2		2		1		0		1		0		0.0		

\*ITRI IDAC

\*

\*ITRI TVCOVA | FVCOVA |

\*

*4	IWBER	0	IPUNC	1	RESTAR	F	VORRE	F
----	-------	---	-------	---	--------	---	-------	---

\* 4A RESTART TIME = 6 ZEITEN

* TPNTWR	5.	10.	15.	20.
	30.	40.	30.	30.

\*

*5	DTU	0.0	AN	3.0	IAUR	3	IAUR1	1	LRUECK	IHE/MOODY*45
										T

*5	DTU	0.0	AN	3.0	IAUR	4	IAUR1	1	LRUECK	ID-BLASI *48
										T

\*6 ITPM |

\*

*7	IKS	26	ILS	29	IPRIM	5	IWSPIA	0
----	-----	----	-----	----	-------	---	--------	---

\*

\*8 W.R.T. JUNCTION DATA CARDS

\*

* J	IPRI	ILAR	ILA	ILE	IKAE	JDPA	JWDP
1	1	1	25	3	0	1	1
2	2	1	3	2	0	1	1
3	2	1	2	1	0	1	1
4	1	1	3	4	0	1	1
5	1	1	4	5	0	1	1
6	1	1	5	6	2	1	3
7	1	1	6	7	0	2	1
8	1	1	7	8	0	2	1
9	1	1	8	9	0	2	1
10	1	1	9	10	0	2	1
11	1	1	10	11	0	2	1
12	1	1	11	12	0	2	1
13	1	1	12	13	0	2	1
14	1	1	13	14	1	1	3
15	1	1	14	15	0	1	1
16	1	1	15	16	0	1	1
17	1	1	16	26	0	1	1
18	3	1	16	17	0	1	1
19	3	1	17	18	0	1	1

20	4	1	16	22	2	1	3
21	4	1	22	23	0	2	1
22	4	1	23	24	0	2	1
23	5	1	3	19	2	1	3
24	5	1	19	20	0	2	1
25	5	1	20	21	0	2	1
26	-1	5	21	0	2	3	1
27	-1	5	24	0	2	3	1
28	-1	6	0	25	1	1	1
29	-1	6	0	26	1	1	1

\*

*9	I		IPRIA	
		1		25
		2		3
		3		16
		4		16
		5		3

\*

*10	J		HH		RLDF2		ZETAfv		ZETAfr		AKWLA	
		1	1.442	1.6947304D7	2.948444	D6	1.3495561D6		0.9999			
		2	0.0	2.8502045D2	0.0		0.0		0.361			
		3	0.0	1.8015616D3	0.0		0.0		0.101			
		4	1.442	2.8502045D2	0.0		0.0		0.361			
		5	1.442	1.8015616D3	0.0		0.0		0.101			
		6	1.442	4.5445853D7	1.9610364D6		4.2967795D6		3.6D-05			
		7	1.442	9.2965442D7	0.0		0.0		0.4888			
		8	1.442	9.5042418D7	8.8396096D5		8.8396096D5		0.5			
		9	1.442	8.8894569D7	0.0		0.0		0.5327			
		10	1.442	8.3079037D7	8.8396096D5		8.8396096D5		0.5			
		11	1.442	8.9060727D7	0.0		0.0		0.4664			
		12	1.442	9.5042418D7	8.8396096D5		8.8396096D5		0.5			
		13	1.442	9.2965442D7	0.0		0.0		0.5112			
		14	1.442	4.5445853D7	4.2967795D6		1.9610364D6		0.99996			
		15	1.442	1.8015616D3	0.0		0.0		0.8989			
		16	1.442	2.8502045D2	0.0		0.0		0.6387			
		17	1.442	1.6947304D7	1.3495561D6		2.948444 D6		1.74D-6			
		18	0.0	2.8502045D2	0.0		0.0		0.361			
		19	0.0	1.8015616D3	0.0		0.0		0.101			
		20	0.0	2.02643 D8	4.5172708D6		9.9455117D6		1.45D-6			
		21	0.0	4.559461 D8	1.418499 D6		1.418499 D6		0.44444			
		22	0.0	4.8127644D8	5.0660677D7		5.0660677D7		0.526			
		23	0.0	2.02643 D8	4.5172708D6		9.9455117D6		1.45D-6			
		24	0.0	4.559461 D8	1.418499 D6		1.418499 D6		0.44444			
		25	0.0	4.8127644D8	5.0660677D7		5.0660677D7		0.526			
		26	0.0	2.2797305D8	0.0		0.0		1.0			
		27	0.0	2.2797305D8	0.0		0.0		1.0			
		28	1.442									
		29	-1.442									

\*

*11	J		ITGZ		IDACT		IPROP					
		28		4		2		0				
*12	J		TGZ		GZ1		GZ2					
		28	0.0		1.442		0.					
		28	0.2		1.442		0.					
		28	0.22		0.0		0.					
		28	100.		0.0		0.					
*13	J		ITHZ									
		28		2								
*14	J		THZU		HZU1		HZU2					

	28	0.0	1.36196D+6	0.0		
	28	100.	1.36196D+6	0.0		
*11	J	ITGZ	IDACT	IPROP		
	29	4	2	0		
*12	J	TGZ	GZ1	GZ2		
	29	0.0	-1.442	0.		
	29	0.2	-1.442	0.		
	29	0.22	0.0	0.		
	29	100.	0.0	0.		
*13	J	ITHZ				
	29	0				
*14	J	THZU	HZU1	HZU2		
*						
* VOLUM DATA CARDS						
*33*	I	AFW	IGKE	IGKA	LFS	NTTDV
* UNTERPLENUM						
	1	8.65902D-03	0	0	0	0
	2	2.71716D-02	0	0	0	0
	3	4.11871D-02	-4	23	0	0
	4	2.71716D-02	0	0	0	0
	5	8.65902D-02	0	0	0	0
* TESTSTRECKE						
	6	4.75662D-4	0	0	0	0
	7	4.75662D-4	0	0	0	0
	8	4.75662D-4	0	0	0	0
	9	4.75662D-4	0	0	0	0
	10	4.75662D-4	0	0	0	0
	11	4.75662D-4	0	0	0	0
	12	4.75662D-4	0	0	0	0
	13	4.75662D-4	0	0	0	0
* OBERPLENUM						
	14	8.65902D-03	0	0	0	0
	15	2.71716D-02	0	0	0	0
	16	4.11716D-02	16	20	0	0
	17	2.71716D-02	0	0	0	0
	18	8.65902D-02	0	0	0	0
* BLD. LTGEN						
	19	3.14159D-4	0	0	0	0
	20	3.14159D-4	0	0	0	0
	21	3.14159D-4	0	0	0	0
	22	3.14159D-4	0	0	0	0
	23	3.14159D-4	0	0	0	0
	24	3.14159D-4	0	0	0	0
* STAT STUTZEN						
	25	5.72556D-4	28	1	0	0
	26	5.72556D-4	17	-29	0	0
*						
*34	I	HH	TU	VAU	QS	HZ
* UNTERPLENUM						
	1		304.72	2.21 D-04	0.	1.41445
	2		304.72	1.3586D-03	0.	1.4522
	3		0.0	3.295 D-03	0	1.5172
	4		0.0	1.3586D-03	0.	1.5822
	5		0.0	2.21 D-04	0.	1.61995
* STRECKE						
	6		0.0	1.30100D-4	0.	1.76945
	7		0.0	1.36040D-4	0.	2.0492
	8		0.0	1.36040D-4	0.	2.3352

9	0.0	1.1801550D-4	0.	2.6032	
10	0.0	1.1801550D-4	0.	2.8532	
11	0.0	1.36040D-4	0.	3.1212	
12	0.0	1.36040D-4	0.	3.4072	
13	0.0	1.30100D-4	0.	3.68695	
* OBERPLENUM					
14	0.0	2.21 D-04	0.	3.83645	
15	0.0	1.3586D-03	0.	3.8742	
16	0.0	3.295 D-03	0	3.9392	
17	304.72	1.3586D-03	0.	4.0042	
18	304.72	2.21 D-04	0.	4.04195	
* UNTERE BLDLEITG					
19	230.00	2.51000D-4	0.	1.5172	
20	230.00	3.14200D-4	0.	1.0272	
21	230.00	0.50000D-3	0.	0.5372	
* OBERE BLDLEITG					
22	230.00	2.51000D-4	0.	3.9392	
23	230.00	3.14000D-4	0.	3.4492	
24	230.00	0.50000D-3	0.	2.9592	
* STAT. STUTZEN					
25	15900635.43	304.72	1.71800D-4	0.	1.5172
26		.0	1.71800D-4	0.	3.9392

\*

\*34 TIME DEPENDENT VOLUM

\* I | IDACT |

\*

\*35 W.R.T. JUNCTION DATA CARDS

J	FF1	FF2	FFM	DIAM1	DIAM2
1	5.72555D-4	4.11871D-2	5.72556D-4	0.0270	0.229
2	4.11871D-2	2.71716D-2	2.71716D-2	0.229	0.186
3	2.71716D-2	8.65902D-3	8.65902D-3	0.186	0.105
4	4.11871D-2	2.71716D-2	2.71716D-2	0.229	0.186
5	2.71716D-2	8.65902D-3	8.65902D-3	0.186	0.105
6	8.65902D-3	4.75662D-4	4.75662D-4	0.105	1.33D-2
7	4.75662D-4	4.75662D-4	4.75662D-4	1.33D-2	1.33D-2
8	4.75662D-4	4.75662D-4	4.75662D-4	1.33D-2	1.33D-2
9	4.75662D-4	4.75662D-4	4.75662D-4	1.33D-2	1.33D-2
10	4.75662D-4	4.75662D-4	4.75662D-4	1.33D-2	1.33D-2
11	4.75662D-4	4.75662D-4	4.75662D-4	1.33D-2	1.33D-2
12	4.75662D-4	4.75662D-4	4.75662D-4	1.33D-2	1.33D-2
13	4.75662D-4	4.75662D-4	4.75662D-4	1.33D-2	1.33D-2
14	4.75662D-4	8.65902D-3	4.75662D-4	1.33D-2	0.105
15	8.65902D-3	2.71716D-2	8.65902D-3	0.105	0.186
16	2.71716D-2	4.11871D-2	2.71716D-2	0.186	0.229
17	4.11871D-2	5.72555D-4	5.72555D-4	0.229	0.027
18	4.11871D-2	2.71716D-2	2.71716D-2	0.229	0.186
19	2.71716D-2	8.65902D-3	8.65902D-3	0.186	0.105
20	4.11871D-2	3.14159D-4	3.14159D-4	0.229	0.02000
21	3.14159D-4	3.14159D-4	3.14159D-4	0.0200	0.0200
22	3.14159D-4	3.14159D-4	3.14159D-4	0.0200	0.0200
23	4.11871D-2	3.14159D-4	3.14159D-4	0.229	0.0200
24	3.14159D-4	3.14159D-4	3.14159D-4	0.0200	0.0200
25	3.14159D-4	3.14159D-4	3.14159D-4	0.0200	0.0200
26	3.14159D-4	7.90976D-5	7.90976D-5	0.0200	0.0100
27	3.14159D-4	7.90976D-5	7.90976D-5	0.0200	0.0100
*					
28	5.72555D-4	5.72555D-5	5.72555D-4	0.0270	0.0270
29	5.72555D-4	5.72555D-5	5.72555D-4	0.0270	0.0270

\*35A JUNCTION/VOLUM DATA

\* J | A1 | A1LA | HL |

1	264.76356	0.9895	1.5172		
2	1.8912562	0.5135	1.4772		
3	2.3925313	0.38456	1.4272		
4	1.8912562	0.5135	1.5572		
5	2.3925313	0.38456	1.6072		
6	288.96651	0.00509	1.6327		
7	588.1277	0.4888	1.9062		
8	601.26729	0.5	2.1922		
9	563.34253	0.5335	2.4782		
10	525.58329	0.5	2.7282		
11	563.34253	0.46642	2.9782		
12	601.26729	0.5	3.2642		
13	588.1277	0.5111	3.5502		
14	288.96651	0.9949	3.8237		
15	2.3925313	0.61544	3.8492		
16	1.8912562	0.4865	3.8992		
17	264.76356	0.0105	3.9392		
18	1.8912562	0.5135	3.9792		
19	2.3925313	0.38456	4.0292		
* BLD. LTG					
20	1276.0206	0.00217	3.9392		
21	2864.7914	0.44444	3.9392		
22	3023.9464	0.5263	2.9592		
23	1276.0206	0.00217	1.5172		
24	2864.7914	0.44444	1.5172		
25	3023.9464	0.5263	0.5372		
* BREAK					
26	2864.7914	1.0	0.5372		
27	2864.7914	1.0	2.9592		
* FILL					
28	261.9835	0.0	1.5172		
29	261.9835	0.0	3.9392		
*					
*45 ISENTROP HOM AUSSTROEMMODEL =F(DC5/IAUR & FLD )					
*	J	FLD			
*	23	-1.0			
*	24	-1.0			
*46 =F (DC45) & DC5 MOODY-MODELL					
*	PMINK	PMAXK	XMINK	XMAXK	
*	1.D+05	170.D+05	0.0	1.0	
*47 =F(MOODY)-->OUTPUT					
*					
*	1				
*48 BLASI-FLOW-PATH DEFINITION					
*	J	IBLAS			
	26	1			
	27	1			
*					
*49 FLAECHE OUTSIDE THE BREAK / GEGENDRUCKVERLAUF AM BREAK					
*	J	IPG	FPG		
	26	2	5.D-3		
*50 J   TPG   PG					
	26	0.0	1.D+5		
	26	100.0	1.D+5		
*49 DRUCKVERLAUF /GEGENDRUCK AM BREAK					
*	J	IPG	FPG		
	27	2	5.D-3		
*50 J   TPG   PG					

```

27          0.0          1.D+5
27          100.0         1.D+5
*51 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION
*   J   |   FV   |   A1V   |   ZETAVV |   AKMUV |
      26 7.90976D-5      252.9  5.0661D+7      1.
*51 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION
*   J   |   FV   |   A1V   |   ZETAVV |   AKMUV |
      27 7.90976D-5      252.9  5.0661D+7      1.
*52 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION
*   J   |   IREF  |   IDACT  |   IPROP   |
      26          2           2           0
*54 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION; VALVE /UNTERPLENUM BREAK
*   J   |   TREF  |   REF1   |   REF2   |
      26          0.0          0.0          0.0
      26          100.          0.0          0.0
*52 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION
*   J   |   IREF  |   IDACT  |   IPROP   |
      27          6           2           0
*54 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION; VALVE/OBERPLENUM BREAK
*   J   |   TREF  |   REF1   |   REF2   |
      27          0.0          0.0          0.0
      27          0.2          0.0          0.0
      27          0.29         0.20         0.0
      27          40.0         0.20         0.0
      27          40.09        0.00         0.0
      27          100.0        0.00         0.0
*55 TYPE-5 FLOW-PATH VALVE--> NORMALIS. ZETA = F(NORM. FLAECHE)
*   J   |   IREV  |
      26          4
*
*56 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION; VALVE
*   J   |   REV   |   REZEV  |
      26          1.           1.
      26          0.5          4.
      26          0.2          20.
      26          0.01         1000.
*55 TYPE-5 FLOW-PATH VALVE--> NORMALIS. ZETA = F(NORM. FLAECHE)
*   J   |   IREV  |
      27          4
*
*56 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION; VALVE
*   J   |   REV   |   REZEV  |
      27          1.           1.
      27          0.5          4.
      27          0.2          20.
      27          0.01         1000.
*57 TYPE-5 FLOW-PATH VALVE--> NORMALIS. INERTIA = F(NORM. FLAECHE)
*   J   |   IREB  |
      26          4
*
*58 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION; VALVE
*   J   |   REFB  |   REB    |
      26          1.           1.
      26          0.5          2.
      26          0.2          5.
      26          0.01         100.
*57 TYPE-5 FLOW-PATH VALVE--> NORMALIS. INERTIA = F(NORM. FLAECHE)
*   J   |   IREB  |

```

```

                27          4
*
*58 TYPE-3; TYPE-5 FLOW-PATH DESCRIPTION; VALVE
*   J      |      REFB      |      REB      |
          27      1.          1.
          27      0.5        2.
          27      0.2        5.
          27      0.01       100.

*58A
*   QGAMMA |
          1

*59 EVAPORATION/CONDENSATION CORRELATION USED/ SIDEMANN & PLESSET
*   IGVK   |
          1

*62 DEFAULT WERTE EINGESETZT FUER EVAPORATION/CONDENSATION CORRELATIONEN
*   PSISV  |  PSISK  |  PSIPV  |  UBWO  |  UTDO  |  ZB  |
          1.0      1.0      1.0      0.15   0.15   5.0D+9
*
*   ZT     |  ALFSV  |  BETASV  |  ALFSK  |  BETASK  |  AKWB  |
          5.0D+9  1.0D-6  1.0D-6  1.0D-6  1.0D-6  0.1
*
*   AKWT   |  AND    |  ANK    |  ANR    |  AFAK   |
          0.1      1.0      0.0     0.0     1.0
*
*63 WERTE FUER PHASENGRENZFLAECHEEN / PER VOLUM + VOLUMS DER PHASENTRENN.
*   CMUEV 1 |  2  |  3  |  4  |  5  |  6  |
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
*64 WERTE FUER PHASENGRENZFLAECHEEN / PER VOLUM + VOLUMS DER PHASENTRENN.
*   CMUEK1 |  2  |  3  |  4  |  5  |  6  |
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
*65 WERTE FUER FLUTEN
*   CMUEK2 |  2  |  3  |  4  |  5  |  6  |
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
          1.0  1.0  1.0  1.0  1.0  1.0
*66 PROMPTE ODER VERZOEGERTE WAERMEFREISETZUNG
*   ETA   1 |  2  |  3  |  4  |  5  |  6  |
          0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
          0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
          0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
          0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
          0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
*67 VOLUM DATA CARDS / DEF M-L TRACK /--> NO M-L TRACK =F(DC 7 IWSPIA)
*   I  |  IWSK |  IWPF |  IZTY |  IWO  |  IWO  |  JWSP |
          1  |  1  |  -2  |  0  |  0  |  0  |  1
          2  |  1  |  -2  |  0  |  0  |  0  |  2
          3  |  1  |  -2  |  0  |  0  |  0  |  3
          4  |  1  |  -2  |  0  |  0  |  0  |  4
    
```

5	1	-2	0	0	0	5
6	1	-2	0	0	0	6
7	1	-2	0	0	0	7
8	1	-2	0	0	0	8
9	1	-2	0	0	0	9
10	1	-2	0	0	0	10
11	1	-2	0	0	0	11
12	1	-2	0	0	0	12
13	1	-2	0	0	0	13
14	1	-2	0	0	0	14
15	1	-2	0	0	0	15
16	1	-2	0	0	0	16
17	1	-2	0	0	0	17
18	1	-2	0	0	0	18
19	2	-2	0	0	0	19
20	2	-2	0	0	0	20
21	2	-2	0	0	0	21
22	2	-2	0	0	0	22
23	2	-2	0	0	0	23
24	2	-2	0	0	0	24
25	2	-2	0	0	0	25
26	2	-2	0	0	0	26

\*68 JUNCTION DATA CARDS

* J	JFLOW	DL	SINUS	SLIP
1		-1 2.7D-2	0.0	0.0
2		0.186	1.0	0.0
3		0.105	1.0	0.0
4		0.186	1.0	0.0
5		0.105	1.0	0.0
6		1.33D-2	0.0	0.0
7		1.33D-2	1.0	0.0
8		1.33D-2	1.0	0.0
9		1.33D-2	1.0	0.0
10		1.33D-2	1.0	0.0
11		1.33D-2	1.0	0.0
12		1.33D-2	1.0	0.0
13		1.33D-2	1.0	0.0
14		1.33D-2	1.0	0.0
15		0.105	1.0	0.0
16		0.186	1.0	0.0
17		-1 2.7D-2	0.0	0.0
18		0.186	1.0	0.0
19		0.105	1.0	0.0
* BLD LTG				
20		-1 2.0D-2	0.0	0.0
21		-1 2.0D-2	0.0	0.0
22		-1 2.0D-2	0.0	0.0
23		-1 2.0D-2	0.0	0.0
24		-1 2.0D-2	0.0	0.0
25		-1 2.0D-2	0.0	0.0
26		-1 1.0D-2	0.0	0.0
27		-1 1.0D-2	0.0	0.0
* FILL STUTZEN				
28		-1 2.7D-2	0.0	0.0
29		-1 2.7D-2	0.0	0.0

\*68A JUNCTIONS WITH DRIFT --> RELAP CORRELATION

* J	JCOIB	JCOB	JDROP	COSLUG	KISLUG
2	15	0	3	0.	0.

3	15	0	3	0.	0.
4	15	0	3	0.	0.
5	15	0	3	0.	0.
6	15	0	3	0.	0.
7	15	0	3	0.	0.
8	15	0	3	0.	0.
9	15	0	3	0.	0.
10	15	0	3	0.	0.
11	15	0	3	0.	0.
12	15	0	3	0.	0.
13	15	0	3	0.	0.
14	15	0	3	0.	0.
15	15	0	3	0.	0.
16	15	0	3	0.	0.
*****	17	0	3	0.	0.
	18	0	3	0.	0.
	19	0	3	0.	0.

\*69 VOLUM DATA CARDS

*	I	HLO	HLU			
*	1	1.4272	1.4017			
*	2	1.4772	1.4272			
*	3	1.5572	1.4772			
*	4	1.6072	1.5572			
*	5	1.6327	1.6072			
*	6	1.9062	1.6327			
*	7	2.1922	1.9062			
*	8	2.4782	2.1922			
*	9	2.7282	2.4782			
*	10	2.9782	2.7282			
**	11	3.2642	2.9782			
**	12	3.5502	3.2642			
*	13	3.8237	3.5502			
*	14	3.8492	3.8237			
*	15	3.8992	3.8492			
*	16	3.9792	3.8992			
*	17	4.0292	3.9792			
*	18	4.0547	4.0292			
*	19	0.0	0.0			
*	20	0.0	0.0			
*	21	0.0	0.0			
*	22	0.0	0.0			
*	23	0.0	0.0			
*	24	0.0	0.0			
*	25	0.0	0.0			
*	26	0.0	0.0			

*	IWK	ITWS				
*	1	21				

\*71

*71	IWK	VAUWI	HWSPi	FWSPi	DHYDI	
*	1	0.0000D+00	1.4017	7.06900D-4	0.03	
*	1	2.21 D-04	1.4272	1.54000D-2	0.14	
*	1	1.5796D-03	1.4772	3.63000D-2	0.215	
*	1	3.2271D-03	1.5172	4.191 D-2	0.231	
*	1	4.8746D-03	1.5572	3.63000D-2	0.215	
*	1	6.2332D-03	1.6072	1.54000D-2	0.140	
*	1	6.4542D-03	1.6327	7.06900D-4	0.03	

\*70 GEOMETRIE (VOLUMEN ) UNTERHALB DES WASSERSPIEGELS

```

*   IWK   |   ITWS   |           |           |           |           |
*         |         |         |         |         |         |
*71
*71   IWK   |   VAUWI   |   HWSPI   |   FWSPI   |   DHYDI   |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*70  GEOMETRIE (VOLUMEN ) UNTERHALB DES WASSERSPIEGELS
*   IWK   |   ITWS   |           |           |           |           |
*         |         |         |         |         |         |
*71  =F(70)
*   IWK   |   VAUWI   |   HWSPI   |   FWSPI   |   DHYDI   |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*72  ? VAPOUR IM SYSTEM ? F=NO, T=Y
*   COBWR |           |           |           |           |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*73
*         |   GZMAS   |   GZVAU   |   GALF1   |   GALF2   |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*75  -77 DEFAULT WERTE FUER RECHEN-TIME-STEPS
*75
*         |   HO   |   T   |   EPS   |   ECKS   |   GRESCH   |   HMAX   |
*         |         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |         |
*76
*   GLIMP |   GLIMH   |   GLIMG   |   GLIMX   |   CLIMU   |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*77
*IMP  |   IMH   |   IMG   |   IMX   | T = IMPLIZIT / F = NO IMPLIZIT - INTEGRATION
*     T   |   T   |   T   |   T
*78
*   NIMAX |   TIMPL   |   EPSIM   |   DTAV   |           |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*79  TIME STEPS FOR REFILL(CMUEK DC64; 65) AND .....
*   AA   |   BB   |   CC   |   DD   |   EE   |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*80  INPUT FOR REWETTING
*   FF   |   GG   |   OO   |   PP   |   QQ   |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*81  OUTPUT CONTROL
*   IPANZ |           |           |           |           |           |
*         |         |         |         |         |         |
*         |         |         |         |         |         |
*82  OUTPUT
*   IPLAR |           |           |           |           |           |

```



```

*
* ***** LEFT CONDUCTOR 1 (VOLUM1) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
    0    0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
    2    1    1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |   |   |
    0    1    0   -2    1    0
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR|  N2 |  N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
    1    1    0    1    0    0   -1    0    0    1    0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |   2 |   3 |   4 |   5 |   6 |
    0.0525   0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |   2 |   3 |   4 |   HLENGT |
    0.0255   30000.   5.   0.0255
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | DTDNBL | DTDNBR | DHYL | DHYR |
    1000.   1000.   0.5    0.5    0.105   0.145
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | DTRNBL | DTRNBR |
    1000.0   1000.0   2.0    2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
    0.0    0.0    1.4272   1.4017
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 2 (VOLUM2) *****
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
    0    0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
    2    1    1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |   |   |
    0    1    0   -2    1    0
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR|  N2 |  N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |

```

```

      2      2      0      1      0      0      -1      0      0      1      0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2      |      3      |      4      |      5      |      6      |
      0.093      0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2      |      3      |      4      | HLENGT |
      0.05      30000.      5.      0.05
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
      1000.      1000.      0.5      0.5      0.186      0.226
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
      1000.0      1000.0      2.0      2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
      0.0      0.0      1.4772      1.4272
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 3 VOLUM(3) *****
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
      0      0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2      1      1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
      0      1      0      -2      1      0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      3      3      0      1      0      0      -1      0      0      1      0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2      |      3      |      4      |      5      |      6      |
      0.1145      0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2      |      3      |      4      | HLENGT |
      0.08      30000.      5.      0.08
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |

```

```

1000.      1000.      0.5      0.5      0.229      0.269
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0 | 1000.0 | 2.0 | 2.0 |
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
  0.0 | 0.0284 | 1.5572 | 1.4772 |
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 4 (VOLUM4) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
  0 | 0 |
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
  2 | 1 | 1 |
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
  0 | 1 | 0 | -2 | 1 | 0 |
*****
*90
* MHV| NKSL| NKS|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  4 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
  0.093 | 0.02 |
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
  0.050 | 30000. | 5. | 0.050 |
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000. | 1000. | 0.5 | 0.5 | 0.186 | 0.226 |
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0 | 1000.0 | 2.0 | 2.0 |
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
  0.0 | 0.0284 | 1.6072 | 1.5572 |
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 5 (VOLUM 5) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |

```

```

      0      0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2   1   1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
      0   1   0  -2   1   0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      5   5   0   1   0   0  -1   0   0   1   0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
      0.0525 0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
      0.0255 30000. 5. 0.0255
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
      0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
      1000. 1000. 0.5 0.5 0.0105 0.145
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
      1000.0 1000.0 2.0 2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
      0.0 0.0 1.6327 1.6072
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 6 (VOLUM 6) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
      0 0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2   1   1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
      0   1   0  -2   1   0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      6   6   0   1   0   0  -1   0   0   1   0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

```

```
0.0142      0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
  0.2735 30000. 5. 0.2735
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000. 1000. 0.5 0.5 0.0133 0.07
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0 1000.0 2.0 2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
  0.0 0.0 1.9062 1.6327
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 7 (VOLUM 7) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| ICHF |
  0 0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
  2 1 1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
  0 1 0 -2 1 0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKS|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  7 7 0 1 0 0 -1 0 0 1 0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
  0.0142 0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
  0.286 30000. 5. 0.286
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000. 1000. 0.5 0.5 0.0133 0.07
*
```

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR
1000.0	1000.0	2.0	2.0

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

QTHRU	TL	HCO	HCU
0.0	0.0	2.1922	1.9062

\*

\*

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 8 (VOLUM 8) \*\*\*\*\*

\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*

\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC|ICHF |  
0 0

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC| 2 | 3 |  
2 1 1

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX

ICHF	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0	-2	1	0			

\*\*\*\*\*

\*90

MHV	NKSL	NKSR	NGEOR	N2	N3	MATL1	MATL2	MATL3	ALP	2	3	4
8	8	0	1	0	0	-1	0	0	1	0		

\*

\*91 GEOMETRIE

PARTIT 1	2	3	4	5	6
0.0142	0.02				

\*

\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH

AORXL	HTCL 1	2	3	4	HLENT
0.286	30000.		5.		0.286

\*

\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE

WLF 1	WLF 2	WLF 3	CPL 1	CPL 2	CPL 3
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RHOL 1	RHOL 2	RHOL 3	ATTL 1	ATTL 2	ATTL 3
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

TDNBL	TDNBR	TFBL	TFBR	DHYL	DHYR
1000.	1000.	0.5	0.5	0.0133	0.07

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR
1000.0	1000.0	2.0	2.0

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

QTHRU	TL	HCO	HCU
0.0	0.0	2.4782	2.1922

\*

\*

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 9 (VOLUM 9) \*\*\*\*\*

\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*

\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC|ICHF |

```
0 0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2 1 1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
      0 1 0 -2 1 0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      9 9 0 1 0 0 -1 0 0 1 0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
      0.0142 0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
      0.25 30000. 5. 0.25
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
      0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
      1000. 1000. 0.5 0.5 0.0133 0.07
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
      1000.0 1000.0 2.0 2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
      0.0 0.0 2.7282 2.4782
*
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 10 (VOLUM 10) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
      0 0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2 1 1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
      0 1 0 -2 1 0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      10 10 0 1 0 0 -1 0 0 1 0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
```

0.0142            0.02

\*  
\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH  
\* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |  
0.25    30000.            5.            0.25

\*  
\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE  
\* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |  
0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0  
\* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |  
0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0

\*  
\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER  
\* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |  
1000.    1000.    0.5    0.5    0.0133    0.07

\*  
\*96 LATEST TIME OF REWETTING  
\* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |  
1000.0    1000.0    2.0    2.0

\*  
\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS  
\* QTHRU | TL | HCO | HCU |  
0.0    0.0    2.9782    2.7282

\*  
\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 11 (VOLUM 11) \*\*\*\*\*  
\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*  
\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC|ICHF |  
0    0  
\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC| 2 | 3 |  
2    1    1  
\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX  
\*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |  
0    1    0    -2    1    0

\*\*\*\*\*  
\*90  
\* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |  
11    11    0    1    0    0    -1    0    0    1    0

\*  
\*91 GEOMETRIE  
\* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  
0.0142            0.02

\*  
\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH  
\* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |  
0.286    30000.            5.            0.286

\*  
\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE  
\* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |  
0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0  
\* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |  
0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0

\*  
\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER  
\* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |

```

1000.      1000.      0.5      0.5      0.0133      0.07
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR | | |
  1000.0  1000.0    2.0    2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU | | |
  0.0    0.0    3.2642  2.9782
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 12 (VOLUM 12) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
  0    0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
  2    1    1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
  0    1    0   -2   1    0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  12  12   0   1   0   0   -1   0   0   1   0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
  0.0142   0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENT |
  0.286   30000.   5.   0.286
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000.  1000.   0.5   0.5   0.0133  0.07
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR | | |
  1000.0  1000.0    2.0    2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU | | |
  0.0    0.0    3.5502  3.2642
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 13 (VOLUM 13) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |

```

```
0 0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
    2 1 1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
    0 1 0 -2 1 0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
    13 13 0 1 0 0 -1 0 0 1 0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
    0.0142 0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
    0.2735 30000. 5. 0.2735
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
    0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
    0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
    1000. 1000. 0.5 0.5 0.0133 0.07
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
    1000.0 1000.0 2.0 2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
    0.0 0.0 3.8237 3.5502
*
* OBERPLENUM
* ***** LEFT CONDUCTOR 14(VOLUM14)*****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
    0 0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
    2 1 1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
    0 1 0 -2 1 0
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
    14 14 0 1 0 0 -1 0 0 1 0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
    0.0525 0.02
*
```

```

*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
  0.0255 30000. 5. 0.0255
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | DTDNBL | DTDNBR | DHYL | DHYR |
  1000. 1000. 0.5 0.5 0.105 0.145
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | DTRNBL | DTRNBR |
  1000.0 1000.0 2.0 2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
  0.0 0.0 3.8492 3.8237
*
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 15 (VOLUM15)*****
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
  0 0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
  2 1 1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
  0 1 0 -2 1 0
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  15 15 0 1 0 0 -1 0 0 1 0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
  0.093 0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
  0.05 30000. 5. 0.05
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000. 1000. 0.5 0.5 0.186 0.226
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  
```

1000.0      1000.0      2.0      2.0

\*  
 \*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS  
 \* QTHRU | TL | HCO | HCU | | |  
 0.0      0.0      3.8992      3.8492

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 16 VOLUM(16)\*\*\*\*\*  
 \*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC|ICHF |  
 0      0

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
 \*IHTC| 2 | 3 |  
 2      1      1

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX  
 \*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |  
 0      1      0      -2      1      0

\*\*\*\*\*  
 \*90  
 \* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |  
 16      16      0      1      0      0      -1      0      0      1      0

\*91 GEOMETRIE  
 \* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  
 0.1145      0.02

\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH  
 \* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |  
 0.08      30000.      5.      0.08

\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE  
 \* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |  
 0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0  
 \* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |  
 0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER  
 \* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |  
 1000.      1000.      0.5      0.5      0.229      0.269

\*96 LATEST TIME OF REWETTING  
 \* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR | | |  
 1000.0      1000.0      2.0      2.0

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS  
 \* QTHRU | TL | HCO | HCU | | |  
 0.0      0.0      3.9792      3.8992

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 17(VOLUM17)\*\*\*\*\*  
 \*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
 \*IHTC|ICHF |  
 0      0

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
 \*IHTC| 2 | 3 |  
 2      1      1

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX  
 \*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |

```

      0      1      0      -2      1      0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      17      17      0      1      0      0      -1      0      0      1      0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2      |      3      |      4      |      5      |      6      |
      0.093      0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2      |      3      |      4      | HLENGT |
      0.050      30000.      5.      0.050
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
      1000.      1000.      0.5      0.5      0.186      0.226
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
      1000.0      1000.0      2.0      2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
      0.0      0.0      4.0292      3.9792
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 18(VOLUM18) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
      0      0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2      1      1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
      0      1      0      -2      1      0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      18      18      0      1      0      0      -1      0      0      1      0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2      |      3      |      4      |      5      |      6      |
      0.0525      0.02
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2      |      3      |      4      | HLENGT |
      0.0255      30000.      5.      0.0255
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |

```

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
* RHOL 1	RHOL 2	RHOL 3	ATTL 1	ATTL 2	ATTL 3	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

* TDNBL	TDNBR	TFBL	TFBR	DHYL	DHYR	
1000.	1000.	0.5	0.5	0.0105	0.145	

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

* TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR		
1000.0	1000.0	2.0	2.0		

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

* QTHRU	TL	HCO	HCU		
0.0	0.0	4.0547	4.0292		

\*

-----

\* \*\*\*\*\* LEITUNGEN \*\*\*\*\*

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 19 (VOLUM25) \*\*\*\*\*

\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*

\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

*IHTC	ICHF	
0	0	

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS

*IHTC	2	3	
2	1	1	

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX

*ICHF	2	3	4	5	6	7	8	9			
0	1	0	-2	1	0						

\*\*\*\*\*

\*90

* MHV	NKSL	NKSR	NGEOR	N2	N3	MATL1	MATL2	MATL3	ALP	2	3	4	
19	25	0	1	0	0	-1	0	0	1	0			

\*

\*91 GEOMETRIE

* PARTIT 1		2		3		4		5		6	
0.0135		0.0065									

\*

\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH

* AORXL	HTCL 1		2		3		4		HLENGT	
0.300	30000.		5.0		0.0		0.0		0.300	

\*

\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE

* WLF 1	WLF 2	WLF 3	CPL 1	CPL 2	CPL 3	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

* RHOL 1	RHOL 2	RHOL 3	ATTL 1	ATTL 2	ATTL 3	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

* TDNBL	TDNBR	TFBL	TFBR	DHYL	DHYR	
1000.	1000.	0.5	0.5	0.027	0.040	

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

* TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR		
1000.0	1000.0	2.0	2.0		

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

* QTHRU	TL	HCO	HCU		
---------	----	-----	-----	--	--

```

0.0      0.0      1.5307      1.5037
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 20 (VOLUM26) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| ICHF |
   0   0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
   2   1   1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
   0   1   0  -2   1   0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSr|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
   20  26   0   1   0   0  -1   0   0  1   0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
   0.0135  0.0065
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
   0.300  30000.   5.0   0.0   0.0   0.30
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000.  1000.   0.5   0.5   0.027  0.040
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0  1000.0   2.0   2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
   0.0   0.0  3.9527  3.9257
*
-----
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 21 (VOLUM19) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| ICHF |
   0   0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
   2   1   1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |

```

```

      0      1      0      -2      1      0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKS|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      21      19      0      1      0      0      -1      0      0      1      0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2      |      3      |      4      |      5      |      6      |
      0.01      0.005
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2 |      3 |      4 | HLENGT |
      0.800      30000.      5.0      0.0      0.0      0.800
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
      1000.      1000.      0.5      0.5      0.02      0.03
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
      1000.0      1000.0      2.0      2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
      0.0      0.0      1.5272      1.5072
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 22 (VOLUM20)*****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| ICHF |
      0      0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2      1      1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
      0      1      0      -2      1      0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKS|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
      22      20      0      1      0      0      -1      0      0      1      0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2      |      3      |      4      |      5      |      6      |
      0.010      0.005
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2 |      3 |      4 | HLENGT |
      1.0      30000.      5.0      0.0      0.0      1.0
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |

```

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
* RHOL 1	RHOL 2	RHOL 3	ATTL 1	ATTL 2	ATTL 3	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

* TDNBL	TDNBR	TFBL	TFBR	DHYL	DHYR	
1000.	1000.	0.5	0.5	0.02	0.030	

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

* TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR			
1000.0	1000.0	2.0	2.0			

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

* QTHRU	TL	HCO	HCU			
0.0	0.0	1.5272	.5272			

\*

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 23 (VOLUM21)\*\*\*\*\*

\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*

\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

*IHTC	ICHF	
0	0	

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS

*IHTC	2	3	
2	1	1	

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX

*ICHF	2	3	4	5	6	7	8	9			
0	1	0	-2	1	0						

\*\*\*\*\*

\*90

* MHV	NKSL	NKSR	NGEOR	N2	N3	MATL1	MATL2	MATL3	ALP	2	3	4
23	21	0	1	0	0	-1	0	0	0	1	0	

\*

\*91 GEOMETRIE

* PARTIT	1	2	3	4	5	6	
0.010		0.005					

\*

\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH

* AORXL	HTCL	1	2	3	4	HLENGT	
0.9	30000.		5.0	0.0	0.0	0.9	

\*

\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE

* WLF	1	WLF	2	WLF	3	CPL	1	CPL	2	CPL	3	
0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
* RHOL	1	RHOL	2	RHOL	3	ATTL	1	ATTL	2	ATTL	3	
0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

* TDNBL	TDNBR	TFBL	TFBR	DHYL	DHYR	
1000.	1000.	0.5	0.5	0.02	0.030	

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

* TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR			
1000.0	1000.0	2.0	2.0			

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

* QTHRU	TL	HCO	HCU			
0.0	0.0	1.5472	.5272			

\*

\* -----  
\* -----  
\*

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 24 (VOLUM22) \*\*\*\*\*

\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*  
\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC| ICHF |  
0 0

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC| 2 | 3 |  
2 1 1

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX

\*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |  
0 1 0 -2 1 0

\*\*\*\*\*

\*90

\* MHV| NKSL| NKSR| NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |  
24 22 0 1 0 0 -1 0 0 1 0

\*

\*91 GEOMETRIE

\* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  
0.01 0.005

\*

\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH

\* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |  
0.800 30000. 5.0 0.0 0.0 0.800

\*

\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE

\* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |  
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
\* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |  
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

\* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |  
1000. 1000. 0.5 0.5 0.02 0.03

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

\* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |  
1000.0 1000.0 2.0 2.0

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

\* QTHRU | TL | HCO | HCU | | |  
0.0 0.0 3.9492 3.9292

\*

\* \*\*\*\*\* LEFT CONDUCTOR 25 (VOLUM23)\*\*\*\*\*

\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*  
\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC| ICHF |  
0 0

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC| 2 | 3 |  
2 1 1

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX

\*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |  
0 1 0 -2 1 0

\*\*\*\*\*

```

*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  25  23  0  1  0  0  -1  0  0  1  0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
  0.010  0.005
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
  1.0  30000.  5.0  0.0  0.0  1.0
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000.  1000.  0.5  0.5  0.02  0.030
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0  1000.0  2.0  2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
  0.0  0.0  3.9492  2.9492
*
* ***** LEFT CONDUCTOR 26 (VOLUM24)*****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
  0  0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
  2  1  1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
  0  1  0  -2  1  0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  26  24  0  1  0  0  -1  0  0  1  0
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
  0.010  0.005
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
  0.9  30000.  5.0  0.0  0.0  0.9
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  
```

0.0            0.0            0.0            0.0            0.0            0.0

\*  
\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER  
\* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |  
1000.        1000.        0.5        0.5        0.02        0.030

\*  
\*96 LATEST TIME OF REWETTING  
\* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |  
1000.0        1000.0        2.0        2.0

\*  
\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS  
\* QTHRU | TL | HCO | HCU |  
0.0        0.0        2.9692        2.9492

\* -----  
\* -----  
\* \*\*\*\*\* WANDHEIZER ANFANG \*\*\*\*\*  
\*  
\* \*\*\*\*\* RIGHT CONDUCTOR 27 (VOLUM 7) \*\*\*\*\*  
\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*  
\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC|ICHF |  
0        0  
\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC| 2 | 3 |  
2        1        1  
\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX  
\*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |  
0        1        0        -2        1        0

\*\*\*\*\*  
\*90  
\* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |  
27        0        7        1        3        2        -2        -1        -6        0        0        0        1

\*  
\*91 GEOMETRIE  
\* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  
0.00        3.6D-3        0.0        0.4D-3        0.0        1.0D-3

\*  
\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH  
\* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |  
0.286        0.0        0.0        0.0        40000.        0.286

\*  
\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE  
\* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |  
0.0        0.0        0.0        0.0        0.0        0.0

\* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |  
0.0        0.0        0.0        0.0        0.0        0.0

\*  
\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER  
\* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |  
1000.        1000.        0.5        0.5        0.0        0.0133

\*  
\*96 LATEST TIME OF REWETTING  
\* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |  
1000.0        1000.0        2.0        2.0

\*  
\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS  
\* QTHRU | TL | HCO | HCU |

0.0            0.0142   2.1922            1.9062

\*  
\*  
\* \*\*\*\*\* RIGHT CONDUCTOR 28 (VOLUM 8) \*\*\*\*\*  
\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*  
\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC|ICHF |  
      0    0  
\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC| 2 | 3 |  
      2    1    1  
\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX  
\*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |  
      0    1    0   -2   1   0  
\*\*\*\*\*  
\*90  
\* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |  
      28    0    8    1    3    2   -2   -1   -6   0   0   0   1  
\*  
\*91 GEOMETRIE  
\* PARTIT 1 |        2        |        3        |        4        |        5        |        6        |  
      0.00        3.6D-3        0.0        0.4D-3        0.0        1.0D-3  
\*  
\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH  
\* AORXL | HTCL 1 |        2 |        3 |        4 |        HLENGT |  
      0.286        0.0        0.0        0.0        40000.        0.286  
\*  
\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE  
\* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |  
      0.0        0.0        0.0        0.0        0.0        0.0  
\* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |  
      0.0        0.0        0.0        0.0        0.0        0.0  
\*  
\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER  
\* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |  
      1000.        1000.        0.5        0.5        0.0        0.0133  
\*  
\*96 LATEST TIME OF REWETTING  
\* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |  
      1000.0        1000.0        2.0        2.0  
\*  
\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS  
\* QTHRU | TL | HCO | HCU |  
      0.0        0.0142    2.4782    2.1932  
\*  
\* \*\*\*\*\* RIGHT CONDUCTOR 29 (VOLUM 9) \*\*\*\*\*  
\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*  
\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC|ICHF |  
      0    0  
\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS  
\*IHTC| 2 | 3 |  
      2    1    1  
\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX  
\*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |  
      0    1    0   -2   1   0  
\*\*\*\*\*

\*90

* MHV	NKSL	NKSR	NGEOR	N2	N3	MATL1	MATL2	MATL3	ALP	2	3	4
29	0	9	1	3	2	-2	-1	-6	0	0	0	1

\*

\*91 GEOMETRIE

* PARTIT	1	2	3	4	5	6
0.00	3.6D-3	0.0	0.4D-3	0.0	1.0D-3	

\*

\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH

* AORXL	HTCL	1	2	3	4	HLENGT
0.25	0.0	0.0	0.0	40000.	0.25	

\*

\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE

* WLF	1	WLF	2	WLF	3	CPL	1	CPL	2	CPL	3
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
* RHOL	1	RHOL	2	RHOL	3	ATTL	1	ATTL	2	ATTL	3
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

* TDNBL	TDNBR	TFBL	TFBR	DHYL	DHYR
1000.	1000.	0.5	0.5	0.0	0.0133

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

* TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR
1000.0	1000.0	2.0	2.0

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

* QTHRU	TL	HCO	HCU
0.0	0.0142	2.7282	2.4782

\*

\*

\* \*\*\*\*\* RIGHT CONDUCTOR 30 (VOLUM 10)\*\*\*\*\*

\*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*

\*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC|ICHF |  
0 0

\*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS

\*IHTC| 2 | 3 |  
2 1 1

\*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX

* ICHF	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0	-2	1	0			

\*\*\*\*\*

\*90

* MHV	NKSL	NKSR	NGEOR	N2	N3	MATL1	MATL2	MATL3	ALP	2	3	4
30	0	10	1	3	2	-2	-1	-6	0	0	0	1

\*

\*91 GEOMETRIE

* PARTIT	1	2	3	4	5	6
0.00	3.6D-3	0.0	0.4D-3	0.0	1.0D-3	

\*

\*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH

* AORXL	HTCL	1	2	3	4	HLENGT
0.25	0.0	0.0	0.0	40000.	0.25	

\*

\*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE

* WLF	1	WLF	2	WLF	3	CPL	1	CPL	2	CPL	3
-------	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---

```

      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000.   1000.   0.5   0.5   0.0   0.0133
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0  1000.0   2.0   2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
      0.0   0.0142  2.9782  2.7282
*
*
* ***** RIGHT CONDUCTOR 31 (VOLUM 11)*****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
      0      0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
      2      1      1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
      0      1      0      -2      1      0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  31      0      11      1      3      2      -2      -1      -6      0      0      0      1
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
      0.00      3.6D-3      0.0      0.4D-3      0.0      1.0D-3
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
      0.286      0.0      0.0      0.0      40000.      0.286
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000.   1000.   0.5   0.5   0.0   0.0133
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0  1000.0   2.0   2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
```

```

0.0          0.0142  3.2642      2.9782
*
* ***** RIGHT CONDUCTOR 32 (VOLUM 12)*****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
   0   0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|  2 | 3 |
   2   1   1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF|  2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
   0   1   0  -2   1   0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKSR|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
   32   0   12   1   3   2   -2   -1   -6   0   0   0   1
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
   0.00   3.6D-3   0.0   0.4D-3   0.0   1.0D-3
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 | 2 | 3 | 4 | HLENGT |
   0.286   0.0   0.0   0.0   40000.   0.286
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANTE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0   0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000.   1000.   0.5   0.5   0.0   0.0133
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0   1000.0   2.0   2.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
   0.0   0.0142  3.5502  3.2642
*

```

```

-----
* SIMULATOR
*

```

```

* ***** RIGHT CONDUCTOR 33 (VOLUM 9) *****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
   0   0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|  2 | 3 |
   2   1   1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF|  2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |

```

```
0      1      0      -2      1      0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKS|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  33   0    9    1    3    2   -5   -2   -4   0   0   0   1
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2 |      3 |      4 |      5 |      6 |
  0.00      0.003  5.0D-05  1.55D-3  1.D-5  7.4D-4
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2 |      3 |      4 | HLENGT |
  0.25   0.0    15000.  25000.0  40000.  0.25
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
  0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
* RHOL 1 | RHOL 2 | RHOL 3 | ATTL 1 | ATTL 2 | ATTL 3 |
  0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
*
*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER
* TDNBL | TDNBR | TFBL | TFBR | DHYL | DHYR |
  1000.  1000.  .5    .5    0.0   0.0133
*
*96 LATEST TIME OF REWETTING
* TWBAL | TWBAR | TWBER | TFBR |
  1000.0  1000.0  1002.0  1002.0
*
*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS
* QTHRU | TL | HCO | HCU |
  0.0    0.0142  2.7282  2.4782
*
* ***** RIGHT CONDUCTOR 34 (VOLUM 10)*****
*88 HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*
*88A CONTROLLER FOR HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC|ICHF |
  0    0
*88B INPUT IF IHTC =0 / CHOSE HEAT TRANSFER CORRELATIONS
*IHTC| 2 | 3 |
  2    1    1
*89 DNB-CORRELATION / CORRELATION FOR CRITICAL HEAT FLUX
*ICHF| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
  0    1    0  -2    1    0
*****
*90
* MHV| NKSL| NKS|NGEOR| N2 | N3 |MATL1|MATL2|MATL3|ALP| 2 | 3 | 4 |
  34   0   10   1    3    2   -5   -2   -4   0   0   0   1
*
*91 GEOMETRIE
* PARTIT 1 |      2 |      3 |      4 |      5 |      6 |
  0.00      0.003  5.0D-05  1.55D-3  1.D-5  7.4D-4
*
*92 GEOMETRIE/ HEAT TRANSFER COEFFICIENT / LENGTH
* AORXL | HTCL 1 |      2 |      3 |      4 | HLENGT |
  0.25   0.0    15000.  25000.0  40000.  0.25
*
*93/94 MATERIAL DATA CARDS --> CONSTANCE MATERIALWERTE
* WLF 1 | WLF 2 | WLF 3 | CPL 1 | CPL 2 | CPL 3 |
```

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
* RHOL 1	RHOL 2	RHOL 3	ATTL 1	ATTL 2	ATTL 3	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*

\*95 LATEST TIME OF DNB / FILM BOILING ; HYDRAU. DIAMETER

* TDNBL	TDNBR	TFBL	TFBR	DHYL	DHYR	
1000.	1000.	.5	.5	0.0	0.0133	

\*

\*96 LATEST TIME OF REWETTING

* TWBAL	TWBAR	TWBER	TFBR		
1000.0	1000.0	1002.0	1002.0		

\*

\*97 POWER INPUT; DISTANCE BETWEEN; HEIGHT - OF CONDUCTORS

* QTHRU	TL	HCO	HCU		
0.0	0.0142	2.9782	2.7282		

\*

\* \*\*\*\*\* SIM- ENDE \*\*\*\*\*

\*

\*

\*

\*

-----  
\* MATERIAL DATA CARDS F( DC 85/5 )

\*103/104 SPECIFIC HEAT = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |

1 11CPST4571

\*TEMPERATUR | SPEC.HEAT |

100.	479.95
200.	521.91
300.	544.96
400.	564.90
500.	579.95
600.	592.42
700.	611.94
800.	639.88
900.	679.86
1000.	744.86
1300.	959.82

\*103/104 SPECIFIC HEAT = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |

2 9 CPAL203

\*TEMPERATUR | SPEC.HEAT |

17.	805.50
227.	1045.88
427.	1144.01
627.	1205.07
827.	1243.90
1027.	1266.84
1227.	1278.14
1427.	1278.14
1627.	1278.14

\*103/104 SPECIFIC HEAT = F(T)

\* I | NPTS | FNAME | = AUS RELAP4/6 EINGABE

3 8CPHELIUM

\*TEMPERATUR | SPEC.HEAT |

27.	2970.85
227.	2946.03
427.	2938.39
627.	2939.88

827.	2928.55
1027.	2933.73
1227.	2930.33
2760.	5914.43

\*103/104 SPECIFIC HEAT = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |  
4 12CPZIRCAL

*TEMPERATUR	SPEC.HEAT
27.	288.48
127.	297.87
227.	307.05
327.	316.45
427.	325.63
527.	334.92
627.	344.21
727.	353.50
797.	359.22
907.	852.26
987.	360.03
1427.	360.03

\*103/104 SPECIFIC HEAT = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |  
5 9 CPGGRAPH

*TEMPERATUR	SPEC.HEAT
17.	538.52
227.	991.22
427.	1209.98
627.	1370.06
827.	1496.21
1027.	1598.01
1227.	1680.25
1427.	1744.92
1627.	1796.41

\*103/104 SPECIFIC HEAT = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |  
6 13CPBORNIT

*TEMPERATUR	SPEC.HEAT
100.	1088.24
200.	1340.97
300.	1543.23
400.	1696.77
500.	1801.25
600.	1885.97
700.	1965.04
800.	2033.51
900.	2092.11
1000.	2139.76
1100.	2174.71
1200.	2205.06
1300.	2222.01

\*103/104 SPECIFIC HEAT = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |  
7 3CPCOPPER

*TEMPERATUR	SPEC.HEAT
20.	380.54
600.	441.30
1000.	481.93

-----  
\*105/106 THERMAL-CONDUKTIVITY =F(T)

\* I | NPTS | FNAME |

1 11THST4571  
\*TEMPERATUR| TH. COND. |  
100. 16.390  
200. 17.896  
300. 19.246  
400. 20.544  
500. 21.790  
600. 23.001  
700. 24.092  
800. 25.303  
900. 26.394  
1000. 27.501  
1300. 30.790  
\*105/106 THERMAL-CONDUKTIVITÄT =F(T)  
\* I | NPTS| FNAME |  
2 13 THAL203  
\*TEMPERATUR| TH. COND. |  
27. 19.315  
127. 14.642  
227. 10.592  
327. 7.944  
427. 6.196  
527. 5.054  
627. 4.085  
727. 3.375  
827. 2.838  
877. 2.717  
977. 2.492  
1127. 2.420  
1327. 2.579  
\*105/106 THERMAL-CONDUKTIVITÄT =F(T)  
\* I | NPTS| FNAME |  
3 12THHELIUM  
\*TEMPERATUR| TH. COND. |  
27. 0.1547  
227. 0.2212  
427. 0.2800  
627. 0.3538  
827. 0.4041  
1027. 0.4618  
1227. 0.5171  
1427. 0.5613  
1627. 0.6142  
1827. 0.6566  
2027. 0.6990  
2227. 0.7411  
\*105/106 THERMAL-CONDUKTIVITÄT =F(T)  
\* I | NPTS| FNAME |  
4 8CPZIRCAL  
\*TEMPERATUR| TH. COND. |  
27. 13.171  
227. 15.750  
427. 18.034  
627. 20.423  
827. 23.365  
1027. 27.276  
1227. 32.555  
1427. 39.617  
\*105/106 THERMAL-CONDUKTIVITÄT =F(T)  
\* I | NPTS| FNAME |

```
5 15 THGRAPH
*TEMPERATUR| TH. COND. |
    0.      116.290
    200.    93.027
    400.    81.396
    600.    67.447
    800.    58.135
   1000.   51.161
   1200.   46.505
   1400.   40.707
   1600.   36.345
   1800.   33.715
   2000.   29.076
   2200.   26.740
   2400.   25.096
   2600.   23.261
   2800.   22.101
*105/106 THERMAL-CONDUKTIVITY =F(T)
* I | NPTS| FNAME |
    6      2THBORNIT
*TEMPERATUR| TH. COND. |
    100.    20.994
    1300.   20.994
*105/106 THERMAL-CONDUKTIVITY =F(T)
* I | NPTS| FNAME |
    7      3CPCOPPER
*TEMPERATUR| TH. COND. |
    80.     39.392
    520.    37.090
   1090.    32.988
*-----
*107/108 DENSITY = F(T)
* I | NPTS| FNAME |
    1      2RHST4571
*TEMPERATUR| RHO      |
    100.    7800.
    1300.   7800.
*107/108 DENSITY = F(T)
* I | NPTS| FNAME |
    2      2 RHAL203
*TEMPERATUR| RHO      |
    17.     3800.
   1627.    3800.
*107/108 DENSITY = F(T)
* I | NPTS| FNAME |
    3      8RHHELIUM
*TEMPERATUR| RHO      |
    27.     8.61
    227.    5.22
    427.    3.75
    627.    2.92
    827.    2.40
   1027.    2.03
   1227.    1.76
   2760.    0.872
*107/108 DENSITY = F(T)
* I | NPTS| FNAME |
    4      2RHZIRCAL
*TEMPERATUR| RHO      |
```

20. 6570.  
1427. 6570.

\*107/108 DENSITY = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |  
5 2 RHGRAPH

\*TEMPERATUR| RHO |  
20. 1680.  
2800. 1680.

\*107/108 DENSITY = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |  
6 2RHBORNIT

\*TEMPERATUR| RHO |  
20. 1900.  
1300. 1900.

\*107/108 DENSITY = F(T)

\* I | NPTS | FNAME |  
7 2RHCOPPER

\*TEMPERATUR| RHO |  
20. 8930.  
1000. 8930.

\*-----  
\*113/114 ENERGY = F(TIME) =F(DC 85/4)

\* I | NPTS | FNAME |  
1 17SCRANSIM

\* TIME |REL. ENERGY|  
0.00 1.000  
0.32 1.000  
0.65 0.354  
0.80 0.093  
1.02 0.0138  
1.23 0.0  
2.66 0.0  
2.92 0.052  
3.14 0.075  
3.46 0.092  
4.13 0.089  
4.94 0.084  
8.45 0.084  
9.26 0.06  
20.0 0.0578  
20.1 0.0  
100.0 0.0

\*113/114 ENERGY = F(TIME) =F(DC 85/4)

\* I | NPTS | FNAME |  
2 4SCRAMWAN

\* TIME |REL. ENERGY|  
0.00 1.000  
0.15 1.000  
0.28 0.000  
100.00 0.000

\*-----  
\*122 WHICH ROD IS COUPLED WITH WHICH ENERGIE

\*IROD|NSEGS|IQF1 |IDACT| |  
1 2 1 2

\*123 WHICH ROD IS COUPLED WITH WHICH ENERGIE

\*IROD|IZONE| IQF | ROFA| QROD |  
1 1 1 1.0 0.0

\*124 POWER DENSITY PER ROD-SEGMENT

\*MHV | SPOW1 | SPOW2 | SPOW3 | |

33 6.52490D-2 6.52490D-2 6.52490-2  
 34 6.52490D-2 6.52490D-2 6.52490-2

\*

\*122 WHICH ROD IS COUPLED WITH WHICH ENERGIE

\*IROD|NSEGS|IQF1 |IDACT| |  
 2 6 1 2

\*123 WHICH ROD IS COUPLED WITH WHICH ENERGIE

\*IROD|IZONE| IQF | ROFA| QROD |  
 2 2 2 3.0 0.0

\*124 POWER DENSITY PER ROD-SEGMENT

\*MHV | SPOW1 | SPOW2 | SPOW3 | |  
 27 0.2 0.2 0.2  
 28 0.2 0.2 0.2  
 29 0.2 0.2 0.2  
 30 0.2 0.2 0.2  
 31 0.2 0.2 0.2  
 32 0.2 0.2 0.2

\*

\*

\* EINGABE-DATEN FUER DAS EIN- UND AUSSCHALTEN VON GLEICHUNGEN

\*

\* AUSSCHALTEN DER BLDLTG. AUS DEM UNTERPLENUM

\*

\*129

\*NTOPC NTOPCR  
 \* NTOPG NTOPCR  
 \* 3 4 0 0  
 \* 0 0 0 0

\*

\* BLASIFELD MIT 20 FACHER VERDAMPFUNG GERECHNET

\*

\* IP IA1 IHEA IHE IMN DAMPF IARD  
 10 9 3 5 1 1 1

\* PRESSURE P(I), I=1, IP  
 0.20000D+06 0.15000D+07 0.30000D+07 0.50000D+07 0.75000D+07 0.95000D+07  
 0.11000D+08 0.12500D+08 0.14000D+08 0.15500D+08

\* ALFA VALUE A(I), I=1, IA1  
 0.10000D-01 0.90000D-01 0.15000D+00 0.20000D+00 0.30000D+00 0.60000D+00  
 0.80000D+00 0.90000D+00 0.98000D+00

\* ENTHALPY H(I), I=1, IHE  
 0.70000D+05 0.35000D+05 0.0 -0.30000D+05-0.30000D+06

\*IBLAS

1  
 \* RLT FLD FF1 FF2 RLB XL  
 0.40000D+00 0.20000D-01 0.31416D-03 0.78540D-04 0.40000D+00 0.20000D-01  
 1.4191159787D+03 8.5961770723D+03 1.5551315758D+04 2.4064711930D+04  
 3.2981541076D+04 3.9218183802D+04 4.3780603691D+04 4.7747010025D+04  
 5.1243301190D+04 5.4033961759D+04 1.7826167688D+03 1.0297541185D+04  
 1.8633587198D+04 2.8318969909D+04 3.8141003624D+04 4.5270122643D+04  
 4.9327344833D+04 5.4517981844D+04 5.8234429858D+04 6.1373265875D+04  
 3.0497603868D+03 1.5869591661D+04 2.6938542700D+04 3.8764202657D+04  
 5.0732169134D+04 6.0086155744D+04 6.5362994234D+04 7.0695211687D+04  
 7.5871262419D+04 7.9108358229D+04 3.0497603868D+03 2.4990999821D+04  
 3.6867780723D+04 5.1920986732D+04 6.3175241682D+04 7.2289129673D+04  
 7.8400542967D+04 8.4842599931D+04 8.9451824787D+04 9.3732616704D+04  
 3.0497603868D+03 3.2568701326D+04 6.6629017795D+04 8.2650812363D+04  
 9.5892464604D+04 1.0553906557D+05 1.1120883995D+05 1.1637830610D+05  
 1.2109001535D+05 1.2525121038D+05

1.4126610689D+03 8.6507465069D+03 1.5520309585D+04 2.3820816499D+04  
3.2867359012D+04 3.9061958940D+04 4.3102433959D+04 4.7357004491D+04  
5.0898816387D+04 5.4277910737D+04 1.4083522355D+03 8.5155809369D+03  
1.5358173586D+04 2.3362241172D+04 3.1915268528D+04 3.8079253829D+04  
4.2001756936D+04 4.5654891354D+04 4.8860919996D+04 5.1887432323D+04  
1.4009426969D+03 8.4604565621D+03 1.5248839411D+04 2.3109325136D+04  
3.1584138731D+04 3.7201222949D+04 4.0995784361D+04 4.4402460954D+04  
4.7404698782D+04 5.0333285378D+04 1.4002823596D+03 8.4522600161D+03  
1.5202778848D+04 2.2854808776D+04 3.0967674668D+04 3.6437724344D+04  
4.0088419864D+04 4.3333378906D+04 4.6185332779D+04 4.9021849545D+04  
1.4088698650D+03 8.3383732051D+03 1.4948725497D+04 2.2009762913D+04  
2.9727428203D+04 3.4546449903D+04 3.8198220218D+04 4.1029974024D+04  
4.4064428683D+04 4.6148328837D+04 1.3801593385D+03 7.8856632730D+03  
1.3418669592D+04 1.9367822981D+04 2.5043722265D+04 2.8904902227D+04  
3.1385465598D+04 3.3599142935D+04 3.5550601273D+04 3.7206093111D+04  
1.3443957438D+03 6.9794578734D+03 1.1308047615D+04 1.5752538909D+04  
2.0061903508D+04 2.2971005164D+04 2.5047068411D+04 2.6901076472D+04  
2.8648021476D+04 3.0262294953D+04 1.2751736679D+03 5.8661457481D+03  
9.1947212647D+03 1.2597019590D+04 1.6215304335D+04 1.8866816681D+04  
2.0774613233D+04 2.2630262541D+04 2.4403050647D+04 2.6112356367D+04  
9.5348888178D+02 3.1824772811D+03 5.7550892343D+03 8.4284195947D+03  
1.1706471951D+04 1.4331873320D+04 1.6332844282D+04 2.2630261869D+04  
2.4403050337D+04 2.6112356276D+04 1.7810848098D+03 1.0306101186D+04  
1.8547373752D+04 2.8197393796D+04 3.7491791289D+04 4.5258271990D+04  
5.0085035041D+04 5.4331667598D+04 5.7954114569D+04 6.1111934646D+04  
1.7392961332D+03 1.0331357052D+04 1.8187797858D+04 2.7355444164D+04  
3.6792317407D+04 4.3141367692D+04 4.7953986330D+04 5.1835899377D+04  
5.5186096024D+04 5.7244847707D+04 1.7389123007D+03 1.0248037595D+04  
1.8025335411D+04 2.6779686700D+04 3.5912549887D+04 4.1938498098D+04  
4.5639965226D+04 4.9318322948D+04 5.2470246971D+04 5.5653145419D+04  
1.7507854883D+03 1.0221905639D+04 1.7894434956D+04 2.6279244375D+04  
3.4987364921D+04 4.0765434261D+04 4.4567014664D+04 4.7938339323D+04  
5.1400923895D+04 5.3408619680D+04 1.7242415224D+03 1.0030052954D+04  
1.7094034907D+04 2.5150756333D+04 3.3243331225D+04 3.8260821514D+04  
4.1794871528D+04 4.5271705347D+04 4.7898005494D+04 4.9947162265D+04  
1.7151057009D+03 9.0243175371D+03 1.4934412353D+04 2.1088208521D+04  
2.6855775363D+04 3.0587717543D+04 3.3102665026D+04 3.5364388652D+04  
3.7311614962D+04 3.8908283126D+04 1.6502271104D+03 7.6820472882D+03  
1.2108724494D+04 1.3793744945D+04 2.0776440845D+04 2.3865860192D+04  
2.5920766465D+04 2.7705503888D+04 2.9423965562D+04 3.1086340104D+04  
1.4993230384D+03 6.2805336534D+03 8.1925466170D+03 1.3011917717D+04  
1.6621953179D+04 1.9264870496D+04 2.1173201943D+04 2.3042500360D+04  
2.4810557658D+04 2.6527634168D+04 1.0462996696D+03 3.5044091462D+03  
5.8304186725D+03 8.5103246655D+03 1.1782787597D+04 1.4410248051D+04  
1.6408414228D+04 2.0422956383D+04 2.4148838362D+04 2.6527632963D+04  
3.0231480076D+03 1.5684825473D+04 2.6753657519D+04 3.8738091887D+04  
5.1191899440D+04 5.9573758677D+04 6.3781877932D+04 6.9224189363D+04  
7.3917043646D+04 7.7607360355D+04 3.0621938342D+03 1.5248442346D+04  
2.4770099012D+04 3.5756671969D+04 4.6228250316D+04 5.3433200934D+04  
5.8604902372D+04 6.2103963881D+04 6.5775358566D+04 6.8664642579D+04  
3.0280692804D+03 1.4366348418D+04 2.4355630138D+04 3.4697752298D+04  
4.3445220903D+04 5.0270474432D+04 5.5131736390D+04 5.8442326464D+04  
6.1874191647D+04 6.3895202496D+04 3.0244891437D+03 1.4327734400D+04  
2.3123202905D+04 3.2947023670D+04 4.2274957024D+04 4.7672034996D+04  
5.2401333015D+04 5.5538747457D+04 5.8827653095D+04 6.0793716954D+04  
2.8667724805D+03 1.3498801357D+04 2.2143577365D+04 3.0968747840D+04  
3.8964235231D+04 4.4055026378D+04 4.7850236732D+04 5.0851602513D+04  
5.3037032609D+04 5.4924780869D+04 2.6346411709D+03 1.1183211584D+04

1.7780862901D+04	2.3646482832D+04	2.9397674898D+04	3.2993009674D+04
3.5346382042D+04	3.7512028326D+04	3.9549373080D+04	4.1082302103D+04
2.3382096165D+03	8.6899630033D+03	1.3316255590D+04	1.7653833151D+04
2.1807326188D+04	2.4724954892D+04	2.6837719676D+04	2.8593260950D+04
3.0390642126D+04	3.1961786382D+04	2.0412920678D+03	6.7462269508D+03
1.0132504307D+04	1.3510482143D+04	1.7067645913D+04	1.9686649431D+04
2.1602147647D+04	2.3451507814D+04	2.5246192591D+04	2.6965796263D+04
1.1660841469D+03	3.7445973756D+03	5.9108320779D+03	8.5916863785D+03
1.1865984459D+04	1.4491699114D+04	1.6487037997D+04	1.8496546632D+04
2.5246189462D+04	2.6965795170D+04		
3.0730811123D+02	2.1730095041D+03	4.3118278831D+03	7.2390532858D+03
1.1029675379D+04	1.4168633903D+04	1.6633073655D+04	1.9217742987D+04
2.1985237382D+04	2.5008870730D+04	3.1416143586D+02	2.2147157511D+03
4.3916957981D+03	7.3756620083D+03	1.1246106701D+04	1.4455031773D+04
1.6962392944D+04	1.9620672269D+04	2.2473057328D+04	2.5575230263D+04
3.2158037867D+02	2.2590238721D+03	4.4718775912D+03	7.5145589882D+03
1.1472982246D+04	1.4739906510D+04	1.7315999228D+04	2.0049347302D+04
2.2975131512D+04	2.6201768667D+04		
1.1409242314D+05	8.2294156082D+05	1.6031725566D+06	2.6537984278D+06
3.9563878964D+06	4.9759087244D+06	5.7715052681D+06	6.5568017688D+06
7.3434485574D+06	8.1130069856D+06	1.1100859123D+05	7.9591058633D+05
1.5707489234D+06	2.5316250625D+06	3.7331724461D+06	4.6983217329D+06
5.4087915717D+06	6.0946907286D+06	6.7765340516D+06	7.4723298415D+06
9.8305058715D+04	6.9541490900D+05	1.3106980051D+06	2.1316927869D+06
3.1039690058D+06	3.8193535130D+06	4.3464265640D+06	4.8695228579D+06
5.3834753264D+06	5.9480631784D+06	9.8305058715D+04	5.7349850373D+05
1.1102366045D+06	1.7065813052D+06	2.5237815391D+06	3.0869323631D+06
3.4525324339D+06	3.7465994662D+06	4.2118044027D+06	4.5403514499D+06
9.8305058715D+04	1.9045055526D+05	2.9677228205D+05	5.7368099422D+05
1.0339620972D+06	1.3558502950D+06	1.6460648609D+06	1.9293446936D+06
2.1516935419D+06	2.4160841763D+06		
1.1307765424D+05	8.2941711868D+05	1.6114715204D+06	2.6615494844D+06
3.9732461024D+06	5.0098319195D+06	5.7341912948D+06	6.5647962099D+06
7.3454383040D+06	8.1834784460D+06	1.1325051078D+05	8.2291533463D+05
1.6373449909D+06	2.6749513201D+06	4.0230784217D+06	5.0470602202D+06
5.8025471411D+06	6.6306287486D+06	7.5061135074D+06	8.2115269833D+06
1.1320722710D+05	8.2078553712D+05	1.6047241406D+06	2.6708635588D+06
4.0454827216D+06	5.0841520243D+06	5.8628750528D+06	6.7428824063D+06
7.5781437973D+06	8.4958105351D+06	1.1395794879D+05	8.2060419501D+05
1.6392958487D+06	2.7053705060D+06	4.0571208090D+06	5.0990914705D+06
5.9646241684D+06	6.7446280046D+06	7.6706764458D+06	8.5522316686D+06
1.1351166854D+05	8.2943675817D+05	1.6519595339D+06	2.7311552227D+06
4.0955870842D+06	5.2036331522D+06	5.9729672669D+06	6.9118892545D+06
7.8676665461D+06	8.7691871936D+06	1.1378119249D+05	8.4019840160D+05
1.6676033391D+06	2.8169453953D+06	4.2834314732D+06	5.5119999484D+06
6.3731286604D+06	7.3980293988D+06	8.4052944239D+06	9.4171443226D+06
1.1466352228D+05	8.5898255507D+05	1.7336871264D+06	2.8904212882D+06
4.4960933265D+06	5.7417907412D+06	6.7313004376D+06	7.7040176958D+06
8.6678133584D+06	9.8526300186D+06	1.1459412264D+05	8.7335545894D+05
1.7721904416D+06	2.9812328995D+06	4.5769527681D+06	5.7972692767D+06
6.8520731882D+06	7.8836652455D+06	8.9202236319D+06	1.0059557382D+07
1.1787104838D+05	9.0267985840D+05	1.8214213731D+06	3.0661738717D+06
4.6661072199D+06	5.9641627854D+06	6.9261630260D+06	7.8836651448D+06
8.9202235297D+06	1.0059557322D+07	1.0949436912D+05	7.9579974691D+05
1.5676239943D+06	2.5468502956D+06	3.7240357446D+06	4.6311970893D+06
5.3969454974D+06	6.1251491250D+06	6.8525866581D+06	7.5965462117D+06
1.1073707360D+05	7.9785771040D+05	1.5735807747D+06	2.5680670427D+06
3.8116279442D+06	4.7514040784D+06	5.5519161245D+06	6.1494130032D+06

7.0484268467D+06	7.9052222695D+06	1.1034811776D+05	8.0630124615D+05
1.5747201087D+06	2.5453806156D+06	3.8354952472D+06	4.8886055566D+06
5.5321073811D+06	6.4061854720D+06	7.2400231324D+06	8.0876339409D+06
1.0958202091D+05	7.9713501731D+05	1.5668065766D+06	2.6003033273D+06
3.8816129363D+06	4.8935840953D+06	5.7191340368D+06	6.5256184607D+06
7.3570985979D+06	8.2312110587D+06	1.0933788790D+05	8.0622040010D+05
1.5939279105D+06	2.6403777921D+06	3.9632772568D+06	5.0617752756D+06
5.8898724487D+06	6.7469289022D+06	7.6106198412D+06	8.5090451435D+06
1.1194067282D+05	8.1970876817D+05	1.6534874953D+06	2.7603738649D+06
4.2432239628D+06	5.4385756388D+06	6.3616204456D+06	7.3003993166D+06
8.2073524106D+06	9.3447906314D+06	1.1283403741D+05	8.4683999868D+05
1.7146991137D+06	2.9446721525D+06	4.4601442833D+06	5.7313334118D+06
6.6844095022D+06	7.6682309177D+06	8.7039680302D+06	9.7234951087D+06
1.1427003673D+05	8.7340165621D+05	1.7968994181D+06	2.9964241418D+06
4.5920174632D+06	5.8722653019D+06	6.8598929580D+06	7.7927183887D+06
8.9203960445D+06	1.0032587068D+07	1.1639161787D+05	9.0393409055D+05
1.8261299452D+06	3.0343894333D+06	4.6934495039D+06	5.9815942342D+06
6.9480978040D+06	7.9382140398D+06	8.8574991875D+06	1.0032586951D+07
9.8583555978D+04	6.9597798228D+05	1.3424206975D+06	2.1541146734D+06
3.1148527212D+06	3.8593032744D+06	4.4378958671D+06	5.0195193185D+06
5.5397722495D+06	6.0735429083D+06	9.8328859428D+04	7.1250322091D+05
1.3712623482D+06	2.2598982936D+06	3.3299457545D+06	4.1719462620D+06
4.8858088957D+06	5.5760686103D+06	6.2289378718D+06	6.9612854090D+06
9.8662893409D+04	7.1803038388D+05	1.4076592430D+06	2.2664402449D+06
3.4489386367D+06	4.3960252823D+06	5.0579276872D+06	5.7822301018D+06
6.5472931769D+06	7.3057475414D+06	9.9526159261D+04	7.2526316105D+05
1.4387909395D+06	2.3756903159D+06	3.5514755541D+06	4.5149057154D+06
5.2892238032D+06	6.0318862812D+06	6.8283945316D+06	7.6379200942D+06
1.0055027408D+05	7.4740769499D+05	1.4652470575D+06	2.4495061632D+06
3.7183462312D+06	4.7649723024D+06	5.5632760768D+06	6.3617400516D+06
7.2090251519D+06	8.1068611318D+06	1.0205114183D+05	7.9375925593D+05
1.6078533557D+06	2.6990759316D+06	4.1708062507D+06	5.2381796129D+06
6.2385619707D+06	7.2083010470D+06	8.0090642792D+06	9.1831588905D+06
1.0590036750D+05	8.4937602932D+05	1.6934499045D+06	2.8855345817D+06
4.3799399050D+06	5.7049464971D+06	6.6162701270D+06	7.6868845940D+06
8.6789466052D+06	9.7907932164D+06	1.1070469825D+05	8.7608527604D+05
1.7682612552D+06	2.9919194483D+06	4.5884709109D+06	5.8570807444D+06
6.8468636201D+06	7.8755803618D+06	8.9344185342D+06	1.0006654954D+07
1.1811878761D+05	9.0494746429D+05	1.8244092457D+06	3.0593883020D+06
4.6856572636D+06	5.9690684754D+06	6.9746488683D+06	8.0619508143D+06
8.9344182595D+06	1.0006654957D+07		
1.0945915004D+05	8.3787731321D+05	1.6929926513D+06	2.8296245332D+06
4.2344447086D+06	5.3447075306D+06	6.2380322368D+06	7.0491648398D+06
7.9434259662D+06	8.8284559117D+06	1.1069432073D+05	8.3864542108D+05
1.6855345786D+06	2.7925713926D+06	4.1886142598D+06	5.2899647525D+06
6.2157197346D+06	7.0387317563D+06	7.9412310342D+06	8.8290662091D+06
1.1109789803D+05	8.3324150859D+05	1.6688986677D+06	2.8314300485D+06
4.1836039054D+06	5.3551855538D+06	6.2057012867D+06	7.0213538346D+06
7.9507287487D+06	8.8224089987D+06		
1.6793957970D+01	7.9805134411D+01	1.2587216305D+02	1.7465647896D+02
2.1326298523D+02	2.3370564097D+02	2.4799775744D+02	2.5704289717D+02
2.6239378551D+02	2.6253649681D+02	2.6678996769D+01	1.1401290701D+02
1.7694647843D+02	2.3097468510D+02	2.6873949383D+02	2.9062671623D+02
2.9633907222D+02	3.0814852999D+02	3.0970348908D+02	3.0769032673D+02
8.3235928784D+01	2.5226040860D+02	3.2457918172D+02	3.7623950460D+02
4.0219937511D+02	4.1892624823D+02	4.1808845783D+02	4.1848655648D+02
4.1751568930D+02	4.0634684333D+02	8.3235928784D+01	4.8124494960D+02
4.9521361105D+02	5.2914996718D+02	5.1241461342D+02	5.0858990473D+02

5.0166432251D+02 4.9711809202D+02 4.8773417886D+02 4.7345273444D+02  
8.3235928784D+01 4.3793841351D+02 8.4721051127D+02 8.0503776448D+02  
7.5649967563D+02 7.2934816777D+02 7.0811491971D+02 6.8821655012D+02  
6.6737418787D+02 6.4761642113D+02  
1.6550542788D+01 8.0932753419D+01 1.2597144667D+02 1.7268335492D+02  
2.1266179241D+02 2.3326283185D+02 2.4187755715D+02 2.5419348468D+02  
2.5968320313D+02 2.6451284364D+02 1.6499405607D+01 7.8375689440D+01  
1.2484219044D+02 1.6704579664D+02 2.0261701340D+02 2.2304632472D+02  
2.3150823843D+02 2.3973882288D+02 2.4563027500D+02 2.4543210671D+02  
1.6371181158D+01 7.7184393954D+01 1.2063571006D+02 1.6235437032D+02  
1.9912994764D+02 2.1462169180D+02 2.2273870427D+02 2.3067646290D+02  
2.3421969170D+02 2.3826645338D+02 1.6425408294D+01 7.6684644222D+01  
1.2142830546D+02 1.6051202617D+02 1.9238462572D+02 2.0677993820D+02  
2.1640323787D+02 2.2044033562D+02 2.2544160354D+02 2.2817044240D+02  
1.6474652358D+01 7.5317875452D+01 1.1758278368D+02 1.5090669327D+02  
1.7916276634D+02 1.9094829288D+02 1.9745699884D+02 2.0329625389D+02  
2.0954527652D+02 2.0902257562D+02 1.5888646137D+01 6.6907775694D+01  
9.4775415274D+01 1.1775856857D+02 1.3209539876D+02 1.4026699742D+02  
1.4241230910D+02 1.4647011655D+02 1.4880142832D+02 1.4978596767D+02  
1.5054309679D+01 5.2573491264D+01 6.8560960298D+01 7.9085911621D+01  
8.8399434472D+01 9.2594517975D+01 9.6305029023D+01 9.9115813711D+01  
1.0160473472D+02 1.0651457286D+02 1.3384665048D+01 3.7101283056D+01  
4.5650810063D+01 5.1885796208D+01 5.8841566250D+01 6.3268113745D+01  
6.8088773987D+01 7.2598231417D+01 7.6996740981D+01 8.2467548471D+01  
7.3953444902D+00 1.0992452964D+01 1.8116540136D+01 2.3730489542D+01  
3.1310740261D+01 3.7814676704D+01 4.2831004046D+01 7.2598228266D+01  
7.6996739937D+01 8.2467548180D+01 2.6379204469D+01 1.1400471667D+02  
1.7583087778D+02 2.3027072236D+02 2.6218032372D+02 2.8687570985D+02  
2.9998160669D+02 3.0677908249D+02 3.0896953358D+02 3.0809035687D+02  
2.5770445039D+01 1.1362343286D+02 1.6977727908D+02 2.1914801565D+02  
2.5451370789D+02 2.6878123710D+02 2.8260724415D+02 2.8286075351D+02  
2.8850287088D+02 2.8463866751D+02 2.5631769354D+01 1.1252979363D+02  
1.6605018702D+02 2.0884519095D+02 2.4369335165D+02 2.5970011554D+02  
2.6042078817D+02 2.6836204290D+02 2.7092819760D+02 2.7294481191D+02  
2.5636249329D+01 1.1042908811D+02 1.6215393765D+02 2.0450507683D+02  
2.3429709603D+02 2.4672914743D+02 2.5422512744D+02 2.5777478554D+02  
2.6184150195D+02 2.5834202928D+02 2.4814763660D+01 1.0710919311D+02  
1.5160492695D+02 1.9000662668D+02 2.1561474132D+02 2.2551152673D+02  
2.3107288998D+02 2.3650499193D+02 2.3677062913D+02 2.3448224618D+02  
2.4689442277D+01 8.7420239522D+01 1.1738820145D+02 1.3737325893D+02  
1.5004815100D+02 1.5487185718D+02 1.5758149572D+02 1.5937405237D+02  
1.5918527260D+02 1.6157533664D+02 2.2809332172D+01 6.3581373827D+01  
7.8304985251D+01 6.1320160774D+01 9.4414711668D+01 9.9234747465D+01  
1.0202788994D+02 1.0452574829D+02 1.0726508030D+02 1.1032417791D+02  
1.8667289876D+01 4.2702993771D+01 3.6483357127D+01 5.5539394364D+01  
6.1938181927D+01 6.6750475746D+01 7.0699284414D+01 7.4179294699D+01  
7.9448973670D+01 8.4662012119D+01 8.7625354551D+00 1.3265243717D+01  
1.8633604375D+01 2.3929250842D+01 3.1907801926D+01 3.8337066192D+01  
4.3387106763D+01 6.0751072735D+01 7.5960591227D+01 8.4662006464D+01  
8.2163509863D+01 2.4720138165D+02 3.2451900763D+02 3.7570384858D+02  
4.0440470486D+02 4.1363679829D+02 4.0711465499D+02 4.1068724189D+02  
4.0706438386D+02 3.9784044788D+02 8.2791158737D+01 2.3493900750D+02  
2.8653992513D+02 3.3496050607D+02 3.5397135169D+02 3.6096704471D+02  
3.6857612575D+02 3.6338741322D+02 3.5880279236D+02 3.5184341512D+02  
8.0910597099D+01 2.1301226457D+02 2.7826151226D+02 3.1415565516D+02  
3.2493900935D+02 3.3491921618D+02 3.3865435393D+02 3.3440415415D+02  
3.3261960515D+02 3.2235804167D+02 8.0887593952D+01 2.1038953620D+02  
2.5837995433D+02 2.9604761484D+02 3.1194569404D+02 3.1131966098D+02

3.1903325167D+02	3.1463769563D+02	3.1330198986D+02	3.0460276306D+02
7.3271801048D+01	1.8614688415D+02	2.3685252220D+02	2.6612230784D+02
2.7628659353D+02	2.7801186424D+02	2.8052680597D+02	2.7818393253D+02
2.7287860980D+02	2.6741891555D+02	6.1315154676D+01	1.3236144375D+02
1.6048269358D+02	1.6866014321D+02	1.7538825636D+02	1.7266841178D+02
1.7520160802D+02	1.7598233044D+02	1.7294931194D+02	1.7511566942D+02
4.7269157761D+01	7.9838015433D+01	9.3261089873D+01	9.8567518717D+01
1.0182904061D+02	1.0614301046D+02	1.0786344459D+02	1.1114489123D+02
1.1351943959D+02	1.1710275564D+02	3.5047406739D+01	4.8736879588D+01
5.5220595292D+01	5.9569311834D+01	6.5124143288D+01	6.9354668664D+01
7.3303964830D+01	7.7622780995D+01	8.2237781573D+01	8.7014938216D+01
1.0973473024D+01	1.5148883312D+01	1.9119550553D+01	2.4569397040D+01
3.2280485401D+01	3.8666834627D+01	4.3987017782D+01	5.0118152409D+01
8.2237764375D+01	8.7014932583D+01		
6.5173674596D-01	4.4525728634D+00	8.8764801583D+00	1.5043602547D+01
2.3231359149D+01	3.0294249851D+01	3.6381244932D+01	4.2713031006D+01
5.0305473565D+01	5.9005820174D+01	6.8721382762D-01	4.6269458636D+00
9.1779967376D+00	1.5457900676D+01	2.3935284740D+01	3.1252503819D+01
3.7761621008D+01	4.4467125836D+01	5.2508850649D+01	6.1717063341D+01
7.2202709607D-01	4.7883781096D+00	9.4604330332D+00	1.6244820693D+01
2.4881793904D+01	3.2860792078D+01	3.9319827466D+01	4.6336156048D+01
5.4967246543D+01	6.4640045847D+01		