

KfK 3763  
Dezember 1984

# Messung lokaler Temperaturverteilungen in natriumdurchströmten Stabbündeln

Einfluß von Kastenwandbereich,  
Abstandshalterbereich und Stabverbiegung

R. Möller, H. Tschöke, M. Kolodziej  
Institut für Reaktorbauelemente  
Projekt Schneller Brüter

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



Kernforschungszentrum Karlsruhe  
Institut für Reaktorbauelemente  
Projekt Schneller Brüter

KfK 3763

Messung lokaler Temperaturverteilungen in natriumdurchströmten  
Stabbündeln.  
Einfluss von Kastenwandbereich, Abstandshalterbereich und  
Stabverbiegung

R. Möller, H. Tschöke, M. Kolodziej

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

MESSUNG LOKALER TEMPERATURVERTEILUNGEN IN NATRIUMDURCHSTRÖMTEN  
STABBÜNDELN —  
EINFLUSS VON KASTENWANDBEREICH, ABSTANDSHALTERBEREICH UND STAB-  
VERBIEGUNG

---

Kurzfassung

In einem elektrisch beheizten 19-Stabbündel ( $P/D = 1.30$ ,  $W/R = 1.40$ ) wurden unter Natriumströmung dreidimensionale Temperaturverteilungen in den Hüllrohren gemessen. Hauptmerkmale der Versuchseinrichtung sind drei im Kastenwandbereich benachbarte, unter Vollastbetrieb um  $360^\circ$  drehbare und in vier Ebenen instrumentierte Heizstäbe, sowie vier gitterförmige Abstandshalter, die während des Betriebes axial verschiebbar waren. Eine zusätzliche Einrichtung erlaubte es, einen Heizstab im letzten Drittel der beheizten Länge zu verbiegen. Es werden Messergebnisse der Temperaturprofile am Stabumfang der drei drehbaren Stäbe mitgeteilt für verschiedene Betriebsbedingungen ( $80 \leq \overline{Pe} \leq 360$ ,  $45 \leq q \leq 90 \text{ W/cm}^2$ ), verschiedene Gitterstellungen in Bezug auf die Meßebenen, sowie für verschiedene Biegestabstellungen. Zum besseren Verständnis der Versuchsergebnisse wurden Querschliffe vom 19-Stabbündel gefertigt. Es zeigte sich, daß die Kenntnis der Bündelgeometrie von großer Bedeutung für die Interpretation der Versuchsergebnisse ist.

MEASUREMENTS OF LOCAL TEMPERATURE DISTRIBUTIONS IN ROD BUNDLES  
WITH SODIUM FLOW —  
INFLUENCE OF DUCT WALL ZONE, SPACER GRIDS AND ROD BOWING

In an electrically heated 19-rod bundle ( $P/D = 1.30$ ,  $W/R = 1.40$ ) with sodium flow the three-dimensional temperature fields in the rod clads were measured.

The main characteristics of the test section are three adjacent heater rods in the duct wall zone instrumented on four measuring planes and rotatable by  $360^\circ$  under full power conditions; furthermore spacer grids which are axially movable, and a system allowing to bow one heater rod over the last third of its heated length.

The results of measurements of the azimuthal temperature variations of the rotatable rods are presented for different operating conditions ( $80 \leq \overline{Pe} \leq 360$ ,  $45 \leq q \leq 90 \text{ W/cm}^2$ ), different spacer grid positions relative to the measuring planes and different bowing positions of one rod.

For better understanding of the experimental results cross sections of the 19-rod bundle were prepared. It became evident, that a well-known bundle geometry is very important for the interpretation of the experimental results.

<u>Inhalt</u>	Seite
1. Einleitung	1
2. Zielsetzung und Versuchsprogramm	2
3. Versuchseinrichtung	3
3.1 Versuchsanlage	3
3.2 Teststrecke	3
3.3 Brennstab-Simulatoren	4
3.4 Abstandshalter	4
3.5 Meßtechnik	5
3.5.1 Messung von Hüllwandtemperaturen	5
3.5.2 Messung der Ein- und Austrittstemperaturen	7
3.5.3 Messung der Stableistungen	7
3.5.4 Messung des Natrium-Massenstromes	7
3.5.5 Kontroll- und Sicherheitsmessungen	8
4. Versuchsdurchführung	9
4.1 Untersuchte Parameter	9
4.2 Versuchsablauf	10
4.3 Versuchsauswertung	11
5. Versuchsergebnisse	13
5.1 Zur Darstellung und Übersicht	13
5.2 Azimutale Temperaturprofile bei voll be- heiztem Bündel für verschiedene Gitter- stellungen	14
5.2.1 Azimutale Temperaturprofile bei ver- schiedenen Gitterstellungen für Be- triebsbedingungen in den Bereichen: $356 \leq \overline{Pe} \leq 363, \quad 80.4 \leq q \leq 91.7 \text{ W/cm}^2$	15
5.2.1.1 Wandstab 12: $356 \leq \overline{Pe} \leq 363, \quad 80.4 \leq q \leq 83.7 \text{ W/cm}^2$ Abbn. 14-33	15
5.2.1.2 Eckstab 11: $356 \leq \overline{Pe} \leq 363, \quad 88.2 \leq q \leq 91.7 \text{ W/cm}^2$ Abbn. 34-53	16

5.2.1.3	Zentralstab 3: $356 \leq \overline{Pe} \leq 363$ , $86.2 \leq q \leq 88.5 \text{ W/cm}^2$ , Abbn. 54-67	18
5.2.2	Azimutale Temperaturprofile bei verschiedenen Gitterstellungen für Betriebsbedingungen in den Bereichen: $350 \leq \overline{Pe} \leq 359$ , $62.4 \leq q \leq 71.7 \text{ W/cm}^2$	20
5.2.2.1	Wandstab 12: $350 \leq \overline{Pe} \leq 359$ , $62.4 \leq q \leq 65.5 \text{ W/cm}^2$ , Abbn. 68-93	20
5.2.2.2	Eckstab 11: $350 \leq \overline{Pe} \leq 359$ , $68.4 \leq q \leq 71.7 \text{ W/cm}^2$ , Abbn. 94-119	21
5.2.2.3	Zentralstab 3: $350 \leq \overline{Pe} \leq 359$ , $66.9 \leq q \leq 70.1 \text{ W/cm}^2$ , Abbn. 120-139	21
5.2.3	Azimutale Temperaturprofile bei verschiedenen Gitterstellungen für Betriebsbedingungen in den Bereichen: $350 \leq \overline{Pe} \leq 352$ , $43.9 \leq q \leq 49.6 \text{ W/cm}^2$	22
5.2.3.1	Wandstab 12: $350 \leq \overline{Pe} \leq 352$ , $43.9 \leq q \leq 45.2 \text{ W/cm}^2$ , Abbn. 140-153	22
5.2.3.2	Eckstab 11: $350 \leq \overline{Pe} \leq 352$ , $48.2 \leq q \leq 49.6 \text{ W/cm}^2$ , Abbn. 154-167	23
5.2.4	Azimutale Temperaturprofile für verschiedene Strömungsbedingungen bei unveränderter Gitter- stellung und Stableistung $G = 315$ , $64.5 \leq q \leq 71.1 \text{ W/cm}^2$	24



- 5.2.4.1 Wandstab 12:  
 $q = 64.8 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 235$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 168,169 24
- Eckstab 11:  
 $q = 71.1 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 235$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 170,171
- Zentralstab 3:  
 $q = 69.5 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 235$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 172,173
- 5.2.4.2 Wandstab 12:  
 $q = 64.5 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 159$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 174,175 25
- Eckstab 11:  
 $q = 70.6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 159$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 176,177
- Zentralstab 3:  
 $q = 69.2 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 159$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 178,179
- 5.2.4.3 Wandstab 12:  
 $q = 64.7 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 130$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 180,181 25
- Eckstab 11:  
 $q = 70.8 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 130$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 182,183
- Zentralstab 3:  
 $q = 69.3 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 130$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 184,185
- 5.2.5 Azimutale Temperaturprofile bei unveränderter  
 Gitterstellung  $G = 315$  und den Betriebsbe-  
 dingungen:  
 $\overline{Pe} = 94$ ,  $45.3 \leq q \leq 49.6 \text{ W/cm}^2$  26

- 5.2.5.1 Wandstab 12:  
 $q = 45.3 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 94$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 186,187 26
- Eckstab 11:  
 $q = 49.6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 94$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 188,189
- Zentralstab 3:  
 $q = 48.6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 94$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 190,191
- 5.3 Maximale Temperaturdifferenzen am Umfang von Wand-,  
 Eck- und Zentralstab für die untersuchten axialen  
 Gitterstellungen. 27  
 $\overline{Pe} \approx 350$ , Abbn. 192-221
- 5.3.1 Maximale azimutale Temperaturdifferenzen außer-  
 halb der Gitter-Abstandshalter als Funktion der  
 beheizten Länge (Abbn. 222, 223). 29
- 5.3.2 Maximale azimutale Temperaturdifferenzen inner-  
 halb der Gitter-Abstandshalter als Funktion der  
 beheizten Länge (Abb. 224) 31
- 5.4 Azimutale Temperaturprofile bei Beheizung von  
 Einzelstäben, unveränderter Gitterstellung und  
 verschiedenen Betriebsbedingungen:  
 $80 \leq \overline{Pe} \leq 232$ ,  $59.2 \leq q \leq 67.3 \text{ W/cm}^2$ ,  $G = 315$  31
- 5.4.1 Wandstab 12:  
 $q = 59.9 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 232$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 225,226 33
- Eckstab 11:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 232$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 227,228

Zentralstab 3:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 232$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 229, 230

5.4.2 Wandstab 12:  
 $q = 59.2 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 151$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 231, 232

33

Eckstab 11:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 151$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 233, 234

Zentralstab 3:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 151$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 235, 236

5.4.3 Wandstab 12:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 148$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 237, 238

33

Eckstab 11:  
 $q = 65.6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 148$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 239, 240

Zentralstab 3:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 148$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 241, 242

5.4.4 Wandstab 12:  
 $q = 58.6 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 80$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 243, 244

35

Eckstab 11:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 80$ ,  $G = 315$ ,  
 Abbn. 245, 246

35

## VIII

Zentralstab 3: $q = 0. \text{ W/cm}^2$ , $\overline{Pe} = 80$ , $G = 315$ , Abbn. 247,248	
5.4.5 Wandstab 12: $q = 0. \text{ W/cm}^2$ , $\overline{Pe} = 80$ , $G = 315$ , Abbn. 249,250	36
Eckstab 11: $q = 67.2 \text{ W/cm}^2$ , $\overline{Pe} = 80$ , $G = 315$ , Abbn. 251,252	
Zentralstab 3: $q = 0. \text{ W/cm}^2$ , $\overline{Pe} = 80$ , $G = 315$ Abbn. 253,254	
5.5 Temperaturverteilung bei voll beheiztem Bündel für verschiedene Biegestabstellungen	36
5.5.1 Einfluß der Stabverbiegung auf die Temperatur- änderung in den Stabhüllrohren, Abbn. 255-282	36
5.5.2 Einfluß der Stabverbiegung auf die azimutalen Temperaturverteilungen in den Hauptmeßebenen ME1 bis ME4, Abbn. 284-315	39
6. Bündelgeometrie	40
7. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	45
Nomenklatur	53
Literatur	55

Anhang: Fehlerbetrachtung	59
A 1. Fehler bei der Temperaturmessung	59
A 1.1 Fehler bei der Absolut-Temperaturmessung eines ortsfesten Thermoelementes	59
A 1.2 Fehler durch Ortsänderung des Thermoelementes	62
A 1.3 Fehler durch Einbautoleranz des Thermoelementes in die Hüllwand	62
A 1.4 Fehler in den azimutalen Temperaturprofilen	63
A 2. Fehler in der Leistungsbestimmung	64
A 3. Fehler in der Massenstrombestimmung	65
A 4. Wärmeverluste durch die Kastenwand	65
Tabellen 1 bis 3	67
Abbildungen 1 bis 318 und A1	70

MESSUNG LOKALER TEMPERATURVERTEILUNGEN IN NATRIUMDURCHSTRÖMTEN  
STABBÜNDELN —  
EINFLUSS VON KASTENWANDBEREICH, ABSTANDSHALTERBEREICH UND  
STABVERBIEGUNG

---

1. EINLEITUNG

In flüssigmetallgekühlten Brutreaktoren (LMFBR) sind die Brennstäbe in Dreieck-Anordnung zu Stabbündeln in sechseckigen Kästen fixiert. Die Brennstäbe müssen während der gesamten Einsatzzeit durch Abstandshalter so exakt positioniert werden, daß die vom Kühlmittel Natrium durchströmten Unterkanäle ihre Form aufgrund ungleichmäßiger Temperaturverteilungen nur in zulässigen Grenzen ändern. Im Bündel-Zentralbereich kann diese Forderung wegen der relativ gleichmäßigen Wärmeabfuhr am Umfang der Stäbe bei ausreichend großen P/D-Verhältnissen ( $P/D \geq 1.2$ ) recht gut erfüllt werden. In der Kastenwandzone dagegen kann die Durchströmung der dort verschiedenen Unterkanäle (Zentral-, Wand- und Eckkanal) sehr unterschiedlich sein. Daraus resultiert dann eine azimuthal ungleichmäßige Wärmeabfuhr mit entsprechenden azimuthalen Temperaturdifferenzen in den Bauteilen (Hülle, Kasten, Abstandshalter), die mechanische Beanspruchungen und Formänderungen zur Folge haben. Zur Ermittlung derartiger Temperaturdifferenzen werden globale und lokale thermohydraulische Rechenprogramme eingesetzt bzw. entwickelt. Zur Modellierung und Verifizierung dieser Rechenprogramme sind geeignete Experimente erforderlich.

## 2. ZIELSETZUNG UND VERSUCHSPROGRAMM

Die in diesem Bericht dargestellten experimentellen Untersuchungen sind Teil eines umfangreichen F+E-Programmes "Entwicklung lokaler und globaler thermohydraulischer Rechenprogramme und Durchführung von hydraulischen und thermischen Experimenten zur Modell-Entwicklung und Code-Verifikation".

Die Zielsetzung dieser experimentellen Untersuchungen waren die Punkte:

- (a) Azimutale Temperaturverteilungen von Zentral-, Wand- und Eckstab;
- (b) Einfluß der gitterförmigen Abstandshalter auf die Hüllwandtemperaturen;
- (c) Einfluß der Stabverbiegung auf die Hüllwandtemperaturen.

Ergebnisse der Versuchsserien 1 und 2 zum Punkt (a) wurden in /2/ beschrieben. Wesentliche Teilergebnisse zum Punkt (b) wurden in /3/ und zum Punkt (c) in /4/ mitgeteilt. In /5, 19/ wurden Übersichtsdarstellungen aller 3 Punkte gegeben.

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse der Versuchsserie 3, deren wesentliche Merkmale gegenüber den vorangegangenen Versuchsserien die Untersuchung der Stabverbiegung und der Bündelgeometrie waren. Sämtliche Arbeiten wurden begleitet durch experimentelle Untersuchungen der Geschwindigkeitsverteilungen in Wasserströmung an einem ähnlichen 19-Stabbündel-Modell /1, 16/.

### 3. VERSUCHSEINRICHTUNG

#### 3.1 Versuchsanlage

Die Experimente wurden in dem Natrium-Prüfstand WÜP II durchgeführt. Die wesentlichen Komponenten dieses geschlossenen Kreislaufes (Abb. 1) sind:

- die elektromagnetische Pumpe mit einer maximalen Fördermenge von  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  bei einer Förderhöhe von 3.8 bar;
- der Natrium/Luft-Wärmetauscher mit einer maximalen Kühlleistung von 325 KW bei einer Na-Eintrittstemperatur von  $320 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- das induktive Massenstrom-Meßgerät;
- der Natrium-Vorratsbehälter mit einem Inhalt von  $1 \text{ m}^3$ ;
- der Ausgleichsbehälter zur Kompensation der Na-Volumenänderung und zur Gewährleistung gasfreier Natriumströmung im gesamten Kreislaufsystem;
- die wärmeisolierte Teststrecke mit dem elektrisch beheizten 19-Stabbündel (Gleichstrom).
- die Flüssigmetall-typischen Hilfskreisläufe (Na-Reinigung, Inertgas u.s.w.)

#### 3.2 Teststrecke

Die Teststrecke ist schematisch in Abb. 2 dargestellt. Ihre wesentlichen Merkmale sind:

- das elektrisch beheizte 19-Stabbündel mit hexagonaler Stabanordnung in einem Sechskant-Führungskasten;
- Natriumströmung von unten nach oben über Ein- und Austritts-Sammelbehälter;
- drei benachbarte, drehbare Stäbe im Kastenwandbereich. Die Stäbe sind jeweils einzeln während des Betriebes drehbar, die Abdichtung nach außen erfolgt über luftgekühlte Natriumgefrierstopfbuchsen;
- vier Hauptmeßebenen im Bereich der beheizten Bündelzone, beheizte Länge  $L = 700 \text{ mm} \hat{=} 104 D_H$ ;
- eine hydraulische Einlauflänge vor der beheizten Zone mit  $270 \text{ mm} \hat{=} 40 D_H$ ;



- eine Einrichtung zur axialen Verschiebung der funkenerodierten Abstandshalter über die 4 Hauptmeßebenen hinweg;
- eine Einrichtung zur Stabverbiegung im Bereich der Meßebene ME4.

Eine Ansicht der Teststrecke und die Einzelheit "Gitterverschiebe-einrichtung im oberen Sammelbehälter" zeigt Abb. 3.

Wesentliche Daten sind in Tabelle 1 enthalten.

Abb. 4 zeigt schematisch den Bündelquerschnitt mit Bezeichnungen, Stabnumerierung und Position der drehbaren Stäbe Nr. 3, 11, 12 und des Biegestabes Nr. 4.

### 3.3 Brennstab-Simulatoren

Als Brennstab-Simulatoren wurden indirekt elektrisch beheizte Stäbe verwendet. Hohe Belastbarkeit und Betriebssicherheit, gute thermische Simulationseigenschaften sowie eine geeignete Instrumentierung der Stabhüllen waren wesentliche Anforderungen an die Heizstäbe. Bei der Auswahl des optimalen Heizstabkonzeptes konnte auf einer im KFK/IRB durchgeführten Heizstabentwicklung /6, 7 / aufgebaut werden.

Der speziell für das 19-Stabbündel entwickelte Heizstab ist in Abb. 5 dargestellt. Zur möglichst gleichmäßigen Wärmefreisetzung an der Staboberfläche wurde ein rohrförmiger Heizleiter gewählt. Zur Erreichung möglichst großer Betriebssicherheit bei hoher spezifischer Leistung in Hülltemperaturbereichen bis 500 °C wurde als Isolationsmaterial Bornitrid (BN) verwendet, der Kern innerhalb des Heizleiters war mit verdichtetem Magnesiumoxid (MgO) ausgefüllt. Die Fragen der Simulationseigenschaften für Heizstäbe mit ähnlicher Geometrie wurden in umfangreichen Parameterstudien untersucht, z.B. /8/.

### 3.4. Abstandshalter

Zur Stabfixierung untereinander und innerhalb des Kastens wurden 4 funkenerodierte, gitterförmige Abstandshalter mit einem jeweiligen axialen Abstand von 180 mm verwendet. Abb. 6 zeigt einen vergrößerten Abstandshalter in einem Bündelquerschliff. In den seitlichen

Kastenwandungen sind die eingelassenen Stahlbänder für die axiale Gitterverschiebung zu erkennen. Zur Erreichung bestmöglicher Gleiteigenschaften an den Abstützpunkten wurden zylindrische Stütznoppen von 3 mm Durchmesser aus Armcoeisen (vergleiche Abb. 6) in die Abstandhalterstege eingeschweißt. Zwei dieser Stütznoppen sind beim Zerschneiden des mit einem Gemisch aus Araldit,  $Al_2O_3$  und Farbe ausgegossenen Bündels ausgebrochen.

Für die Berechnung der Strömungsverteilung in den Bündelteil-Kanälen mit Global- und Lokal-Codes ist die Kenntnis der Kanalquerschnitte und der Kanalversperrungen durch die Abstandhalter von großer Bedeutung. Die entsprechenden Daten sind als Mittelwerte mit ihren Unsicherheiten in Tabelle 1 zusammengestellt.

### 3.5 Meßtechnik

Zur Versuchsauswertung für die hier mitgeteilten Ergebnisse wurden folgende Größen gemessen und digital auf Magnetbändern gespeichert:

- Wandtemperaturen der drehbaren Stäbe 3, 11, 12 in den vier Meßebenen und des Biegestabes 4;
- Ein- und Austrittstemperaturen der Natriumströmung;
- Natrium-Massenstrom durch das Bündel;
- Stableistungen der Stäbe 1 bis 19;
- Gitterstellung (axiale Position);
- Drehwinkel der drehbaren Stäbe 3, 11, 12;
- Biegestabstellung (Stab 4).
- Anzahl der Meßstellen: 124, Abfragegeschwindigkeit: 10 Meßstellen/sec.

#### 3.5.1 Messung der Hüllwandtemperaturen

Die richtige Messung der Hüllwandtemperaturen ist insbesondere bei Flüssigmetallkühlung eine wesentliche Voraussetzung für brauchbare Wärmeübergangsbeziehungen. Die Probleme der Instrumentierung zur zuverlässigen Bestimmung der Hüllwandtemperaturen wurden ausführlich theoretisch und experimentell untersucht /9, 10/. In diesem Zusammenhang wurden das Bornitrit-Thermoelement entwickelt /11/ und die löftechnischen Probleme mit Nickel-Lot gelöst.

Im 19-Stabbündelexperiment wurden zur Messung der Hüllwandtemperatur Ni/CrNi-Mantelthermoelemente mit 0,5 mm Durchmesser eingesetzt, die im Bereich der Meßspitze mit BN-Pulver gegen den Mantel isoliert, gasdicht verschlossen und auf 0.4 mm reduziert waren. Die Thermoelemente wurden in axial verlaufende Außennuten der Hüllrohre eingelegt, fixiert und im Bereich der beheizten Länge mit Nickel-Lot verlötet (Abb. 7). Anschließend wurden die Lotraupen bis auf den Hüllrohr-Außendurchmesser mit einer dafür speziell entwickelten Vorrichtung abgeschliffen. Die Hüllrohre der drehbaren Stäbe 3, 11, 12 wurden entsprechend Abb. 8 mit jeweils 8 Thermoelementen so instrumentiert, daß die Meßspitzen in den 4 Hauptmeßebenen auf gegenüberliegenden, achsparallelen Linien APL-A und APL-B positioniert waren. Durch Drehung der Stäbe bei stationären Betriebsbedingungen in Schritten um jeweils 15 Winkelgrade wurden die azimutalen Temperaturprofile 0.25 mm unter der Staboberfläche in den 4 Hauptmeßebenen jeweils 2x aufgezeichnet. Solche Temperaturprofile wurden bei unterschiedlichen axialen Gitterpositionen, bei verschiedenen Biegepositionen des Stabes 4 und bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen (Stableistung, Massenstrom) gemessen.

Die Zuordnung Gitterstellung/Meßebene veranschaulicht Abb. 9. Die Einheiten für die axiale Gitterstellung  $G = 0$  bis 315 beziehen sich auf die im Experiment verwendete Gitterverschiebeeinrichtung. In den Ergebnis-Diagrammen sind die jeweiligen Zuordnungen Gitterstellung/Meßebene in diesen Einheiten angegeben. Die entsprechenden Verschiebewege in mm sind in einer Parallelskala in Abb. 9 abzulesen. Der maximale Verschiebeweg in diesen Experimenten betrug 82.6 mm entsprechend  $12.3 D_H$ .

Die Hüllwand des Biegestabes 4 war in der Meßebene 4 mit vier Thermoelementen ausgestattet, deren Meßspitzen paarweise symmetrisch zur Biegerichtung (Stabmittenverbindung der Stäbe 11 und 15) angeordnet waren. Die Abb. 10 zeigt für den Biegestab den Biegebereich und die Zuordnung Gitterstellung/Meßebene. Die Gitter-Abstandshalter befanden sich bei allen Biegeexperimenten in der Null-Stellung (d.h.  $47.8 \text{ mm} \hat{=} 7 D_H$  stromaufwärts von den Meßebenen), der Biegestab 4 wurde von den Abstandshaltern 1 bis 3 in der

Normalstellung (nominelle Bündelgeometrie) fixiert. Am Abstandshalter 4 wurden die Gitterstege um den Biegestab herum entfernt, dadurch war die Stabverbiegung vom AH 3 bis zum Krafteinleitungspunkt am oberen freien Ende des Biegestabes möglich.

Der Bündelquerschliff in Meßebene 4 (Abb. 11) zeigt die Stabanordnung für die Biegestabstellung 0. Deutlich zu erkennen sind die Hüllwand-Thermoelemente der drehbaren Stäbe 3, 11, 12 (jeweils 2 gegenüberliegende Thermoelemente sind in oder maximal 0.5 mm von ihrer Meßspitze entfernt geschnitten, die jeweils restlichen 6 geschnittenen Thermoelemente haben ihre Meßspitzen in den Meßebenen 1 bis 3, vergl. Abb. 8) und die 4 Thermoelemente des Biegestabes 4.

### 3.5.2 Messung der Ein- und Austrittstemperaturen

Die Na-Eintrittstemperatur wurde mit 4 an der Kastenwand befestigten Mantelthermoelementen mit 0.5 mm Durchmesser vor Beginn der beheizten Zone gemessen. Die Na-Austrittstemperatur wurde mit zwei 3 mm Mantelthermoelementen im Austrittsstutzen des oberen Sammelbehälters gemessen. Die jeweiligen Mittelwerte wurden für die Ergebnisdarstellung und Auswertung (vergleiche 4.3) verwendet.

### 3.5.3 Messung der Stableistungen

Der den 19 Heizstäben getrennt zugeführte Gleichstrom wurde mit 19 Präzisions-Shunts gemessen. Die für alle Stäbe gleiche Spannung wurde einmal als Bündelspannung gemessen. Die in den Ergebnis-Diagrammen angegebenen Wärmestromdichten sind auf die Staboberfläche bezogene Mittelwerte. Angaben zu relativen Unterschieden der Stableistungen siehe im Anhang A2 und in Tabelle 2.

### 3.5.4 Messung des Natrium-Massenstromes

Der Massenstrom des durch das Bündel strömenden Natriums wurde mit einem geeichten induktiven Durchflußmesser erfaßt (siehe Anhang A3).

### 3.5.5 Kontroll- und Sicherheitsmessungen

Vor Beginn einer neuen Versuchsreihe wurden alle Thermoelemente bei isothermen Versuchsbedingungen miteinander verglichen, um mögliche Störungen rechtzeitig zu erkennen. Die Ausfallrate sämtlicher Thermoelemente über eine Versuchszeit von 700 h betrug 2 %. In Bezug auf die Instrumentierung der Drehstäbe und des Biegestabes betrug die TE-Ausfallrate 21 %. Diese relativ hohe Ausfallrate ist hauptsächlich auf die mechanische Einwirkung am TE während der Stabdrehung zurückzuführen.

Vor Beginn einer jeden Versuchsreihe wurden die Stabströme gemessen und ihre Abweichungen zum Mittelwert kontrolliert. Die relativen Abweichungen veränderten sich während der gesamten Versuchszeit nicht.

Zum Schutze des Bündels gegen ein Durchbrennen der elektrisch beheizten Stäbe diente eine elektronische Sicherheits- und Bündelabschalteinrichtung. Mit dieser wurden die Grenzwerte der Einzelströme (max. und min.), der Stabtemperaturen und der Bündelkühlung kontrolliert.

#### 4. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

##### 4.1 Untersuchte Parameter

Die dreidimensionalen Temperaturverteilungen in den Hüllrohren von hexagonalen ungestörten Stabbündelanordnungen werden im wesentlichen durch folgende Parameter bestimmt:

$$\theta(r, \phi, z) = f \left( \underbrace{\left( \frac{P}{D}, \frac{W}{R}, \frac{R_k}{D}, \phi, \frac{L_g}{D_H}, \frac{L}{D_H}, \frac{L_{AH}}{D_H}, n \right)}_{\text{Bündelgeometrie}}, \underbrace{\left( \frac{R_i}{R}, \frac{\lambda_B}{\lambda_F}, \frac{\lambda_W}{\lambda_F} \right)}_{\text{Stabdaten}}, \underbrace{(Re, Pr, q)}_{\text{Betriebsdaten}} \right)$$

Folgende Geometrieparameter wurden als nominelle Sollwerte konstant gehalten:

$P/D, W/D, R_k/D, L/D_H, L_g/D_H, n$  (Bündelgeometrie)

$R_i/R, \lambda_B/\lambda_F, \lambda_W/\lambda_F$  (Stab-Daten, durch diese Parameter werden die Simulationseigenschaften der Brennstäbe durch die Heizstäbe des Experiments charakterisiert, vergleiche /8/).

Folgende Parameter wurden bei diesen Experimenten (Versuchsserie 3) variiert bzw. untersucht:

- beheizte Länge $L/D_H$	17.2, 43.8, 70.5, 97.2	
- Drehwinkel der Stäbe	3, 11, 12	- $30^\circ$ — + $390^\circ$
- axiale Gitterstellung $G$ zur Meßebene	0	— 315 (Abb. 9)
entsprechend einem axialen Verschiebeweg von:	0	— 82.6 mm
in Vielfachen von $D_H$ :	0	— 12.3
- mittlere Pécletzahl (Bündelmittelwert)	80	— 363
- mittlere Reynoldszahl (Bündelmittelwert)	15000	— 73000
- mittlere Na-Geschwindigkeit im Bündel	0.8	— 3.5 m/s
- mittleres Temperatur-Niveau	350	— $450^\circ\text{C}$
- mittlere Wärmestromdichten an der Staboberfläche	45	— $92 \text{ W/cm}^2$
- lineare Stableistungen	127	— 260 W/cm

- Anzahl der beheizten Stäbe -Gleichlast: 19  
-Schieflast: 1

#### 4.2 Versuchsablauf

Vor jeder Versuchsreihe und einigen Einzelversuchen wurden zur Kontrolle der Heizstäbe und der Thermoelemente Vergleichsmessungen durchgeführt (vergleiche Kap. 3). Die für jeden Versuch erforderlichen stationären Versuchsbedingungen wurden durch zeitlich aufeinanderfolgende Einstellung der gewünschten Sollwerte für Durchfluß, Stableistung und Eintrittstemperatur mit entsprechender Regelung des Luft/Na-Kühlers realisiert. Die Feineinstellung konstanter Natrium-Eintrittstemperatur erfolgte über manuelle Justierung der Kühler-Drehzahl. Parallel zu diesen Maßnahmen wurden die Kühlverhältnisse an den zur Stabdrehung erforderlichen Gefrierstopfbuchsen so eingestellt, daß kleinstmögliche Drehmomente bei geringer, kontrollierter Natriumleckage aus den Stopfbuchsen erreicht wurden. In den Meßzeiten wurden zur Ermittlung der azimuthalen Temperaturprofile in den Hüllrohren die Drehstäbe einzeln, zu zweit oder in der Regel gemeinsam stufenweise um  $15^{\circ}$  verdreht, im Uhrzeigersinn und als Kontrollmessung bzw. in der folgenden Meßreihe gegen den Uhrzeigersinn. Zur Kontrolle der während einer Meßreihe aufgetretenen Abweichungen von den zu Beginn der Meßreihe eingestellten stationären Versuchsbedingungen wurde die Stabdrehung jeweils um zwei  $15^{\circ}$ -Stufen über eine volle Umdrehung ( $-30^{\circ}$  bzw.  $390^{\circ}$  Endstellung) fortgesetzt.

Durch Verschieben der 4 Abstandshalter nach Ausmessen der azimuthalen Temperaturprofile wurde die gewünschte neue Gitterposition (Zuordnung Gitterstellung/Meßebene) über eine Meßskala (0...315) eingestellt. Bei den verschiedenen Gitterstellungen wurden jeweils die azimuthalen Temperaturprofile vermessen, wie oben beschrieben.

Bei allen Experimenten zur Stabverbiegung befanden sich die Abstandshalter in der untersten Position (Gitterstellung = 0). Die Verbiegung des Stabes 4 erfolgte von der nominellen Lage aus (Biegestabstellung = 0, Abb. 12) in 3 Stufen in Richtung auf Stabmitte 11 (positive Richtung) und in 3 Stufen in Richtung auf

Stabmitte 15 (negative Richtung). Es wurden dabei insbesondere die Temperaturänderungen der 4 Thermoelemente in Meßebene 4 des Biegestabes registriert. In anderen Versuchsreihen wurden für alle 7 Biegestellungen jeweils die azimutalen Temperaturprofile der Stäbe 3, 11, 12 gemessen.

#### 4.3 Versuchsauswertung

Die Temperatur-, Durchfluß-, Spannungs- und Strom-Meßwerte wurden digitalisiert auf Magnetbändern aufgezeichnet, wobei die Daten jedes einzelnen Versuchs und jeder Kontrollmessung mit fortlaufender Kennzeichnung (in den Ergebnis-Diagrammen rechts unten angegeben) versehen wurden.

Mit einem Auswerteprogramm wurden die Meßdaten maschinell in folgender Weise dargestellt:

- Hüllwandtemperaturen als Funktion des Umfangswinkels  $\phi$
- Hüllwandtemperaturen als Funktion der Biegestabstellung  
 $\Theta = f(S/S_0)$
- Normierte, maximale azimutale Temperaturdifferenzen als Funktion der beheizten Länge und der Gitterstellung.

Dazu wurden die Natrium-Stoffwerte nach /12/ verwendet.

Während einer etwa halbstündigen Meßreihe zur Aufnahme eines vollständigen Temperaturprofiles am Stabumfang waren die Betriebsbedingungen für den Kreislauf—Bündeleintrittstemperatur ( $T_E$ ), Stableistungen ( $q$ ), Massenstrom ( $\dot{m}$ )—kleinen Änderungen unterworfen. In der Auswertung der Meßdaten zur Darstellung der Stabumfangsprofile wurden maximale Änderungen (in Einzelfällen für  $T_E$  bis 5K, für  $q$  bis 0.6 % und für  $\dot{m}$  bis 3 %) auf folgende Weise verarbeitet:

Jeder dargestellte Meßpunkt ist ein arithmetischer Mittelwert aus 4 aufeinanderfolgenden Meßzyklen (ein Meßzyklus ist die Aufnahme aller 130 Meßstellen mit einer Aufnahmegeschwindigkeit von 10 Meßwerten pro Sekunde). Diese Mittelwerte stellen für den ersten Meßpunkt zu Beginn einer jeden Meßreihe, das muß nicht notwendigerweise die Winkelstellung 0 Grad für die drehbaren Stäbe sein, den Bezugswert dar. Sämtliche Änderungen der oben genannten Betriebs-



bedingungen für die folgenden Meßpunkte führen somit in Bezug auf den ersten Meßpunkt zu Temperatur-Korrekturen. Mithilfe eines Unterprogrammes wurden in der Gesamtauswertung diese Temperatur-Korrekturen ermittelt und entsprechend verarbeitet.

Somit ist kaum ein Versatz im Temperatur-Profilanschluß nach  $360^{\circ}$  Stabdrehung vorhanden. Zur besseren Kontrolle ist bei den meisten Versuchen eine Überdeckung der Profile um 60 Winkelgrade gefahren worden.

## 5. VERSUCHSERGEBNISSE

### 5.1 Zur Darstellung und Übersicht

In der Tabelle 3 ist eine Matrix der Versuchsparameter dargestellt, wobei für  $\bar{P}_e$  und  $q$  jeweils abgerundete Werte angegeben sind. Wegen der Vielzahl der Meßergebnisse werden zur besseren Übersicht einige Vorbemerkungen gemacht.

In sämtlichen Meßwert-Diagrammen sind die Hüllwandtemperaturen am Stabumfang in  $^{\circ}\text{C}$  auf der Ordinate aufgetragen. Die Zuordnung des Umfangwinkels zum jeweiligen Stab geht aus Abb. 4 hervor. Jedes Meßwert-Diagramm enthält in der Regel 4 azimutale Temperaturprofile in den Hauptmeßebebenen ME 1, 2, 3, 4 (entsprechend  $L/D_H = 17.2, 43.8, 70.5, 97.2$ ). Die Meßwerte der Thermoelemente auf der achsparallelen Linie APL-A sind jeweils getrennt von den Meßwerten der Thermoelemente auf der diametral gegenüberliegenden Linie APL-B (Abb. 8) in aufeinanderfolgenden Diagrammen dargestellt. Die fehlenden Temperaturprofile in einzelnen Diagrammen erklären sich durch den Ausfall der entsprechenden Thermoelemente.

Die Ergebnisse werden in 3 Teile gegliedert: 5.2 Azimutale Temperaturprofile bei voll beheiztem Bündel für verschiedene Gitterstellungen, untergliedert nach Betriebszuständen und Stabposition. 5.3 Azimutale Temperaturprofile bei Schiefkast (Einzelstabbeheizung). 5.4 Einfluß der Stabverbiegung auf die Temperaturverteilung in den Stabhüllen.

Der deutliche Einfluß der Gitterstellung auf die azimutalen Hüllwandtemperaturen in den 4 Meßebebenen (Abb. 9) soll zur besseren Übersicht vorweg mit Abb. 13 veranschaulicht werden:

Schematisch sind die maximalen azimutalen Temperaturdifferenzen  $\Delta T$  in einer ortsfesten Meßebene für unterschiedliche Gitterstellungen in Bezug auf diese Meßebene dargestellt. Man kann die folgenden Bereiche unterscheiden:

- a) die Meßebenen befinden sich in Strömungsrichtung gesehen vor den Gitter-AH (Gitterstellungen 315 bis 210);

- b) die Meßebenen befinden sich innerhalb der Gitter-AH (Gitterstellungen 210 bis 160);
- c) die Meßebenen befinden sich in Strömungsrichtung gesehen hinter den Gitter-AH (Gitterstellungen 150 bis 0).

Die jeweilige Zuordnung Gitterstellung/Meßebeue muß bei Betrachtung der einzelnen Meßwert-Diagramme genau beachtet werden, dies geht aus Abb. 9 hervor. Der in Abb. 13 auf der Abszisse aufgetragene Abstand der Meßebeue vom Gitter-AH darf also nicht mit der beheizten Länge  $L$  verwechselt werden.

## 5.2 Azimutale Temperaturprofile bei voll beheiztem Bündel für verschiedene Gitterstellungen

Zunächst soll eine generelle Bemerkung zu den angegebenen mittleren  $Re$ - und  $Pe$ -Zahlen in den Abbildungen gemacht werden. Alle Angaben dieser Größen sind jeweils Mittelwerte bezogen auf den Gesamtquerschnitt des Bündels für die beheizte Länge von  $L/D_H = 97.2$ ; in den Abbn. 192-221 gelten die angegebenen Mittelwerte für die jeweils betrachteten beheizten Längen  $L/D_H$ . Da bei all diesen Versuchen keine Geschwindigkeitsmessungen in den Unterkanälen durchgeführt wurden, konnten somit aus den Versuchsdaten keine kanalspezifischen  $Re$ - bzw.  $Pe$ -Zahlen direkt ermittelt werden.

Aus den Messungen von TRIPPE /1/ geht eindeutig hervor, daß zwischen Eckkanal und Zentralkanal, mit der dafür benutzten Definition, sich die  $Re$ - und damit die  $Pe$ -Zahlen um Faktoren unterscheiden. Rechnungen ergeben speziell für Versuch V 4198 dieser Arbeit einen Faktor 3. Diese Erkenntnis ist gerade dann von Bedeutung, wenn lokale Betrachtungen unter Verwendung dieser dimensionslosen Kennzahlen ( $Re$  und  $Pe$ ) angestellt werden.

Als Symbole für die Meßpunkte wurden durchgehend verwendet: Vierecke für ME4, Dreiecke für ME3, Rhomben für ME2 und Kreise für ME1. Die Meßpunkte wurden durch schrittweise Stabdrehung um jeweils 15 Winkelgrade bei den in den Abbn. angegebenen Betriebsbedingungen gewonnen. Die angegebene Stableistung bezieht sich immer auf den betrachteten Einzelstab.

5.2.1 Azimutale Temperaturprofile bei verschiedenen Gitter-  
stellungen für Betriebsbedingungen in den Bereichen:  
 $356 \leq \bar{P}_e \leq 363$ ,  $80.4 \leq q \leq 91.7 \text{ W/cm}^2$

5.2.1.1 Wandstab 12:

$$356 \leq \bar{P}_e \leq 363, \quad 80.4 \leq q \leq 83.7 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abbn. 14-33}$$

In den Abbn. 14 bis 33 sind die Temperaturprofile am Umfang des Wandstabes jeweils für die 4 Meßebenen ( $L/D_H = 17.2, 43.8, 70.5, 97.2$ ) bei 10 verschiedenen Gitterstellungen dargestellt. Abb. 14 zeigt die Meßpunkte des Versuchs V4198 von den 4 Thermoelementen auf der Linie APL-A für die Gitterstellung 240. Dabei liegen die 4 Meßebenen in Bezug auf die folgenden Gitter-Abstandshalter (Gittermitte)  $2.3 D_H$  stromaufwärts bzw.  $24.5 D_H$  stromabwärts in Bezug auf die zurückliegenden Gitter-AH. Ausgehend vom engsten Spalt an der Wand ( $\varnothing=0$ ) ändern sich die Hüllwandtemperaturen in den 4 Meßebenen am Stabumfang bis  $\varnothing=30^\circ$  wenig, steigen dann mit zunehmender beheizter Länge verstärkt an und erreichen bei  $\varnothing=180^\circ$  in Richtung Bündelmitte das Maximum. Im Bereich  $180^\circ \leq \varnothing \leq 360^\circ$  ist der Kurvenverlauf im wesentlichen symmetrisch zu dem Bereich  $0^\circ \leq \varnothing \leq 180^\circ$ . Abb. 15 zeigt die entsprechenden Temperaturprofile aus dem gleichen Versuch von den 4 diametral gegenüberliegenden Thermoelementen auf der Linie APL-B. Die Meßpunkte sind in Bezug auf den Ort ihrer Aufzeichnung zum besseren Vergleich um  $180$  Winkelgrade versetzt aufgetragen. Die Symmetrie der Temperaturprofile von der Meßebene ME2 stromabwärts ist noch ausgeprägter als in Abb. 14. Die Temperaturprofile in ME3 und ME4 der Abbn. 14 und 15 sind in diesem Fall sehr ähnlich. Die Abbn. 16 und 17 zeigen die T-Profile in den 4 Meßebenen stromaufwärts direkt vor dem Gitter-AH. Der örtliche Gittereinfluß wirkt sich im Bereich der Winkelposition  $\varnothing=270^\circ$  durch Temperaturerhöhung aus. An dieser Winkelposition befindet sich ein Gitterstützpunkt.

Der Einfluß der Gitterstege mit den Abstützpunkten des Gitter-AH auf die Temperaturverteilung wird in den Abbn. 18 bis 25 (Gitterstellungen 200, 180, 170, 160) deutlich. In Gittermitte (Gitterstellung 180, Abbn. 20 und 21) treten in allen 4 Meßebenen und an fast allen Stützpunkten zusätzliche örtliche Temperaturer-

höhungen auf entsprechend den Winkelpositionen der Stützpunkte  $\vartheta = 30^\circ$ ,  $150^\circ$  und  $270^\circ$ . Diese örtlichen Temperaturerhöhungen sind in den 4 Meßebenen im Mittel mit rund 7 K gleich groß, sie wirken sich also in der Meßebene ME1 in Bezug auf die Temperaturvariation am Stabumfang sehr viel stärker aus als in ME4. Die örtlichen azimuthalen Temperaturgradienten steigen entsprechend stark an. Bei der Gitterstellung 150 (Meßebenen stromabwärts kurz hinter den Gitteroberkanten, Abb. 26, 27) ist der Einfluß der stabnahen Gitterstege noch vereinzelt sichtbar. Bei den Gitterstellungen 140 (Abb. 28, 29), 120 (Abb. 30, 31) und 50 (Abb. 32, 33) befinden sich die 4 Meßebenen im Nachlaufbereich der Gitter-AH in Entfernungen von 0.5, 1.3 und 4.0  $D_H$  stromabwärts von der Gitteroberkante. Die Temperaturprofile bilden sich allmählich durch Vergleichmäßigung der Geschwindigkeitsprofile /1/ in den Unterkanälen wieder aus. Sie weisen bei 4.0  $D_H$  stromabwärts von der Gitteroberkante aber noch nicht den relativ gleichmäßigen und symmetrischen Verlauf auf wie diejenigen bei der Gitterstellung 240 (Abb. 14, 15) entsprechend einem Meßebenenabstand von  $\approx 25 D_H$  stromabwärts der Gitter-AH.

#### 5.2.1.2 Eckstab 11:

$$356 \leq \overline{Pe} \leq 363, \quad 88.2 \leq q \leq 91.7 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abb. 34-53}$$

In den Abb. 34 bis 53 sind die Temperaturprofile am Umfang des Eckstabes jeweils für die 4 Meßebenen bei ebenfalls 10 verschiedenen Gitterstellungen dargestellt. Weitere Einzelheiten zum besseren Verständnis der Darstellung sind in 5.2.1.1 beschrieben, auf eine Wiederholung wird in den folgenden Unterabschnitten verzichtet.

Abb. 34 zeigt die Meßpunkte des Versuchs V4198 (die Meßpunkte des Wandstabes für den gleichen Versuch enthält Abb. 14) von den 4 Thermoelementen auf der achsparallelen Linie APL-A für die Gitterstellung 240. Die Meßpunkte auf entsprechenden Meßpositionen der Thermoelemente auf APL-B zeigt Abb. 35; hier fehlt das Temperaturprofil in ME1 wegen Ausfall der dort befindlichen Meßstelle.

Die sich entsprechenden Temperaturprofile der beiden Abb. sind weitgehend ähnlich. Überraschend ist die deutliche Asymmetrie der Profile in den Meßebenen ME2, ME3 und ME4 in Bezug auf die Verbindungslinie Bündelmitte/Eckstabmitte. Ausgehend von  $\varnothing=0$  steigt die Hüllwandtemperatur für ME2 und ME3 zunächst im Eckkanal leicht an auf ein Maximum bei  $\varnothing=30^\circ$ , fällt dann im Wandkanal bei  $\varnothing=75^\circ$  auf ein Minimum ab, erreicht im Bereich der engsten Stelle zum Stab 3 in Richtung Bündelmitte ein zweites Maximum gleicher Höhe, fällt dann auf ein zweites, wesentlich ausgeprägteres Minimum im gegenüberliegenden Wandkanal bei  $\varnothing=285^\circ$  und steigt zum Eckkanal hin relativ steil an. In Meßebene ME4 ist bei  $\varnothing=75^\circ$  überhaupt keine Temperatursenke mehr vorhanden, nur ein geringerer Anstieg des azimuthalen Temperaturgradienten in Bezug auf die Umgebung ( $\varnothing \leq 45^\circ$ ,  $\varnothing \geq 90^\circ$ ) weist noch auf eine stärkere Kühlung hin. Stromaufwärts direkt vor dem Gitter-AH werden auch hier schon Änderungen des Temperaturverlaufes sichtbar (ME2, 3 und 4 in Abb. 36). Diese lokalen Temperaturerhöhungen im Bereich der Gitterstege ( $\varnothing = 60^\circ, 180^\circ, 300^\circ$ ) sind ausgeprägt innerhalb des Gitter-AH (ME3, und ME4 in Abb. 38 und ME4 in Abb. 39). Es fällt jedoch auf, daß die Profile in ME2 und ME3 aus Abb. 39 keine ausgeprägten örtlichen Temperaturerhöhungen im Bereich der Gitterstützpunkte aufweisen. Vermutlich verbleiben bei der Stabdrehung in diesen Ebenen zwischen der Staboberfläche im Bereich der Linie APL-B und den Gitterstegen etwas größere Natriumspalte aufgrund größerer Toleranzen. Direkt an den Abstützstellen in Gittermitte (Abbn. 40, 41) sind die örtlichen Temperaturerhöhungen durch verminderte Wärmeabfuhr am größten. Die maximalen Temperaturdifferenzen am Stabumfang in ME4 vergrößern sich in Gittermitte im Vergleich zur Meßposition von  $1 D_H$  außerhalb des Gitter-AH um rund 70 % auf etwa 30 K. Die maximalen azimuthalen Temperaturgradienten in diesem Bereich betragen etwa 5 K/mm. Im Abstand von nur  $1 D_H$  stromabwärts von der Gitteroberkante nehmen die Temperaturprofile (Abbn. 50 bis 53) bereits wieder die ähnlich asymmetrische Form derjenigen bei  $1 D_H$  stromaufwärts von der Gitterunterkante (Abbn. 34, 35) an.

Vergleicht man bei dem Eckstab einmal die axialen Temperaturdifferenzen jeweils zwischen den Meßebenen an verschiedenen Um-

fangspositionen, so stellt man bei allen Messungen (Abbn. 34 bis 53) fest:

- Im Bereich des engsten Spaltes zum Stab 3 ( $\varnothing = 180^\circ$ ) sowie in den benachbarten Zentralkanälen sind diese axialen Temperaturdifferenzen (sie sind ein Maß für die entsprechenden Aufheizspannen in den Unterkanälen) mit maximalen Abweichungen von etwa 20 % recht gleichmäßig.
- Im Bereich des Eckkanals dagegen sind die Unterschiede der axialen Temperaturdifferenzen zwischen den verschiedenen Versuchen sehr groß, in einzelnen Fällen erreichen sie 100 %.

Die Hauptursachen hierfür dürften Geometrieänderungen in den Unterkanälen sein, die sich im Eckkanal besonders stark auf die Strömungs- und Kühlverhältnisse auswirken.

#### 5.2.1.3 Zentralstab 3:

$$356 \leq \bar{P}e \leq 363, \quad 86.2 \leq q \leq 88.5 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abbn. 54-67}$$

In den Abbn. 54 bis 67 sind die Temperaturprofile am Umfang des Zentralstabes 3 bei sieben verschiedenen Gitterstellungen aufgetragen. Durch Ausfall einiger TE-Meßstellen in der Hülle dieses Stabes konnten in ME2 und teilweise in ME1, 3 und 4 keine Messungen erfolgen. Die wesentlichen Informationen können aber aus den vorhandenen Meßwerten gewonnen werden. In einem Abstand von  $1 D_H$  stromabwärts von der Gitteroberkante (Abbn. 64, 65) sind die Temperaturvariationen am Stabumfang relativ gering, die maximalen Temperaturdifferenzen in ME4 erreichen mit rund 7 K nur 35 und 40 % der Werte vom Wand- bzw. Eckstab. Ausgeprägtere Temperatur-Maxima treten an den Positionen  $\varnothing = 120^\circ$ ,  $240^\circ$  und  $360^\circ$  auf, d.h. im Bereich der engsten Spalte zu den Nachbarstäben 11, 4 und 2. Möglicherweise sind Lage und Form der Abstandshalterstege an diesen Winkelpositionen eine Erklärung. Es fällt jedenfalls auf, daß an den anderen Spalten von Stab 3 ( $\varnothing = 60^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $300^\circ$ ) keine deutlich erkennbaren Temperatur-Maxima auftreten. In Gittermitte (Abbn. 54, 55) zeigen die Temperaturprofile in ME1, 3 und 4 (die Verhältnisse in ME2 dürften ähnlich sein) an den Gitterstützpunkten starke örtliche Temperaturerhöhungen, die maximalen Temperaturdifferenzen betragen etwa 12 K. In den ver-

schiedenen Meßebeben sind keine nennenswerten Unterschiede dieser lokalen Temperaturerhöhungen zu erkennen, wie dies auch schon für Wand- und Eckstab beobachtet wurde.



5.2.2 Azimutale Temperaturprofile bei verschiedenen Gitterstellungen für Betriebsbedingungen in den Bereichen:  
 $350 \leq \overline{Pe} \leq 359, \quad 62.4 \leq q \leq 71.7 \text{ W/cm}^2$

5.2.2.1 Wandstab 12:  
 $350 \leq \overline{Pe} \leq 359, \quad 62.4 \leq q \leq 65.5 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abbn. 68-93}$

In den Abbn. 68 bis 93 sind die Temperaturprofile am Umfang des Wandstabes jeweils für die 4 Meßebenen bei 13 verschiedenen Gitterstellungen dargestellt. Im Vergleich zu der im Abschnitt 5.2.1.1 beschriebenen Versuchsreihe ist die mittlere Wärmestromdichte um rund 22 % kleiner, die Strömungsbedingungen sind nahezu unverändert. Das Gesamtbild der gemessenen Temperaturprofile ist ähnlich, jedoch sind die Temperaturvariationen und damit auch die maximalen azimutalen Temperaturdifferenzen entsprechend der verminderten Stabileistungen kleiner, die Abhängigkeit  $\Delta\theta=f(q)$  ist praktisch linear.

Auffallend ist die große Ähnlichkeit der T-Profile über einen axialen Bereich von rund  $4 D_H$  bis unmittelbar stromaufwärts vor der Gitterunterkante (Abbn. 68 bis 75), selbst direkt an der Gitterunterkante sind die Störungen der T-Profile gering (Abbn. 76 und 77).

Innerhalb des Gitter-AH (Abbn. 78 bis 85) wird der Einfluß der Gitterstege deutlich, allerdings nicht so ausgeprägt wie bei der höheren Wärmestromdichte (vgl. Abschnitt 5.2.1.1, Abbn. 18 bis 25). So weisen z.B. die in Gittermitte gemessenen T-Profile der Meßebenen ME4 (Abb. 82) und ME3 (Abb. 83) nur relativ geringe Verformungen gegenüber den T-Profilen der übrigen Meßebenen auf. Dies war bei der entsprechenden Versuchsreihe mit der um rund 28 % höheren Stabileistung (Abbn. 20 und 21) nicht zu beobachten, dort war die Störung durch die Gitter-AH in allen Meßebenen groß und ähnlich ausgeprägt.

Andererseits weisen in der Gittermitte die T-Profile in ME1 (Abbn. 82 und 83) eine im Vergleich zur größeren Stabileistung (Abbn. 20 und 21, ME1) relativ große azimutale Temperaturvariation auf.

Diese speziellen Tatbestände sind ein Hinweis dafür, daß im Bereich der Gitter-AH mit den extrem komplizierten Strömungs- und Kühlbedingungen u.a. eine ausreichende Zahl verschiedener Wärmestromdichten (mindestens 4 Punkte) im Experiment realisiert werden muß, um die richtigen Aussagen bei der Extrapolation auf höhere Reaktor-Wärmestromdichten zu erhalten.

Im unmittelbaren Nachlaufbereich der Gitter-AH ist der örtliche Gittereinfluß auf die T-Profile noch vereinzelt sichtbar, z.B. ME3 in Abb. 87. Weiter stromabwärts (Abbn. 88 bis 93) gleichen sich die T-Profile dann allmählich wieder denen in größerer Entfernung stromabwärts von den Gitter-AH an.

#### 5.2.2.2 Eckstab 11:

$$350 \leq \overline{Pe} \leq 359, \quad 68.4 \leq q \leq 71.7 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abbn. 94-119}$$

Wie schon im Abschnitt 5.2.1.2 kann man auch hier wieder die auffällige Asymmetrie der Temperaturprofile am Umfang des Eckstabes beobachten (Abbn. 94 bis 119). In allen Fällen befindet sich das stark ausgeprägte Temperaturminimum im Bereich der Winkelposition  $\varnothing \approx 285^\circ$ . Die axialen Temperaturdifferenzen zwischen den äquidistanten Meßebenen sind auch hier wieder im Bereich von  $\varnothing \approx 180^\circ$  relativ gleichmäßig, im Bereich des Eckkanals ( $\varnothing \approx 0^\circ$ ) dagegen sehr unterschiedlich.

Innerhalb der Gitter-AH sind die lokalen Temperaturerhöhungen der T-Profile in der Regel deutlich sichtbar (Abbn. 104 bis 111), jedoch nicht so ausgeprägt wie bei der Meßreihe mit größerer Stableistung (vergleiche Abbn. 38 bis 45).

#### 5.2.2.3 Zentralstab 3:

$$350 \leq \overline{Pe} \leq 359, \quad 66.9 \leq q \leq 70.1 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abbn. 120-139}$$

Die azimuthalen Temperaturvariationen außerhalb der Gitter-AH sind klein, sie betragen für die vorliegenden Betriebsbedingungen maximal 4 K (Abbn. 120 bis 129 sowie 138 und 139). Soweit es aus der geringeren Zahl von gemessenen T-Profilen zu erkennen ist, steigen die azimuthalen Temperaturvariationen mit zunehmender

beheizter Länge in Bezug auf die T-Variationen in ME4 wesentlich schneller an, als bei Wand und Eckstab. Das bedeutet, daß die thermische Einlauflänge in der Umgebung des Zentralstabes 3 wesentlich kleiner ist, vermutlich liegt sie innerhalb des Gitterabstandes entsprechend  $27 D_H$ . Innerhalb der Gitter-AH zeigen die T-Profile an den Gitterstützpunkten starke Temperaturerhöhungen (Abbn. 130 bis 137). Die maximalen Temperaturdifferenzen sind hier in den verschiedenen Meßebenen unabhängig von der beheizten Länge mit ca. 8 K etwa gleich groß. Ein Vergleich mit einer entsprechenden Meßreihe höherer Leistung ( $q \approx 87 \text{ W/cm}^2$ , Abbn. 54 bis 59) zeigt, daß der Zusammenhang zwischen Wärmestromdichte und örtlicher Temperaturerhöhung in den Gitter-AH in erster Näherung linear ist, bei  $q = 87 \text{ W/cm}^2$  und sonst gleichen Bedingungen wurden im Mittel maximale Temperaturdifferenzen von 12 K gemessen. Eine lineare Extrapolation von der niedrigeren Leistung würde 10 K ergeben.

5.2.3 Azimutale Temperaturprofile bei verschiedenen Gitterstellungen für Betriebsbedingungen in den Bereichen:  
 $350 \leq \overline{Pe} \leq 352, \quad 43.9 \leq q \leq 49.6 \text{ W/cm}^2$

5.2.3.1 Wandstab 12:  
 $350 \leq \overline{Pe} \leq 352, \quad 43.9 \leq q \leq 45.2 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abbn. 140-153}$

Im Vergleich zu der im Abschnitt 5.2.1.1 beschriebenen Versuchsreihe sind die mittleren Wärmestromdichten hier etwa halb so groß. Die gemessenen Temperaturvariationen bei den verschiedenen axialen Gitterpositionen sind im Mittel ebenfalls halb so groß (Abbn. 140 bis 153). Es besteht also in 1. Näherung ein linearer Zusammenhang zwischen Wärmestromdichte und Temperaturvariation am Umfang des Wandstabes.

Die durch die Gitterstege verursachten örtlichen Temperaturerhöhungen innerhalb des Gitter-AH (Abbn. 144 bis 149) sind unterschiedlich stark ausgeprägt, wie dies schon bei der Versuchsreihe mit größerer Stableistung (Abschnitte 5.2.1 und 5.2.2) beobachtet werden konnte.

Beim Vergleich der T-Profile aus der Thermoelementgruppe auf der APL-A mit der auf der APL-B (vergl. Abb. 8) fällt auf, daß regelmäßig die Temperaturprofile in Meßebene ME3 bei den APL-A-Messungen um etwa 2 K höher liegen als bei den APL-B-Messungen. Die Erklärung hierfür könnte eine geringe Abweichung der radialen Position der entsprechenden Thermoelement-Meßspitze (größere Tiefenlage unter der Staboberfläche) von derjenigen der übrigen Thermoelemente sein. Auch bei den Versuchsreihen mit größerer Stableistung treten beim Wandstab in ME3 bei den APL-A-Messungen entsprechende Abweichungen vom Normalfall auf.

#### 5.2.3.2 Eckstab 11:

$$350 \leq \overline{Pe} \leq 352, \quad 48.2 \leq q \leq 49.6 \text{ W/cm}^2, \quad \text{Abbn. 154-167}$$

Wie schon bei den höheren Stableistungen (vergleiche Abbn. 34-53 und Abbn. 94-119) kann man auch hier wieder die auffällige Asymmetrie der T-Profile in Bezug auf die Verbindungslinie Bündelmitte/Eckstabmitte beobachten (Abbn. 154-167). Das stark ausgeprägte Temperaturminimum befindet sich wie zuvor im Bereich der Winkelposition  $\varnothing \approx 285^\circ$ . Die axialen Temperaturdifferenzen zwischen den äquidistanten Meßebenen sind wiederum im Bereich von  $\varnothing \approx 180^\circ$  relativ gleichmäßig, im Bereich des Eckkanals ( $\varnothing \approx 0^\circ$ ) dagegen sehr unterschiedlich.

Innerhalb der Gitter-AH sind die lokalen Temperaturerhöhungen der T-Profile im Bereich der Gitterstützpunkte zwar noch sichtbar, jedoch wegen der geringeren Stableistung nicht mehr ausgeprägt. Bei noch kleineren Stableistungen im Experiment wären derartige lokale Temperaturerhöhungen so wenig ausgeprägt, daß Rückschlüsse auf Reaktorverhältnisse nur noch sehr schwer möglich und mit größeren Fehlern behaftet wären.

Im Vergleich zu der im Abschnitt 5.2.1.2 beschriebenen Versuchsreihe (Abbn. 34-53) sind die mittleren Wärmestromdichten reichlich halb so groß (55 %) bei etwa gleichen Strömungsbedingungen (Abweichung der Pe-Zahlen beträgt 3 %). Die gemessenen Temperaturvariationen bei den verschiedenen axialen Gitterpositionen sind im Mittel halb so groß (Abbn. 154-167).

Es besteht also wie beim Wandstab in 1. Näherung ein linearer Zusammenhang zwischen Wärmestromdichte und Temperaturvariation am Umfang des Eckstabes.

Für den Zentralstab 3 wurden bei dieser geringeren Wärmestromdichte ( $q \approx 49 \text{ W/cm}^2$ ) keine azimutalen T-Profile gemessen, weil die Temperaturvariationen am Umfang mit etwa 3 K relativ klein sind. Der starke Einfluß von nur geringen Geometrieabweichungen der realen Bündelgeometrie von der nominellen Bündelgeometrie (vgl. Kap. 6) auf die T-Profile ist von gleicher Größenordnung. Eine sinnvolle Analyse von relativ kleinen azimutalen Temperaturvariationen wäre deshalb nicht möglich gewesen.

#### 5.2.4 Azimutale Temperaturprofile für verschiedene Strömungsbedingungen bei unveränderter Gitterstellung und Stableistung: $G = 315$ , $64.8 \leq q \leq 71.1 \text{ W/cm}^2$

Bei der Auswertung der Versuchsserien 1 und 2 /13/ war deutlich geworden, daß bei  $\overline{Pe} \leq 200$  die Naturkonvektion zur Wirkung kommt und damit der Bereich der Mischkonvektion erreicht ist.

In diesen Versuchsreihen (Versuchsserie 3) sollte deshalb der Gittereinfluß in den Meßebenen möglichst klein gehalten werden, um dort eine möglichst ungestörte Strömung zu erzielen. Mit der Gitterstellung  $G = 315$  wurde der größtmögliche Abstand der Meßebenen stromabwärts von den Gitter-AH mit  $20 D_H$  realisiert.

##### 5.2.4.1 Wandstab 12:

$q = 64.8 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 235$ ,  $G = 315$ , Abbn. 168, 169

##### Eckstab 11:

$q = 71.1 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 235$ ,  $G = 315$ , Abbn. 170, 171

##### Zentralstab 3:

$q = 69.5 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 235$ ,  $G = 315$ , Abbn. 172, 173

Bei dem um 33 % geringeren Massendurchsatz ( $\overline{Pe} = 235$  gegenüber 353) ergeben sich an den vermessenen Stäben entsprechend höhere azimutale Temperaturvariationen. Maximale azimutale Temperaturdifferenzen und Massenstrom sind also im

Bereich  $235 \leq \overline{Pe} \leq 353$  umgekehrt proportional zueinander. Der Strömungszustand bei  $\overline{Pe} = 235$  ist unverändert turbulent.

5.2.4.2 Wandstab 12:

$$q = 64.5 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 159, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 174, 175}$$

Eckstab 11:

$$q = 70.6 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 159, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 176, 177}$$

Zentralstab 3:

$$q = 69.2 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 159, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 178, 179}$$

Eine weitere Massenstromabsenkung um etwa 33 % ( $\overline{Pe} = 159$  gegenüber 235) führt bei den untersuchten Stäben zu einer weiteren Vergrößerung der azimuthalen Temperaturdifferenz; die Form der Profile beim Eckstab 11 und insbesondere beim Zentralstab 3 ist jedoch deutlich verändert. Die bisher beim Stab 3 auf den Umfang verteilten, relativ geringen Temperaturvariationen sind verschwunden. Stattdessen beobachtet man ein ausgesprochenes Temperaturmaximum bei  $\varnothing = 180^\circ$  zur Bündelmitte hin (Abb. 179). Ähnlich sind auch beim Eckstab zur Bündelmitte hin ( $\varnothing = 180^\circ$ ) die dortigen Temperaturmaxima in den Meßebenen ME3 und ME4 stärker ausgeprägt. Diese örtlichen Verschiebungen der Kühlbedingungen deuten auf eine Veränderung des Strömungszustandes hin.

5.2.4.3 Wandstab 12:

$$q = 64.7 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 130, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 180, 181}$$

Eckstab 11:

$$q = 70.8 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 130, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 182, 183}$$

Zentralstab 3:

$$q = 69.3 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 130, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 184, 185}$$

Bei einer weiteren Absenkung des Massenstromes um 45 % ( $\overline{Pe} = 130$  gegenüber 235) steigen die azimuthalen Temperaturdifferenzen immer noch an, jedoch in sehr unterschiedlicher Weise bei den betrachteten Stäben und in den verschiedenen axialen Positionen.

Im einzelnen ergibt sich folgendes Bild: Beim Wandstab stellt sich bereits in Meßebene ME1 ein ausgeprägtes T-Profil mit einem deutlichen Maximum zur Bündelmitte hin ( $\varnothing \approx 180^\circ$ ) ein. Für den Eckstab gilt das gleiche. Mit zunehmender beheizter Länge verändern sich die T-Profile hauptsächlich in ihrer Form. Die maximalen azimuthalen Temperaturdifferenzen wachsen nur noch geringfügig. Auffällig ist weiter, daß die am Eckstab bei größeren Péclet-Zahlen beobachteten Unterschiede der axialen Temperaturdifferenz zwischen den äquidistanten Meßebenen nicht mehr vorhanden sind. Für diesen Betriebszustand liegt also ganz eindeutig eine Mischkonvektion vor, das heißt, der turbulenten Strömung ist Naturkonvektionsströmung überlagert. Dies führt zu verstärktem Temperatúrausgleich im gesamten Bündel. Die azimuthalen Temperaturvariationen des Zentralstabes 3 entsprechen in ihrer Größe jetzt etwa denen des Wand- und Eckstabes. Bei vollturbulenter Strömung (vgl. Abschnitt 5.2.1.3) lagen sie nur bei 35 bzw. 40 %.

5.2.5 Azimuthale Temperaturprofile bei unveränderter Gitterstellung  $G = 315$  und den Betriebsbedingungen:  
 $\overline{Pe} = 94, 45.3 \leq q \leq 49.6 \text{ W/cm}^2$

Für diese Meßreihen wurde der Massenstrom nochmals um 28 % reduziert, aus versuchstechnischen Gründen mußten die Stableistungen aber ebenfalls herabgesetzt werden.

5.2.5.1 Wandstab 12:  
 $q = 45.3 \text{ W/cm}^2, \overline{Pe} = 94, G = 315, \text{ Abbn. } 186, 187$

Eckstab 11:  
 $q = 49.6 \text{ W/cm}^2, \overline{Pe} = 94, G = 315, \text{ Abbn. } 188, 189$

Zentralstab 3:  
 $q = 48.6 \text{ W/cm}^2, \overline{Pe} = 94, G = 315, \text{ Abbn. } 190, 191$

Die gemessenen Temperaturprofile unterscheiden sich im Vergleich zu den in Abschnitt 5.2.4.3 beschriebenen nur unwesentlich. Die Aufheizspannen sind in beiden Fällen etwa gleich groß und damit auch die als Antriebskräfte für die überlagerte Natur-

konvektion notwendigen axialen Temperaturdifferenzen.

5.3 Maximale Temperaturdifferenzen am Umfang von Wand-, Eck- und Zentralstab für die untersuchten axialen Gitterstellungen:  $\overline{Pe} \approx 350$ , Abbn. 192-221

Von sämtlichen in Kapitel 5.1 dargestellten azimuthalen Temperaturprofilen wurden die maximalen azimuthalen Temperaturdifferenzen in dimensionsloser Form  $\Delta T_{\phi} = \Delta \theta_{\max} \cdot \lambda / (q \cdot R)$  in den Abb. 192-221 (vergl. Schema Abb. 13) für die verschiedenen Gitterstellungen dargestellt. Jede dieser Abbildungen beschreibt die Meßergebnisse eines Stabes in einer der 4 Meßebenen. Die Quadrat-Symbole beziehen sich jeweils auf die Thermoelemente, deren Meßspitze auf der achsparallelen Linie APL-A positioniert ist; die Dreieck-Symbole gelten für die auf der gegenüberliegenden Linie APL-B befindlichen Thermoelemente (vergl. dazu Abb. 8). Gitterstellung und Strömungsrichtung sind in den Abbildungen eingezeichnet.

Diese Abbildungen sind wie folgt zu lesen:

Durch die Verschiebung der Gitter-AH über die Meßebenen hinweg lagen diese Meßebenen einmal vor dem Gitter, einmal im Gitter und einmal hinter dem Gitter. Alle links vom Gitter-AH gezeichneten Punkte sind Meßwerte maximaler Temperaturdifferenzen am Stabumfang, als das Gitter in Strömungsrichtung hinter der jeweils bezeichneten Meßebene stand. Durch die Gitterverschiebung in Richtung der Meßebenen, d.h. entgegen der Strömungsrichtung, kamen diese dann innerhalb der Gitter-AH zu liegen. Dies wird durch die Punkte verdeutlicht, die innerhalb des gezeichneten Gitter-AH liegen. Durch weiteres Verschieben der Gitter-AH gegen die Strömungsrichtung über die Meßebenen hinweg kamen diese dann hinter die Gitter-AH zu liegen. Die Meßpunkte rechts vom gezeichneten Gitter-AH sind somit Meßwerte maximaler Temperaturdifferenzen am Stabumfang, als das Gitter in Bezug auf die Strömungsrichtung vor der jeweils bezeichneten Meßebene stand.

Ein typisches Bild zeigt Abb. 192. Für ME1 ( $L/D_H = 17.2$ ) des Wandstabes 12 zeigen die Kurven der beiden sich gegenüberliegenden Thermoelemente TE 27 und TE 28, wie sich die maximalen



Temperaturdifferenzen am Stabumfang in Bezug auf den Gitter-AH ändern, wenn dieser über die Meßebene ME1 zur Messung der Umfangsprofile verschoben wird. Die mit "Länge" bezeichnete Abszisse gibt den jeweiligen axialen Abstand der Meßebene vom AH-Gitter an, d.h. sie steht nur für den Verschiebeweg des Gitter-AH in seinen verschiedenen Gitterstellungen (vgl. Abbn. 9 und 13). Diese Werte der aus den mit TE 27 und TE 28 gemessenen maximalen Temperaturdifferenzen, liegen in einer Bandbreite von etwa  $\pm 27\%$  ( $0.08 \leq \Delta T \leq 0.14$ ). Liegt die Meßebene ME1 innerhalb des Gitter-AH, dann ergeben sich maximale azimutale Temperaturdifferenzen, die mit einem maximalen  $\Delta T_{\phi} = 0.30$  im Vergleich zum Mittelwert stromaufwärts um 270 % größer sind. Für 3 Gitterstellungen stromaufwärts von ME1 erhält man Werte, die denen bei stromabwärts von ME1 liegenden Gitterstellungen ähnlich sind. Die Meßergebnisse der Thermoelemente TE 27 und TE 28 sind stromabwärts vom Gitter-AH fast gleich.

Dieses typische Bild wird nicht in allen untersuchten Fällen gefunden, sondern es zeigen sich zum Teil deutliche Abweichungen. So sind z.B. beim Eckstab die Erhöhungen der  $\Delta T_{\phi}$ -Werte im Gitterbereich relativ kleiner als beim Wand- und Zentralstab. Außerdem erfolgt der Temperatúrausgleich im Nachlaufbereich beim Eckstab langsamer.

Weiterhin ergeben sich abweichend vom typischen Bild für den Wandstab in ME3 (Abbn. 206-211) keine Erhöhungen der  $\Delta T_{\phi}$ -Werte innerhalb des Gitter-AH bei den mit den Thermoelementen TE 38 und TE 40 gewonnenen Meßwerten. Der Grund hierfür dürfte eine einseitige Anlage des Stabes 12 an den Stützpunkten während seiner Drehung sein, die wegen Fertigungstoleranzen dazu führt, daß zwischen TE 40 und den Stützpunkten immer ein kleiner Natriumspalt vorhanden ist. Diesen Fall kann man noch einmal in Meßebene 4 (Abb. 214) beobachten, allerdings jetzt für das auf der gegenüberliegenden Seite liegende Thermoelement TE 45.

Zur besseren Übersicht wurden aus den Abbn. 192-221 Werte für  $\Delta T_{\phi}$  entnommen und in Abhängigkeit von der beheizten Länge dargestellt, zunächst außerhalb der Gitter-AH, und dann innerhalb

der Gitter-AH (Abschnitte 5.3.1 und 5.3.2).

5.3.1 Maximale azimutale Temperaturdifferenzen außerhalb der Gitter-Abstandshalter als Funktion der beheizten Länge (Abbn. 222, 223)

Für eine beheizte Länge von rund  $100 D_H$  sind die Temperaturfelder in den Hüllen der charakteristischen Stäbe des untersuchten 19-Stabbündels dreidimensional darstellbar. Die maximalen azimutalen Temperaturdifferenzen am Stabumfang  $\Delta\theta_{\max}$  sind für die Festigkeitsanalyse der Hüllrohre von besonderer Bedeutung, deshalb sollen diese Größen in dimensionsloser Form

$$\Delta T_{\phi} = f(L/D_H), \text{ mit } \Delta T_{\phi} = \Delta T_{\max} \cdot \lambda / (q \cdot R)$$

dargestellt werden.

Für den Strömungszustand  $\overline{Pe} \approx 360$  und verschiedene Wärmestromdichten ( $45 \leq q \leq 90 \text{ W/cm}^2$ ) sind die  $\Delta T_{\phi}$ -Werte des Wandstabes in den 4 Meßebenen in Abb. 222 dargestellt. Es wurden nur Meßwerte aufgetragen, bei denen die Positionen der 4 Meßebenen stromabwärts einen möglichst großen Abstand von den Gitter-Abstandshaltern hatten (Gitterstellungen 240 bis 315).

Für den Wandstab 12 ergibt sich in Bezug auf den Mittelwert eine Streubreite der Meßpunkte von etwa  $\pm 18 \%$  (ME4) bis  $\pm 33 \%$  (ME1). Die Mittelwertkurve (durchgezogene Linie) steigt mit zunehmender beheizter Länge in erster Näherung linear an. Eine zuverlässige Extrapolation in dem Bereich  $L/D_H > 100$  ist nicht möglich, eine lineare Extrapolation der Mittelkurve würde jedoch die möglichen Mittelwerte von  $\Delta T_{\phi}$  für  $L/D_H > 100$  einschließen. Einige Meßwerte in ME3 liegen im Vergleich zu allen anderen Werten relativ hoch. Zum Vergleich sind die Meßwerte einer Versuchsreihe aus der Versuchsserie 1/2/ mit eingetragen (schraffierte Felder). Diese Werte liegen mit Ausnahme der Meßebene ME4 innerhalb der Streubandbreite von den Meßwerten der Versuchsserie 3 (dieser Bericht).

Für den Eckstab 11 sind die  $\Delta T_{\phi}$ -Werte als Funktion der beheizten Länge in Abb. 223 aufgetragen. In Bezug auf die Mittelwertkurve streuen die Meßpunkte um etwa  $\pm 12\%$  (ME4) bis  $\pm 19\%$  (ME1). Die Mittelwertkurve steigt steiler an als die des Wandstabes, sie liegt in ME4 mit  $\Delta T_{\phi} = 0.42$  um rund 65% über dem Mittelwert des Wandstabes. Bei  $L/D_H = 100$  ist für den Eckstab die Andeutung für ein baldiges Ende des thermischen Einlaufs nicht zu erkennen im Unterschied zum Wandstab. Der Grund dafür dürfte der im Vergleich zu den übrigen Unterkanälen relativ kleine Eckkanal sein, der einen schnellen Temperatenausgleich behindert. Zum Vergleich sind auch hier die maximalen  $\Delta T_{\phi}$ -Werte der Versuchsserien 1 und 2 /2/ mit eingetragen (schraffierte Felder). Oberhalb der Meßebene ME3 liegen diese Werte bis zu 17% tiefer als die der Versuchsserie 3.

Einen völlig anderen Verlauf zeigen die gemessenen  $\Delta T_{\phi}$ -Werte für den Zentralstab 3 (Abb. 223). In der Meßebene ME1 werden mit einem Mittelwert  $\Delta T_{\phi} = 0.08$  die Werte des Wand- und Eckstabes erreicht. Mit zunehmender beheizter Länge  $L/D_H > 17$ ) bleibt dieser Mittelwert jedoch konstant, die Streubreite der Meßwerte in Bezug auf den Mittelwert beträgt rund  $\pm 50\%$ .

Für den Zentralstab aus der 2. Stabreihe von außen bedeutet das Ergebnis also, daß bei der vorliegenden Bündelgeometrie mit  $P/D = 1.30$  und  $W/R = 1.40$  der thermische Einlauf bereits nach einer beheizten Länge von rund  $17 D_H$  abgeschlossen ist.

5.3.2 Maximale azimutale Temperaturdifferenzen innerhalb der Gitter-Abstandshalter als Funktion der beheizten Länge (Abb. 224)

Für Wand-, Eck- und Zentralstab ergeben sich innerhalb der Gitter-AH erheblich größere azimutale  $\Delta T_{\phi}$ -Werte; diese sind für die 4 Meßebenen in Abb. 224 aufgetragen. Vergleicht man für die 4 Meßebenen die Mittelwerte von  $\Delta T_{\phi}$  innerhalb der Gitter-Abstandshalter jeweils mit den Werten außerhalb der Gitter-AH (Abb. 222 und 223), dann ergeben sich folgende prozentuale Erhöhungen:

	AH1	AH2	AH3	AH4
Wandstab 12	+ 180 %	+ 82 %	+ 48 %	+ 37 %
Eckstab 11	+ 56 %	+ 36 %	+ 27 %	+ 21 %
Zentralstab 3	+ 180 %	+ 180 %	+ 180 %	+ 180 %

Beim Wandstab nehmen die absoluten lokalen Erhöhungen der azimutalen Temperaturvariationen innerhalb der Gitter-AH mit zunehmender beheizter Länge stark ab. Während diese beim Eckstab deutlich geringer sind, ändern sie sich beim Zentralstab mit der beheizten Länge praktisch nicht. Entsprechend unterschiedlich fallen dann die prozentualen Erhöhungen aus; mit 180 % sind diese beim Zentralstab am größten. Diese Verhältnisse gelten für den verwendeten speziellen funkenrodierten Gitter-Abstandshalter. Die konstruktive Ausführung der Stütznoppen hat entscheidenden Einfluß auf die Temperaturverteilung der direkt benachbarten Hüllrohrbereiche. Weitere Versuchsergebnisse, insbesondere axiale Temperaturprofile im Bereich der Gitter-AH, sowie konstruktive Einzelheiten sind in / 3/ beschrieben.

5.4 Azimutale Temperaturprofile bei Beheizung von Einzelstäben, unveränderter Gitterstellung und verschiedenen Betriebsbedingungen:

$$80 \leq \overline{Pe} \leq 232, \quad 59.2 \leq q \leq 67.3 \text{ W/cm}^2, \quad G = 315$$

Zur Erzeugung extremer Schiefastfälle wurden Wand- und Eckstab jeweils einzeln beheizt und die azimutalen Temperaturprofile am Umfang der 3 drehbaren Stäbe gemessen. Dies erfolgte bei drei

verschiedenen Strömungszuständen, die jeweils durch die mittlere Pecletzahl der Bündelströmung gekennzeichnet sind. Die kanalspezifischen Pe-Zahlen sind davon deutlich verschieden.

5.4.1 Wandstab 12:

$$q = 59.9 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 232, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 225, 226}$$

Eckstab 11:

$$q = 0. \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 232, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 227, 228}$$

Zentralstab 3:

$$q = 0. \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 232, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 229, 230}$$

Nur der Wandstab 12 ist beheizt. Die mittlere Aufheizspanne in der direkten Umgebung des Wandstabes zwischen den Meßebenen ME1 und ME4 beträgt rund 40 % derjenigen bei voller Bündelbeheizung mit vergleichbarer Stabileistung (vergl. Abbn. 168, 169). Der Verlauf der T-Profile am Umfang des Wandstabes ist bei Einzelstabbeheizung völlig verschieden zu der bei voller Bündelbeheizung. Die Abbn. 225, 226 zeigen in der Meßebeine ME1 ein Temperaturminimum bei  $\phi = 180^\circ$  (bei Beheizung aller Stäbe liegt hier das Maximum, vgl. Kap. 5.1 und 5.2). Mit zunehmender beheizter Länge bildet sich bis ME4 ein deutliches Temperaturmaximum an der Kastwand bei  $\phi = 0^\circ$  aus (bei Beheizung aller Stäbe liegt hier ein deutliches Temperaturminimum). Die unbeheizten, drehbaren Nachbarstäbe (Eckstab 11 und Zentralstab 3) zeigen ausgeprägte Temperaturmaxima in den direkt an den beheizten Wandstab grenzenden Hüllrohrzonen (Abbn. 227-230). Die Maxima selbst liegen jeweils im engsten Spalt zwischen den Stäben, sie steigen mit zunehmender beheizter Länge in 1. Näherung linear an. Die Aufheizspannen, gemessen in den angrenzenden Hüllrohrabschnitten der unbeheizten Nachbarstäbe zwischen ME1 und ME4 betragen etwa 90 % (Eckstab 11) und etwa 70 % (Zentralstab 3) von der im angrenzenden Sektor des beheizten Wandstabes 12. Die in Bezug auf den beheizten Stab 12 abgeschatteten Bereiche der unbeheizten Stäbe 11 ( $240^\circ \leq \phi \leq 300^\circ$ ) und 3 ( $210^\circ \leq \phi \leq 270^\circ$ ) bleiben praktisch unbeeinflusst von der im Stab 12 entbundener Wärme. Die Temperaturen in diesen Bereichen fallen in ME1 mit der Eintrittstemperatur zusammen und steigen

mit etwa 1K bis ME4 nur unbedeutend an. Der Wärmeaustausch in den übernächsten Unterkanal über eine beheizte Länge von rund  $100 D_H$  ist also sehr klein und demzufolge auch der Impulsaustausch und die strömungsbedingte Quervermischung.

5.4.2 Wandstab 12:

$$q = 59.2 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 151, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 231, 232}$$

Eckstab 11:

$$q = 0. \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 151, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 233, 234}$$

Zentralstab 3:

$$q = 0. \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 151, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 235, 236}$$

Nur der Wandstab 12 ist beheizt. Der in diesen Meßreihen um 35 % verringerte Massenstrom ( $\overline{Pe} = 151$  gegenüber 232) führt zu entsprechend größeren Aufheizspannen beim beheizten Wandstab. Der Verlauf der T-Profile im Vergleich zu denen im Abschnitt 5.4.1 beschriebenen ist ähnlich, aber sehr viel ausgeprägter. Mit zunehmender beheizter Länge steigen die Temperaturen im Bereich der Kastenwand ( $\phi \approx 0^\circ$ ) wesentlich stärker an als dies auf der gegenüberliegenden Seite zur Bündelmitte hin ( $\phi \approx 180^\circ$ ) der Fall ist (Abbn. 231, 232). Die Beeinflussung der abgeschatteten Bereiche der nicht beheizten Nachbarstäbe ist immer noch gering. Beim Eckstab ergibt sich in dem Bereich  $\phi \approx 270^\circ$  von ME1 bis ME4 eine Temperaturerhöhung von etwa 2 K (Abbn. 233, 234). Auf den dem beheizten Wandstab zugewandten Seiten betragen die Aufheizspannen der unbeheizten Stäbe 11 und 3 rund 80 % der Aufheizspanne in den angrenzenden Hüllrohrabschnitten von Stab 12.

5.4.3 Wandstab 12:

$$q = 0. \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 148, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 237, 238}$$

Eckstab 11:

$$q = 65.6 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 148, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 239, 240}$$

Zentralstab 3:

$$q = 0. \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 148, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 241, 242}$$

Bei dieser Versuchsreihe war nur der Eckstab 11 beheizt, die Wärmestromdichte lag rund 10 % über derjenigen des einzelnen beheizten Wandstabes (Abschnitt 5.4.2), der Massenstrom war mit 2 % nur unwesentlich niedriger.

Für den unbeheizten Wandstab ergibt sich ein aufgrund der Versuchsreihen 5.4.1 und 5.4.2 zu erwartendes Bild. Die azimutalen T-Profile zeigen deutliche Temperaturmaxima im Bereich der dem beheizten Eckstab zugewandten Seite ( $\phi \approx 285^\circ$ , Abbn. 237, 238). Auf der abgeschatteten Seite liegen die Temperaturmaxima bei  $\phi \approx 120^\circ$ , für die Meßebene ME1 jedoch etwa 5 K über der Eintrittstemperatur. Beim unbeheizten Eckstab (Abbn. 233, 234) liegen die entsprechenden Werte nur etwa 2 K über der Eintrittstemperatur. Die Erklärung für diese Differenzen ist folgende: Sämtliche 8 in die Hülle des Wandstabes 12 eingebauten Elemente liegen auffällig etwa 2 - 3 K oberhalb des Summenmittelwertes von 85 isotherm vermessenen Thermoelementen. Die in die Hülle der drehbaren Stäbe 3 und 11 eingebauten TE weichen dagegen weniger als 1 K von diesem Mittelwert ab.

Beim Vergleich der Aufheizspannen in Abbn. 233 (Eckstab-Profile bei Wandstabebeheizung) und 237 (Wandstab-Profile bei Eckstabebeheizung) von Meßebene zu Meßebene zeigt sich, daß im Fall des beheizten Eckstabes Nr. 11 der Wandstab größere Temperaturvariationen aufweist als für den Fall, wenn der Wandstab beheizt ist und am kalten Eckstab die Temperaturen gemessen werden. Diese bis um den Faktor 2 abweichenden Temperaturvariationen sind nicht durch geringe Abweichungen in den Versuchsdaten zu erklären. Unterschiede in der Kühlkanalgeometrie und der überlagerten Naturkonvektionsströmung dürften vielmehr die Ursache sein. Zu beachten ist hierbei, daß bei vorliegender mittlerer  $\overline{Pe}$ -Zahl von 150 die örtliche  $\overline{Pe}$ -Zahl im Eckkanal bereits um einen Faktor 2 bis 3 kleiner ist.

Die T-Profile am Umfang des einzeln beheizten Eckstabes (Abbn. 239, 240) zeigen im Vergleich zum voll beheizten Bündel (Abbn. 176, 177) einen völlig anderen Verlauf. Sehr ausgeprägte Temperaturmaxima liegen jetzt im Bereich des Eckkanals ( $\phi \approx 0^\circ$ ),

die Temperaturminima bei  $\phi \approx 180^\circ$  in Richtung Bündelmitte. Auffällig ist auch hier wieder eine gewisse Unsymmetrie zwischen den Bereichen  $0^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$  und  $180^\circ \leq \phi \leq 360^\circ$ . Weiterhin erkennt man etwa gleiche axiale Aufheizspannen zwischen den äquidistanten Meßebenen im Bereich  $\phi \approx 180^\circ$ , stark abnehmende Aufheizspannen mit zunehmender beheizter Länge dagegen im Eckbereich bei  $\phi \approx 0^\circ$  bei einer wesentlich höheren Gesamtaufheizspanne in diesem Bereich (Abb. 239). Dies läßt auf eine starke Vergrößerung des Wärmeaustausches zwischen Eck- und Wandkanal mit zunehmender beheizter Länge schließen.

Der unbeheizte Zentralstab 3 (Abbn. 241 und 242) weist auf der dem beheizten Eckstab zugewandten Seite ( $\phi \approx 0^\circ$ ) im Vergleich zum unbeheizten Wandstab ( $\phi \approx 300^\circ$ ) deutlich geringere axiale Temperaturerhöhungen auf. Auf der abgeschatteten Seite zur Bündelmitte hin ( $\phi \approx 180^\circ$ ) fallen die Hüllwandtemperaturen in ME1 praktisch mit der Eintrittstemperatur zusammen. Bis zur Meßebene ME4 ergibt sich eine axiale Temperaturerhöhung von nur 2 K. Das bedeutet, daß der Wärmetransport vom beheizten Eckstab über 2 Unterkanäle hinweg in Richtung Bündelmitte außerordentlich klein ist.

#### 5.4.4 Wandstab 12:

$$q = 58.6 \text{ W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 80, \quad G = 315, \text{ Abbn. 243, 244}$$

#### Eckstab 11:

$$q = 0. \quad \text{W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 80, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 245, 246}$$

#### Zentralstab 3:

$$q = 0. \quad \text{W/cm}^2, \quad \overline{Pe} = 80, \quad G = 315, \quad \text{Abbn. 247, 248}$$

Nur der Wandstab 12 ist beheizt. Ein im Vergleich zur Versuchsreihe 5.4.2 um 47 % reduzierter Massenstrom ( $\overline{Pe} = 80$  gegenüber 151) führt zu ausgeprägteren Temperaturvariationen am Umfang des beheizten Stabes sowie auch der unbeheizten Stäbe, das Gesamtbild der vergleichbaren T-Profile ist jedoch ähnlich.



5.4.5 Wandstab 12:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 80$ ,  $G = 315$ , Abbn. 249, 250

Eckstab 11:  
 $q = 67.2 \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 80$ ,  $G = 315$ , Abbn. 251, 252

Zentralstab 3:  
 $q = 0. \text{ W/cm}^2$ ,  $\overline{Pe} = 80$ ,  $G = 315$ , Abbn. 253, 254

Nur der Eckstab ist beheizt. Auch hier führt der im Vergleich zur Versuchsreihe 5.4.3 um 47 % reduzierte Massenstrom zu ausgeprägteren Temperaturvariationen am Umfang des beheizten Stabes sowie auch der unbeheizten Stäbe. Das Gesamtbild der vergleichbaren T-Profile ist wie schon im Falle des einzelnen beheizten Wandstabes (Abschnitte 5.4.2 und 5.4.4) auch hier wieder ähnlich.

## 5.5 Temperaturverteilungen bei voll beheiztem Bündel für verschiedene Biegestabstellungen

### 5.5.1 Einfluß der Stabverbiegung auf die Temperaturänderung in den Stabhüllrohren, Abbn. 255 - 282

Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, daß der Stab 4 nur oberhalb des dritten Abstandshalters aus seiner nominalen Lage heraus verbogen wurde (vergl. Abb. 10). Um den Einfluß der Stabverbiegung auf die Temperaturänderung in den Stabhüllrohren zu untersuchen, wurden in diesen Versuchsreihen durch stufenweise Verbiegung des Stabes 4 an seinem oberen freien Ende die Nachbarkanäle in der jeweiligen Biegerichtung verkleinert und die gegenüberliegenden Unterkanäle gleichzeitig vergrößert (vergleiche auch Abb. 10). In jeder Biegestabstellung  $S/S_0$  (Bezeichnungen siehe Abb. 12) wurden in der Meßebene ME4 vier Hüllwandtemperaturen in Stab 4 (TE 47, 48, 49, 50) sowie je eine ortsfeste Hüllwandtemperatur in den Stäben 12, 3 und 11 (TE 45, 42 und 43) gemessen und in den Abbn. 255 - 282 aufgezeichnet.

Alle Stäbe des Bündels waren beheizt. Bei einer mittleren Pécletzahl  $\overline{Pe} \approx 350$  wurden zwei verschiedene Bündelleistungen eingestellt;

sie entsprechen einer mittleren Wärmestromdichte am Stab 4 von  $q=79.4 \text{ W/cm}^2$  (Abbn. 255-261) und  $q=65.1 \text{ W/cm}^2$  (Abbn. 262-268). In zwei weiteren Versuchsreihen wurden nahe der höheren Bündelleistung die Massendurchsätze reduziert auf  $\overline{Pe}=236$  ( $q=80.5 \text{ W/cm}^2$ , Stab 4) und  $\overline{Pe}=162$  ( $q=83,5 \text{ W/cm}^2$ , Stab 4).

In den Abbn. 255 bis 282 ist jeweils ein Bündelausschnitt mit dem untersuchten Bereich dargestellt. Die Biegerichtung für den Stab 4 ist durch Pfeile markiert. Das TE, dessen gemessene Temperaturen als Kurvenzug gezeichnet sind, ist als dicker Punkt an der entsprechenden Stabumfangsposition eingezeichnet. Die angegebene Stableistung gilt auch jeweils für diesen Stab.

Bei Annäherung des Biegestabes 4 an die Stäbe 12 und 3 ( $S/S_0 \leq 1.0$ ) zeigen alle im Bereich der engsten Spalte zwischen den 3 Stäben liegenden Meßorte (TE 47, 48 am Biegestab und TE 45 und 42 an den ortsfesten Stäben) einen starken Temperaturanstieg. Bei Entfernung des Biegestabes 4 von den Stäben 12 und 3 ist die Temperaturänderung dieser Meßorte vergleichsweise gering. Bei den ortsfesten Stäben 12 und 3 ergibt sich eine geringe, aber kontinuierliche Temperaturabnahme ( $S/S_0 \geq 1.0$  für TE 45, 46 und 42). Die Meßstellen des Biegestabes 4 durchlaufen in dem Biegebereich  $1.0 \leq S/S_0 \leq 2.0$  ein schwach ausgeprägtes Temperaturminimum für alle Strömungszustände mit  $\overline{Pe} > 236$ . Für den Fall  $\overline{Pe} = 162$  sind die entsprechenden Temperaturminima sehr stark ausgeprägt (Abbn. 276, 277), hier ist offensichtlich der Bereich der Mischkonvektion mit überlagerter Naturkonvektion erreicht. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß es sich bei den in den Abbn. angegebenen Pécletzahlen um Bündelmittelwerte und nicht um örtliche Werte handelt.

Bei Annäherung des Biegestabes 4 an die Stäbe 14 und 5 liefern die Meßstellen TE 49 und 50 (Abbn. 257 und 258) ähnliche Temperaturanstiege wie die entsprechenden, gegenüberliegenden Meßstellen TE 47 und 48 im Falle entgegengesetzter Biegerichtung. Geringe Unterschiede in den Kurvenverläufen sind durch den Kastenwandeinfluß bedingt, weil die Biegerichtung nicht durch das

Bündelzentrum geht. Die Temperaturkurven der Meßstellen TE 47 und 49 (Abbn. 255, 257 und die entsprechenden Abbildungen bei unveränderten Strömungsbedingungen) weisen jedoch eine Besonderheit auf, nämlich einen zunächst überraschenden Temperaturabfall beim Übergang von der Biegestabstellung  $S/S_0=0.34$  auf die Endposition  $S/S_0=0.2$ . Physikalisch ist dieses Ergebnis nicht erklärbar. Die einzige plausible Erklärung hierfür ist folgende: Einbautoleranzen der Vorrichtung für die gezielte Verbiegung des Stabes 4 haben in der Biegeendstellung ( $S/S_0=0.2$ , der entsprechende Skalenwert an der Biegevorrichtung ist  $+720$ , siehe Abb. 255 bzw.  $-720$  in Abb. 257; vergleiche Abb. 12) eine nicht beabsichtigte Berührung der Stäbe 4 und 12 bzw. 4 und 14 zur Folge gehabt. Dies führte zu einem geringfügigen gegenseitigen seitlichen Abrutschen der berührenden Stäbe. Dadurch gelangten die Meßstellen TE 47 bzw. 49 etwas in Richtung Unterkanalmitte und somit in Zonen besserer Kühlung. Zweifelsfrei hat es bei den Biegestabstellungen  $S/S_0=0.34$  ( $\hat{=}$  Biegestabstellung  $\pm 620$ , Abb. 12) keine Berührung des Biegestabes mit seinen Nachbarstäben 12 bzw. 14 gegeben.

Etwas überraschend ist die Tatsache, daß am Eckstab 11 (Meßort TE 43) bei der Verbiegung des Stabes 4 an dieser axialen Position praktisch keine Temperaturänderung registriert wird (Abbn. 261, 268, 275, 282). Die kontinuierliche Querschnittsreduktion eines Unterkanals führt demnach nur zu örtlich begrenzten Temperaturerhöhungen der angrenzenden Hüllrohrbereiche, ein Temperaturengleich zwischen den Unterkanälen erfolgt offensichtlich erst weiter stromabwärts. Der Tatbestand der örtlich begrenzten Temperaturerhöhungen wird durch die im folgenden Abschnitt beschriebenen Temperaturverteilungen anschaulicher.

Die Stableistung beeinflußt im untersuchten Bereich die durch Stabverbiegung entstehenden Temperaturveränderungen linear, dies ergibt sich aus Abb. 283. Hier ist die dimensionslose Temperaturveränderung eines charakteristischen Hüllwand-Thermoelementes für 9 verschiedene Biegepositionen des Stabes 4 im Bereich  $0.2 \leq S/S_0 \leq 1.85$  dargestellt:

$$\Delta T_B = \Delta \theta_B \cdot \lambda / (q \cdot R) = f(S/S_0)$$

$\Delta\theta_B$  ist die Temperaturdifferenz des betrachteten TE zwischen den Biegestellungen  $S/S_0 \neq 1.0$  und  $S/S_0 = 1.0$ . Die Temperatur für  $S/S_0 = 1.0$  ist hierbei die Bezugsgröße.

#### 5.5.2 Einfluß der Stabverbiegung auf die azimutalen Temperaturverteilungen in den Hauptmeßebenen ME1 bis ME4, Abbn. 284 - 315

Auf die gleiche Weise wie in den Abschnitten 5.1, 5.2 und 5.4 wurden die Hüllwandtemperaturen in diesen Meßreihen als Funktion des Umfangswinkels  $\phi$  in den 4 Meßebenen der drehbaren Stäbe gemessen, jedoch für extreme Biegepositionen des Stabes 4. Bei starker Annäherung des Stabes 4 im Bereich der Meßebene ME4 an die Stäbe 12 und 3 (Biegestabstellung +720) wurden am Wandstab 12 die in den Abbn. 284, 285 und am Eckstab 11 die in den Abbn. 286, 287 dargestellten T-Profile gemessen. Diese Messungen erfolgten bei Stableistungen von  $q = 81.9 \text{ W/cm}^2$  (Wandstab) und  $q = 89.8 \text{ W/cm}^2$  (Eckstab) sowie bei einem Bündelmassenstrom entsprechend  $\bar{P}_e = 361$ .

Ein Vergleich dieser T-Profile mit den entsprechenden T-Profilen bei nicht verbogenem Stab 4 (Abbn. 288 bis 291) zeigt folgendes: Die T-Profile in den Meßebenen ME1 bis ME3 ( $L/D_H = 17.2, 43.8$  und  $70.5$ ) sind am Eckstab praktisch unverändert, am Wandstab ergeben sich kleine Abweichungen durch die Berührung der Stäbe 4 und 12 in der Biegeendstellung (siehe dazu Hinweis im Abschnitt 5.5.1). Die T-Profile in der Meßebene ME4 ( $L/D_H = 97.2$ ) dagegen weisen im Bereich des reduzierten Unterkanals (Unterkanal zwischen den Stäben 4, 12, 3) beim Wandstab deutliche Temperaturerhöhungen auf (Abbn. 284, 285). Beim Eckstab sind auch die T-Profile in ME4 praktisch unverändert, d.h. die Stabverbiegung wirkt thermo-hydraulisch in dem axialen Biegebereich  $63.3 \leq L/D_H \leq 97.2$  deutlich nachweisbar nicht über den reduzierten Unterkanal hinaus.

( $L/D_H = 63.3$  entspricht der Gitterstellung "Null" für AH 4, s. Abb. 9).

Bei größter Entfernung des Stabes 4 im Bereich der Meßebene ME4 von den Stäben 12 und 3 (Biegestabstellung -720) wurden am Wand-

stab 12 die in den Abbn.292,293 und am Eckstab 11 die in den Abbn.294, 295 dargestellten T-Profile gemessen. Diese T-Profile unterscheiden sich beim Eckstab nur geringfügig, beim Wandstab in dem Stab 4 zugewandten Bereich ( $90^{\circ} \leq \phi \leq 210^{\circ}$ ) bis zu 5 K von den bei unverbogenem Stab 4 gemessenen T-Profilen.

Bei praktisch unverändertem Bündelmassenstrom ( $\overline{Pe} = 351$ ), jedoch um rund 19 % geringeren Stableistungen ( $q = 64.3 \text{ W/cm}^2$  am Wandstab,  $q = 70.5 \text{ W/cm}^2$  am Eckstab und  $q = 69.0 \text{ W/cm}^2$  am Zentralstab) sind die T-Profile für die extremen Biegestabstellungen in den Abbn. 296 bis 307 dargestellt. Die in Meßebene ME4 im Bereich des reduzierten Unterkanals entstehenden Temperaturerhöhungen sind deutlich sichtbar (Abbn. 296, 297, 301), jedoch am Wandstab nicht so stark ausgeprägt wie bei der höheren Stableistung (Abbn. 284, 285). Am Zentralstab 3 (für diesen wurden die T-Profile nur bei der geringeren Stableistung gemessen) ist die lokale Temperaturerhöhung wegen der relativ geringen azimuthalen Temperaturvariation bei nicht verbogenem Stab 4 bereits bei der Wärmestromdichte  $q = 69.0 \text{ W/cm}^2$  sehr ausgeprägt (Abb. 301).

Die Abbn. 308 bis 311 zeigen die T-Profile am Wandstab für die Biegestabstellungen +600 und -600. Die T-Profile in den Meßebenen ME1 bis ME3 sind für beide Biegestabstellungen praktisch gleich, in der Meßebene ME4 ( $L/D_H = 97.2$ ) sind für den Fall des reduzierten Unterkanals (Biegestabstellung + 600) wieder die auf den Bereich  $90^{\circ} \leq \phi \leq 210^{\circ}$  beschränkten Temperaturerhöhungen zu erkennen.

Eine bessere Übersicht der zuvor beschriebenen azimuthalen Temperaturverteilungen wird durch direkten Vergleich in den 3 folgenden Abbildungen vermittelt. Abb. 312 zeigt die azimuthalen T-Profile des Wandstabes 12 in den 4 Meßebenen für 3 verschiedene Biegestabstellungen des Stabes 4. Man erkennt die deutliche Temperaturerhöhung in Meßebene ME4 im Bereich  $90^{\circ} \leq \phi \leq 210^{\circ}$  bei Stabanäherung. In den Meßebenen ME2 und ME3 ergibt sich in diesem Bereich eine Temperaturabsenkung, obwohl die Stäbe hier durch die Abstandshalter fixiert sind. Die Gründe hierfür wurden bereits in Abschnitt 5.5.1 angegeben. Aufgrund der Einbautoleranzen des Biegearmes am oberen Ende von Stab 4 kam es bei der extremen

Biegestabstellung +720 ( $S/S_0 = 0.2$ ) zur nicht beabsichtigten Berührung der Stäbe 4 und 12 stromabwärts von der Meßebene ME4, wodurch offensichtlich Geometrieänderungen bis in den Bereich von ME2 erfolgt sind.

Abb. 313 zeigt die entsprechenden Verhältnisse für die Biegestabstellungen von +600 und -600 des Stabes 4. Bei diesen Biegestabstellungen hat zweifelsfrei keine Stabberührung stattgefunden, dies kann aus den praktisch unveränderten T-Profilen in den Meßebenen ME1 bis ME3 geschlossen werden. Auch die vorhandenen Toleranzen schließen eine Berührung der Stäbe aus (vergl. auch den kontinuierlichen Verlauf in den Abbn. 284 - 315). In Meßebene ME4 treten in dem Bereich  $90^\circ \leq \phi \leq 210^\circ$  dagegen deutliche Temperaturerhöhungen auf (schraffiertes Feld). Das Temperaturprofil bei der Biegestabstellung 0 wurde für diese Stableistung nicht gemessen.

Aufgrund der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Meßergebnisse kann man folgern, daß das T-Profil in ME4 der Abb. 313 für die Biegestabstellung -600 (Kreuz-Symbole) sich im Bereich  $90^\circ \leq \phi \leq 210^\circ$  nur unwesentlich von dem T-Profil bei nicht verbogenem Stab 4 unterscheiden wird.

Abb. 314 zeigt für den Zentralstab 3 den Einfluß der Stabverbiegung in der Meßebene ME4. Bei Stabannäherung erfolgt wie schon beim Wandstab 12 eine auf den Bereich des reduzierten Unterkanals ( $60^\circ \leq \phi \leq 150^\circ$ ) beschränkte, deutliche Temperaturerhöhung.

In Abb. 315 sind die maximalen azimuthalen Temperaturdifferenzen des Wandstabes 12 in der Meßebene ME4 als Funktion der Biegestabstellung des Stabes 4 in dimensionsloser Form dargestellt. Es ergibt sich bei Annäherung der Stäbe von der nominellen Biegestabstellung  $S/S_0 = 1.0$  in die Biegeendstellung  $S/S_0 = 0.2$  ein Anstieg von  $\Delta T_\phi$  um rund 60 %. Bei Entfernung der Stäbe voneinander, d.h.  $S/S_0 \geq 1$  ändert sich  $\Delta T_\phi$  praktisch nicht.

## 6. BÜNDELGEOMETRIE

Die in Kapitel 5 beschriebenen Meßergebnisse zeigen recht deutlich, daß die im jeweiligen Experiment vorhandene Bündelgeometrie von entscheidender Bedeutung für die resultierenden dreidimensionalen Temperaturverteilungen in den Bauteilen sind. Insbesondere die asymmetrischen azimutalen T-Profile am Eckstab gaben Anlaß, die wirkliche Bündelgeometrie detaillierter zu untersuchen. Dies ist naturgemäß nur im kalten Zustand möglich, jedoch können daraus mindestens Hinweise für die reale Geometrie gewonnen werden, wie sie im Experiment (heißer Zustand) vorgelegen haben muß.

Zu diesem Zweck wurde das Bündel nach Abschluß der Experimente mit einem Gemisch aus Araldit,  $Al_2O_3$  und Farbe ausgegossen und anschließend in den Meßebenen und den Gitterabstandshalterebenen zerschnitten. Die Querschnitte wurden geschliffen, poliert und fotografiert. Das Ergebnis ist für 2 Beispiele in Abb. 6 (Abstandshalter AH3) und in Abb. 11 (Meßebeine ME4) dargestellt. Man erkennt beim ersten Hinsehen eine im Gegensatz zu einer Reihe von Meßergebnissen überraschend gleichmäßige und symmetrische Stabanordnung im hexagonalen Kasten. Ähnliche Bilder ergaben sich für die anderen Querschnitte in der beheizten Bündelzone. Dies bedeutet, daß die 19 Stäbe nach Abschluß der Experimente gerade geblieben waren. Es sei angemerkt, daß auch nach Abschluß der Versuchsserien 1 und 2 /2/ bei der Demontage des Bündels gerade Stäbe vorlagen.

Zur möglichst genauen Ermittlung der Unterkanal- und Abstandshalter-Querschnittsflächen wurden 3 Querschliffe fotografisch linear 10-fach vergrößert. Durch Ausplanimetrieren ergaben sich Querschnitte der 42 Unterkanäle und der jeweiligen Unterkanalversperrungen der anteiligen Abstandshalterstege. Die Mittelwerte und das Streuband sämtlicher Flächenmessungen sind in Tabelle 1 eingetragen. Diese Mittelwerte und daraus berechnete Werte (zum Beispiel  $D_H$ ) unterscheiden sich geringfügig von denen in früheren Veröffentlichungen über diese 19-Stab-Bündelexperimente. In den früheren Veröffentlichungen wurden immer Zeichnungsmaße zu Grunde gelegt mit Ausnahme von /14/, worin das Problem der realen Bündelgeometrie bereits andiskutiert wurde. Die Ausmessung

der Unterkanal-Querschnittsflächen ergibt nach Tabelle für die spezifischen Unterkanäle folgende Mittelwerte, Streubreiten und Abweichungen von der Idealgeometrie (Zeichnungsgeometrie, Sollmaße ohne Toleranzen):

	Mittelwert (gemessen)	Streu- breite d. Mittel- werte	Zeichnungs- maß Idealgeome- trie /2/	Meßwert-Ab- weichung vom Zeichnungs- maß
Wandkanal $A_W$ (mm <sup>2</sup> )	41.41	+7.5%/-8.2%	40.8	+ 1.5%
Eckkanal $A_E$ (mm <sup>2</sup> )	9.60	+20%/-23%	10.0	- 4.0%
Zentral- kanal $A_Z$ (mm <sup>2</sup> )	27.22	+3%/-7%	27.5	- 1.0%

Die Geometrieabweichungen der Realgeometrie des Bündels von der Idealgeometrie wirken sich also bei den Eckkanälen besonders stark aus.

Die prozentualen Versperrungen der Unterkanäle durch die anteiligen Abstandshalterstege betragen im Mittel:

	Mittelwerte (gemessen)	Mittelwerte (aus Zeichnung /2, 15/)
Wandkanal $\epsilon_{GW}$	26.6 %	25.7 %
Eckkanal $\epsilon_{GE}$	39.8 % *)	32.8 / 49.8 % *)
Zentral- kanal $\epsilon_{GZ}$	26.2 %	20.4 %

\*) Die Konstruktionszeichnung enthielt 2 unterschiedliche, jeweils um 120° versetzte, Eckkanalversperrungen. In der Ausführung des Modells waren diese Unterschiede verwischt, deshalb ist nur ein gemessener Mittelwert angegeben.



Die Streubreite der gemessenen Unterkanalversperrungen beträgt bis zu 10 % für die Wand- und Zentralkanäle und bis zu 27 % für die Eckkanäle (vergl. Tab. 1). Für die Randkanalversperrungen ist noch anzumerken, daß für die Ausbildung der Geschwindigkeits- und Temperaturfelder nicht allein die projizierte Fläche der Unterkanalversperrungen maßgebend ist, sondern auch die Lage der AH-Stege im Unterkanal (siehe Abb. 6, insbesondere Eckkanäle) sowie die Form, Kantenbeschaffenheit und axiale Erstreckung.

Obige Ausführungen zeigen, daß die im kalten Zustand vermessene reale Bündelgeometrie zum Teil deutlich von der Idealgeometrie (Zeichnungsgeometrie) abweicht. Die Unterschiede der jeweiligen Mittelwerte sind relativ gering. Dies bedeutet, daß für den größten Anteil der Unterkanal-Querschnitte und -Versperrungen die Abweichung vom Mittelwert nur klein ist; die teilweise großen Streubreiten werden nur durch wenige Werte bestimmt. Systematische Abweichungen der Unterkanalgeometrie über die axiale Länge konnten nicht festgestellt werden.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Kastenwandbereich eines elektrisch beheizten 19-Stabbündels wurden die lokalen dreidimensionalen Temperaturverteilungen in den Hüllrohren gemessen. Nur dieser Bereich ist für Bündelanordnungen mit der relativ großen Packungsdichte ( $P/D = 1.30$ ) aus thermohydraulischer Sicht als kritischer Bereich anzusehen. Speziell die Eckstabzone hat sich als die am ungleichmäßigsten gekühlte Zone im 19-Stabbündel herausgestellt.

Die in /2/ beschriebenen Versuchsserien 1 und 2 wurden durch die in diesem Bericht beschriebene Versuchsserie 3 ergänzt und abgerundet. Die detaillierte Ausmessung der Bündelgeometrie nach Abschluß der Experimente sowie eine Fehlerbetrachtung im Anhang erlauben nunmehr eine bessere Zuordnung der gemessenen lokalen Temperaturverteilungen in Bezug auf die geometrischen Randbedingungen der Experimente.

Die Messungen erfolgten bei Gleichlast (Beheizung aller Stäbe) und bei Schiefkast (Beheizung des Wand- bzw. Eckstabes) in turbulenter Natriumströmung und im Bereich der Mischkonvektion ( $80 \leq \overline{Pe} \leq 360$ ) bei reaktortypischen Wärmestromdichten ( $45 \leq q \leq 90 \text{ W/cm}^2$ ).

Die Bündelgeometrie entspricht weitgehend der Brennelementgeometrie Mark Ia der SNR-300-Baureihe. Im einzelnen wurden gemessen:

- Azimutale Temperaturverteilungen in den Hüllrohren von Wand-, Eck- und Zentralstab;
- Einfluß der gitterförmigen Abstandshalter auf die Hüllwandtemperaturen;
- Einfluß der Stabverbiegung auf die Hüllwandtemperaturen.

Wesentliche Merkmale der verwendeten Testeinrichtung sind:

- elektrisch beheiztes 19-Stabbündel ( $D = 9 \text{ mm}$ ,  $P/D = 1.30$ ,  $W/R = 1.40$ ) mit hexagonaler Stabanordnung;
- drei benachbarte, drehbare Stäbe im Kastenwandbereich;
- vier Hauptmeßebeben im Bereich der beheizten Bündelzone;
- Einrichtungen zur axialen Verschiebung der Gitter-Abstandshalter sowie zur gezielten Stabverbiegung am Ende der beheizten Zone;

- Spezialinstrumentierung zur Messung der Hüllwandtemperaturen.

Im untersuchten 19-Stabbündel-Modell sind die kanalspezifischen Versperrungen durch die Gitter-AH relativ klein und nicht sehr unterschiedlich. Somit ergeben sich auch keine besonderen Kühlmittelumverteilungen zwischen den Unterkanälen durch die Gitter-AH. Indirekt wird diese Feststellung untermauert mit den Meßergebnissen der azimuthalen Temperaturverteilungen an Wand-, Eck- und Zentralstab. Stromaufwärts und stromabwärts von den Gitter-AH ergeben sich keine nennenswerten Unterschiede der gemessenen T-Profile. Schematisch wird dieser Sachverhalt mit Abb. 13 veranschaulicht, die entsprechenden Meßergebnisse sind in Abschnitt 5.3 beschrieben.

Fluiddynamisch wurde der Gittereinfluß in Parallelexperimenten /1/ untersucht (Bündelgeometrie siehe Tabelle 1). Die darin gemessenen Unterkanal-Massenstromverteilungen sowie dazugehörige Rechnungen /16/ mit dem Unterkanalanalyse-Rechenprogramm ARTIS bestätigen die Tatsache geringer Kühlmittelumverteilungen beim beheizten 19-Stabbündelmodell.

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind:

a) Temperaturverteilung in den Hüllrohren außerhalb der gitterförmigen Abstandhalter:

- Die Ausbildung der azimuthalen Temperaturprofile mit zunehmender beheizter Länge erfolgt je nach Lage im Bündelquerschnitt in sehr unterschiedlicher Weise.
- Im zentralen Teil des Stabbündels mit der untersuchten Packungsdichte  $P/D = 1.30$  sind die azimuthalen Temperaturvariationen in den Hüllrohren bei turbulenter Strömung ( $\overline{Pe} \approx 350$ ) relativ klein. In der Umgebung der Zentralkanäle ist die Strömung bereits nach einer beheizten Länge von  $\approx 17 D_H$  thermisch ausgebildet, d.h. die azimuthalen Temperaturdifferenzen der Zentralstäbe ändern sich für beheizte Längen  $> 17 D_H$  nicht mehr.
- Im Gegensatz dazu weisen die Wand- und Eckstäbe in der untersuchten Bündelgeometrie ( $W/R = 1.40$ ) große azimuthale Temperaturvariationen auf, die im Bereich der untersuchten beheizten Länge ( $L/D_H < 100$ ) in erster Näherung linear zunehmen.

Dies bedeutet, daß neben der Hüllwandtemperaturverteilung auch die Kühlmitteltemperaturverteilung in der direkten Umgebung von Wand- und Eckstab nach einer beheizten Länge von rund  $100 D_H$  noch nicht thermisch ausgebildet ist. Die Ursache ist die stark veränderliche Kühlkanalgeometrie am Umfang dieser Randstäbe, wodurch ein rascher Temperatúrausgleich behindert wird.

- Nach einer beheizten Länge von  $100 D_H$  und für den Strömungszustand  $\overline{Pe} \approx 350$  sind die maximalen azimutalen Temperaturdifferenzen von Wand- und Eckstab um den Faktor 3.3 bzw. 5.3 größer als diejenigen der benachbarten Zentralstäbe. Die Unterschiede vergrößern sich bei Extrapolation auf reaktortypische beheizte Längen von  $L \approx 180 D_H$  um weitere 30 bzw. 70 %. Da die azimutalen Temperaturdifferenzen der Hüllrohre für deren Verformung und Zeitstandsfestigkeit von Bedeutung sind, ist ihre zuverlässige Bestimmung in der Bündelrandzone notwendig. Für reaktortypische Abmessungen und Betriebszustände (z.B.  $L/D_H = 177$ ,  $q_{\max} = 188 \text{ W/cm}^2$ ) und für die verwendete Versuchsgeometrie würde der Eckstab eine maximale azimutale Temperaturdifferenz von etwa 85 K aufweisen.

b) Temperaturverteilung in den Hüllrohren innerhalb der gitterförmigen Abstandshalter:

- An den Gitterstützpunkten des Modell-Abstandshalters treten in den Hüllrohren lokale Temperaturspitzen mit großen Temperaturgradienten auf.
- Eine Abhängigkeit dieser örtlich begrenzten Temperaturerhöhungen von der thermischen Einlauflänge und von der Position im Bündelquerschnitt konnte nicht beobachtet werden.
- Für die eingesetzten funkenrodierten Gitter-AH liegen die maximalen azimutalen Temperaturdifferenzen in Gittermitte bei  $\overline{Pe} \approx 350$  zwischen 180 % und 20 % über denjenigen direkt außerhalb der Gitter-AH.
- Zwischen den Gitterstützpunkten, aber noch innerhalb der Gitter-AH sind die Temperaturänderungen in Umfangsrichtung klein.
- Die Spaltbreite zwischen Gitterstützpunkt und Stabhülle hat einen deutlichen Einfluß auf die Größe der lokalen Temperaturspitzen.

- Mögliche Strömungsumverteilungen zwischen Wandkanälen und benachbarten Zentralkanälen durch die Gitter-AH sind bei der untersuchten Bündelgeometrie klein und von sekundärer Bedeutung. Ein nennenswerter Einfluß auf die Temperaturverteilung in den Hüllrohren konnte nicht festgestellt werden.
- Zur Verdeutlichung der gemessenen Hüllwandtemperatur-Profile innerhalb und außerhalb der Gitter-AH wurde eine perspektivische Darstellung gewählt. Für den Fall der beheizten Länge  $L/D_H = 97.2$  sind die azimutalen Temperaturprofile für den Wandstab 12 in Abb. 316, für den Eckstab 11 in Abb. 317 und für den Zentralstab 3 in Abb. 318 dargestellt.

c) Einfluß der Stabverbiegung auf die Hüllwandtemperaturen:

- Die kontinuierliche Querschnittsreduktion eines Unterkanals durch Stabverbiegung führt nur örtlich, d.h. in den direkt diesen Unterkanal begrenzenden Hüllrohrzonen zu deutlichen Temperaturerhöhungen.
- Bei der untersuchten Bündelgeometrie ( $P/D = 1.30$ ) führen relativ geringe Stabverbiegungen von  $S/S_0 > 0.7$  (der engste Spalt zwischen den angenäherten Stäben wird auf maximal 70 % seines nominellen Wertes verkleinert, im vorliegenden Fall von 2.7 auf 1.9 mm) nur zu unbedeutenden lokalen Temperaturerhöhungen.
- Bei weiterer Reduktion der Spalte zwischen Stäben in der Kastenzonzone ( $S/S_0 < 0.7$ ) ergeben sich dagegen deutliche Temperaturerhöhungen. Von nominell 100 % Spaltweite auf 20 % steigen die maximalen azimutalen Temperaturdifferenzen um etwa 60 % beim Wandstab 12 und um den Faktor 2.5 bei dem benachbarten Zentralstab 3 an.
- Die Temperaturerhöhungen treten jedoch nur lokal auf, sie sind auf einen Hüllrohrsektor von rund  $120^\circ$  im Bereich des konisch verjüngten Unterkanals begrenzt. Stäbe aus der übernächsten Stabreihe erfahren bereits keine nennenswerten Temperaturänderungen mehr. Die zuvor genannten Zahlen gelten selbstverständlich nur für die Stabverbiegung im Bereich von Zentralkanälen mit der Stabteilung  $P/D = 1.3$ . Prozentual gleichartige Verbiegungen bei engerer Stabteilung oder auch im Randkanal-Bereich des untersuchten Bündels würden zu deutlich stärkeren lokalen Temperaturerhöhungen führen.

d) Temperaturverteilungen bei kleinen Péclet-Zahlen:

Deutliche Änderungen der gemessenen azimuthalen Temperaturprofile in der Bündelrandzone treten auf, wenn der Massenstrom soweit reduziert wird, daß die als Bündelmittelwerte gebildeten  $\overline{Pe}$ -Zahlen unter 200 liegen.

- Für  $\overline{Pe} < 200$  tritt in der untersuchten Bündelgeometrie zusätzlich Naturkonvektion auf, d.h. die Strömung liegt im Bereich der Mischkonvektion. Zu beachten ist hierbei, daß die örtlichen  $\overline{Pe}$ -Zahlen in den Randkanälen (insbesondere im Eckkanal) sehr stark von den als Bündelmittelwerte gebildeten  $\overline{Pe}$ -Zahlen abweichen. Um hier genauere Angaben über die  $Pe$ -Abhängigkeit machen zu können, sind grundlegende Experimente in einfacheren Anordnungen mit gekoppelten Strömungskanälen erforderlich.

e) Schiefkast-Experimente durch Einzelstab-Beheizung:

- Zur Erzeugung extremer Schiefkastfälle wurden Wand- bzw. Eckstab einzeln beheizt. Dies erfolgte bei drei verschiedenen Strömungszuständen, die jeweils durch die mittlere Péclet-Zahl der Bündelströmung gekennzeichnet sind. Die kanalspezifischen Péclet-Zahlen in der Randzone sind davon deutlich verschieden.
- \* Die Meßergebnisse bei diesen extremen Betriebszuständen sind zur Code-Modellierung und Verifikation besonders geeignet, vor allem im Bereich der Mischkonvektion.

f) Bedeutung der Bündelgeometrie:

- Das untersuchte 19-Stabbündel weicht in seiner Realgeometrie leicht von der Idealgeometrie (Zeichnungsgeometrie) ab.
- Relativ geringe Abweichungen der Unterkanalquerschnitte in der Bündelrandzone (10.....20 %) und die konstruktiv bedingten Einlaufverhältnisse in das Bündel im unteren Sammler beeinflussen die lokalen Temperaturverteilungen in den Hüllrohren. Dies kommt besonders deutlich durch die Asymmetrie der gemessenen azimuthalen Temperaturprofile des Eckstabes zum Ausdruck.

- Bei der Verifikation von geeigneten Rechenprogrammen kommt der Kenntnis der realen Modellgeometrie entscheidende Bedeutung zu, insbesondere in der Bündelrandzone. Einen Hinweis für den großen Einfluß der Bündelgeometrie auf die Temperaturverteilung liefern die Betrachtungen in /14/.
- g) Übertragung der Modellexperimente:
- Theoretische Untersuchungen über die Simulation von urangefüllten Brennstäben durch die im Modellexperiment eingesetzten Stäbe mit elektrischer Beheizung mittels rohrförmiger Heizleiter wurden vor Beginn der Experimente durchgeführt und unter anderen in /8/ beschrieben.
  - Die Abschätzung des Simulationsfaktors für den im Modellexperiment eingesetzten Wandstab zu  $SF = 1.2$  /2/ in der Beziehung  $\Delta T$  (Brennelement) =  $SF \cdot \Delta T$  (Modell) bedeutet, daß die azimuthalen Temperaturdifferenzen des Brennstabes um ca. 20 % über denen mit dem Heizstab-Simulator gemessenen liegen.
  - Bei der Extrapolation der im Experiment untersuchten beheizten Länge von rund  $100 D_H$  auf eine aktive Brennelementlänge von rund  $180 D_H$  können maximal mögliche Werte angegeben werden.
  - Die Wärmestromdichten wurden im Bereich  $45 \leq q \leq 92 \text{ W/cm}^2$  so stark verändert, daß in den für LMFBRs diskutierten Leistungsbereich hinein mit großer Sicherheit extrapoliert werden kann.
  - Die beschriebenen Meßergebnisse gelten nur für die untersuchte Bündelgeometrie (vergleiche Tabelle 1). Bei der Berechnung von Temperaturfeldern in anderen Bündelgeometrien ist dies zu beachten.
- h) Fehlerbetrachtung:
- Die Doppelinstrumentierung mit Spezialthermoelementen zur Messung der Hüllwandtemperaturen am Umfang von Wand, Eck- und Zentralstab in jeder der 4 Meßebenen erlaubte (mit Ausnahme einiger ausgefallener Thermoelemente) bei allen Meßreihen einen direkten Vergleich von zwei azimuthalen Temperaturprofilen, jeweils gekennzeichnet durch APL-A und APL-B in den Diagrammen.

- Der maximale Fehler bei der relativen Temperaturmessung am Umfang der Stäbe wurde mit  $\pm 1.3$  K ermittelt. Berücksichtigt man dies, dann sind die jeweils mit den diametral gegenüberliegenden Hüllwandthermoelementen gemessenen T-Profile recht gut zur Deckung zu bringen. Dies bedeutet, daß (a) die Wärmefreisetzung im Bereich der Meßpositionen sehr gleichmäßig war (dies ist ein Anhaltspunkt für einen gleichmäßigen Stabaufbau) und (b) die Stäbe während der gesamten Versuchszeit gerade blieben.
- Der maximale Fehler in der absoluten Temperaturmessung wurde in dieser Versuchsserie 3 für 86 % aller Thermoelemente mit  $\pm 1,5$  K abgeschätzt, für wenige TE mit  $\pm 3,5$  K. Dies ist bei der Anwendung der Meßergebnisse im Zusammenhang mit Rechenergebnissen und Wärmeübergangsbetrachtungen zu beachten.
- Der maximale Gesamtfehler für die in den Diagrammen angegebenen Staboberflächenleistungen wurde zu  $\pm 0.8$  % ermittelt.
- Der maximale Fehler des Massenstromes wurde zu  $\pm 2 \dots 3\%$  abgeschätzt.

Die hier vorgestellten experimentellen Ergebnisse zur lokalen Temperaturverteilung in den Hüllrohren von Brennelement-Modellen erweitern die Verifikationsmöglichkeiten geeigneter Rechenprogramme und liefern eine Gesamtübersicht über die realen thermohydraulischen Verhältnisse in einem LMFBR-Brennelement mit gitterförmigen Abstandshaltern.

Mit dem bei ECN in der Entwicklung befindlichen lokalen Rechenprogramm VITESSE /17/ können lokale Temperaturverteilungen in hexagonalen Stabanordnungen berechnet werden. Solche Rechnungen wurden mit Bezug auf diese 19-Stabbündel-Experimente unter Angabe der speziellen, einschränkenden Randbedingungen in /17/ durchgeführt. Der hydraulische Teil des VITESSE-Codes wurde danach mit verschiedenartigen Experimenten kalibriert, der thermische Teil dagegen benötigt weitere experimentelle Verifizierung.

Mit dem für die Brennelementauslegung verwendeten globalen Rechenprogramm CIA /20/ wurden ausgewählte Versuche nachgerechnet /21/. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen Rechnung und



Experiment bei großen Péclet-Zahlen. Bei mittleren und kleinen Péclet-Zahlen ( $Pe < 230$ ) wurden die gemessenen Temperaturverteilungen jedoch von der Rechnung qualitativ nicht richtig erfaßt.

Nomenklatur

APL	-	Achsparallele Linie
AH	-	Abstandshalter
A	$m^2$	Strömungsquerschnitt
BE	-	Brennelement
BN	-	Bornitrid
$c_p$	$J/(kg \cdot K)$	spezifische Wärme
D	m	Außendurchmesser der Stäbe
$D_H$	m	hydraulischer Durchmesser ( $=4 \cdot A/U$ )
G		axiale Gitterstellung (Abb. 9)
H	m	Gitterhöhe
LMFBR		<u>L</u> iquid <u>M</u> etal <u>F</u> ast <u>B</u> reeder <u>R</u> eactor
L	m	beheizte Länge
ME	-	Meßebeine
$\dot{m}$	kg/s	Massenstrom
n	-	Stabzahl
P	m	Abstand der Stabachsen
P/D	-	Stabmittenabstand (normiert)
$\bar{P}e$	-	Péclet-Zahl ( $=Re \cdot Pr$ )
Pr	-	Prandtl-Zahl ( $=c_p \cdot \eta/\lambda$ )
p	$N/m^2$	Druck
q	$W/m^2$	Wärmestromdichte an der Staboberfläche; "Stableistung"
R	m	äußerer Stabradius ( $=D/2$ )
$R_1$	m	Hüllrohr-Innenradius
$R_K$	m	Innenradius der Kastenecken
$R_K/D$	-	Eckradius (normiert)
$\bar{R}e$		Reynolds Zahl ( $=\bar{u} \cdot D_H/\nu$ )
r	m	Koordinate
S	m	engster Spalt zwischen benachbarten Stäben
SF	-	Simulationsfaktor Brennstab/Heizstab
SNR	-	<u>S</u> chneller <u>N</u> atriumgekühlter <u>R</u> eaktor
$SW_i$	m	innere Schlüsselweite des Sechskantkastens
$\Delta T$	-	dimensionslose Temperaturdifferenz ( $=\Delta\theta \cdot \lambda/(q \cdot R)$ )
TE	-	Thermoelement
U	m	benetzter Umfang
$\bar{u}$	m/s	mittlere Geschwindigkeit im Bündel
W	m	Wandabstand (siehe Abb. 4)
W/R	-	Wandabstand (normiert)

z	m	Koordinate
$\Delta$	-	Differenz
$\epsilon$		Querschnittsversperrung durch AH-Stege bezogen auf den freien Kanalquerschnitt außerhalb des AH
$\eta$	kg/(m·s)	dynamische Viskosität
$\theta$	°C	Temperatur
$\Delta\theta$	K	Temperaturdifferenz (azimutal)
$\Delta\vartheta$	K	Temperaturabweichung vom Mittelwert
$\lambda$	W/(m·K)	thermische Leitfähigkeit
$\nu$	m <sup>2</sup> /s	kinematische Viskosität
$\varnothing$	-	Winkel, Koordinate

### Indizes

B	Bündel; Biegung; Brennstoff
E	Eckkanal; Eintritt
F	Fluid
G	Gitter-Abstandshalter
g	Gesamtlänge
H	hydraulisch
max.	maximal
min.	minimal
S	engster Spalt zwischen benachbarten Stäben; Stab; Strom
S <sub>0</sub>	S bei nomineller Geometrie (Nullstellung des Biegestabes)
SK	Sechskantkasten
v	Verlust
W	Wandkanal; Wand
Z	Zentralkanal
$\varnothing$	Umfangsposition

## LITERATUR

- /1/ G. Trippe  
Experimentelle Untersuchungen turbulenter Strömungen in axial durchströmten Stabbündeln ohne und mit gitterförmigen Abstandshaltern.  
KfK 2834, Juli 1979
- /2/ R. Möller, H. Tschöke, M. Kolodziej  
Experimentelle Bestimmung von Temperaturfeldern in natriumdurchströmten Bündeln mit hexagonaler Stabanordnung und gitterförmigen Abstandshaltern.  
KfK 2356, Januar 1977.
- /3/ H. Tschöke, R. Möller  
Experimentelle Bestimmung der lokalen Temperaturfeldänderung in den Hüllrohren eines natriumdurchströmten Stabbündels durch gitterförmige Abstandshalter.  
Reaktortagung 1978 - Hannover, 4.-7. April, 1978, S. 110-113.
- /4/ R. Möller, H. Tschöke  
Influence of Rod Bowing on the Measured Local Temperature Distribution in Fuel Rod Cladding Tubes with Sodium Cooling.  
The European Nuclear Conference, Hamburg, Germany, May 6-11, 1979, ANS Transactions, Volume 31, 1979, S.171-74
- /5/ R. Möller and H. Tschöke  
Steady-State, Local Temperature Fields with Turbulent Liquid Sodium Flow in Nominal and Disturbed Bundle Geometries with Spacer Grids.  
Nuclear Engineering and Design 62 (1-3) p. 69-80, 1980

- /6/ V. Casal  
Heizstäbe mit indirekter Widerstandsbeheizung zur  
Simulation von Kernbrennstäben.  
KfK 894, 1968
- /7/ V. Casal, E. Graf, W. Hartmann  
Heizstäbe zur Simulation von Brennstäben für  
einphasige Wärmeübergangsversuche in Flüssigmetall-  
strömungen.  
KfK 2258, September 1976
- /8/ S. Malang, K. Rust, H. Tschöke  
The Influence of Heating Method and  
Rod Eccentricity on the Measurement in Sodium  
Experiments.  
Progress in Heat and Mass Transfer,  
Vol. 7, p. 207-217, 1973
- /9/ R. Möller, H. Tschöke  
Theoretische Untersuchungen zur Wandtemperatur-  
messung an simulierten Brennstäben für thermodynamische  
Experimente in Natrium.  
KfK 1555, April 1972
- /10/ H. Tschöke, R. Möller  
Temperaturmessung in Hüllrohren von Brennstäben  
und Brennstabsimulatoren.  
KTG-Fachtagung der Kerntechnischen Gesellschaft am  
28.2.-2.3.1977 in Hannover, S. 97-114
- /11/ S. Malang  
Mantelthermoelemente mit Bornitrid-Isolation  
Atomwirtschaft-Atomtechnik 17, März 1972, S. 155-156
- /12/ A. Pee  
Stoffdaten von Natrium  
KfK 924, EUR 4168 d, 1969

- /13/ R. Möller, H. Tschöke  
Experimental Determination of Cladding Temperature  
Fields in the Critical Regions of Rod Bundles with  
Turbulent Sodium Flow and Comparison with Calculations.  
6th Int. Heat Transfer Conf. Toronto, Canada  
Aug. 7-11, 1978, Vol. 5, p. 29-34
- /14/ R. Möller, H. Tschöke  
Local Temperature Distributions in the Critical Duct  
Wall Zones of LMFBR Core Elements. Status of Knowledge,  
unsettled Problems and Possible Solutions.  
NUREG/CP-0014, Vol. 3, p. 1871-1881  
ANS/ASME/NRC International Topical Meeting on  
Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics, Saratoga Springs,  
New York, October 5-8, 1980
- /15/ R. Möller, D. Weinberg, G. Trippe, H. Tschöke  
Experiments on the Fluid Dynamics and Thermodynamics  
of Rod Bundles to verify and support the Design  
of SNR-300 Fuel Elements. Status and open Problems.  
IAEA-SM-225/34, p. 673-692, 1978  
"Design, Construction and Operating Experience of  
Demonstration LMFBR's.  
IAEA-Symposium, Bologna-Italy, April 1978
- /16/ G. Trippe, D. Weinberg  
Investigations of Turbulent Velocity and Mass Flow  
Distribution in Rod Bundles with Grid-Type Spacers.  
NUREG/CP-0014, Vol. 3 p. 1789-1804  
ANS/ASME/NRC International Topical Meeting on  
Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics, Saratoga Springs,  
New York, October 5-8, 1980
- /17/ W. Slagter, H.A. Roodbergen and N.H. Dekker  
Theoretical Investigations on Thermal-Hydraulics of  
Fast Reactor Fuel Rod Bundles  
ANS/ASME/NRC International Topical Meeting on Nuclear  
Reactor Thermal Hydraulics, Saratoga Springs, New York  
Oct. 5-8, 1980  
NUREG/CP-0014, Vol. 3, p. 2126-2146

- /18/ R.L. Anderson and T.G. Kollie  
Accuracy of small Diameter sheathed Thermocouples  
for the Core Flow Test Loop (preliminary report).  
ORNL-5401, April 1979
- /19/ R. Möller, H. Tschöke  
Thermal Experiments with LMFBR Subassembly Models in  
Sodium Flow.  
Proceedings of the L.M.F.B.R. Safety Topical Meeting,  
July 19-23, 1982, Lyon - France, Vol. IV, pp. 323-330
- /20/ CIA: Interatom - Version des COBRA-II-Programmes  
von D.S. Rowe, BNWL-1224 (1970)
- /21/ U. Müller, L. Krebs, K. Rust /HRSG./  
Beiträge zu thermo- und fluiddynamischen Problemen  
in der Kerntechnik  
KfK 3630, Februar 1984

## ANHANG: FEHLERBETRACHTUNG

Es existiert grundsätzlich eine Differenz zwischen einem Meßwert und dem "tatsächlichen" Wert einer physikalischen Eigenschaft. In der nachfolgenden Fehlerbetrachtung wird die Unsicherheit des Meßwertes durch Festlegung der glaubhaften Grenzen für seine wahrscheinliche Ungenauigkeit abgeschätzt.

### A.1 Fehler bei der Temperaturmessung

Bei den in der vorliegenden Arbeit mitgeteilten Versuchsergebnissen waren nicht die Absoluttemperaturen von primärem Interesse, sondern die Temperaturen, die ein einzelnes TE bei verschiedenen Umfangspositionen durch Stabdrehung bzw. bei gleicher Umfangsposition, aber verschiedener Gitterstellung, angezeigt hat. Zur Bestimmung von Wärmeübergangszahlen oder Differenzangaben zwischen verschiedenen Thermoelementen sind absolute Temperaturangaben notwendig.

#### A.1.1 Fehler bei der Absolut-Temperaturmessung eines ortsfesten Thermoelementes

Bei stationären Betriebsbedingungen wird die EMK an der Meßspitze eines Thermoelementes durch die Betriebsparameter Eintrittstemperatur, Massendurchsatz und zugeführte Leistung bestimmt. Der angezeigte Meßwert ist mit Fehlern behaftet aus:

- a) dem Meßfühler selbst, sowie Alterungsprozessen, die im wesentlichen von den Abmessungen, den Materialien, dem Temperaturniveau und der Zeit abhängen;
- b) der Vergleichsstelle;
- c) den Meßgeräten (mV-Analogeingang bis zum digitalen Ausgang).

Zu a) Meßfühler:

Im Rahmen von Bündelexperimenten beim ORNL (Oak Ridge National Laboratory, USA) wurde eine ausführliche Analyse der potentiellen Fehlerquellen von Mantelthermoelementen mit 0.5 mm Durchmesser



durchgeführt /18/. Danach ist ein wesentliches Ergebnis, daß mit den untersuchten Chromel-Alumel-Mantelthermoelementen von 0.5 mm Durchmesser im Temperaturbereich 400 - 800 °C die 3/8 %-ISA-Toleranz nicht erreicht wurde. Es wird deshalb von ORNL vorgeschlagen, daß jede gekaufte TE-Anordnung zur Korrektur kalibriert werden muß, wenn die 3/8 %-ISA-Toleranz (bei 400 °C darf der maximale Fehler  $\pm 1.5$  K nicht überschreiten) gefordert wird.

Eigene Eichmessungen an instrumentierten Einzelstäben ergaben für 18 Thermoelemente Aussagen über die Absolutabweichung in der Temperatur. Diese 18 Mantelthermoelemente (Chromel-Alumel) hatten einen Durchmesser von 0.5 mm und waren im Bereich der Meßspitze mit BN ausgestopft. Je nach axialer Meßposition am Heizstab wurden diese TE bis zu einer Länge von 1.1 m auf 0.4 mm Durchmesser verjüngt, um den Nutquerschnitt klein zu halten. Der ausgemessene Temperaturbereich war 310 °C bis 490 °C. Die jeweilige Bezugstemperatur im Eichofen wurde mit einem geeichten Platin-Widerstandsthermometer in Verbindung mit einer Smith-Brücke auf  $\pm 0.1$  K genau gemessen. Aufbau der Meßanordnung und Versuchsdurchführung sind in /10/ beschrieben. Das Ergebnis dieser Eichmessung ist, daß 16 TE für den gesamten Meßbereich innerhalb eines Fehlerbandes von  $\pm 1.5$  K Absolutabweichung lagen. Damit war die 3/8 %-ISA-Toleranz bei 400 °C für 90 % der untersuchten Thermoelemente erfüllt.

Zu b) Vergleichsstelle:

Als Vergleichsstelle wurde ein Eispunkt-Thermostat mit Peltier-Kühlung verwendet. Die maximale Abweichung vom Vergleichswert 0 °C aufgrund von Eichmessungen vor dem Einsatz bei den Bündelexperimenten betrug  $\pm 0.1$  K.

Zu c) Meßgeräte:

Die Anzeige der gemessenen Thermospannungen erfolgte an einem Voltmeter in digitaler Form mit 1  $\mu$ V-Auflösung. Die Aufnahmegeschwindigkeit von 10 Meßwerten pro Sekunde reichte für eine genügend große Integrationszeit für jeden Meßwert, um bei diesen stationären Versuchen die volle Anzeigegenauigkeit auszuschöpfen. Die Daten wurden auf Magnetbändern gespeichert. Für die Auswertung wurden jeweils die Mittelwerte aus 4 aufeinanderfolgenden Durchläufen aller Meßwerte verwendet. Diese Meßgeräte weisen einen Gesamtfehler von  $\pm 6$  Digits in jedem Meßbereich auf (s. A.1.4).

Mit Hilfe eines Programmes wurden die aufgezeichneten mV-Werte der Temperaturen nach IPTS-48 in Grad Celsius umgerechnet. Die maximale Abweichung der errechneten Werte, aufgrund des Polynomansatzes, in bezug auf die Grundwerte der Thermospannungen liegt bei  $\pm 0.3$  K.

Für die im 19-Stabbündel eingesetzten Thermoelemente können direkt keine absoluten Fehler angegeben werden, da kein Bezugselement eingebaut war. Aufgrund einer Vielzahl von isothermen Vergleichsmessungen wird jedoch in Verbindung mit den oben beschriebenen eigenen Eichmessungen versucht, eine Aussage zum Absolutfehler zu machen.

In Abb. A.1 sind Ergebnisse aus isothermen Vergleichsmessungen von den Versuchsserien 1, 2 und 3 dargestellt. Es wurde dabei aus allen einwandfrei funktionierenden Thermoelementen für den konstanten isothermen Betriebszustand (Stableistung  $q = 0$ ) der Mittelwert gebildet. Aufgetragen ist jeweils die Anzahl der TE, welche eine bestimmte Temperatur-Differenz mit 0.5 K Schrittweite zum Summenmittelwert haben. Es zeigt sich, daß die Streuung um den Summenmittelwert fast eine Gleichverteilung darstellt. Eine Abweichung von mehr als 1 % vom Summenmittelwert wird nur von maximal 10 % der TE erreicht.

Da diese große Anzahl nicht ausgewählter TE sehr dicht beieinander liegt, wird angenommen, daß die Abweichung vom wahren Temperaturwert ähnlich dem ist, der sich aus den Eichmessungen ergeben hat. Zu beachten ist hierbei noch, daß die Eichmessungen in einem Temperaturbereich von 310 °C bis 490 °C erfolgten, das Temperaturniveau der in Abb. A.1 dargestellten Vergleichsmessungen jedoch bei 250 °C lag.

Der maximale Fehler in der absoluten Temperaturmessung wird aufgrund dieser Überlegungen in Verbindung mit den Eichmessungen für 86 % aller Thermoelemente mit  $\pm 1.5$  K abgeschätzt. Die restlichen TE weichen bis zu  $\pm 3.5$  K ab.

### A.1.2 Fehler durch Ortsänderung des Thermoelementes

Bei der Stabdrehung und der Gitterverschiebung entstehen durch die nicht genaue Einhaltung der angestrebten (idealen) Ortsänderung des betrachteten Thermoelementes weitere Fehler durch die Abweichung "Sollendstellung" und "Istendstellung". Zu unterscheiden sind:

- a) Winkeleinstellfehler,
- b) Geometrieänderungen der Stabanordnung im Kasten aufgrund von notwendigen Toleranzen durch
  - Stabdrehungen bzw.
  - Gitterverschiebungen,
- c) Geometrieänderungen durch thermohydraulische und mechanische Rückwirkungen,
- d) Geometrieänderungen durch unterschiedliche Temperaturniveaus (thermische Dehnung).

Zu a) Die Einstellgenauigkeit der Stabdrehwinkel lag bei  $\pm 2$  Grad.

Die verschiedenen Geometrieänderungen überlagern sich, sie können nicht einzeln beschrieben werden. Der Versuch einer diesbezüglichen Fehlerabschätzung der absoluten Temperatur bliebe Spekulation und erscheint deshalb nicht sinnvoll (vgl. hierzu Kap. 6, Bündelgeometrie).

### A.1.3 Fehler durch Einbautoleranz des Thermoelementes in die Hüllwand

Die endliche Ausdehnung der Meßperle des an der Meßspitze auf 0.4 mm Durchmesser verjüngten Mantelthermoelementes liegt in einem (vorwiegend) radialen Temperaturgradienten. Eine eindeutige geometrische Zuordnung des Meßwertes Temperatur zum Meßort ist nicht möglich /9,10/. Um die Störung des Temperatur- und Wärmestromfeldes durch den Temperaturfühler so gering wie möglich zu halten, wurden im Zusammenhang mit den 19-Stabbündel-Experimenten Spezialthermoelemente mit Bornitrid-Isolation in der Meßspitze entwickelt /11/ und eine entsprechende Löttechnik mit Nickellot zum einwandfreien Einbau der Thermoelemente in die Hüllwand erarbeitet. Die relativ genaueste Korrektur der gemessenen Hüllwandtemperatur zur Bestimmung der Staboberflächentemperatur ist nur mittels eines Eichverfahrens, der Doppelwandmethode /10/, möglich. Bei einer

Wärmestromdichte an der Staboberfläche von  $q = 100 \text{ W/cm}^2$  mit  $\lambda = 0.21 \text{ W/(cm}\cdot\text{K)}$  und der Einbautiefe von 0,25 mm ergeben sich für die Meßwertkorrektur von etwa 13 K zwischen der TE-Meßstelle und Staboberfläche folgende Fehler:

- Fehler der rechnerischen Meßwertkorrektur  $\pm 25 \% \hat{=} 3.3 \text{ K} / 9/$
- Fehler des Eichexperimentes kleiner als  $\pm 6 \% \hat{=} 0,8 \text{ K} / 10/$

#### A.1.4 Fehler in den azimuthalen Temperaturprofilen

Zur Darstellung des azimuthalen Temperaturprofils für feste Randbedingungen, d. h. für einen definierten Zustand der Versuchsparameter, wäre eine Momentaufnahme der tatsächlich am Stabumfang vorliegenden Temperaturen notwendig. Da dies nicht möglich ist, werden mit einem Thermoelement durch Stabdrehung 24 gleichmäßig verteilte Umfangspositionen in einem Zeitraum von etwa einer halben Stunde ausgemessen. Während eines solchen Versuchs bleiben die Versuchsparameter nicht konstant, denn folgende Einflüsse wirken auf die zu messende Temperatur:

- a) Schwankungen der Eintrittstemperatur aufgrund nicht konstanter Kühlerleistung durch Änderung der Umgebungstemperatur;
- b) Schwankungen im Massendurchsatz;
- c) Leistungsschwankungen der elektrischen Versorgung;
- d) Schwankungen der Vergleichsstelle (Peltier-Kühlung).

Um diese Schwankungen zu eliminieren, wurden die Anfangswerte eines solchen Versuchs als wahre Bezugsgrößen definiert. Jede am Stabumfang durch Drehung gemessene Temperatur wurde dann aufgrund der unter a) bis c) aufgeführten gemessenen Änderungen in bezug auf den definierten Anfangswert rechnerisch korrigiert. Aufgrund der endlich genauen Meßtechnik verbleibt ein Restfehler für die in den Ergebnis-Diagrammen ausgedruckten Temperaturen der Meßpunkte 2 bis 24 eines jeden Temperaturprofils. Er ist durch die Vergleichsstelle (siehe A.1.1b) und jeden vom Voltmeter angezeigten Wert — dieser beträgt in jedem Meßbereich  $\pm 6$  Digits entsprechend  $0.006 \text{ mV}$  — bestimmt. Somit setzt sich die maximale Fehlerbandbreite, die das gemessene und rechnerisch korrigierte Temperaturprofil überlagert, aus folgenden Anteilen zusammen:

$$\Delta v_1 = |0.1| \text{ K}$$

(Vergleichsstelle)

$$\Delta v_2 = \frac{U \cdot I \cdot 19}{\dot{m} \cdot c_p} \cdot \left( 19 \cdot \frac{|\Delta I|}{I} + \frac{|\Delta U|}{U} + \frac{|\Delta \dot{m}|}{\dot{m}} \right)$$

(Der Faktor 19 ist durch die Anzahl der Stäbe gegeben)

$$\Delta v_3 = |0.15| \text{ K}$$

(Dieser Wert entspricht den 6 Digits, d.h. 0.006 mV umgerechnet in °C und gilt als maximale Abweichung für die Anzeige des neuen Wertes gegenüber dem Anfangswert vom betrachteten TE).

Werden folgende mittlere Werte aus Versuch 3693 (hier ergibt sich der maximale Wert  $\Delta v_2$  für die mitgeteilten Versuche)

U	= 39.41 V	(direkte Anzeige)
$\Delta U$	= 0.006 V	(0.006 V bzw. 6 Digits in der Anzeige)
$I_s$	= 344.74 Amp	(20.684 mV Anzeige)
$\Delta I_s$	= 0.1 Amp	(0.006 mV bzw. 6 Digits in der Anzeige)
$\dot{m}$	= 1.246 gk/sec	(1.071 mV Anzeige)
$\Delta \dot{m}$	= 0.007 kg/sec	(0.006 mV bzw. 6 Digits in der Anzeige)

zur Berechnung von  $\Delta v_2$  verwendet, so erhält man als maximalen additiven Restfehler

$$|\Delta v_1| + |\Delta v_2| + |\Delta v_3| = |2.1| \text{ K}$$

Der zu erwartende wahrscheinliche Fehler, berechnet durch die Wurzel aus der Summe der Einzelfehlerquadrate ( $\Delta v_2$  besteht dabei aus drei Anteilen) wird danach zu  $\pm 1.3 \text{ K}$  bestimmt.

## A.2 Fehler in der Leistungsbestimmung

Zur Leistungsmessung wurden der Spannungsabfall U am Stabbündel sowie die Ströme der Einzelstäbe  $I_1$  bis  $I_{19}$  getrennt gemessen. Für die Spannungsmessung wird der Fehler durch das Voltmeter mit  $\pm 6$  Digits bestimmt, für die Strommessung wird der Fehler durch die verwendeten Shunts der Klasse 0.1 bestimmt. Bei den kleineren Bündelleistungen (z. B. V 4303) ergeben sich die größten Fehler, nämlich  $\pm 0.02 \%$  für die Spannungsmessung und  $\pm 0.2 \%$  für die Strom-

messung. Der Summenfehler der Leistungsmessung beträgt also  $\pm 0.22\%$  von der Gesamtleistung, der zu erwartende wahrscheinliche Fehler beträgt rund  $0.2\%$ .

Aufgrund der Durchmessertoleranz der Heizstäbe von  $\pm 0.02\text{ mm}$  und der Toleranz für die beheizte Länge von  $\pm 3\text{ mm}$  ergibt sich ein Fehler für die Bezugsfläche von  $0.6\%$ . Der maximale Gesamtfehler für die in den Diagrammen angegebene Staboberflächenleistung  $q$  ist damit  $\pm 0,8\%$ .

### A.3 Fehler in der Massenstrombestimmung

Der verwendete elektromagnetische Durchflußmesser wurde beim Hersteller geeicht. Nach Angaben des Herstellers betrug die Genauigkeit bei Lieferung  $\pm 2\%$ . Es wird mit einer Genauigkeit zwischen  $\pm 2\%$  und  $\pm 3\%$  (kleine Massenströme) gerechnet.

### A.4 Wärmeverluste durch die Kastenwand

Die Wärmeisolation im Bereich der beheizten Länge besteht aus einem ca.  $40\text{ mm}$  dicken Luftringraum, der von einer geteilten zylindrischen Stahlschale begrenzt wird. Diese Stahlschale ( $150\text{ mm}$  Durchmesser) ist von einer  $100\text{ mm}$  starken Glaswollschicht umgeben und mit Alufolie und Asbestband umwickelt. Der Luftraum außerhalb des Sechskantkastens wurde vorgesehen, um die Kastenwand-Thermoelemente bei der Montage nicht zu beschädigen. Ein gewisser Temperaturausgleich durch Naturkonvektion kann nicht ausgeschlossen werden, so daß der Isolationsbeitrag der  $40\text{ mm}$  dicken Luftschicht als klein angesehen werden muß und somit die Glaswolle die eigentliche Isolation darstellt. Der mittlere Wärmeverlust im Bereich der beheizten Länge wurde mit zwei unterschiedlichen Methoden ermittelt:

#### Methode I:

Über eine Wärmeleitungsrechnung aus dem Wandkanal heraus an die äußere Kastenfläche wurde der Wärmestrom ermittelt. Zu diesem Zweck wurden am Ende der beheizten Zone gemessene Wandkanaltemperaturen verwendet und eine lineare Aufheizung in den Wandkanälen von der

ebenfalls gemessenen Eintrittstemperatur her angenommen. Ergänzend wurden auch gerechnete mittlere Wandkanaltemperaturen verwendet.

Als Ergebnis für den mittleren Wärmeverlust ergab sich:

$q_v = (1.6 \pm 0.7) \%$  der Gesamtleistung /2/. Die Streubreite für  $q_v$  beinhaltet unterschiedliche Temperaturniveaus zwischen 300 °C und 500 °C sowie Unsicherheiten der verwendeten physikalischen Daten.

#### Methode II: Versuchsserie 2 und 3

Aus 18 Versuchen mit unterschiedlicher Leistung und unterschiedlichem Massenstrom wurden durch Vergleich der gemessenen zugeführten elektrischen Bündelleistung und der gemessenen abgeführten Kühlmittelleistung die jeweiligen Gesamtverlustleistungen ermittelt. Unter Berücksichtigung der möglichen Wärmeaustauschflächen, die im Vergleich nicht vernachlässigt werden dürfen, erhält man auch danach einen mittleren Wärmeverlust von  $(1.6 \pm 0.6) \%$  bezogen auf die Gesamtleistung.

Damit ergeben sich zusammengefaßt folgende maximalen Fehler der Meßwerte:

Absoluttemperatur $\theta$	$\pm 1,5$ K (86 % aller TE), geschätzt
Azimutale Temperaturdifferenz $\Delta\theta$	$\pm 1,3$ K
Massenstrom $\dot{m}$	$\pm 2$ % bis $\pm 3$ % (kleiner $\dot{m}$ )
Oberflächenleistung $q$	$\pm 0,8$ %

TABELLE 1

Geometriedaten für Bündelmodelle und Brennelemente

Symb.	Dim.	Experiment		SNR 300-BE	
		Hydro /1/ (H <sub>2</sub> O)	Thermo(diese Arbeit) (Na)	Mark 1a	Mark II
n	-	19	19	166+3	127
D	mm	25.0	9.00+0.02/-0.02	6.0	7.6
P	mm	32.5	11.67/0.03/-0.03*	7.9	8.8
P/D	-	1.30	1.30	1.32	1.16
W	mm	16.72	6.30+0.3/-0.3*	4.62	5.40
W/R	-	1.34	1.40*	1.54	1.42
R <sub>K</sub>	mm	16.72	6.03+0.1/-0.1*	2.5	3.0
SW <sub>i</sub>	mm	146.0	53.00+0.3/-0.3*	105.	102.25
L <sub>g</sub>	mm	2000.	970.	2444.	2443.
L	mm	-	700.	950.	950.
D <sub>H</sub>	mm	18.42	6.78*	5.38	3.70
D <sub>HZ</sub>	mm	21.9	7.70+0.07/-0.09*	5.46	3.64
D <sub>HW</sub>	mm	16.8	6.44+0.5/-0.5*	5.19	4.79
D <sub>HE</sub>	mm	8.5	3.36+0.5/-0.5*	3.57	3.22
L <sub>g</sub> /D <sub>H</sub>	-	109.	143.	454.	660.
L/D <sub>H</sub>	-	-	103.	177.	257.
ΔL <sub>G</sub>	mm	660	180.	≈150.	≈150.
ΔL <sub>G</sub> /D <sub>H</sub>			26.6	28.	41.
H <sub>G</sub>	mm	20.	15.	15.	15.
A <sub>SK</sub>	mm <sup>2</sup>		2421.*		
A <sub>B</sub>	mm <sup>2</sup>		1208.7*		
A <sub>Z</sub>	mm <sup>2</sup>		27.22+0.8/-1.8*		
A <sub>W</sub>	mm <sup>2</sup>		41.41+3.1/-3.4*		
A <sub>E</sub>	mm <sup>2</sup>		9.60+1.9/-2.2*		
ε <sub>GZ</sub>	%		26.2+2.0/-2.7*		
ε <sub>GW</sub>	%		26.7+2.8/-2.8*		
ε <sub>GE</sub>	%		39.8+5.2/-10.7*		

\*)

Werte durch Schliffbildausmessung gewonnen; der in den Abbildungen ausgedruckte Wert D<sub>H</sub>=6.75 ergibt sich aus den Zeichnungsmaßen.



TABELLE 2

Prozentuale Leistungsabweichung der einzelnen Stäbe vom arithmetischen Mittelwert.

Stab Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Abw. %	+0.5	+0.3	+1.1	-5.2	-0.5	+0.3	-1.3	-1.3	+1.1

Stab Nr.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Abw. %	0.0	+3.5	-5.6	+0.3	+1.1	+1.1	+0.5	0.0	+1.7	+0.9

TABELLE 3 Matrix der Versuchsparameter

Beheizung aller Stäbe, $\theta = f(\phi)$					
Stab	$\overline{Pe}$	q	G		ABB.
W12, E11, Z3	350	85	50 ... 240		14 ... 67
W12, E11, Z3	350	65	0 ... 315		68 ... 139
W12, E11, Z3	350	45	120 ... 240		140 ... 167
W12, E11, Z3	230	65	315		168 ... 173
W12, E11, Z3	160	65	315		174 ... 179
W12, E11, Z3	130	65	315		180 ... 185
W12, E11, Z3	90	45	315		186 ... 191

Einzelstabbeheizung von Wand- bzw. Eckstab, $\theta = f(\phi)$					
Stab	$\overline{Pe}$	q	G		ABB.
W12, E11, Z3	230	65	315		225 ... 230
W12, E11, Z3	150	65	315		231 ... 236
W12, E11, Z3	150	65	315		237 ... 242
W12, E11, Z3	80	65	315		243 ... 248
W12, E11, Z3	80	65	315		249 ... 254

Stabbiegung, Beheizung aller Stäbe, $\theta = f(S/S_0)$					
Stab	$\overline{Pe}$	q	G	S/S <sub>0</sub>	ABB.
E12, E11, Z3, Z4	350	85	0	0.2 ... 1.85	255 ... 261
E12, E11, Z3, Z4	350	65	0	0.2 ... 1.85	262 ... 268
E12, E11, Z3, Z4	230	85	0	0.2 ... 1.85	269 ... 275
E12, E11, Z3, Z4	160	85	0	0.2 ... 1.85	276 ... 282

Stabbiegung, Beheizung aller Stäbe, $\theta = f(\phi)$					
Stab	$\overline{Pe}$	q	G	B	ABB.
W12, E11	350	85	0	+720	284 ... 287
W12, E11	350	85	0	0	288 ... 291
W12, E11	350	85	0	-720	292 ... 295
W12, E11, Z3	350	65	0	+720	296 ... 301
W12, E11, Z3	350	65	0	-720	302 ... 307
W12	350	65	0	+600	308 ... 309
W12	350	65	0	-600	310 ... 311

$\theta$  |°C| Wandtemperatur  
 $\phi$  |°| Winkel  
S |mm| engster Spalt zw. Stäben  
S<sub>0</sub> |mm| S bei nomineller Geometrie  
 $\overline{Pe}$  mittlere Péclet-Zahl  
q |W/cm<sup>2</sup>| Wärmestromdichte  
G Gitterstellung  
B Biegestabstellung

Hinweis:  $\overline{Pe}$  und q in dieser Tabelle: abgerundete Werte

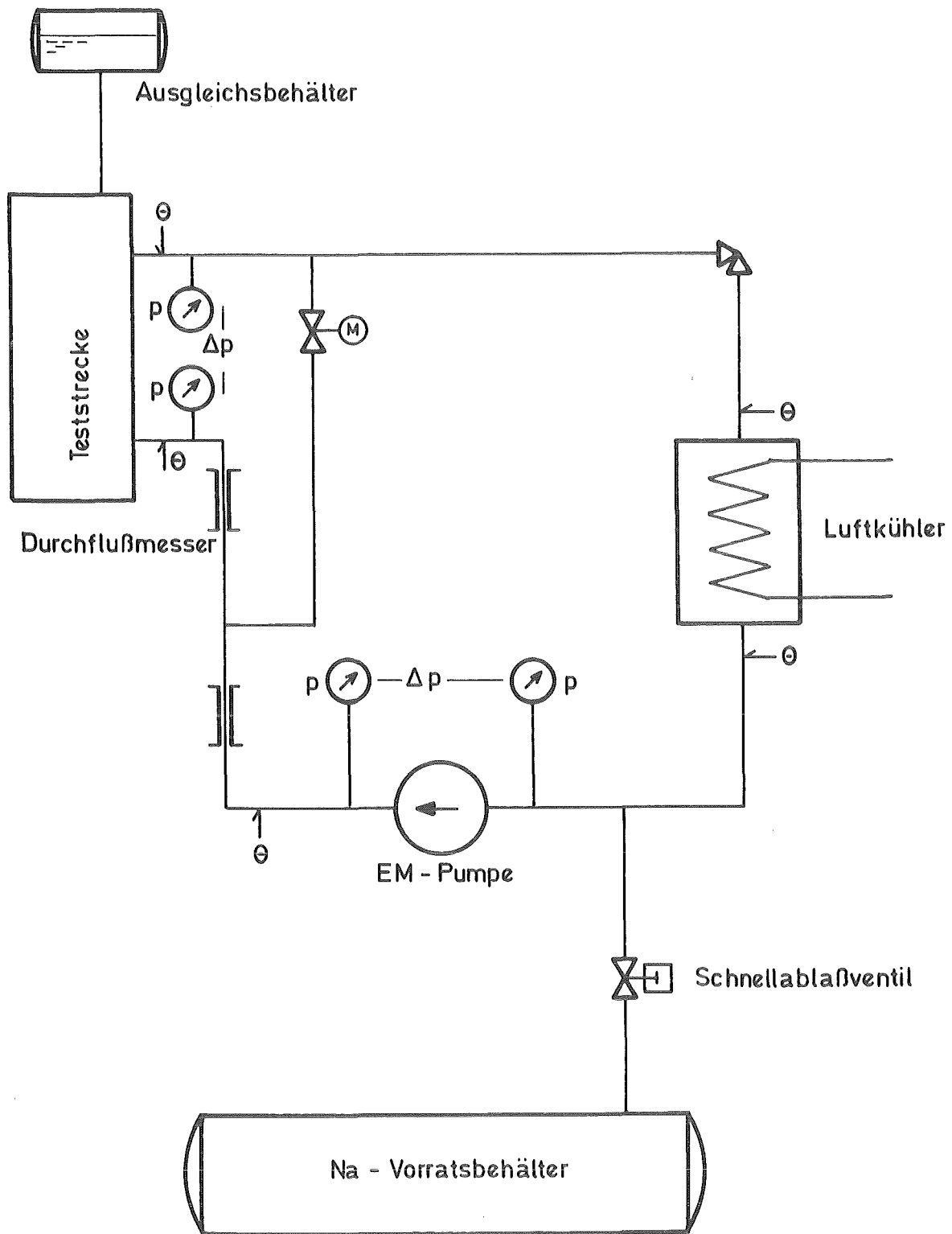


ABB.1 NATRIUMPRÜFSTAND WÜP II

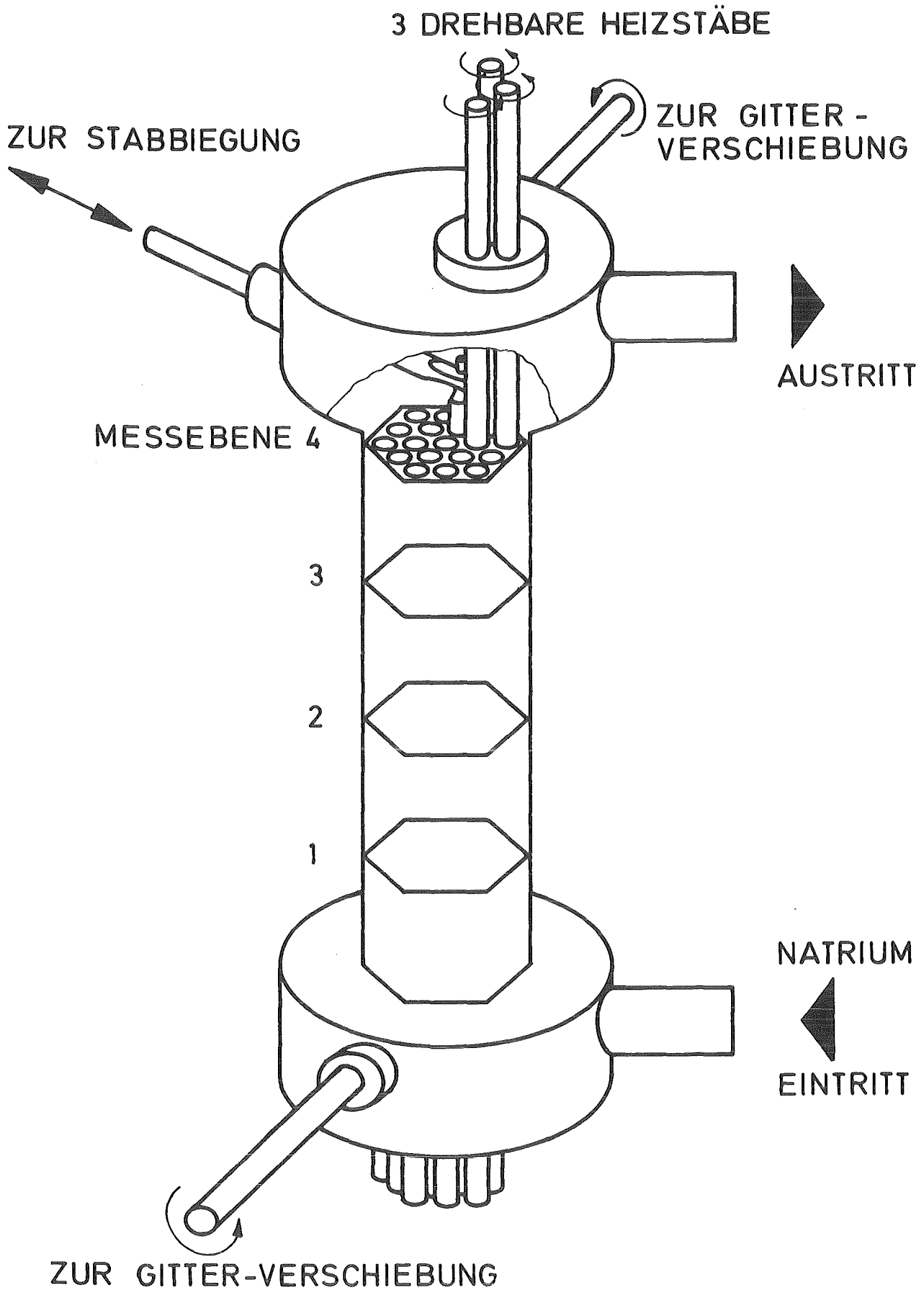
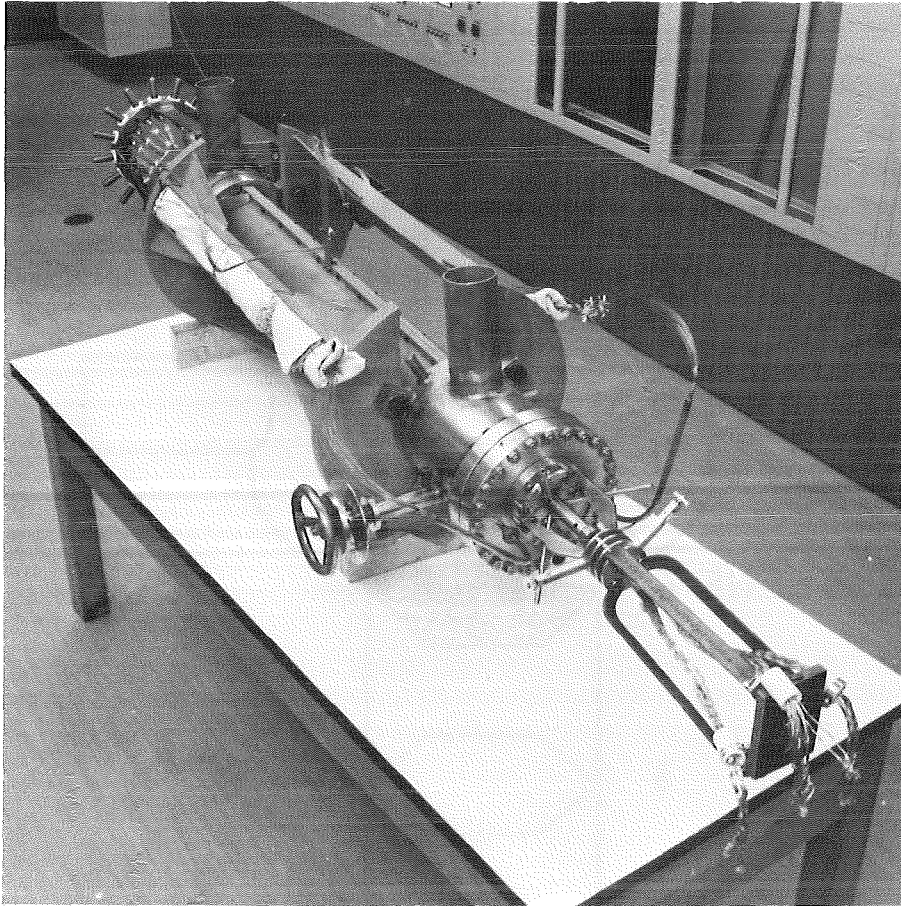
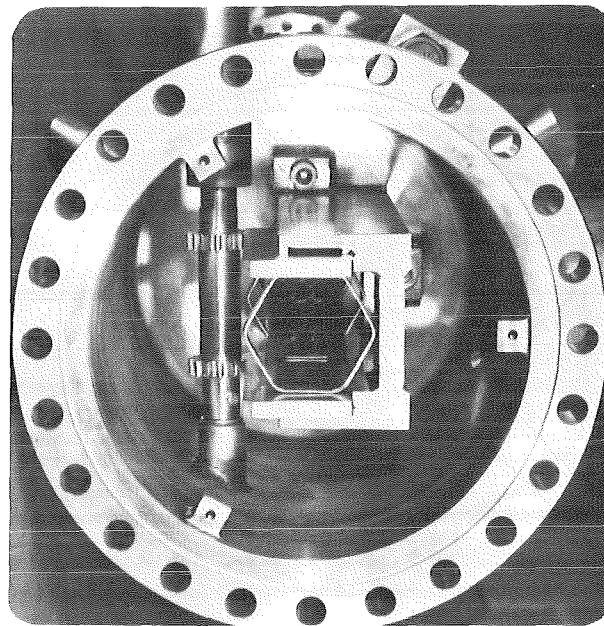


ABB.2 TESTSTRECKE, SCHEMA

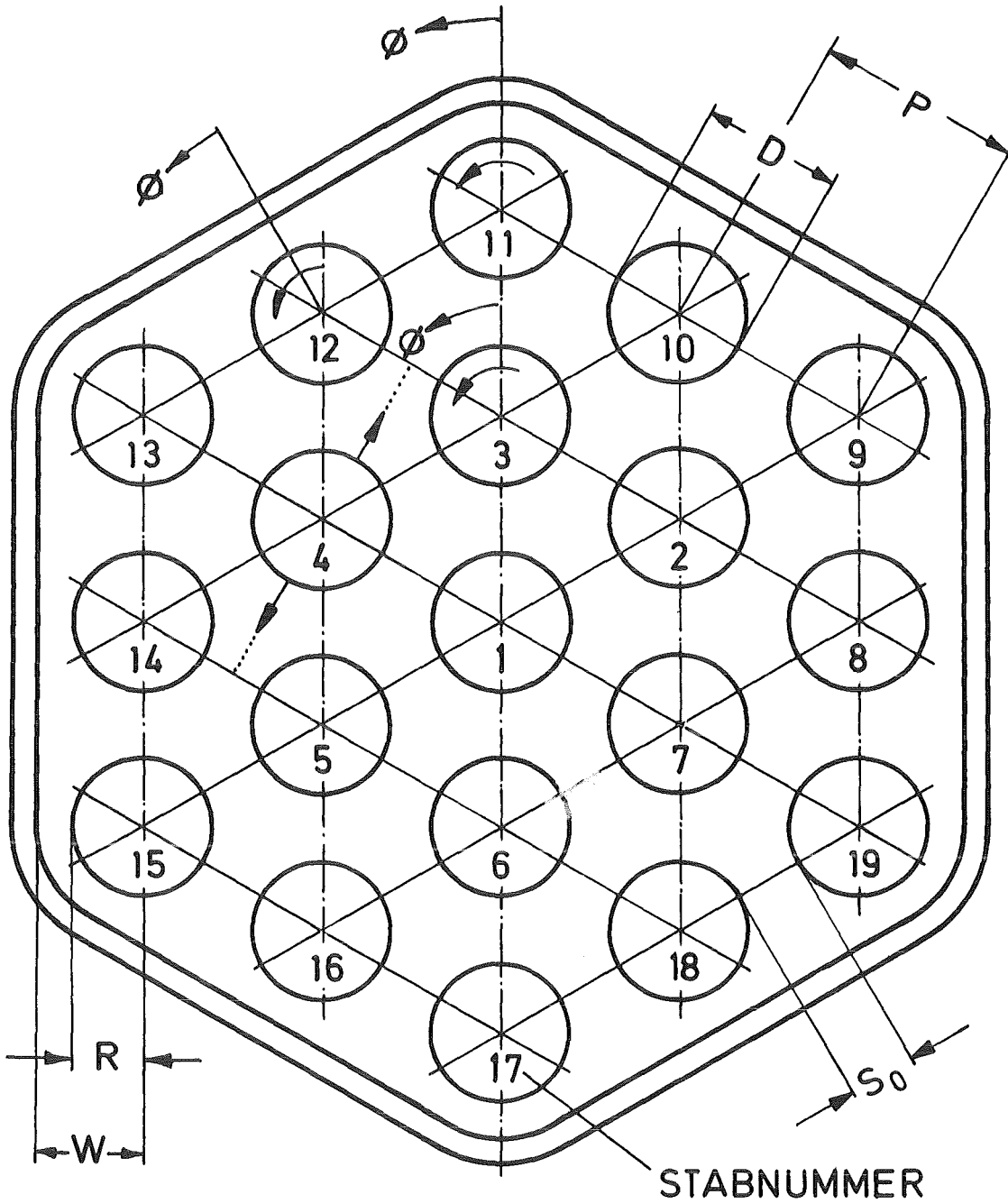


a) Teststrecke



b) oberer Sammler mit  
Gitterschiebeeinrichtung

ABB. 3 TESTEINRICHTUNG FÜR 19-STABBÜNDEL-  
EXPERIMENTE IN NATRIUM



STRÖMUNGSRICHTUNG VON UNTEN NACH OBEN

ABB.4 BEZEICHNUNGEN AM BÜNDEL

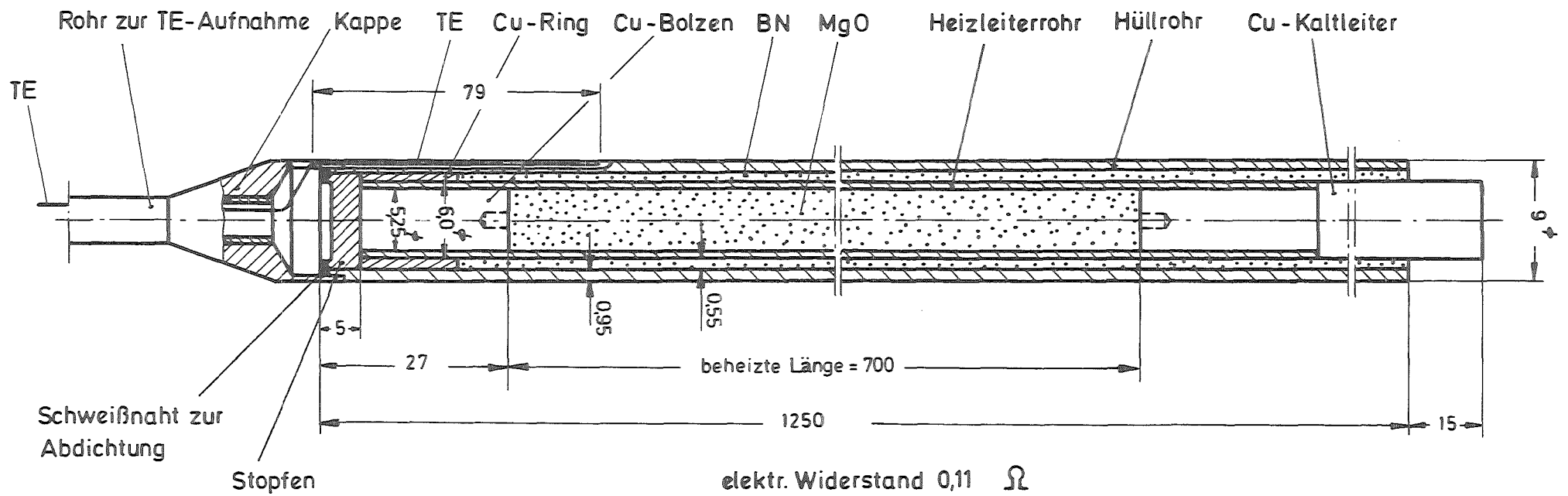
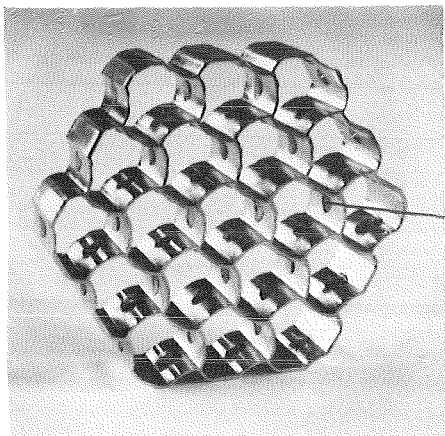


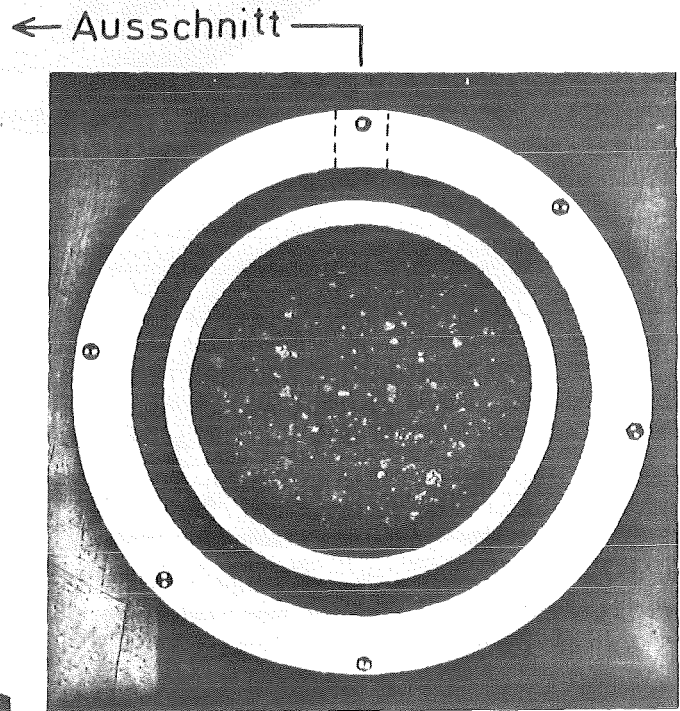
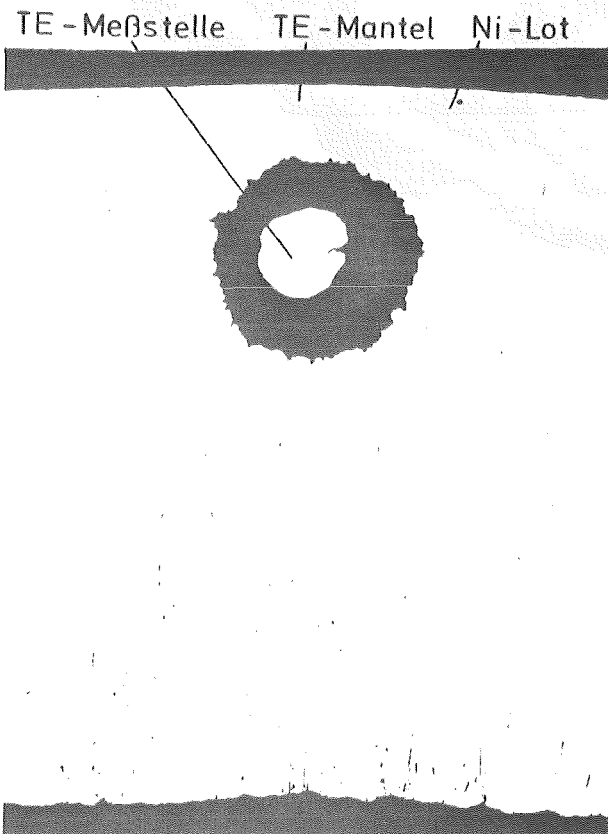
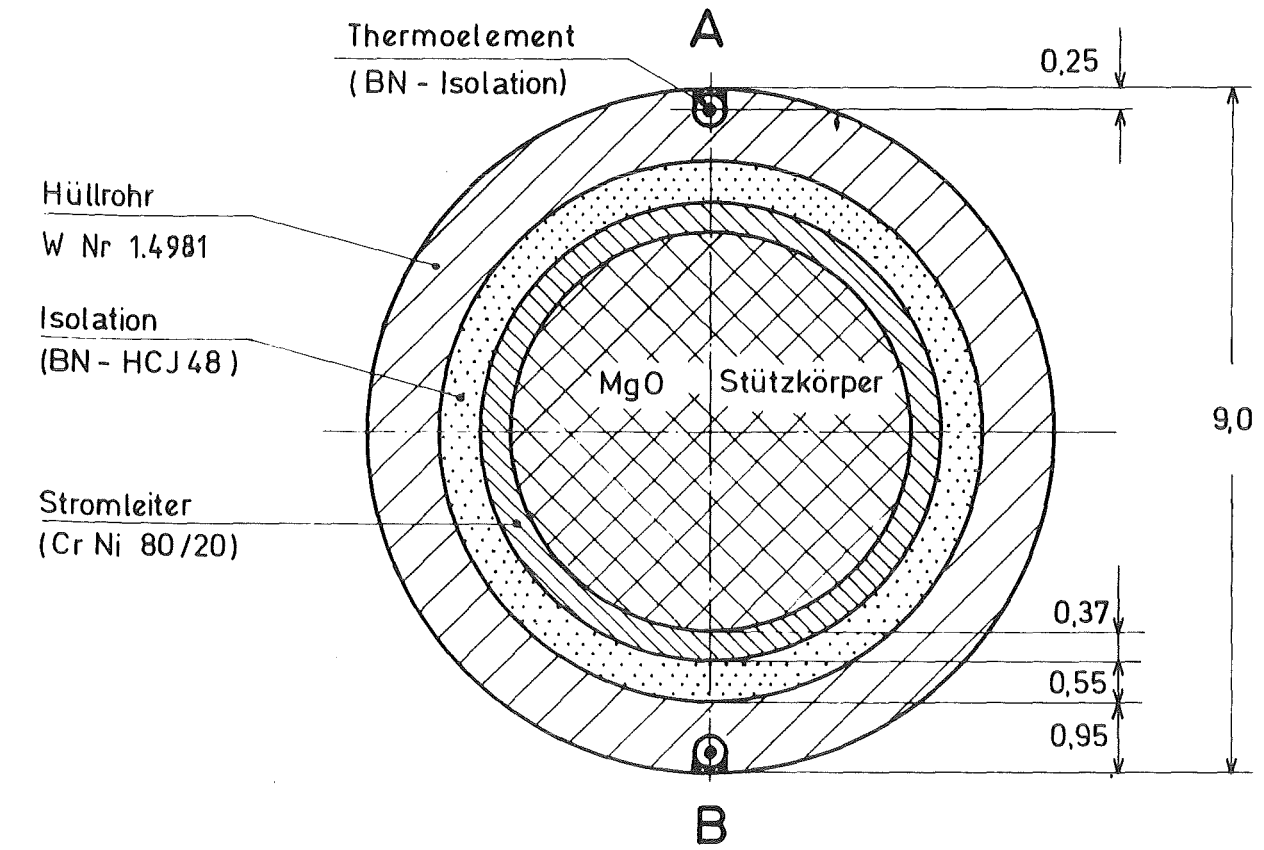
ABB. 5 HEIZSTABAUFBAU



Stütznoppen: Armco-Eisen

ABB.6 ABSTANDSHALTER AH 3 IM BÜNDEL - QUERSCHLIFF





19 - Stabbündel-Experimente in Natrium  
Wandtemperatur - Meßtechnik

ABB. 7

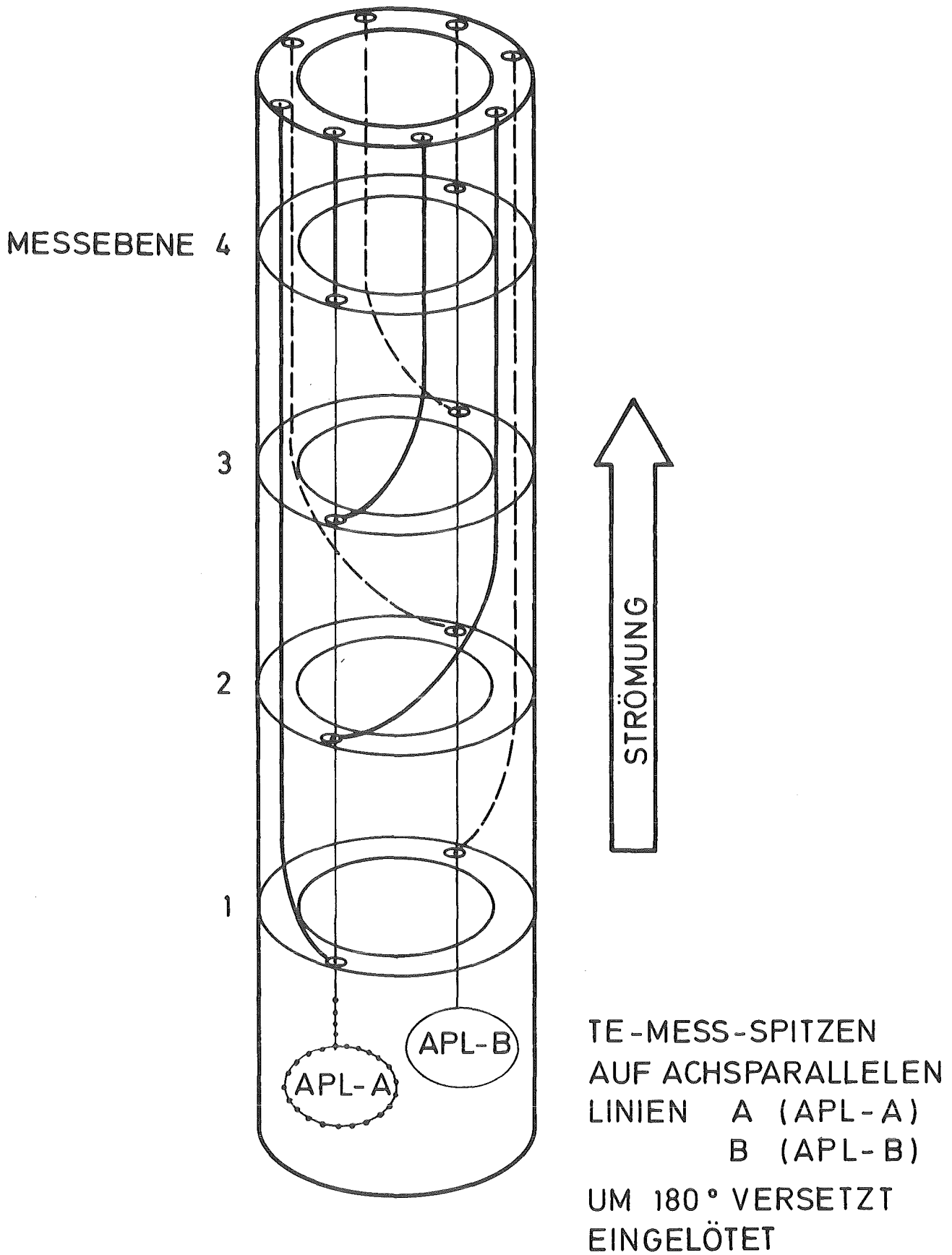


ABB. 8 HEIZSTABINSTRUMENTIERUNG

DREHBARER HEIZSTAB

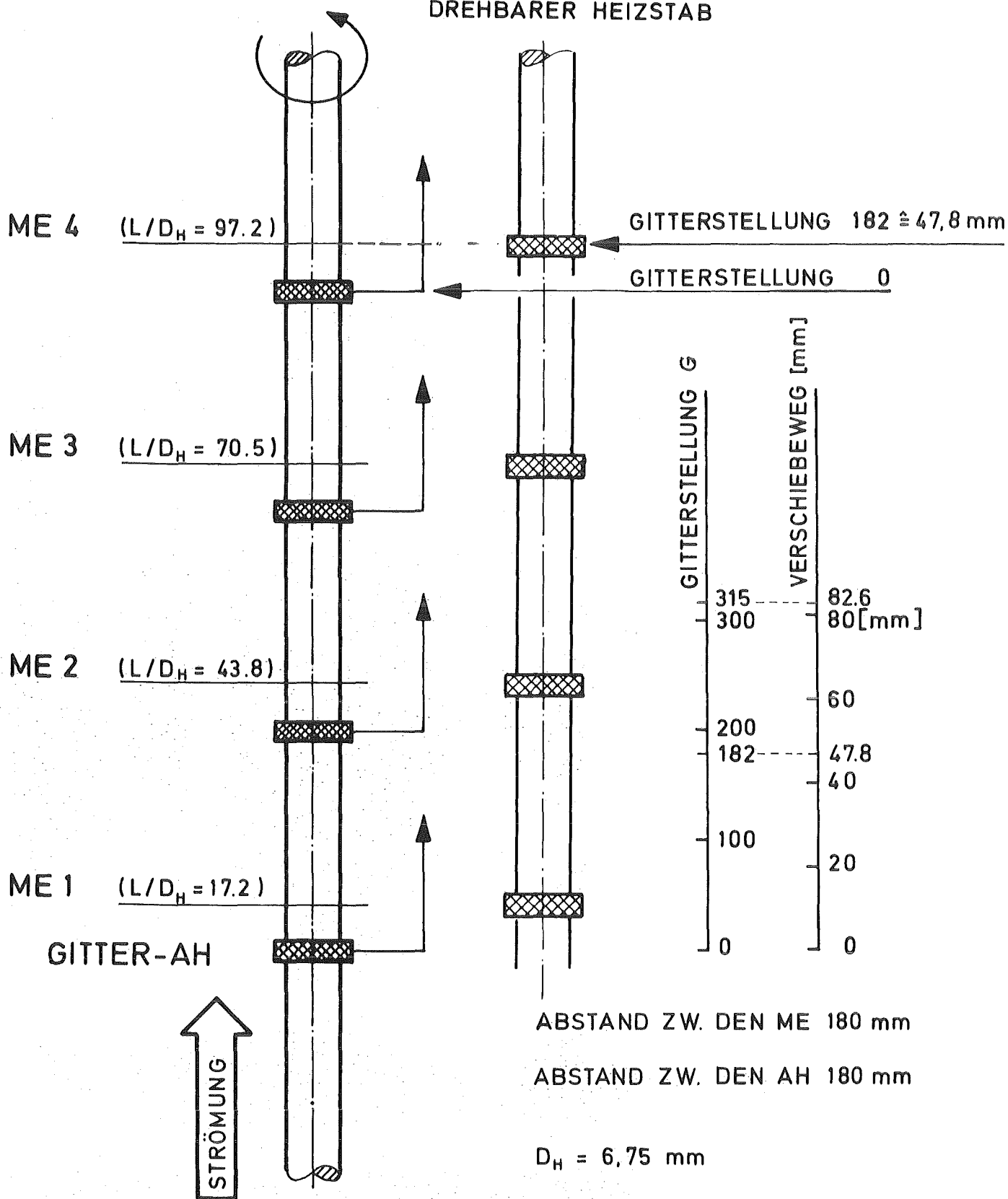


ABB.9 ZUORDNUNG: GITTERSTELLUNG - MESSEBENE

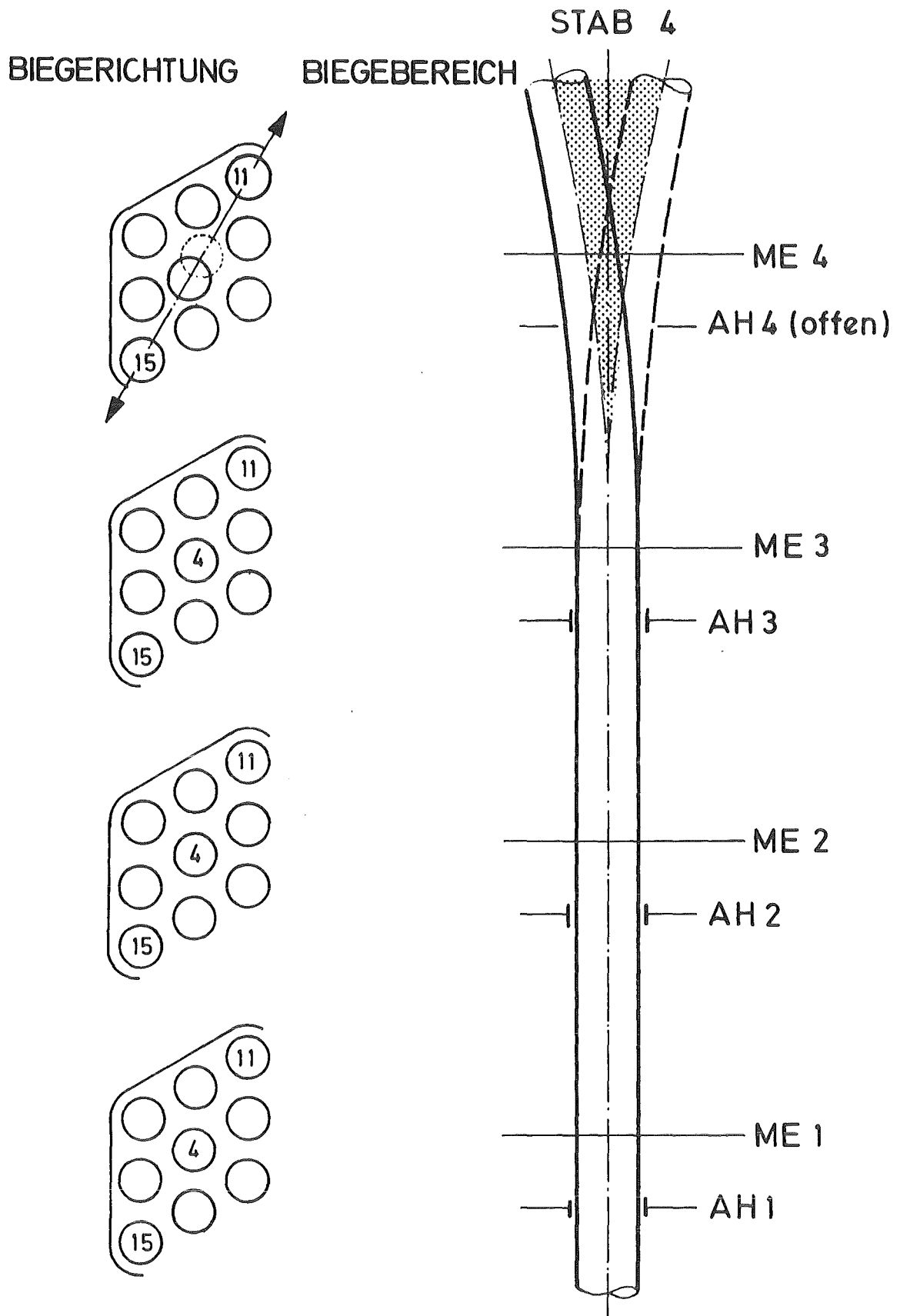


ABB.10 STABVERBIEGUNG AM ENDE DER BEHEIZTEN ZONE (GITTERSTELLUNG 0)



DREHBARE STÄBE: 3, 11, 12

BIEGESTAB: 4

ABB.11 BÜNDELQUERSCHLIFF IN DER MESS -  
EBENE ME 4

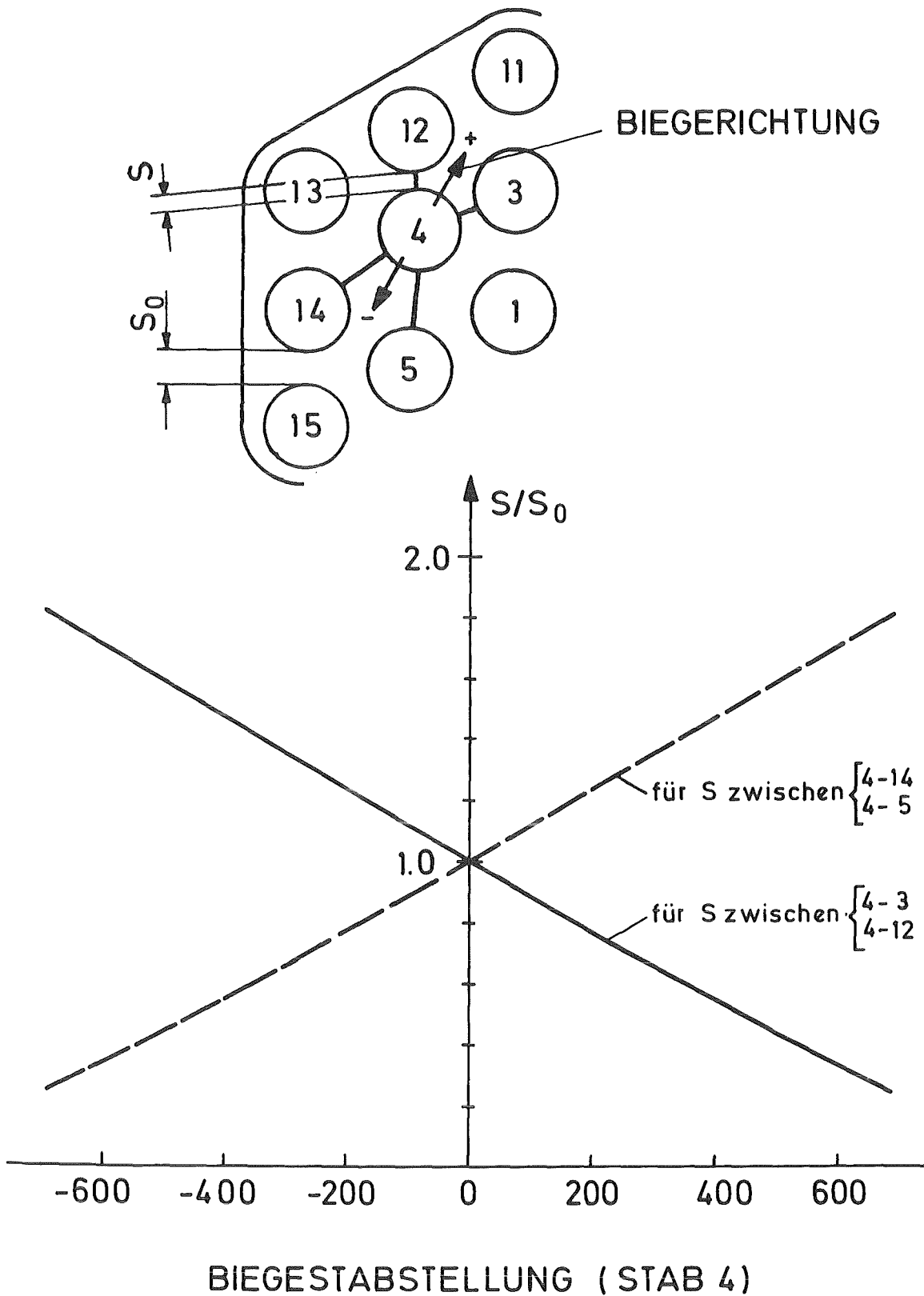


ABB. 12 ZUORDNUNG: BIEGESTABSTELLUNG ZUR SPALTBREITE  $S$  IN MESSEBENE 4

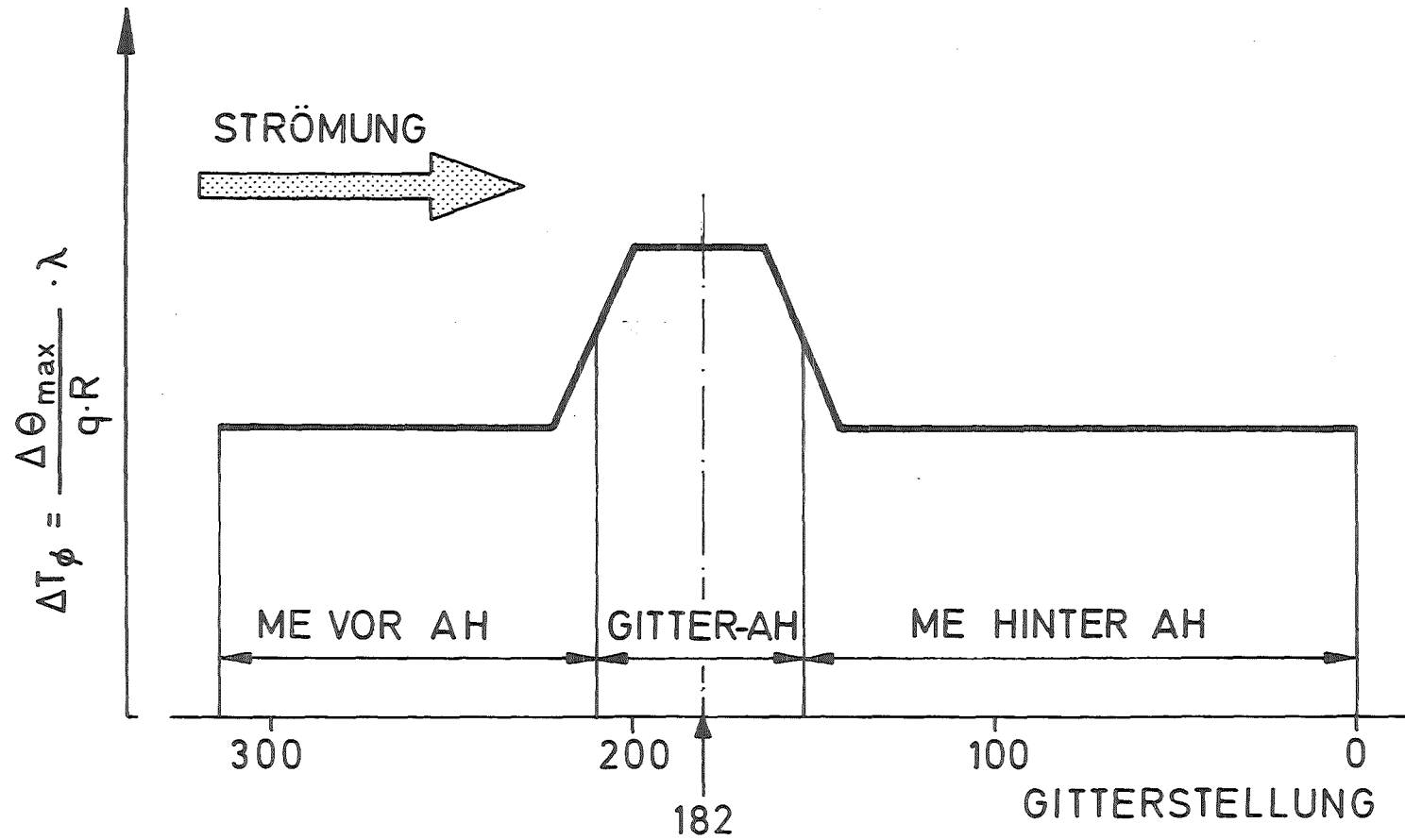
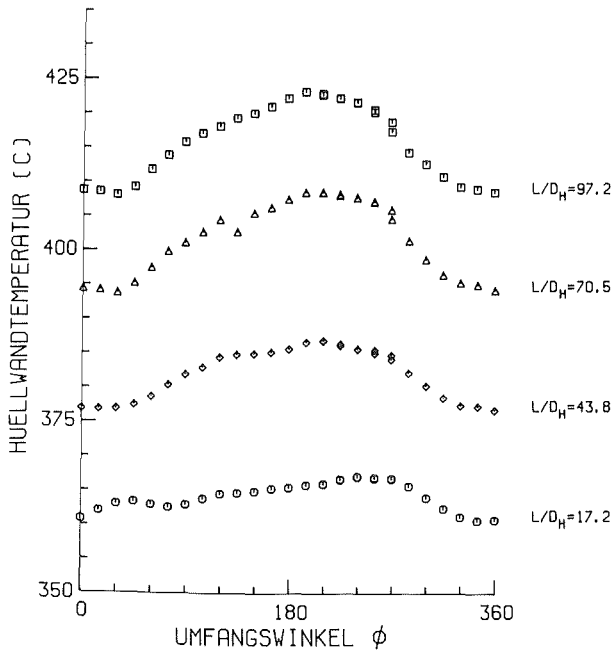
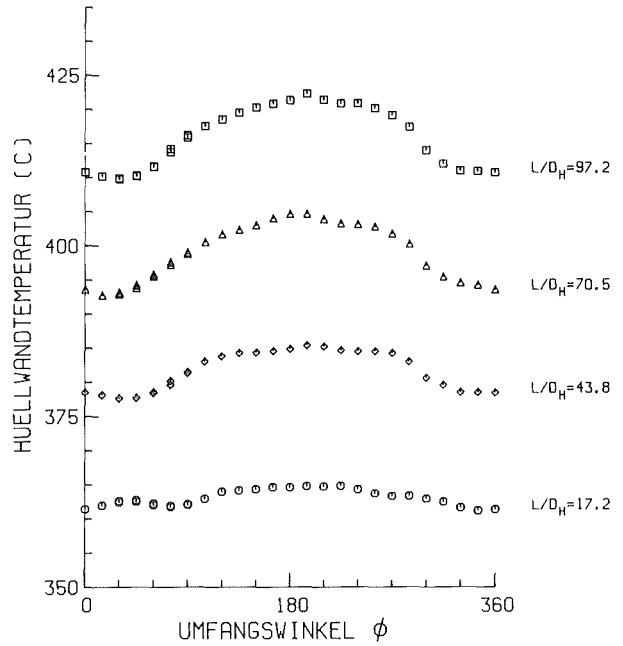


ABB. 13 EINFLUSS DER GITTERSTELLUNG AUF DIE MAXIMALEN AZIMUTALEN TEMPERATURDIFFERENZEN (SCHEMATISCH)



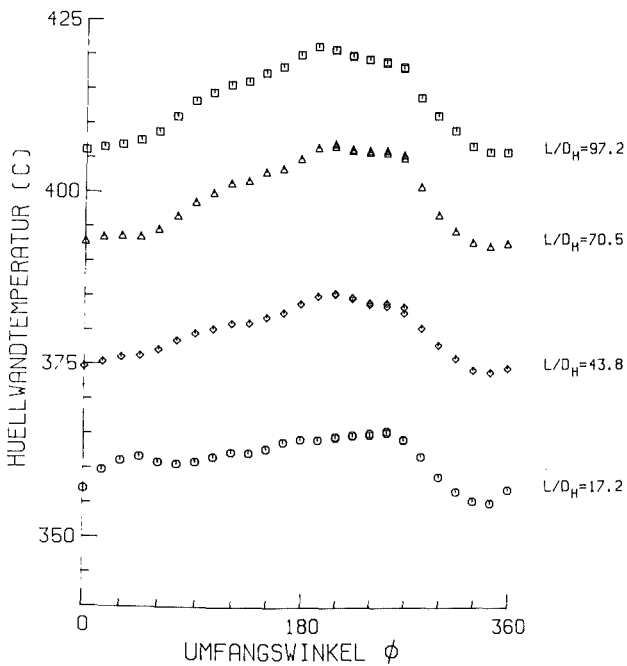
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 72388	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.651	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 83.7	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 328.4	
GITTERSTELLUNG	= 240	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	$\nabla$ 4198 APL-A

ABB. 14 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



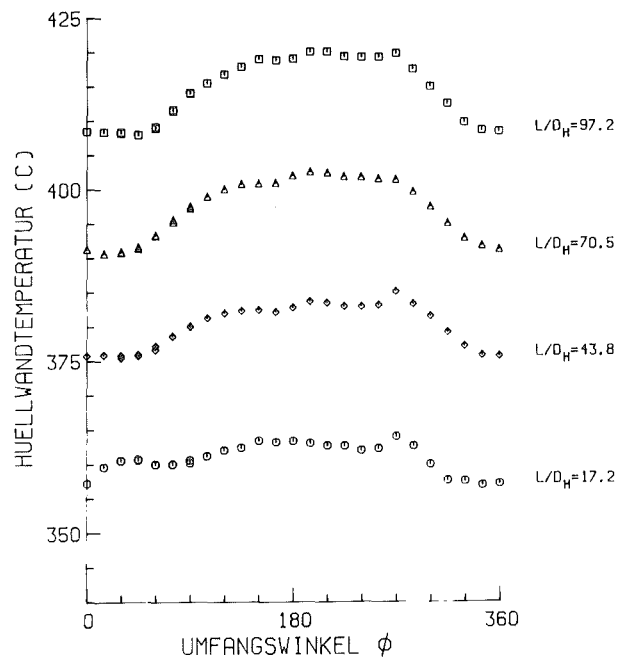
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 72388	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.651	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 83.7	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 328.4	
GITTERSTELLUNG	= 240	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	$\nabla$ 4198 APL-B

ABB. 15 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 72213	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.661	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 83.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 326.9	
GITTERSTELLUNG	= 210	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	$\nabla$ 4163 APL-A

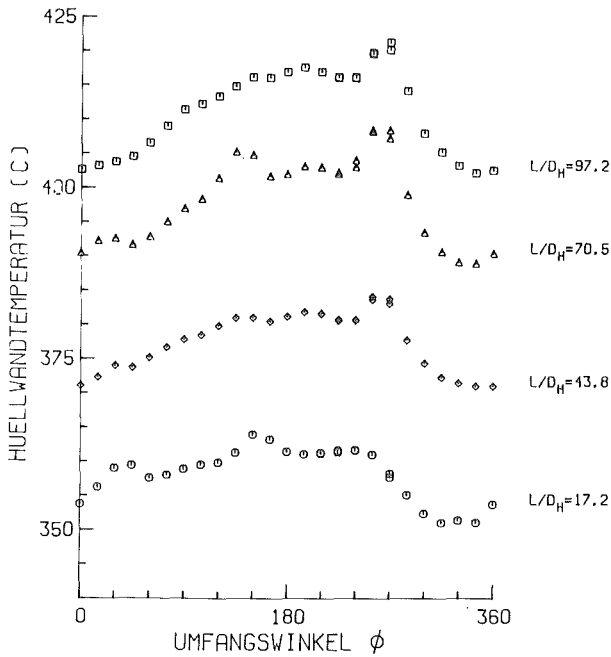
ABB. 16 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 72213	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.661	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 83.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 326.9	
GITTERSTELLUNG	= 210	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	$\nabla$ 4163 APL-B

ABB. 17 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



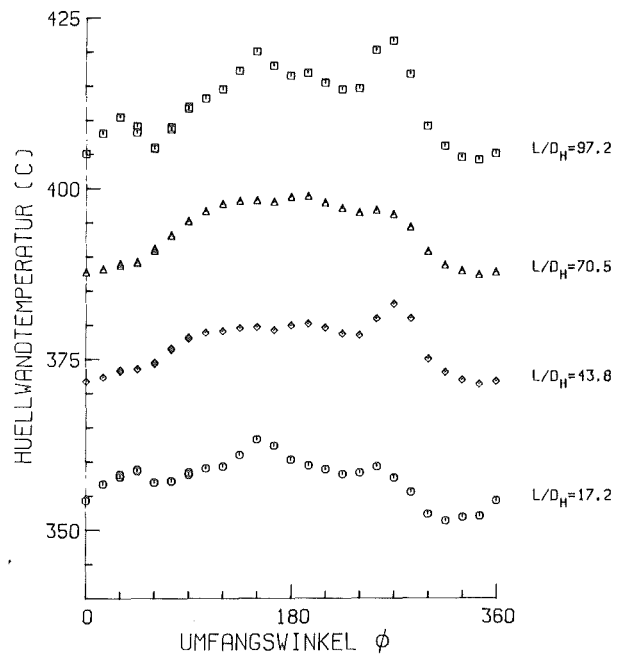


MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71673  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.657  
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 83.6  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.5  
 GITTERSTELLUNG = 200  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

D = 9.00 MM  
 D<sub>H</sub> = 6.75 MM  
 P/D = 1.30  
 W/R = 1.38

W 4133 APL-A

ABB. 18 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

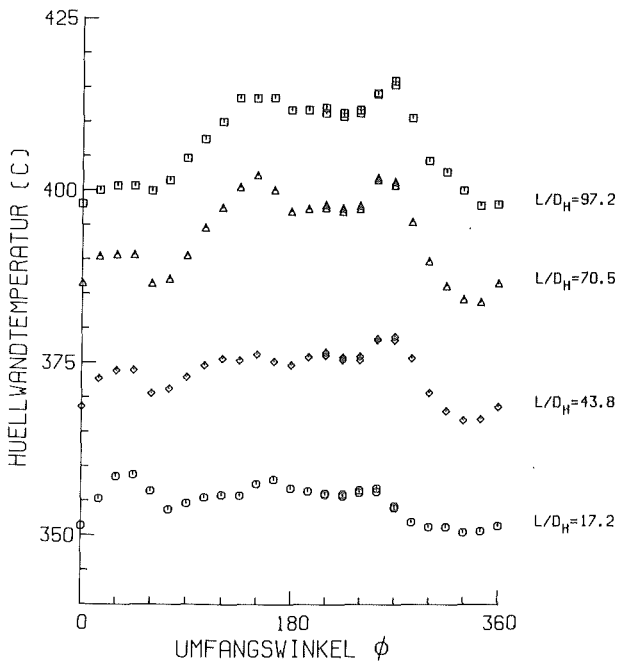


MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71673  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.657  
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 83.6  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.5  
 GITTERSTELLUNG = 200  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

D = 9.00 MM  
 D<sub>H</sub> = 6.75 MM  
 P/D = 1.30  
 W/R = 1.38

W 4133 APL-B

ABB. 19 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

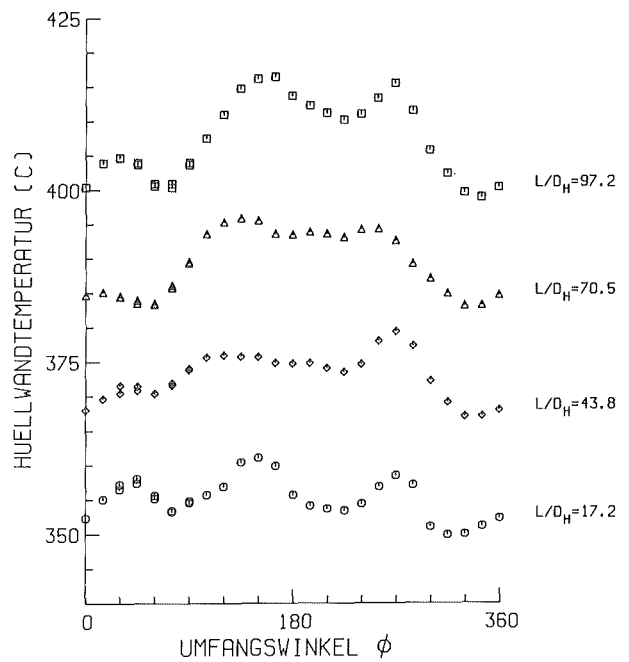


MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70294  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.627  
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 82.5  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

D = 9.00 MM  
 D<sub>H</sub> = 6.75 MM  
 P/D = 1.30  
 W/R = 1.38

W 4100 APL-A

ABB. 20 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

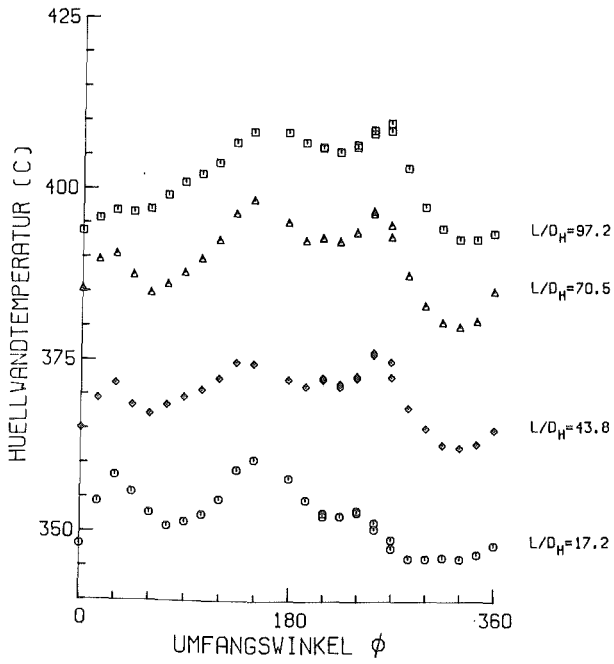


MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70294  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.627  
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 82.5  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

D = 9.00 MM  
 D<sub>H</sub> = 6.75 MM  
 P/D = 1.30  
 W/R = 1.38

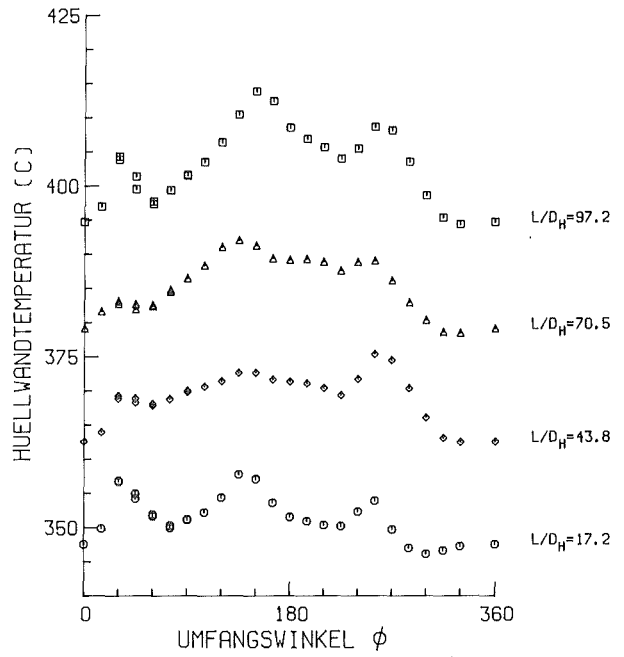
W 4100 APL-B

ABB. 21 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



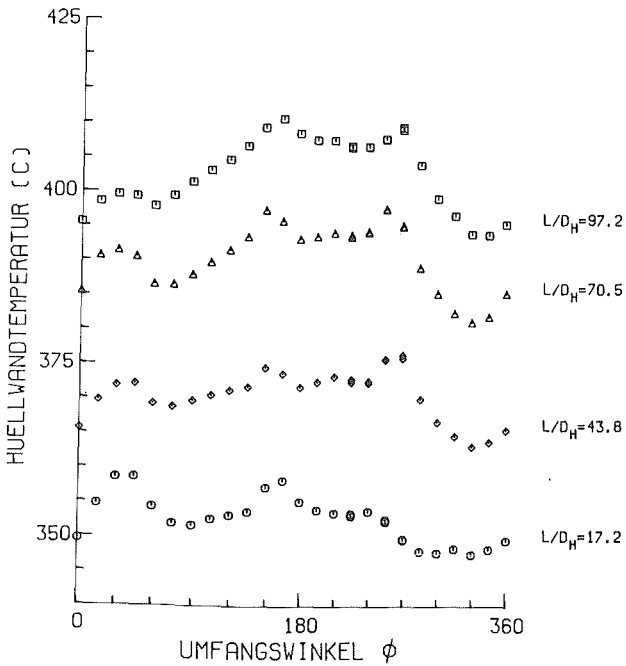
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70460       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.669       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 80.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.4  
 GITTERSTELLUNG = 170  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4069 APL-A

ABB. 22 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



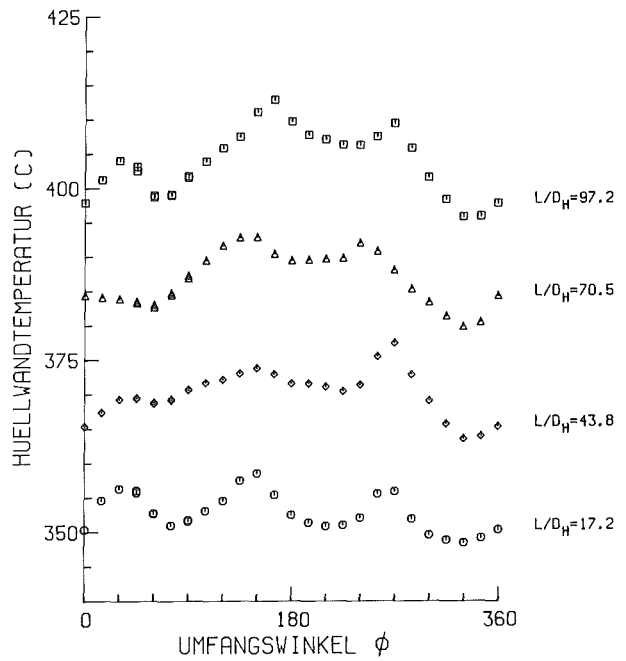
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70460       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.669       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 80.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.4  
 GITTERSTELLUNG = 170  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4069 APL-B

ABB. 23 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



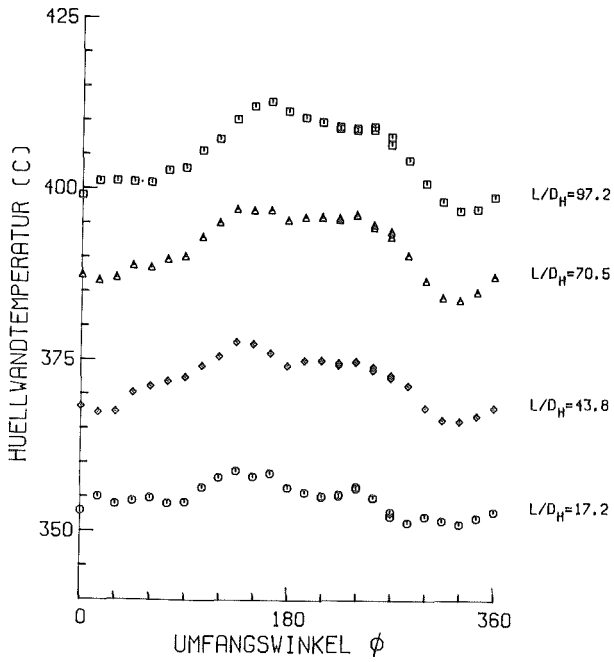
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70700       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.660       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 80.4       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.9  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4040 APL-A

ABB. 24 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



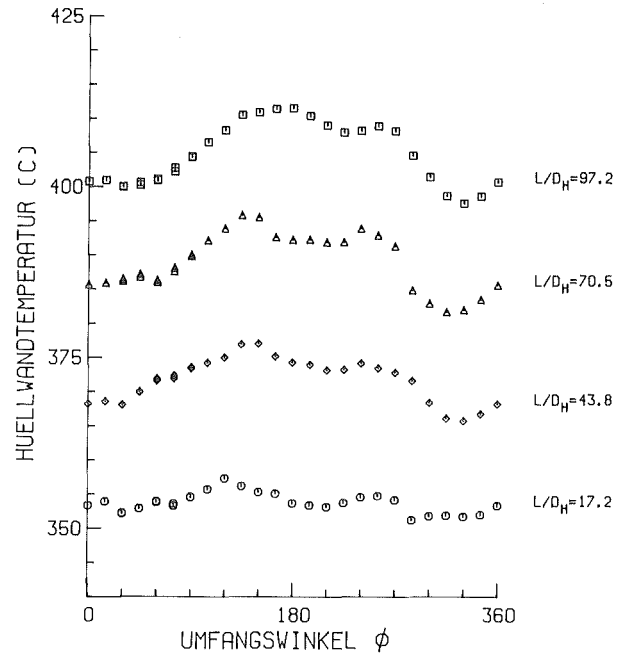
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70700       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.660       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 80.4       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.9  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4040 APL-B

ABB. 25 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



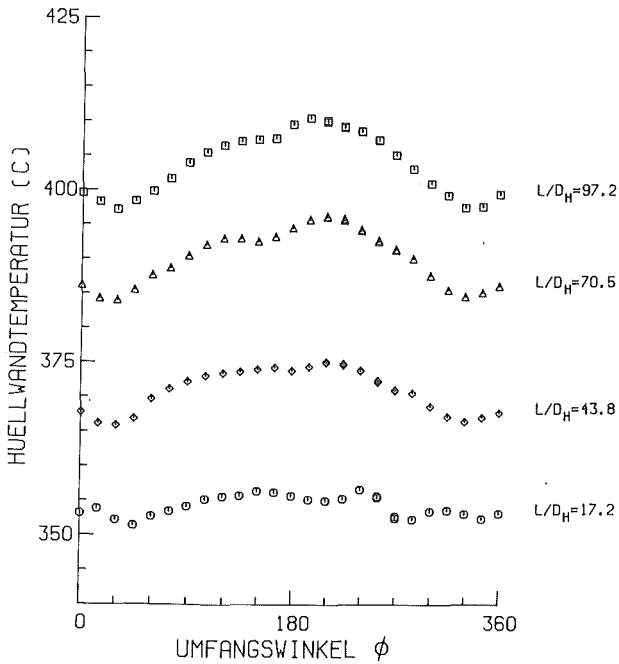
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71085	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.679	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CHMM^2$ ) = 81.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9	
GITTERSTELLUNG = 150	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 4008 APL-A

ABB. 26 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



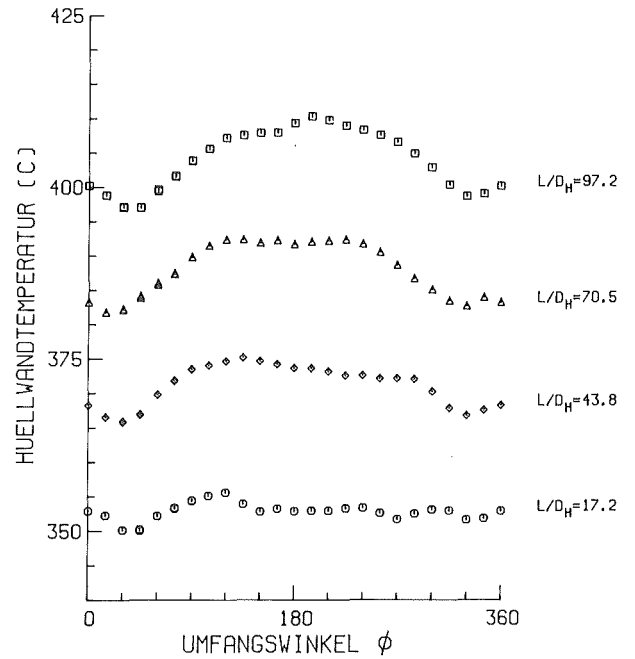
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71085	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.679	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CHMM^2$ ) = 81.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9	
GITTERSTELLUNG = 150	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 4008 APL-B

ABB. 27 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



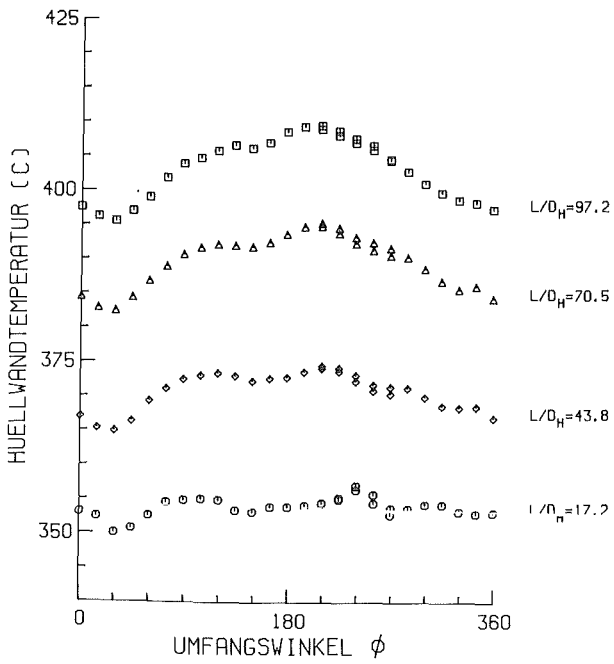
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71061	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.667	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CHMM^2$ ) = 81.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.6	
GITTERSTELLUNG = 140	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 3977 APL-A

ABB. 28 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



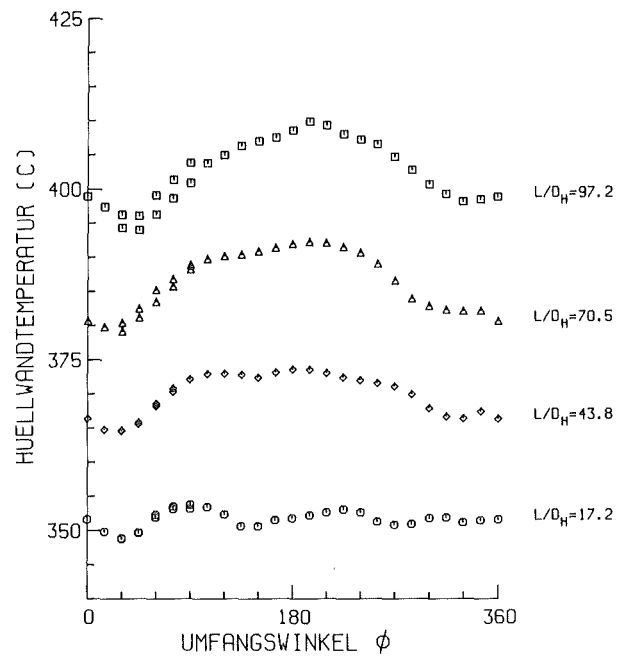
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71061	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.667	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CHMM^2$ ) = 81.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.6	
GITTERSTELLUNG = 140	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 3977 APL-B

ABB. 29 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



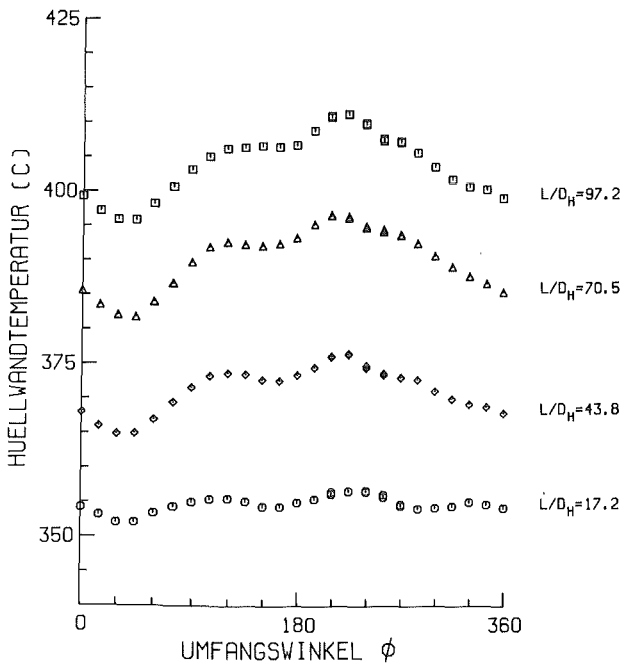
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70514	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 360	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.638	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 80.9	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.9	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$W 3945$ APL-A

ABB. 30 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



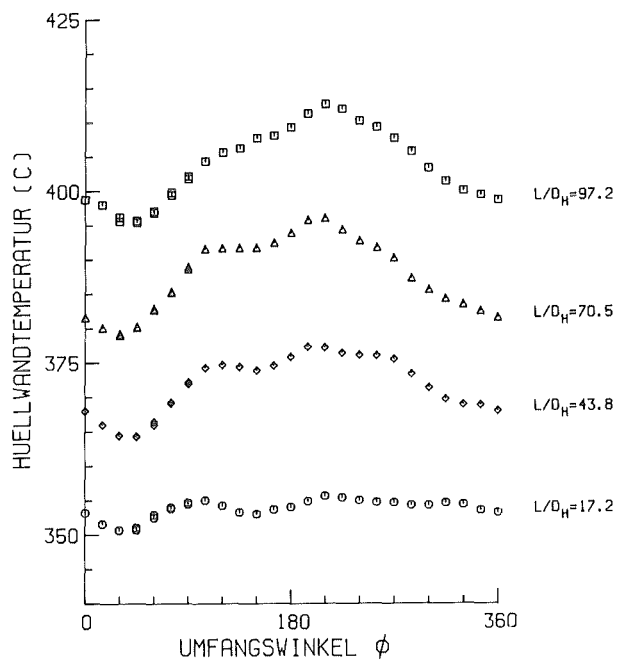
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70514	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 360	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.638	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 80.9	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.9	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$W 3945$ APL-B

ABB. 31 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



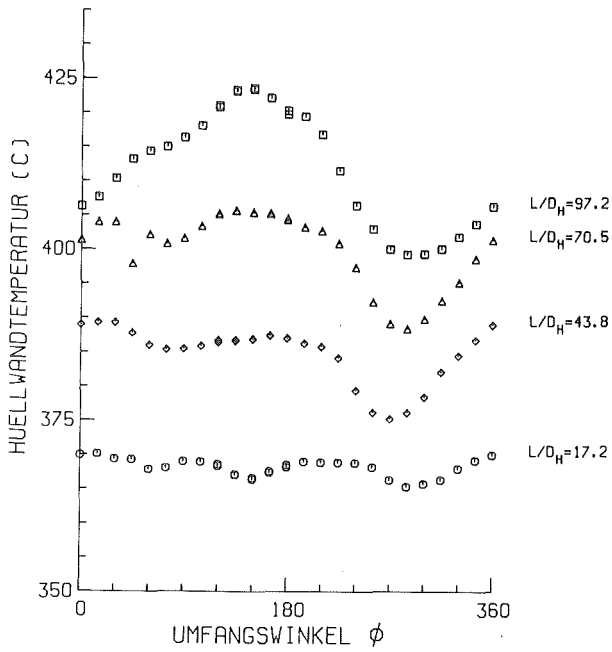
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69976	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.603	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 81.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.4	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$W 3910$ APL-A

ABB. 32 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



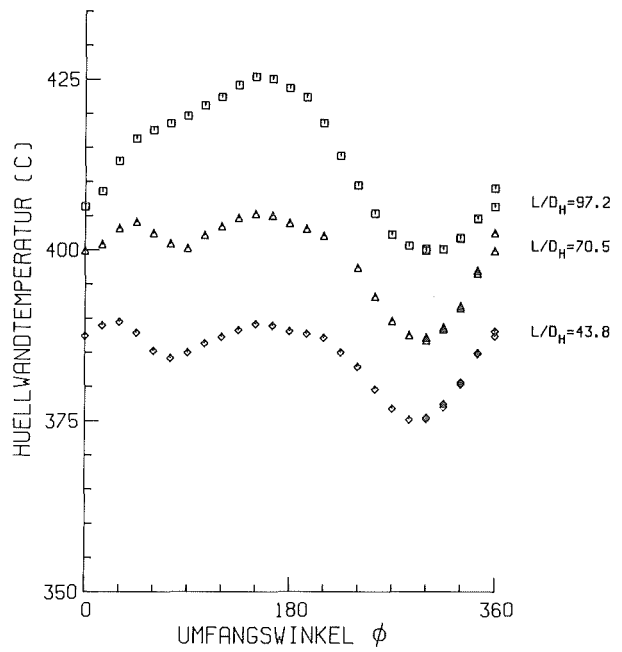
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69976	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.603	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 81.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.4	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$W 3910$ APL-B

ABB. 33 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



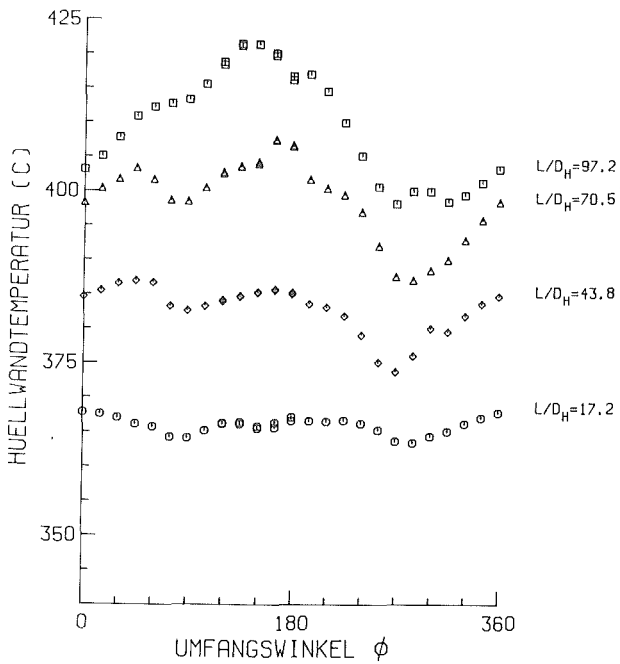
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 72388	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 363	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.651	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 91.7	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 328.4	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4198 APL-A

ABB. 34 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



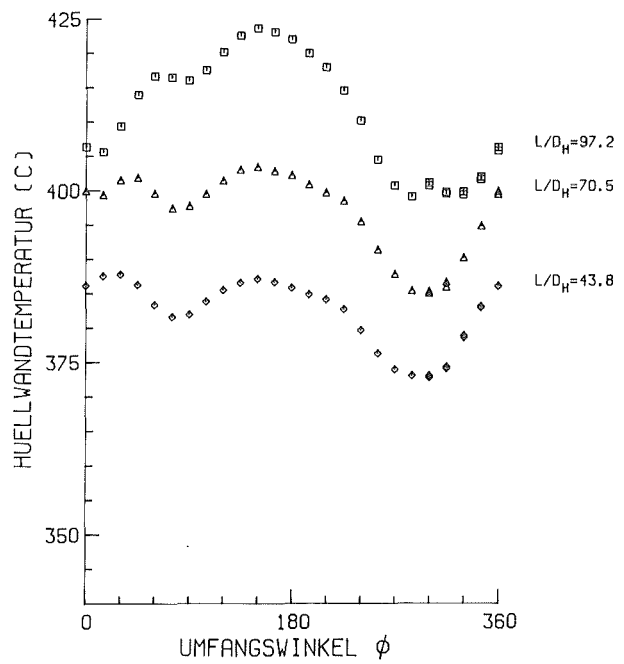
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 72388	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 363	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.651	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 91.7	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 328.4	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4198 APL-B

ABB. 35 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



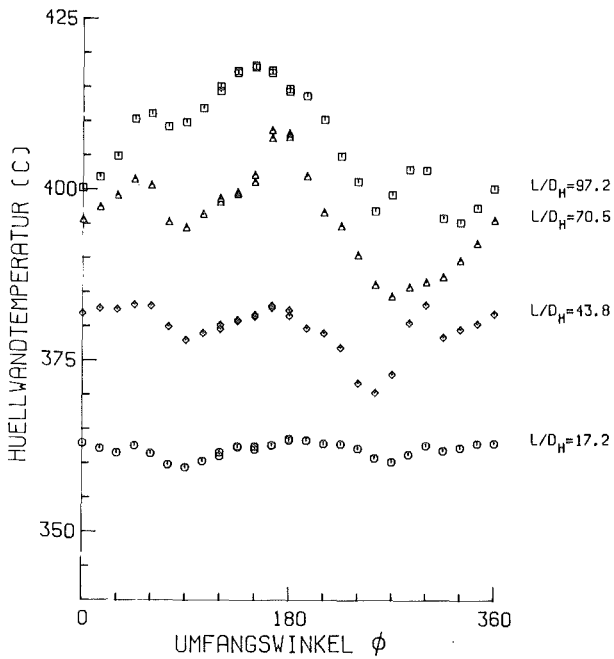
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 72213	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 363	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.661	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 91.5	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.9	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4163 APL-A

ABB. 36 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 72213	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 363	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.661	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 91.5	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.9	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4163 APL-B

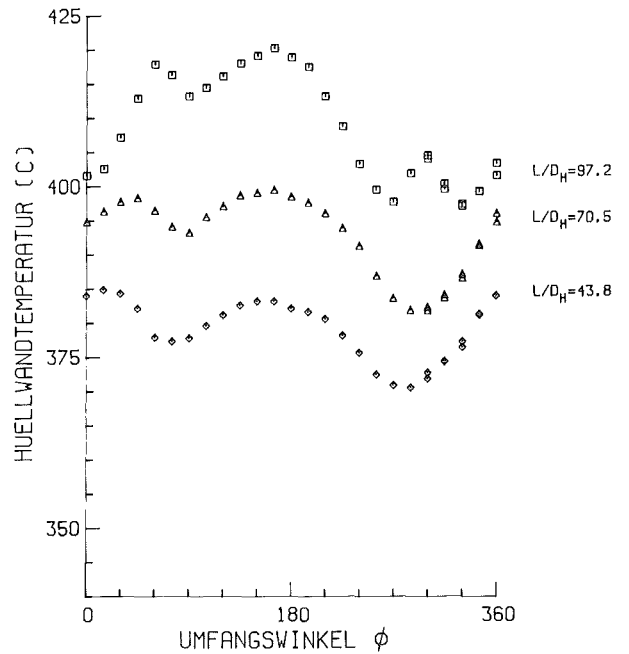
ABB. 37 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71673  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.657  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 91.6  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.5  
 GITTERSTELLUNG = 200  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 4133 APL-A

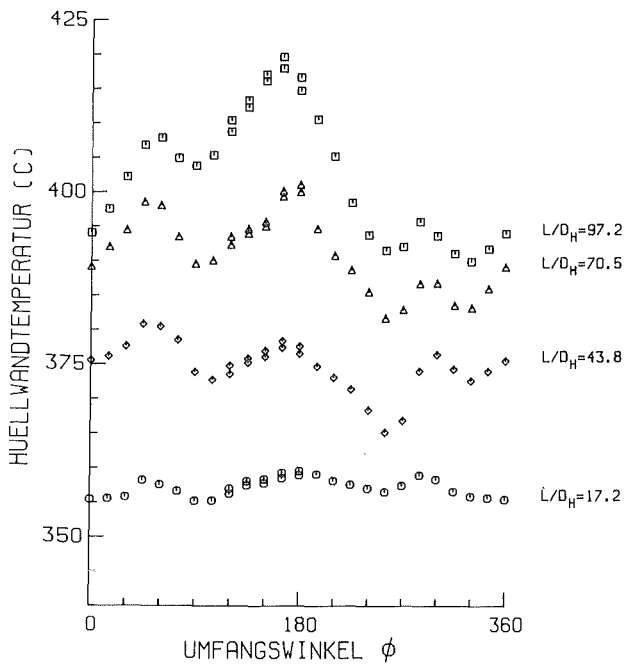
ABB. 38 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71673  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.657  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 91.6  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.5  
 GITTERSTELLUNG = 200  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 4133 APL-B

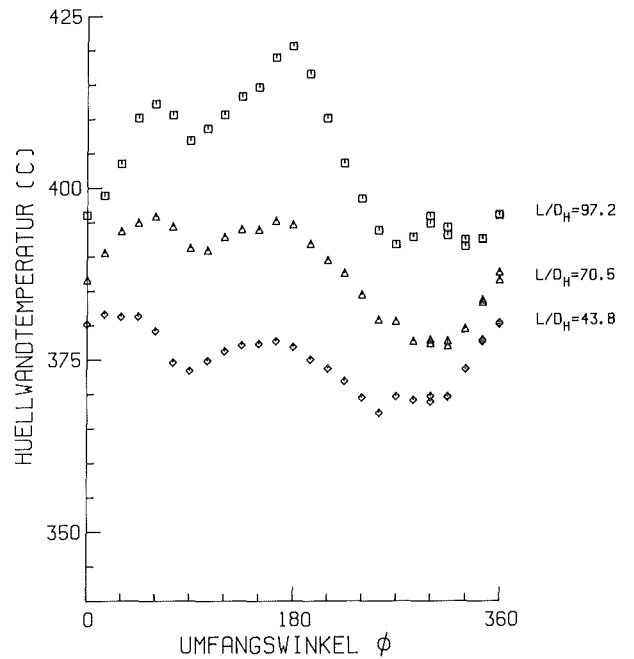
ABB. 39 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70294  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.627  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 90.4  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 4100 APL-A

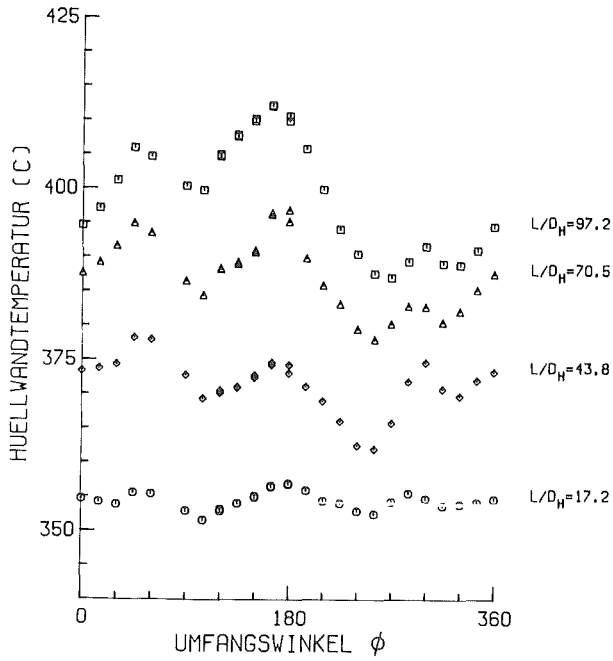
ABB. 40 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70294  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.627  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 90.4  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

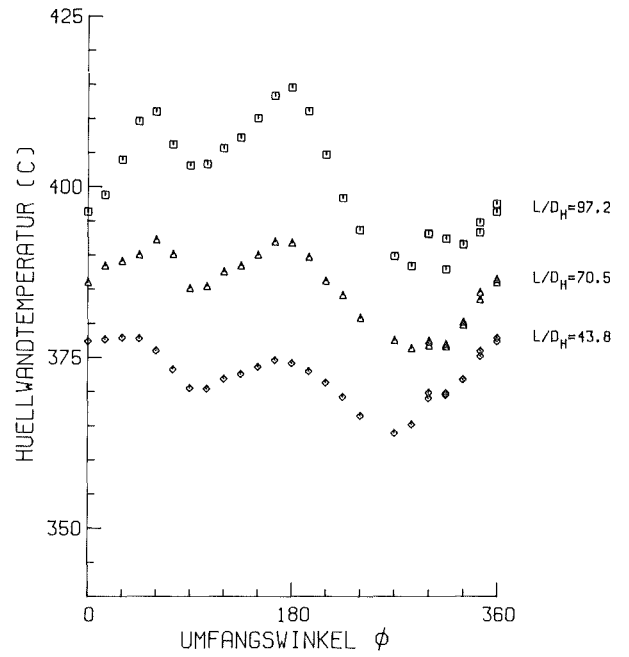
$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 4100 APL-B

ABB. 41 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



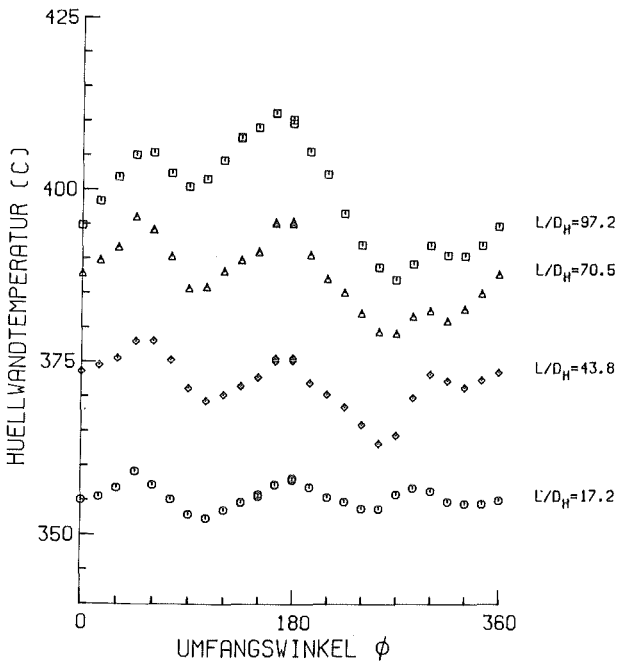
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 70460	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 361	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.669	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 88.3	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.4	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4069 APL-A

ABB. 42 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



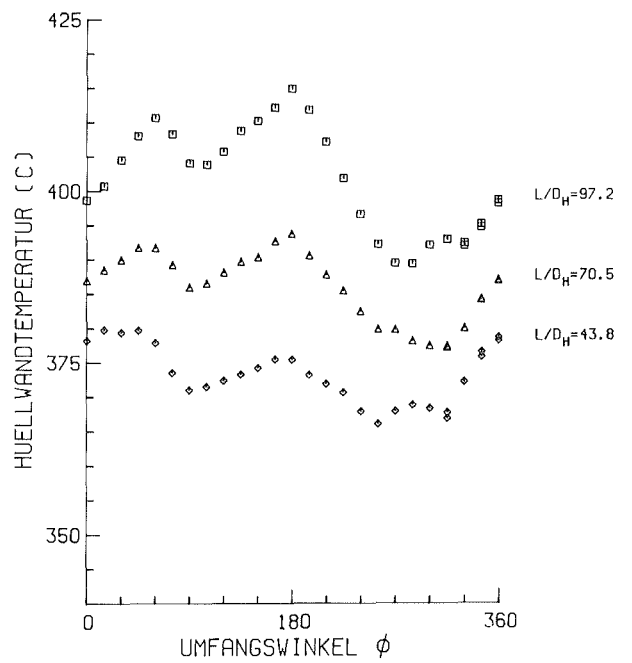
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 70460	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 361	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.669	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 88.3	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.4	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4069 APL-B

ABB. 43 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



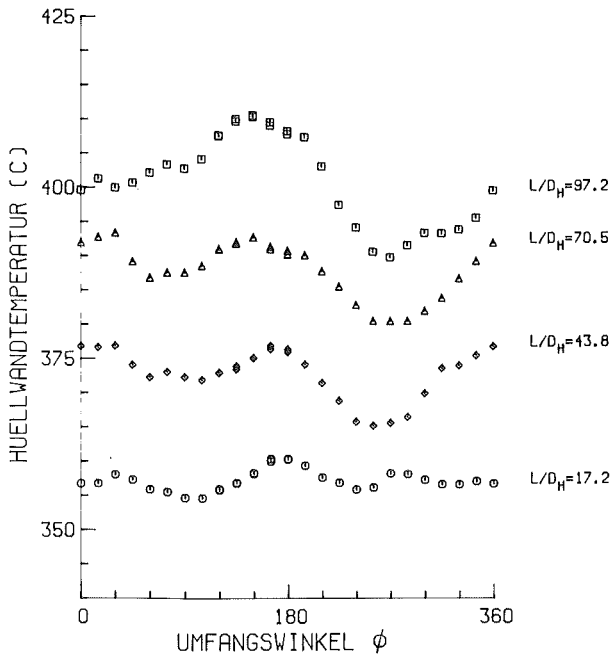
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 70700	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 362	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.660	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 88.2	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.9	
GITTERSTELLUNG = 160	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4040 APL-A

ABB. 44 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



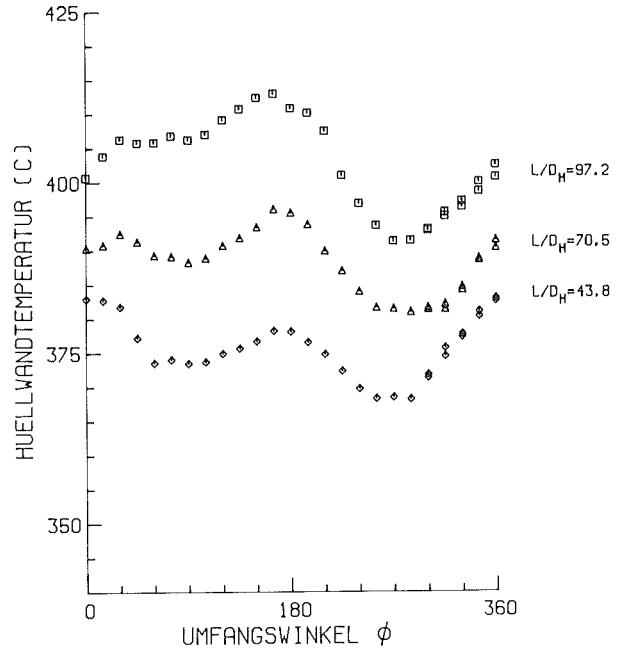
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 70700	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 362	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.660	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 88.2	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.9	
GITTERSTELLUNG = 160	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4040 APL-B

ABB. 45 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



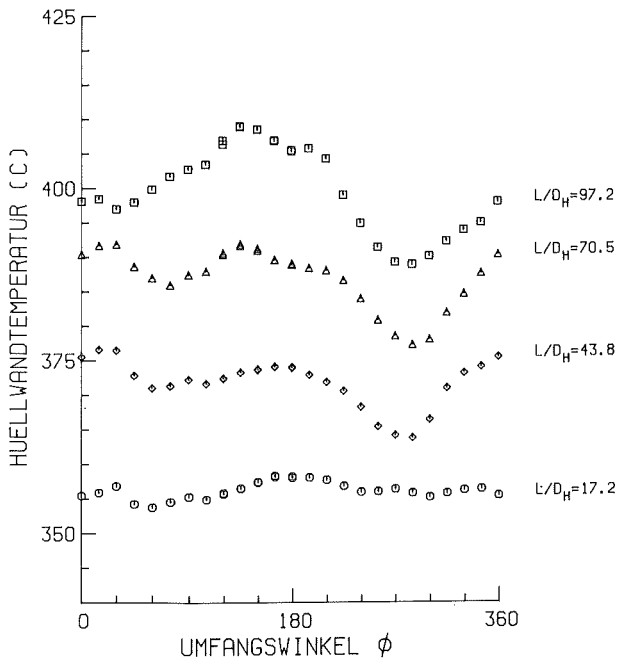
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71085       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.679       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 89.2       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4008 APL-A

ABB.46 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



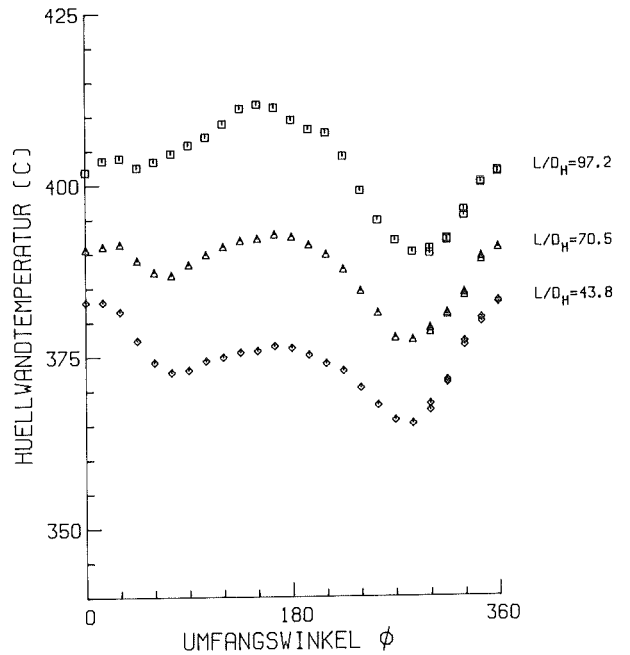
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71085       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.679       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 89.2       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4008 APL-B

ABB.47 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71061       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.667       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 89.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.6  
 GITTERSTELLUNG = 140  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 3977 APL-A

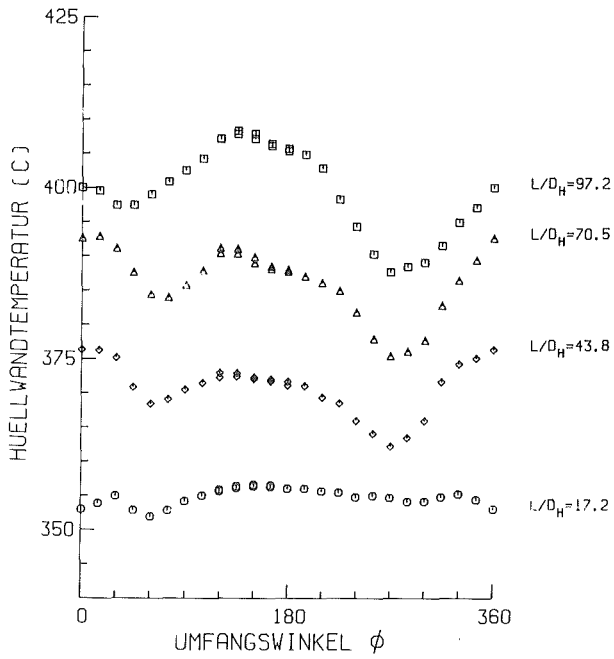
ABB.48 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71061       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.667       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 89.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.6  
 GITTERSTELLUNG = 140  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 3977 APL-B

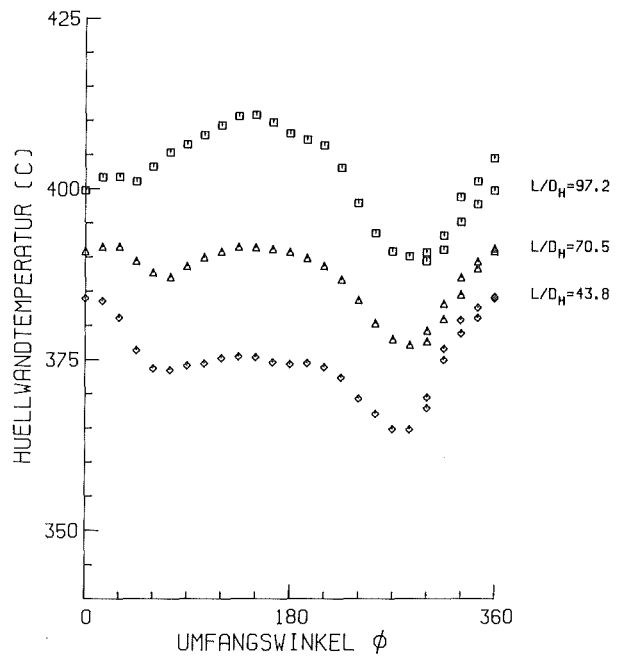
ABB.49 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11





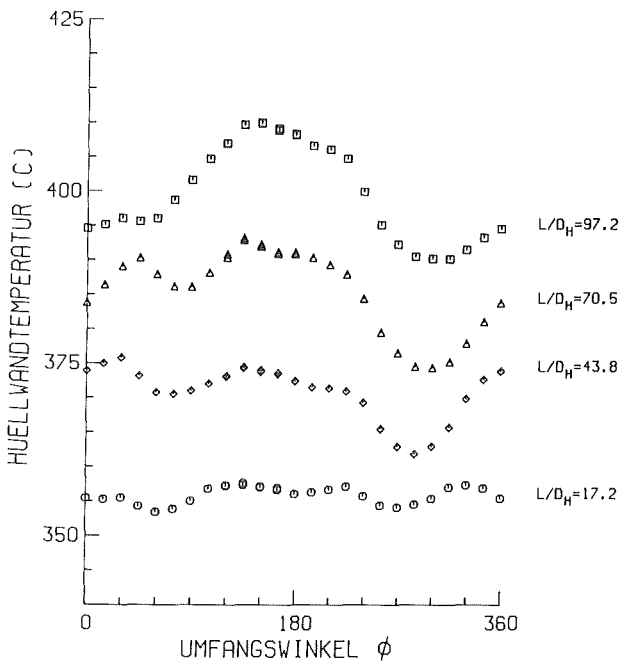
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70514	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 360	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.638	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 88.7	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.9	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3945 APL-A

ABB. 50 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



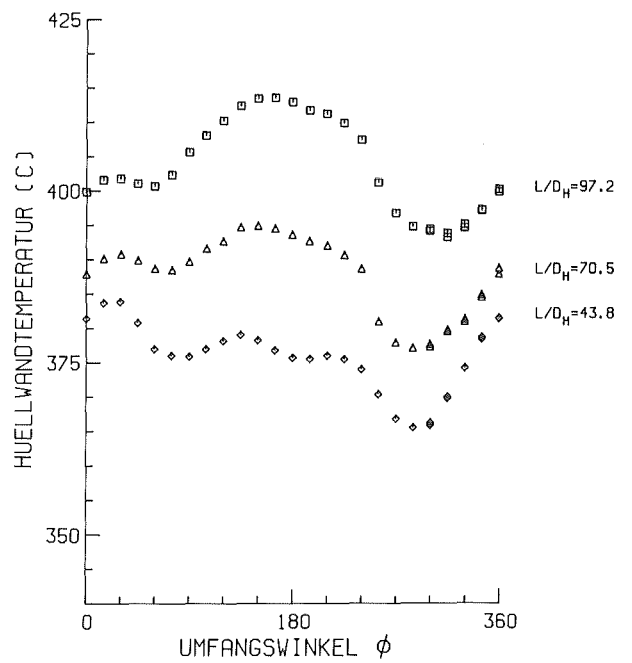
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70514	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 360	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.638	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 88.7	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.9	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3945 APL-B

ABB. 51 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



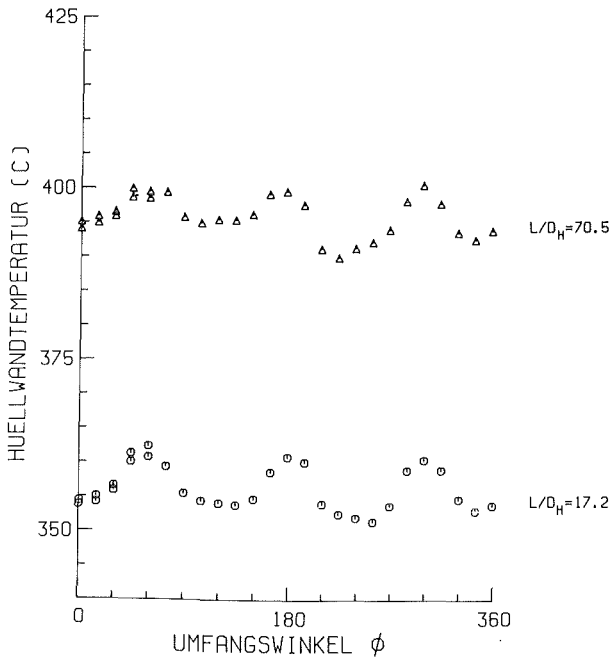
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69976	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.603	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 89.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.4	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3910 APL-A

ABB. 52 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



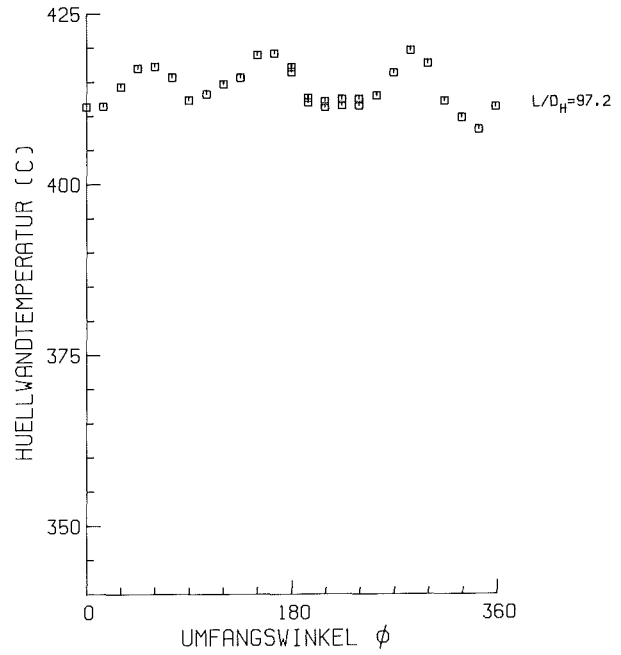
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69976	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.603	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 89.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.4	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3910 APL-B

ABB. 53 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



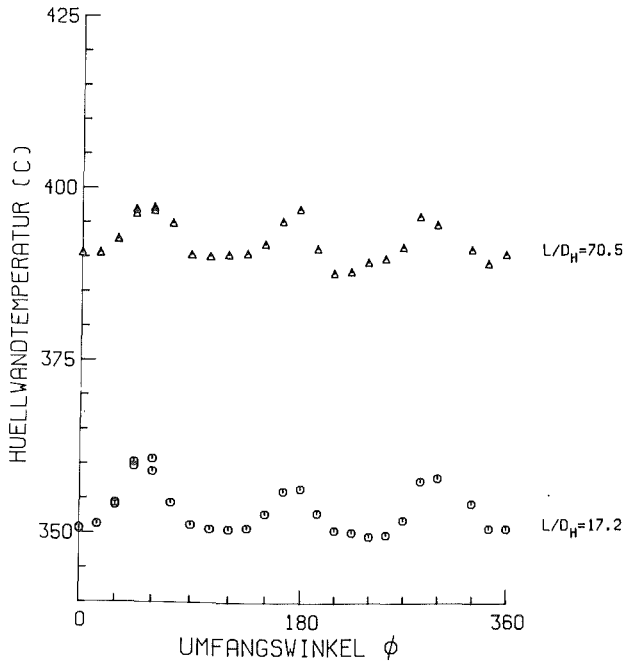
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70294	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.627	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 88.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9	
GITTERSTELLUNG = 180	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 4100 APL-A

ABB. 54 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



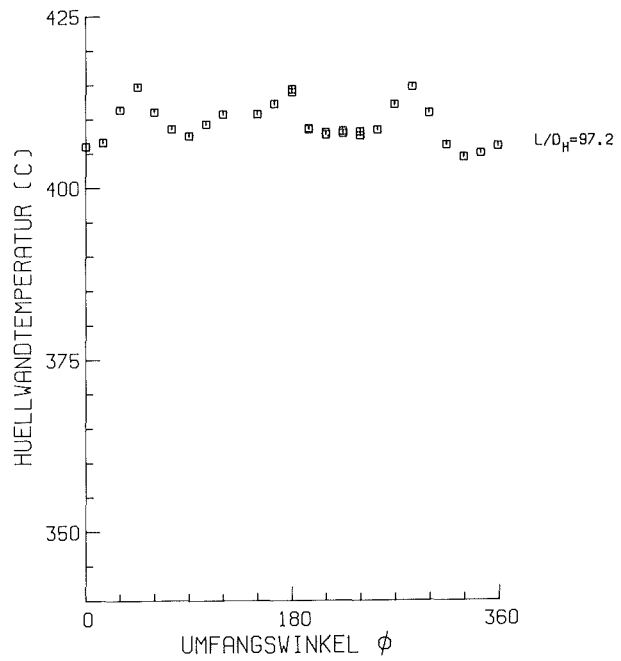
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70294	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.627	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 88.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9	
GITTERSTELLUNG = 180	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 4100 APL-B

ABB. 55 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



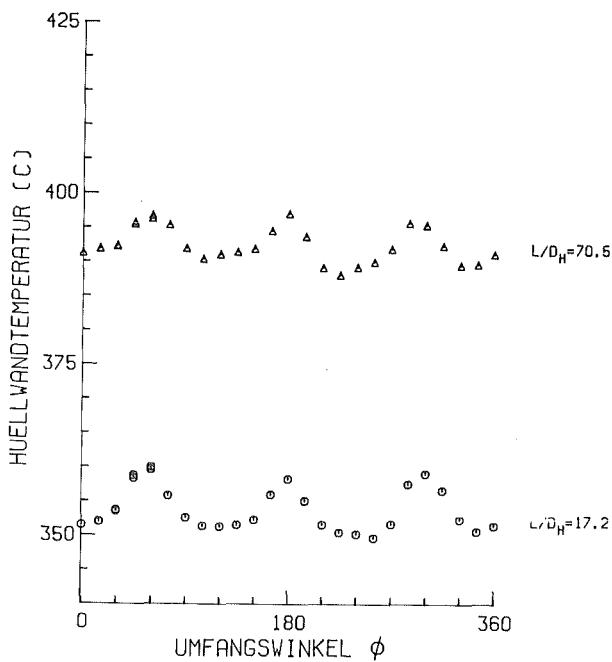
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70460	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.669	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 86.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.4	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 4069 APL-A

ABB. 56 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



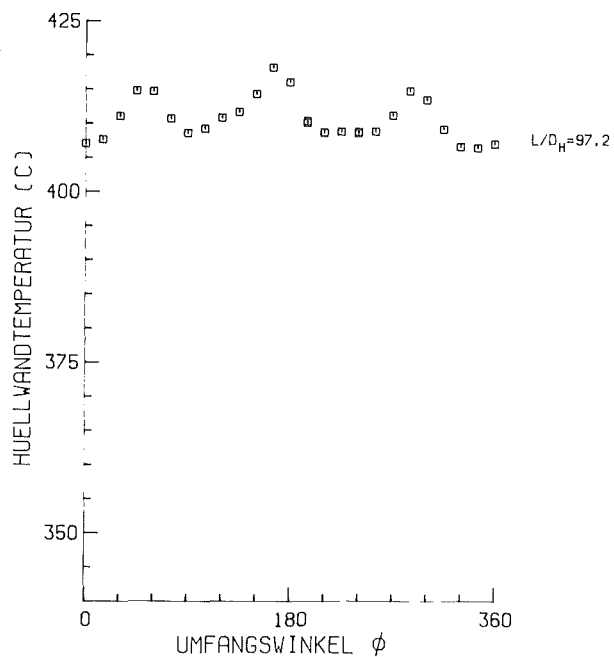
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70460	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.669	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 86.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.4	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 4069 APL-B

ABB. 57 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



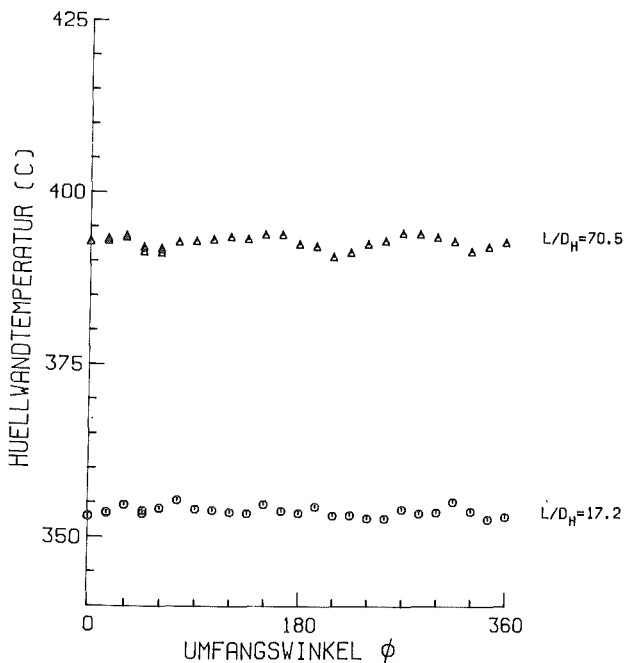
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70700       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.660       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 86.2       $V/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.9  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 4040 APL-A

ABB. 58 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



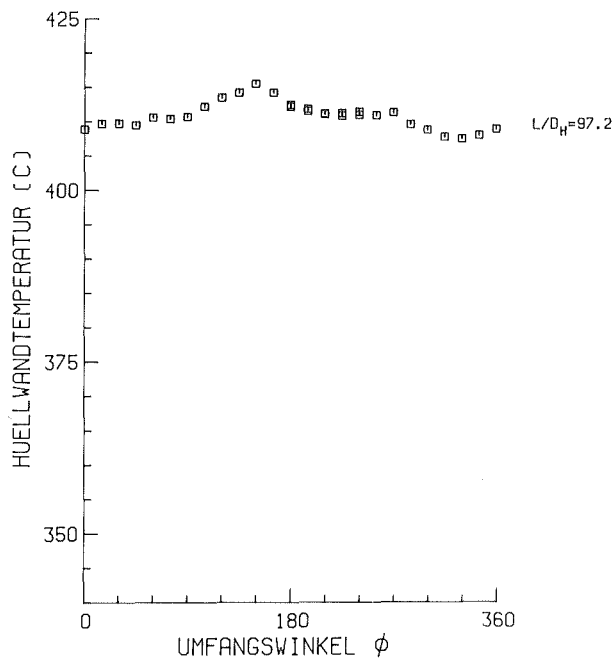
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70700       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 362       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.660       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 86.2       $V/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.9  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 4040 APL-B

ABB. 59 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



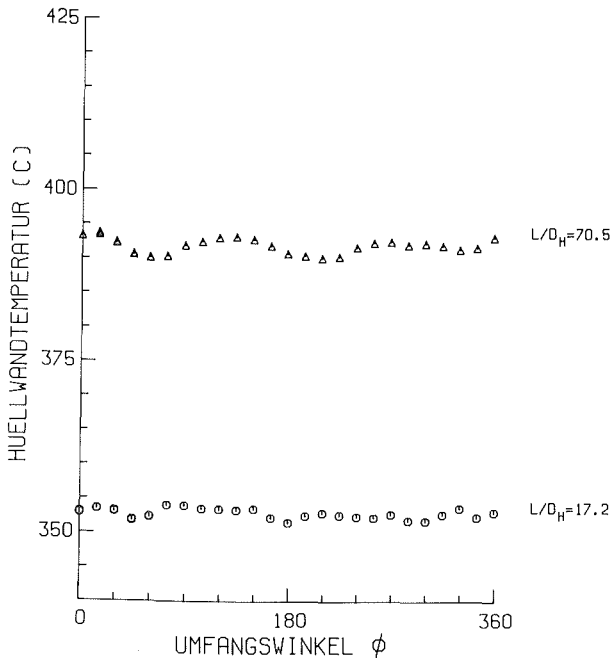
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71085       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.679       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 87.2       $V/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 4008 APL-A

ABB. 60 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



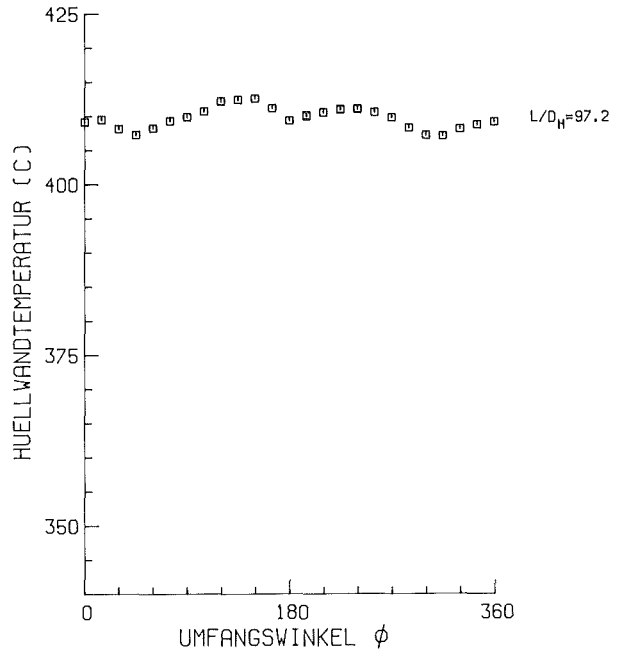
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71085       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.679       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 87.2       $V/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 4008 APL-B

ABB. 61 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



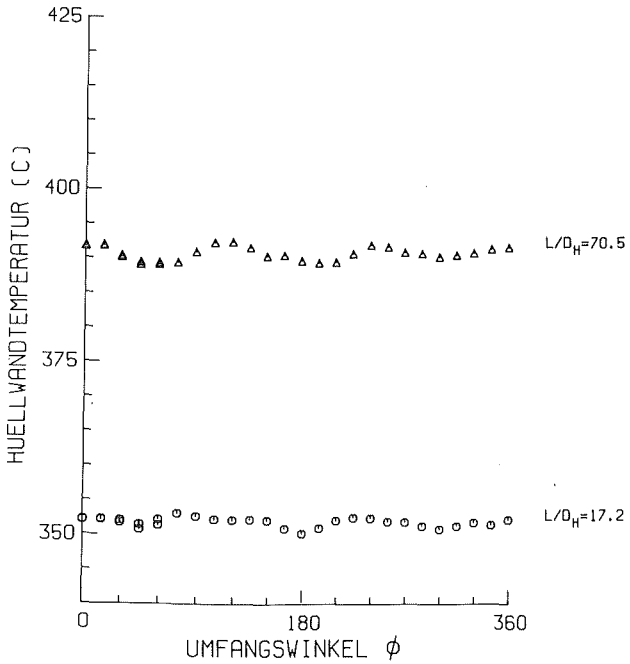
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71061	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.667	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 87.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.6	
GITTERSTELLUNG = 140	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3977 APL-A

ABB. 62 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



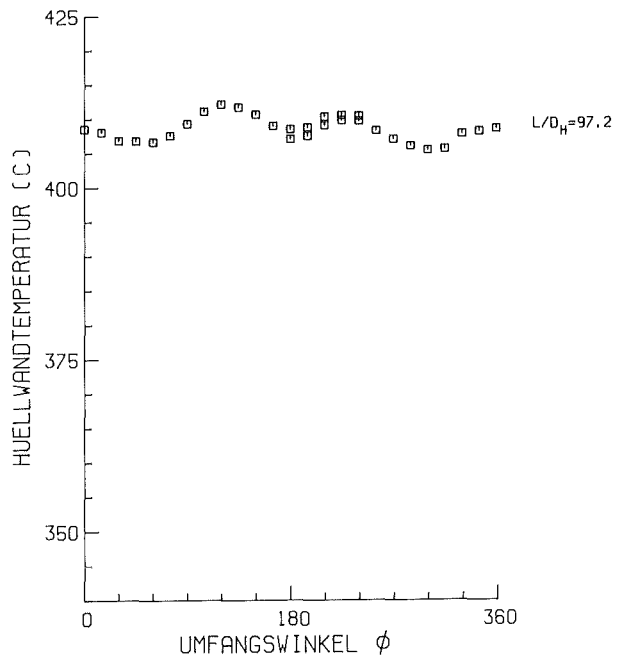
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 71061	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 363	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.667	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 87.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.6	
GITTERSTELLUNG = 140	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3977 APL-B

ABB. 63 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



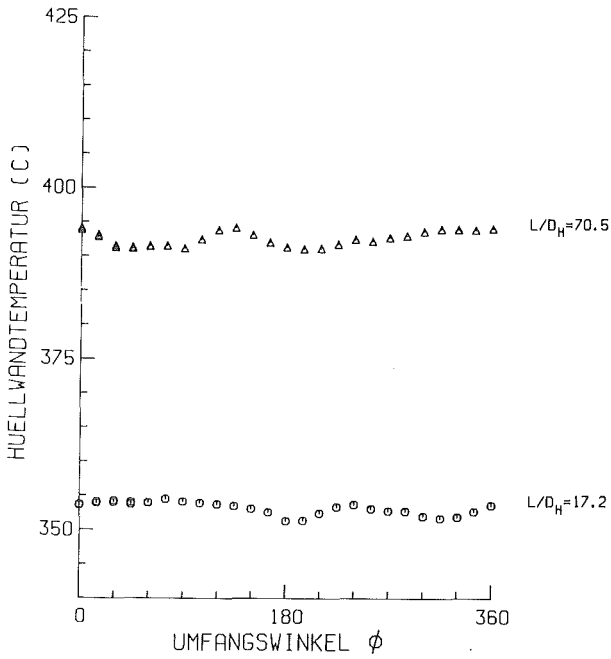
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70514	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 360	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.638	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 86.7	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.9	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3945 APL-A

ABB. 64 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



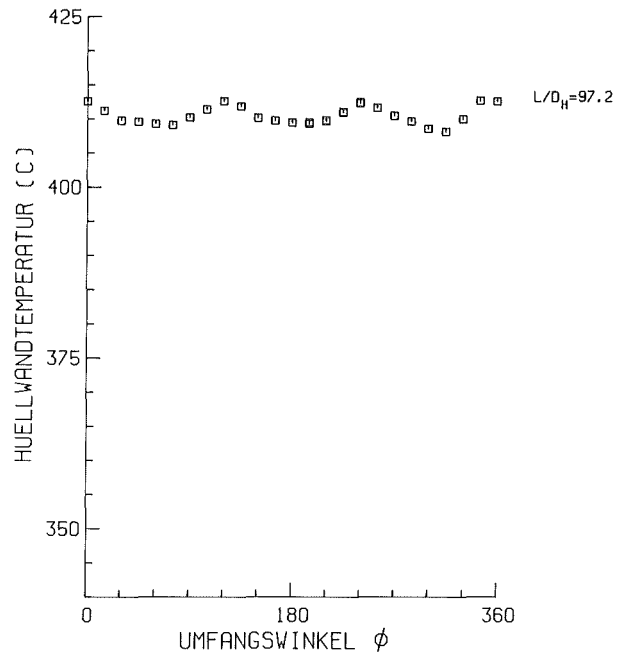
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70514	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 360	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.638	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 86.7	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.9	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3945 APL-B

ABB. 65 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



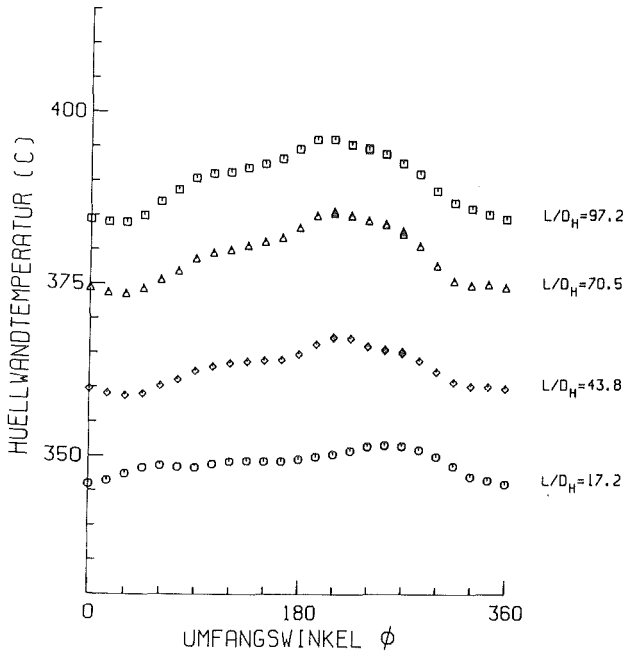
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69976	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.603	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 87.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.4	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3910 APL-A

ABB. 66 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



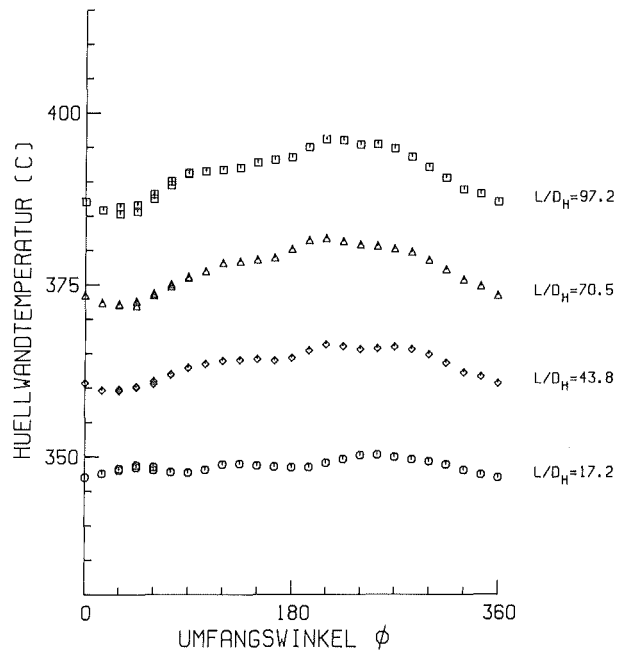
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69976	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.603	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 87.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.4	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3910 APL-B

ABB. 67 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



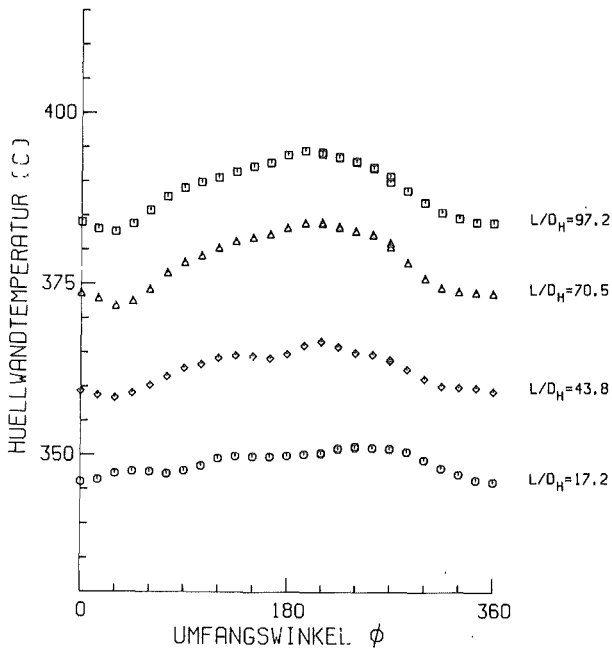
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68061	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.597	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3605 APL-A

ABB. 68 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



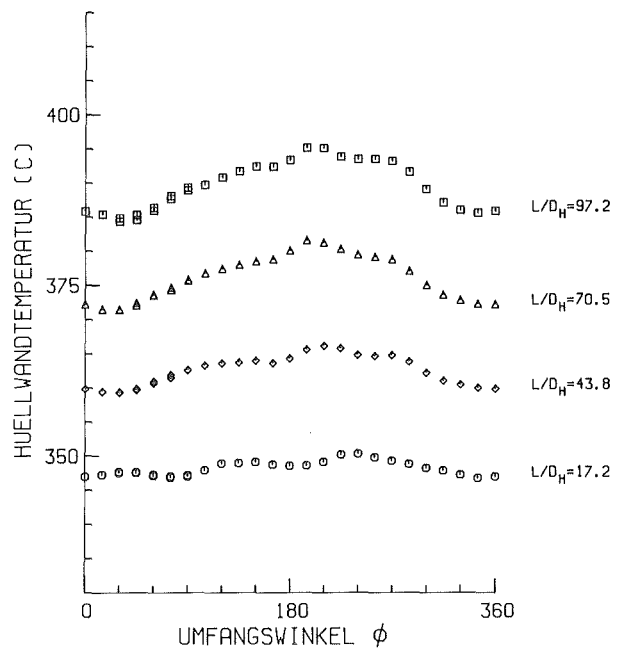
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68061	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.597	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3605 APL-B

ABB. 69 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



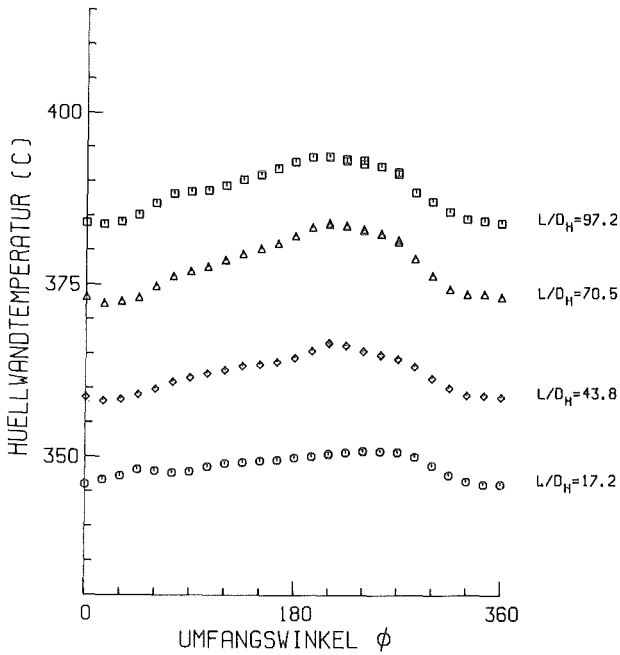
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68163	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 754	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.636	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 63.6	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.4	
GITTERSTELLUNG = 280	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3572 APL-A

ABB.70 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



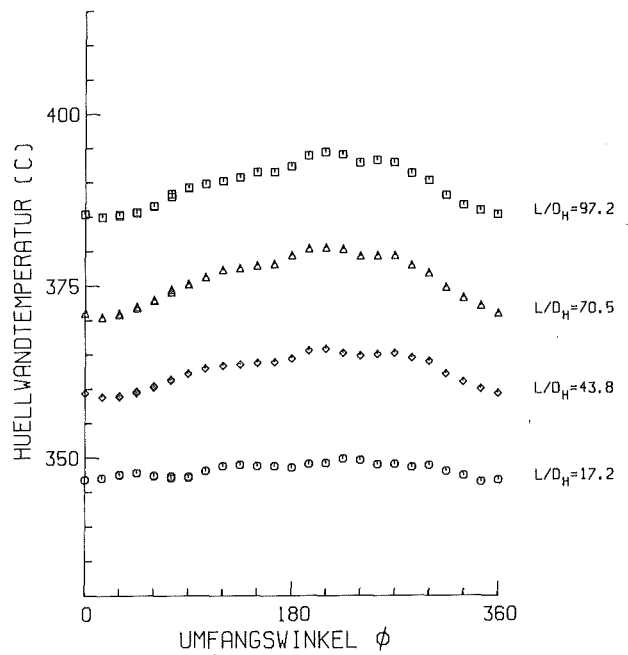
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68163	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.636	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 63.6	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.4	
GITTERSTELLUNG = 280	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3572 APL-B

ABB.71 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



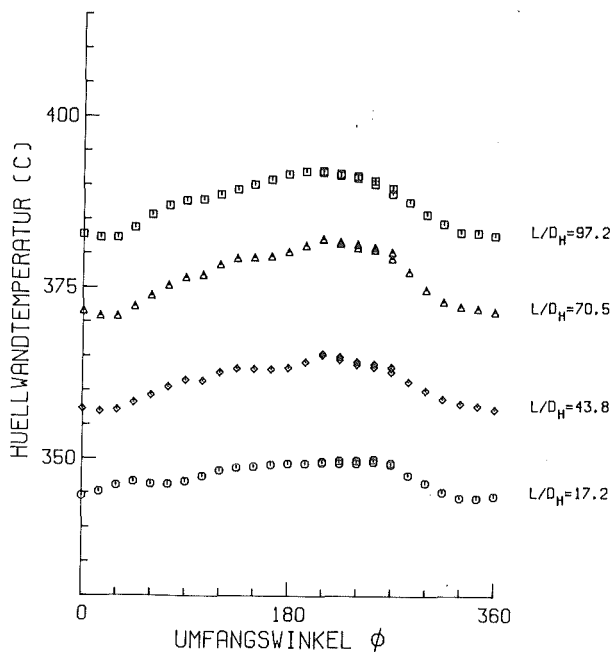
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68293	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.607	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 62.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.7	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3537 APL-A

ABB.72 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



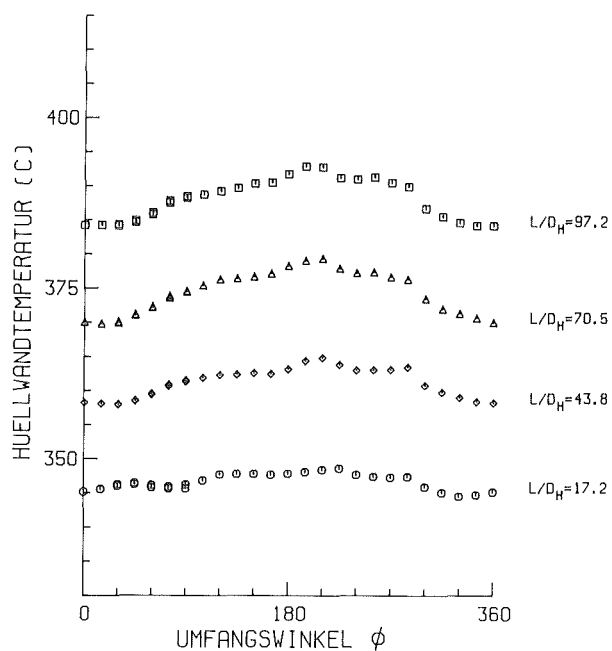
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68293	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.607	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 62.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.7	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3537 APL-B

ABB.73 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



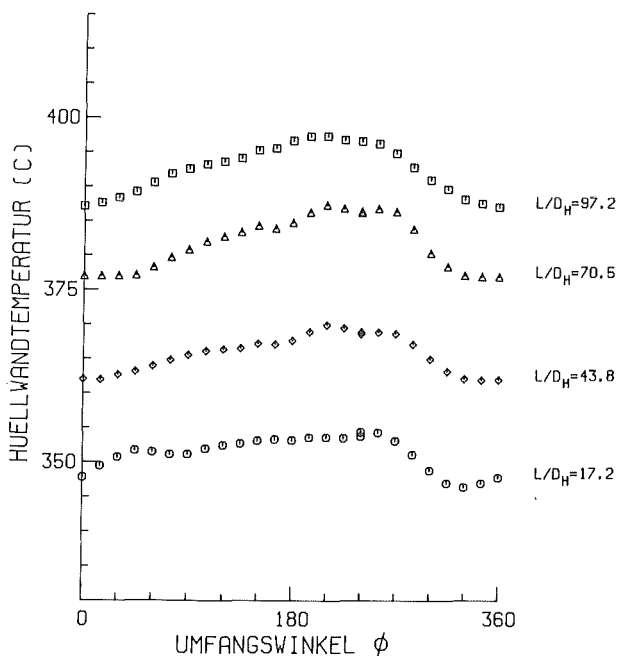
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68012	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.617	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 62.6	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (°C) = 319.8	
GITTERSTELLUNG = 220	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$V 3503$ APL-A

ABB. 74 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



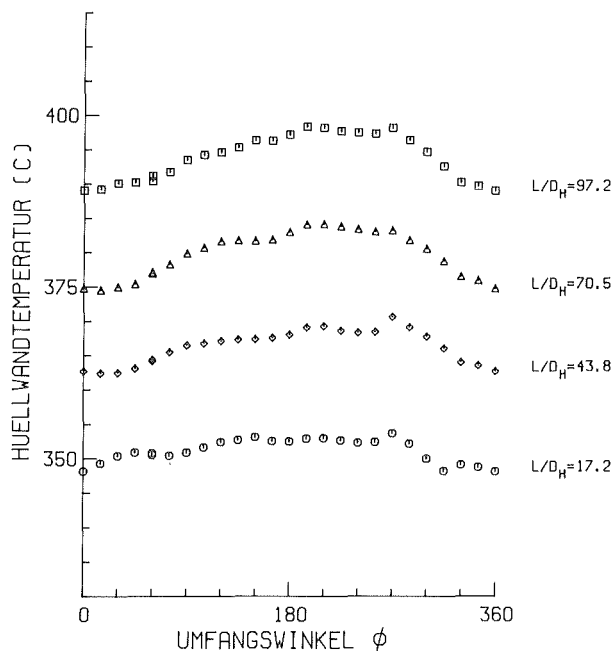
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68012	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.617	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 62.6	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (°C) = 319.8	
GITTERSTELLUNG = 220	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$V 3503$ APL-B

ABB. 75 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



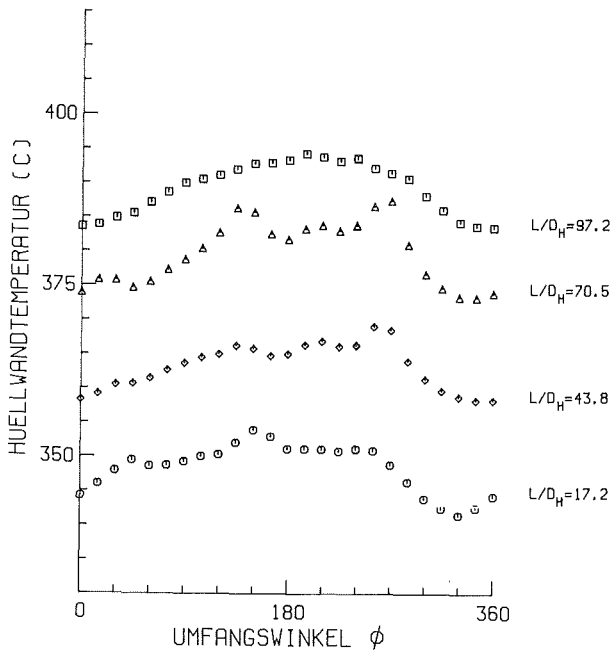
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69366	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.644	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (°C) = 323.8	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$V 3475$ APL-A

ABB. 76 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



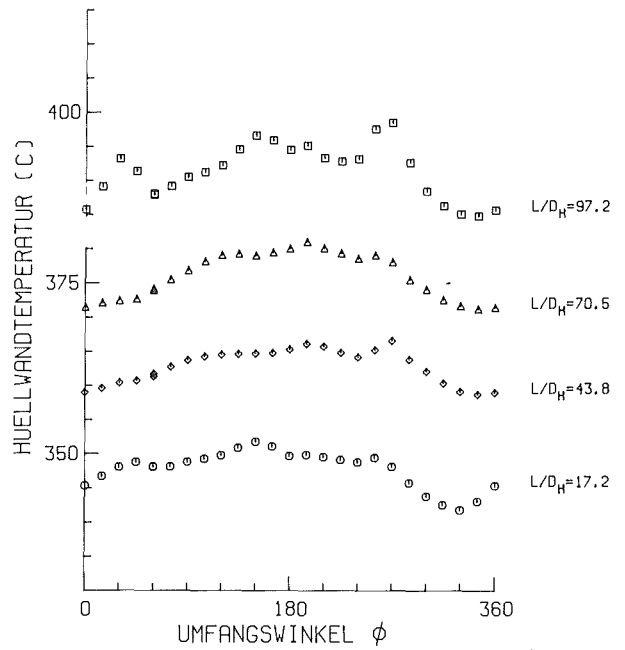
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69366	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.644	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (°C) = 323.8	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$V 3475$ APL-B

ABB. 77 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



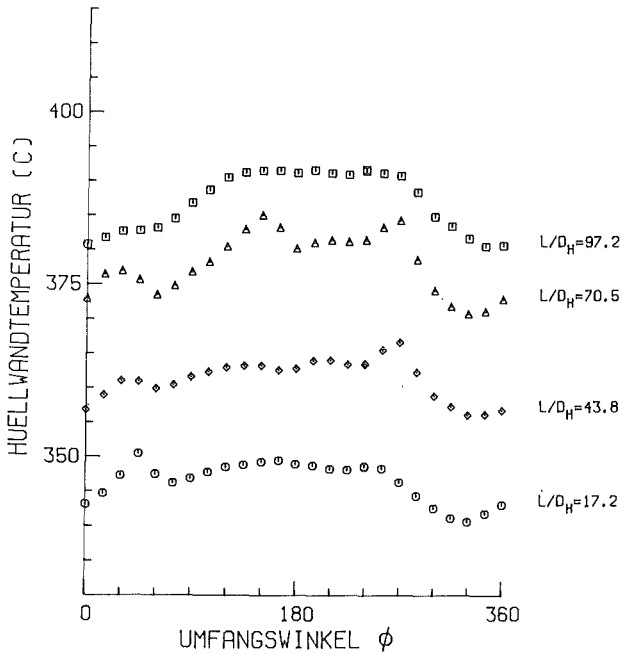
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69107	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359	$D_H = 6.75$ MM
MASSESTROM (KG/S) = 3.648	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 64.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.9	
GITTERSTELLUNG = 200	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3447 APL-A

ABB. 78 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



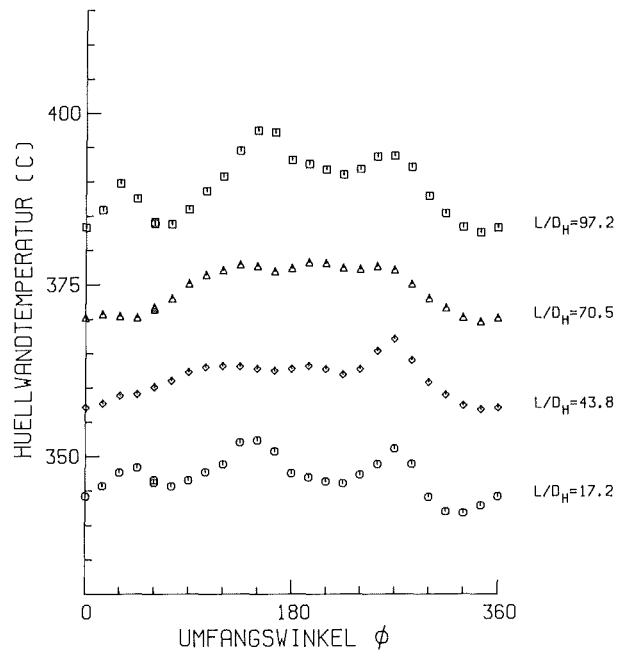
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69107	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359	$D_H = 6.75$ MM
MASSESTROM (KG/S) = 3.648	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 64.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.9	
GITTERSTELLUNG = 200	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3447 APL-B

ABB. 79 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68262	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSESTROM (KG/S) = 3.614	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 63.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.7	
GITTERSTELLUNG = 190	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3419 APL-A

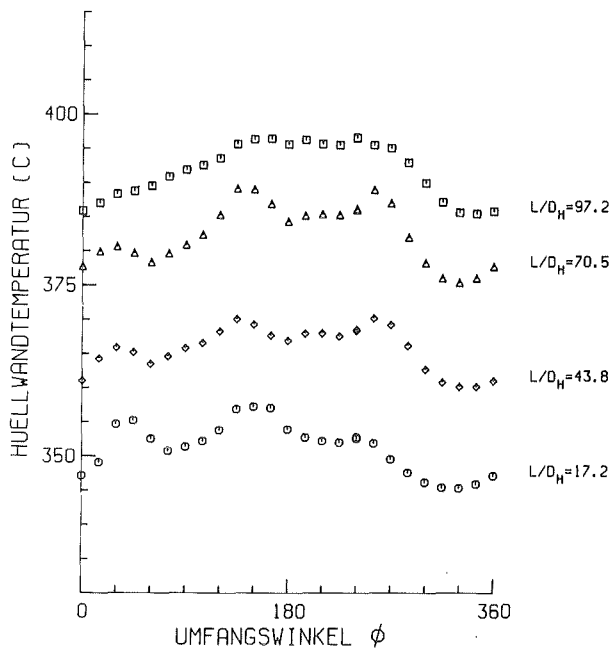
ABB. 80 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68262	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356	$D_H = 6.75$ MM
MASSESTROM (KG/S) = 3.614	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 63.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.7	
GITTERSTELLUNG = 190	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3419 APL-B

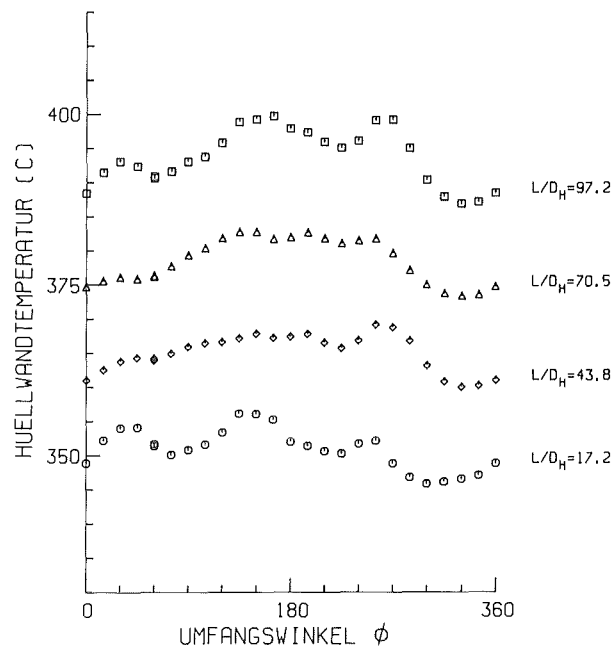
ABB. 81 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12





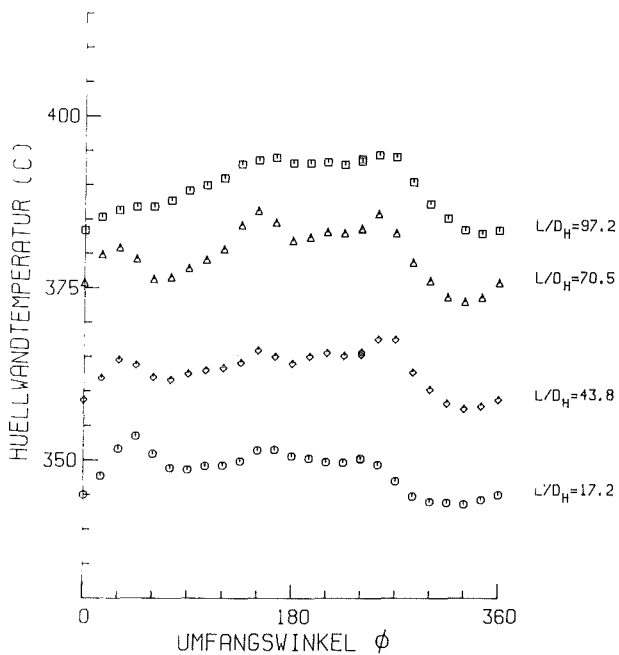
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68576	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.602	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.2	
GITTERSTELLUNG = 180	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3387 APL-A

ABB. 82 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



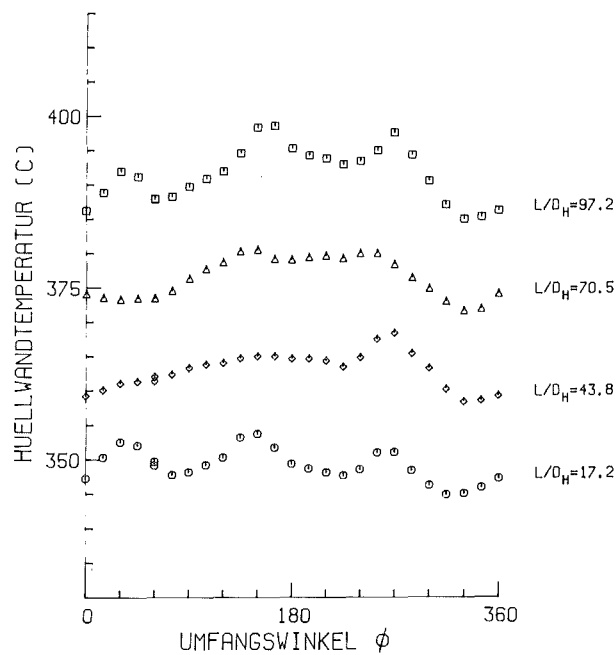
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68578	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.602	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.2	
GITTERSTELLUNG = 180	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3387 APL-B

ABB. 83 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



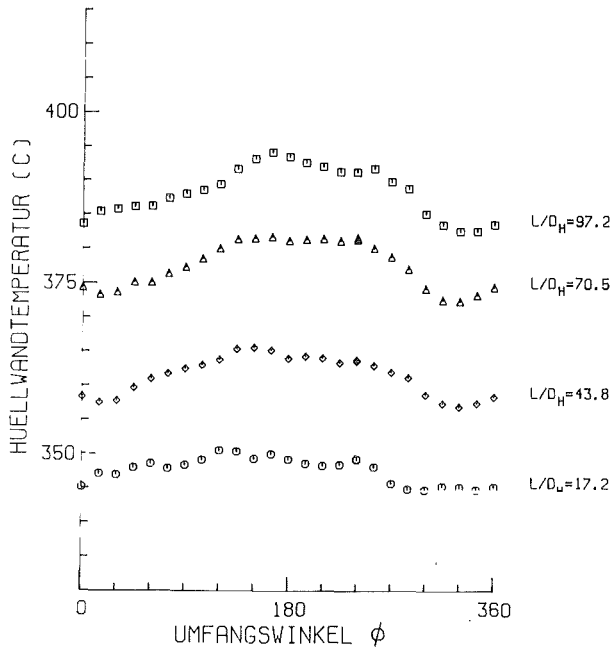
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67997	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.582	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 63.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3359 APL-A

ABB. 84 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



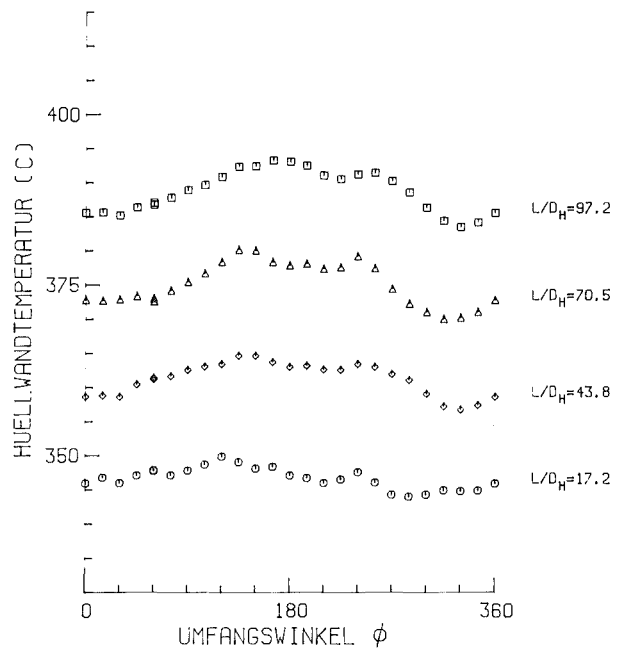
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67997	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.582	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 63.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3359 APL-B

ABB. 85 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



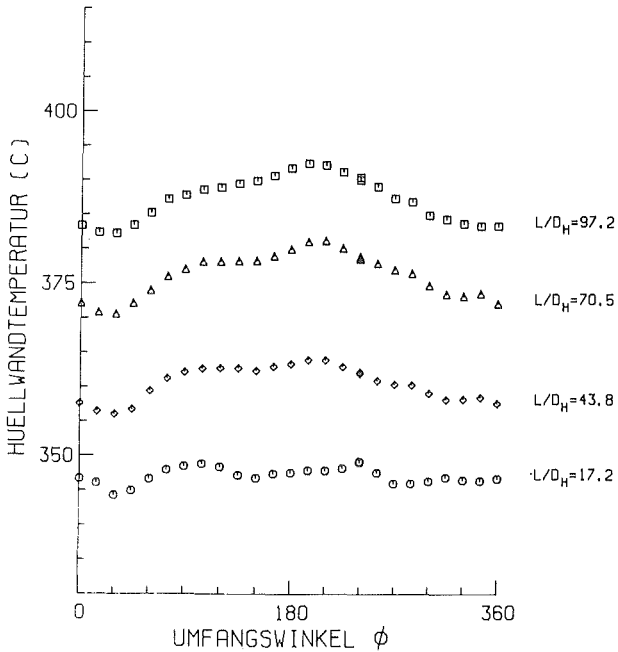
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67558       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.580       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 63.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3328 APL-A

ABB. 86 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



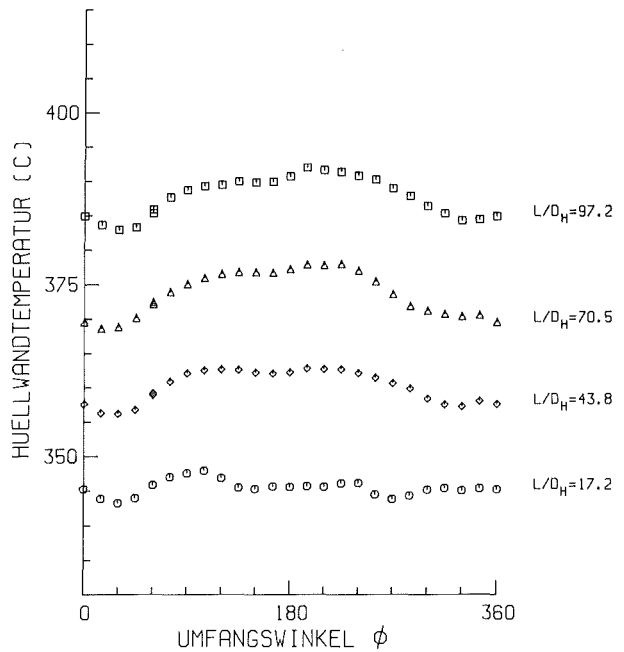
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67558       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.580       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 63.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3328 APL-B

ABB. 87 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



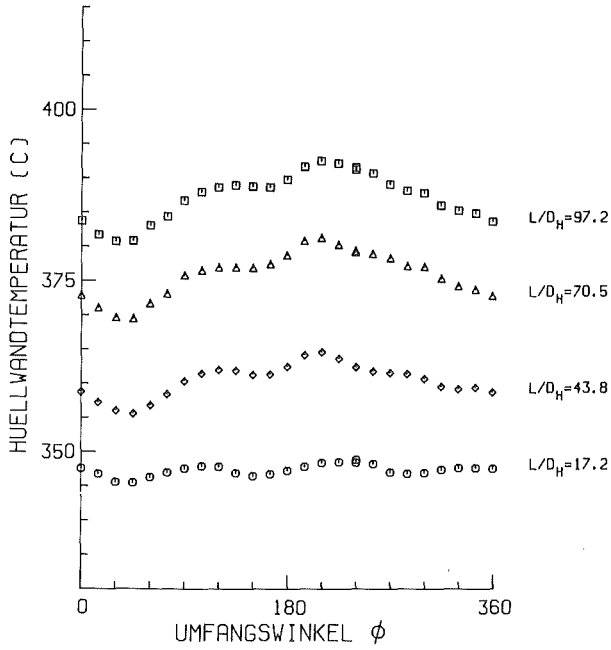
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67934       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.598       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.4  
 GITTERSTELLUNG = 120  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3278 APL-A

ABB. 88 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



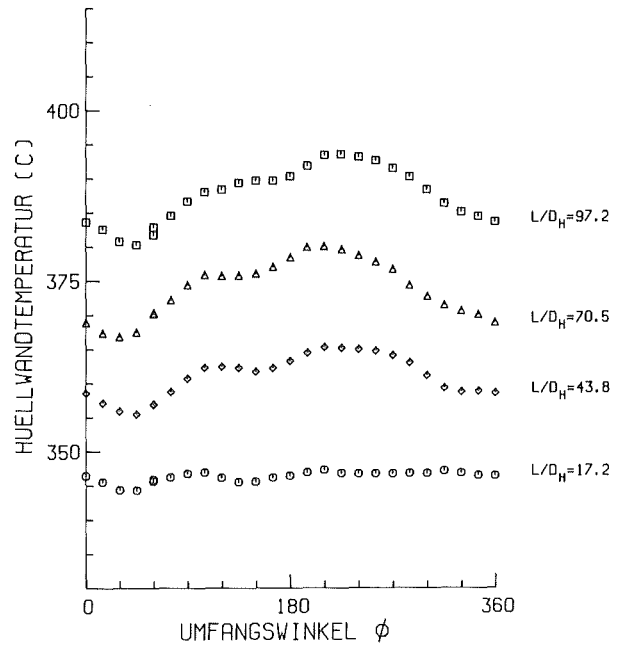
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67934       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.598       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.4  
 GITTERSTELLUNG = 120  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3278 APL-B

ABB. 89 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



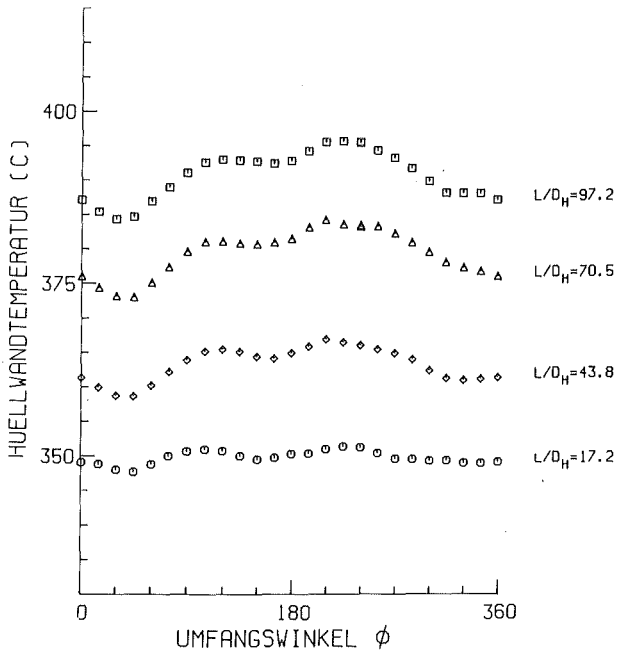
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67776       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.601       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 64.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.7  
 GITTERSTELLUNG = 50  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3253 APL-A

ABB. 90 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



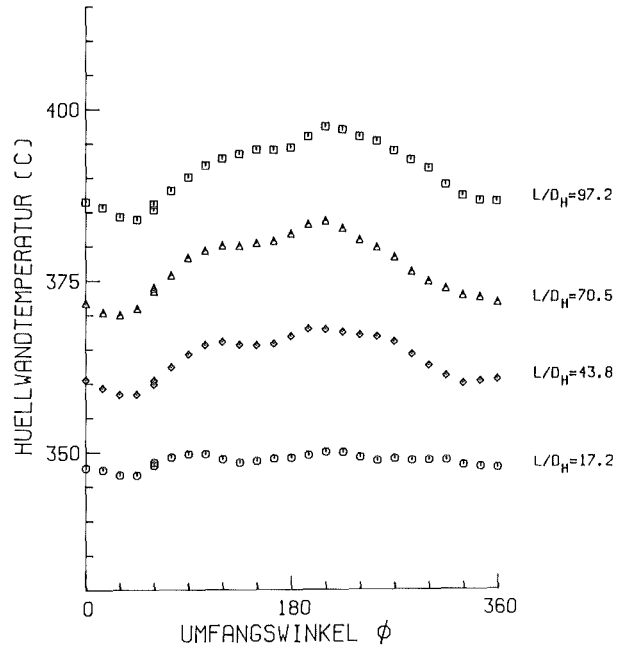
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67776       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.601       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 64.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.7  
 GITTERSTELLUNG = 50  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3253 APL-B

ABB. 91 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



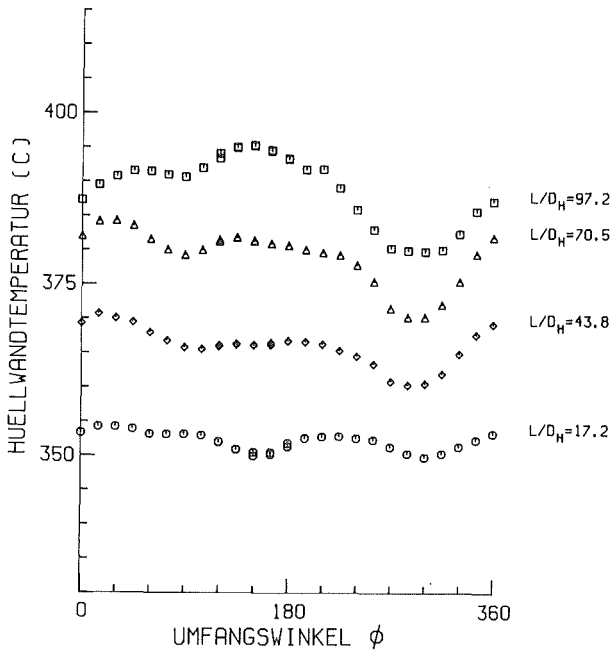
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67660       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.573       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 65.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3153 APL-A

ABB. 92 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67660       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.573       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 65.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3153 APL-B

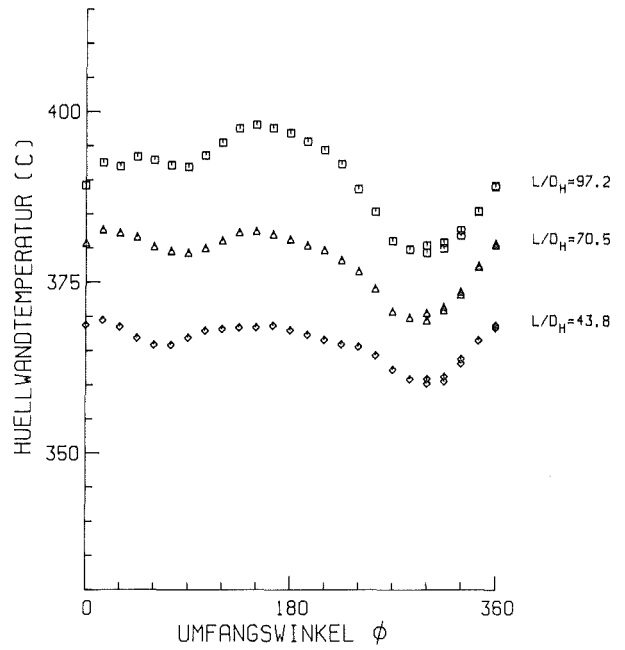
ABB. 93 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68061  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.597  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.3  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.3  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 3605 APL-A

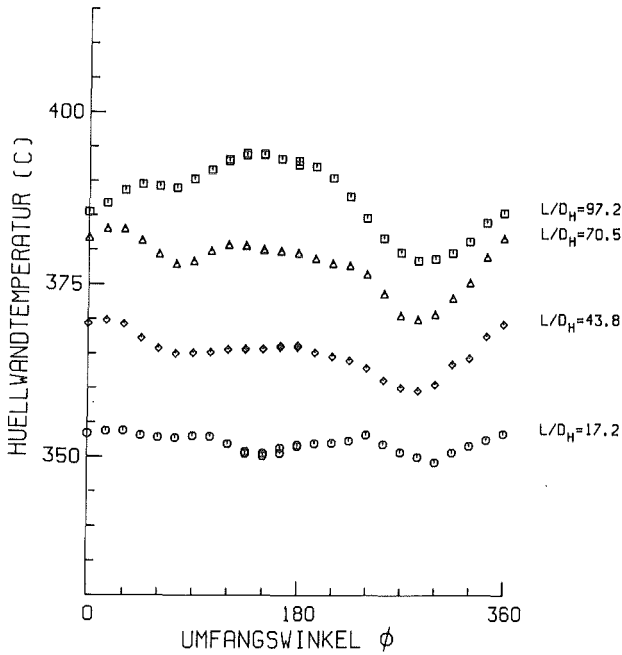
ABB. 94 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68061  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.597  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.3  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.3  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 3605 APL-B

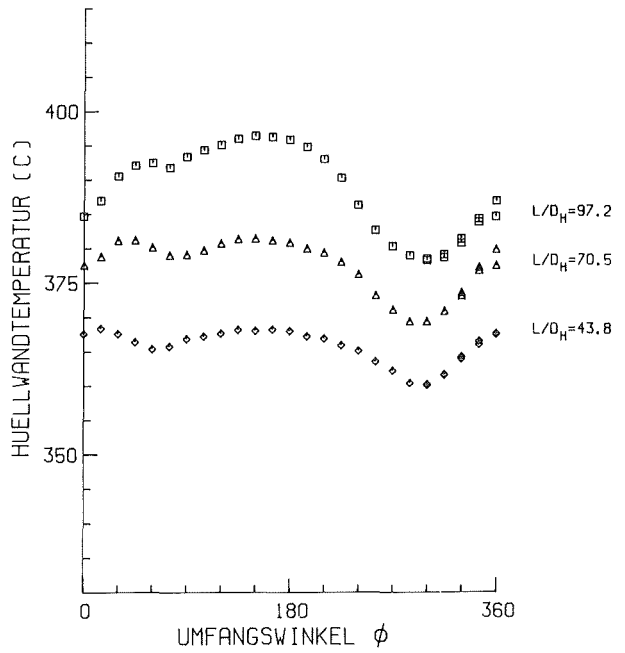
ABB. 95 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68163  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.636  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.7  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.4  
 GITTERSTELLUNG = 280  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 3572 APL-A

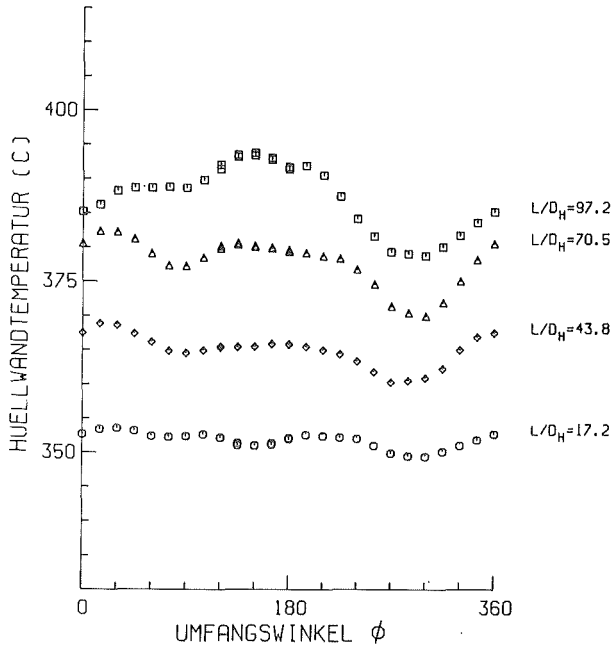
ABB. 96 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68163  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.636  
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.7  
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.4  
 GITTERSTELLUNG = 280  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0

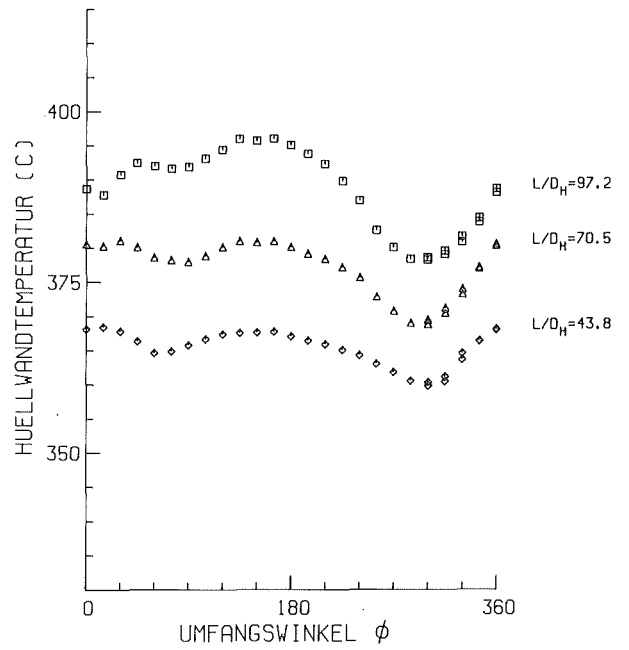
$D = 9.00$  MM  
 $D_H = 6.75$  MM  
 $P/D = 1.30$   
 $W/R = 1.38$   
 E 3572 APL-B

ABB. 97 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



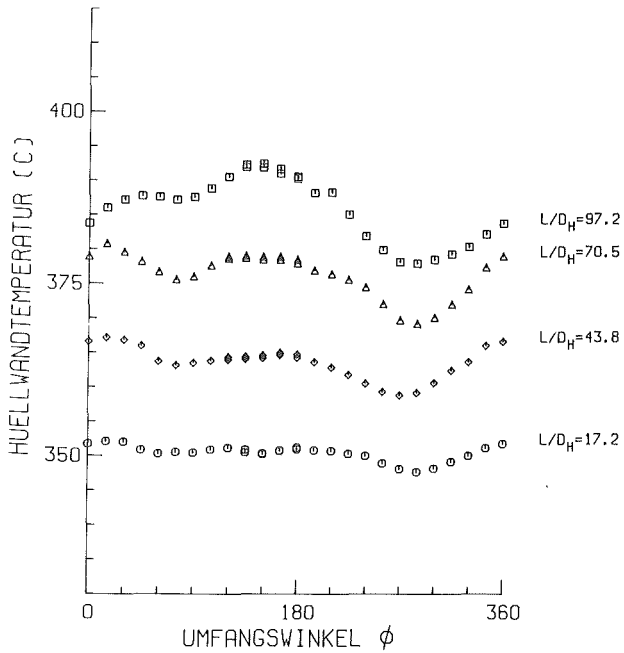
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 68293	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 355	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.607	P/D = 1.30
STABELEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 68.4	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.7	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3537 APL-A

ABB. 98 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



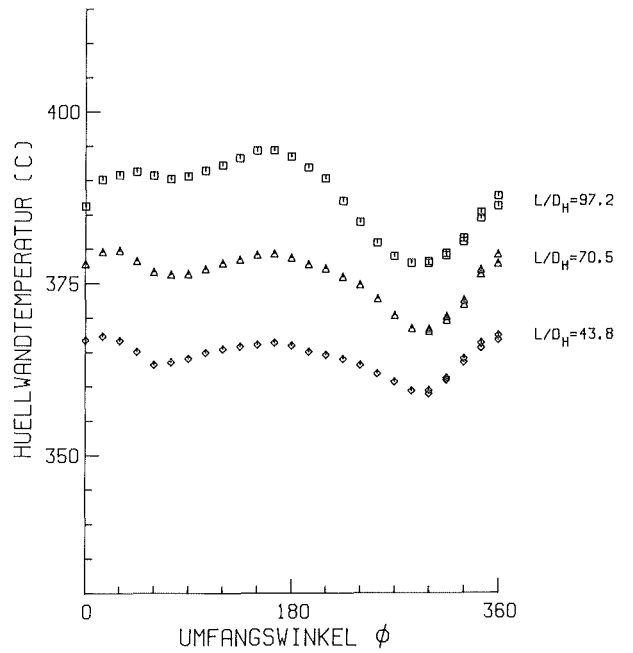
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 68293	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 355	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.607	P/D = 1.30
STABELEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 68.4	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.7	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3537 APL-B

ABB. 99 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



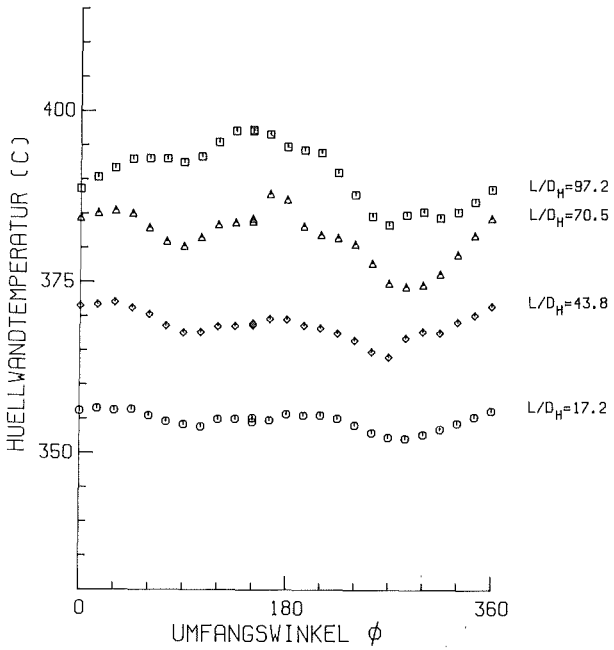
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 68012	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 354	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.617	P/D = 1.30
STABELEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 68.6	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8	
GITTERSTELLUNG = 220	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3503 APL-A

ABB. 100 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



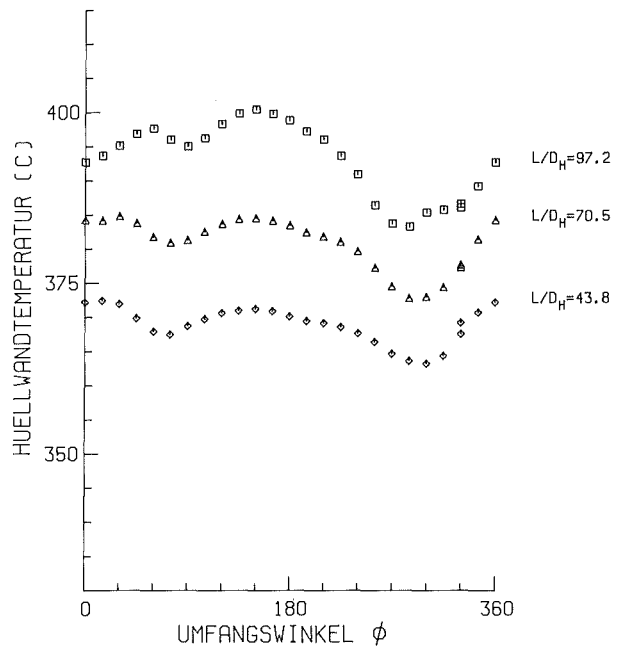
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 68012	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 354	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.617	P/D = 1.30
STABELEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 68.6	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8	
GITTERSTELLUNG = 220	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3503 APL-B

ABB. 101 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



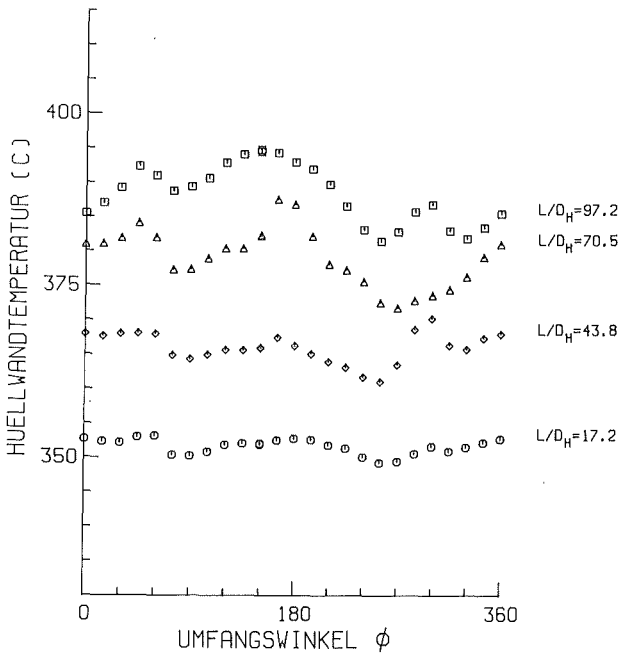
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69366	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.644	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 70.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.8	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3475 APL-A

ABB. 102 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



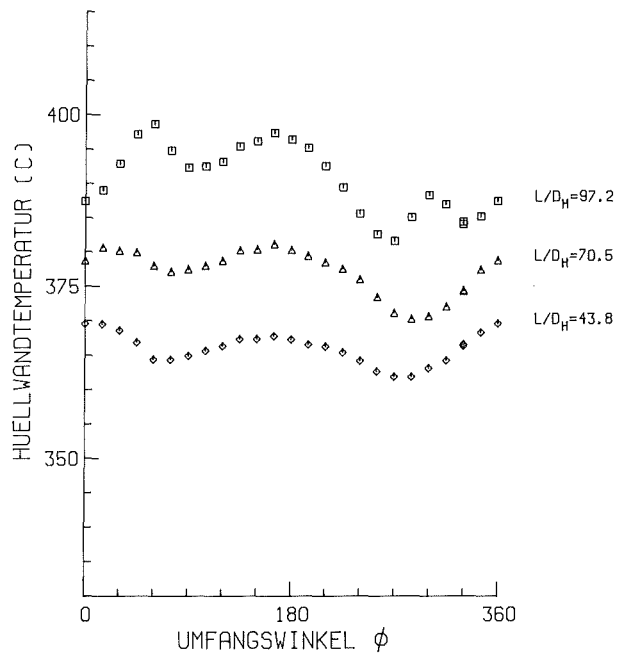
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69366	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.644	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 70.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.8	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3475 APL-B

ABB. 103 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



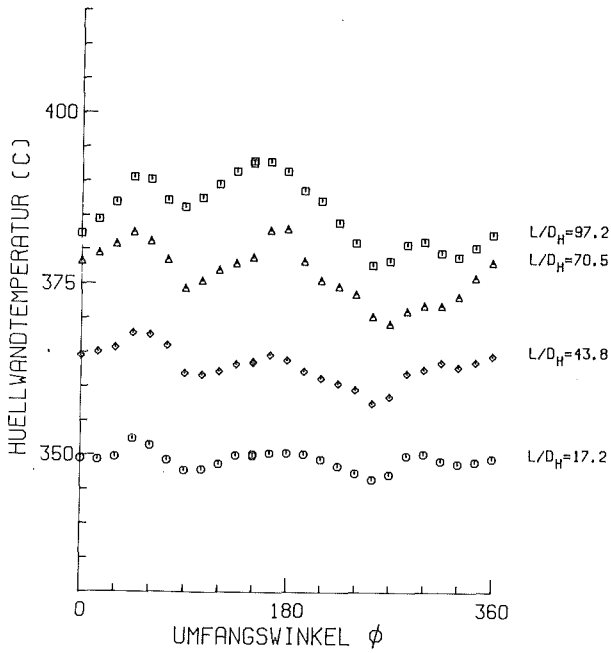
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69107	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.648	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 70.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.9	
GITTERSTELLUNG = 200	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3447 APL-A

ABB. 104 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



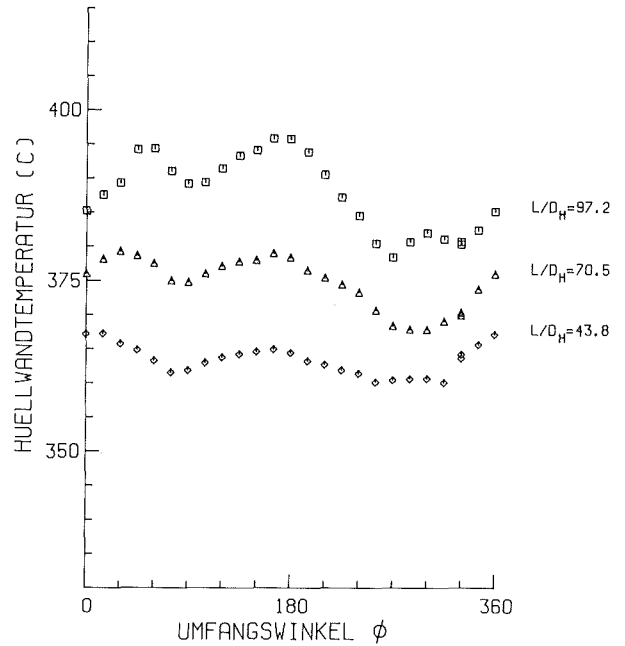
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69107	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.648	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 70.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.9	
GITTERSTELLUNG = 200	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3447 APL-B

ABB. 105 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



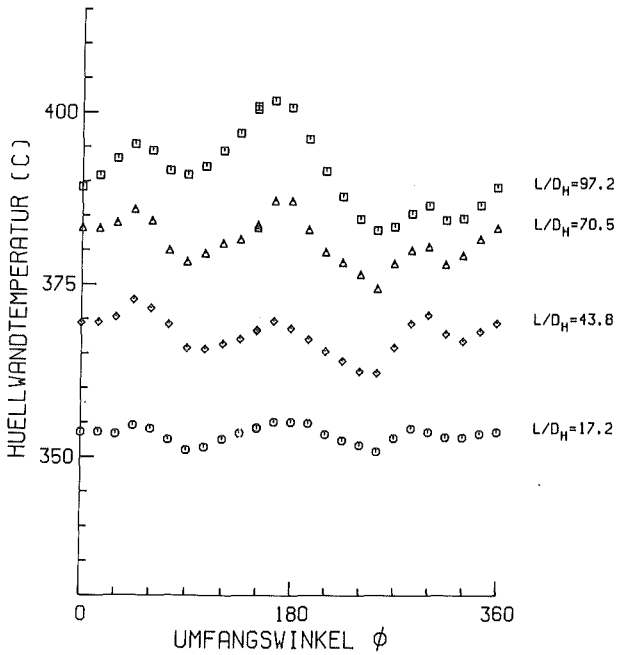
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 68262	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.614	P/D = 1.30
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 69.6	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 318.7	
GITTERSTELLUNG	= 190	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 3419 APL-A

ABB. 106 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



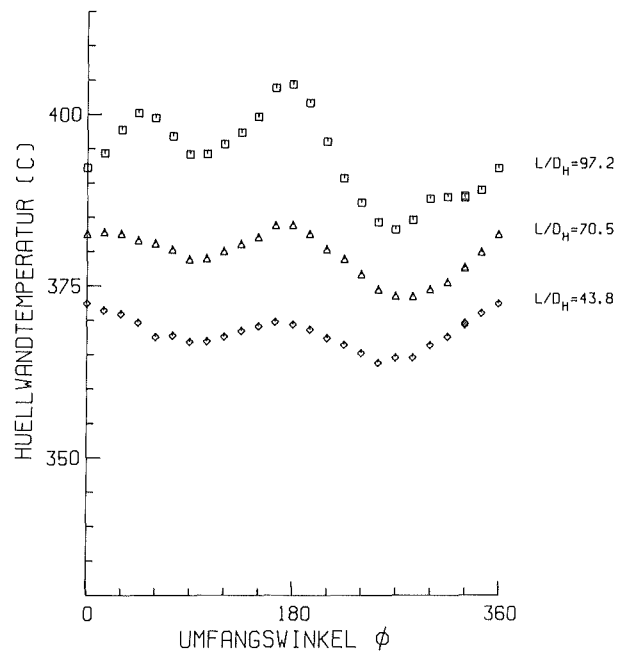
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 68262	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.614	P/D = 1.30
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 69.6	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 318.7	
GITTERSTELLUNG	= 190	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 3419 APL-B

ABB. 107 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



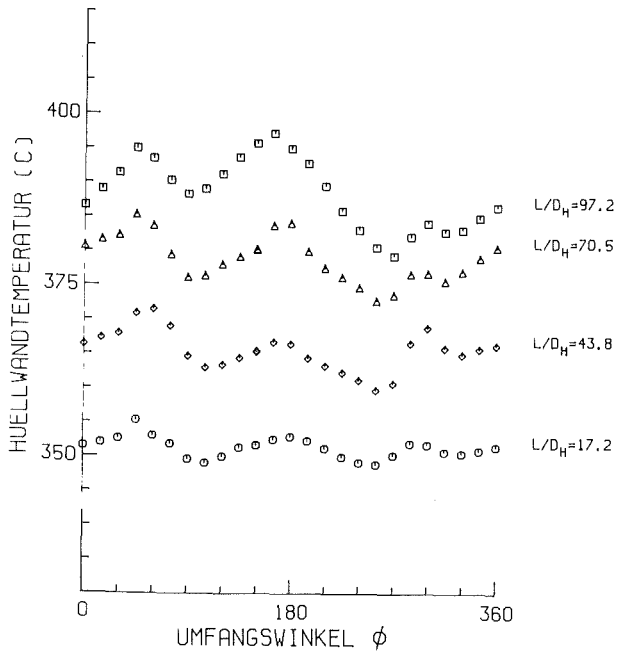
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 68578	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.602	P/D = 1.30
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 70.2	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 322.2	
GITTERSTELLUNG	= 180	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 3387 APL-A

ABB. 108 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



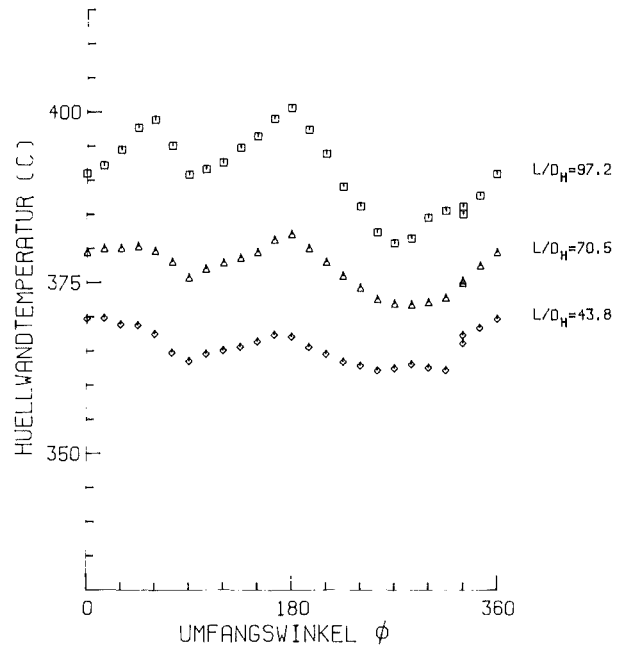
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 68578	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ )	= 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.602	P/D = 1.30
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ )	= 70.2	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 322.2	
GITTERSTELLUNG	= 180	
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 3387 APL-B

ABB. 109 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



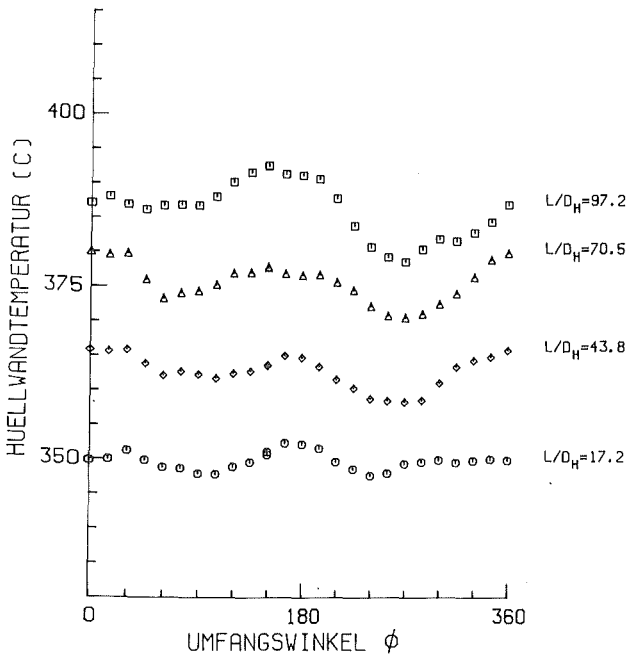
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67997	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.582	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 69.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3359 APL-A

ABB. 110 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



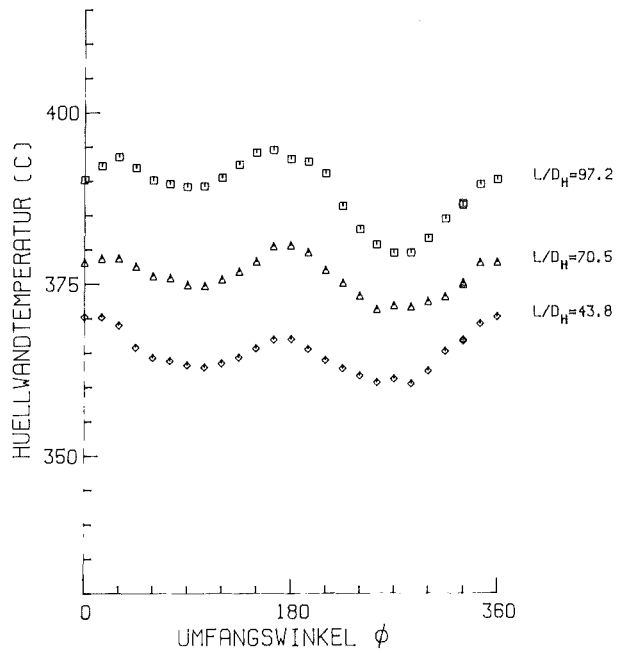
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67997	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.582	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 69.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 170	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3359 APL-B

ABB. 111 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67558	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.580	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 69.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9	
GITTERSTELLUNG = 150	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3328 APL-A

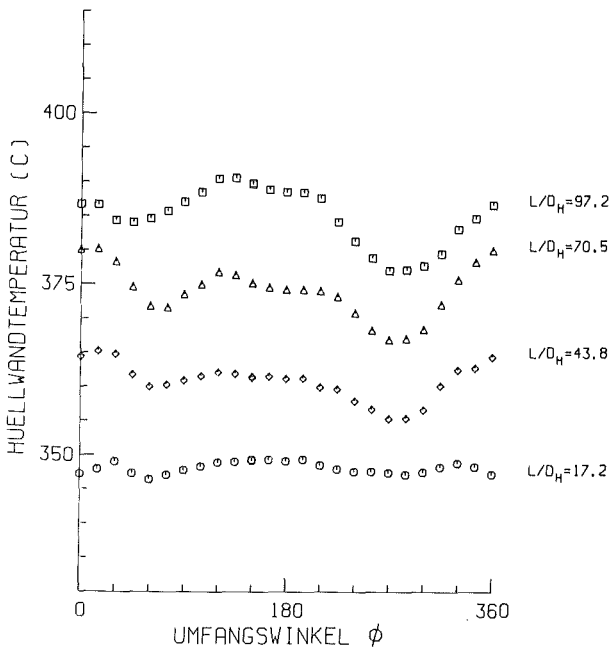
ABB. 112 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



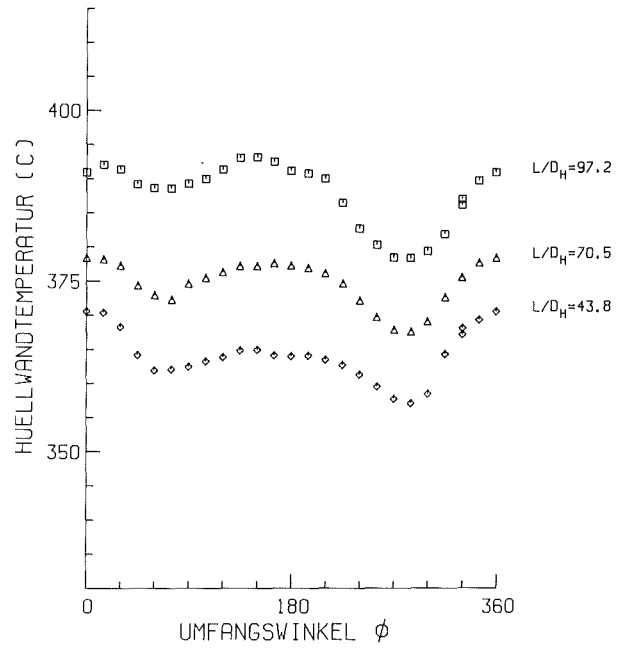
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67558	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.580	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**}2$ ) = 69.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.9	
GITTERSTELLUNG = 150	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3328 APL-B

ABB. 113 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11





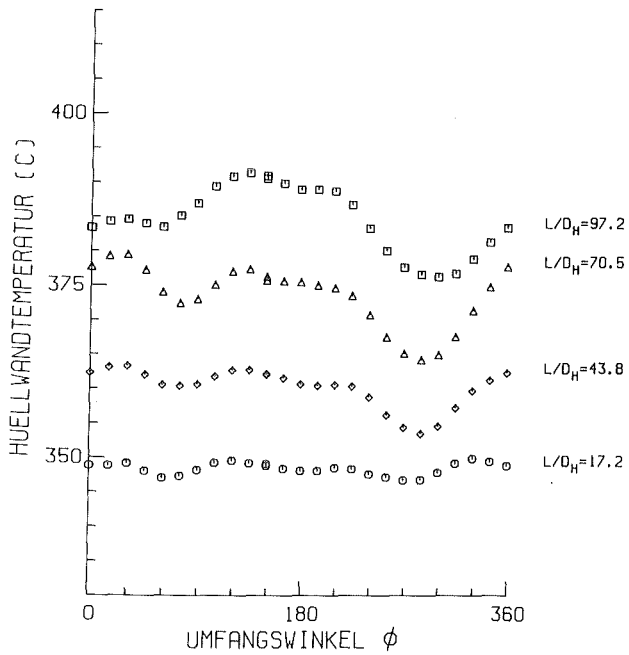
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67934	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.598	$P/D = 1.30$
STABELEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.4	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3278 APL-A



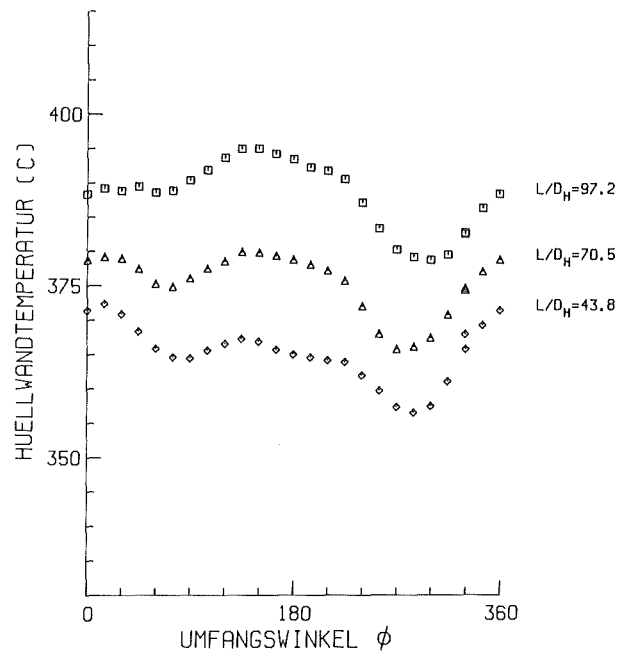
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67934	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.598	$P/D = 1.30$
STABELEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.4	
GITTERSTELLUNG = 120	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3278 APL-B

ABB. 114 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11

ABB. 115 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



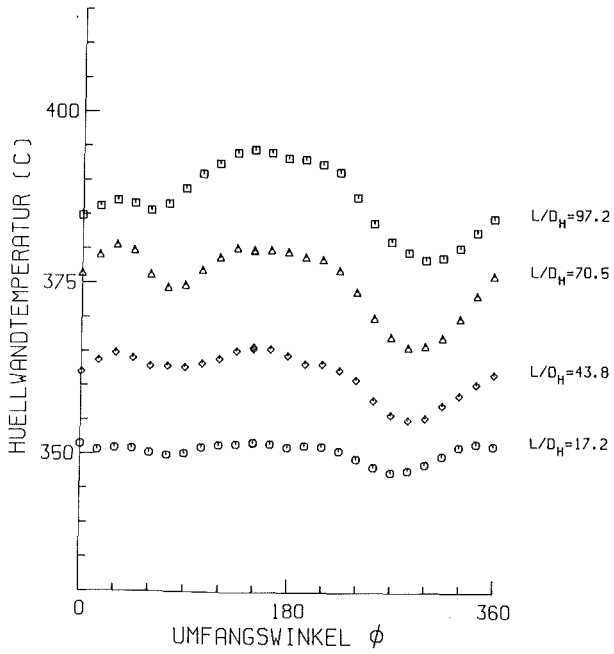
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67776	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.601	$P/D = 1.30$
STABELEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.7	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3253 APL-A



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67776	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.601	$P/D = 1.30$
STABELEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.7	
GITTERSTELLUNG = 50	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3253 APL-B

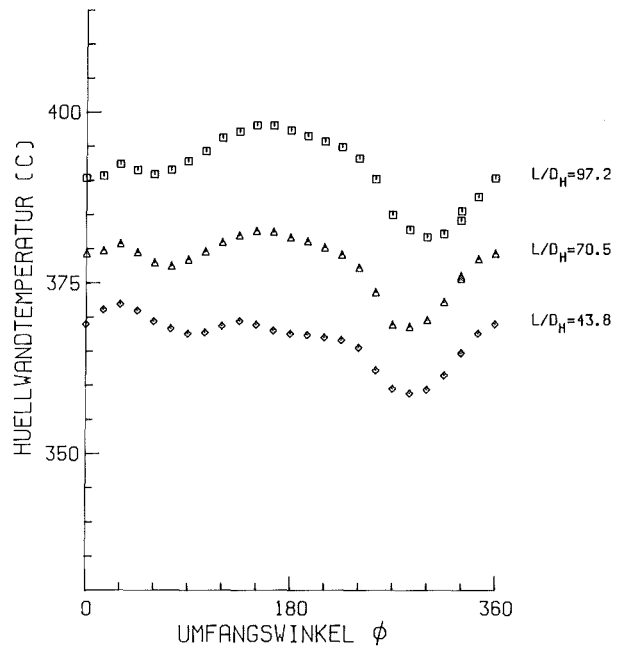
ABB. 116 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11

ABB. 117 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



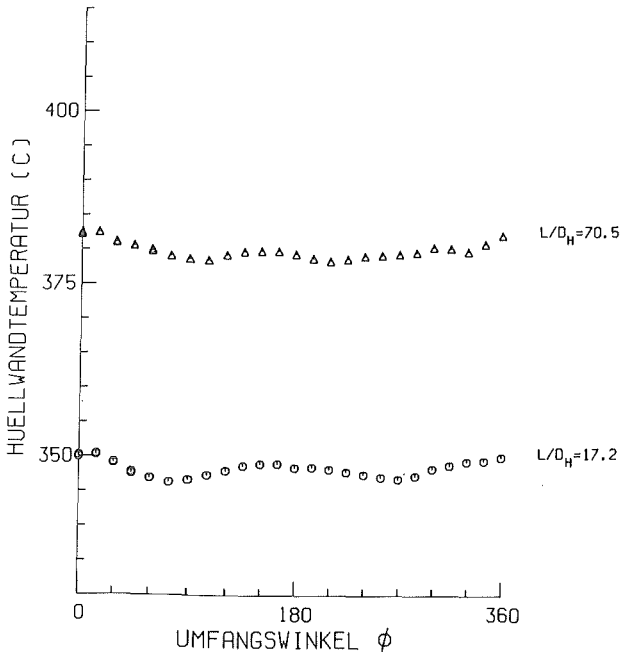
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67660      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.573      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 71.7      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     E 3153 APL-A

ABB. 118 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



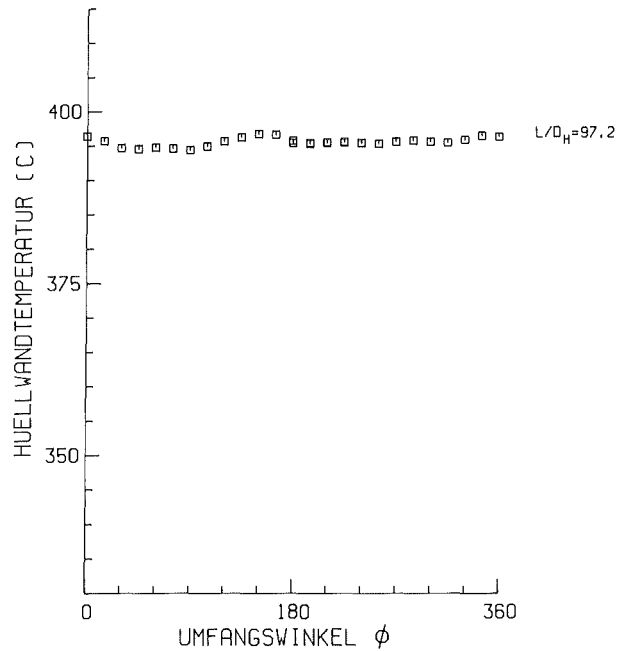
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67660      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.573      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 71.7      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     E 3153 APL-B

ABB. 119 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



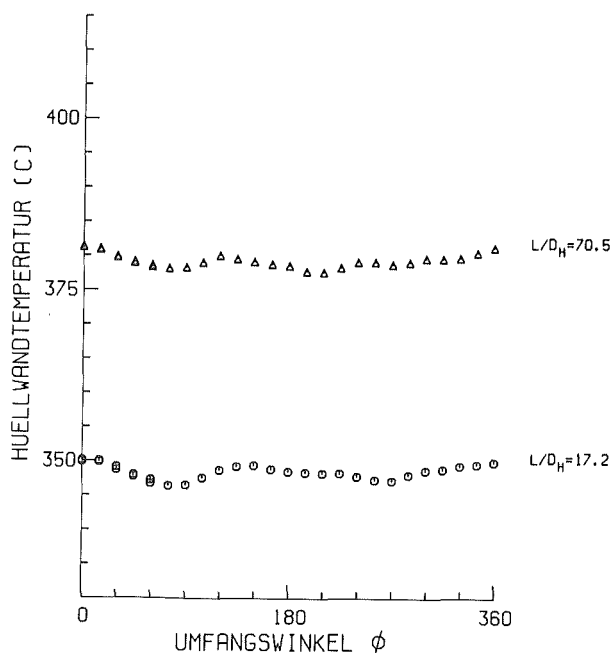
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68061      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.597      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 68.8      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     Z 3605 APL-A

ABB. 120 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



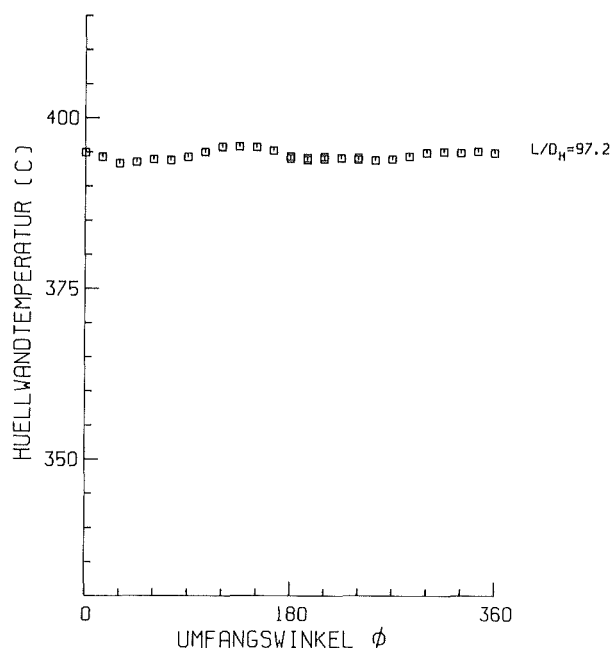
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68061      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.597      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 68.8      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.3  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     Z 3605 APL-B

ABB. 121 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



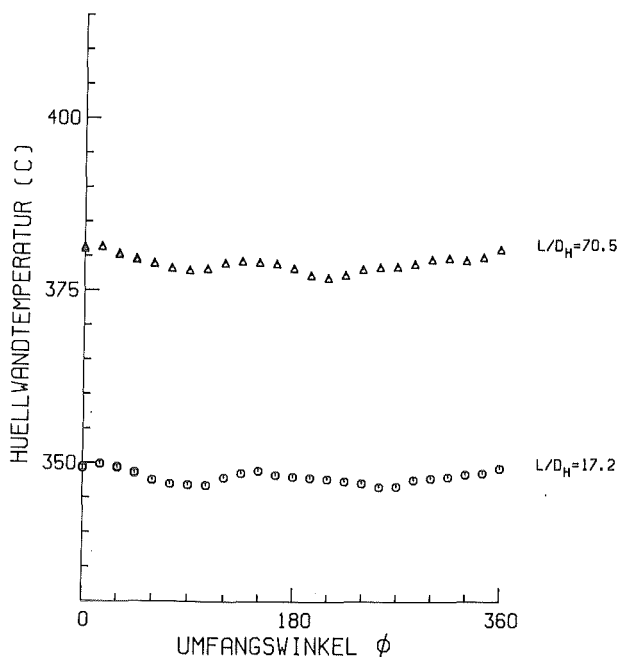
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68163	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.636	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 68.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.4	
GITTERSTELLUNG = 280	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3572 APL-A

ABB. 122 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



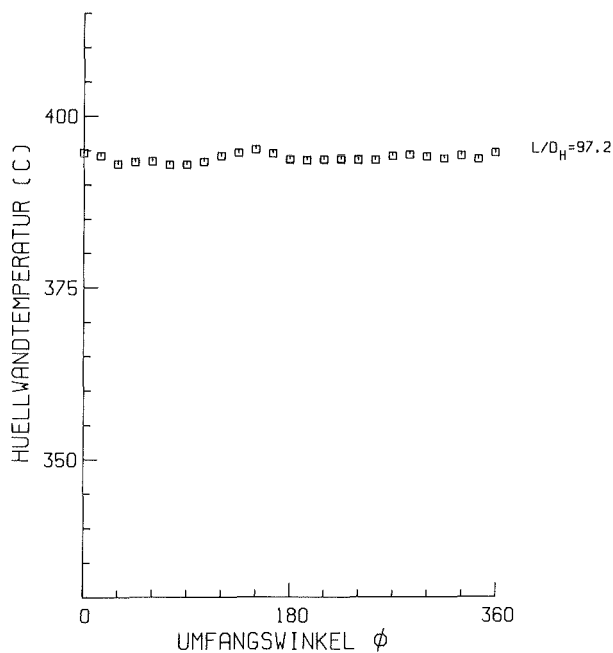
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68163	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.636	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 68.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.4	
GITTERSTELLUNG = 280	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3572 APL-B

ABB. 123 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



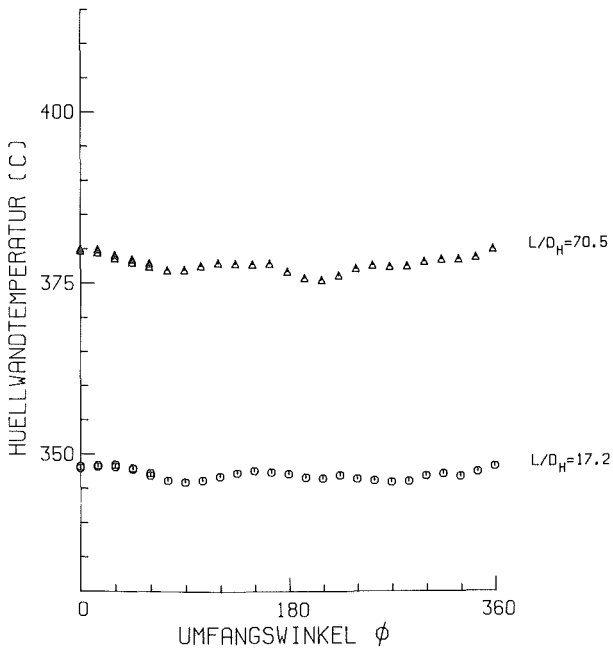
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68293	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.607	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 66.9	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.7	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3537 APL-A

ABB. 124 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



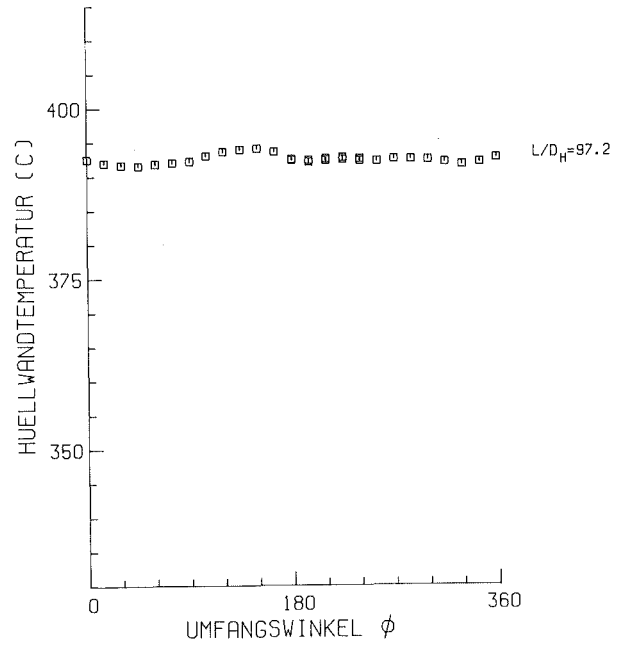
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68293	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.607	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 66.9	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.7	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3537 APL-B

ABB. 125 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



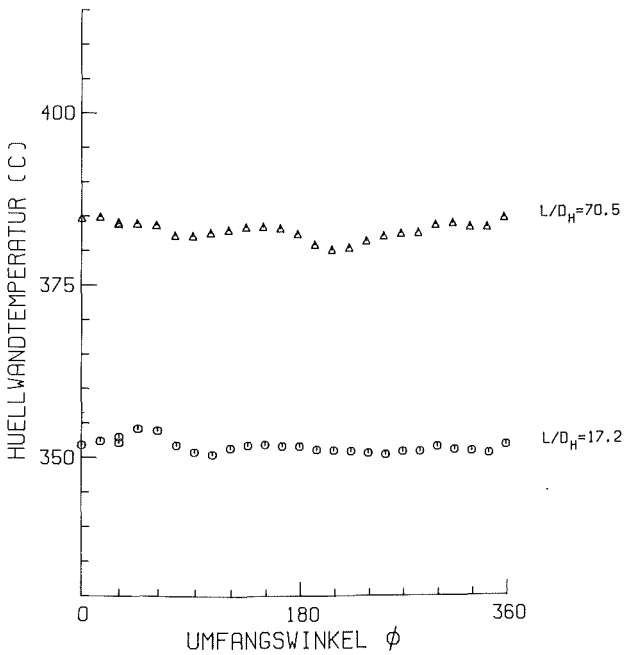
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68012	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.617	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 67.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8	
GITTERSTELLUNG = 220	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3503 APL-A

ABB. 126 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



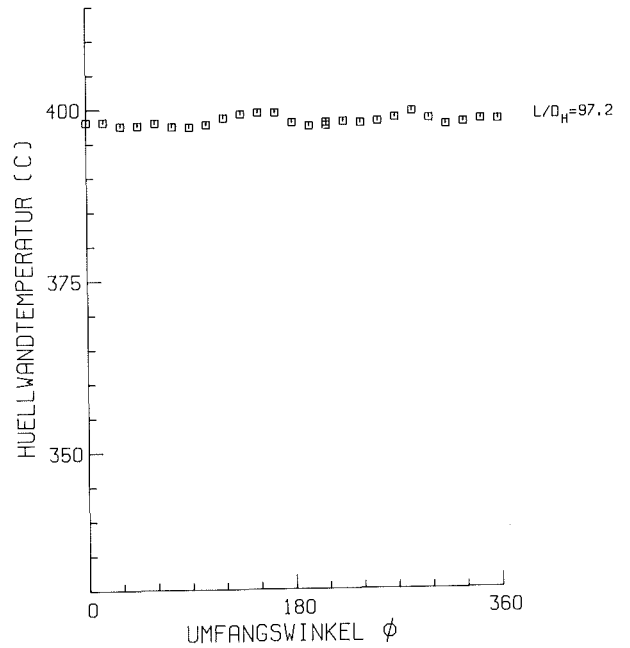
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68012	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 354	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.617	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 67.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8	
GITTERSTELLUNG = 220	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3503 APL-B

ABB. 127 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



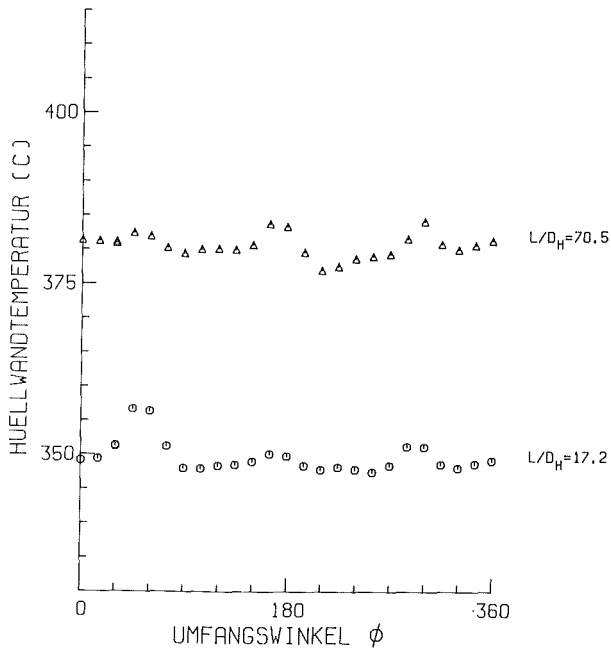
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69366	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.644	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 69.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.8	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3475 APL-A

ABB. 128 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



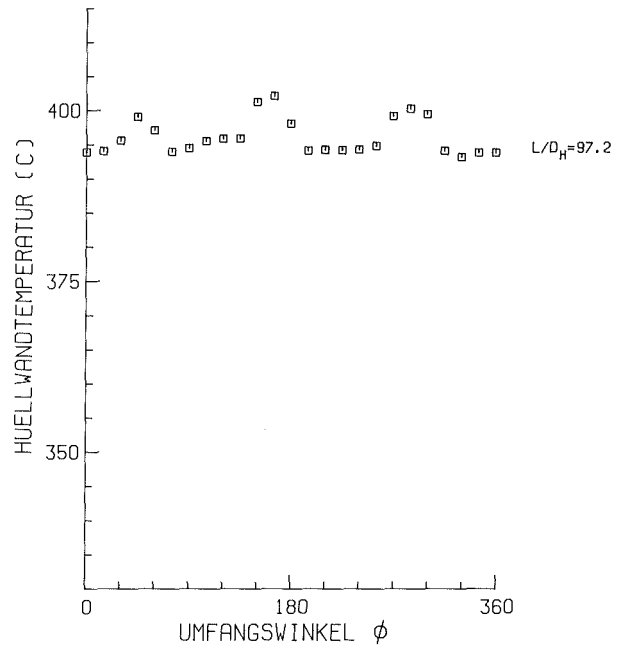
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69366	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 358	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.644	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 69.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.8	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3475 APL-B

ABB. 129 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



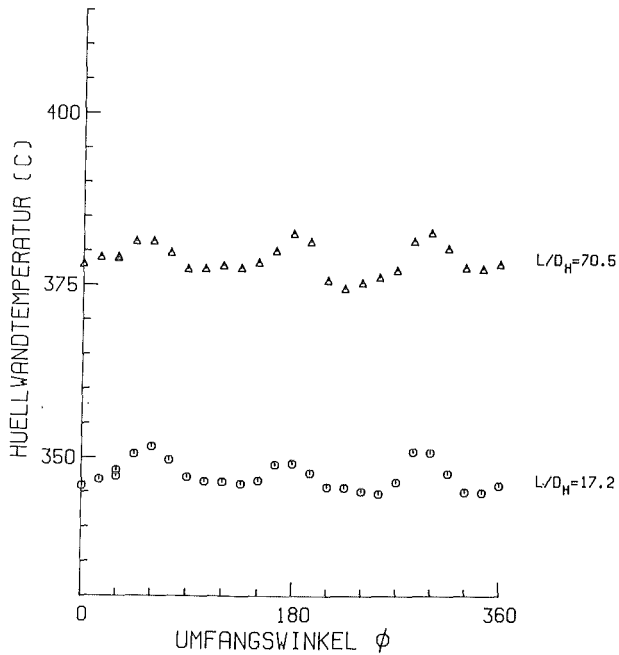
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69107       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359           $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.648                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 68.6                 $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 320.9  
 GITTERSTELLUNG = 200  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0                              Z 3447 APL-A

ABB. 130 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



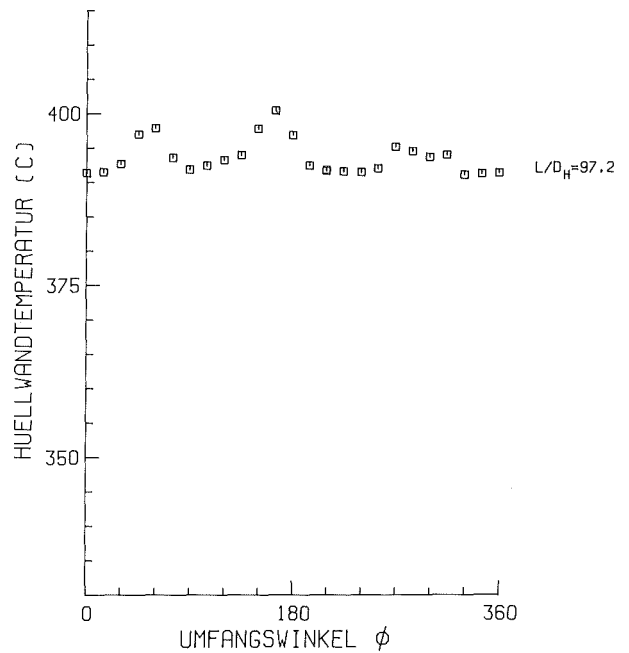
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69107       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359           $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.648                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 68.6                 $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 320.9  
 GITTERSTELLUNG = 200  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0                              Z 3447 APL-B

ABB. 131 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



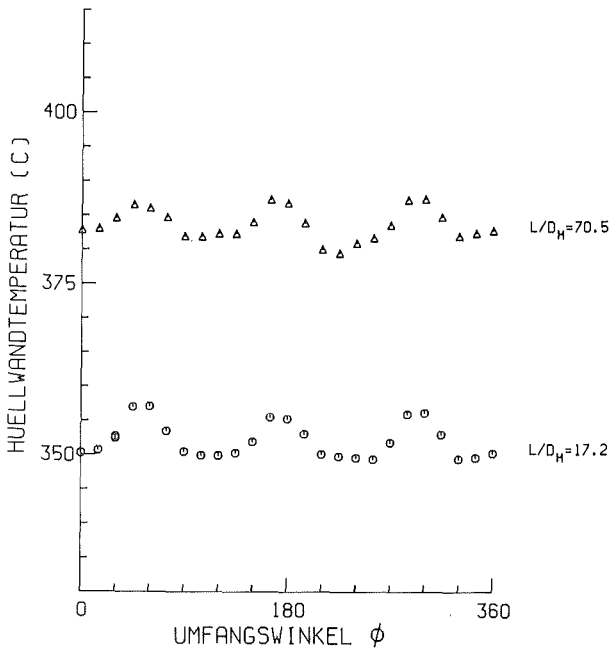
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68262       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356           $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.614                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 68.0                 $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 318.7  
 GITTERSTELLUNG = 190  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0                              Z 3419 APL-A

ABB. 132 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3

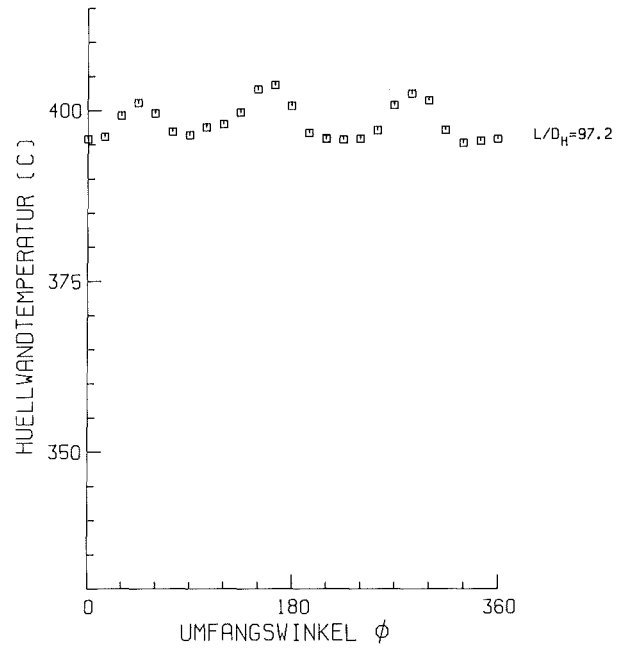


MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68262       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 356           $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.614                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 68.0                 $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 318.7  
 GITTERSTELLUNG = 190  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0                              Z 3419 APL-B

ABB. 133 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



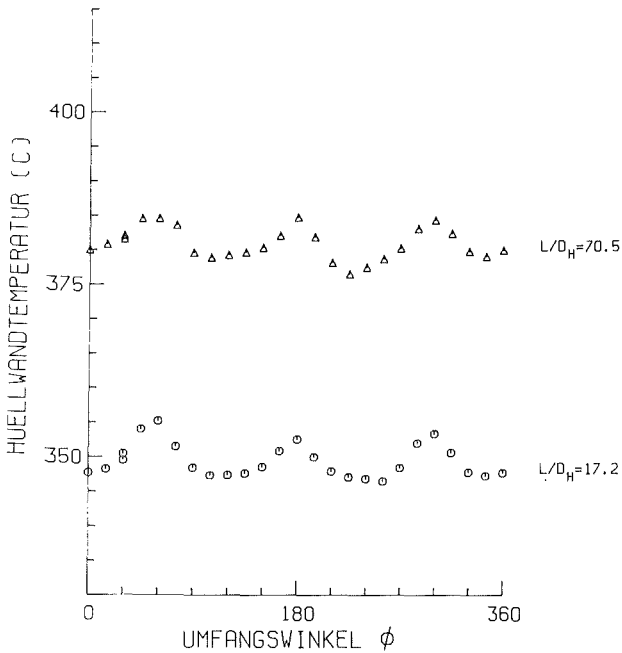
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68578       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.602       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 68.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.2  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3387 APL-A



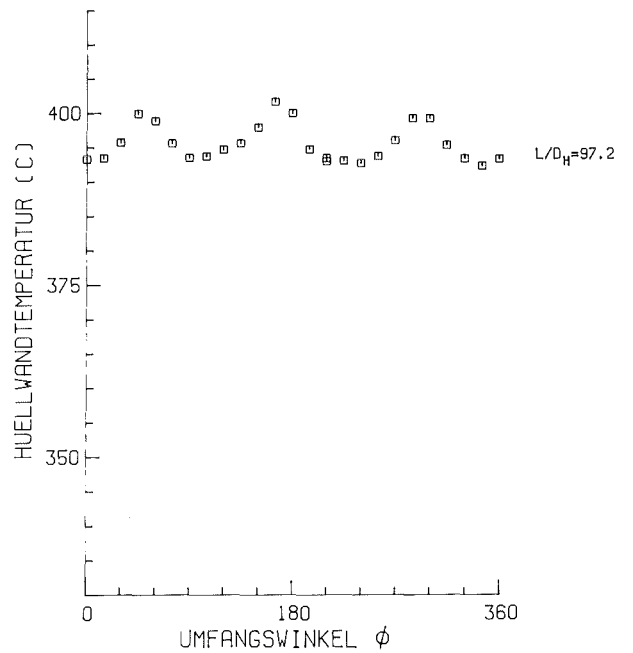
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68578       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 355       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.602       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 68.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.2  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3387 APL-B

ABB. 134 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3

ABB. 135 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



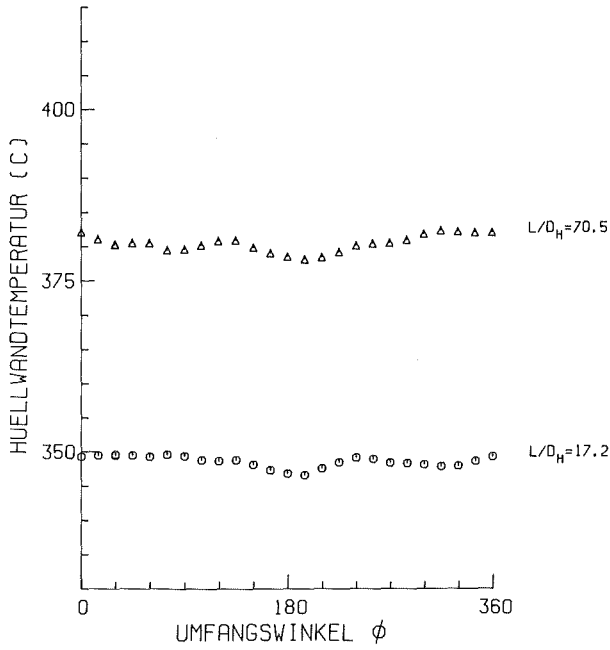
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67997       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.582       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 67.8       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 312.0  
 GITTERSTELLUNG = 170  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3359 APL-A



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67997       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.582       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 67.8       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9  
 GITTERSTELLUNG = 170  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3359 APL-B

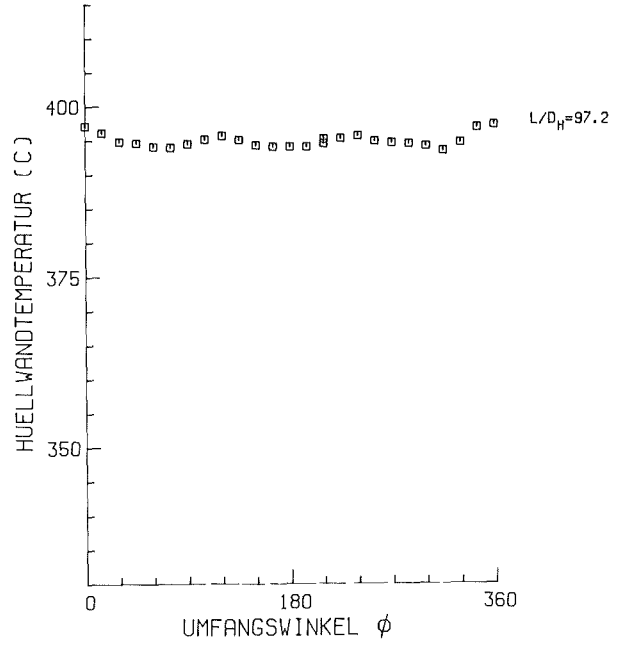
ABB. 136 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3

ABB. 137 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



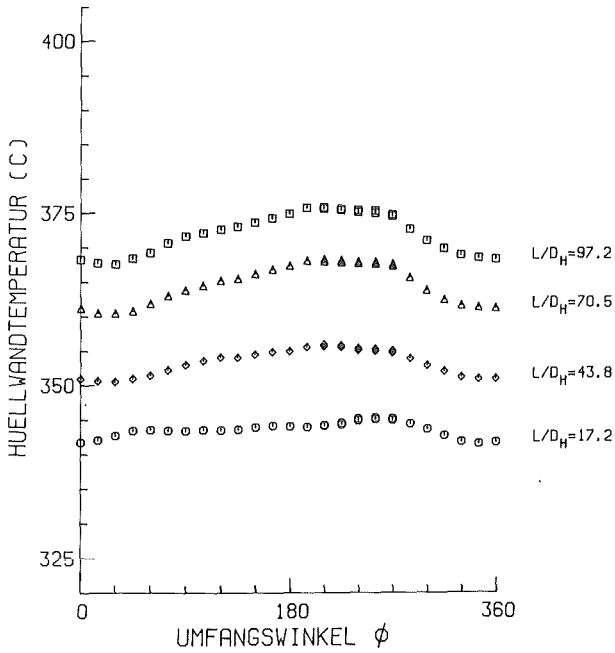
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67660	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.573	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.5	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3153 APL-A

ABB. 138 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



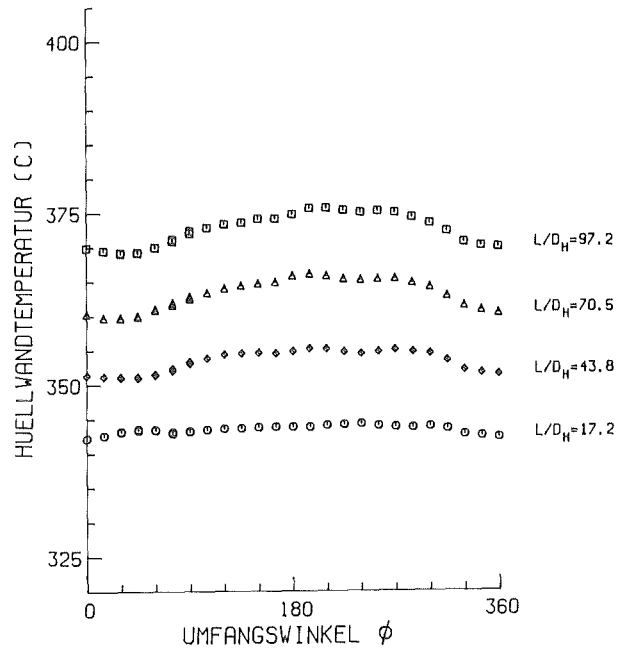
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67660	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.573	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.5	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3153 APL-B

ABB. 139 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



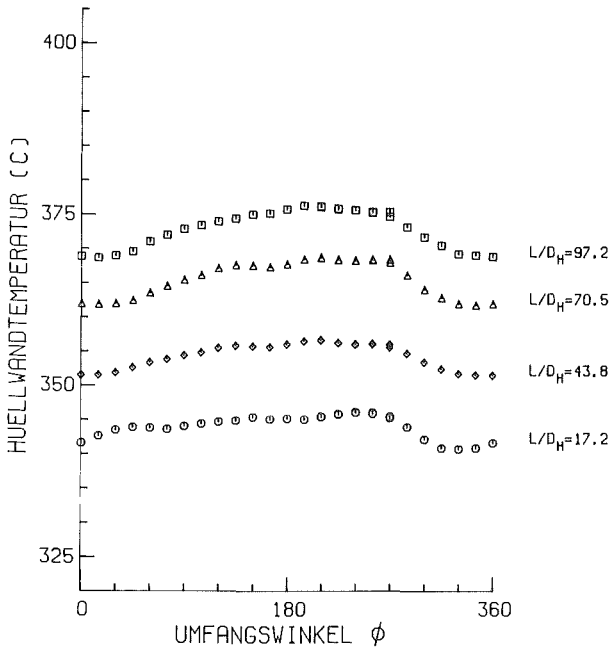
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68476	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.598	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 44.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.1	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 4436 APL-A

ABB. 140 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



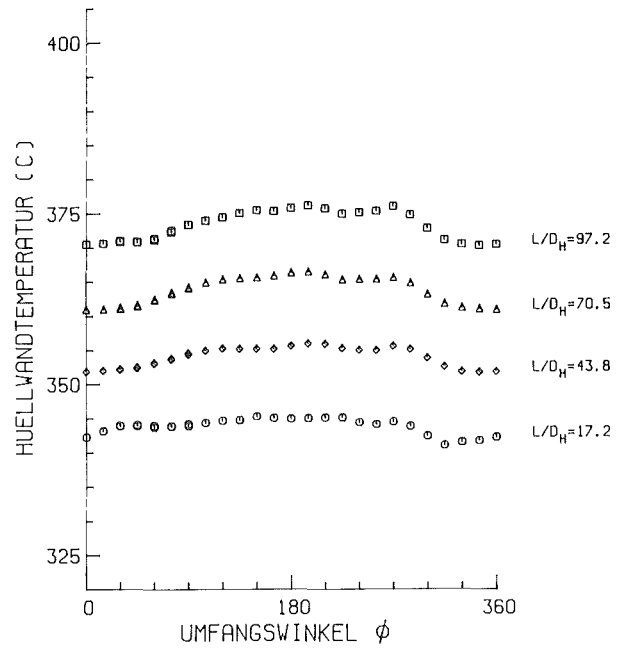
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66476	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.598	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 44.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.1	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 4436 APL-B

ABB. 141 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



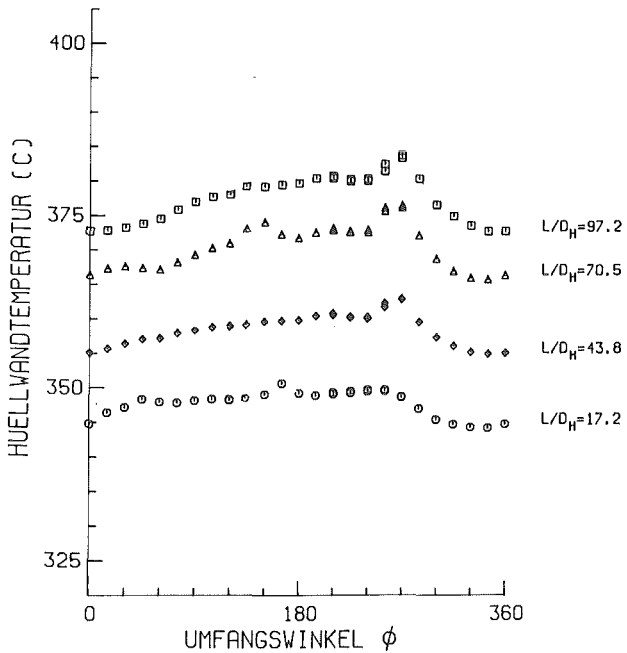
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66296	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.605	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 44.1	$V/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.2	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 4401 APL-A

ABB. 142 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



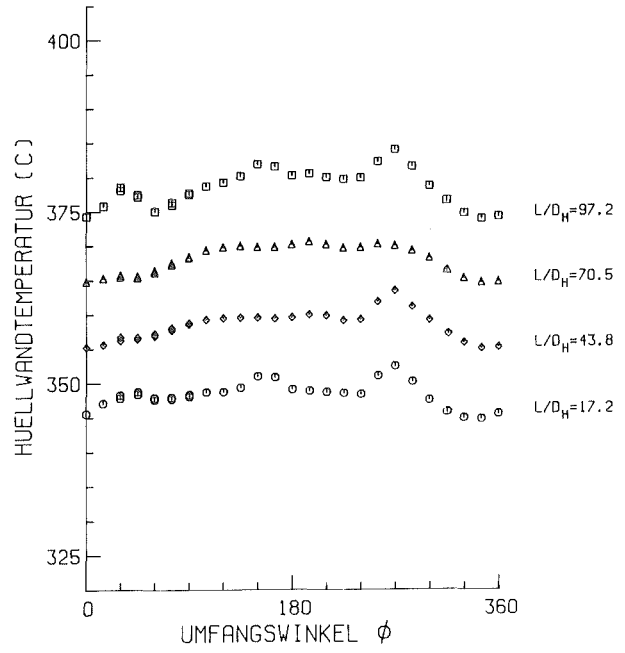
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66296	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.605	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 44.1	$V/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.2	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 4401 APL-B

ABB. 143 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66989	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.630	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 45.2	$V/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.8	
GITTERSTELLUNG = 200	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 4370 APL-A

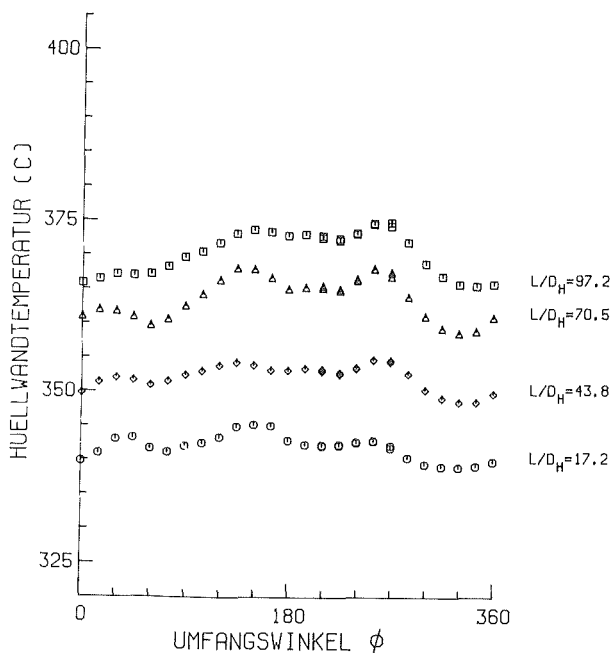
ABB. 144 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66989	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.630	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 45.2	$V/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.8	
GITTERSTELLUNG = 200	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 4370 APL-B

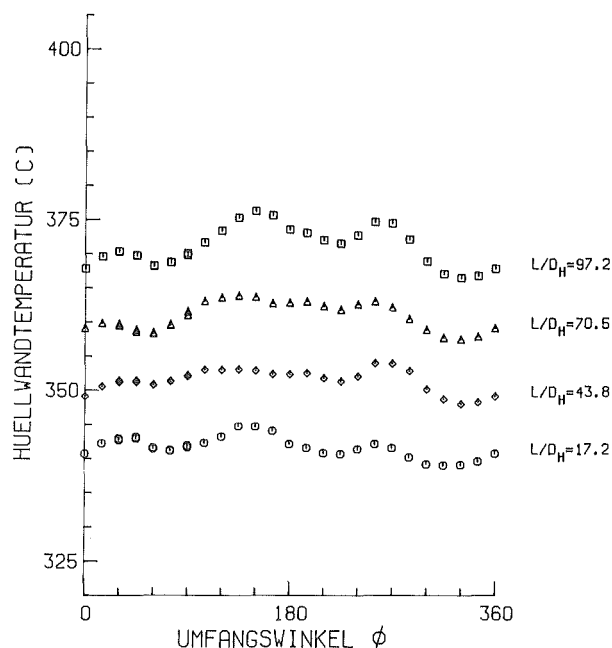
ABB. 145 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12





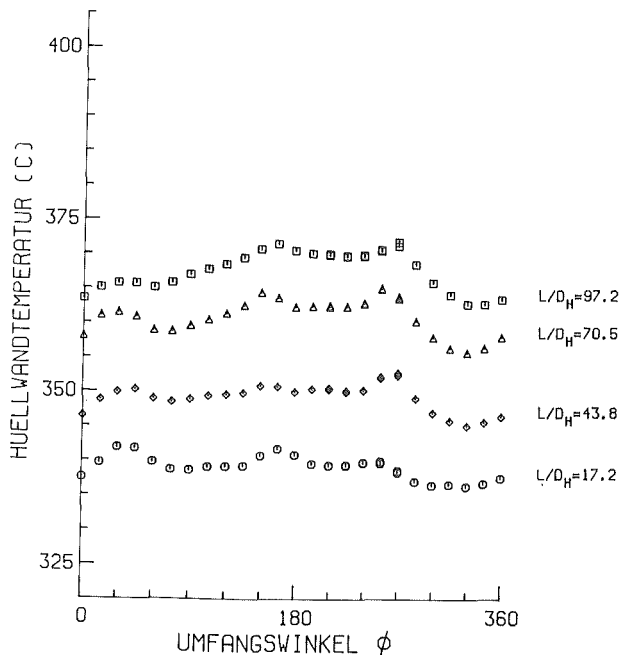
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65811       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.585       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 44.3       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4337 APL-A

ABB. 146 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



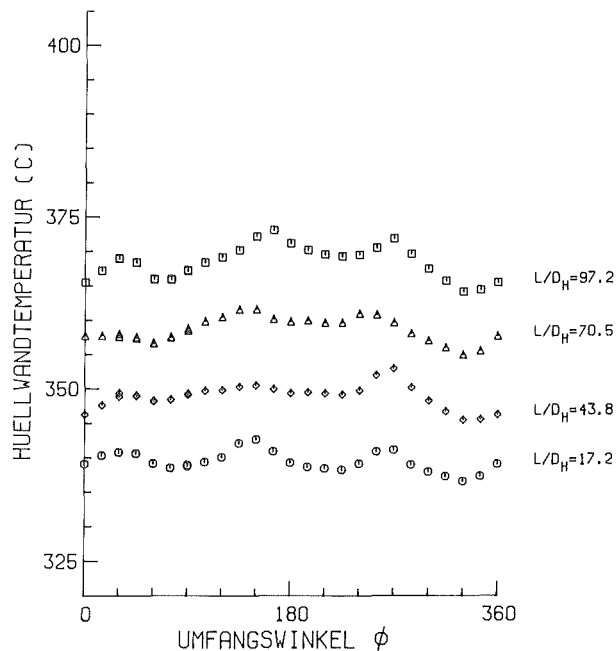
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65811       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.585       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 44.3       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9  
 GITTERSTELLUNG = 180  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4337 APL-B

ABB. 147 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



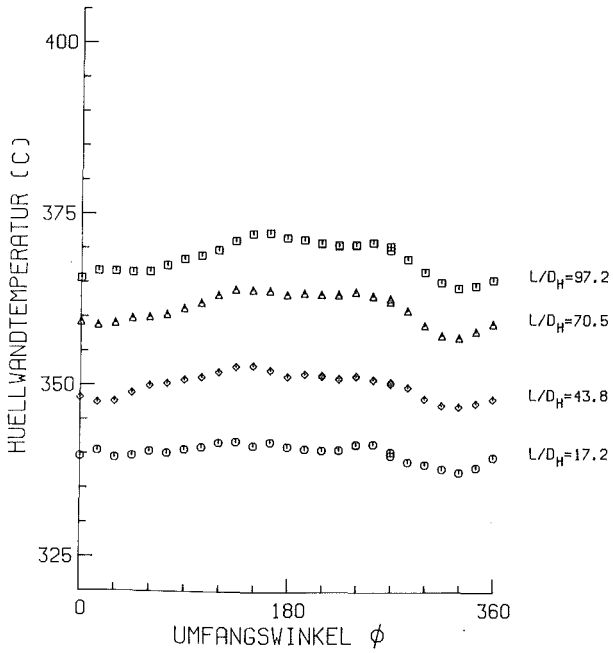
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65563       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.596       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 43.9       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.1  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4303 APL-A

ABB. 148 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

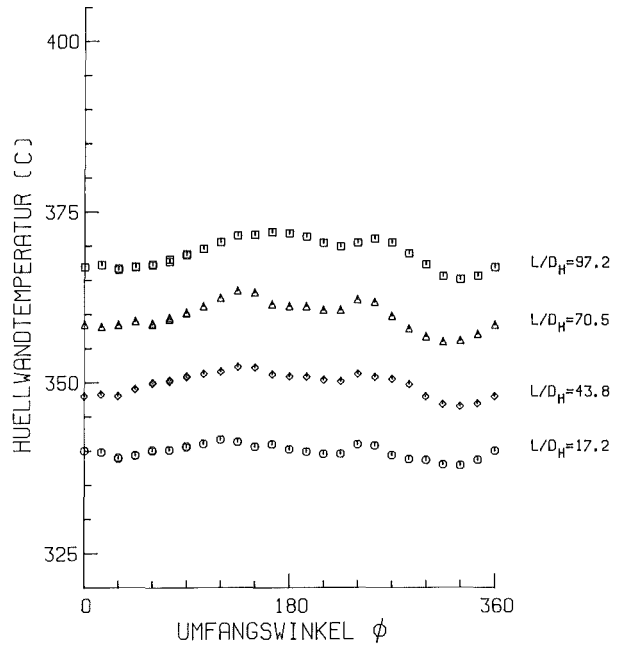


MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65563       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.596       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 43.9       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.1  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      V 4303 APL-B

ABB. 149 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



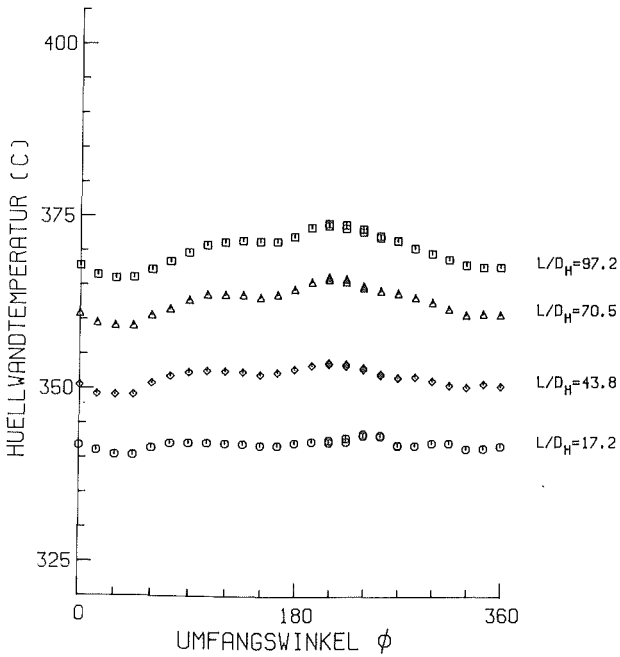
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65696       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.602       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 44.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.5  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0       $W 4272$  APL-A



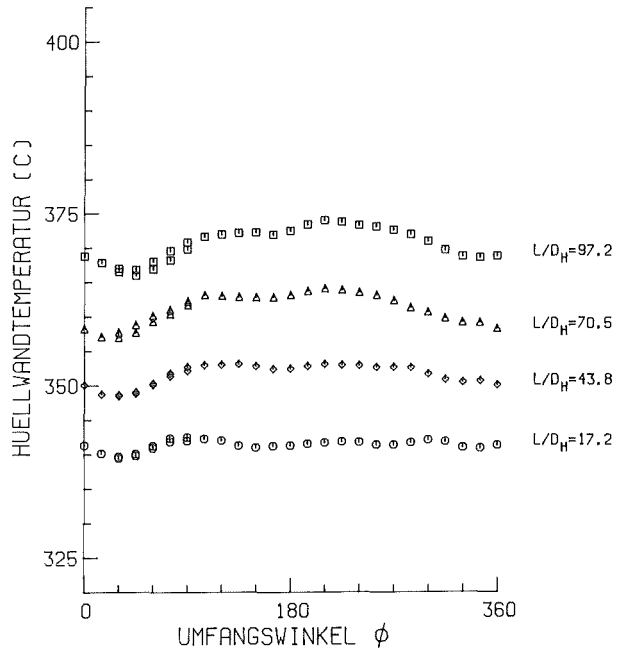
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65696       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.602       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 44.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.5  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0       $W 4272$  APL-B

ABB. 150 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

ABB. 151 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



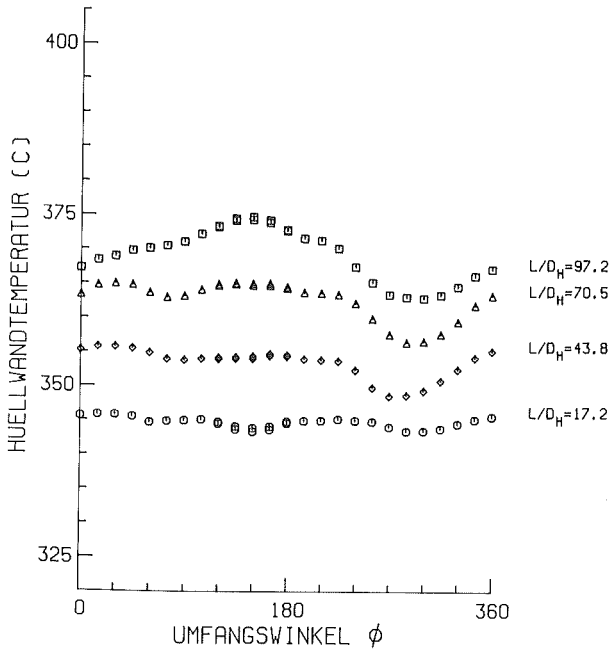
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66274       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.614       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 45.2       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8  
 GITTERSTELLUNG = 120  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0       $W 4239$  APL-A



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66274       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.614       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 45.2       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8  
 GITTERSTELLUNG = 120  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0       $W 4239$  APL-B

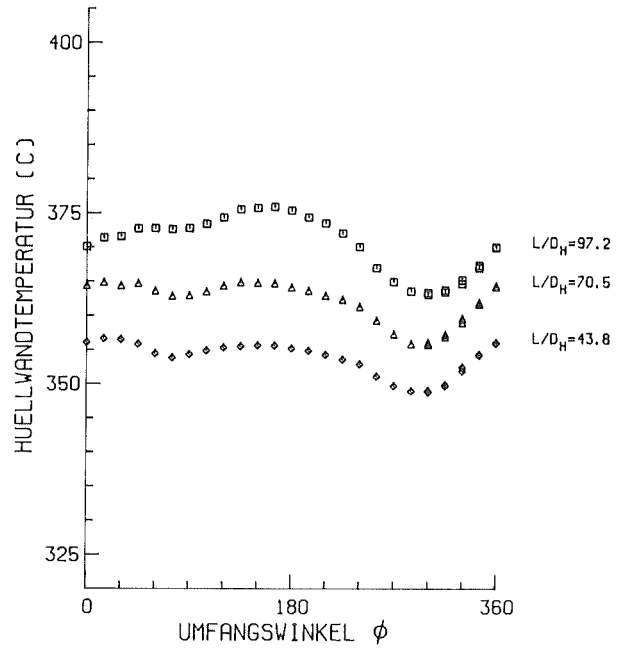
ABB. 152 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

ABB. 153 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



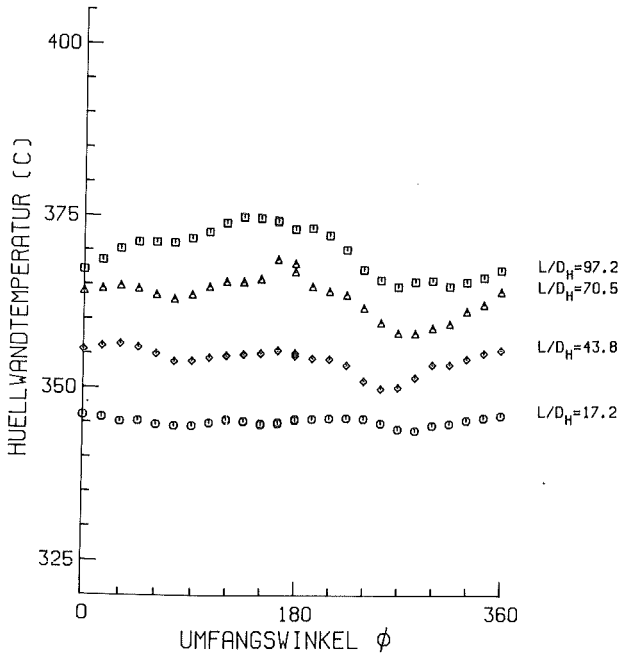
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66476	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.598	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 48.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.1	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4436 APL-A

ABB. 154 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



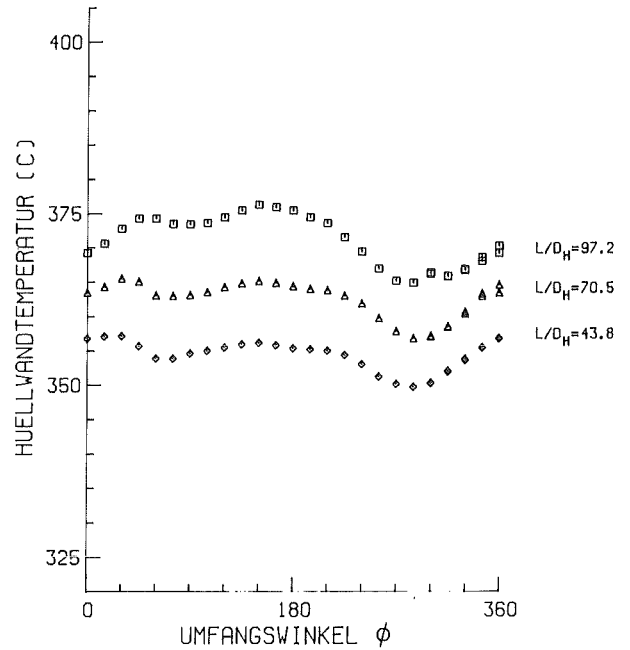
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66476	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.598	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 48.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.1	
GITTERSTELLUNG = 240	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4436 APL-B

ABB. 155 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



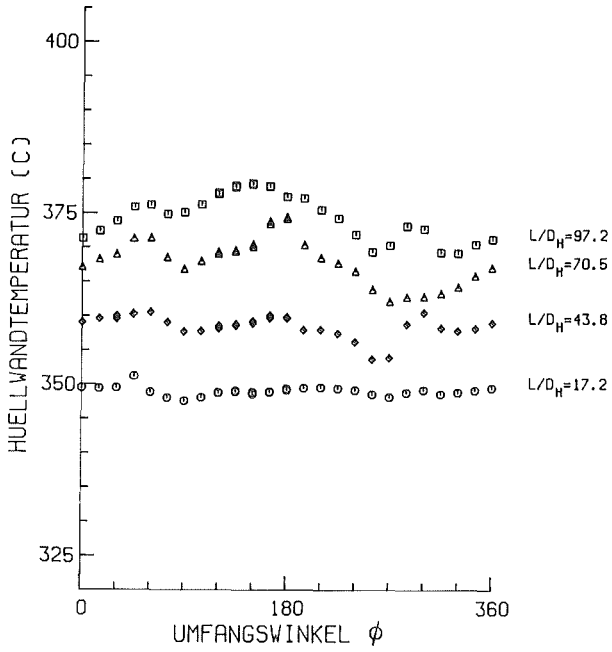
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66296	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.605	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 48.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.2	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4401 APL-A

ABB. 156 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



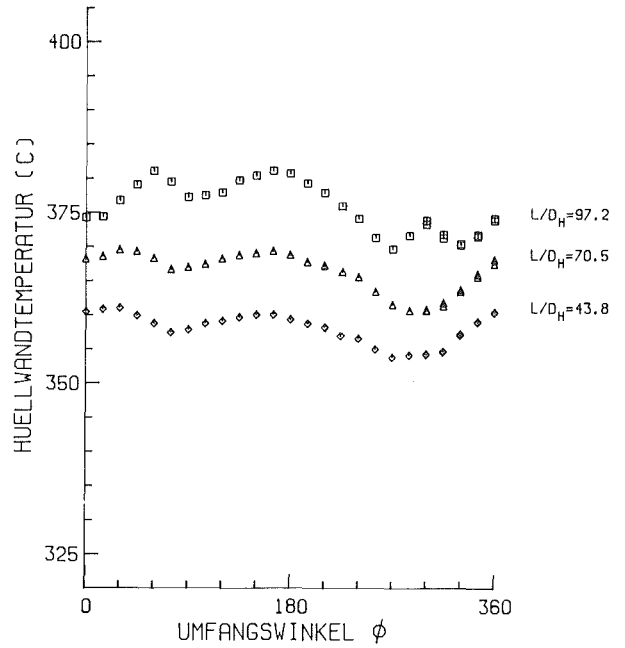
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66296	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.605	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 48.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 323.2	
GITTERSTELLUNG = 210	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4401 APL-B

ABB. 157 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



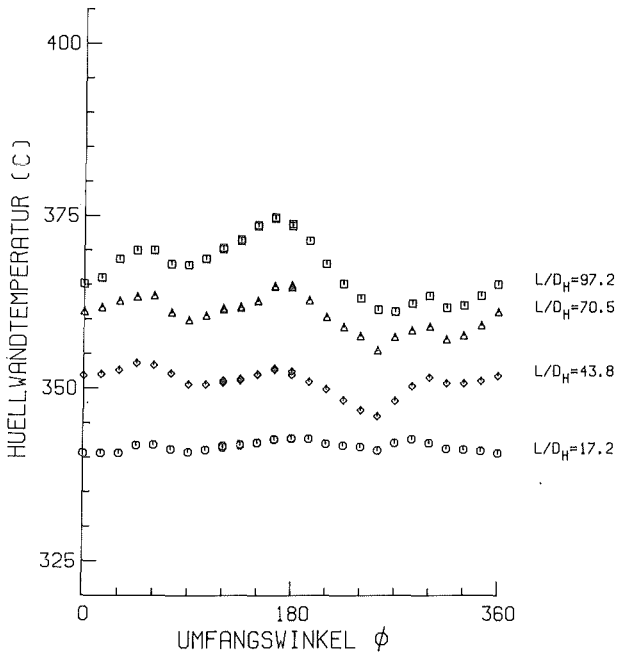
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 66989	D	= 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 352	D <sub>H</sub>	= 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.630	P/D	= 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> )	= 49.6	W/R	= 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 326.8		
GITTERSTELLUNG	= 200		
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 4370 APL-A	

ABB. 158 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



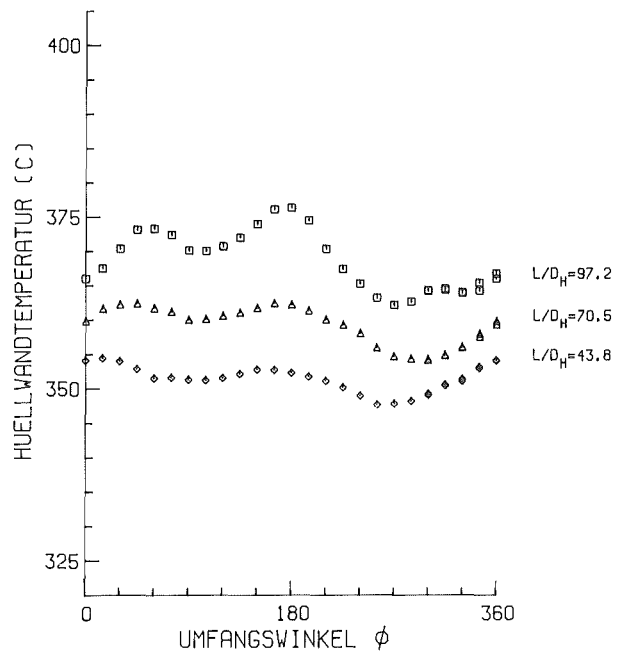
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 66989	D	= 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 352	D <sub>H</sub>	= 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.630	P/D	= 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> )	= 49.6	W/R	= 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 326.8		
GITTERSTELLUNG	= 200		
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 4370 APL-B	

ABB. 159 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



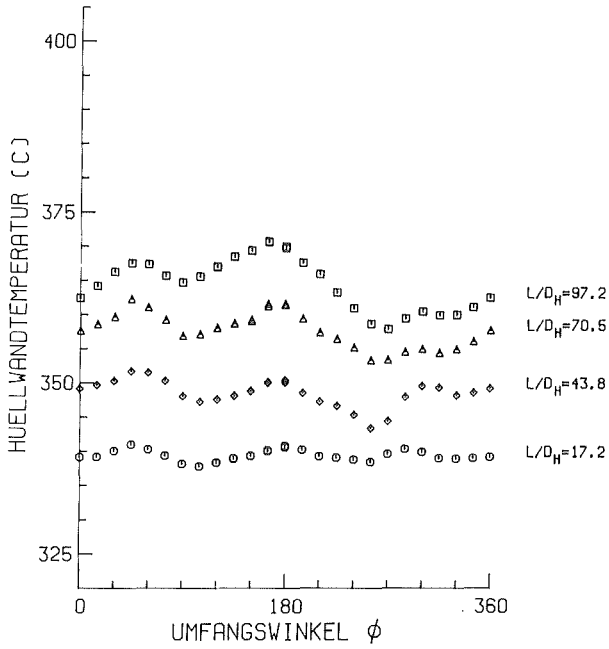
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 65811	D	= 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 350	D <sub>H</sub>	= 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.685	P/D	= 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> )	= 48.7	W/R	= 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 319.9		
GITTERSTELLUNG	= 180		
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 4337 APL-A	

ABB. 160 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



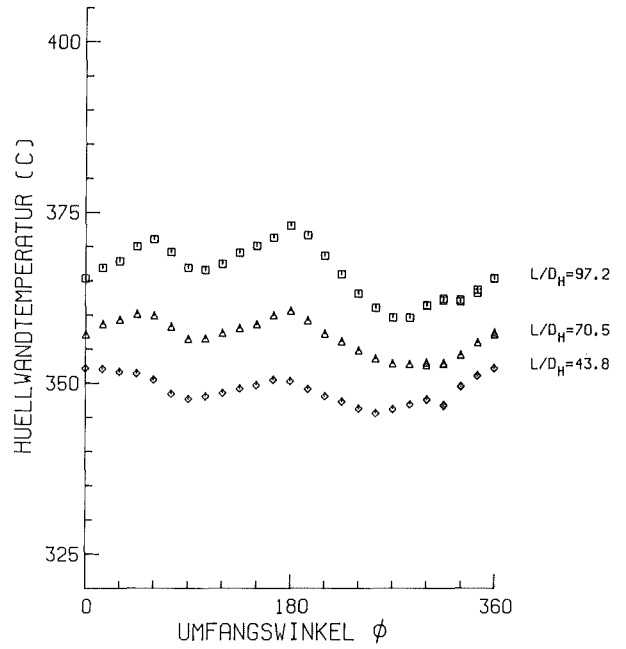
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 65811	D	= 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2)	= 350	D <sub>H</sub>	= 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S)	= 3.685	P/D	= 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> )	= 48.7	W/R	= 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C)	= 319.9		
GITTERSTELLUNG	= 180		
BIEGESTABSTELLUNG	= 0	E 4337 APL-B	

ABB. 161 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



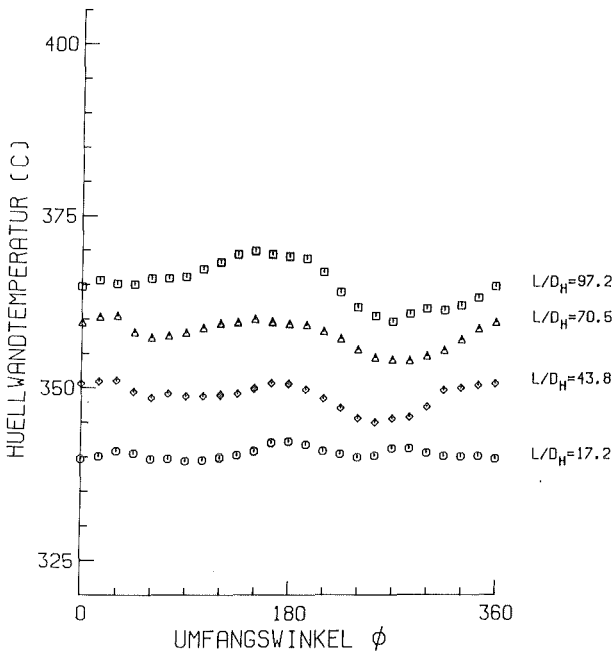
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65563       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.596       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 48.2       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.1  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4303 APL-A

ABB. 162 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



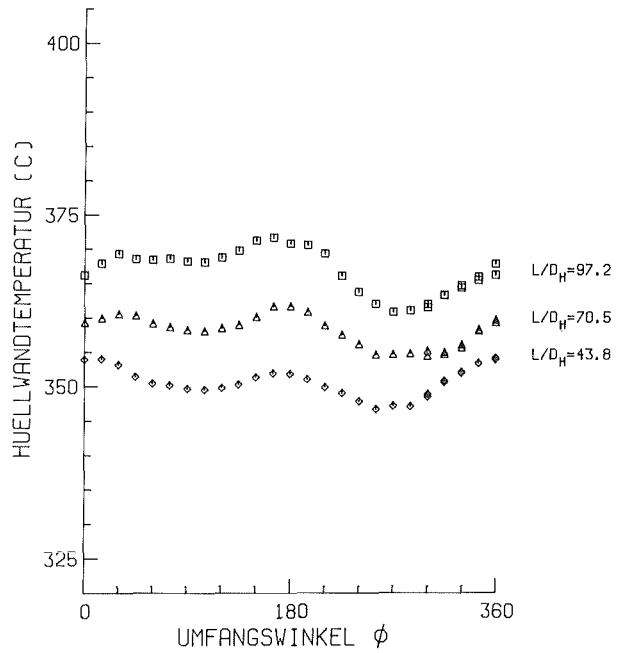
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65563       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.596       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 48.2       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 317.1  
 GITTERSTELLUNG = 160  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4303 APL-B

ABB. 163 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



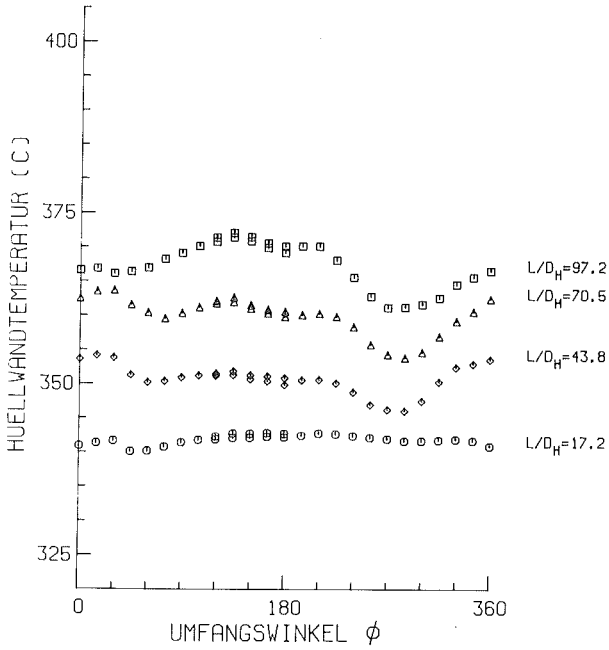
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65696       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.602       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 48.3       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.5  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4272 APL-A

ABB. 164 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



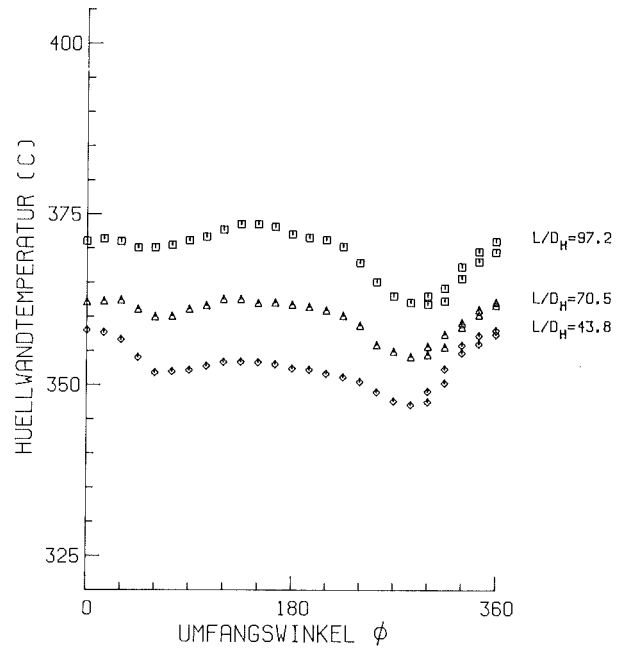
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 65696       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 350       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.602       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 48.3       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.5  
 GITTERSTELLUNG = 150  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4272 APL-B

ABB. 165 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



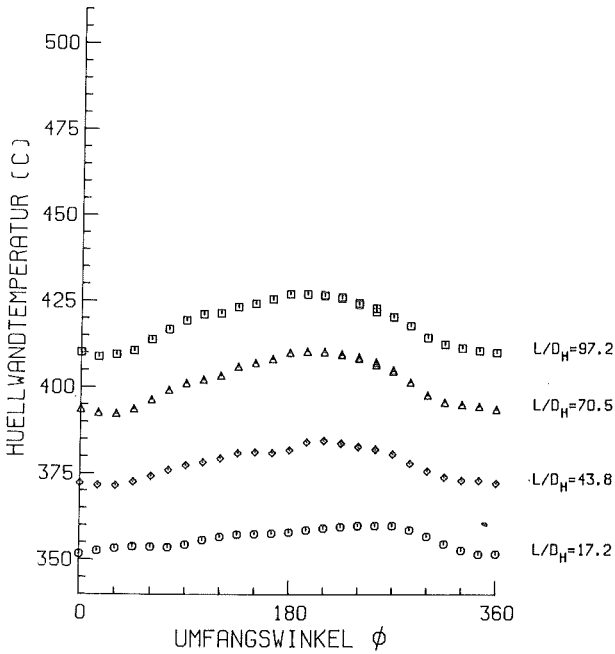
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66274       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.614       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 49.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8  
 GITTERSTELLUNG = 120  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4239 APL-A

ABB. 166 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



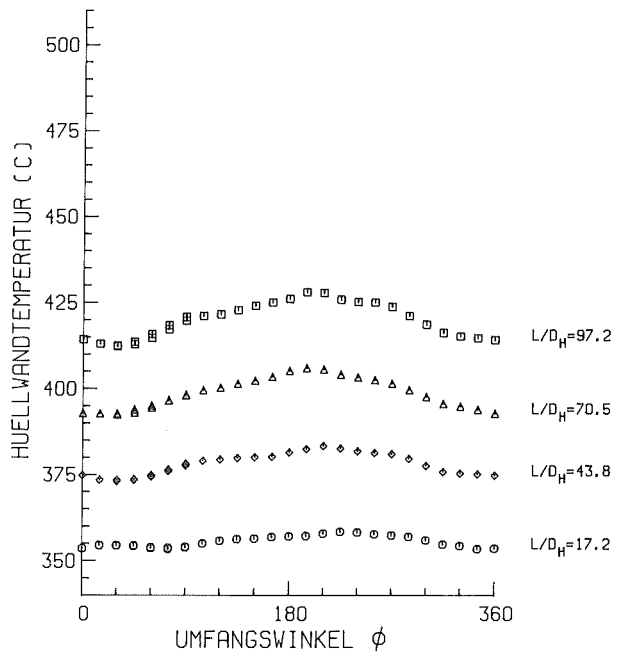
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 66274       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.614       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 49.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.8  
 GITTERSTELLUNG = 120  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 4239 APL-B

ABB. 167 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



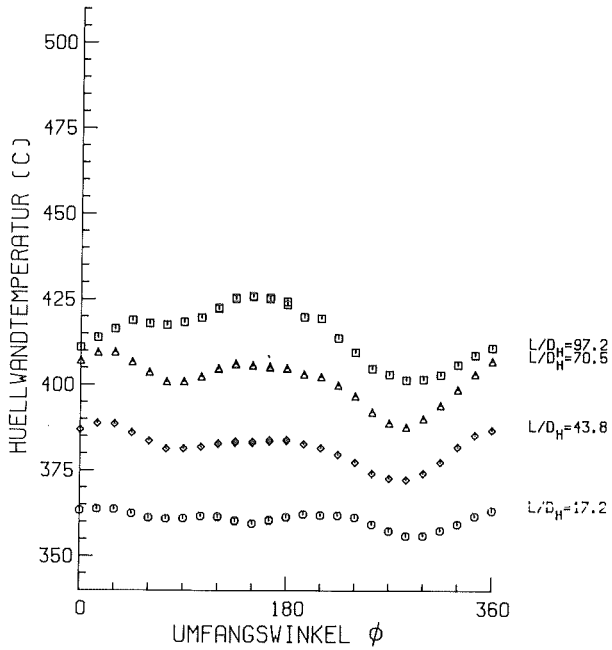
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 47210       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 235       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.363       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 64.8       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3634 APL-A

ABB. 168 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



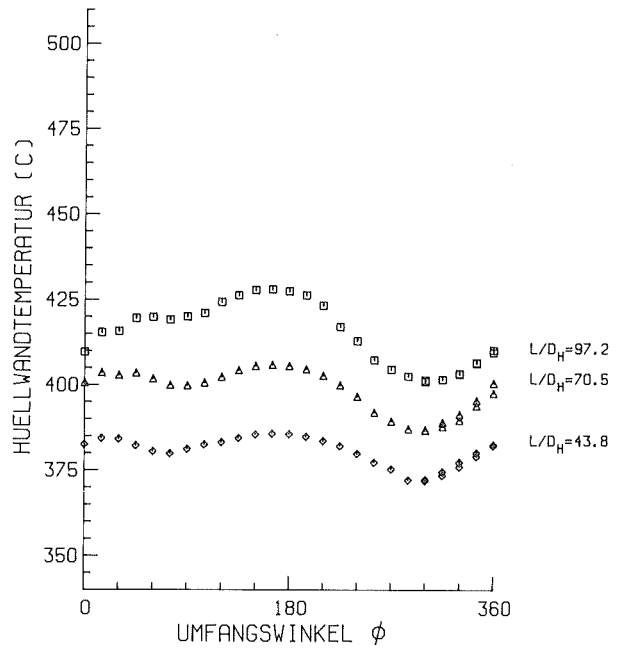
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 47210       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 235       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.363       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 64.8       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      W 3634 APL-B

ABB. 169 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



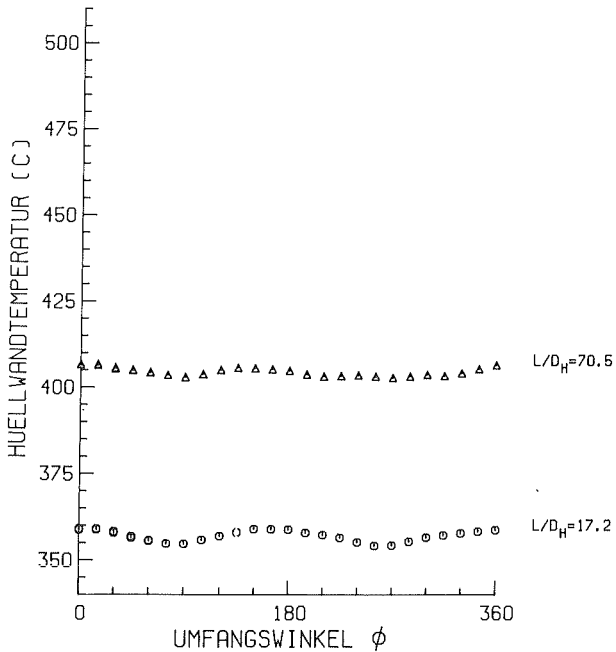
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 47210       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 235       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.363       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 71.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 3634 APL-A

ABB. 170 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



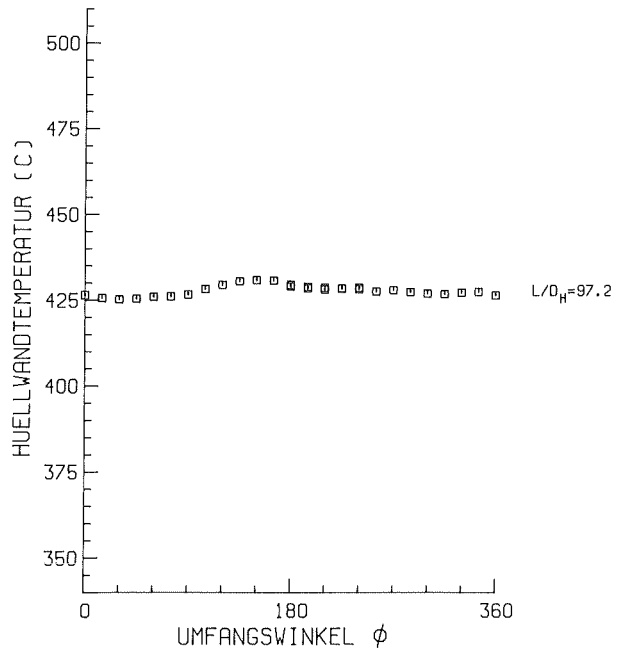
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 47210       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 235       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.363       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 71.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 3634 APL-B

ABB. 171 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



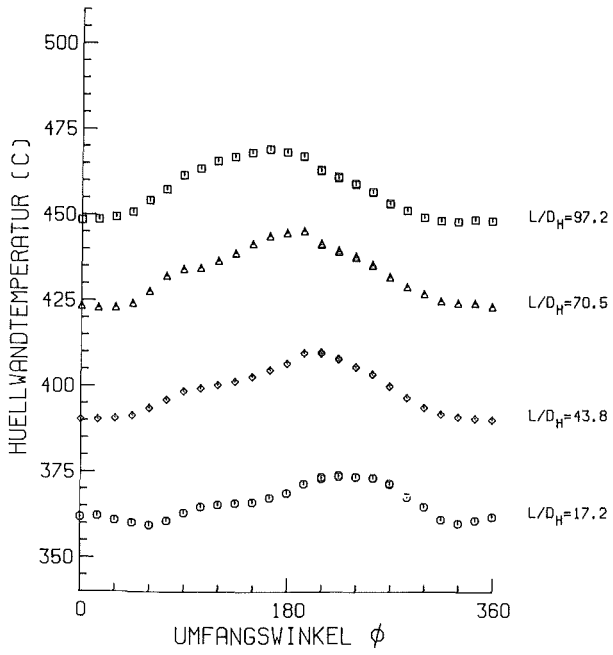
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 47210       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 235       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.363       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3634 APL-A

ABB. 172 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



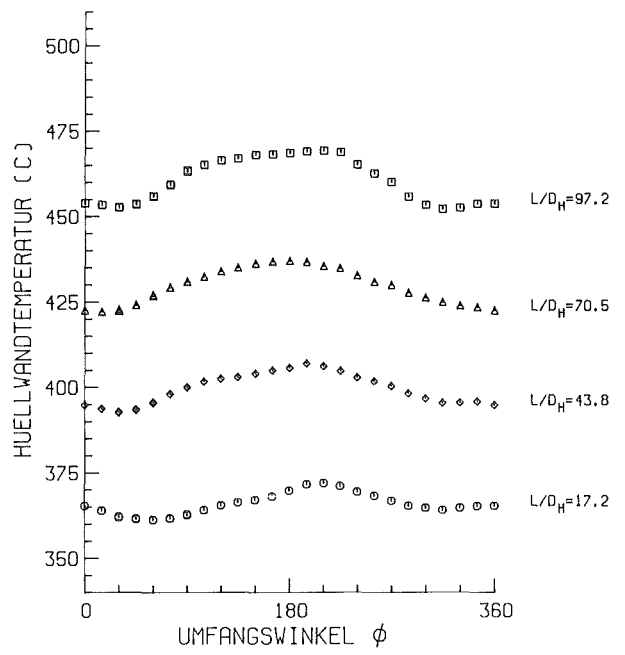
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 47210       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 235       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.363       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3634 APL-B

ABB. 173 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



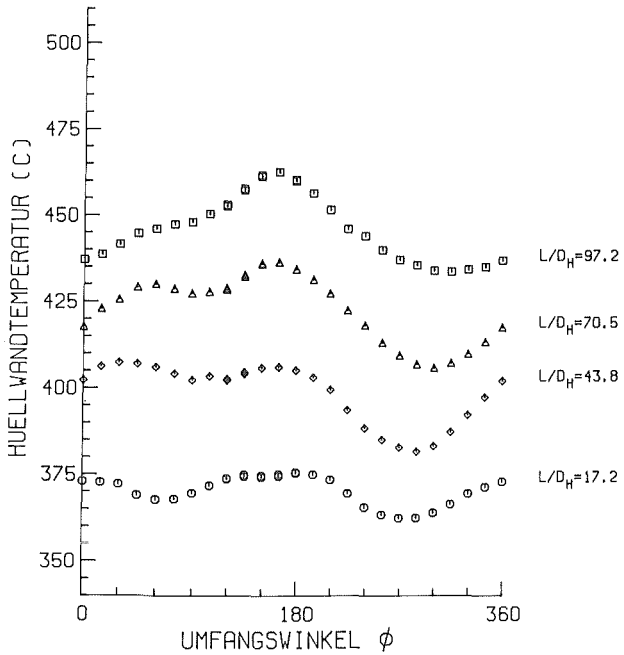
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 33663	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 159	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.558	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 64.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.7	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 3664 APL-A

ABB. 174 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



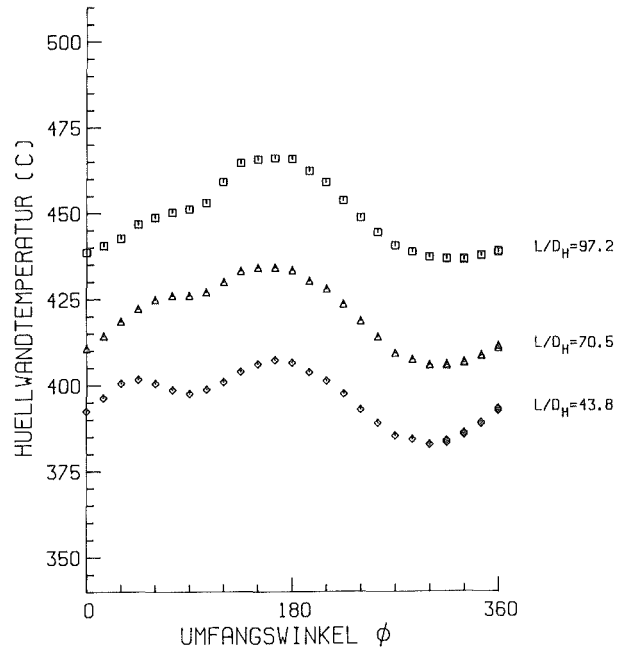
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 33663	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 159	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.558	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 64.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.7	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	V 3664 APL-B

ABB. 175 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 33663	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 159	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.558	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 70.6	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.7	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3664 APL-A

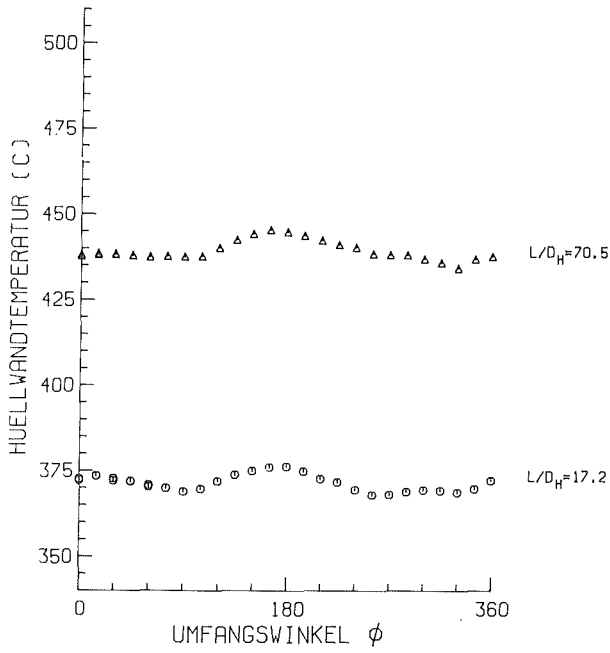
ABB. 176 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



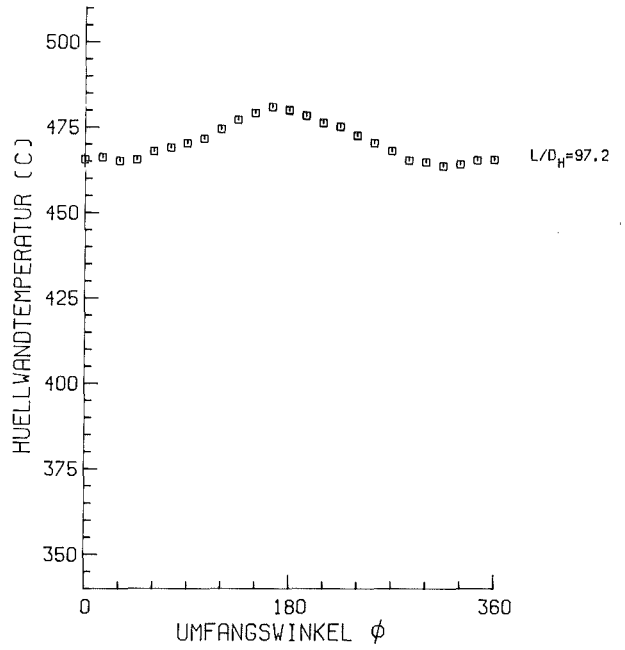
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 33663	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 159	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.558	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 70.6	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.7	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3664 APL-B

ABB. 177 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11





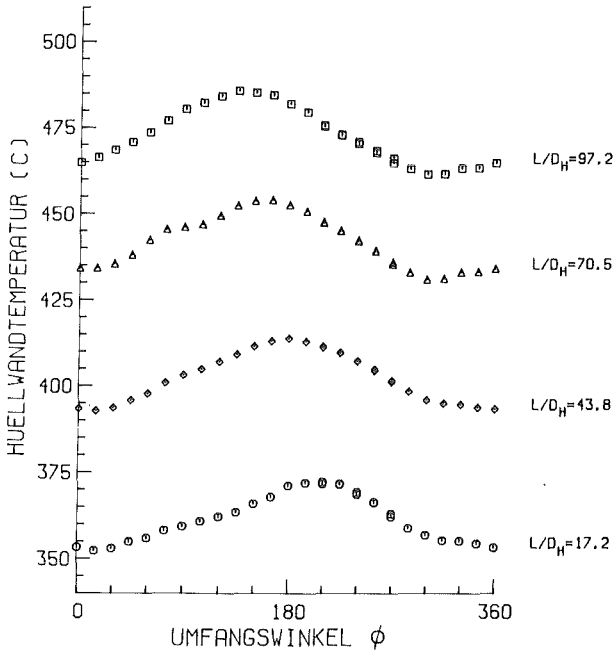
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 33663      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 159      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.558      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.2      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     Z 3664 APL-A



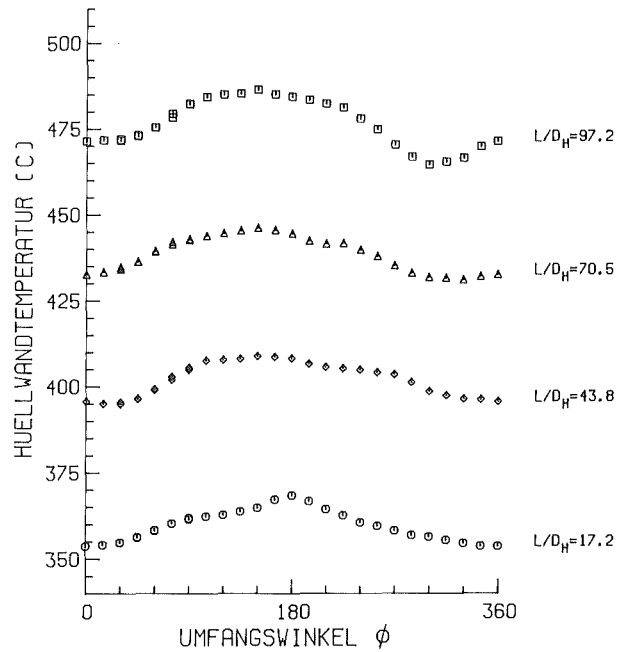
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 33663      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 159      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.558      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.2      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 322.7  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     Z 3664 APL-B

ABB. 178 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3

ABB. 179 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



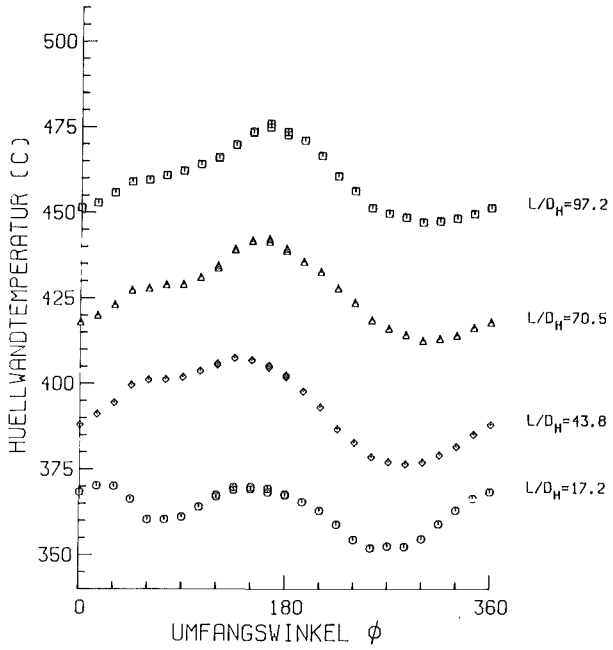
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 28019      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 130      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.264      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.7      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 310.6  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     W 3693 APL-A



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 28019      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 130      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.264      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.7      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 310.6  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     W 3693 APL-B

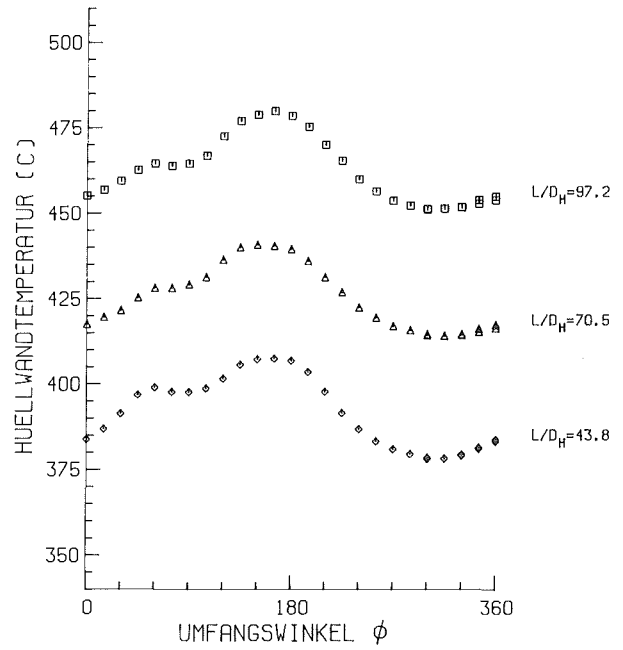
ABB. 180 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

ABB. 181 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



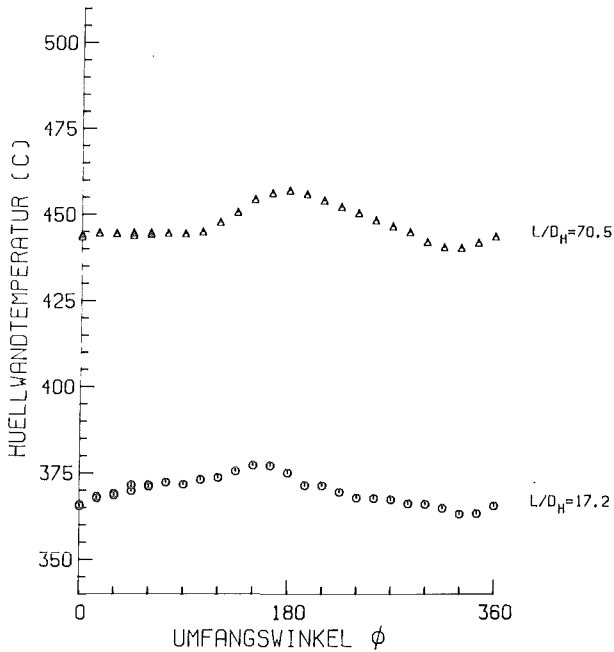
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 28019	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 130	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.264	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.8	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 310.6	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3693 APL-A

ABB. 182 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



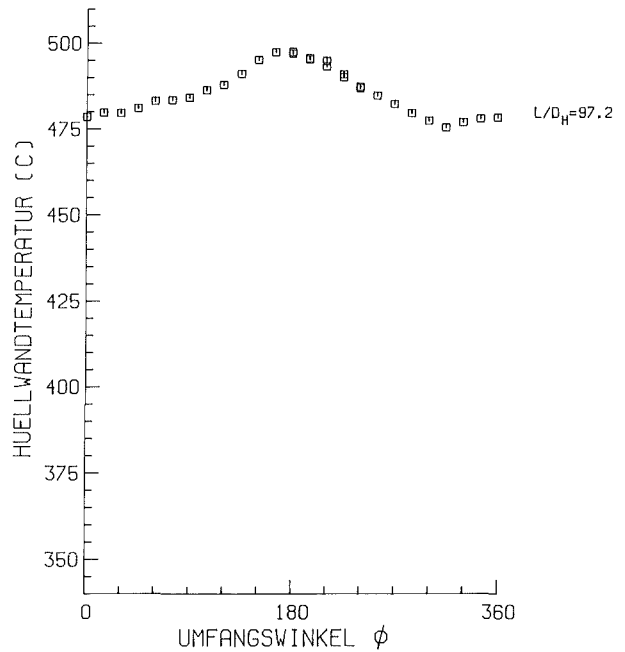
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 28019	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 130	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.264	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.8	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 310.6	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3693 APL-B

ABB. 183 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



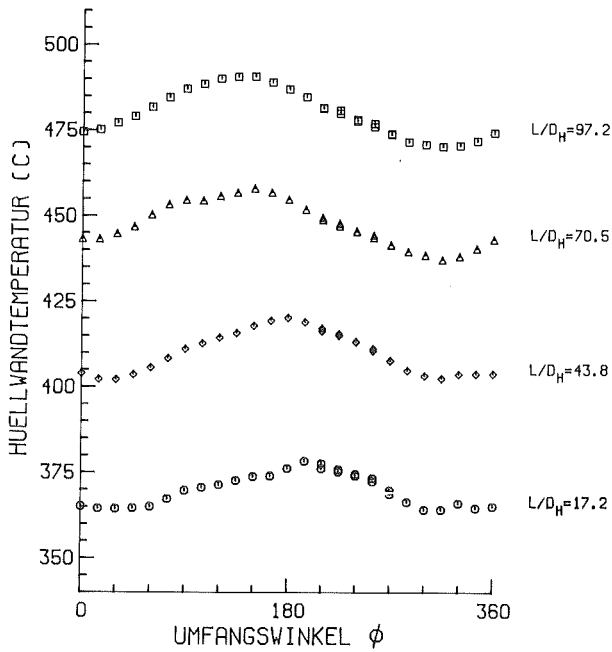
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 28019	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 130	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.264	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 310.6	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3693 APL-A

ABB. 184 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



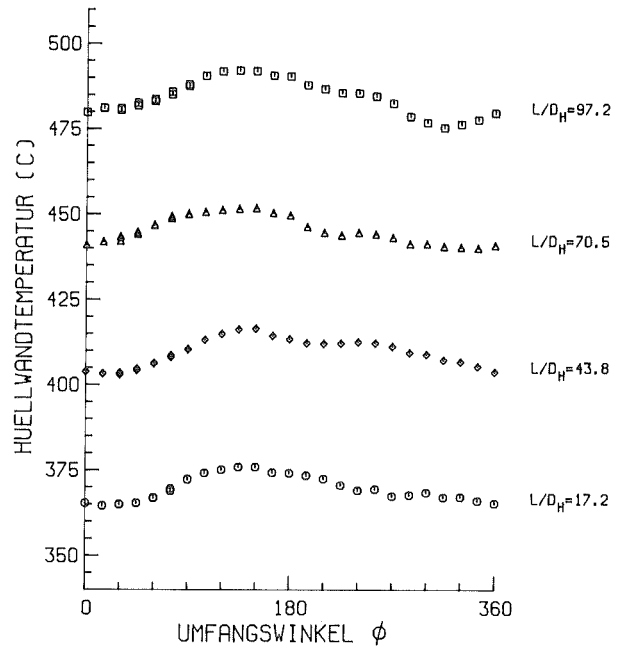
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 28019	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 130	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.264	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 310.6	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3693 APL-B

ABB. 185 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



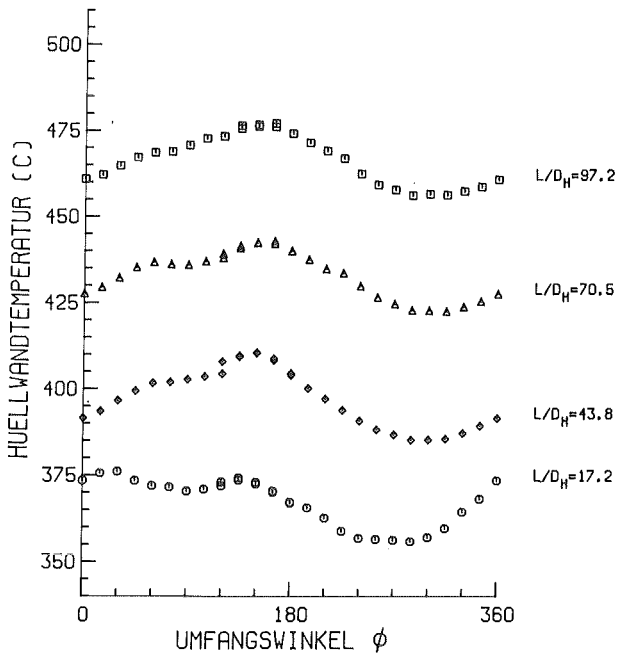
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 20265	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 94	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.907	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 45.3	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3722 APL-A

ABB. 186 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



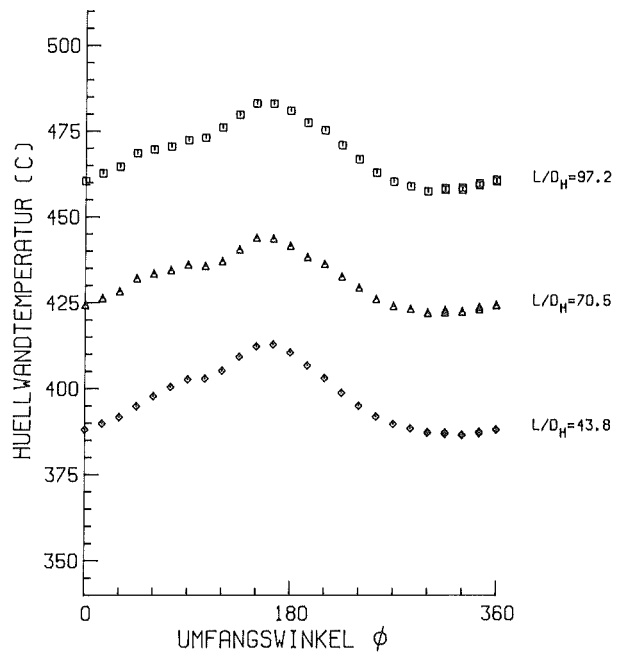
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 20265	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 94	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.907	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 45.3	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3722 APL-B

ABB. 187 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



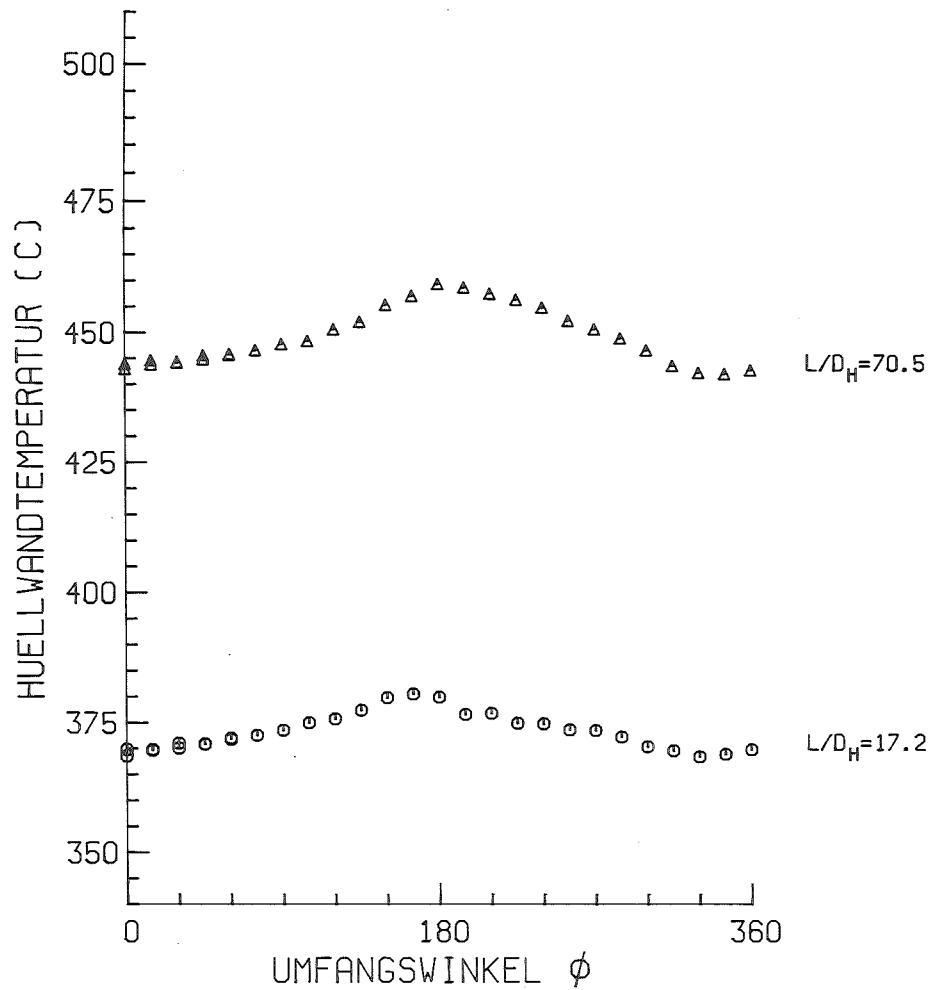
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 20265	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 94	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.907	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 49.6	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3722 APL-A

ABB. 188 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



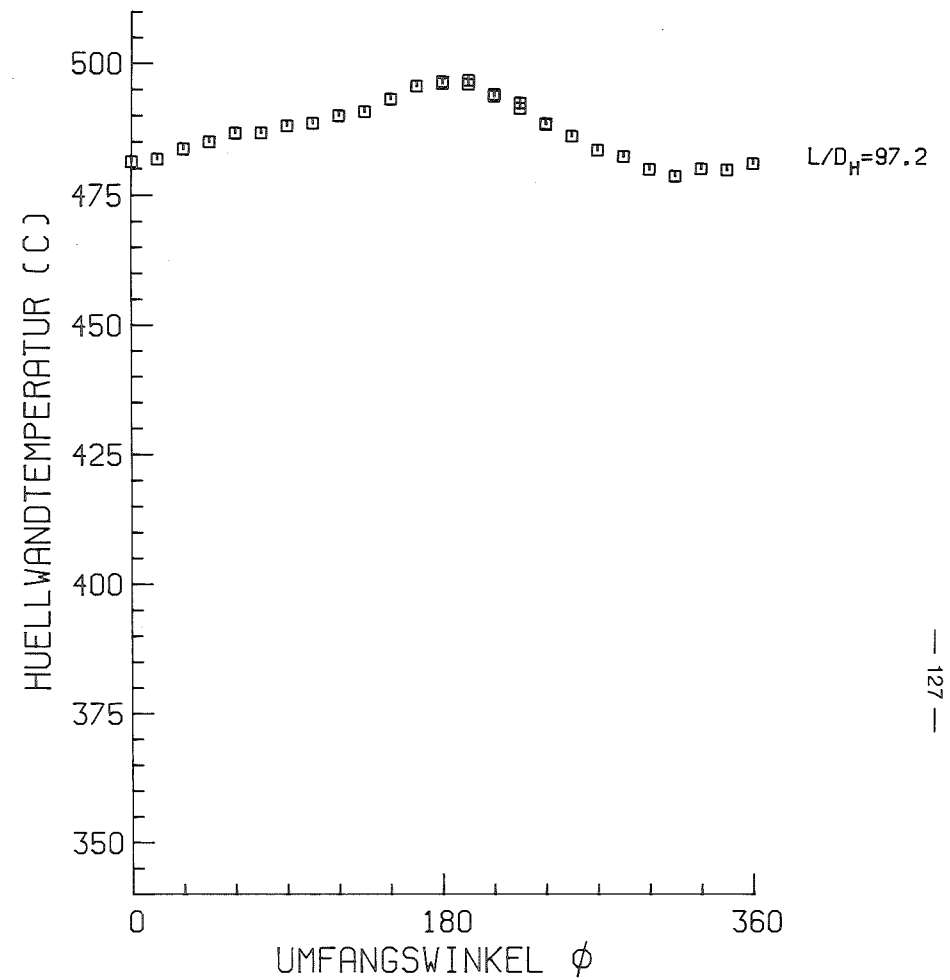
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 20265	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 94	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.907	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 49.6	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.9	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3722 APL-B

ABB. 189 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) =	20265	D =	9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) =	94	D <sub>H</sub> =	6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) =	0.907	P/D =	1.30
STABLEISTUNG (W/CM**2) =	48.6	W/R =	1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) =	319.9		
GITTERSTELLUNG =	315		
BIEGESTABSTELLUNG =	0	Z	3722 APL-A

ABB. 190 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) =	20265	D =	9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) =	94	D <sub>H</sub> =	6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) =	0.907	P/D =	1.30
STABLEISTUNG (W/CM**2) =	48.6	W/R =	1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) =	319.9		
GITTERSTELLUNG =	315		
BIEGESTABSTELLUNG =	0	Z	3722 APL-B

ABB. 191 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3

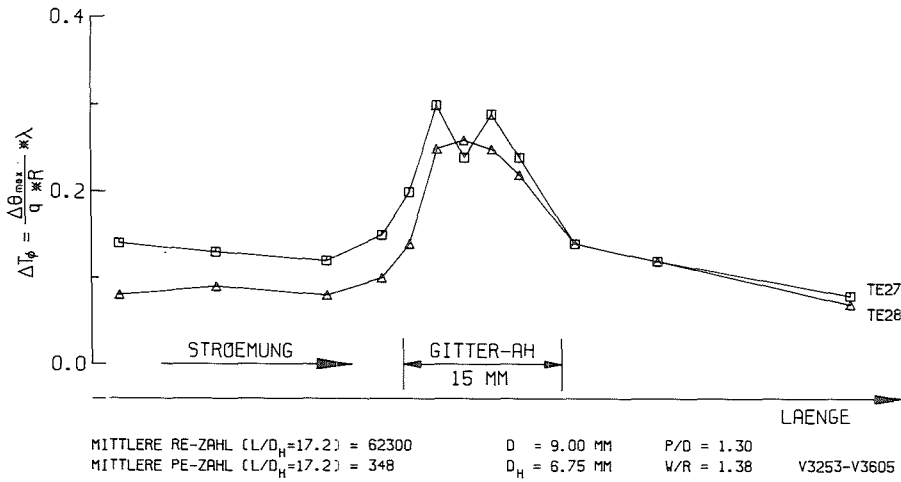


ABB. 192 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=17.2$ )

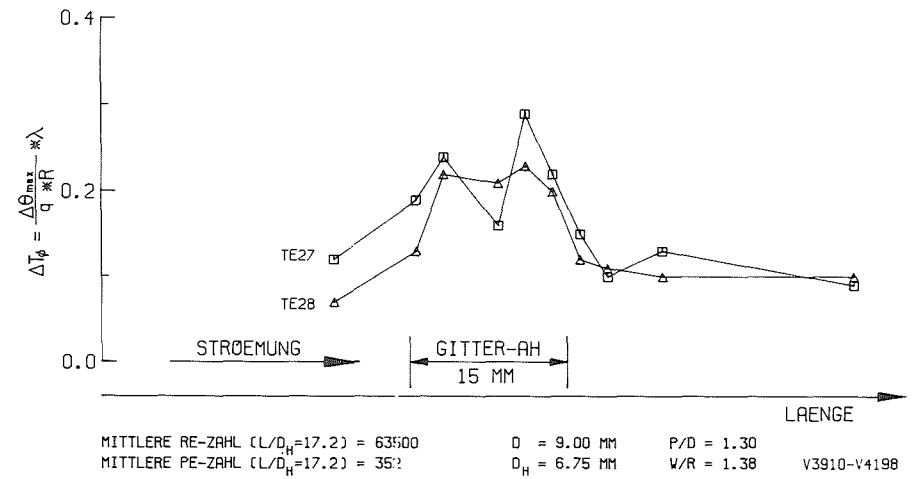


ABB. 193 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=17.2$ )

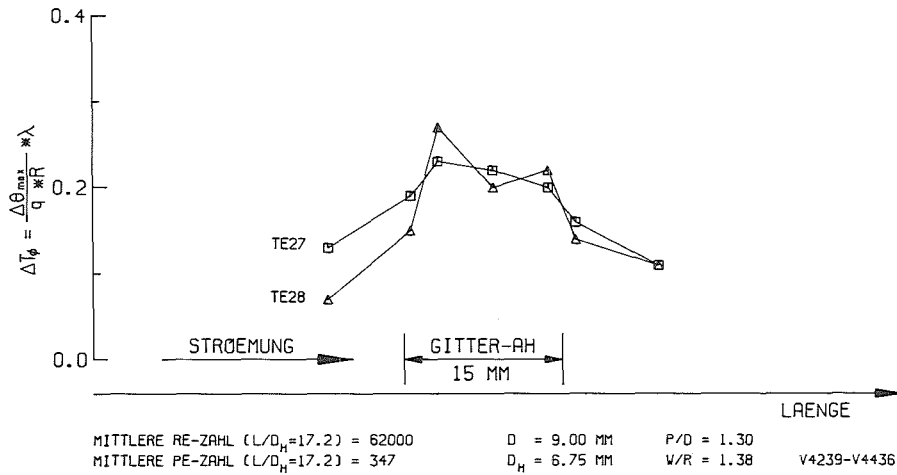


ABB. 194 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=17.2$ )

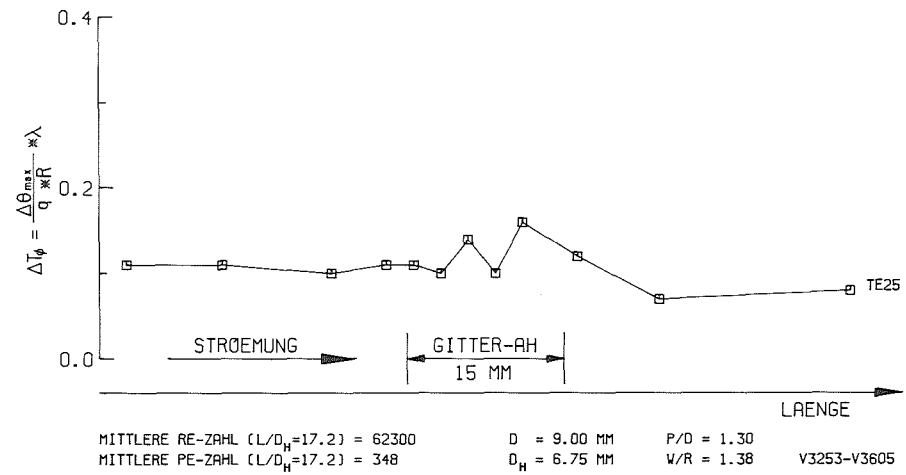
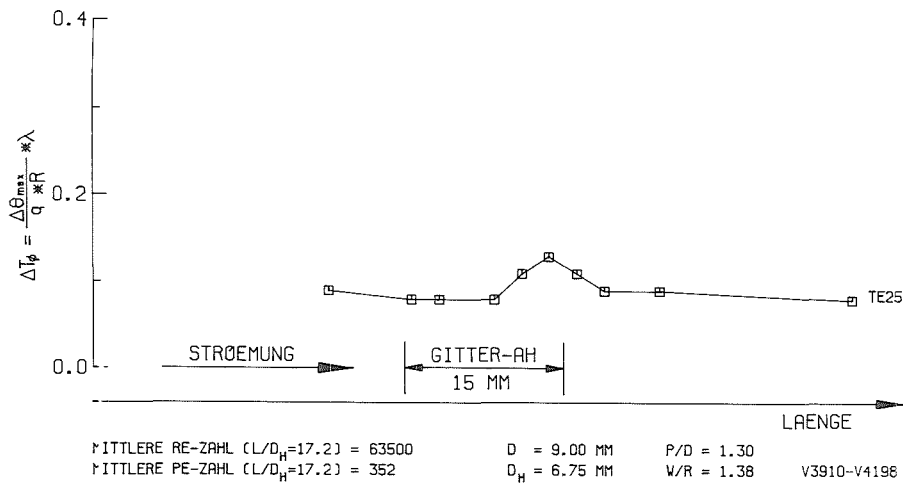


ABB. 195 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=17.2$ )



ABE. 196 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=17.2$ )

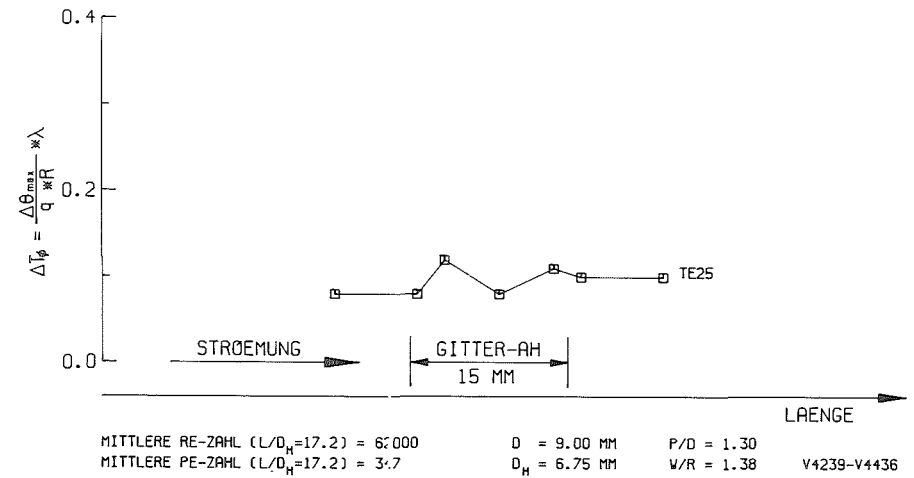


ABB. 197 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=17.2$ )

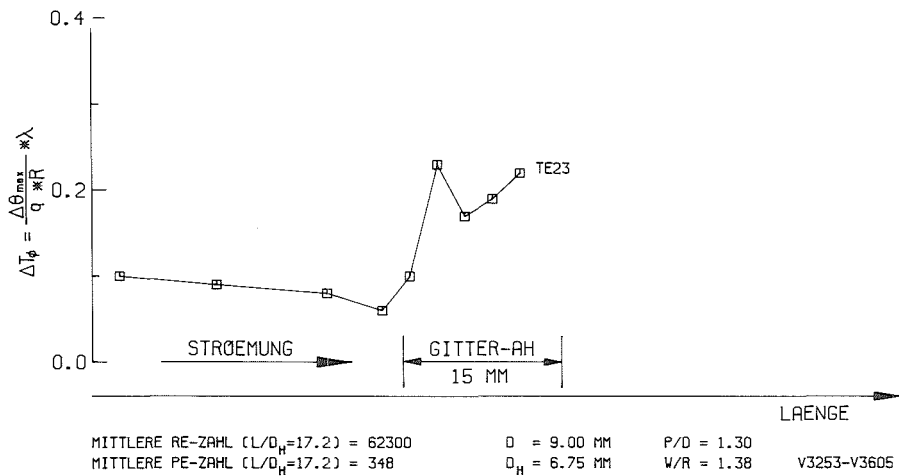


ABB. 198 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ZENTRALSTABES 3 ( $L/D_H=17.2$ )

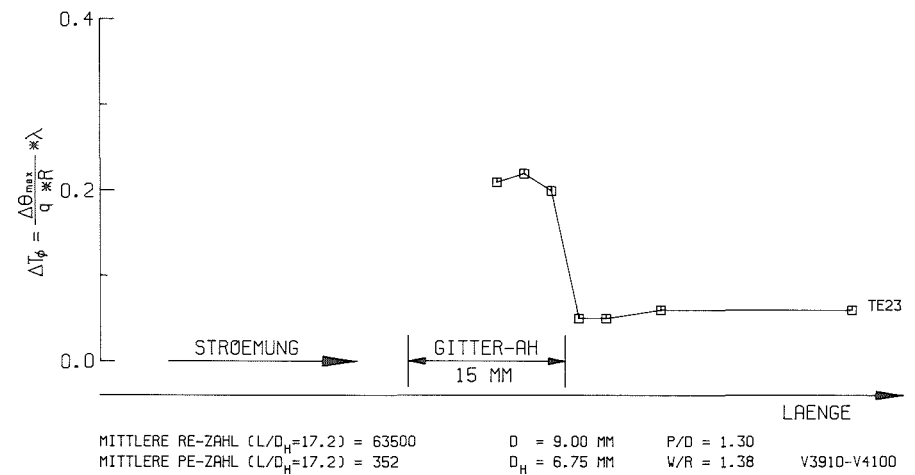


ABB. 199 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ZENTRALSTABES 3 ( $L/D_H=17.2$ )

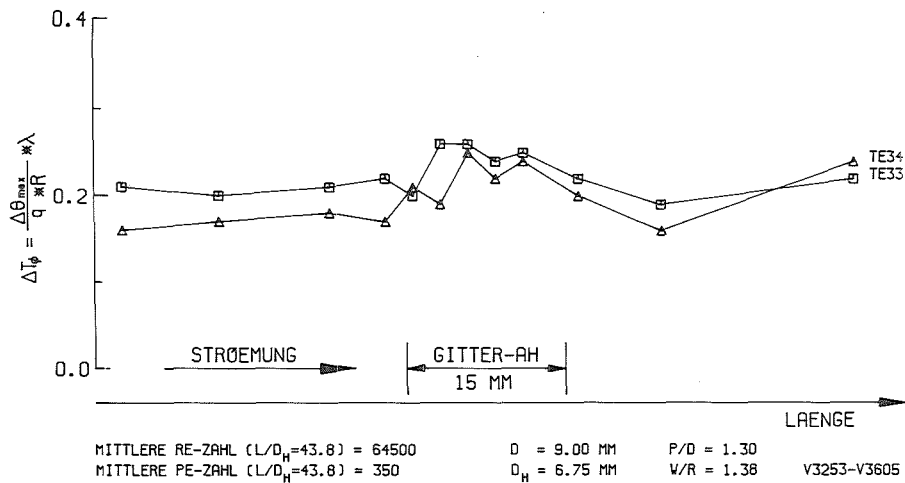


ABB. 200 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=43.8$ )

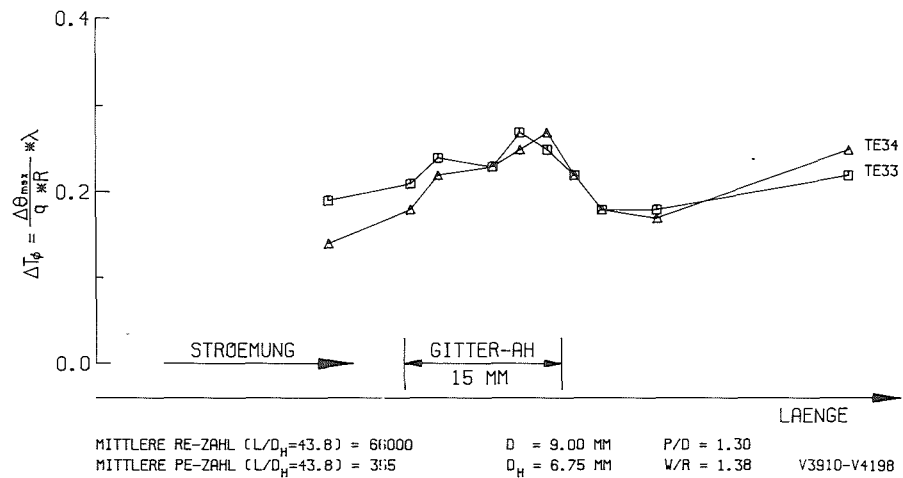


ABB. 201 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=43.8$ )

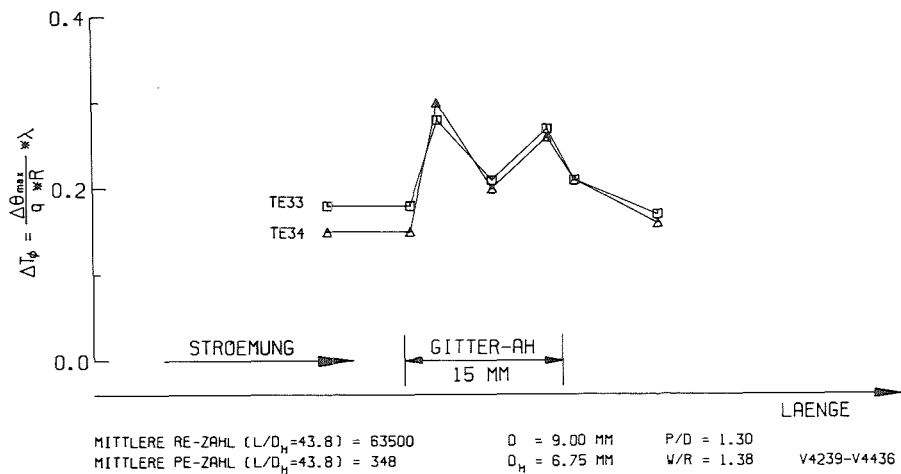


ABB. 202 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=43.8$ )

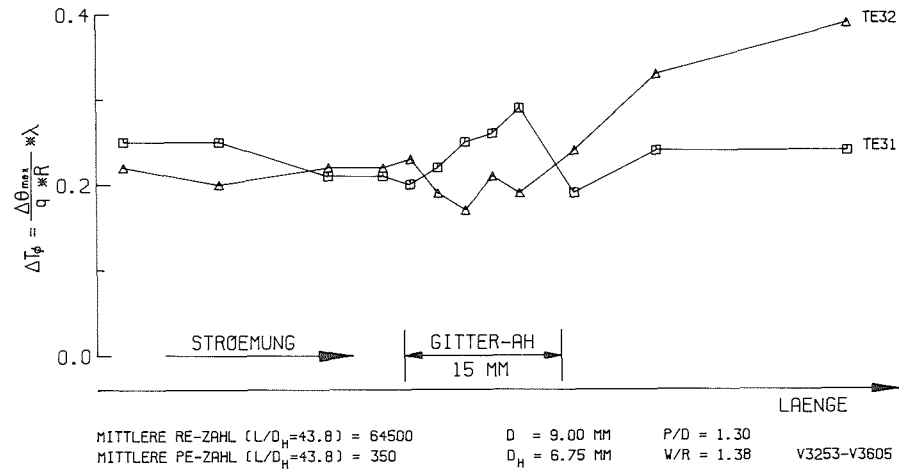


ABB. 203 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=43.8$ )

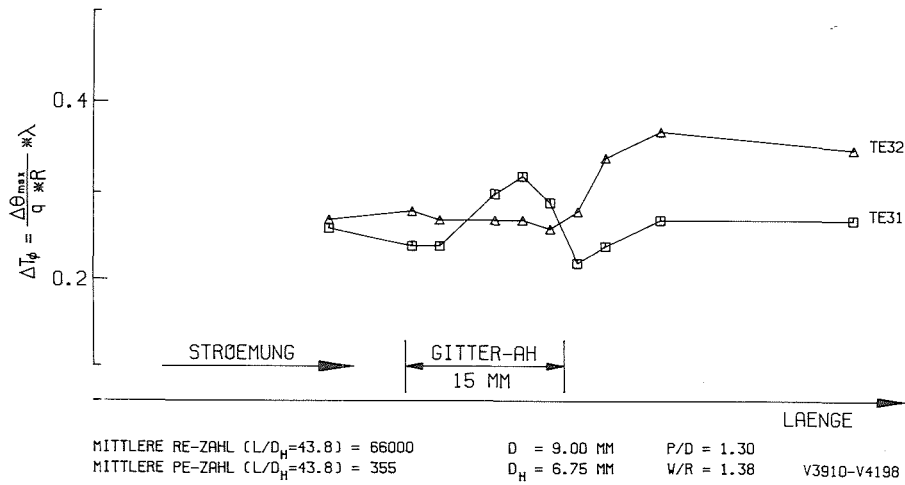


ABB. 204 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=43.8$ )

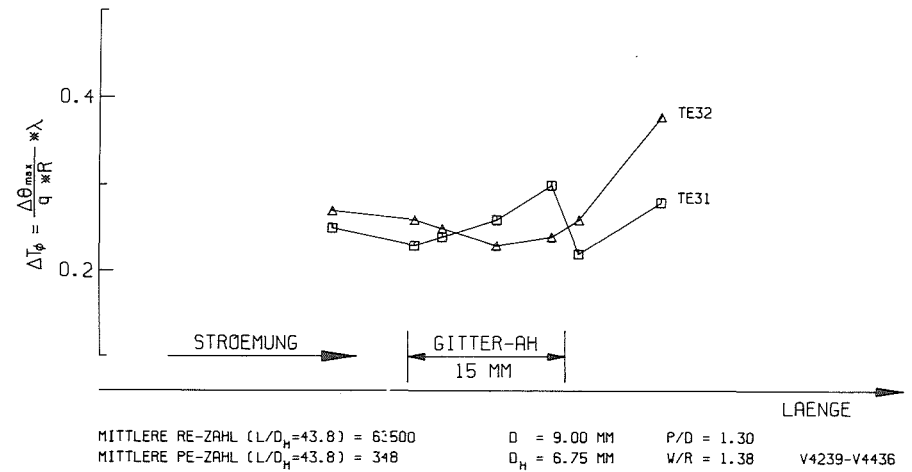


ABB. 205 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=43.8$ )

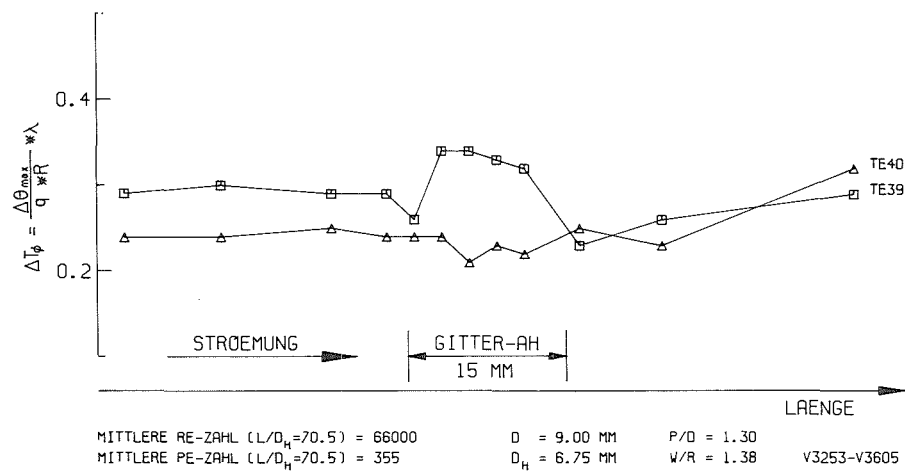


ABB. 206 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=70.5$ )

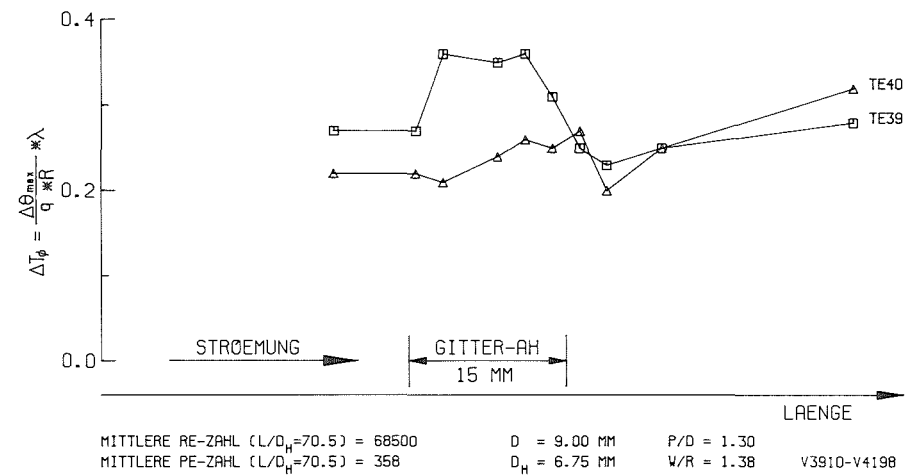


ABB. 207 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=70.5$ )



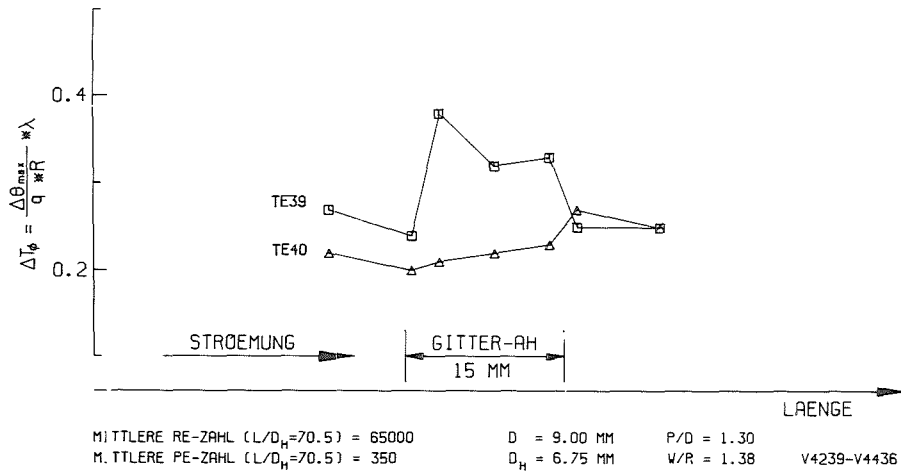


ABB. 208 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 (L/D<sub>H</sub>=70.5)

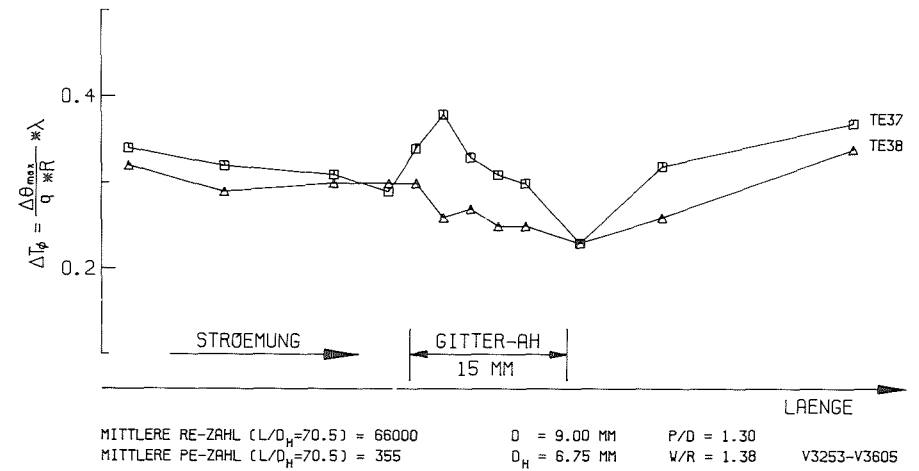


ABB. 209 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 (L/D<sub>H</sub>=70.5)

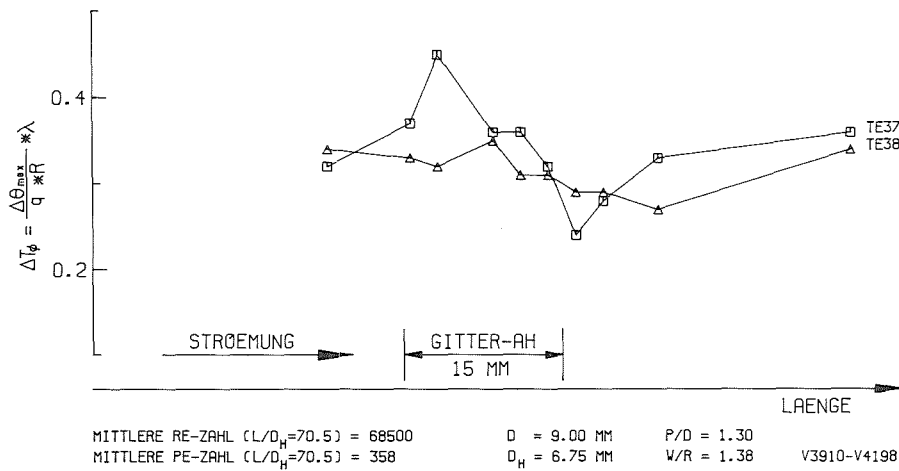


ABB. 210 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 (L/D<sub>H</sub>=70.5)

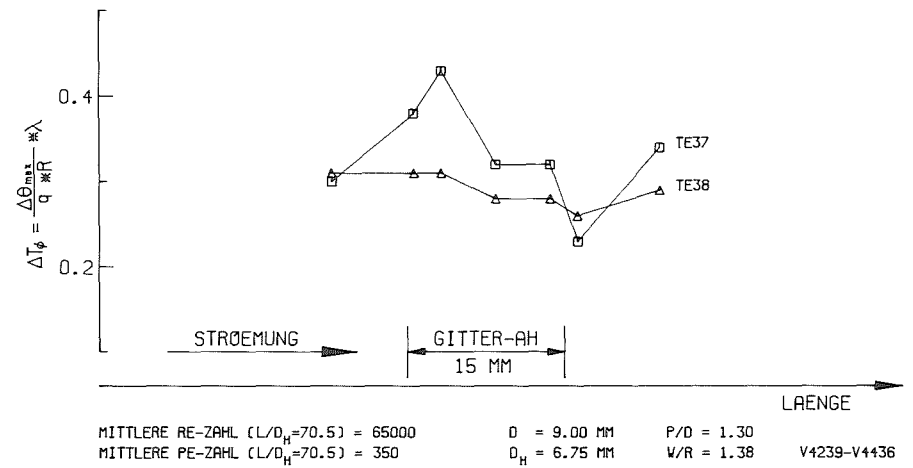


ABB. 211 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 (L/D<sub>H</sub>=70.5)

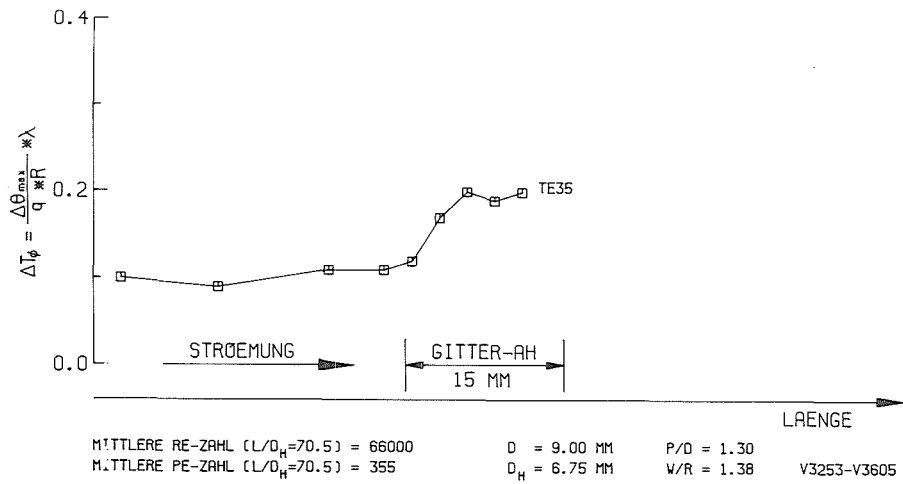


ABB. 212 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ZENTRALSTABES 3 ( $L/D_H=70.5$ )

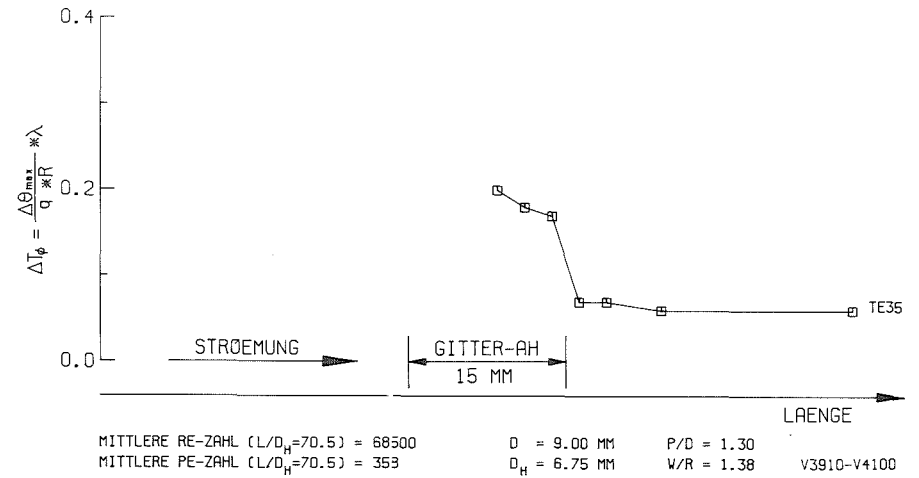


ABB. 213 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ZENTRALSTABES 3 ( $L/D_H=70.5$ )

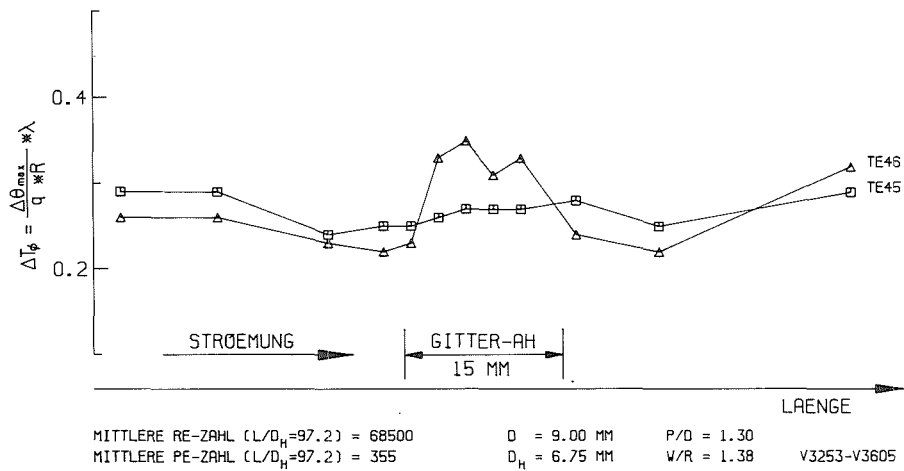


ABB. 214 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=97.2$ )

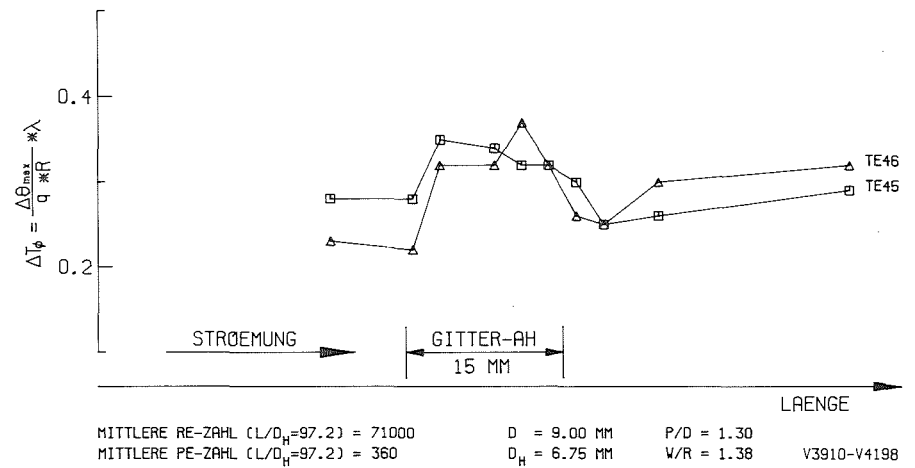


ABB. 215 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=97.2$ )

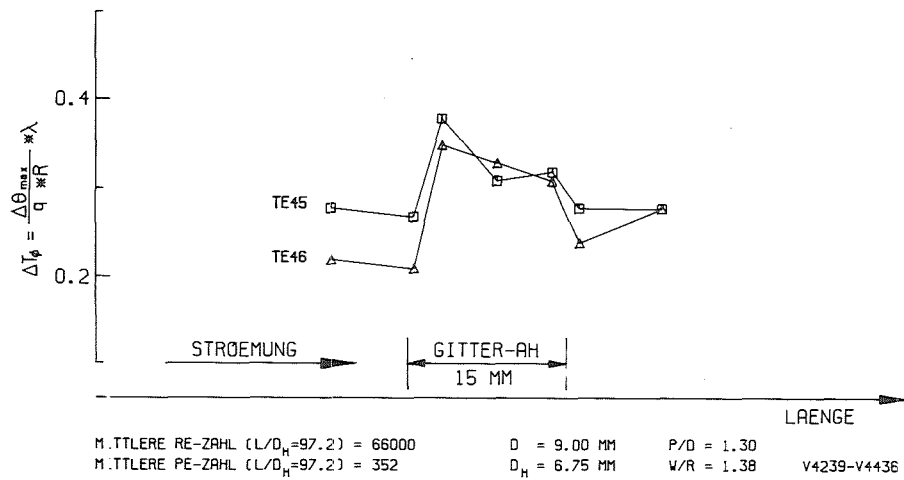


ABB. 216 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES WANDSTABES 12 ( $L/D_H=97.2$ )

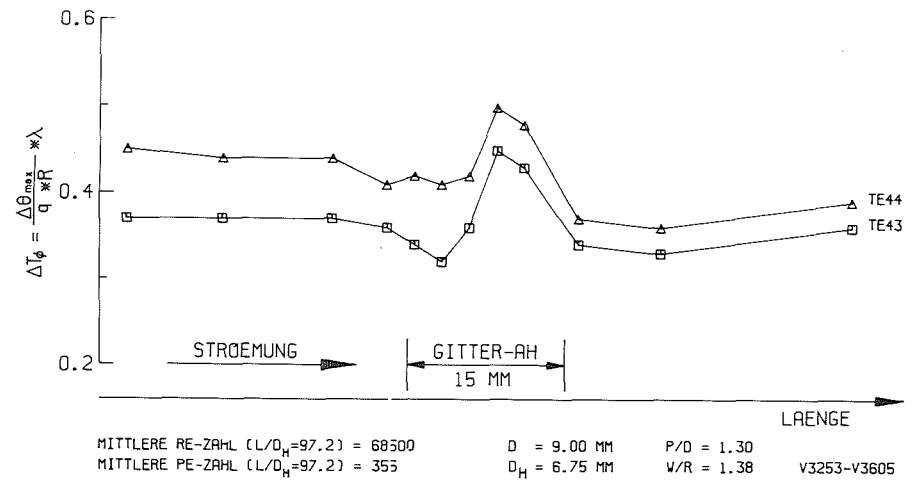


ABB. 217 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=97.2$ )

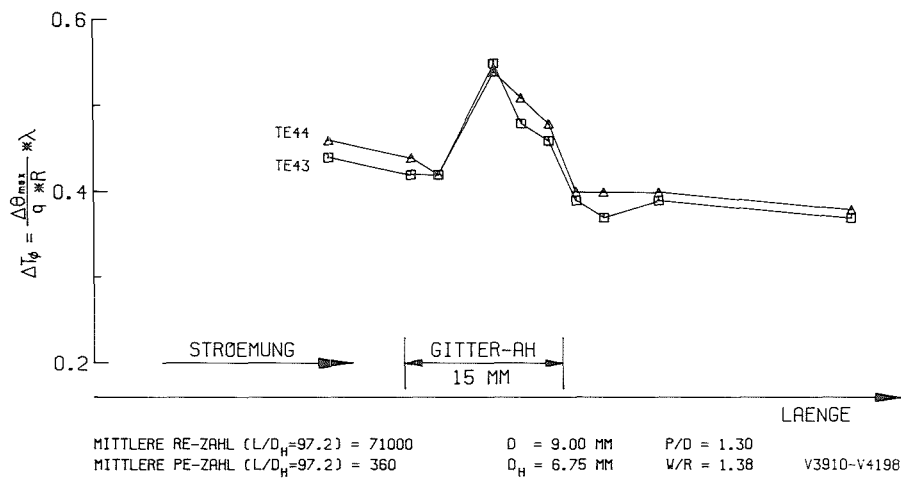


ABB. 218 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=97.2$ )

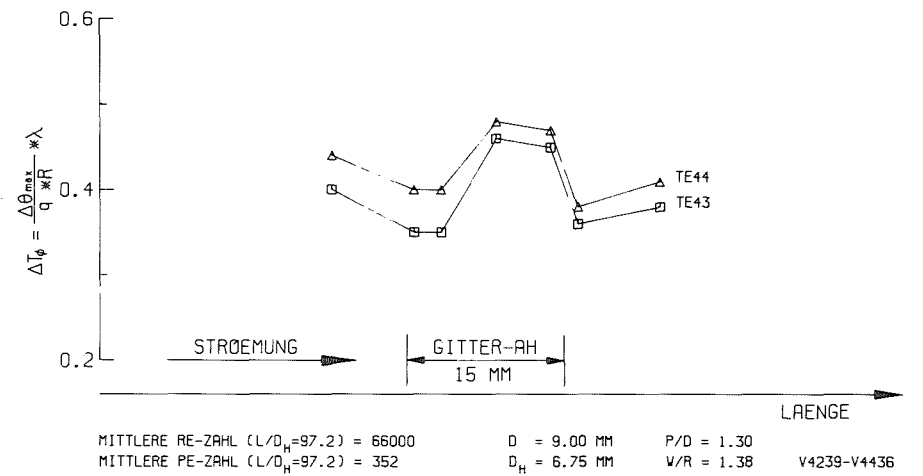


ABB. 219 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG DES ECKSTABES 11 ( $L/D_H=97.2$ )

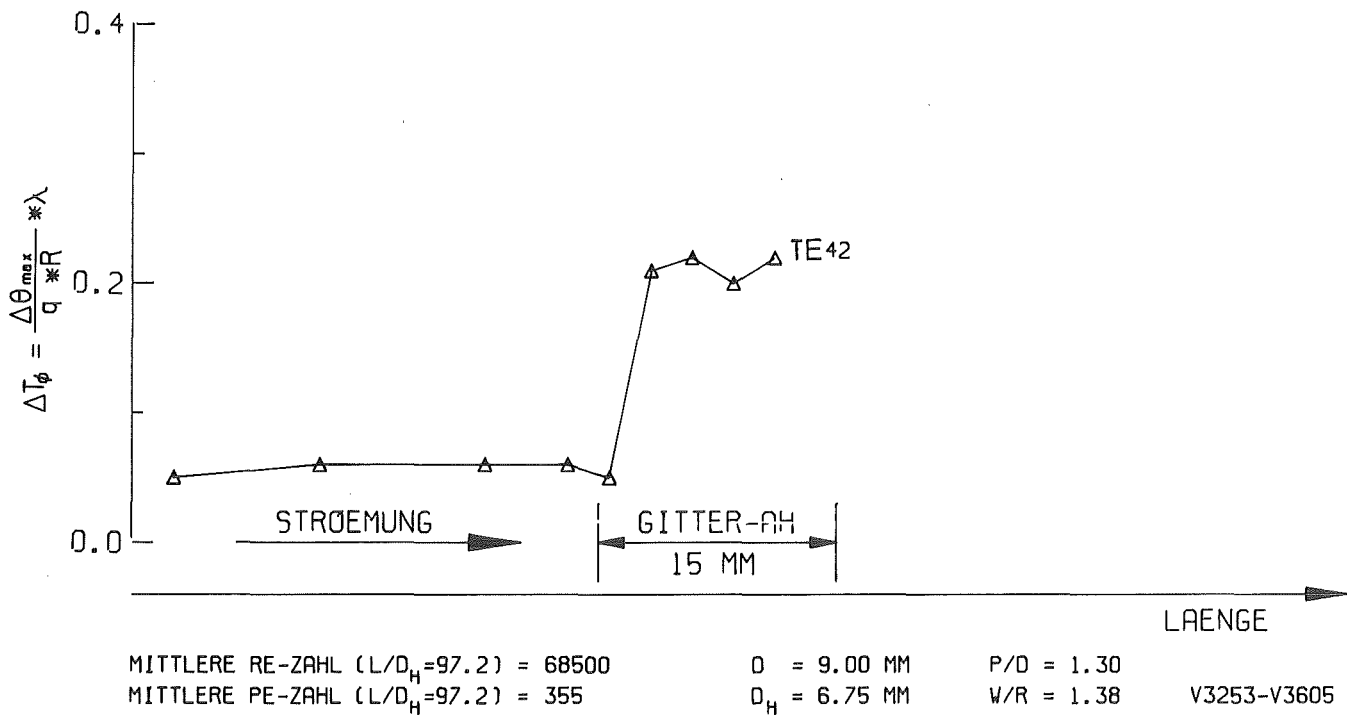


ABB. 220 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG  
DES ZENTRALSTABES 3 ( $L/D_H=97.2$ )

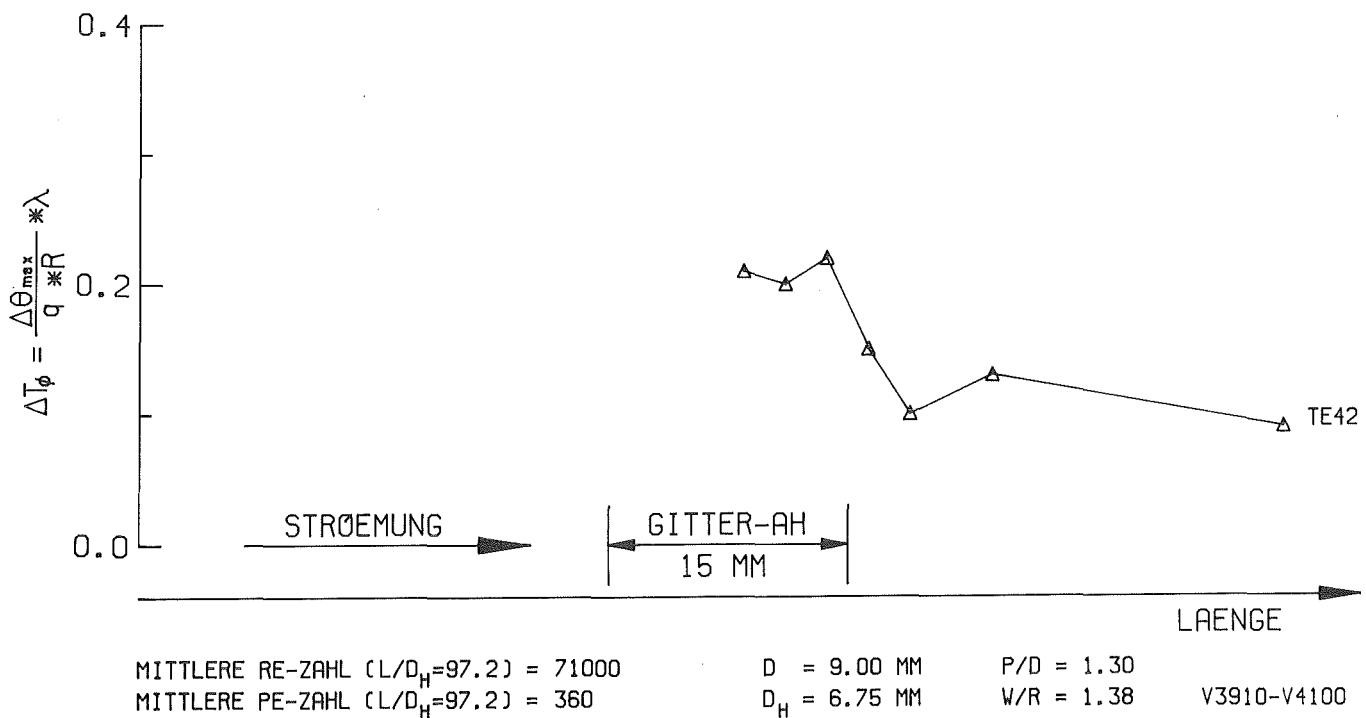


ABB. 221 MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZEN AM UMFANG  
DES ZENTRALSTABES 3 ( $L/D_H=97.2$ )

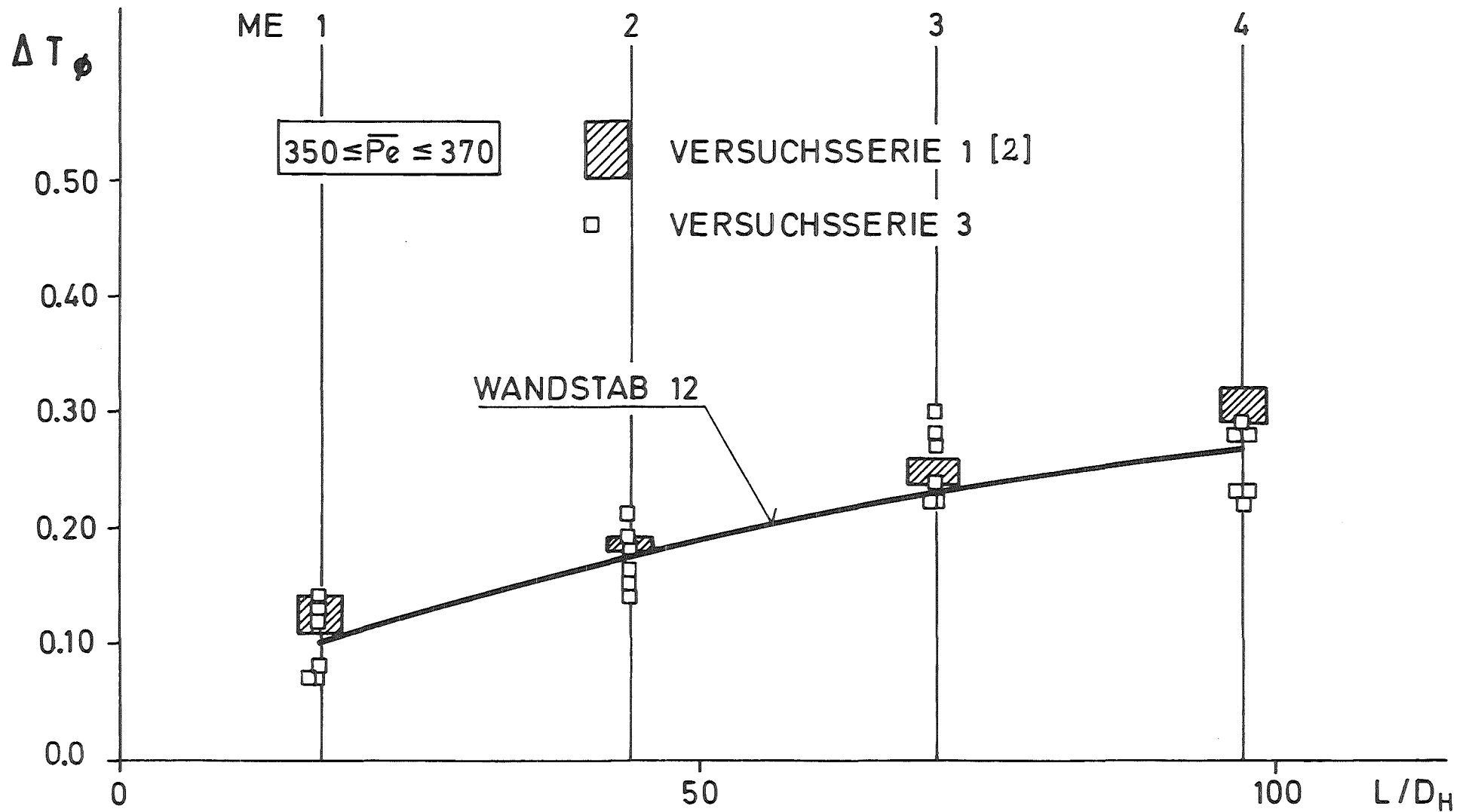


ABB. 222 MAXIMALE AZIMUTALE TEMPERATUDIFFERENZEN-WANDSTAB (AUSSERHALB DER GITTER-ABSTANDSHALTER)

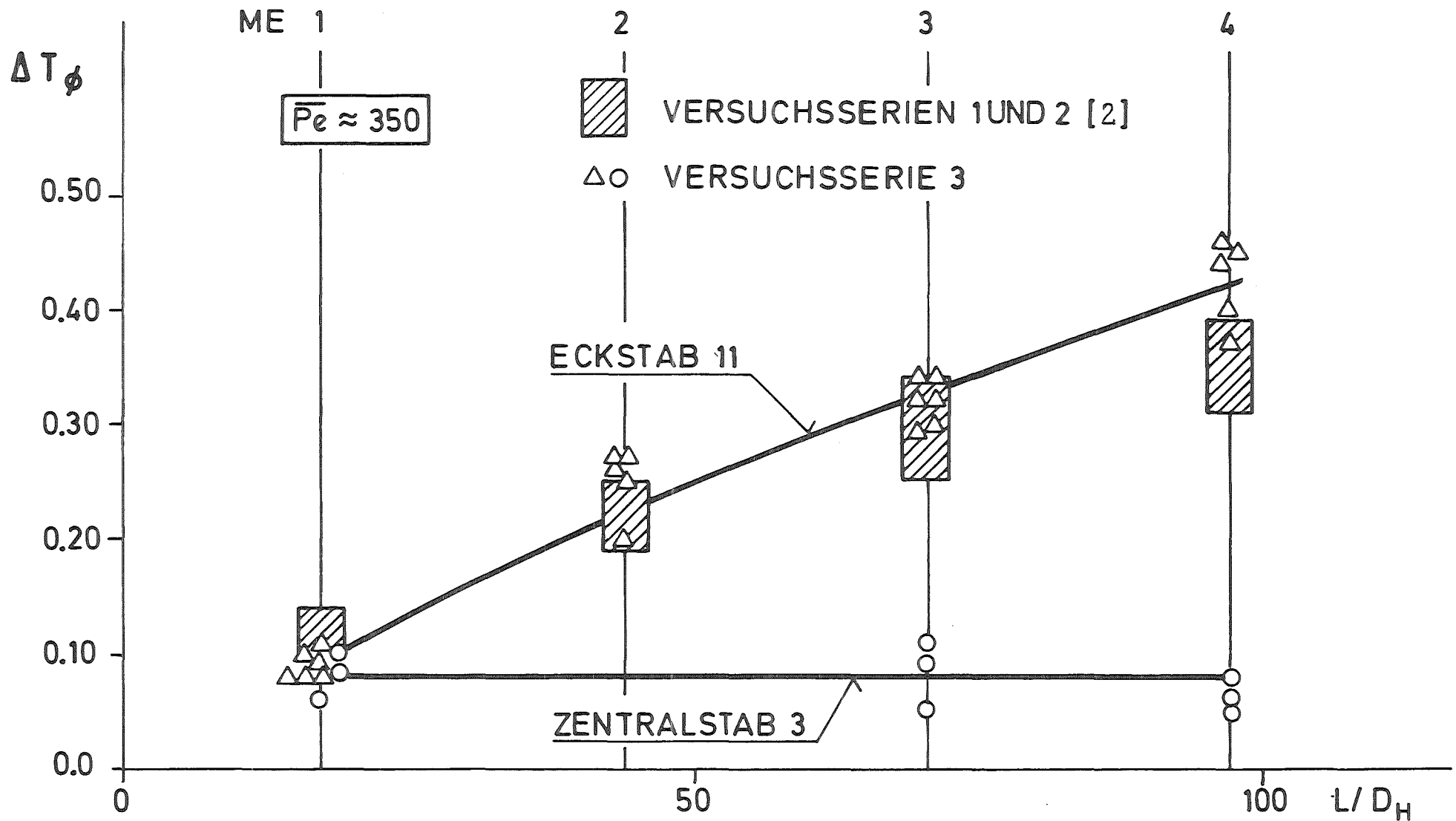


ABB. 223 MAXIMALE AZIMUTALE TEMPERATURDIFFERENZEN, ECK-UND ZENTRALSTAB (AUSSERHALB DER GITTER-ABSTANDSHALTER)

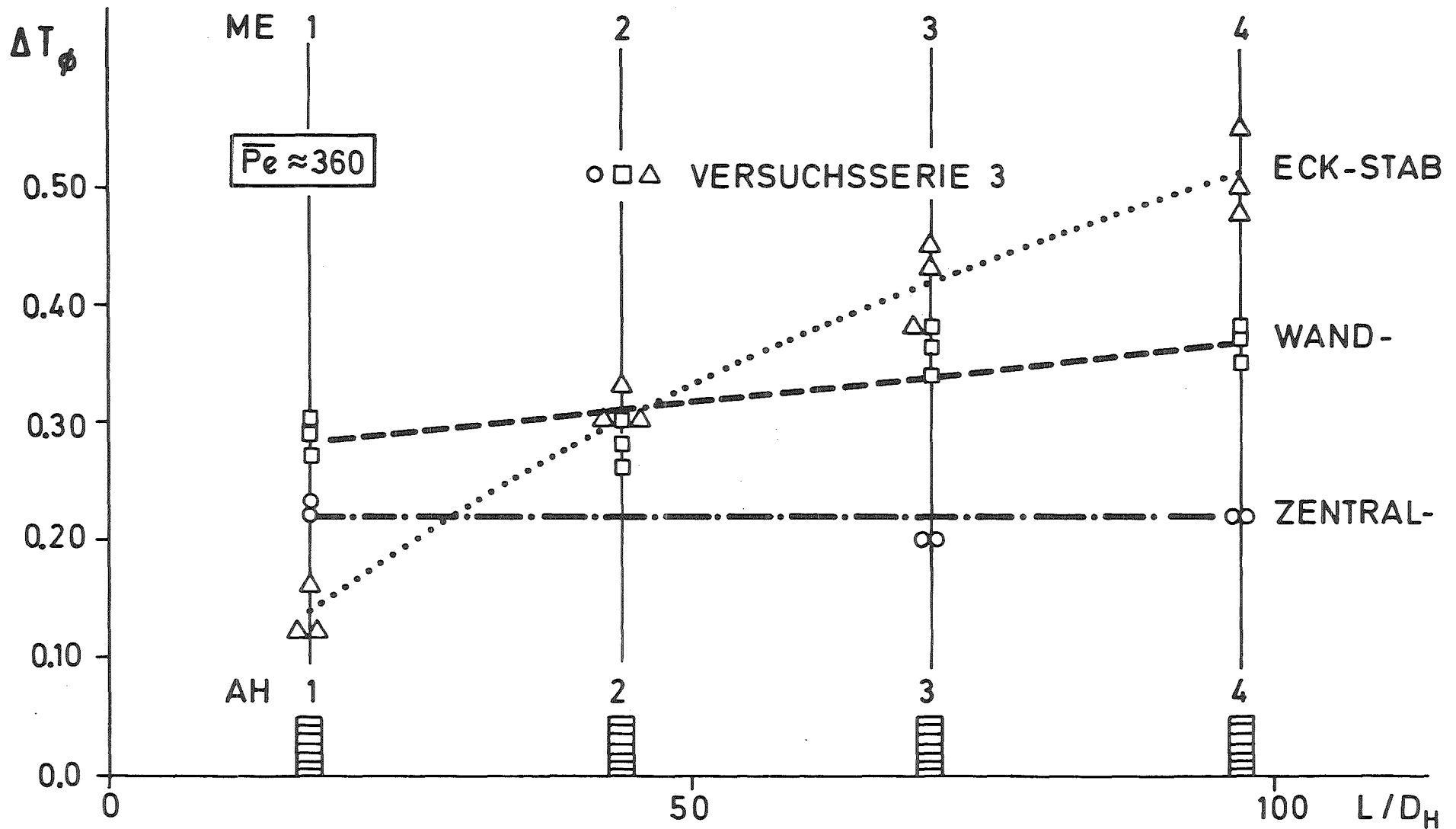
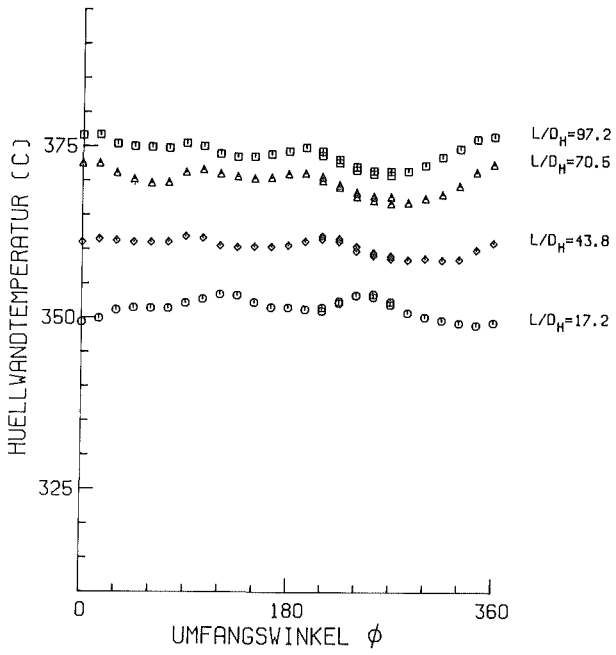
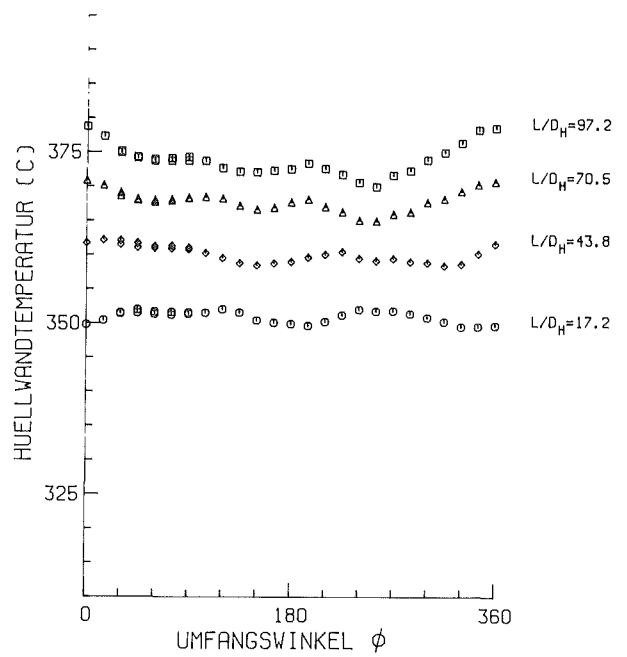


ABB. 224 MAXIMALE AZIMUTALE TEMPERATURDIFFERENZEN  
( INNERHALB DER GITTER - ABSTANDSHALTER )



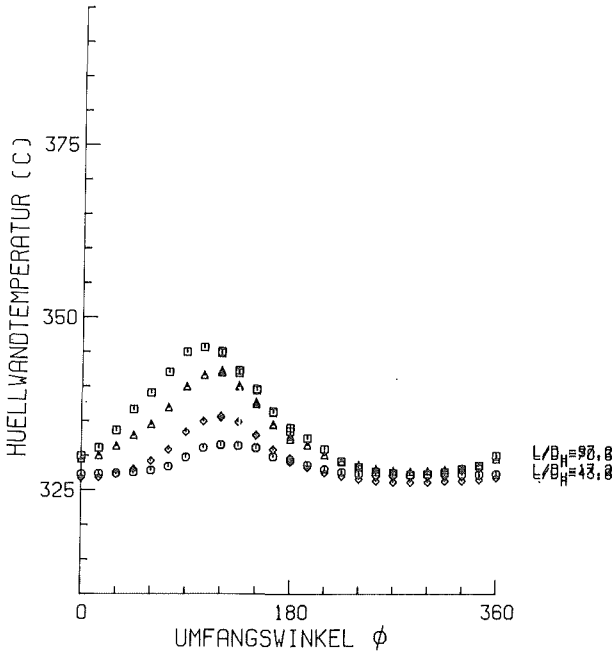
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 41854       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 232       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.405       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 59.9       $W/R = 1.38$   
 EINTRITSTEMPERATUR (C) = 324.2  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABELLUNG = 0      W 3870 APL-A

ABB. 225 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



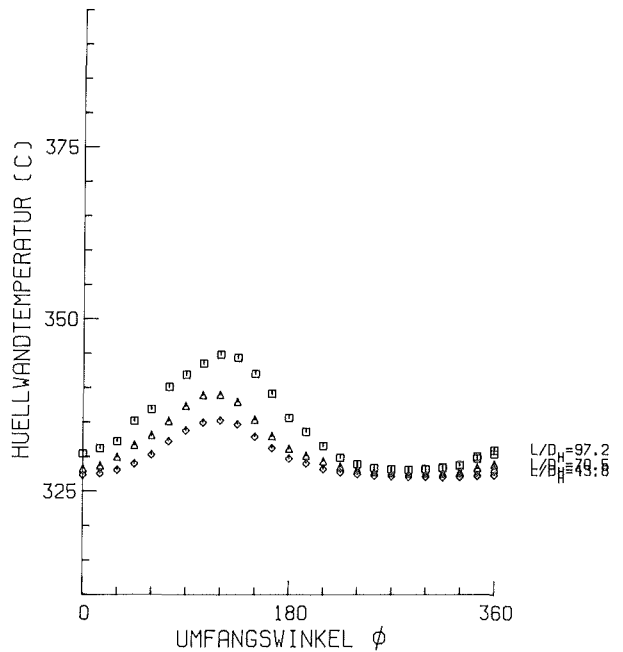
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 41854       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 232       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.405       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 59.9       $W/R = 1.38$   
 EINTRITSTEMPERATUR (C) = 324.2  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABELLUNG = 0      W 3870 APL-B

ABB. 226 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 41854       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 232       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.405       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITSTEMPERATUR (C) = 324.2  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABELLUNG = 0      E 3870 APL-A

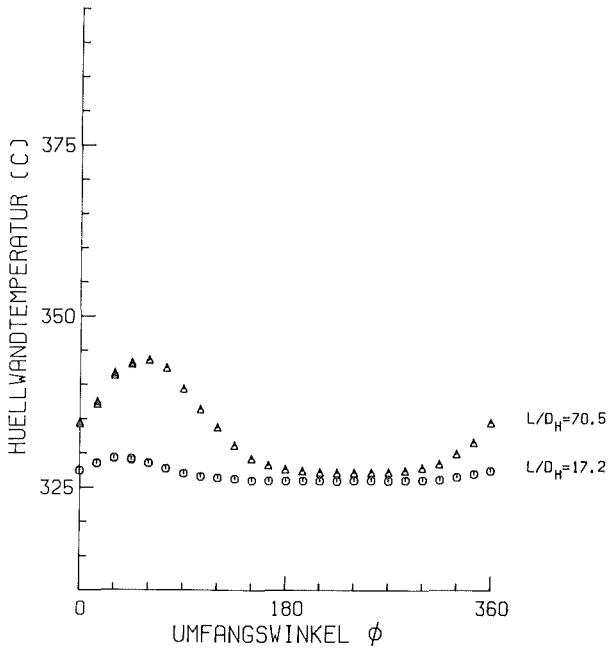
ABB. 227 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 41854       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 232       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.405       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITSTEMPERATUR (C) = 324.2  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABELLUNG = 0      E 3870 APL-B

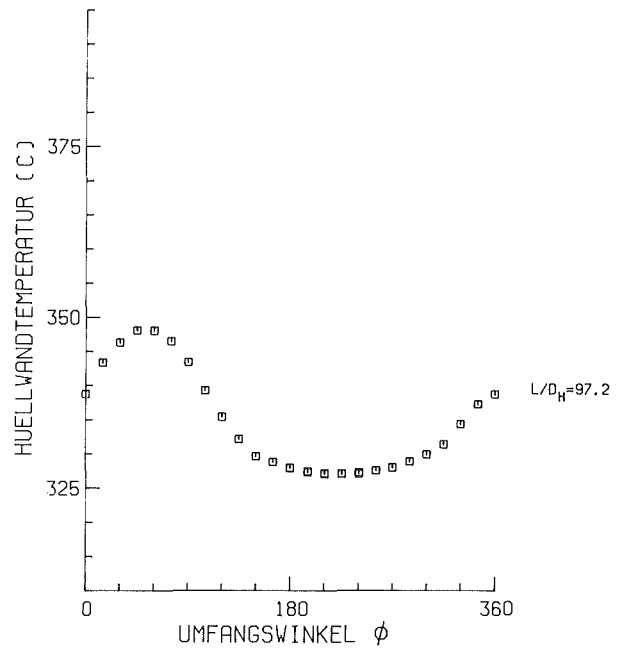
ABB. 228 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11





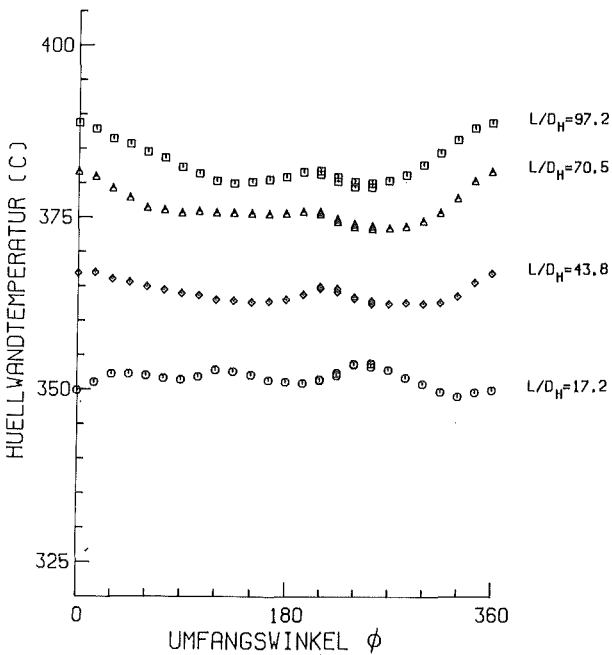
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 41854	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 232	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 2.405	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM**2) = 0.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 324.2	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3870 APL-A

ABB. 229 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



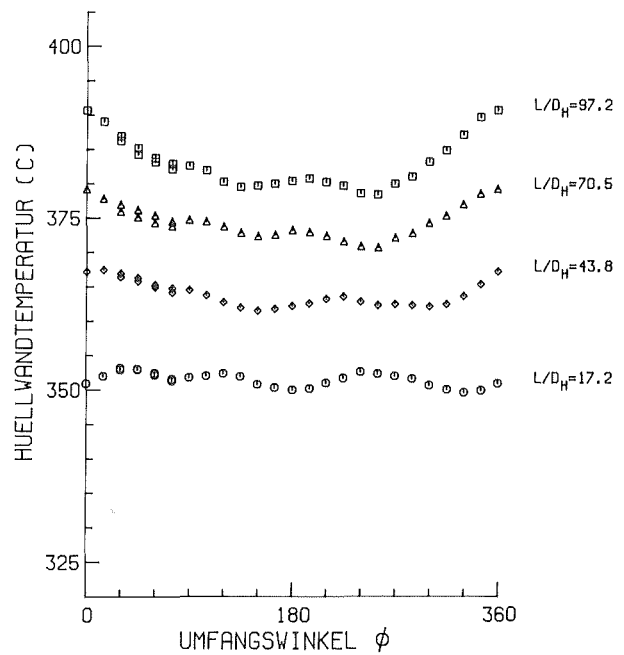
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 41854	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 232	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 2.405	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM**2) = 0.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 324.2	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3870 APL-B

ABB. 230 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



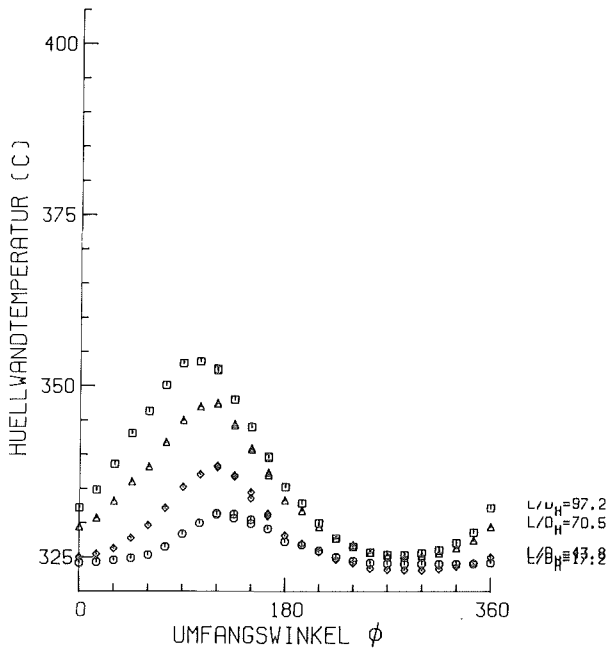
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 27403	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 151	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.564	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM**2) = 59.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3813 APL-A

ABB. 231 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



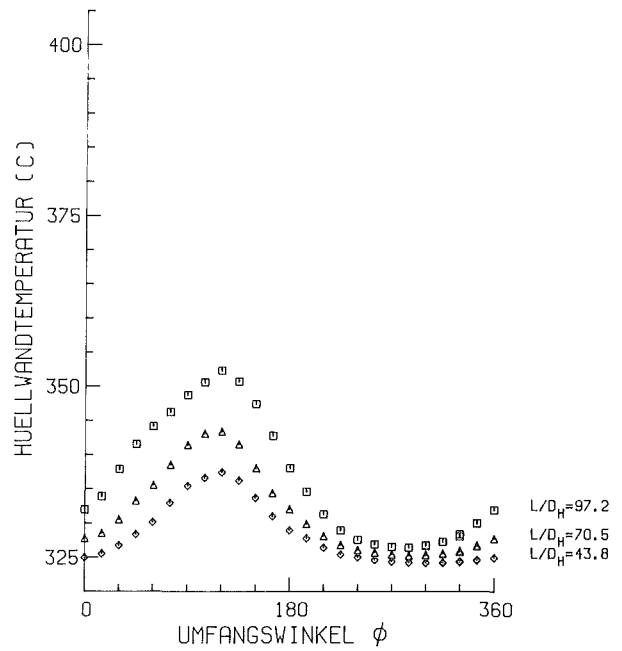
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 27403	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 151	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.564	$P/D = 1.30$
STABEISTUNG (W/CM**2) = 59.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 3813 APL-B

ABB. 232 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



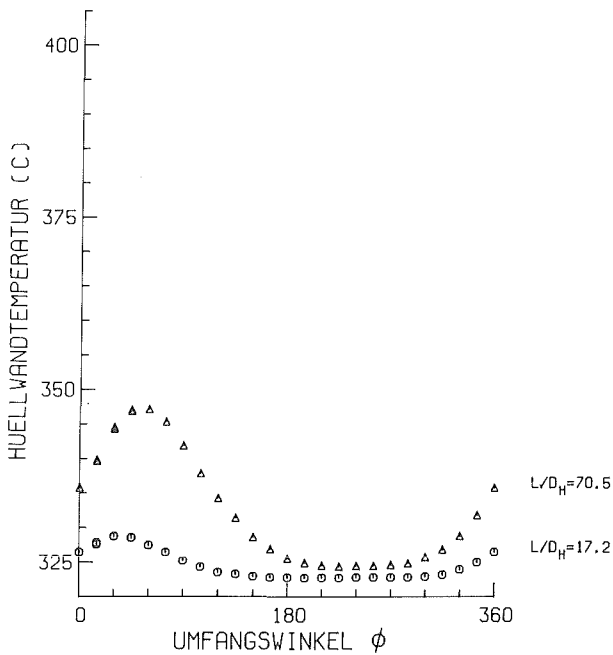
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 27403	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 151	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.564	P/D = 1.30
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3813 APL-A

ABB. 233 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



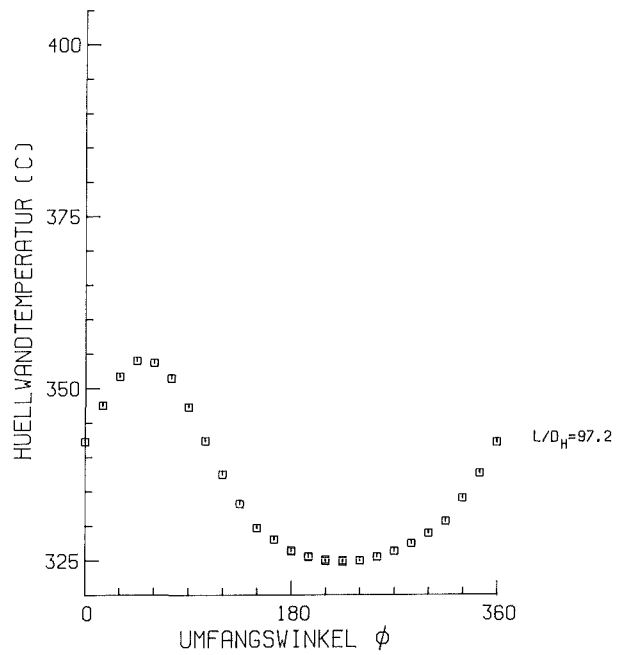
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 27403	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 151	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.564	P/D = 1.30
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 3813 APL-B

ABB. 234 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



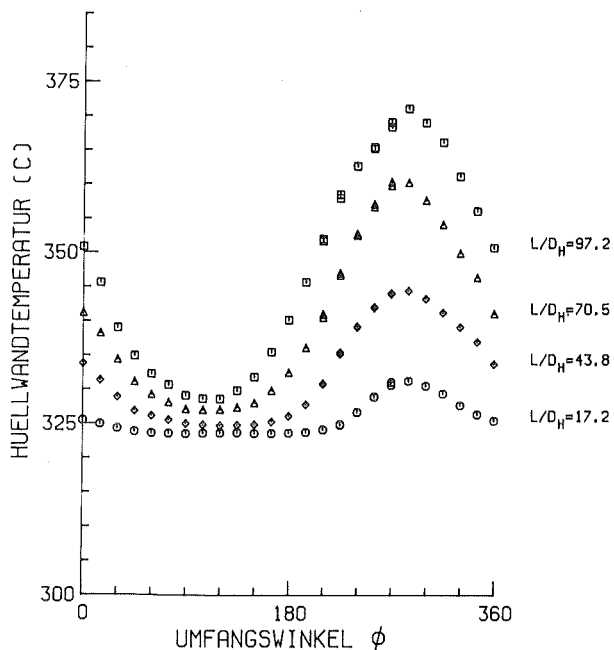
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 27403	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 151	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.564	P/D = 1.30
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3813 APL-A

ABB. 235 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



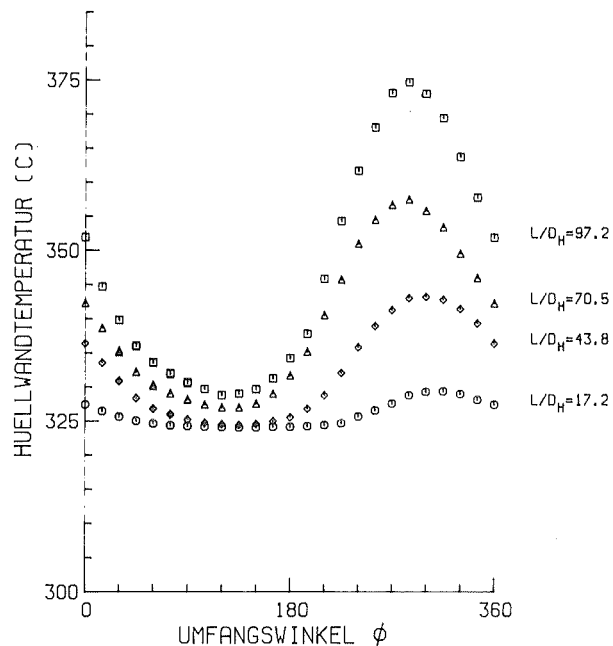
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 27403	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 151	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 1.564	P/D = 1.30
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 321.3	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3813 APL-B

ABB. 236 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



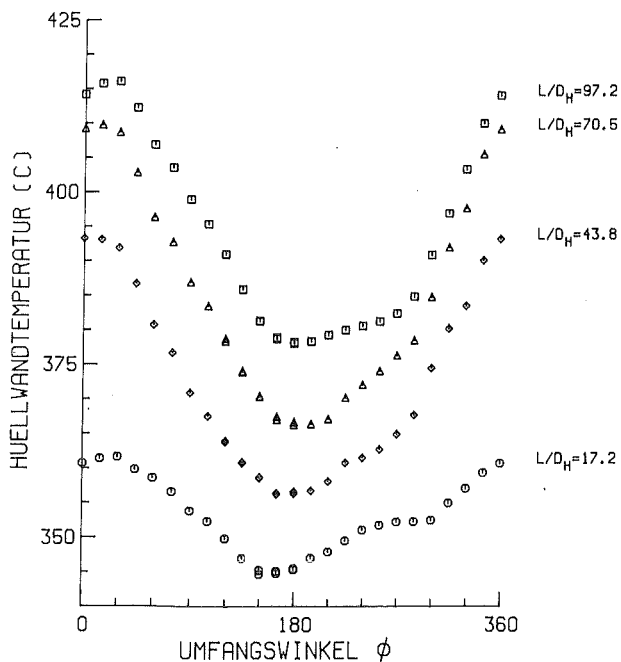
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 26664      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 148      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.535      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     W 3753 APL-A

ABB. 237 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



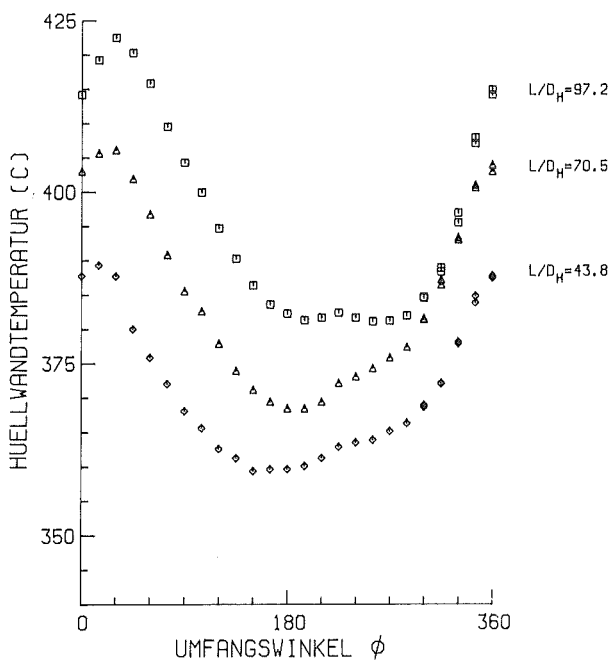
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 26664      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 148      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.535      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 0.0      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     W 3753 APL-B

ABB. 238 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



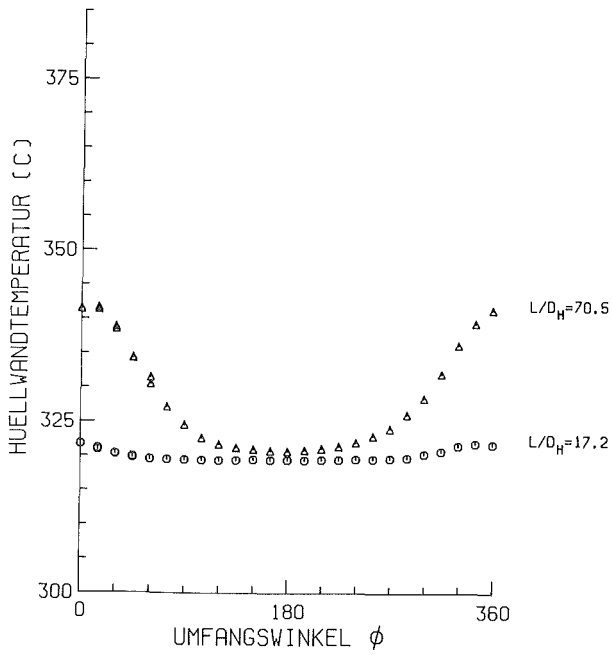
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 26664      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 148      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.535      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.6      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     E 3753 APL-A

ABB. 239 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



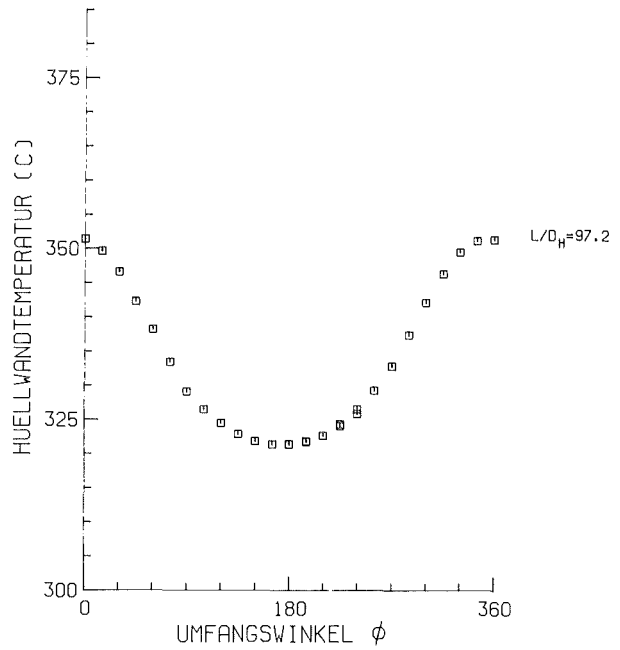
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 26664      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 148      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.535      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.6      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     E 3753 APL-B

ABB. 240 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



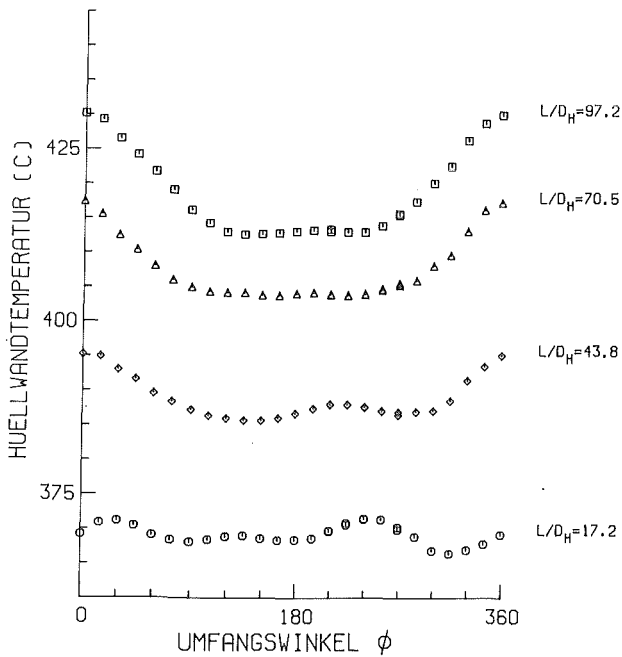
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 26664      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 148      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.535      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 0.0      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     Z 3753 APL-A

ABB. 241 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



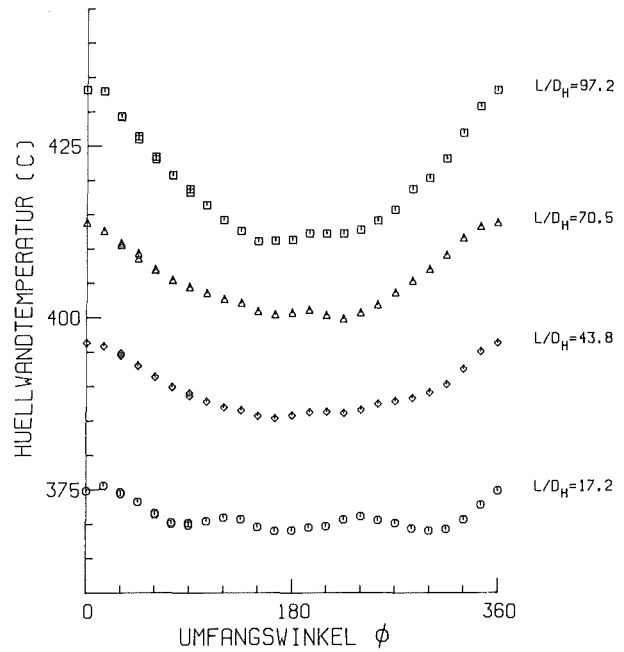
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 26664      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 148      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.535      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 0.0      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     Z 3753 APL-B

ABB. 242 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



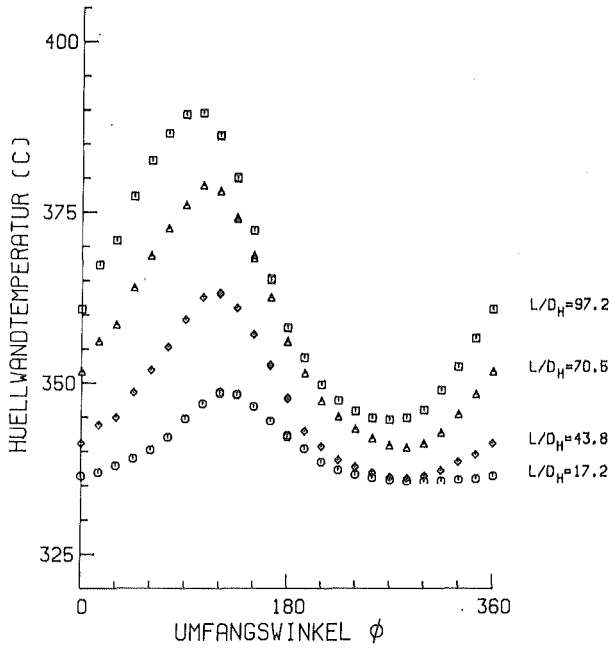
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14975      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 0.820      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 58.6      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 333.4  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     W 3841 APL-A

ABB. 243 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



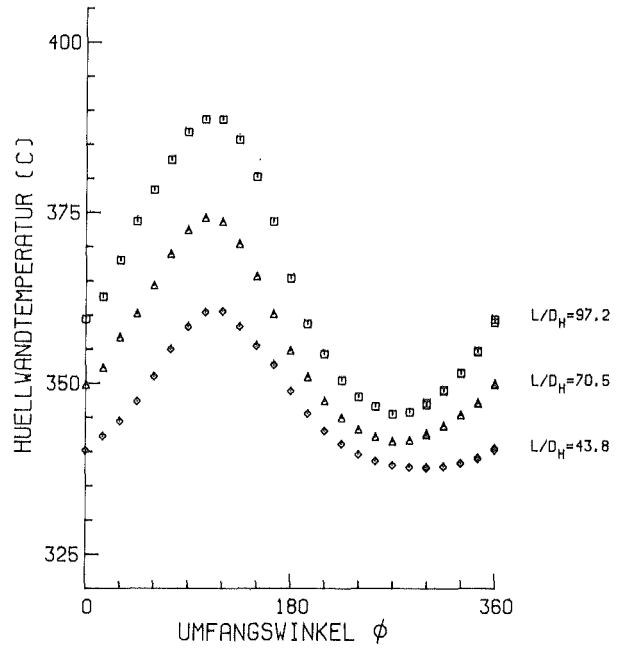
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14975      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 0.820      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^{**2}$ ) = 58.6      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 333.4  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0     W 3841 APL-B

ABB. 244 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



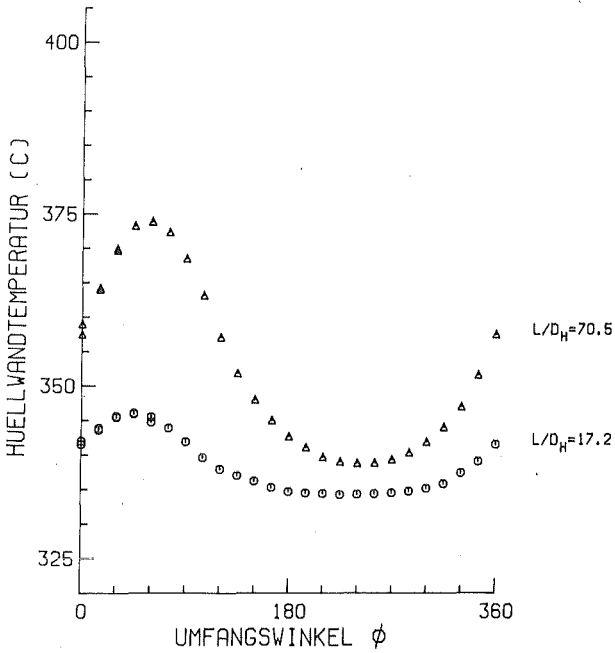
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14976       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 0.820       $P/D = 1.30$   
 STABEISTUNG ( $V/CM^2$ ) = 0.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 333.4  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 3841 APL-A

ABB. 245 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



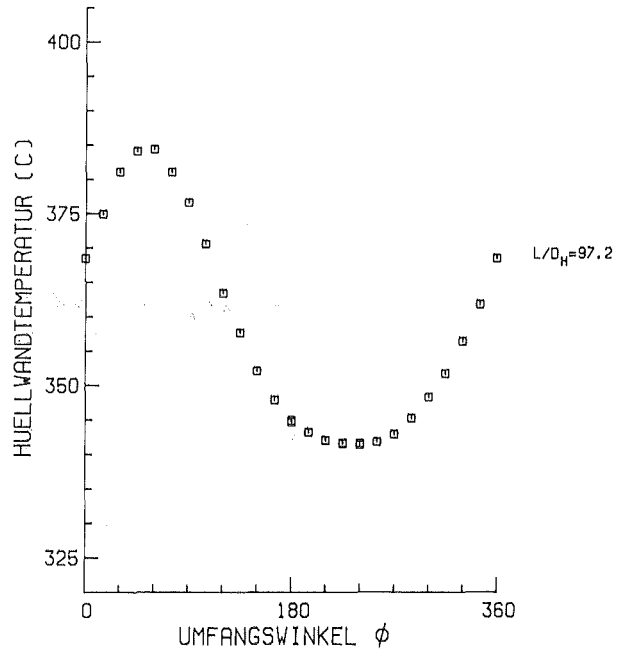
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14976       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 0.820       $P/D = 1.30$   
 STABEISTUNG ( $V/CM^2$ ) = 0.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 333.4  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      E 3841 APL-B

ABB. 246 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



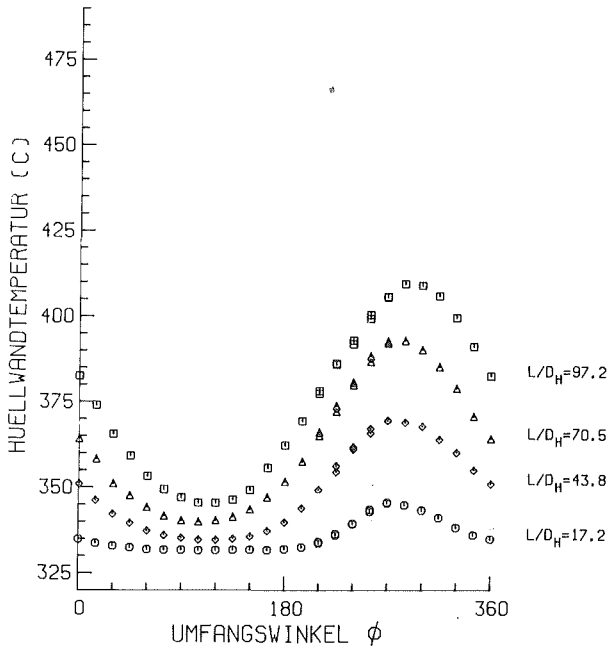
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14976       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 0.820       $P/D = 1.30$   
 STABEISTUNG ( $V/CM^2$ ) = 0.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 333.4  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3841 APL-A

ABB. 247 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



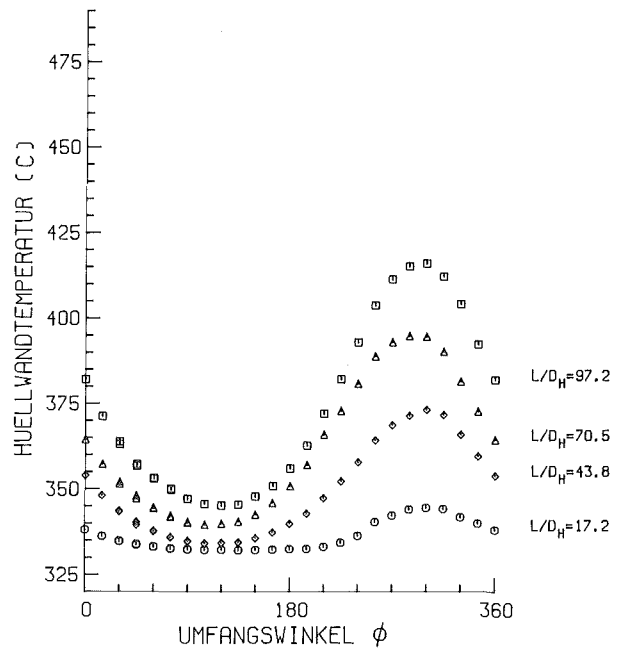
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14976       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 0.820       $P/D = 1.30$   
 STABEISTUNG ( $V/CM^2$ ) = 0.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 333.4  
 GITTERSTELLUNG = 315  
 BIEGESTABSTELLUNG = 0      Z 3841 APL-B

ABB. 248 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



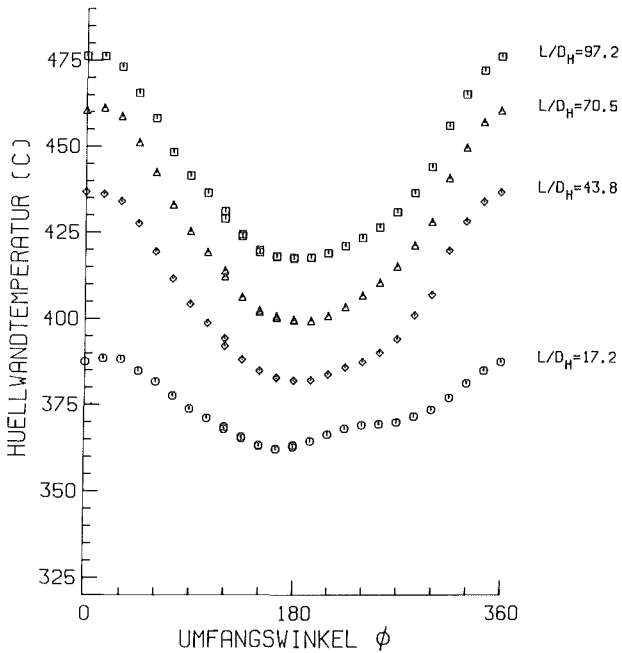
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14948	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.825	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.75}$ ) = 0.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.5	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$V 3782$ APL-A

ABB. 249 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



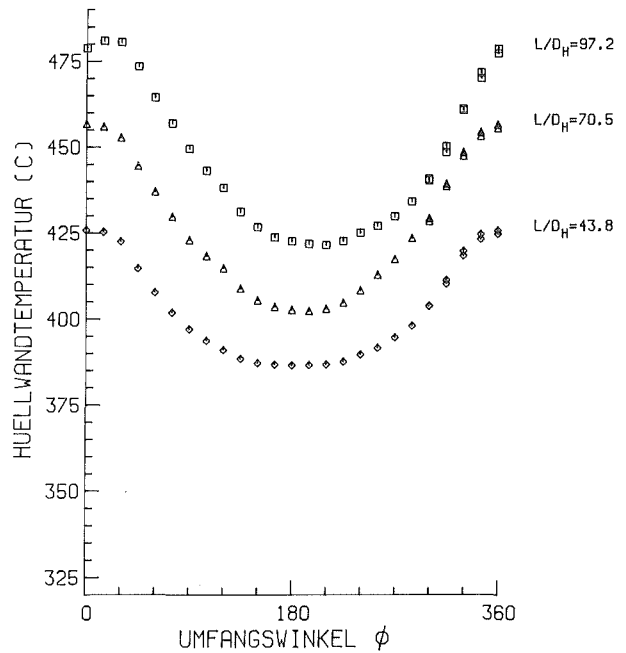
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14948	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.825	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.75}$ ) = 0.0	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.5	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$V 3782$ APL-B

ABB. 250 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



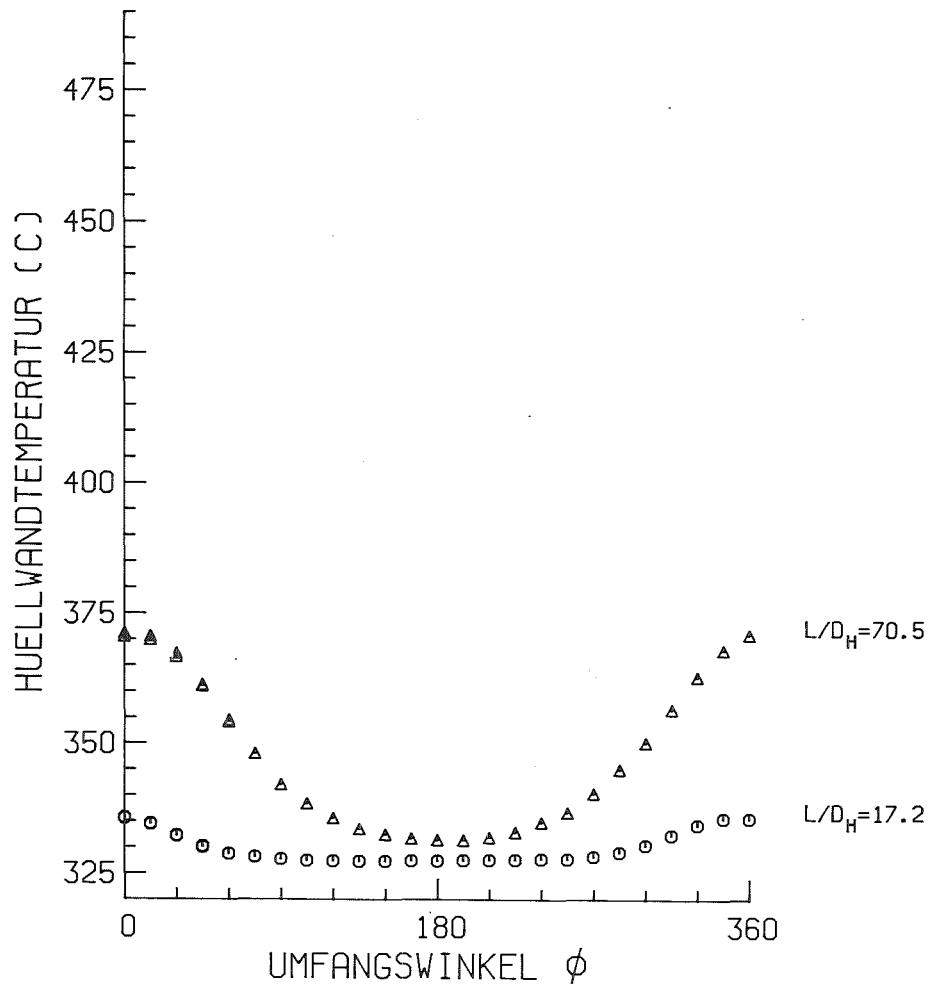
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14948	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.825	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.75}$ ) = 67.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.5	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$E 3782$ APL-A

ABB. 251 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



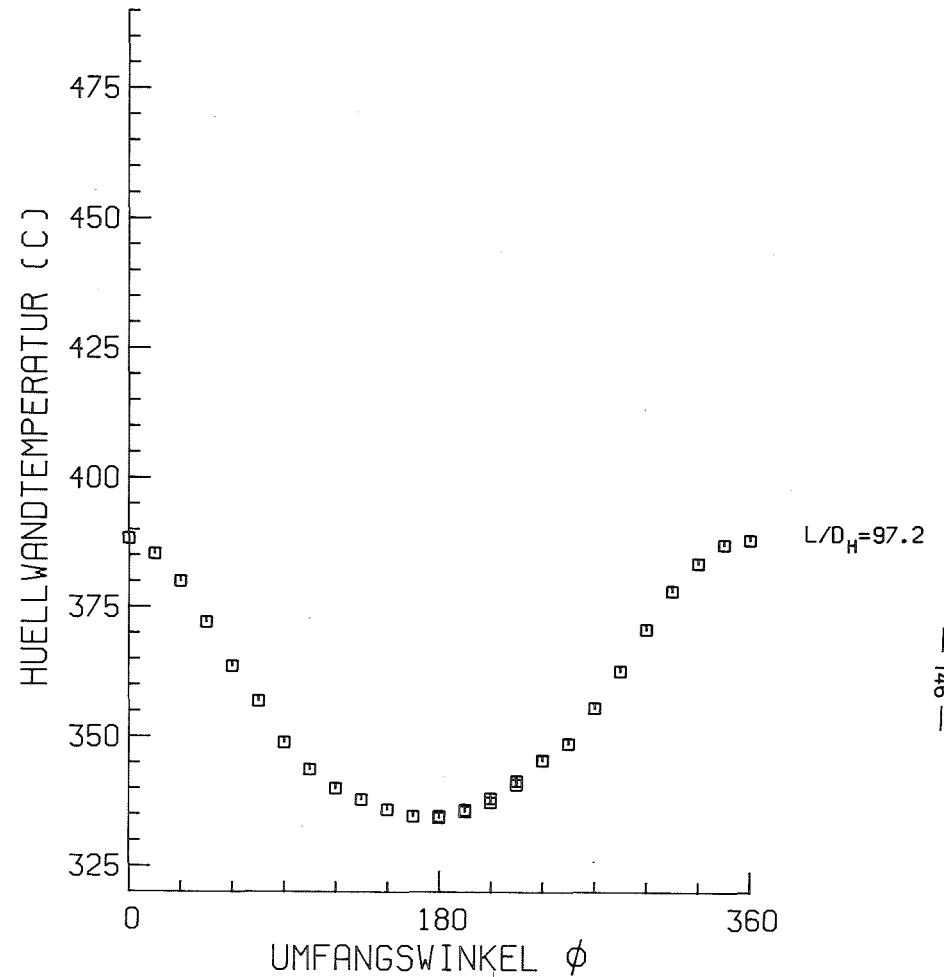
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 14948	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 80	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.825	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.75}$ ) = 67.3	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.5	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	$E 3782$ APL-B

ABB. 252 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



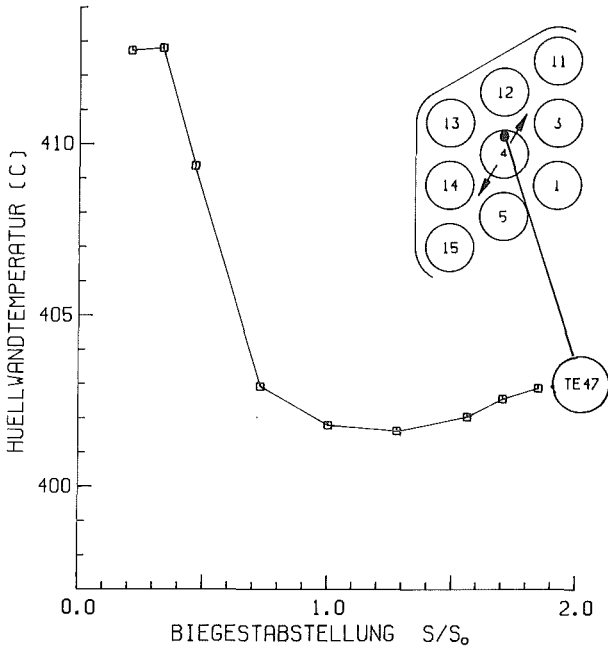
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 14948	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 80	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.825	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM**2) = 0.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.5	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3782 APL-A

ABB.253 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



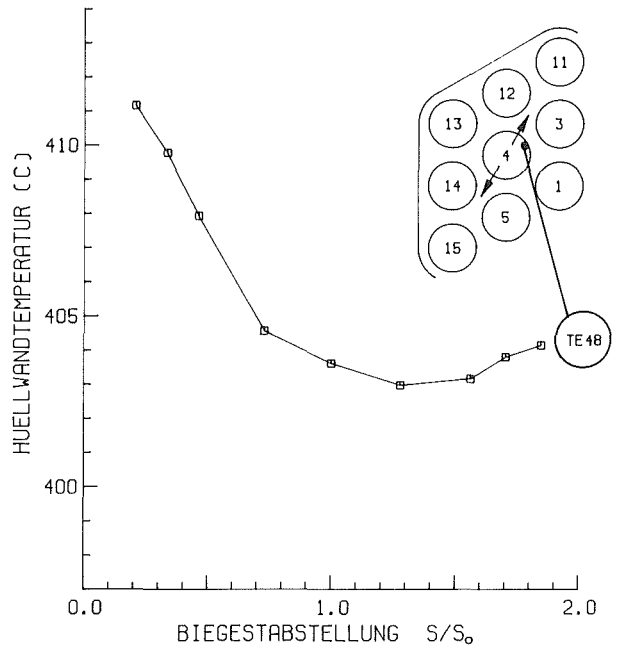
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 14948	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 80	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 0.825	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM**2) = 0.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 326.5	
GITTERSTELLUNG = 315	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	Z 3782 APL-B

ABB.254 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



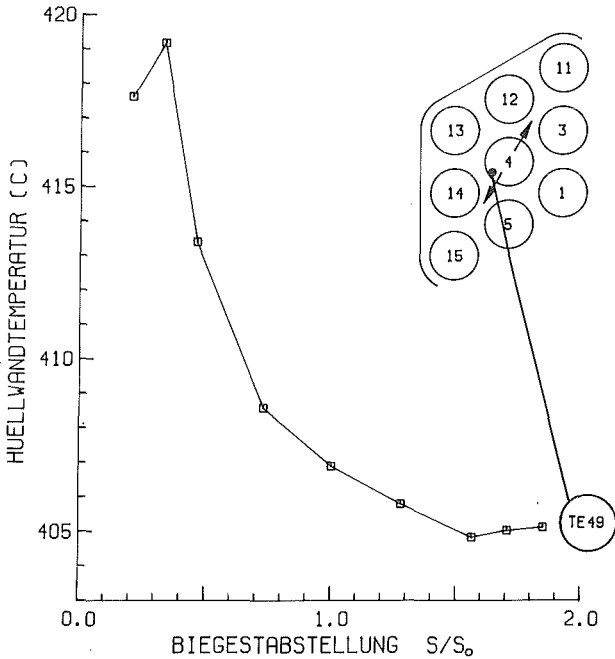
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69909       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359             $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.626                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 79.4                   $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.7  
 GITTERSTELLUNG = 0                              V 4535 TE47

ABB. 255 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



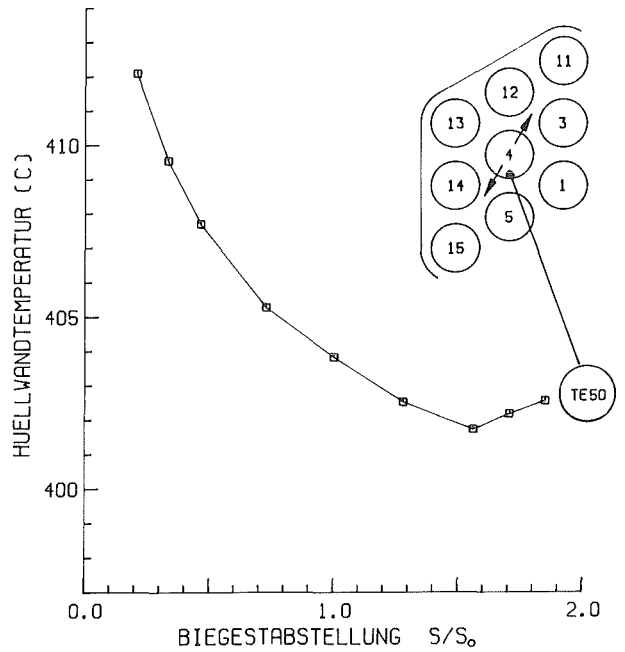
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69909       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359             $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.626                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 79.4                   $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.7  
 GITTERSTELLUNG = 0                              V 4535 TE48

ABB. 256 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69909       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359             $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.626                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 79.4                   $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.7  
 GITTERSTELLUNG = 0                              V 535 TE49

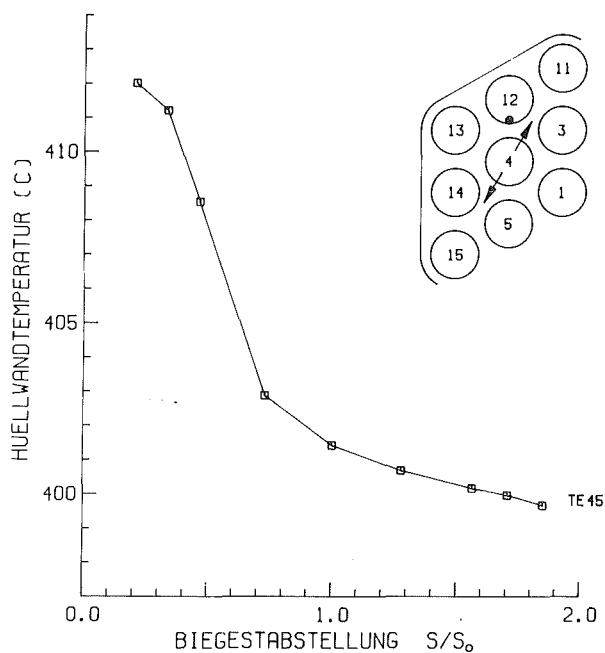
ABB. 257 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69909       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359             $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.626                   $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM<sup>2</sup>) = 79.4                   $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.7  
 GITTERSTELLUNG = 0                              V 4535 TE50

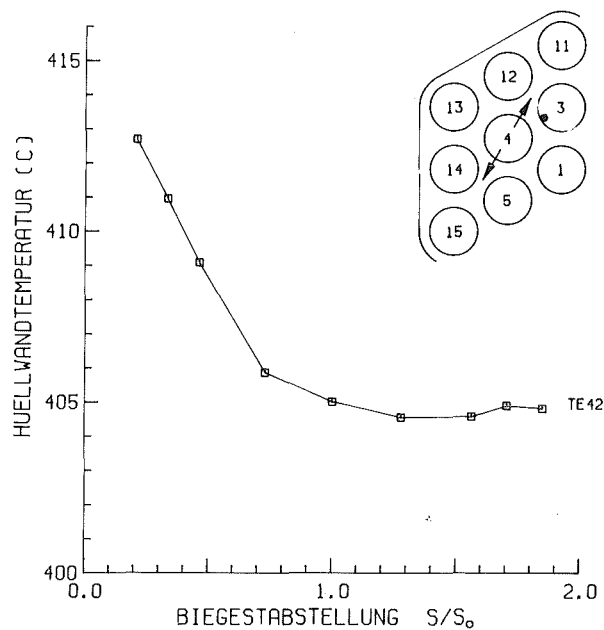
ABB. 258 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )





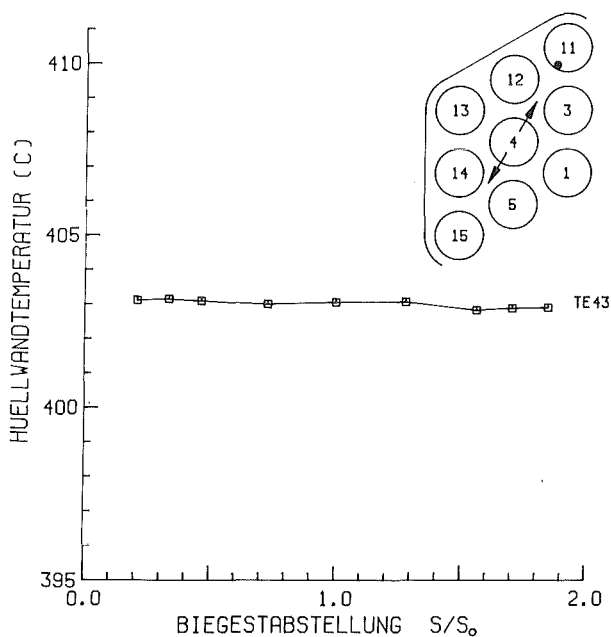
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69909       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.626       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 78.7       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.7  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 4535 TE45

ABB. 259 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



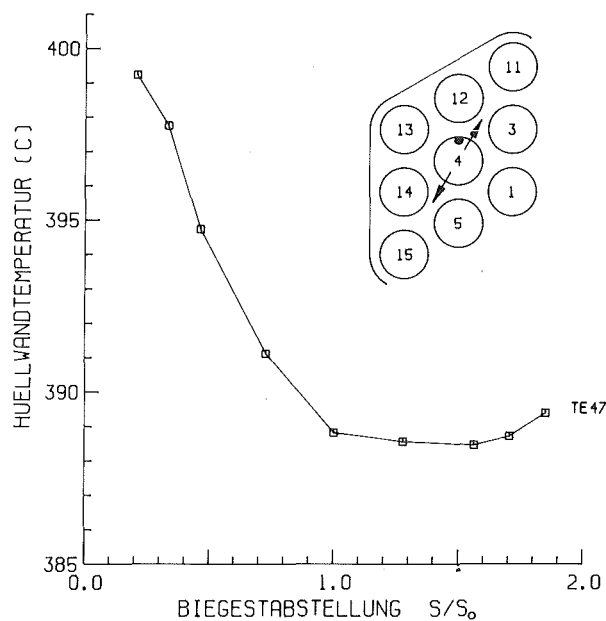
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69909       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.626       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 84.4       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.7  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 4535 TE42

ABB. 260 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



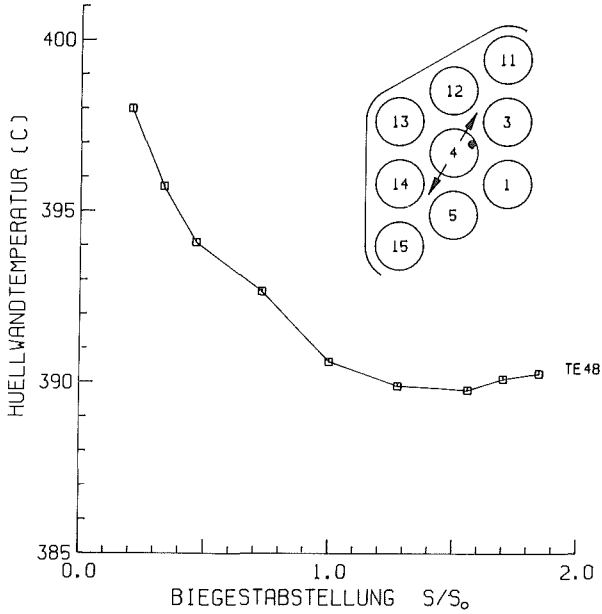
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69909       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.626       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 86.3       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.7  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 4535 TE42

ABB. 261 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



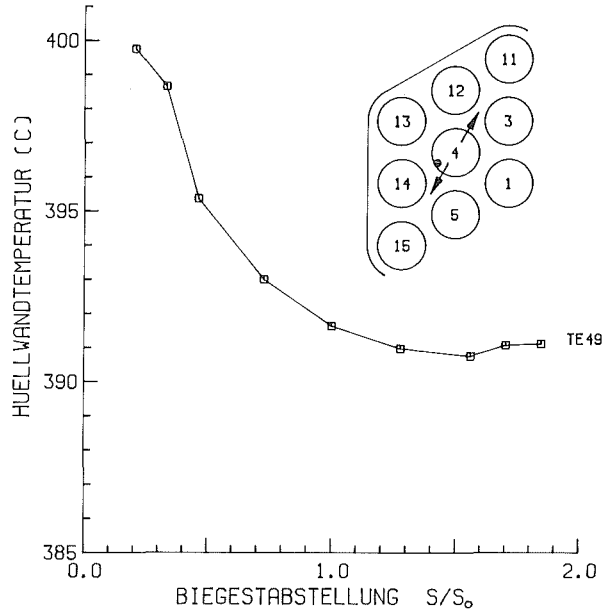
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67859       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.590       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 3142 TE47

ABB. 262 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



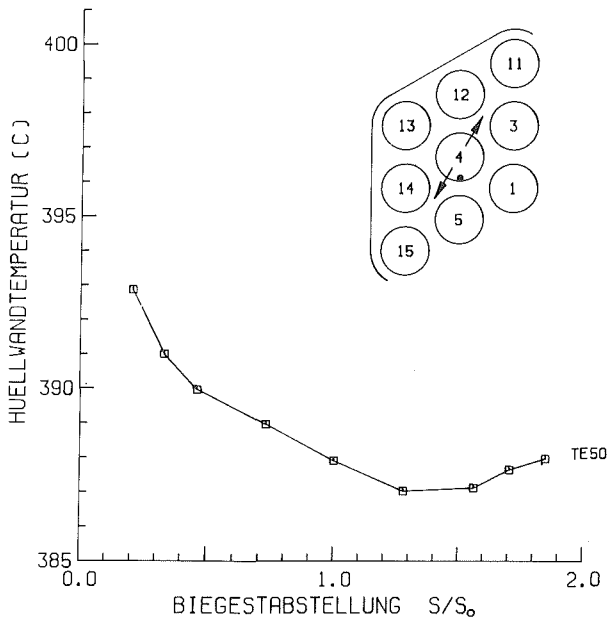
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67859	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.590	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0	
GITTERSTELLUNG = 0	V 3142 TE48

ABB. 263 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



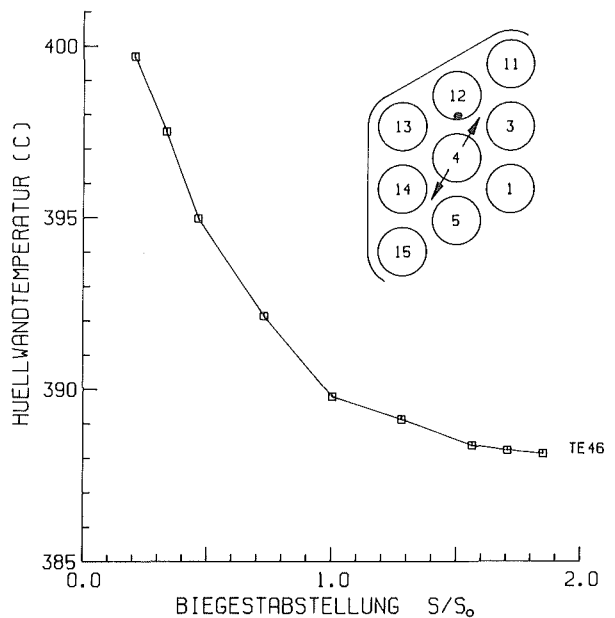
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67859	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.590	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0	
GITTERSTELLUNG = 0	V 3142 TE49

ABB. 264 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



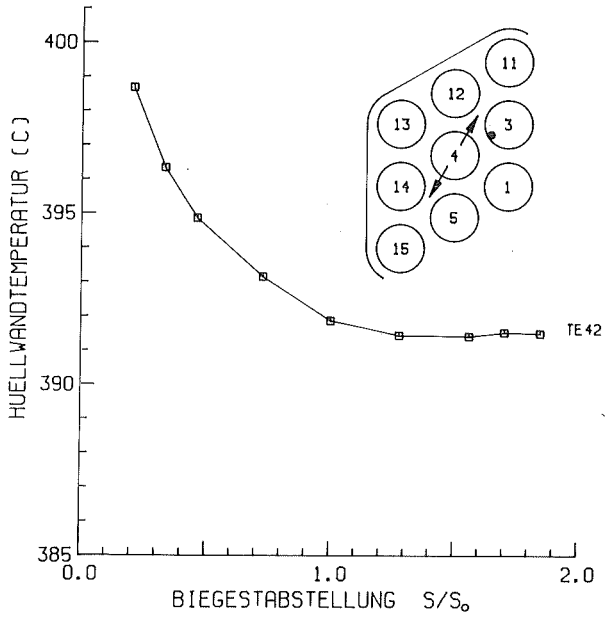
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67859	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.590	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.1	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0	
GITTERSTELLUNG = 0	V 3142 TE50

ABB. 265 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



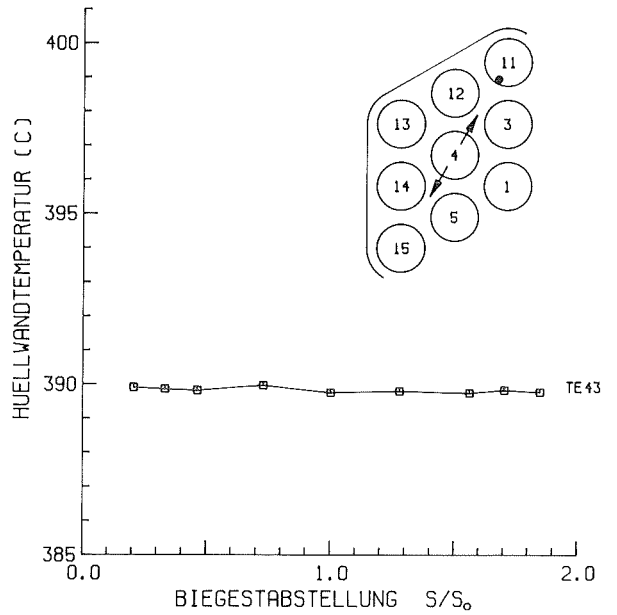
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67859	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.590	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.9	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0	
GITTERSTELLUNG = 0	V 3142 TE46

ABB. 266 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



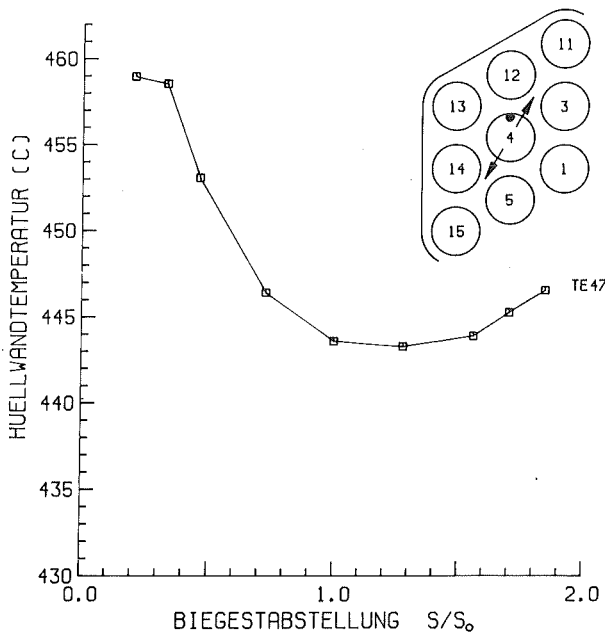
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67859	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.590	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 69.7	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0	
GITTERSTELLUNG = 0	V 3142 TE42

ABB. 267 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



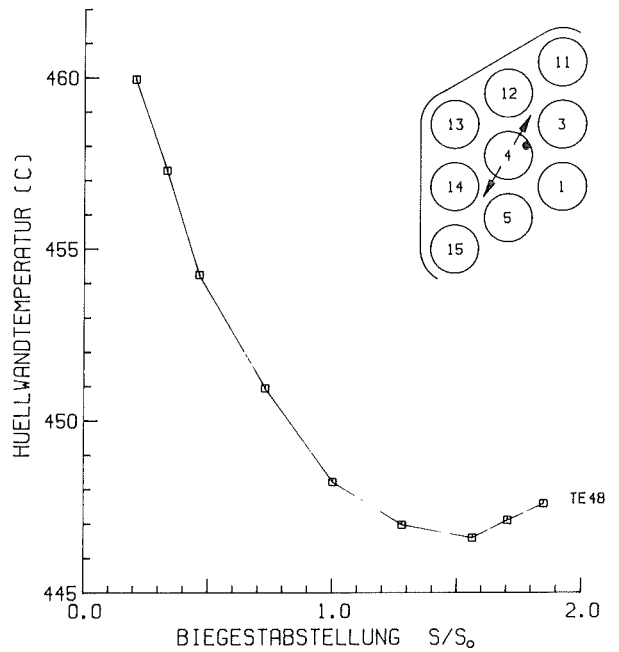
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67859	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.590	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 71.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 318.0	
GITTERSTELLUNG = 0	V 3142 TE43

ABB. 268 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



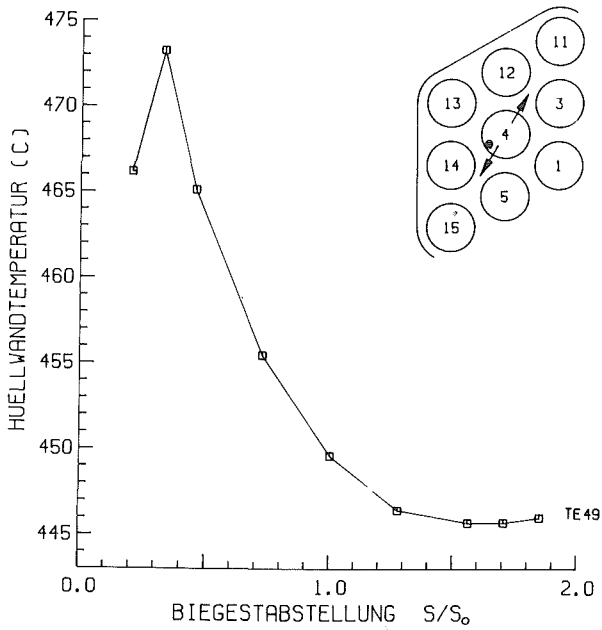
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 48647	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 236	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 2.341	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 80.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.2	
GITTERSTELLUNG = 0	V 4572 TE47

ABB. 269 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



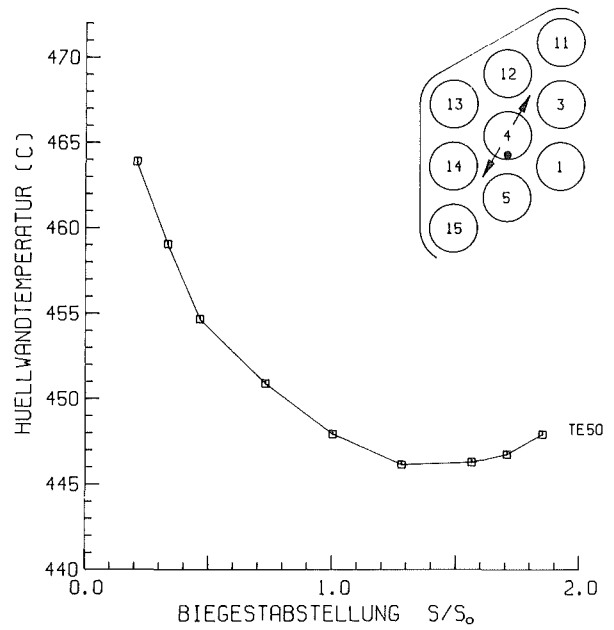
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 48647	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 236	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 2.341	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 80.5	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.2	
GITTERSTELLUNG = 0	V 4572 TE48

ABB. 270 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
(FUER  $L/D_H = 97.2$ )



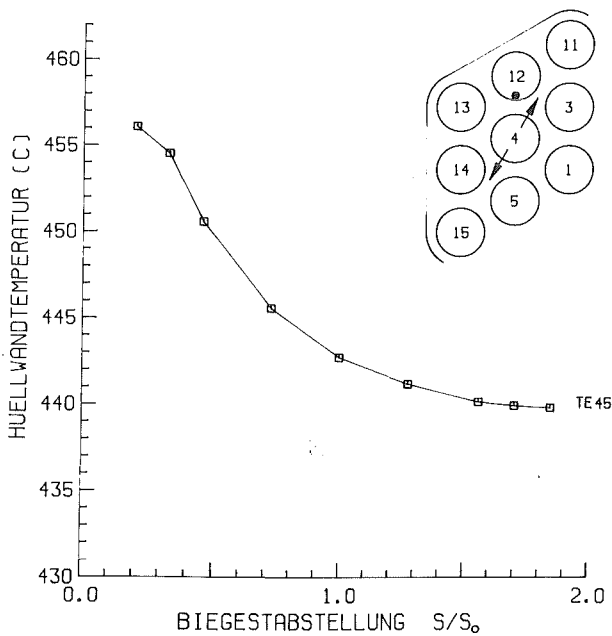
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 48647       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 236       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.341       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 80.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.2  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 4572 TE49

ABB. 271 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



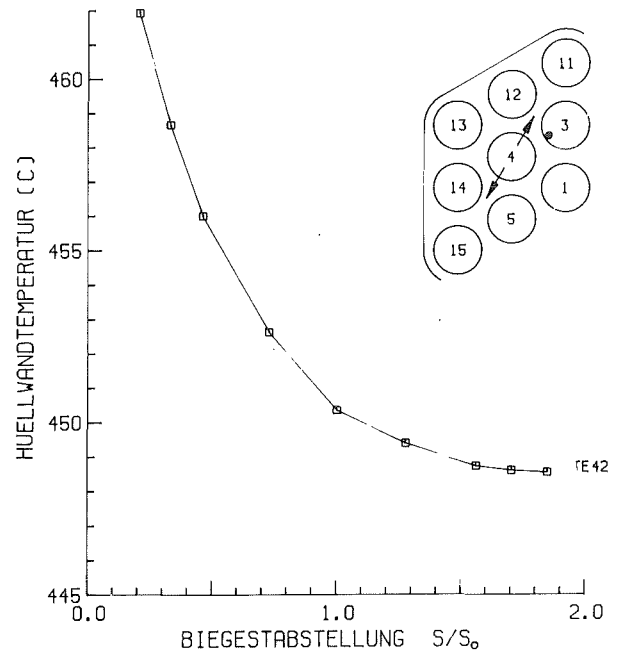
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 48647       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 236       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.341       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 80.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.2  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 4572 TE50

ABB. 272 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



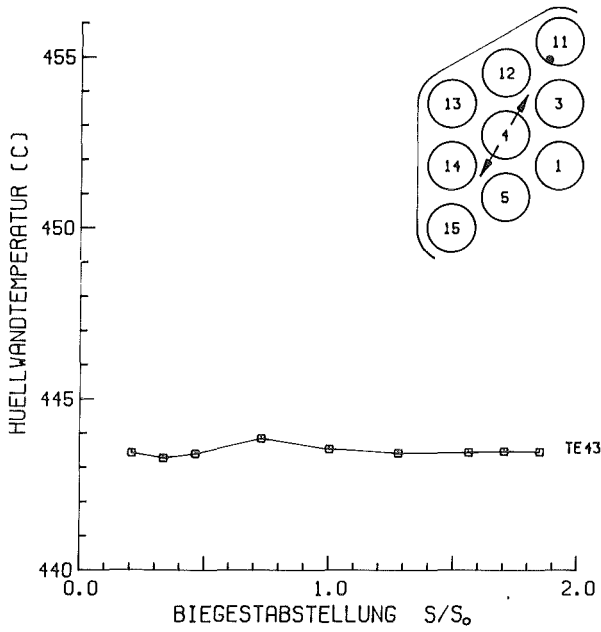
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 48647       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 236       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.341       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 80.0       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.2  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 4572 TE45

ABB. 273 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



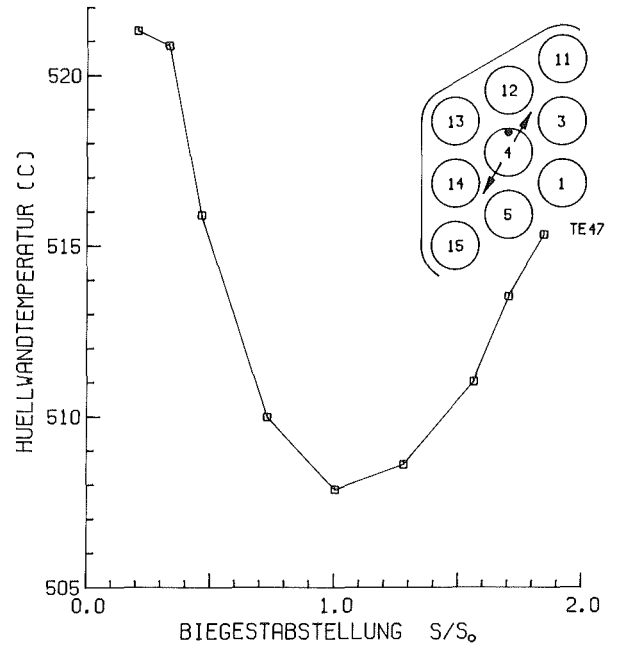
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 48647       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 236       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.341       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 85.9       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.2  
 GITTERSTELLUNG = 0      V 4572 TE42

ABB. 274 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



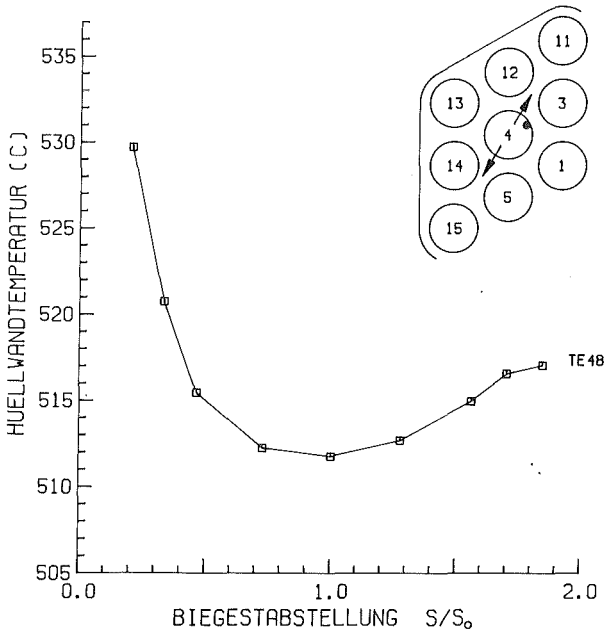
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 48647       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 236       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 2.341       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH_{m=2}$ ) = 87.7       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.2  
 GITTERSTELLUNG = 0       $V 4572$  TE43

ABB. 275 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



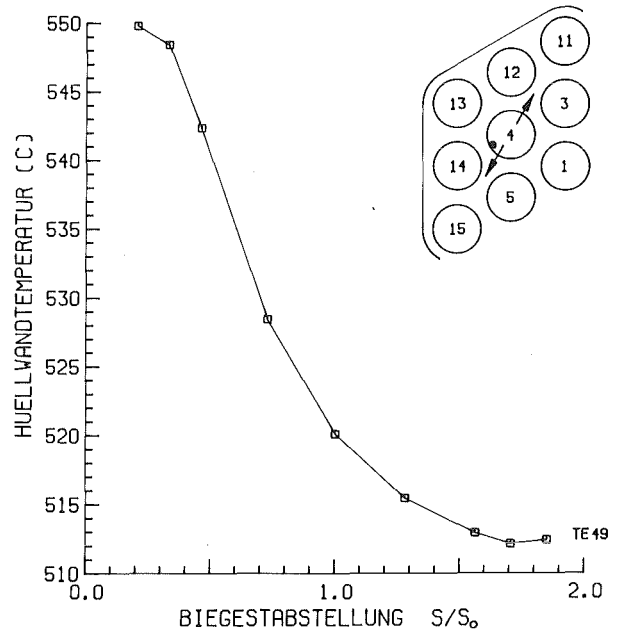
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 35584       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 162       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.576       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH_{m=2}$ ) = 83.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.5  
 GITTERSTELLUNG = 0       $V 4581$  TE47

ABB. 276 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



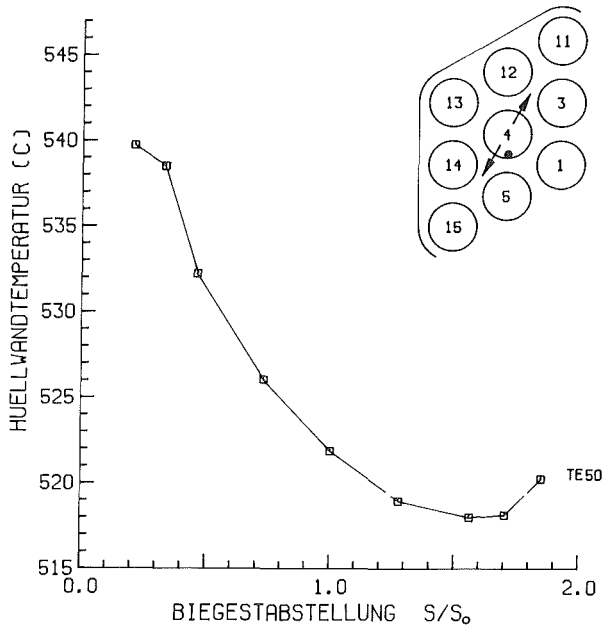
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 35584       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 162       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.576       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH_{m=2}$ ) = 83.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.5  
 GITTERSTELLUNG = 0       $V 4581$  TE48

ABB. 277 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



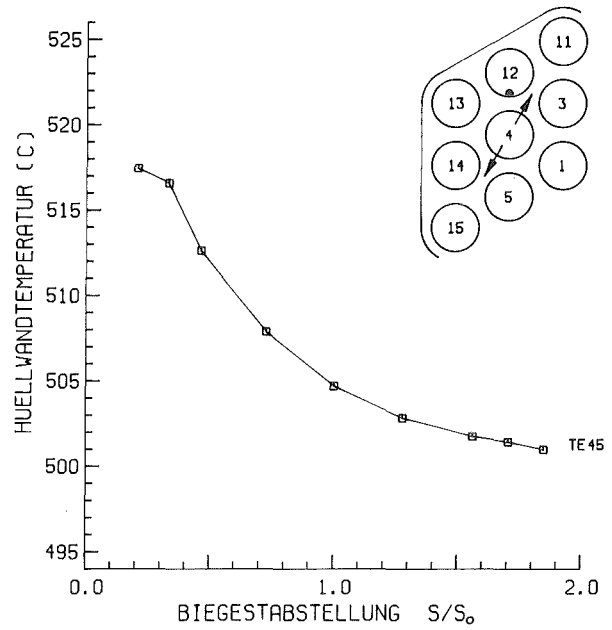
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 35584       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 162       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.576       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH_{m=2}$ ) = 83.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.5  
 GITTERSTELLUNG = 0       $V 4581$  TE49

ABB. 278 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



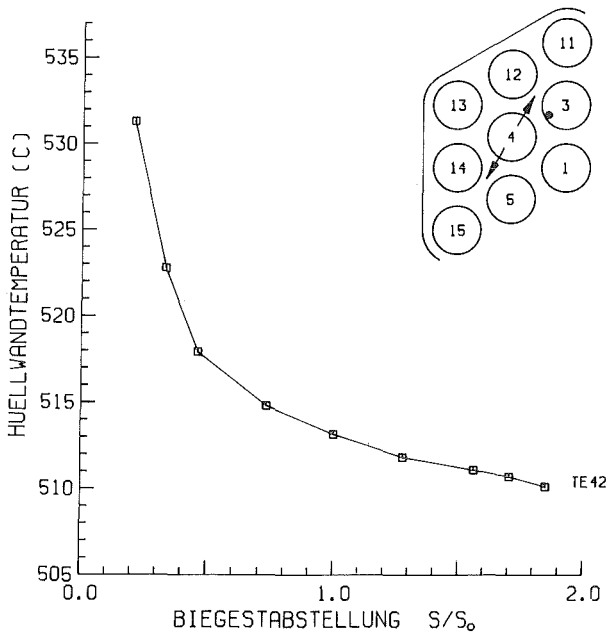
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 35684      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 162      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.576      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH^2$ ) = 83.5      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.5  
 GITTERSTELLUNG = 0     V 4581 TE50

ABB. 279 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



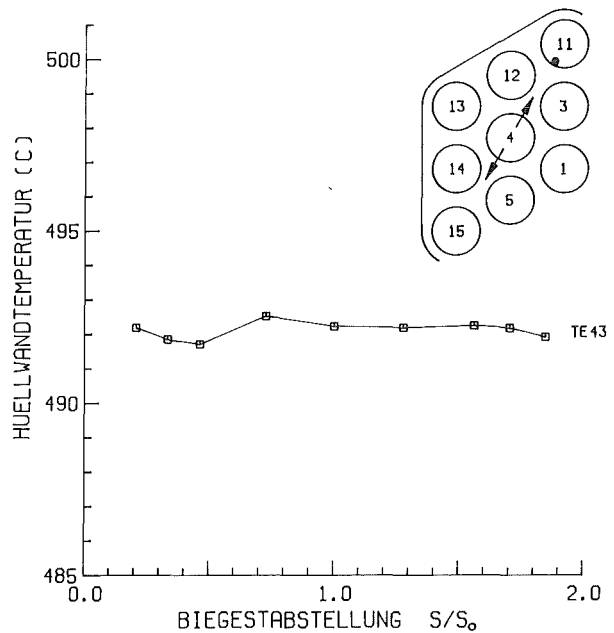
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 35584      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 162      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.576      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH^2$ ) = 82.9      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.5  
 GITTERSTELLUNG = 0     V 4581 TE45

ABB. 280 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 35684      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 162      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.576      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH^2$ ) = 89.0      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.5  
 GITTERSTELLUNG = 0     V 4581 TE42

ABB. 281 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 35584      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 162      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 1.576      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CH^2$ ) = 90.7      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.5  
 GITTERSTELLUNG = 0     V 4581 TE43

ABB. 282 TEMPERATURAENDERUNG DURCH STABBIEGUNG  
 (FUER  $L/D_H = 97.2$ )

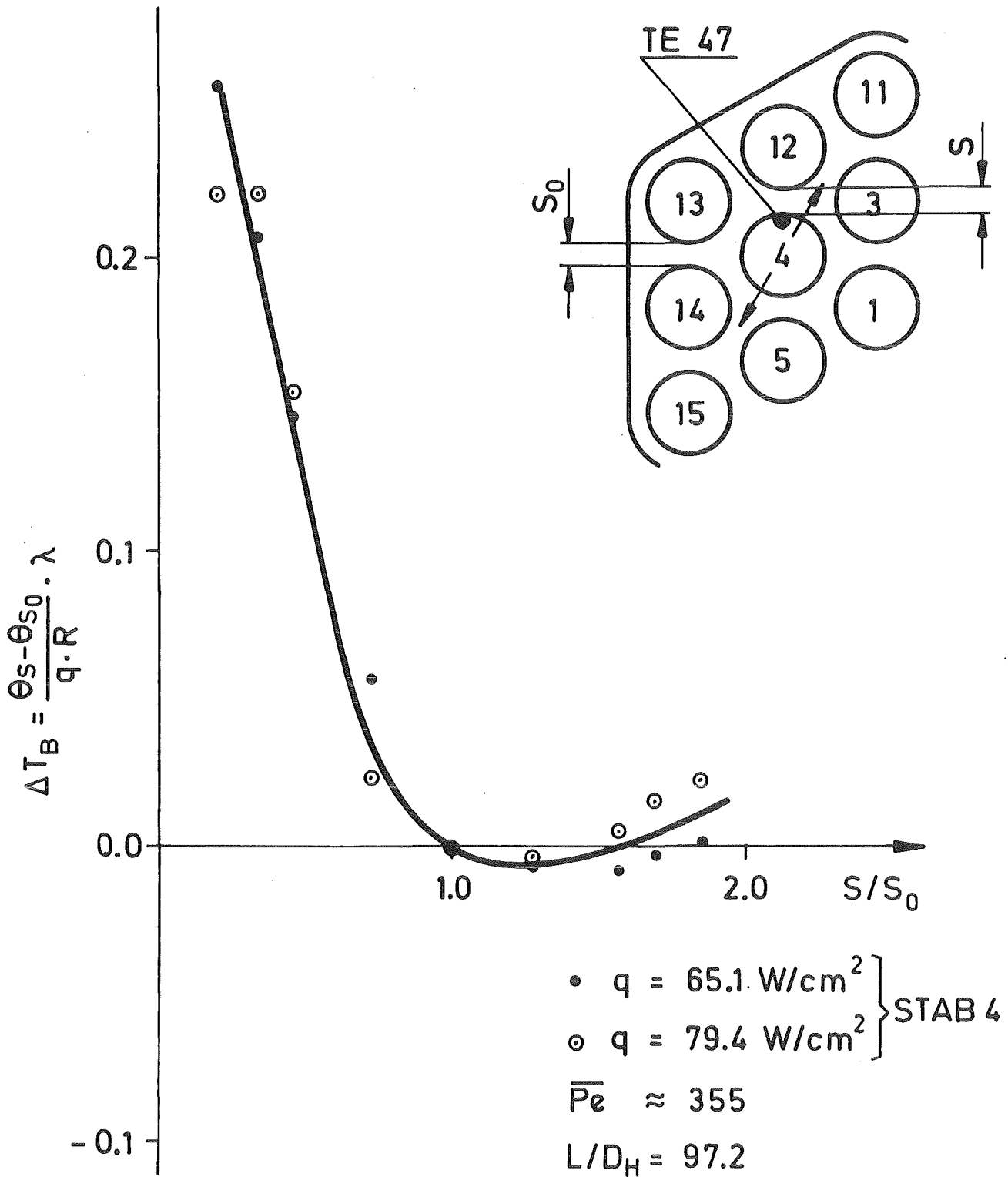
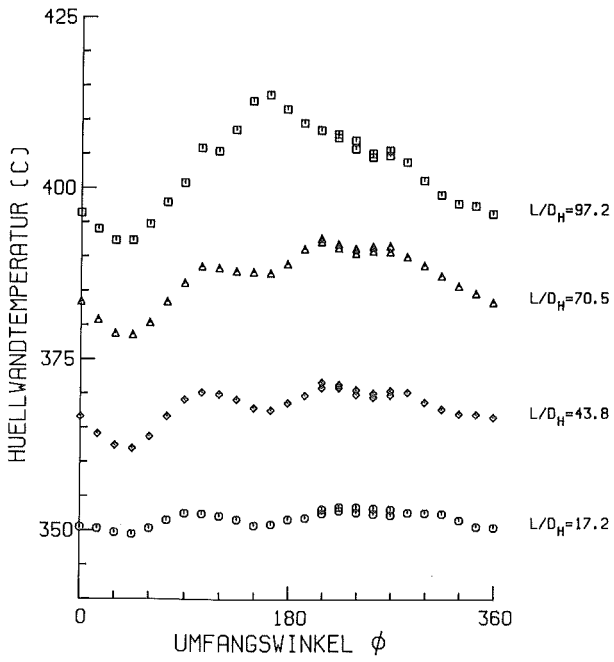
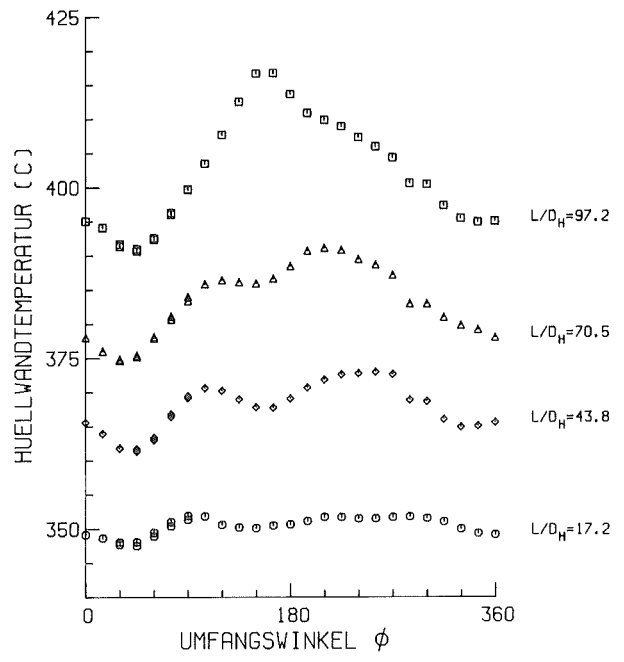


ABB. 283 EINFLUSS DER STABBIEGUNG AUF DIE HÜLLWANDTEMPERATUR



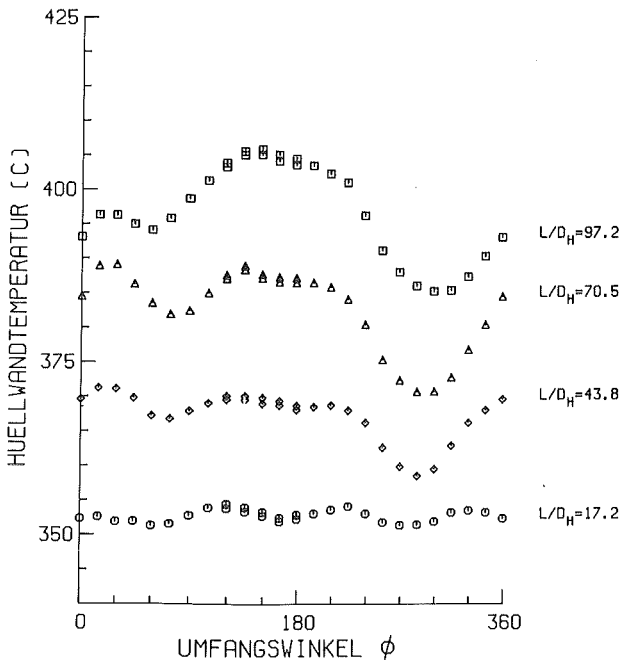
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70446       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.671       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 81.9       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720       $V 4505$  APL-A

ABB. 284 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



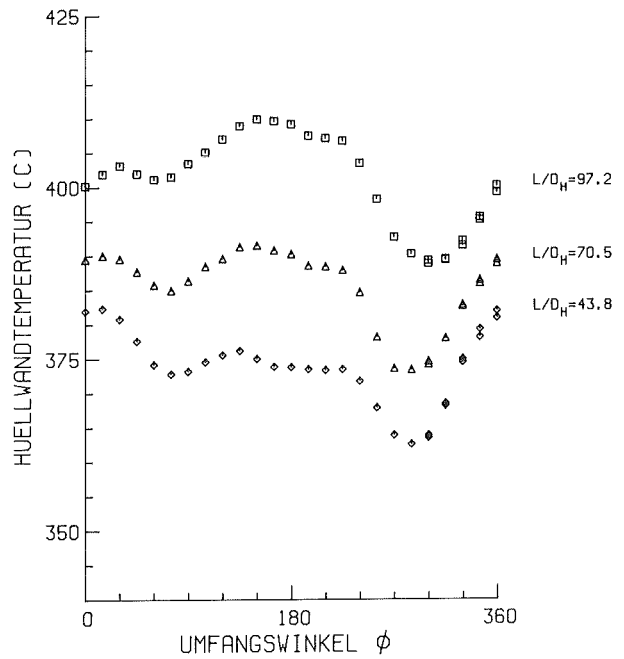
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70446       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.671       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 81.9       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720       $V 4505$  APL-B

ABB. 285 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70446       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.671       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 89.8       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720       $E 4505$  APL-A

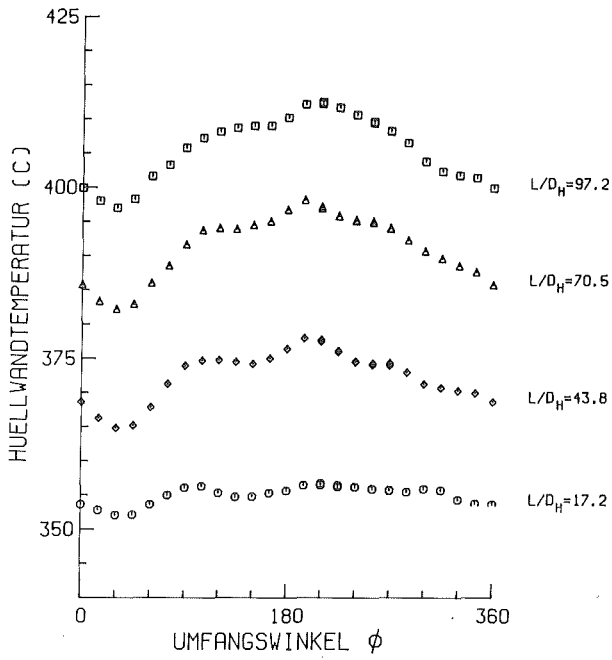
ABB. 286 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70446       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 361       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.671       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 89.8       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 316.5  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720       $E 4505$  APL-B

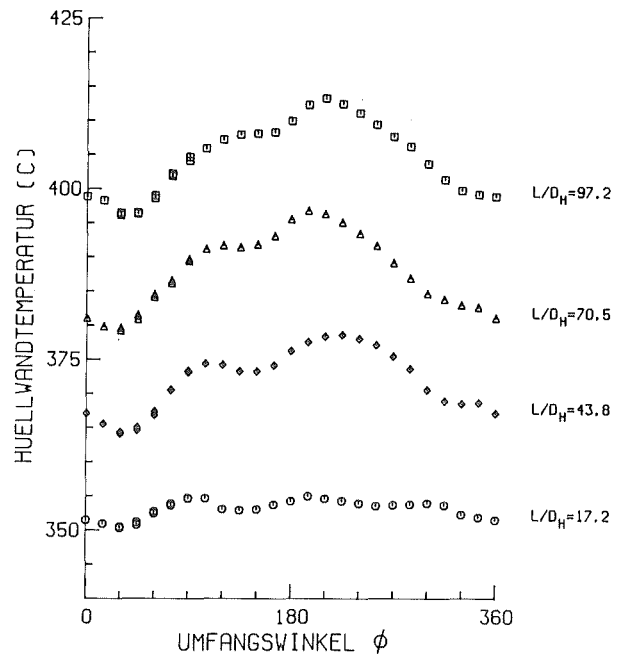
ABB. 287 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11





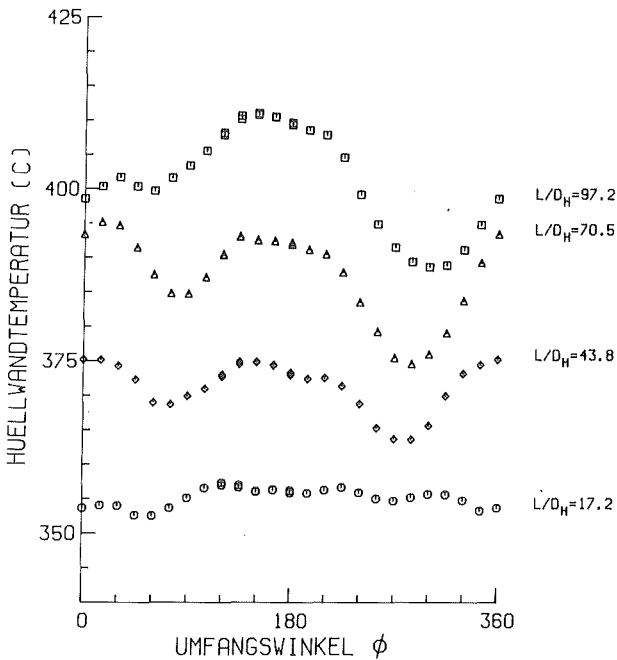
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70098	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 357	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.608	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.8}$ ) = 82.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 4469 APL-A

ABB. 288 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



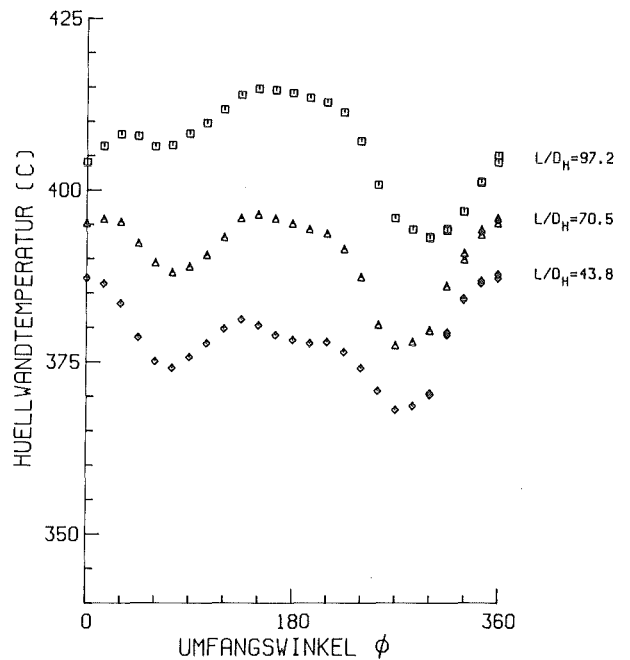
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70098	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 357	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.608	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.8}$ ) = 82.4	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	W 4469 APL-B

ABB. 289 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



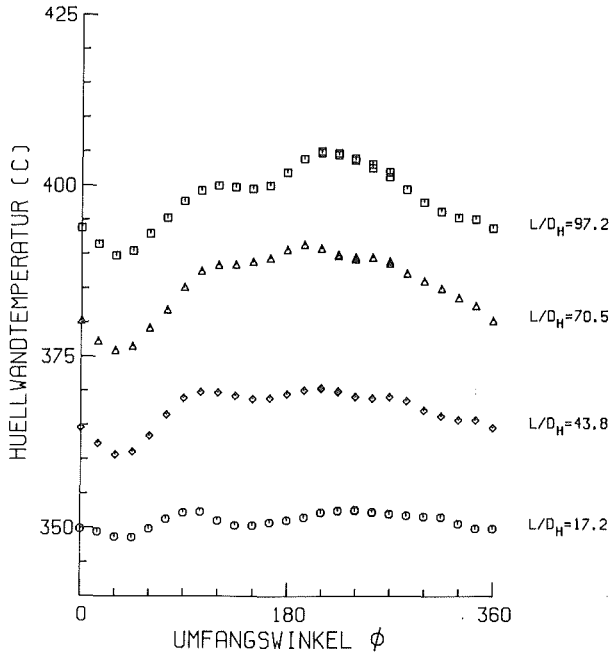
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70098	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 357	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.608	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.8}$ ) = 90.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4469 APL-A

ABB. 290 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



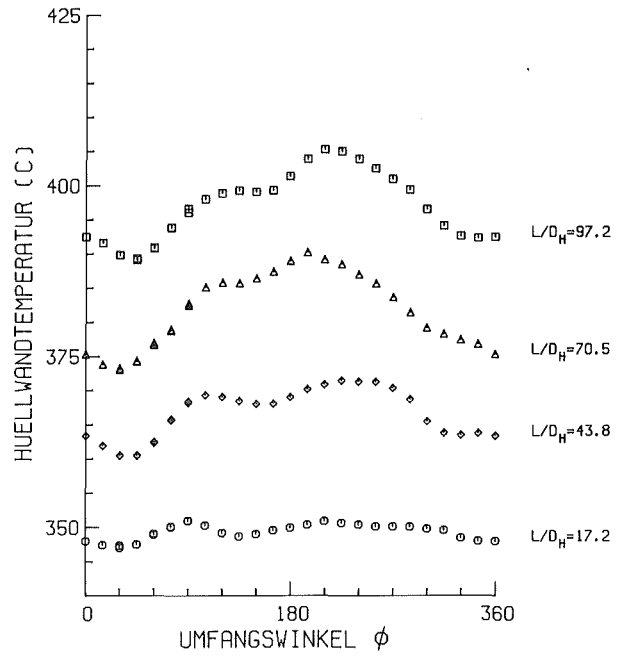
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 70098	$D = 9.00$ MM
MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 357	$D_H = 6.75$ MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.608	$P/D = 1.30$
STABLEISTUNG ( $W/CH^{0.8}$ ) = 90.2	$W/R = 1.38$
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 319.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 0	E 4469 APL-B

ABB. 291 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



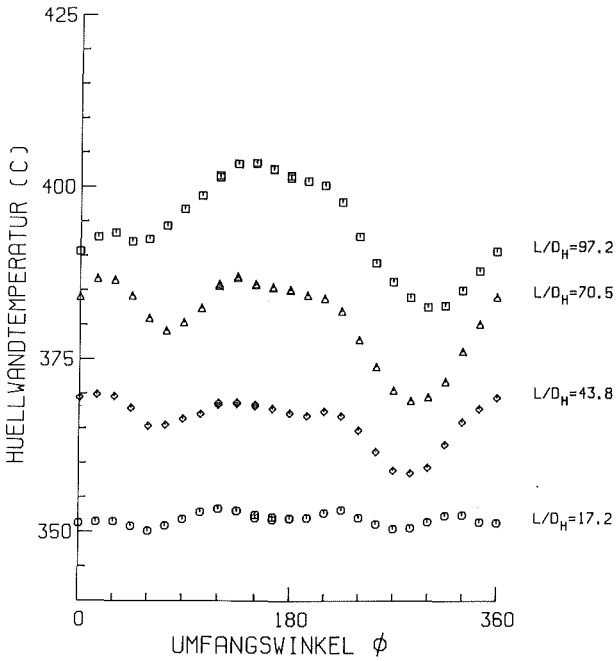
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69941       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.638       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM\*\*2) = 79.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 316.6  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = -720      W 4543 APL-A

ABB. 292 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



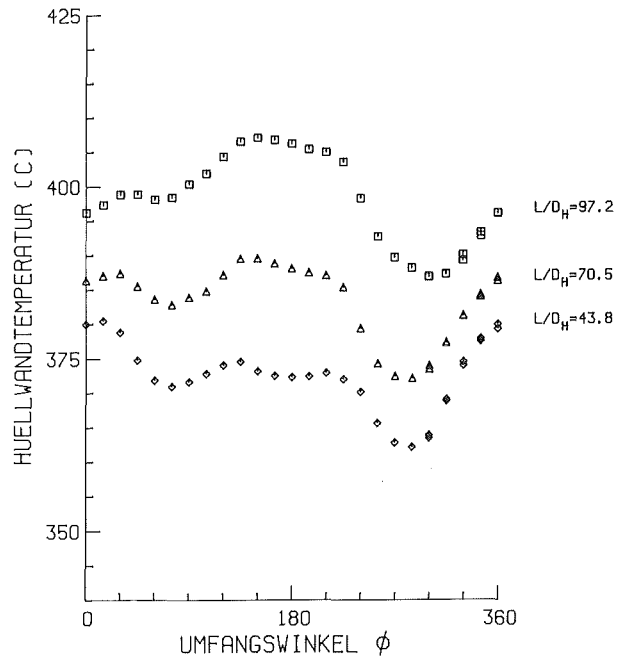
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69941       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.638       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM\*\*2) = 79.1       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 316.6  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = -720      W 4543 APL-B

ABB. 293 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



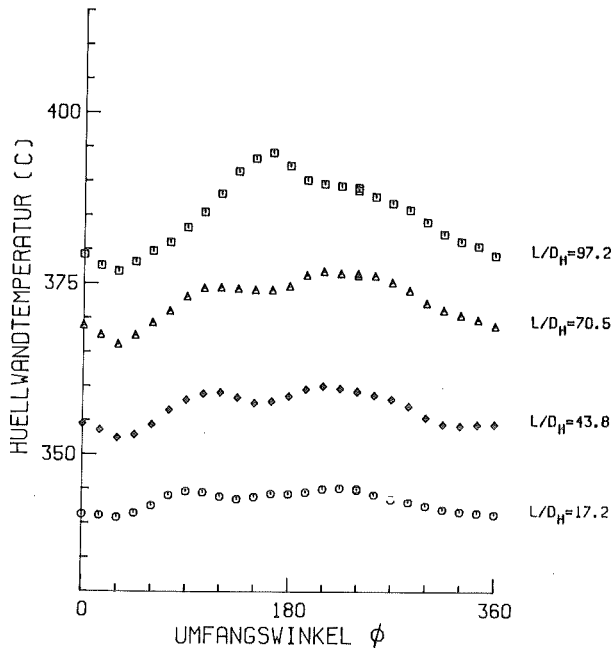
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69941       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.638       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM\*\*2) = 86.7       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 316.6  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = -720      E 4543 APL-A

ABB. 294 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



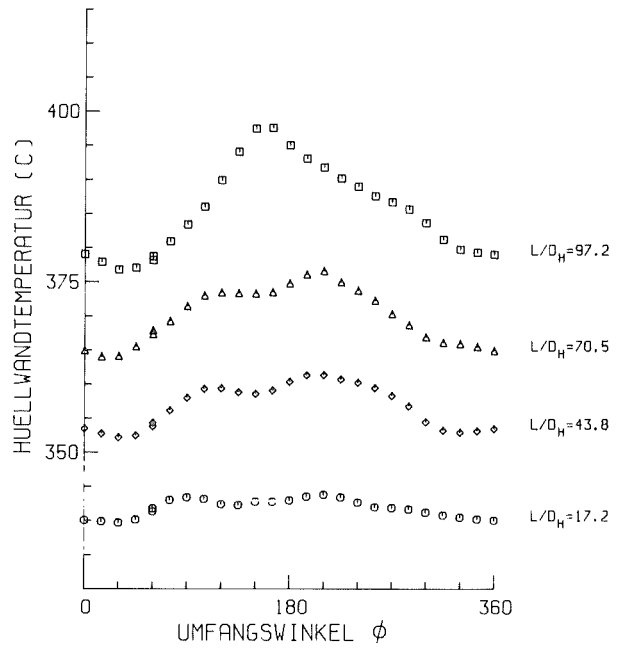
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 69941       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 359       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.638       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG (W/CM\*\*2) = 86.7       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTS-TEMPERATUR (C) = 316.6  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = -720      E 4543 APL-B

ABB. 295 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



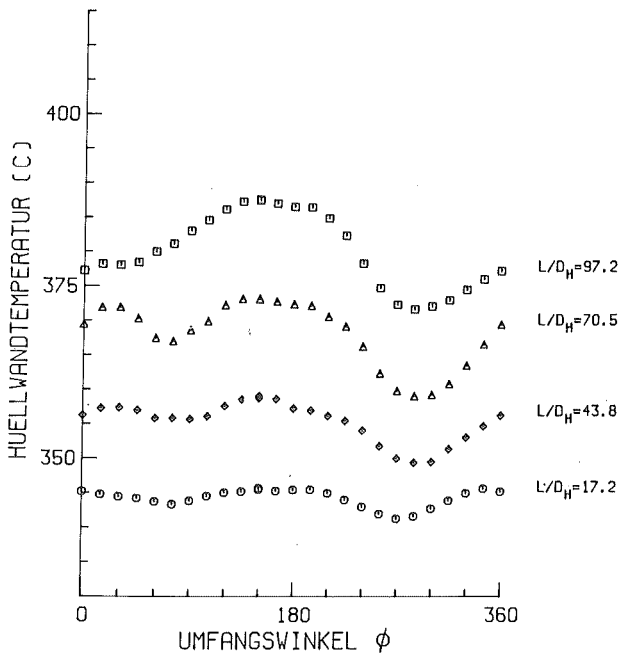
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67107      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.577      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.3      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 315.0  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720     W 3117 APL-A

ABB. 296 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



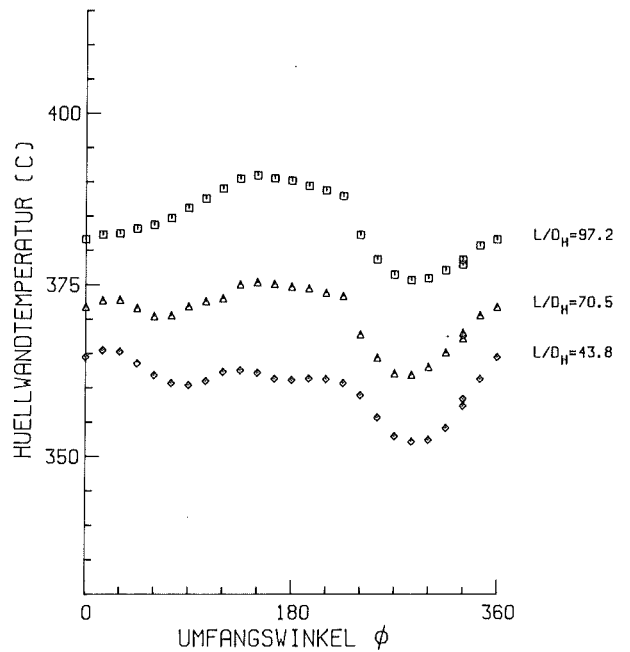
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67107      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.577      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 64.3      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 315.0  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720     W 3117 APL-B

ABB. 297 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



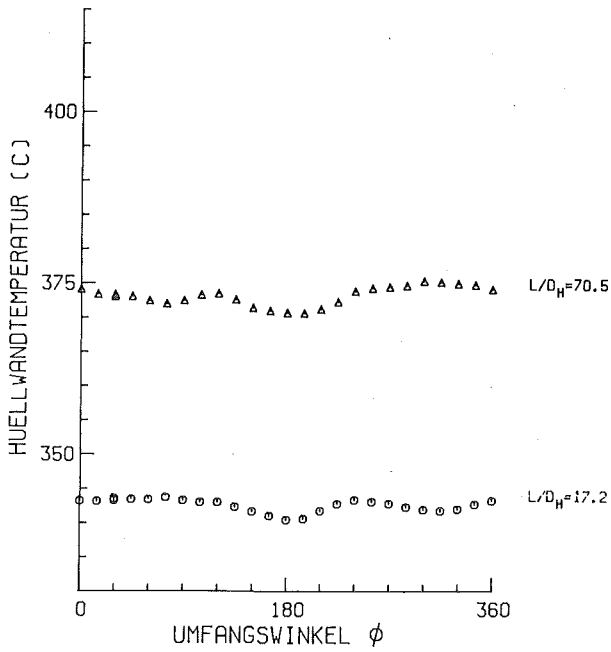
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67107      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.577      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.5      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 315.0  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720     E 3117 APL-A

ABB. 298 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



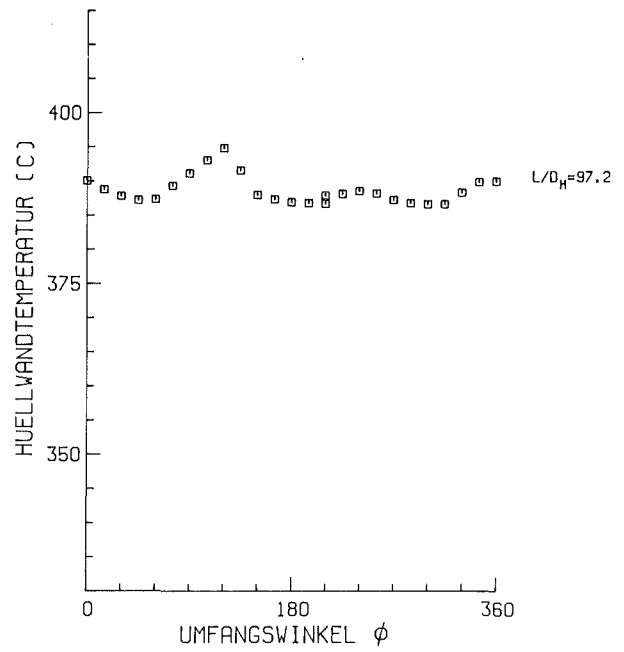
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67107      $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 351      $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.577      $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 70.5      $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 315.0  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 720     E 3117 APL-B

ABB. 299 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



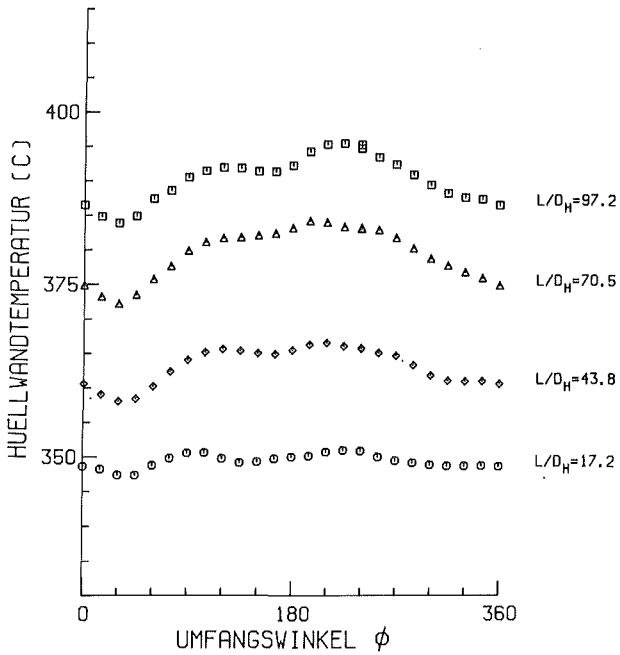
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67107	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 351	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.577	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 69.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 315.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 720	Z 3117 APL-A

ABB. 300 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



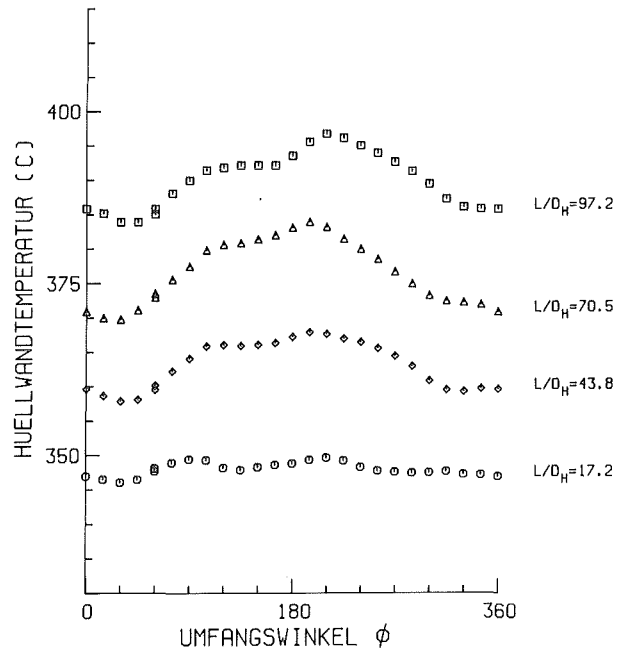
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67107	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 351	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.577	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 69.0	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 315.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = 720	Z 3117 APL-B

ABB. 301 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



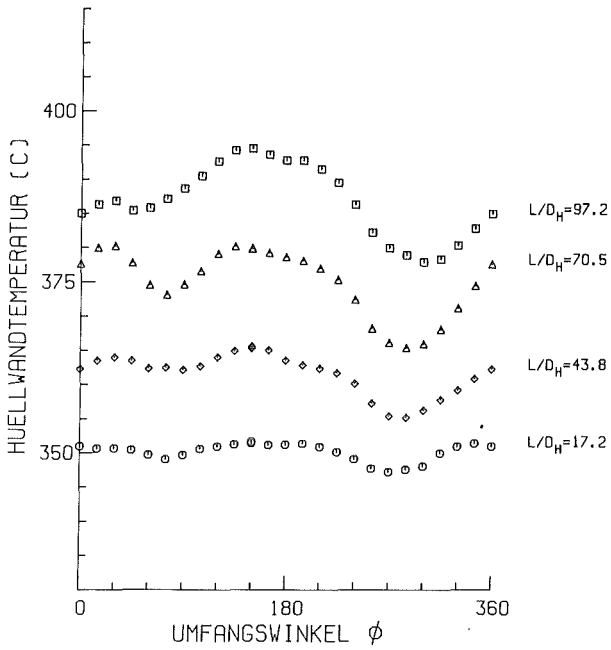
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67869	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 352	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.566	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 65.5	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = -720	W 3178 APL-A

ABB. 302 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



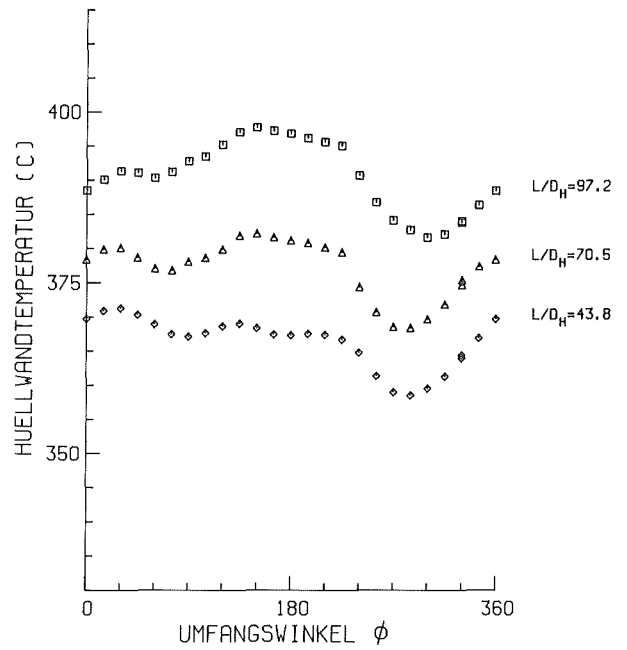
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67869	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 352	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.566	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 65.5	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = -720	W 3178 APL-B

ABB. 303 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



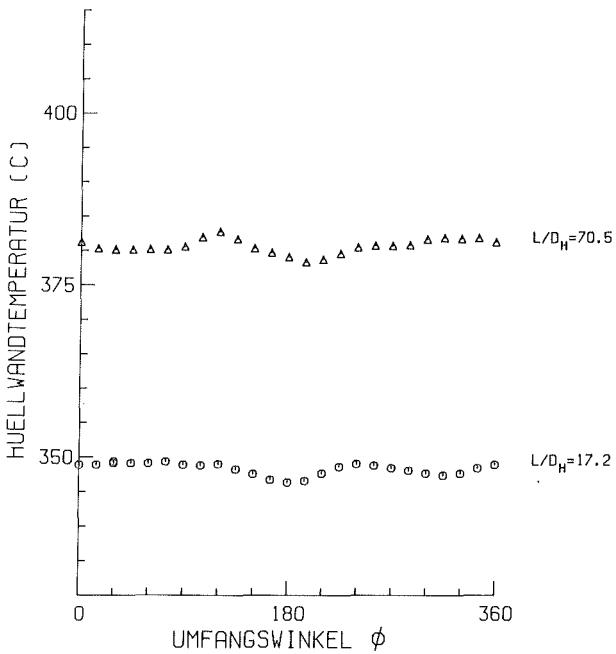
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67869	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 352	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.566	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 71.7	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = -720	E 3178 APL-A

ABB. 304 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



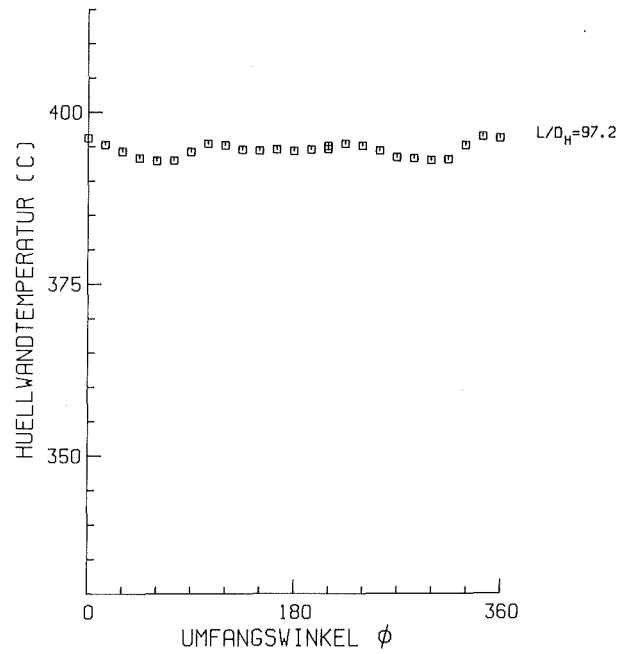
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67869	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 352	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.566	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 71.7	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = -720	E 3178 APL-B

ABB. 305 TEMPERATURVARIATION AM ECKSTAB 11



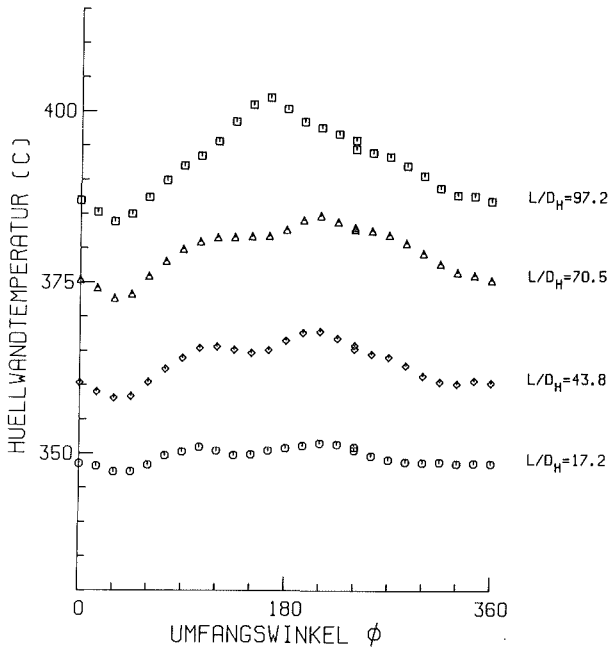
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67869	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 352	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.566	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 70.2	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = -720	Z 3178 APL-A

ABB. 306 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



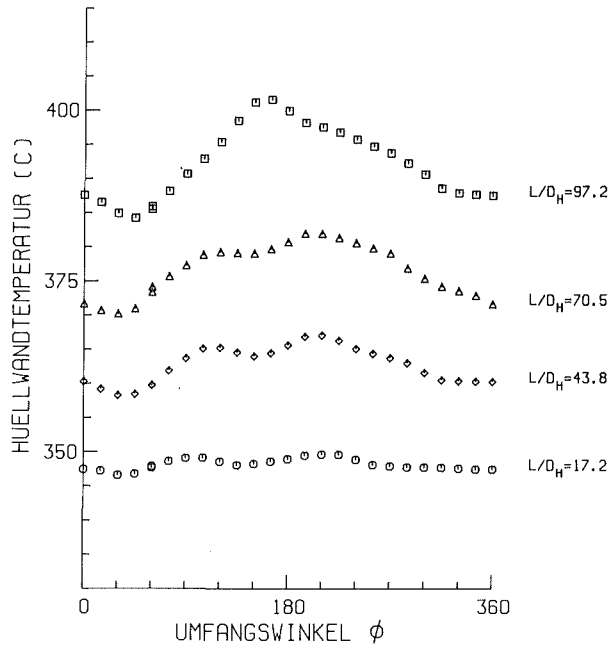
MITTLERE RE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 67869	D = 9.00 MM
MITTLERE PE-ZAHL (L/D <sub>H</sub> =97.2) = 352	D <sub>H</sub> = 6.75 MM
MASSENSTROM (KG/S) = 3.566	P/D = 1.30
STABLEISTUNG (W/CM <sup>2</sup> ) = 70.2	W/R = 1.38
EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.0	
GITTERSTELLUNG = 0	
BIEGESTABSTELLUNG = -720	Z 3178 APL-B

ABB. 307 TEMPERATURVARIATION AM ZENTRALSTAB 3



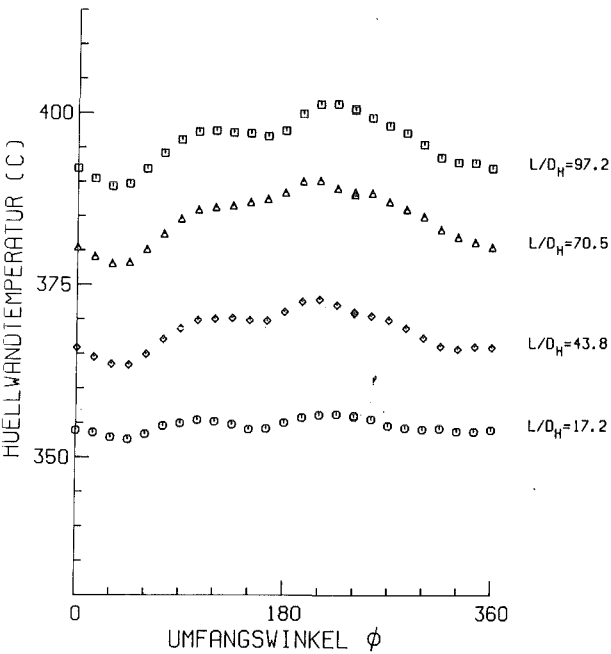
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67835       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.578       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.3  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 600      V 3228 APL-A

ABB. 308 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



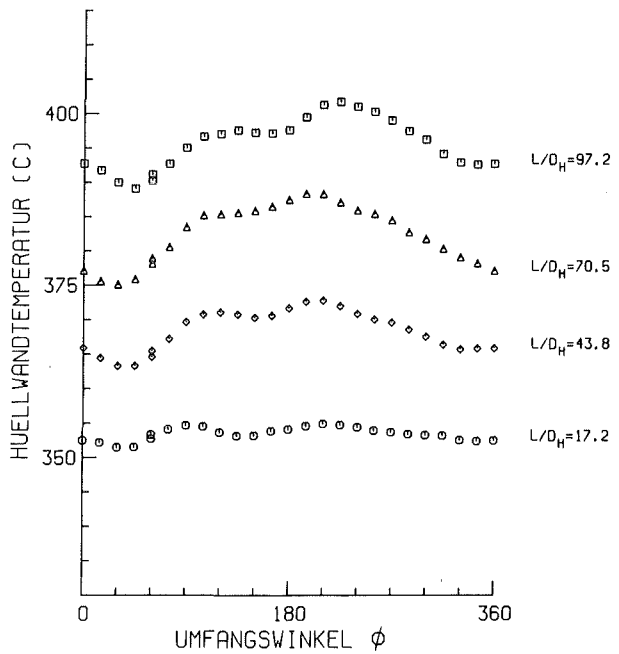
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 67835       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 352       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.578       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 65.6       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 320.3  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = 600      V 3228 APL-B

ABB. 309 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



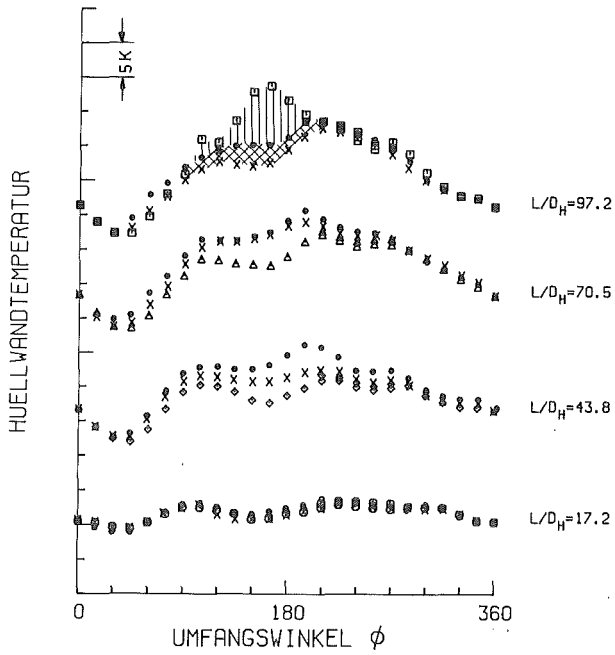
MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68765       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.593       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 66.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.1  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = -600      V 3203 APL-A

ABB. 310 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12

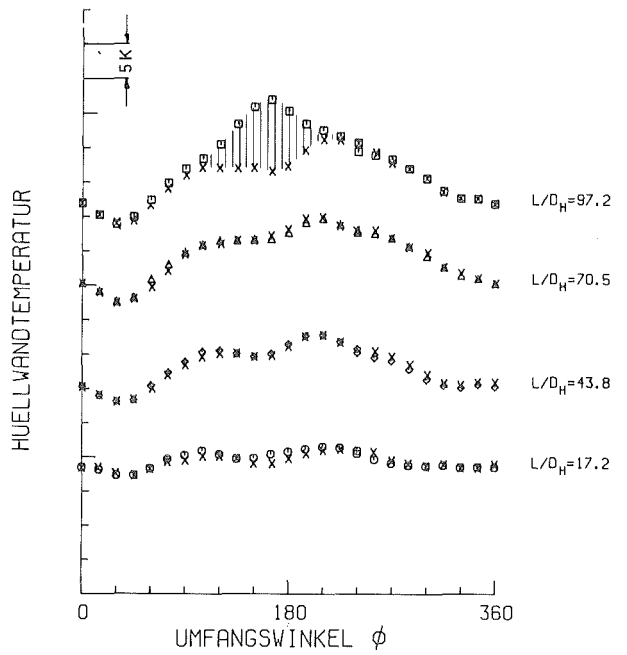


MITTLERE RE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 68765       $D = 9.00$  MM  
 MITTLERE PE-ZAHL ( $L/D_H=97.2$ ) = 353       $D_H = 6.75$  MM  
 MASSENSTROM (KG/S) = 3.593       $P/D = 1.30$   
 STABLEISTUNG ( $W/CM^2$ ) = 66.5       $W/R = 1.38$   
 EINTRITTSTEMPERATUR (C) = 325.1  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 BIEGESTABSTELLUNG = -600      V 3203 APL-B

ABB. 311 TEMPERATURVARIATION AM WANDSTAB 12



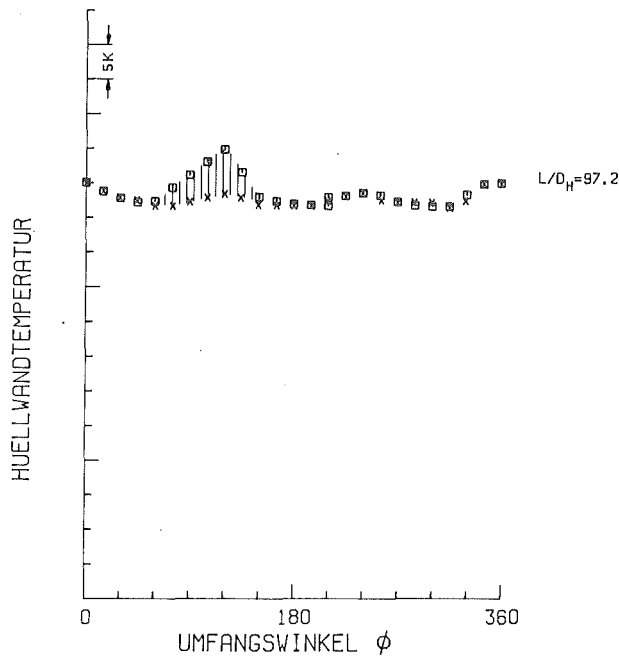
BIEGESTABSTELLUNG = 0, SYMBOL • (S.ABB.288)  
 BIEGESTABSTELLUNG = -720, SYMBOL x (S.ABB.212)  
 BIEGESTABSTELLUNG = +720, SYMBOLE ◊ ◊ Δ ◻ (S.ABB.284)  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 $\bar{P}_e \approx 360$ ,  $q \approx 81 \text{ W/CM}^2$



BIEGESTABSTELLUNG = -600, SYMBOL x (S.ABB.310)  
 BIEGESTABSTELLUNG = +600, SYMBOLE ◊ ◊ Δ ◻ (S.ABB.308)  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 $\bar{P}_e \approx 350$ ,  $q = 60 \text{ W/CM}^2$

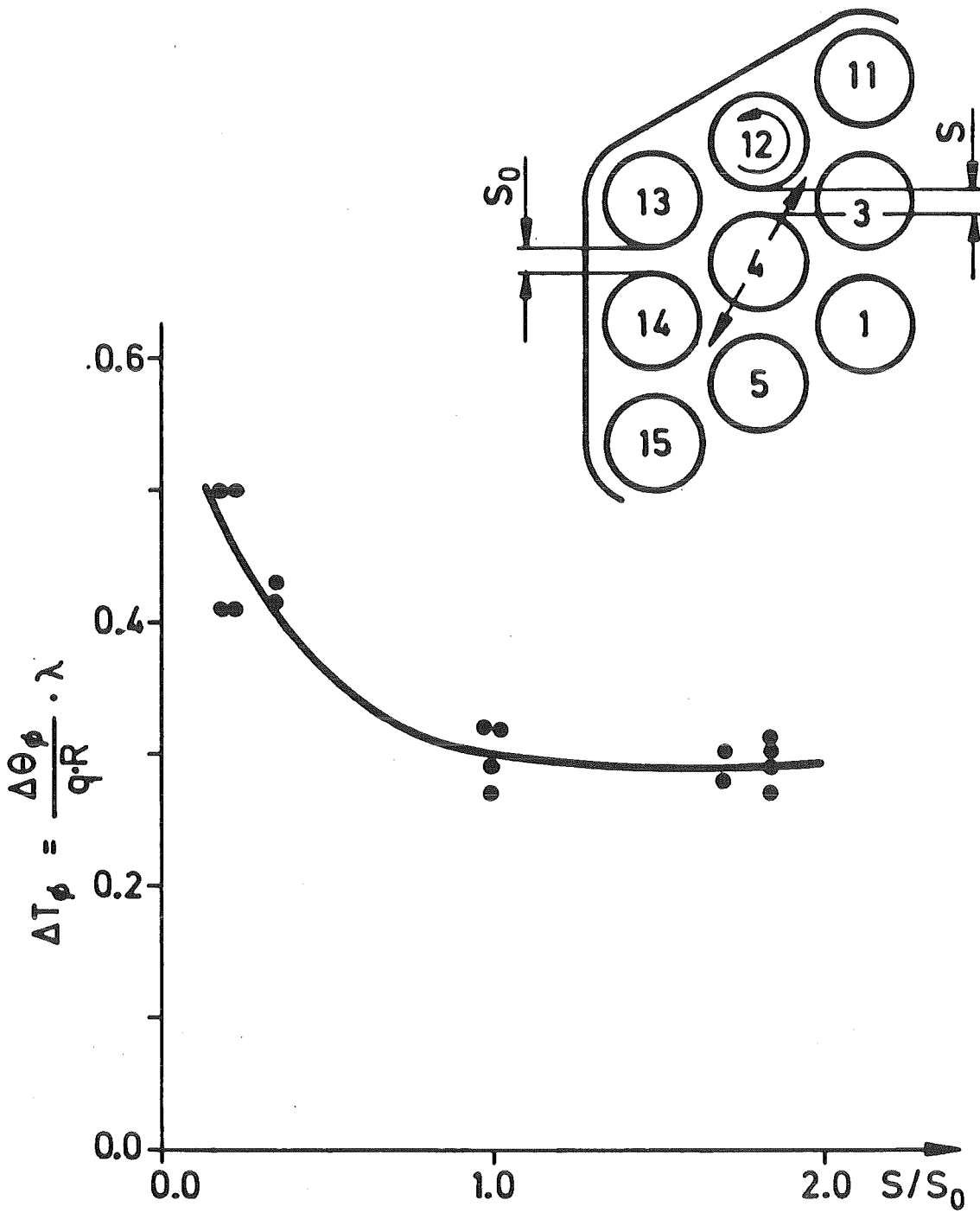
ABB. 312 EINFLUSS DER BIEGESTABSTELLUNG AUF DIE TEMPERATUREN DES WANDSTABES 12

ABB. 313 EINFLUSS DER BIEGESTABSTELLUNG AUF DIE TEMPERATUREN DES WANDSTABES 12



BIEGESTABSTELLUNG = 0, SYMBOL x (S.ABB.139)  
 BIEGESTABSTELLUNG = +720, SYMBOL ◻ (S.ABB.301)  
 GITTERSTELLUNG = 0  
 $\bar{P}_e \approx 350$ ,  $q \approx 70 \text{ W/CM}^2$

ABB. 314 EINFLUSS DER BIEGESTABSTELLUNG AUF DIE TEMPERATUREN DES ZENTRALSTABES 3



$\overline{Pe} \approx 360$  ,  $L/D_H = 97.2$

ABB. 315 MAX. AZIMUTALE TEMPERATURDIFF.  
AM WANDSTAB 12 FÜR VERSCHIEDENE  
BIEGESTELLUNGEN VON STAB 4



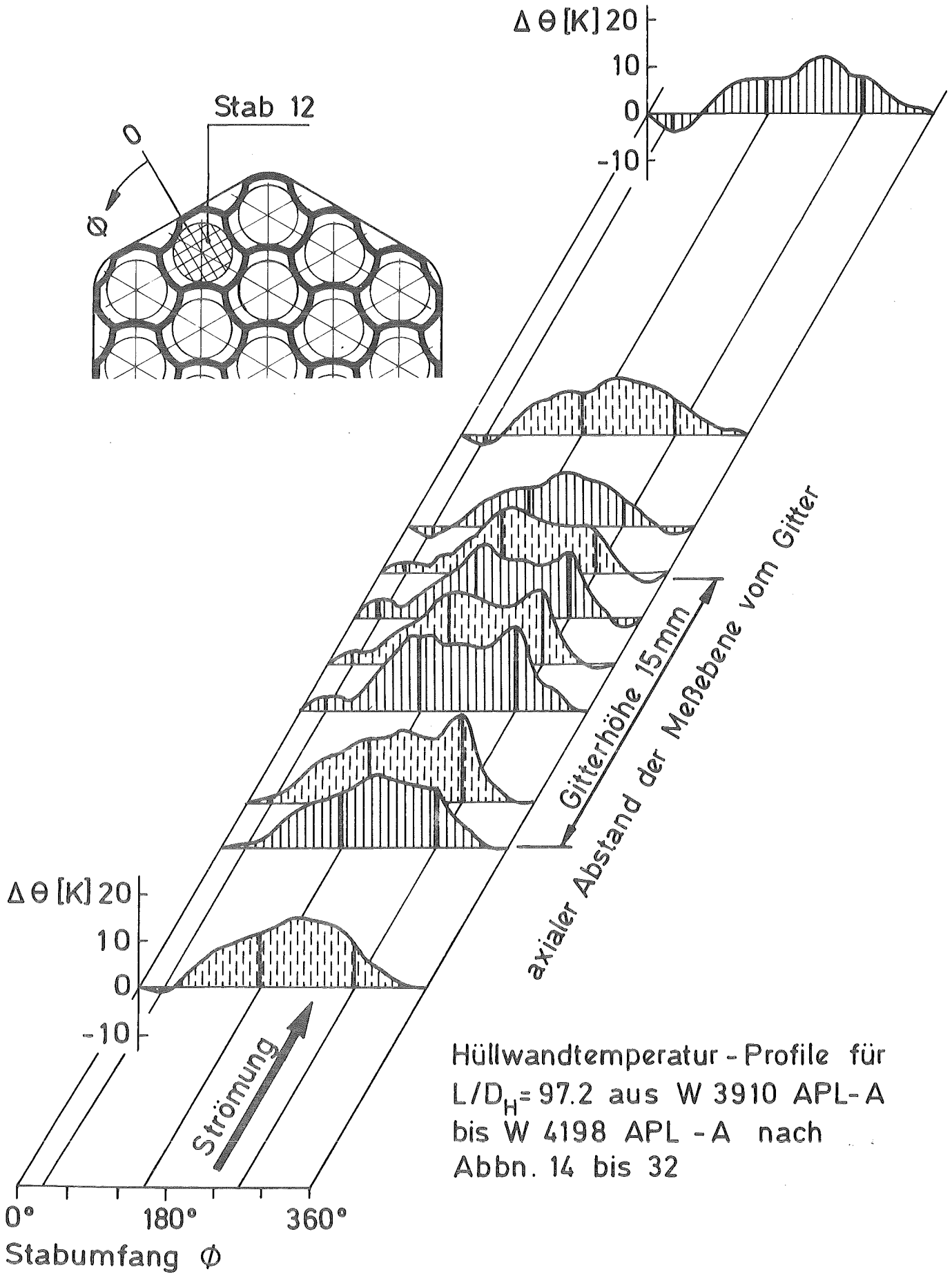


ABB.316 EINFLUSS DES GITTER - AH4 AUF DIE HÜLLWANDTEMPERATUR DES WANDSTABES 12

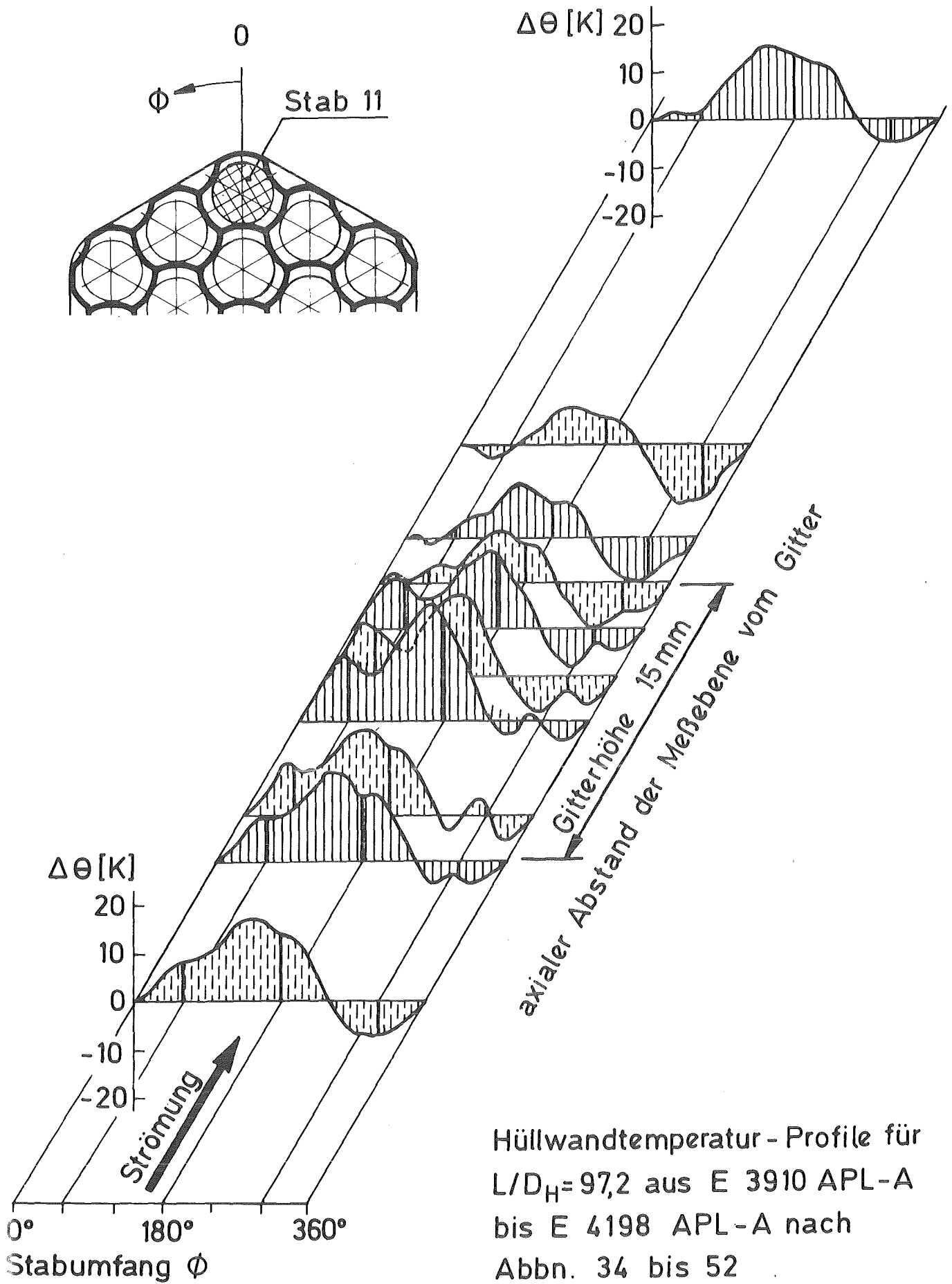


ABB.317 EINFLUSS DES GITTER-AH 4 AUF DIE HÜLLWANDTEMPERATUR DES ECKSTABES 11

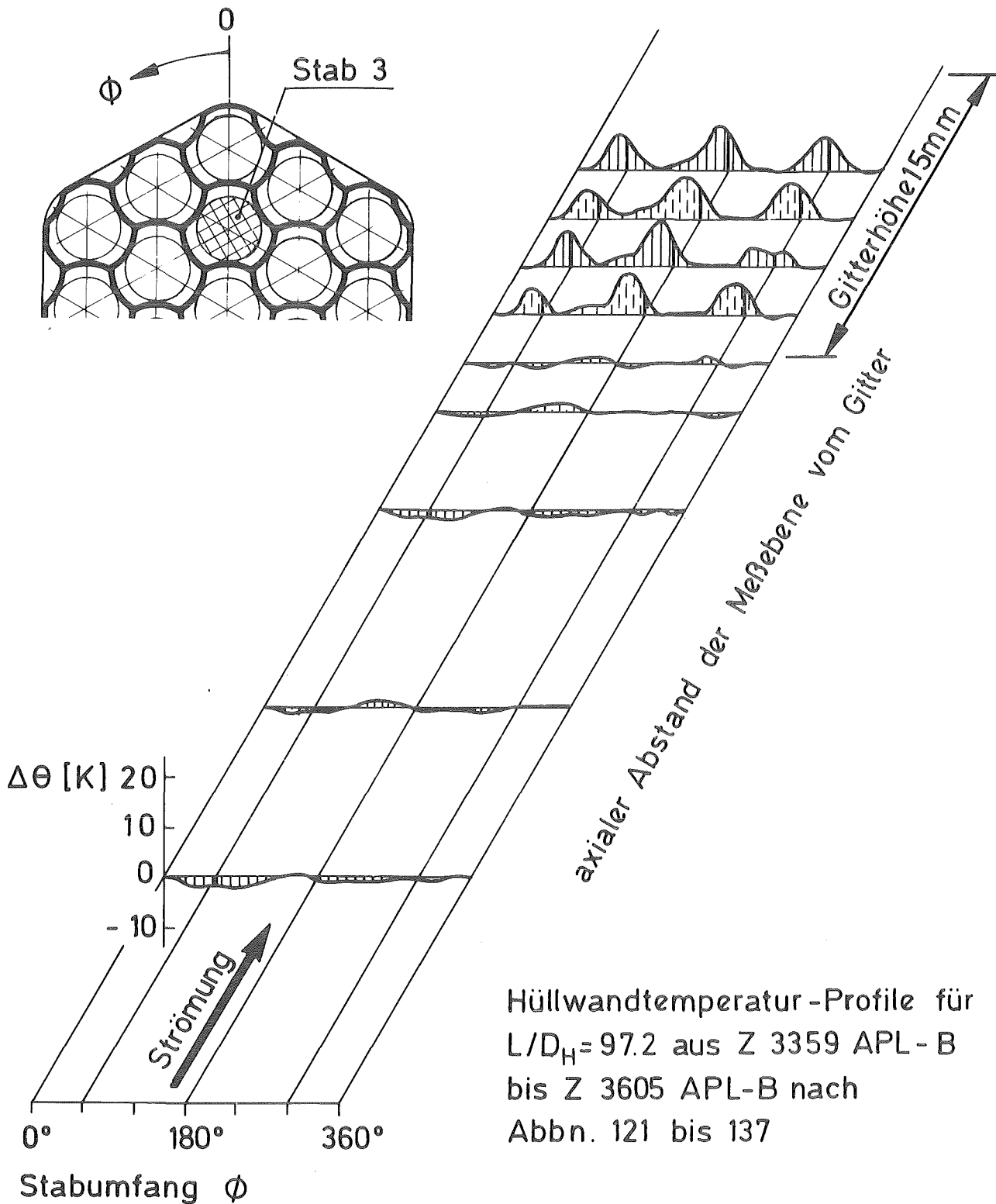


ABB. 318 EINFLUSS DES GITTER-AH4 AUF DIE HÜLLWANDTEMPERATUR DES ZENTRALSTABES 3

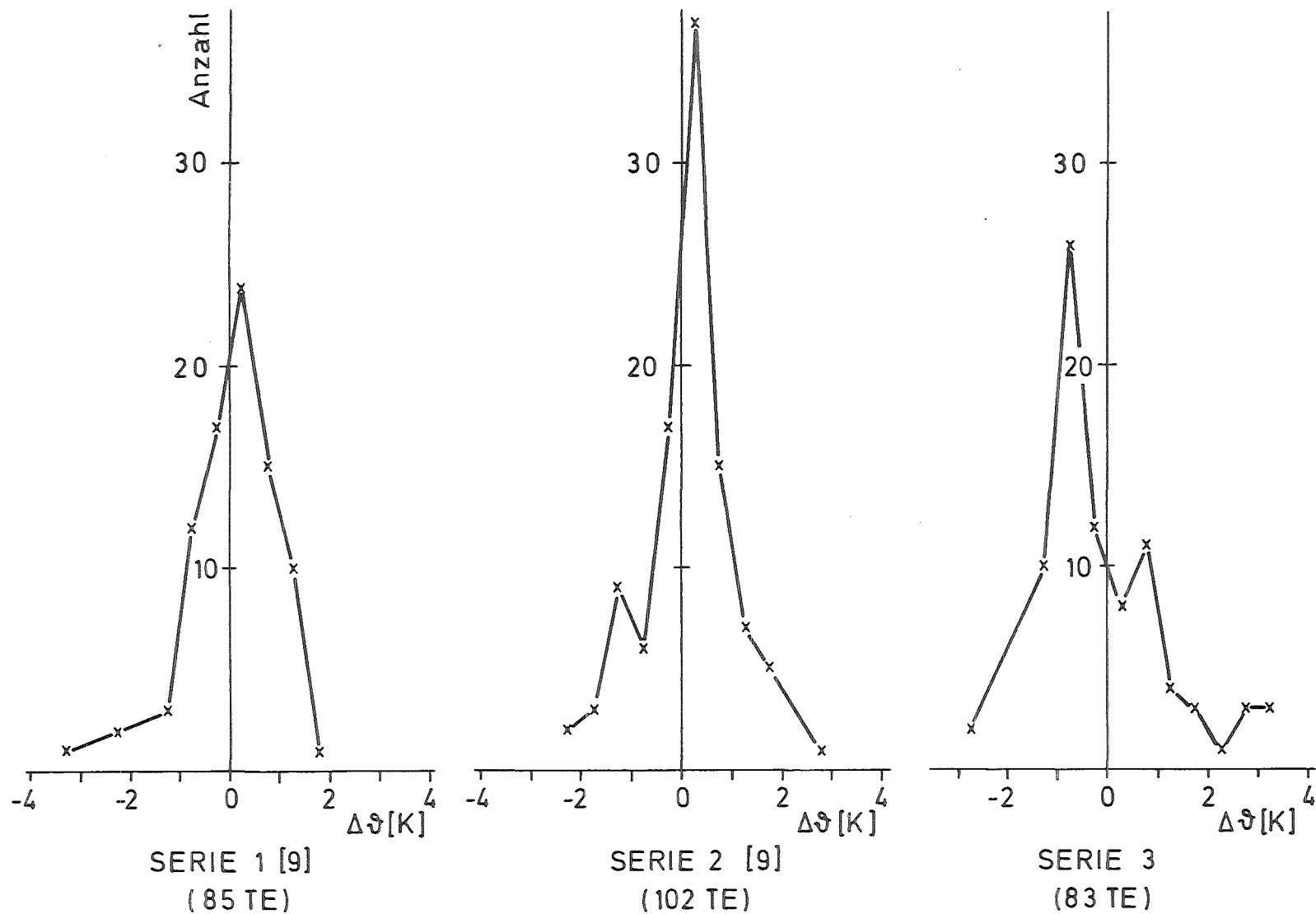


ABB. A1 ABWEICHUNG DER EINZELNEN TE-SIGNALE VOM SUMMENMITTELWERT BEI DEN VERSUCHSSERIEN 1, 2 UND 3 (TEMPERATURNIVEAU 250° C)