

KfK 4491
Februar 1989

**TEGENA: Detaillierte
experimentelle Untersuchungen
der Temperatur- und
Geschwindigkeitsverteilungen in
Stabbündel-Geometrien mit
turbulenter Natriumströmung**

R. Möller
Institut für Reaktorbauelemente
Projekt Schneller Brüter

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
INSTITUT FÜR REAKTORBAUELEMENTE
PROJEKT SCHNELLER BRÜTER

KfK 4491

**TEGENA: Detaillierte experimentelle Untersuchungen der Temperatur- und
Geschwindigkeitsverteilungen in Stabbündel-Geometrien mit turbulenter
Natriumströmung**

R. Möller

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

KURZFASSUNG

Für die Auslegung von Brennelementen (längsdurchströmte Stabbündel) ist die genaue Kenntnis der Geschwindigkeits- und Temperaturverteilungen notwendig. Die zur Feinanalyse von ungleichmäßig gekühlten Bündelzonen erforderlichen Detail-Codes befinden sich in der Entwicklung. Zur Verifikation solcher Rechenprogramme wurden in einem beheizten, reihenförmigen 4-Stabbündel TEGENA ($P/D = W/D = 1.147$) mit Natriumkühlung ($Pr \approx 0.005$) mittlere Fluidtemperaturen und die zugehörigen RMS-Werte der Temperaturfluktuationen gemessen. Die Temperaturverteilung in den Strukturen wurde als notwendige Randbedingung für die Temperaturprofile im Fluid ermittelt. Die Experimente wurden mit unterschiedlicher Beheizung (Gleichlast und Schiefast) durchgeführt, die Strömungszustände wurden in den Bereichen $4000 \leq Re \leq 76000$, $20 \leq Pe \leq 400$ variiert.

Die wesentlichen thermischen Einlaufvorgänge erfolgen bei Gleichlast innerhalb einer beheizten Bündellänge von rund 100 hydraulischen Durchmessern. In der Hauptmeßebeine am Ende der beheizten Zone nach 200 hydraulischen Durchmessern kann die Strömung als weitgehend thermisch eingelaufen bezeichnet werden. Die gemessenen Temperaturprofile im Fluid zeigen hier ausgeprägte Maxima in den engsten Spalten der Unterkanäle und ausgeprägte Minima in den Unterkanalmitten an der unbeheizten Wand. In Bereichen mit den größten Temperaturgradienten erreichen die Temperaturfluktuationen jeweils Maximalwerte und Minimalwerte dort, wo die Temperaturgradienten verschwinden. Bei allen untersuchten Schiefastfällen ist die Strömung am Ende der beheizten Zone thermisch nicht eingelaufen.

Durch Kontrolle sämtlicher Thermoelemente in regelmäßigen isothermen Versuchen, durch redundante Anordnung der beweglichen Meßsonden-Thermoelemente und durch den Nachweis reproduzierbarer Meßergebnisse konnten die Experimente gut abgesichert werden. Parallel zu den Temperaturmessungen wurden Laufzeitmessungen zur Ermittlung der Geschwindigkeitsverteilungen durchgeführt; hierzu ist die Auswertung noch nicht abgeschlossen.

TEGENA: Detailed Experimental Investigations of Temperature and Velocity Distributions in Rod Bundle Geometries with Turbulent Sodium Flow

ABSTRACT

Precise knowledge of the velocity and temperature distributions is necessary in fuel element design (rod bundles with longitudinal flow). The detail codes required in the fine analysis of non-uniformly cooled bundle zones are presently at the stage of development. In order to verify these computer codes, the mean fluid temperatures and the related RMS values of the temperature fluctuations were measured in a heated bundle TEGENA, containing 4 rods arranged in one row ($P/D = W/D = 1.147$) with sodium cooling ($Pr \approx 0.005$). The temperature distribution in the structures was determined as the necessary boundary condition for the temperature profiles in the fluid. The experiments were carried out with different types of heating (uniform load and load tilting) and the flow conditions were varied in the range from $4000 \leq Re \leq 76.000$, $20 \leq Pe \leq 400$.

The essential process of thermal development took place under uniform load within a heated bundle length of about 100 hydraulic diameters. In the main measuring plane at the end of the heated zone, after 200 hydraulic diameters, the flow can be termed largely developed thermally. There, the temperature profiles measured in the fluid exhibit pronounced maxima in the narrowest gaps of the subchannels as well as pronounced minima in the centers of the subchannels at the unheated wall. In the zones of maximum temperature gradients the temperature fluctuations attain maximum and minimum values, respectively, at the points of disappearance of the temperature gradients. In all cases of load tilting investigated the flow at the end of the heated zone had not yet developed thermally.

By inspection of all thermocouples in isothermal experiments performed at regular intervals, by redundant arrangement of the mobile probe thermocouples and by demonstration of the reproducibility of results of measurement the experiments have been validated satisfactorily. Parallel to the temperature measurements the transit times were measured in order to determine the velocity distributions; the evaluation has not yet been terminated.

INHALT	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Ziel dieser Arbeit	2
1.3 Lösungsweg	3
2. VERSUCHSPROGRAMM	4
3. TESTSTRECKE	5
3.1 Geometrie	5
3.2 Instrumentierung	6
3.2.1 Temperatur-Meßsonden	6
3.2.2 Geschwindigkeits-Meßsonden	8
3.2.3 Wand-Thermoelemente	9
3.2.4 Referenz-Thermometer	9
3.2.5 Eintrittstemperatur (Fluid/Wand)	10
3.2.6 Temperatur-Vergleichsstelle	10
3.2.7 Leistung der Heizstäbe	11
3.2.8 Volumenstrom	11
3.2.9 Datenerfassungssystem	11
3.2.10 Sicherheitssystem	13
4. GESCHWINDIGKEITSMESSUNGEN IM RECHTECKKANAL	14
4.1 Strömungsverteilung in der Einlaufstrecke	14
4.2 Natriumgeschwindigkeiten im Rechteckkanal	15
5. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND MESSWERTVERARBEITUNG	17
6. VERSUCHSERGEBNISSE	19
6.1 Allgemeines	19
6.2 Isotherme Versuche	19
6.2.1 Isotherme Versuche - Wandtemperaturen	19
6.2.2 Isotherme Versuche - Fluidtemperaturen	21
6.3 Wandtemperaturverteilungen bei Gleichlast	24
6.4 Fluidtemperatur- und RMS-Profile bei Gleichlast	28
6.4.1 TEGENA 1, Profile auf X/Y-Traversen, Gleichlast	28
6.4.2 TEGENA 2, Profile auf X/Y-Traversen, Gleichlast	30

6.5	Wandtemperaturverteilung bei Schiefkast	35
6.6	Fluidtemperatur- und RMS-Profile bei Schiefkast	37
6.6.1	TEGENA 1, Profile auf X/Y-Traversen, Stab H4 beheizt	37
6.6.2	TEGENA 1, Profile auf Radial-Traversen, Stab H4 beheizt	39
6.6.3	TEGENA 1, Azimutale Profile, Stab H4 beheizt	39
6.6.4	TEGENA 2, Profile auf X-Traversen, 2/3/4 Stäbe beheizt	40
6.7	Zweidimensionale Felder der Fluidtemperaturen und Temperaturfluktuationen in Wandkanälen, TEGENA 2	42
7.	BESCHREIBUNG DER BÜNDELGEOMETRIE	44
8.	MESSGENAUIGKEITEN	45
9.	ANWENDUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE	46
10.	ZUSAMMENFASSUNG	47
11.	DANKSAGUNG	49
12.	NOMENKLATUR	50
13.	REFERENZEN	52
	Tabellen 1-6	56-60
	Abbildungen 1-78	61-108
ANHANG		
A1	VERSUCHSEINRICHTUNG	109-114
A2	VORVERSUCHE	115-116
	Abbildungen	117-121
	Tabellen	122-180

VERZEICHNIS DER TABELLEN

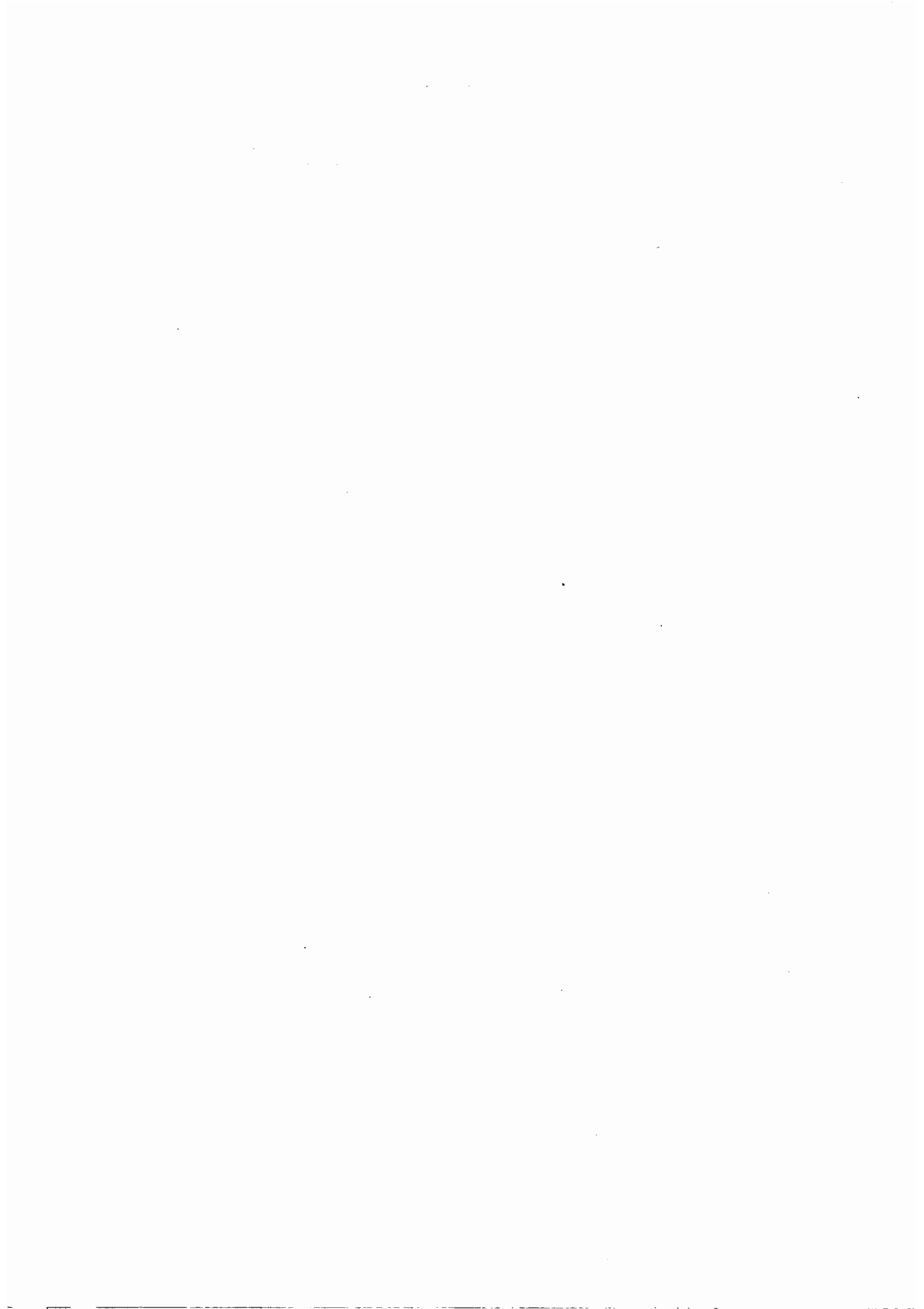
- TAB. 1 Technical data of the TEGENA test section.
 TAB. 2 Linear equations used for correction of probe thermocouple signals
 TAB. 3 Wall temperatures at different Re-numbers
 TEGENA 1, main parameters
 TAB. 4 Wall temperatures at different Re-numbers,
 TEGENA 2, main parameters
 TAB. 5 Fluid temperature- and RMS-profiles, main parameters of retests
 TAB. 6 Wall temperatures with different heating,
 TEGENA 1/2, main parameters

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

- FIG. 1 TEGENA - test section
 FIG. 2 Photos of the TEGENA-test section
 FIG. 3 TEGENA 1, temperature measuring probes and measuring cross section
 FIG. 4 TEGENA 2, temperature measuring probes and measuring cross section
 FIG. 5 Photos of the measuring probes
 FIG. 6 Permanent magnetic velocity probe
 FIG. 7 Cross sections for wall temperature measurement
 FIG. 8 Pitot probe measurements in water flow, X-traverses
 FIG. 9 Pitot probe measurements in water flow, Y-traverses
 FIG. 10 Measuring fields of the velocity probes
 FIG. 11 Sodium velocity profiles on central X-traverses
 FIG. 12 Sodium velocity profiles on different X-traverses
 FIG. 13 Sodium velocity profiles on different Y-traverses
 FIG. 14 Isothermal experiment at 300 °C, wall temperatures
 FIG. 15 Isothermal experiment at 300 °C, different Re-numbers
 FIG. 16 Isothermal experiment at 300 °C, 350 and 400 °C, $UB = 0.5$ m/s
 FIG. 17 Isothermal experiment at 300 °C, $UB = 0.5/1/2/4$ m/s
 FIG. 18 Isothermal measurements, deviations of temperature probe sensors
 FIG. 19 Wall temperatures with uniform load (TEGENA 1)
 FIG. 20-22 Wall temperature differences versus heated length (TEGENA 1)
 FIG. 23 Wall temperatures with uniform load (TEGENA 2)
 FIG. 24 Thermal development of the flow, central wall region (TEGENA 2)

- FIG. 25 Thermal development of the flow, wall/corner region (TEGENA 2)
- FIG. 26 Norm. local temperature differences versus Re-number (TEGENA 2)
- FIG. 27 Fluid temperatures, Y-traverses, DIR A (TEGENA 1)
- FIG. 28 Fluid temperatures, Y-traverses, DIR B (TEGENA 1)
- FIG. 29 Fluid temperatures, X-traverses, DIR A (TEGENA 1)
- FIG. 30 Fluid temperatures, X-traverses, DIR B (TEGENA 1)
- FIG. 31-34 Fluid temperatures and temperature fluctuations on Y-traverses (TEGENA 1)
- FIG. 31: Probe P1, DIR A
- FIG. 32: Probe P1, DIR B
- FIG. 33: Probe P2, DIR A
- FIG. 34: Probe P2, DIR B
- FIG. 35-36 Fluid temperatures and temperature fluctuations on X-traverses (TEGENA 2)
- FIG. 35: Probe P1
- FIG. 36: Probe P2
- FIG. 37-40 Fluid temperatures and temperature fluctuations at small Reynolds numbers (TEGENA 2)
- FIG. 37: Y-traverse, probe P1, Re = 16300
- FIG. 38: Y-traverse, probe P2, Re = 16300
- FIG. 39: X-traverse, probe P1, Re = 16000
- FIG. 40: X-traverse, probe P2, Re = 16000
- FIG. 41 Fluid temperatures and temperature fluctuations on Y-traverses at different Reynolds numbers (TEGENA 2)
- FIG. 42-45 Fluid temperatures and temperature fluctuations on X-traverses from three different experiments (TEGENA 2)
- FIG. 42: Probe P1, thermocouple TC12
- FIG. 43: Probe P1, thermocouple TC13
- FIG. 44: Probe P2, thermocouple TC22
- FIG. 45: Probe P2, thermocouple TC23
- FIG. 46-49 Wall temperatures with different heating (TEGENA 1)
- FIG. 46: rods H1 and H4 heated, Re = 61000
- FIG. 47: rod H1 heated, Re = 61000
- FIG. 48: rod H1 heated, Re = 30000
- FIG. 49: rod H1 heated, Re = 15000

- FIG. 50-53 Wall temperatures with different heating, (TEGENA 2)
 FIG. 50: reference experiment, all rods heated, $Re = 32000$
 FIG. 51: rods H1, H3, H4 heated, $Re = 33000$
 FIG. 52: rods H1, H4 heated, $Re = 33000$
 FIG. 53: rods H2, H3 heated, $Re = 33000$
- FIG. 54-59 Fluid temperature and RMS-profiles, one rod heated, (TEGENA 1)
 $Re \approx 30000$, X/Y-traverses
 FIG. 54: Y-traverses between rod H3 and rod H4
 FIG. 55: Y-traverses between rod H4 and short wall
 FIG. 56: Y-traverses in the small gap and long wall
 FIG. 57: X-traverses between rods and long wall
 FIG. 58: X-traverses between rod H3 and rod H4
 FIG. 59: X-traverses between rod H4 and short wall
- FIG. 60-63 Fluid temperature- and RMS-profiles, one rod heated, TEGENA 1,
 $Re \approx 30000$, radial traverses
 FIG. 60: radial traverses, wall channel, DIR A
 FIG. 61: radial traverses, wall channel, DIR B
 FIG. 62: radial traverses, corner channel, DIR A
 FIG. 63: radial traverses, corner channel, DIR B
- FIG. 64-66 Fluid temperature- and RMS-profiles, one rod heated, TEGENA 1,
 $Re \approx 30000$, profiles on circular curves
 FIG. 64: circular curve, wall and corner channel, $R = 13.0$ mm
 FIG. 65: circular curve, wall and corner channel, $R = 13.5$ mm
 FIG. 66: circular curve, wall and corner channel, $R = 13.0/13.5$ mm
- FIG. 67-70 TEGENA 2, profiles on X-traverses, different heating
 Fig. 67: all rods heated, $Re = 32000$
 Fig. 68: rods H1, H3, H4 heated, $Re = 33000$
 Fig. 69: rods H1, H4 heated, $Re = 33000$
 Fig. 70: rods H2, H3 heated, $Re = 33000$
- FIG. 71 Indication of subchannels for 2D-measurements
 FIG. 72 2D-fields of fluid temperatures and RMS-values, TC11
 FIG. 73 2D-fields of fluid temperatures and RMS-values, TC21
 FIG. 74 Isotherms in the subchannel SC5, TC11
 FIG. 75 Isotherms in the subchannel SC6, TC21
 FIG. 76 Lines of constant RMS-values, SC5, RMS11
 FIG. 77 Lines of constant RMS-values, SC6, RMS21
 FIG. 78 Calculated subchannel temperatures at eccentric bundle positions



1. EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

Für die Festigkeitsanalyse von Brennelementen (längsdurchströmte Stabbündel) ist die genaue Temperaturverteilung in den verschiedenen Bauelementen (Hüllrohre, Bündelkasten, Abstandshalter) erforderlich. Die thermohydraulische Berechnung solcher Stabbündel erfolgt in der Regel mit Hilfe der Unterkanal-Analyse (subchannel analysis). Dabei werden jedem Unterkanal des Bündels Mittelwerte von Geschwindigkeit und Temperatur zugeordnet, wobei der Massen- und Energieaustausch zwischen den Unterkanälen durch globale Austauschkoefizienten beschrieben wird. Die Grenzen dieser globalen Berechnungsmethode werden bei größeren Geometrieunterschieden zwischen den Bündelunterkanälen sehr schnell deutlich. Solche Geometrieunterschiede liegen im Randbereich des Stabbündels, sie treten bei betriebsbedingten Verbiegungen der Bauelemente auf und schließlich bewirken Abstandshalter örtliche Umverteilungen der Strömung mit entsprechenden Auswirkungen auf die Temperaturverteilungen. Diese Problematik und die besonderen Bedingungen bei Flüssigmetallkühlung wurden u.a. behandelt im Zusammenhang mit den experimentellen Untersuchungen eines beheizten 19-Stabbündels mit Natriumkühlung. Wesentliche Ergebnisse davon sind in /1,2,3,4/ dargestellt. Es zeigte sich auch hier, daß die komplizierten thermohydraulischen Verhältnisse in einer Stabbündelgeometrie mit der Unterkanalanalyse nicht ausreichend genau beschrieben werden können.

Deshalb wurden an verschiedenen Stellen Rechenprogramme entwickelt, die eine detailliertere Berechnung der Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung der turbulenten Strömung durch Stabbündel ermöglichen (Feinanalyse). Nachrechnungen der oben erwähnten 19-Stabbündel Experimente mit solchen Detail-Codes sind in /5/ und /6/ beschrieben. Diese ersten Versuche zur Beschreibung der detaillierten Temperaturverteilungen in Stabbündeln zeigten zum Teil deutliche Abweichungen von den experimentellen Ergebnissen. Hierfür gibt es verschiedene Erklärungen:

- a) Die Modelle beschreiben die Physik der turbulenten Strömung in Stabbündeln nur unzureichend.
- b) Die in den Modellen verwendeten Kenngrößen zur Beschreibung der turbulenten Stabbündelströmung sind nicht bekannt.
- c) Die im Experiment existierenden Unsicherheiten können nur zum Teil ausreichend quantifiziert werden. So können zum Beispiel die Abweichungen der

Bündelgeometrie unter Betriebsbedingungen von der Idealgeometrie nur abgeschätzt werden.

Zur Weiterentwicklung und Verifizierung der Detail-Codes wurden im KfK-INR verfeinerte Experimente durchgeführt. Hydraulische Experimente an einer 4-Stabbündel Teststrecke mit Luftströmung lieferten die Verteilung der zeitlich gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten, der Wandschubspannungen, der turbulenten Schubspannungen senkrecht und parallel zu den Wänden und der Turbulenzintensitäten für verschiedene Bündelquerschnittsgeometrien. Der neueste Stand dieser umfangreichen Untersuchungen ist in /7/ dargestellt.

Als Ergänzung hierzu wurden thermohydraulische Experimente an einer ähnlichen 4-Stabbündel Geometrie durchgeführt, um die charakteristischen Verhältnisse bei Flüssigmetallkühlung zu untersuchen. Es wurden zwei Versuchsserien (TEGENA 1 und TEGENA 2)* gefahren. Wesentliche Teilergebnisse wurden bereits vorgestellt /8,9,10,11/. Der Versuchsaufbau, die Meßeinrichtung, Vorversuche und Teil 1 der Meßergebnisse aus der Versuchsserie TEGENA 1 sind ausführlich in /12/ dargestellt. Die TEGENA-Experimente wurden 1987 beendet. In diesem Bericht soll das gesamte Vorhaben zusammenfassend beschrieben werden.

1.2 Ziel dieser Arbeit

Die Zielsetzung des Vorhabens wurde 1979 in einer Durchführbarkeitsstudie beschrieben /13/. Zur Abstützung, Weiterentwicklung und Kalibrierung von thermohydraulischen Detail-Codes sollten lokale Temperaturverteilungen in charakteristischen Unterkanälen von beheizten Stabbündelanordnungen mit Flüssigmetallkühlung gemessen werden. Gleichzeitig sollten Wandtemperaturen in den Strukturen sowie die azimuthale Wärmestromverteilung in den Hüllen der Heizstäbe gemessen werden. Zur Trennung der verschiedenen Einflußgrößen auf die Temperaturverteilung und zur Schaffung von jeweils klar definierten experimentellen Randbedingungen sollte das Vorhaben in mehrere Stufen untergliedert werden:

- I. Symmetrische Stabanordnung ohne Abstandshalter, hydraulisch und thermisch eingelaufene Strömung.
- II. Asymmetrische Beheizung zur Erzeugung starker Temperaturgradienten zwischen den Unterkanälen.

*TEGENA = Temperaturen und Geschwindigkeiten in Natriumströmung

- III. Asymmetrische Stabanordnung.
- IV. Experimente mit Abstandshaltern und Blockaden.

Die Punkte I und II wurden erfüllt, sie sind Gegenstand dieser Arbeit. Die Punkte III und IV wurden aus Zeitgründen zurückgestellt.

1.3 Lösungsweg

Im Unterschied zur Bündelkernzone treten in der Bündelrandzone am Umfang der Brennstab-Hüllrohre erhebliche Temperaturvariationen auf, wodurch die Zeitstandfestigkeiten und damit die Lebensdauer dieser wichtigen Bauteile vermindert werden. Deshalb erfolgten die experimentellen Untersuchungen in typischen Unterkanälen der Bündelrandzone (Wandkanäle, Eckkanäle).

Für umfangreiche isotherme fluiddynamische Experimente wurden in /14,15/ Wand- und Eckkanäle mit vier in Reihe angeordneten Stäben nachgebildet. In Anlehnung an diese hydraulischen Experimente und zu deren Ergänzung wurde für die hier zu beschreibenden thermischen Experimente ebenfalls eine reihenförmige 4-Stabanordnung gewählt. Für die Querschnittsgeometrie wurde ein für fortgeschrittene Reaktorkonzepte angestrebtes Stabteilungsverhältnis $P/D \approx 1.15$ festgelegt.

Als Flüssigmetall-Kühlmittel wurde Natrium gewählt, weil hierfür ein geeigneter Prüfstand und praktische Erfahrungen zur Verfügung standen.

Die absoluten Abmessungen des Bündelquerschnittes ergaben sich aus der Herstellbarkeit größtmöglicher Heizstäbe sowie kleinstmöglicher Meßsonden mit ausreichender Meßgenauigkeit. Machbar schien aus damaliger Sicht ein Heizstabdurchmesser von 25 mm und eine kleinstmögliche Sondenabmessung von 2 mm. Sowohl die übergroßen Heizstäbe wie auch die Miniatur-Meßsonden sowie zugehörige Verstelleinrichtungen für den Betrieb im heißen Natrium mußten entwickelt, gebaut und erprobt werden.

2. VERSUCHSPROGRAMM

Das Versuchsprogramm bestand aus drei Teilen.

In einer Reihe von Vorversuchen wurden folgende Punkte abgearbeitet:

- Messung der Strömungsverteilung in der Einlaufstrecke vor dem Bündel
- Heizstaberprobung in ruhender Luft und in strömendem Natrium
- Erprobung der Sonden-Verstelleinrichtungen in der Meßkammer unter strömendem Natrium
- Messung von Natriumgeschwindigkeiten im Rechteckkanal ohne Heizstäbe

Die Versuchsserie TEGENA 1 (1985) beinhaltet:

- Isotherme Versuche (Meßfühlerkontrolle und Eichung)
- Messung der Wandtemperaturen (3D)
- Messung der Fluidtemperaturen (2D) bei mittleren und großen Re-Zahlen
- Versuche bei Gleichlast und bei zwei Schiefastfällen
- Messung der Temperaturfluktuationen (teilweise)

Die Versuchsserie TEGENA 2 (1987) beinhaltet:

- Isotherme Versuche (Meßfühlerkontrolle und Eichung)
- Messung der Wandtemperaturen (3D)
- Messung der Fluidtemperaturen (2D) von kleinen bis zu großen Re-Zahlen
- Versuche bei Gleichlast und bei vier Schiefastfällen
- Messung der Temperaturfluktuationen
- Messung von Laufzeiten zur Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeiten*

* Über diese Messungen soll an anderer Stelle berichtet werden /16/.

3. TESTSTRECKE

An dieser Stelle wird nur das Prinzip der Teststrecke beschrieben, wie es zum Verständnis der Meßergebnisse notwendig ist. Eine detailliertere Beschreibung der Versuchseinrichtung mit den verschiedenen Komponenten sowie Ausführungen zu wesentlichen Vorversuchen erfolgen im Anhang.

3.1 Geometrie

Die Teststrecke ist schematisch in Fig. 1 dargestellt. Sie besteht aus vier senkrecht in einem Rechteckkanal aufgehängten Heizstäben mit einer zylindrischen Meßkammer am Kopfende.

Die Heizstäbe haben einen Durchmesser von 25 mm und eine Länge von ca. 4 m, wovon 2,5 m beheizt sind. In dem ca. 6 m langen Rechteckkanal mit einer lichten Weite von 118,5x32,4 mm sind die Heizstäbe in axialen Abständen von 550 mm mit jeweils vier kleinen Stiften am Umfang so positioniert, daß ihre Abstände zur Kanalwand und untereinander 3,7 mm betragen. Die Geometrieparameter des 4-Stabbündels ergeben sich damit zu $P/D = W/D = 1.147$. Diese Geometrie entspricht der mittleren von drei verschiedenen Bündelgeometrien, an denen Rehme /7/ hydraulische Messungen durchgeführt hat. Die Natriumströmung gelangt von einer Einlaufstrecke (s. Anhang A1.2) aus dem offenen Rechteckkanal in das 4-Stabbündel. Sie passiert zunächst eine unbeheizte Bündelzone von 1288 mm Länge, wird dann in der beheizten Zone bis zu maximal 100 K aufgeheizt und verläßt die zylindrische Meßkammer durch einen seitlichen Stutzen. Die unbeheizte Bündellänge von 1288 mm entspricht 105 hydraulischen Durchmessern DH ; dabei handelt es sich um den mittleren hydraulischen Durchmesser $DH = 4 \cdot F/U$, wobei F der freie Strömungsquerschnitt im Bündel ist und U der gesamte durch das Fluid benetzte Umfang im Strömungsquerschnitt. Die maximal an den Staboberflächen erzeugten Wärmestromdichten betragen 60 W/cm^2 . Die gewählte beheizte Länge von 2456 mm (= 201 hydraulischen Durchmessern DH) bis zur Hauptmeßebe ME6 wurde als ausreichend angesehen, um bei gleichmäßiger Beheizung des Stabbündels eine thermisch eingelaufene Strömung zu erhalten /13/. Zur Überprüfung dieser Forderung wurde der Rechteckkanal am äußeren Umfang in fünf axial versetzten Meßebenen (ME1 bis ME5) mit jeweils 24 Thermoelementen bestückt. In der Meßebe ME0 wurde mit sechs am Umfang verteilten Thermoelementen die Gleichmäßigkeit der Natriumzulauftemperatur in der unbeheizten Bündelzone überprüft. Bei den

TEGENA 1-Experimenten wurden die Meßebenen mit ME bezeichnet, bei den TEGENA 2-Experimenten mit MP. Die axialen Positionen der Meßebenen waren in beiden Versuchsserien gleich, in den Querschnittsgeometrien sind durch die Verwendung anderer Heizstäbe geringe Abweichungen zwischen beiden Versuchsserien vorhanden.

Die detaillierte Temperaturmessung in der Natriumströmung durch die Bündelunterkanäle erfolgt in der horizontalen Hauptmeßebe-
ne ME6 (TEGENA 1) 29 mm vor dem Ende des Rechteckkanals noch in der beheizten Bündelzone. Bei den TEGENA 2-Versuchen beträgt das entsprechende Maß in der Hauptmeßebe-
ne (MP6) 31.5 mm. In der zylindrischen Meßkammer sind parallel zu den langen Seiten des Rechteckkanals zwei Kreuzschlitten installiert. Auf diesen von außen verstellbaren Meßschlitten ist jeweils eine 70 mm lange Meßsonde so befestigt, daß sie in X- und Y-Richtung innerhalb der Bündelunterkanäle bewegt werden kann. Die maximale Weglänge der Sondenspitzen beträgt in X-Richtung 75 mm und in Y-Richtung 25 mm. Mit dem Thermoelement TEN wird die Natriumeintrittstemperatur im Rechteckkanal vor der unbeheizten Bündelzone gemessen. Mit dem Thermoelement TAS wird die Natriumaustrittstemperatur im seitlichen Stutzen der Meßkammer gemessen.

Die wesentlichen technischen Daten der Teststrecke sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Teilansichten der Teststrecke zeigt die Fig. 2.

3.2 Instrumentierung

3.2.1 Temperatur-Meßsonden

Die Temperatur-Meßsonden (Fig. 3 u. 4) sind rechtwinklig gebogene Kapillarrohrchen mit maximal 2 mm \varnothing , deren horizontaler Teil mit einer Verstärkungshülse in die Meßschlitten eingespannt ist. Der vertikale Teil der Sonden ist 70 mm lang und ragt rund 30 mm gegen die Strömungsrichtung in die Unterkanäle des Rechteckkanals hinein. Aus den freien Enden der vertikalen Sondenschäfte ragen jeweils vier oder fünf Miniaturthermoelemente heraus. Im Hauptmeßquerschnitt (ME6 bzw. MP6) sind in allen Fällen vier Thermoelemente quadratisch in X/Y-Richtung mit einem Mittenabstand von rund 2 mm angeordnet. Die Achsen dieses für die Ergebnisdarstellung verwendeten Koordinatensystems werden von den Innenkonturen der langen Wand (X-Achse) und der kurzen Wand (Y-Achse) des Rechteckkanals gebildet (Fig. 3b und 4b). Vier Thermoelemente wurden verwendet, weil

- so nahe wie möglich an den beheizten Wänden gemessen werden sollte;
- lokale Temperaturgradienten zwischen jeweils zwei Thermoelementen mit großer Genauigkeit erfaßt werden sollten;
- die Messungen redundant sein sollten.

Der maximale Verschiebeweg der Sonden beträgt in X-Richtung 75 mm und in Y-Richtung 25 mm.

Bei der Sonde S1 (TEGENA 1) sind die vier Thermoelemente im Sondenschaft (1.6 x 0.1 mm) geführt und in einem durchbohrten Stopfen mit dem Sondenschaft verlötet, Fig. 3. Der Thermoelement-Durchmesser beträgt 0.24 mm und der Mittenabstand 1.96 mm. Die Meßspitzen sind mit verdichtetem Bornitrid-Pulver elektrisch isoliert. Die Thermoelemente sind mit TE11, TE12, TE13 und TE14 bezeichnet.

Die Sonde S2 (TEGENA 1) ist wie die Sonde S1 aufgebaut. Der Thermoelement-Durchmesser beträgt hier jedoch 0.38 mm und der Mittenabstand 1.83 mm. Die Meßspitzen sind ebenfalls mit verdichtetem Bornitrid-Pulver elektrisch vom Mantel isoliert. Die Thermoelemente sind mit TE21, TE22, TE23 und TE24 bezeichnet.

Bei der Sonde P1 (TEGENA2) sind alle fünf Thermoelemente im Sondenschaft (1.8 x 0.12 mm) geführt und in einem durchbohrten Stopfen mit dem Sondenschaft verlötet. Der Durchmesser beträgt einheitlich 0.36 mm und die Meßspitzen sind mit verdichtetem Bornitrid-Pulver elektrisch isoliert. Der Mittenabstand der vier quadratisch angeordneten Thermoelemente (TC11, TC12, TC13, TC14) beträgt 2.05 mm. Das axial in Strömungsrichtung um 8.1 mm versetzte Zentralthermoelement TC15 dient in Kombination mit einem der vier quadratisch angeordneten Thermoelemente zur Laufzeitmessung. Die Laufzeiten werden mit Hilfe der Kreuzkorrelations-Analyse bestimmt. Das Verhältnis des axialen Abstandes der Thermoelemente und der an jedem Ort ermittelten Laufzeit ergibt dann die Geschwindigkeit an diesem Ort; siehe hierzu /16/.

Bei der Sonde P2 (TEGENA 2) ist am Ende des Sondenschaftes (2.0 x 0.2 mm) zusätzlich ein Miniatur-Permanentmagnet (1.65 mm Durchmesser, 1.5 mm lang) installiert, Fig. 4. Das in die Natriumströmung ragende Zentral-Thermoelement TC25 ist mit Bornitridpulver elektrisch isoliert, es hat einen Durchmesser von nur 0.24 mm, es ist zentrisch durch den Magneten geführt und in einem Stopfen am Schaftende verschweißt. In dem Magneten wird durch die Natriumströmung

eine Spannung induziert, die ein direktes Maß für die Strömungsgeschwindigkeit darstellt. Befindet sich der Magnet jedoch in einem Feld mit Temperaturgradienten, so muß die zusätzlich entstehende überlagerte Spannung kompensiert werden. Dies geschieht meßtechnisch mit Hilfe von zwei zusätzlichen Thermo-Elementen, die in der Nähe der Magnetpole installiert sind. Das Prinzip dieser neu entwickelten temperaturkompensierten Magnet-Sonde und Meßergebnisse sind in /17/ beschrieben. Die beiden Magnetthermoelemente und das Zentralthermoelement TC25 der Sonde P2 sind innerhalb des Sondenschaftes geführt. Aus konstruktiven Gründen mußten die vier quadratisch angeordneten Thermo-Elemente (TC21, TC22, TC23, TC24) deshalb außen am Sondenschaft mit Bandagen befestigt werden. Diese Thermo-Elemente haben einen Durchmesser von 0.37 mm und einen Mittenabstand von 2.65 mm; ihre Meßspitzen sind mit dem Thermo-Elementmantel verschweißt. Der axiale Abstand dieser Thermo-Elemente zum Zentralthermoelement TC25 beträgt 8.0 mm. Die durch Laufzeitmessungen zwischen den axial versetzten Thermo-Elementen ermittelten Geschwindigkeiten (wie bei der Sonde P1) sollten durch die mit dem Permanentmagneten ermittelten Geschwindigkeiten ergänzt und verglichen werden. Der Magnet hat im Experiment aber nicht funktioniert, so daß dieser Vergleich nicht durchgeführt werden konnte.

Ansichten der eingesetzten Temperatur-Meßsonden zeigt Fig. 5.

3.2.2 Geschwindigkeits-Meßsonden

Die Meßkammer mit den beiden Meßsonden-Verstelleinrichtungen wurde im Natriumprüfstand WÜP II ohne Heizstäbe unter echten Betriebsbedingungen bei Natriumtemperaturen bis zu 500 °C erprobt /18/. Anstelle der im späteren Hauptversuche verwendeten Temperatur-Meßsonden wurden in diesem Vorversuch zwei Geschwindigkeits-Meßsonden eingesetzt; das Funktionsprinzip ähnlicher Sonden ist in /19/ beschrieben und entspricht der Geschwindigkeitsmessung mit Sonde P2 (Fig. 4).

Es wurden zwei Sonden GS1 und GS2 mit einer axialen Länge von 71 mm und einem Außendurchmesser von 2.0 mm hergestellt (Fig. 6). Die in der Sondenspitze installierten Permanentmagnete mit einem Durchmesser von 1.5 mm und einer Länge von 1 mm erzeugen in Flüssigmetallströmung sehr kleine Induktionsspannungen, die der Strömungsgeschwindigkeit proportional sind. Die

Empfindlichkeit des Sondensignals betrug bei diesen Miniatur-Magneten ca. $12 \mu\text{Vm}^{-1}\text{s}$.

3.2.3 Wand-Thermoelemente

Zur Beurteilung der thermischen Einlaufverhältnisse in der beheizten Bündelzone wurde der rechteckige Strömungskanal mit insgesamt 126 Thermoelementen ausgestattet. In fünf axial versetzten Meßebenen (ME1 bis ME5 bei TEGENA 1, MP1 bis MP5 bei TEGENA 2) sind am äußeren Umfang des Rechteckkanals jeweils 24 Wand-Thermoelemente installiert; die Meßebene ME0 bzw. MP0 in der unbeheizten Bündelzone ist mit 6 Wand-Thermoelementen bestückt (Fig.7, Fig. 1). Die 1 mm dicken Thermoelemente sind an ihrem Ende über eine Länge von 15 mm auf einen Durchmesser von 0.5 mm verjüngt; die Meßspitze ist mit Magnesiumoxyd isoliert. Die verjüngten Thermoelementspitzen sind in schräg auslaufenden Nuten (0.5 mm breit; 0.7 mm tief) in der äußeren Kanalwand eingebettet und verstemmt (Fig. 7). Die Meßpositionen liegen jeweils 100 mm stromaufwärts von den Abstandshaltern (Mitten der Kanalflansche) und am Kanalumfang an den engsten Spalten zwischen den Heizstäben und der Kanalwand bzw. zwischen den engsten Spalten.

3.2.4 Referenz-Thermometer

Zwei Platinwiderstands-Thermometer (Typ Pt 100) sind mit ihrer Meßspitze in der Hauptmeßebeine (ME6 bzw. MP6) auf folgenden X/Y-Positionen angeordnet:

Ortskoordinaten	X [mm]	Y [mm]
Widerstands-Thermometer PT3:	5	29
Widerstands-Thermometer PT2:	113	3

Der wendelförmige Meßwiderstand von 20 mm Länge befindet sich in einem Schutzrohr von 2 mm Außendurchmesser, welches 35 mm parallel zur Stabachse verläuft und dann senkrecht zur Stabachse über dem Meßkammerboden nach außen geführt ist.

Die effektive mittlere Temperatur dieser Referenz-Thermometer wird also in einer Bündelquerschnittsebene gemessen, die ca. 10 mm stromabwärts von Meßebene ME6 (MP6) liegt. Die Genauigkeit der Kalibrierung der Referenz-Thermometer bis zu Temperaturen von 500 °C beträgt nach Angaben des Herstellers ± 0.2 K.

Mit den Referenz-Thermometern wurden die Signalabweichungen der Thermoelemente in Abhängigkeit von dem Temperaturniveau und von der Zeit erfaßt.

3.2.5 Eintrittstemperatur (Fluid/Wand)

In der Versuchsserie TEGENA 1 wurde die Eintrittstemperatur des Natriums (TEN) in dem Rechteckkanal vor der unbeheizten Zone des 4-Stabbündels mit einem Thermoelement (NiCr-Ni, Außendurchmesser 1.5 mm) gemessen. Die Temperatur des Rechteckkanals in der unbeheizten Bündelzone wurde mit sechs Wand-Thermoelementen in der Meßebe ME0 gemessen; diese Meßebe befindet sich 365 mm stromaufwärts vor der beheizten Zone. Die Wand-Thermoelemente waren am Umfang des Rechteckkanals in Nuten eingebettet, wie in Abschnitt 3.2.3 beschrieben und in Fig. 7 dargestellt.

In der Versuchsserie TEGENA 2 wurde der Mittelwert aus den in der Meßebe MP0 gemessenen Signalen der sechs Wandthermoelemente als Eintrittstemperatur des Natriums in das Bündel (TBI) definiert.

3.2.6 Temperatur-Vergleichsstelle

Als Temperatur-Vergleichsstelle für sämtliche Thermoelemente der Teststrecke dient eine neben der Teststrecke senkrecht stehende Kupferplatte, deren Temperatur sich mit der Raumtemperatur ändern kann (60 x 40 cm, 2.5 cm dick). Die Kupferplatte ist von einem thermisch isolierenden Gehäuse umgeben, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung auf der Platte zu gewährleisten. Sie ist als Steckbrett mit 225 Anschlüssen ausgeführt, in das neben den Thermoelementsteckern auch alle übrigen Meßleitungen gesteckt werden. Zur Bestimmung der als Referenztemperatur verwendeten mittleren Plattentemperatur wird der Temperaturmittelwert von fünf über die Kupferplatte verteilten Thermoelementen gebildet, deren Bezugstemperatur 0° ein Peltier-Element liefert.

3.2.7 Leistung der Heizstäbe

Die Heizstäbe werden mit Gleichstrom eines Quecksilberdampf-Gleichrichters ($I_{\max} = 10000 \text{ A}$, $V_{\max} = 100 \text{ V}$) beheizt. Den Pluspol bilden die Stromleiteranschlüssenden der Heizstäbe oberhalb der Meßkammer, der Minuspol ist über versilberte Kupferplatten mit dem oberen Boden des Einlaufbehälters in der Einlaufstrecke (vgl. Fig. A2 im Anhang) verbunden.

Die Ströme der vier Stäbe wurden als Spannungsabfall an vier Meßwiderständen gemessen. Die Shunts waren zuvor mit einem Präzisions-Shunt (Klasse 0,1) geeicht worden; die dabei ermittelten Abweichungen wurden durch Korrekturfaktoren bei der Auswertung berücksichtigt. Die Spannung U wurde zwischen Pluspol und Minuspol an der Teststrecke abgegriffen und über einen Spannungsteiler (100:1) auf das Steckbrett geführt. Der gemessene Spannungsabfall im Rechteckkanal vom Minuspol bis zum Beginn der beheizten Zone beträgt 0,2 % der Gesamtspannung, er wurde ebenfalls bei der Auswertung berücksichtigt.

3.2.8 Volumenstrom

Der durch das Bündel strömende Natrium-Volumenstrom wurde mit einem geeichten induktiven Durchflußmesser (MSAR Magnetic Flowmeter) als induzierte Spannung [mV] gemessen. Die vorhandene geringe Temperaturabhängigkeit wurde berücksichtigt. Die Meßgenauigkeit wird vom Hersteller mit $\pm 2 \%$ angegeben. Zur Berechnung des Massenstromes M_S (TEGENA 1) bzw. M_{FR} (TEGENA 2) wurde die auf die Natrium-Eintrittstemperatur bezogene Dichte des Natriums verwendet.

3.2.9 Datenerfassungssystem

Die Messung der Temperatursignale, der RMS-Werte, der X/Y-Koordinaten der beweglichen Meßsonden, der Stabströme und Stabspannung sowie des Volumenstromes erfolgte mit einer Datenerfassungsanlage ACUREX (Autodata ten/10). Das ACUREX-Gerät besteht aus einem Meßstellenschalter mit Verstärker, einem Voltmeter mit Analog/Digital-Umsetzer und einer Recheneinheit. Der Auflösungfehler beträgt bei hoher Auflösung (10 Meßwerte pro Sekunde) $\pm 1 \mu\text{V}$ ($\pm 0.025 \text{ K}$). Mit Ausnahme der X/Y-Koordinaten und der Referenzthermometer-

Signale wurden alle Meßwerte original aufgezeichnet und erst bei der späteren Auswertung in physikalische Daten umgerechnet.

Das Temperatursignal $T(t)$ eines Thermoelements kann in zwei Teile aufgespalten werden, nämlich in den zeitlichen Mittelwert der Temperatur T und in das Fluktuationssignal $\delta(t)$, welches der mittleren Temperatur immer überlagert ist:

$$T(t) = T + \delta(t)$$

In zahlreichen Fällen genügt es, den Mittelwert der Temperatur und den die Temperaturschwankungen charakterisierenden RMS-Wert anstelle des zeitlichen Verlaufs des Temperatursignals aufzuzeichnen und zu analysieren.

Der Mittelwert der Temperatur und der RMS-Wert der Temperaturfluktuationen wird auf folgende Weise bestimmt:

Mittelwert:
$$T = \frac{1}{2 \cdot t_M} \cdot \int_{-t_M}^{+t_M} T(t) dt$$

RMS-Wert:
$$RMS = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot t_M} \cdot \int_{-t_M}^{+t_M} \delta^2(t) dt}$$

dabei ist $2 t_M$ die Mittelungszeit, die zur Berechnung der beiden Temperaturwerte mit einer entsprechenden Genauigkeit benötigt wird. Eine Mittelungszeit von 20 Sekunden genügte, um eine Genauigkeit der RMS-Werte von besser als 2 % zu erzielen.

Die RMS-Werte der Sondensignale wurden bereits während der Experimente berechnet und aufgezeichnet. Entsprechend der in /9/ angegebenen Vorgehensweise wird dabei jedes der acht (zehn) Temperatursignale von Sonde S1 und S2 (von Sonde P1 und P2) verstärkt. Dann wird der mittlere Wert automatisch unterdrückt und schließlich wird das resultierende Fluktuationssignal ein zweites Mal verstärkt. In einem RMS-Meßgerät wird der RMS-Wert aus dem Fluktuationssignal berechnet und an die ACUREX-Anlage übergeben.

Die X/Y-Koordinaten der verstellbaren Sonden werden als Spannungen zwischen 0 und 5 V an den Potentiometern abgegriffen und mit der ACUREX-Recheneinheit nach linearen Gleichungen in Millimeter umgerechnet und aufgezeichnet. Die Gleichungen werden aus jeweils acht Meßpunkten (Meßspannung an der

ACUREX-Einheit in Volt als Funktion der Sondenstellung in Millimetern) nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate ermittelt.

Die Referenz-Widerstandsthermometer sind über eine Vierleiter-Schaltung an die ACUREX-Anlage angeschlossen. Die durch Temperaturänderung bewirkten Änderungen des Meßwiderstandes werden als Spannungsänderungen erfaßt, in Grad Celsius umgerechnet und registriert.

Einige für den Versuchsbetrieb wichtige Daten wurden während der Experimente aus den Meßwerten unmittelbar mit der ACUREX-Anlage berechnet und nach Vorwahl auf einem Bildschirm angezeigt. Außerdem wurden sämtliche Meßdaten der Versuchsserie TEGENA 1 von einer mit der ACUREX-Anlage verbundenen Kassettenstation auf Kassetten aufgezeichnet. Bei der Versuchsserie TEGENA 2 wurden die Meßdaten anstelle auf Kassetten direkt auf die Festplatte eines Personal Computers (IBM-PC AT) übertragen.

3.2.10 Sicherheitssystem

Zur Minimierung von Folgeschäden bei Heizstabdefekten oder Heizstabversagen diente ein elektronisches Sicherheitssystem. Mit dieser Schutzeinrichtung werden die Ströme der Heizstäbe kontinuierlich erfaßt. Bei Auftreten von unzulässigen Stromspitzen in wählbaren Grenzen (max. und min.) wird innerhalb von ca. 12 ms eine Leistungsabschaltung ausgelöst.

4. GESCHWINDIGKEITSMESSUNGEN IM RECHTECKKANAL

4.1 Strömungsverteilung in der Einlaufstrecke

Der eigentlichen Bündel-Teststrecke ist eine Einlaufstrecke zur Erzeugung definierter Strömungsbedingungen am Teststreckeneintritt vorgeschaltet. Die für den Natriumkreislauf WÜP II erstellte Einlaufstrecke wurde mit einer Nachbildung der Zulaufleitung in einen Wasserkreislauf eingebaut (vgl. Anhang A1.2 und Fig. A2). Zur Messung von Geschwindigkeitsprofilen befindet sich am oberen Ende des rechteckigen Einlaufkanals eine Plexiglas-Meßkammer mit einer verstellbaren Pitot-Sonde. Die Sonde mit 0.6 mm Durchmesser kann im Strömungsquerschnitt auf Längstraversen in X-Richtung und auf Quertraversen in Y-Richtung mit einem Fehler von ± 0.1 mm verstellt werden. Der Meßbereich ist: $0 \leq X[\text{mm}] \leq 118.5$; $6 \leq Y[\text{mm}] \leq 26$.

Die Geschwindigkeitsprofile in der Meßebe (ME) wurden zunächst im offenen Kanal gemessen. Darüber hinaus wurde versucht, durch Einbau von Lochplatten bzw. Sieben kastenförmige Geschwindigkeitsprofile zu erzeugen, damit der Ausgleich der Unterkanalmassenströme im Bündel auf einem kürzeren Weg erfolgen kann.

Die im offenen rechteckigen Einlaufkanal (die Einlauflänge ist 1600 mm, das entspricht rund 31 hydraulischen Durchmessern DC) gemessenen Geschwindigkeitsverteilungen bei $RE = 58000$ sind symmetrisch zu den Mittelachsen des Kanalquerschnitts (Fig. 8 und 9). Die maximalen Geschwindigkeiten liegen 20 % über der mittleren Kanalgeschwindigkeit UC. Die größten Variationen der lokalen Geschwindigkeiten (± 2 %) liegen auf der Linie maximaler Geschwindigkeiten. Damit können die Zuströmbedingungen in das 4-Stabbündel als gut bezeichnet werden.

Durch unterschiedliche Einbauten im rechteckigen Einlaufkanal (Lochplatten bzw. Siebe) gelang es nicht, die Geschwindigkeitsprofile deutlich in Richtung auf ein Kolbenprofil hin abzuflachen. Zudem zeigte sich, daß alle mit Einbauten gemessenen Geschwindigkeitsprofile unsymmetrischer und ungleichmäßiger waren als die im offenen Kanal gemessenen. Eine Verbesserung der Bündel-Anströmbedingungen konnte mit den untersuchten Einbauten also nicht erreicht werden /20/. Deshalb wurde für die TEGENA-Experimente der offene Einlaufkanal verwendet.

4.2 Natriumgeschwindigkeiten im Rechteckkanal

Zur Erprobung der Meßsonden-Verstelleinrichtungen wurden reproduzierbare Geschwindigkeitsprofile der Natriumströmung bei verschiedenen Temperaturniveaus gemessen /21/. Zu diesem Zweck wurden anstelle der Temperatursonden Geschwindigkeits-Meßsonden (vgl. Abschnitt 3.2.2) in die Kreuzschlitten-Anordnungen eingespannt. Die Meßfelder der beiden Geschwindigkeits-Sonden GS1 und GS2 in der Hauptmeßebene ME6 sind in Fig. 10 dargestellt.

Es wurden Geschwindigkeitsprofile in der Meßebene ME6 auf Längs- und Quertraversen in dem folgenden Parameter-Bereich gemessen:

$$\begin{aligned} 115000 &\leq RE && \leq 420000 \\ 0.85 &\leq U[\text{m/s}] && \leq 3.52 \\ 300 &\leq TN[^\circ\text{C}] && \leq 410 \end{aligned}$$

Einige Beispiele zeigen die folgenden Diagramme:

Fig. 11 zeigt die an verschiedenen Tagen gemessenen U-Profile auf mittleren X-Traversen ($Y = 16.35 \text{ mm}$). Die U-Profile der Sonden GS1 (o und + Symbole) und GS2 (\diamond und x Symbole) decken sich und zeigen zusammen einen symmetrischen Verlauf über die Kanalbreite, womit die Reproduzierbarkeit der Messungen demonstriert wird. Die maximalen Geschwindigkeitsschwankungen der bei der zweiten Meßreihe nicht bewegten Sonde GS1 ($X = 38.50 \text{ mm}$; $Y = 16.35 \text{ mm}$) zeigen die Dreieck-Symbole, die Schwankungsbreite beträgt $\pm 2 \%$. Die Maximalgeschwindigkeiten liegen bei $1.25 \cdot UC$, die Minimalgeschwindigkeiten in Wandnähe (Wandabstand $X = 1.5 \text{ mm}$) bei $0.77 \cdot UC$.

Neben den U-Profilen auf der mittleren Längstraverse sind auch U-Profile auf jeweils zwei seitlichen X-Traversen mit einem Wandabstand von 13 bzw. 26 % der Kanaltiefe in Fig. 12 dargestellt. Die gemessene Geschwindigkeitsverteilung belegt die symmetrischen Strömungsverhältnisse im Rechteckkanal, auch in den wandnahen Zonen der langen Kanalwände. Die Geschwindigkeitsprofile auf Quertraversen (Y-Traversen) sind in Fig. 13 dargestellt. In der Nähe der kurzen Kanalwände (Wandabstand $X = 3.53 \text{ mm}$) beträgt die Schwankungsbreite der U-Profile in Y-Richtung etwa $\pm 5 \%$.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die in isothermer Natriumströmung bis zu Temperaturen von $410 \text{ }^\circ\text{C}$ eingesetzten Permanentmagnet-

Miniatursonden Geschwindigkeitsprofile von guter Qualität liefern. Das Potential der Meßgenauigkeit dieser Meßfühler ist vergleichbar mit dem von konventionellen Pitot-Sonden.

5. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND MESSWERTVERARBEITUNG

Die Versuchsdurchführung der Hauptversuche und die Darstellung der Meßergebnisse gliedert sich in drei Gruppen:

- a) isotherme Versuche
(Kontrolle und Kalibrierung der Thermoelemente)
- b) Wandtemperaturen (3D) des Rechteckkanals
(Parameter: Reynolds-(Péclet-)Zahlen, Wärmestromdichte, Gleichlast, vier Schiefastfälle)
- c) Natriumtemperaturen und Temperaturfluktuationen (2D) in den Unterkanälen
(Parameter: Reynolds-(Péclet-)Zahlen, Wärmestromdichte, Gleichlast, vier Schiefastfälle)

Das vorgesehene Versuchsprogramm der Versuchsserie TEGENA 1 wurde eingeschränkt durch Defekte an den Heizstäben H2 und H3 nach einer Versuchszeit von 9 Tagen. Eine Veränderung der äußeren Stabgeometrie erfolgte nicht, so daß die Versuche mit der Beheizung der Stäbe H1 und H4 (Schiefastversuche) fortgesetzt werden konnten. Das vorgesehene Versuchsprogramm der Versuchsserie TEGENA 2 konnte in vollem Umfang durchgeführt werden.

Detailliert sind sämtliche Meßgrößen der Versuchsserie TEGENA 1 und deren Verarbeitung in /12/ beschrieben. Hier sollen einige zum Verständnis der Meßergebnisse wesentliche Punkte angesprochen werden. Im Experiment wurden alle mit den beweglichen Sonden angefahrenen Meßpunkte in sondenspezifischen, lokalen Koordinatensystemen eingestellt. Die Umrechnung der Ortskoordinaten aller Sondenthermoelemente erfolgte einheitlich in ein X/Y-Hauptkoordinatensystem (Fig. 3 und 4), d.h. für eine vorgegebene Meßposition wird der Ort jedes Thermoelementes der Sonde in den Koordinaten des X,Y-Koordinatensystems angegeben.

Die in den Diagrammen und Tabellen verwendeten Ortsbezeichnungen für die Thermoelementpositionen bestehen aus jeweils drei Zeichen, z.B. X23; darin bedeutet "X" die Koordinate, "2" die Sonde 2 und "3" die Thermoelementnummer 3 der Sonde 2 (TE23).

Für die Meßwertverarbeitung der Versuchsserie TEGENA 1 wurden die BASIC-Rechenprogramme TEGEK1.BAS und TGP1.BAS /21/ verwendet. Mit dem Pro-

programm TEGEK1.BAS erfolgt die Umrechnung der Meßdaten in physikalische Daten und die Berechnung von Kennzahlen. Mit dem Programm TGP1.BAS erfolgt das Sortieren der berechneten Werte sowie das Tabellieren und Plotten der Ergebnisse. Als Bezugstemperatur für die Berechnung der dimensionslosen Kennzahlen (Re,Pr) wurde eine mittlere Bündeltemperatur TNM benutzt; TNM ist der arithmetrische Mittelwert aus der gemessenen Eintrittstemperatur TEN und der in der Meßebene ME6 berechneten mittleren Natriumtemperatur TNO.

Für die Meßwertverarbeitung der Versuchsserie TEGENA 2 wurden die FORTRAN-Rechenprogramme THEO.FOR, DISDRU.FOR, PLOTHP.FOR, FINT.FOR und FINTEX.FOR /22/ verwendet. Mit dem Programm THEO.FOR erfolgt die Umrechnung der Meßdaten in physikalische Daten und die Berechnung von Kennzahlen. Mit dem Programm DISDRU.FOR erfolgt das Sortieren und Tabellieren der berechneten Werte. Mit den Programmen PLOTHP.FOR, FINT.FOR und FINTEX.FOR erfolgt das Sortieren und Plotten der berechneten Werte. Als Bezugstemperaturen für die Berechnung der dimensionslosen Kennzahlen (Re, Pr) wurde ebenfalls die mittlere Bündeltemperatur $TBM = 0.5 (TBO + TBI)$ benutzt.

Die Signale sämtlicher 126 Wandthermoelemente wurden in regelmäßigen isothermen Versuchen kontrolliert; eine Meßwertkorrektur erfolgte jedoch nicht, weil die sehr kleinen relativen Meßwertabweichungen als unbedeutend in Bezug auf die Aussagenfähigkeit der Ergebnisse angesehen wurde.

Die Signale sämtlicher Sondenthermoelemente wurden auf der Basis der isothermen Versuche kontrolliert und mit Hilfe der Referenzthermoelemente korrigiert (Tab. 2).

Die während der Datenerfassung berechneten RMS-Werte der Temperaturfluktuationen wurden nicht korrigiert.

6. VERSUCHSERGEBNISSE

6.1 Allgemeines

Die Darstellungen der wesentlichen Versuchsergebnisse aus beiden Versuchsserien TEGENA 1 und TEGENA 2 erfolgen in diesem Bericht grafisch; tabellarisch sind die Meßwerte mit den Versuchsparametern im Anhang zusammengestellt. Die vollständige Darstellung sämtlicher Versuchsergebnisse (grafisch und tabellarisch) soll in detaillierten Datenberichten erfolgen. Der Teil 1 der Versuchsserie TEGENA 1 ist in /12/ dokumentiert.

6.2 Isotherme Versuche

Die isothermen Versuche sind die Basisversuche für alle Experimente mit beheizten Stäben. Sie dienen zur Meßfühler-Kontrolle und beschreiben mögliche Abweichungen von den idealen isothermen Bedingungen. In beiden Versuchsserien wurden isotherme Versuche in regelmäßigen Abständen während der gesamten Versuchsperiode durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde die Teststrecke mit der Begleitheizung des Kreislaufsystems sowie mit einem regelbaren 120 kW-Erhitzer auf das jeweils gewünschte Temperaturniveau erwärmt. Die Messungen erfolgten bei vier verschiedenen Temperaturniveaus (250, 300, 350 und 400 °C) und in der Versuchsserie TEGENA 2 auch bei vier verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten des Natriums (0.5, 1, 2 und 4 m/s).

Die Gleichmäßigkeit der aufgezeichneten Temperatursignale hängt hauptsächlich ab von:

- der Güte der isothermen Bedingungen in der Teststrecke, räumlich wie auch zeitlich;
- der Qualität der Meßfühler;
- der Genauigkeit des Datenerfassungssystems.

6.2.1 Isotherme Versuche - Wandtemperaturen

Die im isothermen Versuch I01T250 der Versuchsserie TEGENA 1 bei ~ 300 °C gemessenen Wandtemperaturen sind in Fig. 14 über dem Kanalumfang CP aufgetragen. Die Streuung der 126 Temperaturen beträgt maximal ± 0.3 K mit zwei Ausnahmen in den Meßebenen ME1 und ME5. Der Mittelwert MIT liegt 1.05 K oberhalb der Referenztemperatur TRF = 0.5 (PT3 + PT2). Die Eichgenauigkeit

der Widerstandsthermometer PT3 und PT2 bis 500 °C beträgt nach Angaben des Herstellers ± 0.2 K.

Die wellenförmige Verteilung der Temperaturen am Umfang des Rechteckkanals beruht auf der unterschiedlichen thermischen Isolation der kurzen und der langen Kanalwände. Die stärkere Luftschicht in der Mitte der langen Kanalwände führt zu höheren Temperaturen. Die Schwankungsbreite der Temperaturen am Kanalumfang aufgrund der leicht unterschiedlichen thermischen Isolation beträgt für dieses Beispiel etwa ± 0.3 K.

In Fig. 15 sind für das Temperaturniveau von ~ 300 °C neben dem oben beschriebenen Versuch I01T250 die zu anderen Zeitpunkten gemessenen Temperaturen der Versuche I07T250 und I52T250 dargestellt; die Reynolds-Zahlen sind um 44 % bzw. 24 % höher. Die zu beobachtenden Änderungen der Temperaturen untereinander sind im Mittel < 0.1 K. Die Abweichungen der Mittelwerte MIT aus jeweils 126 Meßwerten von den zugehörigen Referenztemperaturen TRF betragen in der zeitlichen Reihenfolge der Messungen 1.1 K; 0.8 K; 0.4 K.

Die in der Versuchsserie TEGENA 2 bei drei verschiedenen Temperaturniveaus (300, 350 und 400 °C) und bei konstanter mittlerer Strömungsgeschwindigkeit von $U_B = 0.5$ m/s gemessenen Wandtemperaturen sind in Fig. 16 dargestellt. Die Messungen zeigen geringe Temperaturunterschiede am Kanalumfang von etwa 1 K, die mit der Höhe des Temperaturniveaus leicht zunehmen.

In einem um den Faktor 20 vergrößerten Temperaturmaßstab sind die Wandtemperaturen in den fünf Meßebenen bei einem Niveau von etwa 300 °C und für vier verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten (0.5, 1, 2 und 4 m/s) in Fig. 17 dargestellt. Der Unterschied der Absoluttemperatur bei den verschiedenen Geschwindigkeiten beruht auf den jeweils zufällig vorhandenen stationären isothermen Bedingungen in der Teststrecke. Die Messungen zeigen, daß die Temperaturunterschiede in den 5 Meßebenen etwa 0.5 K betragen. Am Umfang des Rechteckkanals variieren die Temperaturen, abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Natriums, zwischen 0.7 und 1.3 K. Die höchsten Temperaturen wurden bei allen Null-Versuchen jeweils in der Mitte der langen Seiten des Rechteckkanals (B und D) gemessen. Dies liegt an der ringförmigen Isolation des Rechteckkanals, die eine unterschiedliche Stärke der eingeschlossenen Luftschicht aufweist und so zu einer gleichmäßigen, geringfügigen Störung des Temperaturfeldes im Querschnitt des Rechteckkanals führt. Die Störung des iso-

thermen Temperaturfeldes im Querschnitt des Rechteckkanals ist abhängig vom Temperaturniveau und von der Strömungsgeschwindigkeit. Bei 300 °C betragen die maximalen Temperaturvariationen am Kanalumfang 1.3 K bei $UB = 0.5$ m/s und 0.7 K bei $UB = 4$ m/s; bei 400 °C betragen die entsprechenden Werte 1.6 und 1.0 K.

Bei der Wiederholung der Messung von 120 Wandtemperaturen ergaben sich bei dem Temperaturniveau von 400 °C und der mittleren Strömungsgeschwindigkeit von $UB = 0.5$ m/s maximale Abweichungen von 0.25 K. Die Abweichungen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Meßwerten waren immer kleiner als 0.1 K. Daraus folgt, daß der relative Meßfehler der Datenerfassungsanlage kleiner als 0.1 K ist.

Während der Versuchsserie 2 versagten zwei von 126 Wandthermoelementen nach einigen Tagen. Auf die Versuchsergebnisse wirkten sich diese Ausfälle praktisch nicht aus, weil die beiden fehlerhaften Wandtemperaturen durch Mittelwertbildung von Signalen der entsprechenden Fühler in benachbarten Meßebenen ersetzt werden konnten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- Bei gleicher thermischer Isolation in axialer Richtung beträgt die Streubreite der Wandthermoelemente etwa 0.5 K.
- Wegen geringer Unterschiede der thermischen Isolation am Umfang des Rechteckkanals ergeben sich abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Natriums Temperaturvariationen der Wandthermoelemente zwischen 0.7 und 1.3 K.

Bei Beheizung der Stäbe sind die geringen Unterschiede der thermischen Isolation am Umfang des Rechteckkanals in gleicher Weise wirksam wie bei Nulleistung. Es wurde deshalb keine Korrektur der Wandtemperaturen vorgenommen.

6.2.2 Isotherme Versuche - Fluidtemperaturen

In Fig. 18 sind für die acht Sonden-Thermoelemente die aus den drei isothermen Versuchen gemittelten Abweichungen als Funktion der Referenztemperatur aufgetragen. Es besteht eine deutliche Temperaturabhängigkeit mit linearer Charakteristik. Die jeweils durch vier Punkte gelegten Geraden wurden nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate ermittelt. Bei der Auswertung der mit den Sondenthermoelementen gemessenen Fluidtemperaturen erfolgte eine

Korrektur mit Hilfe der Geraden-Gleichungen; der dabei gemachte Fehler ist kleiner als 0.1 K.

Die Thermoelemente der Sonden S1 und S2 (Versuchsserie TEGENA 1) zeigen im untersuchten Temperaturbereich hauptsächlich negative Abweichungen DTR von der Referenztemperatur TRF. Hier handelt es sich um Miniatur-Thermoelemente mit Bornitrid-Isolation an der Meßspitze. Die Abweichungen der 0.24 mm dicken Thermoelemente der Sonde S1 von der Referenztemperatur sind bei Temperaturen $> 350\text{ °C}$ etwa doppelt so groß wie diejenigen der 0.38 mm dicken Thermoelemente der Sonde S2.

Die maximale absolute Abweichung DTR des Thermoelementes TE14 der Sonde S1 bei 400 °C beträgt 3.7 K bzw. 1,9 K des Thermoelementes TE24 der Sonde S2. die maximale relative Abweichung bei 400 °C von Thermoelementen der Sonde S1 beträgt 0.7 K bzw. 1.2 K bei der Sonde S2.

Die TEGENA 1-Experimente wurden in einem Temperaturbereich von 260 bis 380 °C durchgeführt. In diesem Bereich ist die maximale Abweichung zwischen zwei Sondenthermoelementen rund 1 K (TE 21 und TE 24). Würde die oben beschriebene Korrektur dieser Thermoelemente nicht erfolgen, so würde bei gemessenen mittleren Temperaturgradienten von z.B. 1 K/mm zwischen den Thermoelementen TE 21 und TE 24 (Mittenabstand rund 2 mm) ein Fehler von $\sim 50\%$ entstehen. Durch die Meßwertkorrektur kann dieser Fehler auf 5 bis 10 % reduziert werden.

Die gemessenen Abweichungen des Eintritts-Thermoelementes TEN sowie des Austritts-Thermoelementes TAS von der Referenztemperatur sind ebenfalls in Fig. 18 eingetragen. Das Eintritts-Thermoelement TEN hat eine von 3 mm auf 1.5 mm verjüngte Meßspitze, die mit Magnesiumoxid gegen den Mantel isoliert ist. Es zeigt eine deutliche Temperaturabhängigkeit mit linearer Charakteristik, im untersuchten Temperaturbereich sind die Abweichungen positiv und nehmen mit steigender Temperatur zu. Das Austritts-Thermoelement TAS hat einen Durchmesser von 3 mm und eine mit MgO isolierte Meßspitze. Die gemessenen Abweichungen liegen im untersuchten Temperaturbereich rund 2.5 K über der Referenztemperatur und zeigen einen linearen Verlauf mit leicht fallender Tendenz. Die gemessenen Abweichungen der 126 Wand-Thermoelemente werden durch den schraffierten Bereich in Fig. 18 beschrieben. Die Temperaturabhängig-

keit ist gering. Die Abweichungen betragen im Mittel plus 0.8 K, die Streubreite beträgt ± 0.4 K.

Die Thermoelemente der Sonden S1 und S2 (Versuchsserie TEGENA 1) zeigen im untersuchten Temperaturbereich hauptsächlich negative Abweichungen DTR von der Referenztemperatur TRF. Hier handelt es sich um Miniatur-Thermoelemente mit Bornitrid-Isolation an der Meßspitze. Die Abweichungen der 0.24 mm dicken Thermoelemente der Sonde S1 von der Referenztemperatur sind bei Temperaturen >350 °C etwa doppelt so groß wie diejenigen der 0.38 mm dicken Thermoelemente der Sonde S2.

Für die Thermoelemente der Sonden P1 und P2 (Versuchsserie TEGENA 2) ergaben die isothermen Messungen eine geringere Temperaturabhängigkeit im Vergleich zu den Sonden S1 und S2. Die maximale Abweichung zwischen den fünf Thermoelementen der Sonde P1 lag bei 400 °C und betrug 1.2 K. Die maximale Abweichung zwischen den fünf Thermoelementen der Sonde P2 bei 400 °C betrug 4 K; zwischen den vier quadratisch angeordneten Thermoelementen betrug die maximale Abweichung jedoch nur 0.6 K. Das Zentralthermoelement TC25 hat deutlich kleinere Abmessungen und eine anders ausgeführte Meßstelle, so erklärt sich die abweichende Charakteristik.

Wie bei Thermoelementen der Sonden S1 und S2, so erfolgte auch bei den Thermoelementen der Sonden P1 und P2 eine Meßwertkorrektur mit Hilfe von Geraden-Gleichungen. Für sämtliche Sondenthermoelemente sowie für die Thermoelemente TEN und TAS sind die bei der Auswertung verwendeten Geradengleichungen in Tab. 4 zusammengestellt.

Im Verlauf der TEGENA 1-Versuchsperiode konnten aufgrund der isothermen Versuche bei den Thermoelementen der Sonden S1 und S2 keine Veränderungen festgestellt werden. Im Verlauf der TEGENA 2-Versuchsperiode ergab sich jedoch unter anderem aus den isothermen Versuchen:

- Das Thermoelement TC12 der Sonde P1 wurde nach vier Wochen defekt.
- Das Thermoelement TC21 der Sonde P2 funktionierte nicht immer zuverlässig.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- Die Charakteristik der Abweichungen der Meßwerte der Sondenthermoelemente von den als Referenzelemente verwendeten Platinwiderstandsther-

metern ist linear und leicht temperaturabhängig im untersuchten Temperaturbereich (250 ... 400 °C).

- Die Änderungen der Thermoelement-Charakteristiken während der jeweiligen Versuchsperiode war, bis auf zwei Ausnahmen, vernachlässigbar klein.
- Bei der Auswertung aller zeitlich gemittelten Sondentemperaturen erfolgte eine Meßwertkorrektur auf der Basis der isothermen Messungen.

6.3 Wandtemperaturverteilungen bei Gleichlast

Die gemessenen Wandtemperaturen in den Strukturen (Rechteckkanal) sind eine notwendige Randbedingung für die Beurteilung der im Fluid gemessenen Temperaturverteilungen. Von besonderer Bedeutung ist die Frage: Ist die Strömung in der Hauptmeßebene ME6 (Fluidtemperaturen) bei gleichmäßiger Beheizung des 4-Stabbündels thermisch eingelaufen?

Zunächst sollen die in fünf Meßebenen gemessenen Wandtemperaturverteilungen an einem Beispiel beschrieben werden.

Für das gleichmäßig beheizte Bündel ist die Verteilung der Wandtemperatur am äußeren Umfang des Rechteckkanals als Funktion der beheizten Länge in Fig. 19 dargestellt. Die Messungen erfolgten bei einer Reynolds-Zahl $Re = 60100$, das entspricht einer mittleren Bündelgeschwindigkeit von $UB = 1.91$ m/s. Mit einer zugeführten elektrischen Gesamtleistung von 396 kW ergibt sich eine mittlere Wärmestromdichte an der Staboberfläche von $QH = 50$ W/cm² und eine mittlere Kühlmittelaufheizung bis zur Meße Ebene ME6 von 96 K. Die Wärmestromdichten der einzelnen Stäbe unterscheiden sich um maximal 1.5 %. In der unbeheizten Bündelzone sind die Temperaturen am Kanalumfang konstant (Meße Ebene ME0, Symbol 0). In den Meße Ebenen der beheizten Zone (ME1 bis ME5) treten Temperaturspitzen an den engsten Spalten zwischen den Heizstäben und der Kanalwand auf, an diesen Stellen ist die Wärmeabfuhr durch das Kühlmittel am geringsten. Die Temperatursenken liegen jeweils in der Unterkanalmitte. Die maximalen Temperaturunterschiede zwischen Kühlkanalmitte und engster Stelle liegen bei diesem Versuch zwischen rund 5K (ME1) und rund 12K (ME5); Einzelheiten können der Meßwert-Tabelle im Anhang entnommen werden. Die Variation der Temperaturen am Umfang des Rechteckkanals nimmt mit der beheizten Länge bis zur Meße Ebene ME2 ($LH/DH = 60$) stark zu und steigt danach nur noch schwach an. Der Unterschied der Temperaturvariation zwischen den Meße Ebenen ME4 und ME5 beträgt nur noch etwa 5 %. Man kann aus diesen Wandtempera-

turmessungen schließen, daß die Temperaturverteilung der Strömung nach einer beheizten Länge von 60 hydraulischen Durchmessern (ME2) derjenigen nach 195 hydraulischen Durchmessern (ME5) schon sehr ähnlich ist. Für die Hauptmeßebe-
ne ME6 (Fluidtemperaturen) nach einer beheizten Länge von 201 hydraulischen Durchmessern bedeutet dies, daß hier die Strömung thermisch weitgehend eingelaufen ist; das heißt, die beheizte Länge des Bündels wurde bei der Auslegung der Teststrecke mit rund 2.5 m ausreichend bemessen.

Um den Einfluß der Reynolds-(Péclet-)Zahl auf die Ausbildung des thermischen Einlaufs zu untersuchen, wurden in der Versuchsserie TEGENA 1 drei Versuchsreihen (WO3 A120, WO5 A075, WO5 B075) gefahren, deren kennzeichnende Versuchsparameter in Tab. 3 zusammengestellt sind. Die bei unterschiedlichen Wärmestromdichten und unterschiedlichen Kühlmittelaufheizungen gemessenen Temperaturverteilungen sind in ihrem Verlauf ähnlich wie die in Fig. 19 dargestellten. Es wurden nun in jeder Meßebe-
ne die maximalen Temperaturdifferenzen am gesamten Kanalumfang ΔT_{CP} ermittelt und mit der mittleren Kühlmittelaufheizung DT normiert. Die so gewonnenen normierten Temperaturdifferenzen $\Delta T_{CP}/DT$ sind in den Fig. 20, 21 und 22 über der beheizten Länge aufgetragen. Parameter ist der durch die Reynoldszahl gekennzeichnete Strömungszustand. Fig. 20 zeigt die Verhältnisse für eine mittlere Kühlmittelaufheizung von $DT \approx 95$ K. Die Fig. 21 und 22 zeigen die Verhältnisse für eine mittlere Kühlmittelaufheizung von $DT \approx 72$ K, wobei die in Fig. 22 dargestellten Ergebnisse aus Wiederholungsversuchen stammen.

Die Kurvenverläufe in Fig. 20 zeigen, daß die wesentliche Ausbildung des Temperaturfeldes im Rechteckkanal für alle untersuchten Strömungszustände ($24000 \leq RE \leq 76000$, $140 \leq PE \leq 440$) bis zu einer beheizten Länge von rund 60 hydraulischen Durchmessern (ME2) erfolgt. Die vier Heizstäbe, die natriumdurchströmten Unterkanäle des Bündels und der umschließende Rechteckkanal bilden ein thermisch gekoppeltes System. Deshalb kann man folgern, daß auch die wesentliche Ausbildung des Temperaturfeldes in der Natriumströmung bis zur Meße-
ebene ME2 (60 DH) erfolgt ist. Für kleinere Reynoldszahlen ($RE \leq 30000$) ist die Strömung nach 60 DH thermisch weitgehend eingelaufen. Die Änderung des Temperaturfeldes bis rund 200 DH beträgt nur noch 10 %. Für größere Reynoldszahlen von 76000 ($PE \approx 440$) ändert sich das Temperaturfeld zwischen den Meße-
ebenen ME2 und ME5 noch um 50 % und zwischen den Meßebe-
nen ME4 und ME5 nur noch um 7 %. Für diesen Strömungszustand ist die Strömung also nach rund 200 DH thermisch weitgehend eingelaufen.

Die Fluidtemperaturen in der Meßebene ME6 (= 201 DH) wurden bei maximalen Reynolds-Zahlen von etwa 60000 gemessen. Für diesen Strömungszustand beträgt die Änderung des Temperaturfeldes im Rechteckkanal von ME4 bis ME5 rund 3 %. Nimmt man an, daß die Änderung des Temperaturfeldes in den natriumdurchströmten Unterkanälen derjenigen im Rechteckkanal ähnlich ist, dann gilt: Die Messung sämtlicher Fluidtemperaturen bei voll beheiztem Bündel erfolgte bei thermisch weitgehend eingelaufener Strömung. Die bei der Heizstabfertigung festgelegte beheizte Länge von 2500 mm zur Erreichung einer thermisch eingelaufenen Strömung war also ausreichend bemessen.

Die Kurvenverläufe in den Fig. 21 und 22 aus den Versuchsreihen W05 A075 und W05 B075 sind eine Bestätigung für die zuvor beschriebenen und führen somit zu den gleichen vorgenannten Schlußfolgerungen.

Als Ergänzung und zum Vergleich sind an einem Beispiel aus der Versuchsserie TEGENA 2 die gemessenen Wandtemperaturverteilungen in Fig. 23 dargestellt. Bei voll turbulenter Strömung mit $Re = 68000$ ($Pe = 366$, $UB = 1.97$ m/s, $QH = 51$ W/cm²) sind die Temperaturprofile am Umfang des Rechteckkanals in allen fünf Meßebenen wieder regelmäßig. Die mittlere Temperaturvariation am Kanalumfang nimmt zunächst deutlich zu bis zu einer beheizten Länge von rund 100 hydraulischen Durchmessern (MP3), danach beträgt die Zunahme nur noch wenige Prozent. Bei Betrachtung der lokalen Temperaturverteilung findet man in der Umgebung der äußeren Stäbe H1 und H4 gewisse Asymmetrien. Der Grund hierfür ist vermutlich ein geringer Stabversatz aus der idealen Position heraus, wie dies durch Pfeile in Fig. 31 angedeutet ist.

Es wurden die Wandtemperatur-Verteilungen bei fünf verschiedenen Strömungszuständen im Bereich $3700 \leq Re \leq 68000$ ($21 \leq Pe \leq 366$) gemessen; die wesentlichen Versuchsparameter dieser Versuchsreihe aus der Versuchsserie TEGENA 2 sind in Tab. 4 zusammengestellt. Auch hier zeigte sich, daß die wesentlichen thermischen Einlaufvorgänge innerhalb der ersten 100 hydraulischen Durchmesser erfolgen. In der oberen Bündelhälfte sind die Temperaturprofile untereinander sehr ähnlich, die Änderungen der Temperaturvariationen am Kanalumfang betragen hier nur noch einige Prozent.

Durch eine weitergehende Analyse der im Bereich der einzelnen Unterkanäle gemessenen Temperaturdifferenzen kann gezeigt werden, daß der thermische

Einlauf dort am schnellsten erfolgt, wo die Heiz- und Kühlbedingungen symmetrisch sind. Das ist bei den zentralen Wandkanälen und jeweils bei den Eckkanälen der Fall. In den übrigen Bündelzonen erfolgt der thermische Einlauf langsamer und in einer nichtlinearen Abhängigkeit von der Re-Zahl bzw. der Wärmestromdichte bei konstanter Kühlmittelaufheizung. Die beiden folgenden Diagramme sollen dies beispielhaft veranschaulichen. In Fig. 24 sind lokale azimutale Temperaturdifferenzen (TV) im Bereich der zentralen Wandkanäle für verschiedene Re-Zahlen als Funktion der beheizten Länge aufgetragen. TV ist jeweils eine Temperaturdifferenz zwischen zwei benachbarten Wandthermoelementen in einer Meßebene, vergleiche Fig. 7. Die lokalen Temperaturdifferenzen TV sind mit der mittleren Kühlmittelaufheizung DTC normiert und die beheizte Länge LH ist mit dem mittleren hydraulischen Durchmesser im Bündel DH normiert. Die im Diagramm eingetragenen Punkte sind Mittelwerte aus den vier lokalen Temperaturdifferenzen (diese sind im Bündelquerschnitt markiert) im Bereich der zentralen Wandkanäle. Die Kurven für drei verschiedene Re-Zahlen zeigen einen stetigen Anstieg bis zu einer beheizten Länge von rund 100 DH und flachen dann bis 200 DH sehr stark ab. Weiter kann man dem Diagramm entnehmen, daß die normierten Temperaturdifferenzen TV/DTC oberhalb einer beheizten Länge von etwa 50 DH in beliebigen Unterkanalquerschnitten proportional zur Re-Zahl sind.

Ganz anders stellen sich die entsprechenden Verhältnisse für die mit den Eckkanälen gekoppelten Wandkanäle in Fig. 25 dar. Die in diesem Diagramm eingezeichneten Punkte sind Mittelwerte der vier im Bündelquerschnitt markierten Temperaturdifferenzen. Für Reynolds-Zahlen kleiner als 32000 ändern sich die normierten Temperaturdifferenzen schon nach rund 50 DH nicht mehr, außerdem sind sie deutlich kleiner als im zentralen Wandkanal. Bei stark turbulenter Strömung mit $Re = 68000$ dagegen ist der Kurvenverlauf im unteren Bündelteil sehr steil, erreicht bei $DH \approx 80$ ein Maximum und zeigt bei $DH = 200$ immer noch fallende Tendenz. Man kann vermuten, daß bei diesem Strömungszustand der thermische Ausgleich zwischen Eckkanal und benachbartem Wandkanal noch nicht abgeschlossen ist. Bei mittleren und kleinen Reynoldszahlen sorgt die hohe molekulare Wärmeleitfähigkeit bereits nach kurzen beheizten Längen für einen thermischen Ausgleich.

Der Verlauf der normierten lokalen Temperaturdifferenzen in der Meßebene MP5 ist als Funktion der Re-Zahl in Fig. 26 dargestellt. Die jeweils zwischen benachbarten Wandthermoelementen gemessenen Temperaturdifferenzen TV

sind für vergleichbare geometrische Bereiche im Meßquerschnitt mit gleichen Nummern versehen. Die im Diagramm dargestellten Kurven basieren auf den Mittelwerten gleichartiger Temperaturdifferenzen und sind durch die entsprechenden Nummern gekennzeichnet. Man erkennt, daß die normierten Temperaturdifferenzen TV/DTC für die vollsymmetrischen Bündelzonen (zentrale Wandkanäle, Eckkanäle) linear mit der Re-Zahl zunehmen (Kurven 1 bzw. 5). Für alle anderen Fälle ergibt sich eine nichtlineare Abhängigkeit von der Re-Zahl (Kurven 2, 3 und 4).

Zusammenfassend können aus den gemessenen Wandtemperaturverteilungen bei Gleichlast folgende Schlüsse gezogen werden:

- Aus der Entwicklung des Temperaturfeldes in der äußeren Bündelstruktur (Rechteckkanal) wird auf die Ausbildung des Temperaturfeldes in der Natriumströmung geschlossen, weil ein thermisch gekoppeltes System vorliegt.
- Für den Gleichlastfall (alle vier Stäbe sind beheizt) ist die Natriumströmung in der Hauptmeßebene ME6 nach einer beheizten Länge von rund 200 hydraulischen Durchmessern thermisch weitgehend eingelaufen.
- Die lokale Analyse gibt Hinweise, daß für größere Reynoldszahlen der thermische Ausgleich zwischen gekoppelten Unterkanälen unterschiedlicher Größe (Wandkanal/Eckkanal) auch nach 200 hydraulischen Durchmessern noch nicht abgeschlossen ist.

6.4 Fluidtemperatur- und RMS-Profile bei Gleichlast

In diesem Kapitel wird über Temperaturprofile berichtet, die mit den beweglichen Meßsonden auf Quertraversen (Y-Richtung) und Längstraversen (X-Richtung) in den Bündelunterkanälen gemessen wurden.

6.4.1 TEGENA 1, Profile auf X/Y-Traversen, Gleichlast

Die in der Versuchsserie TEGENA 1 gemessenen Fluidtemperatur-Profile sind in den Figs. 27-30 dargestellt. Das Bündel ist gleichmäßig mit 50 W/cm^2 beheizt und wird mit einer mittleren Natriumgeschwindigkeit von $UB \approx 1.90 \text{ m/s}$ ($RE \approx 60000$) durchströmt. Die mit der Sonde S2 auf Y-Traversen zwischen den beheizten Stäben H3 und H4 gemessenen Temperaturprofile sind in Fig. 27 (Bewegungsrichtung A, positive Y-Richtung bei der Sonde S2) und Fig. 28 (Bewegungsrichtung B, negative Y-Richtung bei der Sonde S2) dargestellt. Im Versuch F04Q12A.DAT wurden die Sonden jeweils mit zunehmender Meßkoordinate (DIR A) bewegt, im Versuch F04Q12B.DAT mit abnehmender Meßkoordinate (DIR B).

Die Bewegungsrichtungen sind in den Diagrammen mit eingezeichnet; DIR A bedeutet schiebende Bewegung der Meßschlitten, DIR B bedeutet ziehende Bewegung der Meßschlitten. Die beiden Meßtraversen haben konstante X-Koordinaten ($X_{21} = 86.96 \text{ mm}$, $X_{22} = 88.79 \text{ mm}$), sie liegen symmetrisch zur Mittellinie in Y-Richtung zwischen den Stäben H3 und H4. Die mit den vier Sondethermoelementen gemessenen Profile decken sich, sie haben in Wandkanalmitte einen steilen und linearen Verlauf und im engsten Spalt zwischen den Stäben ($Y = 16.2 \text{ mm}$) ein symmetrisches Maximum. Die Meßergebnisse sind praktisch unabhängig von der Bewegungsrichtung, wie ein Vergleich der Temperaturprofile in den Fig. 27 und 28 zeigt. Diese Messungen zeigen, daß eine symmetrische Strömungsverteilung sowie eine gleichmäßige Leistungsfreisetzung vorgelegen haben muß. Weiter kann man schließen, daß die Sondenpositionierung korrekt war und ebenfalls die Meßwertkorrektur auf der Basis der isothermen Messungen. Geringe Temperaturunterschiede zwischen den Meßkurven der Thermolemente TE21/TE22 und denen der Thermolemente TE24/TE23 beruhen auf kleinen Änderungen der Betriebsparameter, weil die Meßwerte an den gleichen Ortspositionen jeweils zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfaßt wurden.

Die mit der Sonde S2 auf X-Traversen parallel zur langen Kanalwand gemessenen Temperaturprofile sind in Fig. 29 (Bewegungsrichtung A, negative X-Richtung für Sonde S2) und Fig. 30 (Bewegungsrichtung B, positive X-Richtung für Sonde S2) dargestellt. Die Meßtraversen liegen auf den Y-Koordinaten $Y_{21} = 2.68 \text{ mm}$ und $Y_{24} = 0.85 \text{ mm}$, ihre Abstände zu den Heizstäben bzw. zur Kastenvand sind gleich. Die Meßkurven in Fig. 29 und Fig. 30 zeigen jeweils Minima in den Unterkanalmitten und Maxima in den engsten Spalten. Auch in X-Richtung sind die Meßergebnisse unabhängig von der Bewegungsrichtung der Sonde. Man erkennt eine leichte Verschiebung der Temperaturmaxima im engsten Spalt zwischen Stab H4 und der Kanalwand um ca. 1.5 mm zum Wandkanal hin. Die maximalen Temperaturen im engsten Spalt bei dem Stab H4 liegen nur etwa 4K über denen im engsten Spalt bei dem Stab H3, das entspricht rund 4 % der Kühlmittelaufheizspanne. Die mittleren Temperaturgradienten in Y-Richtung sind an den entsprechenden Stellen um etwa 12 % verschieden. Eine Erklärung hierfür ist die um rund 4 % höhere Stabileistung des Stabes H4 im Vergleich zum Stab H3, dies würde eine um 2.5 K höhere Kühlmittelaufheizung bedeuten. Dem entgegen steht aber die Tatsache, daß die Querschnittsfläche des Eckkanals um 22 % größer ist als die des halben Wandkanals und damit der Kühlkanalquerschnitt für den Stab H4 um 11 % größer ist als der für den Stab H3. Eine weitere

Erklärung für die Temperaturunterschiede in den engen Spalten wären Geometrieabweichungen der Stäbe H3 und H4 von der Idealgeometrie. Eine angenommene mittlere exzentrische Position von 0.1 mm des Stabes H3 in positiver Y-Richtung und des Stabes H4 in negativer Y-Richtung kann zu den gemessenen Temperaturunterschieden führen, wie Rechnungen mit einem Subchannel-Code gezeigt haben, vergleiche Kapitel 7. Die vertikalen Abstände zwischen den Kurvenpaaren geben mittlere Temperaturgradienten in Y-Richtung wieder. In den engsten Spalten ergeben sich maximale Werte von rund 3 K/mm, in den Unterkalmitten minimale Werte von 0.6 K/mm. Die maximalen Temperaturgradienten der gemessenen Kurven in X-Richtung betragen 2.2 K/mm.

Die in der Versuchsserie TEGENA 1 mit der Sonde S1 gemessenen Fluidtemperatur-Profile werden hier nicht beschrieben, weil der Sondenschaft leicht verbogen wurde und die Messungen nur eingeschränkt verwendet werden können; die erzielten Ergebnisse sind in /12/ dargestellt.

6.4.2 TEGENA 2, Profile auf X/Y-Traversen, Gleichlast

In der Versuchsserie TEGENA 2 wurden Fluidtemperaturmessungen auf Y- und X-Traversen mit ähnlichen Versuchsparametern wie in der Versuchsserie TEGENA 1 wiederholt. Hierbei ist zu beachten, daß neue Heizstäbe eingebaut waren und modifizierte Meßsonden mit etwas veränderter Geometrie verwendet wurden.

Die mit den Sonden P1 und P2 gemessenen Temperaturprofile auf parallelen Y-Traversen sind in den Fig. 31-34 dargestellt. Die gleichzeitig gemessenen RMS-Werte der Temperaturfluktuationen sind ebenfalls eingezeichnet. Die Meßtraversen haben jeweils konstante X-Koordinaten. Für die Sonde P1 liegen diese mit $X_{11} = 31.66$ mm und $X_{12} = 29.61$ mm symmetrisch zwischen den beheizten Stäben H1 und H2, für die Sonde P2 liegen sie mit $X_{21} = 86.57$ mm und $X_{22} = 89.22$ mm symmetrisch zwischen den beheizten Stäben H3 und H4. Im Versuch M332.DAT wurden die Sonden jeweils mit zunehmender Meßkoordinate (DIR A) bewegt, im Versuch M334.DAT mit abnehmender Meßkoordinate (DIR B). Die Bewegungsrichtungen sind in den Diagrammen mit eingezeichnet; DIR A bedeutet schiebende Bewegung der Meßschlitten, DIR B bedeutet ziehende Bewegung der Meßschlitten. Folgendes ist aus den auf Y-Traversen gemessenen Profilen zu erkennen: Die mit den vier Sondenthermoelementen gemessenen Temperaturprofile decken sich bei beiden Sonden, weil die Temperaturverteilung in X-Richtung in bezug auf die parallelen Meßtraversen symmetrisch ist.

Ausgeprägte Temperaturmaxima liegen in den engsten Spalten zwischen den beheizten Stäben. Genau an diesen Stellen zeigen die RMS-Profile ausgeprägte Minima. Die Temperaturfluktuationen sind also dort am niedrigsten, wo die Temperaturgradienten in der Bewegungsrichtung der Meßfühler zu Null werden, dies ist plausibel. Umgekehrt haben die RMS-Profile ihre Maxima dort, wo die Temperaturgradienten am größten sind. Die jeweils in entgegengesetzter Richtung (DIR A/B) aufgezeichneten Profile (Fig. 31 und 32 für Sonde P1, Fig. 33 und 34 für Sonde P2) liefern gleiche Ergebnisse. Durch geringe Änderungen der Versuchsparameter vom Versuch M332 zum Versuch M334 haben sich jeweils die Temperaturniveaus um wenige Grad verändert. Dies kommt durch die leicht veränderte Lage der Temperaturprofile zum Ausdruck. Die RMS-Profile sind in beiden Versuchen jedoch vollkommen deckungsgleich, weil die Temperaturgradienten sich praktisch nicht geändert haben. Die auffälligen Abweichungen der Temperaturmaxima und der RMS-Minima von der geometrischen Mitte ($Y = 16.2 \text{ mm}$) bei der Sonde P2 (Fig. 33 und 34) deuten auf geometrische Verschiebungen der beiden Stäbe H3 und H4 oder eines von beiden hin. Die Unterschiede der RMS-Werte im Bereich maximaler Temperaturgradienten deuten darauf hin, daß die Thermoelementspitzen von TC21 und TC24 bzw. TC23 und TC22 nicht exakt auf jeweils den gleichen Y-Traversen verschoben wurden.

Die bei ähnlichen Versuchsparametern auf X-Traversen gemessenen Temperaturprofile und die zugehörigen RMS-Profile sind in den beiden folgenden Diagrammen dargestellt. Die Thermoelemente der Sonde P1 wurden dabei zwischen den Heizstäben H1, H2, H3 und der langen Kanalwand auf den wandparallelen X-Traversen mit den festen Y-Koordinaten $Y_{11} = 29.39 \text{ mm}$ und $Y_{14} = 31.44 \text{ mm}$ verschoben (Fig. 35). Die Thermoelemente der Sonde P2 wurden zwischen den Heizstäben H2, H3, H4 und der gegenüberliegenden langen Kanalwand auf den X-Traversen im Abstand $Y_{21} = 3.14 \text{ mm}$ und $Y_{24} = 0.48 \text{ mm}$ verschoben (Fig. 36) Wie bei den Messungen in der Versuchsserie TEGENA 1 (vergleiche Figs. 29 und 30) zeigen auch hier die mittleren Temperaturprofile ausgeprägte Maxima in den engsten Spalten zwischen den Heizstäben und der Kanalwand. Die Temperaturminima liegen jeweils dazwischen in den Unterkanalmitten. Die maximalen Temperaturvariationen in X-Richtung betragen etwa 22 K. Die Amplitudendifferenz zwischen beiden Kurvenpaaren ist jeweils ein Maß für den mittleren Temperaturgradienten in Y-Richtung an einer bestimmten X-Position. Die mittleren Temperaturgradienten in Y-Richtung variieren etwa zwischen 1 K/mm (Unterkanalmitte) und 3 K/mm (engster Spalt). Die mittlere Temperatur der wellenförmigen Temperaturprofile nimmt zur Bündelmitte hin

ab. Diese Tendenz wurde auch bei den Messungen in der Versuchsserie TEGENA 1 beobachtet (vergleiche Figs. 29 und 30). Die parallel zu den mittleren Temperaturen aufgezeichneten RMS-Werte der Temperaturfluktuationen zeigen wie schon auf den Y-Traversen Maxima in Bereichen mit großen Temperaturgradienten. Die Minima der RMS-Profile liegen dort wo die Temperaturgradienten zu Null werden.

In der Versuchsserie TEGENA 2 wurden bei Gleichlast (alle Stäbe sind beheizt) Temperaturprofile und zugehörige RMS-Profile auf Y- und X-Traversen bei insgesamt 5 verschiedenen Strömungszuständen gemessen ($Re \approx 4000, 8000, 16000, 32000, 64000$). Die gemessenen Profile für den Fall $Re \approx 16000$ ($Pe \approx 90$) sind in den Fig. 37 und 38 (Y-Traversen) sowie den Fig. 39 und 40 (X-Traversen) dargestellt. Die Kurvenverläufe entsprechen weitgehend denen bei hohen Re-Zahlen, obwohl die Wärmestromdichten, die maximalen Temperaturvariationen, die Temperaturgradienten sowie die maximalen RMS-Werte etwa um einen Faktor 5 kleiner sind. Die in Y-Richtung gemessenen Temperatur- und RMS-Profile sind denen bei hohen Re-Zahlen sehr ähnlich, Maxima und Minima sind ausgeprägt und liegen an den gleichen Orten. Die in X-Richtung gemessenen Temperatur- und RMS-Profile zeigen im Vergleich zu denen bei hohen Re-Zahlen bei genauerer Betrachtung jedoch charakteristische Unterschiede. Die mit beiden Sonden gemessenen Temperaturprofile zeigen in den engen Spalten der Zentralstäbe H3 und H4 deutlich verschiedene Maxima. Dies ist unerwartet und nicht ohne weiteres zu erklären. Man kann vermuten, daß die zentralen Stäbe bei diesem Betriebszustand geringfügig aus ihrer idealen Position verschoben sind und zwar der Stab H2 in positiver und der Stab H3 in negativer Y-Richtung. Ob bei diesem Strömungszustand ($Re \approx 16000, Pe \approx 90$) bereits Mischkonvektion zu den beobachteten Temperaturgleichmäßigkeiten führen kann, wäre eine Frage, die nur durch weitere Untersuchungen geklärt werden kann (vgl. Fig. 31-36, $Re \approx 68000$). Während die RMS-Kurven auf den Y-Traversen noch ausgeprägte Maxima und Minima besitzen, sind die Extremwerte auf den X-Traversen nur noch für die Thermoelemente TC21 und TC22 der Sonde P2 deutlich sichtbar (Fig. 40). Die auf der wandnahen Traverse (Wandabstand $Y_{24} = Y_{23} = 0.46$ mm) bewegten Thermoelemente TC24 und TC23 zeigen praktisch keine Änderungen der Temperaturfluktuationen mehr. Dasselbe gilt für alle Thermoelemente der Sonde P1 (Fig. 39). Hieraus kann man folgern, daß die Thermoelemente mit den nicht isolierten Meßspitzen der Sonde P2 eine höhere Empfindlichkeit aufweisen als die Thermoelemente mit isolierten Meßspitzen der Sonde P1. Die Unterschiede der RMS-Werte verschiedener Thermoelemente gleicher Bauart (isolierte oder

nicht isolierte Meßstelle) im Bereich $0.1 \leq \text{RMS [K]} \leq 0.3$ beruhen wahrscheinlich auf dem unterschiedlichen geometrischen Aufbau der Meßspitzen; sie könnten dann größtenteils durch Eichung eliminiert werden.

Für drei verschiedene Re-Zahlen ($Re \approx 8000, 16000, 32000$) sind die mit der Sonde P1 gemessenen Temperatur-Profile und die zugehörigen RMS-Profile in Fig. 41 dargestellt. Die Sonde wurde in Y-Richtung auf der Symmetrielinie zwischen den Heizstäben H1 und H2 verschoben, die dabei mit den vier Thermoelementen TC11, TC12, TC13 und TC14 gemessenen Temperaturen sind aus Symmetriegründen weitgehend identisch, das gleiche gilt für die vier RMS-Profile. Alle im Diagramm dargestellten Kurven sind jeweils Mittelwertkurven aus vier von den genannten Thermoelementen erzeugten Kurven. Die Versuchsparameter für die Kurven 1 bis 3 sind in Fig. 41 mit angegeben. Die Temperaturkurven (oben im Diagramm) zeigen über den größten Teil des Wandkanals einen gleichförmigen Anstieg zur Bündelmitte und durchlaufen im engsten Spalt zwischen den Heizstäben ein ausgeprägtes Maximum. Erst wenige Millimeter vor der unbeheizten Kanalwand - die Größenordnung ist die Spaltweite von 3.7 mm - nehmen die Temperaturgradienten sichtbar ab; der Abstand des wandnächsten Meßpunktes beträgt 1.5 mm. Bei den Temperaturkurven 1 und 2 beobachtet man einen leichten Versatz der Temperaturmaxima von der geometrischen Mitte ($Y = 16.2 \text{ mm}$) von etwa -0.5 mm bzw. $+0.5 \text{ mm}$. Die parallel mit den mittleren Temperaturen aufgezeichneten RMS-Werte der Temperaturfluktuationen sind im unteren Teil des Diagramms dargestellt. Für die hier beschriebenen Beispiele liegen die RMS-Werte zwischen 0.2 und 1.3 K. Die RMS-Kurven haben jeweils dort ein Maximum, wo die Temperaturgradienten in Y-Richtung am größten sind. In X-Richtung sind die Temperaturgradienten an den Meßfühlern außerhalb des engsten Spaltes vernachlässigbar klein. Ausgeprägte Minima weisen die RMS-Kurven übereinstimmend an der Stelle $Y = 16.2 \text{ mm}$ im engsten Spalt zwischen den Stäben auf, ein leichter Versatz wie bei den Temperaturmaxima ist hier nicht zu erkennen. Absolut unterscheiden sich die RMS-Werte hier um etwa 0.2 K, weil im Bereich des engsten Spaltes die Temperaturgradienten in X-Richtung nicht ganz zu vernachlässigen sind. In einem Abstand 1.5 mm von der unbeheizten Kastenwand stimmen die RMS-Werte für die drei untersuchten Strömungszustände fast überein, die Temperaturgradienten in Y-Richtung unterscheiden sich also kaum noch voneinander. Die mit der Sonde P2 gemessenen Temperatur- und RMS-Profile sind weitgehend identisch mit den zuvor beschriebenen.

Die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse soll mit den folgenden vier Abbildungen (Fig. 42-45) demonstriert werden. Es handelt sich um die aus drei verschiedenen Versuchen mit ähnlichen Versuchsparametern (Tab. 5) ermittelten Profile von jeweils zwei Thermoelementen der Sonde P1 (Fig. 42 und 43) und der Sonde P2 (Fig. 44 und 45). Die Versuche wurden bei $Re \approx 33000$ und $QH \approx 21 \text{ W/cm}^2$ gefahren. Im Rahmen der Meßgenauigkeit (vergleiche Kapitel 8), der leicht unterschiedlichen Betriebszustände (Eintrittstemperatur, Leistung, Massenstrom) sowie der geringen Abweichungen vom voll stationären Zustand ist die Reproduzierbarkeit der Meßkurven gut. Die Maxima und Minima der Kurven liegen bei allen drei Versuchen an den gleichen Y-Positionen. Der unterschiedliche Verlauf der RMS-Kurven von Fig. 42 und 43 bzw. von Fig. 44 und 45 beruht auf dem unterschiedlichen Abstand der jeweiligen Thermoelemente zu den langen Wänden des Rechteckkanals, siehe Tab. 7. Erwähnt werden sollte an dieser Stelle, daß die mittleren Temperaturänderungen der wellenförmigen Temperaturprofile in X-Richtung stetig sind, aber in entgegengesetzter Richtung verlaufen wie diejenigen bei höherer Reynolds-Zahl und Leistung (vergleiche Fig. 35 und 36, $Re \approx 68000$, $QH \approx 51 \text{ W/cm}^2$). Auch dies kann wahrscheinlich nur mit einer leicht veränderten Stabposition im Rechteckkanal erklärt werden.

Zusammenfassend kann für die bei Gleichlast auf Y- und X-Traversen gemessenen Fluidtemperatur- und RMS-Profile festgestellt werden:

- Die Messungen in der Hauptmeßebeine ME6 erfolgten bei einem Strömungszustand, den man als weitgehend thermisch eingelaufen bezeichnen kann.
- Ausgeprägte Maxima der Fluidtemperatur-Profile treten in den engsten Spalten der Kühlkanäle auf.
- Die Minima der Fluidtemperatur-Profile befinden sich in den Unterkanalmitten an der unbeheizten Wand.
- Die maximalen Temperaturfluktuationen (Maxima der RMS-Profile) treten in den Bereichen mit den größten Temperaturgradienten auf.
- Die geringsten Temperaturfluktuationen sind immer dort, wo die Temperaturgradienten verschwinden, also an den Stellen der Temperatur-Maxima und -Minima.
- Bei mittleren und kleinen Reynolds- und Péclet-Zahlen ($Re \leq 30000$, $Pe \leq 170$) trägt die große molekulare Wärmeleitung des Natriums verstärkt zum Temperatenausgleich bei.
- Mit beiden Temperatursonden P1 und P2 wurden vergleichbare Ergebnisse erzielt.

- Verschiedene Thermoelemente auf gleichen Meßtraversen liefern die gleichen Ergebnisse.
- Die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse ist gut.
- Möglicherweise vorhandene Mischkonvektion bei niedrigen Re-Zahlen ($Re \leq 16000$) kann nur durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

6.5 Wandtemperaturverteilung bei Schiefkast

In der Versuchsserie TEGENA 1 wurden bei Beheizung beider und einzelner Außenstäbe eine Vielzahl von Schiefkastversuchen durchgeführt (Tab. 6). In Fig. 46 sind die Wandtemperaturprofile bei Beheizung der Außenstäbe H1 und H4 dargestellt. Im Bereich der beheizten Zonen steigen die Temperaturvariationen am Umfang des Rechteckkanals mit zunehmender beheizter Länge bis zur Meßebene ME4 in ähnlicher Weise an wie bei dem voll beheizten Bündel. In der Meßebene ME5 ist jedoch eine deutliche Änderung des Temperaturprofils in den engsten Spalten zwischen den beheizten Stäben und den langen Kastenwänden zu erkennen. Hier hat offensichtlich ein zweiter thermischer Einlaufvorgang eingesetzt.

Wird bei gleicher Reynoldszahl ($Re \approx 61000$) nur ein Außenstab H1 beheizt (Fig. 47), dann ergeben sich ähnliche Temperaturverteilungen wie bei Beheizung mit beiden Außenstäben. Der gegenseitige Einfluß über zwei unbeheizte Stäbe hinweg ist also vernachlässigbar klein. Verringert man jetzt aber die Reynoldszahl auf die Hälfte ($Re \approx 30000$), dann erfolgt eine deutliche Änderung der Temperaturprofile bereits in der Meßebene ME3 (Fig. 48). Bei nochmaliger Halbierung der Reynoldszahl ($Re \approx 15000$) ändern sich die Temperaturprofile bereits in der Meßebene ME2 (Fig. 49). Bei Schiefkast setzt also ein zweiter thermischer Einlaufvorgang ein, dessen Beginn und Entwicklung vom Strömungszustand abhängt. Bei kleinen Reynoldszahlen bewirkt die große molekulare Wärmeleitung des Fluids offenbar, daß dieser zweite thermische Einlauf schon bei kleinen beheizten Längen beginnt.

In der Versuchsserie TEGENA 2 wurden die Verteilungen der Wandtemperaturen systematisch für fünf verschiedene Beheizungszustände des Bündels ermittelt (Gleichlast als Referenzfall und vier Schiefkastfälle, Tab. 6). Die gemessenen Wandtemperatur-Profile am Umfang des Rechteckkanals in fünf Meßebenen (MP1... MP5) sind in den Fig. 50 bis 53 dargestellt. Bei diesen Versuchen wurden folgende Parameter konstant gehalten: die Reynolds-Zahl mit $Re \approx 30000$

(Péclet-Zahl $Pe \approx 180$, mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Bündel $UB \approx 1$ m/s), die Wärmestromdichte an der Oberfläche der beheizten Stäbe mit $QH \approx 21$ W/cm². Die mittlere Kühlmittelaufheizung DTC war mit rund 80, 60 und 40 K proportional zu der im Bündel erzeugten elektrischen Leistung. Die Temperaturvariationen am Umfang des Rechteckkanals steigen mit zunehmender beheizter Länge. Für den Fall der Gleichlast mit vier beheizten Stäben (Fig. 50) nimmt die Temperaturvariation am Kanalumfang in der Meßebene MP5 im Vergleich zu MP4 nur noch wenig zu; dies bedeutet, daß die Strömung nach einer beheizten Länge von rund 200 hydraulischen Durchmessern thermisch weitgehend eingelaufen ist. Für die vier Schiefastfälle (Fig. 51 bis 53) verändern sich dagegen die Temperaturprofile jedoch bereits in der Meßebene MP2 bzw. MP3. Hier beginnt also ein zweiter thermischer Einlaufvorgang, der nach rund 200 hydraulischen Durchmessern im Bereich der Hauptmeßebene MP6 noch nicht abgeschlossen ist.

Zusammenfassend liefern die Messungen der Wandtemperaturverteilung bei unterschiedlicher Beheizung des Bündels (Schiefast) folgende Ergebnisse:

- Bei Schiefast ist die Strömung nach rund 200 hydraulischen Durchmessern in der Hauptmeßebene ME6 thermisch nicht eingelaufen.
- Abhängig von der Beheizungsart (1, 2, 3 Stäbe beheizt) und vom Strömungszustand (Re , Pe) entsteht ein zweiter thermischer Einlaufvorgang.

6.6 Fluidtemperatur- und RMS-Profile bei Schiefblast

In der Versuchsserie TEGENA 1 waren die mittleren Stäbe H2 und H3 nach einigen Versuchstagen nicht mehr beheizbar, die Sonde S1 war von Beginn an leicht verbogen. Aus diesem Grunde wurden umfangreiche Schiefblastversuche mit der Sonde P2 und alleiniger Beheizung des Stabes H4 durchgeführt. Es wurden Fluidtemperatur- und RMS-Profile X-/Y-Traversen, auf Diagonaltraversen und auf Kreisbögen am Umfang des Stabes H4 gemessen. Charakteristische Ergebnisse dieser Messungen werden im folgenden beschrieben. In der Versuchsserie TEGENA 2 waren bis zum Ende alle vier Stäbe und beide Sonden funktionsfähig. Deshalb wurden hier systematisch Messungen bei vier verschiedenen Schiefblastfällen durchgeführt, deren Ergebnisse beschrieben werden.

6.6.1 TEGENA 1, Profile auf X/Y-Traversen, Stab H4 beheizt

Die Versuchsparameter der folgenden Beispiele waren:

$RE \approx 30000$, $Pe \approx 180$, $QH4 \approx 7,7 \text{ W/cm}^2$.

Die Sonde S2 wurde auf drei Y-Traversen verschoben, nämlich

- zwischen dem beheizten Stab H4 und dem unbeheizten Stab H3;
- zwischen dem beheizten Stab H4 und der kurzen Kanalwand;
- im engen Spalt zwischen dem beheizten Stab H4 und der langen Kanalwand.

Fig. 54 zeigt die Temperaturverläufe auf zwei Y-Traversen symmetrisch zwischen den Stäben H3 und H4. Die Kurven decken sich paarweise. Die Temperaturmaxima liegen genau im engsten Spalt bei $Y = 16,2 \text{ mm}$. Der mittlere Temperaturgradient in X-Richtung zwischen den oberen und unteren Kurven ist mit $0,6 \text{ K/mm}$ über den gesamten Meßweg etwa konstant. Die RMS-Werte der Temperaturfluktuationen zeigen ausgeprägte Minima im engsten Spalt zwischen den Stäben, weil dort die Temperaturgradienten Null sind. In Fig. 55 sind ebenfalls die Temperaturverläufe auf zwei Y-Traversen symmetrisch zwischen dem beheizten Stab H4 und der kurzen Kanalwand dargestellt. Ein deutlicher Temperaturgradient in X-Richtung existiert nur noch im Bereich des engsten Spaltes, er verschwindet in der Mitte des Eckkanals. Die RMS-Kurven zeigen nur noch schwach ausgeprägte Maxima und Minima, die absoluten RMS-Werte sind wegen der Nähe zur unbeheizten Wand mit Werten unter $0,1 \text{ K}$ sehr klein.

Auf den sehr kurzen Y-Traversen im engen Spalt zwischen dem beheizten Stab H4 und der langen Kanalwand wurden mit jedem Thermoelement sechs Meß-

punkte gewonnen, (Fig. 56). Man erkennt deutlich den Temperaturanstieg in Richtung auf die beheizte Stabwand sowie das Temperaturgefälle in X-Richtung aus dem Abstand der Kurvenpaare. Letzteres bedeutet, daß am Ende der beheizten Zone (~ 200 DH) immer noch Wärme in Richtung der unbeheizten Stäbe fließt, daß also der thermische Einlauf nicht abgeschlossen ist. Die vom Thermoelement TE24 stammenden relativ hohen RMS-Werte (Symbol D) beruhen möglicherweise auf einer größeren Empfindlichkeit dieses Thermoelementes.

Die Sonde S2 wurde auf drei X-Traversen verschoben, nämlich:

- zwischen den Stäben H2, H3, H4 und der langen Kanalwand;
- im engsten Spalt zwischen den Stäben H3 und H4;
- zwischen dem beheizten Stab H4 und der kurzen Kanalwand.

Die auf parallelen X-Traversen zwischen den Stäben und der langen Kanalwand (Fig. 57) gemessenen Temperaturprofile decken sich im unbeheizten Bereich und zeigen nur im Bereich des beheizten Stabes H4 zwei Kurvenpaare, deren vertikaler Abstand ein Maß für den Temperaturgradienten in Y-Richtung ist. Die Temperaturmaxima liegen etwa 3 mm rechts vom engsten Spalt zwischen Stab H4 und der Kanalwand, es fließt also hier immer noch Wärme vom Eckkanal in den Wandkanal. Die parallel aufgezeichneten RMS-Kurven zeigen ausgeprägte Maxima im Bereich der größten Temperaturgradienten, die auf der gleichen X-Traverse bewegten Thermoelemente TE21 und TE22 liefern praktisch identische RMS-Werte.

Die auf den kurzen X-Traversen und parallel zur Stabmittenverbindung gemessenen Temperatur- und RMS-Profile sind in den Fig. 58 und 59 dargestellt. Es wurden wiederum mit jedem Thermoelement 6 Meßpunkte im Abstand von jeweils 0,2 mm gemessen. Die Temperaturkurven fallen jeweils paarweise zusammen, weil die Strömungs- und Kühlbedingungen symmetrisch im Bezug auf den Verschiebeweg der Sondenachse (Stabmittenverbindung) sind. Diese Messungen in den engen Spalten bei den relativ kleinen Wärmestromdichten (~ 7 W/cm²) liefern noch physikalisch sinnvolle Ergebnisse.

Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß die mittleren Temperaturen auf der Basis von Eichversuchen korrigiert wurden. Die RMS-Werte wurden dagegen nicht korrigiert, deshalb ergeben sich zwischen verschiedenen Meßfühlern Unterschiede bis zu 0.2 K, diese beruhen in erster Linie auf der etwas unterschiedlichen Meßfühlergeometrie.

6.6.2 TEGENA 1, Profile auf Radial-Traversen, Stab H4 beheizt

Die Sonde S2 wurde von der beheizten Oberfläche des Stabes H4 auf radialen Traversen in den Wandkanal hinein (-45° in Bezug auf die negative Y-Richtung) und in den Eckkanal hinein ($+45^\circ$) verschoben. Dabei bewegten sich jeweils zwei Thermoelemente zusammen mit der Sondenachse auf den 45° -Traversen und die anderen beiden Thermoelemente auf parallelen Traversen dazu im Abstand von 1,29 mm. Die bei $RE \approx 30000$ und $QH \approx 7,7 \text{ W/cm}^2$ gemessenen radialen Temperatur- und RMS-Profile sind in den folgenden vier Abbildungen dargestellt.

Fig. 60 zeigt die Profile im Wandkanal, deren Meßpunkte mit zunehmendem Radius aufgezeichnet wurden (DIR A). Die Temperaturkurven zeigen leicht zunehmende Gradienten in Richtung auf die beheizte Staboberfläche, die knapp 1 mm vom ersten Meßpunkt entfernt ist. Durch Extrapolation ergibt sich eine maximale Temperatur an der Staboberfläche von $T \approx 316 \text{ }^\circ\text{C}$. Die RMS-Kurven zeigen ein breites Maximum bei einer Variation von nur 0,2 K auf dem gesamten Meßweg. Die in entgegengesetzter Richtung (abnehmender Radius, DIR B) aufgezeichneten Profile liefern praktisch die gleichen Ergebnisse (Fig. 61); sie werden extra aufgeführt, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu demonstrieren.

Die im Eckkanal mit zunehmendem Radius (DIR A) gemessenen radialen Profile zeigt Fig. 62. Die Temperaturgradienten nahe der beheizten Oberfläche sind größer als die entsprechenden im Wandkanal. In der unbeheizten Ecke dagegen gehen die radialen Temperaturgradienten gegen Null. Die durch Extrapolation an der Staboberfläche ermittelte Temperatur beträgt $T \approx 321 \text{ }^\circ\text{C}$. Die RMS-Werte sind kleiner als 0,2 K und praktisch konstant über dem gesamten Meßweg. Die mit abnehmendem Radius aufgezeichneten Profile (Fig. 63, DIR B) liefern wiederum die gleichen Ergebnisse, womit die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse untermauert wird.

6.6.3 TEGENA 1, Azimutale Profile, Stab H4 beheizt

Auf Halbkreisbögen im Abstand von 0,5 und 1,0 mm von der beheizten Oberfläche des Stabes H4 wurden Temperatur- und RMS-Profile gemessen (Figs. 64, 65). Dabei wurde im Wandkanal ($-90^\circ \leq A \leq 0^\circ$) das Thermoelement TE22 auf dem Kreisbogen bewegt und im Eckkanal ($0^\circ \leq A \leq +90^\circ$) das Thermoelement

TE21. Die auf dem Kreisbogen mit dem Radius $R = 13,0$ mm gemessenen Profile sind in Fig. 74 dargestellt. Die entgegen dem Uhrzeigersinn aufgenommenen Meßwerte (DIR A) haben die Symbole 2, 1 (Temperaturen) und B,A (RMS-Werte).

Die im Uhrzeigersinn aufgenommenen Meßwerte (DIR B) haben die Symbole * (Temperaturen) und + (RMS-Werte). Die auf dem Kreisbogen in entgegengesetzten Richtungen aufgezeichneten Meßwerte liefern praktisch die gleichen Temperatur- und RMS-Profile, die Sondenpositionierung war also korrekt. Die gesamte Temperaturvariation nahe der Staboberfläche auf dem Kreisbogen $R = 13,0$ mm beträgt für dieses Beispiel ($RE \approx 30000$, $QH \approx 15$ W/cm²) 17 K. Mit etwa 13 K (75 %) erfolgt die weitaus stärkste Variation im Wandkanal. Der größte Temperaturgradient liegt bei der Winkelposition $A = -30^\circ$, an dieser Stelle zeigen auch die RMS-Werte der Temperaturfluktuationen mit etwa 0,6 K ein Maximum. Die auf dem Kreisbogen mit dem Radius $R = 13,5$ mm gemessenen Profile sind in Fig. 74 dargestellt. Die gesamte Temperaturvariation ist auf diesem um 0,5 mm größeren Kreisbogen mit etwa 22 K um rund 30 % größer. Damit sind auch die maximalen azimuthalen Temperaturgradienten größer und folglich die maximalen RMS-Werte mit jetzt 0,7 K. Trägt man die Meßwerte der Meßrichtung DIR A von beiden Kreisbögen in einem Diagramm auf (Fig. 75), dann kann man folgende Aussagen machen. Der zwischen den Kurven ablesbare radiale Temperaturgradient ist im Wandkanal mit 2,5 K/mm etwa doppelt so groß wie im Eckkanal. Die RMS-Werte haben ihr Maximum bei $A = -30^\circ$ im Bereich der größten Temperaturgradienten, im Eckkanal sind sie nahezu konstant.

6.6.4 TEGENA 2, Profile auf X-Traversen, 2/3/4 Stäbe beheizt

In der Versuchsserie TEGENA 1 waren die Verhältnisse bei Beheizung eines Außenstabes ausführlich untersucht worden. In der Versuchsserie TEGENA 2 wurden vier weitere Schiefastfälle und der Gleichlastfall als Referenzversuch (Tab. 6) gefahren, nämlich:

- Beheizung aller vier Stäbe, Referenzversuch
- Beheizung der Stäbe H1, H3, H4
- Beheizung der Stäbe H1, H2, H4 (hier nicht dargestellt)
- Beheizung der Stäbe H1, H4
- Beheizung der Stäbe H2, H3

In den folgenden vier Diagrammen (Fig. 67-70) sind die bei oben genannten Beheizungszuständen auf X-Traversen mit der Sonde P2 gemessenen Tempe-

ratur- und RMS-Profile dargestellt. Für den Gleichlastfall als Referenzversuch (Fig. 67) ergeben sich bei $Q_H \approx 21 \text{ W/cm}^2$ und $Re \approx 33000$ ähnliche Temperaturprofile wie bei höheren Wärmestromdichten ($Q_H \approx 51 \text{ W/cm}^2$, Fig. 36). Der globale Temperaturverlauf zeigt jedoch mit wachsender X-Koordinate fallende Tendenz bei der kleinen Leistung und steigende Tendenz bei der größeren Leistung. Diese Ergebnisse waren so mehrfach reproduzierbar. Als Ursache für diese nicht erwarteten Unterschiede wird eine im Rahmen der Abstandshaltertoleranzen unterschiedliche Stabanordnung im Rechteckkanal bei jeweils geänderten radialen Temperaturgradienten in den Heizstäben vermutet. Die RMS-Werte in Fig. 67 sind entsprechend der geringeren Temperaturgradienten auch reduziert. Die RMS-Profile der in Heizstabnähe bewegten Thermolemente TC21 und TC22 weisen im Bereich der Unterkanalmitten bei $X_2 = 60 \text{ mm}$ und $X_2 = 88 \text{ mm}$ bei der kleineren Leistung nur noch ein Maximum auf. Die RMS-Profile der in Kanalwandnähe bewegten Thermolemente TC24 und TC23 zeigen nur noch eine sehr geringe Variation von etwa $0,1 \text{ K}$. Die Gründe hierfür sind vermutlich der bei mittleren Re-Zahlen verstärkte Einfluß der hohen molekularen Wärmeleitung des Natriums sowie eine dämpfende Wirkung der unbeheizten Wand.

Werden nur drei der vier Stäbe beheizt (H2 ist unbeheizt), dann erhält man die in Fig. 68 dargestellten Profile; die veränderten Maßstäbe der beiden Ordinaten sind zu beachten. Durch die steilen Temperaturgradienten im Bereich des unbeheizten Stabes H2 erreichen die maximalen RMS-Werte etwa das dreifache derjenigen bei gleichmäßiger Beheizung des Bündels. Die zusätzlich eingezeichneten RMS-Werte des dünneren Zentralthermolementes liegen wieder deutlich höher als die der übrigen Thermolemente, die Erklärung hierfür dürfte das höhere Auflösungsvermögen bei geringerer Baugröße des Fühlers sein. Ist nur der Stab H3 unbeheizt, dann erhält man ähnliche Ergebnisse wie die zuvor beschriebenen!

Die Verhältnisse für den Schiefastfall mit zwei beheizten Außenstäben sind in Fig. 69 beschrieben. Auffallend ist hier die Überschneidung bzw. die Überdeckung der RMS-Doppelkurven auf verschiedenen X-Traversen im Bereich des engsten Spaltes am unbeheizten Stab H3 bei $X_2 \approx 74 \text{ mm}$. Dies bedeutet, daß der Temperaturgradient in Y-Richtung für $X_2 \leq 74$ im Wandkanal zwischen den unbeheizten Stäben praktisch verschwindet.

Der dritte Schiefastfall mit zwei beheizten Innenstäben ist in Fig. 70 dargestellt. Hier ergeben sich zwischen dem beheizten Stab H3 und dem unbeheizten Stab H4 die größten Temperaturgradienten und demzufolge mit rund 2,5 K etwa die 5-fachen RMS-Werte im Vergleich zu denen im gleichmäßig beheizten Bündel.

Zusammenfassend kann aus den Meßergebnissen bei unterschiedlicher Beheizung des Bündels festgestellt werden:

- Bei unterschiedlicher Beheizung des Bündels (Schiefast) ist die Strömung nach einer beheizten Länge von 200 DH thermisch nicht eingelaufen; dies muß bei der Interpretation der Fluidtemperaturmessungen beachtet werden.
- Der unmittelbare Zusammenhang zwischen den lokalen räumlichen Temperaturgradienten und der Intensität zugeordneter Temperaturfluktuationen wird besonders deutlich.
- Die mit der Sonde P1 gemessenen Ergebnisse in der Versuchsserie TEGENA 2 sind denen mit der Sonde P2 gemessenen weitgehend ähnlich und führen zu den gleichen Schlußfolgerungen.

6.7 Zweidimensionale Felder der Fluidtemperaturen und Temperaturfluktuationen in Wandkanälen, TEGENA 2

Zur detaillierten zweidimensionalen Vermessung der Wandkanäle des Bündels wurden die Sonden P1 und P2 auf 11 parallelen X-Traversen (Abstand ≈ 1 mm) stufenweise um rund 1 mm verstellt. Auf diese Weise wurden alle Sondenthermoelemente auf den Maschenpunkten eines Netzwerkes mit der Maschenweite von rund 1 mm positioniert. Mit der Sonde P1 wurden die Wandkanäle SC3 und SC5 vermessen, mit der Sonde P2 die Wandkanäle SC6 und SC8 (Fig. 71). Die eingestellten Wärmestromdichten betragen 5, 10 und 20 W/cm², die entsprechenden Reynoldszahlen 8000, 16000 und 32000. Beispielhaft sind die Meßergebnisse von je einem Thermoelement der Sonde P1 und P2 im Wandkanal SC5 bzw. SC6 dargestellt, Fig. 72 (TC11) und Fig. 73 (TC21). Aufgetragen sind jeweils die Fluidtemperatur- und RMS-Profile auf 7 parallelen X-Traversen mit gleichem Abstand $\Delta Y = 1,03$ mm. Aus Fig. 72 erkennt man, daß die Temperaturprofile symmetrisch zur Symmetrielinie des Unterkanals verlaufen. Der vertikale Abstand der Temperaturkurven auf der Symmetrielinie hätte im Idealfall etwa gleich groß sein müssen, weil der Temperturgradient in Y-Richtung zwischen zwei beheizten Stäben praktisch linear ist, vergleiche Fig. 41. Abweichungen hiervon beruhen auf Abweichungen der Betriebsparameter vom ideal stationären Zustand. Bei den RMS-Kurven wirken sich diese Schwankungen im Versuchsbetrieb auf die

lokalen Temperaturgradienten nur noch wenig aus, deshalb ist bei den RMS-Profilen eine größere Regelmäßigkeit festzustellen. Die für die Fig. 72 gemachten Aussagen gelten auch für die in Fig. 73 dargestellten Profile des Thermoelementes TC21.

Die oben beschriebenen Versuchsergebnisse sind als Isothermen und als Linien gleicher RMS-Werte der Temperaturfluktuationen (Isofluktuationen) in den folgenden vier Abbildungen dargestellt. Die X-Koordinaten der Diagrammpunkte wurden jeweils durch Interpolation für vorgegebene konstante Temperatur- bzw. RMS-Werte berechnet. Die mit den Thermoelementen TC11 und TC21 gemessenen Isothermen (Fig. 74 und 75) zeigen einen symmetrischen Verlauf zur Halbierenden der Wandkanäle ($X = 59.25 \text{ mm}$). Die Linien gleicher RMS-Werte (Isofluktuationen) in den Figs. 76 und 77 zeigen einen gleichmäßigen und symmetrischen Verlauf; sie haben ihr Maximum auf der Halbierenden der Wandkanäle bei einem Zentrumswinkel $\phi_M \approx \pm 25^\circ$. Die weitere Auswertung dieser Feldmessungen läuft noch, detailliertere Ergebnisse werden in /23/ vorgestellt.

7. BESCHREIBUNG DER BÜNDELGEOMETRIE

Die Bündelgeometrie bestimmt entscheidend die Geschwindigkeits- und Temperaturfelder. Abweichungen von der idealen Bündelgeometrie verändern diese Felder. Diesbezügliche Untersuchungen wurden früher bereits im Zusammenhang mit einem natriumdurchströmten 19-Stabbündel-Experiment angestellt /6/. Für das TEGENA-Experiment war deshalb in der Planungsphase eine Geometrieüberwachung mit Hilfe von Stabpositionsfühlern vorgesehen /13/. Eine derartige Einrichtung zur Vermessung der Stabpositionen während des Versuchsbetriebes wurde konstruiert, jedoch aus Termingründen später nicht realisiert. Die Auswirkungen von angenommenen exzentrischen Bündelpositionen im Rechteckkanal auf die mittleren Unterkanaltemperaturen wurden mit Hilfe einer Globalrechnung /24/ abgeschätzt (Fig. 78). Aus dem Diagramm erkennt man, daß z.B. bei einem angenommenen gleichmäßigen Bündelversatz um 0,3 mm mittlere Temperaturdifferenzen von etwa 5 K in gegenüberliegenden Wandkanälen entstehen; in benachbarten Eckkanälen ergeben sich für diesen Fall mittlere Temperaturdifferenzen von etwa 3 K.

Die Kanalsegmente des Rechteckkanals wurden nach der Fertigung vermessen, vergleiche Abschnitt 3.1.4. Die Kanaltiefe $T = 32,4$ mm wies nach der Fertigung mit $\pm 0,08$ mm die größte Toleranz auf. Nach Beendigung der Versuchsserien TEGENA 1 und TEGENA 2 wurden die Kanalsegmente erneut vermessen. Die wesentlichen Ergebnisse sind:

- Nach der Versuchsserie TEGENA 1 wurde eine maximale Vergrößerung der Kanaltiefe T zwischen 0,1 und 0,2 mm bei den zwei oberen Kanalsegmenten im Bereich der Flansche in Kanalmitte gemessen, ansonsten betrug die Vergrößerungen der Kanaltiefe T und der Kanalbreite B zwischen 0,01 und 0,03 mm.
- Nach der Versuchsserie TEGENA 2 konnte im Rahmen der Meßgenauigkeit von $\pm 0,01$ mm keine weitere Veränderung der Kanaltiefe T festgestellt werden.

Die Heizstäbe werden im Rechteckkanal durch zylindrische Abstandshalterstifte positioniert. Die Einbautoleranzen zwischen Abstandshaltern und Heizstäben betragen $\pm 0,05$ mm. Die Heizstabdurchmesser wurden mit $25,02 \pm 0,01$ mm bestimmt, Kontrollmessungen nach der Demontage ergaben keine Veränderungen. Unter Verwendung von Kalibrierungsstäben wurden die engsten Spalten in der Hauptmeßebene ME6 (MP6) mit Hilfe der Meßsonden im kalten Zu-

stand vermessen. Es ergaben sich Spaltweiten zwischen 3,60 und 3,84 mm; der nominelle Wert ist 3,70 mm.

Bei der Demontage der Teststrecke nach der Versuchsserie 4 TEGENA 2 lagen von insgesamt 78 Meßwerten in den Stützebenen 80 % der Spaltweiten zwischen 3,55 und 3,75 mm und 20 % zwischen 3,50 und 3,90 mm. Ähnliche Werte wurden zwischen den Stützebenen bei dem offenen Bündel auf einer ebenen Fläche gemessen. Obige Angaben gelten alle für die Bündelgeometrie im kalten Zustand.

Exakte Angaben über die Bündelgeometrie im heißen Zustand während des Versuchsbetriebes sind nicht möglich. Auf der Basis der Meßergebnisse im kalten Zustand können nur abschätzende Annahmen gemacht werden. Die Experimente geben Hinweise dafür, daß die Stäbe abhängig von den aufgeprägten radialen Wärmeströmen leicht unterschiedliche Positionen im Rechteckkanal angenommen haben. Man kann vermuten, daß die Ungleichmäßigkeiten im Heizstabaufbau (vergleiche Anhang A1.5) hierfür die Ursache sind. Bei gleicher Heizleistung waren die Meßergebnisse immer reproduzierbar.

8. MESSGENAUIGKEITEN

Die Problematik der exakten Beschreibung der Bündelgeometrie im heißen Zustand wurde in Kapitel 7 behandelt. Die Gleichmäßigkeit der Wärmeerzeugung an der Heizstaboberfläche kann nur abgeschätzt werden. Aus Filmaufnahmen der heißen Staboberflächen ergeben bei gleichmäßiger Kühlung Inhomogenitäten im Wärmefluß von etwa 5 %. Querschnittsmessungen eines Heizstabes bestätigen in etwa diesen Wert, wenn man einen azimuthalen Wärmeausgleich in der Heizstabhülle und der elektrischen Isolation berücksichtigt. Im Bündelverband wird den Heizstäben eine ungleichmäßige Kühlung am Umfang aufgeprägt, die eine entsprechende Variation der Wärmestromdichte am Umfang zur Folge hat.

Im folgenden werden einige Meßgenauigkeiten angegeben:

- relative Meßgenauigkeit der Datenerfassungsanlage	<0.1 K (<4 μ V)
- Referenztemperatur (PT3, PT2)	\pm 0.2 K (Eichfehler)
- Wandtemperaturen (relativ)	\pm 0.4 K (nicht korrigiert)
- Fluidtemperaturen (relativ)	\pm 0.05 K (korrigiert)
- mechanische Einstellgenauigkeit der Sonden	\pm 0.02 mm (kalt)
- Ortskoordinaten der Meßsonden	\pm 0.2 mm (digit. Anzeige)

- Thermoelement-Mittenabstand der Sonde S1	1.96 (keine Nachmessung)
- Thermoelement-Mittenabstand der Sonde S2	1.83 + 0.03 mm - 0.01 mm
- Thermoelement-Mittenabstand der Sonde P1	2.05 ± 0.04 mm
- Thermoelement-Mittenabstand der Sonde P2	2.65 ± 0.09 mm

9. ANWENDUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Mit den TEGENA-Experimenten werden umfangreiche Meßdaten von Temperaturverteilungen mit den zugehörigen Temperaturschwankungen in nicht kreisförmigen Strömungskanälen mit Flüssigmetallkühlung zur Verfügung gestellt. Die Meßergebnisse gelten für die spezielle Geometrie $P/D = W/D = 1.147$. Es wurden verschiedene Strömungszustände (Re , Pe) und Beheizungsarten (Gleichlast und verschiedene Schiefastfälle) untersucht. Wesentliche Randbedingungen, wie die Strömungsverteilung vor dem Stabbündel und die Temperaturverteilung in den umgebenden Strukturen wurden experimentell bestimmt. Durch die Verwendung von zwei gleichartigen Meßsystemen zur Verstellung der Meßsonden sowie mehrerer Meßsondenfühler pro Meßsonde und durch eine Vielzahl von Wiederholungsmessungen konnten die Meßergebnisse gut abgesichert werden.

Die Meßergebnisse dienen zur Nachrechnung mit geeigneten Rechenprogrammen und zu deren Verifikation. Solche Rechenprogramme sollten zuvor an hydraulischen Experimenten (z.B. /7, 14, 15/) ertüchtigt werden, weil die Strömungsverteilung in Systemen mit gekoppelten Unterkanälen die Temperaturfelder ganz wesentlich bestimmt.

Weitere Analysen der vorgelegten experimentellen Daten in Kombination mit begleitenden Rechnungen sind empfehlenswert. Möglicherweise können die aus Laufzeitmessungen ermittelten Geschwindigkeitsfelder /16/ zusammen mit den hier vorgestellten Temperaturfeldern weitere interessante Erkenntnisse und ergänzende Interpretationen liefern.

10. ZUSAMMENFASSUNG

Für die Auslegung von Brennelementen (längs durchströmte Stabbündel) ist die genaue Kenntnis der Geschwindigkeits- und Temperaturverteilungen notwendig, insbesondere in den ungleichmäßig gekühlten Bündelzonen. Für die Berechnung sind über die bisher gebräuchlichen Global-Codes (Subchannel analysis) Detail-Codes zur Feinanalyse erforderlich. Solche in der Entwicklung befindlichen thermohydraulischen Rechenprogramme müssen experimentell verifiziert werden. Zu diesem Zweck wurden in einem beheizten, reihenförmigen 4-Stabbündel ($P/D = W/D = 1.147$) mit Natriumkühlung ($Pr \approx 0.005$) die Verteilung der mittleren Fluidtemperaturen und der zugehörigen RMS-Werte der Temperaturfluktuationen gemessen. Die Temperaturverteilung in den Strukturen wurde als notwendige Randbedingung ebenfalls gemessen.

In diesem Bericht wird der gesamte Versuchsaufbau mit Prüfstand, TEGENA-Teststrecke und Meßeinrichtung beschrieben. TEGENA ist die Abkürzung für "Temperaturen und Geschwindigkeiten in Natriumströmung". Es werden Vorversuche und Ergebnisse zur Strömungsverteilung und Komponentenerprobung beschrieben. Zusammenfassend werden dann die wesentlichen und charakteristischen Ergebnisse von zwei größeren Versuchsserien TEGENA 1 und TEGENA 2 dargestellt, beschrieben und diskutiert. Dabei handelt es sich um isotherme Versuche, Gleichlast- und Schiefastversuche bei unterschiedlichen Strömungszuständen.

Die charakteristischen Merkmale der TEGENA-Experimente sind:

- Bewegliche Miniatur-Meßsonden mit jeweils 4 bzw. 5 Thermoelementen;
- Speziell entwickelte Verstelleinrichtungen für diese Sonden;
- Hochleistungs-Heizstäbe mit großen Abmessungen.

Die Versuchsparameter wurden in folgenden Grenzen variiert:

- Reynolds-Zahl	Re = 3700 ... 76000
- Péclet-Zahl	Pe = 20 ... 440
- mittlere Strömungsgeschwindigkeit	UB = 0.1 ... 2.4 m/s
- Wärmestromdichten	QH = 0 ... 60 W/cm ²
- Elektrische Leistung des Bündels	NB = 0 ... 475 kW
- Natriumtemperaturen	250 ... 400 °C
- Kühlmittelaufheizung im Bündel	0 ... 120 K
- Temperaturgradienten im Fluid	0 ... 3 K

- Temperaturfluktuationen im Fluid (RMS)	0.01 ... 2.5 K
- Anzahl der beheizten Stäbe	0,1,2,3 und 4

Im einzelnen wurden folgende Meßergebnisse erzielt:

- Die Geschwindigkeitsverteilung im rechteckigen Einlaufkanal vor dem 4-Stabbündel ist symmetrisch.
- Die Funktionstüchtigkeit der Heizstäbe wurde unter verschärften Betriebsbedingungen (Wärmestromdichte: 90 W/cm², Natriumtemperaturen 350/525 °C) nachgewiesen. Die Inhomogenität der Wärmefreisetzung bei gleichmäßiger Kühlung wurde experimentell mit etwa 5 % abgeschätzt.
- Die Funktionstüchtigkeit der Sonden-Verstelleinrichtungen wurde u.a. mit der Messung von Natriumgeschwindigkeiten im offenen Rechteckkanal nachgewiesen. Das Potential der Meßgenauigkeit der verwendeten Miniatur-Permanentmagnet-Sonden ist vergleichbar mit dem konventioneller Pitot-Sonden.
- Mit regelmäßigen isothermen Messungen wurden sämtliche Temperaturfühler kontrolliert und teilweise kalibriert. Die Ausfallrate war kleiner als 3 %. Die relative Genauigkeit der Datenerfassungsanlage war besser als 0.1 K.
- Die thermische Einlauflänge für die Natriumströmung ist eine Funktion der Beheizung (Gleichlast, Schiefast) und eine Funktion des Strömungszustandes (Reynoldszahl, Pécletzahl).
Gleichlast, $Re \leq 60000$: die Strömung ist nach 200 hydraulischen Durchmessern weitgehend thermisch eingelaufen
Schiefast, $Re \leq 60000$: die Strömung ist nach 200 hydraulischen Durchmessern thermisch nicht eingelaufen.
- Nach einer beheizten Länge von rund 200 hydraulischen Durchmessern zeigen die gemessenen Temperaturprofile in der Natriumströmung ausgeprägte Maxima in den engsten Spalten der Unterkanäle und ausgeprägte Minima in den Unterkanalmitten an der unbeheizten Wand.
- Die parallel mit den mittleren Fluidtemperaturen gemessenen RMS-Profile der Temperaturfluktuationen (die Größenordnung der RMS-Werte beträgt 1 K) zeigen Maxima in den Bereichen mit den größten räumlichen Temperaturgradienten und Minima dort, wo die Temperaturgradienten verschwinden.
- In beiden Versuchsserien (TEGENA 1 und TEGENA 2) wurden jeweils mit beiden Meßsonden (S1/S2 und P1/P2) gleiche bzw. vergleichbare Ergebnisse erzielt. Mit verschiedenen Meßfühlern wurden auf gleichen Meßtraversen

identische Temperatur- und RMS-Profile gemessen. Für vergleichbare Betriebsbedingungen waren die Messungen immer gut reproduzierbar.

- Ungleichmäßigkeiten bei der Positionierung der Heizstäbe im Rechteckkanal, bei der Wärmefreisetzung an den Heizstaboberflächen und bei kleinen zeitlichen Veränderungen des stationären Betriebszustandes beeinflussen die gemessenen Temperaturprofile. Eine exakte Quantifizierung dieser Einflußgrößen ist nicht möglich, dies muß bei der Interpretation einiger Ergebnisse entsprechend beachtet werden.
- Möglicherweise werden bei niedrigen Reynolds-Zahlen ($Re \leq 16000$) die beobachteten Temperaturungleichmäßigkeiten durch Mischkonvektion verursacht. Diese offene Frage kann jedoch nur durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

Mit den TEGENA-Experimenten werden umfangreiche und abgesicherte Meßdaten zur Verifikation geeigneter Rechenprogramme zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe solcher verifizierter Rechenprogramme könnte dann die thermohydraulische Auslegung der ungleichmäßig gekühlten Bündelzonen von flüssigmetallgekühlten Stabbündeln verbessert werden.

Abschließend sei erwähnt, daß parallel zu den thermischen Experimenten in der Versuchsserie TEGENA 2 Laufzeitmessungen durchgeführt wurden. Mit ihrer Auswertung können Geschwindigkeitsverteilungen ermittelt werden und zusammen mit den Temperaturverteilungen ergänzende Informationen liefern.

11. DANKSAGUNG

Ich danke allen Kolleginnen und Kollegen, die zur erfolgreichen Durchführung des TEGENA-Vorhabens beigetragen haben. Drei Kollegen aus dem Institut für Reaktorbauelemente möchte ich besonders erwähnen: Herr V. Casal hat die Entwicklung und Beschaffung der Hochleistungs-Heizstäbe betrieben. Herr H.-J. Neitzel hat die für die Auswertung und Darstellung verwendeten Rechenprogramme geschrieben. Herr Tschöke hat die Meßsonden-Verstelleinrichtung konstruiert. Schließlich möchte ich noch Herrn Horanyi vom Central Research Institute for Physics Atomenergy in Budapest nennen, der bei der Datenerfassung der TEGENA-Experimente mitgewirkt hat; er hat die Messungen von Intensitäten und Laufzeiten der Temperaturfluktuationen durchgeführt.

12. Nomenklatur

A,B,C,D	Seitenwände des Rechteckkanals	
B	Breite des Rechteckkanals	[mm]
CP	Umfangskoordinate des Rechteckkanals	[mm]
D	Durchmesser der Heizstäbe	[mm]
DC	hydraulischer Durchmesser des Rechteckkanals (= $4 \cdot FC/U$)	[mm]
DH	mittlerer hydraulischer Durchmesser des Bündels (= $4 \cdot FB/U$)	[mm]
DT	Kühlmittelaufheizung bis ME6 (DT = TNO - TEN)	[K]
DTC	Kühlmittelaufheizung bis MP6 (DTC = TBO - TBI)	[K]
FB	freier Strömungsquerschnitt im Bündel	[mm ²]
FC	freier Strömungsquerschnitt des Rechteckkanals	[mm ²]
H	Heizstab (H1 = Heizstab Nr. 1)	[mm ²]
LC	Länge des Rechteckkanals vor dem Bündel	[mm]
LH	beheizte Längen der Stäbe	[mm]
LH/DH	normierte beheizte Länge	[-]
ME(MP)*	Meßebeine im Bündelquerschnitt (ME1 = Meßebeine Nr. 1)	
MS(MFR)	Massenstrom des Kühlmittels	[kg/s]
NB	Bündelleistung	[kW]
P	Stabmittenabstand	[mm]
P/D	normierter Stabmittenabstand	
PE(Pe)	Péclet-Zahl (= RE · PR)	[-]
PR(Pr)	Prandtl-Zahl	[-]
PT2, PT3	Platinwiderstands-Thermometer Nr. 2, Nr. 3 (Temp.)	[C]
S1,S2 (P1,P2)	Meßsonde Nr. 1, Nr. 2	
QH	Wärmestrom normal zur Staboberfläche	[W/cm ²]
RC	Eckradius des Rechteckkanals	[mm]
RE	Reynolds-Zahl (= $UB \cdot DH/\nu$)	
RMS	"root mean square" der Temperaturfluktuation im Fluid	[K]
T	Tiefe des Rechteckkanals	[mm]
TAS	Natriumaustrittstemperatur (Meßkammer)	[C]
TBI	Natriumeintrittstemperatur (TEGENA 2, MP0)	[C]
TEGENA	Temperaturen und <u>G</u> eschwindigkeiten in <u>N</u> atrium	

* Bezeichnungen in Klammern gelten für die Versuchsserie TEGENA 2

TEN	Natriumtemperatur am Bündeleintritt	[C]
TNM	mittlere Bündeltemperatur = 0.5 (TEN + TNO)	[C]
TNO(TBO)	Bündeltemperatur in Meßebene ME6(MP6)	[C]
TE(TC)	Thermoelement	
TRF	Referenztemperatur = 0.5 (PT3 + PT2)	[C]
TV	lokale Temperaturdifferenz (Temperaturvariation) am Umfang des Rechteckkanals	[K]
TV/DTC	normierte lokale Temperaturdifferenz	[-]
ΔT_{CP}	maximale azimutale Temperaturdifferenz	[K]
U	Strömungsgeschwindigkeit (Wasser, Natrium)	[m/s]
U	benetzter Umfang im Strömungsquerschnitt des Bündels	[mm]
UB	mittlere Natriumgeschwindigkeit im Bündel	[m/s]
UC	mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Rechteckkanal	[m/s]
W	Wandabstand der Heizstäbe	[mm]
W/D	normierter Wandabstand	[-]
X	X-Koordinate der Thermoelementachse	[mm]
Y	Y-Koordinate der Thermoelementachse	[mm]
ν	kinematische Zähigkeit	[m ² /s]

13. REFERENZEN

- /1/ Möller, R. and Tschöke, H., "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, pp. 29-34.
- /2/ Möller, R., Tschöke, H., "Steady-State, Local Temperature Fields with Turbulent Liquid Sodium Flow in Nominal and Disturbed Bundle Geometries with Spacer Grids", Nuclear Engineering and Design 62 (1980) 69-80.
- /3/ Möller, R., Tschöke, H., "Local Temperature Distributions in the Critical Duct Wall Zones of LMFBR Core Elements. Status and Knowledge, Unsettled Problems and Possible Solutions", ANS/ASME/NRC Int. Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics, Saratoga Springs, New York, October 5-8, 1980, NUREG(CP-0014, Vol. 3 pp. 1871-1881.
- /4/ Möller, R., Tschöke, H., Kolodziej, M., "Messung lokaler Temperaturverteilungen in natriumdurchströmten Stabbündeln - Einfluß von Kastenwandbereich, Abstandshalterbereich und Stabverbiegung", Report KfK-3763, December 1984.
- /5/ Wong, C.-N., Wolf, L., "A 3-D Slug Flow Heat Transfer Analysis of Coupled Coolant Cells in Finite LMFBR Bundles", Massachusetts Institute of Technology, Report No. COO-2245-58TR, Feb. 1978.
- /6/ Slagter, W., Roodbergen, H.A., Dekker, N.H., "Theoretical Investigations of Thermal-Hydraulics of Fast Reactor Fuel Rod Bundles", 6th Int. Heat Transfer Conf., Toronto, Canada, Aug. 7-11, 1978, Vol. 5 pp. 2126-2146.
- /7/ Rehme, K., "Experimental Observations of Turbulent Flow through Wall Subchannels of Rod Bundles", in Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, R.K. Shak, E.N. Ganić, K.T. Yang, Eds., Proc. of the First World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics, and Thermodynamics, Dubrovnik, Yougoslavia, Sept. 4-9, 1988, pp. 1705-1711.

- /8/ Möller, R., "Temperature and Velocity Measurements in an Electrically Heated 4-Rod Bundle with Sodium Flow (TEGENA-Experiment)", in Pressure and Temperature Measurements, J.H. Kim and R.J. Moffat, Eds., Proc. of an Internat. Symp., Winter Annual Meeting of the ASME, Anaheim, Calif., December 7-12, 1986, New York: ASME, FED-Vol. 44/HTD-Vol. 58, pp. 25-34.
- /9/ Horanyi, S., Krebs, L., "Experimental Investigation of Temperature Fluctuations in the Subchannels of the Sodium Cooled 4 Rod Bundle TEGENA", in Pressure and Temperature Measurements, J.H. Kim and R.J. Moffat, Eds., Proc. of an Internat. Symp., Winter Annual Meeting of the ASME, Anaheim, Calif., December 7-12, 1986, New York: ASME, FED-Vol. 44 / HTD-Vol. 58, pp. 35-44.
- /10/ Möller, R., "Experimental Investigations of Temperature Distributions and Temperature Fluctuations in the Subchannels of the Sodium Cooled 4-Rod Bundle TEGENA 2", in Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, R.K. Shak, E.N. Ganić, K.T. Yang, Eds., Proc. of the First World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics, and Thermodynamics, Dubrovnik, Yugoslavia, Sept. 4-9, 1988, pp. 302-311.
- /11/ Möller, R., "Measurements of Temperature Distributions and Temperature Fluctuations in the Subchannels of the Sodium Cooled 4-Rod Bundle TEGENA", Fourth Int. Conf. on Liquid Metal Engineering and Technology, Avignon, France, Oct. 17-21, 1988.
- /12/ Möller, R., "Experiment TEGENA 1, Natriumtemperaturen in einem beheizten 4-Stabbündel bei Gleichlast und Schiefload (Teil 1)", KfK-Primärbericht 01.02.23 P 25B, April 1988.
- /13/ Möller, R., Tschöke, H., Kolodziej, M., "Durchführbarkeitsstudie für das experimentelle Vorhaben - Messung von Temperaturfeldern in natriumdurchströmten, vergrößerten Stabbündelgeometrien", KfK-Primärbericht 01.02.23 P 21A, April 1978.
- /14/ Rehme, K., "Experimentelle Untersuchungen der turbulenten Strömung in einem Wandkanal eines Stabbündels", Report KfK-2441, (1977).

- /15/ Rehme, K., "Non-Isotropie Eddy Viscosities in Turbulent Flow through Rod Bundles", NATO Advanced Study Institute, Istanbul, Turkey, July 1978, ASI Proceeding Papers.
- /16/ Horanyi, S., Krebs, L., Weinkötz, G., "Measurement and Analysis of Intensity and Transit Time of Temperature Fluctuations in the Sodium Cooled 4-Rod Bundle TEGENA", in Vorbereitung als Beitrag für Fourth Int. Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics, Karlsruhe, Germany, Oct. 10-13, 1989, Abstract wurde akzeptiert.
- /17/ Horanyi, S., Krebs, L., "Temperature Compensated Miniature Permanent Magnet Probe for Measurements in Liquid Metal", in Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, R.K. Shak, E.N. Ganić, K.T. Yang, Eds., Proc. of the First World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics, and Thermodynamics, Dubrovnik, Yugoslavia, Sept. 4-9, 1988, pp. 279-285.
- /18/ Möller, R., Tschöke, H., Wiens, E., Demski, A., "Erprobung der TEGENA-Meßeinrichtung mit Messung von Natriumgeschwindigkeiten im Rechteckkanal", KfK-Primärbericht 01.02.23 P 12B, Januar 1985.
- /19/ Müller, St., Thun, G., "Permanentmagnetische Durchflußmesser-Sonde für flüssige Metalle", Report KfK-2479, November 1977.
- /20/ Möller, R., Tschöke, H., Wiens, E., "Messung von Geschwindigkeitsprofilen in der TEGENA-Einlaufstrecke", KfK-Primärbericht 01.02.23P11A, Mai 1984.
- /21/ Neitzel, H.-J., Höschele, E., "BASIC-Rechenprogramme TEGEK1.BAS und TGP1.BAS", persönliche Information.
- /22/ Neitzel, H.-J., Höschele, E., "Fortran-Rechenprogramme THEO.FOR, DISDRU.FOR, PLOTHP.FOR, FINT.FOR, FINTEX.FOR", persönliche Information.

- /23/ Möller, R., "TEGENA - A Standard-Experiment for Thermal Hydraulic Measurements in Rod Bundle Geometrics with Turbulent Sodium Flow", in Vorbereitung als Beitrag für Fourth Int. Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, Karlsruhe, Germany, Oct. 10-13, 1989, Abstract wurde angenommen.
- /24/ Frey, H.H., "Rechnungen mit CIA: Interatom-Version des COBRA II-Programmes von D.S. Rowe, BNWL-1224 (1970)", persönliche Information.
- /25/ Casal, V., Just, W., Kreuzinger, H., Möller, R., "TEGENA-Experiment", PSB-Bericht 1984/I (I. Halbjahresbericht 1984), S. 159-166.
- /26/ Casal, V., "Design of High-Performance Fuel Pin Simulators for Thermodynamic Experiments with Nuclear Fuel Elements", Nuclear Technology, Vol. 47, pp. 153-162, January 1980.
- /27/ Möller, R., Tschöke, H., Kolodziej, M., Weber, Hu., "Messung von Temperatur- und Geschwindigkeitsfeldern in natriumdurchströmten Stabbündelgeometrien, TEGENA-Testeinrichtung, Stand Juni 1983", KfK-Primärbericht 01.02.23 P 05A, Dezember 1983.

TABLE 1 Technical Data of the TEGENA Test Section

Heater rods

- Rod diameter:	D = 25.02 mm
- Wall thickness of the rod cladding:	1.5 mm (1.4541)
- Thickness of the BN layer:	1.0 mm
- Thickness of the current conductor helical strip:	1.5 mm (Ni/Cr 80/20)
- Diameter of the MgO core:	17 mm

Rectangular channel with rod bundle

- Channel width:	118.5 ± 0.05 mm
- Channel depth:	32.4 ± 0.05 mm
- Corner radius:	RC = 5 mm
- Mean hydraulic diameter of the bundle:	DH = 12.21 mm (= 4 × FB/U)
- Free flow section in the bundle:	FB = 1854.44 mm
- Wall thickness of the rectangular channel:	6 mm
- Pitch to diameter ratio of the rod:	P/D = 1.147
- Wall distance to diameter ratio:	W/D = 1.147
- Length of the rectangular channel upstream of the bundle:	LC = 2064 mm
- Non-heated rod length:	LK = 1288 mm (= 105 × DH)
- Heated rod length:	ME1 (MP1): LH = 185 mm (= 15 × DH)
	ME2 (MP2): LH = 735 mm (= 60 × DH)
	ME3 (MP3): LH = 1285 mm (= 105 × DH)
	ME4 (MP4): LH = 1835 mm (= 150 × DH)
	ME5 (MP5): LH = 2385 mm (= 195 × DH)
	ME6 (MP6): LH = 2456 mm (= 201 × DH)

TABLE 2 Linear equations used for correction of probe thermocouple signals

TEGENA 1					
Probe S1	A	B	Probe S2	A	B
TE 11	-0.01723	+ 3.381	TE 21	-0.01114	+ 3.544
TE 12	-0.01589	+ 3.340	TE 22	-0.01373	+ 3.895
TE 13	-0.01755	+ 3.509	TE 23	-0.01294	+ 3.778
TE 14	-0.01833	+ 3.635	TE 24	-0.01533	+ 4.054
TEN	+ 0.00894	-1.046			
TAS	+ 0.00237	+ 3.268			
TEGENA 2					
Probe P1	A	B	Probe P2	A	B
TC 11	-0.00266	+ 1.19990	TC 21	+ 0.00866	-0.18800
TC 12	-0.00631	+ 1.43781	TC 22	+ 0.00754	+ 0.12422
TC 13	-0.00211	+ 0.31780	TC 23	+ 0.00859	-0.08488
TC 14	-0.00305	+ 1.01600	TC 24	+ 0.00711	-0.08183
TC 15	-0.00243	+ 1.02437	TC 25	-0.00405	+ 0.92145

Linear equation: $Y = A \cdot X + B$

TABLE 3 Wall temperatures at different Re-numbers, TEGENA 1, main parameters

CODE	HEATED	FIG.	TEN (C)	DT (K)	RE	PE	UB (m/s)	NB (kW)	QH (W/cm ²)
	+ + + + 1 2 3 4								
W 03 A 120	+ + + +	20	257	97	23800	139	0.76	159	20
W 03 A 130	+ + + +		266	95	37600	217	1.18	241	31
W 03 A 140	+ + + +		267	93	48900	282	1.53	308	39
W 03 A 150	+ + + +		271	95	62200	356	1.93	394	50
W 03 A 160	+ + + +		270	93	76100	437	2.37	475	60
W 05 A 075 (EXP.1)	+ + + +	21	255	72	30700	184	1.00	159	20
			260	71	46800	279	1.52	236	30
			264	72	63100	374	2.03	316	40
			264	71	79700	472	2.57	394	50
W 05 B 075 (EXP.2)	+ + + +	22	252	72	30400	184	1.00	157	20
			262	71	47600	283	1.54	239	30
			265	71	63900	377	2.05	316	40
			268	72	80200	471	2.56	398	50

TABLE 4 Wall temperatures at different Re-numbers, TEGENA 2, main parameters

CODE	HEATED				FIG.	TBI (C)	DTC (K)	RE	PE	UB (m/s)	NB (kW)	QH (W/cm ²)
	+	+	+	+								
	1	2	3	4								
M 336	+	+	+	+	24,25	312	97.1	68100	366	1.97	405	51.4
M 094	+	+	+	+	24,25	296	78.2	32400	181	0.98	164	20.8
M 080	+	+	+	+	24,25	293	81.8	16000	89	0.48	84	10.7
M 082	+	+	+	+		288	88.3	8100	45	0.24	46	5.8
M 085	+	+	+	+		280	117	3700	21	0.11	28	3.5

TABLE 5 Fluid temperature- and RMS-profiles, main parameters of retests (Figs. 42-45)

CODE	Re	Pe	UB[m/s]	QH [W/cm ²]	TBI [C]	DTC [K]
M 063	33100	184	1.0	21.8	295	80.5
M 094	32400	181	0.98	20.8	295	78.1
M 408	32700	181	0.98	20.7	300	78.3

Y-coordinates of X-traverses:

Y 11 = Y 12 = 29.43 mm

Y 21 = Y 22 = 3.13 mm

Y 14 = Y 13 = 31.48 mm

Y 24 = Y 23 = 0.47 mm

TABLE 6 Wall temperatures with different heating
TEGENA 1/2, main parameters

TEGENA 1									
CODE	HEATED + + + + 1 2 3 4	FIG.	TEN (C)	DT (K)	RE	PE	UB (m/s)	NB (kW)	QH (W/cm ²)
F 10 LWSA	+ - - +	46	298	6.8	60900	359	1.95	29	7.4
F 25 LWSA	+ - - -	47	298	7.0	60500	357	1.94	30	15.0
F 26 LWSA	+ - - -	48	298	14.1	30300	178	1.57	29	15.0
F 24 LWSA	+ - - -	49	296	13.8	15300	90	0.49	15	7.4
TEGENA 2									
CODE	HEATED + + + + 1 2 3 4	FIG.	TBI (C)	DTC (K)	Re	Pe	UB (m/s)	NB (kW)	QH (W/cm ²)
M 094	+ + + +	50	296	78.2	32400		0.98		20.8
M 198	+ - + +	51	318	59.0	33500		0.99		21.0
M 190	+ - - +	52	334	40.7	33300		0.97		21.3
M 168	- + + -	53	334	41.8	33000		0.96		21.6

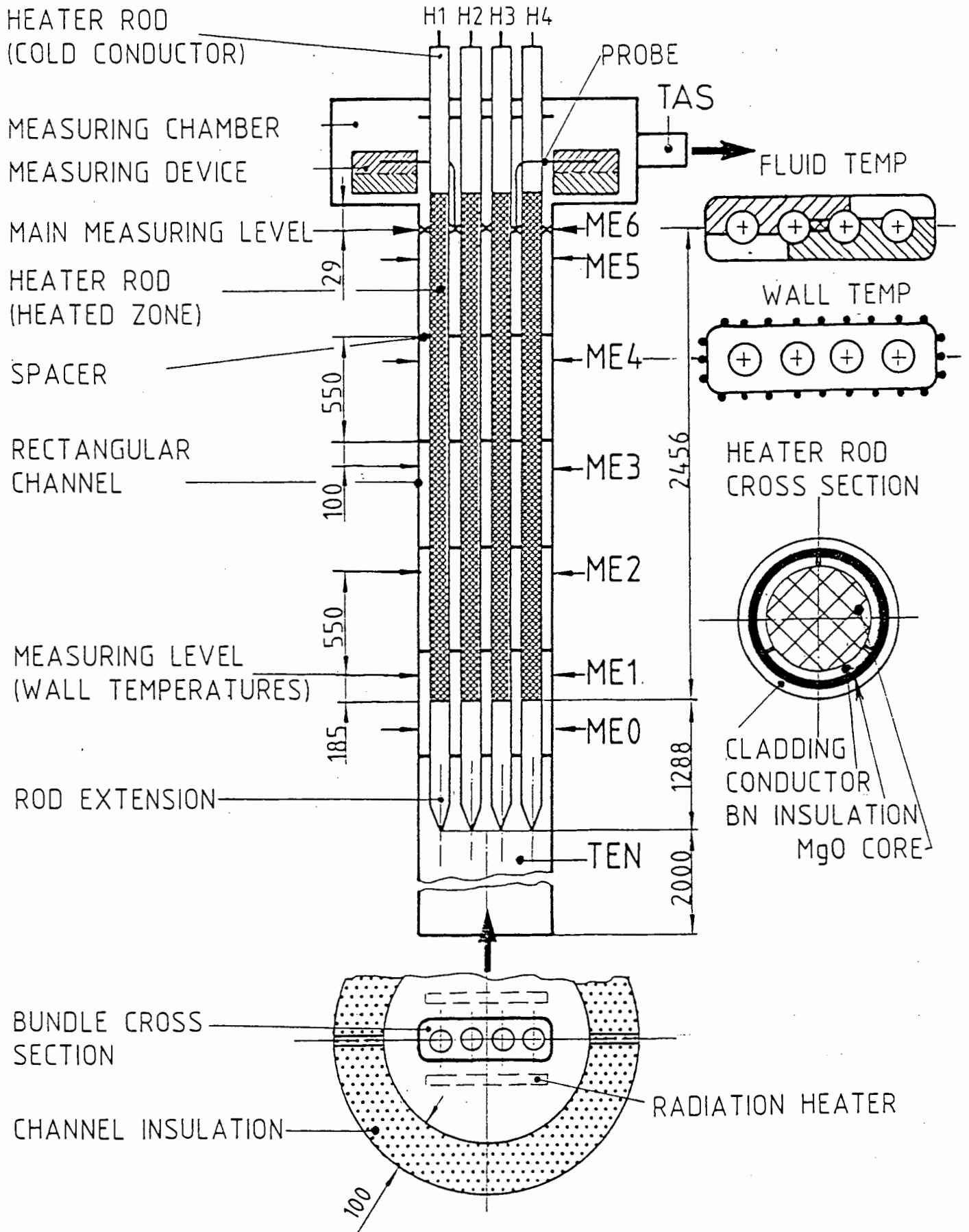
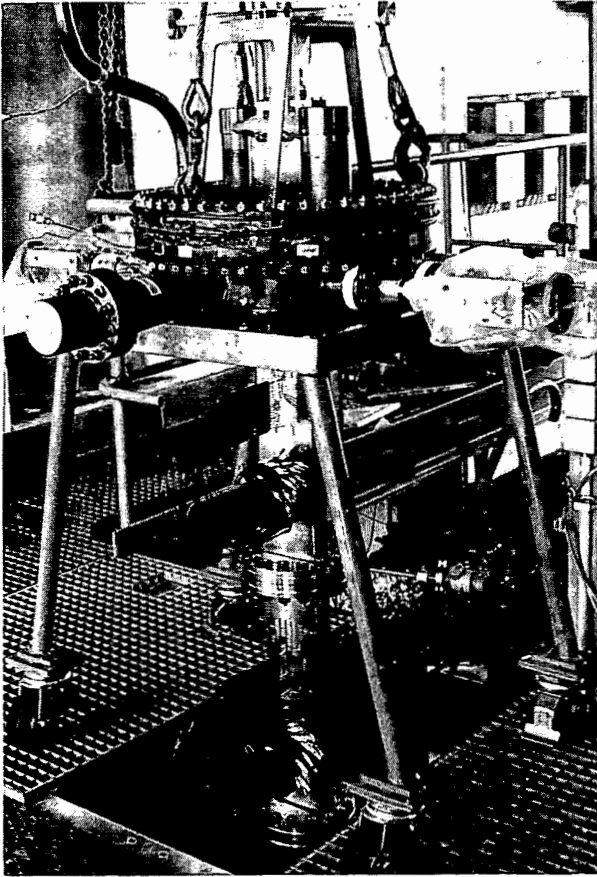
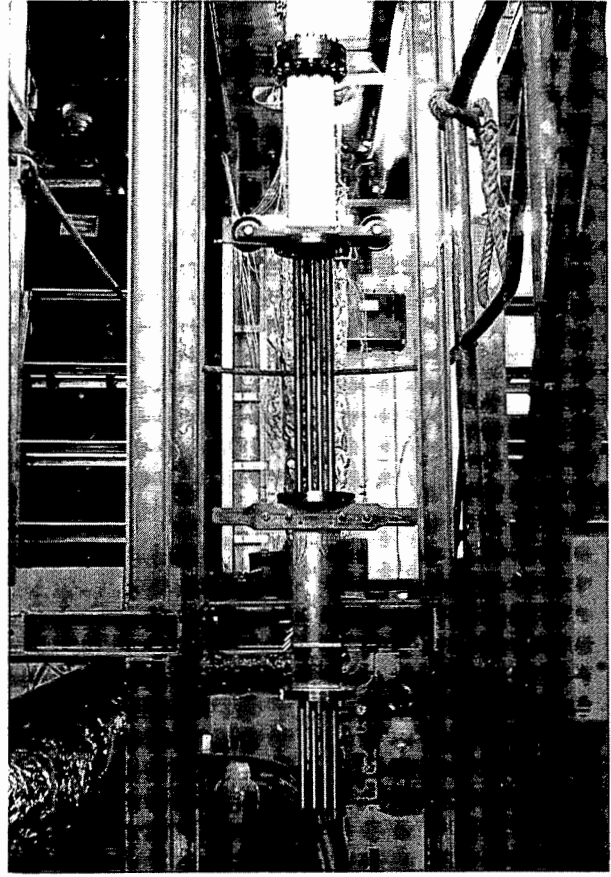


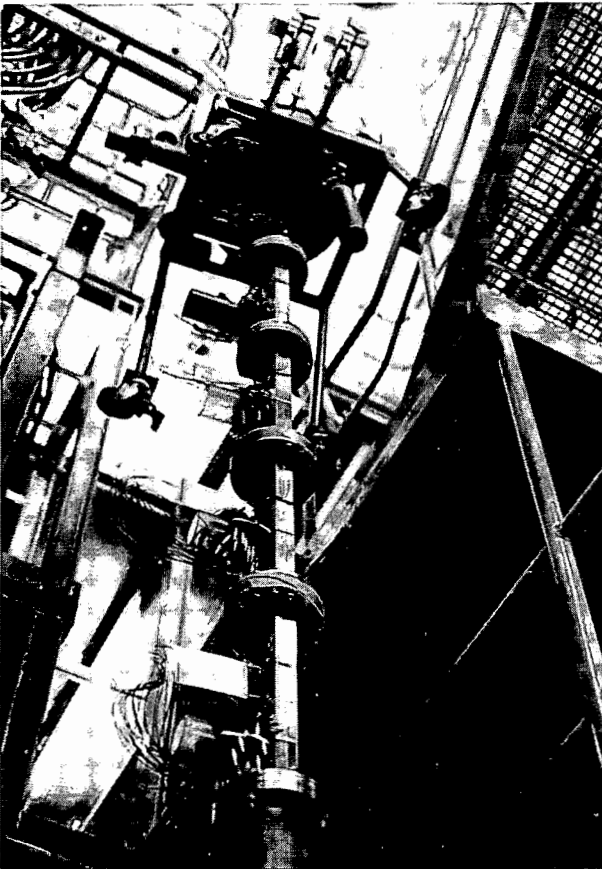
FIG. 1 TEGENA - TEST SECTION



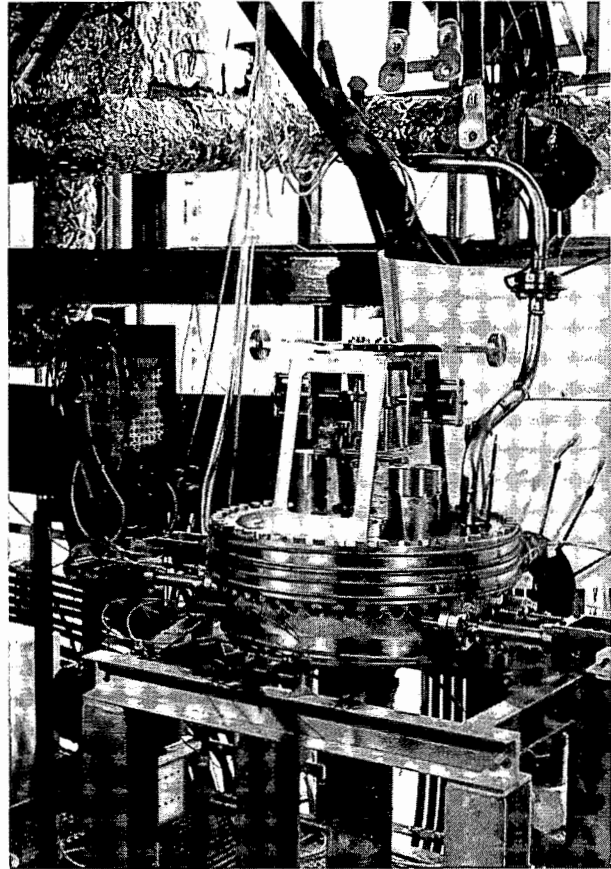
Upper end of the test section



Heater rods and channel segments



Rectangular channel



Measuring chamber

FIG. 2 PHOTOS OF THE TEGENA TEST SECTION

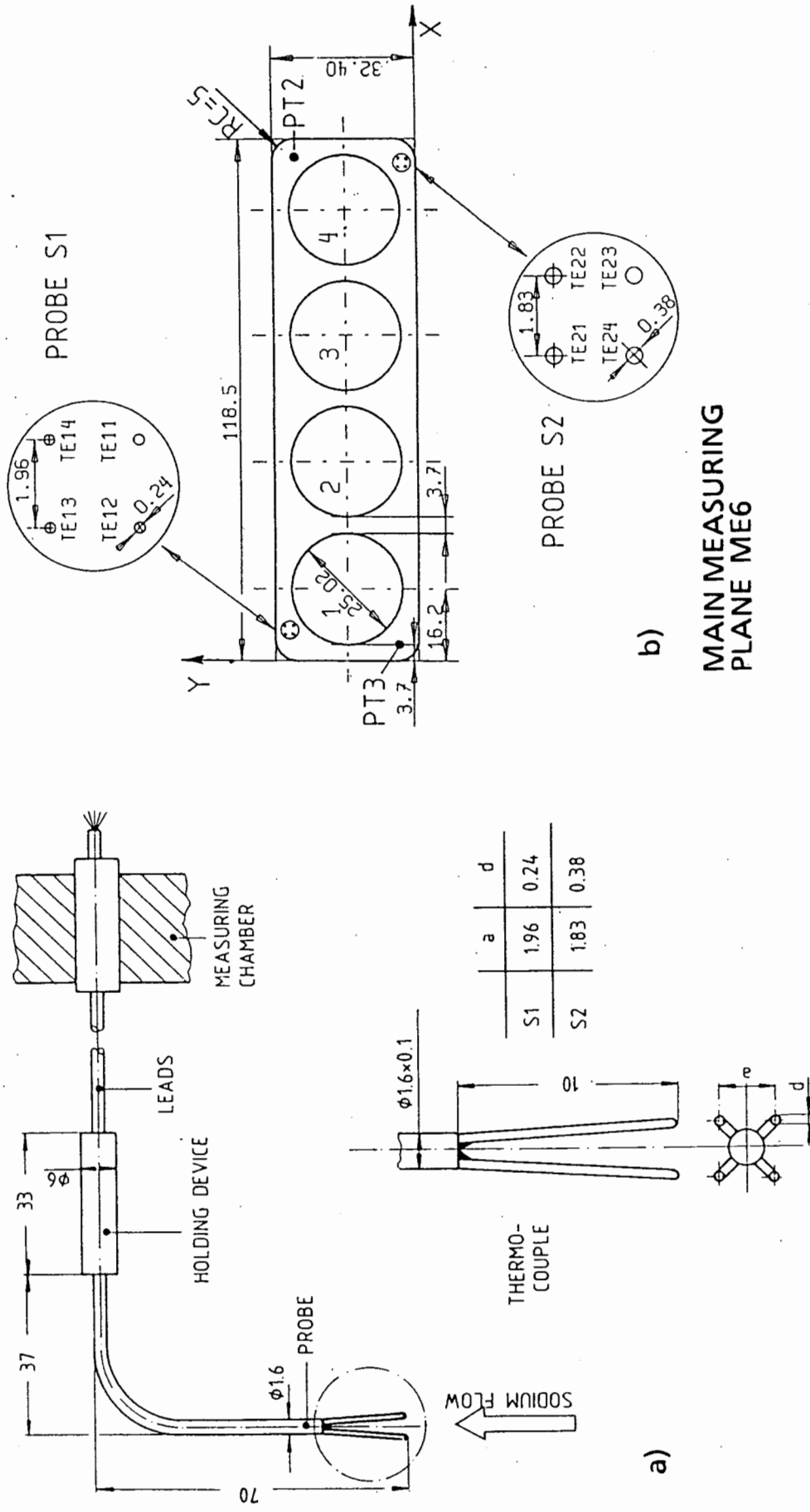


FIG.3 TEGENA 1, MEASURING PROBES AND MEASURING CROSS SECTION

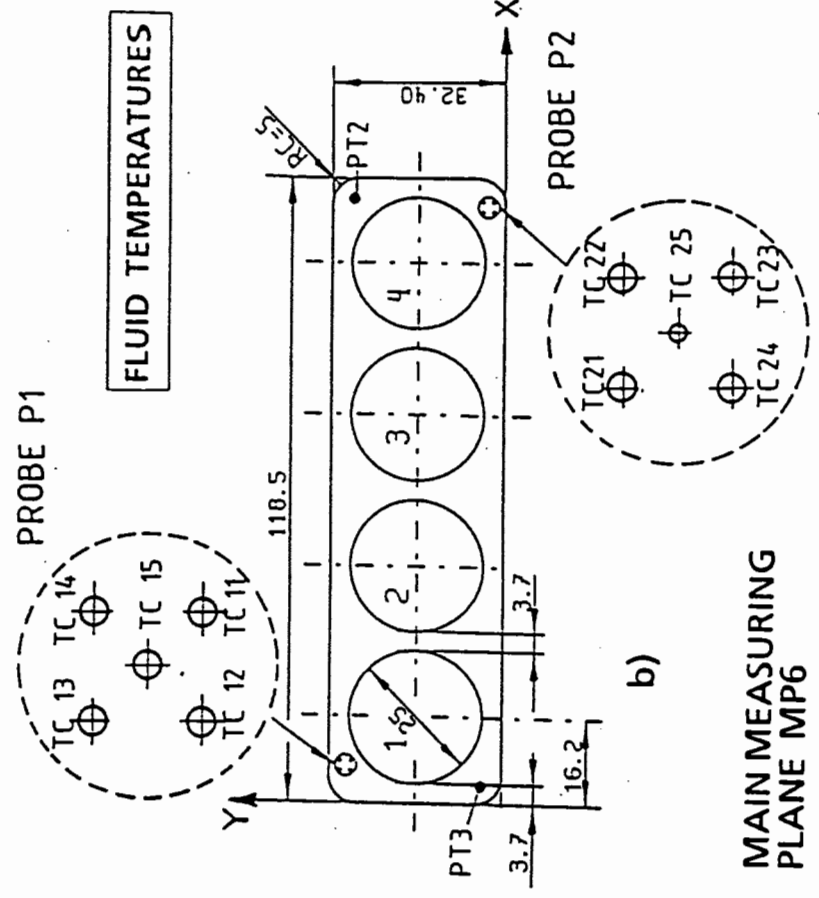
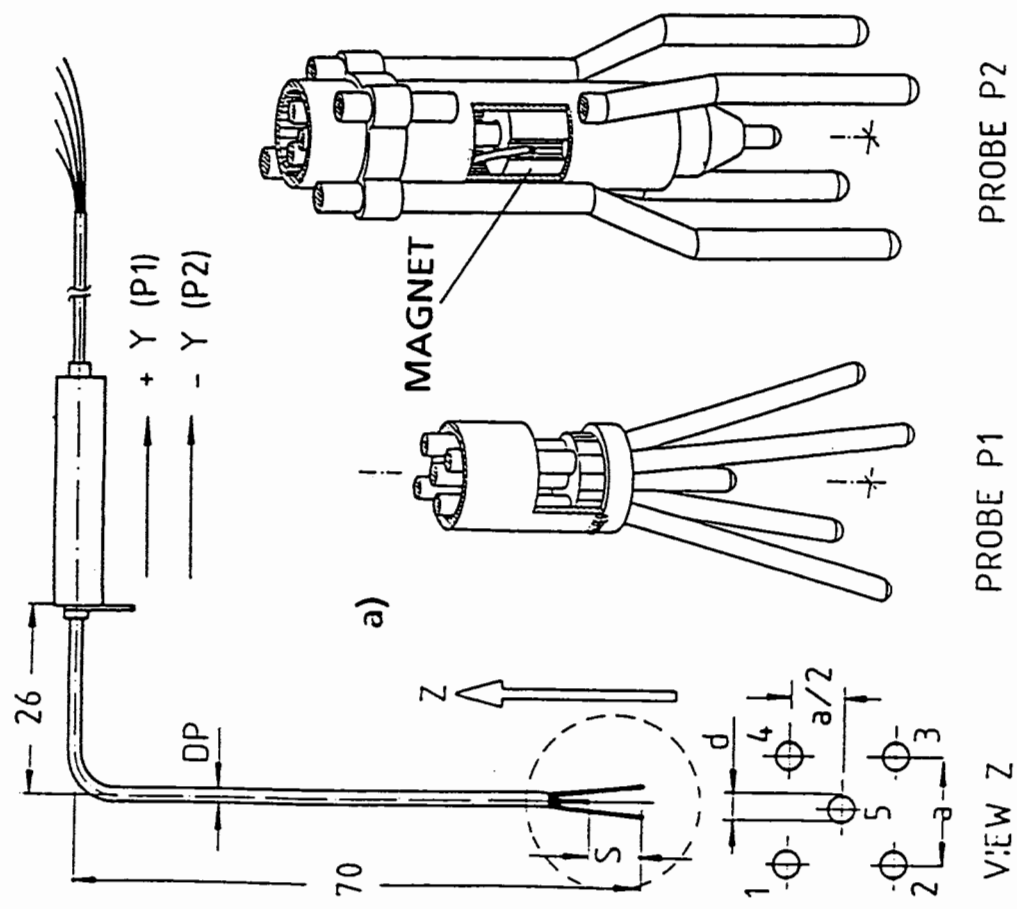


FIG.4 TEGENA 2 , MEASURING PROBES AND MEASURING CROSS SECTION

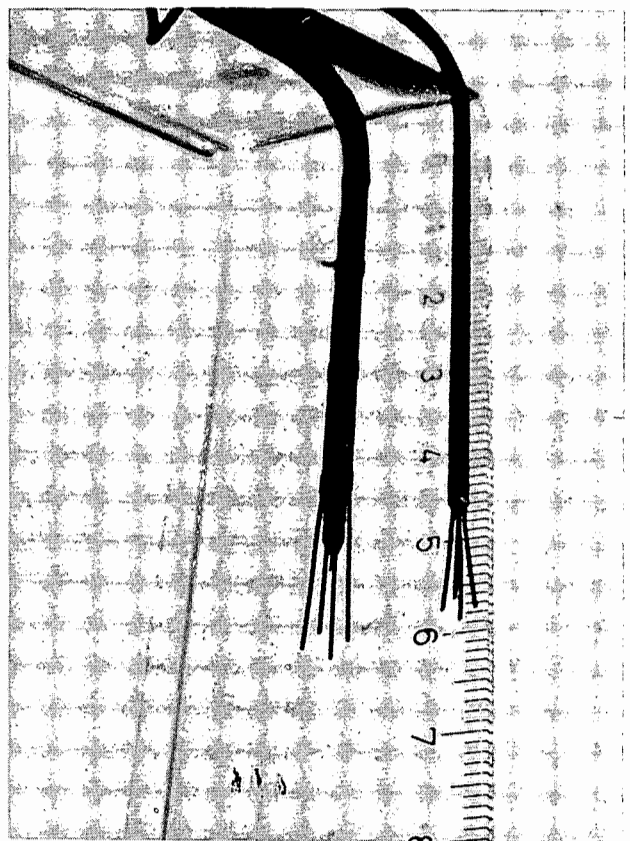
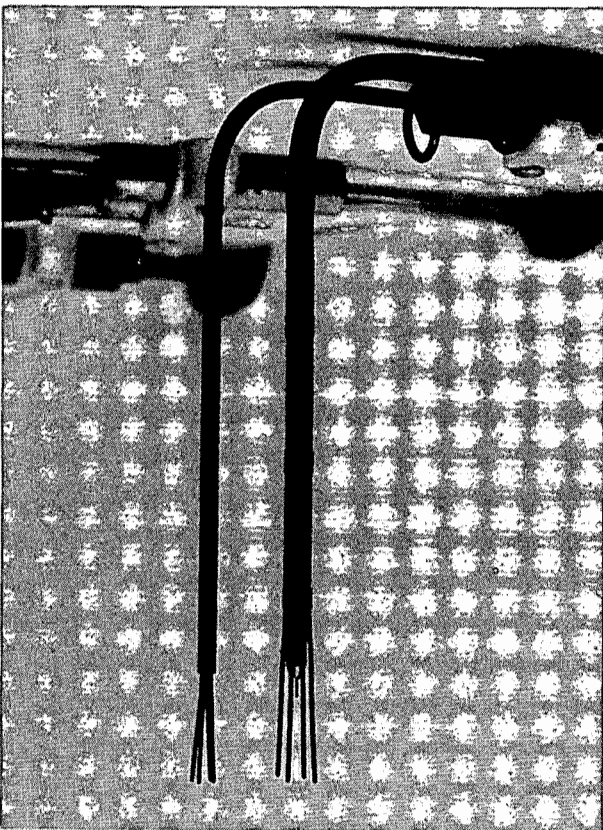
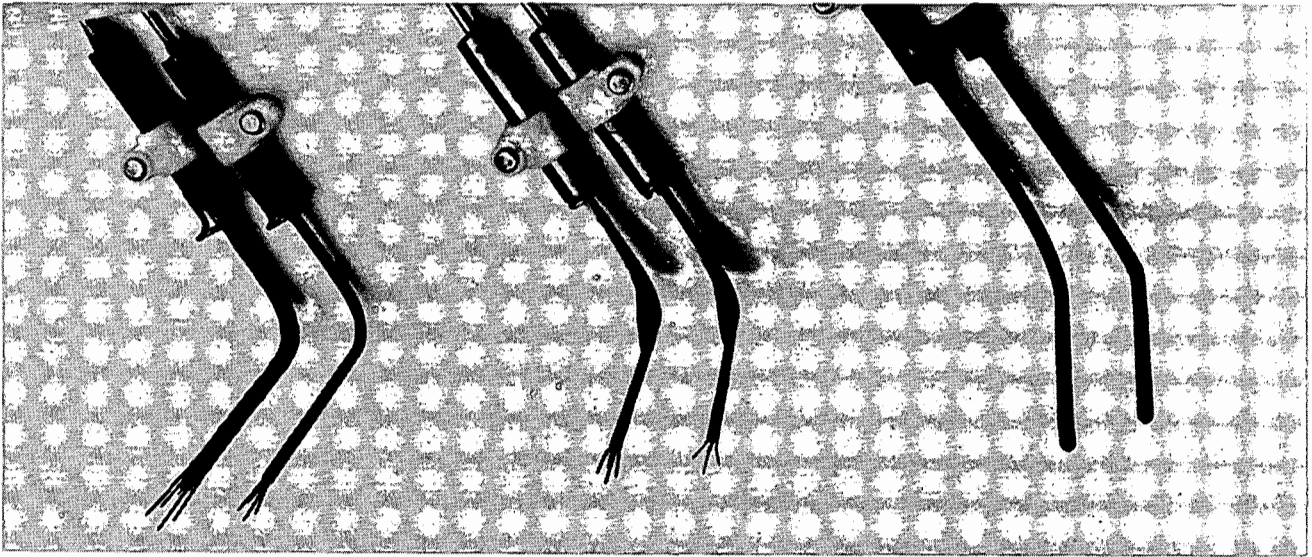


FIG. 5 PHOTOS OF THE MEASURING PROBES

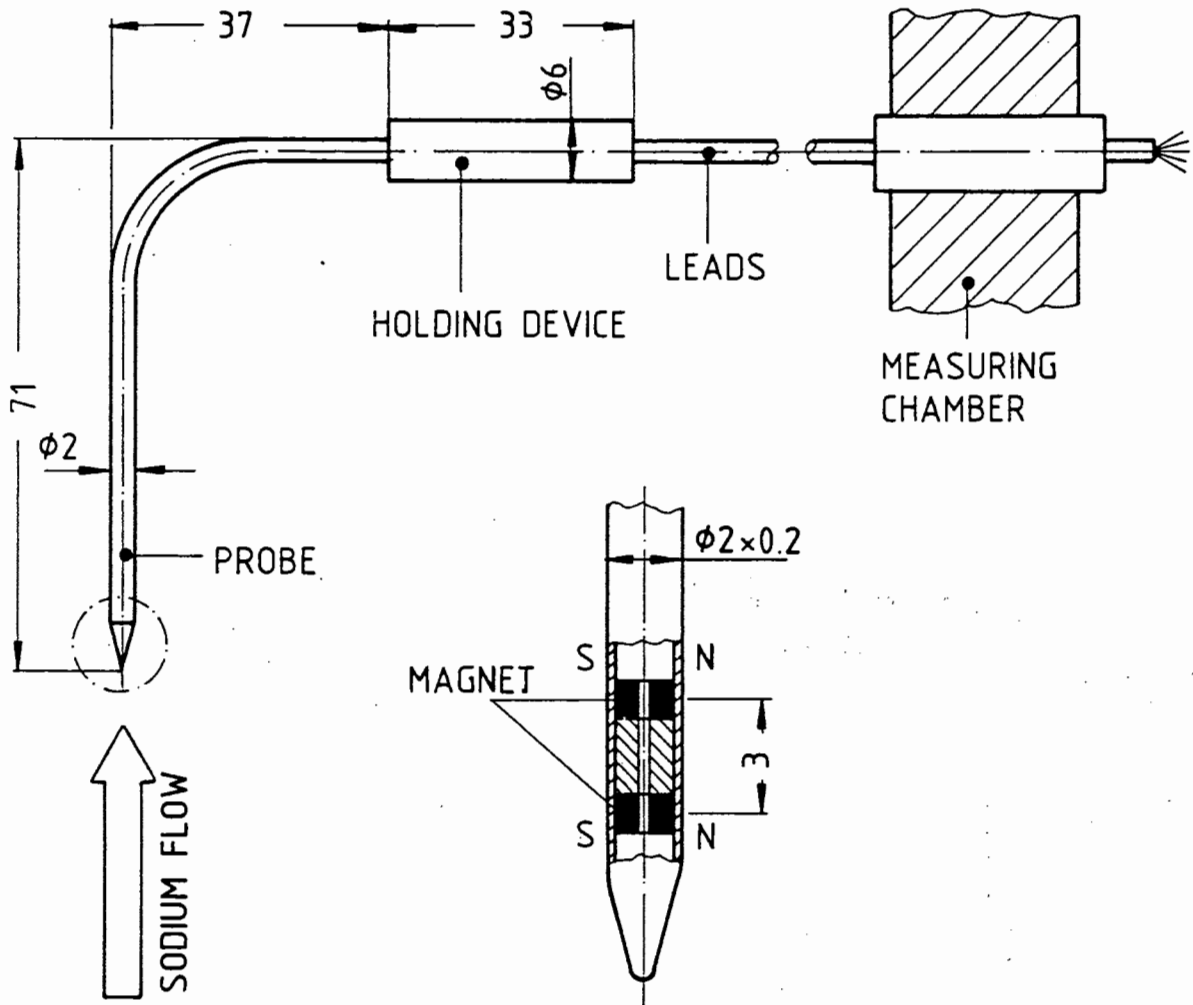


FIG.6 PERMANENT MAGNETIC VELOCITY PROBE

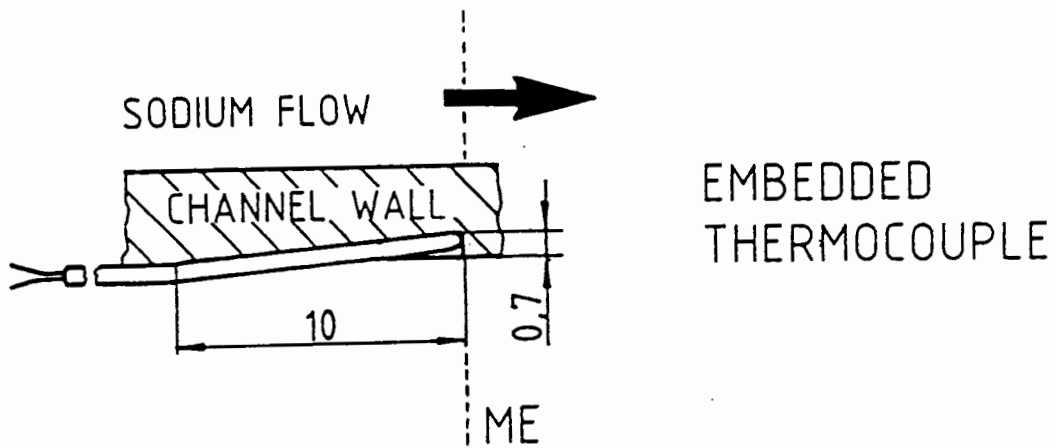
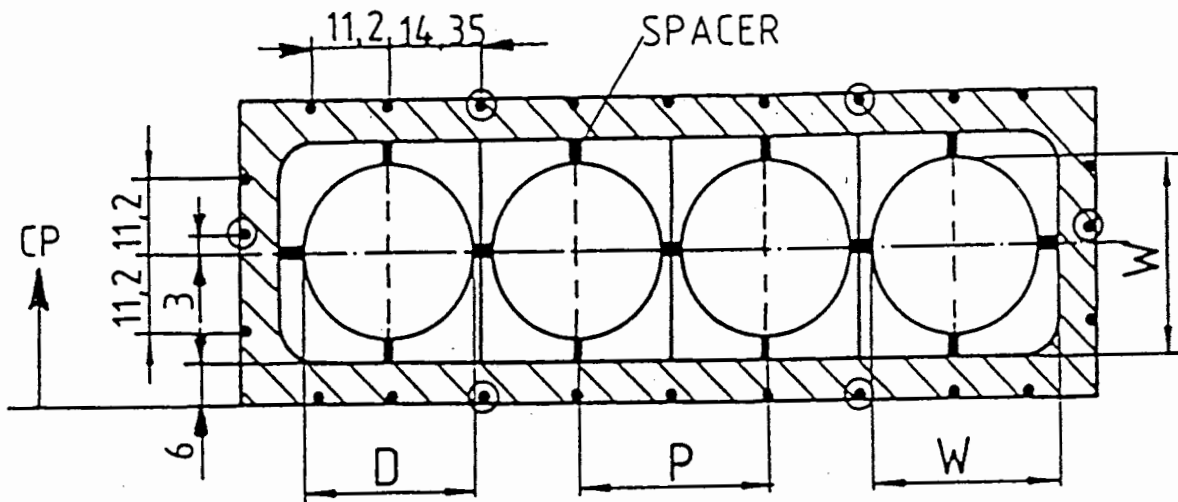


FIG.7 MEASURING CROSS SECTIONS FOR WALL TEMPERATURES

RE=58000

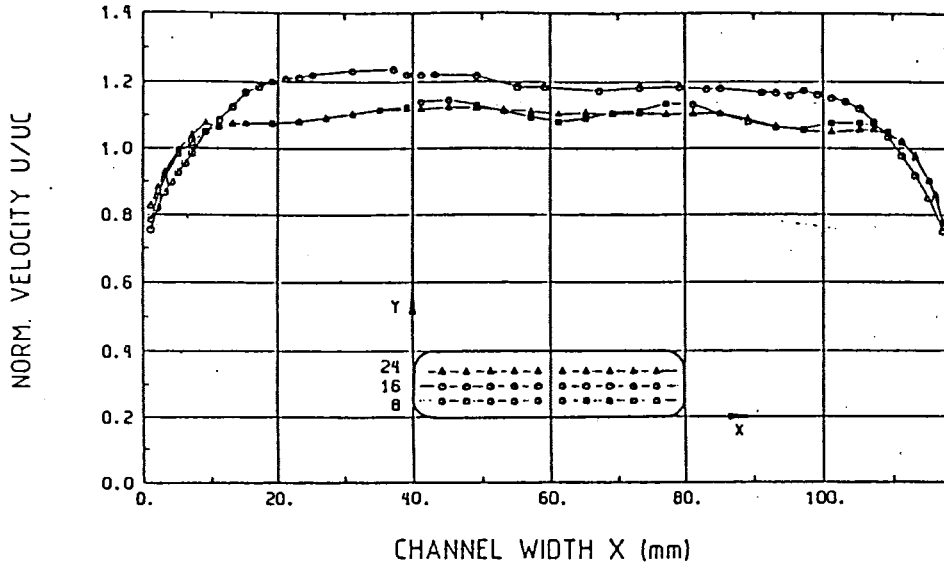


FIG. 8 PITOT PROBE MEASUREMENTS IN WATER FLOW OPEN CHANNEL, X-TRAVERSES, INLET POS. 1

RE=58000

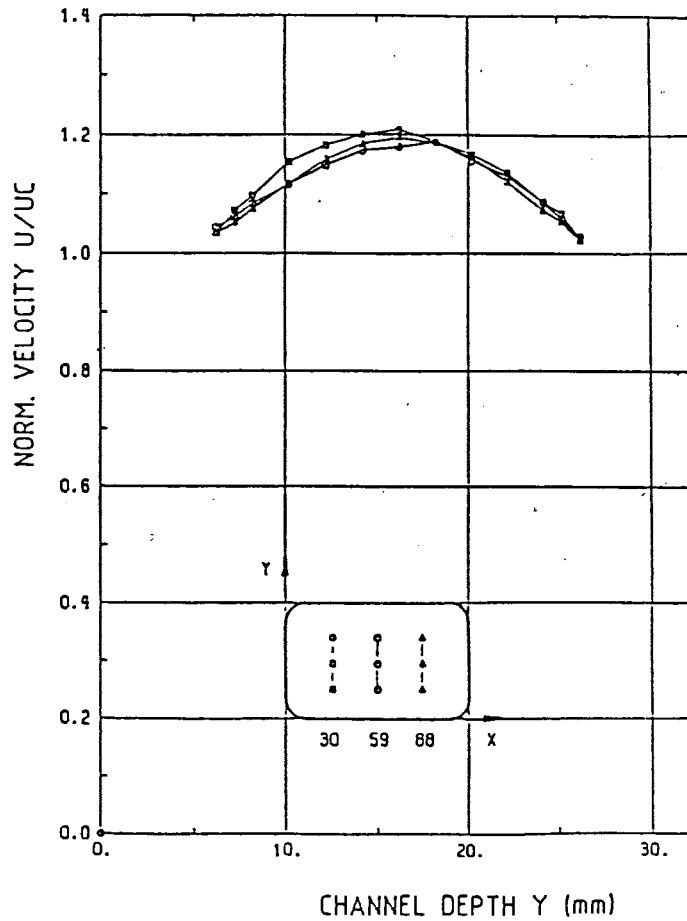


FIG. 9 PITOT PROBE MEASUREMENTS IN WATER FLOW, OPEN CHANNEL, Y-TRAVERSES

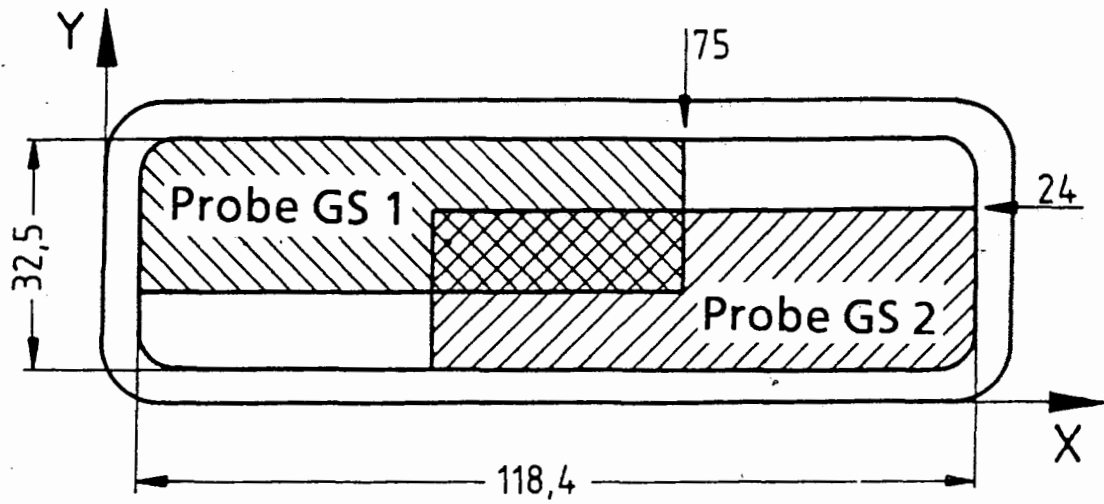


Abb.10 Measuring fields of the velocity probes

RE=350000/420000/350000

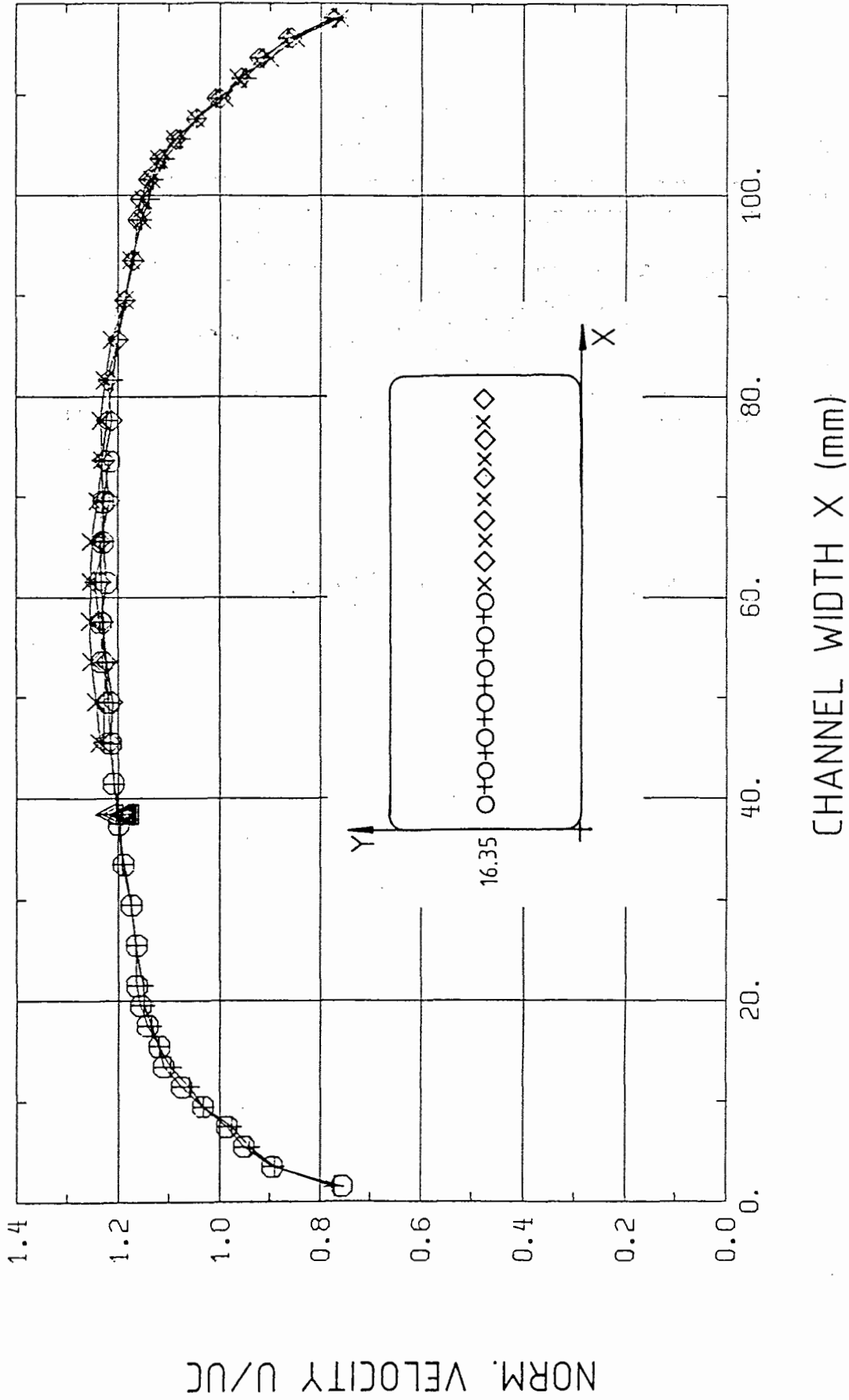


FIG. 11 SODIUM VELOCITY, OPEN CHANNEL, X-TRAVERSE

RE=350000

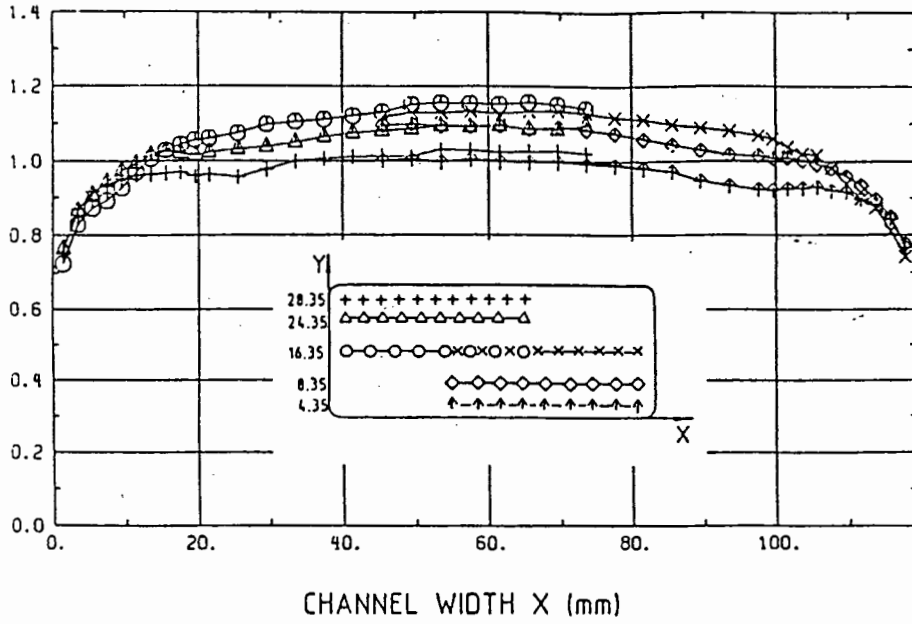


FIG. 12 SODIUM VELOCITY, OPEN CHANNEL, X-TRAVERSES

RE=350000

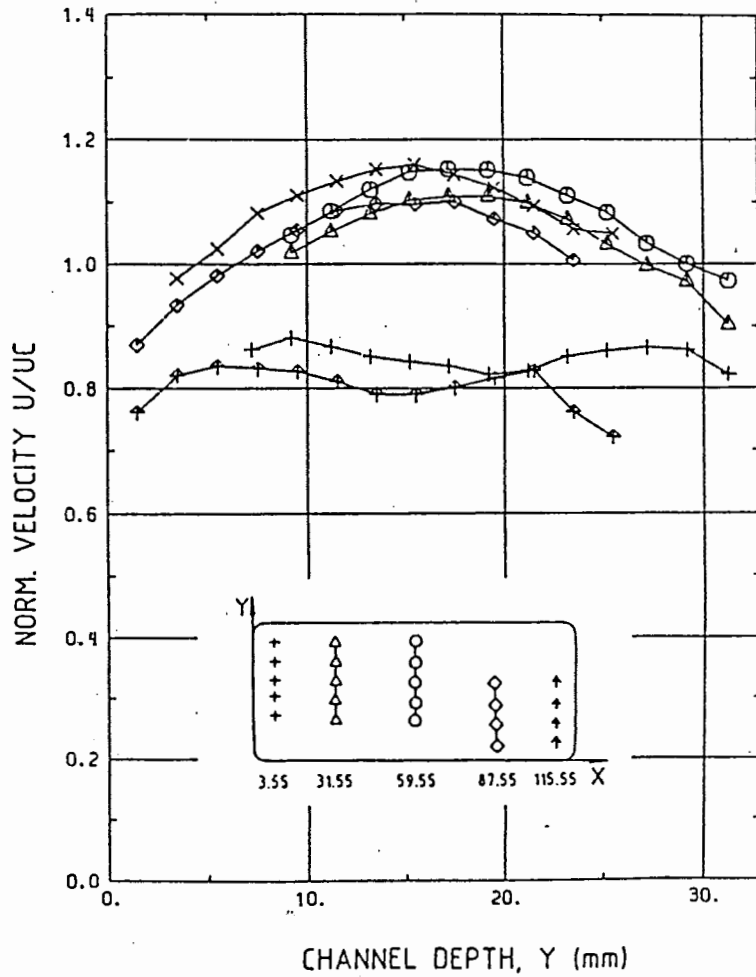
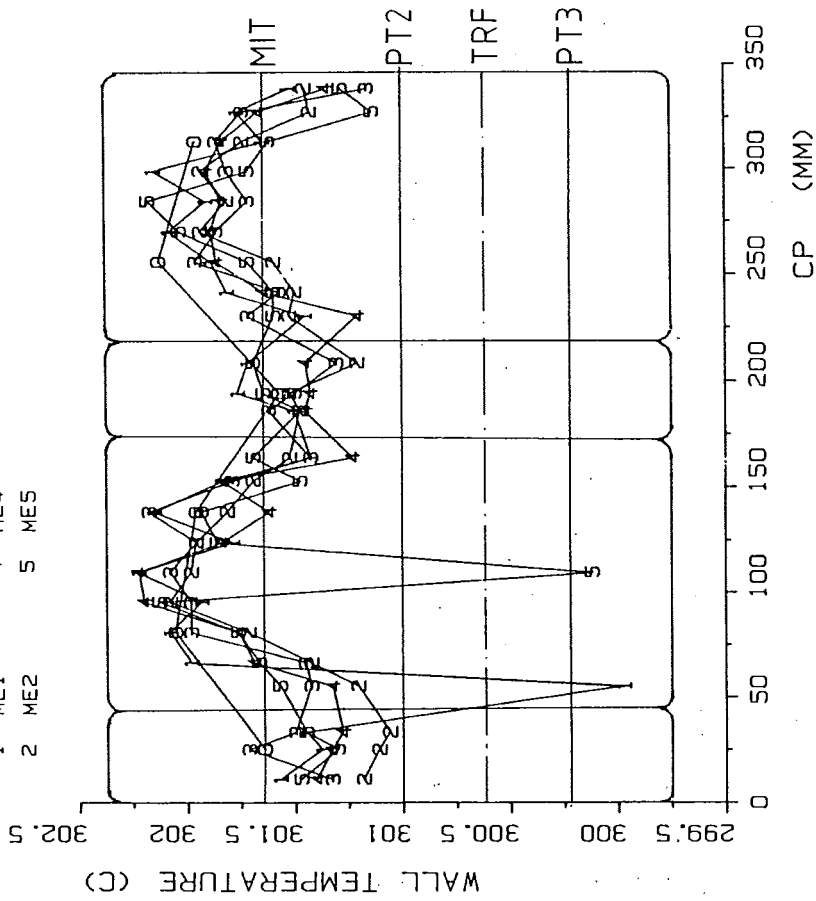
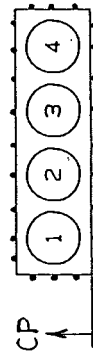


FIG. 13 SODIUM VELOCITY, Y-TRAVERSES

0 MEO
1 ME1
2 ME2
3 ME3
4 ME4
5 ME5



I01T250.DAT

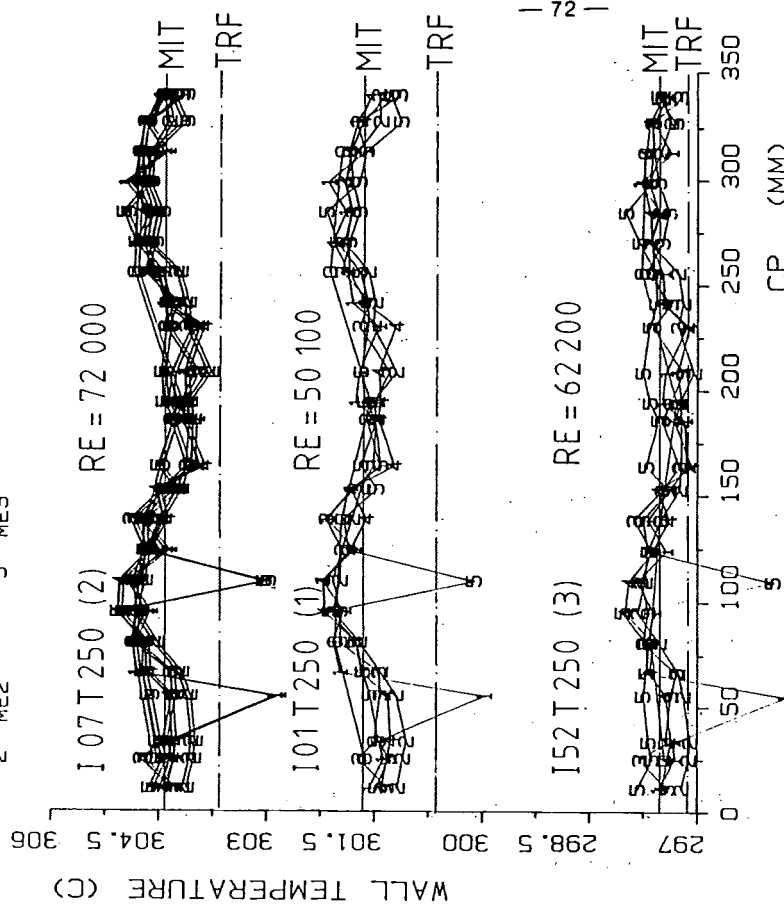


RE = 50100 QH1 = 0 (W/CM^2) TEN = 302.39(C)
 PE = 294.91 QH2 = 0 (W/CM^2) TAS = 303.7 (C)
 MS = 2.61 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM^2) PT3 = 300.2 DEG C
 UB = 1.6 (M/S) QH4 = 0 (W/CM^2) PT2 = 301 DEG C

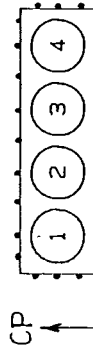
FIG. 14 TEGENA 1 WALL TEMPERATURE

ISOTHERMAL EXP AT 300(C)

0 MEO
1 ME1
2 ME2
3 ME3
4 ME4
5 ME5



I01T250.DAT



RE = 50100 QH1 = 0 (W/CM^2) TEN = 302.39(C)
 PE = 294.91 QH2 = 0 (W/CM^2) TAS = 303.7 (C)
 MS = 2.61 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM^2) PT3 = 300.2 DEG C
 UB = 1.6 (M/S) QH4 = 0 (W/CM^2) PT2 = 301 DEG C

FIG. 15 TEGENA 1 WALL TEMPERATURE

ISOTH EXP AT 300(C) COMPAR

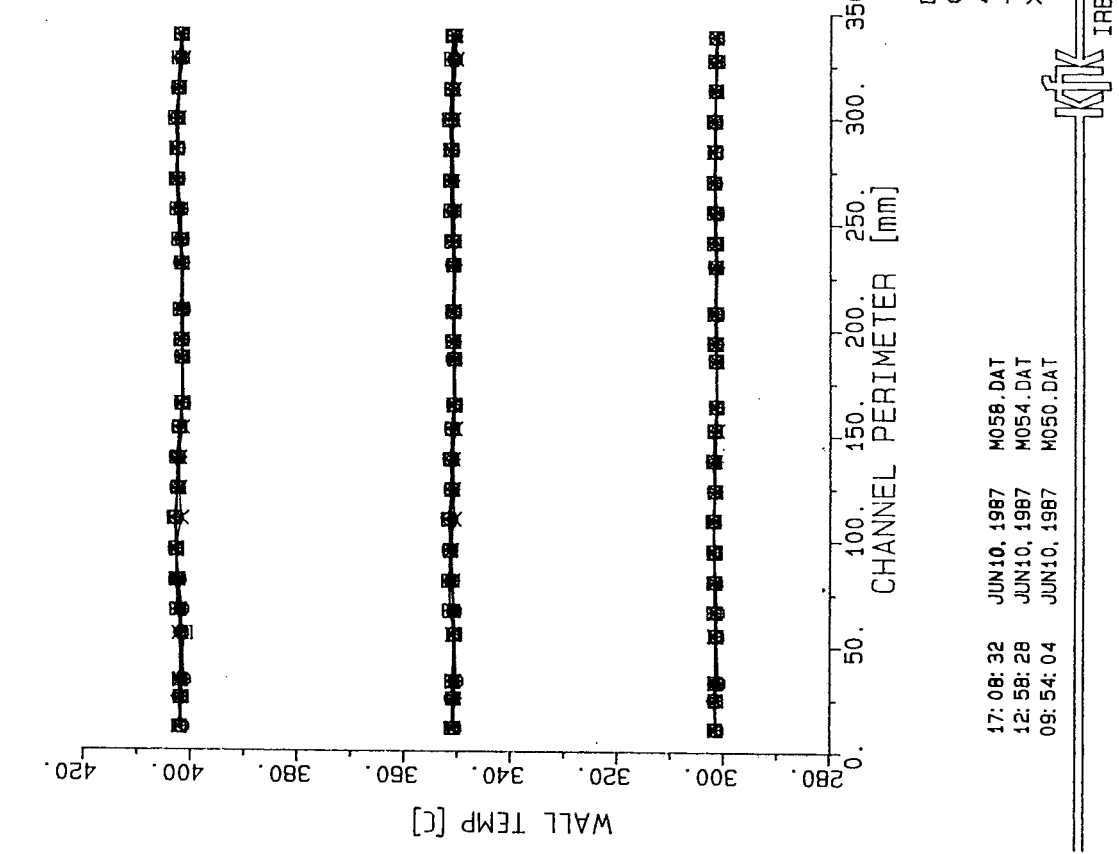


FIG. 16 TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
ISOTH EXP UB=0.5 m/s

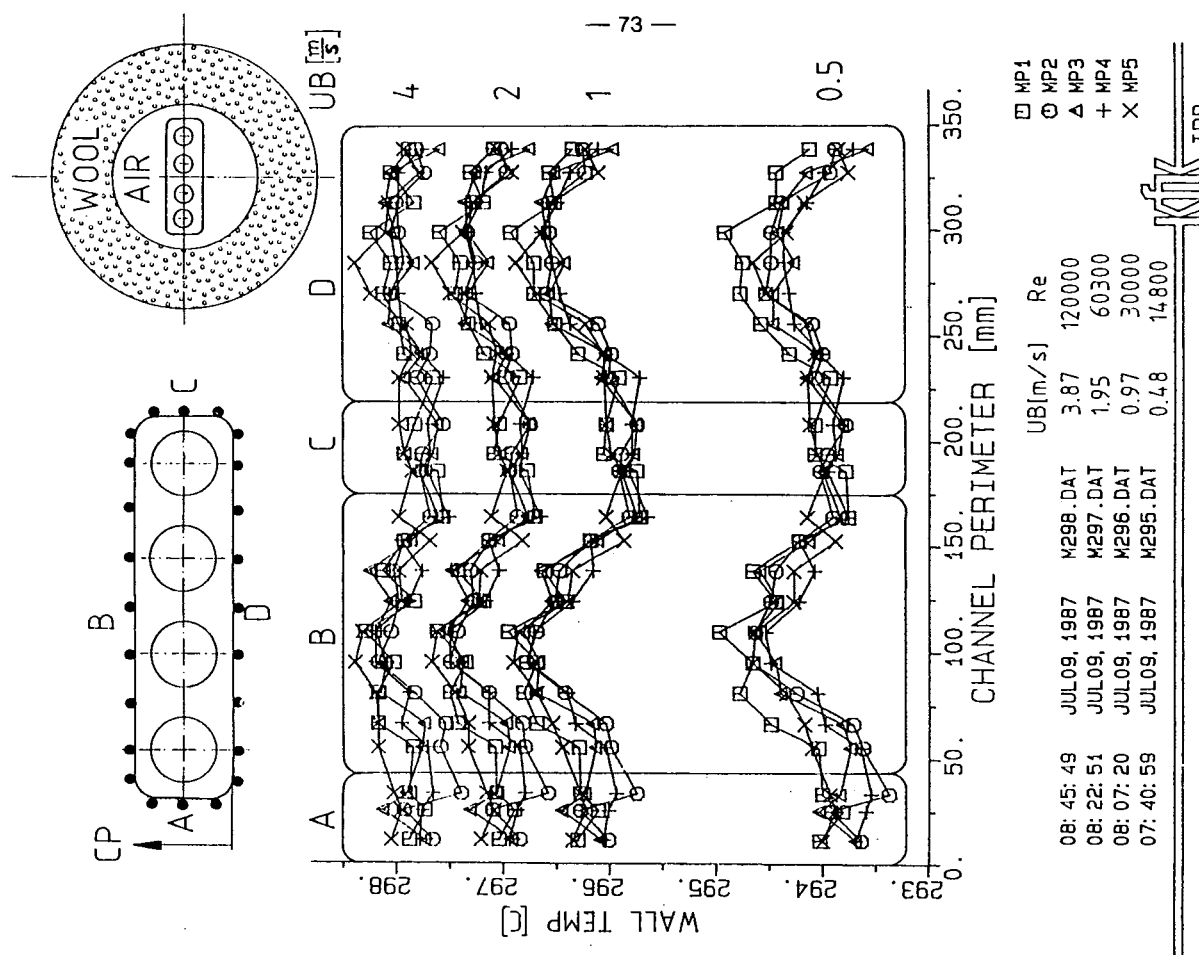


FIG. 17 TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
ISOTH EXP PAR: VELOCITY

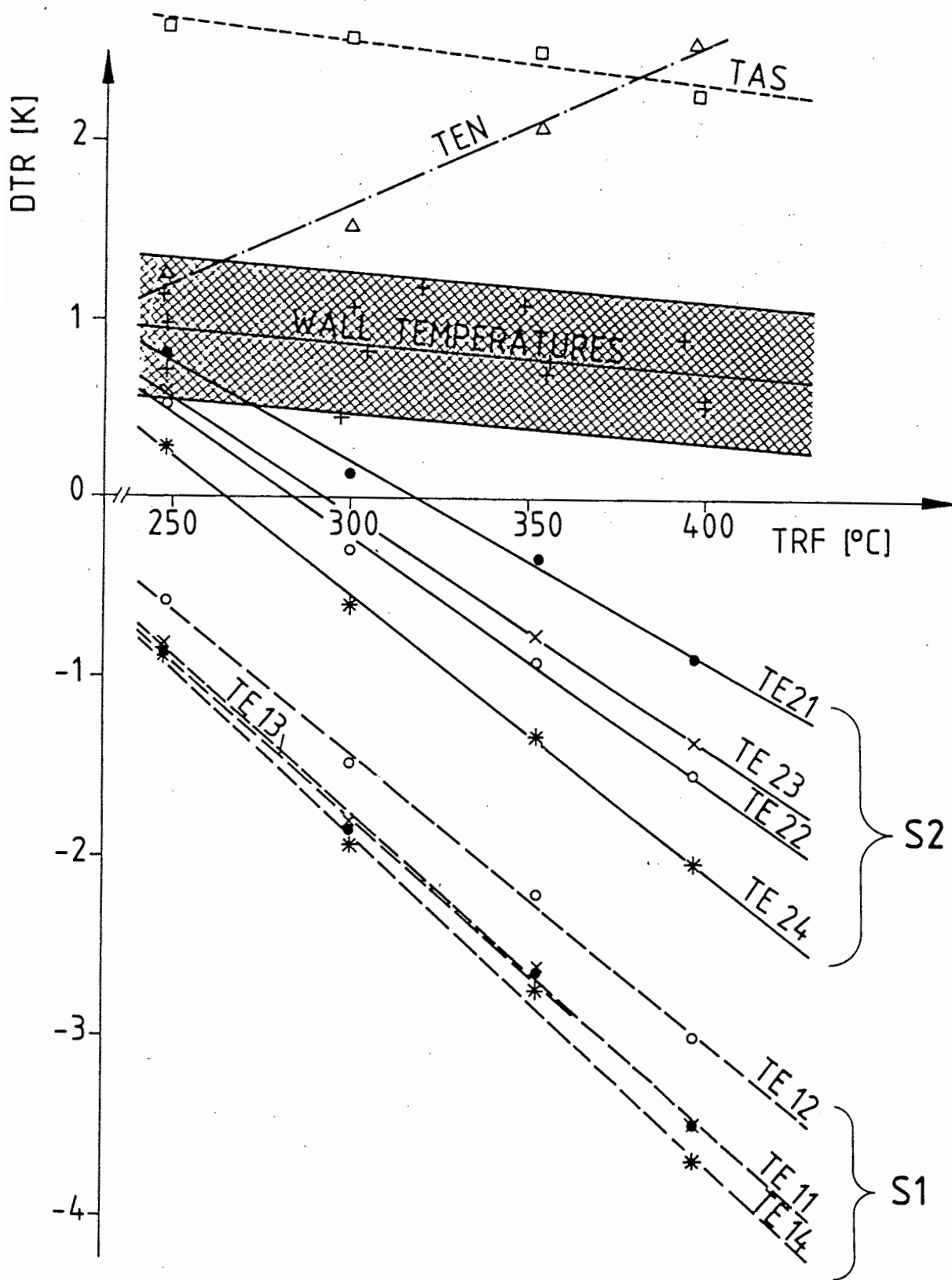
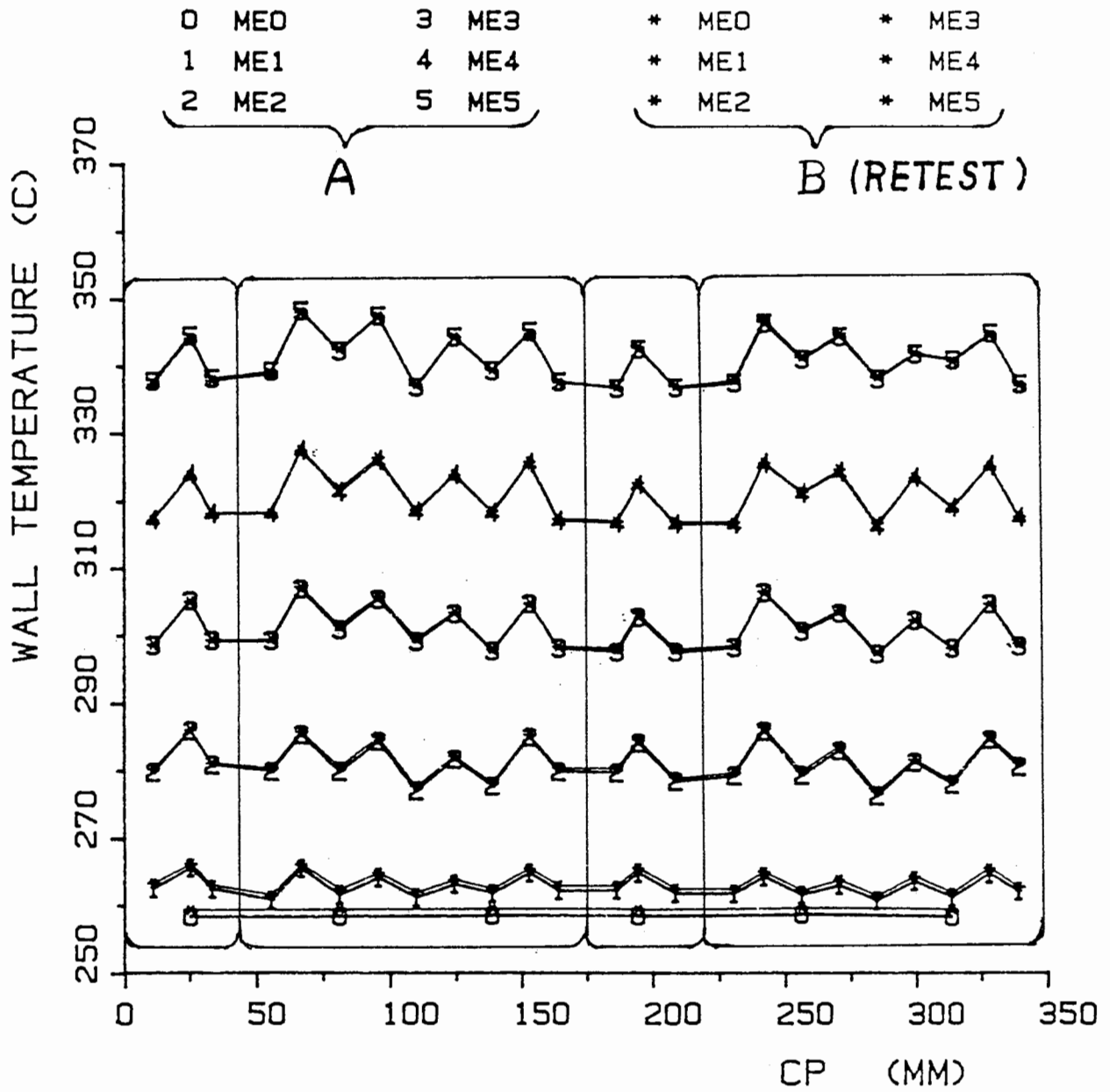
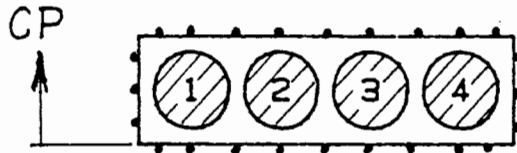


FIG. 18 TEGENA 1, ISOTHERMAL MEASUREMENTS, TC-DEVIATION VERSUS REFERENCE TEMPERATURE



F04Q12A. DAT
F04Q12B. DAT



RE = 60100

QH1 = 50.35 (W/CM²)

NB = 395.5 (KW)

PE = 352.36

QH2 = 49.96 (W/CM²)

TEN = 256.67(C)

MS = 3.12 (KG/S)

QH3 = 49.36 (W/CM²)

TAS = 353.11(C)

UB = 1.91 (M/S)

QH4 = 50.71 (W/CM²)

TNM = 304.26(C)

FIG. 19 TEGENA 1 WALL TEMPERATURE

A/B RE=60100/60200

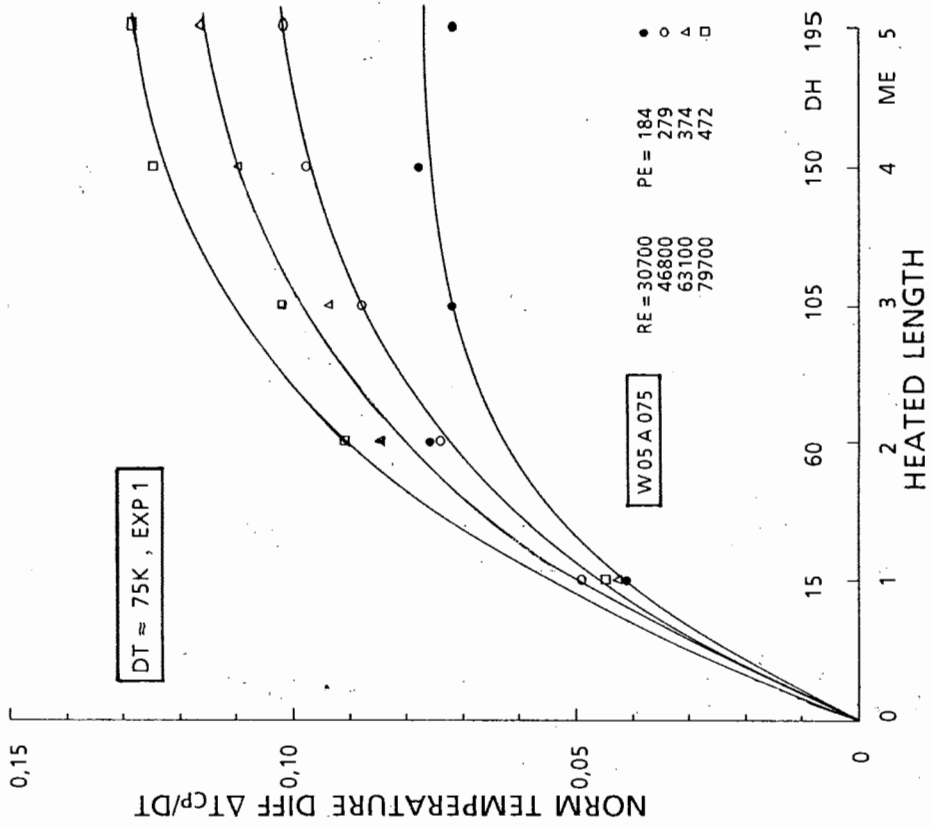


FIG. 21 DEVELOPEMENT OF THE TEMPERATURE FIELD

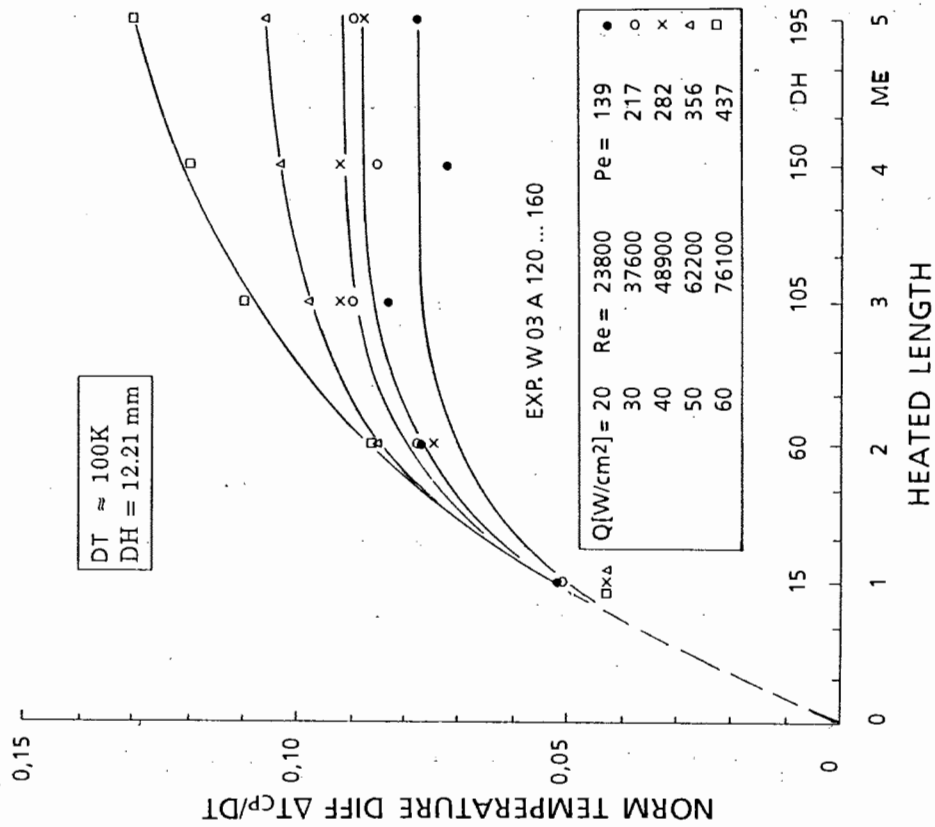


FIG. 20 DEVELOPEMENT OF THE TEMPERATURE FIELD

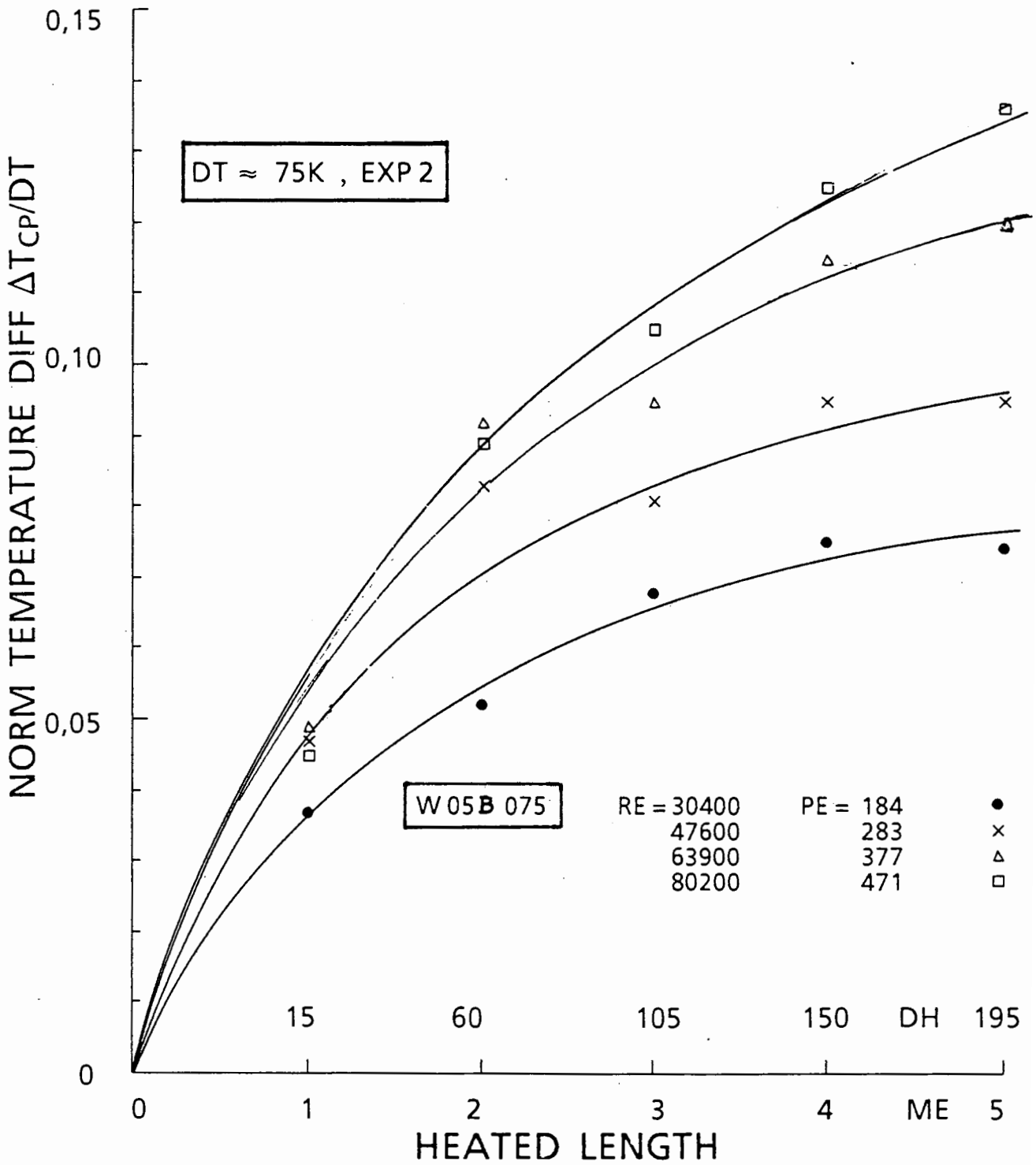
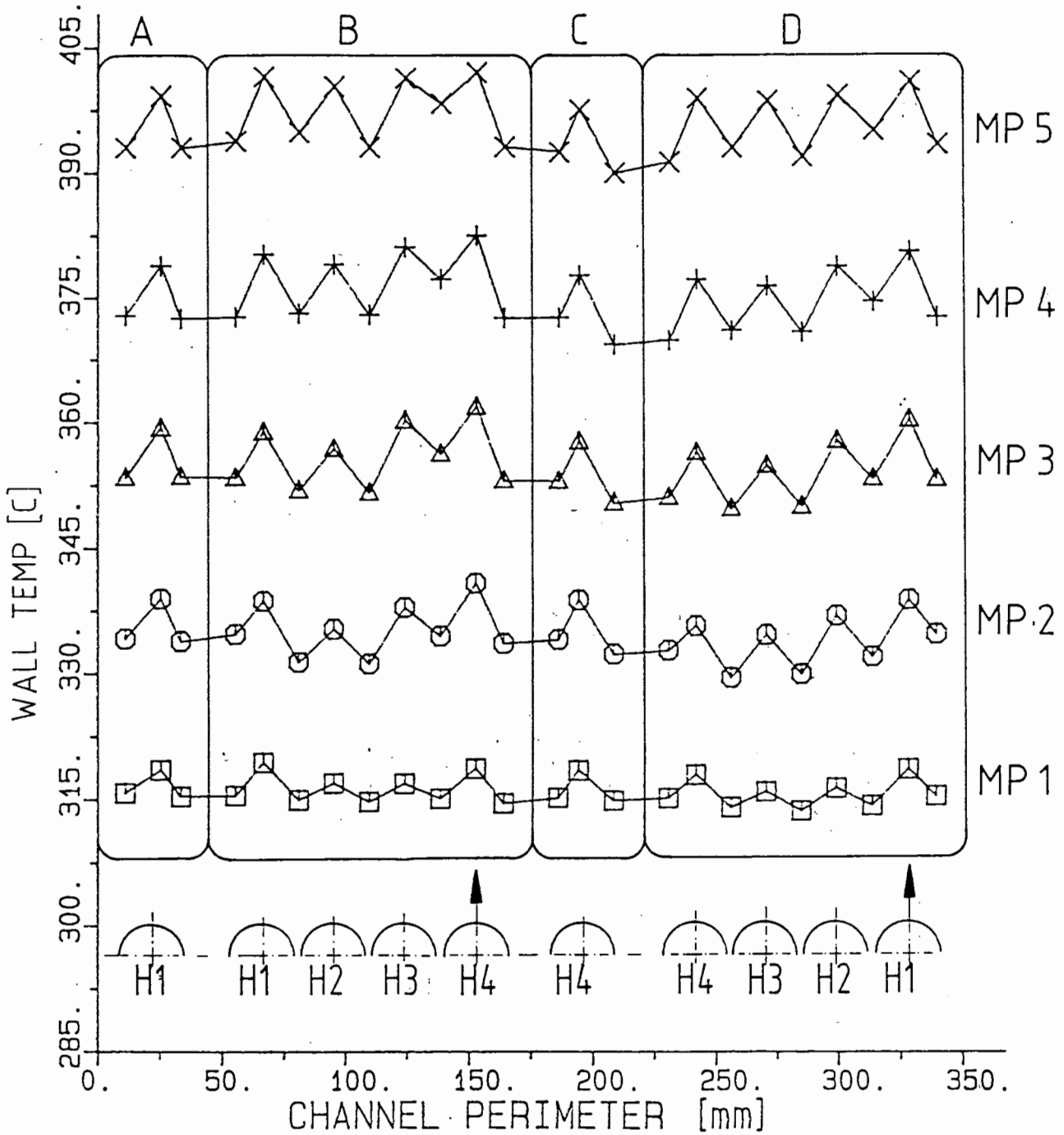


FIG. 22 DEVELOPEMENT OF THE TEMPERATURE FIELD

TBI = 311.7 C
 DTC = 97.1 K
 UB = 1.97 m/s
 Re = 68143
 Pe = 366

QH1 = 51.5 W/cm²
 QH2 = 51.4 W/cm²
 QH3 = 51.1 W/cm²
 QH4 = 51.4 W/cm²

□ MP1
 ○ MP2
 △ MP3
 + MP4
 × MP5



17: 25: 17 JUL10, 1987 M336.DAT



FIG. 23 TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
 CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

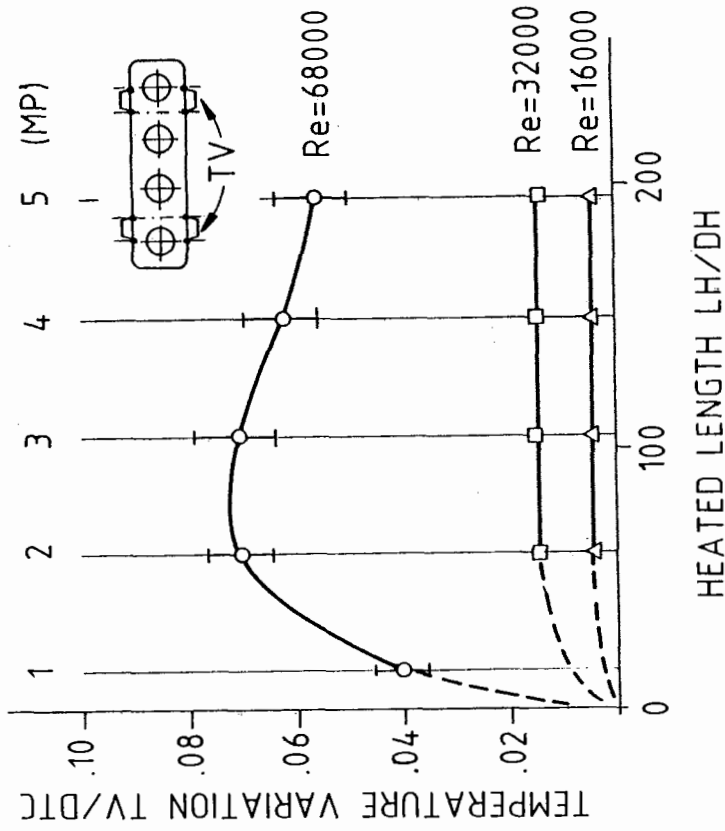


FIG: 25 THERMAL DEVELOPMENT OF THE FLOW WALL/CORNER REGION

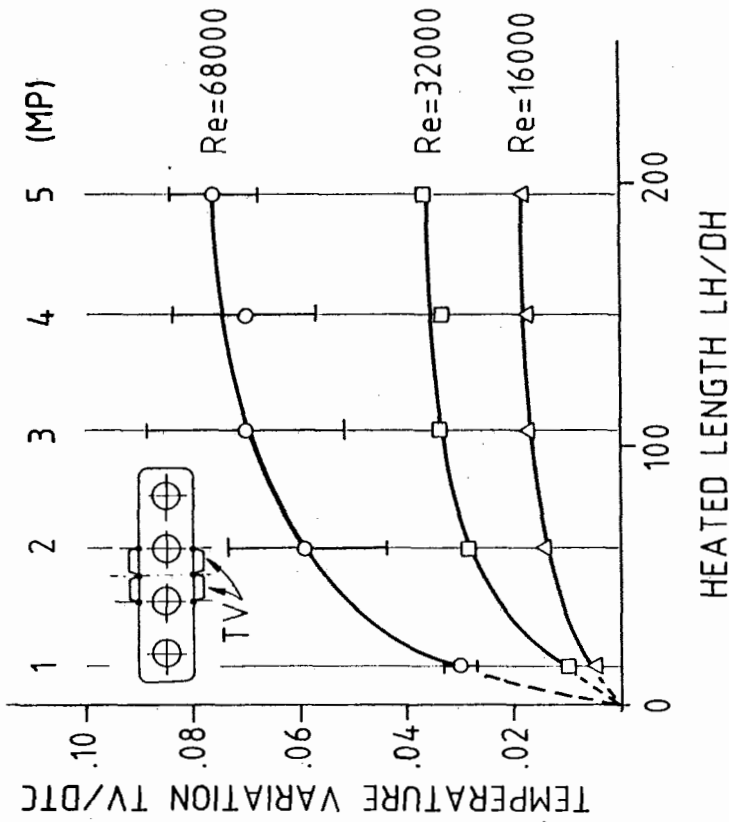


FIG: 24 THERMAL DEVELOPMENT OF THE FLOW CENTRAL WALL REGION

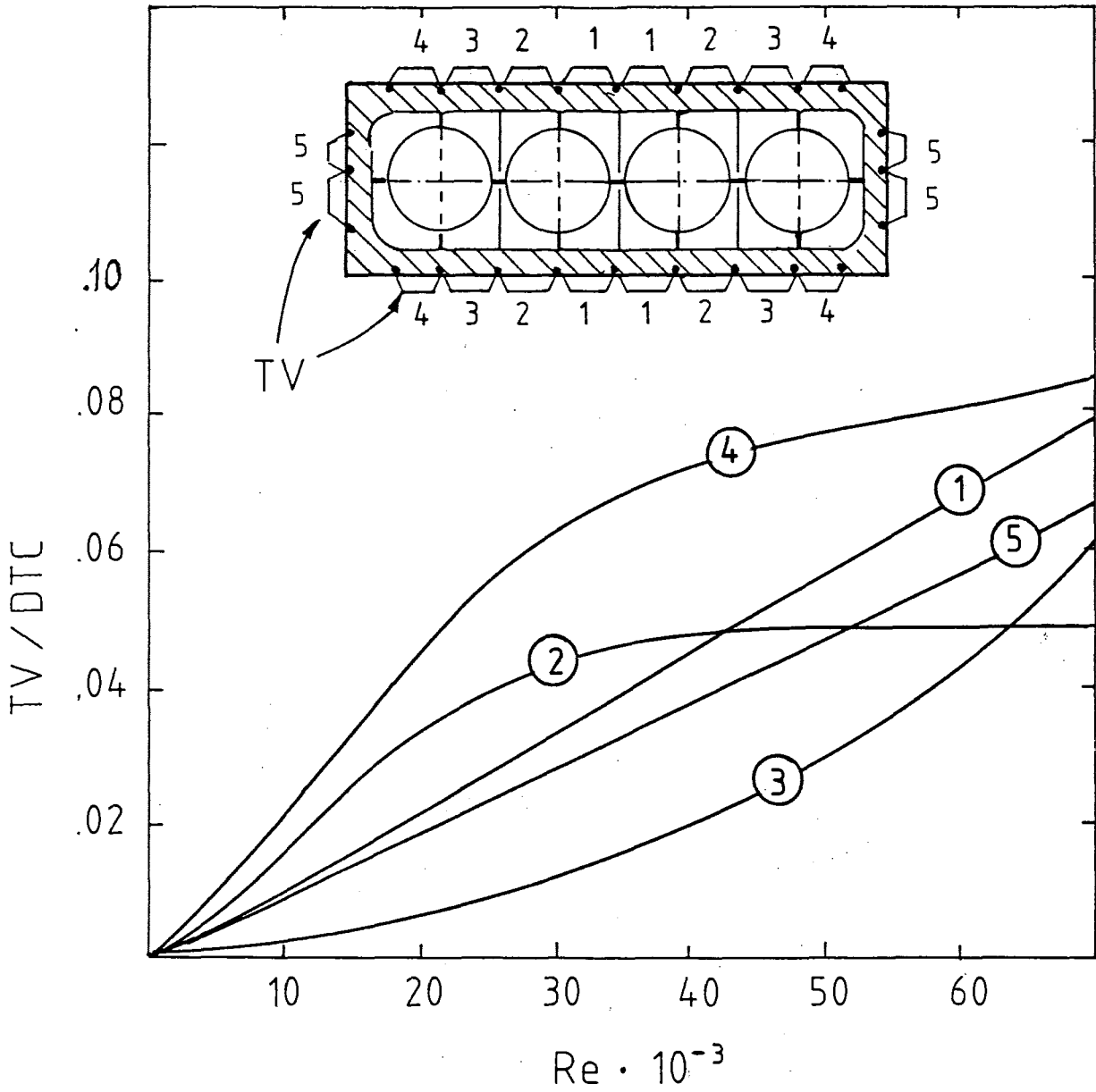
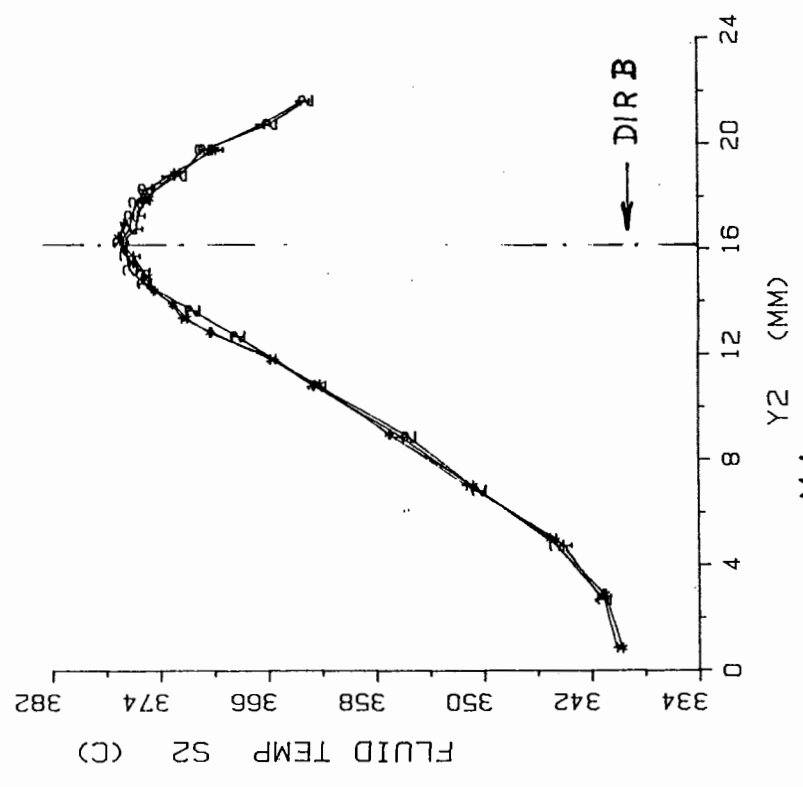
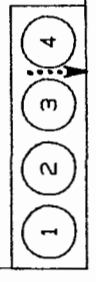


FIG. 26 NORMALIZED LOCAL TEMPERATURE DIFFERENCES VERSUS Re -NUMBER IN MEASURING PLANE MP 5

1 TE21 * TE24
2 TE22 + TE23



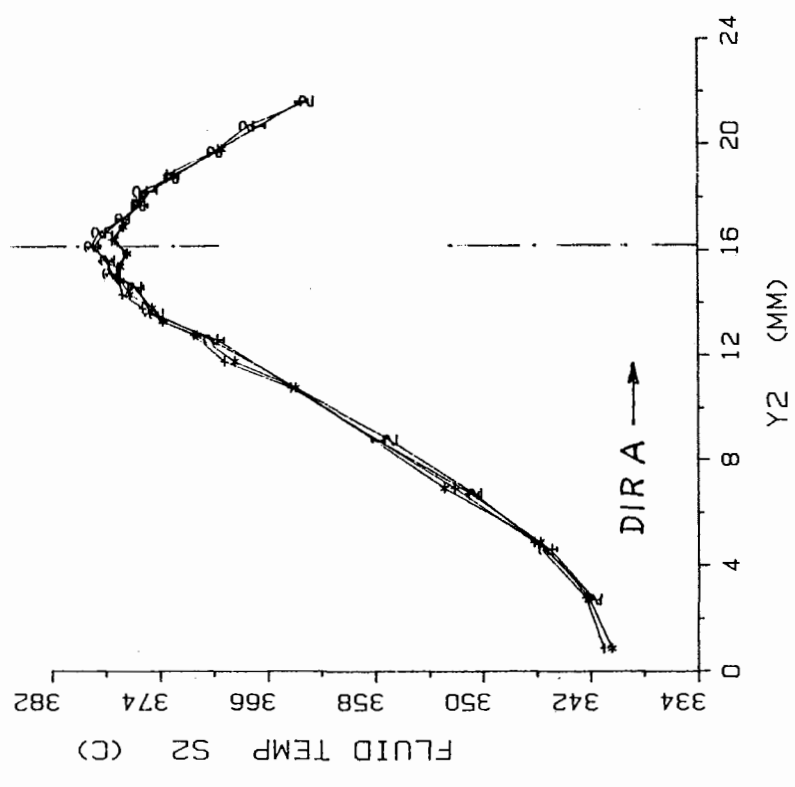
F04Q12B.DAT
F04Q12B.DAT



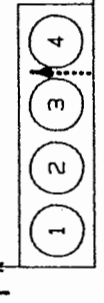
RE = 60100 QH1 = 49.38 (W/CM^2) NB = 387.95(KW)
 PE = 352.52 QH2 = 49 (W/CM^2) TEN = 257.98(C)
 MS = 3.12 (KG/S) QH3 = 48.42 (W/CM^2) X21 = 86.97 (MM)
 UB = 1.91 (M/S) QH4 = 49.74 (W/CM^2) X22 = 88.8 (MM)

FIG.28 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR B PROBE 2

1 TE21 * TE24
2 TE22 + TE23



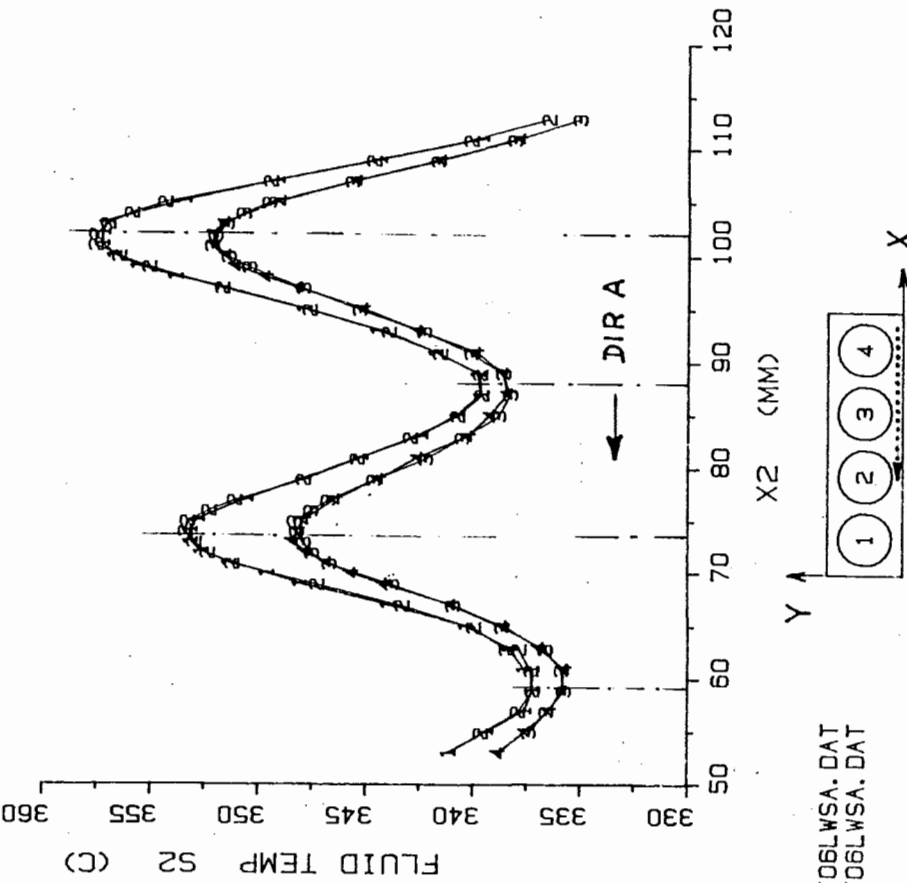
F04Q12A.DAT
F04Q12A.DAT



RE = 60400 QH1 = 50.23 (W/CM^2) NB = 394.56(KW)
 PE = 354.08 QH2 = 49.84 (W/CM^2) TEN = 257.63(C)
 MS = 3.13 (KG/S) QH3 = 49.24 (W/CM^2) X21 = 86.96 (MM)
 UB = 1.92 (M/S) QH4 = 50.59 (W/CM^2) X22 = 88.79 (MM)

FIG.27 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR A PROBE 2

1 TE21
2 TE22
3 TE23
4 TE24

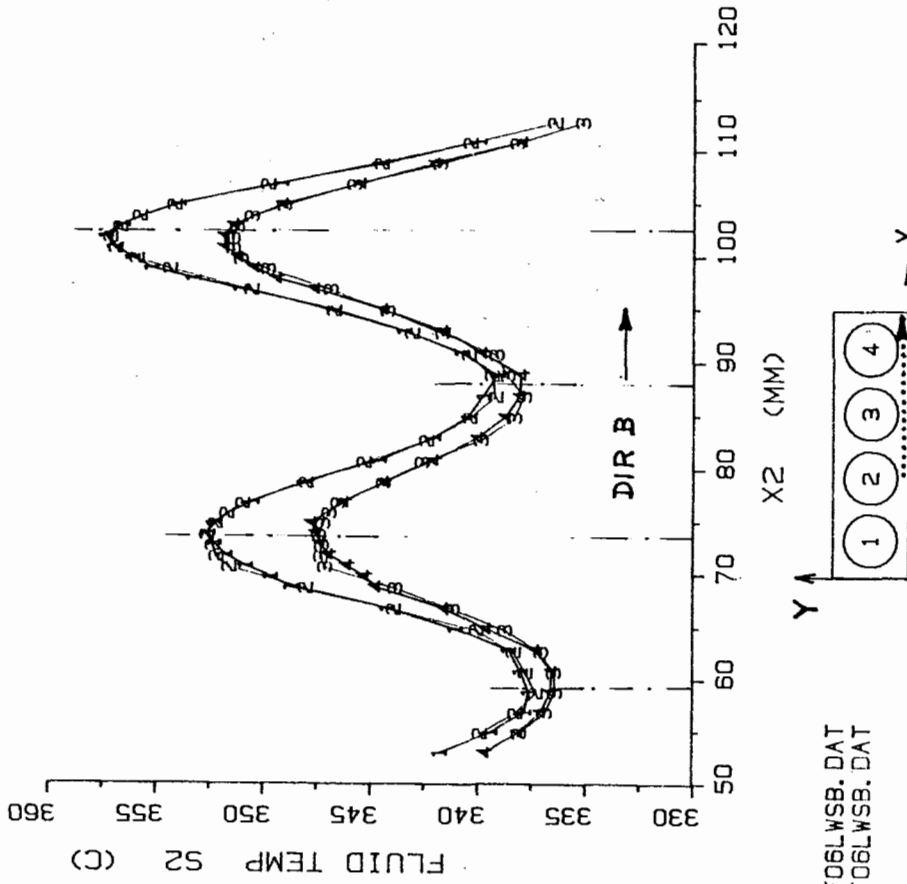


RE = 61300 QH1 = 51.01 (W/CM²) NB = 400.67(KW)
 PE = 360.31 QH2 = 50.59 (W/CM²) TEN = 256.55(C)
 MS = 3.19 (KG/S) QH3 = 50.02 (W/CM²) Y21 = 2.68 (MM)
 UB = 1.96 (M/S) QH4 = 51.37 (W/CM²) Y24 = .85 (MM)

FIG. 29 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A PROBE S2

1 TE21
2 TE22
3 TE23
4 TE24



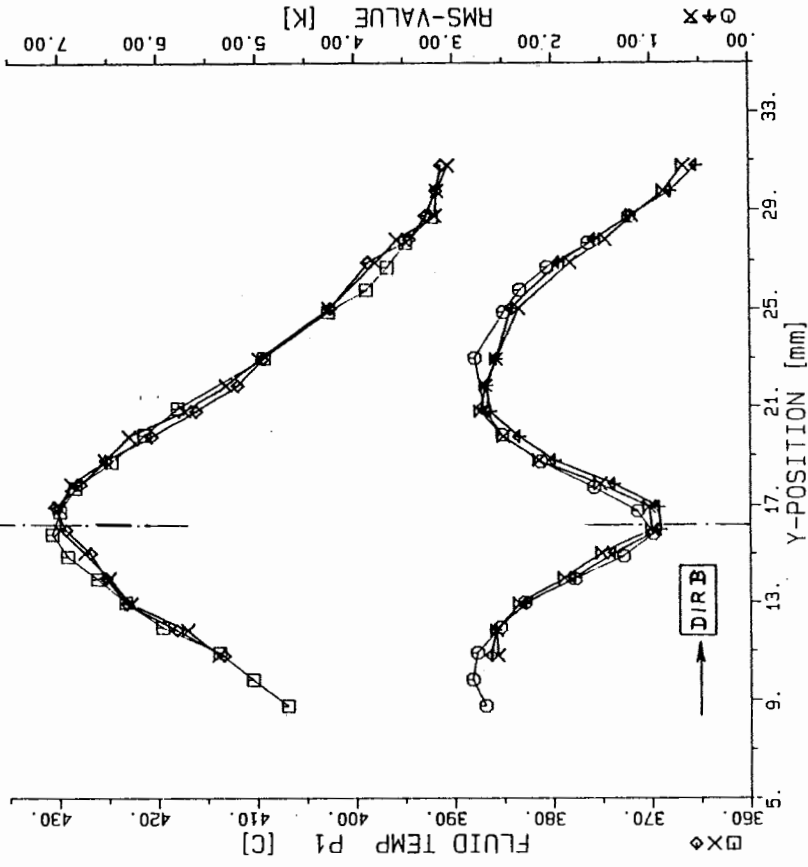
RE = 61000 QH1 = 50.48 (W/CM²) NB = 396.5 (KW)
 PE = 358.29 QH2 = 50.06 (W/CM²) TEN = 256.41(C)
 MS = 3.17 (KG/S) QH3 = 49.49 (W/CM²) Y21 = 2.68 (MM)
 UB = 1.95 (M/S) QH4 = 50.84 (W/CM²) Y24 = .85 (MM)

FIG. 30 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR B PROBE S2

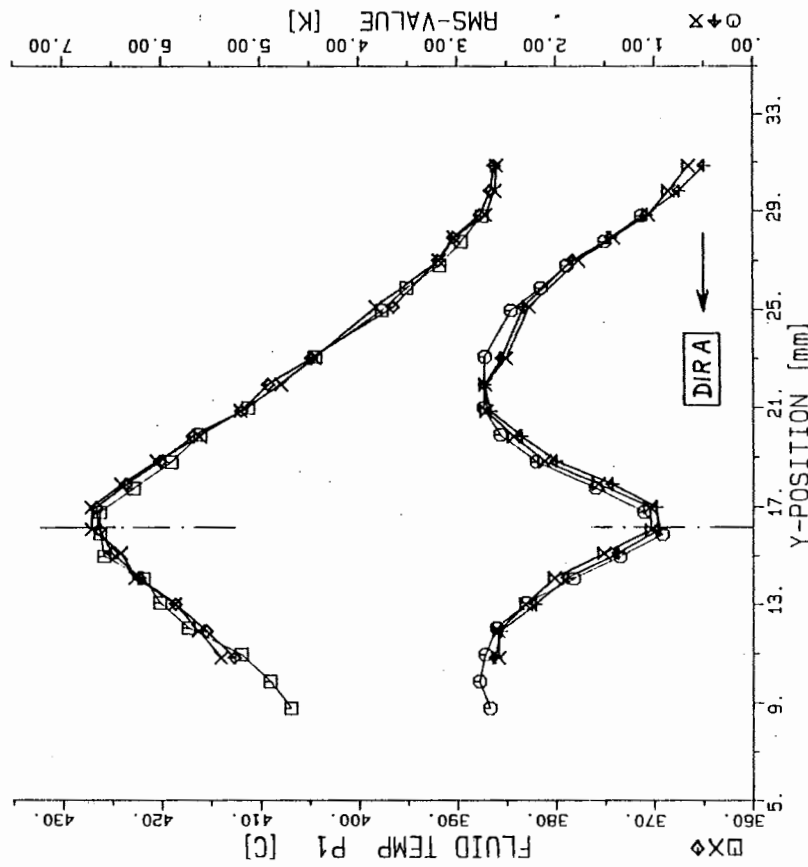
X11 = 31.66 mm QH1 = 51.04 W/cm² NB = 400.7 kW Re = 67344
 X12 = 29.61 mm QH2 = 50.87 W/cm² MFR = 3.15 kg/s Pe = 363.7
 TBI = 307.8 C QH3 = 50.57 W/cm² DTC = 96.5 K
 TBO = 404.3 C QH4 = 50.89 W/cm² UB = 1.96 m/s

□ TC11 X TC14
 ○ RMS11 ◇ TC13
 ↑ RMS14
 X RMS13



X11 = 31.66 mm QH1 = 50.82 W/cm² NB = 399.1 kW Re = 66569
 X12 = 29.61 mm QH2 = 50.68 W/cm² MFR = 3.13 kg/s Pe = 361.0
 TBI = 304.7 C QH3 = 50.37 W/cm² DTC = 96.6 K
 TBO = 401.3 C QH4 = 50.70 W/cm² UB = 1.94 m/s

□ TC11 X TC14
 ○ RMS11 ◇ TC13
 ↑ RMS14
 X RMS13



16:02:22 JUL10, 1987 M334.DAT
 16:02:22 JUL10, 1987 M334.DAT



FIG. 32 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 TEMP FLUCTUATIONS
 PROBE 1

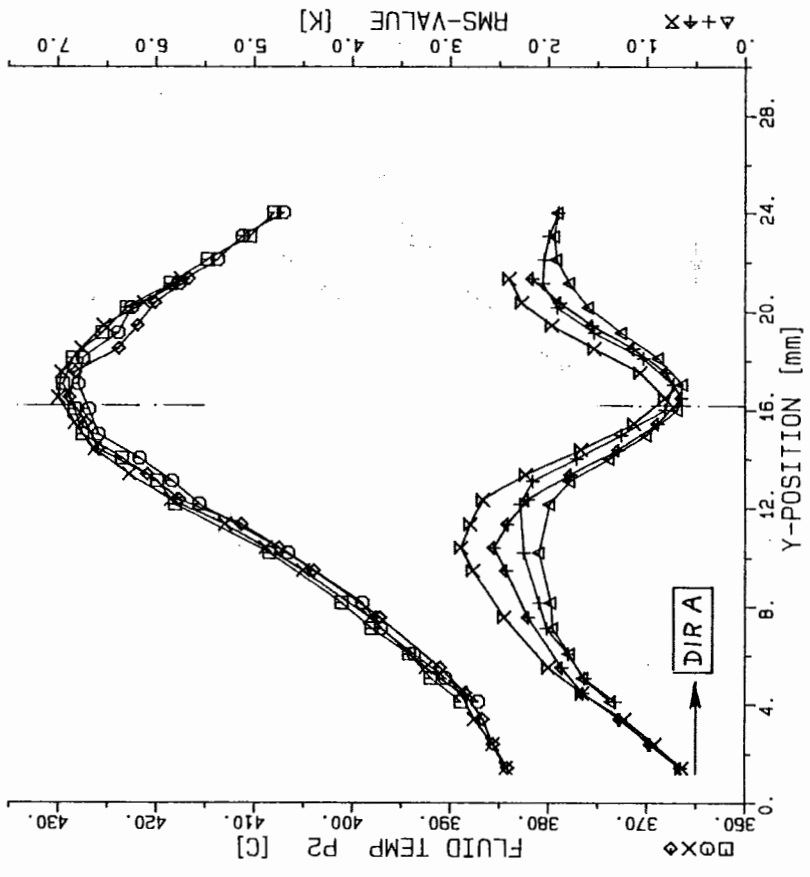
15:19:25 JUL10, 1987 M332.DAT
 15:19:25 JUL10, 1987 M332.DAT



FIG. 31 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 TEMP FLUCTUATIONS
 PROBE 1

X21 = 86.56 mm QH1 = 50.8 W/cm² NB = 399.1 kW Re = 66569
 X22 = 89.21 mm QH2 = 50.7 W/cm² MFR = 3.13 kg/s Pe = 361.0
 TBI = 304.7 C QH3 = 50.4 W/cm² DTC = 96.6 K
 TBO = 401.3 C QH4 = 50.7 W/cm² UB = 1.94 m/s

□ TC21 X TC24
 ○ TC22 ◇ TC23
 △ RMS21 † RMS24
 + RMS22 × RMS23



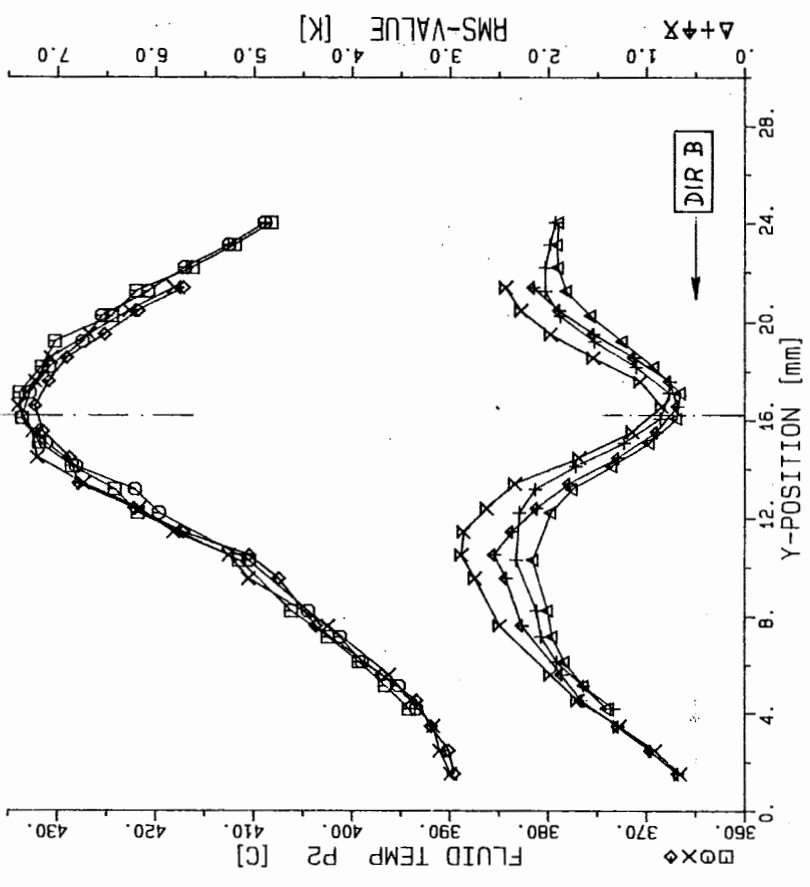
15:19:25 JUL10,1987 M332.DAT
 15:19:25 JUL10,1987 M332.DAT



FIG. 33 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 TEMP FLUCTUATIONS
 PROBE 2

X21 = 86.57 mm QH1 = 51.0 W/cm² NB = 400.7 kW Re = 67344
 X22 = 89.22 mm QH2 = 50.9 W/cm² MFR = 3.15 kg/s Pe = 363.7
 TBI = 307.8 C QH3 = 50.6 W/cm² DTC = 96.5 K
 TBO = 404.3 C QH4 = 50.9 W/cm² UB = 1.96 m/s

□ TC21 X TC24
 ○ TC22 ◇ TC23
 △ RMS21 † RMS24
 + RMS22 × RMS23



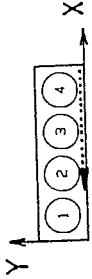
16:02:22 JUL10,1987 M334.DAT
 16:02:22 JUL10,1987 M334.DAT



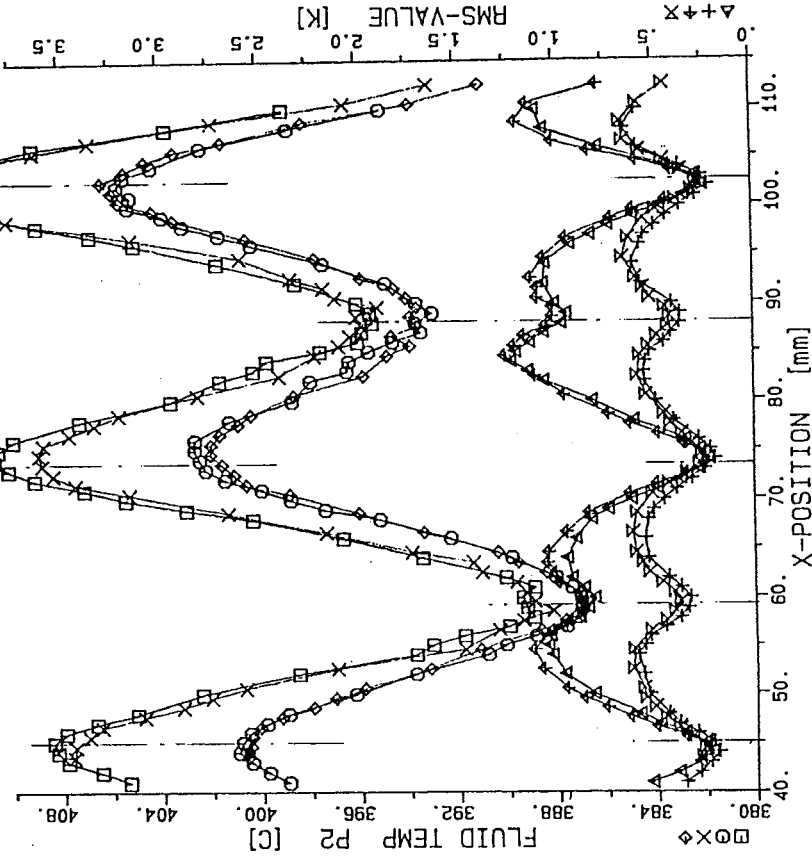
FIG. 34 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 TEMP FLUCTUATIONS
 PROBE 2

Y21 = 3.14 mm Re = 68143
 Y24 = .48 mm Pe = 365.8
 TBI = 311.7 C
 TBO = 408.8 C

QH1 = 51.5 W/cm² NB = 404.6 kW
 QH2 = 51.4 W/cm² MFR = 3.16 kg/s
 QH3 = 51.1 W/cm² DTC = 97.1 K
 QH4 = 51.4 W/cm² UB = 1.97 m/s

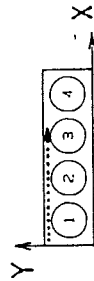


TC21 X TC22
 TC24 X TC23
 RMS21 X RMS22
 RMS24 X RMS23

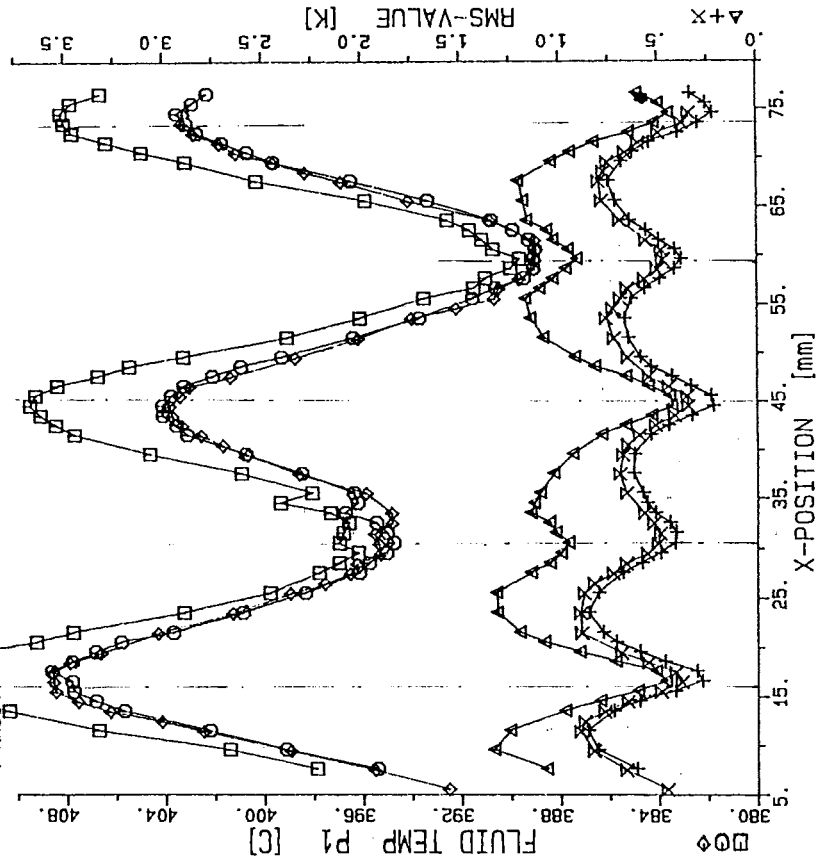


Y11 = 29.39 mm Re = 68143
 Y14 = 31.44 mm Pe = 365.8
 TBI = 311.7 C
 TBO = 408.8 C

QH1 = 51.5 W/cm² NB = 404.6 kW
 QH2 = 51.4 W/cm² MFR = 3.16 kg/s
 QH3 = 51.1 W/cm² DTC = 97.1 K
 QH4 = 51.4 W/cm² UB = 1.97 m/s



TC11 X TC13
 TC14 X RMS13
 RMS11 X RMS14



17: 25: 17 JUL 10, 1987 M336.DAT
 17: 25: 17 JUL 10, 1987 M336.DAT



FIG. 35 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 1 RMS VALUES

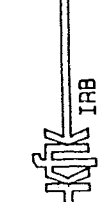
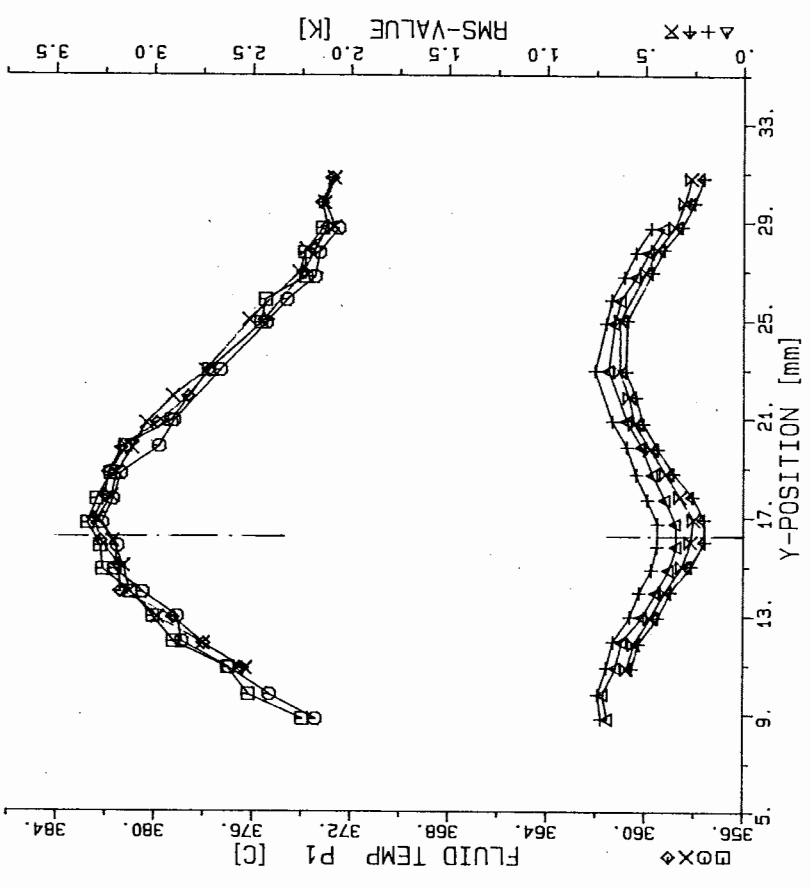


FIG. 36 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2 RMS VALUES

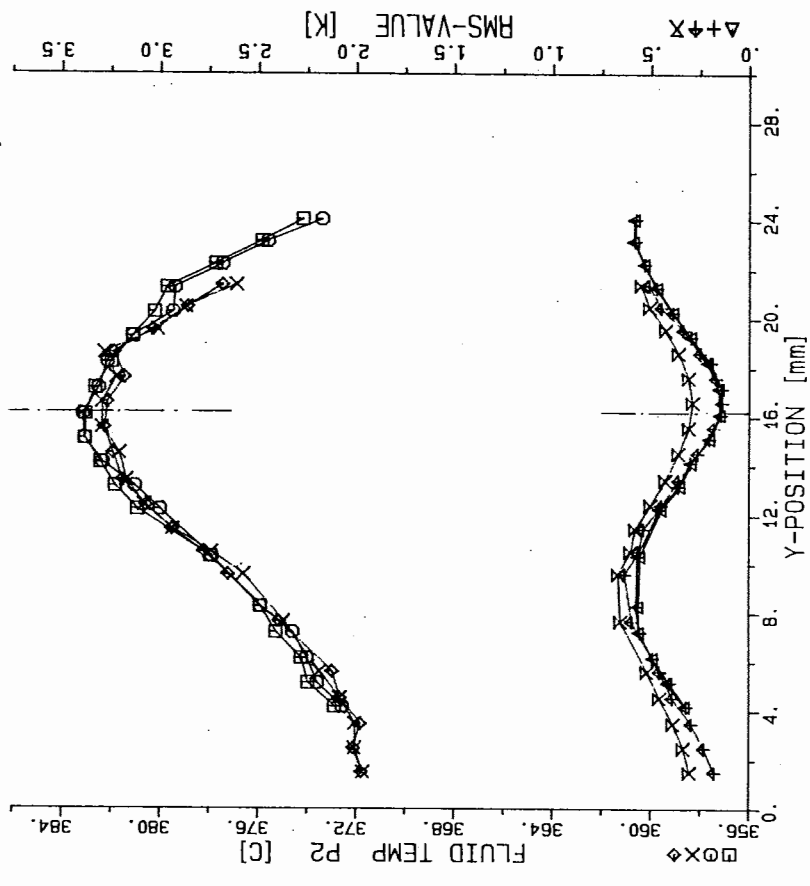
X11 = 31.65 mm GH1 = 10.8 W/cm² NB = 84.6 kW Re = 16322
 X12 = 29.60 mm GH2 = 10.7 W/cm² MFR = .79 kg/s Pe = 90.9
 TBI = 294.9 C GH3 = 10.7 W/cm² DTC = 80.4 K
 TBO = 375.3 C GH4 = 10.7 W/cm² UB = .49 m/s



15: 36: 48 JUN22, 1987 M104.DAT
 15: 36: 48 JUN22, 1987 M104.DAT

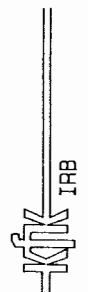
FIG. 37 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 [PROBE 1] RMS VALUES

X21 = 86.53 mm GH1 = 10.8 W/cm² NB = 84.6 kW Re = 16322
 X22 = 89.18 mm GH2 = 10.7 W/cm² MFR = .79 kg/s Pe = 90.9
 TBI = 294.9 C GH3 = 10.7 W/cm² DTC = 80.4 K
 TBO = 375.3 C GH4 = 10.7 W/cm² UB = .49 m/s

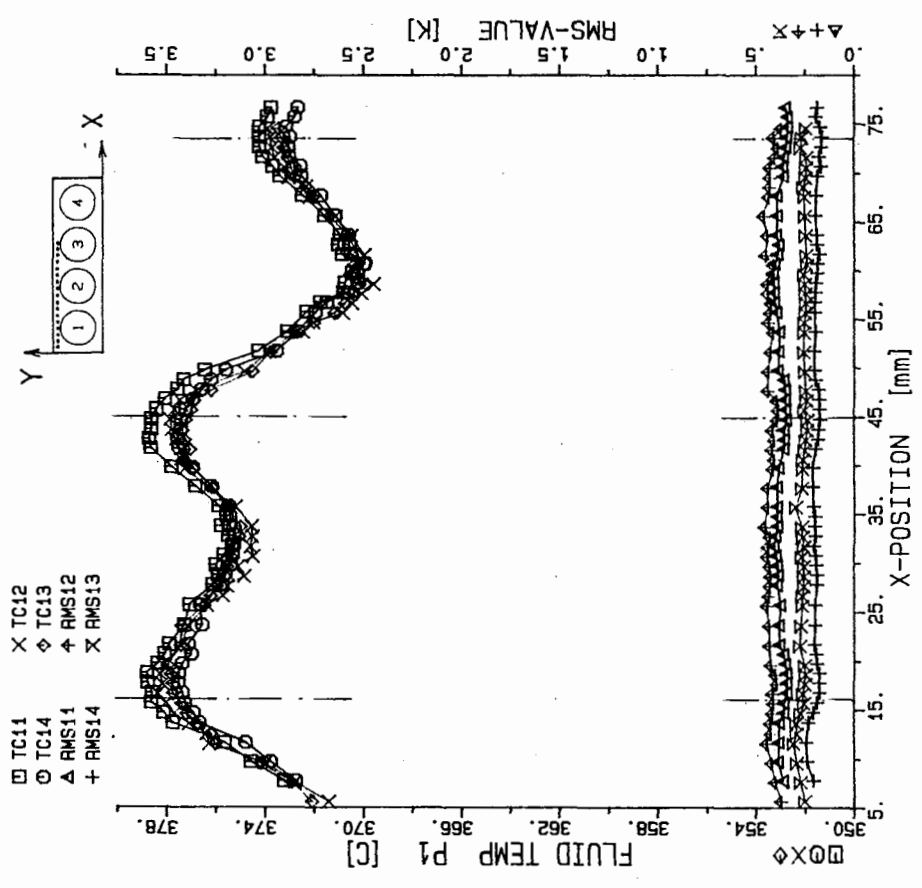


15: 36: 48 JUN22, 1987 M104.DAT
 15: 36: 48 JUN22, 1987 M104.DAT

FIG. 38 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 [PROBE 2] TEMP FLUCTUATIONS



Y11 = 29.43 mm GH1 = 10.8 W/cm² NB = 84.4 kW Re = 15958
 Y14 = 31.48 mm GH2 = 10.7 W/cm² MFR = .78 kg/s Pe = 89.0
 TBI = 293.3 C GH3 = 10.7 W/cm² DTC = 81.8 K
 TBO = 375.1 C GH4 = 10.7 W/cm² UB = .48 m/s

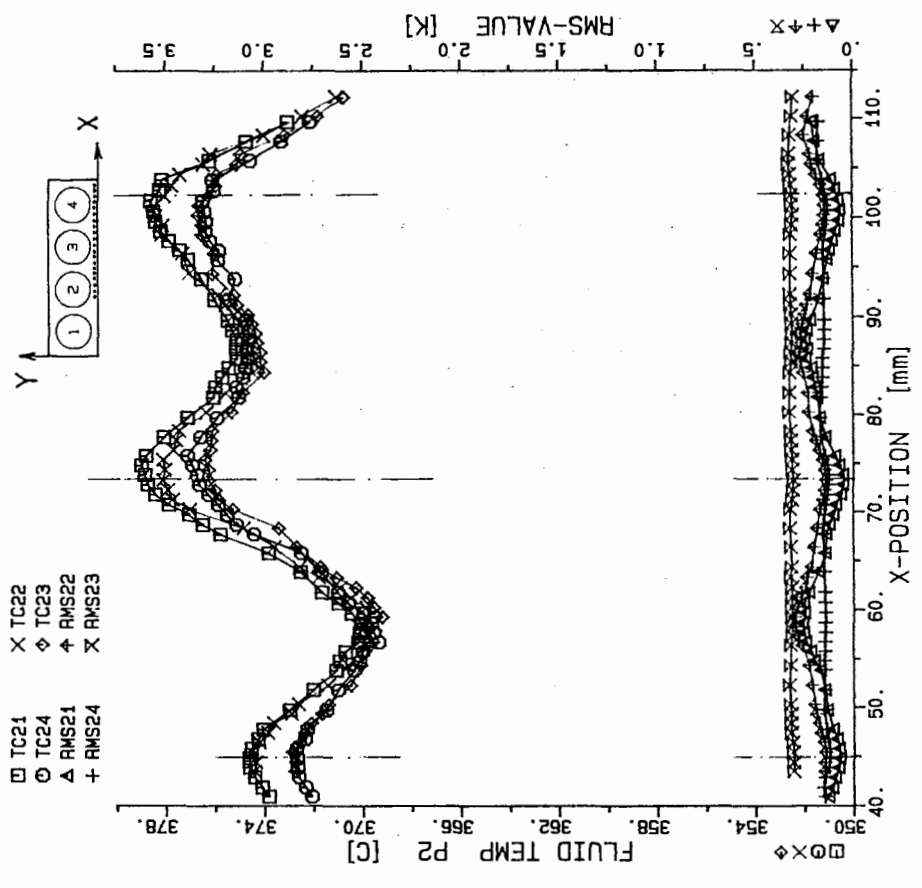


10: 31: 07 JUN15, 1987 M080.DAT
 10: 31: 07 JUN15, 1987 M080.DAT



FIG. 39 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 1 RMS VALUES

Y21 = 3.12 mm GH1 = 10.8 W/cm² NB = 84.4 kW Re = 15958
 Y24 = .46 mm GH2 = 10.7 W/cm² MFR = .78 kg/s Pe = 89.0
 TBI = 293.3 C GH3 = 10.7 W/cm² DTC = 81.8 K
 TBO = 375.1 C GH4 = 10.7 W/cm² UB = .48 m/s



10: 31: 07 JUN15, 1987 M080.DAT
 10: 31: 07 JUN15, 1987 M080.DAT



FIG. 40 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2 RMS VALUES

CURVE	CODE	Re	Pe	UB,m/s	QH,W/cm ²	TBI,C	DTC,K
1	M 102	32000	179	0.97	20.3	294	77
2	M 104	16300	91	0.49	10.7	295	80
3	M 106	8100	45	0.24	5.6	291	84

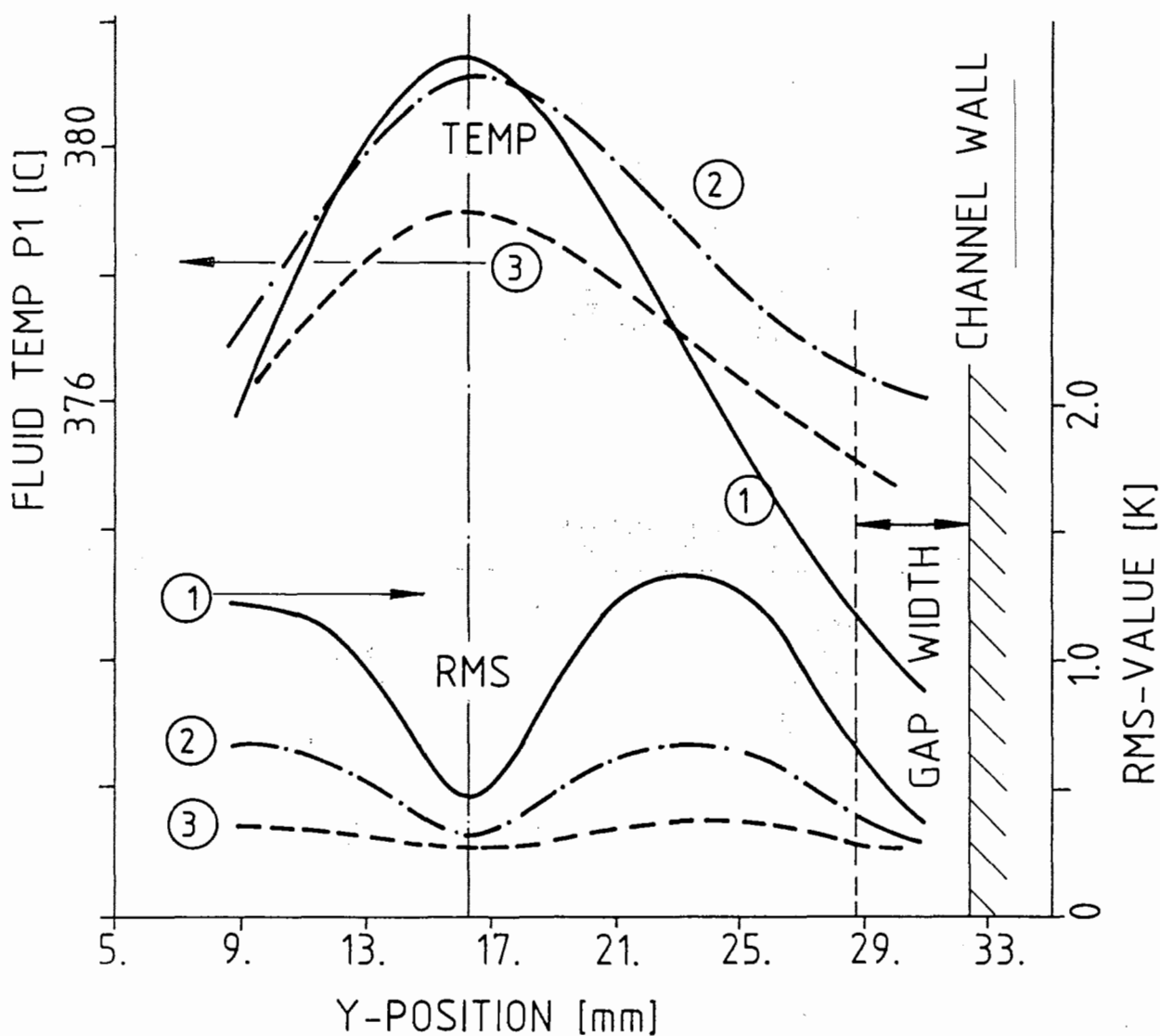
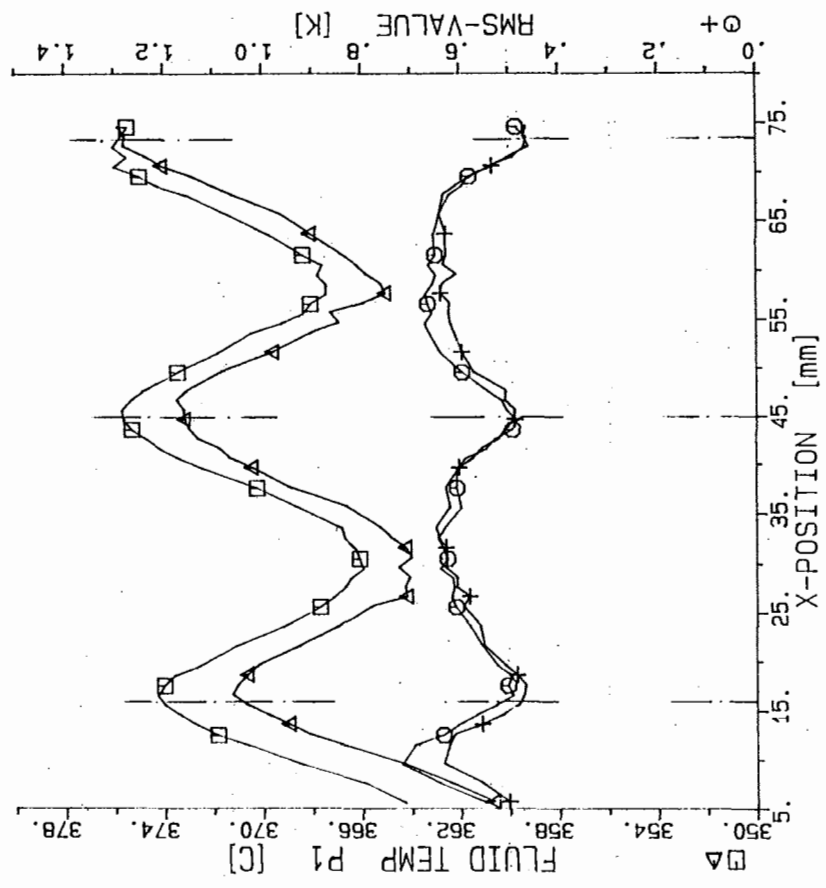


FIG. 41 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 1 TEMP FLUCTUATIONS

□ TC12 ▲ TC12
 ○ RMS12 + RMS12

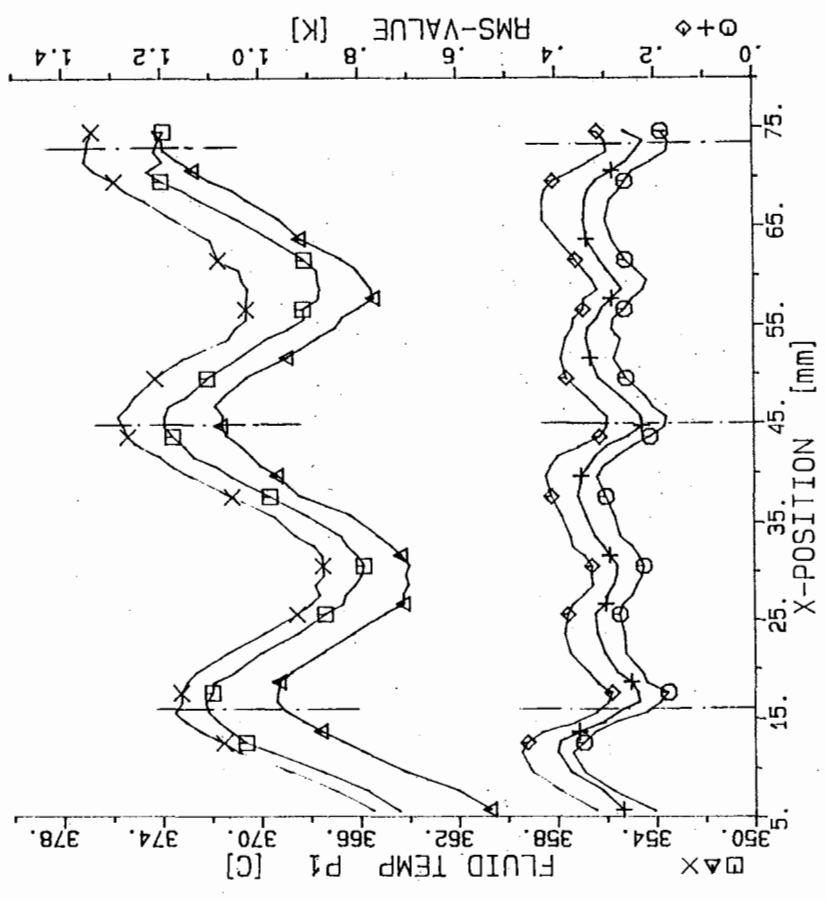


08:05:43 JUN22,1987 M094.DAT
 20:29:19 JUN10,1987 M063.DAT



FIG. 42 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 1 TEMP FLUCTUATIONS

□ TC13 ▲ TC13 × TC13
 ○ RMS13 + RMS13 ◇ RMS13

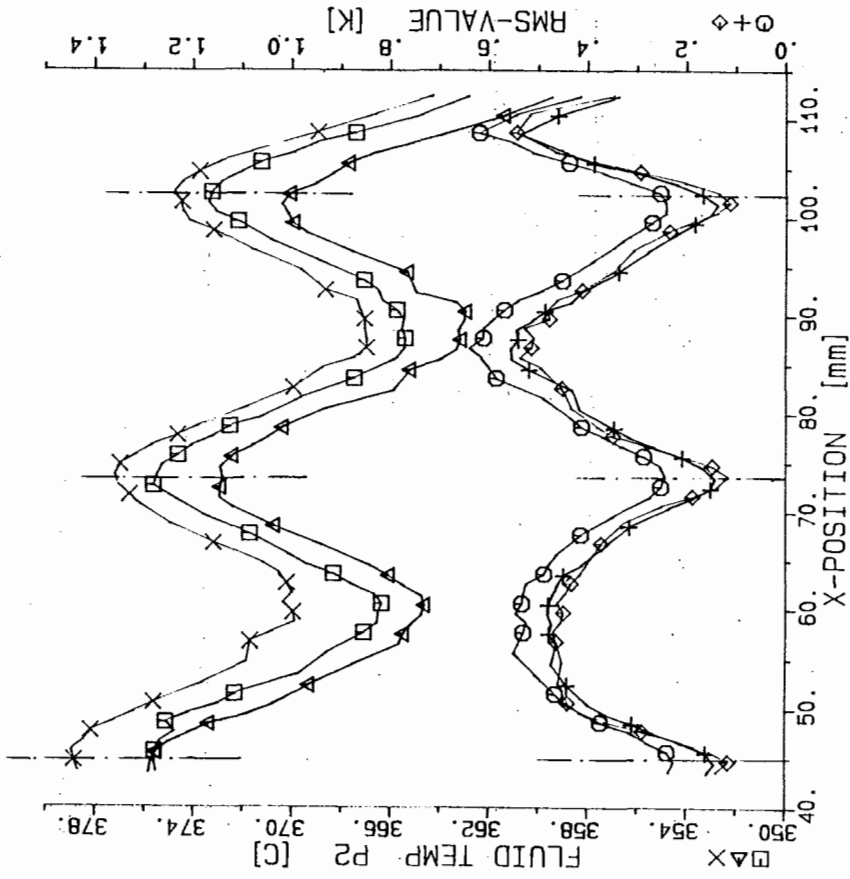


10:22:57 JUL17,1987 M408.DAT.
 08:05:43 JUN22,1987 M094.DAT
 20:29:19 JUN10,1987 M063.DAT



FIG. 43 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 4 TEMP FLUCTUATIONS

□ TC22 △ TC22 × TC22
 ○ RMS22 + RMS22 ◇ RMS22

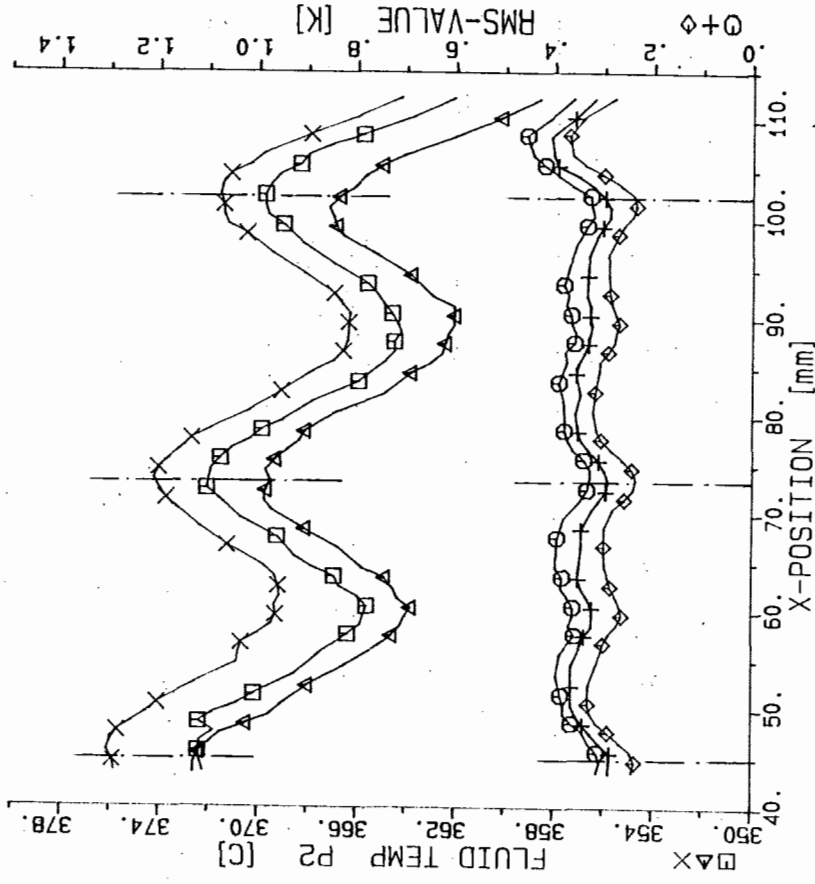


10: 22: 57 JUL 17, 1987 M408.DAT
 08: 05: 43 JUN 22, 1987 M094.DAT
 20: 29: 19 JUN 10, 1987 M063.DAT



FIG. 44 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2 TEMP FLUCTUATIONS

□ TC23 △ TC23 × TC23
 ○ RMS23 + RMS23 ◇ RMS23

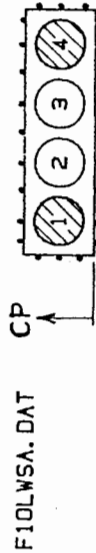
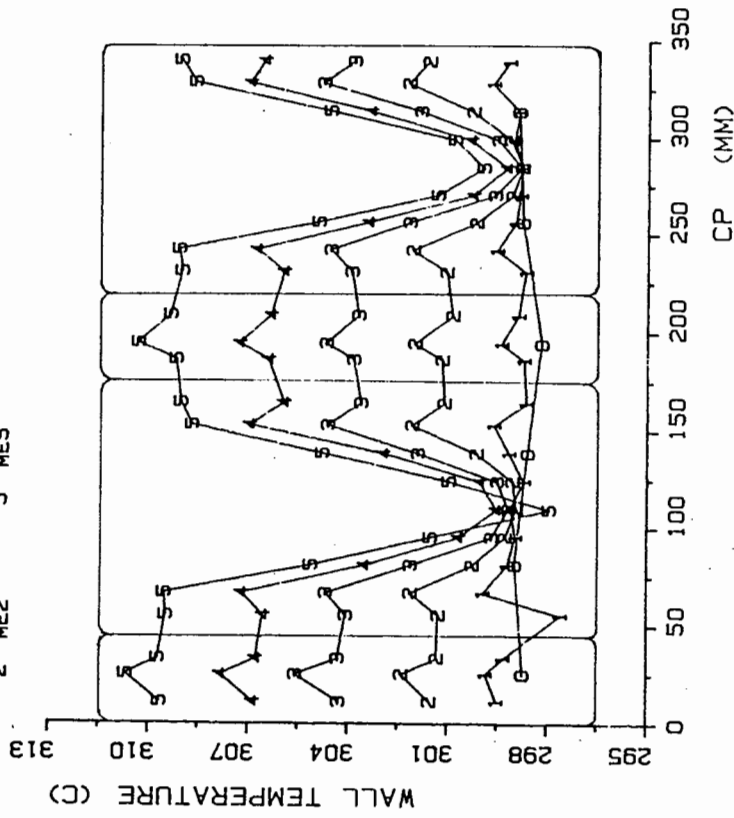


10: 22: 57 JUL 17, 1987 M408.DAT
 08: 05: 43 JUN 22, 1987 M094.DAT
 20: 29: 19 JUN 10, 1987 M063.DAT



FIG. 45 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2 TEMP FLUCTUATIONS

0 ME0 3 ME3
 1 ME1 4 ME4
 2 ME2 5 ME5

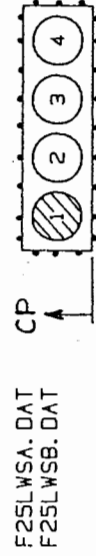
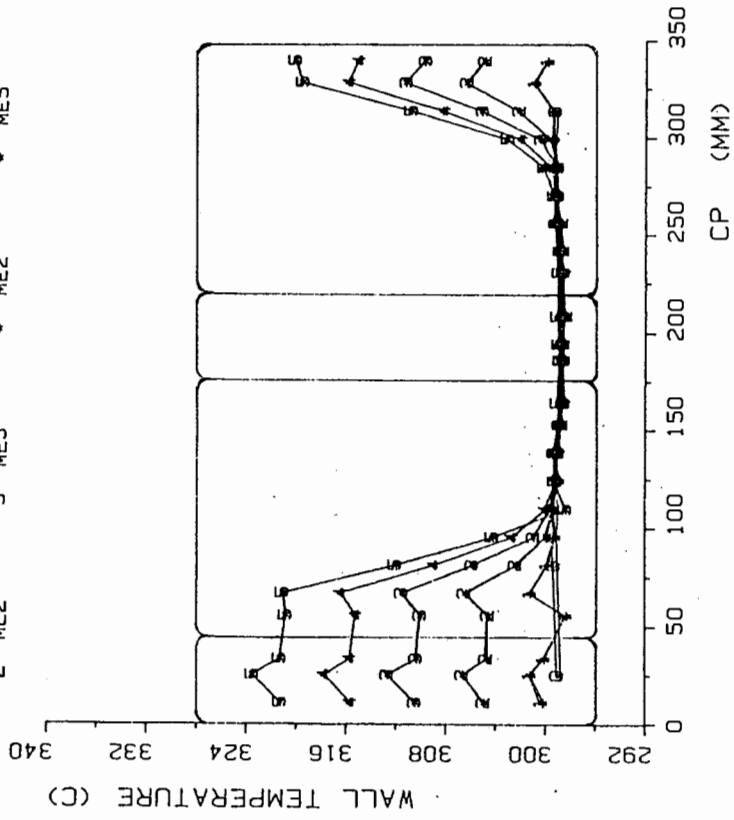


F10LWSA.DAT CP
 F25LWSB.DAT

RE = 60900 QH1 = 7.36 (W/CM²) NB = 29.05 (KW)
 PE = 359.22 QH2 = 0 (W/CM²) TEN = 297.91(C)
 MS = 3.18 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM²) TNO = 304.75(C)
 UB = 1.95 (M/S) QH4 = 7.42 (W/CM²) TNM = 301.33(C)

FIG. 46 TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
 OUTER RODS HEATED DIR A

0 ME0 3 ME3
 1 ME1 4 ME4
 2 ME2 5 ME5



F25LWSA.DAT CP
 F25LWSB.DAT

RE = 60500 QH1 = 14.98 (W/CM²) NB = 29.5 (KW)
 PE = 356.85 QH2 = 0 (W/CM²) TEN = 298.23(C)
 MS = 3.16 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM²) TNO = 305.22(C)
 UB = 1.94 (M/S) QH4 = 0 (W/CM²) TNM = 301.73(C)

FIG. 47 TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
 ROD 1 HEATED DIR A/B(*)

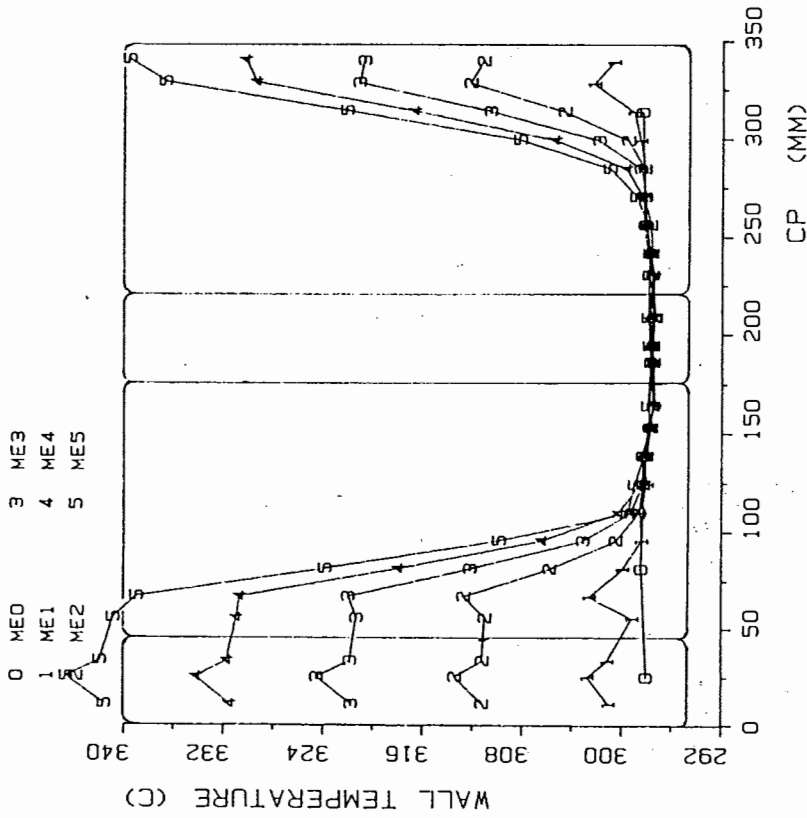


FIG. 48 TEGENA 1 WALL TEMPERATURE

ROD 1 HEATED DIR A/B

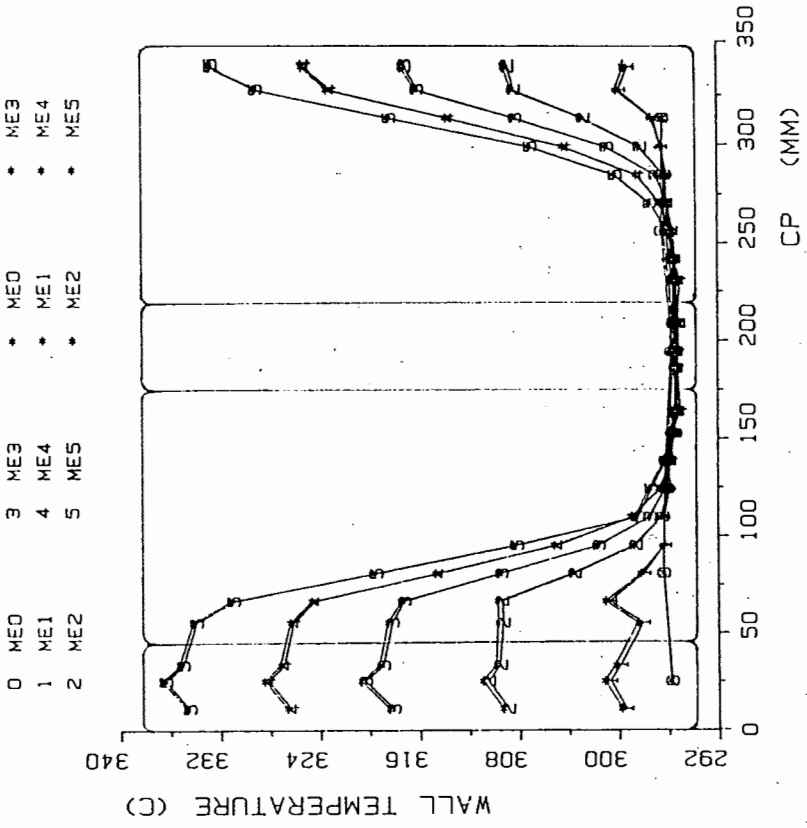


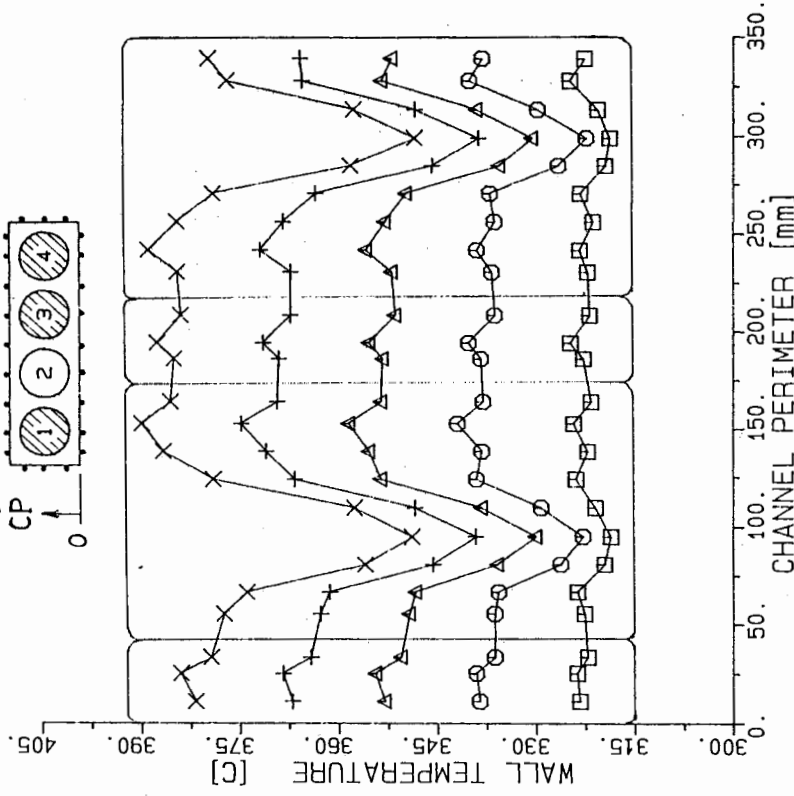
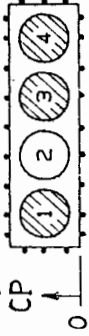
FIG. 49 TEGENA 1 WALL TEMPERATURE

ROD 1 HEATED DIR A/B(*)

TBI = 318.2 C
 DTC = 59.0 K
 UB = .99 m/s
 Re = 33481

QH1 = 21.1 W/cm²
 QH2 = .0 W/cm²
 QH3 = 20.9 W/cm²
 QH4 = 21.0 W/cm²

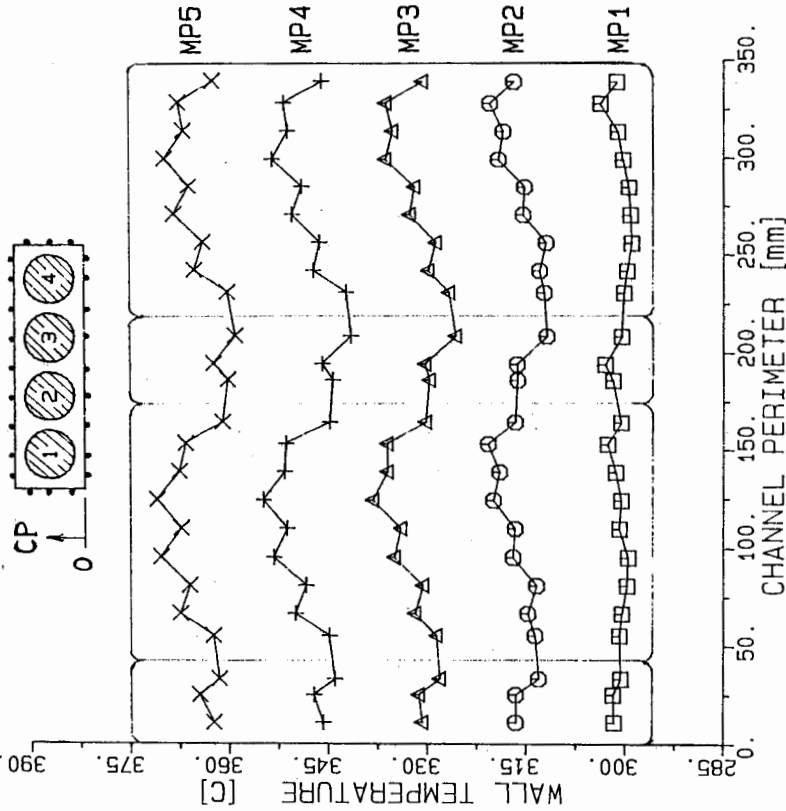
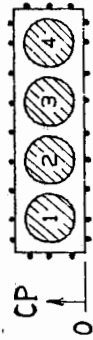
MP1 □
 MP2 ○
 MP3 ▲
 MP4 +
 MP5 X



TBI = 296.0 C
 DTC = 78.2 K
 UB = .98 m/s
 Re = 32438

QH1 = 20.8 W/cm²
 QH2 = 20.8 W/cm²
 QH3 = 20.6 W/cm²
 QH4 = 20.8 W/cm²

MP1 □
 MP2 ○
 MP3 ▲
 MP4 +
 MP5 X



13: 11: 05 JUL02, 1987 M198.DAT



FIG. 51 TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
 CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

08: 05: 43 JUN22, 1987 M094.DAT

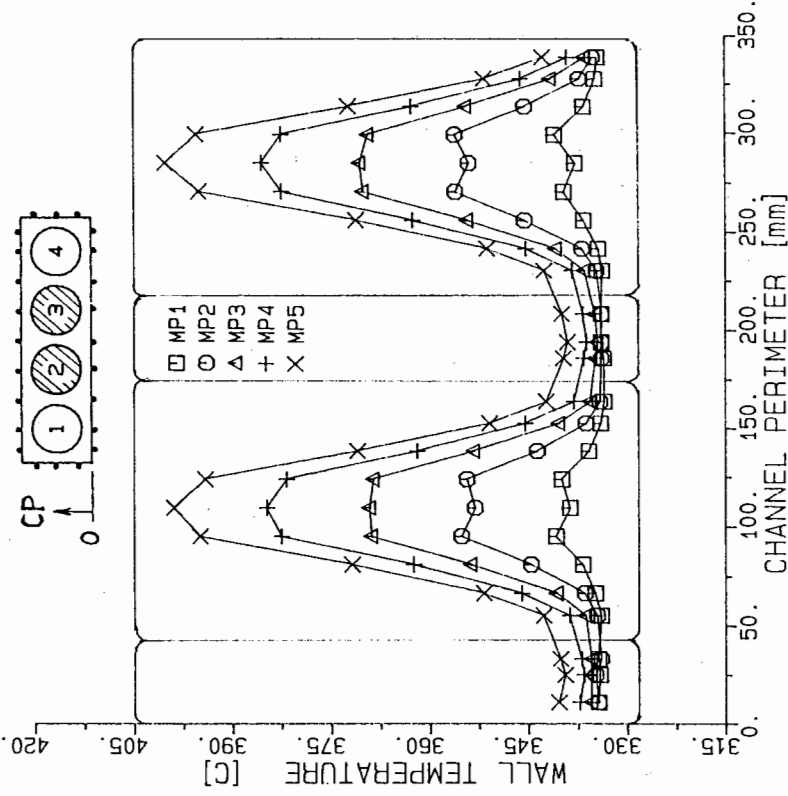


FIG. 50 TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
 CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

TBI = 334.3 C
 DTC = 41.8 K
 UB = .96 m/s
 Re = 33010

QH1 = .0 W/cm²
 QH2 = 21.7 W/cm²
 QH3 = 21.5 W/cm²
 QH4 = .0 W/cm²

MP1 □
 MP2 ○
 MP3 △
 MP4 +
 MP5 X



12: 20: 38 JUN29, 1987 M168.DAT

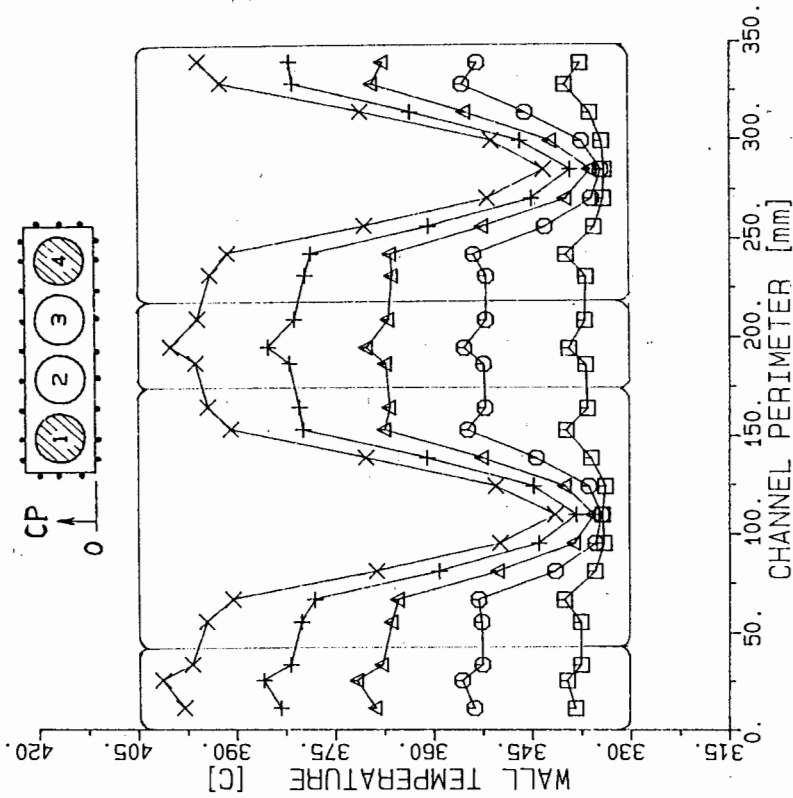
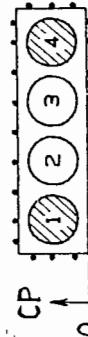


FIG. 53 TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
 CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

TBI = 333.8 C
 DTC = 40.7 K
 UB = .97 m/s
 Re = 33283

QH1 = 21.3 W/cm²
 QH2 = .0 W/cm²
 QH3 = .1 W/cm²
 QH4 = 21.2 W/cm²

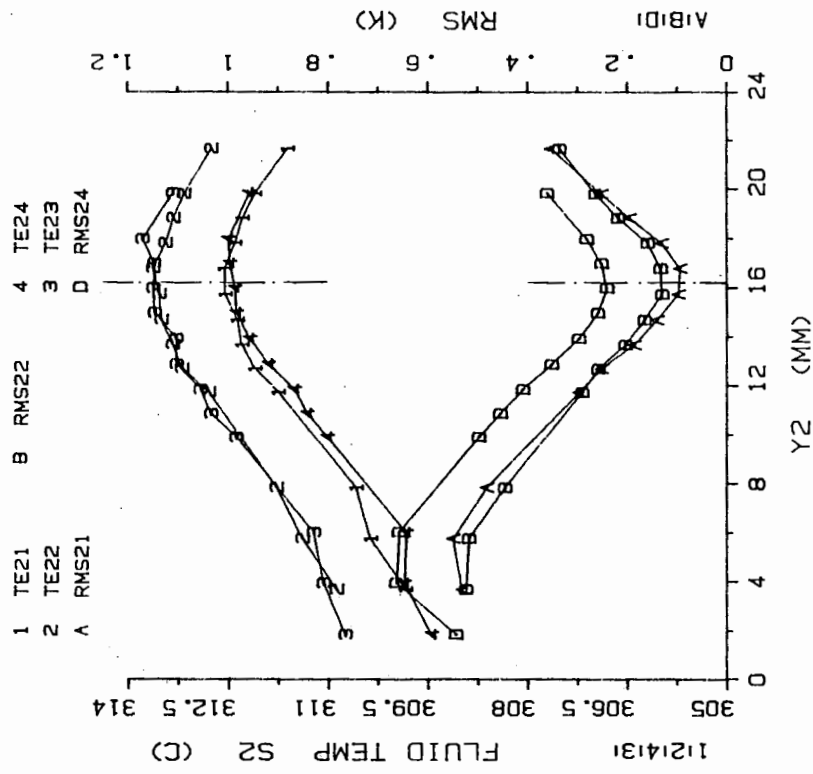
MP1 □
 MP2 ○
 MP3 △
 MP4 +
 MP5 X



15: 59: 57 JUL01, 1987 M190.DAT



FIG. 52 TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
 CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

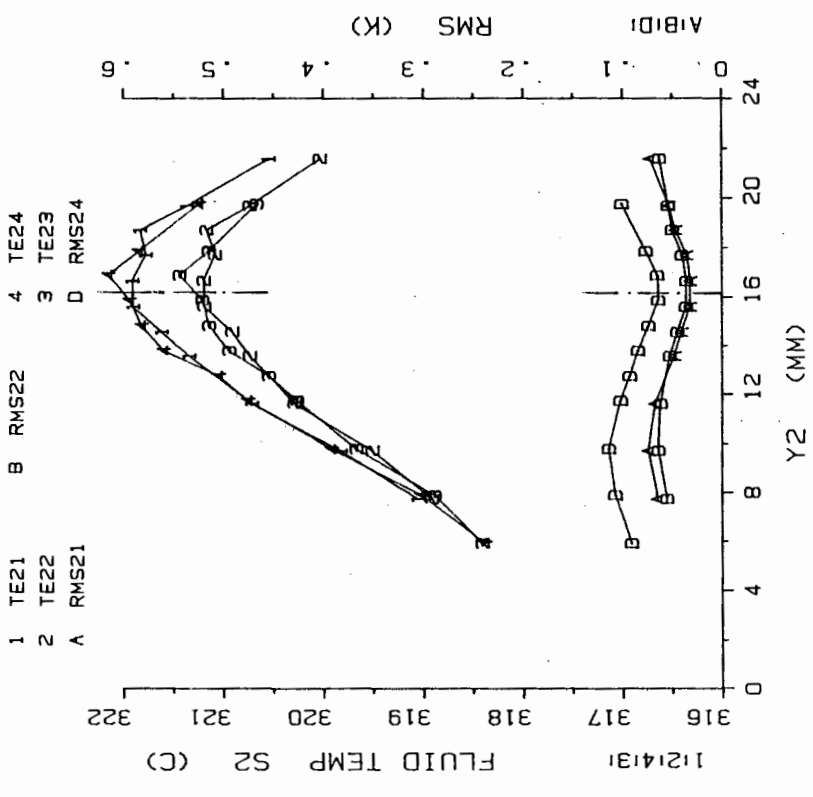


F31Q12B.DAT
F31Q12B.DAT

RE = 30300 QH1 = 0 (W/CM^2) NB = 15.29 (KW)
 PE = 178.82 QH2 = 0 (W/CM^2) TEN = 296.64(C)
 MS = 1.59 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM^2) X21 = 86.96 (MM)
 UB = .97 (M/S) QH4 = 7.79 (W/CM^2) X22 = 88.79 (MM)

FIG. 54 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR B

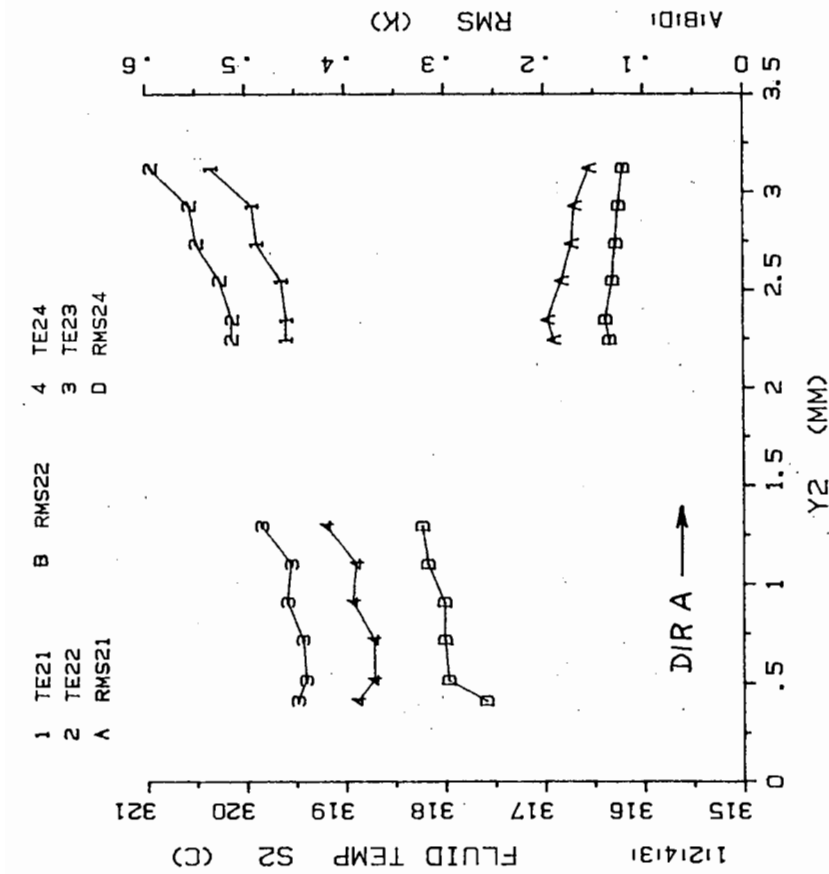


F37QWSA.DAT
F37QWSA.DAT

RE = 30100 QH1 = 0 (W/CM^2) NB = 14.88 (KW)
 PE = 178.18 QH2 = 0 (W/CM^2) TEN = 296.19(C)
 MS = 1.58 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM^2) X21 = 115.78(MM)
 UB = .97 (M/S) QH4 = 7.58 (W/CM^2) X22 = 117.61(MM)

FIG. 55 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A



F35QW4A.DAT
F35QW4A.DAT

RE = 30300 QH1 = 0 (W/CM^2) NB = 15.27 (KW)
 PE = 179.07 QH2 = 0 (W/CM^2) TEN = 296.68(C)
 MS = 1.59 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM^2) X21 = 101.38(MM)
 UB = .97 (M/S) QH4 = 7.78 (W/CM^2) X22 = 103.21(MM)

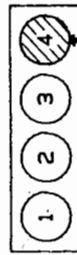
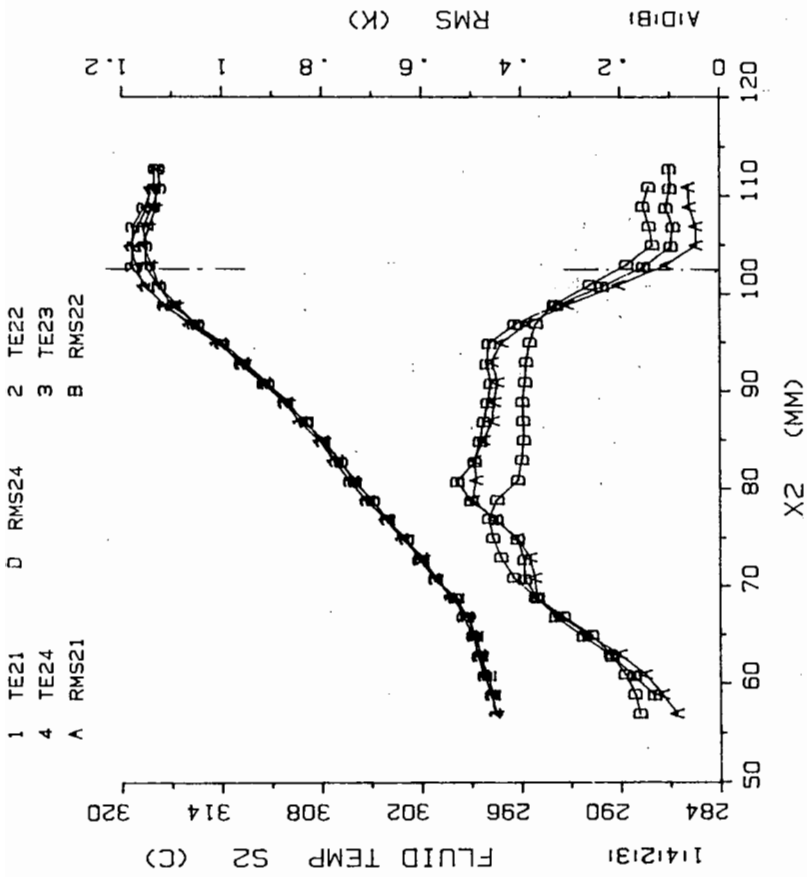


FIG. 56 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A



F30LWSB.DAT
F30LWSB.DAT

RE = 30000 QH1 = 0 (W/CM^2) NB = 14.5 (KW)
 PE = 177.37 QH2 = 0 (W/CM^2) TEN = 296.71(C)
 MS = 1.57 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM^2) Y21 = 2.71 (MM)
 UB = .96 (M/S) QH4 = 7.39 (W/CM^2) Y24 = .88 (MM)

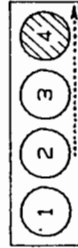
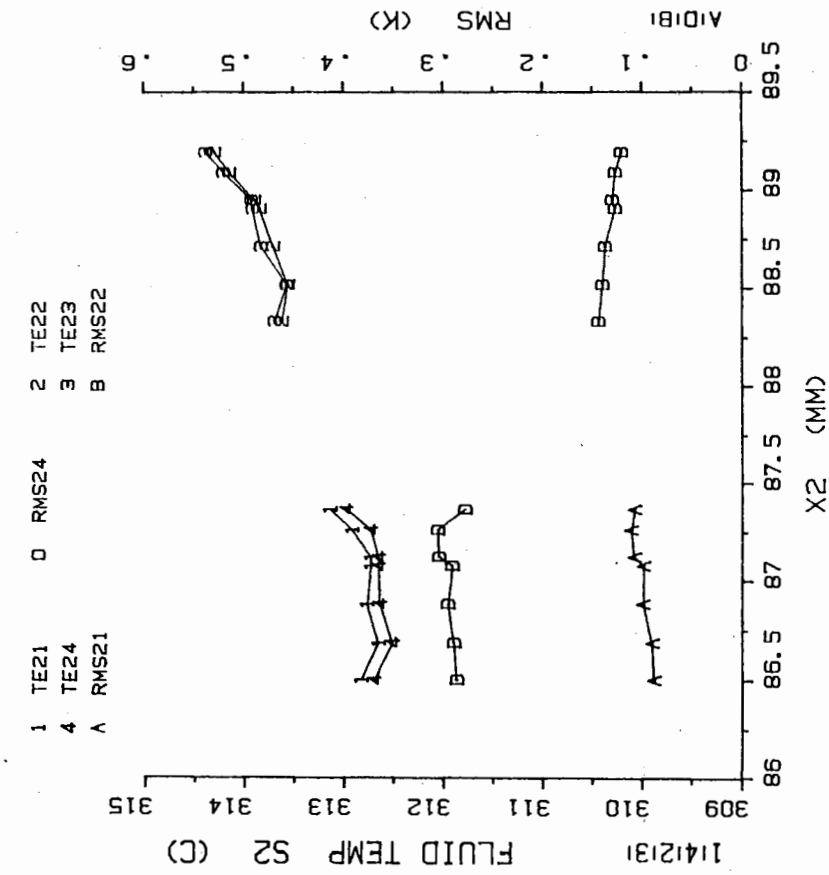


FIG. 57 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR B



F32L43A.DAT
F32L43A.DAT

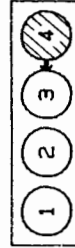
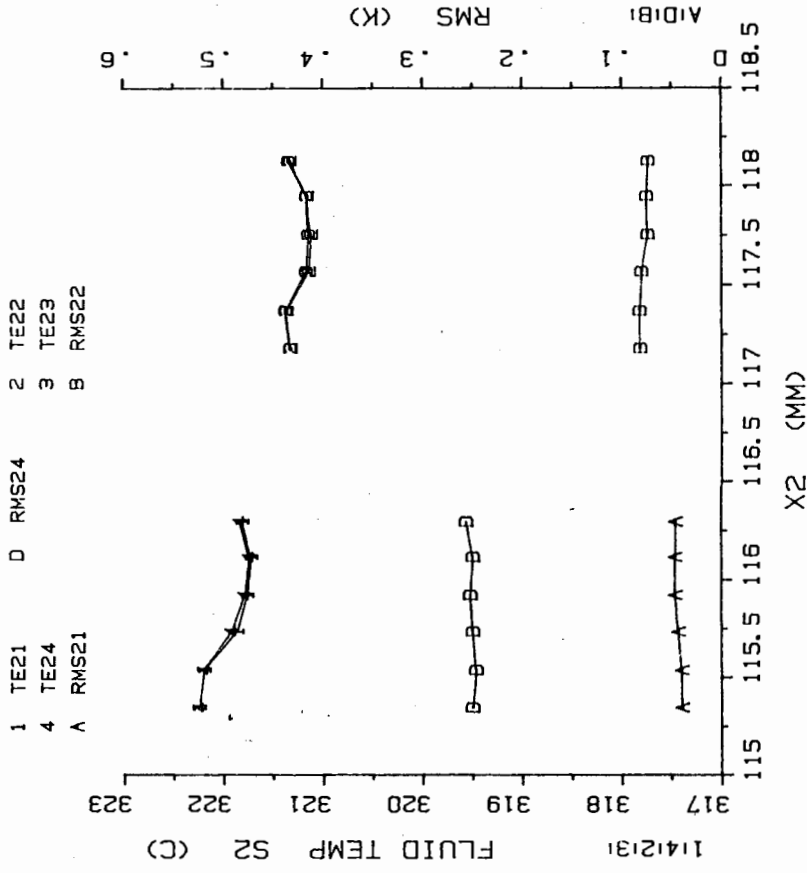


FIG. 58 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A



F38LW4A.DAT
F38LW4A.DAT

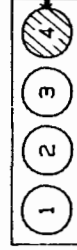
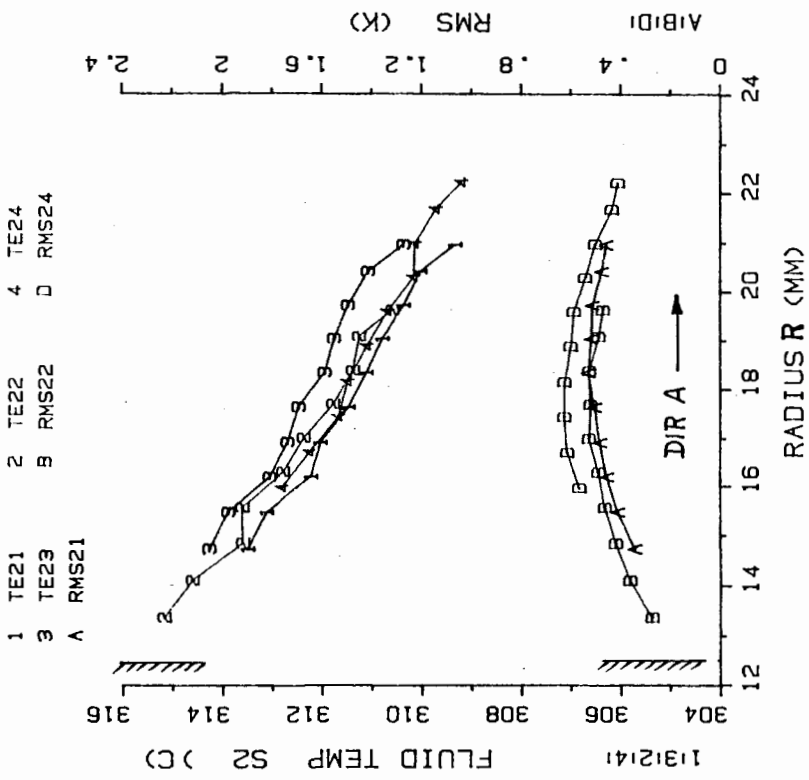


FIG. 59 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A



F33D43A.DAT
F33D43A.DAT
F33D43A.DAT

RE = 30500 QH1 = 0 (W/CM²) NB = 15.47 (KW)
 PE = 180.13 QH2 = 0 (W/CM²) TEN = 296.6 (C)
 MS = 1.5 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM²) A22 = 44.97 (DEG)
 UB = .98 (M/S) QH4 = 7.88 (W/CM²) A21 = 48.51 (DEG)

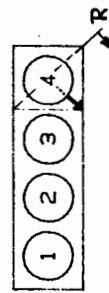
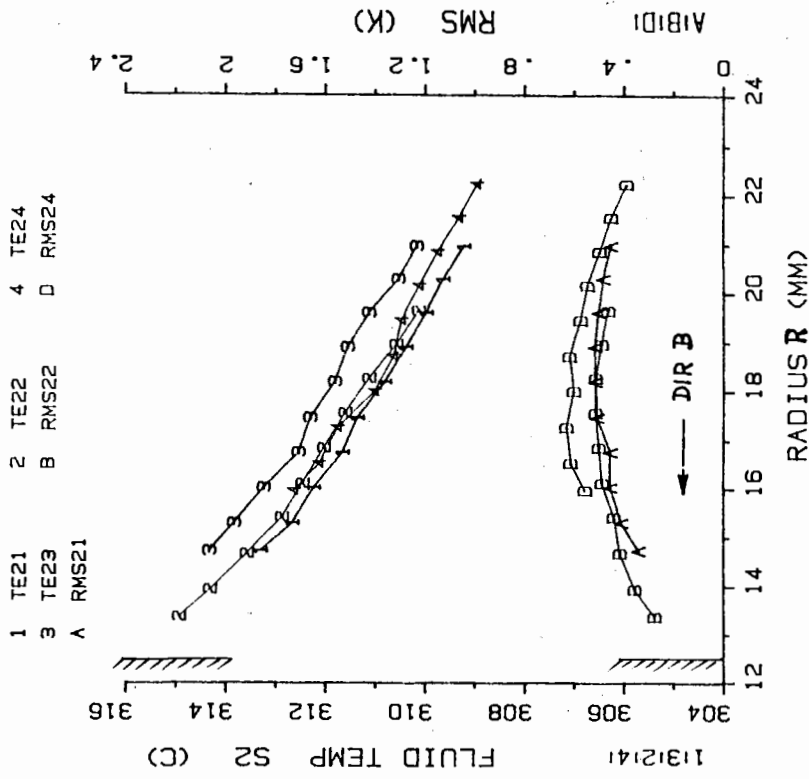


FIG. 60 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A



F33D43B.DAT
F33D43B.DAT
F33D43B.DAT

RE = 30100 QH1 = 0 (W/CM²) NB = 15.17 (KW)
 PE = 177.9 QH2 = 0 (W/CM²) TEN = 296.31(C)
 MS = 1.58 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM²) A22 = 45.44 (DEG)
 UB = .97 (M/S) QH4 = 7.73 (W/CM²) A21 = 50.44 (DEG)

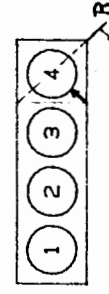


FIG. 61 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR B

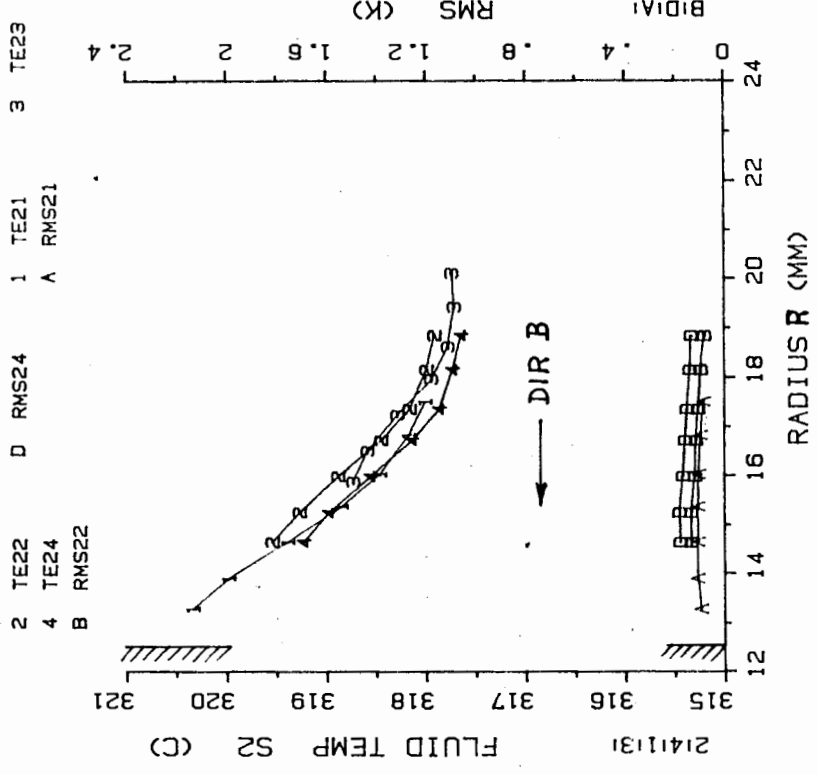


FIG. 62 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A

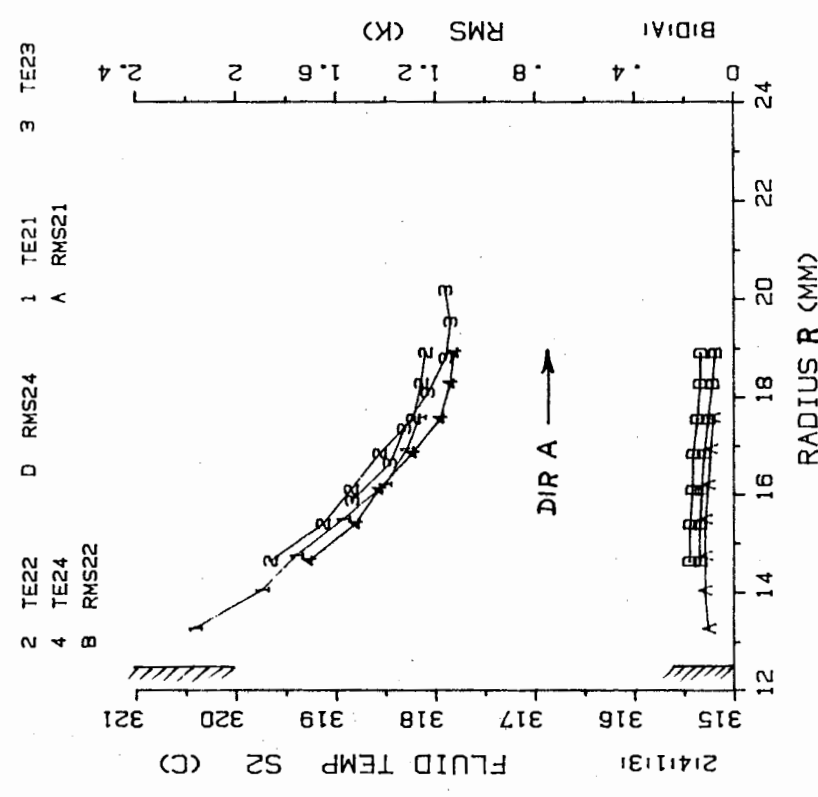
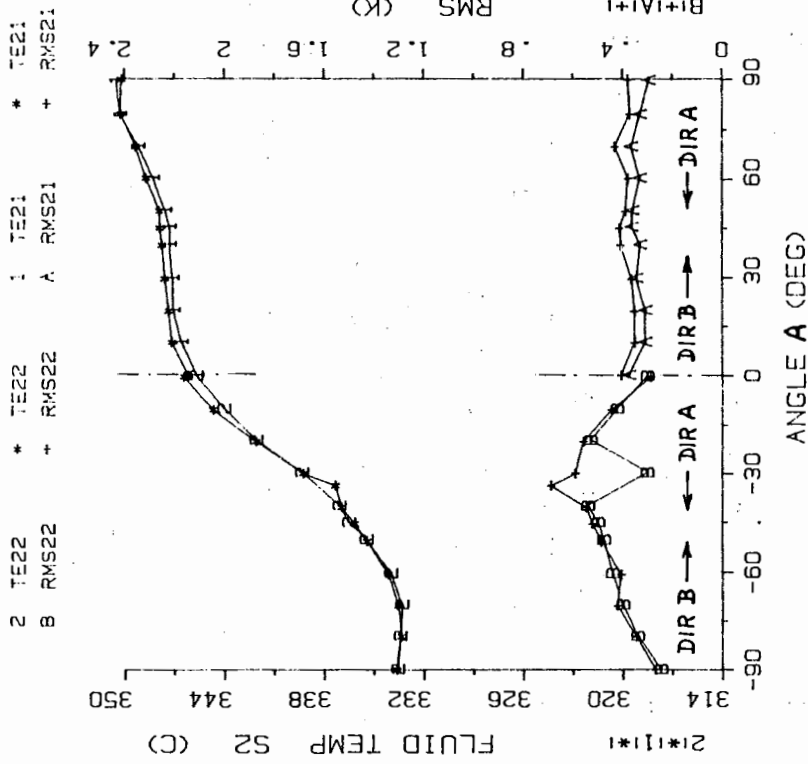


FIG. 63 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR B



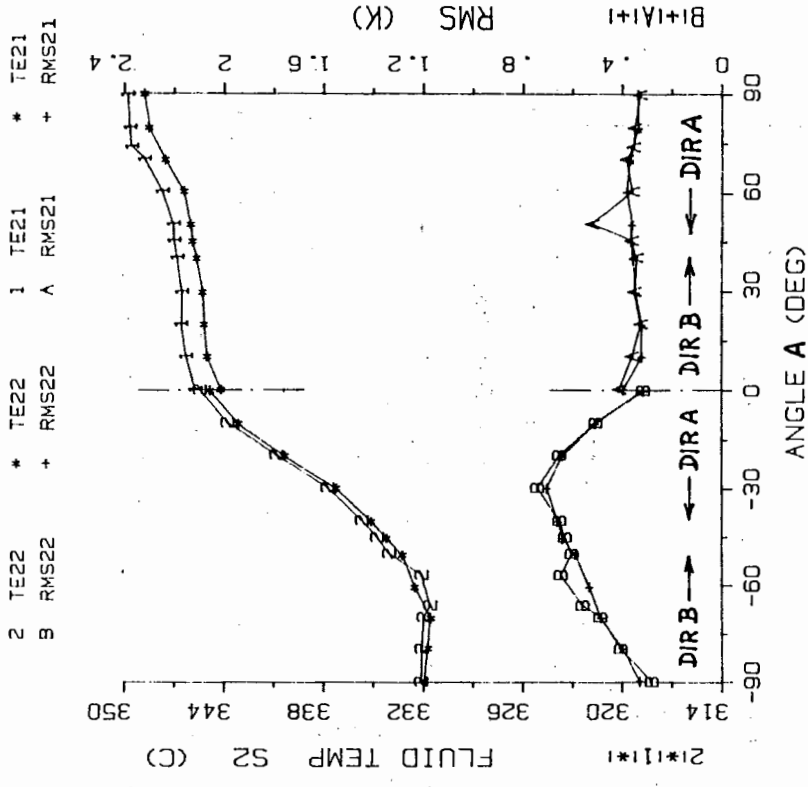
F70K43A.DAT
F70K43B.DAT
F70K44A.DAT
F70K44B.DAT

RE = 30400 QH1 = 0 (W/CM²) NB = 29.32 (KW)
PE = 177.41 QH2 = 0 (W/CM²) TEN = 299.42(C)
MS = 1.57 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM²) R22 = 13.04 (MM)
UB = .96 (M/S) QH4 = 14.93 (W/CM²) R24 = 14.98 (MM)

FIG. 64 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A DIR B (**)

TE22-21



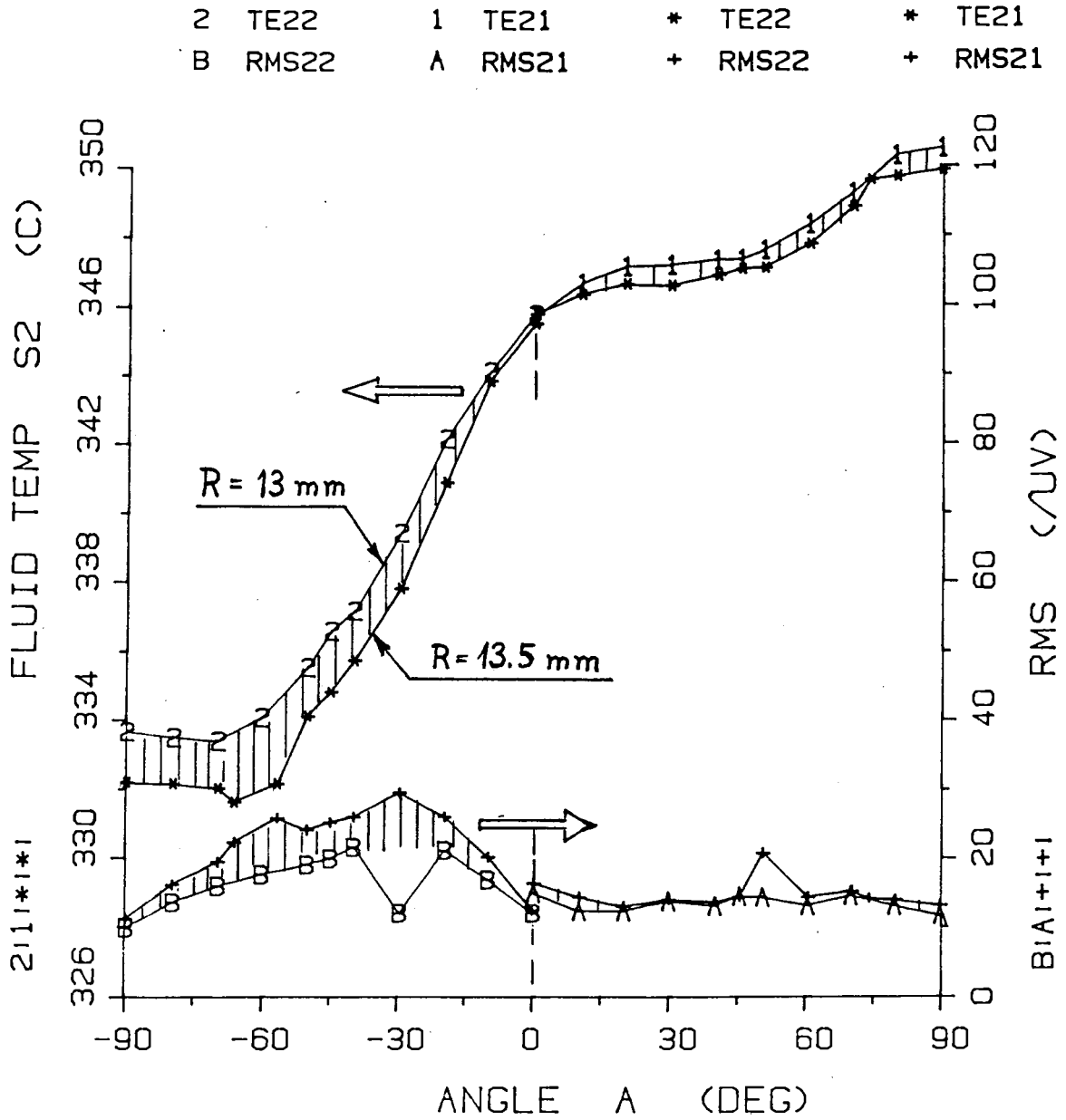
F71K43A.DAT
F71K43B.DAT
F71K44A.DAT
F71K44B.DAT

RE = 30800 QH1 = 0 (W/CM²) NB = 30.42 (KW)
PE = 180.34 QH2 = 0 (W/CM²) TEN = 298.75(C)
MS = 1.59 (KG/S) QH3 = 0 (W/CM²) R22 = 13.51 (MM)
UB = .98 (M/S) QH4 = 15.49 (W/CM²) R24 = 15.45 (MM)

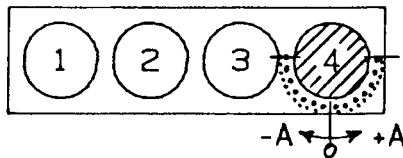
FIG. 65 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE

DIR A DIR B (**)

TE22-21



K70K43A. DAT
 K70K44A. DAT
 K71K43A. DAT
 K71K44A. DAT

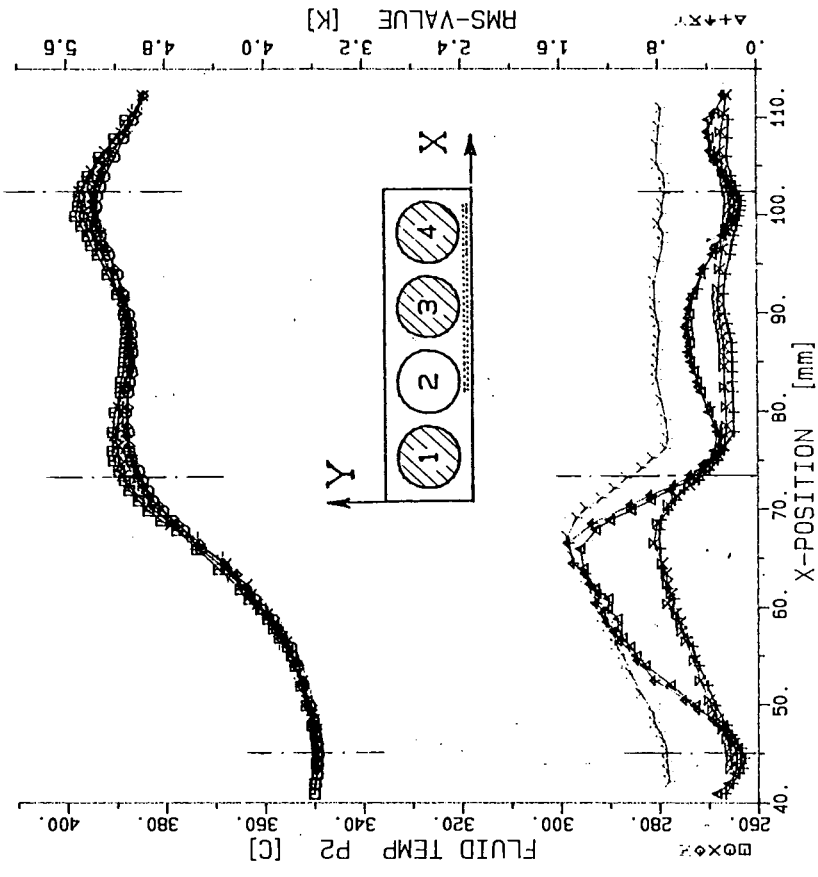


RE = 29900	QH1 = 0 (W/CM ²)	NB = 29.32 (KW)
PE = 176.91	QH2 = 0 (W/CM ²)	TEN = 299.52(C)
MS = 1.57 (KG/S)	QH3 = 0 (W/CM ²)	R22 = 13.04 (MM)
UB = .96 (M/S)	QH4 = 14.93 (W/CM ²)	R21 = 13.16 (MM)

FIG. 66 TEGENA SODIUM TEMPERATURES
 ONE ROD HEATED

Y21 = 3.07 mm Re = 33442
 Y24 = .41 mm Pe = 183.1
 TBI = 317.2 C
 TBO = 376.1 C
 GH1 = 21.08 W/cm² NB = 123.9 kW
 GH2 = -.05 W/cm² MFR = 1.59 kg/s
 GH3 = 20.88 W/cm² DTC = 58.9 K
 GH4 = 20.99 W/cm² UB = .99 m/s

TC21 X TC22 Z TC25
 TC24 O TC23 Y RMS25
 RMS21 A RMS22 +
 RMS24 X RMS23



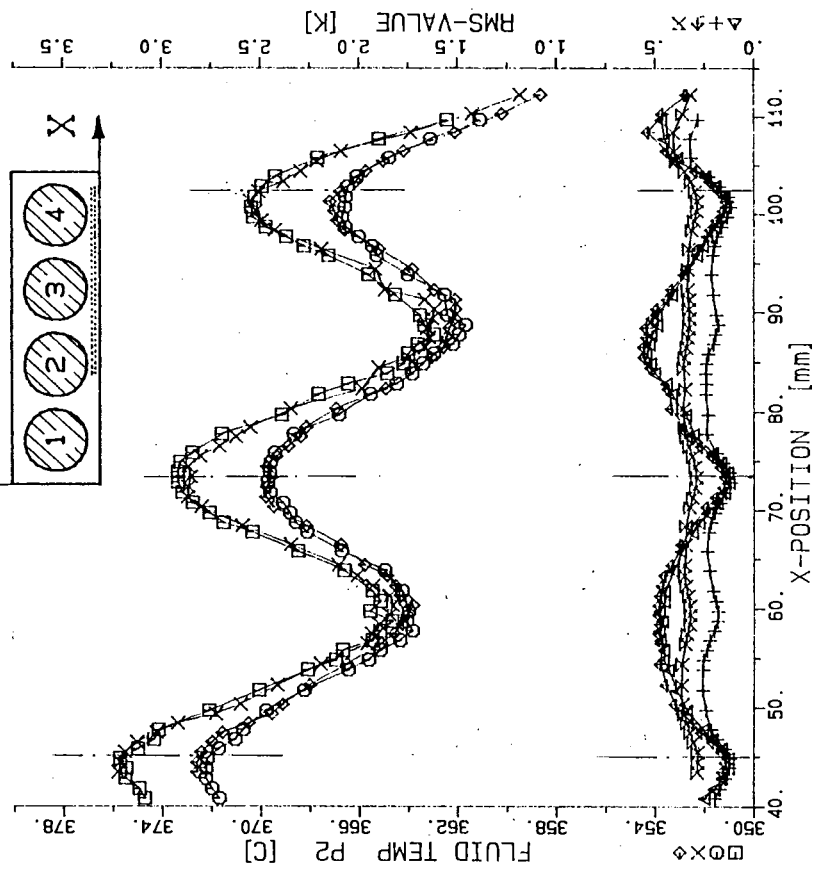
08: 05: 43 JUN22, 1987 M094.DAT
 08: 05: 43 JUN22, 1987 M094.DAT
 13: 11: 05 JUL02, 1987 M198.DAT
 13: 11: 05 JUL02, 1987 M198.DAT



FIG. 68 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2

Y21 = 3.14 mm Re = 32438
 Y24 = .48 mm Pe = 180.7
 TBI = 296.0 C
 TBO = 374.2 C
 GH1 = 20.8 W/cm² NB = 163.5 kW
 GH2 = 20.8 W/cm² MFR = 1.58 kg/s
 GH3 = 20.6 W/cm² DTC = 78.2 K
 GH4 = 20.8 W/cm² UB = .98 m/s

TC21 X TC22
 TC24 O TC23
 RMS21 A RMS22
 RMS24 X RMS23

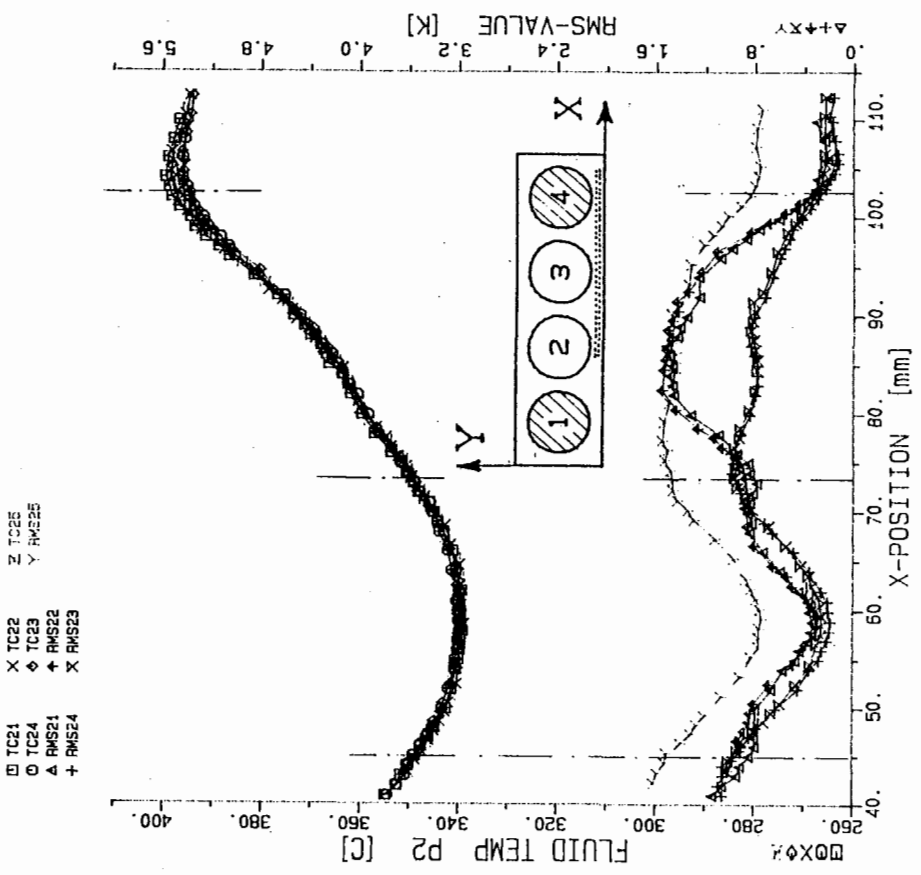


08: 05: 43 JUN22, 1987 M094.DAT
 08: 05: 43 JUN22, 1987 M094.DAT



FIG. 67 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2 RMS VALUES

Y21 = 3.13 mm
 Y24 = .47 mm
 TBI = 333.0 C
 TBO = 373.7 C
 GH1 = 21.31 W/cm² NB = 83.8 kW Re = 33266
 GH2 = -.05 W/cm² MFR = 1.56 kg/s Pe = 180.3
 GH3 = .05 W/cm² DTC = 40.7 K
 GH4 = 21.22 W/cm² UB = .97 m/s



15: 59: 57 JUL01, 1987 M190.DAT
 15: 59: 57 JUL01, 1987 M190.DAT
 15: 59: 57 JUL01, 1987 M190.DAT

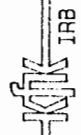
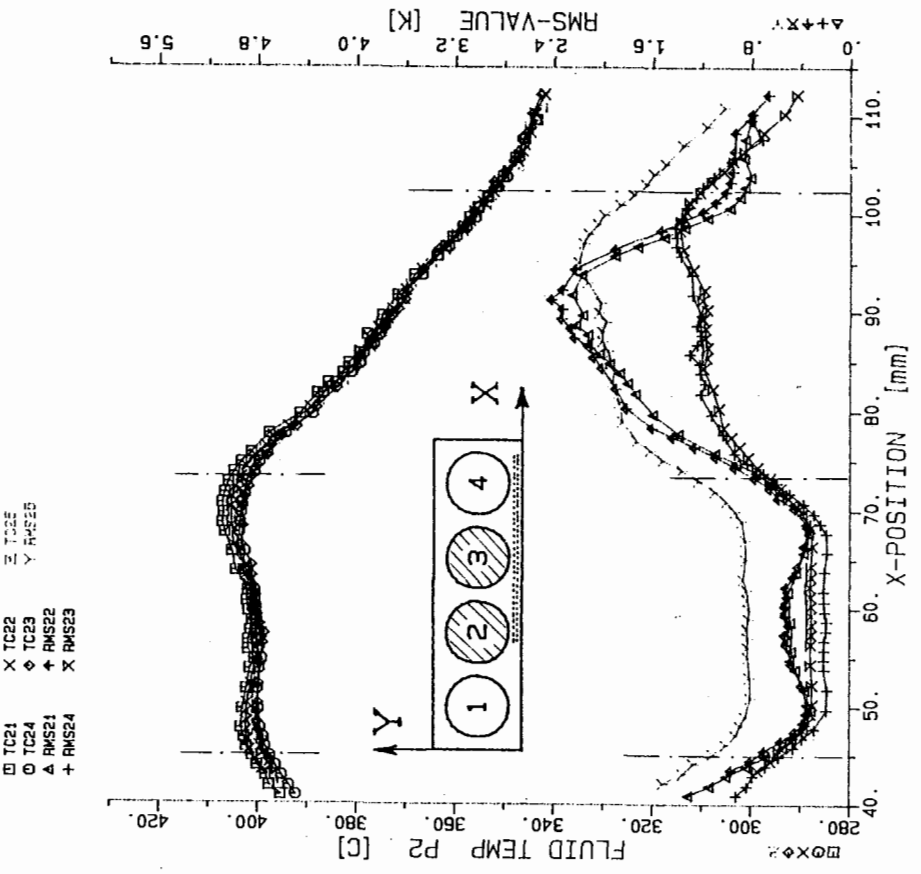


FIG. 69 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2

Y21 = 3.10 mm
 Y24 = .44 mm
 TBI = 333.2 C
 TBO = 374.9 C
 GH1 = .03 W/cm² NB = 85.1 kW Re = 32974
 GH2 = 21.65 W/cm² MFR = 1.55 kg/s Pe = 178.6
 GH3 = 21.53 W/cm² DTC = 41.7 K
 GH4 = -.03 W/cm² UB = .96 m/s



12: 20: 38 JUN29, 1987 M168.DAT
 12: 20: 38 JUN29, 1987 M168.DAT
 12: 20: 38 JUN29, 1987 M168.DAT

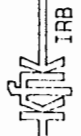


FIG. 70 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2

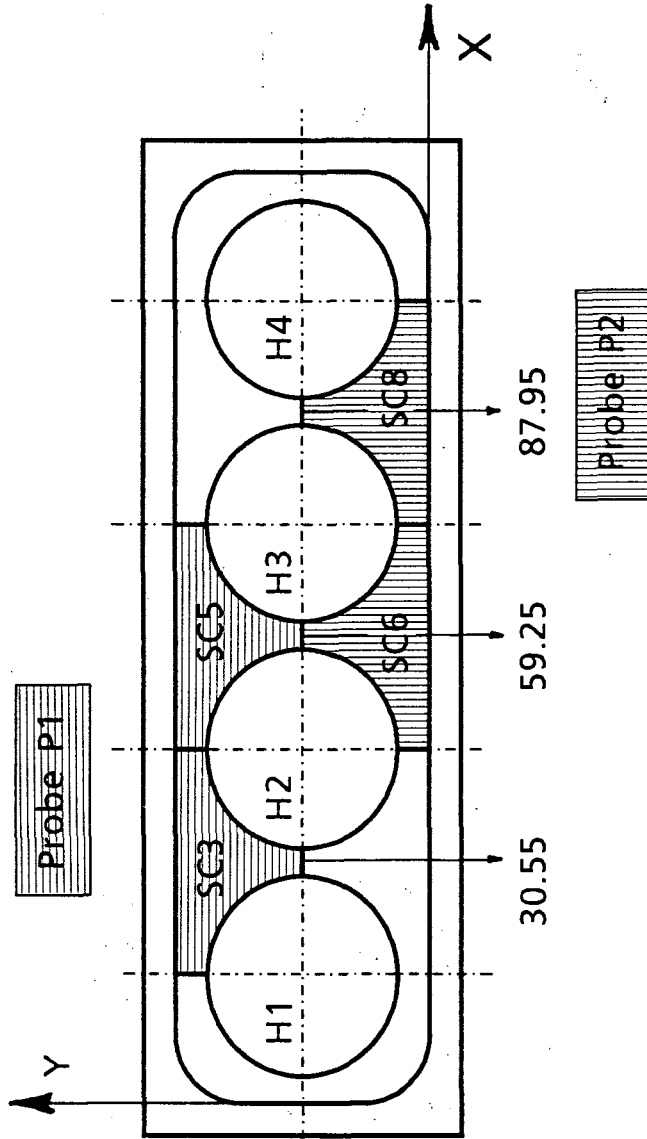
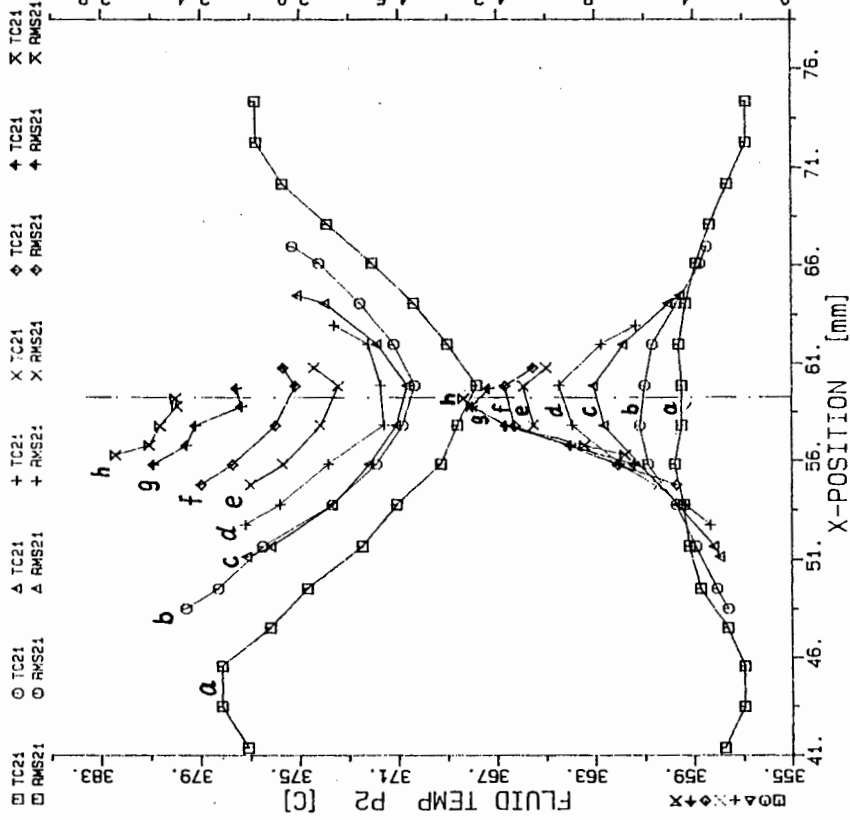


Fig. 71 Indication of subchannels for 2D-measurements

Y11 = 29.34 mm GH1 = 20.86 W/cm² NB = 163.6 kW Re = 32733
 Y14 = 31.39 mm GH2 = 20.77 W/cm² MFR = 1.59 kg/s Pe = 182.2
 TBI = 296.9 C GH3 = 20.67 W/cm² DTC = 77.6 K
 T80 = 374.5 C GH4 = 20.75 W/cm² UB = .98 m/s

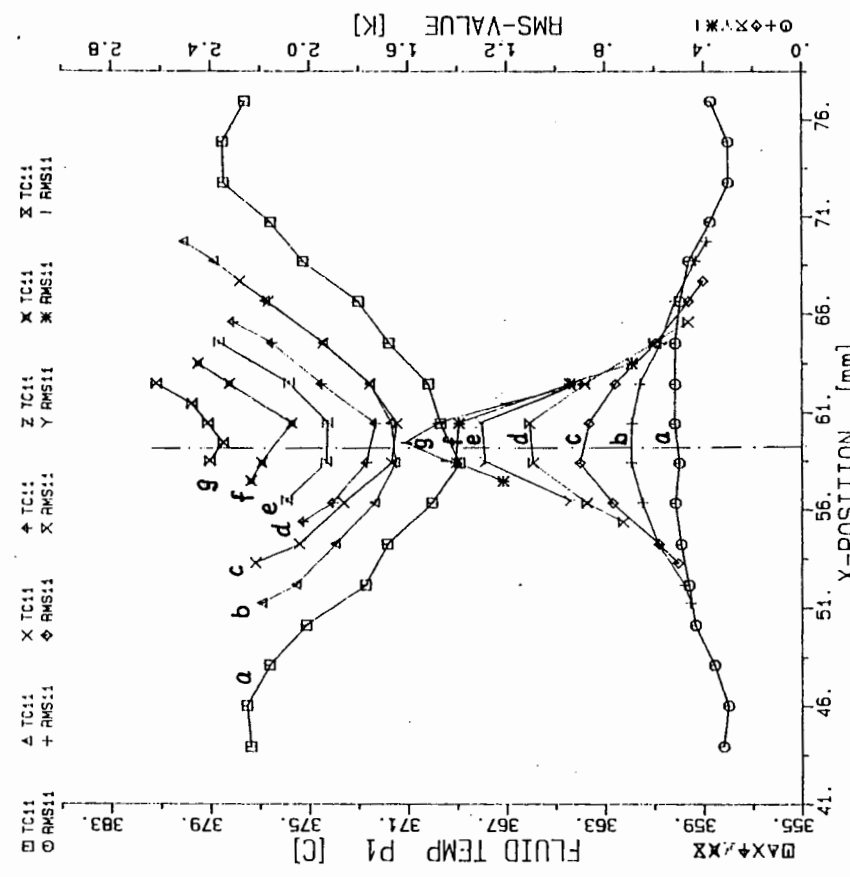


10: 27: 22 JUL08, 1987 M267.DAT
 10: 13: 18 JUL08, 1987 M266.DAT
 09: 53: 01 JUL08, 1987 M265.DAT
 09: 33: 11 JUL08, 1987 M264.DAT
 09: 21: 24 JUL08, 1987 M263.DAT
 08: 57: 56 JUL08, 1987 M262.DAT
 08: 31: 07 JUL08, 1987 M261.DAT
 07: 46: 35 JUL08, 1987 M260.DAT



FIG. 73 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 2 SUBCHANNEL 6

Y11 = 29.34 mm GH1 = 20.86 W/cm² NB = 163.6 kW Re = 32733
 Y14 = 31.39 mm GH2 = 20.77 W/cm² MFR = 1.59 kg/s Pe = 182.2
 TBI = 296.9 C GH3 = 20.67 W/cm² DTC = 77.6 K
 T80 = 374.5 C GH4 = 20.75 W/cm² UB = .98 m/s



10: 13: 18 JUL08, 1987 M266.DAT
 09: 53: 01 JUL08, 1987 M265.DAT
 09: 33: 11 JUL08, 1987 M264.DAT
 09: 21: 24 JUL08, 1987 M263.DAT
 08: 57: 56 JUL08, 1987 M262.DAT
 08: 31: 07 JUL08, 1987 M261.DAT
 07: 46: 35 JUL08, 1987 M260.DAT



FIG. 72 TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE 1 SUBCHANNEL 5

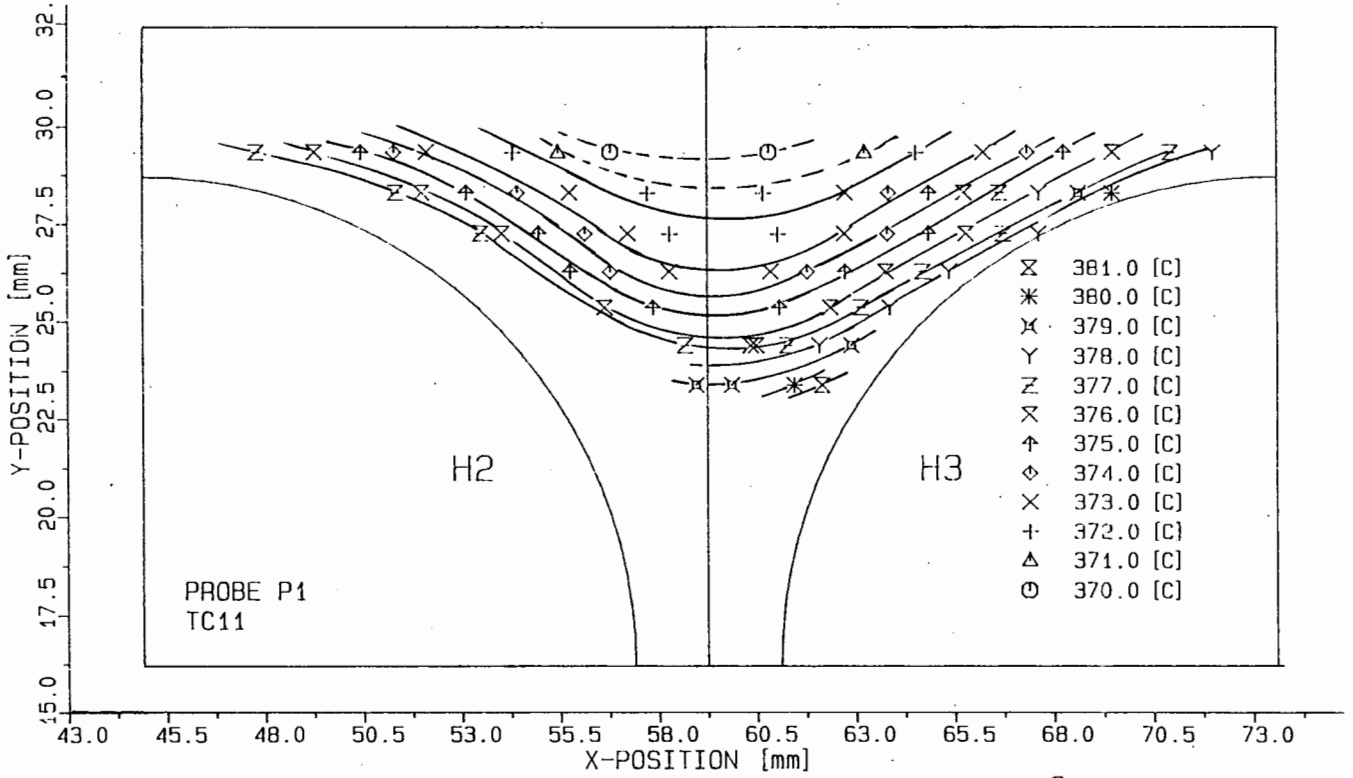


FIG.74 ISOTHERMS, SC5, P1, TC11, Re=33000, QH=21 W/cm²

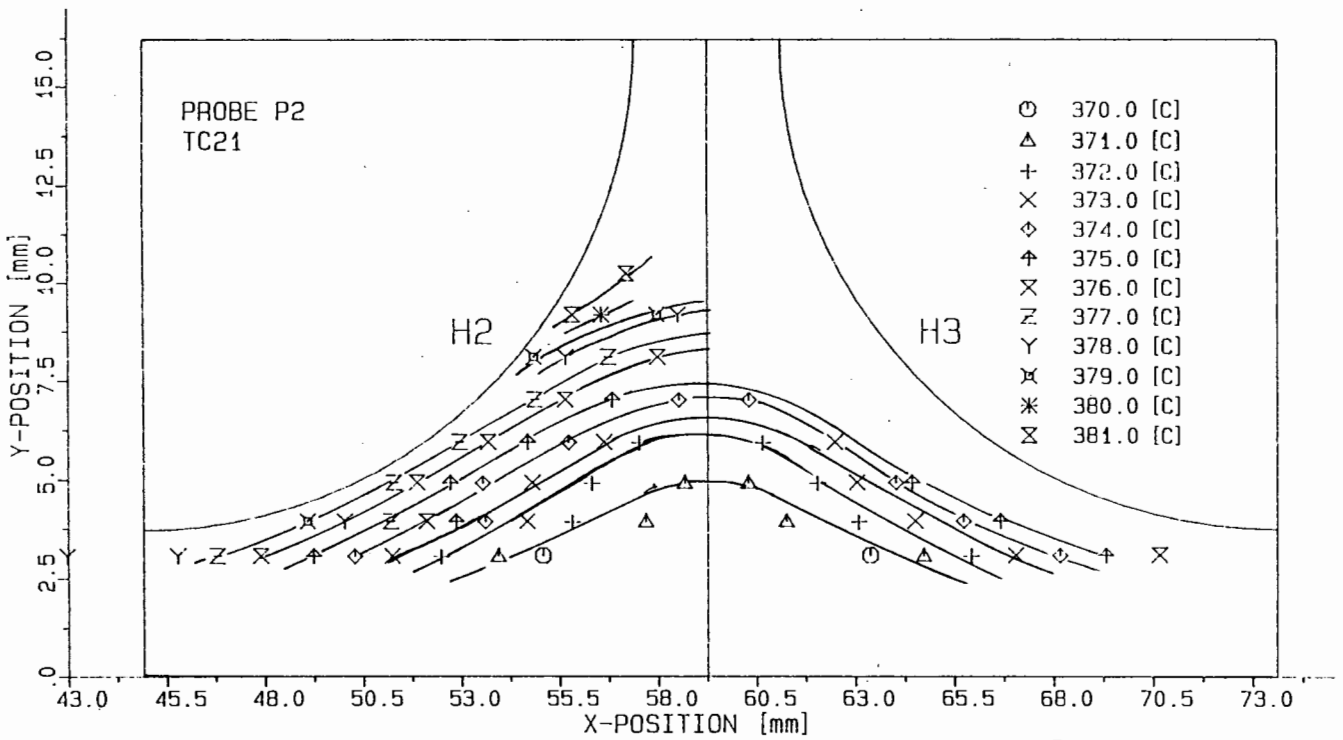


FIG.75 ISOTHERMS, SC6, P2, TC21, Re=33000, QH=21 W/cm²

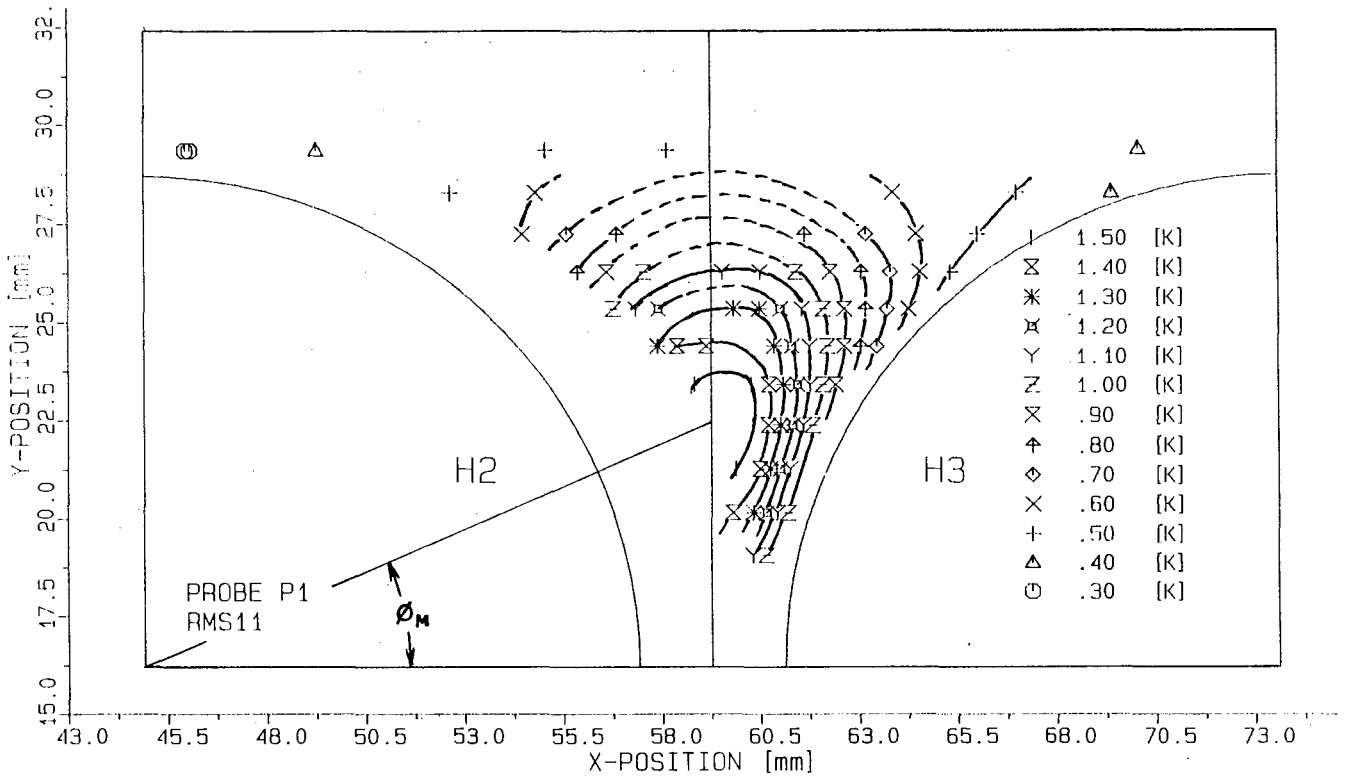


FIG. 76 ISOFLUCTUATIONS, SC5, P1, RMS11, $Re=33000$, $QH=21 \text{ W/cm}^2$

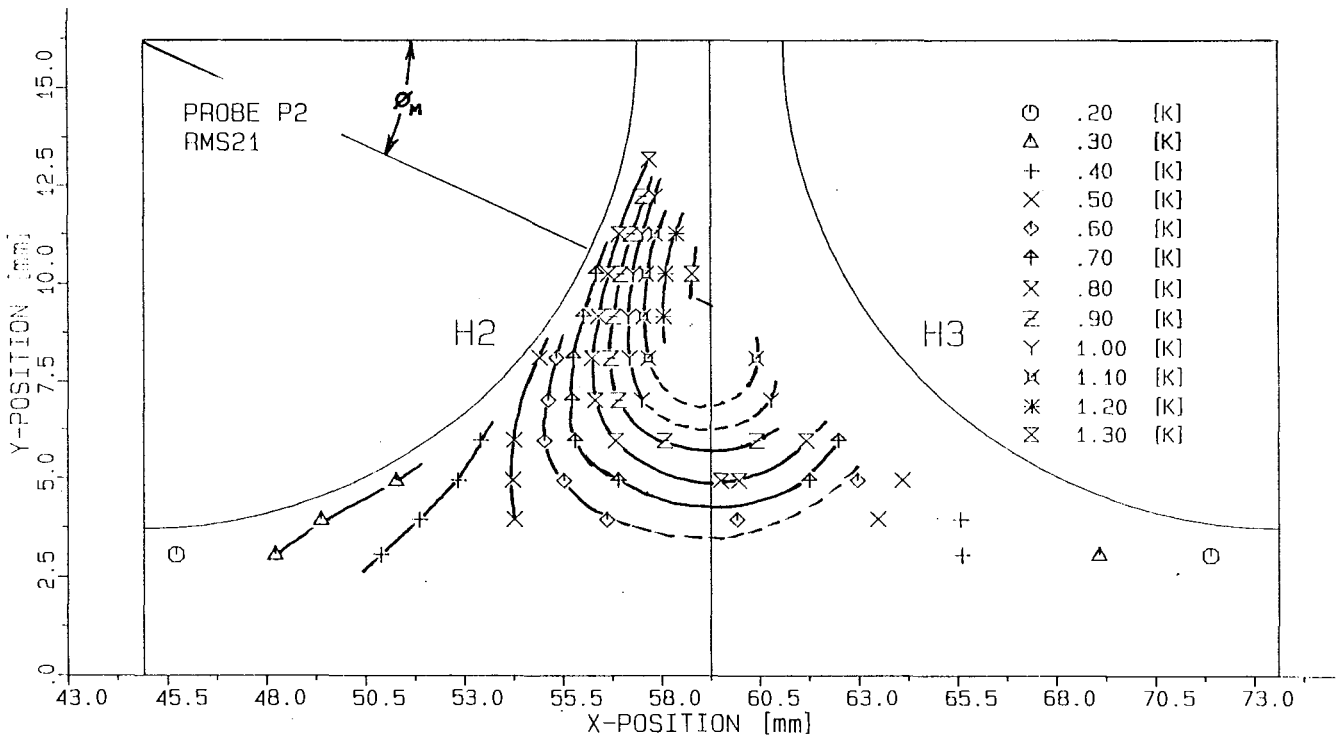
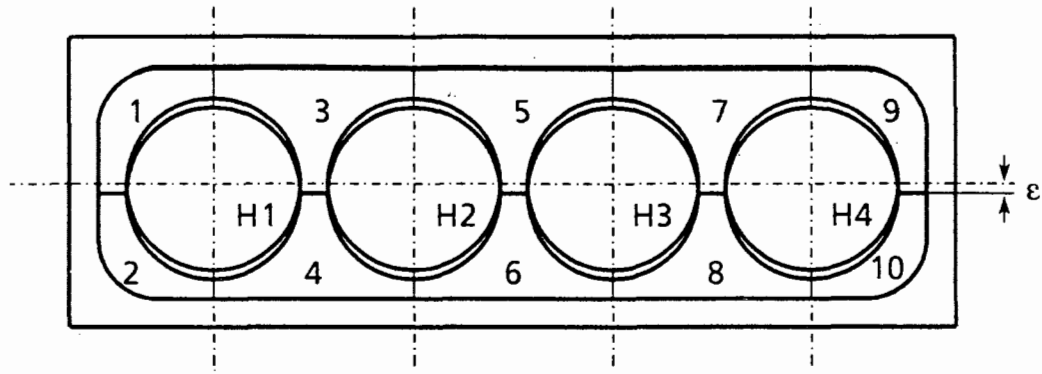


FIG. 77 ISOFLUCTUATIONS, SC6, P2, RMS21, $Re=33000$, $QH=21 \text{ W/cm}^2$



Bundle geometry

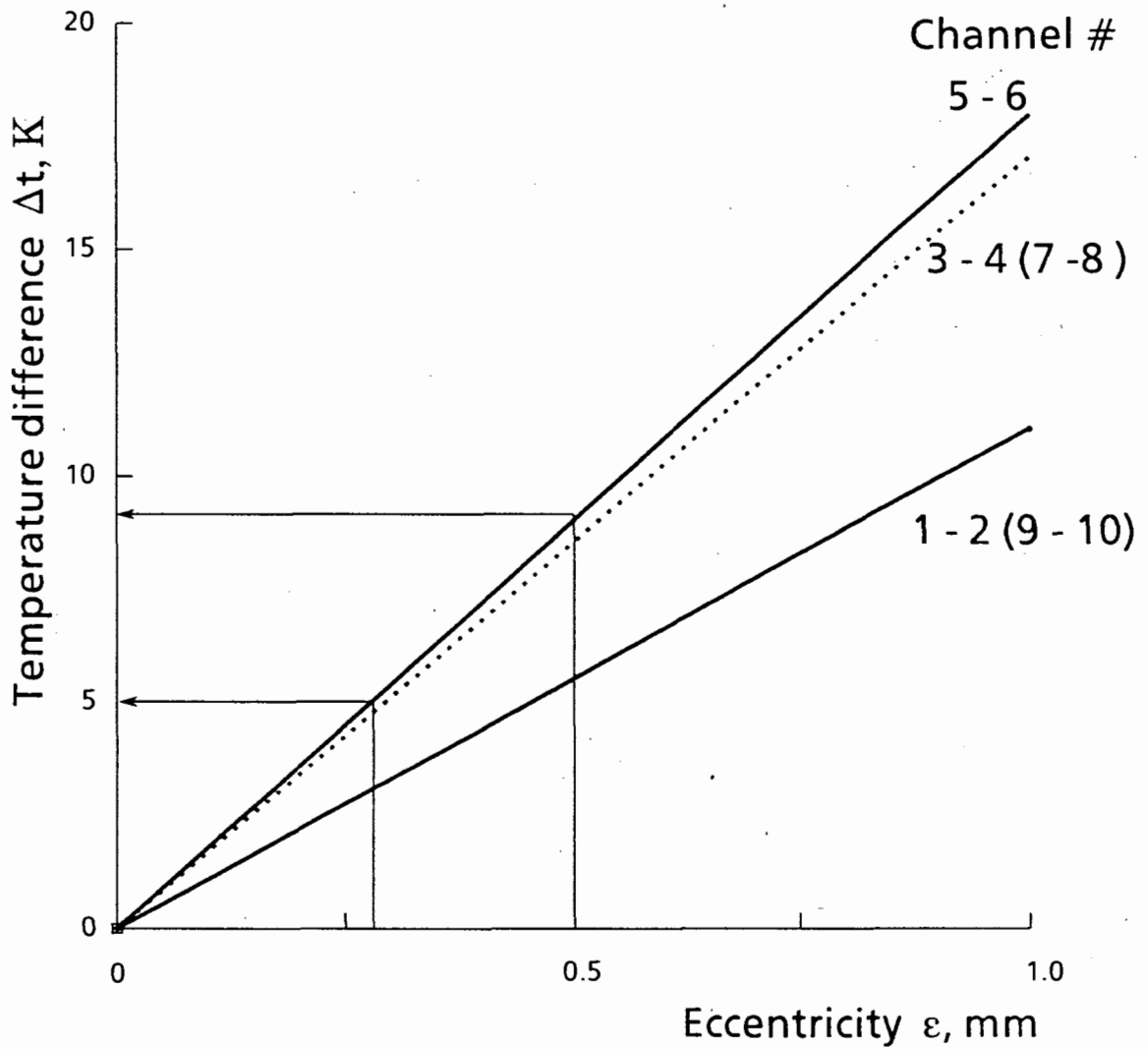


Fig. 78 Calculated subchannel temperature differences for eccentric bundle positions

ANHANG

INHALT

A1	VERSUCHSEINRICHTUNG
A1.1	Natrium-Prüfstand WÜP II
A1.2	Einlaufstrecke
A1.3	Strömungskanal (Rechteckkanal) und Abstandshalter
A1.4	Begleitheizung und thermische Isolation
A1.5	Heizstäbe
A1.6	Meßkammer und Sonden-Verstelleinrichtung
A2	VORVERSUCHE
A2.1	Heizstaberprobung
A2.2	Erprobung der Meßkammer
FIG. A1	Sodium test rig WÜP II
FIG. A2	Entrance section
FIG. A3	Rectangular flow channel
FIG. A4	Heater rod
FIG. A5	Photos of the measuring chamber
FIG. A6	Temperature profile along the heated surface
FIG. A7	Photo of the heater rod cross section
TAB. A1	TEGENA heater rods
TAB. A2	TEGENA 1, Geometry of heater rod cross section
TAB. A3-A5	Sodium velocities in the rectangular channel
TAB. A6-A56	Temperature measurements, TEGENA 1 and 2

A1 VERSUCHSEINRICHTUNG

A1.1 Natrium-Prüfstand WÜP II

Die Experimente wurden in dem Natrium-Prüfstand WÜP II durchgeführt. Es handelt sich dabei um einen geschlossenen Kreislauf (Fig. A1); seine wesentlichen Komponenten sind:

- (1) die Teststrecke;
 - (2) die elektromagnetische Pumpe mit einer maximalen Fördermenge von 60 m³/h bei einer Förderhöhe von 3.8 bar ;
 - (3) der Erhitzer mit einer Leistung von 120 kW;
 - (4) das induktive Volumenstrom-Meßgerät ;
 - (5) die Bypaßleitung ;
 - (6) zwei parallel geschaltete Natrium/Luft-Wärmetauscher mit einer max. Kühlleistung von jeweils 325 kW bei einer Natriumeintrittstemperatur von 320 °C ;
 - (7) der Natrium-Vorratsbehälter mit einem Inhalt von 2 m³ (6);
 - (8) der Ausgleichsbehälter zur Kompensation der Natrium-Volumenänderung und zur Gewährleistung gasfreier Natriumströmung im gesamten Kreislaufsystem;
- die Flüssigmetall-typischen Hilfskreisläufe (Natrium-Reinigung, Inertgas-System usw.).

A1.2 Einlaufstrecke

Der 4-Stabbündel-Teststrecke ist eine Einlaufstrecke zur Erzeugung definierter Strömungsbedingungen am Teststreckeneintritt vorgeschaltet. Die senkrecht stehende Einlaufstrecke (Fig. A2) besteht aus einem thermischen Kompensator mit einer Nennweite von 80 mm (1), einem Einlaufbehälter (2) zur Strömungsberuhigung und einem rechteckigen Einlaufkanal von ca. 1600 mm Länge (= 31 hydraulischen Durchmessern DC; DC ist definiert als der vierfache freie Strömungsquerschnitt des Recheckkanals dividiert durch den benetzten Umfang) mit einem Strömungsgleichrichter an seinem unteren Ende. Die Anströmung der Einlaufstrecke erfolgt über ein U-förmiges Zulaufrohr. Die gemessenen Strömungsverteilungen im Austrittsquerschnitt der Einlaufstrecke ohne und mit Einbauten (Lochplatten bzw. Siebe) sind in Abschnitt 4.1 beschrieben.

A1.3 Strömungskanal (Rechteckkanal) und Abstandshalter

Der Strömungskanal umschließt die vier in Reihe angeordneten Heizstäbe, er ist ca. 4 m lang und hat einen rechteckigen Querschnitt (Fig. A3). Der Rechteckkanal wird aus 550 mm langen Segmenten zusammengeflanscht. In jeder Flanschverbindung ist ein auswechselbarer Abstandshalter eingesetzt. Er besteht aus einem Rahmen mit den Abstandsstiften von 2 mm \varnothing sowie den 3 Stegblechen von 0,5 mm Wandstärke und 10 mm Höhe. Letztere sind in den Spalten zwischen den Heizstäben angeordnet. Der Abstandshalter ist so gebaut, daß er vernachlässigbar kleine Störungen in der Strömung hervorruft. Der innere Querschnitt des Abstandshalterrahmens ist identisch mit dem Querschnitt des Strömungskanals. Es stehen also nur die Abstandsstifte und die drei Stegbleche zwischen den Stäben als unvermeidbare Hindernisse in der Strömung.

Die Kanalsegmente wurden aus gefrästen U-förmigen Halbschalen zusammengeschweißt. Die Rundungen in den Kanalecken haben einen Radius von 5 mm. Die Ausführung der Längsschweißnaht hat entscheidenden Einfluß auf die Toleranz der Kanalsegmente. Kleinste Toleranzen wurden mit Elektronenstrahlschweißung erzielt, wobei die Verbindung den in Fig. A3 (Detail "a") eingezeichneten Absatz aufweist. Die Kastensegmente und die Abstandshalter sind in /25/ beschrieben.

Die Vermessung der Kanalsegmente nach der Fertigung ergab folgende Mittelwerte (Istwerte) für die Kanalbreiten und die Kanaltiefen in [mm]:

	Außenmaße		Innenmaße	
	Breite	Tiefe	Breite B	Tiefe T
Sollwerte	130,5	44,4	118,5 ± 0,05	32,4 ± 0,05
Istwerte	130,47 ± 0,03	44,39 + 0,05 -0,07	118,5 ± 0,04	32,4 + 0,07 -0,08

A1.4 Begleitheizung und thermische Isolation

Die Teststrecke ist mit einer Begleitheizung ausgerüstet, die aus elektrischen Heizstäben von 6 mm Durchmesser besteht. An den rotationssymmetrischen Bauteilen (Meßkammer und Flansche der Strömungskanalsegmente) sind die Heizstäbe jeweils am Umfang und am Meßkammerboden in Form von konzentrischen Ringen angeordnet. Zur möglichst gleichmäßigen Aufheizung der Kanalsegmente zwischen den Flanschen sind mäanderförmig gebogene Heizstäbe in 20 mm Abstand von den großen Kanalflächen installiert. Mit dieser Begleitheizung ist eine gleichmäßige Erwärmung der Teststrecke auf etwa 500 °C möglich. Diese ist zum Ausdestillieren der Natriumreste aus engen Spalten oder Mulden notwendig, bevor die Teststrecke demontiert wird. Vor dem Auffüllen der Teststrecke mit flüssigem Natrium muß diese auf etwa 150 bis 200 °C erwärmt werden. Die Gleichmäßigkeit der durch Strahlung bewirkten Aufheizung bis 500 °C wurde in einem Vorversuch getestet.

Die thermische Isolation der Teststrecke bildet eine 100 mm dicke Schicht aus Glaswolle. Im Bereich des aus acht Segmenten zusammengeflanschten Rechteckkanals ist die Glaswolle in 16 konzentrischen Blechhalbschalen eingeschlossen, die einzeln bündig an den Segmentflanschen eingehängt sind. In diesen Halbschalen sind auch die oben erwähnten mäanderförmigen Strahlungsheizstäbe befestigt (vgl. Fig. 1, unten).

Zwischen den Flanschen der Kanalsegmente entstehen so unterschiedlich dicke Luftschichten zwischen den inneren Halbschalen und dem Rechteckkanal. Die Schichtdicken liegen zwischen 40 und 80 mm, dadurch ergeben sich kleine Unterschiede der thermischen Isolation am Umfang des Rechteckkanals, wie durch isotherme Messungen gezeigt werden konnte (vgl. 6.2).

A1.5 Heizstäbe

In dem 4-Stabbündel simulieren elektrische Heizstäbe die Brennstäbe. Als Heizstabdurchmesser wurde 25 mm als größtmöglicher Durchmesser gewählt, der mit verfügbaren Hämmern herstellbar war. Die Maßstabsvergrößerung im Vergleich zu Brennstäben von Brutreaktoren beträgt damit etwa 3:1. Dies ermöglicht das detaillierte Messen von Temperaturprofilen zwischen den Stäben. Die mit 2500 mm festgelegte beheizte Länge wurde als ausreichend angesehen, um bei Gleichlast eine weitgehend thermisch eingelaufene Strö-

mung zu erhalten. Als maximale Wärmestromdichte an der Heizstaboberfläche sollten als Dauerbelastung im Versuchsbetrieb 85 W/cm^2 angestrebt werden. In Anpassung an eine vorhandene Gleichrichter-Hochstromanlage sollte ein Strom/Spannungs-Verhältnis von 1850 A/90 V realisiert werden, das entspricht einem Ohm'schen Widerstand von nur $47 \text{ m}\Omega$ bei 20°C .

Da Hochleistungs-Heizstäbe dieser Abmessungen und Anforderungen bisher nicht hergestellt wurden, sollten zwei unterschiedliche Heizstabkonzepte gleichgewichtig und unabhängig voneinander realisiert werden.

Erfolgreich war eine modifizierte Entwicklung des Konzeptes I (Bornitrid-Heizstäbe mit flexiblem Stromleiter und MgO-Kern). Dabei konnte auf eine gezielte Heizstabentwicklung für Flüssigmetallexperimente zurückgegriffen werden /26/. Die Heizstäbe wurden von der Fa. Interatom nach einem vom KfK entwickelten Fertigungsverfahren hergestellt. Der Heizstabaufbau ist schematisch in Fig. A4 dargestellt. Die Wärme wird im Stromleiter, einer dreigängigen Bandwendel, durch Ohm'sche Beheizung erzeugt. Sie fließt über eine ca. 1 mm dicke Isolationsschicht aus Bornitrid-Pulver zur Hülle. Die Bandwendel ist im Inneren zur mechanischen Abstützung mit MgO-Pulver gefüllt. An den Stabenden ist die Bandwendel durch Nickel- und Kupferbolzen verlängert, um die Wärmeentbindung in den sogenannten Kaltenden klein zu halten.

Das Konzept II (Al_2O_3 -Heizstäbe von EIR-Würenlingen) führte nicht zum Erfolg. Die entstandenen Probleme sowie Meßergebnisse von Prototypen sind in /27/ beschrieben. Zusammen mit diesem Heizstabkonzept mußte auch der Plan aufgegeben werden, die azimutale Verteilung der Wärmestromdichte in der Heizstabhülle zu messen.

A1.6 Meßkammer und Sonden-Verstelleinrichtung

Die am Kopf der Teststrecke angeordnete zylindrische Meßkammer (Fig. 1, 2) hat einen Innendurchmesser von 500 mm und eine Höhe von 130 mm. Von unten ist der Rechteckkanal so angeflanscht, daß er im Meßkammerboden endet. Auf dem abnehmbaren Deckel der Meßkammer ist eine luftgekühlte Gefrierstopfbuchseinheit angeflanscht. Sie ermöglicht das Drehen von zwei Heizstäben während des Versuchsbetriebes. Ursprünglich war im Versuchsprogramm vorgesehen, mit Hilfe einer Stabdrehereinrichtung azimutale Hüllwand-Temperaturprofile in den Meßebenen ME1 bis ME5 zu messen. Auf die dafür erforderliche

Instrumentierung der Stabhüllen mit Thermoelementen wurde später jedoch verzichtet, so daß dieser Programmpunkt nicht durchgeführt werden konnte. In der Meßkammer sind seitlich von den langen Kanten des Rechteckkanals zwei gleichartige Meßsonden-Verstelleinrichtungen angeordnet. Diese dienen zur Positionierung von Meßsonden in der Hauptmeßebe ME6. Jede Meßsonden-Verstelleinrichtung besteht aus einem Kreuzschlitten mit spielfreier Kugellagerung. Die Drehbewegung der Schlittenspindeln erfolgt durch lose angekoppelte Antriebswellen über Handräder außerhalb der Meßkammer. Die Abdichtung der Antriebswellen gegen austretendes Natrium erfolgt durch luftgekühlte Natrium-Gefrierstopfbuchsen. Zur Bestimmung der Schlittenposition und damit der Sondenposition werden volle Umdrehungen der Schlittenspindel von einem Zählwerk angezeigt und die Winkelposition der Schlittenspindel durch eine Graduierung neben den Handrädern angezeigt. Parallel dazu werden Umdrehungszahlen und Winkelpositionen der Schlittenspindel als veränderliche Spannungswerte an einem Potentiometer abgegriffen. Das Potentiometer ist über ein mechanisches Getriebe mit der Antriebswelle gekoppelt. Die Potentiometer-Spannungen werden vom Datenerfassungssystem digital angezeigt und registriert. Die Anzeige für die X- und Y-Koordinaten der Sondenpositionen erfolgt in mm, sie dient zur Kontrolle der mit den Handrädern ausgeführten Sondereinstellung an der Teststrecke, wo die Anzeige auf der Graduierungsscheibe ebenfalls in mm erfolgt. Ansichten der Meßkammer und der Meßsonden-Verstelleinrichtung zeigt Fig. A5.

A2 VORVERSUCHE

A2.1 Heizstaberprobung

Vor der Serienfertigung von 10 Heizstäben wurden drei Prototyp-Heizstäbe auf ihre Betriebssicherheit getestet /25/.

Die gestellten Anforderungen waren:

- Wärmestromdichte an der Staboberfläche $Q_H \approx 90 \text{ W/cm}^2$
- Kühlmitteltemperatur 300 - 500 °C

In einer ersten Testreihe wurden die Stäbe in ruhender Luft stationär auf ein Temperaturniveau von ca. 880 °C hochgeheizt und die vom Heizstab emittierte Wärmestrahlung mit einer Platten-Kamera erfaßt. Die gewonnenen Filmaufnahmen wurden mit einem Densitometer ausgemessen; diese Messung liefert ein Maß für die axiale Temperaturkonstanz an der Heizstaboberfläche. Fig. A6 zeigt als Beispiel die densitometrische Auswertung einer Filmaufnahme über eine Heizstablänge von 920 mm. Mit den eingezeichneten Linien gleicher Temperatur erkennt man, daß örtliche Temperaturabweichungen von weniger als 10 K auftreten. Die maximal bei einem Stab ermittelte Inhomogenität betrug 15 K, dies kann durch eine Inhomogenität im Wärmefluß von etwa 5 % hervorgerufen werden. Unerwünschte örtliche Leistungsvariationen scheinen also klein zu sein. Die ermittelte Leistungskonstanz kann als gut bewertet werden.

In einer zweiten Testreihe wurden die drei Prototyp-Heizstäbe im Natriumprüfstand WÜP II unter verschärften Betriebsbedingungen getestet. Die Stäbe wurden über 24 h bei Vollast mit einer Heizflächenbelastung von 90 W/cm^2 gefahren; dabei waren die Natriumeintrittstemperaturen ca. 350 °C und die Austrittstemperaturen ca. 520 °C. Zusätzlich wurden 10 Abschaltungen bei Vollast durchgeführt. Zum Ende der Versuchszeit wurde die Heizflächenbelastung kurzzeitig auf 140 W/cm^2 (~50 % Überlast) bei einer mittleren Natriumaustrittstemperatur von 550 °C erhöht. An einem der drei Stäbe wurde auch die Zentraltemperatur ($\hat{=}$ Stromleitertemperatur) gemessen. Sie betrug am Ende der beheizten Zone 800 °C bei 134 W/cm^2 (Natriumeintrittstemperatur = 370 °C, Natriumaustrittstemperatur = 550 °C). Diese Ergebnisse belegen die Funktionsfähigkeit der untersuchten Heizstäbe bei verschärften Betriebsbedingungen.

Die Einzelerprobung der anschließend gefertigten 10 Serien-Heizstäbe beschränkte sich zunächst auf die Untersuchungen der ersten Testreihe (Aufhei-

zung in ruhender Luft auf 880 °C). Die Ergebnisse waren vergleichbar mit denen der Prototyp-Heizstäbe. In Tabelle A1 sind kennzeichnende Meßdaten der 10 Serien-Heizstäbe zusammengestellt. Vier dieser 10 Stäbe (H1, H2, H3, H4) wurden für das Experiment TEGENA 1 ausgewählt. Es wurde hierfür auf eine Einzelstaberprobung unter verschärften Betriebsbedingungen in Natrium verzichtet. Während der Versuchsserie TEGENA 1 wurden die Stäbe H2 und H3 defekt, so daß sie nicht mehr beheizbar waren. Deshalb wurden für die Versuchsserie TEGENA 2 vier neue Heizstäbe ausgewählt (siehe Tabelle A1) und einzeln unter vollen Betriebsbedingungen (100 W/cm², 500 °C) und mit 20 % Überlast im Natriumkreislauf getestet. Diese Stäbe funktionierten dann im Hauptversuch einwandfrei.

Meßdaten von zwei Querschnitten des Heizstabes H2 aus der Versuchsserie TEGENA 1 sind in Tabelle A2 zusammengestellt. Die maximalen Abweichungen der verschiedenen Schichtdicken vom jeweiligen Mittelwert liegen zwischen 2 und 9 %.

In Fig. A7 ist ein Querschnitt des Heizstabes H2 aus der Versuchsserie TEGENA 1 fotografisch dargestellt. Man erkennt gut die stromführende dreigängige Bandwendel.

A2.2 Erprobung der Meßkammer

Die Meßkammer enthält eine Reihe von Öffnungen für lösbare Verbindungen. Zur Überprüfung aller Abdichtstellen, zur Funktionsprüfung der luftgekühlten Natrium-Gefrierstopfbuchsen sowie zur Funktionsprüfung der beiden Sonden-Verstelleinrichtungen wurde die Meßkammer unter Betriebsbedingungen in strömendem Natrium bis zu Temperaturen von 500 °C über insgesamt 16 Tage erprobt. An sieben Tagen wurden dabei Natriumgeschwindigkeitsprofile im Querschnitt ME6 des offenen Rechteckkanals gemessen (siehe Abschnitt 4.2). Die wesentlichen Testergebnisse und daraus folgende Maßnahmen sind detailliert in /27/ beschrieben.

Detaillierte Angaben zu den beschriebenen Vorversuchen enthalten die Berichte /12,18,20,27/.

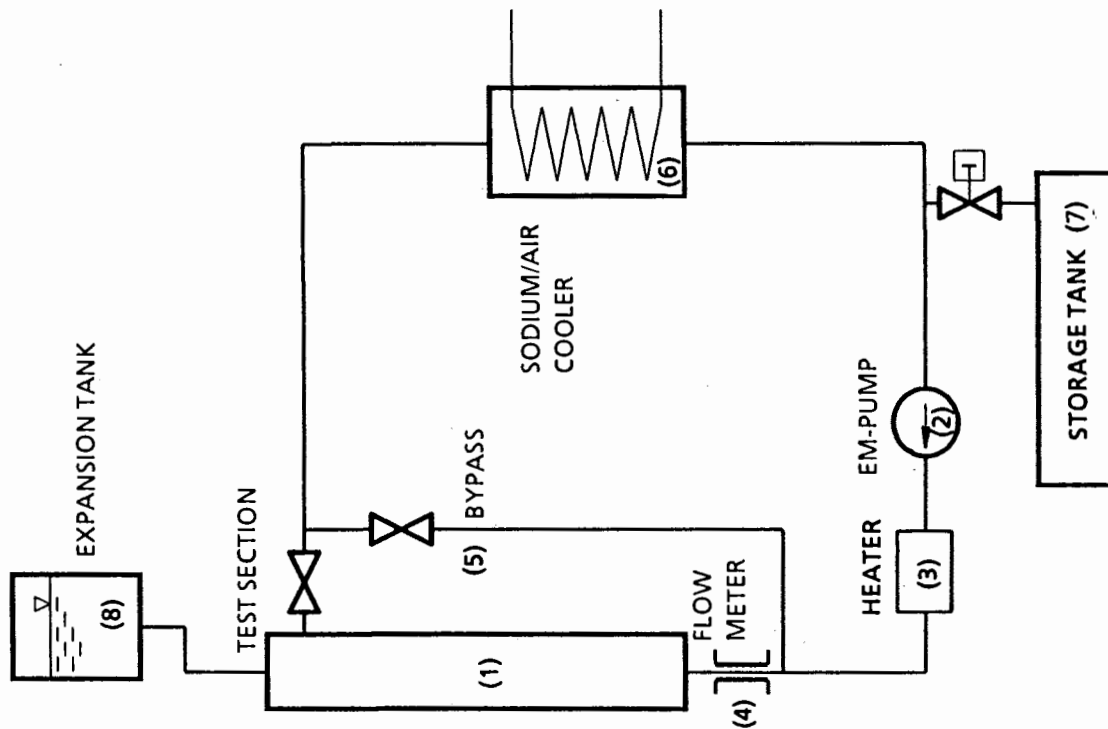


FIG.A1 SODIUM TEST RIG WÜP II

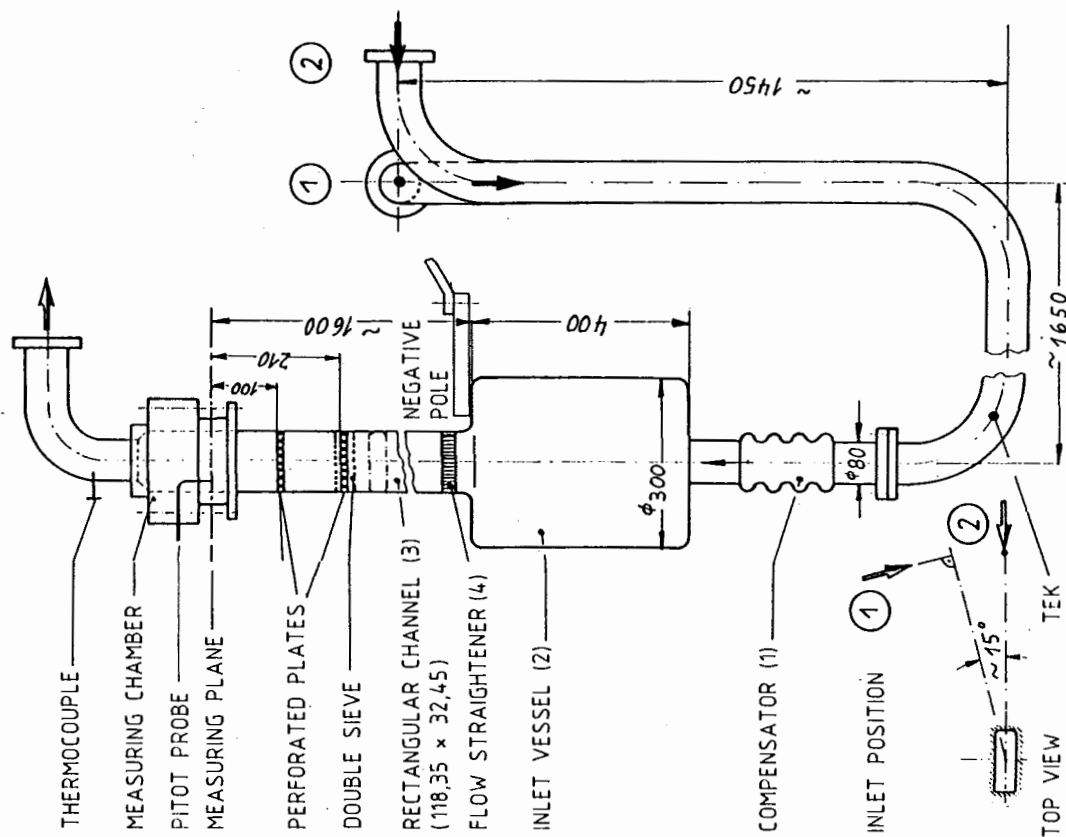


FIG. A2 ENTRANCE SECTION

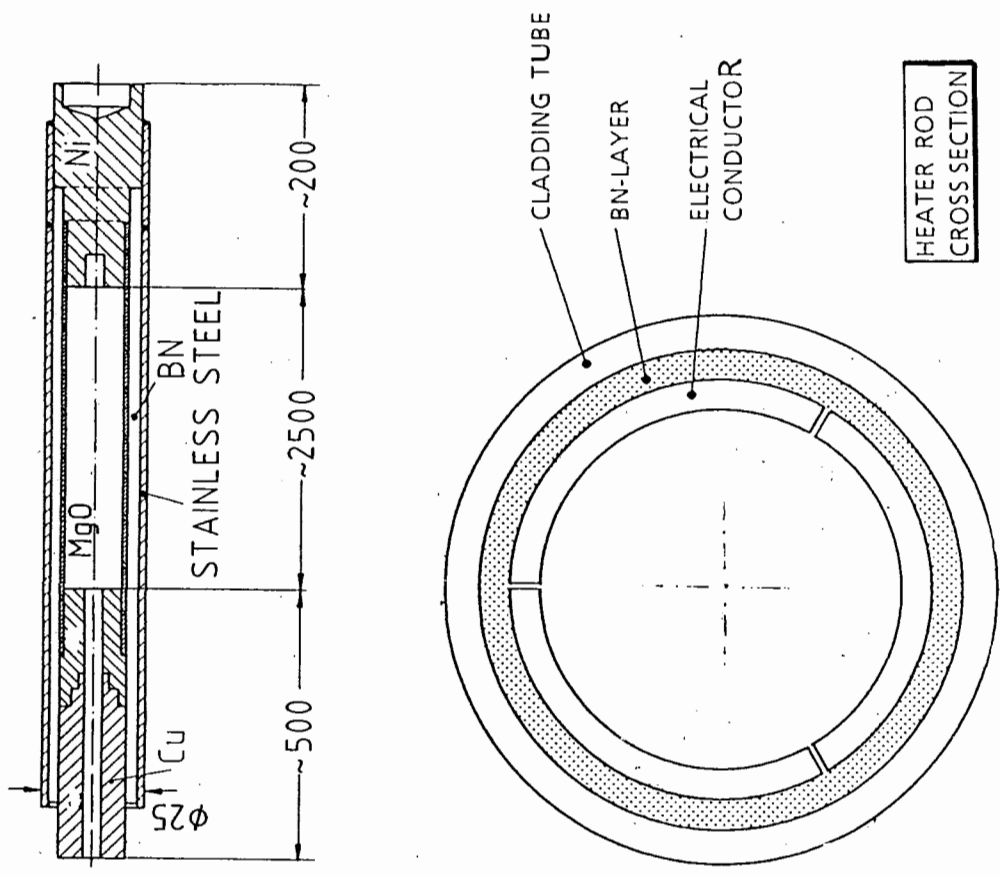
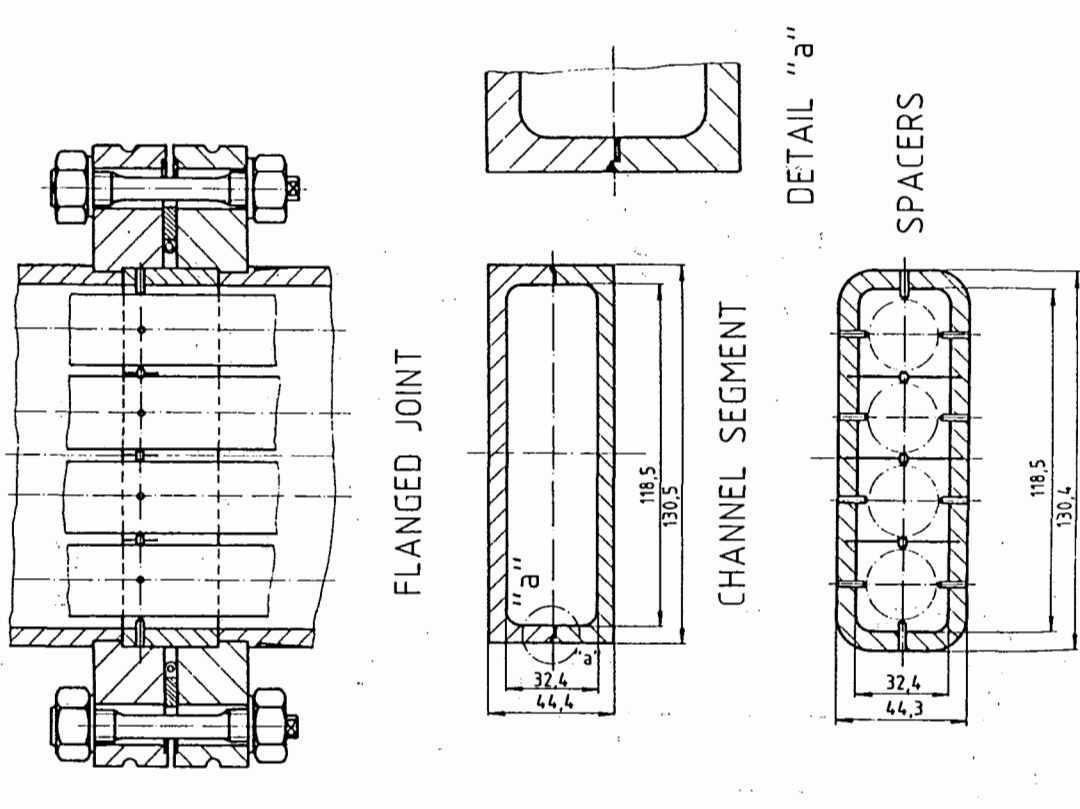


FIG. A3 RECTANGULAR FLOW CHANNEL

FIG. A4 HEATER ROD (SCHEMATIC)

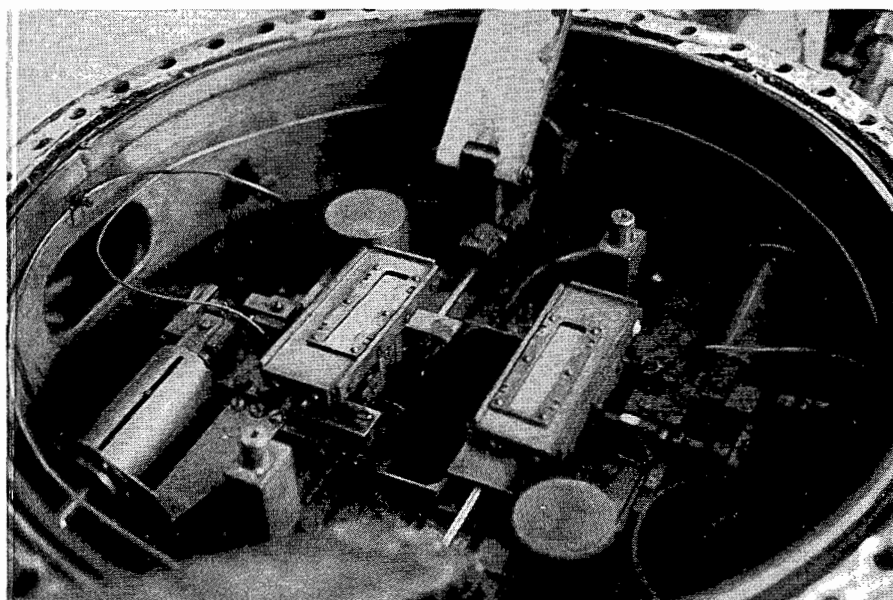
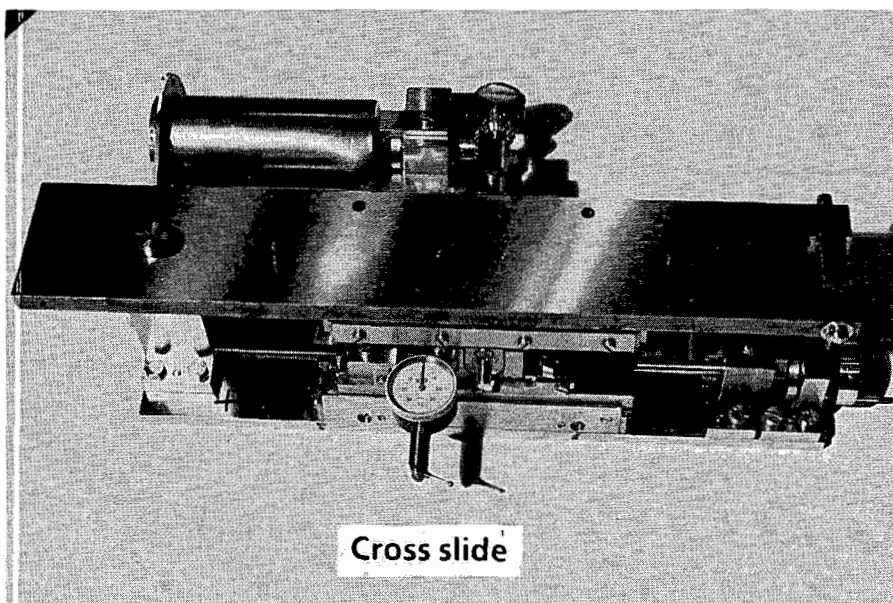
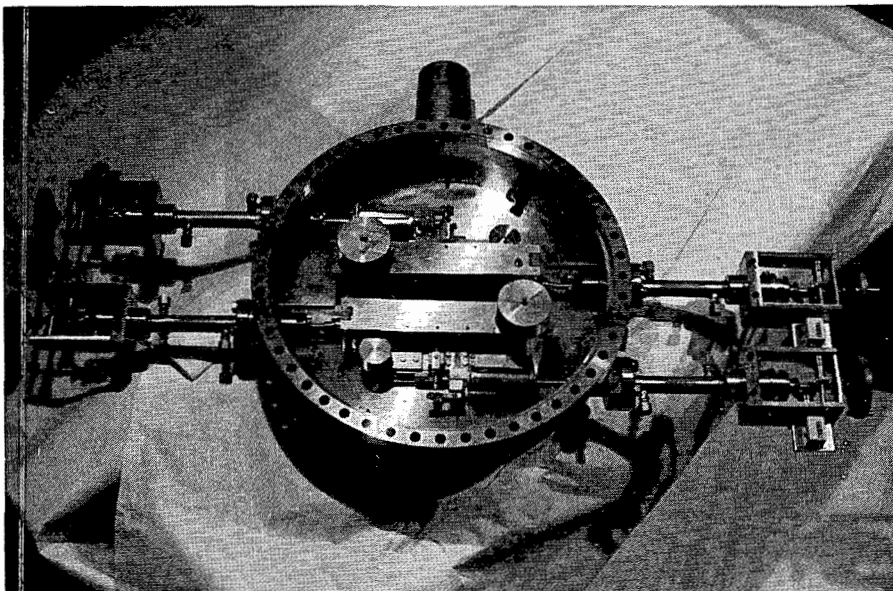


FIG. A5 PHOTOS OF THE MEASURING CHAMBER

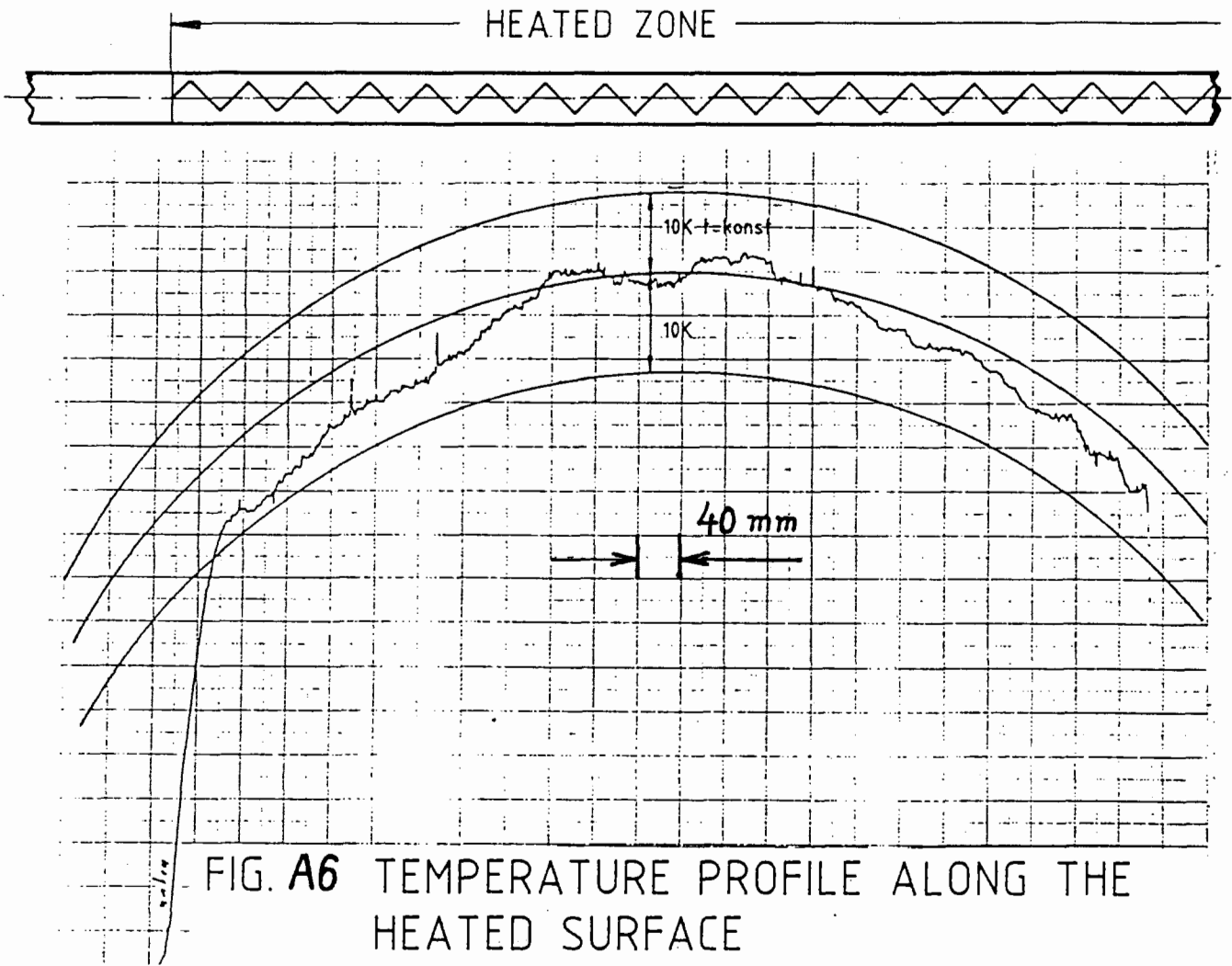


FIG. A6 TEMPERATURE PROFILE ALONG THE HEATED SURFACE

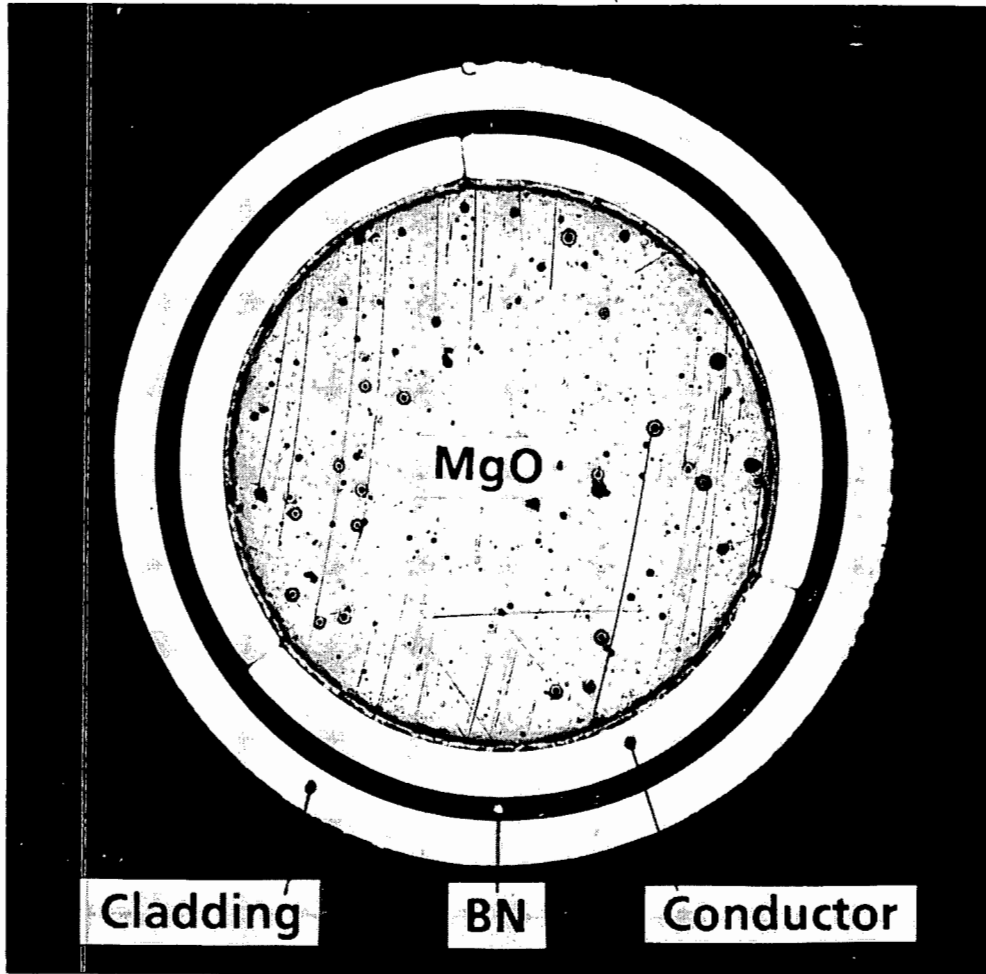


FIG. A7 PHOTO OF THE HEATER ROD CROSS SECTION

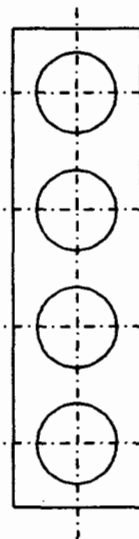
Zuordnung: Diagramme (Hauptteil) / Meßwerte-Tabellen (Anhang)

MAIN PART	CODE	ANNEX	MAIN PART	CODE	ANNEX
Fig. 11 Fig. 12 Fig. 13		Tab. A3.1-6 Tab. A4.1-6 Tab. A5.1-6	Fig. 42,43	M063 M094	Tab. A25.1 Tab. A26.1
Fig. 14 Fig. 15	I01T250 I01T250 I07T250 I52T250	Tab. A6 Tab. A6 Tab. A6 Tab. A6	— Fig. 44,45	M408 M063 M094 M408	A27.1 Tab. A25.2 Tab. A26.2 Tab. A27.2
Fig. 16	M050 M054 M058	Tab. A7.1 Tab. A7.2 Tab. A7.3	Fig. 46 Fig. 47	F10LWSA F25LWSA F25LWSB	Tab. A28 Tab. A29.1 Tab. A29.2
Fig. 17	M295 M296 M297 M298	Tab. A8.1 Tab. A8.2 Tab. A8.3 Tab. A8.4	Fig. 48 — Fig. 49	F26LWSA F26LWSB F24LWSA F24LWSB	Tab. A30.1 Tab. A30.2 Tab. A31.1 Tab. A31.2
Fig. 18	I01T250 I07T250 I52T250	Tab. A6 Tab. A6 Tab. A6	Fig. 50 Fig. 51 Fig. 52 Fig. 53	M094 M198 M190 M168	Tab. A13.2 Tab. A32 Tab. A33 Tab. A34
Fig. 19	F04Q12A F04Q12B	Tab. A9.1 Tab. A9.2	Fig. 54 Fig. 55 Fig. 56 Fig. 57 Fig. 58	F31Q12B F37QWSA F35QW4A F30LWSB F32L43A	Tab. A35 Tab. A36 Tab. A37 Tab. A38 Tab. A39
Fig. 20	W03A120 W03A130 W03A140 W03A150 W03A160	Tab. A10.1 Tab. A10.2 Tab. A10.3 Tab. A10.4 Tab. A10.5	Fig. 59 Fig. 60 Fig. 61	F38LW4A F33D43A F33D43B	Tab. A40 Tab. A41 Tab. A42
Fig. 21 Fig. 22	W05A075 W05B075	Tab. A11.1-4 Tab. A12.1-4	Fig. 62 Fig. 63 Fig. 64	F36D44A F36D44B F70K43A F70K43B F70K44A F70K44B	Tab. A43 Tab. A44 Tab. A45 Tab. A46 Tab. A47 Tab. A48
Fig. 23	M336	Tab. A13.1	Fig. 65	F71K43A F71K43B F71K44A F71K44B	Tab. A49 Tab. A50 Tab. A51 Tab. A52
Fig. 24,25,26	M336 M094 M080 M082 M085	Tab. A13.1 Tab. A13.2 Tab. A13.3 Tab. A13.4 Tab. A13.5	Fig. 66	s.Fig. 64,65	
Fig. 27 Fig. 28 Fig. 29 Fig. 30	F04Q12A F04Q12B F06LWSA F06LWSB	Tab. A14 Tab. A15 Tab. A16 Tab. A17	Fig. 67 Fig. 68 Fig. 69 Fig. 70	M094 M198 M190 M168	Tab. 26.2 Tab. A53 Tab. A54 Tab. A55
Fig. 31 Fig. 32 Fig. 33 Fig. 34 Fig. 35 Fig. 36 Fig. 37 Fig. 38 Fig. 39 Fig. 40	M332 M334 M332 M334 M336 M336 M104 M104 M080 M080	Tab. A18.1 Tab. A19.1 Tab. A18.2 Tab. A19.2 Tab. A20.1 Tab. A20.2 Tab. A21.1 Tab. A21.2 Tab. A22.1 Tab. A22.2	Fig. 72-77	M260 M261 M262 M263 M264 M265 M266	Tab. A56a Tab. A56b Tab. A56c Tab. A56d Tab. A56e Tab. A56f Tab. A56g
Fig. 41	M104 M102 M106	Tab. A21.1 Tab. A23 Tab. A24			

TABLE A1 TEGENA HEATER RODS (JUNE 1984)

MANUF. ROD N° (IA)	CURRENT-FLOW RESISTANCE R			IRB - EXPERIMENT			HEATED LENGTH L (IA)		R / LH		
	INTERATOM		IRB(THOMSON-B)	~ 400°C		~ 880°C		[mm]		NORM.	
	COLD [mΩ]	NORM.	COLD [mΩ]	NORM.	[mΩ]	NORM.					
5	42.56	1.001	40.59	0.989	44.6	1.015	42.8	0.991	2499	0.995	17.13
6	42.08	0.990	40.5	0.987	43.8	0.996	42.7	0.989	2502	0.997	17.07
7	42.86	1.008	42.0	1.023	43.7	0.994	43.4	1.005	2516	1.002	17.25
8	42.54	1.001	41.4	1.009	43.2	0.983	43.1	0.998	2520	1.004	17.10
9	42.35	0.996	40.7	0.992	42.9	0.976	42.8	0.991	2505	0.998	17.09
10	42.20	0.993	40.8	0.994	44.0	1.000	43.2	1.000	2498	0.995	17.29
11	42.07	0.990	40.44	0.985	44.4	1.010	42.8	0.991	2512	1.000	17.04
12	42.50	1.000	41.02	1.000	43.5	0.990	43.4	1.005	2526	1.006	17.18
14	42.38	0.997	40.85	0.995	43.5	0.990	43.2	1.000	2505	0.998	17.25
16	43.60	1.026	42.07	1.025	46.0	1.046	44.3	1.026	2522	1.005	17.57
∅	42.51		41.03		43.96		43.17		2510.5		17.2

(HEATER ROD No)



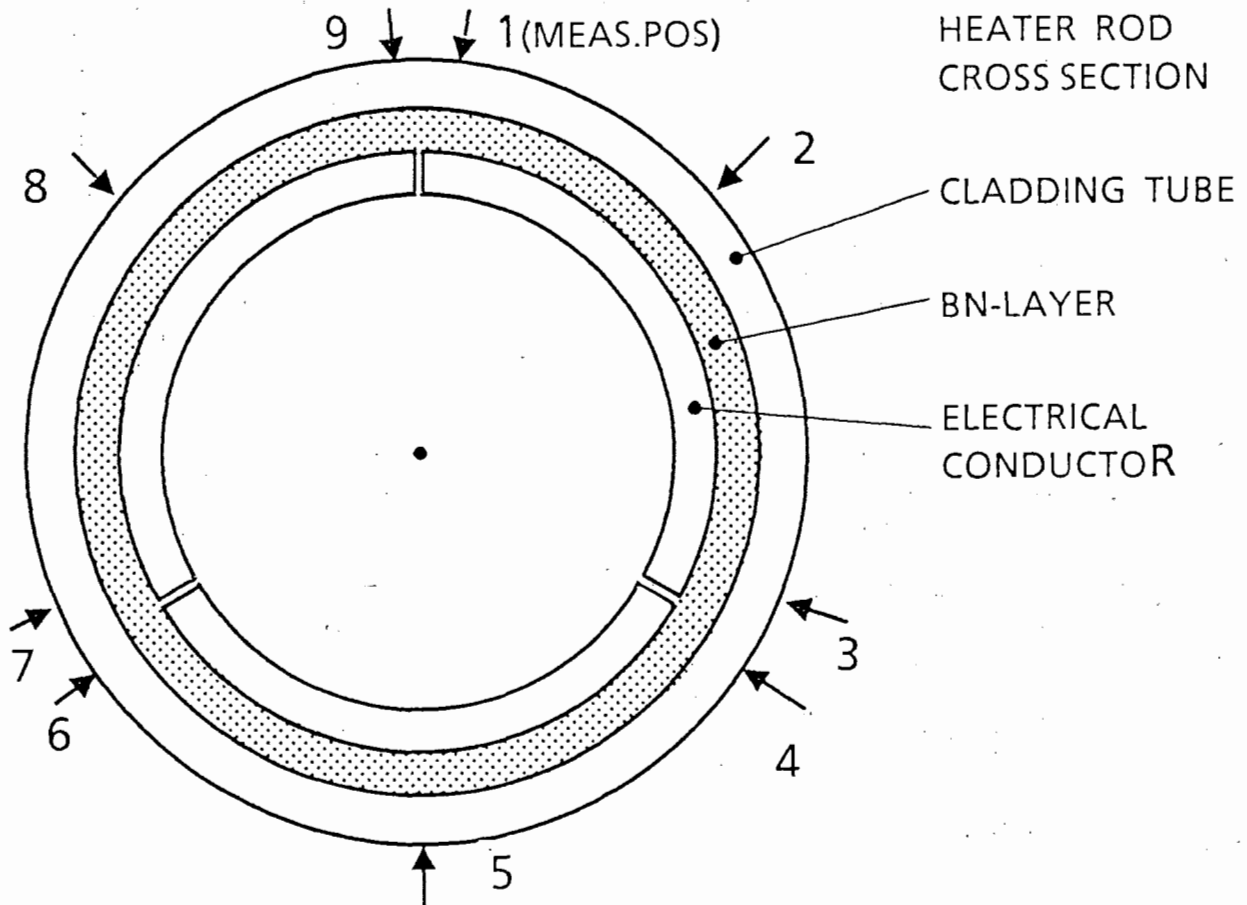
(MANUF. ROD N°, TEGENA 1)
(MANUF. ROD N°, TEGENA 2)

14 7 12 10
6 9 5 11

TABLE A2 TEGENA 1, GEOMETRY OF HEATER ROD CROSS SECTION (HEATER ROD H2, PROBE A/N)

Meas. Pos.	Cladding Tube		BN-Layer		Electrical Conductor	
	A	N	A	N	A	N
1	1.48	1.36	0.62	0.72	1.35	1.39
2	1.38	1.41	0.67	0.73	1.47	1.39
3	1.35	1.41	0.71	0.75	1.46	1.37
4	1.43	1.39	0.59	0.70	1.35	1.37
5	1.41	1.39	0.69	0.73	1.37	1.39
6	1.43	1.47	0.71	0.76	1.36	1.39
7	1.41	1.46	0.62	0.75	1.34	1.40
8	1.47	1.49	0.67	0.73	1.38	1.42
9	1.49	1.45	0.69	0.73	1.35	1.40
∅	1.43	1.43	0.66	0.73	1.38	1.39
DAV	+0.06 -0.08	+0.06 -0.07	+0.05 -0.07	+0.03 -0.03	+0.09 -0.04	+0.03 -0.02

DAV = MAXIMUM DIVITATION OF AVERAGE VALUE ∅



TAB. A3.1 GS1, Y = 16.35 mm
T = 350 C, UC = 2.51 m/s, RE = 350 000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U / U _C
1	1.50	23.51	1.90	0.76
2	3.50	27.82	2.25	0.89
3	5.50	29.57	2.39	0.95
4	7.50	30.66	2.48	0.99
5	9.50	32.13	2.59	1.03
6	11.50	33.40	2.70	1.07
7	13.50	34.51	2.79	1.11
8	15.50	34.81	2.81	1.12
9	17.50	35.51	2.87	1.14
10	19.50	35.95	2.90	1.16
11	21.50	36.19	2.92	1.16
12	25.50	36.19	2.92	1.16
13	29.50	36.50	2.95	1.17
14	33.50	36.95	2.98	1.19
15	37.50	37.30	3.01	1.20
16	41.50	37.58	3.03	1.21
17	45.50	37.76	3.05	1.21
18	49.50	37.89	3.06	1.22
19	53.50	38.27	3.09	1.23
20	57.50	38.35	3.10	1.23
21	61.50	38.01	3.07	1.22
22	65.50	38.24	3.09	1.23
23	69.50	38.18	3.08	1.23
24	73.50	37.85	3.06	1.22

TAB. A3.2 GS1, Y = 16.35 mm
T = 420 C, UC = 2.51 m/s, RE = 420 000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U' (M/S)	U / U _C
1	38.50	37.45	3.02	1.20
2	38.50	36.77	2.97	1.18
3	38.50	36.83	2.97	1.18
4	38.50	36.99	2.99	1.19
5	38.50	36.72	2.96	1.18
6	38.50	36.78	2.97	1.18
7	38.50	36.69	2.96	1.18
8	38.50	37.05	2.99	1.19
9	38.50	36.48	2.95	1.17
10	38.50	36.86	2.98	1.19
11	38.50	36.90	2.98	1.19
12	38.50	36.66	2.96	1.18
13	38.50	36.80	2.97	1.18
14	38.50	36.78	2.97	1.18
15	38.50	36.85	2.98	1.19
16	38.50	36.69	2.96	1.18
17	38.50	37.85	3.06	1.22
18	38.50	36.63	2.96	1.18
19	38.50	36.75	2.97	1.18
20	38.50	36.87	2.98	1.19
21	38.50	36.67	2.96	1.18
22	38.50	37.05	2.99	1.19
23	38.50	36.86	2.98	1.19
24	38.50	36.87	2.98	1.19

TAB. A3.3 GS1, Y = 16.35 mm
T = 350 C, UC = 2.51 m/s, RE = 350 000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U / U _C
1	1.50	24.01	1.94	0.77
2	3.50	27.68	2.23	0.89
3	5.50	29.22	2.36	0.94
4	7.50	30.36	2.45	0.98
5	9.50	32.09	2.59	1.03
6	11.50	32.93	2.66	1.06
7	13.50	34.07	2.75	1.10
8	15.50	34.82	2.81	1.12
9	17.50	35.28	2.85	1.13
10	19.50	35.72	2.88	1.15
11	21.50	35.80	2.89	1.15
12	25.50	36.22	2.92	1.17
13	29.50	36.54	2.95	1.18
14	33.50	37.05	2.99	1.19
15	37.50	37.17	3.00	1.20
16	41.50	37.57	3.03	1.21
17	45.50	37.79	3.05	1.22
18	49.50	37.90	3.06	1.22
19	53.50	38.08	3.07	1.22
20	57.50	38.23	3.09	1.23
21	61.50	38.33	3.09	1.23
22	65.50	38.44	3.10	1.24
23	69.50	38.23	3.09	1.23
24	73.50	38.27	3.09	1.23

TAB. A3.4 GS2, Y = 16.35 mm
T = 350 C, UC = 2.51 m/s, RE = 350 000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U ₀ /U _∞
1	117.60	23.67	1.91	0.76
2	115.60	26.40	2.13	0.85
3	113.60	27.94	2.26	0.90
4	111.60	29.96	2.42	0.96
5	109.60	30.83	2.49	0.99
6	107.60	32.56	2.63	1.05
7	105.60	33.85	2.73	1.09
8	103.60	34.79	2.81	1.12
9	101.60	35.24	2.85	1.13
10	99.60	35.77	2.89	1.15
11	97.60	35.85	2.89	1.15
12	93.60	36.51	2.95	1.17
13	89.60	36.90	2.98	1.19
14	85.60	37.70	3.04	1.21
15	81.60	38.10	3.08	1.23
16	77.60	38.35	3.10	1.23
17	73.60	38.26	3.09	1.23
18	69.60	38.55	3.11	1.24
19	65.60	38.93	3.14	1.25
20	61.60	38.97	3.15	1.25
21	57.60	38.99	3.15	1.25
22	53.60	38.94	3.14	1.25
23	49.60	38.65	3.12	1.24
24	45.60	38.42	3.10	1.24

TAB. A3.5 GS2, Y = 16.35 mm
T = 420 C, UC = 2.51 m/s, RE = 420 000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U ₀ /U _∞
1	117.60	24.12	1.95	0.78
2	115.60	26.65	2.15	0.86
3	113.60	28.66	2.31	0.92
4	111.60	29.75	2.40	0.96
5	109.60	31.07	2.51	1.00
6	107.60	32.53	2.63	1.05
7	105.60	33.77	2.73	1.09
8	103.60	34.74	2.80	1.12
9	101.60	35.43	2.86	1.14
10	99.60	35.92	2.90	1.16
11	97.60	36.14	2.92	1.16
12	93.60	36.34	2.93	1.17
13	89.60	36.91	2.98	1.19
14	85.60	37.33	3.01	1.20
15	81.60	37.93	3.06	1.22
16	77.60	37.66	3.04	1.21
17	73.60	38.13	3.08	1.23
18	69.60	37.81	3.05	1.22
19	65.60	38.37	3.10	1.23
20	61.60	38.37	3.10	1.23
21	57.60	38.18	3.08	1.23
22	53.60	38.03	3.07	1.22
23	49.60	37.63	3.04	1.21
24	45.60	37.77	3.05	1.21

TAB. A3.6 GS2, Y = 16.35 mm
T = 350 C, UC = 2.51 m/s, RE = 350 000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U ₀ /U _∞
1	117.60	23.92	1.93	0.77
2	115.60	26.91	2.17	0.87
3	113.60	28.35	2.29	0.91
4	111.60	29.46	2.38	0.95
5	109.60	31.31	2.53	1.01
6	107.60	32.52	2.63	1.05
7	105.60	33.48	2.70	1.08
8	103.60	34.45	2.78	1.11
9	101.60	35.15	2.84	1.13
10	99.60	35.39	2.86	1.14
11	97.60	35.88	2.90	1.15
12	93.60	36.45	2.94	1.17
13	89.60	36.86	2.98	1.19
14	85.60	37.36	3.02	1.20
15	81.60	37.64	3.04	1.21
16	77.60	38.01	3.07	1.22
17	73.60	38.25	3.09	1.23
18	69.60	38.23	3.09	1.23
19	65.60	38.14	3.08	1.23
20	61.60	38.71	3.13	1.25
21	57.60	38.46	3.11	1.24
22	53.60	38.09	3.08	1.23
23	49.60	38.17	3.08	1.23
24	45.60	38.18	3.08	1.23

TAB. A4.1 GS1 Y=16.35mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U: (M/S)	U ₀ /U _∞
1	1.50	22.53	1.82	0.72
2	3.50	25.75	2.08	0.83
3	5.50	27.10	2.19	0.87
4	7.50	27.75	2.24	0.89
5	9.50	28.80	2.33	0.93
6	11.50	30.16	2.44	0.97
7	13.50	31.31	2.53	1.01
8	15.50	31.99	2.58	1.03
9	17.50	32.46	2.62	1.04
10	19.50	32.85	2.65	1.06
11	21.50	32.99	2.66	1.06
12	25.50	33.41	2.70	1.07
13	29.50	34.13	2.76	1.10
14	33.50	34.37	2.78	1.11
15	37.50	34.56	2.79	1.11
16	41.50	34.85	2.81	1.12
17	45.50	35.14	2.84	1.13
18	49.50	35.77	2.89	1.15
19	53.50	35.90	2.90	1.15
20	57.50	35.84	2.89	1.15
21	61.50	35.78	2.89	1.15
22	65.50	35.94	2.90	1.16
23	69.50	35.76	2.89	1.15
24	73.50	35.44	2.86	1.14

TAB. A4.2 GS1 Y=24.35mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U: (M/S)	U ₀ /U _∞
1	1.50	23.74	1.92	0.76
2	3.50	26.92	2.17	0.87
3	5.50	28.26	2.28	0.91
4	7.50	29.32	2.37	0.94
5	9.50	30.24	2.44	0.97
6	11.50	30.92	2.50	0.99
7	13.50	31.57	2.55	1.02
8	15.50	31.92	2.58	1.03
9	17.50	31.73	2.56	1.02
10	19.50	31.58	2.55	1.02
11	21.50	31.84	2.57	1.02
12	25.50	32.09	2.59	1.03
13	29.50	32.26	2.60	1.04
14	33.50	32.65	2.64	1.05
15	37.50	33.12	2.67	1.07
16	41.50	33.42	2.70	1.08
17	45.50	33.69	2.71	1.08
18	49.50	33.76	2.73	1.09
19	53.50	34.04	2.75	1.09
20	57.50	33.96	2.74	1.09
21	61.50	34.01	2.75	1.09
22	65.50	33.74	2.72	1.09
23	69.50	33.71	2.72	1.08
24	73.50	34.08	2.75	1.10

TAB. A4.3 GS1 Y=28.35mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U: (M/S)	U ₀ /U _∞
1	1.50	23.53	1.90	0.76
2	3.50	27.04	2.18	0.87
3	5.50	28.49	2.30	0.92
4	7.50	29.08	2.35	0.94
5	9.50	29.58	2.39	0.95
6	11.50	29.88	2.41	0.96
7	13.50	29.97	2.42	0.96
8	15.50	30.08	2.43	0.97
9	17.50	30.17	2.44	0.97
10	19.50	29.82	2.41	0.96
11	21.50	29.97	2.42	0.96
12	25.50	29.75	2.40	0.96
13	29.50	30.40	2.45	0.98
14	33.50	31.08	2.51	1.00
15	37.50	31.31	2.53	1.01
16	41.50	31.43	2.54	1.01
17	45.50	31.51	2.54	1.01
18	49.50	31.49	2.54	1.01
19	53.50	32.03	2.59	1.03
20	57.50	32.00	2.58	1.03
21	61.50	31.81	2.57	1.02
22	65.50	31.88	2.57	1.03
23	69.50	31.90	2.58	1.03
24	73.50	31.72	2.56	1.02

TAB. A4.4 GS2 Y=16.35mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U' (M/S)	U' / U _C
1	117.60	23.05	1.86	0.74
2	115.60	25.21	2.04	0.81
3	113.60	27.13	2.19	0.87
4	111.60	27.91	2.25	0.90
5	109.60	29.14	2.35	0.94
6	107.60	30.49	2.46	0.98
7	105.60	31.64	2.55	1.02
8	103.60	31.70	2.56	1.02
9	101.60	32.28	2.61	1.04
10	99.60	32.94	2.66	1.06
11	97.60	33.21	2.68	1.07
12	93.60	33.59	2.71	1.08
13	89.60	33.84	2.73	1.09
14	85.60	34.12	2.75	1.10
15	81.60	34.53	2.79	1.11
16	77.60	34.70	2.80	1.12
17	73.60	35.04	2.83	1.13
18	69.60	35.22	2.84	1.13
19	65.60	35.18	2.84	1.13
20	61.60	34.98	2.82	1.13
21	57.60	35.18	2.84	1.13
22	53.60	35.11	2.83	1.13
23	49.60	35.11	2.83	1.13
24	45.60	34.79	2.81	1.12

TAB. A4.5 GS2 Y=8.35mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U' (M/S)	U' / U _C
1	117.60	24.09	1.95	0.77
2	115.60	26.42	2.13	0.85
3	113.60	27.88	2.25	0.90
4	111.60	29.07	2.35	0.94
5	109.60	29.82	2.41	0.96
6	107.60	30.48	2.46	0.98
7	105.60	30.84	2.49	0.99
8	103.60	31.17	2.52	1.00
9	101.60	31.36	2.53	1.01
10	99.60	31.32	2.53	1.01
11	97.60	31.55	2.55	1.01
12	93.60	31.59	2.55	1.02
13	89.60	31.99	2.58	1.03
14	85.60	32.48	2.62	1.04
15	81.60	32.91	2.66	1.06
16	77.60	33.40	2.70	1.07
17	73.60	33.65	2.72	1.08
18	69.60	33.95	2.74	1.09
19	65.60	33.71	2.72	1.08
20	61.60	34.01	2.75	1.09
21	57.60	33.97	2.74	1.09
22	53.60	34.02	2.75	1.09
23	49.60	34.19	2.76	1.10
24	45.60	34.06	2.75	1.10

TAB. A4.6 GS2 Y=4.35mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	X (MM)	SSP (MKV)	U' (M/S)	U' / U _C
1	117.60	23.80	1.92	0.77
2	115.60	26.15	2.11	0.84
3	113.60	27.46	2.22	0.88
4	111.60	27.88	2.25	0.90
5	109.60	28.48	2.30	0.92
6	107.60	28.59	2.31	0.92
7	105.60	28.90	2.33	0.93
8	103.60	28.80	2.33	0.93
9	101.60	28.78	2.32	0.93
10	99.60	28.65	2.31	0.92
11	97.60	28.70	2.32	0.92
12	93.60	29.00	2.34	0.93
13	89.60	29.43	2.38	0.95
14	85.60	30.22	2.44	0.97
15	81.60	30.47	2.46	0.98
16	77.60	30.76	2.48	0.99
17	73.60	30.83	2.49	0.99
18	69.60	30.98	2.50	1.00
19	65.60	30.98	2.50	1.00
20	61.60	31.02	2.50	1.00
21	57.60	31.26	2.52	1.01
22	53.60	31.03	2.51	1.00
23	49.60	31.26	2.52	1.01
24	45.60	31.14	2.51	1.00

TAB. A5.1 GS1 X=59.55mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	Y (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U./UC
1	31.20	30.25	2.44	0.97
2	29.20	31.10	2.51	1.00
3	27.20	32.13	2.59	1.03
4	25.20	33.70	2.72	1.08
5	23.20	34.55	2.79	1.11
6	21.20	35.43	2.96	1.14
7	19.20	35.02	2.89	1.15
8	17.20	35.84	2.89	1.15
9	15.20	35.72	2.89	1.15
10	13.20	34.87	2.82	1.12
11	11.20	33.78	2.73	1.09
12	9.20	32.57	2.63	1.05
13	9.20	32.57	2.63	1.05

TAB. A5.2 GS1 X=31.55mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	Y (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U./UC
1	31.20	28.06	2.27	0.90
2	29.20	30.21	2.44	0.97
3	27.20	31.01	2.50	1.00
4	25.20	32.09	2.59	1.03
5	23.20	33.35	2.69	1.07
6	21.20	34.17	2.76	1.10
7	19.20	34.52	2.74	1.11
8	17.20	34.51	2.79	1.11
9	15.20	34.33	2.77	1.10
10	13.20	33.62	2.71	1.08
11	11.20	32.73	2.64	1.05
12	9.20	31.65	2.56	1.02
13	9.20	31.65	2.56	1.02

TAB. A5.3 GS1 X=3.55mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	Y (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U./UC
1	31.20	25.55	2.05	0.82
2	29.20	26.79	2.16	0.86
3	27.20	26.90	2.17	0.87
4	25.20	26.76	2.15	0.86
5	23.20	26.47	2.14	0.85
6	21.20	25.75	2.03	0.83
7	19.20	25.55	2.05	0.82
8	17.20	25.97	2.10	0.84
9	15.20	26.19	2.11	0.84
10	13.20	26.45	2.14	0.85
11	11.20	26.95	2.13	0.87
12	9.20	27.38	2.21	0.88
13	7.20	28.80	2.16	0.86

TAB. A5.4 GS2 X=59.55mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	Y (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U./UC
1	3.50	30.37	2.45	0.98
2	3.50	30.37	2.45	0.98
3	5.50	31.47	2.57	1.03
4	7.50	33.68	2.72	1.08
5	9.50	34.57	2.79	1.11
6	11.50	35.29	2.85	1.14
7	13.50	35.85	2.89	1.15
8	15.50	36.07	2.91	1.16
9	17.50	35.58	2.87	1.14
10	19.50	35.95	2.82	1.12
11	21.50	34.02	2.75	1.09
12	23.50	32.86	2.65	1.06
13	25.50	32.63	2.63	1.05

TAB. A5.5 GS2 X=87.55mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	Y (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U./UC
1	1.50	27.03	2.18	0.87
2	3.50	29.04	2.34	0.93
3	5.50	30.51	2.44	0.98
4	7.50	31.75	2.56	1.02
5	9.50	32.80	2.65	1.06
6	11.50	33.79	2.73	1.09
7	13.50	34.16	2.76	1.10
8	15.50	34.13	2.76	1.10
9	17.50	34.24	2.76	1.10
10	19.50	33.39	2.70	1.07
11	21.50	32.67	2.64	1.05
12	23.50	31.28	2.53	1.01
13	23.50	31.28	2.53	1.01

TAB. A5.6 GS2 X=115.55mm
T=350 C, UC=2.51m/s, RE=350000

MS	Y (MM)	SSP (MKV)	U (M/S)	U./UC
1	1.50	23.67	1.91	0.76
2	3.50	25.51	2.06	0.82
3	5.50	25.96	2.10	0.84
4	7.50	25.86	2.09	0.83
5	9.50	25.70	2.08	0.83
6	11.50	25.21	2.04	0.81
7	13.50	24.57	1.98	0.79
8	15.50	24.56	1.98	0.79
9	17.50	24.91	2.01	0.80
10	19.50	25.36	2.05	0.82
11	21.50	25.75	2.08	0.83
12	23.50	23.69	1.91	0.76
13	25.50	22.41	1.81	0.72

TAB. A6 TEGENA 1, ISOTHERMAL MEASUREMENTS, TC-DEVIATIONS OF REFERENCE TEMPERATURE

101T250.DAT

L	MIT(L)	PT2	ABW2	PT3	ABW3	ABW0(L) / ABWU(L)	ABW	TRF
1.00	247.37	248.40	-1.03	247.70	-0.33	0.22	-0.12	248.1
2.00	248.60	248.40	0.20	247.70	0.90	0.27	0.27	248.1
3.00	249.02	248.40	0.62	247.70	1.32	0.45	1.15	248.1
1.00	299.07	301.00	-1.93	300.20	-1.13	0.28	0.13	300.6
2.00	300.54	301.00	-0.46	300.20	0.34	0.40	0.40	300.6
3.00	301.65	301.00	0.65	300.20	1.45	0.57	1.68	300.6
1.00	346.18	348.70	-2.52	348.10	-1.92	0.33	0.17	348.4
2.00	347.75	348.70	-0.95	348.10	-0.35	0.51	0.47	348.4
3.00	349.49	348.70	0.79	348.10	1.39	0.77	2.02	348.4
1.00	390.50	394.00	-3.50	393.20	-2.70	0.41	0.22	393.6
2.00	392.31	394.00	-1.69	393.20	-0.89	0.57	0.53	393.6
3.00	394.49	394.00	0.49	393.20	1.29	0.98	2.50	393.6

107T250.DAT

L	MIT(L)	PT2	ABW2	PT3	ABW3	ABW0(L) / ABWU(L)	ABW	TRF
1.00	247.26	248.50	-1.24	247.90	-0.64	0.23	0.14	248.2
2.00	248.63	248.50	0.13	247.90	0.73	0.23	0.21	248.2
3.00	248.91	248.50	0.41	247.90	1.01	0.42	1.13	248.2
1.00	301.85	303.80	-1.95	303.40	-1.55	0.30	0.21	303.6
2.00	303.44	303.80	-0.36	303.40	0.04	0.38	0.34	303.6
3.00	304.42	303.80	0.62	303.40	1.02	0.59	1.58	303.6
1.00	353.33	356.10	-2.77	355.80	-2.47	0.36	0.24	356.0
2.00	355.11	356.10	-0.99	355.80	-0.69	0.50	0.48	356.0
3.00	356.71	356.10	0.61	355.80	0.91	0.76	2.00	356.0
1.00	395.84	399.80	-3.96	399.20	-3.36	0.42	0.31	399.5
2.00	398.00	399.80	-1.80	399.20	-1.20	0.56	0.54	399.5
3.00	400.06	399.80	0.26	399.20	0.86	0.92	2.68	399.5

152T250.DAT

L	MIT(L)	PT2	ABW2	PT3	ABW3	ABW0(L) / ABWU(L)	ABW	TRF
1.00	246.49	247.30	-0.81	247.10	-0.61	0.18	0.09	247.2
2.00	247.94	247.30	0.64	247.10	0.84	0.26	0.33	247.2
3.00	248.33	247.30	1.03	247.10	1.23	0.53	1.07	247.2
1.00	317.59	320.10	-2.51	319.60	-2.01	0.25	0.14	319.9
2.00	319.81	320.10	-0.29	319.60	0.21	0.46	0.51	319.9
3.00	321.03	320.10	0.93	319.60	1.43	0.78	1.89	319.9
1.00	351.93	354.90	-2.97	354.40	-2.47	0.36	0.19	354.7
2.00	353.72	354.90	-1.18	354.40	-0.68	0.46	0.51	354.7
3.00	355.35	354.90	0.45	354.40	0.95	0.69	2.29	354.7
1.00	395.74	399.60	-3.86	399.20	-3.46	0.43	0.29	399.4
2.00	397.62	399.60	-1.98	399.20	-1.58	0.58	0.64	399.4
3.00	399.91	399.60	0.31	399.20	0.71	0.83	2.60	399.4
1.00	295.06	297.20	-2.14	296.90	-1.84	0.28	0.15	297.1
2.00	296.63	297.20	-0.57	296.90	-0.27	0.31	0.37	297.1
3.00	297.50	297.20	0.30	296.90	0.60	0.55	1.72	297.1

L = 1 : 4 Thermocouples of Probe S1
 L = 2 : 4 Thermocouples of Probe S2
 L = 3 : 126 Wall Thermocouples
 MIT(L) : Average Value of TC-Group
 ABW(L) : Deviation of MIT(L) from PT2 or PT3
 TRF = 0.5 x (PT2 + PT3)
 ABW = 0.5 x (ABW(2) + ABW(3))

09:54:04 JUN10,1987 H050.DAT		TAB. A7.1		12:58:28 JUN10,1987 H054.DAT		TAB. A7.2		17:08:32 JUN10,1987 H058.DAT		TAB. A7.3	
TEGNA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5		TEGNA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5		TEGNA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5		TEGNA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5		TEGNA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5		TEGNA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5	
TBI = 301.8 C DTC = .0 K		TBI = 351.4 C DTC = .0 K		TBI = 402.3 C DTC = .0 K		TBI = 351.4 C DTC = .0 K		TBI = 402.3 C DTC = .0 K		TBI = 402.3 C DTC = .0 K	
UB = .48 m/s Re = 15142.		UB = .49 m/s Re = 16635.		UB = .48 m/s Re = 17545.		UB = .49 m/s Re = 16635.		UB = .48 m/s Re = 17545.		UB = .48 m/s Re = 17545.	
QH1 = .0 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ²		QH1 = .0 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ²		QH1 = .0 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ²		QH1 = .0 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ²		QH1 = .0 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ²		QH1 = .0 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ²	
QH3 = .0 W/cm ² QH4 = .0 W/cm ²		QH3 = .0 W/cm ² QH4 = .0 W/cm ²		QH3 = .0 W/cm ² QH4 = .0 W/cm ²		QH3 = .0 W/cm ² QH4 = .0 W/cm ²		QH3 = .0 W/cm ² QH4 = .0 W/cm ²		QH3 = .0 W/cm ² QH4 = .0 W/cm ²	
C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
■	C	C	C	C	C	■	C	C	C	C	C
11.00	301.56	301.297	301.42	301.49	301.6	11.00	351.01	350.584	350.63	350.63	350.8
25.20	301.35	301.575	301.80	301.44	301.5	25.20	350.75	350.918	351.08	350.51	350.6
33.40	301.49	300.983	301.61	301.37	301.6	33.40	350.94	350.250	350.85	350.47	350.7
55.40	301.38	301.225	301.42	301.44	301.7	55.40	350.43	350.537	350.66	350.56	350.8
66.60	301.78	301.176	301.35	301.64	301.6	66.60	351.42	350.584	350.66	350.89	350.8
81.00	301.80	301.490	301.78	301.56	301.6	81.00	351.58	351.013	351.28	350.89	350.9
95.30	301.61	301.853	301.73	301.88	301.9	95.30	351.35	351.466	351.16	351.28	351.2
109.70	301.97	301.780	301.85	301.88	301.8	109.70	351.70	351.347	351.32	351.28	350.7
124.00	301.61	301.732	301.73	301.56	301.5	124.00	351.08	351.228	351.13	350.89	350.8
138.40	301.95	301.805	302.00	301.47	301.6	138.40	351.39	351.204	351.39	350.77	350.8
152.70	301.73	301.660	301.59	301.64	301.2	152.70	351.01	351.061	350.89	350.97	350.4
163.90	301.37	301.442	301.32	301.20	301.5	163.90	350.56	350.799	350.63	350.44	350.8
185.90	301.47	301.490	301.49	301.42	301.4	185.90	350.63	350.894	350.87	350.70	350.6
194.10	301.76	301.515	301.37	301.35	301.5	194.10	351.01	350.894	350.70	350.63	350.8
208.30	301.76	301.321	301.37	301.37	301.5	208.30	351.01	350.679	350.66	350.63	350.8
230.30	301.54	301.539	301.66	301.22	301.5	230.30	350.80	350.942	351.01	350.51	350.8
241.50	301.88	301.466	301.49	301.47	301.4	241.50	351.20	350.799	350.82	350.73	350.7
255.90	301.90	301.442	301.85	301.68	301.5	255.90	351.39	350.823	351.28	350.99	350.7
270.20	301.95	301.805	301.76	301.68	301.8	270.20	351.49	351.299	351.18	351.01	351.1
284.60	301.76	301.611	301.49	301.68	301.9	284.60	351.42	351.204	350.94	351.04	351.3
298.90	301.93	301.660	301.71	301.76	301.7	298.90	351.66	351.275	351.18	351.08	350.9
313.30	301.54	301.611	301.68	301.64	301.6	313.30	351.30	351.228	351.18	350.99	350.8
327.60	301.73	301.273	301.66	301.66	301.3	327.60	351.32	350.727	351.06	350.89	350.4
338.80	301.56	301.466	301.20	301.49	301.4	338.80	351.11	350.870	350.47	350.63	350.6

TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
CHANNEL PERIMETER MPI/2/3/4/5

TBI = 294.5 C DTC = .0 K
UB = .48 m/s Re = 14813.
QH1 = .0 W/cm² QH2 = .0 W/cm²
QH3 = .0 W/cm² QH4 = .0 W/cm²

C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
mm	C	C	C	C	C
11.00	294.02	293.636	293.69	293.69	294.0
25.20	293.81	293.915	294.02	293.59	293.9
33.40	294.00	293.370	293.83	293.54	293.9
55.40	294.04	293.612	293.73	293.64	294.1
66.60	294.48	293.709	293.81	293.98	294.2
81.00	294.78	294.242	294.39	294.05	294.3
95.30	294.65	294.655	294.44	294.48	294.7
109.70	294.97	294.630	294.63	294.53	294.6
124.00	294.44	294.485	294.41	294.22	294.3
138.40	294.65	294.436	294.58	294.07	294.3
152.70	294.22	294.218	294.12	294.22	293.9
163.90	293.76	293.903	293.83	293.76	294.1
185.90	293.78	294.024	294.00	293.95	294.0
194.10	294.07	293.952	293.85	293.88	294.0
208.30	294.07	293.782	293.81	293.90	294.1
230.30	293.93	294.073	294.15	293.81	294.1
241.50	294.32	294.000	294.05	294.02	294.1
255.90	294.58	294.097	294.46	294.27	294.1
270.20	294.78	294.533	294.46	294.32	294.5
284.60	294.75	294.485	294.27	294.36	294.7
298.90	294.92	294.485	294.42	294.36	294.3
313.30	294.44	294.388	294.36	294.15	294.2
327.60	294.44	293.927	294.15	293.98	293.8
338.80	294.12	293.879	293.56	293.71	293.9

TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
CHANNEL PERIMETER MPI/2/3/4/5

TBI = 296.4 C DTC = .0 K
UB = .97 m/s Re = 29859.
QH1 = .0 W/cm² QH2 = .0 W/cm²
QH3 = .0 W/cm² QH4 = .0 W/cm²

C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
mm	C	C	C	C	C
11.00	296.30	296.008	296.08	296.06	296.3
25.20	296.10	296.274	296.44	296.01	296.2
33.40	296.27	295.742	296.23	295.94	296.3
55.40	296.29	295.984	296.13	296.03	296.4
66.60	296.69	296.032	296.15	296.32	296.5
81.00	296.81	296.419	296.69	296.40	296.7
95.30	296.69	296.763	296.66	296.76	296.9
109.70	296.95	296.686	296.81	296.71	296.9
124.00	296.42	296.517	296.54	296.35	296.4
138.40	296.61	296.468	296.64	296.15	296.3
152.70	296.18	296.177	296.10	296.18	295.9
163.90	295.72	295.814	295.74	295.64	296.0
185.90	295.74	295.911	295.89	295.81	295.9
194.10	296.06	295.887	295.77	295.79	296.0
208.30	296.03	295.742	295.74	295.79	296.0
230.30	295.91	296.008	296.08	295.72	296.1
241.50	296.30	295.984	296.03	296.03	296.1
255.90	296.52	296.105	296.54	296.37	296.2
270.20	296.71	296.589	296.56	296.47	296.7
284.60	296.71	296.541	296.42	296.54	296.9
298.90	296.93	296.565	296.60	296.64	296.6
313.30	296.52	296.565	296.64	296.49	296.5
327.60	296.56	296.226	296.52	296.37	296.1
338.80	296.35	296.250	295.96	296.10	296.2

TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

TBI = 297.2 C DTC = .0 K
 UB = 1.95 m/s Re = 60287.
 QH1 = .0 W/cm² QH2 = .0 W/cm²
 QH3 = .0 W/cm² QH4 = .0 W/cm²

C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
mm	C	C	C	C	C
11.00	297.04	296.842	296.92	296.94	297.2
25.20	296.89	297.097	297.30	296.87	297.1
33.40	297.06	296.576	297.06	296.79	297.2
55.40	297.07	296.794	296.94	296.84	297.3
66.60	297.42	296.818	296.96	297.13	297.3
81.00	297.50	297.133	297.40	297.13	297.4
95.30	297.35	297.496	297.38	297.50	297.7
109.70	297.62	297.424	297.52	297.50	297.6
124.00	297.18	297.278	297.33	297.16	297.2
138.40	297.42	297.303	297.47	297.04	297.2
152.70	297.13	297.133	297.04	297.13	296.8
163.90	296.70	296.867	296.77	296.65	297.1
185.90	296.77	296.939	296.94	296.84	297.0
194.10	297.08	296.915	296.82	296.82	297.0
208.30	297.04	296.746	296.75	296.84	297.1
230.30	296.84	296.988	297.08	296.72	297.1
241.50	297.18	296.915	296.96	296.96	297.1
255.90	297.33	296.939	297.35	297.21	297.1
270.20	297.45	297.351	297.33	297.25	297.5
284.60	297.40	297.254	297.13	297.28	297.7
298.90	297.59	297.327	297.34	297.35	297.4
313.30	297.18	297.278	297.35	297.21	297.3
327.60	297.30	296.963	297.25	297.16	296.9
338.80	297.08	297.012	296.75	296.92	297.1

TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

TBI = 297.9 C DTC = .0 K
 UB = 3.87 m/s Re = 120048.
 QH1 = .0 W/cm² QH2 = .0 W/cm²
 QH3 = .0 W/cm² QH4 = .0 W/cm²

C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
mm	C	C	C	C	C
11.00	297.88	297.660	297.73	297.78	298.0
25.20	297.73	297.926	298.12	297.76	298.0
33.40	297.88	297.394	297.90	297.66	298.0
55.40	297.84	297.588	297.76	297.71	298.2
66.60	298.17	297.539	297.73	297.95	298.2
81.00	298.17	297.830	298.14	297.88	298.2
95.30	298.02	298.168	298.10	298.19	298.4
109.70	298.29	298.047	298.19	298.19	298.3
124.00	297.83	297.975	298.05	297.88	298.0
138.40	298.12	298.023	298.24	297.76	298.0
152.70	297.93	297.926	297.85	297.95	297.7
163.90	297.56	297.684	297.61	297.51	298.0
185.90	297.61	297.781	297.78	297.71	297.9
194.10	297.93	297.757	297.66	297.68	297.9
208.30	297.83	297.563	297.61	297.71	298.0
230.30	297.66	297.805	297.93	297.56	298.0
241.50	297.93	297.684	297.76	297.76	297.9
255.90	297.97	297.660	298.07	297.95	297.9
270.20	298.12	298.047	298.05	297.97	298.2
284.60	298.05	297.926	297.83	298.00	298.4
298.90	298.24	297.975	298.01	298.05	298.1
313.30	297.83	297.999	298.10	297.97	298.1
327.60	298.05	297.733	298.05	297.97	297.8
338.80	297.88	297.805	297.59	297.76	297.9

TEBENA 1 WALL TEMPERATURE

TAB. A9.1

F04Q12A.DAT

RE = 60.1E+03 PE = 352.36 MS = 3.12 (KG/S)
 UB = 1.91 (M/S) QH1 = 50.35 (W/CM^2) QH2 = 49.96 (W/CM^2)
 QH3 = 49.36 (W/CM^2) QH4 = 50.71 (W/CM^2) NB = 395.50 (KW)
 TEN = 256.67 (C) TAS = 353.11 (C) TNM = 304.26 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		262.63	279.86	298.67	317.35	337.84
25.20	258.32	265.74	286.03	305.22	324.06	344.58
33.40		262.53	280.93	299.32	318.21	338.20
55.40		260.87	279.95	299.35	318.31	339.25
66.60		265.59	285.40	306.96	327.54	348.25
80.95	258.37	261.63	279.91	300.94	321.46	342.24
95.30		264.22	284.36	305.39	326.05	347.42
109.65		261.21	277.03	299.18	318.53	336.88
124.00		263.27	281.73	303.26	323.91	344.29
138.35	258.52	261.85	277.74	297.75	318.29	339.27
152.70		264.95	284.96	304.74	325.67	345.10
163.90		262.26	279.88	298.18	317.11	337.62
185.90		262.39	279.74	297.60	316.75	336.62
194.10	258.42	264.93	284.11	302.73	322.49	342.48
208.30		261.85	278.45	297.60	316.60	336.76
230.30		261.80	279.30	298.30	316.60	337.50
241.50		264.37	285.91	306.40	325.64	346.32
255.85	258.66	261.63	279.32	300.70	321.24	340.97
270.20		263.07	282.97	303.33	324.34	344.29
284.55		260.72	276.25	297.26	316.22	338.01
298.90		263.68	281.24	302.22	323.50	341.74
313.25	258.27	261.24	277.98	298.13	319.10	340.85
327.60		264.81	284.60	304.69	325.38	344.84
338.80		262.14	280.64	298.47	317.68	337.31

TEBENA 1 WALL TEMPERATURE

TAB. A9.2

F04Q12B.DAT

RE = 60.2E+03 PE = 353.01 MS = 3.12 (KG/S)
 UB = 1.92 (M/S) QH1 = 49.39 (W/CM^2) QH2 = 49.01 (W/CM^2)
 QH3 = 48.43 (W/CM^2) QH4 = 49.75 (W/CM^2) NB = 388.00 (KW)
 TEN = 257.76 (C) TAS = 352.72 (C) TNM = 304.36 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		263.45	280.36	298.80	317.22	337.43
25.20	259.42	266.34	286.17	305.12	323.86	344.19
33.40		263.14	281.14	299.41	318.13	337.88
55.40		261.57	280.41	299.56	318.21	338.91
66.60		266.24	285.86	307.26	327.53	348.08
80.95	259.46	262.52	280.65	301.61	322.03	342.61
95.30		264.95	285.05	305.86	326.47	347.41
109.65		262.04	277.71	299.72	318.74	337.21
124.00		263.92	282.19	303.52	323.95	344.33
138.35	259.59	262.57	278.22	298.03	318.54	339.43
152.70		265.65	285.37	304.83	325.85	344.81
163.90		263.04	280.43	298.42	317.36	337.52
185.90		263.09	280.29	298.13	316.98	336.85
194.10	259.44	265.68	284.67	303.38	322.75	342.83
208.30		262.60	278.97	298.05	316.96	336.99
230.30		262.55	279.83	298.61	316.86	338.02
241.50		265.12	286.51	306.61	325.71	346.98
255.85	259.71	262.33	280.00	301.10	321.41	341.27
270.20		263.89	283.64	303.79	324.72	344.76
284.55		261.47	276.95	297.57	316.69	338.41
298.90		264.43	281.65	302.26	323.47	341.94
313.25	259.37	261.99	278.54	298.20	318.86	340.65
327.60		265.68	285.18	304.80	325.23	344.64
338.80		262.84	281.26	298.90	317.75	337.21

TAB. A10.2

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=100(K)

W03A130.DAT

RE = 37.6E+03 PE =217.20 MS = 1.91 (KG/S)
UB = 1.18 (M/S) QH1 = 30.63 (W/CM^2) QH2 = 30.40 (W/CM^2)
QH3 = 30.04 (W/CM^2) QH4 = 30.82 (W/CM^2) NB =240.61 (KW)
TEN =266.41 (C) TAS =361.91 (C) TNM =313.66 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	274.06	274.06	293.48	312.19	330.92	351.21
25.20	275.62	275.62	296.00	316.02	335.25	356.25
33.40	272.91	272.91	292.10	311.85	331.37	352.06
55.40	272.16	272.16	292.61	312.24	331.71	352.42
66.60	275.52	275.52	295.86	317.64	338.27	358.59
80.95	272.03	272.03	291.83	313.25	333.70	353.92
95.30	274.25	274.25	294.28	314.91	335.49	355.85
109.65	270.96	270.96	286.98	306.98	328.42	346.49
124.00	272.94	272.94	291.25	311.81	333.00	354.07
138.35	272.08	272.08	289.77	310.05	330.65	351.47
152.70	275.33	275.33	295.35	315.30	336.14	355.16
163.90	272.23	272.23	290.96	309.80	329.41	349.90
185.90	272.81	272.81	291.01	309.39	328.93	349.32
194.10	274.79	274.79	293.89	312.96	332.67	353.54
208.30	272.08	272.08	289.53	309.18	328.52	349.49
230.30	272.33	272.33	290.60	310.02	328.95	350.13
241.50	273.86	273.86	295.03	315.93	335.83	356.45
255.85	271.52	271.52	290.50	312.14	332.55	352.57
270.20	273.38	273.38	293.48	313.73	334.61	355.45
284.55	270.77	270.77	288.12	307.71	328.45	348.97
298.90	273.33	273.33	291.52	311.69	333.34	353.52
313.25	271.94	271.94	289.43	309.18	330.39	351.54
327.60	276.30	276.30	296.73	315.90	335.80	355.78
338.80	273.33	273.33	293.63	311.98	331.06	351.21

TAB. A10.1

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=100(K)

W03A120.DAT

RE = 23.8E+03 PE =139.39 MS = 1.23 (KG/S)
UB = 0.76 (M/S) QH1 = 20.23 (W/CM^2) QH2 = 20.07 (W/CM^2)
QH3 = 19.86 (W/CM^2) QH4 = 20.37 (W/CM^2) NB =158.95 (KW)
TEN =256.55 (C) TAS =354.27 (C) TNM =304.92 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	265.83	265.83	286.42	305.82	325.45	346.68
25.20	267.03	267.03	287.90	308.55	328.30	349.92
33.40	265.32	265.32	285.21	305.60	325.64	347.08
55.40	264.41	264.41	285.57	305.97	326.17	347.49
66.60	266.15	266.15	288.00	309.64	330.68	351.44
80.95	264.14	264.14	284.45	305.80	326.77	347.65
95.30	264.83	264.83	284.04	305.60	327.63	348.89
109.65	261.67	261.67	279.22	300.48	322.61	341.33
124.00	263.12	263.12	283.02	304.76	326.41	347.44
138.35	262.63	262.63	282.12	303.60	324.80	345.77
152.70	265.81	265.81	286.64	307.08	328.57	348.18
163.90	263.78	263.78	283.55	302.92	323.41	344.46
185.90	264.29	264.29	283.38	302.66	323.02	344.12
194.10	266.03	266.03	285.23	305.00	325.42	347.01
208.30	263.36	263.36	281.73	302.15	322.35	344.15
230.30	263.34	263.34	282.48	302.95	322.61	344.81
241.50	264.19	264.19	285.52	306.86	327.27	348.99
255.85	262.11	262.11	281.87	303.79	324.58	345.65
270.20	263.85	263.85	283.67	304.52	325.86	347.58
284.55	261.48	261.48	279.66	300.09	321.53	343.12
298.90	263.95	263.95	283.67	304.59	326.50	347.32
313.25	263.63	263.63	283.50	304.73	325.86	346.77
327.60	267.17	267.17	288.92	309.25	329.67	349.87
338.80	265.07	265.07	286.61	305.73	325.62	346.58

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=100(K)

TAB. A10.3

W03A140.DAT

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	268.06	273.87	292.01	309.93	328.14	347.88
25.20		274.80	293.90	313.67	332.94	353.69
33.40		272.14	289.68	308.63	328.00	348.36
55.40		271.63	290.68	309.48	328.43	348.67
66.60		274.60	294.12	316.08	336.65	356.50
80.95	268.21	271.65	290.48	311.82	332.17	352.10
95.30		274.34	294.56	315.24	335.12	354.95
109.65		271.14	286.96	306.46	326.90	344.28
124.00		272.65	290.56	310.80	331.48	352.45
138.35	268.38	271.87	287.98	307.42	327.76	348.83
152.70		275.24	294.70	314.13	334.42	353.19
163.90		272.04	289.83	308.27	327.09	347.14
185.90		272.56	289.97	307.64	326.58	346.59
194.10	268.16	274.97	293.54	311.96	331.21	351.67
208.30		271.97	288.64	307.76	326.49	346.76
230.30		272.19	289.85	308.68	326.82	347.40
241.50		274.17	295.26	315.72	334.90	355.00
255.85	268.53	271.60	289.88	311.07	331.05	350.60
270.20		273.34	293.15	313.12	333.59	353.72
284.55		270.85	287.09	305.98	326.32	346.14
298.90		273.34	290.46	309.84	331.31	350.98
313.25	268.09	272.04	288.91	307.18	327.54	348.50
327.60		276.11	296.71	315.19	334.16	353.74
338.80		272.92	291.96	309.79	328.50	348.16

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=100(K)

TAB. A10.4

W03A150.DAT

RE	UB	QH3	TEN	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
62.2E+03	1.93	49.13	270.72	272.01	277.06	294.74	312.99	331.37	351.21
				272.01	278.54	297.70	317.83	337.43	358.23
				272.01	275.40	292.46	311.66	331.33	351.71
				272.01	274.47	293.73	312.39	331.33	351.99
				272.01	278.42	297.99	320.14	340.68	361.15
				272.01	274.86	292.71	314.51	335.30	355.71
				272.01	278.01	298.45	319.25	339.39	359.42
				272.01	274.67	290.31	309.97	330.46	348.04
				272.01	276.86	294.69	315.32	335.95	357.02
				272.01	275.30	291.25	310.96	331.40	352.61
				272.01	278.66	298.42	318.45	338.96	357.78
				272.01	275.35	292.88	311.47	330.37	350.23
				272.01	275.69	292.76	310.53	329.58	349.63
				272.01	278.35	297.12	315.66	335.04	355.64
				272.01	275.23	291.40	310.58	329.26	349.59
				272.01	275.18	292.59	311.42	329.82	350.49
				272.01	277.69	299.13	319.63	339.25	359.39
				272.01	275.01	292.56	313.88	334.58	354.40
				272.01	276.72	296.61	317.08	338.27	358.59
				272.01	274.21	290.45	309.93	330.39	350.28
				272.01	277.06	294.60	313.88	335.59	355.35
				272.01	275.11	291.28	309.66	330.34	351.54
				272.01	279.30	300.14	318.57	338.03	357.63
				272.01	276.08	294.86	312.77	331.59	351.35

TAB. A105

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=100(K)

W03A160.DAT

RE = 76.1E+03 PE = 437.15 MS = 3.85 (KG/S)
 UB = 2.37 (M/S) QH1 = 60.49 (W/CM^2) QH2 = 59.94 (W/CM^2)
 QH3 = 59.23 (W/CM^2) QH4 = 60.88 (W/CM^2) NB = 474.78 (KW)
 TEN = 269.63 (C) TAS = 364.15 (C) TNM = 316.02 (C)

CP	HE0	HE1	HE2	HE3	HE4	HE5
(MM)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)
11.00	275.28	292.17	310.05	328.11	347.82	
25.20	271.18	277.32	296.85	316.41	335.61	356.14
33.40		274.16	290.50	309.42	328.71	348.85
55.40		272.96	291.37	310.07	328.76	349.23
66.60		277.37	297.38	319.34	339.54	359.73
80.95	271.28	273.77	290.91	312.55	333.31	353.85
95.30		276.23	297.00	317.01	337.38	357.35
109.65		273.25	288.41	307.68	327.90	345.27
124.00		275.60	293.60	314.00	334.37	355.52
138.35	271.25	273.96	289.19	308.82	329.07	350.23
152.70		277.06	296.51	316.24	337.24	355.57
163.90		274.28	291.16	309.15	327.73	347.27
185.90		274.13	290.48	308.16	326.70	346.37
194.10	271.18	276.91	295.25	313.61	332.67	352.90
208.30		273.96	289.36	308.00	326.31	346.30
230.30		273.64	290.28	308.96	327.11	347.44
241.50		276.47	297.60	317.80	337.31	357.11
255.85	271.45	273.86	290.38	311.20	331.69	351.47
270.20		275.11	294.26	314.46	335.64	356.16
284.55		272.84	288.17	307.20	327.39	347.16
298.90		275.55	292.71	311.69	333.29	352.71
313.25	271.21	273.64	288.85	307.01	327.49	348.63
327.60		277.40	297.58	316.36	336.14	355.35
338.80		274.25	291.98	309.76	328.54	348.11

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 1

TAB. A11.1

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 1

TAB. A11.2

#05A075.DAT

#05A075.DAT

RE = 30.7E+03 PE = 184.46 MS = 1.64 (KG/S)
 UB = 1.00 (M/S) QH1 = 20.22 (W/CM^2) QH2 = 20.02 (W/CM^2)
 QH3 = 19.79 (W/CM^2) QH4 = 20.33 (W/CM^2) NB = 158.62 (KW)
 TEN = 254.92 (C) TAS = 327.21 (C) TNM = 291.07 (C)

RE = 46.8E+03 PE = 279.06 MS = 2.48 (KG/S)
 UB = 1.52 (M/S) QH1 = 30.06 (W/CM^2) QH2 = 29.80 (W/CM^2)
 QH3 = 29.46 (W/CM^2) QH4 = 30.23 (W/CM^2) NB = 235.99 (KW)
 TEN = 260.06 (C) TAS = 331.87 (C) TNM = 295.72 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		260.47	274.83	289.26	303.81	319.60
25.20	255.89	261.06	276.69	292.05	306.71	322.87
33.40		259.44	274.03	289.16	304.03	320.04
55.40		259.03	274.42	289.48	304.49	320.57
66.60		261.40	277.00	293.50	309.32	324.99
80.95	256.11	259.56	274.61	290.96	306.57	322.30
95.30		261.01	275.91	292.22	308.30	324.41
109.65		258.44	271.57	288.07	303.84	317.85
124.00		259.81	274.42	290.66	306.78	322.80
138.35	255.67	259.47	273.05	288.77	304.61	320.64
152.70		261.42	276.78	291.95	308.06	322.75
163.90		259.32	273.69	288.07	303.11	318.98
185.90		259.86	273.96	287.99	302.89	318.54
194.10	255.42	261.28	275.98	290.54	305.55	321.62
208.30		259.56	273.13	288.26	303.04	319.00
230.30		259.76	274.20	289.11	303.26	319.36
241.50		261.08	277.64	293.33	308.21	323.95
255.85	255.91	259.52	274.66	290.96	306.11	321.26
270.20		260.62	275.76	291.32	307.07	322.82
284.55		258.29	271.25	287.17	302.63	319.24
298.90		260.62	274.69	290.35	306.64	321.77
313.25	256.11	259.25	273.64	289.26	305.09	321.09
327.60		262.04	277.90	292.75	308.09	323.02
338.80		259.83	274.93	289.04	303.88	319.36

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		264.68	277.90	292.07	306.16	321.62
25.20	261.16	266.56	281.63	296.24	310.40	325.92
33.40		264.26	277.95	292.22	306.57	321.91
55.40		263.04	277.73	292.39	306.76	322.71
66.60		266.78	281.68	297.72	313.06	328.78
80.95	261.33	264.07	278.17	294.28	309.75	325.40
95.30		265.93	280.83	296.70	312.40	328.52
109.65		263.58	275.42	292.17	307.17	320.93
124.00		265.02	279.17	295.08	310.93	326.67
138.35	261.33	264.17	277.15	292.51	307.92	323.69
152.70		266.05	281.00	296.31	312.00	326.50
163.90		263.58	276.83	290.74	305.24	320.97
185.90		264.21	277.51	290.76	305.12	320.28
194.10	261.08	265.80	279.92	294.16	308.84	324.24
208.30		263.82	275.93	290.52	304.97	320.54
230.30		263.99	277.34	291.51	305.21	321.05
241.50		265.24	281.31	296.97	311.78	327.27
255.85	261.52	263.77	277.59	293.91	309.27	324.24
270.20		265.27	280.63	296.14	311.75	326.91
284.55		263.28	276.42	292.29	307.03	323.11
298.90		265.93	280.51	295.73	311.51	325.47
313.25	261.28	263.72	277.22	292.61	308.14	324.34
327.60		266.61	281.87	296.48	311.78	326.24
338.80		264.07	278.29	291.83	306.25	321.24

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 1

TAB. AM.3

W05A075.DAT

RE = 63.1E+03 PE = 373.63 MS = 3.31 (KG/S)
 UB = 2.03 (M/S) QH1 = 40.22 (W/CM^2) QH2 = 39.91 (W/CM^2)
 QH3 = 39.46 (W/CM^2) QH4 = 40.47 (W/CM^2) NB = 315.93 (KW)
 TEN = 263.89 (C) TAS = 335.94 (C) TNM = 299.64 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	267.98	280.70	294.93	308.96	324.32	324.32
25.20	265.07	270.37	285.69	300.21	314.31	329.50
33.40	267.95	281.29	295.30	309.51	324.51	324.51
55.40	266.32	280.53	295.08	309.37	325.54	325.54
66.60	270.35	285.06	301.37	316.91	332.93	332.93
80.95	267.52	281.14	297.36	313.06	328.83	328.83
95.30	269.52	284.62	300.50	316.28	332.62	332.62
109.65	267.34	278.76	295.81	310.24	323.96	323.96
124.00	269.08	283.02	298.83	314.45	330.22	330.22
138.35	267.66	280.12	295.47	310.98	326.69	326.69
152.70	269.88	284.52	300.02	315.73	330.10	330.10
163.90	266.93	279.56	293.43	307.75	323.45	323.45
185.90	267.64	280.46	293.50	307.80	322.78	322.78
194.10	269.35	283.55	297.82	312.53	327.63	327.63
208.30	267.25	278.86	293.33	307.58	322.95	322.95
230.30	267.39	280.34	294.23	307.80	323.57	323.57
241.50	268.96	284.99	300.57	315.35	330.87	330.87
255.85	267.15	280.32	296.61	312.05	327.13	327.13
270.20	268.98	284.16	299.63	315.47	330.63	330.63
284.55	266.78	279.39	295.56	310.07	326.33	326.33
298.90	269.40	283.84	299.27	315.13	328.44	328.44
313.25	267.17	280.17	295.32	310.82	327.08	327.08
327.60	270.10	285.33	299.92	315.23	329.64	329.64
338.80	267.52	281.24	294.57	308.93	323.64	323.64

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 1

TAB. AM.4

W05A075.DAT

RE = 79.7E+03 PE = 472.15 MS = 4.19 (KG/S)
 UB = 2.57 (M/S) QH1 = 50.21 (W/CM^2) QH2 = 49.79 (W/CM^2)
 QH3 = 49.22 (W/CM^2) QH4 = 50.52 (W/CM^2) NB = 394.25 (KW)
 TEN = 263.58 (C) TAS = 335.22 (C) TNM = 298.86 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	267.41	279.29	293.16	307.07	322.32	322.32
25.20	264.85	269.86	284.86	298.95	312.84	327.84
33.40	267.49	280.41	293.70	307.51	322.13	322.13
55.40	265.68	279.19	293.45	307.58	323.52	323.52
66.60	269.66	283.72	300.02	315.51	331.61	331.61
80.95	266.97	279.51	294.95	310.62	326.62	326.62
95.30	268.78	283.06	298.81	314.55	330.86	330.86
109.65	266.85	277.98	294.98	308.83	322.15	322.15
124.00	268.56	282.77	298.25	313.73	329.09	329.09
138.35	264.87	266.97	279.07	294.28	309.53	325.08
152.70	269.39	283.91	299.19	315.10	328.73	328.73
163.90	266.49	278.29	292.00	306.13	321.24	321.24
185.90	266.88	279.36	292.07	305.72	320.66	320.66
194.10	264.73	268.95	282.99	296.89	310.96	326.04
208.30	266.61	277.68	291.85	305.72	320.78	320.78
230.30	266.75	279.19	292.80	306.15	321.57	321.57
241.50	268.44	284.30	299.63	314.35	329.57	329.57
255.85	265.02	266.71	278.80	294.76	310.19	325.03
270.20	268.27	283.01	298.18	313.99	328.85	328.85
284.55	266.27	278.12	294.16	308.40	324.70	324.70
298.90	268.88	283.38	298.68	314.52	327.34	327.34
313.25	264.85	266.66	279.46	294.86	310.09	326.26
327.60	269.32	284.35	299.46	314.67	328.54	328.54
338.80	267.07	280.19	293.28	307.29	321.45	321.45

TAB. A12.2

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 2

W05B075.DAT

RE = 47.6E+03 PE =282.82 MS = 2.51 (KG/S)
UB = 1.54 (M/S) QH1 = 30.40 (W/CM^2) QH2 = 30.14 (W/CM^2)
QH3 = 29.80 (W/CM^2) QH4 = 30.58 (W/CM^2) NB =238.68 (KW)
TEN =261.81 (C) TAS =334.22 (C) TMM =297.43 (C)

TAB. A12.1

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 2

W05B075.DAT

RE = 30.4E+03 PE =184.16 MS = 1.64 (KG/S)
UB = 1.00 (M/S) QH1 = 20.06 (W/CM^2) QH2 = 19.85 (W/CM^2)
QH3 = 19.62 (W/CM^2) QH4 = 20.16 (W/CM^2) NB =157.31 (KW)
TEN =252.04 (C) TAS =324.46 (C) TMM =287.88 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	258.13	271.89	286.09	300.49	316.34	316.34
25.20	253.35	258.40	273.41	288.59	303.17	319.30
33.40	256.95	270.82	285.60	300.44	316.46	316.46
55.40	256.51	271.16	286.01	300.92	317.06	317.06
66.60	258.47	273.48	289.87	305.80	321.51	321.51
80.95	256.90	271.36	287.57	303.27	319.04	319.04
95.30	258.06	273.55	289.92	305.85	321.66	321.66
109.65	256.44	270.28	286.55	302.06	315.52	315.52
124.00	258.01	272.87	288.90	304.60	320.31	320.31
138.35	256.98	270.38	286.14	301.77	317.69	317.69
152.70	259.43	274.31	289.17	305.10	319.69	319.69
163.90	257.44	271.58	285.55	300.27	315.98	315.98
185.90	257.54	271.55	285.43	300.12	315.59	315.59
194.10	259.16	273.48	287.81	302.61	318.51	318.51
208.30	256.76	270.23	285.19	299.81	315.81	315.81
230.30	256.93	270.97	285.84	300.00	316.24	316.24
241.50	258.33	274.41	290.02	304.84	320.70	320.70
255.85	256.59	271.36	287.69	302.78	318.00	318.00
270.20	257.88	272.87	288.22	303.99	319.81	319.81
284.55	256.05	268.60	284.41	299.88	316.44	316.44
298.90	258.13	272.50	287.91	303.99	319.04	319.04
313.25	256.90	271.70	287.11	302.54	318.29	318.29
327.60	259.53	275.23	290.04	305.20	319.93	319.93
338.80	257.35	271.94	285.89	300.68	316.08	316.08

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 2

TAB. A12.3

W05B075.DAT

RE = 63.9E+03 PE = 377.09 MS = 3.34 (KG/S)
 UB = 2.05 (M/S) QH1 = 40.16 (W/CM^2) QH2 = 39.86 (W/CM^2)
 QH3 = 39.40 (W/CM^2) QH4 = 40.43 (W/CM^2) NB = 315.52 (KW)
 TEN = 265.39 (C) TAS = 336.97 (C) TNM = 300.78 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	269.63	282.11	296.18	310.06	325.48	325.48
25.20	266.67	271.95	286.97	301.44	315.41	330.62
33.40	269.53	282.67	296.48	310.61	325.51	325.51
55.40	267.87	281.89	296.28	310.52	326.54	326.54
66.60	271.85	286.38	302.50	317.96	333.95	333.95
80.95	269.04	282.47	298.56	314.18	329.85	329.85
95.30	270.92	286.02	301.90	317.60	333.71	333.71
109.65	268.56	280.14	297.25	311.65	325.08	325.08
124.00	270.19	284.49	300.15	315.77	331.31	331.31
138.35	266.58	268.92	281.30	296.67	312.13	327.69
152.70	271.68	286.12	301.36	316.85	331.14	331.14
163.90	268.51	281.18	295.00	309.07	324.62	324.62
185.90	268.87	281.79	294.85	309.12	323.97	323.97
194.10	266.36	270.83	285.05	299.14	313.72	328.75
208.30	268.48	280.21	294.66	308.71	323.99	323.99
230.30	268.63	281.45	295.29	308.80	324.48	324.48
241.50	270.46	286.29	301.61	316.23	331.50	331.50
255.85	266.77	268.46	281.35	297.42	312.83	327.79
270.20	270.27	285.29	300.37	316.28	331.26	331.26
284.55	268.17	280.40	296.40	310.83	327.04	327.04
298.90	270.75	284.78	300.11	315.94	329.28	329.28
313.25	268.63	281.50	296.40	311.77	328.08	328.08
327.60	271.68	286.82	301.12	316.32	330.45	330.45
338.80	269.04	282.54	295.75	310.01	324.64	324.64

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
DT=75(K) EXP 2

TAB. A12.4

W05B075.DAT

RE = 80.2E+03 PE = 471.12 MS = 4.17 (KG/S)
 UB = 2.56 (M/S) QH1 = 50.62 (W/CM^2) QH2 = 50.25 (W/CM^2)
 QH3 = 49.61 (W/CM^2) QH4 = 50.95 (W/CM^2) NB = 397.59 (KW)
 TEN = 267.70 (C) TAS = 339.83 (C) TNM = 303.47 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00	271.92	284.02	297.51	311.50	326.75	326.75
25.20	268.97	272.68	288.10	302.83	317.23	332.70
33.40	270.65	283.46	297.34	311.65	326.75	326.75
55.40	269.97	283.54	297.80	311.98	328.02	328.02
66.60	273.21	287.76	304.72	320.60	336.79	336.79
80.95	270.99	284.00	300.42	316.39	332.41	332.41
95.30	273.04	288.83	304.79	320.46	336.67	336.67
109.65	270.65	282.37	299.76	313.81	327.28	327.28
124.00	272.53	287.04	303.05	318.46	333.97	333.97
138.35	269.02	270.99	282.76	298.17	313.79	329.70
152.70	273.58	288.23	303.20	319.13	333.61	333.61
163.90	270.80	283.25	296.66	310.75	325.98	325.98
185.90	270.75	283.07	296.42	310.58	325.38	325.38
194.10	268.82	272.94	286.96	301.09	315.91	331.24
208.30	270.58	281.98	296.13	310.32	325.43	325.43
230.30	270.53	282.95	296.91	310.10	325.86	325.86
241.50	272.80	288.76	303.95	318.65	333.92	333.92
255.85	269.14	270.70	283.15	299.08	314.54	329.46
270.20	272.04	286.96	302.01	318.00	333.03	333.03
284.55	270.14	282.03	297.71	312.15	328.67	328.67
298.90	272.63	286.40	301.53	317.57	330.97	330.97
313.25	270.72	283.03	297.80	312.95	329.58	329.58
327.60	273.07	289.25	303.68	318.32	332.24	332.24
338.80	270.94	283.93	297.22	311.36	325.82	325.82

TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES
CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5

TBI = 311.7 C DTC = 97.1 K
 UB = 1.97 m/s Re = 68143.
 QH1 = 51.5 W/cm² QH2 = 51.4 W/cm²
 QH3 = 51.1 W/cm² QH4 = 51.4 W/cm²

C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
mm	C	C	C	C	C
11.00	315.80	334.169	353.39	372.86	393.0
25.20	318.52	338.917	359.31	378.87	399.2
33.40	315.34	333.834	353.49	372.50	393.0
55.40	315.43	334.672	353.34	372.67	393.8
66.60	319.36	338.520	358.82	380.20	401.5
81.00	314.91	331.318	351.84	373.12	394.8
95.30	316.91	335.270	356.82	379.01	400.4
109.70	314.72	331.150	351.61	372.95	393.1
124.00	316.88	337.855	360.19	381.12	401.4
138.40	315.10	334.456	356.25	377.26	398.3
152.70	318.69	340.796	361.86	382.53	402.1
163.90	314.55	333.594	353.03	372.58	393.1
185.90	315.20	334.049	352.99	372.65	392.5
194.10	318.47	338.763	357.75	377.73	397.6
208.30	314.88	332.300	350.37	369.38	390.0
230.30	315.17	332.780	351.08	369.92	391.4
241.50	317.99	335.725	356.49	377.31	399.0
255.90	314.09	329.544	349.75	371.15	393.1
270.20	315.97	334.648	354.91	376.50	398.7
284.60	313.68	329.951	350.03	370.94	392.0
298.90	316.42	336.946	357.92	378.89	399.4
313.30	314.33	332.085	353.37	374.68	395.3
327.60	318.73	338.883	360.48	380.74	401.1
338.80	315.51	334.815	353.32	372.84	393.6

TBI = 296.0 C DTC = 78.2 K
 UB = .98 m/s Re = 32438.
 QH1 = 20.8 W/cm² QH2 = 20.8 W/cm²
 QH3 = 20.6 W/cm² QH4 = 20.8 W/cm²

C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
mm	C	C	C	C	C
11.00	301.64	316.550	330.80	345.82	362.4
25.20	301.76	316.529	331.30	347.20	364.5
33.40	300.60	313.057	328.11	344.05	361.5
55.40	300.78	313.587	328.61	344.88	362.4
66.60	300.41	314.672	331.87	349.99	367.4
81.00	299.63	313.347	330.68	348.42	366.0
95.30	299.44	316.935	335.01	353.25	370.4
109.70	300.79	316.646	334.03	351.28	367.4
124.00	300.50	319.943	338.29	354.90	371.1
138.40	301.35	319.029	336.09	351.68	367.7
152.70	302.58	320.760	336.14	351.49	366.8
163.90	300.53	316.622	330.27	344.84	361.1
185.90	301.78	316.285	329.74	344.43	360.3
194.10	302.94	316.357	330.41	346.03	362.5
208.30	300.45	311.828	325.73	341.68	359.2
230.30	300.09	312.238	326.77	342.43	360.5
241.50	299.66	312.961	329.93	347.39	365.5
255.90	298.95	311.973	328.81	346.51	364.3
270.20	299.15	315.466	332.76	350.66	368.6
284.60	299.39	315.250	332.07	349.20	366.4
298.90	300.28	319.245	336.46	353.68	370.1
313.30	301.06	318.523	335.42	351.37	367.3
327.60	303.72	320.568	336.45	351.97	368.1
338.80	301.23	316.911	330.92	346.22	362.8

10:31:07 JUN15,1987 M080.DAT		09:53:43 JUN16,1987 M082.DAT		20:02:16 JUN16,1987 M085.DAT	
TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5		TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5		TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MP1/2/3/4/5	
TAB. A13.3		TAB. A13.4		TAB. A13.5	
TBI = 293.3 C DTC = 81.8 K		TBI = 288.2 C DTC = 88.3 K		TBI = 280.2 C DTC = 116.8 K	
UB = .48 m/s Re = 15958.		UB = .24 m/s Re = 7983.		UB = .11 m/s Re = 3732.	
QH1 = 10.8 W/cm ² QH2 = 10.7 W/cm ²		QH1 = 5.8 W/cm ² QH2 = 5.8 W/cm ²		QH1 = 3.6 W/cm ² QH2 = 3.5 W/cm ²	
QH3 = 10.7 W/cm ² QH4 = 10.7 W/cm ²		QH3 = 5.8 W/cm ² QH4 = 5.8 W/cm ²		QH3 = 3.5 W/cm ² QH4 = 3.5 W/cm ²	
C P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
mm	C	C	C	C	C
11.00	302.26	313.990	329.54	346.98	365.9
25.20	300.28	315.713	331.15	348.74	367.5
33.40	298.80	311.725	329.71	347.48	366.1
55.40	297.99	312.689	330.45	348.31	366.8
66.60	297.54	314.761	333.74	352.18	369.8
81.00	297.42	314.954	333.95	351.91	369.3
95.30	298.15	318.300	336.61	354.75	371.9
109.70	299.41	318.180	335.70	353.13	369.5
124.00	300.01	319.334	336.87	354.06	371.0
138.40	301.49	316.712	333.78	350.96	368.6
152.70	302.99	314.400	331.72	350.34	367.9
163.90	300.91	311.363	327.58	345.86	364.8
185.90	300.16	311.508	327.53	345.52	364.2
194.10	299.46	312.304	329.04	347.07	365.7
208.30	297.35	310.929	328.29	346.07	364.7
230.30	296.77	312.183	329.64	346.67	365.5
241.50	296.84	314.376	332.85	350.29	368.6
255.90	297.16	314.448	332.92	350.39	368.1
270.20	297.93	317.025	335.12	352.91	370.9
284.60	298.73	316.784	334.31	351.72	369.5
298.90	300.18	319.094	336.32	353.56	370.8
313.30	300.28	317.939	334.62	351.39	368.7
327.60	303.16	317.674	333.83	351.17	369.0
338.80	302.55	314.809	329.71	347.38	366.2
11.00	286.41	311.194	335.99	360.19	385.6
25.20	286.78	311.883	336.99	360.67	385.9
33.40	286.70	311.483	336.39	360.14	385.4
55.40	287.15	312.110	336.46	360.43	385.6
66.60	288.33	312.881	337.23	361.66	385.9
81.00	288.91	312.640	337.04	360.95	385.1
95.30	289.76	313.773	337.49	361.83	385.6
109.70	290.49	313.267	337.09	361.09	384.0
124.00	290.76	314.014	337.78	361.45	385.0
138.40	290.90	313.556	337.52	360.76	384.7
152.70	290.64	313.387	337.61	361.47	384.9
163.90	289.76	311.965	336.42	360.05	384.5
185.90	289.86	311.941	336.39	360.22	384.3
194.10	290.30	312.303	336.49	360.64	384.9
208.30	289.57	311.724	335.70	360.17	384.6
230.30	289.32	312.206	336.18	360.22	384.9
241.50	289.62	312.857	336.58	361.09	385.6
255.90	289.18	312.496	336.37	360.64	384.9
270.20	288.82	313.267	336.85	361.14	385.7
284.60	288.26	312.447	336.23	360.52	385.1
298.90	288.06	312.857	337.05	361.24	385.4
313.30	287.16	312.255	336.82	360.64	385.0
327.60	286.87	312.230	337.18	361.24	385.6
338.80	286.22	311.387	335.79	360.26	385.4

TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR B PROBE 2

TAB. A14

F04012A.DAT

RE = 60.4E+03 PE = 354.08 MS = 3.13 (KG/S)
UB = 1.92 (M/S) QH1 = 50.23 (W/CM^2) QH2 = 49.84 (W/CM^2)
QH3 = 49.24 (W/CM^2) QH4 = 50.59 (W/CM^2) NB = 394.56 (KW)
TEN = 257.63 (C) X21 = 86.96 (MM) X22 = 88.79 (MM)

Y21 (MM)	Y24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	QH1 (W/CM^2)	QH2 (W/CM^2)	QH3 (W/CM^2)	QH4 (W/CM^2)	UB (M/S)	PE
2.71	0.88	341.78	341.72	341.02	340.44	50.23	49.84	49.24	50.59	1.92	354.08
4.60	2.77	345.04	345.39	342.36	342.16	50.41	50.02	49.41	50.77	1.93	354.95
6.70	4.87	350.86	350.65	346.21	345.78	50.60	50.21	49.59	50.95	1.93	355.99
8.74	6.91	357.82	356.93	352.13	352.90	51.01	50.62	50.01	51.38	1.94	356.51
12.57	10.74	369.74	370.21	364.23	363.90	50.20	49.80	49.20	50.54	1.93	354.72
13.56	11.73	374.63	374.24	369.20	368.44	50.55	50.16	49.56	50.91	1.93	355.91
14.57	12.74	375.63	375.81	371.45	371.24	49.99	49.60	49.00	50.35	1.92	354.34
15.09	13.26	377.45	377.64	373.73	373.79	50.26	49.85	49.25	50.60	1.92	353.62
15.61	13.78	377.99	377.81	375.22	374.54	50.33	49.94	49.34	50.69	1.93	355.07
16.13	14.30	378.82	378.99	376.72	376.18	50.48	50.09	49.47	50.83	1.92	354.18
16.67	14.84	377.92	378.42	377.01	376.89	50.44	50.05	49.44	50.79	1.93	355.18
17.19	15.36	376.68	376.68	377.07	376.85	49.65	49.26	48.66	49.99	1.91	351.87
17.70	15.87	375.30	375.49	376.39	376.35	49.41	49.02	48.43	49.75	1.91	351.61
18.21	16.38	374.62	375.34	377.47	377.26	49.42	49.04	48.45	49.77	1.91	351.72
18.72	16.89	372.97	373.04	376.70	376.62	49.21	48.83	48.24	49.56	1.91	351.33
19.69	17.86	369.85	369.87	375.29	375.63	49.10	48.72	48.13	49.45	1.90	350.76
20.67	18.84	366.60	367.47	373.33	372.80	49.12	48.74	48.16	49.47	1.91	351.90
21.62	19.79	363.41	363.03	369.62	369.33	49.20	48.82	48.23	49.54	1.91	351.11

TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR B PROBE 2

TAB. A15

F04012B.DAT

RE = 60.1E+03 PE = 352.52 MS = 3.12 (KG/S)
UB = 1.91 (M/S) QH1 = 49.38 (W/CM^2) QH2 = 49.00 (W/CM^2)
QH3 = 48.42 (W/CM^2) QH4 = 49.74 (W/CM^2) NB = 387.95 (KW)
TEN = 257.98 (C) X21 = 86.97 (MM) X22 = 88.80 (MM)

Y21 (MM)	Y24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	QH1 (W/CM^2)	QH2 (W/CM^2)	QH3 (W/CM^2)	QH4 (W/CM^2)	UB (M/S)	PE
21.65	19.82	363.33	363.09	370.15	369.85	49.38	49.00	48.42	49.74	1.91	352.52
20.76	18.93	366.29	365.77	372.45	372.91	49.37	48.99	48.40	49.72	1.91	352.30
19.90	17.97	370.46	370.54	375.11	375.04	49.42	49.02	48.44	49.77	1.92	353.23
19.81	17.98	369.77	370.78	375.33	374.68	49.40	49.01	48.41	49.73	1.91	352.61
18.84	17.01	373.30	372.48	376.59	376.66	49.39	49.01	48.42	49.74	1.91	351.52
18.32	16.49	374.85	375.00	376.96	377.07	49.48	49.09	48.50	49.83	1.91	352.28
17.81	15.98	375.20	375.71	376.68	376.65	49.29	48.91	48.32	49.64	1.91	351.31
17.30	15.47	375.56	376.05	375.98	375.96	49.28	48.90	48.31	49.63	1.92	353.58
16.79	14.96	375.75	376.19	375.13	374.83	49.32	48.94	48.35	49.67	1.92	354.13
16.26	14.43	376.82	376.94	374.48	374.39	49.29	48.91	48.32	49.64	1.92	353.18
15.74	13.91	375.94	376.42	373.13	373.06	49.23	48.85	48.26	49.58	1.91	351.16
15.21	13.38	375.21	376.18	372.36	371.97	49.41	49.02	48.43	49.75	1.91	351.54
14.68	12.85	375.14	375.10	370.18	370.33	49.33	48.95	48.36	49.68	1.91	352.26
13.66	11.83	371.56	371.59	365.44	365.81	49.17	48.79	48.21	49.51	1.91	352.69
12.68	10.85	368.24	368.21	362.54	362.18	49.21	48.81	48.24	49.55	1.91	351.54
10.79	8.96	362.54	362.20	356.97	357.04	49.27	48.88	48.30	49.62	1.92	353.16
8.66	7.03	356.12	355.55	351.29	350.79	49.36	48.97	48.39	49.70	1.92	352.78
6.83	5.00	350.43	350.35	344.66	345.11	49.53	49.14	48.56	49.88	1.92	352.80
4.72	2.99	343.99	344.60	341.18	341.00	49.63	49.24	48.66	49.98	1.92	353.64
2.69	0.86	341.28	341.10	340.13	339.72	49.57	49.19	48.60	49.92	1.92	353.27

TEBENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR A PROBE S2

TAB. A16

F04LMSA.DAT

RE = 61.3E+03 PE = 360.31 MS = 3.19 (KG/S)
 UB = 1.96 (W/CM²) QH1 = 51.01 (W/CM²) QH2 = 50.59 (W/CM²)
 QH3 = 50.02 (W/CM²) QH4 = 51.37 (W/CM²) NB = 400.67 (KW)
 TEN = 256.55 (C) Y21 = 2.68 (MM) Y24 = 0.85 (MM)

X21 (MM)	X22 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	QH1 (W/CM ²)	QH2 (W/CM ²)	QH3 (W/CM ²)	QH4 (W/CM ²)	TNO (C)	TNN (C)	UB (H/S)	FE
110.98	112.81	339.65	336.50	335.04	337.84	51.01	50.59	50.02	51.37	350.80	303.67	1.96	360.31
108.95	110.78	344.39	340.12	338.06	341.50	51.11	50.68	50.11	51.47	350.96	303.73	1.96	360.14
106.98	108.81	349.14	344.64	341.63	345.43	51.07	50.65	50.08	51.44	350.85	303.59	1.95	359.78
105.04	106.87	353.47	349.43	345.62	348.94	50.99	50.57	49.99	51.34	350.71	303.59	1.96	360.15
103.03	104.86	357.05	354.32	349.48	351.58	51.09	50.67	50.09	51.45	351.19	303.90	1.95	359.64
102.01	103.84	355.86	350.67	350.67	352.09	51.08	50.65	50.08	51.44	351.29	304.07	1.96	360.10
100.99	102.82	357.29	356.98	351.48	352.13	50.94	50.52	49.95	51.30	350.41	303.44	1.96	360.89
99.96	101.79	356.71	357.55	352.01	351.52	51.04	50.62	50.05	51.41	350.93	303.77	1.96	360.32
98.95	100.78	355.62	357.57	352.16	351.09	51.19	50.77	50.19	51.55	350.76	303.53	1.96	360.73
97.96	99.79	353.87	356.48	351.39	349.70	51.19	50.77	50.20	51.55	350.36	303.17	1.96	361.04
96.99	98.82	351.69	355.08	350.43	348.19	51.15	50.74	50.16	51.52	351.03	303.83	1.95	359.71
95.04	96.87	347.89	351.70	347.92	345.17	51.20	50.78	50.21	51.57	351.07	303.71	1.96	360.17
93.03	94.86	344.46	347.63	345.28	342.62	51.26	50.94	50.27	51.63	350.94	303.58	1.96	360.23
90.99	92.82	341.77	343.94	342.28	339.89	51.21	50.79	50.22	51.58	350.95	303.60	1.96	360.05
88.95	90.78	339.80	341.55	340.06	338.60	51.25	50.82	50.25	51.61	350.78	303.43	1.96	360.26
86.99	88.82	339.68	339.68	338.58	338.39	51.37	50.94	50.36	51.73	350.88	303.53	1.96	361.10
85.03	86.86	340.75	339.62	338.26	339.21	51.37	50.95	50.38	51.74	350.85	303.52	1.96	361.26
83.02	84.85	342.46	340.73	338.80	340.26	51.09	50.67	50.10	51.46	350.45	303.26	1.96	360.35
80.98	82.81	345.24	342.92	340.51	342.58	51.11	50.69	50.11	51.47	351.06	303.84	1.96	360.33
78.94	80.77	347.90	345.40	342.21	344.41	51.01	50.59	50.02	51.38	350.95	303.72	1.95	359.49
76.97	78.80	350.58	347.89	344.60	346.43	50.93	50.51	49.94	51.30	350.35	303.31	1.96	360.35
75.02	76.85	352.81	351.07	346.72	347.87	51.00	50.58	50.01	51.36	350.95	303.75	1.95	359.69
73.02	74.85	353.13	352.26	347.52	348.16	51.12	50.70	50.12	51.48	350.75	303.58	1.96	360.69
72.00	73.83	352.64	353.35	348.18	347.80	51.03	50.61	50.03	51.39	350.47	303.30	1.95	359.97
70.97	72.80	351.34	352.96	347.86	346.82	51.11	50.69	50.12	51.47	350.64	303.50	1.96	360.86
69.94	71.77	349.58	352.33	347.48	345.68	51.20	50.78	50.20	51.56	350.82	303.57	1.96	360.65
68.93	70.76	348.05	351.20	346.66	344.22	51.00	50.58	50.01	51.36	350.33	303.19	1.95	360.01
66.97	68.80	343.94	347.24	343.74	341.02	51.09	50.66	50.08	51.44	350.48	303.33	1.96	360.51
65.01	66.84	340.35	343.27	340.90	338.62	51.13	50.71	50.14	51.50	350.59	303.36	1.96	360.25
63.01	64.84	338.33	339.95	338.63	336.93	51.16	50.74	50.16	51.51	350.76	303.45	1.95	359.90
60.96	62.79	337.62	338.41	336.62	335.75	51.07	50.65	50.08	51.43	350.26	303.12	1.96	360.52
60.96	62.79	337.23	337.84	336.59	335.80	51.14	50.72	50.13	51.49	350.59	303.42	1.96	360.77
58.93	60.76	337.21	337.26	335.84	335.84	51.03	50.61	50.04	51.39	350.51	303.24	1.95	359.24
56.97	58.80	337.60	337.20	335.74	336.44	51.08	50.66	50.09	51.45	350.52	303.37	1.96	360.58
55.02	56.85	339.38	337.87	336.54	337.53	51.03	50.60	50.03	51.38	350.82	303.54	1.95	359.19
53.01	54.84	341.13	339.60	337.36	338.83	51.12	50.70	50.13	51.49	350.52	303.25	1.95	359.89

TESENA J FLUID TEMPERATURE
DIR B PROBE S2

TAB. A17

F06LWSR.DAT

RE = 61.0E+03 PE = 358.29 MS = 3.17 (KG/S)
 UB = 1.95 (M/S) QH1 = 50.48 (W/CM^2) QH2 = 50.06 (W/CM^2)
 QH3 = 49.49 (W/CM^2) QH4 = 50.84 (W/CM^2) NB = 396.50 (KW)
 TEN = 256.41 (C) Y21 = 2.68 (MM) Y24 = 0.85 (MM)

X21 (MM)	X22 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	QH1 (W/CM^2)	QH2 (W/CM^2)	QH3 (W/CM^2)	QH4 (W/CM^2)	TNO (C)	TNI (C)	UB (M/S)	PE
53.00	54.83	341.76	339.89	338.07	339.68	50.48	50.06	49.49	50.84	350.18	303.29	1.95	358.29
54.94	56.77	339.41	338.24	336.88	338.09	50.49	50.07	49.49	50.84	349.70	302.81	1.95	358.23
56.89	58.72	337.84	337.29	336.39	337.07	50.58	50.16	49.58	50.93	349.86	302.97	1.95	358.92
58.84	60.67	337.62	337.78	336.45	336.60	50.55	50.13	49.55	50.91	349.77	302.86	1.95	358.51
60.87	62.70	338.03	338.34	337.06	336.53	50.64	50.22	49.64	50.99	350.00	303.01	1.95	358.48
62.95	64.78	338.57	340.06	338.73	337.35	50.62	50.19	49.62	50.97	350.07	303.11	1.95	358.64
64.93	66.76	341.05	343.92	341.18	339.62	50.61	50.19	49.61	50.96	349.86	302.96	1.95	359.01
66.89	68.72	344.22	348.01	343.84	341.62	50.71	50.29	49.71	51.07	350.12	303.02	1.95	358.24
68.85	70.68	348.71	351.58	347.12	344.76	50.90	50.48	49.90	51.25	350.28	303.19	1.95	359.69
69.85	71.68	349.67	352.19	347.32	345.30	50.92	50.50	49.93	51.29	350.30	303.24	1.96	360.07
70.86	72.69	350.84	352.37	347.29	346.12	50.84	50.42	49.85	51.20	350.37	303.32	1.95	359.54
71.90	73.73	351.81	352.63	347.41	346.98	50.82	50.41	49.83	51.18	349.95	302.84	1.95	358.93
72.96	74.79	352.30	352.22	347.23	347.36	50.88	50.47	49.90	51.25	350.23	303.05	1.95	358.88
73.96	75.79	352.59	351.69	346.94	347.57	50.86	50.44	49.87	51.22	350.49	303.39	1.95	359.30
74.94	76.77	352.33	350.96	346.53	347.76	50.97	50.54	49.97	51.32	349.90	302.87	1.96	360.56
76.89	78.72	350.57	348.02	344.42	346.27	51.01	50.59	50.03	51.38	350.57	303.28	1.95	359.02
78.85	80.68	348.12	345.33	342.62	344.40	51.08	50.65	50.07	51.43	350.89	303.54	1.95	359.02
80.87	82.70	344.65	342.42	339.89	342.09	50.74	50.32	49.75	51.10	350.21	303.22	1.95	359.37
82.96	84.79	342.12	340.41	338.34	340.04	50.91	50.49	49.93	51.28	350.11	303.06	1.96	360.10
84.96	86.79	340.47	339.23	337.88	338.74	51.03	50.60	50.03	51.38	350.51	303.33	1.95	359.95
86.90	88.73	339.77	339.38	338.66	338.08	51.21	50.78	50.21	51.57	350.69	303.49	1.96	361.04
88.86	90.69	339.14	340.44	339.16	338.02	50.78	50.36	49.79	51.13	349.94	302.96	1.95	359.62
90.88	92.71	340.78	343.10	341.68	339.84	50.92	50.49	49.92	51.27	350.11	302.98	1.95	357.41
92.96	94.79	343.46	346.74	344.24	341.66	50.81	50.39	49.82	51.17	350.00	302.96	1.95	359.38
94.96	96.79	346.76	350.58	346.89	344.47	50.79	50.37	49.80	51.15	349.83	302.90	1.96	360.04
96.90	98.73	351.10	354.37	349.81	347.64	50.88	50.46	49.89	51.24	350.24	303.17	1.95	359.78
99.70	99.70	353.29	355.92	351.08	349.41	50.92	50.50	49.93	51.28	350.64	303.55	1.95	359.87
98.86	100.69	355.25	356.90	351.45	350.44	50.91	50.50	49.93	51.29	349.97	302.94	1.96	360.29
99.86	101.69	356.14	357.15	351.46	351.20	51.11	50.68	50.11	51.46	350.19	303.07	1.96	360.89
100.88	102.71	357.00	356.69	351.26	351.84	51.02	50.59	50.02	51.37	350.31	303.26	1.96	360.75
101.91	101.91	357.37	355.78	350.58	351.84	51.13	50.70	50.13	51.49	350.78	303.56	1.96	360.35
102.96	104.79	356.59	354.18	349.06	351.39	51.04	50.62	50.05	51.40	350.70	303.49	1.95	359.85
104.94	106.77	354.01	349.84	345.81	349.12	51.13	50.71	50.14	51.49	350.31	303.18	1.96	361.06
106.89	108.72	349.24	344.56	341.83	345.50	51.25	50.83	50.25	51.61	350.54	303.24	1.96	360.56
108.85	110.68	344.67	340.42	338.23	342.05	51.25	50.83	50.26	51.61	350.62	303.33	1.96	360.68
110.87	112.70	340.04	336.47	335.18	338.00	51.18	50.75	50.18	51.53	350.29	303.15	1.96	361.17

TAB. A18.1

15:19:25 JUL10,1987 R332.DAT

X11 = 31.66 MM X12 = 29.61 MM
TBI = 304.7 C TBO = 401.3 C
QB1 = 50.82 W/cm^2 QB2 = 50.68 W/cm^2
QB3 = 50.37 W/cm^2 QB4 = 50.70 W/cm^2
WB = 399.1 KH WFR = 3.13 kg/s
DTC = 96.6 K UB = 1.94 m/s
Re = 66569. Pe = 361.0

TEGNA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 1 TEMP FLUCTUATIONS

Table with 16 columns: T11, BMS11, TC11, BMS12, T13, TC13, BMS13, TC14, BMS14, T15, TC15, BMS15, TBI, WFR, DTC, QB1, QB2, QB3, QB4. Rows contain numerical data for various temperature and flow parameters.

TAB. 18.2

15:19:25 JUL10,1987 R332.DAT

X21 = 86.56 MM X22 = 89.21 MM
TBI = 304.7 C TBO = 401.3 C
QB1 = 50.8 W/cm^2 QB2 = 50.7 W/cm^2
QB3 = 50.4 W/cm^2 QB4 = 50.7 W/cm^2
WB = 399.1 KH WFR = 3.13 kg/s
DTC = 96.6 K UB = 1.94 m/s
Re = 66569. Pe = 361.0

TEGNA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 2 TEMP FLUCTUATIONS

Table with 16 columns: T21, BMS21, TC21, BMS22, T23, TC23, BMS23, TC24, BMS24, T25, TC25, BMS25, TBI, WFR, DTC, QB1, QB2, QB3, QB4. Rows contain numerical data for various temperature and flow parameters.

TAB. A21.1

15-36:48 JUN22,1987 M104.DAT

TECHNIA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 1 - TEMP FLUCTUATIONS

I11 = 31.65 mm I12 = 29.60 mm
TBI = 294.9 C TBO = 375.3 C
QB1 = 10.79 W/cm² QB2 = 10.72 W/cm²
QB3 = 10.68 W/cm² QB4 = 10.74 W/cm²
RB = 84.6 kN HFR = .79 kg/s
DTC = 80.4 K DB = .49 w/g
Re = 16322. Pe = 90.9

Table with columns: T11, TC11, RMS11, TC12, RMS12, T13, TC13, RMS13, TC14, RMS14, T15, TC15, RMS15, TBI, HFR, DTC, QB1, QB2, QB3, QB4. Rows 1-49.

TAB. A21.2

15-36:48 JUN22,1987 M104.DAT

TECHNIA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 2 - TEMP FLUCTUATIONS

I21 = 86.53 mm I22 = 89.18 mm
TBI = 294.9 C TBO = 375.3 C
QB1 = 10.8 W/cm² QB2 = 10.7 W/cm²
QB3 = 10.7 W/cm² QB4 = 10.7 W/cm²
RB = 84.6 kN HFR = .79 kg/s
DTC = 80.4 K DB = .49 w/g
Re = 16322. Pe = 90.9

Table with columns: T21, TC21, RMS21, TC22, RMS22, T23, TC23, RMS23, TC24, RMS24, T25, TC25, RMS25, RB1, RB2, RB3, RB4, RB, DB, TBO. Rows 1-49.

TAB. A22.1

10-31-07 JUN15,1987 R060.DAT

X11 = 29.43 mm Y14 = 31.46 mm
T01 = 293.3 C T02 = 375.1 C
Q01 = 10.6 W/cm^2 Q02 = 10.7 W/cm^2
Q03 = 10.7 W/cm^2 Q04 = 10.7 W/cm^2
NB = 84.4 IN WFR = .76 kg/s
DTC = 81.8 K UB = .48 W/s
Pe = 15858.

TEGRA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 1 TEMP FLUCTUATIONS

Table with 16 columns: X11, T01, RMS11, T014, RMS14, X12, T012, RMS12, T013, RMS13, X15, T015, RMS15, FBI, WFR, DTC, Q01, Q02, Q03, Q04. The table contains 40 rows of numerical data representing temperature and heat flux fluctuations.

TAB. A22.2

10-31-07 JONHLS.1987 M080.DAT
TEGUNA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 2 - TEMP FLUCTUATIONS

T21 = 3.12 mm T24 = 46 mm
T81 = 293.3 C DTC = 81.8 K
Q81 = 10.8 W/cm² Q82 = 10.7 W/cm²
Q83 = 10.7 W/cm² Q84 = 10.7 W/cm²
WB = 84.4 kW DB' = 48 m/s
Re = 15958. Fe = 89.0

Table with columns: T21, T24, RNS21, TC24, RNS24, I22, TC22, RNS22, TC23, RNS23, I25, TC25, RNS25, WE1, WE2, WE3, WE4, WE5, DB, T80. Rows contain numerical data for each parameter across various time points.

TAB. A23

11:08:52 JUN22,1987 H102.DAT

X11 = 31.66 mm X12 = 29.61 mm
TBI = 284.3 C TBO = 371.5 C
QEI = 20.37 W/cm^2 QE2 = 20.27 W/cm^2
QES = 20.16 W/cm^2 QEA = 20.29 W/cm^2
WB = 159.8 kW WFR = 1.56 kg/s
DTC = 77.2 K UB = .97 m/s
Re = 31952.

TEGRA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 1 TEMP FLUCTUATIONS

Table with 17 columns: Y11, TC11, RMS11, TC12, RMS12, Y13, TC13, RMS13, TC14, RMS14, Y15, TC15, RMS15, YBI, WFR, DTC, QEI, QES, QE2, QE4. Contains 20 rows of data.

TAB. A24

19:41:27 JUN22,1987 H106.DAT

X11 = 31.66 mm X12 = 29.61 mm
TBI = 290.8 C TBO = 375.2 C
QEI = 5.64 W/cm^2 QE2 = 5.60 W/cm^2
QES = 5.59 W/cm^2 QEA = 5.60 W/cm^2
WB = 44.2 kW WFR = .40 kg/s
DTC = 84.3 K UB = .24 m/s
Re = 8086.

TEGRA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 1 TEMP FLUCTUATIONS

Table with 17 columns: Y11, TC11, RMS11, TC12, RMS12, Y13, TC13, RMS13, TC14, RMS14, Y15, TC15, RMS15, YBI, WFR, DTC, QEI, QES, QE2, QE4. Contains 20 rows of data.

TAB. A25.2

20-29-19 JUN10,1987 M063.DAT

Y21 = 3.11 mm Y24 = .45 mm
TBI = 295.8 C DTC = 80.6 K
QB1 = 21.9 W/cm^2 QB2 = 21.8 W/cm^2
QB3 = 21.7 W/cm^2 QB4 = 21.8 W/cm^2
NB = 171.8 kW DB = 1.00 w/g
Re = 33123. Fe = 184.2

TECHNA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 2 - TEMP FLUCTUATIONS

Table with 20 columns: Y21, TC21, RMS21, TC24, RMS24, Y22, TC22, RMS22, TC23, RMS23, X25, TC25, RMS25, NB1, NB2, NB3, NB4, NB, DB, TBO. Each column contains numerical data points for 20 different rows.

TAB. A26.1

08-05-43 J0922.1987 8094.DAT

FIGURA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 1 - TEMP FLUCTUATIONS

Y11 = 26.42 mm Y14 = 31.47 mm
TBI = 296.0 C TBO = 374.2 C
QB1 = 20.8 W/cm² QB2 = 20.8 W/cm²
QB3 = 20.6 W/cm² QB4 = 20.8 W/cm²
WB = 163.5 W MFR = 1.58 kg/s
DTC = 78.2 K DB = .59 m/s
Be = 32438. Pe = 180.7

Table with 18 columns: X11, X12, X13, X14, X15, X16, X17, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X24, X25, X26, X27, X28. Each column contains numerical data points representing temperature fluctuations across various probe locations.

08-05-43 JUN22,1987 8094.DAT

Y21 = 3.14 mm T24 = .48 mm
TBI = 296.0 C DTG = 78.2 K
QB1 = 20.8 W/cm^2 QB2 = 20.8 W/cm^2
QB3 = 20.6 V/cm^2 QB4 = 20.8 W/cm^2
WB = 163.5 kW UB = .98 m/s
Re = 32438. Fe = 180.7

TAB. A26.2

TCRMA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 2 TMRP FLUCTUATIONS

Table with 21 columns: Y21, TC21, RMS21, TC24, RMS24, Y22, TC22, RMS22, TC23, RMS23, Y25, TC25, RMS25, NB1, NB2, NB3, NB4, NB, UB, TEO. Contains multiple rows of numerical data.

TAB. A27.1

10-22-57 JUL17,1987 B408.DAT

Y11 = 28.43 mm Y14 = 31.48 mm
T80 = 299.3 C T80 = 378.2 C
QB1 = 20.9 W/cm^2 QB2 = 20.7 W/cm^2
QB3 = 20.6 W/cm^2 QB4 = 20.7 W/cm^2
WB = 163.3 IN WFR = 1.58 kg/s
DTC = 78.3 I UB = .98 w/s
Re = 32659. Pe = 180.8

TECNA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE 1 - TEMP FLUCTUATIONS

Table with 16 columns: X11, TC11, RMS11, RMS14, X12, TC12, RMS12, TC13, RMS13, X15, TC15, RMS15, YB1, WFR, DTC, QB1, QB2, QB3, QB4. The table contains numerical data for each parameter across 40 rows.

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
OUTER ROOS HEATED DIR A

TAB. A28

FIOLWSA.DAT

RE = 60.9E+03 PE = 359.22 MS = 3.18 (KG/S)
UB = 1.95 (M/S) QH1 = 7.36 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 7.42 (W/CM^2) NB = 29.05 (KW)
TEN = 297.91 (C) TND = 304.75 (C) TNM = 301.33 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		299.51	301.54	304.27	306.86	309.66
25.20	298.73	299.85	302.39	305.58	307.82	310.67
33.40		299.32	301.32	304.30	306.76	309.70
55.40		297.60	301.28	304.06	306.54	309.46
66.60		299.92	302.12	304.66	307.20	309.51
80.95	298.98	299.19	300.26	302.12	303.50	305.12
95.30		298.95	299.27	299.68	300.67	301.52
109.65		299.10	298.93	299.17	299.53	297.94
124.00		298.71	299.05	299.51	300.04	300.96
138.35	298.59	299.15	300.14	301.90	302.94	304.78
152.70		299.61	302.07	304.61	306.95	308.69
163.90		298.64	301.11	303.62	305.94	309.03
185.90		298.71	301.18	303.84	306.40	309.17
194.10	298.18	299.39	302.00	304.66	307.27	310.31
208.30		298.88	300.86	303.69	306.33	309.34
230.30		298.66	301.06	303.91	305.94	309.01
241.50		299.53	302.07	304.54	306.76	309.10
255.85	298.76	298.98	300.16	302.17	303.40	304.90
270.20		298.83	299.07	299.61	300.26	301.32
284.55		298.78	298.78	298.81	299.24	299.95
298.90		299.03	299.12	299.51	300.33	300.82
313.25	298.90	298.88	300.28	301.86	303.35	304.56
327.60		299.68	302.22	304.78	306.98	308.62
338.80		299.19	301.61	303.86	306.54	309.05

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
ROD 1 HEATED DIR A

TAB. A29.1

F25LWSA.DAT

RE = 60.5E+03 PE = 356.85 MS = 3.16 (KG/S)
 UB = 1.94 (M/S) QH1 = 14.98 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 0.00 (W/CM^2) NB = 29.50 (KW)
 TEN = 298.23 (C) TNO = 305.22 (C) TNM = 301.73 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		300.41	305.01	310.51	315.69	321.30
25.20	299.08	301.28	306.70	312.73	317.74	323.51
33.40		300.17	304.79	310.39	315.69	321.30
55.40		298.40	304.64	310.08	315.23	320.84
66.60		301.26	306.53	311.57	316.46	321.08
80.95	299.40	299.90	302.44	305.92	308.99	312.08
95.30		299.30	300.07	300.99	302.71	304.28
109.65		299.52	299.40	299.84	300.05	298.43
124.00		299.01	299.28	299.28	299.25	299.35
138.35	299.15	299.30	299.08	299.45	298.94	299.25
152.70		298.99	298.79	299.03	299.01	298.82
163.90		298.65	298.70	298.72	298.48	299.11
185.90		298.62	298.67	298.91	298.72	298.94
194.10	298.77	299.03	298.67	298.79	298.65	299.01
208.30		298.89	298.45	298.62	298.70	299.11
230.30		298.67	298.74	299.03	298.50	299.01
241.50		299.01	298.72	298.86	298.89	298.96
255.85	299.35	299.15	298.82	299.25	299.15	299.06
270.20		299.18	299.20	299.08	299.23	299.42
284.55		299.15	299.18	299.15	299.61	300.20
298.90		299.49	299.71	300.49	302.06	303.15
313.25	299.35	299.42	302.25	305.20	308.29	310.92
327.60		301.02	306.48	311.33	315.91	319.64
338.80		299.98	305.03	309.79	315.14	320.24

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
ROD 1 HEATED DIR B

TAB. A29.2

F25LWSB.DAT

RE = 60.2E+03 PE = 355.16 MS = 3.15 (KG/S)
 UB = 1.93 (M/S) QH1 = 14.98 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 0.00 (W/CM^2) NB = 29.49 (KW)
 TEN = 298.13 (C) TNO = 305.16 (C) TNM = 301.65 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		300.17	304.89	310.41	315.62	321.22
25.20	298.77	301.19	306.58	312.61	317.66	323.44
33.40		300.05	304.62	310.27	315.59	321.22
55.40		298.28	304.55	309.93	315.14	320.74
66.60		301.16	306.33	311.40	316.32	320.96
80.95	299.06	299.78	302.30	305.73	308.82	311.91
95.30		299.15	299.88	300.85	302.57	304.14
109.65		299.40	299.28	299.49	299.95	298.31
124.00		298.89	299.15	299.15	299.15	299.25
138.35	299.06	299.15	298.96	299.32	298.89	299.15
152.70		298.86	298.67	298.91	298.99	298.72
163.90		298.50	298.60	298.60	298.40	298.99
185.90		298.57	298.55	298.82	298.65	298.82
194.10	298.77	298.79	298.60	298.67	298.57	298.94
208.30		298.82	298.36	298.50	298.65	299.01
230.30		298.55	298.65	298.91	298.45	298.94
241.50		298.89	298.62	298.77	298.84	298.89
255.85	299.30	298.94	298.74	299.15	299.06	299.01
270.20		299.20	299.13	299.03	299.15	299.35
284.55		299.03	299.08	299.08	299.54	300.12
298.90		299.40	299.59	300.44	302.03	303.12
313.25	299.08	299.32	302.15	305.13	308.29	310.82
327.60		300.94	306.38	311.26	315.88	319.61
338.80		299.88	304.91	309.74	315.06	320.14

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
ROD 1 HEATED DIR A

TAB. A30.1

F26LWSA.DAT

RE = 30.3E+03 PE =177.55 MS = 1.57 (KG/S)
 UB = 0.96 (M/S) QH1 = 14.96 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 0.00 (W/CM^2) NB = 29.46 (KW)
 TEN =297.51 (C) TNO =311.58 (C) TNM =304.54 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		301.04	311.23	321.73	331.50	341.55
25.20	298.04	302.74	313.40	324.49	334.16	344.58
33.40		301.14	311.19	321.80	331.69	341.88
55.40		299.16	310.97	321.30	330.92	340.81
66.60		302.59	312.70	321.95	330.66	338.92
80.95	298.45	299.91	305.78	312.17	317.93	323.80
95.30		298.41	300.46	303.10	306.38	309.81
109.65		298.53	298.62	299.25	300.24	299.47
124.00		297.97	298.26	298.28	298.50	298.91
138.35	298.04	298.24	297.99	298.36	297.90	298.24
152.70		297.80	297.63	297.82	297.90	297.66
163.90		297.41	297.51	297.49	297.32	297.90
185.90		297.44	297.49	297.68	297.53	297.70
194.10	297.49	297.73	297.51	297.56	297.46	297.80
208.30		297.73	297.29	297.39	297.51	297.90
230.30		297.51	297.58	297.82	297.36	297.82
241.50		297.90	297.58	297.68	297.75	297.80
255.85	298.24	298.02	297.75	298.14	298.09	298.02
270.20		298.28	298.21	298.09	298.41	298.84
284.55		298.19	298.26	298.53	299.69	300.99
298.90		298.58	299.57	301.89	305.44	308.22
313.25	298.41	299.11	304.69	310.63	316.75	322.14
327.60		302.30	312.27	321.18	329.49	336.74
338.80		300.70	311.21	320.77	330.35	339.61

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
ROD 1 HEATED DIR B

TAB. A30.2

F26LWSB.DAT

RE = 29.9E+03 PE =175.67 MS = 1.55 (KG/S)
 UB = 0.95 (M/S) QH1 = 14.96 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 0.00 (W/CM^2) NB = 29.46 (KW)
 TEN =297.05 (C) TNO =311.27 (C) TNM =304.16 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		300.97	311.18	321.75	331.64	341.76
25.20	297.75	302.63	313.40	324.49	334.27	344.82
33.40		301.01	311.09	321.87	331.85	342.12
55.40		299.05	310.92	321.29	330.99	341.02
66.60		302.44	312.63	321.89	330.78	339.06
80.95	298.16	299.71	305.65	312.07	317.95	323.84
95.30		298.40	300.34	302.97	306.43	309.76
109.65		298.38	298.47	299.15	300.19	299.42
124.00		297.94	298.14	298.18	298.40	298.81
138.35	297.94	298.14	297.89	298.26	297.80	298.16
152.70		297.77	297.55	297.72	297.84	297.60
163.90		297.29	297.41	297.41	297.24	297.82
185.90		297.41	297.41	297.60	297.48	297.63
194.10	297.46	297.55	297.41	297.51	297.38	297.75
208.30		297.63	297.19	297.34	297.46	297.84
230.30		297.41	297.48	297.77	297.29	297.77
241.50		297.80	297.48	297.63	297.68	297.75
255.85	298.18	297.94	297.65	298.06	298.01	297.94
270.20		298.11	298.06	298.01	298.28	298.79
284.55		298.06	298.14	298.43	299.59	300.97
298.90		298.40	299.44	301.81	305.46	308.26
313.25	298.18	299.01	304.59	310.60	316.82	322.21
327.60		302.08	312.24	321.17	329.58	336.91
338.80		300.55	311.16	320.79	330.46	339.67

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
ROD 1 HEATED DIR A

TAB. A31.1

F24LWSA.DAT

RE = 15.3E+03 PE = 89.94 MS = 0.80 (KG/S)
 UB = 0.49 (M/S) QH1 = 7.44 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 0.00 (W/CM^2) NB = 14.66 (KW)
 TEN = 295.79 (C) TNO = 309.59 (C) TNM = 302.69 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		299.43	308.92	318.11	326.32	334.48
25.20	295.75	300.71	310.52	320.37	328.17	336.41
33.40		299.86	309.55	318.92	326.90	334.98
55.40		298.05	309.29	318.20	326.11	333.90
66.60		300.71	309.41	317.22	324.43	330.91
80.95	296.38	297.95	303.54	309.43	314.49	319.45
95.30		296.28	298.63	301.58	304.89	308.15
109.65		296.38	296.50	297.49	298.80	298.41
124.00		295.92	296.09	296.23	296.62	297.35
138.35	296.23	296.23	295.87	296.19	295.70	296.14
152.70		295.77	295.51	295.58	295.65	295.36
163.90		295.39	295.34	295.22	294.97	295.51
185.90		295.36	295.31	295.41	295.19	295.31
194.10	295.72	295.77	295.34	295.29	295.12	295.43
208.30		295.65	295.09	295.12	295.17	295.53
230.30		295.51	295.41	295.58	295.00	295.48
241.50		295.94	295.46	295.46	295.46	295.53
255.85	296.48	296.09	295.68	295.99	295.92	295.97
270.20		296.33	296.09	296.09	296.55	297.37
284.55		296.14	296.28	296.91	298.39	300.15
298.90		296.50	298.19	300.83	304.26	306.99
313.25	296.38	297.13	302.74	308.20	313.63	318.32
327.60		299.86	308.32	316.08	323.13	329.06
338.80		299.16	308.85	317.09	325.15	332.66

TEGENA 1 WALL TEMPERATURE
ROD 1 HEATED DIR B

TAB. A31.2

F24LWSB.DAT

RE = 15.2E+03 PE = 89.58 MS = 0.79 (KG/S)
 UB = 0.49 (M/S) QH1 = 7.42 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 0.00 (W/CM^2) NB = 14.61 (KW)
 TEN = 295.65 (C) TNO = 309.46 (C) TNM = 302.55 (C)

CP (MM)	ME0 (C)	ME1 (C)	ME2 (C)	ME3 (C)	ME4 (C)	ME5 (C)
11.00		299.82	309.34	318.47	326.64	334.72
25.20	295.85	301.17	310.98	320.73	328.49	336.70
33.40		300.30	309.89	319.26	327.21	335.29
55.40		298.49	309.72	318.56	326.40	334.19
66.60		301.08	309.75	317.50	324.67	331.22
80.95	296.40	298.22	303.81	309.63	314.74	319.79
95.30		296.33	298.78	301.73	305.16	308.47
109.65		296.31	296.55	297.54	298.95	298.66
124.00		295.77	296.04	296.28	296.72	297.54
138.35	296.11	295.99	295.75	296.16	295.80	296.31
152.70		295.56	295.44	295.63	295.80	295.61
163.90		295.19	295.34	295.31	295.17	295.80
185.90		295.22	295.29	295.53	295.41	295.63
194.10	295.44	295.51	295.29	295.39	295.31	295.73
208.30		295.51	295.10	295.24	295.39	295.82
230.30		295.29	295.39	295.65	295.19	295.80
241.50		295.68	295.39	295.46	295.58	295.77
255.85	296.33	295.80	295.53	295.94	295.97	296.11
270.20		296.11	296.02	296.07	296.65	297.52
284.55		296.02	296.26	296.96	298.51	300.30
298.90		296.55	298.32	300.98	304.41	307.19
313.25	296.36	297.32	302.94	308.44	313.82	318.52
327.60		300.13	308.61	316.35	323.44	329.25
338.80		299.53	309.19	317.41	325.44	332.87

13:11:05 JUL02,1987 M198.DAT <u>TAB. A32</u>													15:59:57 JUL01,1987 M190.DAT <u>TAB. A33</u>													12:20:38 JUN29,1987 M168.DAT <u>TAB. A34</u>												
TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MPI/2/3/4/5													TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MPI/2/3/4/5													TEGENA 2 - WALL TEMPERATURES CHANNEL PERIMETER MPI/2/3/4/5												
TBI = 318.2 C DTC = 59.0 K OB = .99 m/s Re = 33481. QH1 = 21.1 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ² QH3 = 20.9 W/cm ² QH4 = 21.0 W/cm ²													TBI = 333.8 C DTC = 40.7 K OB = .97 m/s Re = 33283. QH1 = 21.3 W/cm ² QH2 = .0 W/cm ² QH3 = .1 W/cm ² QH4 = 21.2 W/cm ²													TBI = 334.3 C DTC = 41.8 K OB = .96 m/s Re = 33010. QH1 = .0 W/cm ² QH2 = 21.7 W/cm ² QH3 = 21.5 W/cm ² QH4 = .0 W/cm ²												
C	P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	C	P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	C	P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	C	P	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5											
11.00		323.34	338.586	353.05	367.04	381.8		11.00	338.40	353.789	368.85	383.25	398.0		11.00	334.37	334.344	335.47	337.22	340.4		11.00	334.37	334.344	335.47	337.22	340.4											
25.20		323.72	339.089	354.45	368.47	384.0		25.20	339.64	355.643	371.65	385.83	401.2		25.20	334.10	334.799	335.49	336.57	339.4		25.20	334.10	334.799	335.49	336.57	339.4											
33.40		322.12	336.241	350.55	364.24	379.4		33.40	337.54	352.551	367.81	381.74	396.7		33.40	334.32	333.889	335.42	336.91	340.1		33.40	334.32	333.889	335.42	336.91	340.1											
55.40		322.62	336.265	349.28	362.77	377.4		55.40	337.56	352.694	366.38	380.08	394.5		55.40	333.92	334.536	336.28	338.75	342.7		55.40	333.92	334.536	336.28	338.75	342.7											
66.60		323.65	335.667	348.33	361.40	373.9		66.60	340.07	353.146	365.41	378.10	390.5		66.60	334.80	336.403	340.64	345.99	351.8		66.60	334.80	336.403	340.64	345.99	351.8											
81.00		319.57	326.222	335.83	345.68	356.0		81.00	335.43	341.482	350.12	359.19	368.7		81.00	336.69	344.554	353.73	362.46	371.8		81.00	336.69	344.554	353.73	362.46	371.8											
95.30		318.60	322.860	329.99	339.18	348.9		95.30	334.04	335.383	338.57	343.97	349.9		95.30	340.73	355.137	368.84	382.49	394.9		95.30	340.73	355.137	368.84	382.49	394.9											
109.70		320.99	329.222	338.28	348.42	357.6		109.70	334.31	334.426	335.67	338.28	341.5		109.70	338.60	353.066	369.12	384.70	398.8		109.70	338.60	353.066	369.12	384.70	398.8											
124.00		323.92	339.064	353.60	366.67	379.0		124.00	333.83	336.364	339.93	344.78	350.5		124.00	339.85	354.304	368.53	381.71	394.1		124.00	339.85	354.304	368.53	381.71	394.1											
138.40		322.14	338.251	355.43	371.03	386.7		138.40	336.01	344.348	352.53	361.02	370.3		138.40	335.76	343.599	353.26	361.89	370.9		138.40	335.76	343.599	353.26	361.89	370.9											
152.70		324.28	341.956	358.47	374.81	389.9		152.70	339.78	354.813	367.43	379.83	390.9		152.70	333.94	336.188	340.30	345.44	350.9		152.70	333.94	336.188	340.30	345.44	350.9											
163.90		321.61	338.060	353.57	369.32	385.6		163.90	336.58	352.146	366.69	380.43	394.4		163.90	333.41	334.057	335.57	338.08	342.2		163.90	333.41	334.057	335.57	338.08	342.2											
185.90		322.79	338.418	353.36	369.08	385.1		185.90	336.87	352.408	367.33	381.96	396.3		185.90	333.48	333.865	334.78	336.55	339.6		185.90	333.48	333.865	334.78	336.55	339.6											
194.10		324.76	340.284	355.40	371.50	387.6		194.10	339.43	355.360	370.22	385.20	400.1		194.10	333.87	333.841	334.44	336.09	339.0		194.10	333.87	333.841	334.44	336.09	339.0											
208.30		321.85	336.289	351.45	367.33	384.0		208.30	336.99	352.051	366.93	381.20	396.0		208.30	333.87	333.841	334.85	336.67	339.9		208.30	333.87	333.841	334.85	336.67	339.9											
230.30		322.16	336.768	352.00	367.31	384.6		230.30	336.84	352.003	366.34	379.59	394.1		230.30	333.75	334.608	336.43	338.34	342.5		230.30	333.75	334.608	336.43	338.34	342.5											
241.50		323.36	339.040	355.88	371.95	389.0		241.50	339.88	353.908	366.60	378.69	391.4		241.50	334.32	336.810	340.80	345.34	351.3		241.50	334.32	336.810	340.80	345.34	351.3											
255.90		321.32	336.337	353.02	368.44	384.6		255.90	335.60	343.035	362.53	360.83	370.5		255.90	336.55	345.508	354.26	362.60	371.2		255.90	336.55	345.508	354.26	362.60	371.2											
270.20		323.27	337.007	349.81	363.53	379.1		270.20	334.16	336.005	339.88	345.09	351.8		270.20	339.54	356.065	370.12	382.51	395.1		270.20	339.54	356.065	370.12	382.51	395.1											
284.60		319.52	326.655	335.67	345.85	358.2		284.60	334.04	334.569	336.17	339.23	343.2		284.60	337.84	354.018	370.62	385.54	400.2		284.60	337.84	354.018	370.62	385.54	400.2											
298.90		318.82	322.428	330.64	338.85	348.6		298.90	334.43	337.489	342.16	346.83	351.2		298.90	340.95	356.136	369.35	382.56	395.5		298.90	340.95	356.136	369.35	382.56	395.5											
313.30		320.67	329.797	339.14	348.52	357.9		313.30	336.20	346.043	355.22	363.58	371.1		313.30	336.55	345.485	354.45	362.77	372.3		313.30	336.55	345.485	354.45	362.77	372.3											
327.60		324.85	340.236	353.60	365.67	377.2		327.60	340.05	355.670	389.37	381.44	392.5		327.60	334.80	337.193	341.52	346.10	351.7		327.60	334.80	337.193	341.52	346.10	351.7											
338.80		322.64	338.275	352.10	365.95	380.0		338.80	337.70	353.408	367.74	381.96	395.8		338.80	334.39	335.158	336.40	339.06	342.7		338.80	334.39	335.158	336.40	339.06	342.7											

TEBENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR B

TAB. A35

F31012B.DAT

RE = 30.3E+03 PE = 178.82 MS = 1.59 (KG/S)
 UB = 0.97 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 7.79 (W/CM^2) NB = 15.29 (KW)
 TEN = 296.64 (C) X21 = 86.96 (MM) X22 = 88.79 (MM)

Y21 (MM)	Y22 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)	F2 MV	TEN (C)	QH4 (W/CM^2)
21.66	21.66	311.60	312.75	313.32	312.18	0.35	0.34	0.36	2.01	296.64	7.79
19.79	19.79	312.10	313.15	313.78	312.50	0.25	0.26	0.28	2.01	296.59	7.80
18.82	18.82	312.28	313.31	313.60	312.47	0.20	0.22	0.25	2.01	296.65	7.78
17.81	17.81	312.40	313.43	313.62	312.40	0.13	0.16	0.24	2.01	296.47	7.77
16.79	16.79	312.55	313.62	313.60	312.38	0.09	0.13	0.26	2.01	296.60	7.78
15.73	15.73	312.54	313.53	313.28	312.18	0.10	0.13	0.30	2.01	296.51	7.78
14.68	14.68	312.36	313.50	313.28	311.90	0.14	0.17	0.35	2.01	296.40	7.78
13.65	13.65	312.29	313.33	312.92	311.51	0.19	0.20	0.41	2.01	296.50	7.78
12.68	12.68	312.10	313.19	312.76	311.32	0.25	0.26	0.46	2.01	296.37	7.77
11.72	11.72	311.74	312.79	312.38	311.02	0.30	0.29	0.50	2.01	296.40	7.78
7.83	7.83	310.58	311.77	311.22	309.83	0.48	0.45	0.66	2.01	296.61	7.79
5.76	5.76	310.37	311.39	311.08	309.86	0.55	0.52	0.86	2.01	296.46	7.78
3.68	3.68	309.84	310.88	310.75	309.45	0.53	0.52	0.54	2.01	296.39	7.79

TEBENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR A

TAB. A36

F37045A.DAT

RE = 30.1E+03 PE = 178.18 MS = 1.58 (KG/S)
 UB = 0.97 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 7.58 (W/CM^2) NB = 14.88 (KW)
 TEN = 296.19 (C) X21 = 115.78 (MM) X22 = 117.61 (MM)

Y21 (MM)	Y22 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)	F2 MV	TEN (C)	QH4 (W/CM^2)
7.73	7.73	319.05	318.91	318.41	318.38	0.06	0.06	0.09	2.01	296.19	7.58
9.72	9.72	319.83	319.51	318.89	319.02	0.07	0.06	0.11	2.01	296.22	7.58
11.61	11.61	320.72	320.29	319.67	319.92	0.07	0.06	0.11	2.01	296.55	7.60
13.56	13.56	321.34	320.74	320.26	320.75	0.05	0.05	0.10	2.01	296.49	7.62
14.57	14.57	321.62	320.91	320.55	321.05	0.04	0.04	0.09	2.02	296.22	7.64
15.61	15.61	321.90	321.19	320.94	321.60	0.03	0.04	0.08	2.02	296.54	7.66
16.65	16.65	321.91	321.20	321.14	321.81	0.03	0.04	0.07	2.02	296.36	7.67
17.69	17.69	321.78	321.08	321.21	321.94	0.04	0.04	0.06	2.02	296.54	7.68
18.71	18.71	321.83	321.17	321.43	322.15	0.05	0.05	0.06	2.03	296.24	7.72
19.69	19.69	321.36	320.74	321.14	321.84	0.05	0.05	0.08	2.02	296.70	7.67
21.58	21.58	320.55	320.03	320.66	321.24	0.07	0.06	0.10	2.02	295.59	7.68

TEBENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR A

TAB. A37

F35044A.DAT

RE = 30.3E+03 PE = 179.07 MS = 1.59 (KG/S)
 UB = 0.97 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 7.78 (W/CM^2) NB = 15.27 (KW)
 TEN = 296.68 (C) X21 = 101.38 (MM) X22 = 103.21 (MM)

Y21 (MM)	Y24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)	TEN (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
2.24	0.41	319.59	320.14	319.49	318.88	0.19	0.13	0.26	296.68	7.78	1.59
2.35	0.52	319.59	320.13	319.40	318.72	0.20	0.14	0.30	296.40	7.77	1.59
2.55	0.72	319.64	320.26	319.43	318.72	0.18	0.13	0.30	296.54	7.79	1.59
2.74	0.91	319.88	320.49	319.59	318.93	0.17	0.13	0.30	296.61	7.79	1.59
2.93	1.10	319.93	320.56	319.55	318.89	0.17	0.12	0.32	296.69	7.78	1.59
3.12	1.29	320.34	320.95	319.84	319.20	0.15	0.12	0.32	296.73	7.79	1.59

TAB. 2 TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE DIR B

TAB. A38

F30LWSB.DAT

RE = 30.0E+03 PE = 177.37 MS = 1.57 (KG/S)
 UB = 0.96 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 7.39 (W/CM^2) NS = 14.50 (KW)
 TEN = 296.71 (C) Y21 = 2.71 (MM) Y24 = 0.98 (MM)

X21 (MM)	X22 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)	QH4 (W/CM^2)	TNO (C)	TNM (C)
56.94	58.77	297.60	297.72	297.84	297.51	0.09	0.13	0.16	7.39	303.63	300.17
58.89	60.71	297.82	298.01	298.27	297.80	0.12	0.17	0.17	7.39	303.59	300.14
60.89	62.72	298.22	298.49	298.63	298.20	0.15	0.22	0.19	7.39	303.65	300.19
62.96	64.79	298.45	298.76	298.94	298.41	0.20	0.28	0.22	7.37	303.64	300.18
64.96	66.79	298.81	299.33	299.52	298.93	0.27	0.33	0.26	7.38	303.47	300.02
66.89	68.72	299.21	299.92	300.04	299.21	0.32	0.37	0.32	7.36	303.45	300.00
68.85	70.68	300.28	301.18	301.22	300.27	0.37	0.39	0.37	7.32	303.69	300.25
70.86	72.69	301.20	302.00	302.17	301.17	0.37	0.39	0.41	7.33	303.69	300.24
72.96	74.79	302.07	302.93	302.94	301.90	0.38	0.41	0.44	7.31	303.33	299.90
74.95	76.78	303.21	304.06	304.06	303.08	0.41	0.45	0.46	7.32	303.21	299.77
76.89	78.72	304.20	305.30	304.95	304.04	0.45	0.50	0.46	7.30	303.56	300.11
78.85	80.68	305.36	306.32	306.06	305.05	0.50	0.53	0.45	7.31	303.38	299.95
80.88	82.71	306.35	307.14	306.89	306.00	0.49	0.49	0.41	7.31	303.23	299.79
82.97	84.80	307.32	307.99	307.96	306.95	0.49	0.48	0.40	7.33	303.44	300.00
84.96	86.79	308.16	308.97	308.99	307.84	0.48	0.48	0.39	7.32	303.77	300.33
86.91	88.74	309.37	310.25	310.21	309.13	0.46	0.47	0.40	7.31	303.67	300.24
88.86	90.69	310.25	311.52	311.31	309.98	0.45	0.46	0.40	7.31	303.46	300.03
90.89	92.72	311.51	312.89	312.77	311.32	0.45	0.47	0.39	7.37	303.39	299.93
92.97	94.80	312.71	314.07	314.01	312.62	0.46	0.47	0.39	7.36	303.60	300.15
94.97	96.80	314.36	315.72	315.50	313.95	0.44	0.41	0.38	7.37	303.56	300.11
96.91	98.74	315.99	317.49	316.97	315.56	0.39	0.33	0.37	7.37	303.56	300.11
98.86	100.69	317.37	318.51	317.78	316.70	0.31	0.24	0.33	7.38	303.15	299.69
100.89	102.72	318.71	319.41	318.58	317.81	0.20	0.15	0.26	7.37	303.52	300.06
102.97	104.80	319.15	319.34	318.60	318.23	0.11	0.10	0.19	7.35	303.42	299.97
104.96	106.79	319.47	319.37	318.73	318.68	0.05	0.09	0.14	7.35	303.33	299.88
106.90	108.73	319.00	318.70	318.19	318.34	0.05	0.11	0.14	7.35	303.68	300.23
108.86	110.69	318.46	318.13	317.76	317.93	0.06	0.10	0.15	7.34	303.58	300.13
110.87	112.70	318.28	318.01	317.84	317.92	0.06	0.10	0.14	7.36	303.52	300.07

TAB. A39

RE = 30.4E+03 PE = 179.55 MS = 1.59 (KG/S) TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE DIR A
 UB = 0.98 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 7.86 (W/CM^2) NS = 15.44 (KW)
 TEN = 296.32 (C) Y21 = 17.11 (MM) Y24 = 15.28 (MM) F32L43A.DAT

X21 (MM)	X22 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)	TEN (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
87.36	89.19	313.14	314.29	314.38	312.98	0.11	0.12	0.28	296.32	7.86	1.59
87.26	89.09	312.92	314.14	314.20	312.73	0.11	0.13	0.31	296.50	7.89	1.60
87.12	88.95	312.73	313.89	313.92	312.65	0.11	0.13	0.30	296.67	7.88	1.59
87.08	88.91	312.73	313.84	313.91	312.65	0.10	0.13	0.29	296.67	7.88	1.59
86.88	88.71	312.77	313.71	313.83	312.64	0.10	0.14	0.30	296.82	7.89	1.59
86.69	88.52	312.65	313.56	313.57	312.51	0.09	0.14	0.29	296.97	7.88	1.60
86.50	88.33	312.83	313.62	313.69	312.70	0.09	0.14	0.29	296.61	7.88	1.59

TAB. A40

RE = 30.2E+03 PE = 176.43 MS = 1.58 (KG/S) TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE DIR A
 UB = 0.97 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 7.63 (W/CM^2) NS = 14.98 (KW)
 TEN = 296.39 (C) Y21 = 17.11 (MM) Y24 = 15.28 (MM) F38L44A.DAT

X21 (MM)	X22 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)	TEN (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
115.30	118.13	321.81	321.32	321.35	321.84	0.05	0.07	0.26	296.39	7.63	1.58
116.12	117.95	321.72	321.16	321.17	321.74	0.05	0.08	0.25	296.50	7.63	1.58
115.92	117.75	321.76	321.12	321.14	321.79	0.05	0.07	0.25	296.52	7.62	1.58
115.74	117.57	321.86	321.14	321.17	321.92	0.04	0.08	0.25	296.44	7.61	1.58
115.54	117.37	322.20	321.36	321.38	322.20	0.04	0.08	0.25	296.45	7.61	1.58
115.35	117.18	322.25	321.32	321.33	322.24	0.04	0.08	0.25	296.25	7.61	1.58

TAB. A41

RE = 30.5E+03 PE = 180.13 MS = 1.60 (KG/S) TESENA 1 FLUID TEMPERATURE
 UB = 0.98 (M/S) BH1 = 0.00 (W/CM^2) BH2 = 0.00 (W/CM^2) DIR A
 BH3 = 0.00 (W/CM^2) BH4 = 7.98 (W/CM^2) NB = 15.47 (KW)
 TEN = 296.60 (C) A22 = -44.97 (DEG) A21 = -48.51 (DEG) F33D43A.DAT

R22 (MM)	A22 (DEG)	R21 (MM)	A21 (DEG)	R24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)
19.62	-44.97	20.95	-48.51	22.20	309.33	310.58	310.36	309.19	0.46	0.47	0.41
19.07	-45.02	20.40	-48.66	21.66	310.02	311.25	311.07	309.71	0.48	0.49	0.43
18.37	-45.02	19.71	-48.78	20.96	310.37	311.38	311.48	310.14	0.51	0.53	0.50
17.69	-45.06	19.03	-48.95	20.28	310.79	311.77	311.76	310.16	0.52	0.52	0.54
16.99	-45.08	18.33	-49.12	19.58	311.11	312.37	311.95	310.69	0.53	0.53	0.59
16.28	-45.20	17.63	-49.39	18.87	311.47	312.78	312.48	311.10	0.50	0.49	0.60
15.55	-45.25	16.90	-49.62	18.14	312.03	313.60	312.70	311.49	0.48	0.46	0.62
14.84	-45.32	16.19	-49.88	17.42	312.23	313.58	313.06	311.67	0.46	0.42	0.63
14.10	-45.38	15.46	-50.15	16.69	313.12	314.59	313.89	312.25	0.41	0.36	0.61
13.37	-45.43	14.73	-50.44	15.96	313.49	315.15	314.27	312.81	0.34	0.27	0.56

TAB. A42

RE = 30.1E+03 PE = 177.90 MS = 1.58 (KG/S) TESENA 1 FLUID TEMPERATURE
 UB = 0.97 (M/S) BH1 = 0.00 (W/CM^2) BH2 = 0.00 (W/CM^2) DIR B
 BH3 = 0.00 (W/CM^2) BH4 = 7.73 (W/CM^2) NB = 15.17 (KW)
 TEN = 296.31 (C) A22 = -45.44 (DEG) A21 = -50.44 (DEG) F33D43B.DAT

R22 (MM)	A22 (DEG)	R21 (MM)	A21 (DEG)	R24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)
13.37	-45.44	14.73	-50.44	15.96	313.29	314.92	314.32	312.62	0.34	0.28	0.56
13.94	-45.31	15.29	-50.14	16.53	312.66	314.30	313.82	312.11	0.41	0.36	0.61
14.57	-45.26	16.02	-49.87	17.26	312.23	313.56	313.23	311.74	0.46	0.42	0.63
15.41	-45.22	16.76	-49.63	17.99	311.66	312.86	312.53	311.00	0.45	0.44	0.60
16.11	-45.16	17.48	-49.39	18.70	311.35	312.45	312.30	310.63	0.51	0.49	0.62
16.85	-45.12	18.19	-49.19	19.43	310.80	312.02	311.80	310.46	0.52	0.50	0.57
17.56	-45.01	18.90	-48.93	20.15	310.38	311.59	311.55	310.10	0.52	0.51	0.55
18.26	-44.98	19.59	-48.76	20.84	309.98	311.12	311.12	309.73	0.50	0.51	0.50
18.95	-44.97	20.29	-48.63	21.54	309.62	310.57	310.52	309.31	0.48	0.49	0.45
19.63	-44.98	20.96	-48.52	22.22	309.21	310.12	310.16	308.95	0.45	0.46	0.39

TAB. A43

RE = 30.4E+03 PE = 179.60 MS = 1.59 (KG/S) TESENA 1 FLUID TEMPERATURE
 UB = 0.98 (M/S) BH1 = 0.00 (W/CM^2) BH2 = 0.00 (W/CM^2) DIR A
 BH3 = 0.00 (W/CM^2) BH4 = 7.69 (W/CM^2) NB = 15.10 (KW)
 TEN = 296.21 (C) A21 = 44.72 (DEG) A22 = 48.66 (DEG) F36D44A.DAT

R21 (MM)	A21 (DEG)	R22 (MM)	A22 (DEG)	R23 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)
17.58	44.72	18.91	48.66	20.16	318.17	318.10	317.90	317.82	0.09	0.08	0.14
16.94	44.92	18.28	48.99	19.53	318.29	318.15	317.85	317.85	0.10	0.09	0.14
16.21	44.91	17.55	49.15	18.79	318.51	318.23	317.90	317.96	0.11	0.11	0.15
15.49	45.01	16.84	49.41	18.08	318.93	318.57	318.08	318.24	0.12	0.12	0.17
14.75	45.01	16.09	49.62	17.34	319.40	318.85	318.32	318.57	0.12	0.13	0.17
14.04	45.08	15.39	49.90	16.63	319.74	319.14	318.46	318.81	0.12	0.14	0.18
13.28	45.07	14.63	50.14	15.86	320.41	319.66	318.84	319.28	0.10	0.14	0.18

TAB. A44

RE = 30.2E+03 PE = 178.67 MS = 1.58 (KG/S) TESENA 1 FLUID TEMPERATURE
 UB = 0.97 (M/S) BH1 = 0.00 (W/CM^2) BH2 = 0.00 (W/CM^2) DIR B
 BH3 = 0.00 (W/CM^2) BH4 = 7.63 (W/CM^2) NB = 14.97 (KW)
 TEN = 296.24 (C) A21 = 45.07 (DEG) A22 = 50.14 (DEG) F36D44B.DAT

R21 (MM)	A21 (DEG)	R22 (MM)	A22 (DEG)	R23 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS24 (K)
13.28	45.07	14.63	50.14	15.86	320.34	319.55	318.73	319.23	0.10	0.14	0.18
13.89	45.10	15.24	49.96	16.48	319.99	319.27	318.59	318.98	0.11	0.14	0.18
14.63	45.04	15.98	49.68	17.22	319.39	318.88	318.29	318.55	0.11	0.12	0.17
15.36	45.03	16.70	49.47	17.95	318.85	318.45	317.95	318.14	0.11	0.12	0.16
16.01	44.71	17.35	49.01	18.60	318.47	318.17	317.78	317.87	0.11	0.11	0.15
16.81	44.91	18.15	49.01	19.40	318.17	318.00	317.72	317.73	0.10	0.10	0.14
17.50	44.87	18.83	48.82	20.09	318.01	317.92	317.75	317.65	0.09	0.08	0.13

TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR A

TAB. A45

F70K43A.DAT

RE = 30.4E+03 PE = 177.41 MS = 1.57 (KG/S)
 UB = 0.95 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 14.93 (W/CM^2) NB = 29.32 (KW)
 TEN = 299.42 (C) R22 = 13.04 (MM) R21 = 13.16 (MM)

A22 (DEG)	R22 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
0.02	13.04	-6.99	14.98	344.20	345.68	344.07	341.08	0.54	0.30	0.44	0.60
-9.99	13.07	-15.57	15.26	341.41	344.01	342.57	338.64	0.65	0.42	0.63	0.77
-19.64	13.06	-23.76	15.43	338.96	342.08	340.83	336.25	0.77	0.53	0.88	1.00
-29.63	13.00	-32.16	15.51	335.94	339.34	338.19	333.05	0.42	0.30	0.55	0.61
-39.86	12.96	-40.72	15.54	334.06	337.08	336.02	331.31	0.79	0.54	1.10	1.21
-44.99	12.95	-44.99	15.54	333.06	336.50	335.11	330.39	0.76	0.50	1.06	1.19
-50.20	12.96	-49.34	15.53	332.47	335.45	334.68	329.75	0.74	0.48	0.97	1.15
-60.27	12.98	-57.75	15.49	330.86	333.99	333.54	328.78	0.73	0.44	0.78	1.03
-69.79	13.03	-65.75	15.41	330.78	333.32	333.09	328.27	0.67	0.40	0.68	0.96
-79.53	13.00	-73.99	15.21	330.96	333.43	332.74	328.57	0.50	0.34	0.62	0.80
-89.83	12.98	-82.81	14.93	331.22	333.59	333.70	329.71	0.37	0.25	0.43	0.49

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TNO (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
-7.96	13.16	0.02	13.04	0.01	14.87	-6.99	14.98	299.42	313.45	14.93	1.57
-17.66	13.51	-9.99	13.07	-8.76	14.87	-15.57	15.26	299.46	313.51	14.95	1.57
-26.82	13.79	-19.64	13.06	-17.25	14.79	-23.76	15.43	299.58	313.83	15.35	1.59
-36.16	14.00	-29.63	13.00	-26.08	14.62	-32.16	15.51	299.58	313.81	15.33	1.59
-45.54	14.20	-39.86	12.96	-35.20	14.41	-40.72	15.54	299.69	313.93	15.36	1.59
-50.18	14.31	-44.99	12.95	-39.80	14.31	-44.99	15.54	299.77	314.01	15.35	1.59
-54.86	14.41	-50.20	12.96	-44.52	14.20	-49.34	15.53	299.57	313.78	15.31	1.59
-63.83	14.60	-60.27	12.98	-53.74	13.98	-57.75	15.49	299.27	313.49	15.37	1.59
-72.24	14.76	-69.79	13.03	-62.62	13.77	-65.75	15.41	299.52	313.73	15.38	1.60
-80.81	14.81	-79.53	13.00	-71.84	13.46	-73.99	15.21	299.49	313.72	15.37	1.59
-89.65	14.81	-89.83	12.98	-81.81	13.12	-82.81	14.93	299.49	313.73	15.37	1.59

TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE
DIR B

TAB. A46

F70K43B.DAT

RE = 30.7E+03 PE = 179.23 MS = 1.58 (KG/S)
 UB = 0.97 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 15.24 (W/CM^2) NB = 29.92 (KW)
 TEN = 299.71 (C) R22 = 13.04 (MM) R21 = 14.87 (MM)

A22 (DEG)	R22 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
-90.05	13.04	-83.03	14.98	331.33	333.65	333.79	329.56	0.41	0.27	0.44	0.50
-79.78	13.06	-74.23	15.26	330.80	333.38	332.97	328.62	0.52	0.35	0.61	0.79
-70.17	13.10	-66.09	15.48	330.86	333.56	333.07	328.34	0.71	0.42	0.70	0.97
-60.67	13.04	-58.09	15.55	331.17	334.15	333.50	328.96	0.69	0.41	0.77	1.00
-50.79	12.99	-49.82	15.57	332.19	335.43	334.63	329.95	0.77	0.49	0.96	1.12
-45.52	12.97	-45.43	15.56	332.91	336.17	334.89	330.42	0.80	0.52	1.05	1.18
-40.39	12.95	-41.16	15.53	333.82	336.97	335.82	331.14	0.81	0.55	1.09	1.19
-33.67	13.51	-35.48	16.06	334.06	337.34	336.17	331.54	0.90	0.69	1.15	1.20
-29.93	12.98	-32.42	15.49	336.88	339.25	337.95	333.38	0.84	0.59	1.10	1.20
-20.10	13.03	-24.15	15.42	338.83	342.10	340.42	336.04	0.81	0.56	0.92	1.03
-10.32	13.04	-15.86	15.24	342.02	344.68	342.97	339.13	0.70	0.45	0.65	0.80
-0.38	13.03	-7.35	14.98	344.91	346.44	344.93	341.60	0.51	0.29	0.44	0.57

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TNO (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
-90.04	14.87	-90.05	13.04	-82.06	13.17	-83.03	14.98	299.71	313.88	15.24	1.58
-81.03	14.87	-79.78	13.06	-72.12	13.51	-74.23	15.26	299.65	313.83	15.29	1.59
-72.57	14.83	-70.17	13.10	-63.02	13.82	-66.09	15.48	299.44	313.64	15.30	1.59
-64.17	14.67	-60.67	13.04	-54.14	14.03	-58.09	15.55	299.67	313.87	15.30	1.59
-55.38	14.46	-50.79	12.99	-45.06	14.22	-49.82	15.57	299.43	313.61	15.28	1.59
-50.65	14.33	-45.52	12.97	-40.28	14.31	-45.43	15.56	299.49	313.69	15.29	1.59
-46.02	14.20	-40.39	12.95	-35.66	14.39	-41.16	15.53	299.26	313.47	15.29	1.59
-39.65	14.60	-33.67	13.51	-29.81	15.07	-35.48	16.06	299.33	313.54	15.31	1.59
-36.45	13.98	-29.93	12.98	-26.34	14.59	-32.42	15.49	299.38	313.60	15.34	1.59
-27.27	13.77	-20.10	13.03	-17.65	14.76	-24.15	15.42	299.53	313.75	15.35	1.59
-17.99	13.49	-10.32	13.04	-9.05	14.64	-15.86	15.24	299.55	313.77	15.35	1.59
-8.37	13.17	-0.38	13.03	-0.33	14.86	-7.35	14.98	299.47	313.66	15.31	1.59

TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE DIR A

TAB. A47

F70K44A.DAT

RE = 30.5E+03 PE = 178.40 MS = 1.58 (KG/S)
 UB = 0.97 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 15.11 (W/CM^2) NB = 29.68 (KW)
 TEN = 299.51 (C) R22 = 14.91 (MM) R21 = 13.08 (MM)

A21 (DEG)	R21 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
89.83	13.08	82.85	15.03	350.47	348.54	348.65	349.15	0.30	0.17	0.25	0.23
79.67	13.09	74.15	15.29	350.26	348.32	347.73	347.98	0.33	0.20	0.32	0.28
70.02	13.09	65.97	15.47	349.17	347.33	346.21	346.33	0.37	0.27	0.37	0.34
60.51	13.02	57.95	15.53	348.28	346.24	345.05	345.01	0.33	0.28	0.39	0.34
50.52	12.98	49.60	15.56	347.55	345.69	344.32	344.27	0.36	0.28	0.37	0.33
45.44	12.97	45.37	15.56	347.28	345.50	344.17	343.88	0.37	0.27	0.35	0.31
40.05	13.00	40.87	15.58	347.27	345.60	344.19	343.84	0.33	0.24	0.34	0.30
29.90	13.01	32.39	15.52	347.11	345.69	344.23	343.60	0.35	0.24	0.33	0.27
20.01	13.06	24.07	15.45	347.07	345.99	344.57	343.66	0.31	0.21	0.29	0.21
10.26	13.05	15.81	15.25	346.59	346.23	344.78	343.27	0.31	0.18	0.25	0.23
0.23	13.04	7.22	14.99	345.66	346.33	344.73	342.48	0.38	0.19	0.29	0.42

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TND (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
89.83	13.08	89.85	14.91	82.85	15.03	81.87	13.21	299.51	313.64	15.11	1.58
79.67	13.09	80.94	14.89	74.15	15.29	72.03	13.54	299.49	313.56	15.05	1.58
70.02	13.09	72.44	14.82	65.97	15.47	62.87	13.82	299.33	313.41	15.05	1.58
60.51	13.02	64.03	14.65	57.95	15.53	53.98	14.02	299.24	313.32	15.02	1.57
50.52	12.98	55.14	14.44	49.60	15.56	44.82	14.21	299.13	313.22	15.01	1.57
45.44	12.97	50.58	14.33	45.37	15.56	40.22	14.31	299.34	313.38	14.95	1.57
40.05	13.00	45.70	14.24	40.87	15.58	35.38	14.45	299.43	313.50	15.01	1.57
29.90	13.01	35.40	14.01	32.39	15.52	26.32	14.62	299.48	313.60	15.03	1.57
20.01	13.06	27.17	13.80	24.07	15.45	17.59	14.79	299.43	313.50	15.00	1.57
10.26	13.05	17.92	13.50	15.81	15.25	9.00	14.86	299.56	313.60	14.93	1.57
0.23	13.04	8.22	13.17	7.22	14.99	0.20	14.87	299.48	313.56	14.97	1.57

TEGENA 1 FLUID TEMPERATURE DIR B

TAB. A48

F70K44B.DAT

RE = 30.7E+03 PE = 179.18 MS = 1.58 (KG/S)
 UB = 0.97 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 15.26 (W/CM^2) NB = 29.97 (KW)
 TEN = 299.51 (C) R22 = 13.15 (MM) R21 = 13.03 (MM)

A21 (DEG)	R21 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
-0.07	13.03	8.95	14.97	346.18	346.93	345.29	342.91	0.41	0.20	0.30	0.39
10.00	13.07	15.59	15.26	347.19	346.77	345.31	343.76	0.35	0.20	0.27	0.23
19.66	13.06	23.77	15.44	347.38	346.30	344.87	343.82	0.35	0.23	0.32	0.24
29.47	13.00	32.03	15.51	347.60	346.11	344.68	344.02	0.37	0.24	0.34	0.30
39.71	12.94	40.59	15.52	347.76	346.03	344.70	344.15	0.41	0.27	0.35	0.31
44.96	12.95	44.96	15.53	347.89	346.05	344.66	344.34	0.41	0.28	0.36	0.31
50.19	12.94	49.32	15.52	347.91	346.00	344.74	344.55	0.39	0.28	0.37	0.33
60.28	12.99	57.76	15.50	348.72	346.62	345.46	345.39	0.38	0.29	0.39	0.34
69.78	13.03	65.74	15.42	349.34	347.29	346.31	346.21	0.43	0.29	0.40	0.35
79.53	13.02	74.00	15.23	350.24	348.31	347.71	347.80	0.37	0.24	0.37	0.32
89.84	12.99	82.82	14.94	350.18	348.20	348.37	348.65	0.38	0.19	0.30	0.25

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TND (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
-0.07	13.03	7.91	13.15	6.95	14.97	-0.06	14.86	299.51	313.72	15.26	1.58
10.00	13.07	17.67	13.51	15.59	15.26	8.78	14.87	299.53	313.69	15.27	1.57
19.66	13.06	26.84	13.78	23.77	15.44	17.27	14.79	299.36	313.53	15.24	1.58
29.47	13.00	36.00	13.99	32.03	15.51	25.94	14.62	299.55	313.72	15.22	1.58
39.71	12.94	45.41	14.18	40.59	15.52	35.05	14.40	299.60	313.72	15.19	1.59
44.96	12.95	50.15	14.30	44.96	15.53	39.77	14.30	299.54	313.67	15.17	1.58
50.19	12.94	54.86	14.40	49.32	15.52	44.50	14.19	299.40	313.54	15.17	1.58
60.28	12.99	63.84	14.60	57.76	15.50	53.75	13.98	299.25	313.38	15.19	1.59
69.78	13.03	72.23	14.76	65.74	15.42	62.61	13.77	299.41	313.51	15.10	1.58
79.53	13.02	80.82	14.83	74.00	15.23	71.86	13.48	299.34	313.45	15.08	1.58
89.84	12.99	89.86	14.82	82.82	14.94	81.83	13.13	299.12	313.16	15.00	1.58

TAB. A49

F71K43A.DAT

RE = 30.8E+03 PE = 180.34 MS = 1.59 (KG/S)
 UB = 0.98 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 15.49 (W/CM^2) NB = 30.42 (KW)
 TEN = 298.75 (C) R22 = 13.51 (MM) R21 = 13.63 (MM)

A22 (DEG)	R22 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
-0.01	13.51	-8.81	15.45	344.00	345.43	344.19	340.95	0.55	0.32	0.41	0.53
-9.93	13.56	-15.35	15.75	341.34	343.76	342.79	338.66	0.73	0.51	0.59	0.69
-19.63	13.55	-23.62	15.92	337.48	340.82	339.68	335.26	0.88	0.65	0.86	0.94
-29.67	13.52	-32.11	16.03	334.62	337.75	336.62	331.89	0.95	0.74	1.16	1.22
-39.83	13.48	-40.66	16.06	332.27	335.68	334.45	329.65	0.88	0.65	1.19	1.24
-45.04	13.47	-45.04	16.06	331.71	334.76	333.79	329.88	0.87	0.63	1.16	1.25
-50.16	13.46	-49.33	16.04	330.82	334.05	333.23	328.15	0.86	0.60	1.11	1.27
-56.76	13.99	-54.93	16.53	329.31	332.11	331.52	327.21	0.93	0.65	1.10	1.28
-66.17	13.87	-62.88	16.31	328.94	331.57	331.23	326.70	0.82	0.56	0.91	1.14
-69.78	13.52	-65.87	15.91	329.20	331.98	331.70	326.73	0.74	0.49	0.80	1.02
-79.60	13.52	-74.23	15.72	329.94	332.11	331.65	327.46	0.52	0.41	0.71	0.79
-89.82	13.48	-83.03	15.42	330.26	332.15	332.34	328.57	0.38	0.28	0.51	0.47

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TNO (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
-7.72	13.63	-0.01	13.51	-0.01	15.34	-8.81	15.45	298.75	313.07	15.49	1.59
-17.34	13.99	-9.93	13.56	-8.76	15.36	-15.35	15.75	298.87	313.16	15.51	1.60
-26.57	14.27	-19.63	13.55	-17.33	15.28	-23.62	15.92	298.96	313.26	15.46	1.59
-35.96	14.51	-29.67	13.52	-26.24	15.14	-32.11	16.03	298.78	313.06	15.49	1.60
-45.31	14.72	-39.83	13.48	-35.33	14.93	-40.66	16.06	298.77	313.07	15.50	1.60
-50.05	14.82	-45.04	13.47	-40.03	14.82	-45.04	16.06	298.84	313.14	15.50	1.60
-54.67	14.91	-50.16	13.46	-44.68	14.70	-49.33	16.04	298.77	313.06	15.45	1.59
-60.46	15.55	-56.76	13.99	-50.93	15.07	-54.93	16.53	298.72	312.98	15.46	1.60
-68.89	15.56	-62.88	13.87	-59.63	14.71	-62.88	16.31	298.65	312.93	15.52	1.60
-72.16	15.25	-69.78	13.52	-62.86	14.26	-65.87	15.91	298.66	312.95	15.49	1.60
-80.84	15.32	-79.60	13.52	-72.19	13.97	-74.23	15.72	298.64	312.92	15.48	1.60
-89.84	15.31	-89.82	13.48	-82.09	13.61	-83.03	15.42	298.54	312.85	15.52	1.60

TAB. A50

F71K43B.DAT

RE = 31.0E+03 PE = 181.48 MS = 1.61 (KG/S)
 UB = 0.99 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 15.57 (W/CM^2) NB = 30.58 (KW)
 TEN = 298.31 (C) R22 = 13.48 (MM) R21 = 15.31 (MM)

A22 (DEG)	R22 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
-89.83	13.48	-83.04	15.43	330.13	331.96	332.25	328.27	0.45	0.33	0.51	0.47
-79.64	13.55	-74.28	15.75	329.42	331.73	331.50	326.95	0.52	0.40	0.71	0.78
-70.17	13.56	-66.21	15.94	328.91	331.56	331.16	326.86	0.73	0.49	0.80	1.02
-60.70	13.52	-58.20	16.03	329.23	332.52	331.92	327.23	0.85	0.53	0.95	1.17
-50.71	13.51	-49.80	16.08	330.15	333.27	332.47	327.50	0.85	0.59	1.10	0.64
-45.52	13.49	-45.44	16.08	331.28	334.23	333.35	328.61	0.89	0.64	1.16	1.27
-40.26	13.49	-41.02	16.07	332.24	335.13	334.32	329.51	0.85	0.66	1.19	0.63
-29.91	13.50	-32.32	16.01	333.74	337.25	336.07	331.30	0.91	0.70	1.14	1.18
-20.03	13.54	-23.96	15.92	337.23	340.35	339.43	334.71	0.87	0.64	0.86	0.94
-10.33	13.54	-15.70	15.73	340.55	343.14	342.04	338.11	0.74	0.51	0.59	0.69
-0.36	13.51	-7.11	15.46	343.41	344.84	343.62	340.42	0.55	0.32	0.43	0.53

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TNO (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
-89.85	15.31	-89.83	13.48	-82.11	13.61	-83.04	15.43	298.31	312.61	15.57	1.61
-80.86	15.36	-79.64	13.55	-72.25	14.00	-74.28	15.75	298.33	312.65	15.54	1.60
-72.50	15.30	-70.17	13.56	-63.25	14.29	-66.21	15.94	298.33	312.60	15.49	1.60
-64.09	15.14	-60.70	13.52	-54.38	14.50	-58.20	16.03	298.47	312.75	15.49	1.60
-55.15	14.97	-50.71	13.51	-45.20	14.73	-49.80	16.08	298.20	312.53	15.56	1.60
-50.47	14.85	-45.52	13.49	-40.47	14.83	-45.44	16.08	298.21	312.52	15.56	1.60
-45.70	14.74	-40.26	13.49	-35.72	14.93	-41.02	16.07	298.38	312.66	15.52	1.60
-36.19	14.50	-29.91	13.50	-26.45	15.11	-32.32	16.01	297.72	312.03	15.53	1.60
-26.95	14.27	-20.03	13.54	-17.67	15.27	-23.96	15.92	298.11	312.42	15.56	1.60
-17.73	13.96	-10.33	13.54	-9.10	15.34	-15.70	15.73	298.08	312.42	15.59	1.60
-8.06	13.64	-0.36	13.51	-0.31	15.34	-7.11	15.46	297.94	312.31	15.65	1.61

F71K44A.DAT

RE = 30.9E+03 PE = 180.48 MS = 1.60 (KG/S)
 UB = 0.98 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 15.37 (W/CM^2) NB = 30.18 (KW)
 TEN = 298.99 (C) R22 = 15.30 (MM) R21 = 13.47 (MM)

A21 (DEG)	R21 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
89.85	13.47	83.05	15.41	349.83	348.26	348.46	348.37	0.33	0.17	0.29	0.26
79.85	13.57	74.46	15.76	349.64	348.11	347.65	347.32	0.35	0.19	0.34	0.34
73.99	13.26	69.37	15.58	349.55	347.71	346.91	346.69	0.36	0.23	0.39	0.35
70.24	13.54	66.26	15.92	348.78	347.13	346.14	345.77	0.38	0.27	0.38	0.37
60.58	13.50	58.09	16.01	347.72	346.00	344.91	344.55	0.36	0.28	0.40	0.37
50.53	13.47	49.64	16.05	347.04	345.34	344.18	343.77	0.52	0.34	0.38	0.33
45.43	13.46	45.36	16.05	347.01	345.30	344.19	343.67	0.36	0.27	0.36	0.35
40.23	13.47	41.00	16.05	346.82	345.24	344.03	343.49	0.34	0.26	0.34	0.30
29.98	13.50	32.30	16.01	346.53	345.26	344.08	343.26	0.35	0.24	0.32	0.27
20.01	13.54	23.95	15.92	346.57	345.57	344.45	343.35	0.33	0.22	0.31	0.24
10.27	13.52	15.65	15.71	346.27	345.87	344.77	343.16	0.36	0.20	0.28	0.22
0.21	13.51	6.99	15.45	345.71	346.14	344.96	342.67	0.41	0.22	0.31	0.37

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TNO (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
89.85	13.47	89.87	15.30	83.05	15.41	82.11	13.60	298.99	313.19	15.37	1.60
79.85	13.57	81.05	15.37	74.46	15.76	72.46	14.01	299.02	313.27	15.37	1.59
73.99	13.26	75.92	15.03	69.37	15.58	66.71	13.88	299.04	313.26	15.37	1.59
70.24	13.54	72.56	15.28	66.26	15.92	63.31	14.27	298.87	313.08	15.37	1.59
60.58	13.50	63.99	15.12	58.09	16.01	54.26	14.49	299.02	313.25	15.41	1.60
50.53	13.47	54.99	14.93	49.64	16.05	45.01	14.71	299.15	313.39	15.42	1.60
45.43	13.46	50.40	14.82	45.36	16.05	40.38	14.80	299.12	313.35	15.42	1.60
40.23	13.47	45.68	14.72	41.00	16.05	35.69	14.92	299.13	313.36	15.42	1.60
29.98	13.50	36.17	14.50	32.30	16.01	26.42	15.11	299.10	313.36	15.42	1.59
20.01	13.54	26.93	14.27	23.95	15.92	17.66	15.27	298.95	313.18	15.39	1.59
10.27	13.52	17.68	13.96	15.65	15.71	9.05	15.32	299.16	313.41	15.42	1.59
0.21	13.51	7.93	13.64	6.99	15.45	0.19	15.34	298.99	313.25	15.44	1.60

F71K44B.DAT

RE = 30.7E+03 PE = 179.85 MS = 1.59 (KG/S)
 UB = 0.98 (M/S) QH1 = 0.00 (W/CM^2) QH2 = 0.00 (W/CM^2)
 QH3 = 0.00 (W/CM^2) QH4 = 15.38 (W/CM^2) NB = 30.20 (KW)
 TEN = 297.77 (C) R22 = 13.63 (MM) R21 = 13.51 (MM)

A21 (DEG)	R21 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	TE21 (C)	TE22 (C)	TE23 (C)	TE24 (C)	RMS21 (K)	RMS22 (K)	RMS23 (K)	RMS24 (K)
-0.04	13.51	6.76	15.45	344.19	344.77	343.54	341.15	0.40	0.20	0.30	0.35
9.98	13.57	15.38	15.76	345.02	344.72	343.69	341.95	0.32	0.18	0.28	0.22
19.64	13.55	23.63	15.93	345.20	344.17	343.20	342.00	0.32	0.21	0.32	0.23
29.46	13.50	31.95	16.01	345.30	343.95	342.79	341.94	0.35	0.24	0.33	0.28
39.73	13.46	40.58	16.04	345.66	344.05	342.94	342.18	0.36	0.25	0.36	0.31
44.93	13.45	44.94	16.04	345.91	344.25	343.08	342.50	0.37	0.26	0.37	0.32
50.19	13.47	49.35	16.05	346.01	344.14	343.11	342.60	0.36	0.28	0.37	0.33
60.25	13.47	57.81	15.99	346.42	344.71	343.69	343.16	0.38	0.28	0.40	0.37
69.85	13.49	65.93	15.88	347.54	345.87	344.99	344.50	0.37	0.26	0.41	0.37
79.57	13.48	74.20	15.68	348.52	346.90	346.40	345.98	0.34	0.19	0.35	0.33
89.82	13.47	83.02	15.41	348.84	347.19	347.41	347.19	0.34	0.22	0.31	0.23

A21 (DEG)	R21 (MM)	A22 (DEG)	R22 (MM)	A23 (DEG)	R23 (MM)	A24 (DEG)	R24 (MM)	TEN (C)	TNO (C)	QH4 (W/CM^2)	MS (KG/S)
-0.04	13.51	7.67	13.63	6.76	15.45	-0.03	13.34	297.77	312.01	15.38	1.59
9.98	13.57	17.37	14.00	15.38	15.76	8.79	13.38	297.59	311.86	15.46	1.60
19.64	13.55	26.58	14.27	23.63	15.93	17.34	13.29	297.52	311.78	15.46	1.60
29.46	13.50	35.78	14.49	31.95	16.01	26.05	13.12	297.65	311.91	15.44	1.60
39.73	13.46	45.22	14.70	40.58	16.04	35.23	14.92	297.79	312.07	15.48	1.60
44.93	13.45	49.95	14.80	44.94	16.04	39.92	14.80	297.58	311.84	15.50	1.60
50.19	13.47	54.69	14.92	49.35	16.05	44.70	14.71	297.58	311.82	15.42	1.60
60.25	13.47	63.70	15.09	57.81	15.99	53.95	14.47	297.60	311.86	15.47	1.60
69.85	13.49	72.23	15.23	65.93	15.88	62.92	14.23	297.61	311.91	15.52	1.60
79.57	13.48	80.81	15.29	74.20	15.68	72.15	13.93	297.69	311.98	15.51	1.60
89.82	13.47	89.85	15.30	83.02	15.41	82.09	13.60	297.33	311.60	15.56	1.61

TAB. A55

12-20-38 JONES, 1987 M168.DAT

TZ1 = 3.10 m TZ4 = .44 m
TBI = 334.3 C DTC = 41.8 K
QB1 = 0 W/cm^2 QB2 = 21.7 W/cm^2
QB3 = 21.5 W/cm^2 QB4 = 0 W/cm^2
NB = 85.1 kN UB = .96 m/s
Pe = 33010. Pe = -178.5

THERMISTOR - FLUID TEMPERATURES
PROBE 2 - TEMP FLUCTUATIONS

Table with 20 columns: TZ1, TC21, RMS21, TC24, RMS24, TZ2, TC22, RMS22, TC23, RMS23, TZ5, TC25, RMS25, NB1, NB2, NB3, NB4, NB, NB, DB, TBO. Rows contain numerical data for each parameter across multiple measurements.

TAB. A56a

07:46:35 JUL08,1987 M260.DAT

TBI = 298.3 C DTC = 77.7 K
 UB = .98 W/S Re = 32801.
 QB1 = 20.9 W/cm² QH2 = 20.8 W/cm²
 QB3 = 20.7 W/cm² QH4 = 20.8 W/cm²

TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P1 SUBCHANNEL

Y11 BB	X11 BB	TC11 C	RMS11 K	Y14 BB	X14 BB	TC14 C	RMS14 K	X13 BB	TC13 C	RMS13 K	Y15 BB	X15 BB	TC15 C	RMS15 K	MFR kg/s	DTC K
29.34	43.94	377.62	.32	31.39	43.94	375.23	.14	41.89	374.27	.34	30.37	42.92	375.91	.25	1.59	77.71
29.33	46.03	377.78	.30	31.38	46.03	375.31	.09	43.98	375.30	.27	30.36	45.01	375.54	.17	1.58	76.03
29.34	48.11	376.86	.36	31.39	48.11	374.79	.18	46.06	375.45	.27	30.37	47.09	376.31	.22	1.58	77.89
29.33	50.13	375.36	.43	31.38	50.13	373.53	.24	48.08	374.57	.31	30.36	49.11	375.09	.29	1.58	77.76
29.34	52.14	372.94	.46	31.39	52.14	372.09	.25	50.09	373.17	.33	30.37	51.22	373.48	.31	1.58	77.69
29.34	54.22	372.07	.49	31.39	54.22	370.85	.26	52.17	372.01	.36	30.37	53.20	371.97	.34	1.58	78.02
29.34	56.33	370.25	.51	31.39	56.33	369.55	.23	54.28	370.31	.34	30.37	55.31	370.55	.33	1.58	77.85
29.34	58.39	369.13	.50	31.39	58.39	368.03	.18	56.34	369.38	.33	30.37	57.37	368.53	.30	1.57	77.81
29.34	60.43	369.91	.52	31.39	60.43	369.26	.20	58.38	369.23	.29	30.37	59.41	369.43	.29	1.58	77.96
29.34	62.45	370.40	.51	31.39	62.45	369.63	.25	60.40	368.99	.32	30.37	61.43	369.59	.32	1.58	78.09
29.34	64.52	372.00	.51	31.39	64.52	371.12	.28	62.47	369.52	.35	30.37	63.50	370.83	.35	1.58	77.60
29.34	66.62	373.24	.49	31.39	66.62	372.16	.28	64.57	370.61	.37	30.37	65.60	372.19	.36	1.57	77.79
29.34	68.69	375.49	.46	31.39	68.69	374.04	.26	66.64	372.51	.35	30.37	67.67	374.23	.38	1.57	77.89
29.34	70.72	376.80	.37	31.39	70.72	374.74	.21	68.67	373.73	.35	30.37	69.70	375.30	.31	1.56	77.56
29.34	72.75	378.72	.30	31.39	72.75	376.47	.11	70.70	375.96	.32	30.37	71.73	377.36	.23	1.59	78.46
29.34	74.84	378.76	.30	31.39	74.84	376.39	.12	72.79	376.66	.26	30.37	73.82	377.66	.17	1.59	78.78
29.34	76.95	377.86	.37	31.39	76.95	375.82	.21	74.90	376.61	.27	30.37	75.93	377.31	.24	1.59	78.93

07:46:35 JUL08,1987 M260.DAT

TBI = 298.3 C DTC = 77.7 K
 UB = .98 W/S Re = 32801.
 QB1 = 20.9 W/cm² QH2 = 20.8 W/cm²
 QB3 = 20.7 W/cm² QH4 = 20.8 W/cm²

TEGENA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P2 SUBCHANNEL

Y21 BB	X21 BB	TC21 C	RMS21 K	Y24 BB	X24 BB	TC24 C	RMS24 K	Y23 BB	TC23 C	RMS23 K	Y25 BB	X25 BB	TC25 C	RMS25 K	QB W/cm ²	TBI C
3.05	74.35	376.89	.18	.39	74.35	373.52	.15	77.00	372.62	.27	1.72	75.67	374.41	.76	20.76	298.30
3.06	72.27	376.83	.19	.40	72.27	373.44	.15	74.92	373.38	.23	1.73	73.59	374.85	.74	20.68	298.28
3.05	70.16	375.76	.26	.39	70.16	372.88	.20	72.81	373.67	.22	1.72	71.48	374.41	.77	20.73	298.29
3.06	68.08	373.95	.33	.40	68.08	371.66	.23	70.73	373.03	.25	1.73	69.40	373.40	.79	20.67	298.20
3.06	66.09	372.15	.39	.40	66.09	370.34	.24	68.74	371.77	.27	1.73	67.41	371.72	.79	20.61	298.27
3.05	64.06	370.46	.43	.39	64.06	368.84	.23	66.71	370.59	.27	1.72	65.38	370.46	.76	20.68	298.33
3.05	61.97	369.09	.46	.39	61.97	367.96	.22	64.62	369.20	.29	1.72	63.29	369.26	.78	20.64	298.11
3.05	59.84	367.91	.45	.39	59.84	367.22	.19	62.49	367.90	.27	1.72	61.16	367.80	.77	20.60	298.07
3.05	57.78	368.68	.45	.39	57.78	367.88	.21	60.43	367.71	.24	1.72	59.10	368.04	.76	20.72	298.11
3.05	55.80	369.35	.48	.39	55.80	368.39	.25	58.45	367.58	.25	1.72	57.12	368.26	.76	20.68	298.11
3.05	53.75	371.15	.44	.39	53.75	369.85	.26	56.40	368.28	.28	1.72	55.07	368.39	.78	20.60	298.16
3.05	51.66	372.53	.42	.39	51.66	371.10	.26	54.31	369.54	.30	1.72	52.98	370.89	.77	20.57	298.08
3.05	49.54	374.76	.37	.39	49.54	372.58	.25	52.19	371.00	.30	1.72	50.86	372.49	.77	20.56	298.25
3.05	47.41	376.27	.26	.39	47.41	374.25	.20	50.16	372.09	.28	1.72	48.83	373.66	.75	20.40	298.12
3.05	45.33	378.23	.19	.39	45.33	375.06	.15	48.18	374.34	.27	1.72	46.85	375.80	.73	20.97	297.85
3.05	43.47	378.25	.20	.39	43.47	375.09	.16	46.12	375.03	.22	1.72	44.79	376.33	.70	21.10	297.71
3.05	41.37	377.20	.28	.39	41.37	374.46	.20	44.02	375.33	.21	1.72	42.69	376.22	.71	21.07	297.77

TAB. A56b

08:31:07 JUL08.1987 M261.DAT

TBI = 298.5 C DTC = 78.7 K
 QB = .99 m/s Re = 32940.
 QH1 = 21.2 W/cm² QH2 = 21.1 W/cm²
 QH3 = 21.0 W/cm² QH4 = 21.1 W/cm²

TEGEMA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P1 SURCHANNEL

Y11	X11	TC11	RMS11	Y12	TC12	RMS12	Y14	X14	TC14	RMS14	Y13	TC13	RMS13	Y15	TC15	RMS15	NFR	DTC
mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	C	K	kg/s	K
28.28	51.23	377.13	.45	49.18	373.58	.54	30.33	51.23	374.26	.34	49.18	375.46	.39	29.31	376.72	.33	1.59	78.65
28.28	52.15	375.74	.48	50.10	373.57	.54	30.33	52.15	373.37	.34	50.10	375.11	.39	29.31	375.57	.35	1.59	78.87
28.28	54.23	374.14	.58	52.18	374.43	.64	30.33	54.23	372.24	.36	52.18	373.77	.42	29.31	374.11	.40	1.59	79.09
28.28	56.33	372.55	.65	54.28	373.15	.64	30.33	56.33	371.19	.34	54.28	372.09	.43	29.31	372.26	.42	1.60	79.21
28.28	58.40	371.72	.69	56.35	374.27	.59	30.33	58.40	370.89	.30	56.35	371.21	.43	29.31	371.72	.43	1.60	79.17
28.28	60.43	371.91	.69	58.38	373.91	.67	30.33	60.43	370.83	.30	58.38	370.95	.40	29.31	371.66	.42	1.60	79.10
28.28	62.44	372.74	.66	60.39	373.99	.57	30.33	62.44	372.00	.37	60.39	370.90	.41	29.31	372.07	.44	1.59	79.22
28.28	64.52	374.64	.57	62.47	374.24	.67	30.33	64.52	372.93	.38	62.47	371.68	.44	29.31	373.02	.43	1.60	78.78
28.28	66.62	376.99	.51	64.57	374.25	.63	30.33	66.62	374.90	.38	64.57	373.04	.46	29.31	375.04	.42	1.59	78.95
28.28	68.69	379.08	.43	66.64	373.85	.64	30.33	68.69	376.52	.36	66.64	374.92	.46	29.31	376.89	.39	1.59	78.98
28.28	69.71	380.30	.39	67.66	373.61	.56	30.33	69.71	377.21	.32	67.66	375.73	.45	29.31	377.89	.36	1.59	78.98

08:31:07 JUL08.1987 M261.DAT

TBI = 298.5 C DTC = 78.7 K
 QB = .99 m/s Re = 32940.
 QH1 = 21.2 W/cm² QH2 = 21.1 W/cm²
 QH3 = 21.0 W/cm² QH4 = 21.1 W/cm²

TEGEMA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P2 SURCHANNEL

Y21	X21	TC21	RMS21	Y22	TC22	RMS22	Y24	X24	TC24	RMS24	Y23	TC23	RMS23	Y25	TC25	RMS25	QB	TBI
mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	C	K	W/cm ²	C
3.93	66.96	375.40	.35	68.61	378.09	.21	1.27	66.96	371.72	.33	68.61	373.66	.33	2.60	374.61	.81	21.07	298.50
3.93	66.09	374.30	.37	68.74	376.97	.25	1.27	66.09	371.26	.32	68.74	373.01	.35	2.60	373.79	.81	21.10	298.60
3.93	64.06	372.65	.47	66.71	375.20	.34	1.27	64.06	370.31	.33	66.71	371.85	.35	2.60	372.18	.83	21.18	298.51
3.93	61.97	371.29	.57	64.62	373.34	.44	1.27	61.97	369.27	.30	64.62	370.65	.37	2.60	370.75	.84	21.27	298.54
3.93	59.84	370.45	.60	62.49	371.68	.53	1.27	59.84	368.88	.26	62.49	369.62	.35	2.60	369.73	.83	21.22	298.57
3.93	57.78	370.94	.62	60.43	370.57	.65	1.27	57.78	369.20	.29	60.43	368.96	.33	2.60	369.63	.85	21.24	298.60
3.93	55.80	372.00	.59	58.45	370.53	.65	1.27	55.80	370.05	.36	58.45	369.29	.33	2.60	370.64	.87	21.20	298.69
3.93	53.75	373.78	.47	56.40	371.28	.59	1.27	53.75	371.27	.35	56.40	369.78	.37	2.60	371.37	.87	21.16	298.87
3.92	51.66	376.59	.59	54.31	373.10	.51	1.26	51.66	373.25	.36	54.31	371.24	.40	2.59	373.24	.85	21.15	298.93
3.93	49.55	378.40	.31	52.20	376.10	.43	1.27	49.55	374.68	.35	52.20	372.86	.39	2.60	375.21	.84	21.12	298.95
3.93	48.51	379.71	.26	51.16	376.62	.38	1.27	48.51	375.51	.32	51.16	373.85	.39	2.60	376.18	.82	21.17	298.94

TAB. A56c

08:57:56 JUL06,1987 M262.DAT

TBI = 298.8 C DTC = 79.6 K
 UB = .99 m/s Re = 33089.
 QB1 = 21.5 W/cm² QB2 = 21.4 W/cm²
 QB3 = 21.3 W/cm² QB4 = 21.4 W/cm²

TESENA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE P1 - SUBCHANNEL

Y11 DB	X11 DB	TC11 C	RMS11 K	X12 DB	TC12 C	RMS12 K	Y14 DB	X14 DB	TC14 C	RMS14 K	X13 DB	TC13 C	RMS13 K	Y15 DB	X15 DB	TC15 C	RMS15 K	MFR kg/s	DTC K
27.25	53.26	377.41	.50	51.21	374.63	.56	29.30	53.26	374.35	.40	51.21	376.36	.45	28.28	52.24	377.03	.37	1.60	79.64
27.25	54.22	375.63	.58	52.17	373.79	.59	29.30	54.22	372.92	.43	52.17	374.58	.47	28.28	53.20	375.41	.42	1.58	78.20
27.25	56.33	373.83	.77	54.28	373.67	.55	29.30	56.33	371.45	.45	54.28	373.10	.49	28.28	55.31	373.56	.50	1.58	77.81
27.25	58.39	371.89	.90	56.34	374.20	.59	29.30	58.39	370.75	.45	56.34	371.31	.52	28.28	57.37	372.05	.56	1.58	78.09
27.25	60.43	371.68	.86	58.38	373.01	.57	29.30	60.43	370.37	.43	58.38	370.70	.51	28.28	59.41	371.48	.56	1.58	78.03
27.25	62.45	372.76	.76	60.40	372.38	.61	29.30	62.45	370.93	.45	60.40	370.28	.52	28.28	61.43	371.78	.56	1.58	78.11
27.25	64.52	374.66	.59	62.47	372.89	.62	29.30	64.52	372.62	.43	62.47	371.09	.52	28.28	63.50	373.07	.50	1.58	78.17
27.25	66.62	376.89	.46	64.57	371.91	.56	29.30	66.62	374.21	.43	64.57	372.25	.52	28.28	65.60	375.13	.43	1.58	77.96
27.25	67.66	378.05	.40	65.61	372.45	.59	29.30	67.66	374.92	.41	65.61	373.75	.52	28.28	66.64	375.77	.40	1.58	77.69

08:57:56 JUL06,1987 M262.DAT

TBI = 298.8 C DTC = 79.6 K
 UB = .99 m/s Re = 33089.
 QB1 = 21.5 W/cm² QB2 = 21.4 W/cm²
 QB3 = 21.3 W/cm² QB4 = 21.4 W/cm²

TESENA 2 - FLUID TEMPERATURES
PROBE P2 - SUBCHANNEL

Y21 DB	X21 DB	TC21 C	RMS21 K	X22 DB	TC22 C	RMS22 K	Y24 DB	X24 DB	TC24 C	RMS24 K	X23 DB	TC23 C	RMS23 K	Y25 DB	X25 DB	TC25 C	RMS25 K	QB W/cm ²	TBI C
4.92	64.48	375.18	.46	67.13	376.51	.24	2.26	64.48	371.88	.38	67.13	373.98	.40	3.59	65.80	374.96	.79	21.40	288.80
4.93	64.06	374.06	.50	66.71	376.86	.27	2.27	64.06	370.59	.41	66.71	372.22	.42	3.60	65.38	373.27	.79	20.82	286.86
4.93	61.97	371.94	.69	64.62	374.63	.44	2.27	61.97	369.29	.40	64.62	370.81	.43	3.60	63.29	371.93	.85	20.72	289.08
4.92	59.84	370.75	.81	62.49	371.96	.66	2.26	59.84	369.06	.38	62.49	369.34	.44	3.59	61.16	370.45	.90	20.70	289.01
4.93	57.78	371.18	.76	60.43	371.08	.82	2.27	57.78	368.69	.40	60.43	368.62	.44	3.60	59.10	369.62	.93	20.68	288.74
4.92	55.80	372.27	.62	58.45	370.62	.82	2.26	55.80	369.46	.42	58.45	368.30	.42	3.59	57.12	369.75	.90	20.69	288.49
4.93	53.76	373.73	.46	56.41	372.03	.72	2.27	53.76	371.11	.43	56.41	369.20	.47	3.60	55.08	371.64	.86	20.73	289.36
4.93	51.66	376.23	.32	54.31	373.51	.62	2.27	51.66	372.61	.42	54.31	370.37	.45	3.60	52.98	372.96	.82	20.74	288.29
4.92	51.15	377.23	.29	53.80	374.28	.48	2.26	51.15	372.64	.43	53.80	370.53	.47	3.59	52.47	373.32	.82	20.67	286.27

TAB. A56d

09:21:24 JUL08.1987 M263.DAT

TBI = 298.3 C DTC = 76.1 K
UB = .99 m/s Re = 32913.
QB1 = 21.0 W/cm² QB2 = 20.9 W/cm²
QB3 = 20.9 W/cm² QBA = 20.9 W/cm²

TEGMA 2 - FLUID TEMPERATURES
[PROBE P1] SUBCHANNEL

Table with 14 columns: Y11, X11, TC11, RMS11, X12, TC12, RMS12, Y14, X14, TC14, RMS14, X13, TC13, RMS13, Y15, X15, TC15, RMS15, MFR, DTC. Data rows include values for various probes and conditions.

09:21:24 JUL08.1987 M263.DAT

TBI = 298.3 C DTC = 76.1 K
UB = .99 m/s Re = 32913.
QB1 = 21.0 W/cm² QB2 = 20.9 W/cm²
QB3 = 20.9 W/cm² QBA = 20.9 W/cm²

TEGMA 2 - FLUID TEMPERATURES
[PROBE P2] SUBCHANNEL

Table with 14 columns: Y21, X21, TC21, RMS21, X22, TC22, RMS22, Y24, X24, TC24, RMS24, X23, TC23, RMS23, Y25, X25, TC25, RMS25, MFR, DTC. Data rows include values for various probes and conditions.

TAB. A56e

09:39:11 JUL08.1987 M264.DAT

TBI = 298.5 C DTC = 78.3 K
UB = .98 m/s Re = 32848.
QB1 = 21.0 W/cm² QB2 = 20.9 W/cm²
QB3 = 20.8 W/cm² QBA = 20.9 W/cm²

TEGMA 2 - FLUID TEMPERATURES
[PROBE P1] SUBCHANNEL

Table with 14 columns: Y11, X11, TC11, RMS11, X12, TC12, RMS12, Y14, X14, TC14, RMS14, X13, TC13, RMS13, Y15, X15, TC15, RMS15, MFR, DTC. Data rows include values for various probes and conditions.

09:39:11 JUL08.1987 M264.DAT

TBI = 298.5 C DTC = 78.3 K
UB = .98 m/s Re = 32848.
QB1 = 21.0 W/cm² QB2 = 20.9 W/cm²
QB3 = 20.8 W/cm² QBA = 20.9 W/cm²

TEGMA 2 - FLUID TEMPERATURES
[PROBE P2] SUBCHANNEL

Table with 14 columns: Y21, X21, TC21, RMS21, X22, TC22, RMS22, Y24, X24, TC24, RMS24, X23, TC23, RMS23, Y25, X25, TC25, RMS25, MFR, DTC. Data rows include values for various probes and conditions.

TAB. A56f

09:55:01 JUL08.1987 N265.DAT

TBI = 298.5 C DTC = 78.5 K
 OB = .98 m/s Re = 32799.
 QB1 = 21.0 W/cm² QB2 = 20.9 W/cm²
 QB3 = 20.8 W/cm² QB4 = 20.9 W/cm²

TECNA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P1 - SUBCHANNEL

Y11	X11	TC11	RMS11	Y12	TC12	RMS12	Y14	X14	TC14	RMS14	X13	TC13	RMS13	Y15	TC15	RMS15	MFR	DTC
mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	C	K	kg/s	K
24.38	57.45	377.61	1.21	55.40	373.13	.53	26.43	57.45	374.26	1.02	55.40	376.01	.75	25.41	377.34	.79	1.59	78.27
24.38	56.39	377.16	1.40	56.34	372.16	.54	26.43	58.39	373.68	1.10	56.34	375.16	.88	25.41	375.67	.93	1.59	78.05
24.38	60.43	376.94	1.39	58.38	372.65	.57	26.43	60.43	373.52	1.06	58.38	373.63	1.14	25.41	375.18	1.10	1.59	78.31
24.38	62.45	378.47	.84	60.40	372.38	.56	26.43	62.45	374.63	.82	60.40	373.26	1.13	25.41	376.16	.92	1.59	78.08
24.38	63.49	379.74	.69	61.44	372.22	.59	26.43	63.49	376.40	.67	61.44	374.92	1.00	25.41	377.60	.75	1.59	78.58

09:55:01 JUL08.1987 N265.DAT

TBI = 298.5 C DTC = 78.3 K
 OB = .98 m/s Re = 32799.
 QB1 = 21.0 W/cm² QB2 = 20.9 W/cm²
 QB3 = 20.6 W/cm² QB4 = 20.9 W/cm²

TECNA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P2 - SUBCHANNEL

Y21	X21	TC21	RMS21	Y22	TC22	RMS22	Y24	X24	TC24	RMS24	Y23	TC23	RMS23	Y25	TC25	RMS25	QB	TBI	
mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	C	K	W/cm ²	C	
8.10	60.79	375.77	1.05	63.44	378.68	.47	5.44	60.79	372.00	.90	63.44	373.28	.67	6.77	62.11	374.83	1.18	20.89	288.50
8.10	59.84	375.27	1.17	62.49	377.61	.70	5.44	59.84	370.86	.93	62.49	373.10	.79	6.77	61.18	373.96	1.31	20.89	288.35
8.10	57.78	376.07	1.13	60.43	378.51	1.21	5.44	57.78	371.22	.92	60.43	371.52	1.04	6.77	59.10	373.11	1.54	20.82	288.42
8.10	55.80	377.80	.71	58.45	374.79	1.32	5.44	55.80	372.74	.74	58.45	371.58	1.04	6.77	57.12	373.93	1.35	20.88	288.52
8.10	54.78	379.07	.47	57.43	375.86	1.15	5.44	54.78	374.59	.61	57.43	371.83	.94	6.77	56.10	375.18	1.18	21.04	288.55

TAB A56g

10:13:18 JUL08.1987 N266.DAT

TBI = 298.7 C DTC = 78.8 K
 OB = .99 m/s Re = 33101.
 QB1 = 21.3 W/cm² QB2 = 21.2 W/cm²
 QB3 = 21.1 W/cm² QB4 = 21.2 W/cm²

TECNA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P1 - SUBCHANNEL

Y11	X11	TC11	RMS11	Y12	TC12	RMS12	Y14	X14	TC14	RMS14	X13	TC13	RMS13	Y15	TC15	RMS15	MFR	DTC
mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	C	K	kg/s	K
21.39	58.46	379.28	1.44	56.43	373.59	.59	25.44	58.46	375.77	1.23	56.43	377.51	.94	24.42	378.87	.97	1.60	78.78
21.38	59.42	378.72	1.61	57.37	373.35	.55	25.43	59.42	375.50	1.35	57.37	376.39	1.18	24.41	378.40	1.17	1.60	79.43
21.38	60.43	378.35	1.48	58.38	372.84	.65	25.43	60.43	375.91	1.26	58.38	375.97	1.32	24.41	378.35	1.21	1.60	79.08
21.38	61.44	379.99	1.20	59.39	373.11	.58	25.43	61.44	374.45	1.08	59.39	376.03	1.36	24.41	378.29	1.13	1.60	79.03
21.38	62.45	381.43	.88	60.40	372.45	.61	25.43	62.45	377.62	.90	60.40	375.95	1.29	24.41	378.94	.96	1.60	78.76

10:13:18 JUL08.1987 N266.DAT

TBI = 298.7 C DTC = 78.8 K
 OB = .99 m/s Re = 33101.
 QB1 = 21.3 W/cm² QB2 = 21.2 W/cm²
 QB3 = 21.1 W/cm² QB4 = 21.2 W/cm²

TECNA 2 - FLUID TEMPERATURES
 PROBE P2 - SUBCHANNEL

Y21	X21	TC21	RMS21	Y22	TC22	RMS22	Y24	X24	TC24	RMS24	Y23	TC23	RMS23	Y25	TC25	RMS25	QB	TBI	
mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	mm	C	K	mm	C	K	mm	C	K	W/cm ²	C	
9.17	59.72	377.65	1.23	62.37	380.05	.65	6.51	59.72	372.74	1.14	62.37	374.62	.89	7.84	61.04	376.67	1.42	21.20	298.65
9.16	58.79	377.45	1.30	61.44	379.15	.95	6.52	58.79	375.48	1.17	61.44	374.62	1.07	7.85	60.11	376.73	1.62	21.31	298.67
9.17	57.79	378.52	1.16	60.44	377.85	1.23	6.51	57.79	374.56	1.11	60.44	373.55	1.23	7.84	59.11	375.91	1.70	21.29	298.69
9.18	56.78	379.68	.90	59.43	377.68	1.40	6.52	56.78	374.45	.85	59.43	373.29	1.29	7.85	58.10	375.52	1.62	21.25	298.82
9.17	55.80	381.62	.64	58.45	376.27	1.39	6.51	55.80	375.51	.81	58.45	374.11	1.25	7.84	57.12	377.31	1.42	21.20	298.87