

KfK 2945  
März 1980

# **Strömungseinlauf bei künstlicher Wandrauhigkeit**

W. Baumann, H. Schalk  
Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

KfK 2945

Strömungseinlauf bei künstlicher Wandrauigkeit

W. Baumann, H. Schalk\*

\* Diplomand am Institut für Neutronenphysik und  
Reaktortechnik

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

## Zusammenfassung

Experimentelle Untersuchungen zum Strömungseinlauf bei künstlich rauhen Kanalwänden wurden durchgeführt. Gemessen wurden der Druckverlust und die Geschwindigkeitsverteilung über Rauheitslängen zwischen 0 und 50 hydraulischen Kanaldurchmessern für 2 verschiedene Rauigkeitshöhen und Reynoldszahlen. Die Rauigkeitselemente waren auf ebenen Versuchsplatten befestigt und in einem wasserdurchströmten glatten Rechteckkanal eingebaut.

Wie die Messungen ergaben, ist die Einlauflänge für die untersuchte Rauheitsgeometrie etwa halb so lang wie bei glatten Kanälen.

## Flow Development for Artificially Roughened Walls

### Abstract

Flow development for artificially roughened channel walls was investigated by experiments. Measurements were done from 0 to 50 hydraulic diameters of the flow channel for two different roughness heights and Re-numbers respectively. The roughness elements were attached to flat plates and inserted into a smooth rectangular channel with water flow.

The results of the measurements show that flow development for the roughness geometry investigated covers about half the length as for smooth channels.

## Inhalt

	Seite
1. Einleitung	1
2. Messung von Druckverlust und Geschwindigkeits- verteilung bei turbulenter Strömung und künstlicher Rauhigkeit	2
2.1 Teststrecke	2
2.2 Meßtechnik	3
2.3 Versuchsparameter	3
3. Auswertung der Messungen	5
3.1 Geschwindigkeitsverteilung	5
3.2 Wandschubspannung und Druckverlust	5
4. Versuchsergebnisse und Diskussion	7
4.1 Lineare Geschwindigkeitsprofile	7
4.2 Wandschubspannung der glatten Zone	8
4.3 Logarithmische Geschwindigkeitsprofile	9
4.3.1 Glatte Zone	9
4.3.2 Rauhe Zone	11
4.4 Vergleich der Ergebnisse für die ausgebildete Strömung mit früheren Messungen /12/	12
5. Zusammenfassung	15
Nomenklatur	17
Literatur	18
Abbildungen	20

## 1. Einleitung

Eine wirksame Methode zur Verbesserung des Wärmeübergangs in Strömungskanälen, wie sie auch für den gasgekühlten Schnellen Brutreaktor /1/ vorgeschlagen wird, besteht in der Verwendung künstlicher Wandrauhigkeiten. Sie erhöhen die Turbulenz der Strömung und zerstören so die wärmeisolierende viskose Unterschicht an der Wand, bewirken gleichzeitig aber auch eine Steigerung des Druckverlustes. Deshalb ist es wichtig, eine möglichst wirkungsvolle Rauheitsgeometrie zu finden, d.h. eine Wandrauhigkeit, die die erforderliche Wärmeabfuhr bei geringstmöglichem Druckverlust gewährleistet. Hierzu wurden im Rahmen der Rauheitsforschung des Instituts für Neutronenphysik und Reaktortechnik bereits umfangreiche Messungen durchgeführt /2,3/. Die Messungen wurden mithilfe der Wandgesetze der Strömungsgeschwindigkeit nach PRANDTL-NIKURADSE /4,5/,

$$u^+ = A_s \ln y^+ + B_s \quad (1)$$

(glatte Strömungszone)

und

$$u^+ = A_r \ln y/h + R \quad (2)$$

(rauhe Strömungszone)

ausgewertet, wobei angenommen wurde, daß die Strömung an der Meßstelle voll ausgebildet ist, d.h. daß sich das Geschwindigkeitsprofil stromabwärts nicht mehr ändert. Als Einlaufstrecke wurden etwa  $50 D_H$  wie bei turbulenter Strömung in glatten Kanälen angenommen. Die Einlaufstrecke rauher Kanäle ist kürzer; sie wird von NIKURADSE /5/ für sandrauhe Rohre mit  $L_R/D_H \approx 40$  angegeben.

Für künstliche Rauheiten sind in der Literatur keine entsprechenden Messungen bekannt. Die Einlaufstrecke von Kanälen mit künstlicher Wandrauhigkeit ist jedoch eine wichtige Größe für die Auslegung gasgekühlter Reaktoren, da aus Druckverlustgründen nur etwa 60-70% der Brennstablänge mit Rauheiten versehen werden /6/. Für die sichere Auslegung dieser Brennelemente sind deshalb strömungstechnische Versuche zum Einfluß der Einlaufstrecke erforderlich.

Im folgenden wird über Messungen des Druckverlustes und der Geschwindigkeitsverteilung im Bereich der Einlaufstrecken von  $0 \leq L/D_H \leq 50$  berichtet. Die Arbeiten wurden an der gleichen Wasserversuchsanlage durchgeführt, die bereits bei früheren Messungen /2,12/ benutzt wurde. Da die hier eingesetzten Rauigkeiten im Rahmen der Fertigungstoleranzen den früher verwendeten entsprechen, ist ein Vergleich der Meßergebnisse möglich.

## 2. Messung von Druckverlust und Geschwindigkeitsverteilung bei turbulenter Strömung und künstlicher Rauigkeit

### 2.1 Teststrecke

Die Versuche wurden in einem rechteckigen Strömungskanal durchgeführt, dessen eine Seite zum Einbau der Rauigkeitsplatten ausgewechselt werden konnte. Der Kanal ist aus 4 gleichlangen Gußstücken aus korrosionsbeständigem Edelstahl mit 40 mm Wandstärke zusammengesetzt und hat eine Länge von 6 m. Er ist schräg zur Seite geneigt, um eine gute Entlüftung wegen der Rauigkeiten zu erreichen. Der Kanalquerschnitt beträgt 40 auf 170 mm. Das Schema des Versuchsstandes ist in Abb.1, der Querschnitt der Teststrecke in Abb.2 gegeben. Als Strömungsmedium wurde Wasser verwendet. Die Durchsätze wurden nur mit 400 l/min und 4000 l/min gefahren. Für die Messung des kleinen Durchsatzes wurde ein Schwingkörper-Durchflußmesser verwendet, dessen Meßgenauigkeit  $\pm 0.25\%$  des Meßwertes beträgt.

Für die Messung des großen Durchsatzes wurde ein induktiver Durchflußmesser verwendet. Seine Meßgenauigkeit beträgt  $\pm 1\%$  des Meßwertes.



## 2.2 Meßtechnik

Die Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich aus dem Staudruck, der als Differenzdruck zwischen dem in einem Pitotrohr auftretenden Gesamtdruck und dem im gleichen Strömungsquerschnitt als konstant betrachteten statischen Druck gemessen wird. Der statische Druck wird durch eine Druckanbohrung in der der rauhen Seite gegenüberliegenden glatten Kanalwand gemessen.

Das Pitotrohr mit den Abmessungen  $D = 0.6 \text{ mm}$  und  $L = 25 \text{ mm}$  ist an einer Meßspindel befestigt, die quer zur Hauptströmungsrichtung verfahrbar ist. Die Einstellung der Meßspindel erfolgt durch eine Mikrometerschraube, die am oberen Ende der Meßspindel befestigt ist. Die Einstellgenauigkeit beträgt ca.  $0.005 \text{ mm}$

Der statische Druckabfall wurde als Differenzdruck zwischen 2 Druckmeßanbohrungen gemessen, die sich an der Unterseite des Kanals befinden. Der Durchmesser dieser Anbohrungen beträgt  $0.8 \text{ mm}$ , ihre Länge etwa  $5 \text{ mm}$ . Zu jedem Geschwindigkeitsprofil wurde der Druckabfall über 5 verschiedene Meßlängen gemessen.

## 2.3 Versuchsparameter

Als Versuchsrauhigkeiten wurden zwei einander ähnliche Rauheitsgeometrien mit  $p/h = 8$  gewählt (Tab.I)

	p	h	b
Rauhigkeit A	8	1	1
Rauhigkeit B	24	3	3

Tab.I: Geometrie der Versuchsrauhigkeit

Die Einlaufänge  $L_r/D_H$  wurde im Bereich 0 bis ca. 50 variiert, d.h. zunächst wurde das Profil für den glatten Kanal gemessen und anschließend die glatte Hauptseite nach und nach mit Rauheiten versehen, bis schließlich die Länge der rauhen Seite 6 Plattenlängen bzw.  $L_r/D_H \approx 50$  betrug. Folgende Rauheitsanordnungen wurden für die beiden Versuchsrauhigkeiten gewählt (Tab.II):

	$L_r/D_H$	
	Rauhigkeit A	Rauhigkeit B
glatt	0	0
2 Rippen	0.185	-
4 Rippen	0.43	-
7 Rippen	0.803	2.4
13 Rippen	1.54	3.89
21 Rippen	2.53	-
37 Rippen	4.5	-
1 Platte	7.90	7.96
2 Platten	15.63	15.75
3 Platten	23.41	23.53
4 Platten	31.19	31.31
6 Platten	46.76	46.87

Tab.II: Länge der Rauheitsanordnungen

Jede Rauheitsanordnung wurde bei Durchsätzen von 400 l/min und 4000 l/min gemessen.

Die Versuche wurden beim kleinen Durchsatz in der Regel bei ca. 18°C, beim großen Durchsatz bei ca. 21°C durchgeführt. Der Nullpunkt des Geschwindigkeitsprofils an der glatten Wand wurde näherungsweise durch Beobachten des Wandabstandes des Pitotrohres durch das Fenster im Meßkasten ermittelt; der genauere Wert ergab sich durch Aufsuchen der Position mit dem geringsten Differenzdruck.

Für jede Rauheitsanordnung wurde ein Geschwindigkeitsprofil mit ca. 40 Meßpunkten aufgenommen, wobei das Differenzdruck-Signal in jedem Fall über 200 s integriert wurde.

Weitere Einzelheiten zur Meßtechnik und zur Durchführung der Messungen sind in einem bereits veröffentlichten Bericht enthalten /2/.

### 3. Auswertung der Messungen

#### 3.1 Geschwindigkeitsverteilung

Die Geschwindigkeitsverteilung als Funktion des Wandabstandes  $y$  ergibt sich aus den Pitotrohrmessungen zu:

$$u(y) = \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_{\text{dyn}}(y)} \quad (3)$$

mit  $\Delta p_{\text{dyn}}$  als dem Differenzdruck zwischen dem Gesamtdruck im Pitotrohr und dem statischen Druck in der Druckerbohrung,  $\rho$  ist die Dichte des Wassers. Zur Bestimmung der Dichte des Wassers wird die Wassertemperatur während der Versuche gemessen.

Die Meßwerte wurden wie folgt korrigiert:

- a) Korrektur der Sondenposition nach MACMILLAN /7/
- b) Korrektur des statischen Druckes nach SHAW /8/
- c) Korrektur des Staudruckes nach EIFLER /9/.

#### 3.2 Wandschubspannung und Druckverlust

Um die Geschwindigkeitsprofile in dimensionsloser Form angeben zu können, müssen die Wandschubspannungsgeschwindigkeiten an der glatten und rauhen Wand bestimmt werden. Die Wandschubspannungsgeschwindigkeit an der glatten Seite wird nach der Methode von PRESTON /10/ mit den von PATEL /11/ korrigierten Gleichungen ermittelt. Die Schubspannungsgeschwindigkeit  $u_r^*$  an der rauhen Wand ergibt sich aus einer Kräftebilanz zwischen den Druckkräften in der Strömung und den Scherkräften an der Wand /2/ zu

$$u_r^* = \sqrt{\frac{H_v}{\rho} \frac{dp}{dx} - u_g^{*2}} \quad (4)$$

mit  $H_v$  = volumetrische Kanalhöhe oder Abstand der "eingeschmolzenen" Versuchsrauigkeit von der glatten Wand.

$\frac{dp}{dx}$  = Druckgradient

Im Einlauf ist der Druckgradient  $\frac{dp}{dx}$  wegen der Ausbildung des Profils größer als für die ausgebildete Strömung. Da eine lokale Messung nicht möglich ist, wurde für die Auswertung der Messungen nach Gl. ( 4) bei allen  $L_r/D_H$  der Druckverlust für die ausgebildete Strömung als Näherung verwendet.

Bei der Bestimmung des Druckgradienten  $dp/dx$  aus statischen Druckmessungen können Fehler auftreten, die aus der Lage der Druckmeßanbohrungen relativ zu den Rauigkeitsrippen resultieren /12/. Um diese Fehler klein zu halten, sollten möglichst große Druckmeßlängen benutzt werden. Dies führt hier jedoch dazu, daß die Einlaufeffekte über eine große Länge "verschmiert" und damit verkleinert werden, was gerade für kurze Rauigkeitsstrecken von Nachteil ist. Als Kompromiß wurde der statische Druck über zwei mittelgroße Druckmeßlängen (734/934 mm) gemessen und der Mittelwert der sich ergebenden Druckgradienten zur Auswertung benutzt.

## 4. Versuchsergebnisse und Diskussion

### 4.1 Lineare Geschwindigkeitsprofile

Die auf die mittlere Kanalgeschwindigkeit bezogene Geschwindigkeitsverteilung  $u/u_K$  ist in den Abb. 3-5 3-dimensional und in linearer Form dargestellt, und zwar als Funktion des normierten Wandabstandes  $y/h$  und der dimensionslosen Einlauflänge  $L_r/D_H$ .

Den Darstellungen ist zu entnehmen:

#### 8-1-1 Rauigkeit

Im Bereich  $L_r/D_H < 2.5$  treten zunächst rundgeformte, fast symmetrische Geschwindigkeitsprofile auf, die sich bis zu  $L_r/D_H \leq 4$  allmählich zur glatten Seite hin verschieben. Eine starke Verschiebung der Profile zur glatten Seite ist im Bereich  $4.5 \leq L_r/D_H \leq 15.6$  zu erkennen. Für  $L_r/D_H \geq 15.6$  ändern sich die Geschwindigkeitsverteilungen mit wachsender Einlauflänge kaum noch. Mit zunehmender Einlauflänge bis zu  $L_r/D_H = 15.6$  ergibt sich ein Anstieg der Maximalgeschwindigkeit (Abb.3).

Bei der höheren Reynoldszahl (Abb.4) ist eine stärkere Verschiebung der Profile zur glatten Seite hin festzustellen. Dies läßt sich durch die Tatsache erklären, daß der Reibungsbeiwert der glatten Zone bei der höheren Reynoldszahl kleiner ist, während der Reibungsbeiwert der rauhen Zone annähernd konstant bleibt.

#### 24-3-3 Rauigkeit

Im Bereich  $L_r/D_H < 3.9$  treten nur geringe Profiländerungen auf; für die kleine Reynoldszahl zeigt sich für  $3.9 \leq L_r/D_H \leq 8.0$  eine starke Verschiebung des Geschwindigkeitsprofils zur glatten Seite hin. Für Einlauflängen  $L_r/D_H > 15.8$  sind keine deutlichen Profiländerungen mehr zu beobachten (Abb.5). Bei der größeren Reynoldszahl setzt die starke Verschiebung des Profils erst im Bereich  $8.0 \leq L_r/D_H \leq 15.8$  ein. Für Einlauflängen  $L_r/D_H > 23.5$

sind hier ebenfalls keine deutlichen Profiländerungen mehr festzustellen (Abb.6).

Im Vergleich zur kleinen Rauigkeit sind die Geschwindigkeitsprofile bei der größeren Rauigkeit stärker zur glatten Seite hin verschoben. Dieser Effekt läßt sich dadurch erklären, daß sich aufgrund der größeren Rauigkeiten stärkere Wirbel bilden, die weiter in die Strömung eindringen und damit die Strömung stärker zur glatten Seite hin verdrängen.

#### 4.2 Wandschubspannung der glatten Zone

Die für die glatte Zone ermittelten Wandschubspannungsgeschwindigkeiten sind für beide Rauigkeitshöhen und Reynoldszahlen in Abhängigkeit der Einlauflänge  $L_r/D_H$  in linearem Maßstab dargestellt (Abb.7).

Es ist festzustellen:

##### 8-1-1 Rauigkeit

Die Wandschubspannungsgeschwindigkeit der glatten Zone erreicht den kleinsten Wert für  $L_r/D_H = 0$ , d.h. wenn im Kanal keine Rauigkeiten vorhanden sind. Im Bereich  $0 \leq L_r/D_H \leq 2.5$  wächst die Schubspannungsgeschwindigkeit auf ca. 90% des Maximalwertes. Bei beiden Reynoldszahlen ist ein ziemlich konstanter Verlauf der Meßwerte für  $L_r/D_H \geq 15.63$  festzustellen (Abb. 7a,b).

Der relative Fehler bezogen auf den Wert der Wandschubspannungsgeschwindigkeit für  $L_r/D_H \approx 50$  beträgt weniger als  $\pm 1.5\%$ . Daraus kann man schließen, daß die Wandschubspannung und somit der Druckgradient in Wandnähe für  $L_r/D_H \geq 15.63$  konstant ist.

##### 24-3-3 Rauigkeit

Bei der kleinen Reynoldszahl treten auch noch für  $L_r/D_H > 15.8$  Abweichungen unter den Meßpunkten auf. Eine gute Übereinstimmung ist erst ab  $L_r/D_H > 31.3$  zu beobachten (Abb.7c). Bei der größeren Reynoldszahl kann man einen ziemlich konstanten Verlauf der Meßpunkte für Rauigkeitslängen  $L_r/D_H > 15.6$  feststellen (Abb.7d). Mit steigender Reynoldszahl und zunehmender

Rauhigkeitshöhe verschieben sich die Meßkurven wegen der höheren Turbulenz zu größeren Wandschubspannungsgeschwindigkeiten hin, was gleichzeitig eine Verlagerung der Strömung zur glatten Seite hin bedeutet.

### 4.3 Logarithmische Geschwindigkeitsprofile

#### 4.3.1 Glatte Zone

Die Geschwindigkeitsprofile der glatten Strömungszone sind logarithmisch in der Form des Wandgesetzes (1) in den Abb.8-10 angegeben. Zur Orientierung ist ein Bezugsprofil eingezeichnet und zwar:

$$u^+ = 5 \ln y^+ - 3.05 \quad (5)$$

für  $5 < y^+ \leq 30$  (Übergangsschicht)

und 
$$u^+ = 2.5 \ln y^+ + 5.5 \quad (6)$$

für  $y^+ > 30$  (Kernströmung)

Aus den Abbildungen ergibt sich:

Im Bereich  $y^+ \leq 30$ , in dem nur Meßpunkte für die kleine Reynoldszahl auftreten, ist für beide Rauhigkeitshöhen eine gute Übereinstimmung zwischen Meßkurve und Bezugsprofil festzustellen, was auf eine genaue Bestimmung der Wandschubspannung an der glatten Wand schließen läßt. Für  $y^+ > 30$  liegen alle Profile über große Bereiche auf Geraden, die parallel zum Bezugsprofil verlaufen und damit die Steigung  $A_s = 2.5$  aufweisen.

### 8-1-1 Rauhigkeit

Alle Profile liegen in geringem Abstand unter der Bezugskurve und weisen im Bereich der Maximalgeschwindigkeit kleinere, leicht nach oben gekrümmte Buckel auf. Dies führt bei kleinen Einlauflängen zu einer Auffächerung der Profile, die bei der kleinen Reynoldszahl für  $y^+ > 400$ , bei der großen für  $y^+ > 4000$  zu beobachten ist.

Für Einlauflängen  $L_r/D_H \geq 15.6$  fallen die Meßpunkte praktisch zusammen (Abb.8,9).

### 24-3-3 Rauhigkeit

Bei der kleinen Re-Zahl (Abb.10a) streuen die Meßpunkte für  $y^+ > 30$  innerhalb einer gewissen Bandbreite unterhalb der Bezugslinie. Für  $y^+ > 400$  fallen die Meßpunkte nur bei Einlauflängen  $L_r/D_H \geq 31.3$  zusammen. Dies steht im Gegensatz zum linear aufgetragenen Profil, wo ab  $L_r/D_H = 15.8$  kaum noch Streuungen auftreten. Der Unterschied ist damit zu erklären, daß die ins logarithmische Profil eingehende Schubspannungsgeschwindigkeit an der glatten Wand für  $L_r/D_H < 31.3$  bei der kleinen Re-Zahl nicht konstant ist (Abb.7c).

Bei der großen Re-Zahl (Abb.10b) liegen die Profile gut beisammen. Im Bereich  $y^+ > 1000$  ist eine Auffächerung zu beobachten, jedoch nur für Einlauflängen  $L_r/D_H < 15.8$ .



#### 4.3.2 Rauhe Zone

Die Geschwindigkeitsprofile der rauhen Zone sind logarithmisch in Form des Wandgesetzes (2) in den Abb. 11-13 dargestellt.

Sämtliche Meßkurven steigen mit dem normierten Wandabstand  $y/h$  an.

##### 8-1-1 Rauigkeit

Für wandnahe Bereiche  $y/h \leq 8$  verschieben sich die Meßkurven für beide Reynoldszahlen mit zunehmender Einlauflänge  $0 \leq L_r/D_H \leq 2.5$  nach unten (Abb.11a,12a). Für größere Wandabstände ist eine gute Annäherung der Meßpunkte feststellbar.

Bei den größeren Einlauflängen  $L_r/D_H \geq 4.5$  ergibt sich für wandnahe Bereiche  $y/h \leq 10$  eine gute Übereinstimmung der Meßwerte, für größere Wandabstände fächern die Meßpunkte nach oben hin auf. Das Profil ist bei der kleinen Re-Zahl ab  $L_r/D_H \geq 15.6$  (Abb.11b), bei der großen Re-Zahl ab  $L_r/D_H \geq 23.4$  als eingelaufen zu betrachten (Abb.12b).

##### 24-3-3 Rauigkeit

Für die kleine Re-Zahl ist im wandnahen Bereich ( $y/h \leq 5$ ) eine starke Streuung der Meßwerte für  $L_r/D_H < 8$  festzustellen (Abb.13a). Diese Streuung ist mit dem Einlaufvorgang bei der Schubspannungsgeschwindigkeit der glatten Zone zu erklären. Bei der großen Re-Zahl (Abb.13b) ergibt sich für  $y/h \leq 5$  nur eine geringe Streuung; für größere  $y/h$  ist bei beiden Re-Zahlen ein Auffächern der Kurven zu beobachten. Die Strömung ist jedoch in jedem Fall für  $L_r/D_H \geq 23.5$ , als eingelaufen zu betrachten. Die Profilkonstanten  $R$ , die sich als Schnittpunkt der Meßkurven mit der  $u^+$ -Achse bestimmen lassen, nehmen mit steigender Rauigkeitshöhe zu. Diese Beobachtung wurde bereits bei früheren Messungen /2/ gemacht.

Für die kleine Rauigkeit betragen die Profilkonstanten in der Reihenfolge der Re-Zahlen etwa 2.2 und 2.8, für die große Rauigkeit etwa 4.6 und 5.0.

4.4 Vergleich der Ergebnisse für die ausgebildete Strömung mit früheren Messungen /12/

---

Die Meßwerte für  $L_r/D_H \approx 50$  werden mit früheren Ergebnissen von BAUMANN /12/ verglichen, der Versuche bei dieser Einlauflänge am gleichen Versuchsstand durchführte (Tab.III,IV).

	BAUMANN	diese Arbeit	BAUMANN	diese Arbeit
Reynoldszahl	$0.64 \cdot 10^5$	$0.61 \cdot 10^5$	$0.519 \cdot 10^6$	$0.65 \cdot 10^6$
$u_k$ (cm/s)	108.6	99.33	789.72	984.7
$u_g^x$ (cm/s)	6.66	5.96	41.24	49.48
$u_r^x$ (cm/s)	11.96	11.39	89.44	117.98

Tab.III: Meßwerte für die 8-1-1 Rauigkeit im Vergleich mit Daten nach /12/

	BAUMANN	diese Arbeit	BAUMANN	diese Arbeit
Reynoldszahl	$0.47 \cdot 10^5$	$0.6 \cdot 10^5$	$0.53 \cdot 10^6$	$0.65 \cdot 10^6$
$u_k$ (cm/s)	74.47	98.97	796.69	990.91
$u_g^x$ (cm/s)	5.15	6.61	45.03	55.09
$u_r^x$ (cm/s)	11.09	15.37	121.34	161.1

Tab.IV: Meßwerte für die 24-3-3 Rauigkeit im Vergleich mit Daten nach /12/

Vergleich der Wandschubspannungsgeschwindigkeit an der glatten Wand

Der Einfluß der Reynoldszahl auf die Schubspannungsgeschwindigkeit an der glatten Wand wurde nach folgenden Überlegungen berücksichtigt.

Zwischen  $u^*$  und der mittleren Kanalgeschwindigkeit  $u_k$  gilt die Beziehung:

$$u^* = u_k \sqrt{\frac{\lambda}{8}} \quad (7)$$

Mit  $Re = \frac{u_k D_H}{\nu}$  (8)

erhält man

$$u^* \sim Re \sqrt{\lambda}$$

Setzt man nach MC ADAMS

$$\lambda \sim Re^{-0.2} \quad (5 \cdot 10^4 \leq Re \leq 5 \cdot 10^5),$$

so folgt

$$u^* \sim Re^{0.9} \quad (9)$$

Da die vergleichbaren Messungen von BAUMANN meist bei niedrigeren Reynoldszahlen durchgeführt wurden, erfolgt eine Angleichung an die höheren Werte nach obiger Beziehung. Folgende Ergebnisse wurden gefunden (Tab.V):

Rauhigkeit	BAUMANN	diese Arbeit	Rel. Fehler
8-1-1	6.37	5.96	-6%
	50.49	49.48	2%
24-3-3	6.42	6.61	2.8%
	54.1	55.09	1.7%

Tab.V: Wandschubspannungsgeschwindigkeit  $u_g^*$  (cm/s) im Vergleich mit Werten nach /12/, die auf gleiche Reynoldszahl korrigiert wurden.

Die Abweichungen sind darauf zurückzuführen, daß die in beiden Arbeiten benutzten Rauigkeitsplatten sich im Rahmen der Herstellungstoleranzen unterscheiden.

Vergleich der Wandschubspannungsgeschwindigkeiten an der rauhen Wand

Die Berechnung der Wandschubspannungsgeschwindigkeit an der rauhen Wand erfolgt über Glg. (4).

Nach der Druckverlustgleichung

$$\frac{\Delta p}{\Delta x} = \lambda \frac{\rho}{2} u^2 \frac{1}{D_H} \quad (10)$$

und dem Ansatz

$$\lambda \neq f(\text{Re})$$

erhält man  $\frac{\Delta p}{\Delta x} \sim u^2$

oder  $\frac{\Delta p}{\Delta x} \sim \text{Re}^2 \quad (11)$

Erfolgt eine Anpassung der von BAUMANN gemessenen Werte an die höheren Reynoldszahlen nach obiger Beziehung, so erhält man folgende  $u_r^*$ -Werte (cm/s):

Rauhigkeit	BAUMANN	diese Arbeit	rel. Fehler
8-1-1	11.96	11.9	-0.5%
	112.5	117.9	4.5%
24-3-3	14.21	15.37	7.5%
	149.1	161.1	7.4%

Tab.VI: Wandschubspannungsgeschwindigkeit  $u_r^*$  (cm/s) im Vergleich mit Werten nach /12/, die auf gleiche Reynoldszahl korrigiert wurden.

Diese Abweichungen sind darauf zurückzuführen, daß die in beiden Arbeiten benutzten Platten nicht identisch waren; außerdem unterscheiden sich die Druckgradienten etwas, da der Druckverlust über verschiedene Druckmeßlängen bestimmt wurde.

## 5. Zusammenfassung

In der Literatur wird angenommen, daß die Strömung in rauhen Kanälen für Einlaufängen  $L_R/D_H \geq 50$  voll ausgebildet ist. In dieser Arbeit wurde das Einlaufverhalten der Strömung im Bereich  $0 \leq L_R/D_H \leq 50$  untersucht und die in der Literatur vorherrschende Annahme kritisch überprüft.

Gemessen wurde der Druckverlust und die Geschwindigkeitsverteilung über verschiedene Rauigkeitslängen in Bereich  $0 \leq L_R/D_H \leq 50$  für 2 verschiedene Rauigkeitshöhen. Die Versuche wurden in einem Rechteckkanal durchgeführt, dessen eine Hauptseite zum Einbau der Rauigkeiten ausgewechselt werden konnte. Als Strömungsmedium wurde Wasser verwendet. Die Darstellung der Geschwindigkeitsverteilung erfolgte in linearer Form; außerdem wurden die Geschwindigkeitsprofile der glatten und rauhen Zone logarithmisch dargestellt.

Die Auswertung der Versuchsdaten führt zu folgenden Ergebnissen:

- a) Für beide Rauigkeitshöhen und Reynoldszahlen können die linearen Geschwindigkeitsprofile ab  $L_R/D_H = 16$  als konstant angenommen werden; dabei beträgt der auf den Meßwert für  $L_R/D_H = 50$  bezogene relative Fehler  $\leq \pm 2\%$ .
- b) Die logarithmischen Profile der glatten Zone können für die kleine Rauigkeitshöhe bei beiden Reynoldszahlen für Einlaufängen  $L_R/D_H \geq 16$  als konstant angenommen werden. Bei der höheren Rauigkeit gilt dies nur im Fall der großen Reynoldszahl, da bei der kleinen Reynoldszahl der eingelaufene Zustand erst ab  $L_R/D_H \geq 32$  beobachtet wird.
- c) Meßpunkte des logarithmischen Profils der glatten Zone liegen auf Parallelen in geringem Abstand unterhalb des eingezeichneten Bezugsprofils mit der Steigung  $A_S = 2.5$ .
- d) Die logarithmischen Geschwindigkeitsprofile der rauhen Zone, zu deren Auswertung der Druckgradient der ausgebildeten Strömung verwendet wurde, können für beide Rauigkeitshöhen und Reynoldszahlen für  $L_R/D_H \geq 24$  als eingelaufen angenommen werden.

- e) Für die eingelaufenen Profile der rauhen Zone ist mit wachsender Rauigkeitshöhe eine größere Profilkonstante  $R$  feststellbar.
- f) Im Vergleich zu glatten Kanälen, bei denen die Einlauf-  
länge  $L/D_H \approx 50$  beträgt, ist die Strömung für die ge-  
messenen Rauigkeiten bereits für  $L_r/D_H \approx 25$  eingelaufen.

## Nomenklatur

$A_s$	Gradient des Wandgesetzes (glatt)
$A_r$	Gradient des Wandgesetzes (rauh)
$b$	Rauhigkeitsbreite
$B_s$	Konstante des Wandgesetzes (glatt)
$D$	Außendurchmesser des Pitotrohres
$D_H$	hydraulischer Kanaldurchmesser
$F$	Strömungsquerschnitt
$h$	Rauhigkeitshöhe
$h^+ = hu^*/\nu$	Rauhigkeits-Reynoldszahl
$H_v$	volumetrische Kanalhöhe
$L$	Länge des Geschwindigkeitsprofils
$L_p$	Druckmeßlänge
$L_r$	Einlaufänge
$p$	Rippenteilung, Druck
$\Delta p_{dyn}$	Staudruck
$R$	Konstante des Wandgesetzes (rauh)
$Re$	Reynoldszahl
$u$	zeitlich gemittelte örtliche Geschwindigkeit
$u_k$	mittlere Kanalgeschwindigkeit
$u^*$	Wandschubspannungsgeschwindigkeit
$u^+ = \frac{u}{u^*}$	dimensionslose Geschwindigkeit
$U$	benetzter Umfang
$\dot{V}$	Volumenstrom
$x$	Koordinate in Strömungsrichtung
$y$	Wandabstand
$y^+ = \frac{yu^*}{\nu}$	dimensionsloser Wandabstand
$\lambda$	Reibungsbeiwert
$\nu$	kinematische Viskosität
$\rho$	Dichte
$\tau$	Schubspannung

## Indizes

$g$	glatt
$r$	rauh
$w$	Wand

Literatur

- /1/ Gasbrüter-Memorandum,  
KfK-Bericht Nr. 1375, EUR 4575d, JÜL 744-RG (1971)
- /2/ W. Baumann:  
Geschwindigkeitsverteilung bei turbulenter Strömung an  
rauhem Wänden, KfK-Bericht Nr. 2618 (1978)
- /3/ L. Meyer:  
Turbulente Strömung an Einzel- und Mehrfachrauigkeiten  
im Plattenkanal, KfK-Bericht Nr. 2764 (1979)
- /4/ L. Prandtl:  
Über den Reibungswiderstand strömender Luft, Ergebnisse  
der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen (1927)  
III. Lief. S.1 (1927)
- /5/ J. Nikuradse:  
Strömungsgesetze in rauhen Röhren, VDI-Forschungsheft 361  
(1933)
- /6/ M. Dalle Donne:  
Comparison of the performance of 1000 MWe GCFR's with two-  
and three-dimensional roughnesses on the fuel rods, OECD-NEA  
Coordinating Group on Gas Cooled Fast Reactor Development,  
5th GCFR Heat Transfer Specialists Meeting Würenlingen  
(1979)
- /7/ F.A. Mac Millan:  
Experiments on Pitot-tubes in shear flow, ARC  
Rep. and Memoranda Nr. 3028, London (1956)
- /8/ R. Shaw:  
The influence of hole dimensions on static pressure  
measurements, J. Fluid Mech. 7, 4, 550-564 (1960)
- /9/ W. Eifler:  
Über die turbulente Geschwindigkeitsverteilung und Wand-  
reibung in Strömungskanälen verschiedener Querschnitte,  
Diss. TH Darmstadt (1968)



/10/ J.H. Preston:

The determination of turbulent skin friction by means of Pitot tubes, J. Roy. Aero. Soc. 58, 109

/11/ V.C. Patel:

Calibration on the preston tubes and limitations on its use in pressure gradients, J. Fluid Mech. 23 (1), 185-208 (1965)

/12/ W. Baumann:

Geschwindigkeitsverteilung bei turbulenter Strömung an rauhen Wänden, Meßwerttabellen und Nachmessungen zum Einfluß des Abstandes zwischen Rippen und Meßposition, KfK-Bericht Nr. 2680 (1978)

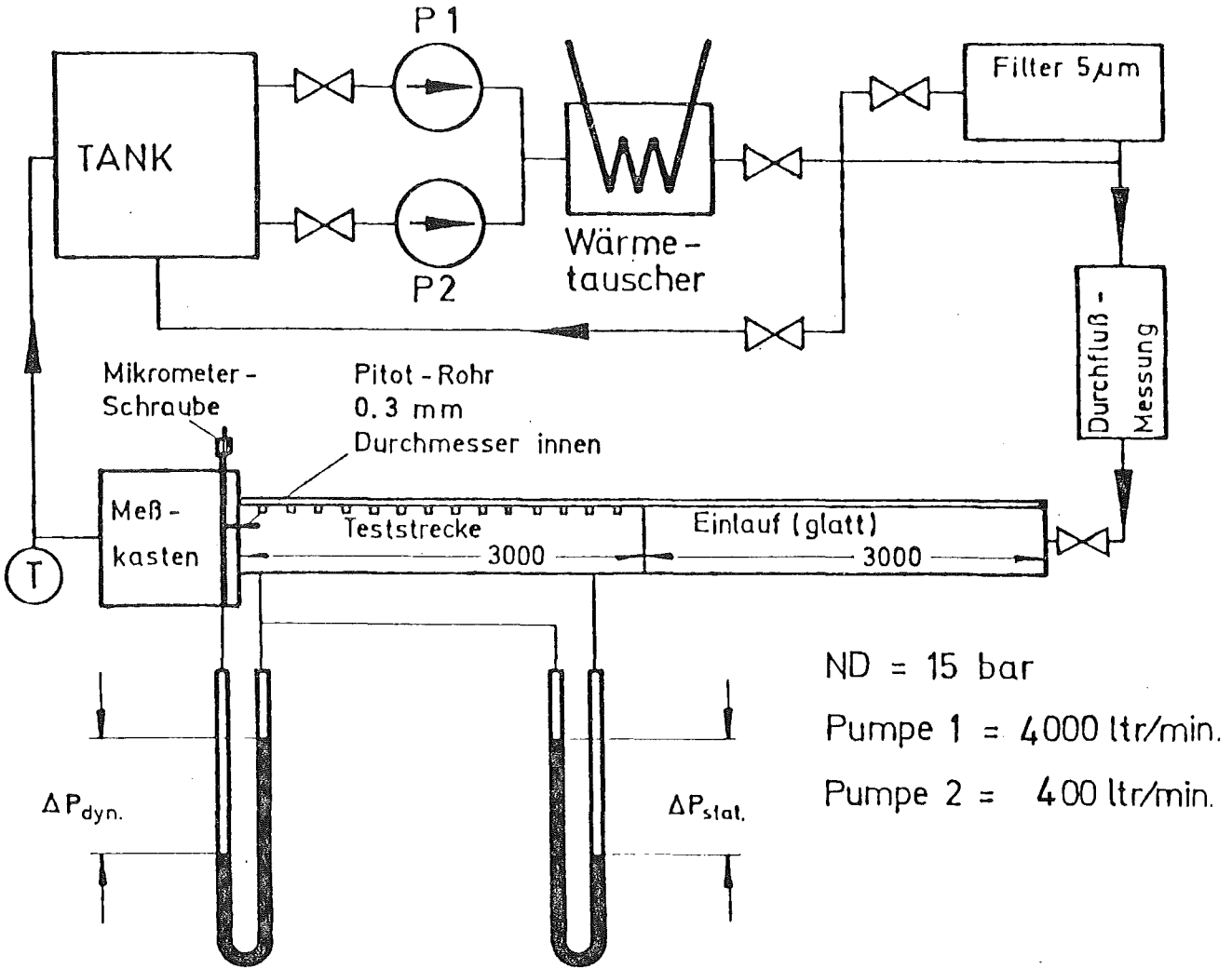


Abb.1: Schema der Wasserversuchsanlage

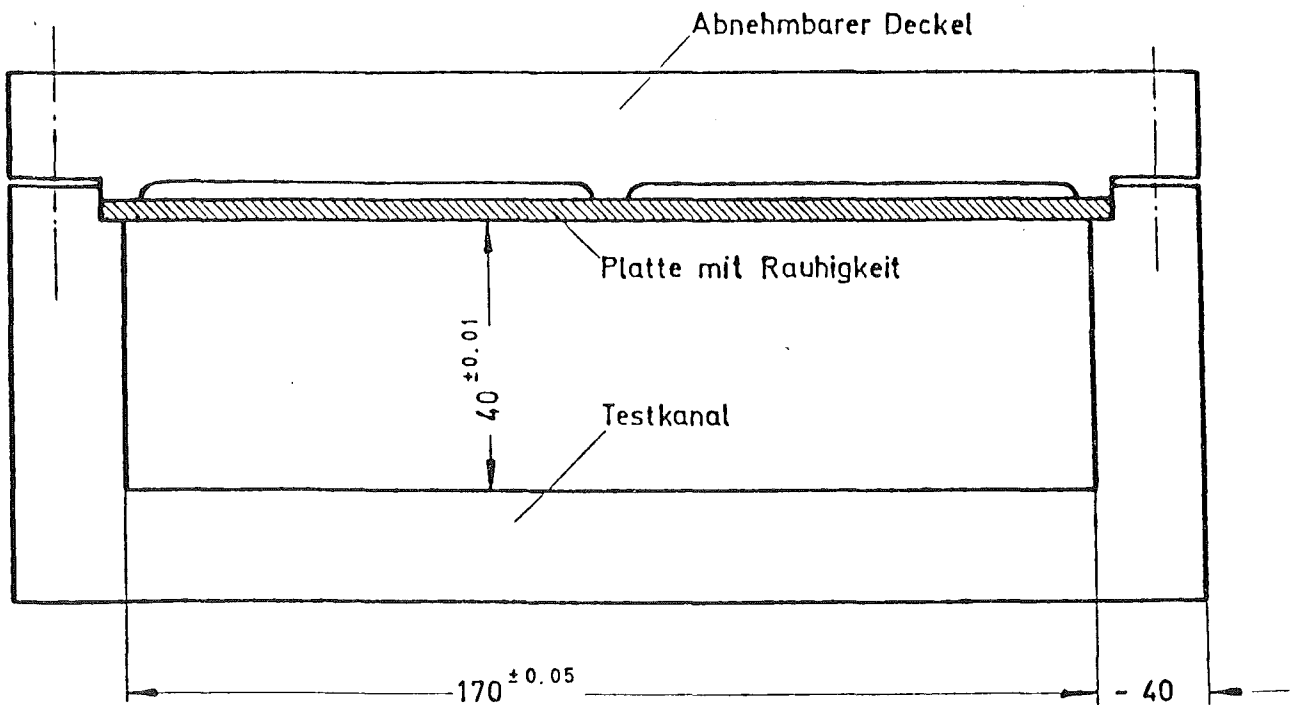


Abb.2: Querschnitt der Teststrecke

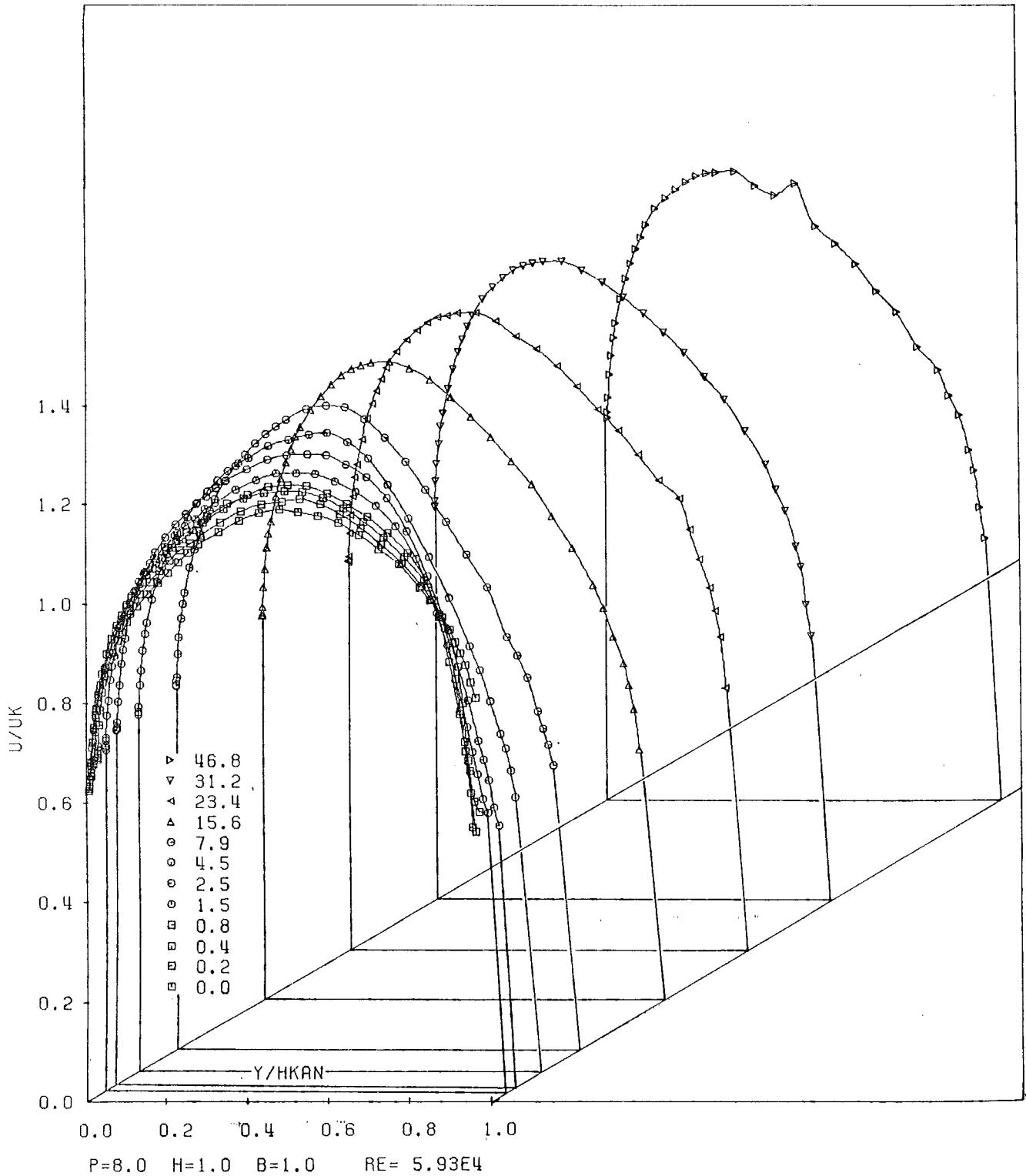


Abb. 3 : Lineare Geschwindigkeitsverteilung

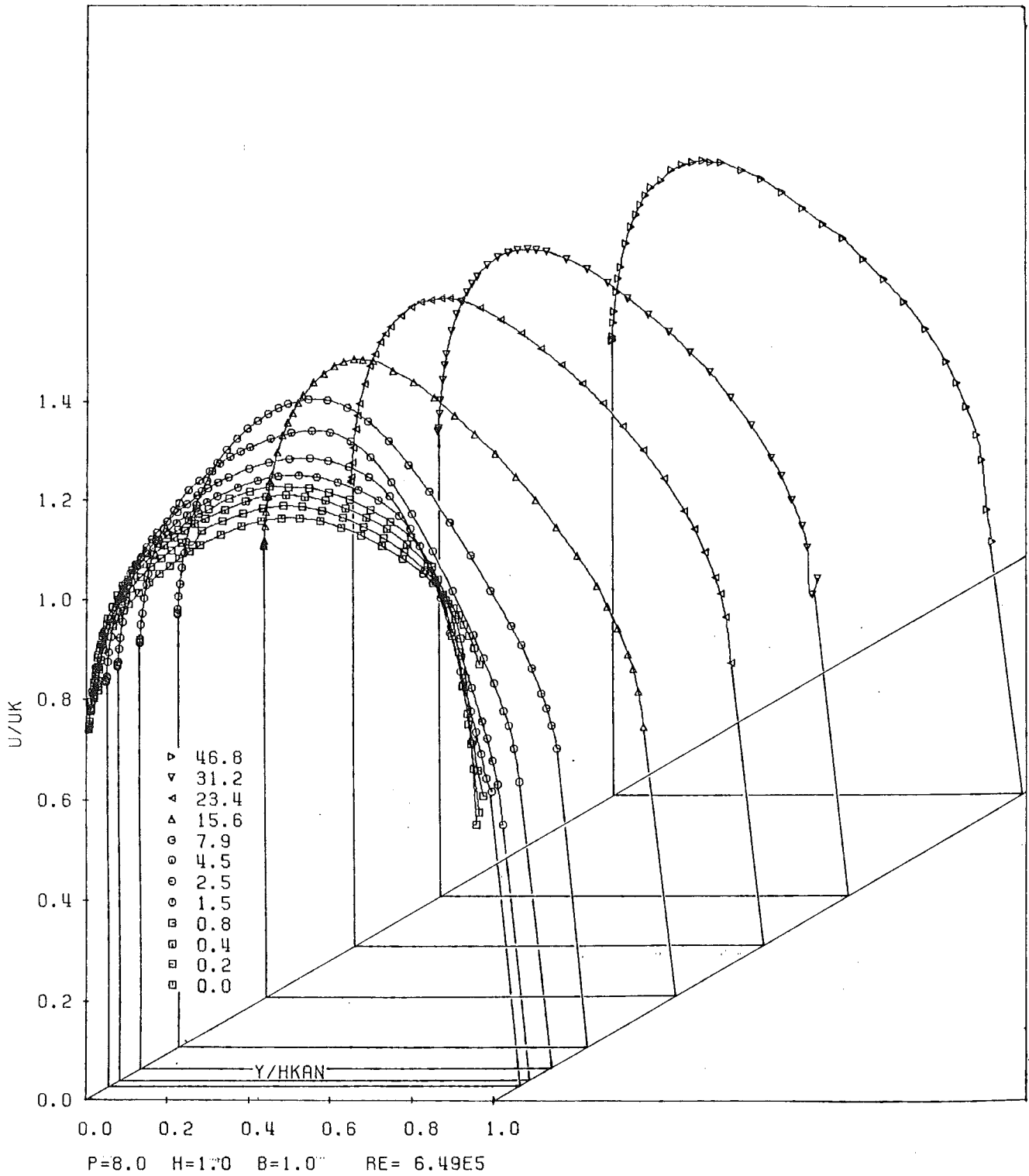


Abb. 4: Lineare Geschwindigkeitsverteilung

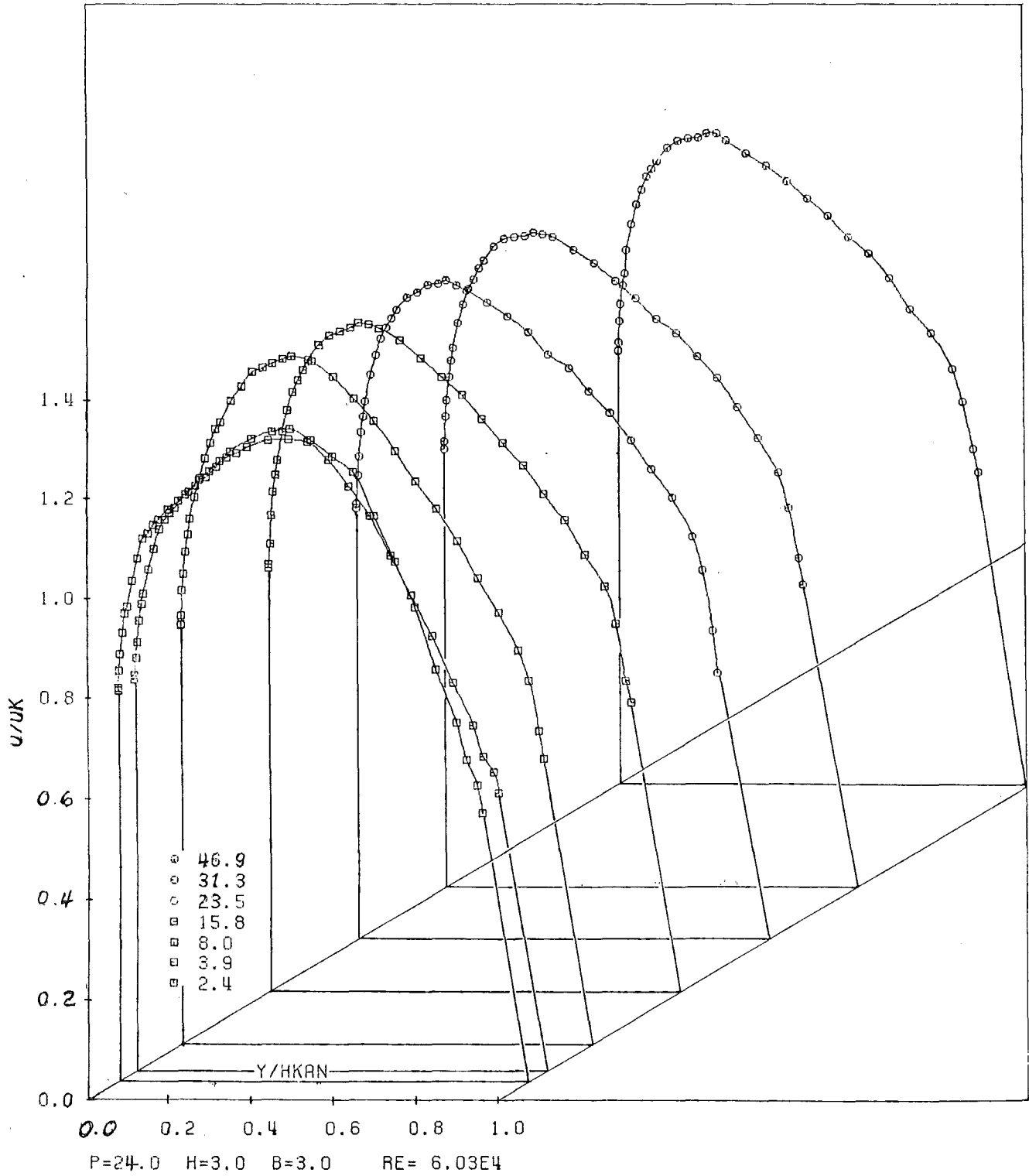


Abb. 5 : Lineare Geschwindigkeitsverteilung

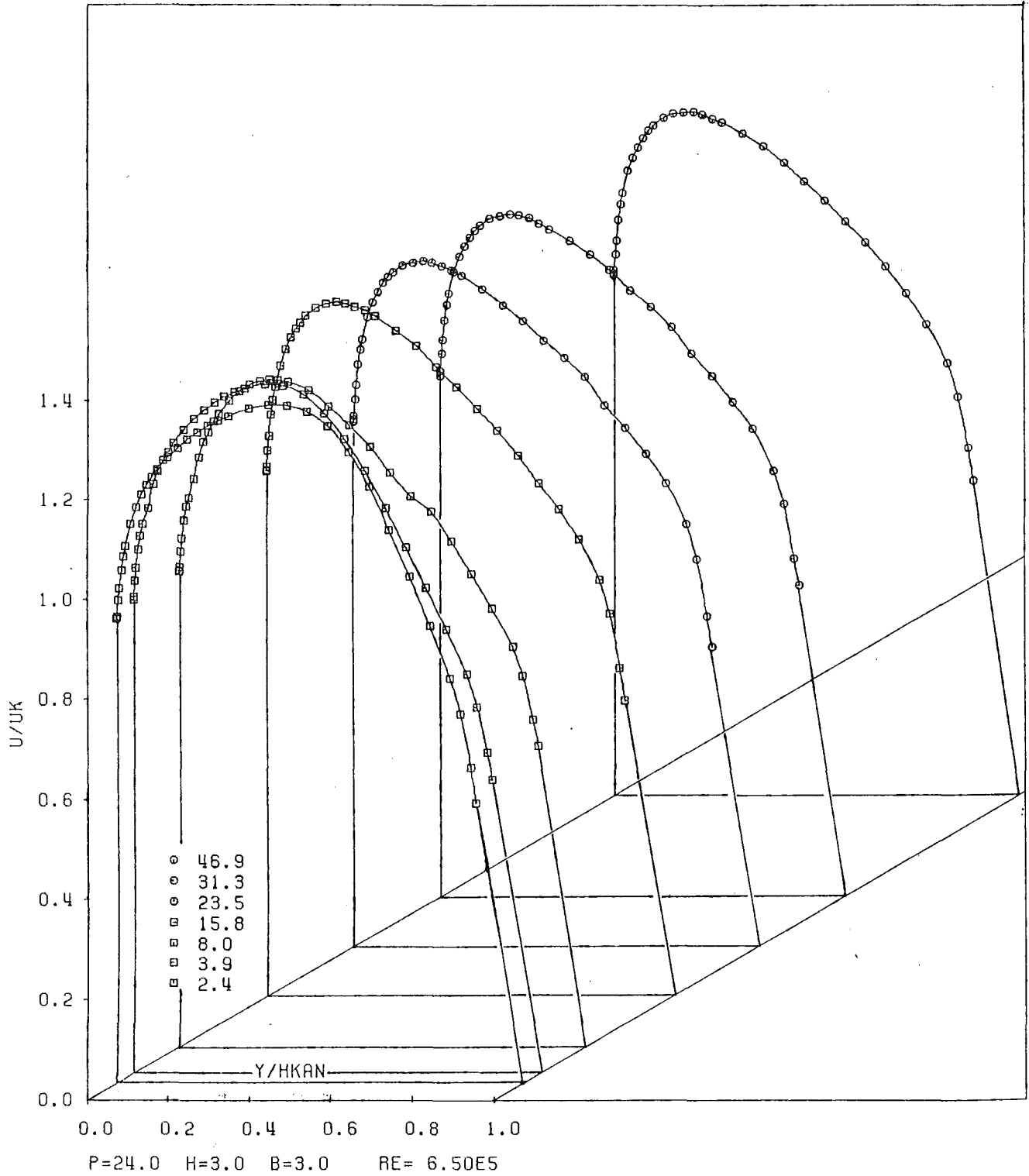


Abb. 6 : Lineare Geschwindigkeitsverteilung

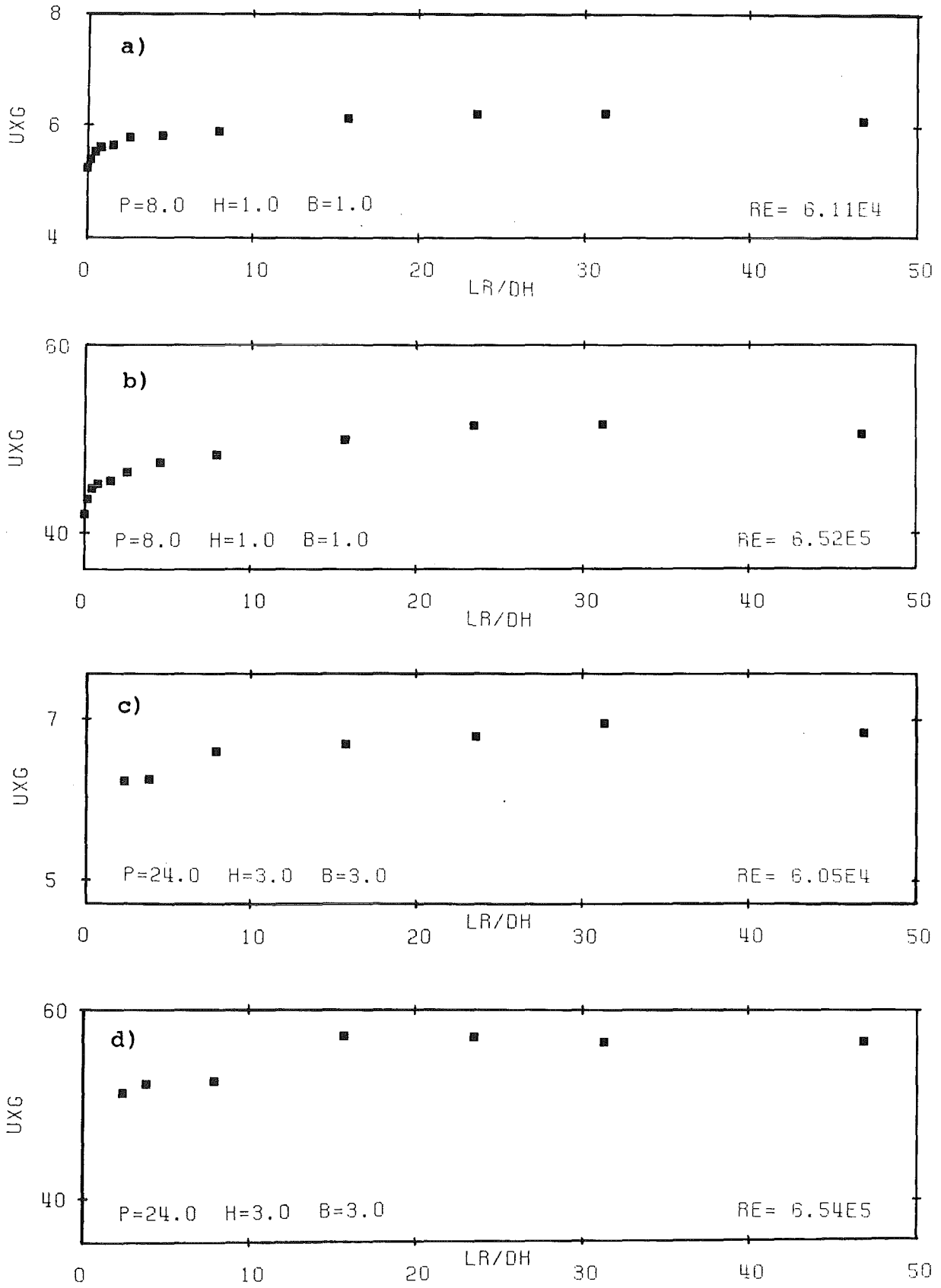


Abb.7: Wandschubspannungsgeschwindigkeit  $u_g^+$  der glatten Zone

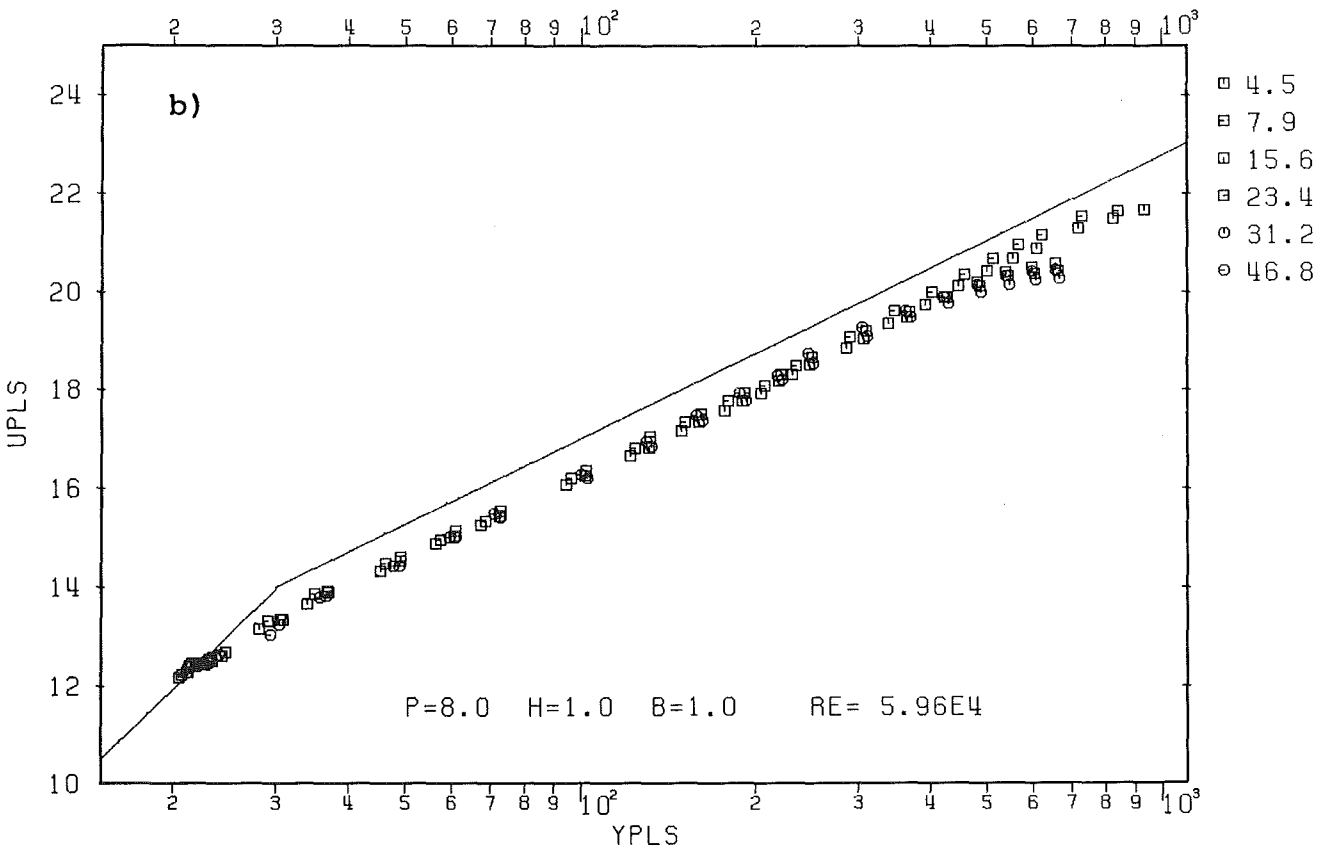
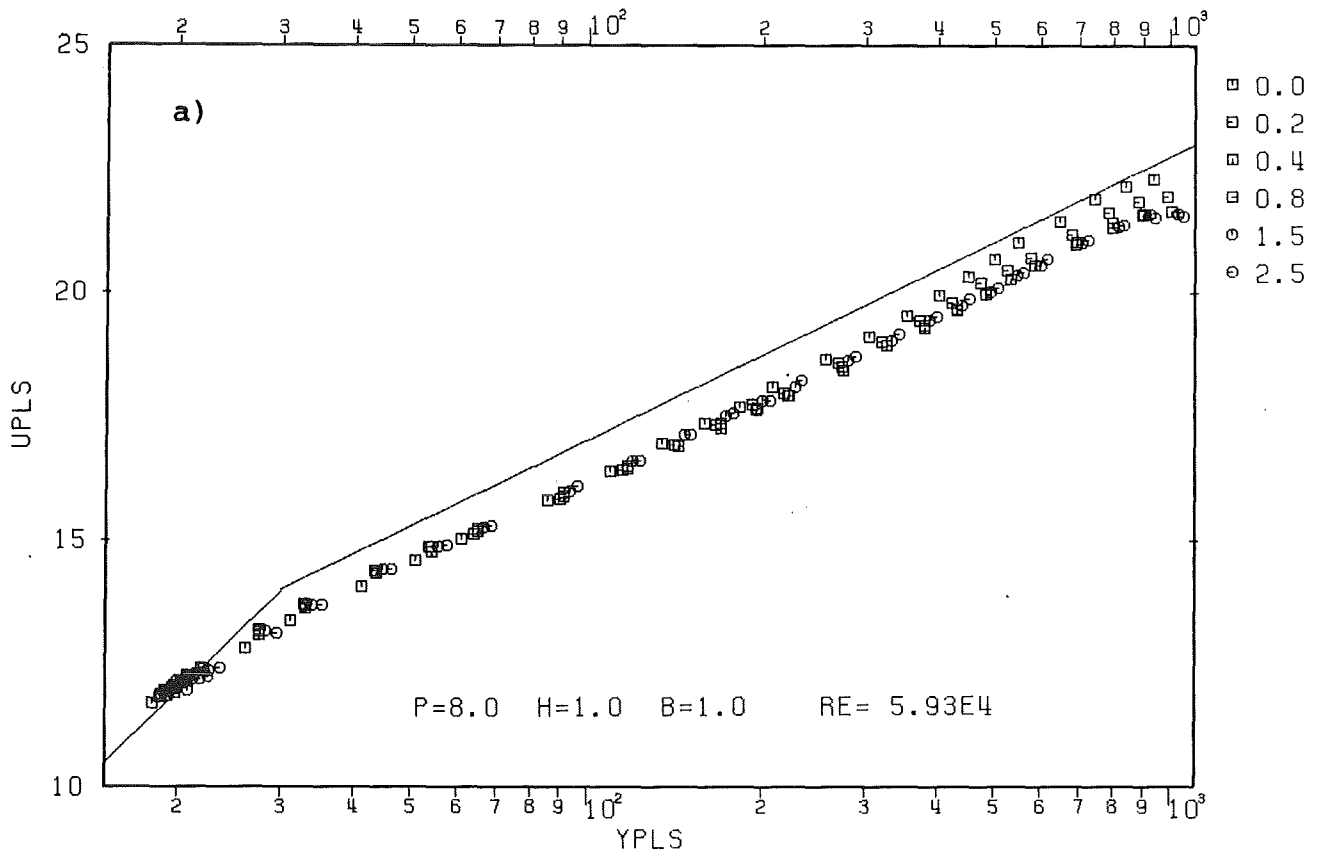


Abb.8: Normierte Geschwindigkeitsprofile  $u^+(y^+)$  der glatten Zone



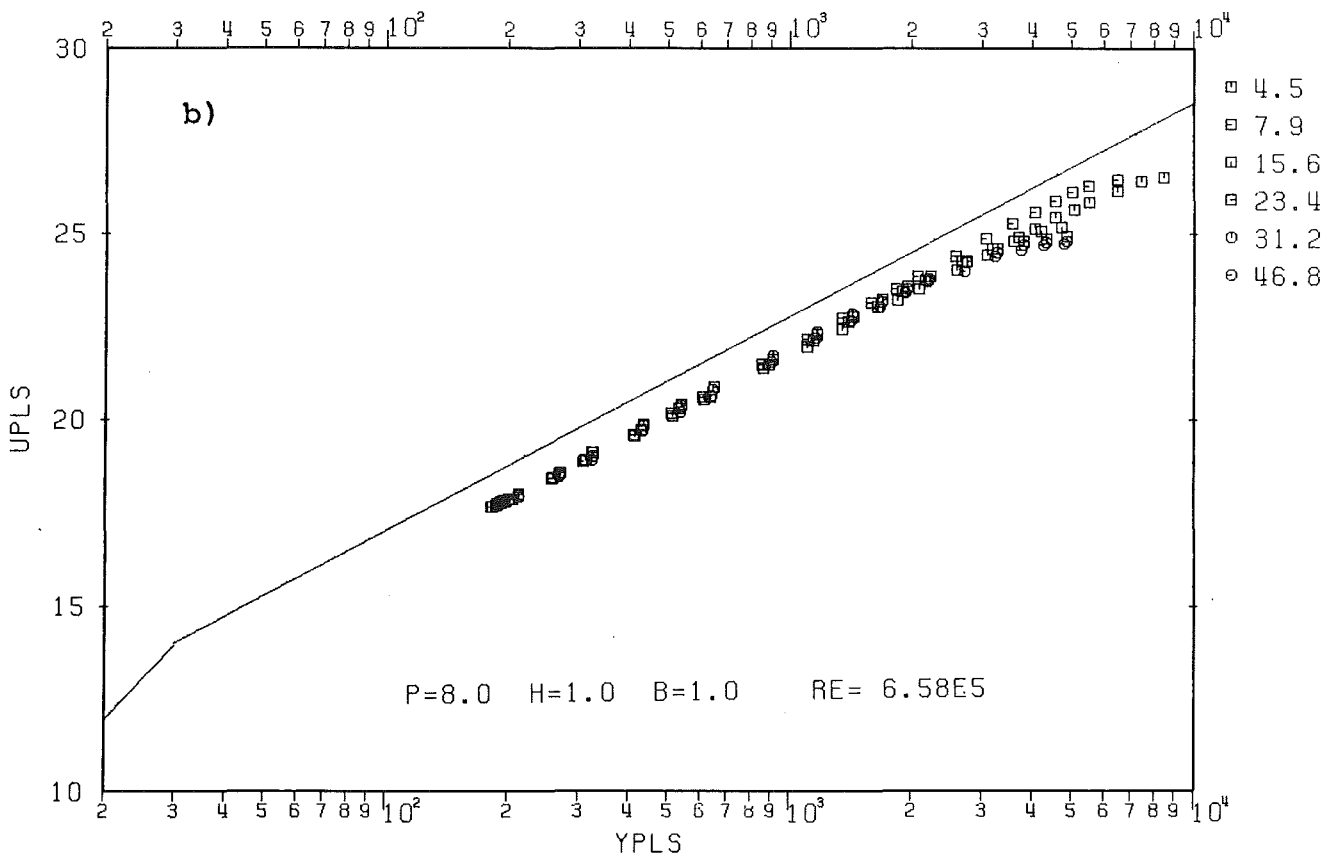
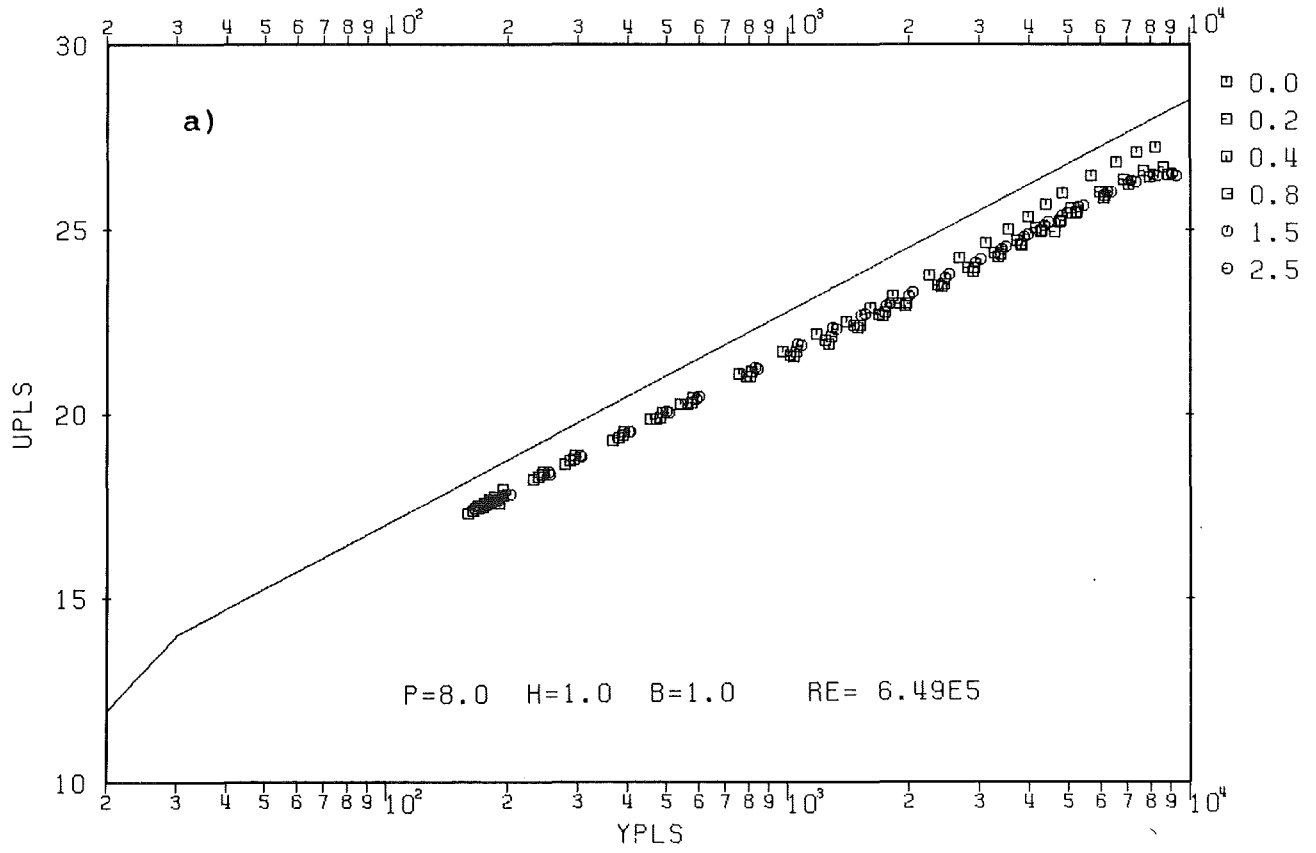


Abb.9: Normierte Geschwindigkeitsprofile  $u^+(y^+)$  der glatten Zone

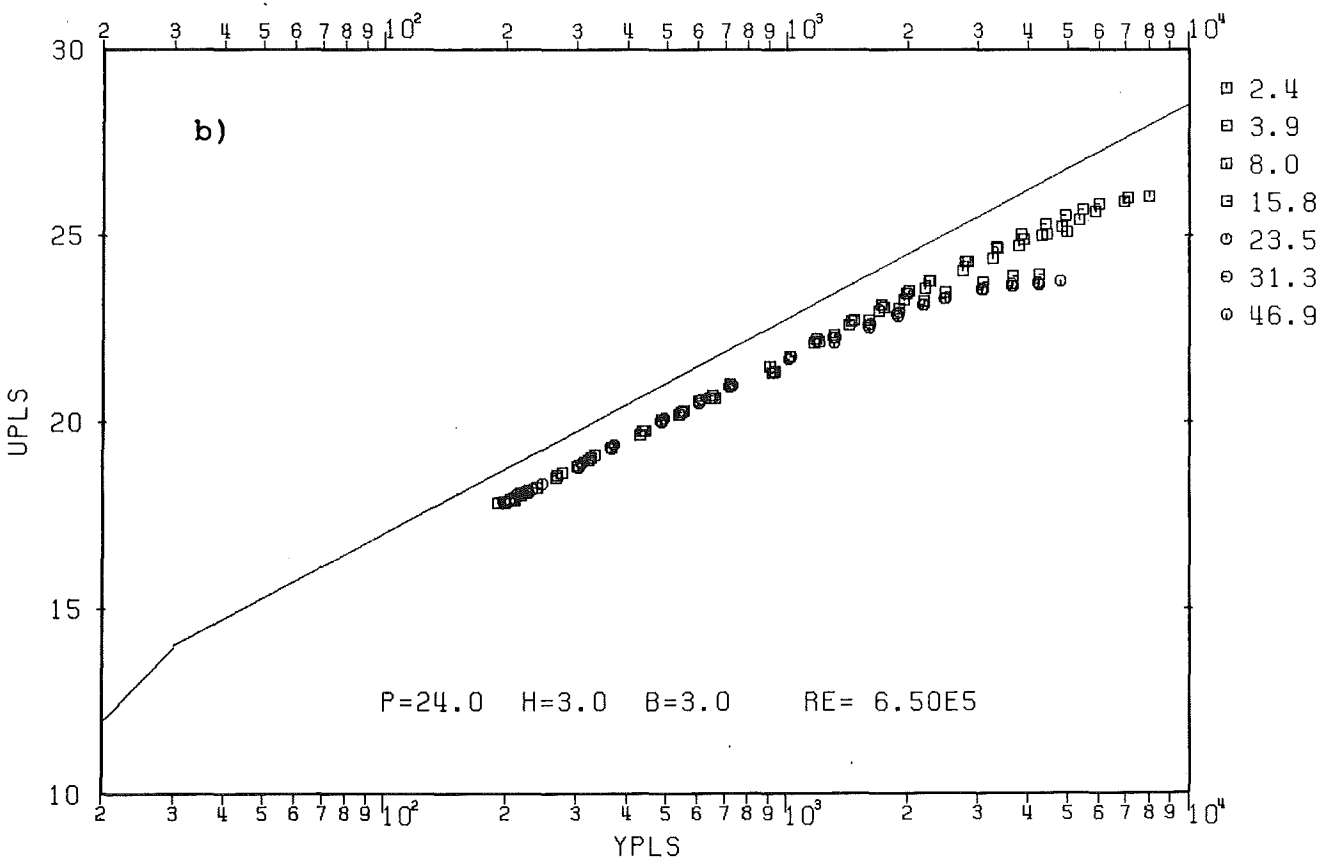
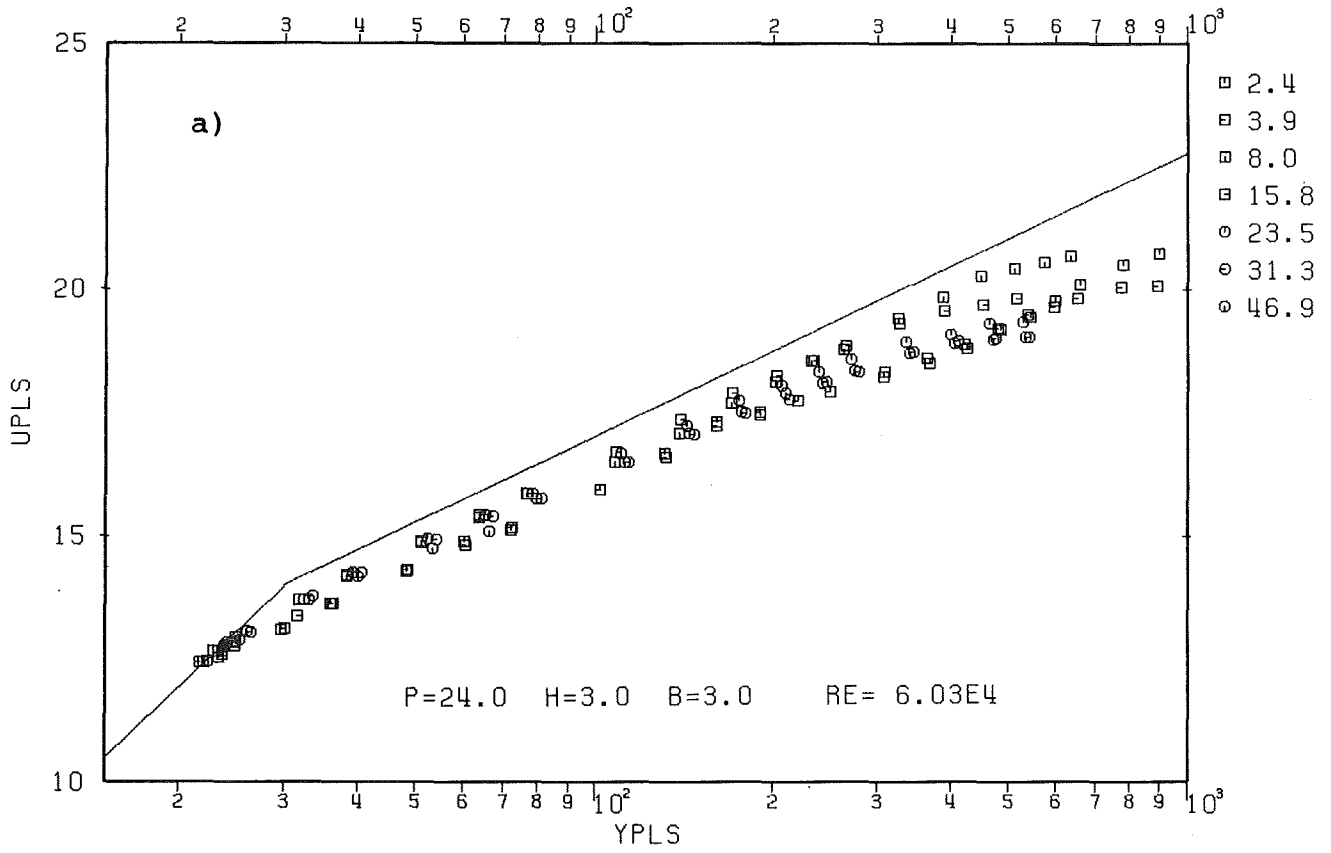


Abb.10: Normierte Geschwindigkeitsprofile  $u^+(y^+)$  der glatten Zone

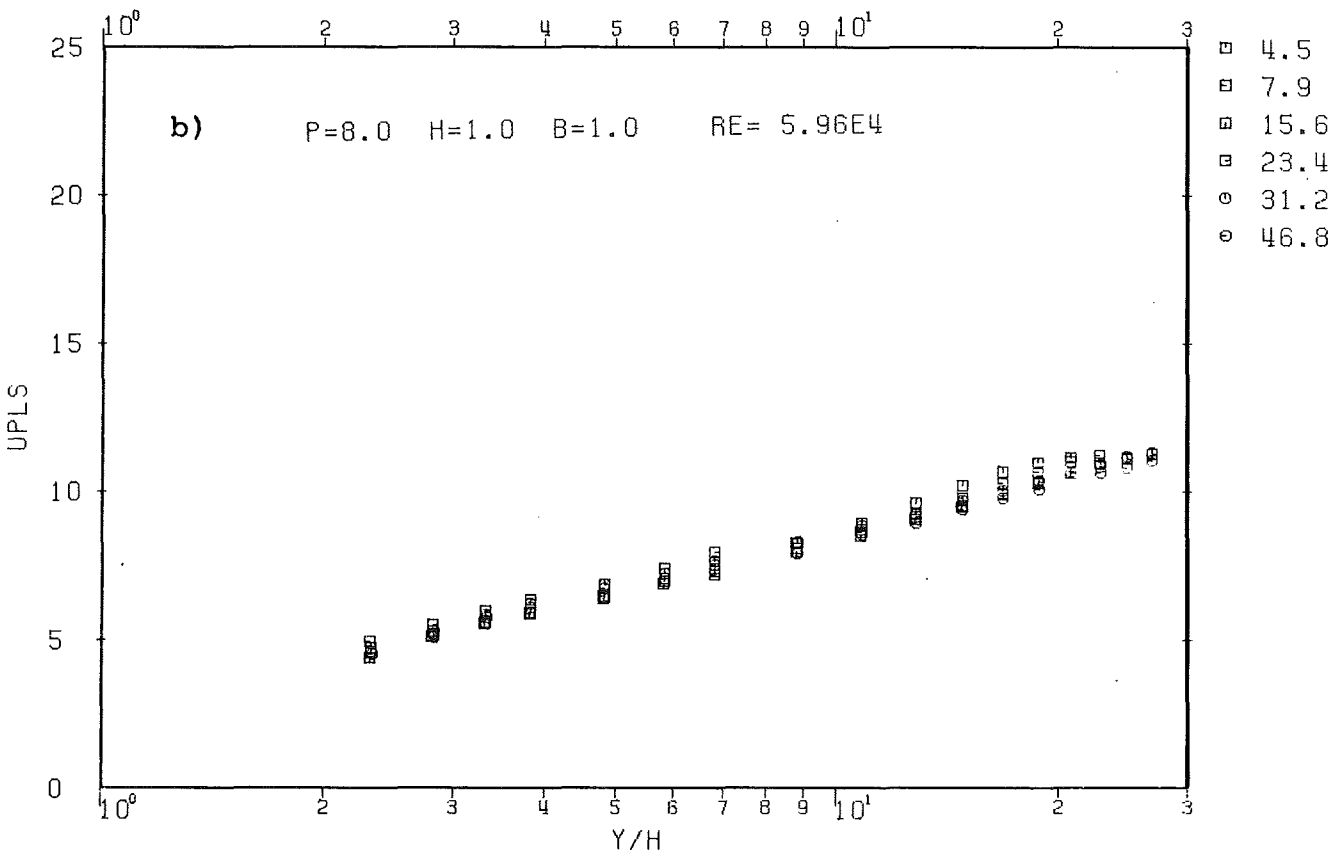
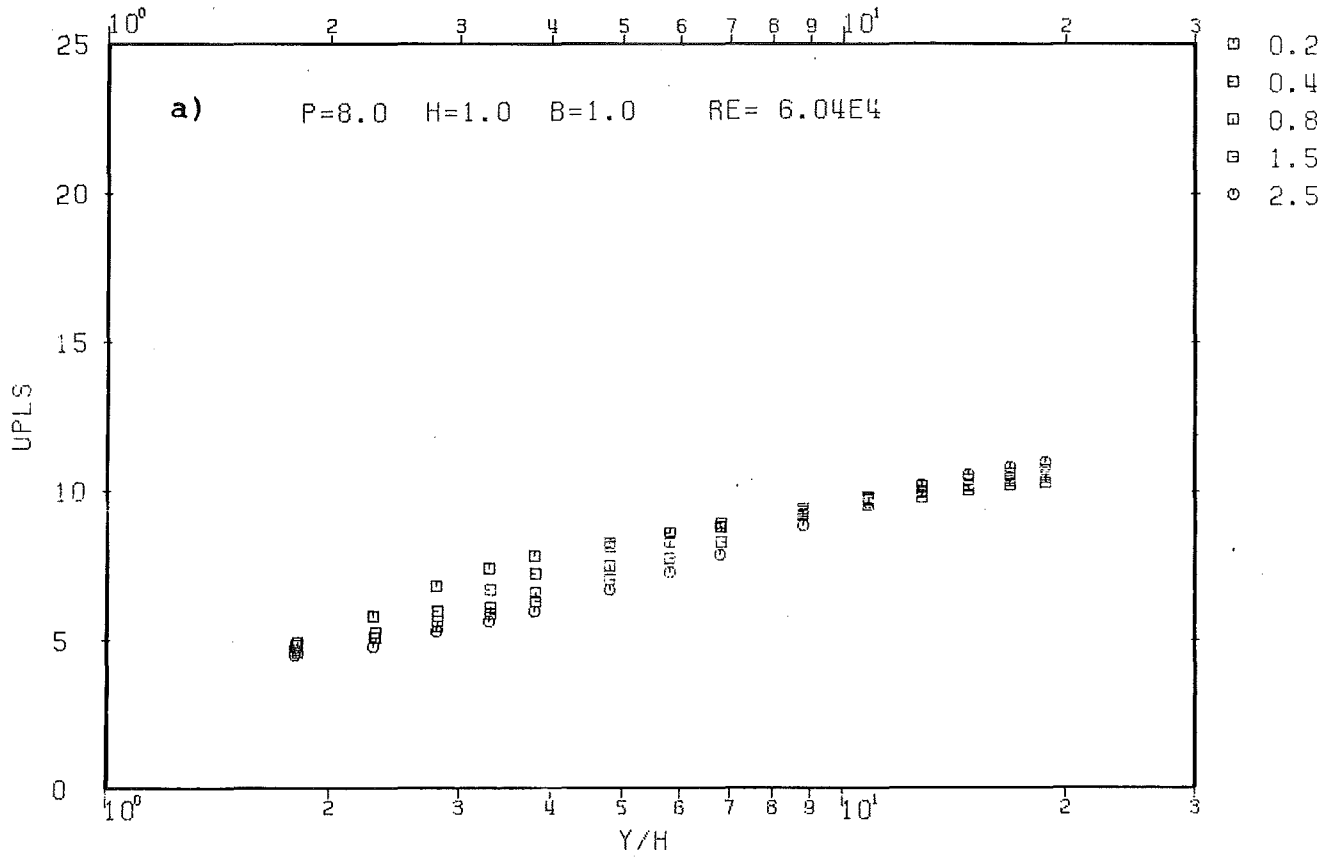


Abb.11: Normierte Geschwindigkeitsprofile  $u^+(y/h)$  der rauhen Zone

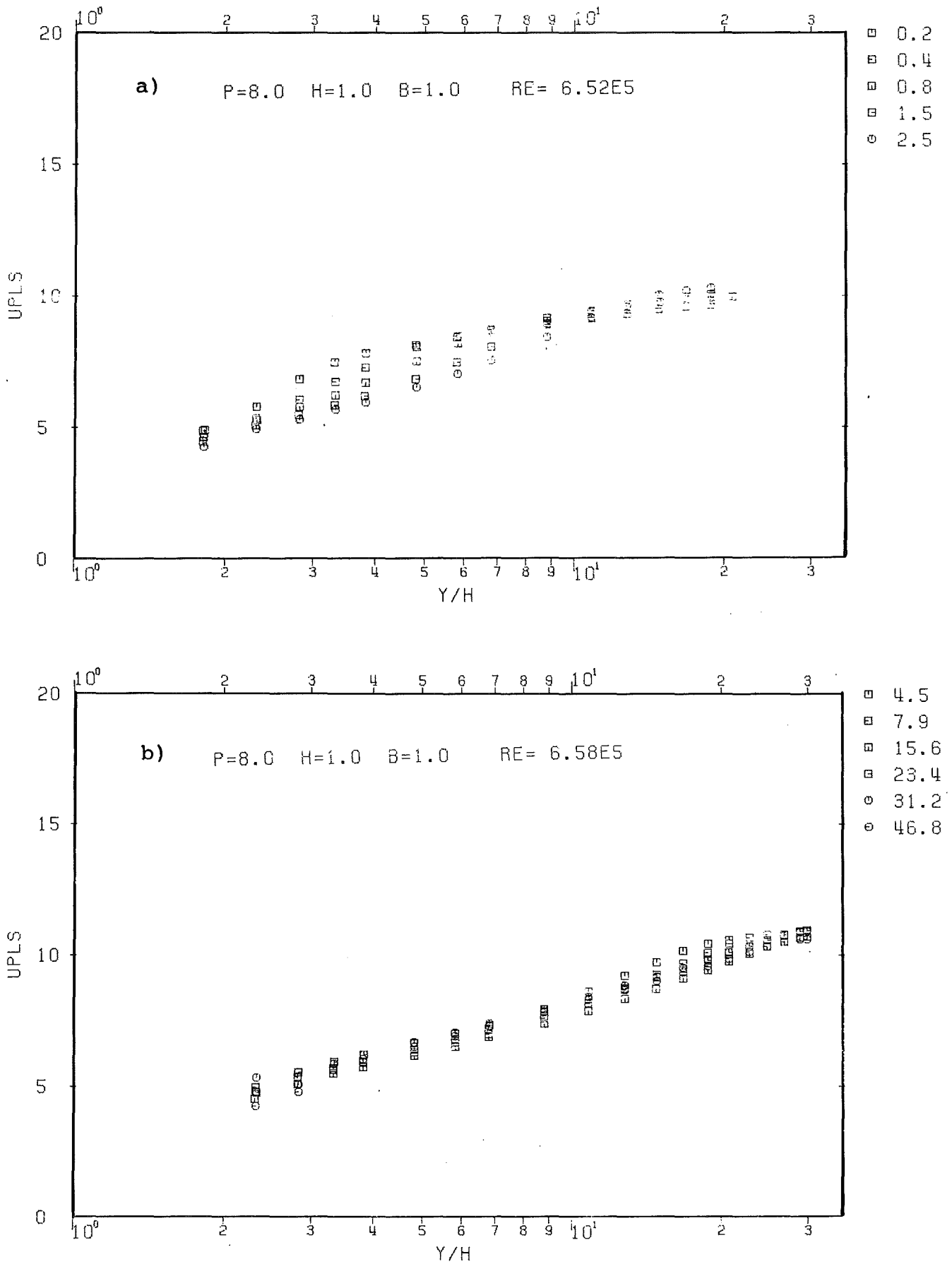


Abb.12: Normierte Geschwindigkeitsprofile  $u^+(y/h)$  der rauhen Zone

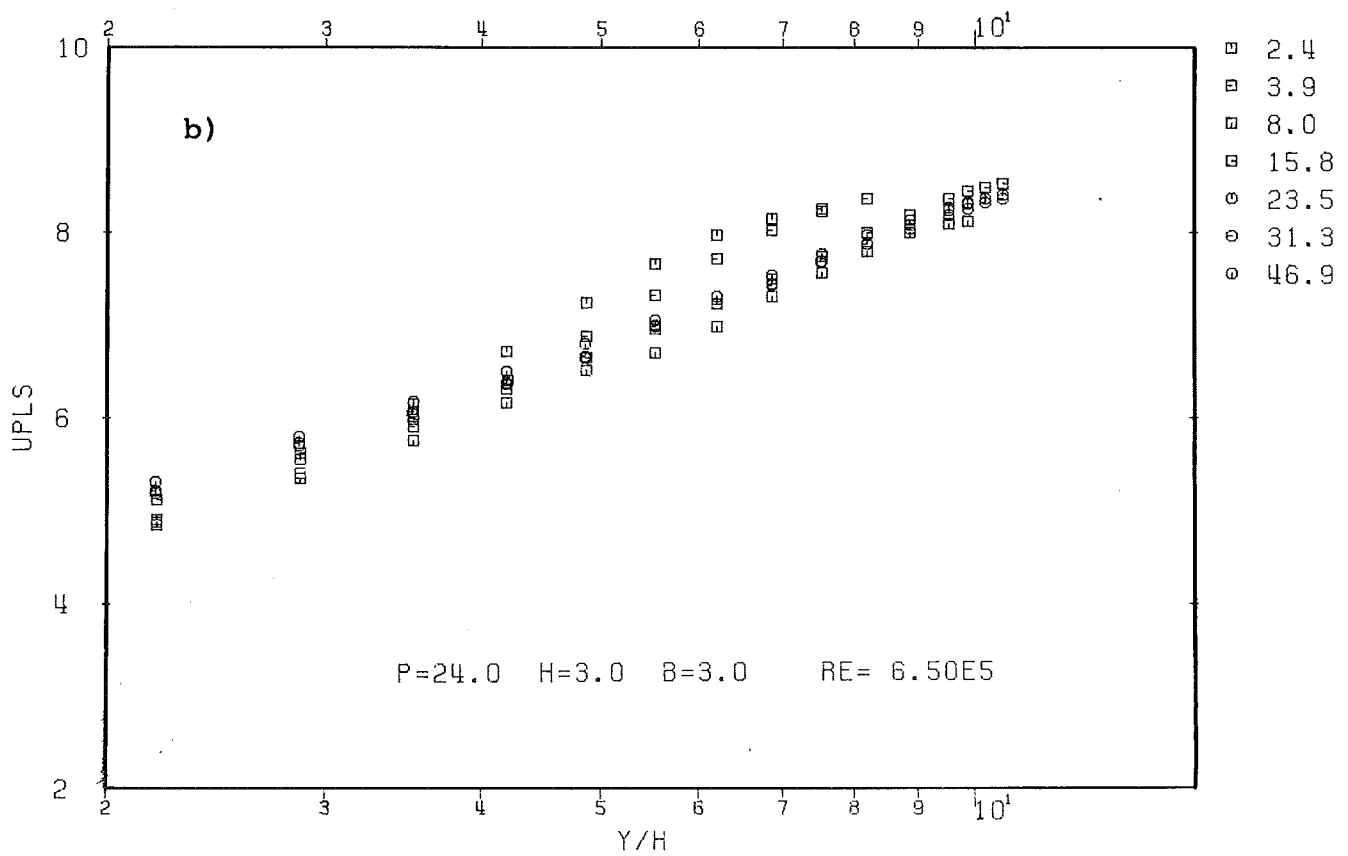
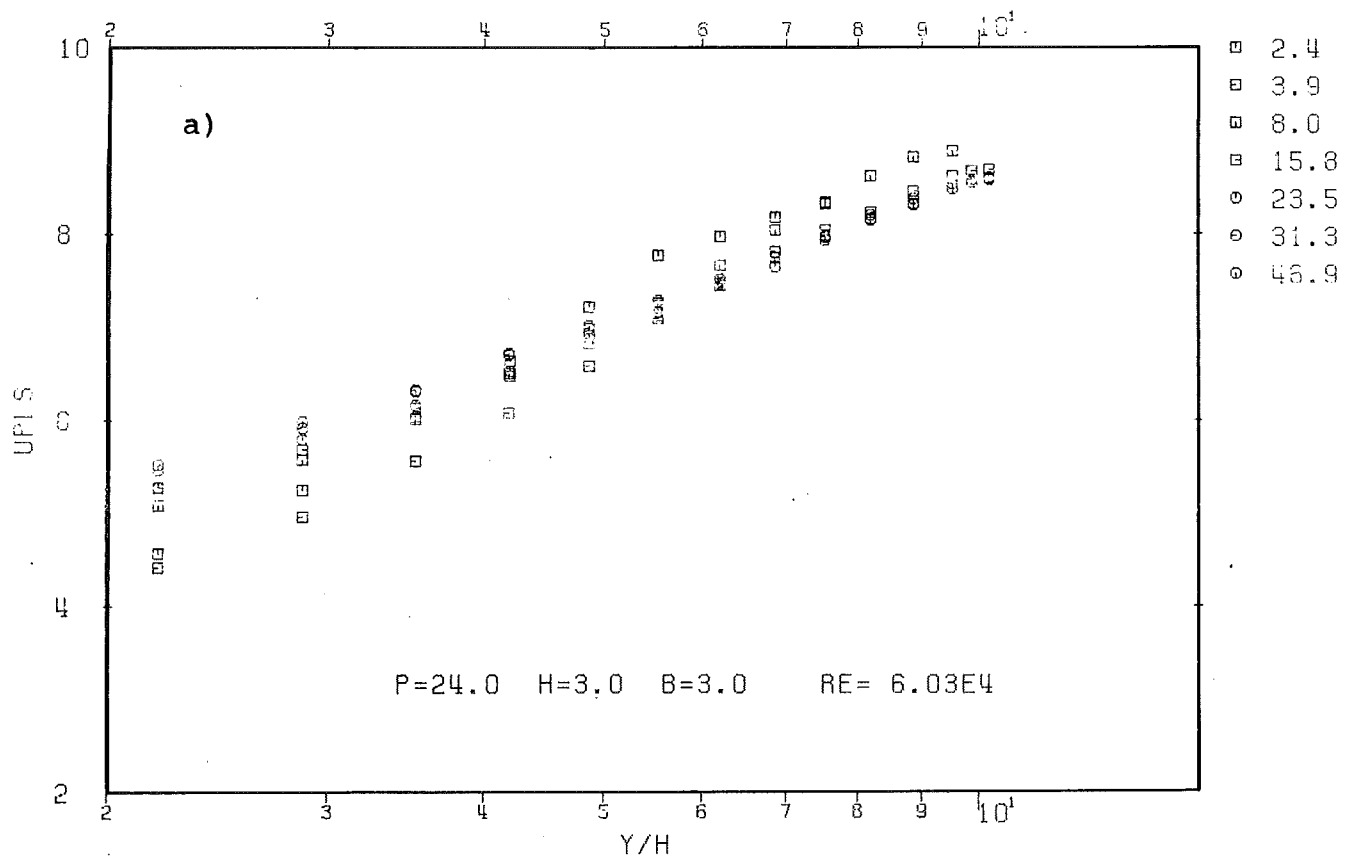


Abb.13: Normierte Geschwindigkeitsprofile  $u^+(y/h)$  der rauhen Zone

LRDH= 0.0

P = 0. MM H = 0. MM B = 0. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.593E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 99.35 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 11.57 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 5.24 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.31	80.16	0.815	0.0	6.93
1.81	93.06	0.845	0.0	7.18
2.31	96.36	0.878	0.0	7.47
2.81	88.56	0.900	0.0	7.66
3.31	90.80	0.923	0.0	7.85
3.81	93.05	0.946	0.0	8.04
4.81	96.01	0.976	0.0	8.30
5.81	98.77	1.004	0.0	8.54
6.81	101.36	1.031	0.0	8.76
8.81	105.97	1.078	0.0	9.16
10.81	108.97	1.108	0.0	9.42
12.81	111.84	1.137	0.0	9.67
14.81	114.30	1.162	0.0	9.88
16.81	115.75	1.177	0.0	10.01
18.81	116.54	1.185	0.0	10.08

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	61.26	0.623	18.13	11.70
0.38	61.90	0.629	18.69	11.82
0.39	62.13	0.632	19.23	11.87
0.41	62.29	0.633	19.77	11.90
0.43	63.58	0.646	20.85	12.14
0.54	67.12	0.683	26.10	12.82
0.64	70.07	0.713	31.22	13.38
0.85	73.60	0.748	41.26	14.06
1.05	76.49	0.778	51.18	14.61
1.25	78.63	0.800	61.04	15.02
1.75	82.76	0.841	85.44	15.81
2.25	85.86	0.873	109.81	16.40
2.75	98.78	0.993	134.18	16.96
3.25	90.89	0.924	158.56	17.36
3.75	92.61	0.942	182.93	17.69
4.25	94.74	0.963	207.30	18.10
5.25	97.70	0.993	256.04	18.66
6.25	100.12	1.018	304.78	19.12
7.25	102.38	1.041	353.52	19.56
8.25	104.42	1.062	402.26	19.95
9.25	106.46	1.083	451.00	20.33
10.25	108.34	1.102	499.74	20.69
11.25	110.06	1.119	548.48	21.02
13.25	112.34	1.142	645.97	21.46
15.25	114.69	1.166	743.45	21.91
17.25	116.10	1.181	840.93	22.18
19.25	116.83	1.188	938.42	22.31

LRDH= 0.0

P = 0. MM H = 0. MM B = 0. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.649E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 983.47 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 121.06 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 41.98 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.30	856.26	0.871	0.0	7.07
1.80	898.38	0.903	0.0	7.34
2.30	913.98	0.929	0.0	7.55
2.80	936.74	0.952	0.0	7.74
3.30	954.97	0.971	0.0	7.89
3.80	968.83	0.985	0.0	8.00
4.80	994.78	1.012	0.0	8.22
5.80	1014.74	1.032	0.0	8.38
6.80	1033.31	1.051	0.0	8.54
8.80	1063.48	1.081	0.0	8.78
10.80	1087.68	1.106	0.0	8.98
12.80	1109.29	1.128	0.0	9.16
14.80	1124.89	1.144	0.0	9.29
16.80	1137.37	1.156	0.0	9.39
18.80	1143.25	1.162	0.0	9.44

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	727.44	0.740	159.26	17.33
0.38	729.07	0.741	164.09	17.37
0.39	733.01	0.745	168.89	17.46
0.41	734.23	0.747	173.66	17.49
0.42	737.63	0.750	178.40	17.57
0.44	741.95	0.754	187.81	17.68
0.55	765.15	0.778	233.78	18.23
0.65	782.11	0.795	278.64	18.63
0.86	809.92	0.824	366.76	19.29
1.06	833.42	0.847	453.85	19.85
1.26	850.71	0.865	540.43	20.27
1.76	884.75	0.900	754.75	21.08
2.26	910.15	0.925	968.81	21.68
2.76	929.86	0.945	1182.86	22.15
3.26	944.73	0.961	1396.91	22.51
3.76	960.42	0.977	1610.97	22.88
4.26	973.66	0.990	1825.02	23.20
5.26	996.61	1.013	2253.13	23.74
6.26	1017.10	1.034	2681.24	24.23
7.26	1033.44	1.051	3109.34	24.62
8.26	1049.07	1.067	3537.45	24.99
9.26	1064.25	1.082	3965.56	25.35
10.26	1077.69	1.096	4393.66	25.67
11.26	1090.72	1.109	4821.77	25.98
13.26	1110.46	1.129	5677.98	26.45
15.26	1126.93	1.146	6534.20	26.85
17.26	1137.98	1.157	7390.41	27.11
19.26	1143.43	1.163	8246.62	27.24

LRDH= 0.2

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.604E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.35 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 11.50 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 5.38 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.80	53.57	0.545	1.80	4.66
2.30	66.87	0.680	2.30	5.81
2.80	78.19	0.795	2.80	6.80
3.30	85.42	0.869	3.30	7.43
3.80	89.94	0.915	3.80	7.82
4.80	95.04	0.966	4.80	8.26
5.80	98.70	1.004	5.80	8.58
6.80	101.32	1.030	6.80	8.81
8.80	105.82	1.076	8.80	9.20
10.80	109.44	1.113	10.80	9.52
12.80	112.67	1.146	12.80	9.80
14.80	115.27	1.172	14.80	10.02
16.80	117.25	1.192	16.80	10.20
18.80	118.33	1.203	18.80	10.29

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	63.94	0.650	18.77	11.89
0.38	64.21	0.653	19.34	11.93
0.39	64.80	0.659	19.92	12.04
0.40	65.27	0.664	20.49	12.13
0.41	66.00	0.671	21.06	12.27
0.43	66.71	0.678	22.18	12.40
0.54	70.83	0.720	27.67	13.17
0.65	73.75	0.750	33.03	13.71
0.85	77.45	0.788	43.54	14.40
1.06	80.08	0.814	53.93	14.89
1.26	81.40	0.828	64.26	15.13
1.76	85.21	0.866	89.83	15.84
2.26	88.37	0.899	115.37	16.43
2.76	91.10	0.926	140.91	16.93
3.26	93.31	0.949	166.44	17.34
3.76	95.51	0.971	191.98	17.75
4.26	96.65	0.983	217.51	17.97
5.26	99.93	1.016	268.58	18.58
6.26	102.36	1.041	319.65	19.03
7.26	104.59	1.064	370.72	19.44
8.26	106.61	1.084	421.80	19.82
9.26	108.67	1.105	472.87	20.20
10.26	110.04	1.119	523.94	20.45
11.26	111.53	1.134	576.40	20.73
13.26	114.11	1.160	678.79	21.21
15.26	116.34	1.183	783.08	21.62
17.26	117.63	1.196	885.72	21.87
19.26	118.11	1.201	988.35	21.95

LRDH= 0.2

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.652E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 983.47 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 120.48 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 43.63 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.81	537.29	0.546	1.81	4.46
2.31	695.69	0.707	2.31	5.77
2.81	822.71	0.837	2.81	6.83
3.31	901.91	0.917	3.31	7.49
3.81	941.98	0.958	3.81	7.82
4.81	978.39	0.995	4.81	8.12
5.81	1015.97	1.033	5.81	8.43
6.81	1037.76	1.055	6.81	8.61
8.81	1073.53	1.092	8.81	8.91
10.81	1101.07	1.120	10.81	9.14
12.81	1123.66	1.143	12.81	9.33
14.81	1141.97	1.161	14.81	9.48
16.81	1155.74	1.175	16.81	9.59
18.81	1163.95	1.184	18.81	9.66

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	761.41	0.774	165.96	17.45
0.38	763.95	0.777	171.05	17.51
0.39	766.47	0.779	176.11	17.57
0.40	766.78	0.780	181.14	17.57
0.42	767.74	0.781	191.10	17.60
0.53	798.29	0.812	239.66	18.30
0.64	817.61	0.831	286.95	18.74
0.84	843.46	0.858	379.73	19.33
1.05	866.28	0.881	471.37	19.86
1.25	884.45	0.899	562.46	20.27
1.75	916.70	0.932	787.92	21.01
2.25	941.17	0.957	1013.03	21.57
2.75	959.61	0.976	1238.15	21.99
3.25	976.63	0.993	1463.27	22.38
3.75	990.38	1.007	1688.39	22.70
4.25	1003.17	1.020	1900.07	22.99
5.25	1024.81	1.042	2363.75	23.49
6.25	1044.97	1.063	2813.99	23.95
7.25	1062.87	1.081	3264.22	24.36
8.25	1078.08	1.096	3705.75	24.71
9.25	1092.80	1.111	4154.94	25.05
10.25	1087.21	1.105	4604.11	24.92
11.25	1116.38	1.135	5053.29	25.59
13.25	1134.89	1.154	5951.66	26.01
15.25	1150.29	1.170	6817.90	26.36
17.25	1160.41	1.180	7693.93	26.60
19.25	1165.24	1.185	8585.98	26.71

LRDH= 0.4

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.599E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.10 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 11.40 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 5.52 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.81	52.30	0.533	1.81	4.59
2.31	59.97	0.611	2.31	5.26
2.81	68.18	0.695	2.81	5.98
3.31	76.22	0.777	3.31	6.69
3.81	82.45	0.840	3.81	7.23
4.81	92.48	0.943	4.81	8.11
5.81	97.87	0.998	5.81	8.59
6.81	101.80	1.038	6.81	8.93
8.81	106.38	1.084	8.81	9.33
10.81	110.29	1.124	10.81	9.68
12.81	113.37	1.156	12.81	9.94
14.81	115.99	1.182	14.81	10.17
16.81	117.98	1.203	16.81	10.35
18.81	119.14	1.214	18.81	10.45

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	65.91	0.672	19.00	11.95
0.38	66.05	0.673	19.64	11.97
0.39	66.78	0.681	20.27	12.10
0.40	67.54	0.688	20.85	12.24
0.42	68.31	0.696	22.01	12.38
0.53	72.33	0.737	27.63	13.11
0.64	75.15	0.766	33.11	13.62
0.84	79.14	0.807	43.85	14.34
1.04	81.51	0.831	54.46	14.77
1.25	83.76	0.854	65.01	15.18
1.75	87.70	0.894	91.11	15.90
2.25	90.77	0.925	117.17	16.45
2.75	93.27	0.951	143.23	16.90
3.25	95.19	0.970	169.29	17.25
3.75	97.37	0.993	194.88	17.65
4.25	98.95	1.009	220.88	17.93
5.25	101.74	1.037	273.54	18.44
6.25	104.51	1.065	325.66	18.94
7.25	106.51	1.086	377.78	19.30
8.25	108.47	1.106	429.90	19.66
9.25	110.21	1.123	482.03	19.97
10.25	111.99	1.142	534.15	20.30
11.25	113.48	1.157	586.27	20.57
13.25	116.13	1.184	692.19	21.05
15.25	118.25	1.205	796.69	21.43
17.25	119.18	1.215	901.19	21.60
19.25	119.54	1.219	1005.69	21.67

LRDH= 0.4

P = 8. MM H = 1. MM R = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.655E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 984.70 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 120.24 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 44.75 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.81	558.57	0.567	1.81	4.65
2.31	644.11	0.654	2.31	5.36
2.81	730.72	0.742	2.81	6.08
3.31	808.90	0.821	3.31	6.73
3.81	974.39	0.888	3.81	7.27
4.81	970.65	0.986	4.81	8.07
5.81	1018.26	1.034	5.81	8.47
6.81	1046.25	1.063	6.81	8.70
8.81	1087.47	1.104	8.81	9.04
10.81	1117.98	1.135	10.81	9.30
12.81	1141.22	1.159	12.81	9.49
14.81	1158.91	1.177	14.81	9.64
16.81	1173.76	1.192	16.81	9.76
18.81	1182.09	1.200	18.81	9.83

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	783.57	0.796	169.15	17.51
0.38	786.65	0.799	174.38	17.58
0.39	789.48	0.802	179.58	17.64
0.40	790.02	0.802	184.74	17.66
0.42	796.33	0.809	194.97	17.80
0.53	821.52	0.834	244.81	18.36
0.64	840.20	0.853	293.33	18.78
0.84	869.46	0.883	388.50	19.43
1.04	889.40	0.903	482.49	19.88
1.25	907.54	0.922	575.92	20.28
1.75	940.21	0.955	807.14	21.01
2.25	964.35	0.979	1038.02	21.55
2.75	979.01	0.994	1268.89	21.88
3.25	999.17	1.015	1499.77	22.33
3.75	1013.77	1.030	1730.65	22.66
4.25	1026.54	1.042	1961.52	22.94
5.25	1048.39	1.065	2423.27	23.43
6.25	1067.50	1.084	2885.03	23.86
7.25	1085.05	1.102	3346.78	24.25
8.25	1100.43	1.118	3808.53	24.59
9.25	1115.66	1.133	4270.29	24.93
10.25	1128.26	1.146	4732.03	25.22
11.25	1138.51	1.156	5193.78	25.44
13.25	1156.40	1.174	6117.29	25.84
15.25	1172.91	1.191	7040.79	26.21
17.25	1181.92	1.200	7964.29	26.41
19.25	1184.72	1.203	8887.80	26.48



LRDH= 0.8

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.595E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.84 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 11.47 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 5.60 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.81	56.15	0.568	1.81	4.90
2.31	58.25	0.589	2.31	5.08
2.81	64.34	0.651	2.81	5.61
3.31	70.11	0.709	3.31	6.11
3.81	75.61	0.765	3.81	6.59
4.81	86.06	0.871	4.81	7.51
5.81	94.91	0.960	5.81	8.28
6.81	100.75	1.019	6.81	8.79
8.81	107.62	1.089	8.81	9.39
10.81	111.45	1.128	10.81	9.72
12.81	114.68	1.160	12.81	10.00
14.81	117.20	1.186	14.81	10.22
16.81	119.33	1.207	16.81	10.41
18.91	120.74	1.222	18.81	10.53

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	66.98	0.678	19.09	11.97
0.38	67.29	0.681	19.68	12.02
0.39	68.03	0.688	20.27	12.15
0.40	68.68	0.695	20.85	12.27
0.42	69.48	0.703	22.01	12.41
0.53	73.84	0.747	27.63	13.19
0.64	76.60	0.775	33.11	13.68
0.84	80.31	0.812	43.85	14.35
1.04	83.32	0.843	54.46	14.88
1.25	85.30	0.863	65.00	15.24
1.75	89.36	0.904	91.10	15.96
2.25	92.34	0.934	117.16	16.50
2.75	94.68	0.958	143.22	16.91
3.25	97.28	0.984	169.28	17.38
3.75	98.90	1.001	195.34	17.67
4.25	100.34	1.015	221.39	17.92
5.25	103.56	1.048	273.51	18.50
6.25	105.97	1.072	325.63	18.93
7.25	108.32	1.096	377.75	19.35
8.25	110.15	1.114	429.86	19.68
9.25	111.90	1.132	481.98	19.99
10.25	113.56	1.149	534.10	20.29
11.25	115.10	1.165	586.22	20.56
13.25	117.53	1.189	690.45	20.99
15.25	119.35	1.208	794.69	21.32
17.25	120.81	1.222	898.92	21.58
19.25	121.23	1.227	1003.15	21.66

LRDH= 0.8

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.654E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 983.47 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 119.89 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 45.23 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.82	587.19	0.597	1.82	4.90
2.32	634.84	0.646	2.32	5.30
2.82	693.13	0.705	2.82	5.78
3.32	746.68	0.759	3.32	6.23
3.82	802.71	0.816	3.82	6.70
4.82	901.54	0.917	4.82	7.52
5.82	982.54	0.999	5.82	8.20
6.82	1037.84	1.055	6.82	8.66
8.82	1094.81	1.113	8.82	9.13
10.82	1125.83	1.145	10.82	9.39
12.82	1149.25	1.169	12.82	9.59
14.82	1169.72	1.189	14.82	9.76
16.82	1183.33	1.203	16.82	9.87
18.82	1192.77	1.213	18.82	9.95
20.82	1193.70	1.214	20.82	9.96

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	794.10	0.807	174.34	17.56
0.38	800.80	0.814	179.65	17.70
0.39	802.87	0.816	184.92	17.75
0.42	812.35	0.826	195.37	17.96
0.52	833.86	0.848	246.22	18.43
0.63	853.34	0.868	294.98	18.87
0.84	883.31	0.898	391.70	19.53
1.04	905.43	0.921	487.19	20.02
1.24	923.62	0.939	580.73	20.42
1.74	956.60	0.973	815.05	21.15
2.24	980.31	0.997	1048.99	21.67
2.74	999.79	1.017	1282.93	22.10
3.24	1012.31	1.029	1513.32	22.38
3.74	1030.23	1.048	1746.71	22.78
4.24	1041.17	1.059	1980.10	23.02
5.24	1064.16	1.082	2446.89	23.53
6.24	1082.90	1.101	2913.68	23.94
7.24	1100.56	1.119	3380.46	24.33
8.24	1110.81	1.129	3838.23	24.56
9.24	1129.66	1.149	4303.92	24.97
10.24	1142.03	1.161	4769.61	25.25
11.24	1151.99	1.171	5235.30	25.47
13.24	1172.38	1.192	6137.77	25.92
15.24	1185.88	1.206	7064.78	26.22
17.24	1195.54	1.216	7973.02	26.43

LRDH= 1.5

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.602E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.35 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 11.37 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 5.65 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.81	54.72	0.556	1.81	4.81
2.31	57.53	0.585	2.31	5.06
2.81	62.33	0.634	2.81	5.48
3.31	66.84	0.680	3.31	5.88
3.81	71.71	0.729	3.81	6.31
4.81	79.92	0.813	4.81	7.03
5.81	87.97	0.895	5.81	7.74
6.81	94.29	0.959	6.81	8.29
8.81	104.94	1.067	8.81	9.23
10.81	111.32	1.132	10.81	9.79
12.81	115.39	1.173	12.81	10.15
14.81	118.07	1.201	14.81	10.38
16.81	120.20	1.222	16.81	10.57
18.81	121.62	1.237	18.81	10.70

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	68.09	0.692	19.60	12.06
0.38	68.38	0.695	20.21	12.11
0.39	67.51	0.686	20.81	11.96
0.40	69.35	0.705	21.40	12.28
0.42	69.85	0.710	22.58	12.37
0.53	74.33	0.756	28.34	13.16
0.64	77.24	0.785	33.94	13.68
0.84	81.37	0.827	44.94	14.41
1.05	84.04	0.854	55.80	14.88
1.25	86.15	0.876	66.59	15.26
1.75	90.32	0.918	93.30	15.99
2.25	93.83	0.954	119.97	16.62
2.75	96.73	0.984	146.65	17.13
3.25	98.87	1.005	173.32	17.51
3.75	100.68	1.024	199.99	17.83
4.25	102.29	1.040	226.66	18.11
5.25	105.27	1.070	280.01	18.64
6.25	107.54	1.093	333.35	19.04
7.25	109.76	1.116	386.70	19.44
8.25	111.60	1.135	440.04	19.76
9.25	113.07	1.150	493.39	20.02
10.25	115.06	1.170	546.73	20.38
11.25	116.18	1.181	600.08	20.57
13.25	118.76	1.208	708.48	21.03
15.25	120.65	1.227	815.43	21.37
17.25	121.95	1.240	924.62	21.60
19.25	122.04	1.241	1031.83	21.61

LRDH= 1.5

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.655E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 984.70 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 119.92 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 45.60 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.81	585.86	0.595	1.81	4.89
2.31	611.17	0.621	2.31	5.10
2.81	658.92	0.669	2.81	5.49
3.31	701.91	0.713	3.31	5.85
3.81	744.05	0.756	3.81	6.20
4.81	822.19	0.835	4.81	6.86
5.81	898.17	0.912	5.81	7.49
6.81	966.91	0.982	6.81	8.06
8.81	1070.39	1.087	8.81	8.93
10.81	1129.21	1.147	10.81	9.42
12.81	1160.10	1.178	12.81	9.67
14.81	1180.30	1.199	14.81	9.84
16.81	1195.47	1.214	16.81	9.97
18.81	1205.76	1.224	18.81	10.05

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	801.49	0.814	176.83	17.58
0.38	803.91	0.816	182.18	17.63
0.40	806.19	0.819	187.05	17.68
0.41	808.71	0.821	192.32	17.73
0.43	813.12	0.826	202.76	17.83
0.54	840.71	0.854	253.68	18.44
0.64	860.27	0.874	303.30	18.86
0.85	890.75	0.905	400.70	19.53
1.05	915.30	0.930	496.92	20.07
1.25	929.46	0.944	592.57	20.38
1.75	969.25	0.984	829.30	21.25
2.25	997.43	1.013	1060.72	21.87
2.75	1017.91	1.034	1296.02	22.32
3.25	1033.77	1.050	1531.32	22.67
3.75	1045.83	1.062	1766.62	22.93
4.25	1057.80	1.074	2001.92	23.20
5.25	1079.99	1.097	2472.51	23.68
6.25	1098.55	1.116	2943.11	24.09
7.25	1115.74	1.133	3413.71	24.47
8.25	1131.07	1.149	3884.30	24.80
9.25	1145.29	1.163	4354.90	25.11
10.25	1157.63	1.176	4825.49	25.39
11.25	1168.30	1.186	5283.67	25.62
13.25	1186.42	1.205	6222.66	26.02
15.25	1199.85	1.218	7161.64	26.31
17.25	1208.41	1.227	8109.62	26.50
19.25	1209.90	1.229	9039.61	26.53

LRDH= 2.5

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.602E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.35 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 11.35 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 5.78 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.80	50.91	0.518	1.80	4.49
2.30	54.46	0.554	2.30	4.80
2.80	59.98	0.610	2.80	5.29
3.30	64.09	0.652	3.30	5.65
3.80	67.75	0.689	3.80	5.97
4.80	75.72	0.770	4.80	6.67
5.80	82.39	0.838	5.80	7.26
6.80	89.51	0.910	6.80	7.89
8.80	100.27	1.020	8.80	8.84
10.80	109.22	1.111	10.80	9.63
12.80	115.79	1.177	12.80	10.21
14.80	119.82	1.219	14.80	10.56
16.80	122.43	1.245	16.80	10.79
18.80	124.17	1.263	18.80	10.94

GLATTF ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	70.19	0.714	20.03	12.15
0.38	70.34	0.715	20.65	12.18
0.39	70.37	0.716	21.27	12.18
0.40	70.43	0.716	21.88	12.19
0.41	70.71	0.719	22.49	12.24
0.43	71.68	0.729	23.69	12.41
0.54	75.74	0.770	29.58	13.11
0.65	79.03	0.804	35.31	13.68
0.85	83.34	0.847	46.57	14.43
1.06	86.07	0.875	57.70	14.90
1.26	88.22	0.897	68.77	15.28
1.76	92.96	0.945	96.15	16.10
2.26	95.95	0.976	123.49	16.61
2.76	98.90	1.006	150.84	17.13
3.26	101.40	1.031	178.18	17.56
3.76	102.99	1.047	205.53	17.83
4.26	105.28	1.070	232.88	18.23
5.26	108.13	1.099	287.57	18.72
6.26	110.66	1.125	342.26	19.16
7.26	112.76	1.147	396.95	19.52
8.26	114.81	1.167	451.64	19.88
9.26	116.14	1.181	506.33	20.11
10.26	117.95	1.199	561.02	20.42
11.26	119.45	1.215	615.72	20.68
13.26	121.66	1.237	725.10	21.07
15.26	123.44	1.255	834.48	21.37
17.26	124.40	1.265	943.86	21.54
19.26	124.48	1.266	1053.25	21.55

LRDH= 2.5

P = 9. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.658E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 983.47 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 119.04 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 46.47 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
1.81	508.34	0.517	1.81	4.27
2.31	586.92	0.597	2.31	4.93
2.81	632.44	0.643	2.81	5.31
3.31	677.43	0.689	3.31	5.69
3.81	711.04	0.723	3.81	5.97
4.81	777.01	0.790	4.81	6.53
5.81	839.41	0.854	5.81	7.05
6.81	898.13	0.913	6.81	7.55
8.81	1004.76	1.022	8.81	8.44
10.81	1090.80	1.109	10.81	9.16
12.81	1154.84	1.174	12.81	9.70
14.81	1191.96	1.212	14.81	10.01
16.81	1211.96	1.232	16.81	10.18
18.81	1224.37	1.245	18.81	10.29

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	818.78	0.833	176.90	17.62
0.38	818.96	0.833	182.38	17.62
0.39	822.36	0.836	187.81	17.70
0.40	825.40	0.839	193.21	17.76
0.42	827.79	0.842	203.90	17.81
0.53	853.78	0.868	256.03	18.37
0.64	875.53	0.890	306.77	18.84
0.84	906.93	0.922	406.30	19.52
1.04	930.12	0.946	504.60	20.02
1.25	951.24	0.967	602.31	20.47
1.75	985.33	1.002	844.13	21.20
2.25	1016.19	1.033	1085.59	21.87
2.75	1035.47	1.053	1323.94	22.28
3.25	1055.15	1.073	1564.84	22.71
3.75	1069.22	1.087	1805.73	23.01
4.25	1082.44	1.101	2046.62	23.29
5.25	1105.61	1.124	2528.41	23.79
6.25	1124.64	1.144	3010.19	24.20
7.25	1139.44	1.159	3491.98	24.52
8.25	1155.67	1.175	3973.76	24.87
9.25	1170.97	1.191	4455.55	25.20
10.25	1182.70	1.203	4937.32	25.45
11.25	1191.64	1.212	5419.11	25.64
13.25	1209.57	1.230	6382.68	26.03
15.25	1221.68	1.242	7346.25	26.29
17.25	1228.78	1.249	8290.38	26.44
19.25	1229.60	1.250	9251.70	26.46

LRDH= 4.5

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.596E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.35 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 11.33 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 5.81 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.33	54.01	0.549	2.33	4.77
2.83	59.37	0.604	2.83	5.24
3.33	63.71	0.648	3.33	5.62
3.83	66.65	0.678	3.83	5.88
4.83	73.13	0.744	4.83	6.46
5.83	79.28	0.806	5.83	7.00
6.83	84.04	0.855	6.83	7.42
8.83	93.52	0.951	8.83	8.26
10.83	101.56	1.033	10.83	8.97
12.83	109.25	1.111	12.83	9.65
14.83	115.80	1.177	14.83	10.22
16.83	121.12	1.232	16.83	10.69
18.83	124.35	1.264	18.83	10.98
20.83	126.20	1.283	20.83	11.14

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	70.68	0.719	20.45	12.16
0.39	71.27	0.725	21.07	12.26
0.41	72.25	0.735	22.29	12.43
0.52	76.45	0.777	28.22	13.15
0.62	79.43	0.808	33.98	13.66
0.83	83.37	0.848	45.26	14.34
1.03	86.47	0.879	56.39	14.87
1.23	88.78	0.903	67.28	15.27
1.73	93.42	0.950	94.59	16.07
2.23	96.90	0.985	121.85	16.67
2.73	99.80	1.015	149.11	17.17
3.23	102.23	1.040	176.37	17.59
3.73	104.25	1.060	203.63	17.93
4.24	106.48	1.083	230.89	18.32
5.24	109.57	1.114	285.41	18.85
6.24	112.52	1.144	337.45	19.35
7.24	114.74	1.167	391.58	19.74
8.24	116.90	1.189	445.70	20.11
9.24	118.74	1.207	499.82	20.42
10.23	120.24	1.223	553.95	20.68
11.23	121.33	1.234	608.07	20.87
13.23	123.72	1.258	716.31	21.28
15.23	124.94	1.270	824.56	21.49
17.23	125.95	1.281	932.80	21.66

LRDH= 4.5

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.658E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 984.70 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 118.79 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 47.54 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.32	567.64	0.576	2.32	4.78
2.82	631.77	0.642	2.82	5.32
3.32	675.79	0.686	3.32	5.69
3.82	707.07	0.718	3.82	5.95
4.82	760.93	0.773	4.82	6.41
5.82	809.56	0.822	5.82	6.82
6.82	855.77	0.869	6.82	7.20
8.82	943.15	0.958	8.82	7.94
10.82	1022.25	1.038	10.82	8.61
12.82	1095.68	1.113	12.82	9.22
14.82	1158.15	1.176	14.82	9.75
16.82	1207.37	1.226	16.82	10.16
18.82	1240.42	1.260	18.82	10.44
20.82	1257.20	1.277	20.82	10.58

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	840.53	0.854	184.21	17.68
0.38	842.73	0.856	189.80	17.73
0.39	845.70	0.859	195.35	17.79
0.42	850.15	0.863	206.35	17.88
0.52	877.11	0.891	259.90	18.45
0.63	898.93	0.913	311.98	18.91
0.84	930.35	0.945	413.12	19.57
1.04	956.15	0.971	513.71	20.11
1.24	977.49	0.993	613.67	20.56
1.74	1016.99	1.033	861.08	21.39
2.24	1044.59	1.061	1108.09	21.97
2.74	1067.52	1.084	1355.10	22.46
3.74	1103.40	1.121	1849.13	23.21
4.24	1118.09	1.135	2096.14	23.52
5.24	1143.26	1.161	2590.16	24.05
6.24	1161.47	1.180	3084.18	24.43
7.24	1180.16	1.198	3578.20	24.83
8.24	1195.76	1.214	4062.71	25.15
9.24	1210.01	1.229	4555.58	25.45
10.24	1219.95	1.239	5048.45	25.66
11.24	1228.92	1.248	5515.41	25.85
13.24	1244.71	1.264	6496.53	26.18
15.24	1256.40	1.276	7477.66	26.43
17.24	1261.25	1.281	8458.79	26.53

LRDH= 7.9

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.595E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.35 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 11.29 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 5.89 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.32	55.97	0.569	2.32	4.96
2.82	60.02	0.610	2.82	5.32
3.32	63.32	0.644	3.32	5.61
3.82	66.68	0.678	3.82	5.91
4.82	73.29	0.745	4.82	6.49
5.82	77.87	0.792	5.82	6.90
6.82	81.34	0.827	6.82	7.20
8.82	91.31	0.928	8.82	8.09
10.82	97.64	0.993	10.82	8.65
12.82	104.14	1.059	12.82	9.22
14.82	110.44	1.123	14.82	9.78
16.82	116.13	1.181	16.82	10.29
18.82	120.86	1.229	18.82	10.71
20.82	124.62	1.267	20.82	11.04
22.82	126.94	1.291	22.82	11.24

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	71.93	0.731	20.68	12.22
0.38	72.20	0.734	21.26	12.27
0.39	72.97	0.742	21.88	12.40
0.42	73.77	0.750	23.11	12.53
0.52	78.31	0.796	29.11	13.31
0.63	81.61	0.830	34.94	13.87
0.84	85.23	0.867	46.27	14.48
1.04	88.12	0.896	57.53	14.97
1.24	90.33	0.918	68.73	15.35
1.74	95.33	0.969	96.20	16.20
2.24	98.95	1.006	123.80	16.81
2.74	102.04	1.038	151.40	17.34
3.24	104.69	1.064	179.00	17.79
3.74	106.51	1.083	206.59	18.10
4.24	108.80	1.106	234.19	18.49
5.24	112.32	1.142	290.09	19.08
6.24	115.41	1.174	345.42	19.61
7.24	117.73	1.197	400.75	20.00
8.24	119.79	1.218	456.08	20.35
9.24	121.69	1.237	511.41	20.68
10.24	123.30	1.254	565.36	20.95
11.24	124.61	1.267	620.56	21.17
13.24	126.76	1.289	729.17	21.54
15.24	127.34	1.295	839.29	21.64

LRDH= 7.9

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.647E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 983.47 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 118.32 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 48.26 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.32	587.93	0.598	2.32	4.97
2.82	632.89	0.644	2.82	5.35
3.32	666.33	0.678	3.32	5.63
3.82	696.94	0.709	3.82	5.89
4.82	745.67	0.758	4.82	6.30
5.82	791.63	0.805	5.82	6.69
6.82	828.65	0.843	6.82	7.00
8.82	899.69	0.915	8.82	7.60
10.82	969.02	0.985	10.82	8.19
12.82	1033.04	1.050	12.82	8.73
14.82	1094.23	1.113	14.82	9.25
16.82	1147.65	1.167	16.82	9.70
18.82	1196.01	1.216	18.82	10.11
20.82	1234.00	1.255	20.82	10.43
22.82	1262.48	1.284	22.82	10.67
24.82	1276.91	1.298	24.82	10.79

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	852.61	0.867	181.98	17.67
0.38	854.29	0.869	187.54	17.70
0.39	856.71	0.871	193.07	17.75
0.41	862.49	0.877	204.02	17.87
0.52	889.08	0.904	257.28	18.42
0.63	911.74	0.927	309.07	18.89
0.83	945.54	0.961	410.58	19.59
1.04	973.11	0.989	510.80	20.16
1.24	995.57	1.012	610.39	20.63
1.74	1037.82	1.055	856.90	21.51
2.24	1069.59	1.088	1102.99	22.16
2.74	1097.17	1.116	1349.08	22.74
3.24	1117.40	1.136	1595.17	23.15
3.74	1135.60	1.155	1836.93	23.53
4.24	1152.32	1.172	2082.44	23.88
5.24	1177.49	1.197	2573.47	24.40
6.24	1200.88	1.221	3064.49	24.88
7.24	1220.11	1.241	3555.52	25.28
8.24	1235.41	1.256	4046.54	25.60
9.24	1250.26	1.271	4537.57	25.91
10.24	1261.53	1.283	5028.59	26.14
11.24	1269.36	1.291	5519.61	26.30
13.24	1278.32	1.300	6501.66	26.49

LRDH= 15.6

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.605E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.59 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 11.19 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 6.14 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.31	49.28	0.500	2.31	4.40
2.81	57.33	0.582	2.81	5.12
3.31	62.06	0.629	3.31	5.54
3.81	66.44	0.674	3.81	5.94
4.81	71.74	0.728	4.81	6.41
5.81	77.34	0.784	5.81	6.91
6.81	81.95	0.831	6.81	7.32
8.81	89.28	0.906	8.81	7.98
10.81	95.59	0.970	10.81	8.54
12.81	101.79	1.032	12.81	9.10
14.81	106.49	1.090	14.81	9.52
16.81	111.20	1.128	16.81	9.94
18.81	115.31	1.170	18.81	10.30
20.81	119.08	1.208	20.81	10.64
22.81	122.71	1.245	22.81	10.96
24.81	124.95	1.267	24.81	11.16
26.81	126.30	1.281	26.81	11.28

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	76.04	0.771	21.34	12.39
0.38	76.17	0.773	22.00	12.41
0.39	76.25	0.773	22.65	12.43
0.40	76.66	0.777	23.30	12.49
0.42	77.85	0.790	24.59	12.69
0.53	81.76	0.829	30.88	13.33
0.64	85.27	0.865	37.00	13.90
0.84	89.59	0.909	49.00	14.60
1.04	92.30	0.936	60.86	15.04
1.25	94.70	0.961	72.64	15.43
1.75	99.73	1.012	101.81	16.26
2.25	103.24	1.047	130.93	16.83
2.75	106.43	1.080	160.05	17.35
3.25	109.15	1.107	189.17	17.79
3.75	111.59	1.132	218.29	18.19
4.25	113.55	1.152	247.41	18.51
5.25	116.96	1.186	305.66	19.06
6.25	119.59	1.213	363.90	19.49
7.25	122.00	1.237	422.14	19.88
8.25	123.94	1.257	480.39	20.20
9.25	125.12	1.269	538.63	20.39
10.25	125.83	1.276	596.87	20.51
11.25	126.24	1.280	655.11	20.58

LRDH= 15.6

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.648E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 982.24 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 117.44 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 49.96 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.31	530.78	0.540	2.31	4.52
2.81	599.93	0.611	2.81	5.11
3.31	643.89	0.656	3.31	5.48
3.81	673.63	0.686	3.81	5.74
4.81	725.08	0.738	4.81	6.17
5.81	767.16	0.781	5.81	6.53
6.81	807.86	0.822	6.81	6.88
8.81	867.71	0.883	8.81	7.39
10.81	923.89	0.941	10.81	7.87
12.81	978.49	0.996	12.81	8.33
14.81	1023.40	1.042	14.81	8.71
16.81	1069.89	1.089	16.81	9.11
18.81	1108.23	1.128	18.81	9.44
20.81	1146.43	1.167	20.81	9.76
22.81	1182.12	1.203	22.81	10.07
24.81	1213.05	1.235	24.81	10.33
26.81	1235.38	1.258	26.81	10.52
28.81	1255.72	1.278	28.81	10.69
29.81	1256.52	1.279	29.81	10.70

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.38	887.21	0.903	191.75	17.76
0.39	889.96	0.906	197.50	17.81
0.40	892.29	0.908	203.22	17.86
0.42	897.32	0.914	214.55	17.96
0.53	926.56	0.943	269.72	18.54
0.63	955.88	0.973	323.41	19.13
0.84	986.32	1.004	428.71	19.74
1.04	1015.40	1.034	532.69	20.32
1.25	1029.41	1.048	634.55	20.60
1.75	1073.59	1.093	889.74	21.49
2.25	1106.25	1.126	1144.53	22.14
2.75	1131.96	1.152	1399.32	22.66
3.25	1151.48	1.172	1654.12	23.05
3.75	1171.86	1.193	1908.91	23.45
4.25	1186.65	1.208	2163.70	23.75
5.25	1211.92	1.234	2673.29	24.26
6.25	1229.00	1.251	3182.88	24.60
7.25	1244.41	1.267	3692.46	24.91
8.25	1252.65	1.275	4192.14	25.07
9.25	1259.07	1.282	4700.54	25.20

LRDH= 23.4

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.609E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 99.33 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 11.25 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 6.22 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.32	51.85	0.522	2.32	4.61
2.82	61.93	0.623	2.82	5.50
3.32	67.15	0.676	3.32	5.97
3.82	71.79	0.723	3.82	6.38
4.82	77.44	0.780	4.82	6.88
5.82	83.47	0.840	5.82	7.42
6.82	89.75	0.904	6.82	7.97
8.82	93.27	0.939	8.82	8.29
10.82	98.40	0.991	10.82	8.74
12.82	103.23	1.039	12.82	9.17
14.82	107.54	1.083	14.82	9.56
16.82	112.13	1.129	16.82	9.96
18.82	116.30	1.171	18.82	10.33
20.82	119.64	1.204	20.82	10.63
22.82	122.26	1.231	22.82	10.86
24.82	125.23	1.261	24.82	11.13
26.82	127.00	1.279	26.82	11.28

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	77.37	0.779	21.58	12.44
0.38	77.52	0.780	22.25	12.46
0.39	77.68	0.782	22.91	12.49
0.41	78.38	0.789	24.22	12.60
0.52	82.96	0.835	30.61	13.33
0.62	86.67	0.873	36.81	13.93
0.83	90.35	0.910	48.96	14.52
1.03	94.21	0.948	60.96	15.14
1.24	96.76	0.974	72.88	15.55
1.74	101.76	1.024	102.39	16.36
2.24	105.98	1.067	131.85	17.04
2.74	108.94	1.097	161.30	17.51
3.24	111.62	1.124	190.76	17.94
3.74	113.92	1.147	220.22	18.31
4.24	116.14	1.169	249.67	18.67
5.24	119.53	1.203	308.59	19.21
6.24	121.91	1.227	367.50	19.60
7.24	123.73	1.246	426.41	19.89
8.24	125.22	1.261	485.32	20.13
9.24	126.39	1.272	544.24	20.32
10.24	126.74	1.276	604.62	20.37
11.24	127.12	1.280	663.67	20.43

LRDH= 23.4

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.649E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 984.70 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 117.15 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 51.44 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.33	557.06	0.566	2.33	4.76
2.83	647.18	0.657	2.83	5.52
3.33	694.00	0.705	3.33	5.92
3.83	727.05	0.738	3.83	6.21
4.83	777.36	0.789	4.83	6.64
5.83	823.35	0.836	5.83	7.03
6.83	859.04	0.872	6.83	7.33
8.83	923.66	0.938	8.83	7.88
10.83	979.15	0.994	10.83	8.36
12.83	1026.87	1.043	12.83	8.77
14.83	1072.56	1.089	14.83	9.16
16.83	1112.97	1.130	16.83	9.50
18.83	1149.44	1.167	18.83	9.81
20.83	1182.25	1.201	20.83	10.09
22.83	1213.27	1.232	22.83	10.36
24.83	1241.33	1.261	24.83	10.60
26.83	1263.88	1.284	26.83	10.79
28.83	1279.07	1.299	28.83	10.92
29.83	1283.14	1.303	29.83	10.95

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	917.10	0.931	195.64	17.83
0.38	919.78	0.934	201.58	17.88
0.41	926.39	0.941	213.34	18.01
0.51	955.59	0.970	270.43	18.58
0.62	984.51	1.000	325.86	19.14
0.83	1022.02	1.038	434.42	19.87
1.03	1050.22	1.067	541.54	20.41
1.23	1074.02	1.091	647.98	20.88
1.73	1113.38	1.131	911.42	21.64
2.23	1148.15	1.166	1174.38	22.32
2.73	1171.74	1.190	1437.33	22.78
3.23	1196.48	1.215	1700.29	23.26
3.73	1213.42	1.232	1963.25	23.59
4.23	1227.62	1.247	2226.21	23.86
5.23	1249.21	1.269	2752.13	24.28
6.23	1265.31	1.285	3278.05	24.60
7.23	1275.78	1.296	3795.02	24.80
8.23	1280.32	1.300	4319.70	24.89
9.23	1283.45	1.303	4844.38	24.95

LRDH= 31.2

P = 9. MM H = 1. MM R = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.605E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.59 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 11.14 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 6.24 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.33	51.73	0.525	2.33	4.65
2.83	57.88	0.587	2.83	5.20
3.33	65.46	0.664	3.33	5.88
3.83	69.44	0.704	3.83	6.24
4.83	76.48	0.776	4.83	6.87
5.83	80.70	0.819	5.83	7.25
6.83	85.65	0.869	6.83	7.69
8.83	92.36	0.937	8.83	8.29
10.83	98.59	1.000	10.83	8.85
12.83	103.18	1.047	12.83	9.27
14.83	108.04	1.096	14.83	9.70
16.83	112.04	1.136	16.83	10.06
18.83	115.68	1.173	18.83	10.39
20.83	119.04	1.207	20.83	10.69
22.83	121.94	1.237	22.83	10.95
24.83	124.44	1.262	24.83	11.18
26.83	126.20	1.280	26.83	11.33

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	77.71	0.788	22.02	12.46
0.38	77.54	0.786	22.69	12.43
0.41	78.78	0.799	24.02	12.63
0.51	82.62	0.838	30.44	13.25
0.62	86.14	0.874	36.68	13.81
0.83	89.95	0.912	48.91	14.42
1.03	93.62	0.950	60.96	15.01
1.23	96.16	0.975	72.95	15.42
1.73	101.09	1.025	102.60	16.21
2.23	105.06	1.066	132.21	16.85
2.73	109.39	1.099	161.81	17.38
3.23	110.91	1.125	191.41	17.78
3.73	113.54	1.152	221.02	18.20
4.23	115.71	1.174	250.62	18.55
5.23	119.08	1.208	309.83	19.09
6.23	121.47	1.232	369.03	19.48
7.23	123.22	1.250	428.24	19.76
8.23	124.76	1.265	487.45	20.00
9.23	125.70	1.275	546.65	20.15
10.23	126.23	1.280	605.86	20.24
11.23	126.47	1.283	665.06	20.28

LRDH= 31.2

P = 8. MM H = 1. MM R = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.649E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 984.70 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 117.12 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 51.51 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.33	626.03	0.636	2.33	5.35
2.83	593.53	0.603	2.83	5.07
3.33	686.98	0.698	3.33	5.87
3.83	729.17	0.740	3.83	6.23
4.83	781.50	0.794	4.83	6.67
5.83	828.51	0.841	5.83	7.07
6.83	865.51	0.879	6.83	7.39
8.83	928.98	0.943	8.83	7.93
10.83	983.35	0.999	10.83	8.40
12.83	1035.34	1.051	12.83	8.84
14.83	1075.10	1.092	14.83	9.18
16.83	1116.04	1.133	16.83	9.53
18.83	1149.98	1.168	18.83	9.82
20.83	1182.69	1.201	20.83	10.10
22.83	1212.62	1.231	22.83	10.35
24.83	1240.54	1.260	24.83	10.59
26.83	1258.89	1.278	26.83	10.75
28.83	1273.83	1.294	28.83	10.88
29.83	1276.82	1.297	29.83	10.90

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	918.22	0.932	195.45	17.82
0.38	918.68	0.933	201.38	17.83
0.41	923.60	0.938	213.12	17.93
0.51	954.05	0.969	270.16	18.52
0.62	980.42	0.996	325.53	19.03
0.83	1021.55	1.037	433.98	19.83
1.03	1049.94	1.066	540.99	20.38
1.23	1073.11	1.090	647.33	20.83
1.73	1119.47	1.137	910.50	21.73
2.23	1152.26	1.170	1173.20	22.37
2.73	1176.20	1.194	1435.89	22.83
3.23	1194.82	1.213	1698.59	23.19
3.73	1212.27	1.231	1961.28	23.53
4.23	1226.65	1.246	2223.98	23.81
5.23	1248.41	1.268	2749.37	24.23
6.23	1263.25	1.283	3274.76	24.52
7.23	1272.84	1.293	3800.15	24.71
8.23	1277.23	1.297	4325.54	24.79
9.23	1278.70	1.299	4850.93	24.82



LRDH= 46.8

P = 8. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.611E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 99.33 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 11.31 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 6.12 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.33	51.45	0.518	2.33	4.55
2.83	57.67	0.581	2.83	5.10
3.33	65.08	0.655	3.33	5.75
3.83	69.14	0.696	3.83	6.11
4.83	76.24	0.768	4.83	6.74
5.83	80.28	0.808	5.83	7.10
6.83	85.39	0.860	6.83	7.55
8.83	89.96	0.906	8.83	7.95
10.83	96.98	0.976	10.83	8.58
12.83	101.09	1.018	12.83	8.94
14.83	106.52	1.072	14.83	9.42
16.83	110.59	1.113	16.83	9.78
18.83	114.05	1.148	18.83	10.08
20.83	122.68	1.235	20.83	10.85
22.83	120.20	1.210	22.83	10.63
24.83	122.07	1.229	24.83	10.79
26.83	125.01	1.259	26.83	11.05

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	75.72	0.762	21.23	12.37
0.38	75.96	0.765	21.88	12.41
0.40	76.94	0.775	23.18	12.57
0.51	79.78	0.803	29.49	13.04
0.61	84.45	0.850	35.69	13.80
0.82	88.35	0.890	47.68	14.44
1.02	91.95	0.926	59.52	15.03
1.23	94.85	0.955	71.28	15.50
1.73	99.62	1.003	100.38	16.28
2.23	103.73	1.044	129.42	16.95
2.73	106.95	1.077	158.46	17.48
3.23	109.74	1.105	187.51	17.93
3.73	111.99	1.127	217.08	18.30
4.23	114.65	1.154	246.19	18.74
5.23	117.94	1.187	304.42	19.27
6.23	120.03	1.208	362.65	19.61
7.23	121.72	1.225	420.88	19.89
8.23	123.26	1.241	480.27	20.14
9.23	124.38	1.252	538.64	20.33
10.23	124.96	1.258	597.01	20.42
11.23	125.18	1.260	655.38	20.46

LRDH= 46.8

P = 9. MM H = 1. MM B = 1. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.652E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 984.70 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.875 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 117.54 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 50.55 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
2.32	499.34	0.507	2.32	4.25
2.82	562.81	0.572	2.82	4.79
3.32	662.04	0.672	3.32	5.63
3.82	711.99	0.723	3.82	6.06
4.82	767.67	0.780	4.82	6.53
5.82	814.99	0.828	5.82	6.93
6.82	858.05	0.871	6.82	7.30
8.82	922.43	0.937	8.82	7.85
10.82	978.32	0.994	10.82	8.32
12.82	1021.31	1.037	12.82	8.69
14.82	1061.13	1.078	14.82	9.03
16.82	1101.81	1.119	16.82	9.37
18.82	1129.81	1.147	18.82	9.61
20.82	1160.76	1.179	20.82	9.88
22.82	1190.32	1.209	22.82	10.13
24.82	1216.53	1.235	24.82	10.35
26.82	1233.78	1.253	26.82	10.50
28.82	1248.22	1.268	28.82	10.62
29.82	1249.02	1.268	29.82	10.63

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	899.55	0.914	190.20	17.80
0.38	899.82	0.914	196.08	17.80
0.39	902.59	0.917	201.92	17.86
0.41	907.04	0.921	213.49	17.94
0.52	934.76	0.949	269.75	18.49
0.62	957.14	0.972	324.41	18.93
0.83	995.36	1.011	431.53	19.69
1.03	1021.60	1.037	537.26	20.21
1.24	1044.57	1.061	642.33	20.66
1.74	1089.74	1.107	902.38	21.56
2.24	1122.49	1.140	1161.99	22.21
2.74	1147.01	1.165	1421.59	22.69
3.24	1165.81	1.184	1681.19	23.06
3.74	1183.73	1.202	1940.80	23.42
4.24	1198.98	1.218	2200.40	23.72
5.24	1213.82	1.233	2706.85	24.01
6.24	1233.00	1.252	3223.62	24.39
7.24	1242.87	1.262	3740.39	24.59
8.24	1248.47	1.268	4257.16	24.70
9.24	1251.66	1.271	4773.93	24.76

LRDH= 2.4

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.603E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.97 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 15.54 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 6.22 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.09	53.22	0.538	1.36	3.42
4.59	58.84	0.595	1.53	3.79
5.59	63.74	0.644	1.86	4.10
6.59	71.10	0.718	2.20	4.57
8.59	81.66	0.825	2.86	5.25
10.59	93.90	0.949	3.53	6.04
12.59	103.03	1.041	4.20	6.63
14.59	112.08	1.133	4.86	7.21
16.59	120.81	1.221	5.53	7.77
18.59	123.98	1.253	6.20	7.98
20.59	127.09	1.284	6.86	8.18
22.59	129.36	1.307	7.53	8.32

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	77.41	0.782	21.96	12.45
0.39	77.99	0.788	23.29	12.54
0.50	81.48	0.823	29.72	13.10
0.61	84.73	0.856	35.96	13.63
0.82	88.91	0.898	48.16	14.30
1.02	92.67	0.936	60.19	14.90
1.22	94.01	0.950	72.14	15.12
1.72	99.16	1.002	101.71	15.94
2.22	103.71	1.048	131.23	16.68
2.72	107.66	1.088	160.75	17.31
3.22	108.67	1.098	190.26	17.47
3.72	110.40	1.116	219.78	17.75
4.22	111.47	1.126	249.29	17.92
5.22	113.39	1.146	308.33	18.23
6.22	115.17	1.164	367.36	18.52
7.22	116.97	1.182	426.39	18.81
8.22	119.30	1.205	485.43	19.18
9.22	121.02	1.223	544.46	19.46
10.22	123.06	1.243	602.03	19.79
11.22	124.99	1.263	660.92	20.10
13.22	127.51	1.288	778.70	20.51
15.22	128.96	1.303	896.47	20.74

LRDH= 2.4

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.650E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 990.91 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 162.36 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 51.34 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.08	553.98	0.559	1.36	3.41
4.58	623.55	0.629	1.53	3.84
5.58	728.68	0.735	1.86	4.49
6.58	797.33	0.805	2.19	4.91
8.58	901.35	0.910	2.86	5.55
10.58	998.98	1.008	3.53	6.15
12.58	1090.68	1.101	4.19	6.72
14.58	1176.71	1.188	4.86	7.25
16.58	1245.58	1.257	5.53	7.67
18.58	1296.47	1.308	6.19	7.99
20.58	1324.44	1.337	6.86	8.16
22.58	1337.54	1.350	7.53	8.24

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	915.02	0.923	192.28	17.82
0.38	915.09	0.923	198.23	17.82
0.40	919.81	0.928	210.00	17.91
0.51	951.16	0.960	267.10	18.53
0.61	974.62	0.984	322.48	18.98
0.82	1010.48	1.020	430.88	19.68
1.02	1037.81	1.047	537.81	20.21
1.23	1059.46	1.069	644.06	20.63
1.73	1103.22	1.113	907.00	21.49
2.23	1136.21	1.147	1169.44	22.13
2.73	1161.81	1.172	1431.89	22.63
3.23	1179.73	1.191	1694.33	22.98
3.73	1195.24	1.206	1956.77	23.28
4.23	1211.35	1.222	2219.21	23.59
5.23	1235.26	1.247	2744.10	24.06
6.23	1252.85	1.264	3268.98	24.40
7.23	1270.29	1.282	3793.87	24.74
8.23	1284.37	1.296	4318.75	25.02
9.23	1297.26	1.309	4843.64	25.27
10.23	1307.33	1.319	5368.52	25.46
11.23	1317.10	1.329	5893.40	25.65
13.23	1331.09	1.343	6943.17	25.93
15.23	1338.44	1.351	7992.94	26.07

LRDH= 3.9

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.600E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.97 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 15.53 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 6.25 M/S

RAUHE ZONE

Y (MM)	U (CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.08	55.35	0.559	1.36	3.56
4.58	59.46	0.601	1.53	3.83
5.58	62.56	0.632	1.86	4.03
6.58	68.74	0.695	2.19	4.43
8.58	77.14	0.779	2.86	4.97
10.58	86.33	0.872	3.53	5.56
12.58	94.38	0.954	4.19	6.08
14.58	102.22	1.033	4.86	6.58
16.58	110.10	1.113	5.53	7.09
18.58	116.07	1.173	6.19	7.47
20.58	121.31	1.226	6.86	7.81
22.58	124.93	1.262	7.53	8.04

GLATTE ZONE

Y (MM)	U (CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	77.76	0.786	21.67	12.45
0.38	77.77	0.786	22.34	12.45
0.40	78.69	0.795	23.66	12.60
0.51	82.04	0.829	30.10	13.14
0.61	85.20	0.861	36.34	13.64
0.82	89.36	0.903	48.55	14.31
1.02	92.66	0.936	60.60	14.84
1.23	94.77	0.958	72.40	15.17
1.73	99.51	1.006	101.95	15.93
2.23	103.72	1.048	131.46	16.61
2.73	107.62	1.087	160.57	17.23
3.23	109.45	1.106	189.99	17.52
3.73	110.88	1.120	219.96	17.75
4.23	111.92	1.131	249.46	17.92
5.23	114.54	1.157	308.46	18.34
6.23	116.20	1.174	363.90	18.61
7.23	117.91	1.191	422.33	18.88
8.23	120.00	1.213	480.76	19.21
9.23	121.80	1.231	539.19	19.50
10.23	122.72	1.240	597.62	19.65
11.23	123.90	1.252	656.05	19.84
13.23	125.29	1.266	776.69	20.06
15.23	125.41	1.267	894.12	20.08

LRDH= 3.9

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.651E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 990.91 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 162.07 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 52.27 M/S

RAUHE ZONE

Y (MM)	U (CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.09	580.38	0.586	1.36	3.58
4.59	633.79	0.640	1.53	3.91
5.59	723.41	0.730	1.86	4.46
6.59	786.81	0.794	2.20	4.85
8.59	875.78	0.884	2.86	5.40
10.59	957.81	0.967	3.53	5.91
12.59	1038.17	1.048	4.20	6.41
14.59	1115.02	1.125	4.86	6.88
16.59	1187.64	1.199	5.53	7.33
18.59	1252.24	1.264	6.20	7.73
20.59	1303.02	1.315	6.86	8.04
22.59	1339.70	1.352	7.53	8.27
24.59	1357.82	1.370	8.20	8.38

GLATTE ZONE

Y (MM)	U (CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	933.82	0.942	198.78	17.87
0.39	939.86	0.948	210.81	17.98
0.50	971.46	0.980	269.07	18.59
0.61	996.90	1.006	325.51	19.07
0.82	1033.00	1.042	435.92	19.76
1.02	1060.64	1.070	544.81	20.29
1.22	1083.56	1.094	652.98	20.73
1.72	1114.33	1.125	920.70	21.32
2.22	1163.06	1.174	1187.87	22.25
2.72	1188.05	1.199	1455.05	22.73
3.22	1210.86	1.222	1722.23	23.17
3.72	1226.35	1.238	1989.41	23.46
4.22	1244.34	1.256	2256.59	23.81
5.22	1270.80	1.282	2790.94	24.31
6.22	1291.97	1.304	3325.30	24.72
7.22	1309.47	1.321	3859.66	25.05
8.22	1324.25	1.336	4394.01	25.33
9.22	1336.11	1.348	4928.37	25.56
10.22	1344.55	1.357	5462.72	25.72
11.22	1352.13	1.365	5997.07	25.87
13.22	1360.76	1.373	7065.79	26.03

LRDH= 8.0

P = 24. MM H = 3. MM R = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.601E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.97 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 15.39 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 6.59 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.08	56.79	0.574	1.36	3.69
4.58	62.22	0.629	1.53	4.04
5.58	72.27	0.730	1.86	4.70
6.58	78.27	0.791	2.19	5.09
8.58	85.74	0.866	2.86	5.57
10.58	92.54	0.935	3.53	6.01
12.58	99.94	1.010	4.19	6.49
14.58	106.24	1.073	4.86	6.90
16.58	111.73	1.129	5.53	7.26
19.58	117.85	1.191	6.19	7.66
20.58	123.74	1.250	6.86	8.04
22.58	128.33	1.297	7.53	8.34
24.58	132.65	1.340	8.19	8.62
26.58	135.75	1.372	8.86	8.82
28.58	136.82	1.383	9.53	8.89

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	83.35	0.842	22.90	12.65
0.38	83.50	0.844	23.61	12.68
0.40	85.21	0.861	25.01	12.94
0.51	90.22	0.912	31.82	13.70
0.61	93.53	0.945	38.32	14.20
0.82	97.97	0.990	51.20	14.88
1.02	101.29	1.023	63.91	15.38
1.23	104.51	1.056	76.53	15.87
1.73	108.63	1.098	107.78	16.49
2.23	112.51	1.137	138.96	17.08
2.73	116.48	1.177	170.15	17.69
3.23	119.44	1.207	201.33	18.14
3.73	122.23	1.235	232.52	18.56
4.23	123.68	1.250	263.70	18.78
5.23	127.92	1.293	325.28	19.42
6.23	130.80	1.322	387.50	19.86
7.23	133.66	1.351	449.72	20.29
8.23	134.54	1.359	511.94	20.43
9.23	135.53	1.369	574.16	20.58
10.23	136.34	1.378	636.38	20.70

LRDH= 8.0

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.653E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 992.15 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 162.19 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 52.57 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.08	596.70	0.601	1.36	3.68
4.58	646.99	0.652	1.53	3.99
5.58	733.57	0.739	1.86	4.52
6.58	790.71	0.797	2.19	4.88
8.58	866.88	0.874	2.86	5.34
10.58	934.92	0.942	3.53	5.76
12.58	999.01	1.007	4.19	6.16
14.58	1057.59	1.066	4.86	6.52
16.58	1088.26	1.097	5.53	6.71
18.58	1133.82	1.143	6.19	6.99
20.58	1186.22	1.196	6.86	7.31
22.58	1228.19	1.238	7.53	7.57
24.58	1266.09	1.276	8.19	7.81
26.58	1298.34	1.309	8.86	8.00
28.58	1314.74	1.325	9.53	8.11
29.58	1318.17	1.329	9.86	9.13

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	940.18	0.948	199.78	17.88
0.38	942.13	0.950	205.86	17.92
0.40	948.61	0.956	217.91	18.05
0.51	979.52	0.987	276.42	18.63
0.62	1005.31	1.013	333.20	19.12
0.82	1039.84	1.048	444.40	19.78
1.03	1068.36	1.077	554.13	20.32
1.23	1084.57	1.093	663.16	20.63
1.73	1121.94	1.131	932.99	21.34
2.23	1164.71	1.174	1202.33	22.16
2.73	1195.06	1.205	1471.66	22.73
3.23	1214.10	1.224	1741.00	23.10
3.73	1236.46	1.246	2010.34	23.52
4.23	1251.41	1.261	2279.68	23.81
5.23	1276.83	1.287	2818.36	24.29
6.23	1297.16	1.307	3357.03	24.68
7.23	1310.59	1.321	3895.71	24.93
8.23	1317.58	1.328	4434.38	25.06
9.23	1320.29	1.331	4973.06	25.12

LRDH= 15.8

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.599E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.97 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 15.35 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 6.68 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.09	57.96	0.586	1.36	3.78
4.59	62.21	0.629	1.53	4.05
5.59	73.58	0.744	1.86	4.79
6.59	80.95	0.818	2.20	5.27
8.59	87.24	0.881	2.86	5.68
10.59	94.01	0.950	3.53	6.13
12.59	99.30	1.003	4.20	6.47
14.59	104.79	1.059	4.86	6.83
16.59	109.26	1.104	5.53	7.12
18.59	114.19	1.154	6.20	7.44
20.59	118.88	1.201	6.86	7.75
22.59	122.58	1.239	7.53	7.99
24.59	126.26	1.276	8.20	8.23
26.59	129.87	1.312	8.86	8.46
28.59	132.37	1.337	9.53	8.63
29.59	133.18	1.346	9.86	8.68
30.59	133.43	1.348	10.20	8.69

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	84.72	0.856	23.37	12.68
0.39	85.30	0.862	24.79	12.76
0.50	89.48	0.904	31.64	13.39
0.61	95.03	0.960	38.27	14.22
0.82	99.65	1.007	51.26	14.91
1.02	103.20	1.043	64.06	15.44
1.22	106.10	1.072	76.78	15.87
1.72	111.64	1.128	108.26	16.70
2.22	116.07	1.173	139.68	17.37
2.72	119.63	1.209	171.09	17.90
3.22	122.00	1.233	202.51	18.25
3.72	124.08	1.254	233.92	18.56
4.22	126.10	1.274	265.34	18.87
5.22	129.08	1.304	328.17	19.31
6.22	130.88	1.322	391.01	19.58
7.22	131.73	1.331	453.84	19.71
8.22	132.48	1.339	517.93	19.82

LRDH= 15.8

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.654E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 992.15 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 160.57 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 57.33 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.08	585.21	0.590	1.36	3.64
4.58	648.06	0.653	1.53	4.04
5.58	755.37	0.761	1.86	4.70
6.58	822.49	0.829	2.19	5.12
7.58	902.46	0.910	2.86	5.62
10.58	961.94	0.970	3.53	5.99
12.58	1013.61	1.022	4.19	6.31
14.58	1068.88	1.077	4.86	6.66
16.58	1119.01	1.128	5.53	6.97
18.58	1161.52	1.171	6.19	7.23
20.58	1204.27	1.214	6.86	7.50
22.58	1244.03	1.254	7.53	7.75
24.58	1285.37	1.296	8.19	8.00
26.58	1315.85	1.326	8.86	8.19
28.58	1344.46	1.355	9.53	8.37
29.58	1356.77	1.368	9.86	8.45
30.58	1364.06	1.375	10.19	8.49
31.58	1371.30	1.382	10.53	8.54

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	1038.22	1.046	218.73	18.11
0.38	1040.09	1.048	225.42	18.14
0.40	1046.42	1.055	238.66	18.25
0.51	1078.70	1.087	302.23	18.82
0.62	1108.44	1.117	364.46	19.34
0.82	1149.88	1.159	486.32	20.06
1.03	1179.87	1.189	605.12	20.58
1.23	1204.83	1.214	724.30	21.02
1.73	1247.11	1.257	1019.26	21.75
2.23	1279.87	1.290	1313.67	22.33
2.73	1303.46	1.314	1608.08	22.74
3.23	1321.17	1.332	1902.50	23.05
3.73	1332.66	1.343	2196.91	23.25
4.23	1346.76	1.357	2491.32	23.49
5.23	1362.54	1.373	3072.92	23.77
6.23	1371.30	1.382	3660.36	23.92
7.23	1374.08	1.385	4247.80	23.97

LRDH= 23.5

P = 24. MM H = 3. MM R = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.603E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.97 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 15.30 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 6.78 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.09	53.76	0.543	1.36	3.51
4.59	62.16	0.628	1.53	4.06
5.59	74.10	0.749	1.86	4.84
6.59	80.87	0.817	2.20	5.28
8.59	88.56	0.895	2.86	5.79
10.59	94.24	0.952	3.53	6.16
12.59	99.81	1.009	4.20	6.52
14.59	105.28	1.064	4.86	6.88
16.59	109.66	1.108	5.53	7.17
18.59	114.25	1.154	6.20	7.47
20.59	117.01	1.182	6.86	7.65
22.59	121.49	1.228	7.53	7.94
24.59	124.77	1.261	8.20	8.15
26.59	127.43	1.288	8.86	8.33
28.59	129.87	1.312	9.53	8.49
29.59	130.84	1.322	9.86	8.55
30.59	131.85	1.332	10.20	8.62

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	86.54	0.874	23.90	12.76
0.39	87.42	0.883	25.34	12.89
0.50	93.05	0.940	32.35	13.72
0.61	96.72	0.977	39.14	14.26
0.82	101.50	1.026	52.41	14.96
1.02	104.70	1.058	65.50	15.43
1.22	107.69	1.088	78.51	15.87
1.72	113.13	1.143	110.69	16.68
2.22	116.97	1.182	142.82	17.24
2.72	120.32	1.216	174.94	17.74
3.22	122.48	1.238	207.06	18.05
3.72	124.33	1.256	239.18	18.33
4.22	126.04	1.274	271.31	18.58
5.22	128.47	1.298	335.55	18.94
6.22	129.59	1.309	399.80	19.10
7.22	131.01	1.324	464.04	19.31
8.22	131.27	1.326	528.29	19.35

LRDH= 23.5

P = 24. MM H = 3. MM R = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.656E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 992.15 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 160.63 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 57.16 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.07	590.93	0.596	1.36	3.68
4.57	652.02	0.657	1.52	4.06
5.57	764.24	0.770	1.86	4.76
6.57	833.43	0.840	2.19	5.19
8.57	915.14	0.922	2.86	5.70
10.57	972.19	0.980	3.52	6.05
12.57	1023.84	1.032	4.19	6.37
14.57	1068.63	1.077	4.86	6.65
16.57	1124.78	1.134	5.52	7.00
18.57	1162.69	1.172	6.19	7.24
20.57	1196.81	1.206	6.86	7.45
22.57	1235.27	1.245	7.52	7.69
24.57	1266.89	1.277	8.19	7.89
26.57	1298.29	1.309	8.86	8.08
28.57	1325.46	1.336	9.52	8.25
29.57	1336.75	1.347	9.86	8.32
30.57	1344.29	1.355	10.19	8.37
31.57	1351.05	1.362	10.52	8.41

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	1034.77	1.043	219.43	18.10
0.38	1037.96	1.046	226.09	18.16
0.39	1040.09	1.048	232.70	18.20
0.42	1048.18	1.056	245.81	18.34
0.52	1080.69	1.089	309.59	18.91
0.63	1108.51	1.117	371.63	19.39
0.84	1149.17	1.158	493.26	20.10
1.04	1178.77	1.188	613.36	20.62
1.24	1199.75	1.209	732.71	20.99
1.74	1243.40	1.253	1028.12	21.75
2.24	1272.52	1.283	1319.94	22.26
2.74	1293.88	1.304	1614.18	22.64
3.24	1312.15	1.323	1908.41	22.96
3.74	1323.53	1.334	2197.48	23.16
4.24	1333.19	1.344	2491.03	23.32
5.24	1346.09	1.357	3078.12	23.55
6.24	1352.04	1.363	3665.21	23.65
7.24	1354.59	1.365	4252.30	23.70

LRDH= 31.3

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.611E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 100.20 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 15.46 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 6.95 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.08	62.03	0.619	1.36	4.01
4.58	67.28	0.671	1.53	4.35
5.58	77.50	0.773	1.86	5.01
6.58	84.48	0.843	2.19	5.46
8.58	91.47	0.913	2.86	5.92
10.58	97.80	0.976	3.53	6.33
12.58	103.59	1.034	4.19	6.70
14.58	107.91	1.077	4.86	6.98
16.58	112.63	1.124	5.53	7.29
18.58	115.67	1.154	6.19	7.48
20.58	119.70	1.195	6.86	7.74
22.58	123.20	1.229	7.53	7.97
24.58	126.92	1.267	8.19	8.21
26.58	129.48	1.292	8.86	8.38
28.58	132.13	1.319	9.53	8.55
29.58	132.68	1.324	9.86	8.58
30.58	132.95	1.327	10.19	8.60

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	89.27	0.891	24.17	12.85
0.38	89.31	0.891	24.91	12.85
0.40	90.72	0.905	26.39	13.05
0.51	95.88	0.957	33.57	13.80
0.61	99.09	0.989	40.53	14.26
0.82	103.72	1.035	54.16	14.92
1.02	107.02	1.068	67.60	15.40
1.23	109.64	1.094	80.95	15.78
1.73	114.69	1.145	114.00	16.50
2.23	118.59	1.183	146.99	17.06
2.73	121.64	1.214	179.97	17.50
3.23	123.58	1.233	212.96	17.78
3.73	125.92	1.257	245.94	18.12
4.23	127.42	1.272	278.93	18.33
5.23	130.17	1.299	344.99	18.73
6.23	131.82	1.316	410.87	18.97
7.23	132.14	1.319	476.84	19.01
8.23	132.28	1.320	542.82	19.03

LRDH= 31.3

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.654E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 989.67 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP.GESCHW. RAUH UXR = 160.37 M/S  
SCHUBSP.GESCHW.GLATT UXG = 56.64 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.07	612.10	0.618	1.36	3.82
4.57	665.26	0.672	1.52	4.15
5.57	772.61	0.781	1.86	4.82
6.57	836.91	0.846	2.19	5.22
8.57	920.08	0.930	2.86	5.74
10.57	972.82	0.983	3.52	6.07
12.57	1024.25	1.035	4.19	6.39
14.57	1068.86	1.080	4.86	6.67
16.57	1120.73	1.132	5.52	6.99
18.57	1160.59	1.173	6.19	7.24
20.57	1193.34	1.206	6.86	7.44
22.57	1233.68	1.247	7.52	7.69
24.57	1263.99	1.277	8.19	7.88
26.57	1290.88	1.304	8.86	8.05
28.57	1314.02	1.328	9.52	8.19
29.57	1324.72	1.339	9.86	8.26
30.57	1336.61	1.351	10.19	8.33
31.57	1341.85	1.356	10.52	8.37

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	1023.54	1.034	213.13	18.07
0.38	1024.75	1.035	219.72	18.09
0.39	1026.34	1.037	226.27	18.12
0.41	1034.07	1.045	239.23	18.26
0.52	1067.48	1.079	302.27	18.85
0.62	1095.46	1.107	363.52	19.34
0.83	1135.46	1.147	483.56	20.05
1.03	1165.07	1.177	602.03	20.57
1.24	1187.11	1.199	719.77	20.96
1.74	1229.25	1.242	1011.17	21.70
2.24	1260.96	1.274	1302.08	22.26
2.74	1281.33	1.295	1592.98	22.62
3.24	1297.77	1.311	1883.88	22.91
3.74	1312.36	1.326	2174.78	23.17
4.24	1321.70	1.335	2465.68	23.33
5.24	1335.48	1.349	3047.49	23.58
6.24	1341.20	1.355	3629.29	23.68
7.24	1344.69	1.359	4211.09	23.74

LRDH= 46.9

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.655E+06  
MITTL. GESCHWIND. UK = 990.91 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 160.55 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 56.75 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.07	621.45	0.627	1.36	3.87
4.57	685.62	0.692	1.52	4.27
5.57	787.80	0.795	1.86	4.91
6.57	852.90	0.861	2.19	5.31
8.57	930.47	0.939	2.86	5.80
10.57	991.60	1.001	3.52	6.18
12.57	1044.34	1.054	4.19	6.50
14.57	1092.61	1.103	4.86	6.81
16.57	1133.54	1.144	5.52	7.06
18.57	1174.58	1.185	6.19	7.32
20.57	1211.35	1.222	6.86	7.54
22.57	1248.72	1.260	7.52	7.78
24.57	1281.02	1.293	8.19	7.98
26.57	1306.48	1.318	8.86	8.14
28.57	1328.98	1.341	9.52	8.28
29.57	1336.64	1.349	9.86	8.33
30.57	1344.86	1.357	10.19	8.38

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	1026.03	1.035	214.03	18.08
0.38	1026.64	1.036	220.65	18.09
0.39	1028.43	1.038	227.22	18.12
0.41	1035.24	1.045	240.24	18.24
0.52	1066.68	1.076	303.55	18.80
0.62	1094.60	1.105	365.06	19.29
0.83	1135.42	1.146	485.60	20.01
1.03	1164.78	1.175	604.58	20.52
1.24	1198.15	1.199	722.81	20.94
1.74	1231.79	1.243	1015.44	21.71
2.24	1256.87	1.268	1307.57	22.15
2.74	1278.77	1.290	1599.70	22.53
3.24	1297.30	1.309	1891.83	22.86
3.74	1313.04	1.325	2183.96	23.14
4.24	1322.98	1.335	2476.09	23.31
5.24	1338.09	1.350	3060.35	23.58
6.24	1345.68	1.358	3644.61	23.71
7.24	1347.94	1.360	4218.95	23.75
8.24	1349.99	1.362	4801.84	23.79

LRDH= 46.9

P = 24. MM H = 3. MM B = 3. MM

REYNOLDSZAHL RE = 0.605E+05  
MITTL. GESCHWIND. UK = 98.97 M/S

VOLUMETR. KANALHOEHE HV = 39.625 MM  
SCHUBSP. GESCHW. RAUH UXR = 15.28 M/S  
SCHUBSP. GESCHW. GLATT UXG = 6.84 M/S

RAUHE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y/H	U+
4.08	63.68	0.643	1.36	4.17
4.58	68.23	0.689	1.53	4.47
5.58	77.74	0.785	1.86	5.09
6.58	84.27	0.851	2.19	5.52
8.58	91.42	0.924	2.86	5.98
10.58	96.31	0.973	3.53	6.30
12.58	102.48	1.036	4.19	6.71
14.58	107.15	1.083	4.86	7.01
16.58	110.50	1.117	5.53	7.23
18.58	114.77	1.160	6.19	7.51
20.58	118.20	1.194	6.86	7.74
22.58	121.67	1.229	7.53	7.96
24.58	124.63	1.259	8.19	8.16
26.58	127.02	1.283	8.86	8.31
28.58	129.66	1.310	9.53	8.49
29.58	131.03	1.324	9.86	8.58
30.58	131.10	1.325	10.19	8.58

GLATTE ZONE

Y(MM)	U(CM/S)	U/UK	Y+	U+
0.37	87.58	0.885	23.85	12.80
0.38	87.86	0.888	24.59	12.84
0.40	89.45	0.904	26.05	13.07
0.51	93.73	0.947	33.13	13.70
0.61	97.16	0.982	40.00	14.20
0.82	100.93	1.020	53.32	14.75
1.02	103.31	1.044	66.55	15.10
1.23	107.87	1.090	79.70	15.76
1.73	112.95	1.141	112.24	16.51
2.23	116.91	1.181	144.72	17.09
2.73	119.93	1.212	177.20	17.53
3.23	122.39	1.237	209.68	17.89
3.73	123.93	1.252	242.74	18.11
4.23	125.62	1.269	275.30	18.36
5.23	128.12	1.295	340.41	18.72
6.23	129.48	1.308	405.52	18.92
7.23	129.99	1.313	470.64	19.00
8.23	130.22	1.316	535.75	19.03