

SR - Strömung im Rohr

Datum: 12.07.2012

Betreuer: Hr. Kasper

Name: Patrick Schütz

Meßplatz: SR a

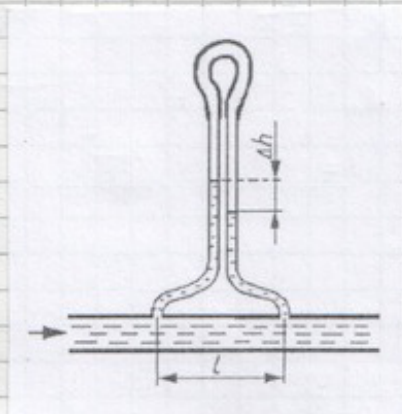
Mitstudent: Franz Oestreich

Aufgabenstellung

1. Bestimmen Sie den Druckabfall (indirekt über Δh) als Funktion der Strömungsgeschwindigkeit von Wasser in einem horizontalen Rohr.
2. Berechnen Sie die Widerstandsbeiwerte (c_w) und Reynold'schen Zahlen (Re) im laminaren und turbulenten Gebiet, tragen Sie c_w über Re doppelt logarithmisch auf und vergleichen Sie mit den theoretischen Werten.
3. Bestimmen Sie die kritische Reynoldszahl (Re_{krit}) und diskutieren Sie das Ergebnis.
4. Führen Sie die Fehlerbetrachtung für c_w und Re für zwei weit auseinanderliegende Punkte der Dingstamm durch.

Meßanordnung

Zunächst stellen wir mit Hilfe der Strömungsgeschwindigkeit den maximalen Höhenunterschied von 300 mm zwischen den zwei Steigrohren ein. Durch Änderung der Strömungsgeschwindigkeit registriert man den Höhenunterschied der Wasseransammlungen in den beiden Steigrohren.



benötigte Formeln

Konstanten $K_{Re} = \frac{2}{\pi R} \quad [K_{Re}] = \text{cm}^{-1}$
 $K_c = \frac{1}{4} \pi^2 g R^5 \quad [K_c] = \frac{\text{cm}^5}{\text{s}^2}$
 l ... Länge der Messstrecke R ... Rohrradius

Widerstandsbeiwert $c_w = K_c \cdot \frac{\Delta h}{(V/t)^2}$
 Δh ... Höhenunterschied
 V ... Volumen in l
 t ... Zeit in s

Reynoldszahl $Re = \frac{K_{Re}}{\eta} \cdot (V/t)$
 η ... Viskosität
 ρ ... Dichte des Fluids

temp.-abhängige Viskosität η_0 $\frac{\eta}{\rho} (s) = 1,726 \cdot e^{-(4,605 + 0,028 \frac{10}{t})} \left[\frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \right]$

Messwerte

$\Delta h / \text{mm}$	V / ml	t / s	$\delta / ^\circ\text{C}$	$\frac{\eta}{\rho} / \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$	Re	c_w
1	55	30	16,2	0,01097	304	0,75793
2	125	30	16,2	0,01097	691	0,29249
3	240	30	15,2	0,01128	1290	0,11942
4	315	30	14,4	0,01153	1656	0,09243
5	360	30	14,0	0,01166	1871	0,09346
6	280	20	13,6	0,01179	2159	0,07799
8	340	20	13,2	0,01192	2592	0,07052
10	355	20	12,8	0,01206	2676	0,08086
12	375	20	12,6	0,01213	2811	0,0886
15	425	20	12,4	0,01220	3168	0,08463
20	670	30	12,2	0,01227	3311	0,10216
50	790	20	11,4	0,01255	5727	0,09164
100	925	15,5	11,2	0,01262	8604	0,07153
200	1000	11,0	10,8	0,012758	12361	0,06165
300	1000	8,5	10,8	0,012758	16773	0,05522

Berechnung Konstanten

$$K_{Re} = \frac{2}{\pi \cdot R} = \frac{2}{\pi \cdot 3,5 \text{ cm}} = 0,182 \frac{1}{\text{cm}} = \underline{1,82 \frac{1}{\text{cm}}} \quad \text{mit } R = 3,5 \text{ cm}$$

$$K_c = \frac{1}{L} \eta^2 g R^5 = \frac{1}{0,1996 \text{ m}} \cdot 9,810 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0,35 \text{ cm})^5$$

$$= \underline{2,548 \frac{\text{cm}^5}{\text{s}^2}}$$

mit $R = 3,5 \text{ cm}$
 $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 $L = 199,6 \text{ mm}$

Vergleich Re theoretisch / praktisch

aus Diagramm

 $Re_{\text{prakt}} \approx$

2700

 \rightarrow Abweichung $\approx 35\%$

theoretisch

 $Re_{\text{theor}} \approx$

2000

Fehlerrechnung

	kleine Wert	große Wert
systematische Fehler:	$\Delta R = 0,1 \text{ mm}$	$\Delta R = 0,1 \text{ mm}$
	$\Delta l = 0,5 \text{ mm}$	$\Delta l = 0,5 \text{ mm}$
	$\Delta t = 0,5 \text{ s}$	$\Delta t = 0,3 \text{ s}$
	$\Delta V = 5 \text{ ml}$	$\Delta V = 5 \text{ ml}$
	$\Delta(\Delta h) = \Delta H = 2 \text{ mm}$	$\Delta H = 0,5 \text{ mm}$
	$\Delta T = 0,4 \text{ K}$	$\Delta T = 0,4 \text{ K}$

für 2 entfernte Messwerte

$$\Delta h_1 = 2 \text{ mm}$$

$$\Delta h_2 = 200 \text{ mm}$$

• ΔC_w

$$C_w = \frac{\pi^2 \cdot g \cdot R^5}{l} \cdot \frac{\Delta h}{\left(\frac{V}{t}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \Delta C_w &= \left| \frac{\partial C_w}{\partial R} \right| \cdot \Delta R + \left| \frac{\partial C_w}{\partial l} \right| \cdot \Delta l + \left| \frac{\partial C_w}{\partial t} \right| \cdot \Delta t + \left| \frac{\partial C_w}{\partial V} \right| \cdot \Delta V \\ &\quad + \left| \frac{\partial C_w}{\partial \Delta h} \right| \cdot \Delta H \\ &= \left| \frac{\pi^2 \cdot g \cdot 5R^4}{l \cdot \left(\frac{V}{t}\right)^2} \right| \cdot \Delta R + \left| -\frac{\pi^2 R^5 \cdot g}{l^2} \cdot \frac{\Delta h}{\left(\frac{V}{t}\right)^2} \right| \cdot \Delta l \\ &\quad + \left| \frac{\pi^2 R^5 \cdot g \cdot \Delta h \cdot 2t}{l \cdot V^2} \right| \cdot \Delta t + \left| \frac{2\pi^2 R^5 \cdot g \cdot \Delta h \cdot t^2}{l \cdot V^3} \right| \cdot \Delta V \\ &\quad + \left| \frac{\pi^2 R^5 \cdot g \cdot t^2}{l \cdot V^2} \right| \cdot \Delta H \end{aligned}$$

$$\Delta C_{w1} = 0,044$$

$$\Delta C_{w2} = 0,0108$$

$$\frac{\Delta C_{w1}}{C_{w1}} = 0,15 \hat{=} 15\%$$

$$\frac{\Delta C_{w2}}{C_{w2}} = 0,17 \hat{=} 17\%$$

• ΔR_e

$$R_e = \frac{2}{\pi \cdot R} \cdot \frac{V}{t} \cdot \frac{1}{\frac{V}{R}}$$

$$\Delta R_e = \left| \frac{\partial R_e}{\partial R} \right| \cdot \Delta R + \left| \frac{\partial R_e}{\partial t} \right| \cdot \Delta t + \left| \frac{\partial R_e}{\partial V} \right| \cdot \Delta V + \left| \frac{\partial R_e}{\partial \frac{V}{R}} \right| \cdot \Delta \left(\frac{V}{R}\right)$$

$$\begin{aligned} \Delta R_e &= \left| -\frac{2}{\pi R^2} \cdot \frac{V}{t} \cdot \frac{1}{\frac{V}{R}} \right| \cdot \Delta R + \left| \frac{2}{\pi R} \cdot \frac{V}{t^2} \cdot \frac{1}{\frac{V}{R}} \right| \cdot \Delta t \\ &\quad + \left| \frac{2}{\pi R} \cdot \frac{1}{t} \cdot \frac{1}{\frac{V}{R}} \right| \cdot \Delta V + \left| \frac{2}{\pi R} \cdot \frac{V}{t} \cdot \frac{e^{\frac{1}{\frac{V}{R}}}}{\frac{V}{R}} \right| \cdot \Delta \left(\frac{V}{R}\right) \end{aligned}$$

$$\Delta R_{e1} = 66,65$$

$$\Delta R_{e2} = 1151,5$$

$$\frac{\Delta R_{e1}}{R_{e1}} = 0,036 \hat{=} 3,6\%$$

$$\frac{\Delta R_{e2}}{R_{e2}} = 0,099 \hat{=} 9,9\%$$

$\omega \cdot 100$

Copyright 1950 Schöfers Feinpapier, 99 Plauen (Vogtl.) GDR
(Nachdruck nur mit Genehmigung des Herausgebers)

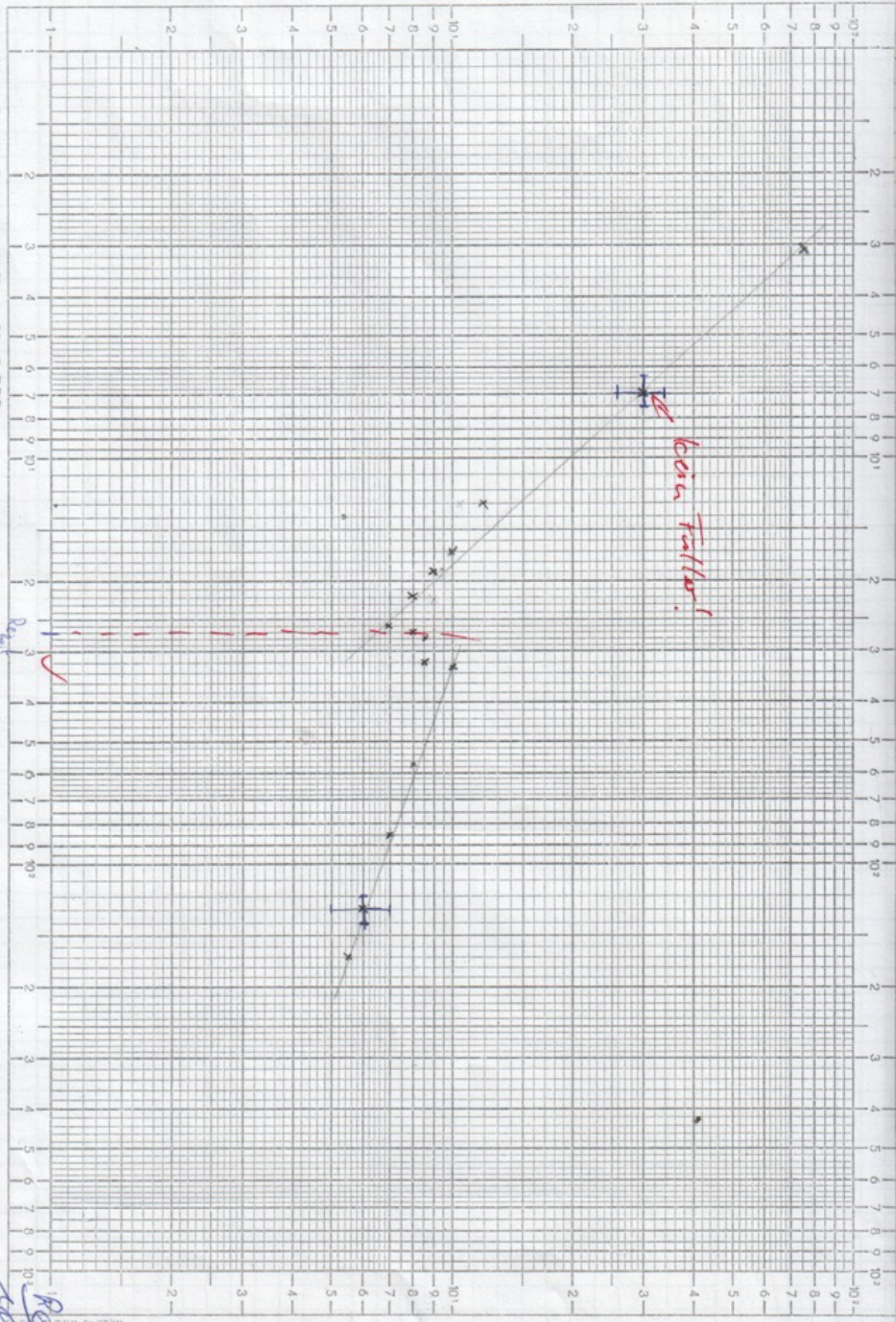
Bestell-Nr. 491

gest. gesch.
unter



Reg.-Nr.
600505

Beide Achsen logar. geteilt 1 bis 10^3 u. 1 bis 10^2 , Einheit 83,33 mm



Auswertung

Der Versuch Strömung ist ein Versuch mit großer Fehlerspanne durch Bestimmung von ah , also der Höhendifferenz des Samlers. Die Schwankungen sind relativ stark.

Die Fehler von $cu =$ laminaren und turbulenten Bereich betragen beide relativ 15% bzw. 17% und sind somit relativ gering.

Die Fehler von Re in laminaren und turbulenten Bereich sind beide unter 10% und somit auch relativ gering.

Der größte Fehler war durch ah einstellen aufgefallen, des Weiteren sind die Temperatur sowie der Abstand der Steigrohre und das Bestimmen des durchgeflossenen Volumens und der Zeit \checkmark !

Die Geraden im turbulenten sowie laminaren sind sehr gut.

Re_{krit} haben wir von ca. 2700 bestimmt und liegt doch 35% über den theoretischen Wert.

Test. : 1.3

Exp. : 1.3

