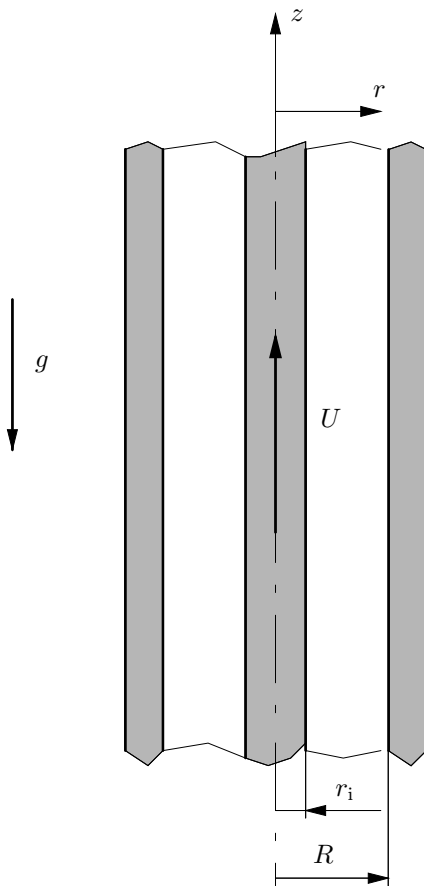


Prüfungbeispiele aus Ein- und Mehrphasenströmungen, 319.418

Institut für Strömungsmechanik und Wärmeübertragung, TU Wien, Resselg. 3, 1040 Wien.
<http://www.fluid.tuwien.ac.at/319418>

1 Schichtenströmungen

In einem senkrechten Rohr mit Innenradius $R = 5 \text{ mm}$ wird ein Draht mit Radius $r_i = 2,5 \text{ mm}$ mit der konstanten Geschwindigkeit $U = 0,5 \text{ m/s}$ bewegt. Dadurch wird Wasser ($\tau = \mu \dot{\gamma}$) mit konstanten Stoffwerten ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 100,2 \cdot 10^{-5} \text{ Pas}$) in Form einer voll ausgebildeten Schichtenströmung mitgeschleppt. Es liegt ein konstanter Druckgradient $dp/dz = -0,1 \text{ bar/m}$ an. Die Schwerebeschleunigung beträgt $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$.



Berechnen Sie unter der Voraussetzung einer voll ausgebildeten, stationären Strömung

- wieviel m^3/h Fluid gefördert wird,
- ob die Annahme einer laminaren Strömung gerechtfertigt ist und
- welche Kraft im stationären Zustand zum Ziehen des Drahtes notwendig ist.
- Zeichnen Sie den Geschwindigkeitsverlauf in die Skizze ein.

2 Bewegung von Teilchen

In einem Behälter, der mit einer Flüssigkeit der Dichte $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ gefüllt ist, sinkt eine Kugel mit dem Durchmesser $d = 2 \text{ mm}$ und der Dichte $\rho_K = 1034 \text{ kg/m}^3$ zu Boden. Nachdem sich eine stationäre Bewegung der Kugel eingestellt hat, wird über die Länge $H = 100 \text{ mm}$ eine Fallzeit von $t = 7,5 \text{ s}$ gemessen. Die Schwerebeschleunigung beträgt $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Berechnen Sie

- die kinematischen Viskosität ν der Flüssigkeit unter Verwendung des zur Verfügung stehenden $c_W - \text{Re}$ Diagramms,
- den Fehler in ν , den Sie machen, wenn Sie statt des Diagramms die Beziehung von Stokes für schleichende Strömungen verwenden, $c_W = 24/\text{Re}$.

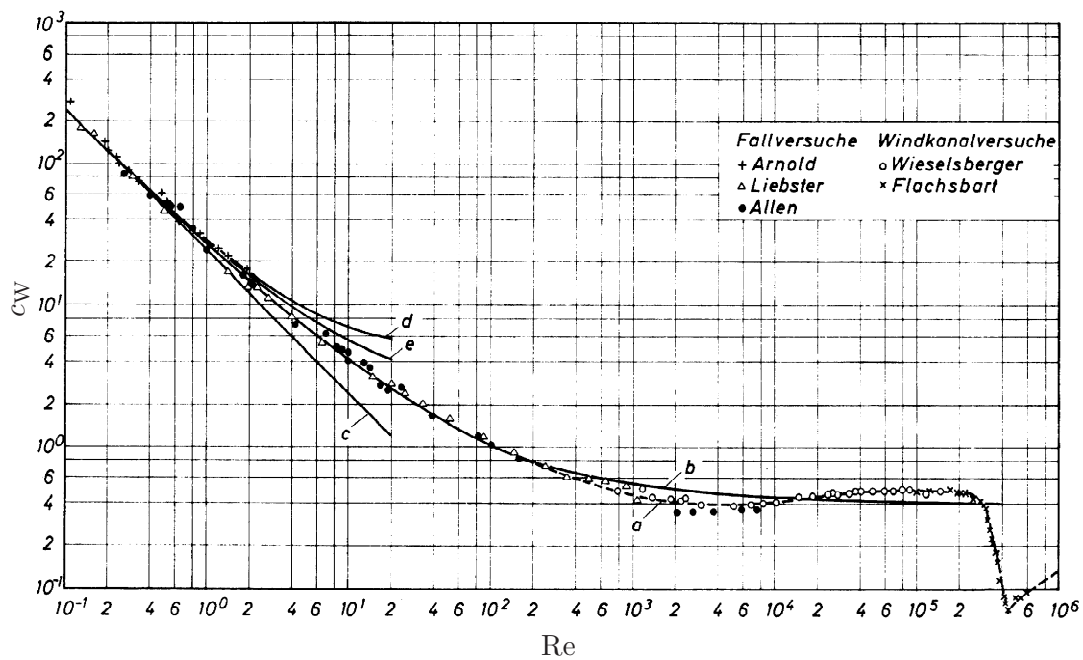
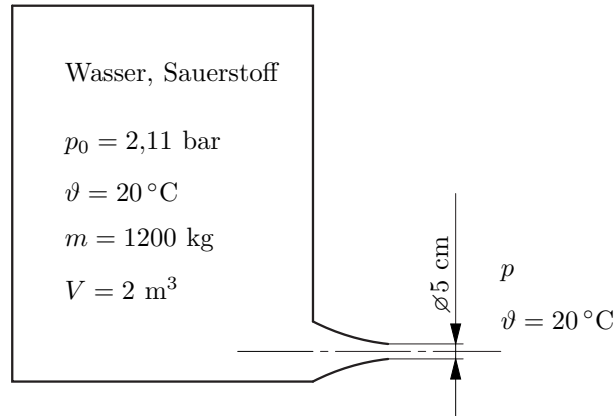


Bild 5.2 aus Brauer (1971). Widerstandsbeiwert für Kugeln mit glatter Oberfläche. Kurve c – Stokessches Gesetz, d – Oseensche Näherung.

3 Homogene Zweiphasenströmungen

In einem Kessel befindet sich ein homogenes Gemisch aus Wasser (Index 1: $\rho_1 = 998,2 \text{ kg/m}^3 = \text{konst.}, (1 - \alpha), (1 - x)$) und Sauerstoff (Index 2: α, x), welcher als ideales Gas zu behandeln ist. Die Dichte des Sauerstoffs im Kesselzustand ist $\rho_{20} = 2,77 \text{ kg/m}^3$. Die Gesamtmasse des Gemisches beträgt $m = 1200 \text{ kg}$ und das Kesselvolumen $V = 2 \text{ m}^3$. Das Gemisch strömt über eine Mündung mit veränderlichem Querschnitt in Form einer homogenen, isothermen, reibungsfreien und stationären Zweiphasenströmung ins Freie. Der Druck im Kessel $p_0 = 2,11 \text{ bar}$ bleibt dabei konstant. Der Durchmesser am Austritt beträgt $d = 5 \text{ cm}$.



- Berechnen Sie die Dichte ρ_0 des Gesamtgemisches im Kessel, die Massenanteile x und $(1 - x)$ sowie die Volumenanteile α_0 und $(1 - \alpha_0)$ des Gases bzw. des Wassers.
- Berechnen Sie die isotherme Schallgeschwindigkeit $c_{xT,0}$ für das Zweiphasengemisch im Kessel.
- Wie groß ist der Druck p im Freien, wenn am Austritt gerade Schallgeschwindigkeit herrscht? Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit am Ende der Leitung.
- Berechnen Sie die kritische Massenstromdichte $\rho^* v^*$ sowie den maximalen Massenstrom \dot{m} .

Formelsammlung

verallgemeinerte Bernoulligleichung:

$$\rho_1 \frac{v^2}{2} + p + \rho_1 g(z - z_r) = \rho_1 \frac{v_r^2}{2} + p_r \left[1 + \frac{\alpha_r}{1 - \alpha_r} \ln \left(\frac{p_r}{p} \right) \right]$$

kritisches Druckverhältnis:

$$\frac{1 - \alpha_0}{\alpha_0} \left(1 - \frac{p^*}{p_0} \right) - \ln \left(\frac{p^*}{p_0} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{(1 - \alpha_0) p^*}{\alpha_0 p_0} \right)^2$$

Rohrströmung mit Reibung:

$$\frac{\lambda_R}{2d} (z - z_r) = K \left(\frac{1}{M_r} - \frac{1}{M} \right) + K^2 \ln \left(\frac{M_r}{M} \right) + (1 - K^2) \ln \left(\frac{1 + K M_r}{1 + K M} \right), \quad K = \frac{\alpha}{(1 - \alpha) M}$$

4 Zweiphasenströmungen mit Relativbewegung

Ein 10 cm hoher Behälter ist voll gefüllt mit einer Suspension von Glaskugeln ($\rho_2 = 2400 \text{ kg/m}^3$, $d = 100 \mu\text{m}$) und einem Glycerin-Wasser Gemisch ($\rho_1 = 1191 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 19,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$). Die Anfangskonzentration der Teilchen ist $\alpha_0 = 0,3$, die maximale Konzentration beträgt $\alpha_{\max} = 0,634$. Es gelte die Driftflussrelation von Richardson & Zaki,

$$j_{12} = \alpha(1 - \alpha)^{4,7}U.$$

wobei U die Sinkgeschwindigkeit eines einzelnen Teilchens ist.

- Skizzieren Sie die Art der Sedimentation. Kennzeichnen Sie Bereiche unterschiedlicher Konzentration und geben Sie, falls bekannt, die entsprechende Konzentration an. Welche kinematischen Stöße treten auf und wie bewegen diese sich? Zeichnen Sie die auftretenden Stöße in untenstehendes Diagramm ein.
- Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der auftretenden kinematischen Stöße.
- Berechnen Sie die Zeit bis zur vollständigen Sedimentation sowie
- die Höhe der Sedimentationsschicht.

Driftflussbeziehung

