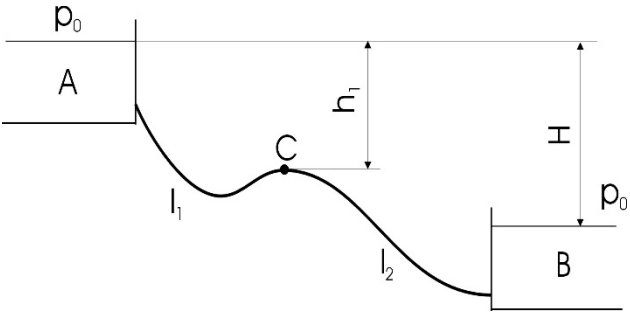


Turbulente Strömung, technische Anwendungen

1. Aufgabe:



Zwei große Behälter A und B (Höhenunterschied zwischen den Wasserspiegeln H) sind durch eine Rohrleitung (D, l_1, l_2) miteinander verbunden, und bei Bedarf kann Wasser (Dichte ρ , kinematische Zähigkeit ν) von A nach B fließen. Die Rohrleitung muss zwischendurch über ein Hindernis geführt werden, dessen höchster Punkt bei C liegt (Rohrlänge bis C: l_1).

Dieser Strömungsvorgang soll unter der Voraussetzung stationärer Verhältnisse (Bewegungsgeschwindigkeit der Spiegel in den Behältern vernachlässigbar) untersucht werden. Der Umgebungsdruck beträgt $p_0 = 1 \text{ bar}$.

- a) Berechnen Sie die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung unter Berücksichtigung der auftretenden Verluste (Reibung, Austrittsverlust). Dabei soll in einem ersten Schritt die Strömungsgeschwindigkeit im Rohr unter Vernachlässigung der Reibung berechnet, und davon ausgehend der korrekte Wert für hydraulisch glattes Rohr iterativ ermittelt werden.
- b) Bestimmen Sie den Mindestabstand h_1 , um den der Punkt C unterhalb des Wasserspiegels im Behälter A liegen muss, damit an dieser Stelle der statische Druck in der Rohrleitung den Dampfdruck p_D des Wassers nicht unterschreitet.

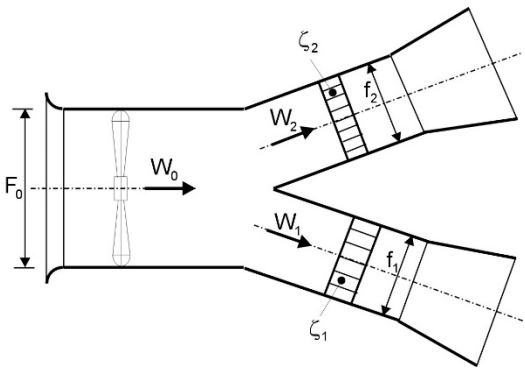
Zahlenangaben:

Rohr:	$D = 0,8 \text{ m}$	Wasser:	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$,
	$l_1 = 3 \text{ km}, l_2 = 5 \text{ km}$		$\nu = 1,2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$H = 25 \text{ m}$		$p_D = 0,14 \text{ bar}$

2. Aufgabe:

In der Skizze ist ein System zur Förderung von schwach staubbelasteter Luft durch zwei Filter dargestellt. Die Strömung wird dabei von einem Rohrventilator im Hauptrohr erzeugt, das die Luft aus einem Raum mit dem Druck p_0 frei ansaugt. Nach dem Ventilator wird das Rohr in zwei Leitungen getrennt, in denen sich die Filter mit den Verlustbeiwerten ζ_1 bzw. ζ_2 befinden.

Es soll gezeigt werden, dass die Geschwindigkeiten in beiden Rohren bei gleicher Gebläseleistung gesteigert werden können, wenn am Ende der beiden Einzelrohre jeweils ein Diffusor nachgeschaltet wird. Die Ausströmung der Luft erfolgt in Bereiche, wo ebenfalls der Druck p_0 herrscht. Die Querschnitte der Rohre sind mit $F_0, f_1 = \alpha F_0$ und $f_2 = \beta F_0$ gegeben.



Der Einfachheit halber soll auf die Berücksichtigung der Staubbeladung verzichtet werden. Die Berechnung kann also für reine Luft erfolgen. Die Rohrreibung sowie jene Verluste, die bei der Trennung des Luftstromes auftreten, sollen vernachlässigt werden. Die Gebläsekennlinie (der Zusammenhang zwischen Drucksteigerung Δp und der Geschwindigkeit W_0) ist durch folgende Beziehung gegeben:

$$\Delta p_G = 100 - 0,4 W_0^2 \text{ [N/m}^2\text{]},$$

wobei die Geschwindigkeit W_0 in $[\text{m/s}]$ einzusetzen ist.

- a) Skizzieren Sie den Verlauf des statischen Druckes sowie des Gesamtdruckes längs eines Zweiges mit nachgeschaltetem Diffusor (Wirkungsgrad η_D).

- b) Berechnen Sie die Strömungsgeschwindigkeiten W_1 und W_2 , wenn an beiden Enden jeweils ein Diffusor mit dem Flächenverhältnis $\gamma = f / F$ angebracht ist.
- c) Berechnen Sie die Strömungsgeschwindigkeiten ohne Diffusoren, und ermitteln Sie die durch die Diffusoren erreichten Steigerungen.

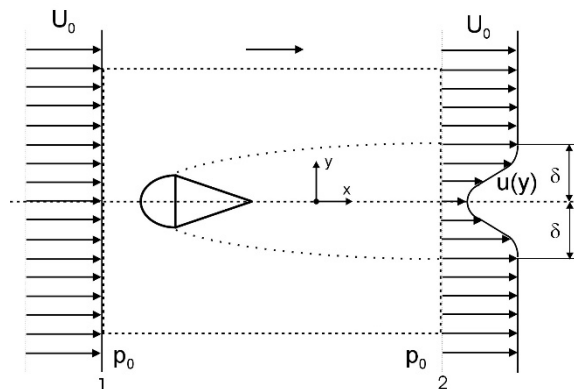
Zahlenangaben:

$$\begin{array}{lll}
 \alpha = 0,3 & \zeta_1 = 2 & \eta_D = 0,8 \\
 \beta = 0,4 & \zeta_2 = 3 & \rho = 1,25 \text{ kg / m}^3 \\
 \gamma = 0,4 & &
 \end{array}$$

3. Aufgabe:

Die auf einen umströmten Körper wirkenden Kräfte können in einem Windkanal entweder durch direkte Kraftmessungen oder mit Hilfe der Impulsmethode nach Albert Betz ermittelt werden. Hier soll die Impulsmethode zur Anwendung kommen.

Der Körper wird von einem Luftstrom (Stoffwerte bekannt) mit der Geschwindigkeit U_0 parallel zu seiner Symmetrieebene $y=0$ angeströmt. Dabei bildet sich hinter dem Körper eine Nachlaufströmung mit Grenzschichtcharakter aus. In einem bestimmten Abstand hinter dem Profil werden die Geschwindigkeitsverteilung $u(y)$ sowie die örtliche Nachlaufbreite 2δ gemessen, wie in der folgenden Skizze dargestellt. Dabei soll von zweidimensionaler Strömung ausgegangen werden.



Druck und Geschwindigkeit im Querschnitt „1“ sind konstant. Im Querschnitt „2“ ist der Druck ebenfalls konstant und gleich wie in „1“, und außerhalb des Nachlaufes ist die Geschwindigkeit konstant und gleich U_0 . Die Nachlaufbreite 2δ ist aus Messungen bekannt, die gemessene Geschwindigkeitsverteilung kann durch die folgende Beziehung angenähert werden:

$$\frac{u(y)}{U_0} = \frac{1}{3} (2 - \cos\pi\eta) \quad \text{mit} \quad \eta = \frac{y}{\delta}$$

Durch Anwendung des Impulssatzes auf den skizzierten Kontrollraum soll der Widerstand F_W (x-Richtung) des skizzierten Profils (pro Meter Breite senkrecht zur Zeichnung) zuerst allgemein und anschließend für das gegebene Geschwindigkeitsprofil bestimmt werden.