Prof. Dr.-Ing. Holger Foysi
Lehrstuhl Strömungsmechanik

SS2015

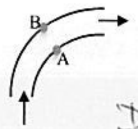
Name:.. Vorname:.. Punkte:........

Matr.-Nr.: ....

KLAUSUR EFT - Teil Fluiddynamik - Fragenteil

Bitte direkt auf die Angabe schreiben, Blatt evtl. wenden!

1) Betrachten Sie ein um 90 Grad gekrümmtes Rohr durch welches Fluid laminar, inkompressibel fließt. Sie messen den Druck auf der benetzten Wand innen im Winkel. Sind die Drücke in Punkt A und B, sowie der Druck auf der Achse unterschiedlich? *Begründen* Sie Ihre Aussage *kurz*. (5P)



Unterschiedlich (2)
Druck steigt von A nach B. (4)
Stromlinien sind gekrümmt (1) ⇒
Druckänderung normal zu SL. (1)

$\frac{\partial p}{\partial n} = \frac{\rho v_\theta^2}{r} \Rightarrow p$ steigt von A nach B (1 SP)

2) Was ist eine stationäre Strömung? (1P)

Keine zeitl. Änderung der Größen an $\vec{x}$. (1/2) oder $\frac{\partial S_i}{\partial t} = 0$ (1/2)

1

3) Das Geschwindigkeitsfeld des Windes sei in der Stadt als $u(t) = a\cdot\cos(\omega t)$, $v(t) = -a\cdot\sin(\omega t)$ gegeben (a, ω Konstanten). Bestimmen Sie die Gleichung für die Stromlinien (in der Form y=f(x)). (3P)

$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v}$ (1)

$\Rightarrow \frac{dx}{a\cos\omega t} = -\frac{dy}{a\sin(\omega t)} \Rightarrow \frac{dy}{dx} = -\tan\omega t$ (1)

$\Rightarrow y = -[\tan\omega t]\cdot x + \text{const}$ (1)

4) Sie finden als Taucher eine alte 200kg schwere Kanone und wollen diese bergen. Wieviel Luft brauchen Sie in einem Ballon um das Gewicht nach oben zu befördern? Reicht Ihre 10 Liter Sauerstoffflasche (200bar)? (4P)

$\rho_w \cdot g \cdot V_B > m \cdot g$ (1)

$10\,l$ bei 200 bar ⇒ genügend Sauerstoff
denn $(p \cdot V_{\text{Kompr}} = p \cdot V_{\text{frei}} \Rightarrow 2000\,l$ zur Verfügung
(1) an Oberfläche, auch in der Tiefe)

$1000\frac{kg}{m^3} \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot V_B > 200\,kg \cdot 10\frac{m}{s^2} \Rightarrow V_B > \frac{200}{1000}\,m^3$

$\Rightarrow V_B > 0{,}2\,m^3 = 200\,l$ (1)

Ja. (1)

5) Sie betrachten die Strömung um eine Kugel in einem Wasserkanal der Universität und der Realität (inkompressibel, Wasser). Sie verlangen, dass für beide Fälle die Reynoldszahl der Kugelumströmung übereinstimmt. Wie müssen Sie den Durchmesser der Kugel im Labor wählen (Formel)? (3P)

$Re_{Labor} = Re_{real}$ (1)

$\frac{u_{Lab} \cdot D_{Lab}}{\nu} = \frac{u_{real} \cdot D_{real}}{\nu}$ (1)

$\Rightarrow D_{Lab} = \frac{u_{real}}{u_{Lab}} \cdot D_{real}$ (1)

Total 16 Punkte Viel Erfolg!

(1) 15,5

a) $Q_n = Q_{2,3} = \frac{1{,}5\, l/s}{2} = 0{,}75\, l/s$ pro Arm, $A = 0{,}8\, cm^2$, $Q = v \cdot A$

Flächen gleich, Reibung vernachlässigt, Annahme $V_2 = V_3$ (Konti)

„2" kurzer Arm, „3" langer Arm

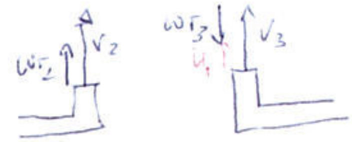
$$v_2 = v_3 = \frac{1{,}5 \cdot 1000\, cm^3/s}{2 \cdot 0{,}8\, cm^2} = 937{,}5\, cm/s = 9{,}375\, m/s$$ (für cm^3)

ω: Rotationsgeschwdk. des Arms.

$$\Rightarrow u_2 = v_2 + \omega r_2$$

$$u_3 = v_3 - \omega r_3$$

$\perp \Rightarrow \underline{r} \times \underline{u} \Rightarrow |r| \cdot u_r$, $u_r = (u_2, u_3)^T$



$$\int_{KV} \frac{\partial}{\partial t} (\underline{r} \times \underline{u}) \varrho \, dV + \oint_{KF} \varrho (\underline{r} \times \underline{u})(\underline{v} \cdot \underline{n})\, dA = \sum \underline{M}$$

stationär

Homogen, $\underline{r} \perp \underline{u}$, Integrale können vereinfacht werden:

$\varrho\, \underline{u} \cdot \underline{n}\, A = \varrho Q_n$ jeweils (Normalenvektor und Geschwindigkeitsvektor sind gleichgerichtet)

$$\Rightarrow \varrho Q_n \cdot r_2 (v_2 + \omega r_2) - \varrho Q_n r_3 (v_3 - \omega r_3) = T_0 \overset{!}{=} 0 \text{ weil}$$

$$\Rightarrow r_2 v_2 - r_3 v_3 = -\omega (r_2^2 + r_3^2)$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega = \frac{r_3 v_3 - r_2 v_2}{r_2^2 + r_3^2}} = \frac{(r_3 - r_2) v_2}{r_2^2 + r_3^2} = 3{,}75\, rad/s$$

$\Rightarrow N = \frac{\omega}{2\pi} \approx 0{,}6$ Umdrehungen/s

b) festhalten $\Rightarrow \omega = 0$, $T_0 \neq 0$

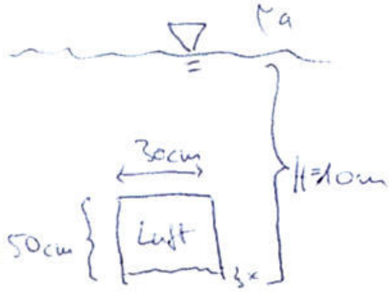
4,5

$\Rightarrow \varrho Q_n \cdot r_2 v_2 - \varrho Q_n r_3 v_3 = T_0 = -T_m$ „auf den Arm"

Einsetzen

$\Rightarrow T_m = 0{,}703$ Nm

5



Isotherm $p = \rho R T$ oder $pV = nRT$

$\Rightarrow p_a V_a \overset{1}{=} p_T \cdot V_T$ (Tiefe)

Fläche A

$\Rightarrow p_a A \cdot h \overset{1}{=} p_T \cdot A \cdot (h-x) \quad (*)$

x: Reduktion der Höhe beim Zusammenpressen

$p_T \overset{1}{=} p_a + \rho_w \cdot g \cdot (H-x) \quad (**)$

Auftrieb: $F_A = \rho_w \cdot g \cdot V_{Luft} = \rho_w \cdot g \overset{1}{\cdot} A \cdot (h-x) \stackrel{!}{=} F_{press}$

$F_{press} = \rho_w \cdot g \cdot \dfrac{p_a \cdot h}{p_T}$ oder $\rho_w g A (h-x)$ direkt ausrechnen

aus $(*)$ und $(**)$ $\dfrac{p_a \cdot h}{h-x} \overset{1}{=} p_a + \rho_w g (H-x)$

$\Rightarrow p_a h = p_a (h-x) + \rho_w g (Hh - xh - xH + x^2)$

$\Rightarrow x^2 - x\left(H + h + \dfrac{p_a}{\rho_w g}\right) + Hh = 0$ (1)

$\Rightarrow x = \dfrac{\left(H + h + p_a/\rho_w g\right) \pm \sqrt{\left(H+h+\frac{p_a}{\rho_w g}\right)^2 - 4Hh}}{2} = \underline{\underline{0{,}247\,m}}$ (1/2)

$\Rightarrow F_{press} = \rho_w \cdot g \cdot \dfrac{D^2 \pi}{4} \cdot (h-x) = 178{,}8\,N$ (1/2) (1/2)

3) $\rho g z$ vernachlässigt, ~~ρ_{Luft}~~ Wasser $=$ ~~1,2 kg/m³~~ $1000\,\frac{kg}{m^3}$, $\dot m_1 = \dot m_e = \dot m_2 + \dot m_3 \Rightarrow \rho u_1 A_1 = \rho_2 A_2 u_2 + \rho_3 A_3 u_3$ (1) für ρ oder u

11

$u_2 = u_3 \Rightarrow \underline{\underline{u_1 = u_2 \overset{1}{\cdot} (A_2 + A_3)/A_1 = 1{,}74\,m/s}}$ (1/2)

48.486 Pa

Bernoulli: $p_0 + \frac{1}{2}\rho u_2^2 \overset{1}{=} p_1 + \frac{1}{2}\rho u_1^2 \Rightarrow p_1 - p_0 = \frac{1}{2}\rho (u_2^2 - u_1^2) = \cancel{3{,}21\,N}$ (1/2)

Impulssatz, Integrale vereinfacht, da homogen: $\rho u \cdot \underline{n} \cdot A \to \rho A_2 u_2, \rho A_3 u_3$ etc

$\Rightarrow$ „x": $-\rho u_1^2 \cdot A_1 + A_2 \rho u_2 (u_2 \cos\alpha) + A_3 \rho u_3 (u_3 \cos\beta) = -F_x + (p_1 - p_0) \cdot A_1$ (2,5)

„y": $0 + A_2 \rho u_2 (u_2 \sin\alpha) - A_3 \rho u_3 (u_3 \sin\beta) = -F_y - 0$ (2,5)

(1/2 pro Term)

$\Rightarrow F_x \approx \cancel{5{,}13\,N}$ 2596,5 N (1/2), $F_y \approx \cancel{0{,}32\,N}$ 263,8 N (1/2)

$|F| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \cancel{5{,}14\,N}$ (1/2) 2610 N

$\gamma = \arctan\left(\frac{F_y}{F_x}\right) = 5{,}77^0$