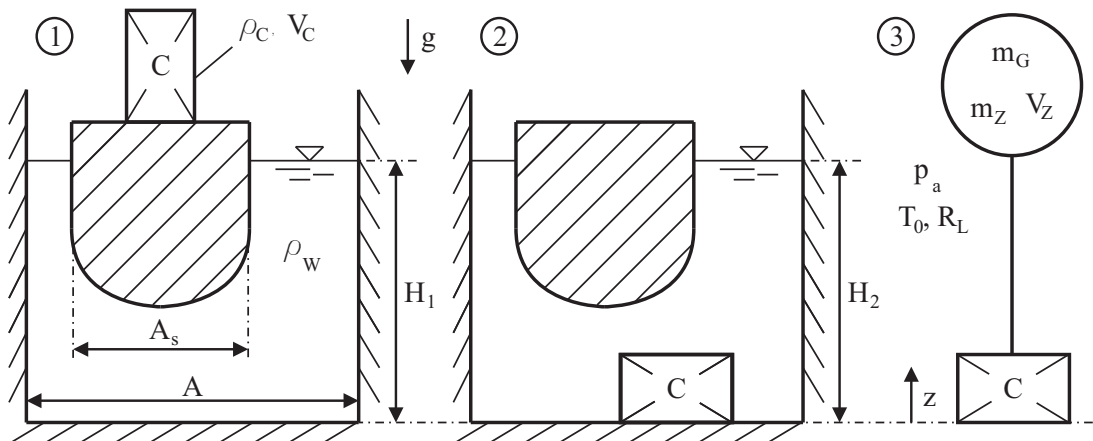


Klausur „Strömungsmechanik I“ (Bachelor) & „Technische Strömungslehre“ (Diplom)

07. 03. 2012

1. Aufgabe (9 Punkte)

Ein beladenes Container-Schiff befindet sich zunächst in einer allseitig geschlossenen Schleuse (Zustand „1“). Dann fällt der Container vom Schiff. Im Zustand „2“ liegt der Container „C“ (Volumen V_C , Dichte ρ_C) auf dem Grund der Schleuse und das Schiff ist unbeladen.



- a) Wie ändert sich die Spiegelhöhe (ΔH) des von der Schleuse eingeschlossenen Wassers bei Betrachtung der Zustandsänderung von „1“ nach „2“?

Gegeben für a):

A, ρ_w, ρ_C mit $\rho_C > \rho_w, V_C$

Teilaufgabe b) und c) sind unabhängig von Teilaufgabe a) lösbar!

Im Folgenden hat das Container-Schiff die Schleuse verlassen und das Wasser wurde komplett abgepumpt (Zustand „3“). Ein Zppelin mit starrer Hülle (Volumen V_Z , Strukturmasse m_Z , Gasmasse m_G) soll nun den Container weiter transportieren.

- b) Welche Höhe erreicht der Zppelin mitsamt Container innerhalb einer isothermen ($T_0 = \text{konst.}$) Atmosphäre?

Ein Riss an der Unterseite der Zepellinhülle führt zum vollständigen Druckausgleich mit der Umgebung.

- c) Wie ändert sich qualitativ (Steigen, Sinken oder Gleichbleibend) die Höhe des Zepplins für den Fall, dass der Innendruck vor dem Riss niedriger als der Atmosphärendruck $p_i < p(z_{\max})$ war? Begründen Sie kurz Ihre Antwort!

Gegeben für b) und c):

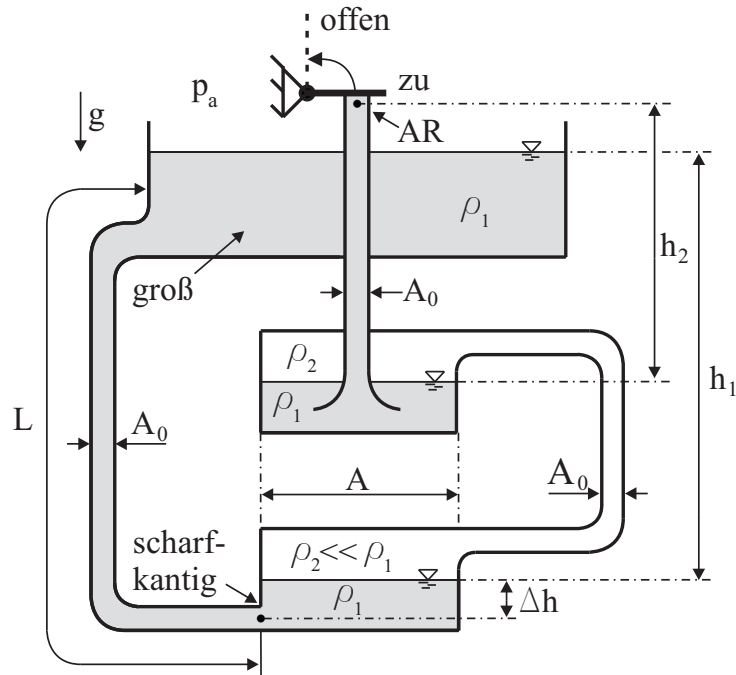
g, V_Z, V_C mit $V_C \ll V_Z, m_G, m_Z, \rho_C, p_a, T_0, R_L$

Hinweis:

- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

2. Aufgabe (12 Punkte)

Ein Springbrunnen ist mit zwei Fluiden unterschiedlicher Dichte ρ_1 und ρ_2 gefüllt. Dabei ist die Dichte ρ_2 soviel kleiner als die Dichte ρ_1 , dass sie vernachlässigt werden kann. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird die Klappe am Ende des Ausflussrohres „AR“ plötzlich geöffnet. Daraufhin strömt das Fluid „1“ über eine Fontäne zurück ins große obere Becken. Die Strömung ist verlustfrei.



- a) Bestimmen Sie die Druckdifferenz $\Delta p = p_{AR} - p_a$ über die geschlossene Klappe ($t < 0$).

In den folgenden Teilaufgaben b) und c) ist die Änderung der Spiegelhöhen in allen Behältern zu vernachlässigen.

- b) Bestimmen Sie die Beschleunigung dv_{AR}/dt im Punkt AR, wenn die Geschwindigkeit $v_{AR} = v_\infty/\sqrt{2}$ erreicht hat, wobei v_∞ die stationäre Endgeschwindigkeit ist.
- c) Bestimmen Sie die maximale Fontänenhöhe.

Im Folgenden wird die Änderung der Spiegelhöhen in den kleinen Behältern berücksichtigt. Die Fluidbeschleunigung in den Rohren ist zu vernachlässigen.

- d) Nachdem die Fontäne die maximale Höhe erreicht hat, wird diese im weiteren zeitlichen Verlauf aufgrund der Änderung der Spiegelhöhen in den kleinen Behältern wieder sinken. Berechnen Sie die zeitliche Änderung der Ausströmgeschwindigkeit dv_{AR}/dt .

Gegeben:

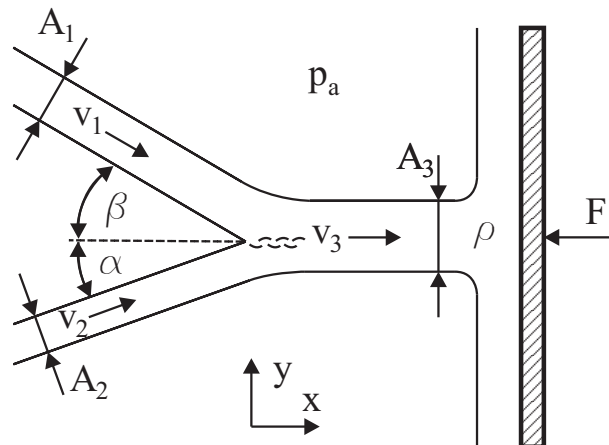
$$\rho_1, \quad \rho_2 \ll \rho_1, \quad h_1, \quad h_2, \quad A, \quad A_0, \quad L, \quad g$$

Hinweis:

- Die Beschleunigung aufgrund der Einläufe für Fluid „1“ sind zu vernachlässigen.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

3. Aufgabe (9 Punkte)

Zwei Wasserstrahlen treffen sich unter dem Winkel $\alpha + \beta$. Nach einer Vermischung bildet sich ein horizontaler Strahl, der auf eine vertikale Platte auftrifft. Dort wird der Strahl parallel zur Platte reibungsfrei in zwei gleich große Strahlen umgelenkt.



a) Bestimmen Sie den Winkel β .

Setzen Sie im Folgenden den Winkel β als gegeben voraus.

b) Bestimmen Sie den Querschnitt A_3 und die Geschwindigkeit v_3 ,

Setzen Sie im Folgenden den Querschnitt A_3 und die Geschwindigkeit v_3 als gegeben voraus.

c) Bestimmen Sie den Massenstrom \dot{m} eines von der Platte abgelenkten Strahles.

d) Bestimmen Sie die Stützkraft F .

Gegeben:

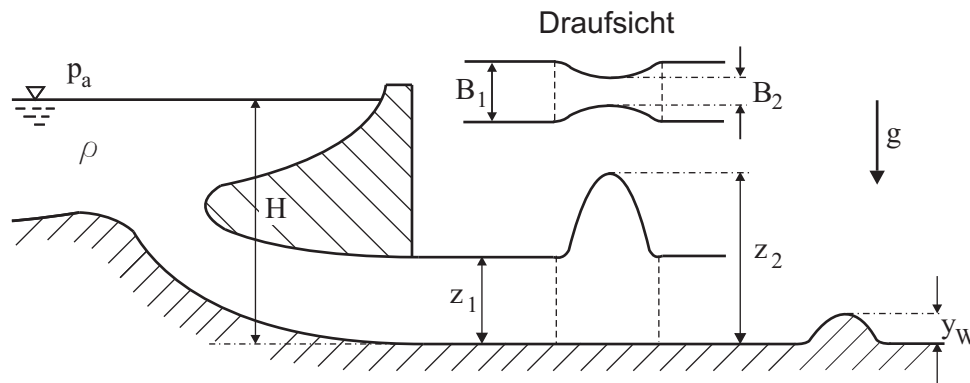
$$A_1, \quad A_2, \quad v_1, \quad v_2, \quad \alpha, \quad \rho$$

Hinweis:

- Die Gravitationsbeschleunigung \vec{g} sei zu vernachlässigen.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

4. Aufgabe (13 Punkte)

Aus einem großen Reservoir strömt Wasser in einen offenen Kanal der Breite B_1 . In dem Kanal beträgt die Höhe des Wasserspiegels z_1 . Der Kanal verengt sich an einer Stelle auf $B_2 = B_1/\sqrt{2}$. An dieser Stelle wird die Spiegelhöhe $z_2 = 2z_1$ gemessen. Nach der Verengung folgt eine Bodenwelle der Höhe y_W .



- Bestimmen Sie die Höhe H des Wasserspiegels in dem Reservoir.
- Bestimmen Sie die Froudezahl nach der Verengung und skizzieren Sie sorgfältig 4 mögliche Verläufe der Spiegelhöhe nach der Verengung bis hinter die Bodenwelle.
- Bestimmen Sie die Grenzhöhe y_{gr} der Bodenwelle, wenn zwischen der Verengung und der Bodenwelle ein Wassersprung steht.

Gegeben:

$$z_1, \quad z_2 = 2z_1, \quad \frac{B_2}{B_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Hinweis:

- Das Verhältnis der Spiegelhöhen über einen Wassersprung ist:

$$\frac{z_{nach}}{z_{vor}} = \sqrt{\frac{1}{4} + 2Fr_{vor}^2} - \frac{1}{2}$$

wenn der Index „vor“ den Zustand vor dem Sprung und „nach“ den Zustand nach dem Sprung bezeichnet, und Fr die Froude-Zahl ist.

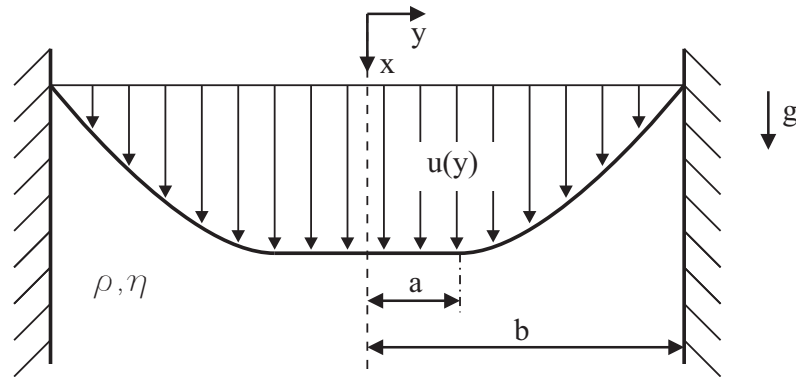
- Das Verhältnis von Grenzhöhe und minimaler Energiehöhe ist:

$$z_{gr} = \frac{2}{3}H_{min} = 3\sqrt{\frac{\dot{V}^2}{gB^2}}$$

- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

5. Aufgabe (10 Punkte)

Zwischen zwei parallelen, unendlich ausgedehnten Platten (Abstand $2b$) strömt eine Bingham-Plastik (Dichte ρ , Zähigkeit η). Die Strömung ist ausgebildet und besitzt keinen Druckgradienten in x -Richtung $\partial p / \partial x = 0$.



- Leiten Sie mithilfe einer aussagekräftigen Skizze für den Bereich $a \leq y \leq b$ die Differentialgleichung für die Geschwindigkeitsverteilung her.
- Geben Sie die zugehörigen Randbedingungen an.
- Bestimmen Sie den Abstand a .

Setzen Sie im Folgenden den Abstand a als gegebenen voraus.

- Bestimmen Sie die Geschwindigkeitsverteilung $u(y)$ für den Bereich $0 \leq y \leq b$.

Gegeben:

$$b, \quad \rho, \quad \eta, \quad \tau_0, \quad g, \quad \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

Hinweis:

- Fließgesetze für eine Bingham-Plastik:

$$|\tau| \geq \tau_0 : \tau = \begin{cases} -\eta \frac{du}{dy} + \tau_0 & \text{für } \frac{du}{dy} < 0 \\ -\eta \frac{du}{dy} - \tau_0 & \text{für } \frac{du}{dy} > 0 \end{cases}$$

- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

6. Aufgabe (7 Punkte)

- a) Skizzieren Sie die zeitlich gemittelten Geschwindigkeitsprofile einer laminaren und einer turbulenten Rohrströmung. Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen den beiden Profilen und nennen Sie den physikalischen Grund, der zur unterschiedlichen Ausprägung des turbulenten Profils führt.
- b) Skizzieren Sie qualitativ das Moody-Diagramm. Beschriften Sie die Achsen und kennzeichnen Sie die unterschiedlichen Strömungszustände. Es müssen keine Gleichungen angegeben werden.
- c) Drücken Sie die turbulente Schubspannung anhand der Prandtl'schen Mischungsweghypothese aus. Definieren Sie ebenfalls, in Anlehnung an den Boussinesq Ansatz, die zugehörige turbulente Zähigkeit.