

.....
(Name, Matr.-Nr, Unterschrift)

Klausur „Strömungsmechanik I“

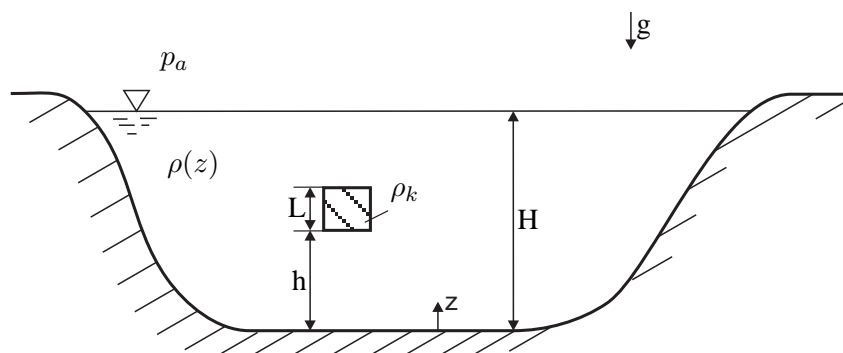
07. 08. 2015

1. Aufgabe (9 Punkte)

In einem See stellt sich durch die Sonneneinstrahlung folgende Dichteverteilung ein.

$$\rho(z) = \rho_B \left(1 - K \frac{z}{H}\right) .$$

Hierbei ist ρ_B die Dichte des Wassers am Boden des Sees, H die Tiefe des Sees und K eine positive Konstante. In dem See schwebt ein würfelförmiger Körper mit der Kantenlänge L und der Dichte ρ_K in der Höhe h über dem Boden.



- Bestimmen Sie den Druckverlauf $p(z)$ in Abhängigkeit der gegebenen Größen.
- Bestimmen Sie die Höhe h , in der der Körper einen Schwebezustand einnimmt.

Gegeben: $\rho_K, \rho_B, K, H, L, g, p_a$

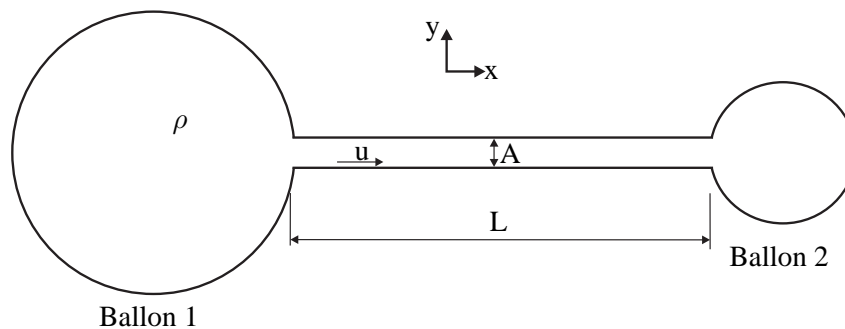
Hinweis: Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

2. Aufgabe (10 Punkte)

Zwei Ballons sind durch eine Rohrleitung der Länge L und dem Querschnitt A verbunden. Der Druck in den Ballons p hängt linear vom Ballonvolumen ab

$$p = p_a + C(V - V_0).$$

Die Größe V_0 ist das Ballonvolumen bei Umgebungsdruck und C eine positive Konstante. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird Ballon 2 um das Volumen ΔV verkleinert.



- a) Zeigen Sie, dass die verlustfreie Strömung im Verbindungsrohr durch die Schwingungsgleichung für die Geschwindigkeit u

$$\ddot{u} + K^2 u = 0$$

beschrieben wird. Bestimmen Sie die Eigenfrequenz K des Systems.

- b) Bestimmen Sie die maximale Geschwindigkeit u_{max} im Rohr unter Berücksichtigung des allgemeinen Lösungsansatzes einer Schwingungsgleichung.

- c) Bestimmen Sie die maximale Druckdifferenz Δp_{max} zwischen den Ballons.

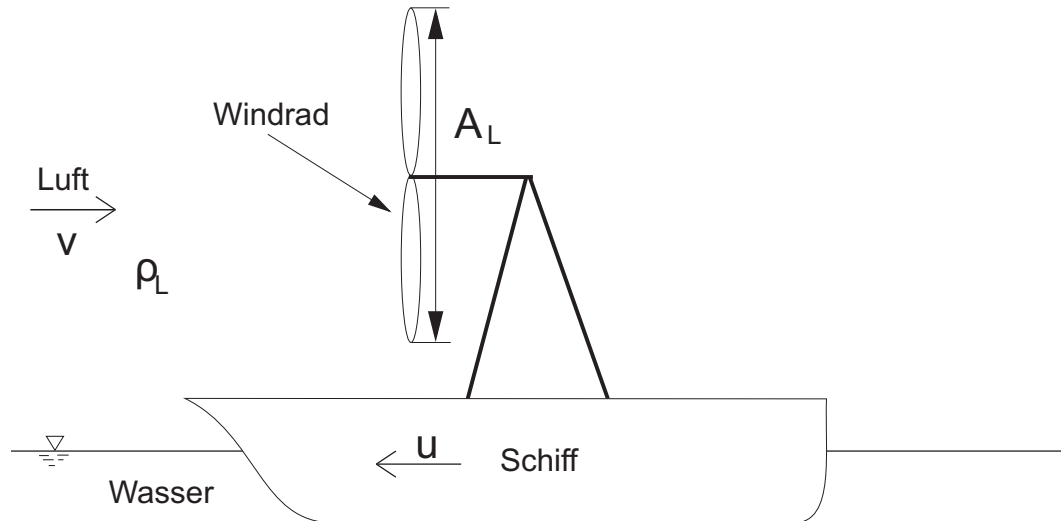
Gegeben: $\Delta V, A, L, \rho, C$

Hinweise:

- Allgemeiner Lösungsansatz der Schwingungsgleichung: $\ddot{x} + a^2 x = 0$
 $x = C_1 \sin at + C_2 \cos at$
- Der kleinste Ballondurchmesser ist deutlich größer als der Rohrquerschnitt A .
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

3. Aufgabe (11 Punkte)

Ein Schiff bewegt sich mit der Geschwindigkeit u durch ruhendes Gewässer. Auf dem Deck des Schiffes ist ein Windrad mit der Querschnittsfläche A_L montiert. Der Wind bläst mit der Geschwindigkeit v von vorn auf das Windrad.



Gegeben: ρ_L , A_L , u , v

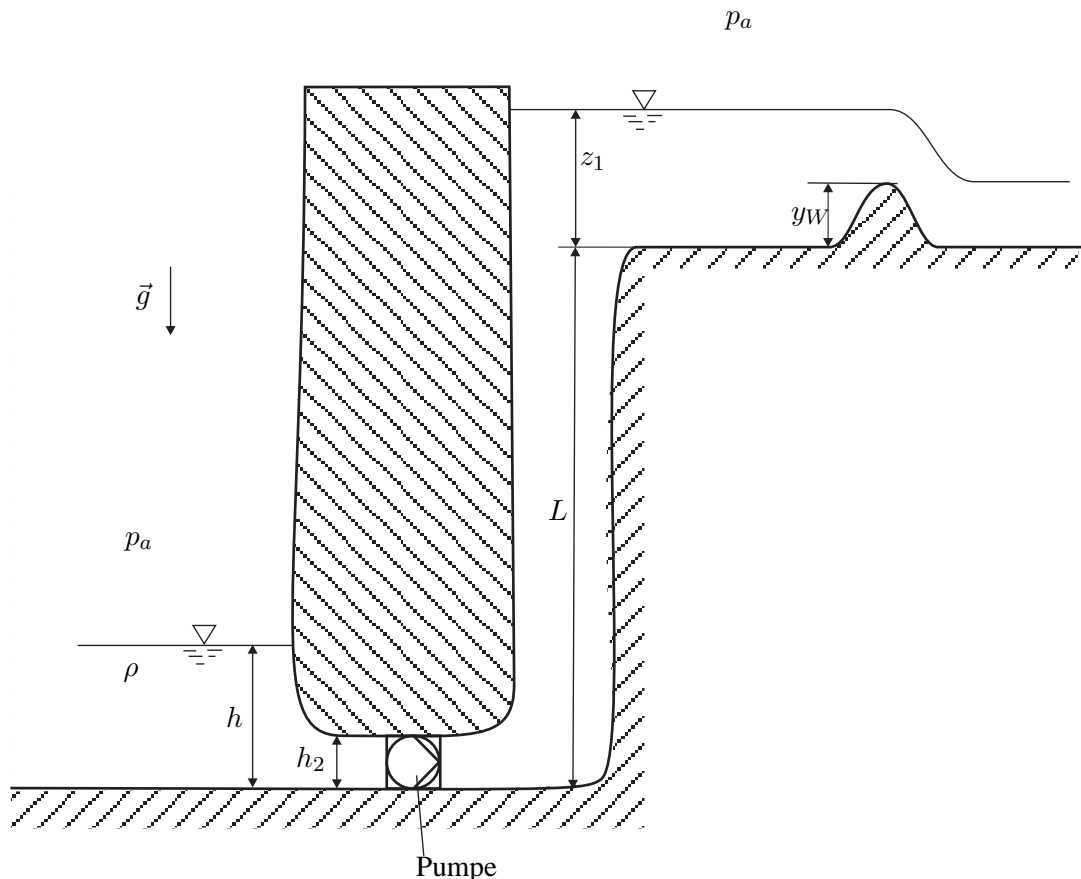
- Bestimmen Sie das Verhältnis der Geschwindigkeiten (u_2/u_∞) vor und hinter dem Windrad, für das die Leistung des Windrads maximal wird. Hierbei ist u_∞ die Geschwindigkeit weit stromauf und u_2 die Geschwindigkeit weit stromab vom Windrad im mitbewegten Koordinatensystem.
- Bestimmen Sie für diesen Fall die Widerstandskraft, die das Windrad erfährt.

Hinweise:

- Mechanische Verluste bei der Kraftübertragung sind zu vernachlässigen.
- Nehmen Sie an, dass der Schiffskörper die Strömung nicht stört und keinen Widerstand erfährt.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

4. Aufgabe (12 Punkte)

Eine Pumpe mit der konstanten Leistung P pumpt aus einem großen Reservoir Wasser in einen höher liegenden Kanal. Der Kanal hat die konstante Breite b . In einiger Entfernung zur Einpumpstelle befindet sich ein Wehr der Höhe y_W .



- Welche Höhe darf das Wehr maximal haben, wenn ein vorgegebener Volumenstrom \dot{V}_1 gefördert werden soll?
- Die Wasserhöhe z_1 sei nun gegeben: Bestimmen Sie für diesen Fall die Kraft auf das Wehr, wenn der Wasserstand hinter dem Wehr $z_2 = \frac{1}{5}z_1$ ist.
- Im Folgenden wird das Wehr auf die Höhe y_2 erhöht. Beschreiben Sie die Veränderungen, die sich bei konstanter Pumpleistung in der Strömung einstellen werden. Stellen Sie diesen Zustand, sowie den Zustand aus Aufgabenteil a) qualitativ in einem Energiehöhen-diagramm dar.

Gegeben: $\dot{V}_1, \rho, b, g, P, h, L, y_2, z_1$ (für Aufgabenteil b)

Hinweise:

- Einmal berechnete Größen müssen nicht mehr eingesetzt werden.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

6. Aufgabe (9 Punkte)

- a) Beschreiben Sie die Begriffe Stromlinie, Bahnlinie und Rauchlinie.
- b) Welche Aussage gilt bezüglich der Strom-, Bahn- und Rauchlinie für ein stationäres Strömungsfeld?
- c) Erläutern Sie den Begriff der viskosen Unterschicht.
- d) Wie sind vollkommen raue Rohre definiert?
- e) Formulieren Sie die Gleichung für die Gesamtschubspannung in einer ausgebildeten turbulenten Rohrströmung.
- f) Was versteht man unter Reynoldsscher Mittelung?
- g) Formulieren Sie die allgemeine Gleichung für den Impulsmomentensatz einer stationären Strömung.