

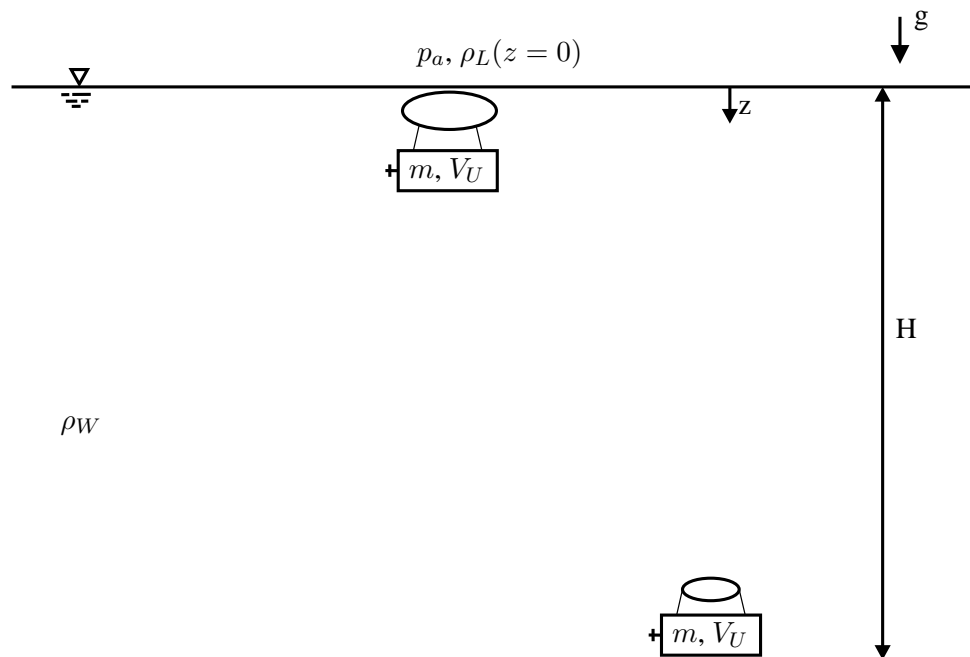
.....
(Name, Matr.-Nr, Unterschrift)

Klausur „Strömungsmechanik I“ (Bachelor)

11. 03. 2015

1. Aufgabe (9 Punkte)

Ein autonomes Unterseeboot erzeugt Auftrieb durch einen externen Ballon. Der Hauptkörper des U-Boots hat das Volumen V_U . Das Gesamtsystem bestehend aus Hauptkörper, Ballon und mitgeführter Luft hat die Masse m . Zu Beginn einer Tauchfahrt ist der externe Ballon teilweise mit Luft gefüllt.



- a) Bestimmen Sie das Volumen des Ballons V_0 , damit das U-Boot an der Wasseroberfläche gerade nicht versinkt. Der Ballon soll hierbei gerade vollständig von Wasser umgeben sein.

Das U-Boot beginnt nun mit seiner Tauchfahrt. Nach einer Weile ist es in der Tiefe H angekommen.

- b) Bestimmen Sie das Volumen des Auftriebsballons, wenn sich die Masse und Temperatur der Luft im Ballon während der Tauchfahrt nicht geändert haben.
- c) Bestimmen Sie die Masse der Luft, die mindestens zur bereits im Ballon vorhandenen Luft in den Ballon gepumpt werden muss, damit das U-Boot wieder steigen kann.

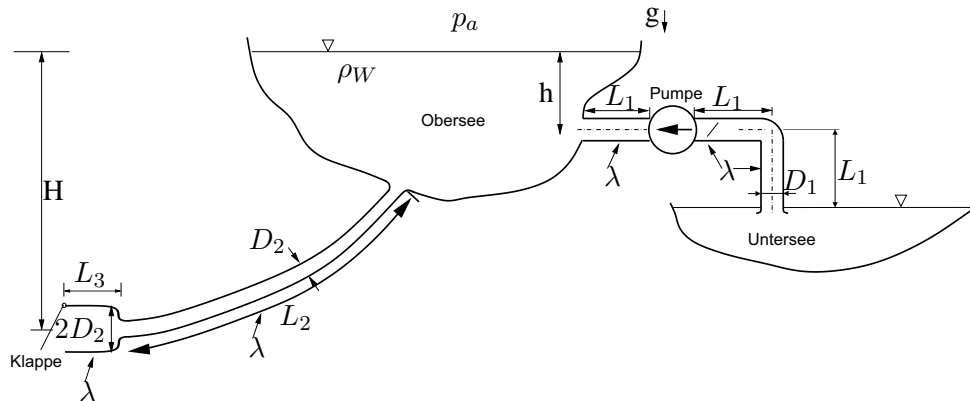
Gegeben: $m, V_U, \rho_w, g, p_a, H, \rho_L(z=0)$

Hinweise:

- Die Druckänderung über die Ballonhöhe ist vernachlässigbar!
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheiten und Vorzeichen!

2. Aufgabe (14 Punkte)

Der Wasserspiegel eines Obersees soll mit Hilfe einer Pumpe reguliert werden. Bei andauernder Trockenheit kann über eine Pumpe Wasser (Volumenstrom \dot{V}) dem Untersee entnommen werden. Dieses strömt dabei durch 3 Rohrelemente der Länge L_1 und dem Durchmesser D_1 . Der Rohrreibungsbeiwert in den Rohren ist jeweils λ .



Gegeben: \dot{V} , λ , H , h , g , p_a , p_D , ρ_W , L_1 , L_2 , L_3 , D_1 , D_2

- Bestimmen Sie die erforderliche Pumpenleistung.
- Berechnen Sie den maximalen Volumenstrom, der sich fördern lässt, so dass der Dampfdruck p_D an keiner Stelle unterschritten wird.
- Um ein Überlaufen des Sees bei längeren Regenperioden zu verhindern, kann überschüssiges Wasser über eine Rohrleitung mit dem Durchmesser D_2 abgeführt werden. Nach welcher Zeit ΔT erreicht das ausströmende Wasser die Hälfte der stationären Endgeschwindigkeit, wenn die Klappe am Ende der Leitung plötzlich geöffnet wird?

Hinweise:

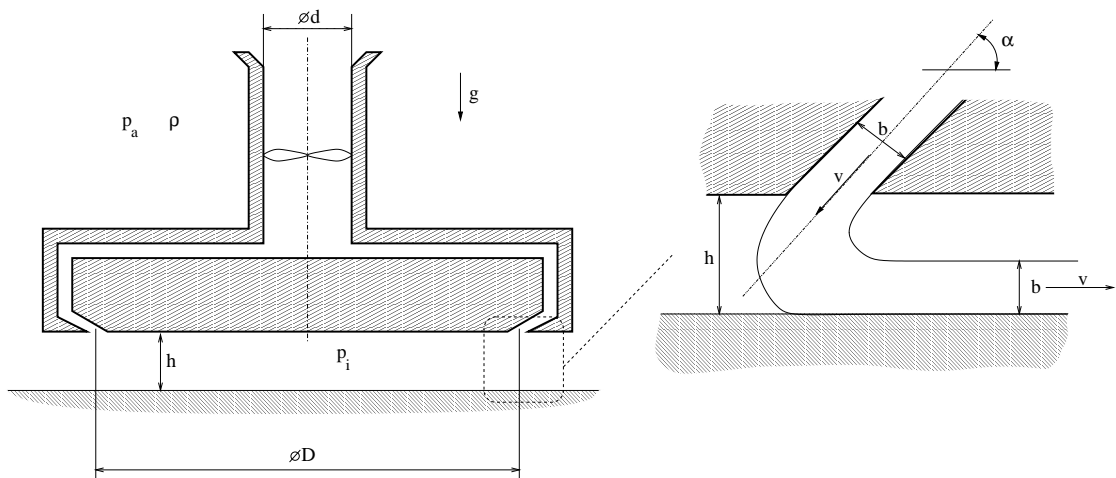
-

$$\int \frac{dx}{a^2 - x^2} = \frac{1}{2a} \ln \left(\frac{a+x}{a-x} \right)$$

- Es entstehen keine Verluste durch Querschnittsänderungen in den Rohrleitungen.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheiten und Vorzeichen!

3.Aufgabe (11 Punkte)

Bei einem kreisförmigen Luftkissenfahrzeug der Masse m wird von einem Gebläse mit dem Durchmesser d und der Leistung P aus der Umgebung Luft der Dichte ρ angesaugt. Die Luft wird aus einem Ringspalt der Breite b und dem Durchmesser D unter dem Winkel α mit der Geschwindigkeit v radial nach innen geblasen. Der aus dem Spalt austretende, rund herum geschlossene Luftvorhang hält dabei im Raum unter dem Fahrzeug einen konstanten Druck p_i aufrecht, der größer als der Umgebungsdruck ist. Hierdurch wird der Luftstrahl in die Horizontale nach außen umlenkt. Dabei schwebt das Fahrzeug stationär in einer Höhe h über dem Boden. Die Strömung ist inkompressibel. Es treten weder Verluste im Innern des Luftkissenfahrzeugs, noch bei der Umlenkung des Luftstrahls auf.



- Bestimmen Sie die Strahlgeschwindigkeit v und den Überdruck $p_i - p_a$.
- Bestimmen Sie die Gebläseleistung P .
- Bestimmen Sie den optimalen Winkel α_{opt} , bei dem die Leistung minimal wird.

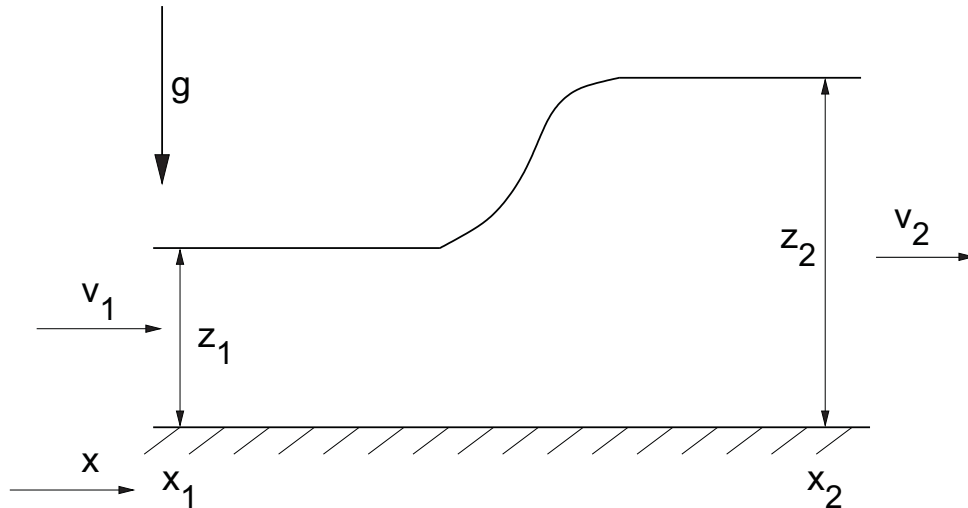
Gegeben: $g, m, D, \rho, b, \alpha, h$

Hinweise:

- $D \gg b$
- Vernachlässigen Sie die Gewichtskraft der Luft.
- Der Druck der Umgebungsluft kann über die Höhe des Luftkissenfahrzeugs als konstant angenommen werden.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheiten und Vorzeichen!

4. Aufgabe (11 Punkte)

In einem Gerinne der Breite B steht ein Wassersprung.



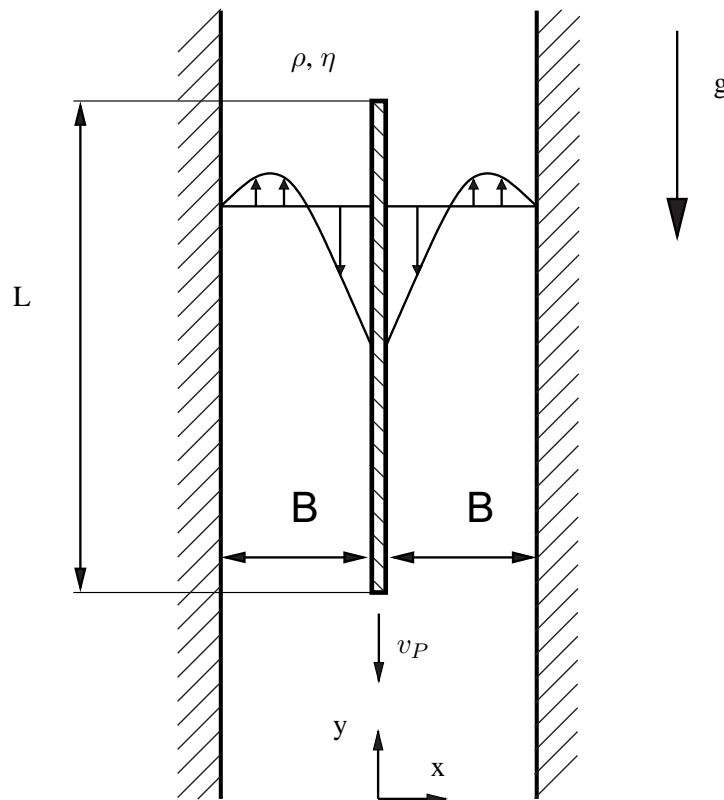
- Skizzieren Sie den Verlauf der Energiehöhe als Funktion von x im Bereich $x_1 \leq x \leq x_2$.
- Die Spiegelhöhe z_2 hinter dem Wassersprung beträgt $z_2 = \frac{z_1}{2}(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2})$. Leiten Sie diesen Zusammenhang her. (Die Froude-Zahl Fr_1 ist mit den Einströmgrößen in Zustand 1 zu bilden.)
- Bestimmen Sie den Energiehöhenverlust ΔH_{12} über den Wassersprung als Funktion der Spiegelhöhen z_1 und z_2 und der Froude-Zahl Fr_1 im Zustand 1.

Hinweis:

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

5. Aufgabe (11 Punkte)

In einem mit Öl gefüllten vertikalen Spalt der Breite $2 \cdot B$ wird eine Platte der Tiefe T (senkrecht zur Zeichenebene), der Länge L und vernachlässigbarer Dicke mit konstanter Geschwindigkeit v_P so eingeführt, dass sie stets in der Mitte des Spaltes bleibt (s. Abb.). Durch die Schleppwirkung der Platte wird in deren Nähe Öl abwärts transportiert. Aufgrund der Massenerhaltung muss im restlichen Teil des Spaltes eine entsprechende Menge Öl entgegengesetzt strömen, so dass sich das in der Skizze dargestellte Geschwindigkeitsprofil $v(x)$ einstellt. Für $B \ll L$ kann die Strömung als ausgebildet betrachtet werden.



Berechnen Sie unter Voraussetzung einer ausgebildeten, laminaren Strömung eines Newtonschen Fluides

- den Verlauf des Geschwindigkeitsprofils $v(x)$ als Funktion des Druckgradienten $\partial p / \partial y$,
- den Druckgradienten $\partial p / \partial y$, der sich im Spalt zwischen Platte und Wand einstellt
- und die Reibkraft \vec{F}_R , die das Öl auf die Platte ausübt.

Gegeben: $\rho, \eta, B, v_P, T, L, g, B \ll L$.

Hinweis:

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

6. Aufgabe (4 Punkte)

- a) Skizzieren Sie ein laminares und ein turbulentes Rohrströmungsprofil und erläutern Sie die Unterschiede.
- b) Erläutern Sie den Begriff der zähen Unterschicht.
- c) In welchem Bereich ist das logarithmische Wandgesetz gültig?