

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

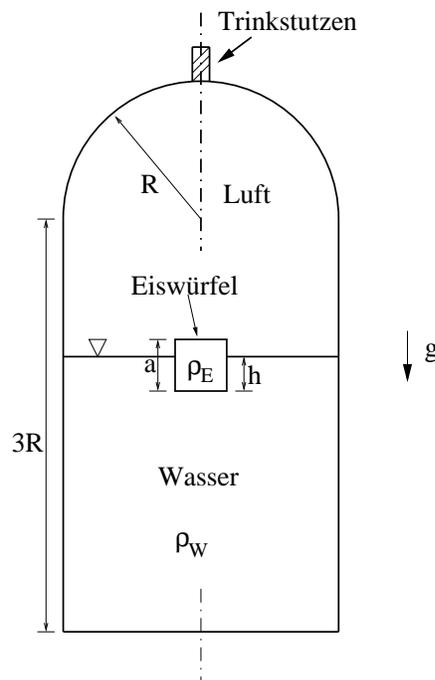
Klausur „Strömungsmechanik I“

23. 08. 2017

1. Aufgabe (8 Punkte)

Am frühen Morgen eines Sommertages (Umgebungsdruck p_a , Temperatur T_a) plant ein Fahrradfahrer eine ausgedehnte Tour. Dabei füllt er seine Trinkflasche bis zur Höhe $2R$ mit Wasser (Dichte ρ_w) und gibt anschließend zusätzlich noch einen Eiswürfel (Dichte ρ_E , Kantenlänge a) zur Kühlung hinzu. Danach verschließt er die Flasche.

Gegeben: a , R , ρ_w , ρ_E , T_a , ΔT , p_a , g , R_L .



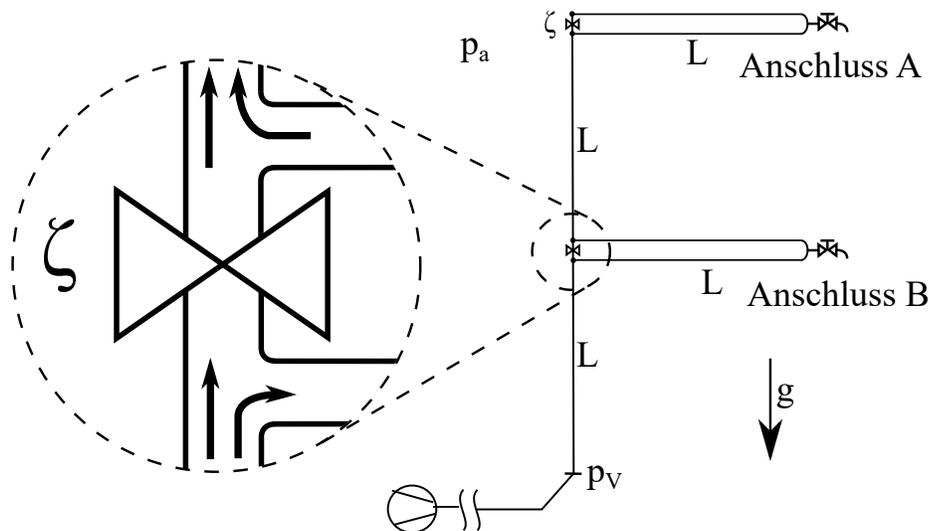
- Bestimmen Sie die Eintauchtiefe h des Eiswürfels. (Die Dichte der Luft ist zu berücksichtigen, wobei deren Änderung mit der Höhe in der Flasche vernachlässigbar ist.)
- Während der Tour nimmt die Temperatur in der Flasche um ΔT zu. Dabei schmilzt der Eiswürfel vollständig. Wie groß ist jetzt der Luftdruck in der Flasche?

Hinweise:

- Die Luft kann als ideales Gas betrachtet werden.
- Der Eiswürfel besteht aus gefrorenem Wasser und hat verflüssigt die Dichte ρ_w . Das Wasser ist inkompressibel.
- Volumen einer Kugel: $\frac{4}{3}\pi R^3$
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

2. Aufgabe (12 Punkte)

In einem Haus werden zwei Wasseranschlüsse durch eine Steigleitung versorgt. Von der Steigleitung zum Wasseranschluss führt jeweils eine Ringleitung, deren Enden in unmittelbarer Nähe an die Steigleitung angeschlossen und nur durch eine Blende mit dem Verlustbeiwert ζ getrennt sind. Alle verbauten Leitungen haben den Durchmesser D und den Rohrreibungsbeiwert λ . Alle Wasserabnahmen erfolgen mit der Geschwindigkeit v .



- Bestimmen Sie den statischen Versorgungsdruck p_V vor der Steigleitung, wenn Anschluss B geöffnet ist, d.h. Wasser abgibt, und Anschluss A geschlossen ist.
- Bestimmen Sie die Umlaufgeschwindigkeit v^* durch die Ringleitung von Anschluss B, wenn Anschluss A Wasser laufen lässt.
- Wird Wasser in der Ringleitung von Anschluss A umlaufen, wenn an Anschluss B Wasser abgenommen wird und Anschluss A geschlossen bleibt? Begründen Sie ausführlich!

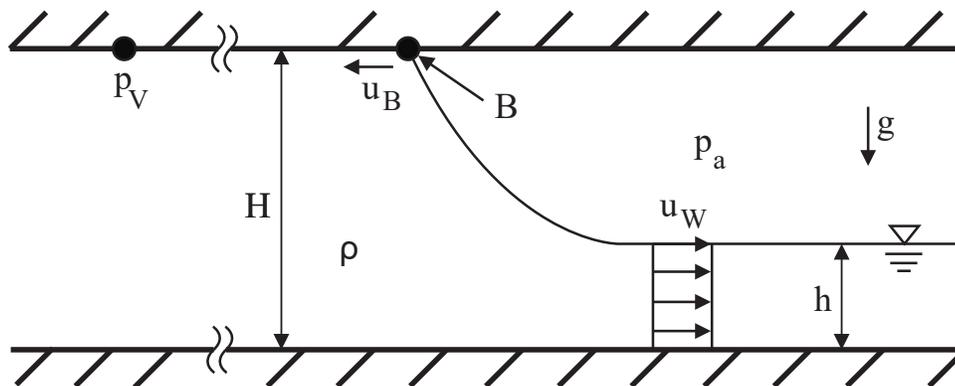
Gegeben: $L, D, \rho, v, p_a, \lambda, \zeta, g, \frac{2\lambda L}{D} > \zeta$

Hinweis:

- Bis auf die Rohrreibung mit dem Beiwert λ und den Druckverlust über die Drossel ζ sind alle weiteren Verluste zu vernachlässigen.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

3. Aufgabe (11 Punkte)

Ein langer ebener Kanal der Höhe H ist zunächst allseitig geschlossen und mit Wasser (Dichte ρ) gefüllt. Die rechte Seitenwand wird plötzlich geöffnet, so dass sich eine Luftblase mit konstanter Geschwindigkeit u_B (Geschwindigkeit am Punkt 'B' gilt innerhalb des Wassers und der Luft) in den Kanal hinein bewegt und das Wasser unter der Blase in einiger Entfernung von Punkt 'B' mit konstanter, nicht bekannter Geschwindigkeit u_W reibungsfrei strömt.



- Berechnen Sie, anhand einer mitbewegten Kontrollfläche, den statischen Druck p_V am oberen Kanalrand in großer Entfernung von Punkt B als Funktion von u_B .
- Berechnen Sie einen Ausdruck für $u_B + u_W$ in Abhängigkeit der Höhen H und h .
- Berechnen Sie die Höhe h der auströmenden Wasserschicht nur in Abhängigkeit von H .

Gegeben:

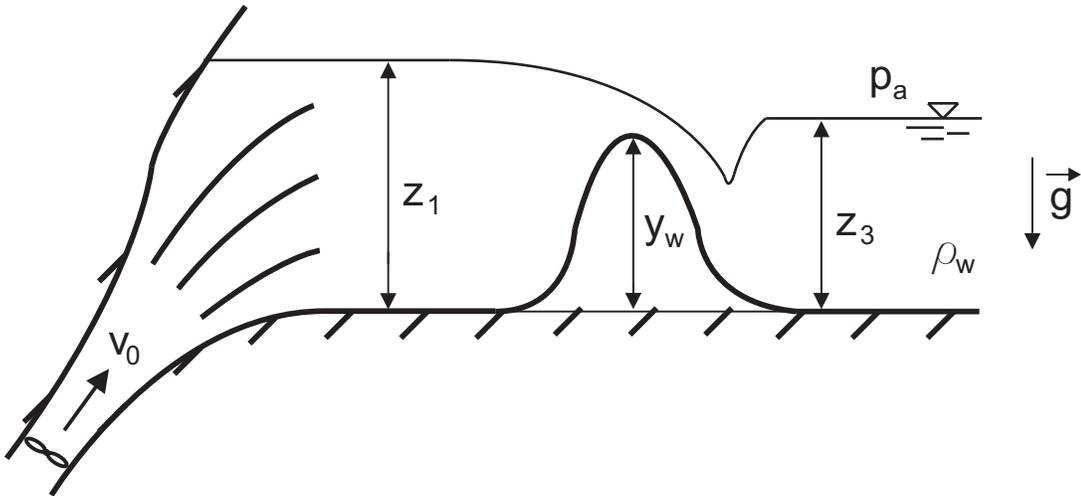
$$H, \quad p_a, \quad \rho, \quad u_B$$

Hinweis:

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

4. Aufgabe (12 Punkte)

- a) Leiten Sie die minimale Energiehöhe $H_{min} = f(\dot{V}, B, g)$ als Funktion des Volumenstroms \dot{V} , der Gerinnebreite B und der Erdbeschleunigung g her, und geben Sie die dazu gehörige Wassertiefe $z_{gr} = f(\dot{V}, B, g)$ an.
- b) In einem Bewässerungskanal (Breite B , Volumenstrom \dot{V}) wird Wasser gepumpt.



Welche Annahme muss bezüglich der Wehrhöhe y_W getroffen werden, damit sich die dargestellte Strömung einstellt? Zeichnen Sie qualitativ das Energiehöhendigramm mit dem Zustandsverlauf für die Fälle, dass 1) diese Annahme gültig ist und 2) diese Annahme nicht gültig ist.

- c) Wird der Bewässerungskanal bei einem vollständig geöffneten Wehr ($y_W = 0$) betrieben, beträgt die Wassertiefe z_1^* . Um wieviel muss die Pumpleistung erhöht werden, wenn das Wehr auf die Höhe y_W gefahren wird und sich der in obiger Abbildung dargestellte Strömungszustand einstellt? Der Volumenstrom \dot{V} sei dabei in beiden Fällen gleich.

Gegeben:

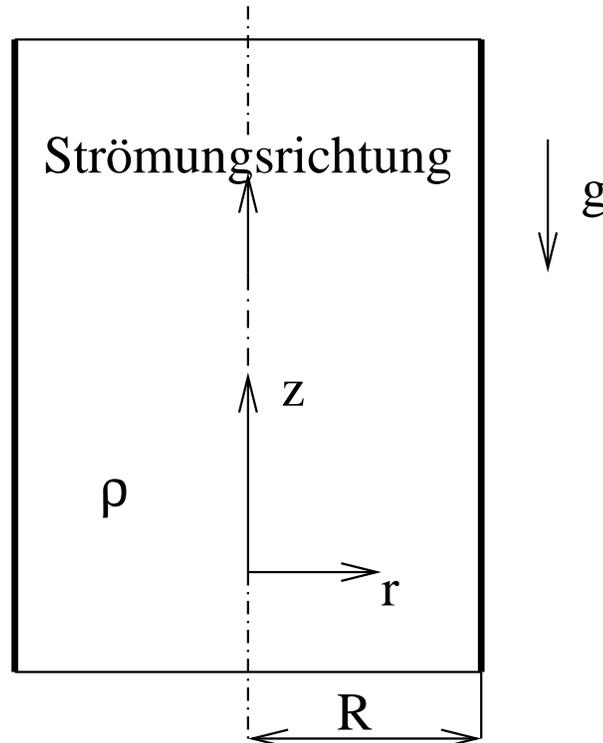
$$\rho, \dot{V}, z_1^*, y_W, g, B$$

Hinweis:

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

5.Aufgabe (10 Punkte)

Ein Fluid (Dichte ρ) soll in einem vertikalen Rohr (Durchmesser $2R$) laminar, ausgebildet und stationär entgegengesetzt zur Gravitationskraft fließen.



- Welches Vorzeichen muß $\partial p/\partial z$ besitzen? Begründen Sie ausführlich!
- Leiten Sie ausführlich die Schubspannungsverteilung $\tau(r)$ für $0 < r \leq R$ her.
- Bestimmen Sie die Geschwindigkeitsverteilung $u(r)$ über den gesamten Querschnitt für ein Bingham-Fluid mit $\tau = \tau_0 - \eta_B \partial u/\partial r$. Skizzieren Sie Ihr Ergebnis.

Gegeben: $g, \rho, R, \tau_0, \eta_B, \partial p/\partial z$ mit $|\partial p/\partial z| > \rho g$

Hinweis:

- 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 des Boussinesq-Ansatzes aus und geben Sie einen Ansatz zur Bestimmung der turbulenten Zähigkeit an.