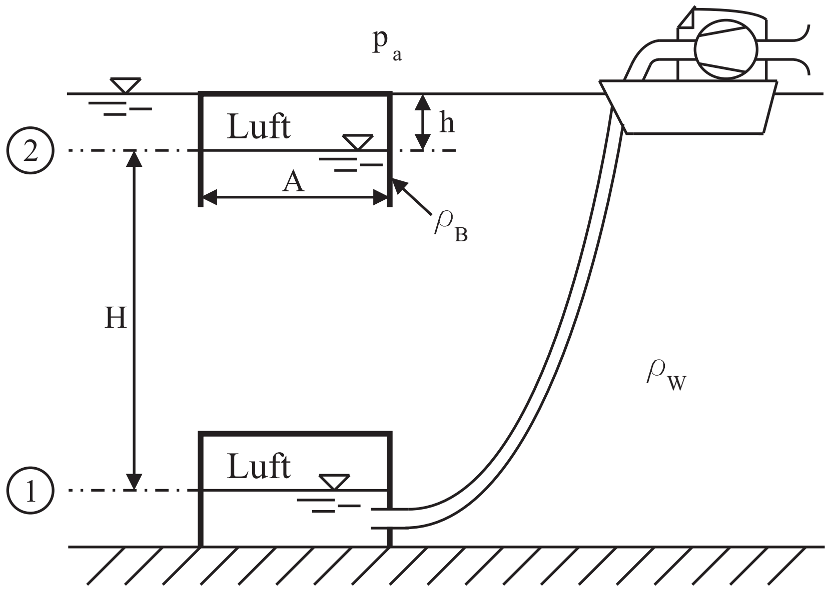
....
(Name, Matr.-Nr, Unterschrift)

Klausur Strömungsmechanik I

10. 03. 2010

1. Aufgabe (8 Punkte)

Ein unten offener Behälter (Gewicht G, Grundfläche A, Dichte ρ_B), der vollständig mit Wasser gefüllt ist, liegt auf dem Boden eines Sees. Durch Einpumpen von Luft soll er gehoben werden. Dabei entspricht die Lufttemperatur der des umgebenden Wassers T_W.



a) Bestimmen Sie die Luftmasse, die eingepumpt werden muss, damit der Behälter gerade über dem Boden des Sees schwebt (Zustand 1). Das Wasser im Behälter kann über die Auflagefläche zum Boden hin entweichen.

Ein vernachlässigbarer Drucküberschuss lässt den Behälter aufsteigen.

b) Bestimmen Sie die Luftmasse, die beim Aufsteigen abgelassen werden muss, damit der Behälter gerade unter der Wasseroberfläche schwebt (Zustand 2). Betrachten Sie bei der Rechnung nur den Anfangs- und Endzustand.

Gegeben:

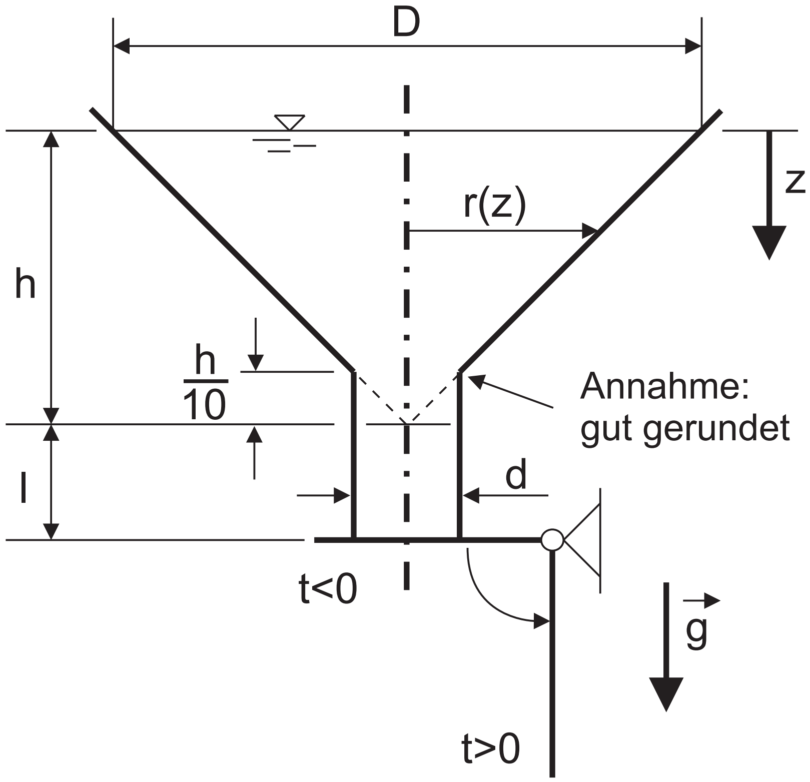
$G, \quad \rho_W, \quad \rho_B, \quad g, \quad p_a, \quad H, \quad h, \quad R, \quad T_W$

Hinweis:

Vernachlässigen Sie das Gewicht der eingepumpten Luft gegenüber dem Behältergewicht.

2. Aufgabe (9 Punkte)

Der Auslauf eines mit Wasser gefüllten, kreisförmigen Trichters wird zum Zeitpunkt t = 0 freigegeben. Der Trichter wird für t > 0 nachgefüllt, so dass sich die Höhe des Wasserspiegels nicht ändert.



Bestimmen Sie

a) die Beschleunigung, die auf ein Fluidteilchen am Auslauf zum Zeitpunkt t = 0 wirkt,

b) die Zeit ΔT, in der die Strömung am Auslauf 90% ihrer stationären Endgeschwindigkeit erreicht.

Gegeben:

$g, \quad h, \quad l, \quad D = 10d$

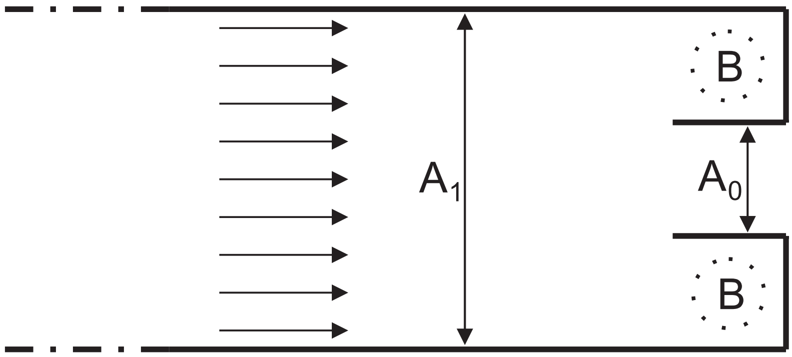
Hinweis:

Der Übergang an der Stelle $z = \frac{9}{10}h$ kann als gut gerundet angenommen werden.

$$\int \frac{dx}{a^2 - x^2} = \begin{cases} \frac{1}{2a} \ln \frac{a+x}{a-x} & \text{für} \quad |x| < a \\ \frac{1}{2a} \ln \frac{x+a}{x-a} & \text{für} \quad |x| > a \end{cases}$$

3. Aufgabe (9 Punkte)

Durch den skizzierten scharfkantigen, dünnwandigen Stutzen strömt Wasser ins Freie.



a) Zeichnen Sie detailliert das sich ausbildende Stromlinienfeld.

b) Berechnen Sie den engsten Querschnitt A_2 des Freistrahls.

Gegeben:

$A_1, \quad A_0$

Hinweis zu a):

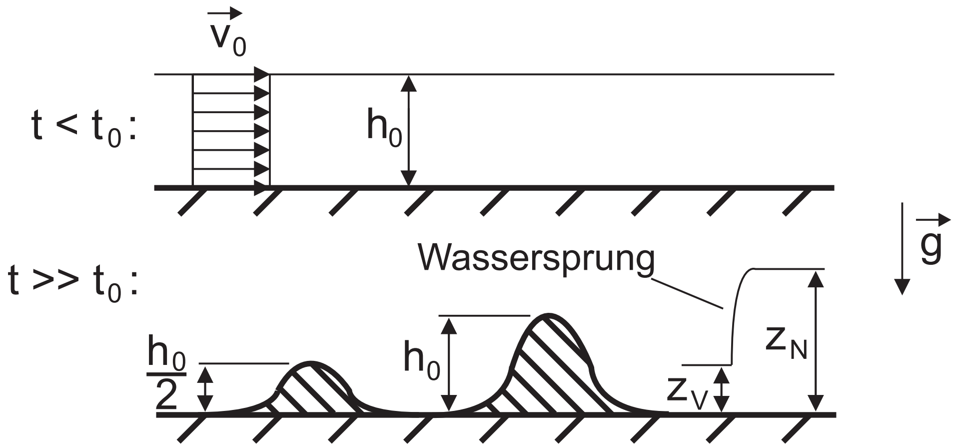
Die Zeichnung gehört auf die Lösungsblätter! Zeichnungen in der Aufgabenstellung werden **NICHT** gewertet!

Hinweis zu b):

Nehmen Sie an, dass die Strömung bis zum engsten Querschnitt A_2 verlustfrei ist, und dass der Druck im Bereich B neben der Öffnung konstant und gleich dem Totaldruck p_{tot} ist.

4. Aufgabe (13 Punkte)

Ein Kanal der Breite B wird mit der Geschwindigkeit v_0 bei einer Spiegelhöhe h_0 durchströmt, wobei $Fr < 1$ ist. Zum Zeitpunkt t_0 werden zwei Hindernisse mit den Höhen $h_0/2$ und h_0 hintereinander positioniert. Es stellt sich für $t \gg t_0$ bei strömendem Zustand in der Anströmung wieder eine stationäre Strömung ein. Hinter dem zweiten Hindernis steht ein Wassersprung.



a) Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Spiegelhöhe für $t \gg t_0$ und in einem Energiehöhendiagramm $H = f(z)$ den zugehörigen Verlauf der Energiehöhen. (Es ist keine Berechnung erforderlich; tragen Sie die charakteristischen Größen ein.)

b) Berechnen Sie die Energiehöhe H_V vor dem Wassersprung.

c) Leiten Sie den Energieverlust $\Delta H = H_N - H_V$ über den Wassersprung als alleinige Funktion der Spiegelhöhen unmittelbar vor und hinter dem Wassersprung z_V und z_N ab. Illustrieren Sie Ihre Herleitung mittels einer ausführlichen Skizze.

Gegeben:

$h_0, \quad v_0, \quad g$

Hinweise:

Die Strömung ist reibungsfrei.

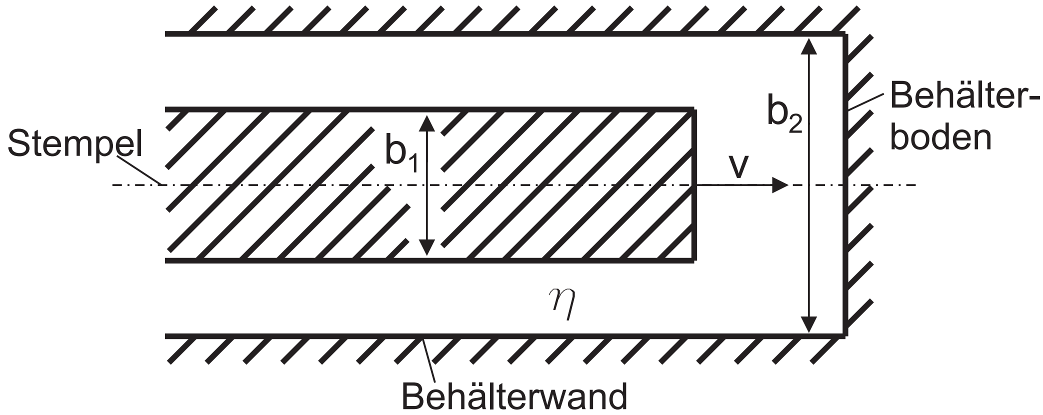
Die Zeichnungen gehören auf die Lösungsblätter! Zeichnungen in der Aufgabenstellung werden **NICHT** gewertet!

$$z_{gr} = \left(\frac{\dot{V}^2}{gB^2} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

$$H = z + \frac{\dot{V}^2}{2gz^2B^2}.$$

5. Aufgabe (14 Punkte)

Ein ebener Stempel mit der Breite b_1 bewegt sich mit einer konstanten Geschwindigkeit v in einen seitlich offenen Behälter der Breite b_2 hinein. Die Strömung kann als zweidimensional angenommen werden, d.h. die Ausdehnung der Konfiguration normal zur Skizzenebene ist unendlich. Der Behälter ist mit Öl der Zähigkeit η gefüllt. Die Strömung sei ausgebildet und laminar.



Bestimmen Sie

a) die Geschwindigkeitsverteilung abhängig vom Druckverlust $\frac{dp}{dx}$ und den gegebenen Größen im Spalt zwischen Stempel und Behälterwand. Nehmen Sie an, dass nur Reibungs- und Druckkräfte wirken sollen!

b) den Druckverlust $\frac{dp}{dx}$ und setzen Sie diesen in die Geschwindigkeitsverteilung ein, so dass diese nur noch von den gegebenen Größen abhängt. Skizzieren Sie die Geschwindigkeitsverteilung im Spalt zwischen Stempel und Behälterwand.

c) die Schubspannungen am Stempel und an der Behälterwand und skizzieren Sie die Schubspannungsverteilung im Spalt.

Gegeben:

$\eta, \quad v, \quad b_1, \quad b_2$

6. Aufgabe (7 Punkte)

a) Nennen Sie 2 Störungen, die bei einer Rohrströmung einen Übergang von der laminaren in die turbulente Strömung verursachen können.

b) Mit Hilfe welcher dimensionslosen Kennzahl werden die Strömungszustände einer inkompressiblen, stationären Rohrströmung bestimmt und wie wird diese Kennzahl gebildet?

c) Was versteht man unter der Reynoldsschen Mittelung?

d) Skizzieren Sie qualitativ die Schubspannung und das Verhältnis von laminarer zu turbulenter Schubspannung als Funktion des Radius einer turbulenten Rohrströmung.