

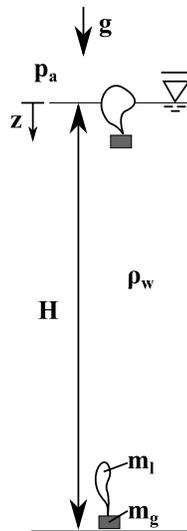
.....  
(Name, Matr.-Nr, Unterschrift)

## Klausur „Strömungsmechanik I“

12. 08. 2016

### 1. Aufgabe (10 Punkte)

Auf dem Grund eines Sees liegt ein Gewicht der Masse  $m_G$ , das an einem schlaffen Ballon befestigt ist, dessen Luftfüllung die Masse  $m_L$  aufweist. Durch die stärkere Sonneneinstrahlung während der Sommermonate erwärmt sich das Wasser des Sees. Die Füllung des Ballons nimmt die Temperatur des Sees an.



- Berechnen Sie die nötige Temperatur, damit das Gewicht vom Boden des Sees abhebt.
- Im Hochsommer herrscht die Temperatur  $T_{HS}$  und der Ballon schwimmt an der Oberfläche des Sees. Welcher Volumenanteil des Ballons ragt aus dem Wasser hervor?
- Stellen Sie die Bewegungsgleichung in Form des zweiten Newtonschen Gesetzes  $\Sigma F = m \cdot a$  für das Gewicht in Abhängigkeit von  $z$  und der Temperatur  $T$  auf. Vernachlässigen Sie dabei Widerstandskräfte. Kann die Temperatur des Sees anhand der Eintauchtiefe des Ballons gemessen werden? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!

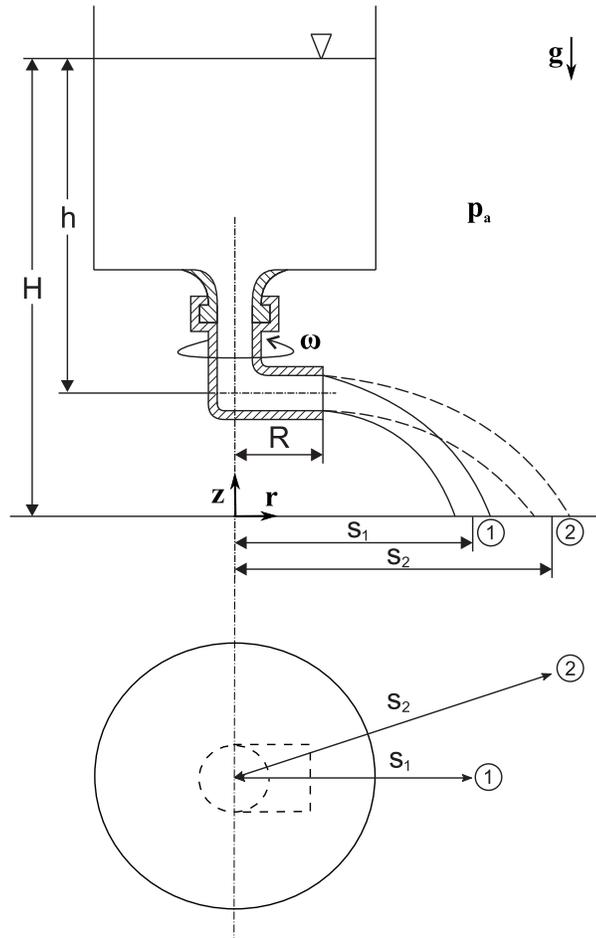
Gegeben:  $m_G, m_L, \rho_w, p_a, g, R_L, H, T_{HS}$

Hinweis:

- Das Volumen des Gewichts ist viel kleiner als das Volumen des Ballons.
- Der repräsentative Durchmesser des Ballons ist viel kleiner als die Tiefe des Sees. Die Änderung des Druckes über den repräsentativen Durchmesser ist vernachlässigbar.
- Geben Sie alle Lösungen als reine Funktion der gegebenen Größen an.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

2. Aufgabe (12 Punkte)

Aus einem großen offenen Gefäß strömt Wasser durch einen  $90^\circ$ -Krümmer verlustfrei ins Freie.



Bestimmen Sie

- die Komponenten der Geschwindigkeit  $\vec{v}_1$  an der Stelle 1 (siehe Skizze) und den radialen Abstand  $s_1$ , wenn der Krümmer still steht.
- die drei Komponenten der Geschwindigkeit  $\vec{v}_2$  an der Stelle 2 und den radialen Abstand  $s_2$ , wenn der Krümmer sich mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  dreht.

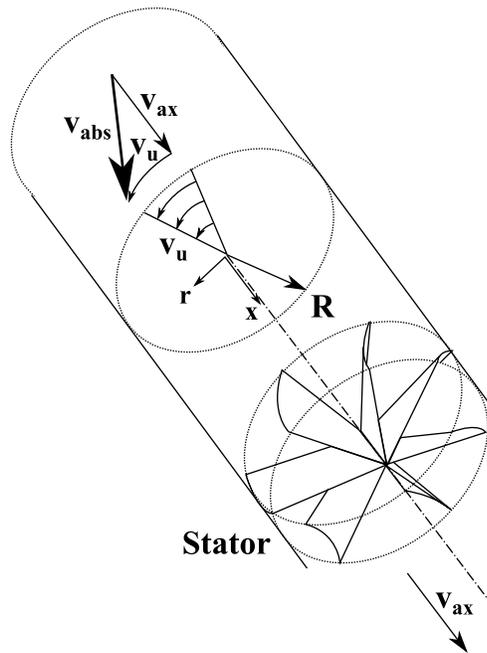
Gegeben:  $h, H, \omega, R, g$

Hinweis:

- Die Zentripetalbeschleunigung ist  $\omega^2 r$
- Geben Sie alle Lösungen als reine Funktion der gegebenen Größen an.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

### 3. Aufgabe (8 Punkte)

Eine axiale Pumpe fördert ein inkompressibles Fluid der Dichte  $\rho$  mit der Geschwindigkeit  $v_{ax}$ , indem ein Laufrad (nicht abgebildet) dem Fluid in einem zylindrischen Rohr mit konstantem Radius  $R$  eine Rotation mit  $v_u(r)$  aufprägt. In der stromab liegenden Statorreihe wird die Rotation des Fluids verlustfrei wieder gleichgerichtet, sodass das abströmende Fluid keine Umfangsgeschwindigkeit mehr besitzt.



- Berechnen Sie den Druckzuwachs, mit dem das Fluid aus dem Stator austritt, in Abhängigkeit von  $r$ .
- Welcher Axialkraft ist der Stator ausgesetzt?
- Welches Moment erfährt der Stator?

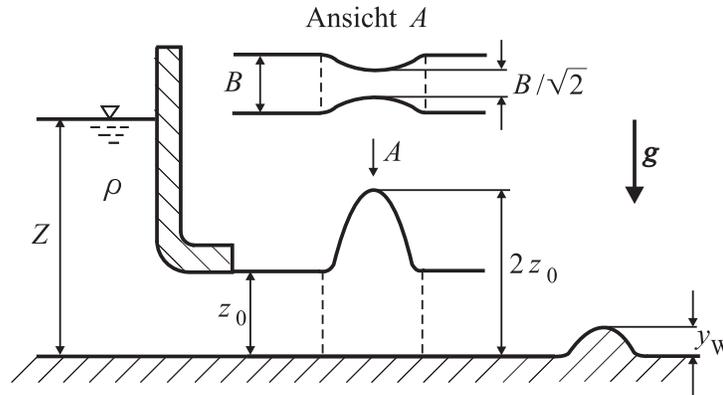
Gegeben:  $v_{ax}$ ,  $v_u(r) = k_u r$ ,  $\rho$ ,  $R$

Hinweis:

- Geben Sie alle Lösungen als reine Funktion der gegebenen Größen an.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

4. Aufgabe (11 Punkte)

Aus einem großen Reservoir strömt Wasser verlustfrei in einen offenen Kanal der Breite  $B$ . In dem Kanal beträgt die Höhe des Wasserspiegels  $z_0$ . Der Kanal verengt sich an einer Stelle auf  $B/\sqrt{2}$ . An dieser Stelle wird die Höhe  $2z_0$  gemessen. Nach der Verengung folgt eine Bodenwelle der Höhe  $y_W$ .



- Leiten Sie einen Ausdruck für die Spiegelhöhe im Grenzzustand in Abhängigkeit vom Volumenstrom  $\dot{V}$ , der Kanalbreite  $B$  und der Erdbeschleunigung  $g$  her.
- Bestimmen Sie die Höhe  $Z$  des Wasserspiegels in dem Reservoir.
- Skizzieren Sie sorgfältig den Verlauf der Spiegelhöhe unmittelbar nach der Verengung bis hinter die Bodenwelle (4 Möglichkeiten!).
- Bestimmen Sie die Grenzhöhe  $y_{gr}$  der Bodenwelle, wenn zwischen der Verengung und der Bodenwelle ein Wassersprung steht, in Abhängigkeit vom Spiegelhöhenverhältnis  $\frac{z_1}{z_0}$  über den Wassersprung und  $z_0$ .

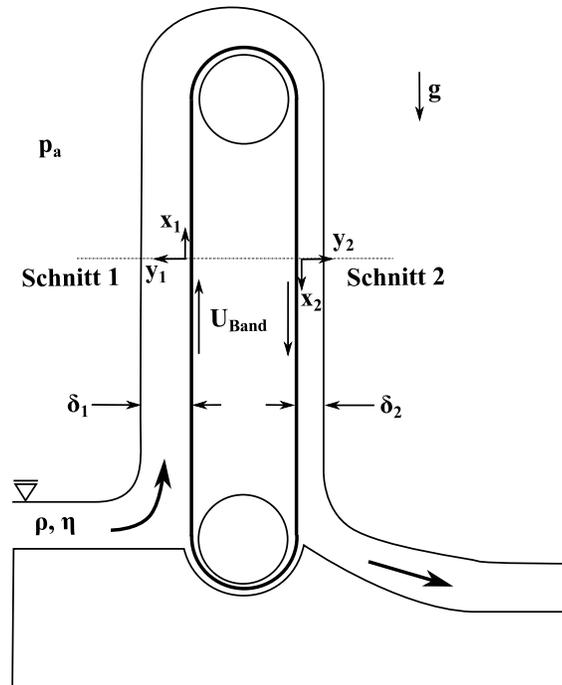
Gegeben:  $z_0, B, g$

Hinweis:

- Geben Sie alle Lösungen als reine Funktion der gegebenen Größen an.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

5. Aufgabe (10 Punkte)

Aus einem Schmiermittelreservoir soll mit Hilfe eines Förderbandes eine konstante Schmiermittelmenge gefördert werden. Nehmen Sie an, dass sich auf dem Fließband eine voll ausgebildete, laminare Strömung einstellt.



- Stellen Sie das Kräftegleichgewicht in Strömungsrichtung für jeweils ein Fluidelement in den Schnitten 1 und 2 auf und vereinfachen Sie.
- Berechnen und skizzieren Sie die beiden Geschwindigkeitsprofile  $u(y, \delta)$  in den Schnitten 1 und 2.
- Berechnen Sie die Filmdicke  $\delta_1$  als Funktion des Verhältnisses der Filmdicken  $n = \frac{\delta_2}{\delta_1}$ .

Gegeben:  $g, \eta, \rho, U_{Band}$

Hinweis:

- Das Fluid weist ein newtonisches Scherverhalten auf.
- Geben Sie alle Lösungen als reine Funktion der gegebenen Größen an.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

6. Aufgabe (9 Punkte)

- a) Der Impulserhaltungssatz gilt gleichermaßen in allen nicht beschleunigten Bezugssystemen. Weisen Sie dies durch eine kurze Rechnung nach!
- b) Zur Beschreibung turbulenter Strömungen wird häufig die Reynolds'sche Mittelung verwendet. Was versteht man darunter? Wieso enthält der Impulserhaltungssatz nach der Reynolds'schen Mittelung noch Terme, in denen die Fluktuationen eine Rolle spielen?
- c) Zeigen Sie, dass  $\overline{fg} = \overline{f}\overline{g} + \overline{f'g'}$  gilt.
- d) Nennen Sie drei nicht-Newtonsche Fluidtypen und skizzieren Sie jeweils die Schubspannung in Abhängigkeit von der Scherrate.
- e) Was versteht man unter einer Couette-Strömung?