

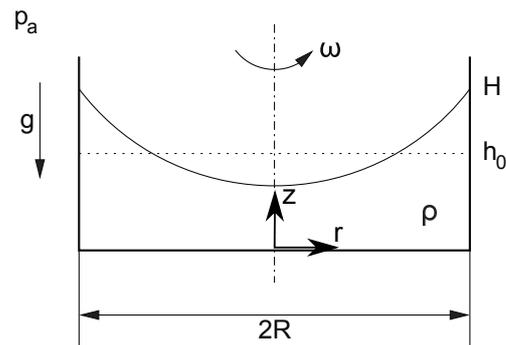
.....  
(Name, Matr.-Nr, Unterschrift)

**Klausur „Strömungsmechanik I“**

16. 03. 2016

1. Aufgabe (9 Punkte)

Die Oberfläche eines Teleskopspiegels soll durch Quecksilber realisiert werden. Das Quecksilber befindet sich in einem oben offenen, kreiszylindrischen Gefäß, das mit konstanter Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  rotiert. Im Ruhezustand füllt die Flüssigkeit den Behälter bis zur Höhe  $h_0$ .



- Damit das Teleskop richtig fokussiert, muss das Quecksilber am Rand des Gefäßes die Höhe  $H$  erreichen. Bestimmen Sie hierfür die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ .
- Bestimmen Sie den Druckverlauf an der Wand und am Boden des Gefäßes in Abhängigkeit von  $\omega$  und  $z$ .

Gegeben:  $R, h_0, H, \rho, p_a, g$

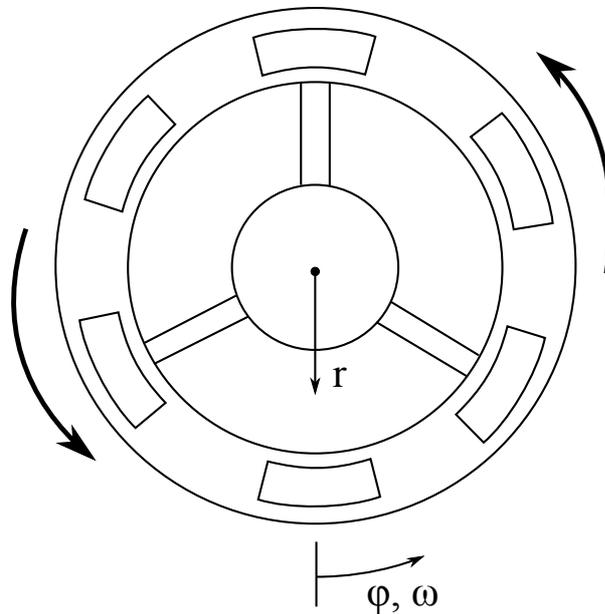
Hinweis:

•

$$dp = \frac{\partial p}{\partial z} dz + \frac{\partial p}{\partial r} dr, \quad \frac{\partial p}{\partial r} = \rho \omega^2 r, \quad \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

- Die Oberflächenspannung ist zu vernachlässigen.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

2. Aufgabe (10 Punkte)



Eine Raumstation umkreist die Erde, so dass keine Schwerkraft wirkt. Um lange Aufenthalte von Personen zu ermöglichen, rotiert die Station mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um ihre Achse und erzeugt so eine künstliche Gravitation. Nun sollen zum täglichen Gebrauch Trinkwasserleitungen verlegt werden. Die typische Bernoulli-Gleichung muss modifiziert werden, da statt der herkömmlichen Schwerkraft eine Zentrifugalkraft und eine Coriolis-Kraft wirken.

- Skizzieren Sie dazu ein infinitesimales Segment einer Stromlinie. Tragen Sie alle darauf wirkenden Kräfte an.
- Zeigen Sie, dass die Wirkung der Coriolis-Kraft entlang der Stromlinie null ist.

Erleichtert beschließen die Astronauten, die Corioliskraft nicht weiter zu betrachten. Trotzdem benötigen Sie eine angepasste Bernoulli-Gleichung für die rotierende Raumstation.

- Leiten Sie die instationäre Bernoulli-Gleichung für dieses System unter Vernachlässigung der Coriolis-Kräfte her.

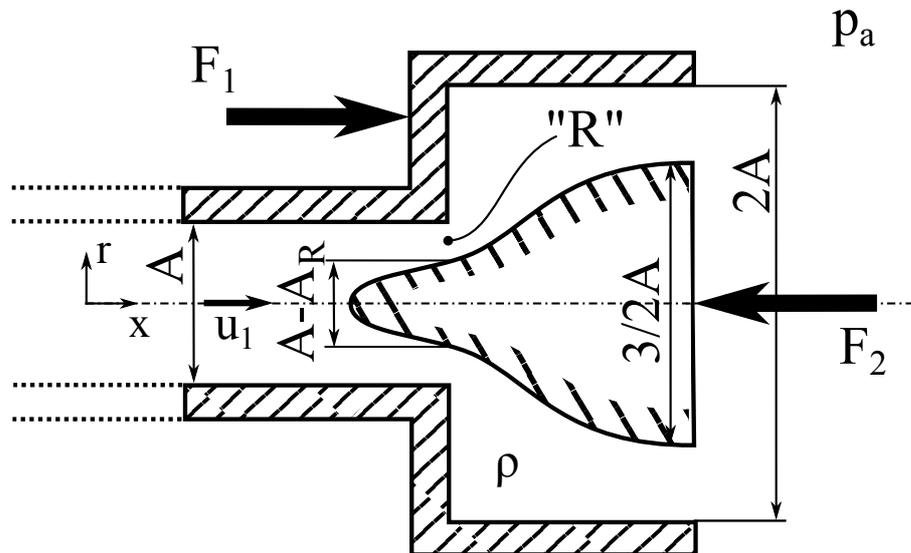
Hinweise:

$$\bullet F_{Coriolis,\varphi} = -2m\omega v_r, \quad F_{Coriolis,r} = 2m\omega v_\varphi, \quad F_{zentrifugal} = m\omega^2 r$$

- Die Raumstation soll zweidimensional betrachtet werden.

3. Aufgabe (9 Punkte)

Aus einem langen Rohr strömt eine Flüssigkeit durch das skizzierte Ventil ins Freie. Der Verlustbeiwert  $\xi_R$  der un stetigen Erweiterung des Ventilmantels an der Stelle „R“ ist gegeben.



Gegeben:  $\rho$ ,  $A$ ,  $A_R$ ,  $u_1$

Bestimmen Sie

- die Kraft  $F_1$ , die vom Ventilmantel auf das Rohr ausgeübt wird.
- die Kraft  $F_2$ , mit der der Absperrkörper gehalten werden muss.

Hinweise:

•

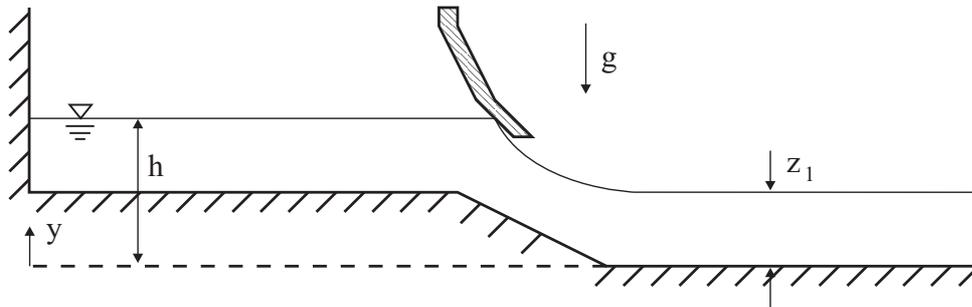
$$\xi_R = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho u_R^2} = \left(1 - \frac{A_R}{A}\right)^2$$

- Die Wandreibung sowie die Mantelstärke sind zu vernachlässigen.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

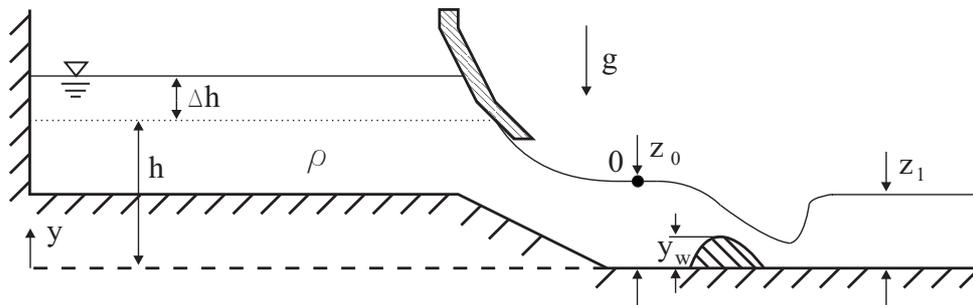
4. Aufgabe (12 Punkte)

Aus einem großen Becken strömt Wasser in einen offenen Abwasserkanal der Breite  $B$  und der Wassertiefe  $z_1$ .

- a) Bestimmen Sie den Volumenstrom  $\dot{V}$ .



- b) Durch Verschmutzung bildet sich im Abwasserkanal ein Hindernis in Form eines Wehres (Höhe  $y_w$ ), durch das sich der abgebildete Strömungszustand einstellt. Wie groß muss der Anstieg des Wasserspiegels  $\Delta h$  im großen Behälter sein, damit derselbe Volumenstrom mit derselben Geschwindigkeit transportiert wird?



- c) Bestimmen Sie die horizontale Kraft  $F_W$  auf das Wehr. Nehmen Sie dafür zusätzlich  $z_0$  als gegeben an.
- d) Skizzieren Sie ein Energiehöhendigramm und tragen Sie qualitativ die Zustandsänderungen ab Punkt '0' für Teil b) ein. Kennzeichnen Sie die Zustände oberhalb der maximalen  $y$ -Ausdehnung des Wehres mit a und vor dem diskontinuierlichen Wassersprung mit b.

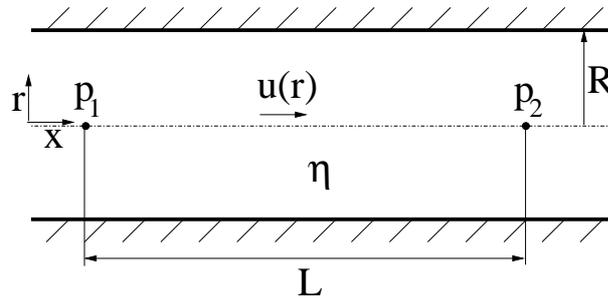
Gegeben:

$$h, z_1, B, y_w, \rho, g$$

Hinweis:

- Die Ergebnisse einer Teilaufgabe dürfen in den folgenden Teilaufgaben als bekannt voraus gesetzt werden.
- Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität von Einheit und Vorzeichen!

5. Aufgabe (9 Punkte)



Eine Pipeline mit zylindrischem Querschnitt (Radius  $R$ ) wird laminar mit einem Newtonschen Fluid durchströmt. Die Strömung ist ausgebildet und die Scherspannung hängt nur von der radialen Koordinate  $r$  ab.

Gegeben:  $R, L, p_1, p_2, \eta$

- Leiten Sie die Geschwindigkeitsverteilung  $u(r)$  mit Hilfe des Kräftegleichgewichts in  $x$ -Richtung am ringförmigen Element her.
- Leiten Sie die Wandschubspannung  $\tau_w$  und die mittlere Geschwindigkeit  $u_m$  her.
- Zeigen Sie, dass für den Rohrreibungsbeiwert  $\lambda$  aus der Definition

$$\Delta p_{V_{erlust}} = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho}{2} u_m^2$$

folgt:

$$\lambda = \frac{64}{Re_D}$$

Hinweis:

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

6. Aufgabe (11 Punkte)

- a) Erläutern Sie die Reynoldssche Mittelung! Aus welchem Term der Navier-Stokes-Gleichungen resultiert die Reynoldssche Spannung?
- b) Was beschreibt das universelle logarithmische Wandgesetz?
- c) Skizzieren Sie die mittleren Geschwindigkeitsprofile für eine laminare sowie turbulente Rohrströmung und benennen Sie die einzelnen Schichten des turbulenten Profils.
- d) Nennen Sie zwei Eigenschaften, durch die sich die viskose Unterschicht auszeichnet?
- e) Skizzieren Sie das Moody-Diagramm. Was stellt es dar?
- f) Wie wird der Turbulenzgrad einer Strömung berechnet?