

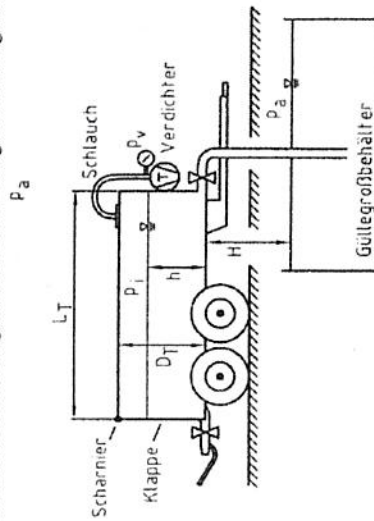
Name:
Vorname:
Matr.-Nr.:

MB-DI / MB-DII / IP-DII / WiWi-DII
BSc-MB / BSc-MBD / BSc-BIBME

Aufg.	Punkte
Teil 1	
Teil 2	
Teil 3	
Σ	

KLAUSUR Einführung i. d. Fluid- und Thermodynamik

Achtung: evtl. sind nicht alle Angaben zur Bearbeitung der Teilaufgaben notwendig!



Der kreisrunde Tank (Länge L_T , Durchmesser D_T) eines Güllewagens wird durch Absenken des Innendruckes p_i gegenüber dem Außendruck p_a gefüllt. Die Druckdifferenz erzeugt ein Rotationskolbenverdrichter, der über eine Schlauchverbindung (Durchmesser d_S , Länge L_S , hydraulisch glatt) einen konstanten Luftvolumenstrom $\dot{V}_{Luft}$ aus dem Tank fördert. An dem Schlauchende ist ein Manometer angeschlossen, das dort den statischen Druck p_v misst.

Die Gülle strömt aus dem Güllebehälter über das Saugrohr (Länge L_R , Durchmesser D_R , Wandraumigkeit k_R), den 90°-Krummer (Verlustbeiwert ζ_{Kr}) und den geöffneten Absperrschieber am Einlass (Verlustbeiwert ζ_{VE}) in den Tank. Während des Füllvorgangs ist der Absperrschieber am Auslass geschlossen. Der Flüssigkeitsspiegel des vollständig gefüllten Güllebehälters liegt um H tiefer als der Einlass des Tanks.

Der Füllvorgang verläuft sehr langsam, so dass die Strömung als stationär betrachtet werden kann. Die Gülle (Dichte ρ_G , kinematische Viskosität ν_G) ist gut durchmischt und kann daher als homogenes Fluid betrachtet werden.

Geg.: $L_T = 4\text{ m}$, $D_T = 1,5\text{ m}$, $p_a = 1\text{ bar}$, $d_S = 0,05\text{ m}$, $L_S = 2\text{ m}$, $\dot{V}_{Luft} = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$,

$L_R = 4\text{ m}$, $D_R = 0,2\text{ m}$, $k_R = 2\text{ mm}$, $\zeta_{Kr} = 0,25$, $\zeta_{VE} = 0,5$, $H = 2\text{ m}$,

$\rho_G = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $\nu_G = 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$, $\dot{V}_{Luft} = 1,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, $d_D = 0,05\text{ m}$, $\alpha = 30^\circ$,

$s = 10\text{ mm}$, $R = 287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$, $T = 300\text{ K}$, $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Teil 1

- Bestimmen Sie die Verlustkoeffizienten λ_R und λ_S für das Saugrohr und den Schlauch.
- Stellen Sie eine Beziehung für den Innendruck p_i in Abhängigkeit der Füllhöhe h , des Luftvolumenstroms $\dot{V}_{Luft}$ und gegebener Größen auf (nur als Formel, keine Zahlenwerte einsetzen).
- Der Tank soll nur mit 5,5t Gülle befüllt werden. Schätzen Sie ab, welche Füllhöhe h sich ergibt ($h = \frac{1}{3} D_T$, $h = \frac{2}{3} D_T$ oder $h = \frac{2}{3} D_T$). Berechnen Sie den Druck p_v , der am Manometer angezeigt wird, wenn beim Ansaugen gerade die Füllhöhe erreicht wird (Zahlenwert erforderlich).
- Aus Festigkeitsgründen darf der Innendruck nicht unter $p_i = 0,5 p_a$ abgesenkt werden. Wie tief darf dann der Güllebehälter höchstens sein, um mit dem gegebenen Güllewagen vollständig leer gepumpt werden zu können (hier dürfen Sie Verluste vernachlässigen)?

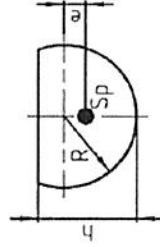
Teil 2

Der Füllvorgang sein nun abgeschlossen. Die Ein- und Auslasschieber sind verschlossen. Die Füllhöhe betrage $h = \frac{2}{3} D_T$. Nach einem Druckausgleich ist der Innendruck $p_i = p_a$. Der Tank ist am hinteren Ende mit einer kreisrunden Klappe (Durchmesser D_T) verschlossen.

- Wie groß ist das Drehmoment bezüglich des Klappenscharniers? (Aufgabe e) kann unabhängig von den Ergebnissen aus a) bis d) gelöst werden)

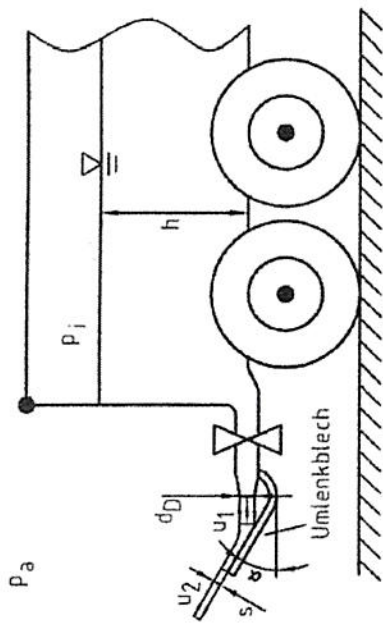
Hinweis: $A_G = 1,252\text{ m}^2$, $e = 0,188\text{ m}$, $I_{xx} = 0,0874\text{ m}^4$ (bezüglich Flächenschwerpunkt)

$$\gamma_{cp} = -g \cdot \rho \cdot \sin \theta \cdot I_{xx} / (p_{Sp} \cdot A)$$



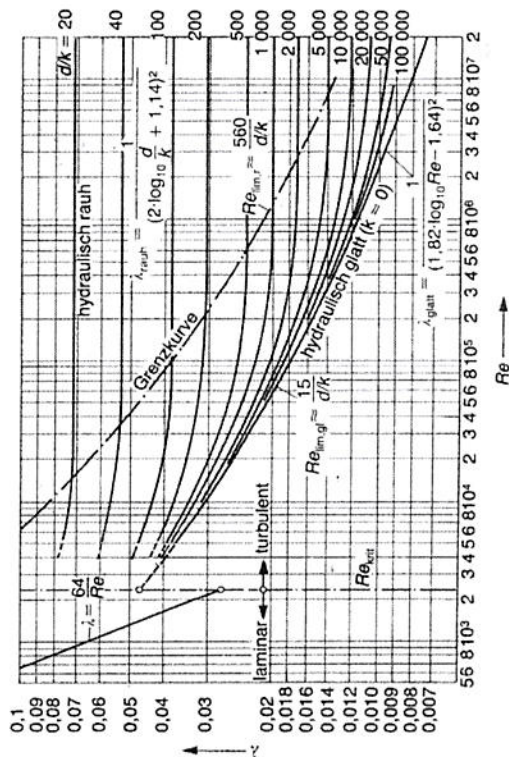
Teil 3

Die Gülle wird auf einem Acker ausgebracht. Der Rotationskolbenverdrichter wird nun benutzt, um den Innendruck auf $p_i = 1,2 p_a$ zu erhöhen. Die Gülle strömt durch den geöffneten Auslasschieber und tritt als Freistrah aus einer Düse (Durchmesser am Düsenaustritt d_D) aus. Danach trifft der Strahl auf ein Umlenklech. Der umgelenkte Strahl strömt unter dem Winkel α ab. Der Querschnitt des umgelenkten Strahls hat annähernd ein rechteckiges Profil. Die Dicke des Strahls sei s . Die Geschwindigkeit über dem gesamten Strahlquerschnitt ist als konstant anzunehmen. Der Ausströmvorgang und die Umlenkung können als reibungsfrei betrachtet werden.



- f) Berechnen Sie für eine Füllhöhe $h = \frac{2}{3} D_T$ die Geschwindigkeiten u_1 und u_2 .
g) Berechnen Sie die Kraft in horizontaler und vertikaler Richtung, die der Strahl auf das Umlenblech ausübt.

(Aufgaben e) und f) können unabhängig von den Ergebnissen aus a) bis d) gelöst werden)



Beachten Sie, die Klausur hat Überhang. Nicht alle Aufgaben sind für die 1.0 zu bearbeiten. Starten Sie also mit den Teilaufgaben, mit denen Sie am besten klar kommen.

Viel Erfolg!

Name: Vorname: Punkte:

Matr.-Nr.: MB-DI / MB-DII / IP-DII / WIW-DII
BSc-MB / BSc-MBD / BSc-BIBME

KLAUSUR Einführung in die Fluid- und Thermodynamik

Fragenteil

Bitte direkt auf die Angabe schreiben!

1) Was ist der Unterschied zwischen Streichlinien und Stromlinien? (2P)

- Stromlinien: Integrallinien d. Strömungsfeldes, Geschwindigkeitsvektor ist parallel zu ihr in jedem Punkt
- Streichlinien: Verbindung aller Fluidelemente zu einem Zeitpunkt die aus einem Punkt hervorgegangen sind ("Raus aus Kamm")

2) Wir betrachten eine Substanz der Stoffmengenkonzentration C . Für den Gradienten gelte $\partial C / \partial x > 0$.

Erfolgt der Fluss (Teilchenstromdichte) in positiver oder negativer x -Richtung? Welches Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen Teilchenstromdichte und Konzentrationsgradient? (2P)

- Ausgleich von hoher C in Gebiet mit niedriger $C \Rightarrow$ negative x -Richtung
- Fick'sches Gesetz

3) Sind Masse und Impuls in einem Kontrollvolumen konstant, kurze Begründung? (2P)

Nur falls es sich um ein materielles KV handelt.
Im Allgemeinen treten Flüsse über die Kontrollflächen auf, so daß sich die Größen in einem festen KV, bspw., verändern können.

4) Wann ist eine Strömung stationär? (1P)

$$\frac{\partial(\cdot)}{\partial t} = 0$$

5) Ein Flugzeug fliege mit 500 km/h. Sie messen einen Druckbeiwert von -0.96 über dem Flügel. Schätzen Sie dort die Geschwindigkeit ab. (4P)

$$c_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho u_\infty^2} \quad c_p = 1 - \frac{u_1^2}{u_\infty^2} \quad \left[\begin{array}{l} \text{Bernoulli: } p_\infty + \frac{1}{2} \rho u_\infty^2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho u_1^2 \\ \Rightarrow \text{Auflösen liefert Behauptung} \end{array} \right]$$
$$\Rightarrow u_1 = \sqrt{1 - c_p} \cdot u_\infty = \sqrt{1,96} \cdot u_\infty = 1,4 \cdot u_\infty = 700 \text{ km/h}$$

- 6) Sie haben an einem Schiff eine Leiter befestigt, die 10cm über der Wasseroberfläche endet. Jedoch sinkt der Meeresspiegel während der Ebbe zwischen 45 und 51cm. Um welche Strecke müssen Sie die Leiter verlängern? (1P)

Gar nicht! Mit dem Wasserspiegel sinkt/steigt natürlich auch das Schiff (Archimedes),

[Frage aus d. Grundschule zu Thema Auftrieb wurde leider von d. Studenten zu 95% falsch beantwortet]

- 7) Können sich Stromlinien kreuzen? Kurze Begründung. (2P)

Nein, dann läge an einem Punkt 2 Richtungen f. d. Geschwindigkeitsgradienten vor!

- 8) Warum werden Wetterballons, die in große Höhen müssen, mit Helium gefüllt? Versuchen Sie das kurz zu erklären. (2P)

Auftrieb $\propto$ Volumen und d. Masse des ~~ver~~ Stoffes

$$m_{\text{Helium}} + \underbrace{mg}_{\text{Gewicht}} < \underbrace{V \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot g}_{\text{Auftrieb}} \quad \left[\Rightarrow \rho_{\text{Helium}} < -\frac{m}{V_{\text{B}}} + \rho_{\text{Luft}}, \text{ Dichte des Gases} \right]$$

muss also geringer als die der Luft sein

$\rho_{\text{Helium}} < \rho_{\text{Luft}}$ notwendig, um Auftrieb zu erzeugen.

Musterlösung Klausur EFT

WS 2012/13 ; 06.03.2013

Aufgabenteil Fluidodynamik $\Sigma 54$

Teil 1

≥ 1, a) $\dot{V}_g = \dot{V}_{\text{Luft}}$ (1)

$$Re_g = \frac{u_g \cdot D_R}{\nu_g} \quad (1) \quad u_g = \frac{\dot{V}_g}{A_g} = \frac{\dot{V}_{\text{Luft}}}{\frac{\pi}{4} D_R^2} \quad (1)$$

$$Re_g = \frac{\dot{V}_{\text{Luft}} \cdot D_R}{\frac{\pi}{4} D_R^2 \cdot \nu_g} = \frac{4 \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{\pi D_R \cdot \nu_g} = \frac{4 \cdot 10 \frac{\text{L}}{\text{s}} \cdot 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{L}}}{\pi \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \quad (1/2)$$

$$Re_g = 63.662 \approx 64.000 \quad (1/2)$$

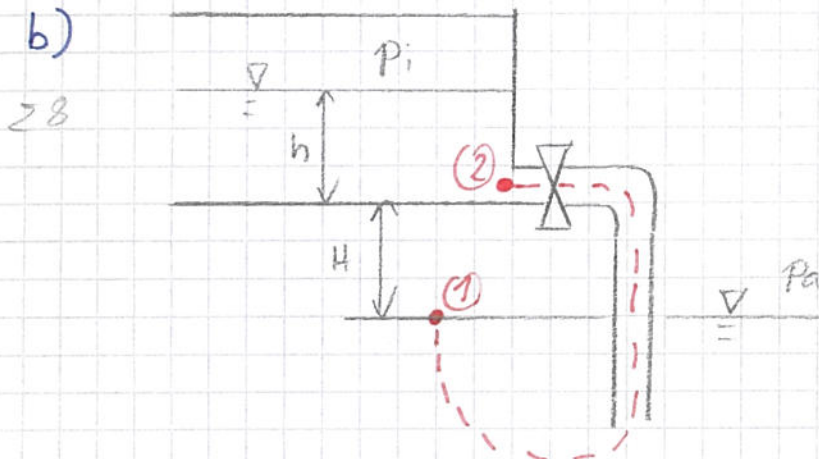
$$\frac{D_R}{K_R} = \frac{0,2 \text{ m}}{2 \text{ mm} \cdot 0,001 \frac{\text{m}}{\text{mm}}} = 100 \quad (1/2) \quad (1/2)$$

⇒ in Nikuradse-Diagramm gehen: $\lambda_R = 0,038 //$ (1/2)

$$Re_s = \frac{u_s \cdot d_s}{\nu_{\text{Luft}}} = \frac{4 \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{\pi \cdot d_s \cdot \nu_{\text{Luft}}} = \frac{4 \cdot 0,01 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \quad (1/2)$$

$$Re_s = 16.976 \approx 17.000 \quad (1/2)$$

hydraulisch glatt ⇒ $\lambda_s = 0,026 //$ (1/2) (1/2)



(1)
für sinnvolle Lage
der Bernoulli gl.

Bernoulli von 1 → 2

$$p_1 = p_2 + \frac{\rho_g}{2} u_g^2 + \rho_g \cdot g \cdot H + \Delta p_{\text{verl}} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$p_1 = p_a \quad \left(\frac{1}{2}\right); \quad u_1 = 0 \text{ (da großer Behälter)} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$p_2 = p_i + \rho_g \cdot g \cdot h \quad (\text{Hydrostatik}) \quad (1) \quad (1)$$

$$\Delta p_{\text{verl}} = \frac{\rho_g}{2} u_g^2 \left(\rho_{VE} + \rho_{KR} + \frac{L_R}{D_R} \cdot \lambda_R \right) \quad \left(\frac{1}{2}\right) \quad \left(\frac{1}{2}\right) \quad (1)$$

$$u_g = \frac{4 \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{\pi D_R^2}$$

$$\Rightarrow p_a = p_i + \rho_g g h + \rho_g g H + \frac{\rho_g}{2} u_g^2 + \frac{\rho_g}{2} u_g^2 \left(\rho_{VE} + \rho_{KR} + \frac{L_R}{D_R} \cdot \lambda_R \right)$$

$$p_i = p_a - \rho_g g (h+H) - \frac{\rho_g}{2} u_g^2 \left(1 + \rho_{VE} + \rho_{KR} + \frac{L_R}{D_R} \cdot \lambda_R \right) \quad \text{Umstellen} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$p_i = p_a - \rho_g g (h+H) - \frac{\rho_g}{2} \left(\frac{4 \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{\pi D_R^2} \right)^2 \left(\rho_{VE} + \rho_{KR} + \frac{L_R}{D_R} \cdot \lambda_R \right) \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$c) \quad m = 5,5 \text{ t G\u00fclle} \Rightarrow V_g = \frac{m}{\rho_g} = \frac{5500 \text{ kg}}{1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 5 \text{ m}^3 \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$\text{Z 10,5} \quad \text{Fassungsverm\u00f6gen des Tanks:} \quad V_T = L_T \cdot \frac{\pi}{4} D_T^2 = 4 \text{ m} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (1,5 \text{ m})^2$$
$$V_T = 7,069 \text{ m}^3 \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$V_g > \frac{1}{2} \cdot V_T \Rightarrow h = \frac{2}{3} D_T \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

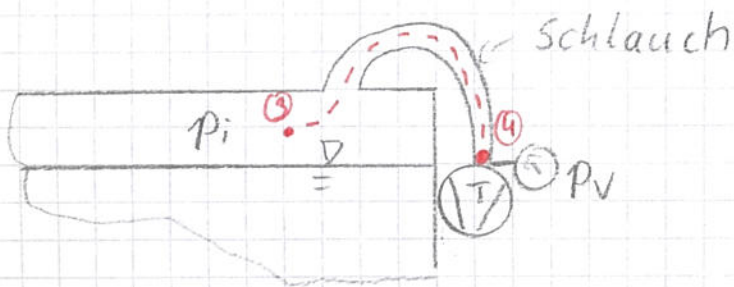
Innendruck p_i f\u00fcr $h = \frac{2}{3} D_T$:

$$p_i = 100.000 \text{ Pa} - 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (1 \text{ m} + 2 \text{ m}) \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$
$$- \frac{1100 \text{ kg}}{2 \text{ m}^3} \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,01 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \cdot (0,2 \text{ m})^2} \right)^2 (1 + 0,5 + 0,25 + \frac{4 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \cdot 0,038)$$

$$p_i = 100.000 \text{ Pa} - 32.373 \text{ Pa} - \underbrace{55.727 \text{ Pa}}_{= 140 \text{ Pa}} \cdot 2,51$$

$$p_i = 100.000 \text{ Pa} - 32.373 \text{ Pa} - 140 \text{ Pa}$$

$$p_i = 67.487 \text{ Pa} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$



① für Lage der Bernoulligl.

Bernoulli vom 3 → 4

$$p_3 + \frac{\rho_{\text{Luft}}}{2} u_3^2 = p_4 + \frac{\rho_{\text{Luft}}}{2} u_4^2 + \Delta p_{\text{verl}} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

Höhenterme sind vernachlässigbar ①

$u_3 = 0$ (großes Luftreservoir) ①/②

$$p_4 = p_v \quad \left(\frac{1}{2}\right) \quad ; \quad p_3 = p_i \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$u_4 = \frac{4 \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{\pi \cdot d_s^2} \quad \left(\frac{1}{2}\right) \quad ; \quad \Delta p_{\text{verl}} = \frac{\rho_{\text{Luft}}}{2} u_4^2 \left(\frac{L_s}{d_s} \cdot \lambda_s \right) \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$\Rightarrow p_v = p_i - \frac{\rho_{\text{Luft}}}{2} \left(\frac{4 \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{\pi \cdot d_s^2} \right)^2 \left(1 + \frac{L_s}{d_s} \cdot \lambda_s \right) \quad \text{umstellen} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

Berechnung ρ_{Luft} : ideale Gasgleichung

$$\rho_{\text{Luft}} = \frac{p_i}{R \cdot T} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

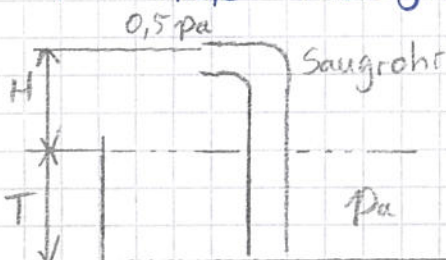
$$\Rightarrow p_v = p_i - \frac{p_i}{2 R T} \left(\frac{4 \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{\pi \cdot d_s^2} \right)^2 \left(1 + \frac{L_s}{d_s} \cdot \lambda_s \right)$$

$$p_v = 67.487 \text{ Pa} - \frac{67.487 \text{ Pa}}{2 \cdot 287 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 300 \text{ K}} \left(\frac{4 \cdot 0,01 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \cdot (0,05 \text{ m})^2} \right)^2 \left(1 + \frac{2 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \cdot 0,026 \right) \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$p_v = 67.487 \text{ Pa} - 21 \text{ Pa} = 67.466 \text{ Pa} \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

($\Rightarrow$ Druckverlust nahezu vernachlässigbar) (① Sonderpunkt)

d) $T \hat{=}$ Tiefe Güllegröbbehälter

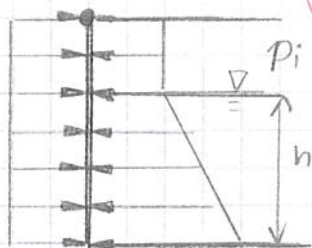


Hydrostat. Gleichgewicht am Ende ①
des Saugrohrs: (mit $p_i = 0,5 \text{ Pa}$)

$$p_a = 0,5 \text{ Pa} + \rho_g \cdot g \cdot (H + T) \quad \left(\frac{1}{2}\right) \quad \left(\frac{1}{2}\right)$$

Teil 4
e)

2.14 Pa



(1)

Da $p_i = p_a$ ist, heben sich die Momente in Folge des Umgebungsdrucks gegenseitig auf
 $\Rightarrow$ nur die Flüssigkeit verursacht das resultierende Drehmoment

Kraft auf Klappe: $F = p_{sp} \cdot A_g$

Druck im Schwerpunkt: $p_{sp} = \rho \cdot g \cdot z$

$$p_{sp} = \rho \cdot g \cdot (e + h - R)$$

$$p_{sp} = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (0,188 \text{ m} + 1 \text{ m} - 0,75 \text{ m})$$

$$p_{sp} = 4726,5 \text{ Pa}$$

Distanz Schwerpunkt - Kraftangriffspunkt:

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1$$

$$y_{cp} = -g \cdot \rho \cdot \sin \theta \cdot \frac{I_{xx}}{p_{sp} \cdot A_g}$$

$$y_{cp} = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{0,0874 \text{ m}^4}{4726,5 \text{ Pa} \cdot 1,252 \text{ m}^2} = -0,159 \text{ m}$$

Liegt unterhalb von SP

Moment:

$$M = F \cdot \Delta r$$

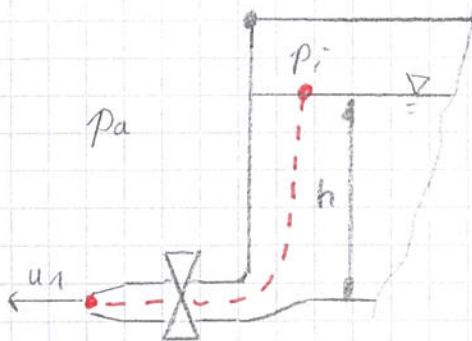
$$\text{Hebelarm: } \Delta r = R + e - y_{cp}$$

$$\Rightarrow M = p_{sp} \cdot A_g \cdot (R + e - y_{cp}) = 4726,5 \text{ Pa} \cdot 1,252 \text{ m}^2 \cdot (0,75 \text{ m} + 0,188 \text{ m} - (-0,159 \text{ m}))$$

$$M = 6.491,5 \text{ Nm}$$

Teil 3

f) 25,5



Bernoulli: Festlegung Bernoulli: (1)

$$p_a + \frac{\rho_g}{2} u_1^2 = p_i + \frac{\rho_g}{2} u^2 + \rho_g g h$$

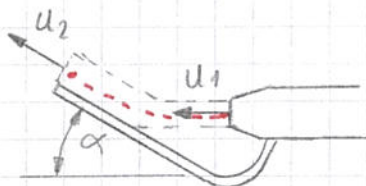
(1/2) = 0 (1/2) (1/2)

mit $p_i = 1,2 p_a$

$$\frac{\rho_g}{2} u_1^2 = 0,2 p_a + \rho_g g h$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{0,2 p_a + \rho_g g h}{\rho_g} \cdot 2} = \sqrt{\frac{20.000 \text{ Pa} + 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}}{1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}} \cdot 2$$

$$u_1 = 7,48 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



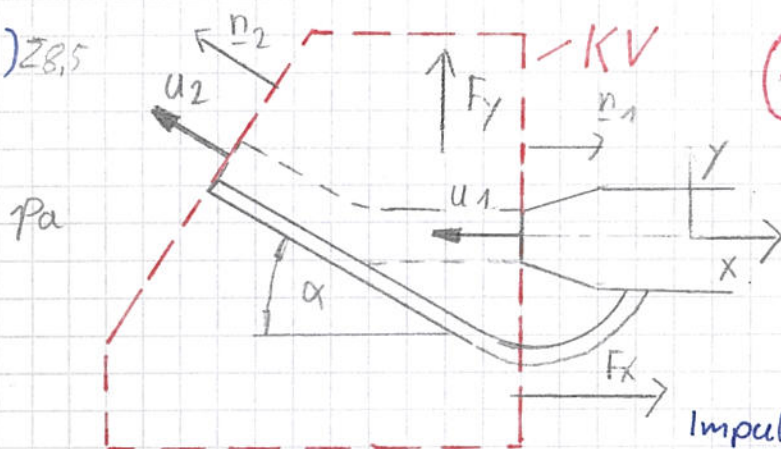
Bernoulli:

$$p_a + \frac{\rho_g}{2} u_1^2 = p_a + \frac{\rho_g}{2} u_2^2$$

Höhen terme vernachlässigbar klein

$$\Rightarrow u_2 = u_1 //$$

e) 28,5



$$\underline{n}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/2 \end{pmatrix} \underline{u}_1 = \underline{u}_1 \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/2 \end{pmatrix}$$

$$\underline{n}_2 = \begin{pmatrix} -\cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/2 \end{pmatrix}$$

$$\underline{u}_2 = \begin{pmatrix} -\cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} u_2 \begin{pmatrix} 1/2 \end{pmatrix}$$

Impulssatz:

$$\int_{KF} \rho \underline{u} (\underline{u} \cdot \underline{n}) dA = \sum \underline{F}$$

$$\rho_g \int_{A_1} \begin{pmatrix} -u_1 \\ 0 \end{pmatrix} (-u_1 \cdot 1 + 0 \cdot 0) dA + \rho_g \int_{A_2} \begin{pmatrix} -u_2 \cos \alpha \\ u_2 \sin \alpha \end{pmatrix} (-u_2 \cos \alpha \cdot (-\cos \alpha) + u_2 \sin \alpha \cdot \sin \alpha) dA = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix}$$

Halte Kraft

$$\rho_g \begin{pmatrix} 1/2 \end{pmatrix} (-u_1)^2 \begin{pmatrix} 1/2 \end{pmatrix} A_1 + \rho_g A_2 u_2 \begin{pmatrix} 1/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} u_2 \cdot 1 = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix}$$

$$u_1 = u_2$$

~~Kontig~~

aus Kontigl

$$u_1 A_1 = u_2 A_2$$

$$\Rightarrow A_1 = A_2$$

(1)

$$\Rightarrow \rho_g A_1 u_1^2 \begin{pmatrix} 1 - \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix}$$

Horizontale Kraft von Strahl auf Umlenkblech:

$$F_{SH} = (-F_x) = \rho_g A_1 u_1^2 (\cos \alpha - 1) = \rho_g \frac{\pi}{4} d_0^2 u_1^2 (\cos \alpha - 1)$$

$$F_{SH} = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\pi}{4} (0,05 \text{ m})^2 \cdot \left(7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 (\cos(30^\circ) - 1)$$

$$F_{SH} = -16,3 \text{ N}$$

(1/2)

Vertikale Kraft -" -"

$$F_{SV} = -F_y = -\rho_g A_1 u_1^2 \sin \alpha = -60,7 \text{ N}$$

(1/2)