

Name: .....

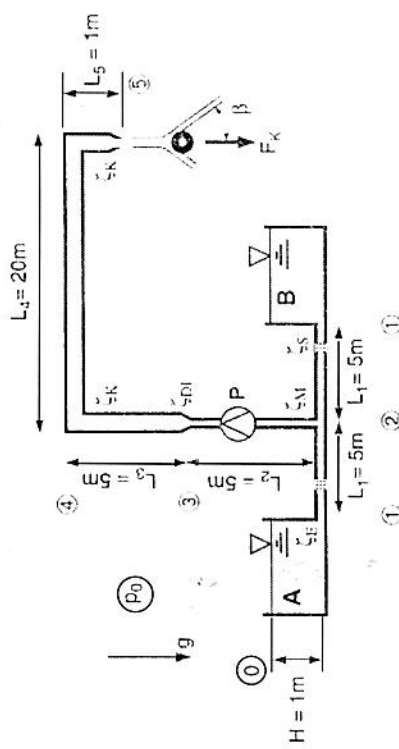
Vorname: .....

Matr.-Nr.: .....

Aufg.	Punkte
1	
2	
3	
$\Sigma$	

## KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE

### Aufgabe 1

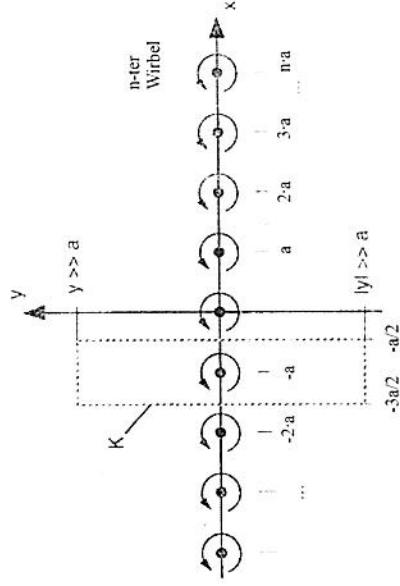


Bei einer Sprinkleranlage wird aus zwei Behältern A und B (Eintritt scharfkantig) über eine Pumpe Wasser entnommen. Der Wasserstand H ist konstant. Die Rohre bei A und B (1), Länge  $L_1$ ) sind mit Schutzsieben versehen ( $\zeta_S$ ) und münden in Punkt (2) in eine Sammelleitung (Mischungsverlust  $\zeta_M$ , Länge  $L_2$ ). Nach der Pumpe P weitet sich das Rohr vom Durchmesser  $d_1 = d_2$  auf den Durchmesser  $d_3$  (Diffuserverlust  $\zeta_{d1}$ , Länge  $L_3$ ). Das Wasser tritt im Querschnitt (5) durch Düse (Durchmesser  $d_3$ ) ins Freie aus. Alle Rohre sind rund und hydraulisch glatt, zusätzliche Verluste sind Krümmerverluste  $\zeta_K$  und Rohrreibungsverluste. Die Strömungsgrößen sind über den Querschnitt näherungsweise konstant, die Strömung stationär und inkompressibel. Geg.:  $v = 1.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $p_0 = 100 \text{ hPa}$ ,  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $d_1 = d_2 = 0.01 \text{ m}$ ,  $d_3 = 0.02 \text{ m}$ ,  $d_s = 0.002 \text{ m}$ ,  $\eta_{\text{pumpe}} = 0.9$ ,  $\zeta_S = 150$ ,  $\lambda = 0.03$ ,  $v_5 = 30 \text{ m/s}$ ,  $\zeta_{d1} = 0.2 (1 - (A_{\text{vor}}/A_{\text{nach}})^2)$ ,  $\zeta_K = \zeta_E = 0.5$

- Berechnen Sie die Strömungsgeschwindigkeiten in den Rohren ① - ②  $v_1$ , ②-③  $v_2$  und im Rohr ③-④  $v_3$ . Welcher Strömungszustand liegt vor im Allgemeinen vor?
- Wie groß ist die maximale Verlustkoeffizient des Diffusors? Berechnen Sie dann den Gesamtdruckverlust als Funktion von  $v_1$ .
- Wie groß muss die Pumpleistung P sein, um  $v_5$  zu erreichen?
- Wie groß wird  $v_5^*$  bei weiterhin gleicher Druckänderung über die Pumpe, wenn durch Rohr B kein Wasser mehr fließt? ( $\zeta_M = 1.2$ ,  $\lambda = \text{konst.} = 0.03$ )
- Der Strahl verlässt mit  $v_5 = 30 \text{ m/s}$  die Düse und trifft symmetrisch auf einen feststehenden Zylinder, so dass der Strahl unter einem Winkel  $\beta$  abfließt. Die Kraft auf den Zylinder sei

$F_K = 0.8 \text{ N}$ , Reibung und Gewichtskraftkraft vernachlässigbar. Wie hoch ist die Geschwindigkeit  $v_6$  des abgehenden Strahles und wie groß  $\beta$ ? (Hinweis: e) ist unabhängig vom Rest lösbar)

### Aufgabe 2



Gegeben ist eine unendliche Reihe von Potentialwirbeln gleicher Zirkulation  $\Gamma$  und immer im gleichen Abstand  $a$  auf der x-Achse (Abb.). Gegeben seien  $\Gamma$  und  $a$ . I.A. ist  $F(z) = -i\Gamma/2\pi \cdot \ln(z)$ .

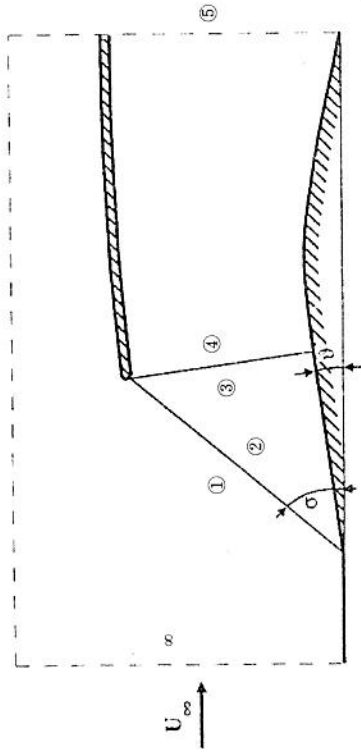
- Geben Sie die Stromfunktion  $\psi_n$  und Geschwindigkeitskomponenten  $u_n, v_n$  des  $n$ -ten Wirbels in Abhängigkeit von  $n, a, \Gamma, x, y$  an.
- Welches Prinzip wenden Sie an, um die Stromfunktion der Gesamtanordnung zu erhalten? Bestimmen Sie die Stromfunktion der Gesamtanordnung (Summenschreibweise).

Die Stromfunktion der Gesamtanordnung kann in folgender geschlossener Form angegeben werden

$$\Psi = -\frac{\Gamma}{2\pi} \ln \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \cosh\left(\frac{2\pi y}{a}\right) - \cos\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \right]}$$

- Berechnen Sie daraus die Geschwindigkeitskomponenten  $u, v$  dieser Gesamtanordnung!
- Welche Geschwindigkeitskomponenten  $u, v$  ergeben sich für  $|y| \gg a$ ? Welchem Strömungsfeld entspricht dies? Skizzieren Sie das Strömungsfeld der Gesamtanordnung in Nähe der Wirbel als auch in großer Entfernung qualitativ.
- Welchen Wert hat die Geschwindigkeit  $v$  jeweils auf der Achse zwischen zwei Wirbeln? Bestimmen Sie danach die Zirkulation  $L$  entlang der skizzierten Kurve K in der Abbildung.

### Aufgabe 3



Gegeben folgender Triebwerkseinlauf, ausgebildet als Stoßdiffusor. Die Verzögerung erfolgt über einen schrägen und anschließend senkrechten Verdichtungsstoß, sowie anschließend über einen Unterschalldiffusor. Die Strömung verläuft mit Ausnahme der Verdichtungsstöße isentrop. Der Stoßwinkel sei  $50^\circ$  aufgrund der Anströmgrößen und der Keilwinkel  $8^\circ$ .

**Zusätzlich gegeben:**  $U_\infty = 510 \text{ m/s}$ ,  $T_\infty = 266 \text{ K}$ ,  $p_\infty = 0.60 \text{ bar}$ ,  $c_p/c_v = 1.35$ ,  $R = 298 \text{ J/(kgK)}$ .

- Bestimmen Sie die Dichte  $\rho_\infty$ , die Totaltemperatur  $T_{0\infty}$  und die Machzahl  $Ma_\infty$ .
- Bestimmen Sie die Zustandsgrößen  $p_2$ ,  $T_2$ ,  $\rho_2$ ,  $v_2$ , sowie die Machzahl  $Ma_2$  nach dem schrägen Verdichtungsstoß.
- Welche Zustände  $p_4$ ,  $T_4$ ,  $\rho_4$ ,  $v_4$  herrschen hinter dem senkrechten Verdichtungsstoß?
- Wie groß ist der dimensionslose Totaldruckverlust (normiert mit  $p_{0\infty}$ ) von ① nach ⑤? Was würden Sie erwarten, ersetzen wir das Stoßsystem durch einen senkrechten Verdichtungsstoß (kurze Begründung)?
- (Bonus) Berechnen Sie nun mit Hilfe des gestrichelten Kontrollvolumens den Kraftbeiwert  $C_F = F_M/(q_\infty A_5)$ , aus der auf den Mantel einwirkenden Kraft  $F_M$ , wenn die Geschwindigkeit im Querschnitt ⑤  $v_5 = 100 \text{ m/s}$  beträgt. Erzeugt die Konfiguration Schub oder Widerstand?

