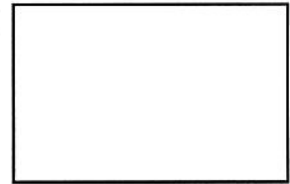


Name:

Punkte:
(max. 25P)

Vorname:.....

Matr.-Nr.:.....



KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE - FRAGENTEIL

Benutzte Formel bitte immer angeben! Knappe Antworten! Viel Erfolg!

Aufgabe 1) Welche Bedingung erfüllen die Π -Größen, falls wir Modell und Messung miteinander vergleichen? (1P)

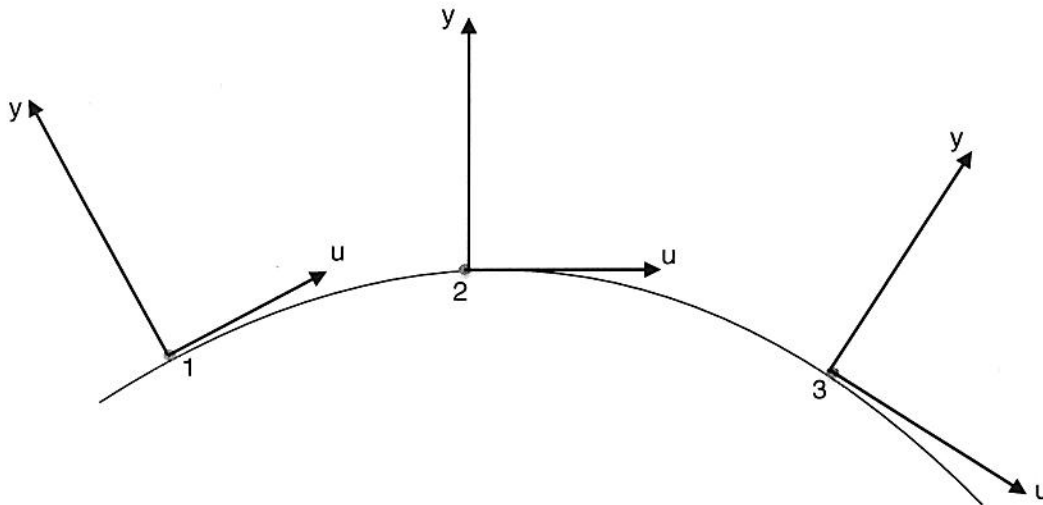
Aufgabe 2) Nennen Sie je eine Größe die über den senkrechten Verdichtungsstoß steigt (a), gleich bleibt (b), sinkt (c). (3P)

a)

b)

c)

Aufgabe 3) Skizzieren Sie die Geschwindigkeitsprofile der reibungsbehafteten Umströmung einer gekrümmten Oberfläche von links nach rechts (inkompressibel, stationär, laminar). (3P)



Aufgabe 4) Wie lautet das komplexe Potential eines Dipols, was besagen Real- und Imaginärteil? (2P)

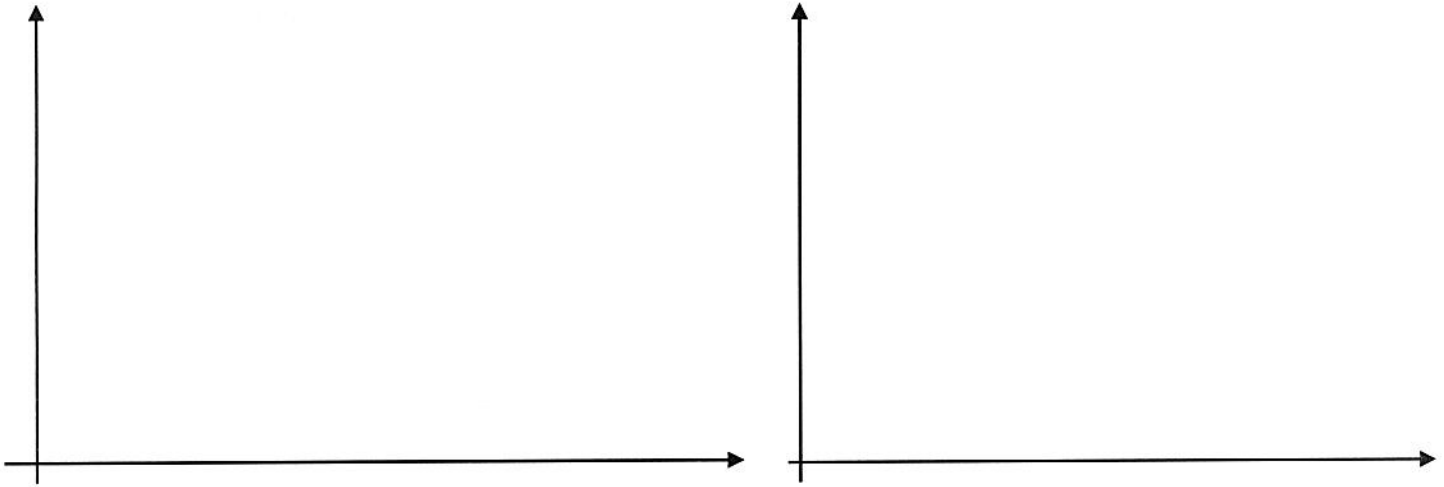
$F =$

Realteil:

Imaginärteil:

Aufgabe 6) Was besagt das Reynoldstransporttheorem? (2P, 1 Sonderpunkt für Formel)

Aufgabe 5) Skizzieren Sie den Verlauf des Druckbeiwertes für eine Potentialströmung, eine reibungsbehaftete laminare Strömung und eine turbulente Strömung um einen Kreiszyylinder, entlang der Oberfläche (von Staupunkt zu Staupunkt). Erklären Sie den Unterschied der drei Verläufe. Zeichnen Sie ausserdem den Verlauf der Geschwindigkeitskomponenten im reibungsfreien Fall in ein weiteres Diagramm ein und geben Sie die Formel für den Druckbeiwert an. (11P)



Aufgabe 7) Eine Lavaldüse ist für einen bestimmten Gegendruck so ausgelegt, dass ein vorgegebener Massenstrom mit Überschallgeschwindigkeit durch den Endquerschnitt der Düse ins Freie austritt. Nach Vergrößerung des Umgebungsdruckes entsteht im divergenten Teil ein gerader Verdichtungsstoß. Wie verändert sich der Massenstrom? Wie verändert sich der Druck im engsten Querschnitt? (3P)

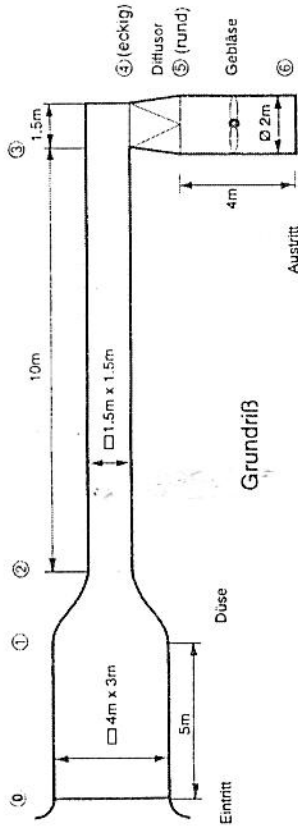
Name:

Matr.-Nr.: Punkte:

KLAUSUR Strömungslehre - Aufgabenteil

Die Teilaufgaben sind teilweise unabhängig voneinander lösbar, die Klausur hat Überhang

Aufgabe I

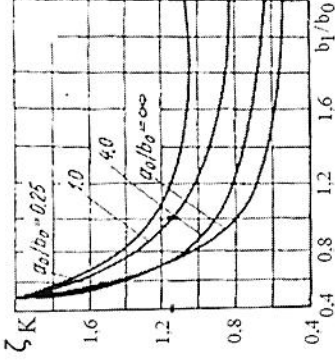
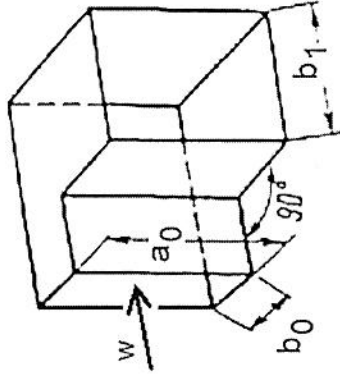


Ein neuer Windkanal soll ausgelegt werden. Zu berücksichtigen sind der Eintrittsverlust ζ_e , die Rohrreibungsverluste (Widerstandszahl λ) entlang der geraden Kanalabschnitte (0-1, 2-3 und 5-6) sowie die Verluste der Umlenkecke ζ_k , im Diffusor ζ_D und in der Düse $\zeta_{Düse}$. Alle Rohre sind fluidmechanisch glatt. Druck und Geschwindigkeit im Kanal sind über den Querschnitten näherungsweise konstant. Die Strömung ist stationär und inkompressibel.

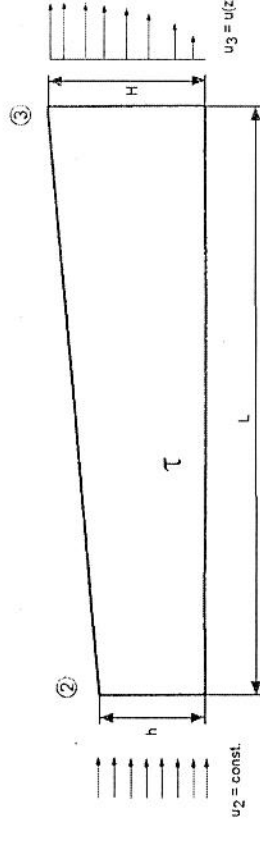
Geg.: $v = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ $u_3 = 20 \text{ m/s}$
 $\eta_{Gebläse} = 0,95$ $\lambda = 0,01$ (für alle geraden Abschnitte)
 $\zeta_{Düse} = 0,004$ $\zeta_D = 0,05$ $\zeta_k = 0,15 \cdot ((A_{ex}/A_{in})^2 - 1)$
 ζ_k siehe Diagramm

- Geben Sie die Reynoldszahl im Abschnitt 0-1 an. Welcher Strömungszustand liegt vor?
- Bestimmen Sie die Verlustkoeffizienten für den Diffusor 4-5 und die Umlenkecke 3-4. Wie hoch ist der Gesamtdruckverlust des Windkanals?
- Welche Gebläseleistung wird bei den gegebenen Bedingungen benötigt?
- Welches Bauteil könnte an Querschnitt 6 (Austritt) angebaut werden, um die benötigte Antriebsleistung zu verringern?

Verlustkoeffizient Eckenströmung:



Nun soll im Querschnitt 3 ein Geschwindigkeitsprofil der Form $u_3(z) = u_H \cdot (z/H)^{0,2}$ erzeugt werden (siehe Skizze unten). Dazu werden im Abschnitt 2-3 Rauigkeitselemente am Windkanalboden angebracht, die am Boden eine über die Fläche näherungsweise konstante Schubspannung τ hervorrufen. Der Reibungseinfluss der übrigen Tunnelwände ist zu vernachlässigen, die Anströmung in 2 sei über den Querschnitt konstant. Zur Vermeidung des statischen Druckverlustes in Abschnitt 2-3 soll die Windkanaldecke angehoben werden ($p_2 = p_3$). Im Querschnitt 3 beträgt dann die Kanalhöhe H .

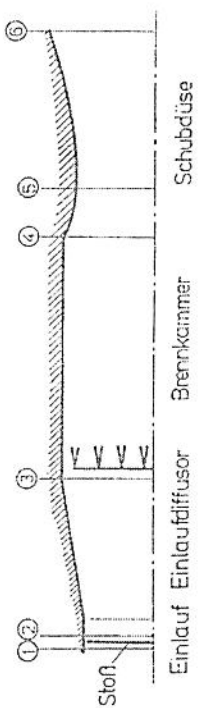


Geg.: $\tau = k \cdot \bar{u}_3^2 \cdot \rho$ $k = 0,006$ $u_3(z) = u_H \cdot (z/H)^{0,2}$ $u_H = \text{const.}$
 $h = 1,5 \text{ m}$ $L = 10 \text{ m}$ Breite: $b = \text{const.}$

- Ermitteln Sie die mittlere Geschwindigkeit $\bar{u}_3(u_H)$ im Querschnitt 3 und die daraus folgende Geschwindigkeit $u_2(u_H, H)$ im Querschnitt 2.
- Bestimmen Sie zunächst mit Hilfe des Impulssatzes die zur Vermeidung des Druckverlustes ($p_2 = p_3$) erforderliche Deckenhöhe $H(k, h, L)$. Zeichnen Sie dazu in obige Skizze ein sinnvolles Kontrollvolumen ein. Berechnen Sie H für die gegebenen Werte.

Hinweis: Die Aufgabenteile e) und f) können unabhängig von a) bis d) gelöst werden.

Aufgabe 2



Für die Auslegung eines Strahltriebwerkes sollen die in den Triebwerkskomponenten herrschenden Strömungsgrößen für verschiedene Betriebszustände ermittelt werden. Im vorliegenden Fall tritt im Einlaufbereich des Triebwerks ein senkrechter Verdichtungsstoß auf. Im Querschnitt 1 unmittelbar vor dem Stoß werden dabei die statische Temperatur T_1 und der statische Druck p_1 gemessen. Die Machzahl wird dort zu $Ma_1 = 2$ bestimmt. Der Luftstrom wird dann nach Durchströmen des Einlaufdiffusors in der Brennkammer-isobar erhitzt ($p_3 = p_1$), wodurch sich die Ruhetemperatur auf $T_{04} = T_{03} + \Delta T$ erhöht. Der Luftstrom tritt über die anschließende Schubdüse wieder aus dem Triebwerk aus und ist dabei im Austrittsquerschnitt 6 auf Umgebungsdruck entspannt. Eine Veränderung der Gaseigenschaften durch die chem. Reaktion in der Brennkammer soll vernachlässigt werden. Die Wände sind näherungsweise adiabat.

Geg.: $A_1 = A_2 = 0,1m^2$ $R = 287 J/(kg K)$ $\gamma = 1,4$
 $Ma_1 = 2$ Luftwerte (Umgebung und Einlauf): $T_1 = 212K$ und $p_1 = 0,25bar$
 $\Delta T = 900K$ (Erhöhung Ruhetemperatur)

- a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit w_1 und die Ruhetemperatur T_{01} .
- b) Ermitteln Sie die Geschwindigkeit w_2 , die Temperatur T_2 und den Druck p_2 im Querschnitt 2, d. h. unmittelbar nach dem Verdichtungsstoß.
- c) Bestimmen Sie die Querschnittsfläche A_3 , so dass die Geschwindigkeit w_3 im Diffusor nur um 10% gegenüber w_2 verkleinert wird. Wie groß ist die Temperatur T_3 ? (Hinweis: Sie sollten zunächst c_p bestimmen)
- d) Geben Sie die Temperatur T_4 in Abhängigkeit der Größen T_{04} , T_3 und w_3 an. Welchen Wert nimmt T_4 an?

Aufgabe 3

Das Grenzschichtprofil in der laminaren Grenzschicht einer längs angeströmten ebenen Platte (Länge L) kann mathematischen durch folgenden Sinusansatz angenähert werden:

$$\frac{u}{U_\infty} = \sin\left(\frac{\pi y}{2 \delta}\right)$$

- a) Bestimmen Sie δ_1 , δ_2 , δ und den Widerstandsbeiwert einer angeströmten Platte c_w . (Wenn Sie einzelne Größen nicht berechnen konnten, rechnen Sie mit $\delta_1 = 0,4\delta$, $\delta_2 = 0,15\delta$ und $\delta = 5x(Re_x)^{-0,5}$ weiter.)

Hinweis: $\sin^2(x) = 0,5 \cdot (1 - \cos(2x))$

- b) Berechnen Sie die Grenzschichtdicke am Plattenende und den Widerstand für die folgenden Werte:

$U_\infty = 1 m/s$ $L = 0,5m$ $B = 1m$ $\rho = 1000 kg/m^3$
 $\nu = 10^{-6} m^2/s$