

Name: Vorname: Punkte:

Matr.-Nr.:

Klausur Strömungslehre - Aufgabenteil

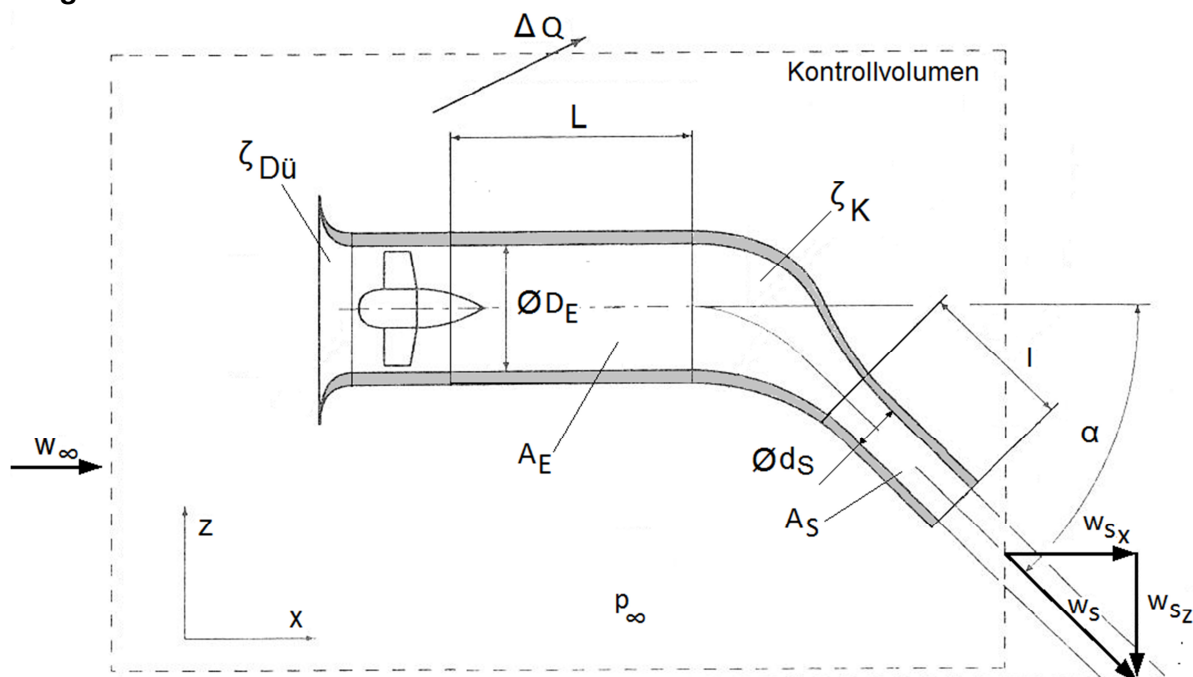
Die Klausur hat Überhang! Nicht alle Teilaufgaben sind zu Erreichen der Note 1,0 zu bearbeiten.
Die Aufgaben sind getrennt voneinander auf einem einzelnen Lösungsblatt zu bearbeiten!

Aufgabe 1

Eine Kugel bewegt sich mit großer Geschwindigkeit u durch ein Gas. In einem Modellversuch ist die Widerstandskraft ermittelt worden. Die Widerstandskraft F hängt weiterhin von der Schallgeschwindigkeit c , der Gasdichte ρ und dem Kugeldurchmesser D ab.

Finden Sie eine funktionale Abhängigkeit zwischen der Widerstandskraft und den anderen Variablen, mit der die Versuchsergebnisse auf reale Anwendungen übertragen werden können. Sollten hierbei bekannte strömungsmechanische Kennzahlen auftreten, geben Sie diese an.

Aufgabe 2



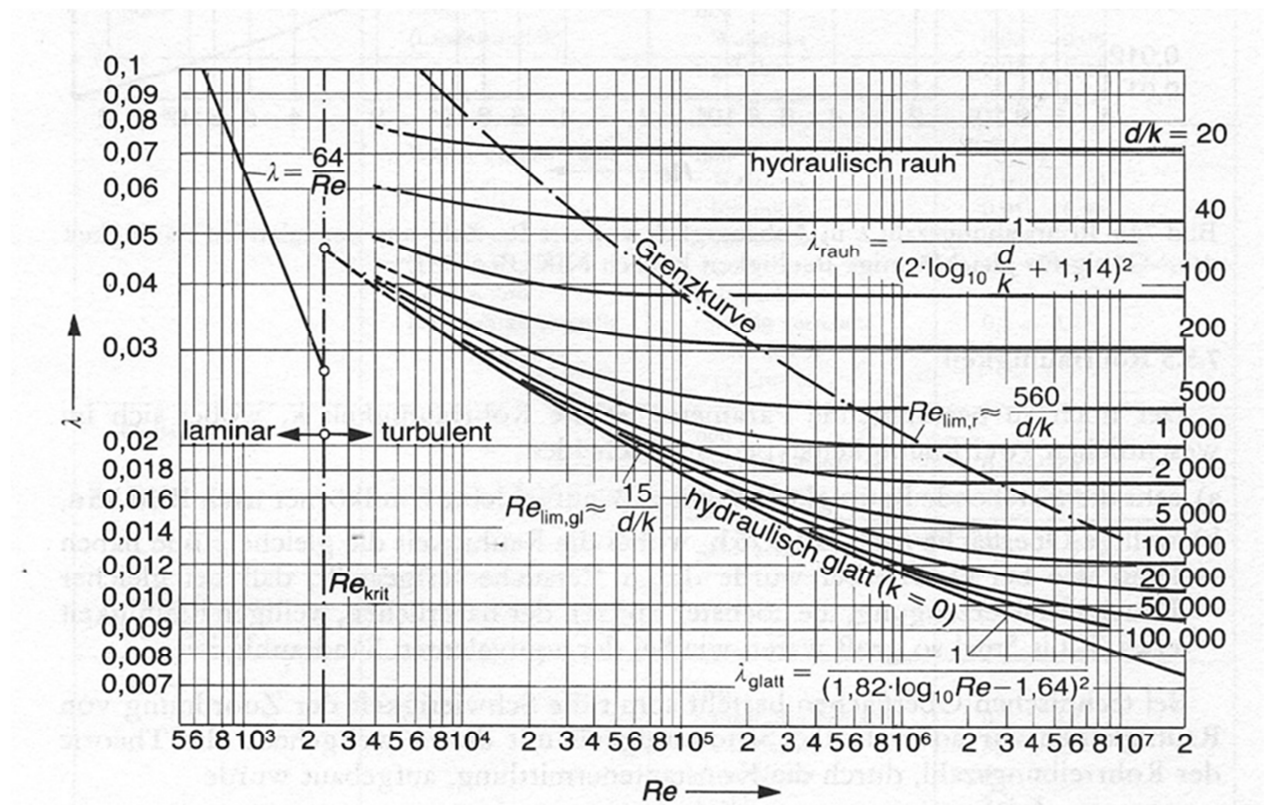
Ein befestigtes Gebläse mit Strahlumlenkung und kreisförmigen Querschnitt ist zu untersuchen. Es befindet sich in einer homogenen Strömung mit der Geschwindigkeit w_∞ . Die Oberfläche des Gebläses ist hydraulisch glatt. Der Einfluss der Erdbeschleunigung sei vernachlässigbar. Die Strömung sei dichtebeständig, stationär und voll ausgebildet.

Geg.: $w_\infty = 50 \text{ m/s}$ $w_S = 100 \text{ m/s}$ $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ $\eta = 0,6$
 $\nu = 1,37 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ $A_E = 0,25 \text{ m}^2$ $A_S = 0,1 \text{ m}^2$ $L = 2D_E$
 $l = 2d_S$ $\zeta_K = 0,09$ $\zeta_{Dü} = 0,05$ (beide Verlustziffern auf w_E bezogen)

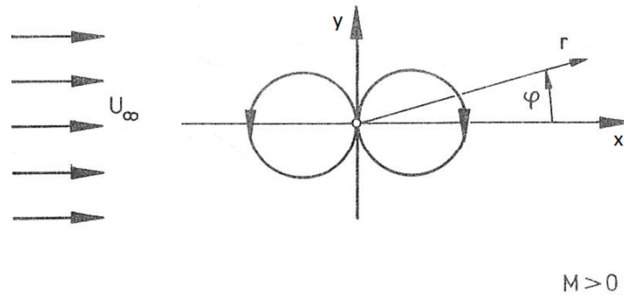
- Welcher Volumenstrom Q fließt durch das Gebläse?
- Geben Sie die Reynoldszahlen Re_E und Re_S an und ermitteln Sie damit die Widerstandszahlen λ_E und λ_S .
- Wie groß ist der Druckverlust Δp_V über das gesamte Gebläse?
- Welche Antriebsleistung P (Wirkungsgrad η) wird zum Betrieb unter gegebenen Bedingungen benötigt?
- Bei gegebenem Kontrollvolumen muss ein Volumenstrom ΔQ über die Mantelfläche des KV's fließen. (Annahme: ΔQ strömt gleichmäßig und ausschließlich über die Mantelfläche. Auf allen Kontrollflächen ist die x-Komponente der Geschwindigkeit w_∞ , ausgenommen Gebläsestrahl). Ermitteln Sie für das gegebene KV den Volumenstrom ΔQ in Abhängigkeit von A_S , w_S , w_∞ und α (nur Formel, kein Zahlenwert).

Hinweis: Der in die Senkrechte projizierte Kreisquerschnitt A_S ergibt eine Ellipse mit der Fläche: $A_S/\cos(\alpha)$.

- Bestimmen Sie nun mit dem Ergebnis aus e) die Schubkraft S des Strahls auf das Gebläse und dessen Komponenten S_x und S_z in Abhängigkeit von w_S , w_∞ , α und $\dot{m}$ (Massenstrom durch Gebläse) (nur Formel, kein Zahlenwert).



Aufgabe 3



Gegeben sei ein Dipol, der mit seiner Achse normal zur Richtung einer Translationsströmung steht. Der Dipol mit Dipolmoment M sei im Ursprung des Polarkoordinatensystems platziert. Die Stromlinien des Strömungsfeldes der überlagerten Einzellösungen sind punktsymmetrisch zum Ursprung.

- a) Geben Sie die Stromfunktion Ψ sowie die Geschwindigkeitskomponenten u und v in Abhängigkeit von M , r und φ für $U_\infty = 1$ an. Hinweis: Berechnen Sie bei den Geschwindigkeitskomponenten erst $u(x, y)$, $v(x, y)$ und stellen dann nach $u(r, \varphi)$, $v(r, \varphi)$ um.

Trigonometrische Beziehungen: $\sin(2x) = 2 \sin(x) \cos(x)$ und $\cos(2x) = \cos^2(x) - \sin^2(x)$

Ergebnis aus Teilaufgabe a) für weitere Rechnung: $u = 1 + \frac{M \sin(2\varphi)}{2\pi r^2}$ und $v = -\frac{M \cos(2\varphi)}{2\pi r^2}$

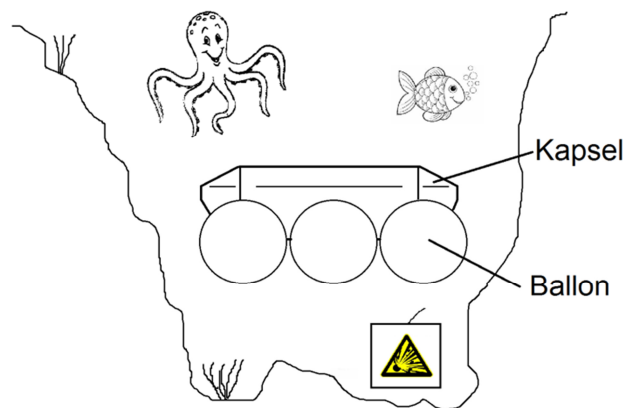
- b) Geben Sie alle Orte an, für die $v = 0$ gilt.
- c) Bestimmen Sie die Staupunkte der Strömung in Abhängigkeit von M .
- d) Welchen Wert nimmt M an, wenn alle Staupunkte auf einem Kreis mit dem Radius $R = 1$ liegen? Ersetzen Sie für die folgenden Teilaufgaben die Dipolstärke M durch diesen Wert.
- e) Geben Sie die Gleichungen für die Staupunktstromlinien an.

Bonusaufgabe:

- f) Versuchen Sie das Stromlinienbild zu zeichnen. Tragen Sie dafür die Staupunkte ein.

Aufgabe 4

Im Film „Pacific Rim“ muss unser Held am Ende mit seinem Roboter in eine Spalte im Meer tauchen, um einen Sprengsatz zu platzieren. Nach getaner Arbeit aktiviert er die Lebensrettungskapsel, in der er samt Roboter zur Oberfläche schwebt. Aus der Kapsel wird Druckluft unter 4 bar in 6 Säcke gepresst, die sich zu kugelförmigen Ballons aufblasen. Die Spalte befindet sich etwa 4 km unter der Wasseroberfläche. Die Masse der Kapsel beträgt 3000 kg, ihr Volumen ist das 6fache eines Ballons. Die Masse der gefüllten Ballons ist vernachlässigbar klein. Der Strömungswiderstand der Kapsel ist gleich dem 2fachen eines Ballons. Der Ballondurchmesser ist 1 m, sein Widerstandsbeiwert $C_D=1,1$; Erdbeschleunigung $g=10 \text{ m/s}^2$, Wasserdichte $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$.



- a) Ist das beschriebene Hollywoodszenario physikalisch realistisch (rechnerischer Nachweis)?
- b) Unabhängig von dem Ergebnis aus Teilaufgabe a) steigt die Kapsel aus der Tiefe auf. Leiten Sie eine Beziehung für die Aufstiegs geschwindigkeit u her. Stellen Sie hierzu eine Differenzialgleichung auf unter Verwendung des Kräftegleichgewichts und integrieren Sie.

Gegeben:

$$\int \frac{dx}{a^2 - x^2} = \frac{1}{2a} \ln \frac{a+x}{a-x}$$

- c) Berechnen Sie anhand der in b) bestimmten Gleichung für u die Aufstiegs geschwindigkeit an der Wasseroberfläche, also nach sehr langer Zeit. Hinweis: Wenn Sie b) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit folgender Gleichung weiter:

$$u = \tanh\left(3,5 \cdot t \frac{1}{s}\right) \cdot \sqrt{9,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

mit: $\cosh(ax) = 0,5(e^{ax} + e^{-ax})$ und $\sinh(ax) = 0,5(e^{ax} - e^{-ax})$