Prof. Dr.-Ing. Holger Foysi **SS2015**
Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Name: ……………………………..…. Vorname: …………………………………. Punkte: ………

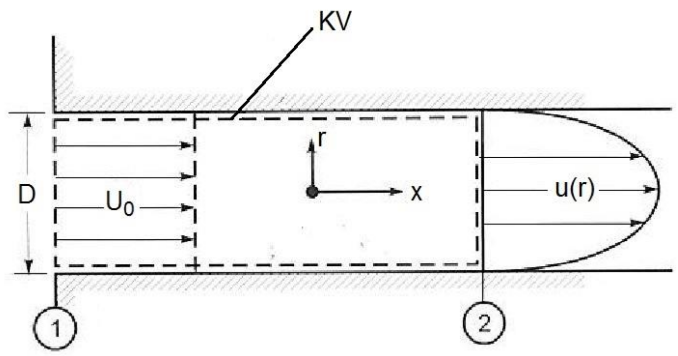
Matr.-Nr.: …………………………

Klausur Strömungslehre - Aufgabenteil

Die Klausur hat Überhang! Nicht alle Teilaufgaben sind zu Erreichen der Note 1,0 zu bearbeiten.
Die Aufgaben 1+2 sind zusammen auf einem Lösungsblatt, 3+4 getrennt voneinander zu bearbeiten!

Aufgabe 1

Die stationäre Einlaufströmung in eine Rohrleitung mit Durchmesser D entwickelt sich von einer homogenen Geschwindigkeitsverteilung im Querschnitt 1 zu einer parabolischen im Querschnitt 2. Die Geschwindigkeitsverteilung in 2 ergibt sich zu $u(r) = U_{max}(1 - (r/R)^2)$.

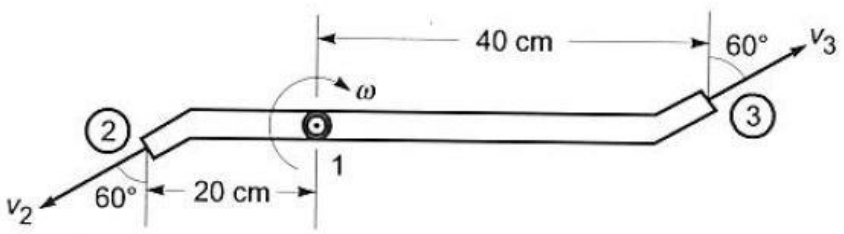


geg.: U_0 p_1 p_2 D $\rho = const.$ (Dichte)

a) Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit U_{max} auf der Rohrachse in Querschnitt 2.
b) Wie groß ist die Druckdifferenz $p_1 - p_2$, zwischen der homogenen Strömung am Eintritt und der Stelle 2, an der sich gerade das parabelförmige Profil ausgebildet hat? Auf der Rohrachse kann die Strömung bis zur Stelle 2 als reibungsfrei betrachtet werden.
c) Wie groß ist die Widerstandskraft F auf die Rohrwand bei dem gegebenen Kontrollvolumen? Zeichnen sie die Kraftrichtung ein.

Aufgabe 2

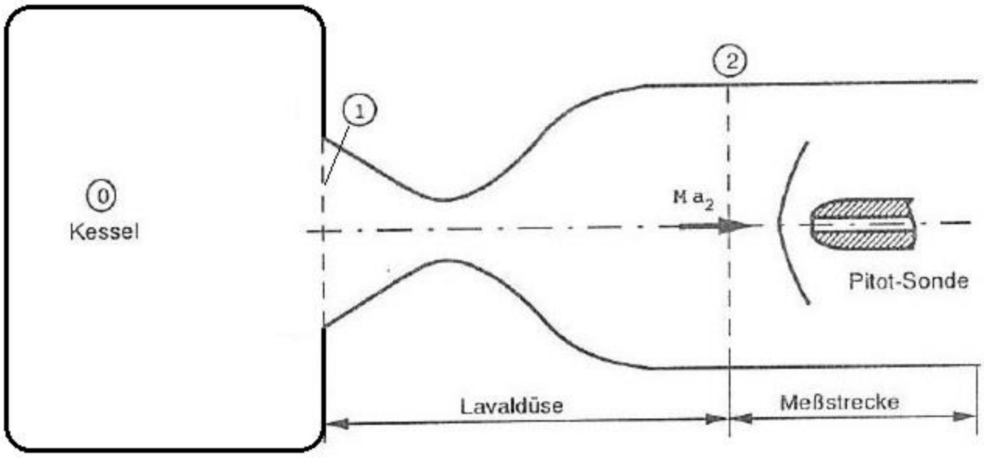
Das Bild zeigt einen Sprinkler mit ungleichen Armen, aus denen die gleiche Wassermenge austritt. Die aus den Sprinklerarmen ausströmenden Freistrahlen haben einen Durchmesser von 0,8 cm, der Gesamtvolumenstrom durch den Sprinkler beträgt 1,2 L/s. Sowohl Fluid- als auch Festkörperreibung können vernachlässigt werden. Die Länge der Arme und die Austrittswinkel der Freistrahlen bezüglich der Arme entnehmen Sie der Skizze.



a) Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit ω des Sprinklers.
b) Welches Drehmoment würde benötigt, um den Sprinkler fest zu halten?

Aufgabe 3

In der Messstrecke (konstanter Querschnitt A_2) eines supersonischen Windkanals wird eine Pitot-Sonde mit idealem Gas angeströmt. Vor der Pitot-Sonde bildet sich ein abgehobener Verdichtungsstoß aus, der entlang der Staupunktstromlinie näherungsweise als senkrecht angesehen werden kann. Die Strömung ist außer über Unstetigkeiten hinweg als isentrop zu betrachten.



Folgende Daten des Windkanals und der Strömung sind gegeben:

$A_2 = 0{,}1 m^2$ $\gamma = 1{,}4$ $R = 287\, J/(Kg\, K)$ $\dot{m} = 30 kg/s$
$T_2 = 200K$ $T_{02} = 360K$ (Ruhetemperatur) $p_1/p_2 = 7$ (Verhältnis der statischen Drücke)

Schreiben Sie stets die Formeln auf, mit denen Sie rechnen.

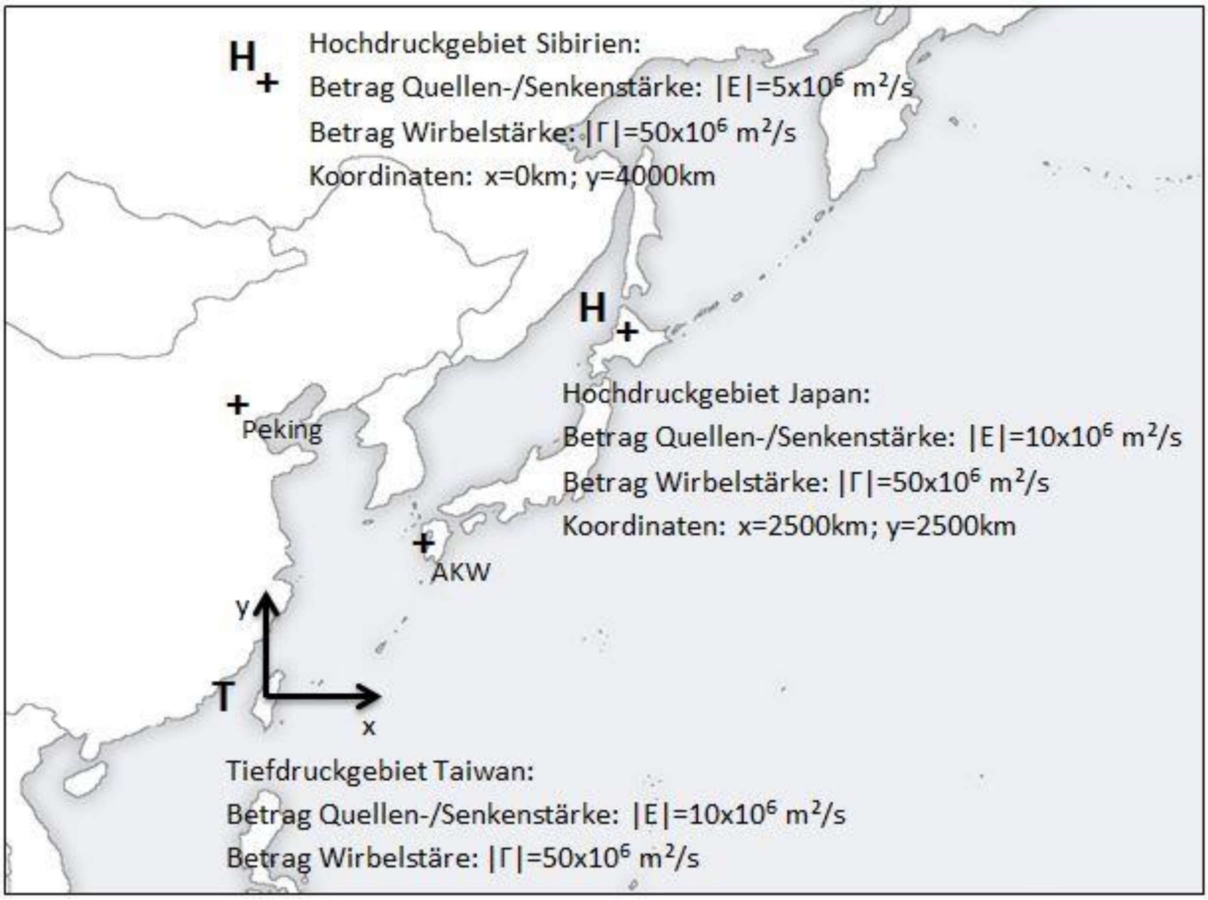
a) Ermitteln Sie die Anströmmachzahl Ma_2 und die Anströmgeschwindigkeit w_2 in der Messstrecke.
b) Wie groß ist der engste Querschnitt A_e der Lavaldüse?
c) Bestimmen Sie die Machzahl Ma_1, die Dichte ρ_1, die Temperatur T_1, die Geschwindigkeit w_1 und die Querschnittsfläche A_1 im Querschnitt 1. (Wenn Sie a) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit $Ma_2 = 2{,}2$ und $w_2 = 580\, m/s$ weiter)
d) Geben Sie die Zahlenwerte für die Drücke p_1 und p_2 an.
e) Welcher Totaldruck wird von der Pitot-Sonde in der Messstrecke gemessen? Welcher Totaldruck würde sich ergeben, wenn die Pitot-Sonde im konvergenten Teil der Lavaldüse auf der Symmetrieachse positioniert wäre? Wie groß sind in beiden Fällen die Totaltemperaturen? (Wenn Sie a) bis d) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit $Ma_2 = 2{,}2$ und $p_2 = 40.000 Pa$ weiter)
f) Wie lässt sich bei unverändertem Medium unter Annahme einer isentropen Strömung die Anström-Machzahl Ma_2 erhöhen? Begründen Sie Ihre Antwort.

.

Aufgabe 4

Vor kurzem ist nach der verheerenden Nuklearkatastrophe von Fukushima in Sendai erstmals wieder ein japanisches Atomkraftwerk in Betrieb genommen worden. Da die leitenden Ingenieure des Kraftwerks während ihres Studiums der Meinung waren, dass der Nutzen strömungsmechanischer Grundkenntnisse für den Ingenieursberuf maßlos überschätzt würde, haben sie in den Vorlesungen nicht aufgepasst und bei der Überarbeitung der Leitungssysteme des Kraftwerks prompt eklatante Fehler begangen. Dadurch traten kurz nach Inbetriebnahme radioaktive Partikel aus. Der Pressesprecher des AKW-Betreibers Atomuri Harakiri behauptet, dass für die Bevölkerung keine Gefahr bestünde, da die Partikel vom Wind in Richtung China fortgetragen würden.

Sie sollen die Aussage Atomuri Harakiris mit Hilfe eines potentialtheoretischen Modells der Wetterlage überprüfen. Dabei dürfen Sie die Krümmung der Erde vernachlässigen und die Oberfläche der Erde als eben annehmen. Tief- und Hochdruckgebiete können als Senken bzw. Quellen in Kombination mit einem Potentialwirbel modelliert werden. Tiefdruckgebiete drehen sich entgegen, Hochdruckgebiete im Uhrzeigersinn. Die Wettersituation kann stationär betrachtet werden: die Tief- und Hochdruckgebiete verändern weder ihre Position noch ihre Stärke.



Weitere Angaben:

Koordinaten des Atomkraftwerkes: x = 1000 km; y = 1000 km

Koordinaten Pekings: x = -500 km; y = 2000 km

a) Die vorherige Karte enthält Schätzungen für die Beträge der Stärken der Quellen, Senken und Potentialwirbel. Ermitteln Sie die Stromfunktion aus der komplexen Potentialfunktion für die aktuelle Wettersituation im eingezeichneten Koordinatensystem. Der Ursprung liegt dabei im Tiefdruckgebiet über Taiwan.
Hinweis: Hilfestellung zur Lösung siehe unten!

b) Berechnen Sie die Windgeschwindigkeit und -richtung am Ort des AKWs.
Hinweis:

$$\frac{d}{dz}\left(\arctan(z)\right) = \frac{1}{1+z^2}$$

c) Wird der Großraum Peking im Falle einer konstanten Wetterlage von radioaktiven Partikeln getroffen?

d) Zeichnen Sie ein qualitatives Stromlinienbild in die untere Karte ein. Beachten Sie den Einfluss der Elementarfunktionen. Die Stromlinie durch den Standort des AKWs muss deutlich erkennbar sein.

e) Schätzen Sie grob den Zeitraum ab, welcher der Führung der Kommunistischen Partei Chinas nach dem Unfall mindestens bleibt, um klammheimlich aus Peking zu verschwinden. Keine exakte Rechnung nötig! (Falls Sie Aufgabenteil b) nicht lösen können, schätzen Sie mit $|v|_{AKW} = 11\ m/s$ ab.)

Hilfestellung zum Erstellen der Stromfunktion:

$$\Psi(x,y) = \sum_{n=1}^{3} \pm \frac{E_n}{2\pi}\arctan\left(\frac{y-y_n}{x-x_n}\right) \pm \frac{\Gamma_n}{2\pi}\frac{1}{2}\,ln((x-x_n)^2+(y-y_n)^2)$$