Prof. Holger Foysi, Lehrstuhl Strömungsmechanik

WS16/17
Punkte:
(max. 26P)

Name: ....

Vorname:..

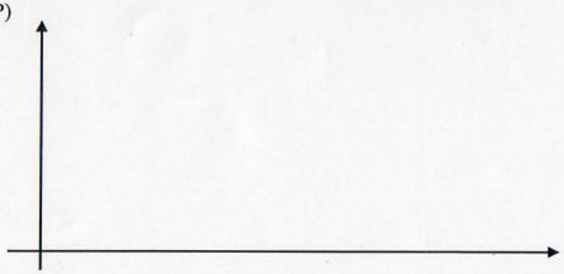
Matr.-Nr.:.......................................

KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE - FRAGENTEIL

Benutzte Formel bitte immer angeben! Knappe Antworten! Rückseite verwendbar. **Viel Erfolg!**

Aufgabe 1) Wie setzt sich der Widerstand bei Tragflügelprofilen zusammen? Erklären Sie die zusätzliche Komponente die bei einem dreidimensionalen, endlichen Tragflügel auftritt. (6P)

Aufgabe 2) Skizzieren Sie einen typischen Druckverlauf (potentialtheoretisch) auf Ober- *und* Unterseite eines Flügelprofils? (3P)



Aufgabe 3) Nennen und schreiben Sie die Elementarlösungen in einer Potentialströmung auf, die für die Umströmung eines Körpers mit Zirkulation notwendig sind. (3P)

Aufgabe 6) Leiten Sie die Bernoulli-Gleichung für stationäre, inkompressible (ρ=const), reibungsfreie Strömungen ab. Gegeben: $\partial \mathbf{u}/\partial t + (\mathbf{u} \cdot \nabla)\, \mathbf{u} = -\nabla(p/\rho) - \nabla(gz) + \nu\Delta\mathbf{u}$, $(\mathbf{u} \cdot \nabla)\, \mathbf{u} = \nabla \mathbf{u}^2/2 + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{u}$. (6P)

Aufgabe 5)

Die Abbildung zeigt den Amazonas (Bild: T. Kopra/NASA) und dessen stark mäandernden Flussverlauf. Ohne menschlichen Einfluss wird ein Fluss immer "kurviger", aufgrund der Strömungsmechanik. Versuchen Sie das mittels einfacher Prinzipien aus der Vorlesung zu erklären. Betrachten Sie dazu erst die mittlere Strömung und dessen Druckverteilung. Daraus können Sie Rückschlüsse auf den Sedimenttransport im reibungsbehafteten Teil am Grund treffen. (8P)

Prof. Dr.-Ing. Holger Foysi
Lehrstuhl Strömungsmechanik

SS2016

Name :

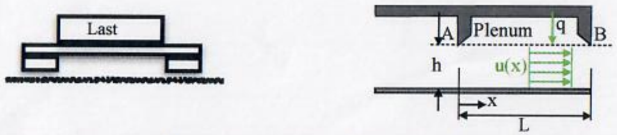
Vorname :

Matr. Nr. :

Aufg.	Punkte
1	
2	
3	
4	
Σ	

KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE

Aufgabe 1 (10P)



Lasten können relativ leicht auf Luftkissen transportiert werden. Hierzu wird eine Last-Pallette wie oben gezeigt verwendet, mit Vergrößerung des relevanten Bereichs auf der rechten Seite. Die Luftzufuhr erfolgt aus dem Plenum heraus durch eine poröse Oberfläche AB (gestrichelt). Sie tritt in den Spalt vertikal mit der Geschwindigkeit q ein. Sobald sich die Luft im Spalt befindet nehmen wir an, dass sich diese in die *positive* x-Richtung bewegt. Die Strömung erfolge inkompressibel, homogen über h und reibungsfrei (trotz $h << L$), mit $u=u(x)$.

a) Nutzen Sie ein geschickt gewähltes Kontrollvolumen und zeigen Sie $u(x) = q{\cdot}x/h$.

Sei nun $\rho\frac{\partial u}{\partial t} + \rho u\frac{\partial u}{\partial x} + \rho v\frac{\partial u}{\partial y} + \rho w\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)$

gegeben mit Dichte ρ, Geschwindigkeitskomponenten u,v,w, dynamische Viskosität μ.

b) Vereinfachen Sie die Gleichung und berechnen Sie die Beschleunigung eines Fluidparti-kels im Spalt, sowie den Druckgradienten $\partial p/\partial x$ und skizzieren Sie p entlang des Spalts.

Aufabe 2 (15P)

Betrachten Sie die Strömung um eine Wellblechhütte. Wir nehmen an, diese sei reibungs-, dreh-ungsfrei, sowie stationär. Während eines Sturms ergeben sich Windgeschwindigkeiten von 100 km/h. Die Aussentemperatur sei 5°C. Mit Hilfe eines Barometers bestimmen wir den Druck in-nen und auch p_∞ zu 720mm Hg-Säule. Der Radius sei 6m, die Länge 18m. 760mm Hg ≙ 1,013 bar, R=287J/kgK.

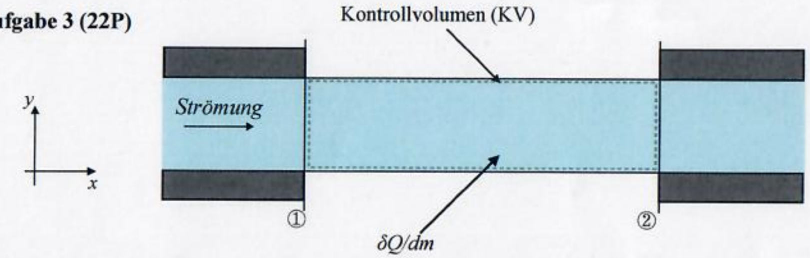
a) Stellen Sie das komplexe Potential auf und geben Sie die Geschwindigkeitskomponenten v_r, v_θ als Funktion von θ an.

b) Wie groß ist die Netto-Kraft, die vertikal auf die Hütte wirkt? ($\int sin^3x\, dx = -cos(x) + cos^3/3 + c$)

c) Ist die Annahme einer reibungs- und drehungsfreien Strömung plausibel (Begründung)?

d) Was müssten wir mit dem komplexen Potential tun, um die Strömung um den Winkel α zu drehen? Könnten wir das Potential aus a) nutzen, um nach Drehung um 90° eine Anströmung vertikal von oben um die Hütte zu berechnen?

Aufgabe 3 (22P)



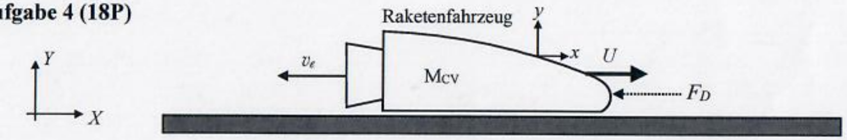
Gegeben sei reibungsfreie stationäre kompressible Strömung von Luft durch einen Rechteckskanal der Fläche A= 0.023 m². An Sektion ① gilt T_1 = 330K, p_1 = 138kPa und u_1 = 110m/s. An Sektion ② gilt p_2 = 69kPa. Die Strömung werde zwischen ① und ② *beheizt*, mittels $\delta Q/dm$. R=287J/kgK, γ=1.4, cp=1004,5 J/kgK)

a) Bestimmen Sie zuerst die Dichte, Temperatur, Ruhetemperatur, Machzahl, Schall-geschwindigkeit und Ruhedruck bei ②, sowie den Ruhedruck bei ①. Nutzen Sie das KV.

b) Durch das Heizen muss die Totalenthalpiegleichung für isentrope Strömungen durch $\delta Q/dm$ erweitert werden, da die Energie an Ebene ② nun zunimmt. Bestimmen Sie daraus $\delta Q/dm$.

c) Wie groß ist die Entropieänderung zwischen ① und ②?

Aufgabe 4 (18P)



Gegeben sei ein Raketenfahrzeug, welches sich mit der Geschwindigkeit U beschleunigend aus dem Stand fortbewegt. Die Anfangsmasse M_0 ist 4t, davon 1t Treibstoff. Der Körper erfahre eine Widerstandskraft $F_D = k{\cdot}U$, mit k = 75 N·s/m. Das Gas verläßt die Rakete mit einer Relativgeschwindigkeit von 1500m/s. Die Masse brennt mit der konstanten Rate von 90 kg/s ab.

a) Wie groß ist die Anfangsbeschleunigung bei t=0? Hinweis: Überlegen Sie sich zuerst eine Beziehung für die Masse, bzw. nutzen Sie die integrale Form der Kontinuitätsgleichung (Formelsammlung). Wann ist der Brennstoff aufgebraucht?

b) Wie groß ist die Geschwindigkeit des Wagens nach 15s?

c) Wie groß ist die Maximalbeschleunigung, wann wird diese erreicht?

Hinweise: $\partial/\partial t \iiint \rho\, u\, dV$ im Reynolds-Transport-Theorem sei vernachlässigbar. Die Beschleunigung sei *räumlich* konstant. Falls Sie b) nicht lösen konnten nutzen Sie folgende Formel für c):

$$U = \frac{\dot{m}v_e}{k}\left[1 - \left(1 - \frac{\dot{m}t}{M_0}\right)^{\frac{k}{\dot{m}}}\right]$$

Viel Erfolg!