

| Aufg. | Punkte |
|----------|--------|
| A | |
| B | |
| C | |
| Σ | |

Name:

Vorname:.....

Matr.-Nr.:.....

KLAUSUR HFD

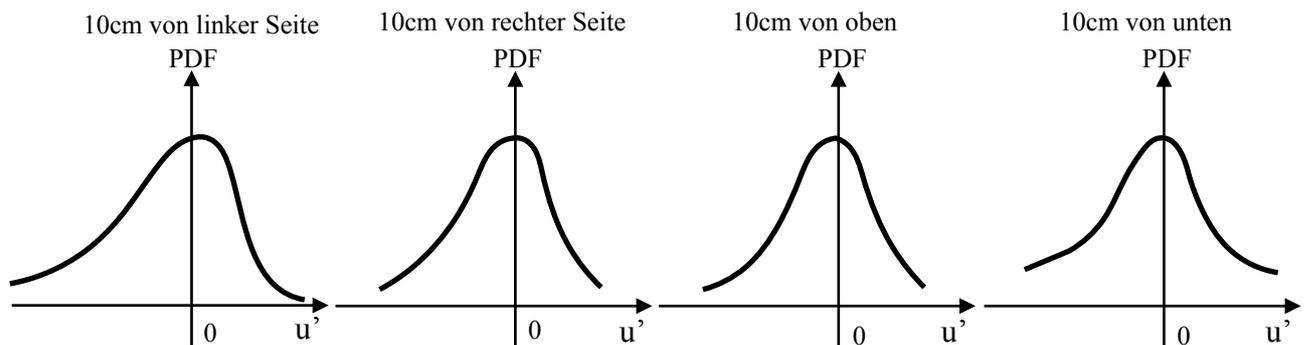
A Rechenteil (18P)

- 1) Eine inkompressible turbulente Strömung fließt durch ein Rohr von 300mm Durchmesser. Finden Sie den Volumenstrom, wenn die mittlere Geschwindigkeit auf der Achse 2.0m/s beträgt und die mittlere Geschwindigkeit an einem Punkt 100mm von der Achse entfernt durch ein Pitotrohr als 1.6m/s gemessen wurde. ($\int x \cdot \ln(x) dx = 0.5 \cdot x^2 \cdot (\ln(x) - 0.5)$). (10P)
- 2) Betrachten Sie eine inkompressible turbulente Rohrströmung mit Reibung. Für diese wollen wir das 1/7-Gesetz für die Maximalgeschwindigkeit ableiten. Bestimmen Sie zuerst anhand eines Kontrollvolumens im Rohr (Radius R , Länge L) mittels Impulssatz den Druckverlust. Setzen Sie diese Beziehung gleich mit dem phänomenologischen Druckverlust einer Rohrströmung (mit Rohrreibungszahl λ), um λ als Funktion der Bulkgeschwindigkeit u_B und Wandschubspannungsgeschwindigkeit u_τ zu bestimmen. Gegeben: $\lambda = 0.2655 (u_B \cdot R/\nu)^{-1/4}$, $u_B/u_{\max} = 1.25$. Bestimmen Sie damit $\langle u \rangle_{\max}/u_\tau!$ (8P)

B Fragenteil (inkompressible Turbulenz) (45P)

- 3) a) Ist eine Strömung in der Wirbelstärke vorliegt, turbulent? (2P)
b) Geben Sie drei Arten von Scherströmungen an. (3P)
c) Wie skaliert die Dicke der viskosen Unterschicht einer Grenzschicht mit der Lauflänge, der kinematischen Viskosität und der Geschwindigkeit der Außenströmung? Tipps: numerische Konstanten sind hierzu nicht notwendig. Nutzen sie unter anderem den Zusammenhang zwischen Grenzschichtdicke und Wandschubspannung. (7P)
d) Ist eine direkte Bestimmung der Reynoldsspannungskomponenten in turbulenten Strömungen basierend auf gemittelten Transportgleichungen möglich? (3P)
e) Erklären Sie das Prandtl'sche Mischungswegmodell (5P)
f) Turbulente Kanalströmung (8P)
 - i. Skizzieren Sie die Verläufe der turbulenten, viskosen Spannung und Gesamtspannung in einer Kanalströmung von der unteren bis zur oberen Wand. Welche Reynoldszahl wird in wandgebundenen Strömungen üblicherweise verwendet?
 - ii. Wie verändern sich die Verläufe aus i., falls wir die Reynoldszahl erhöhen?

- h) Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (PDF) (17P)
- Erklären Sie den Begriff PDF. (2P)
 - Erklären Sie kurz den Begriff Intermittenz. (2P)
 - Nennen sie zwei höhere Momente (Ordnung > 2) die zu deren Charakterisierung verwendet werden (Formel). (2P)
 - In einem Windkanal, der eine mittlere Geschwindigkeit von 10m/s - 40m/s erzeugen kann, werden die Geschwindigkeitsfluktuationen beim Eintritt in die Messstrecke an verschiedenen Stellen gemessen und die nachfolgenden PDFs erstellt. Können Sie hieraus Aussagen hinsichtlich der Qualität des Kanals treffen? Skizzieren Sie ein mögliches Zeitsignal $u'(t)$ welches zu der linken Verteilung passt. (6P)
 - Zur Charakterisierung der Strömung nutzt man auch eine dimensionslose Turbulenzintensität T . Geben Sie die Formel hierfür an, nutzen Sie eine geeignete Normierung. Wird T eine Funktion sein oder erhält man eine Konstante? (3P)
 - Hersteller geben den Turbulenzgrad oft unterschiedlich an. Einige nehmen die Ebene zu Beginn der Messstrecke, andere eine Ebene dahinter. Welche Konsequenzen hat das Ihrer Meinung nach? (2P)



C Statistikteil (20P)

- 4) Gegeben ist folgende Gleichung für den Transport einer tensoriellen Größe (Tensor 2. Stufe) \mathbf{A} in einer inkompressiblen turbulenten Strömung. Die Größen \mathbf{b} , \mathbf{u} sind Vektoren, \mathbf{C} ein Tensor 3. Stufe. Die Stoffgrößen sind jeweils konstant.

$$\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{A} = \nabla \mathbf{b} + \nu \nabla \cdot \mathbf{C}$$

- Formulieren Sie die Gleichungen in Indexnotation, nutzen Sie auch die Inkompressibilitätsbedingung für den advektiven Term. (4.5P)
- Formulieren Sie nun daraus eine Transportgleichung für den Mittelwert und die Fluktuation (bleiben Sie in Indexnotation wenn möglich). (11P).
- Wie gehen Sie vor, wenn Sie eine Transportgleichung für die Korrelation zweier Größen suchen? Wie ist eine Korrelation definiert? (4.5P)

Viel Erfolg!