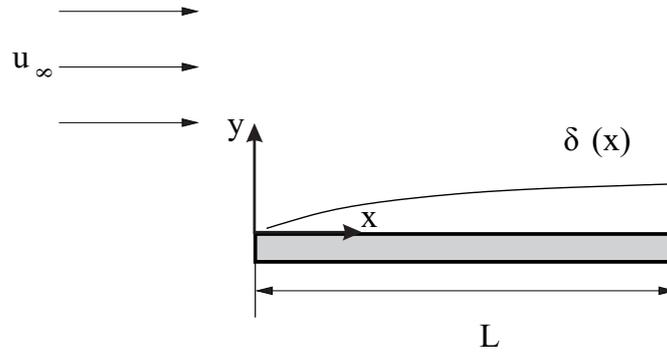


Tutorenprogramm - Strömungsmechanik II

Turbulente Grenzschichten, Grenzschichtablösung

1. Aufgabe



Für die Geschwindigkeitsverteilung in der turbulenten Grenzschicht einer mit der Geschwindigkeit u_∞ längs angeströmten ebenen Platte (Länge L) gilt näherungsweise:

$$\frac{u}{u_\infty} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/7}$$

Da sich die Wandschubspannung nicht mit Hilfe dieses Ansatzes bestimmen lässt, wird angenommen, dass für den lokalen Reibungsbeiwert c_f gilt:

$$c_f = \frac{\tau_W}{\frac{\rho}{2} u_\infty^2} = \frac{c}{Re_\delta^{1/4}} \quad \text{mit} \quad c = 0.046 \quad \text{und} \quad Re_\delta = \frac{\rho u_\infty \delta}{\eta}$$

Bestimmen Sie die Grenzschichtdickenverteilung $\delta(x)$ mit Hilfe der von Kármánschen Integralbeziehung unter der Annahme, dass die Strömung von Anfang an turbulent ist.

Gegeben: ρ, u_∞, η, c

Hinweis:

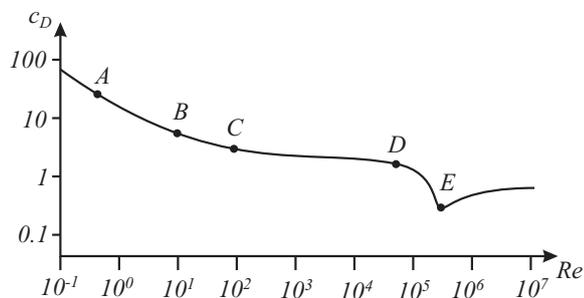
- von Kármánsche Integralbeziehung:

$$\frac{d\delta_2}{dx} + \frac{1}{u_a} \frac{du_a}{dx} (2\delta_2 + \delta_1) + \frac{\tau(y=0)}{\rho u_a^2} = 0$$

Quelle: Herbst 2012

2. Aufgabe

1. Untenstehendes Diagramm zeigt den Verlauf des Widerstandsbeiwertes eines umströmten Zylinders als Funktion der Reynoldszahl. Skizzieren Sie das Strömungsfeld um den Zylinder für die mit *A* bis *E* markierten Reynoldszahlen (5 Skizzen).

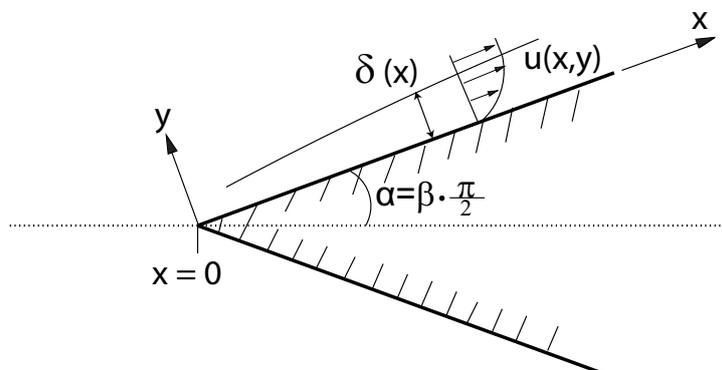


2. Warum wird eine laminare Grenzschicht oft gegenüber einer turbulenten Grenzschicht bevorzugt? Nennen Sie zwei Maßnahmen zur Laminarhaltung einer Grenzschicht.
3. Nennen Sie zwei Möglichkeiten, um im Windkanalversuch die Machzahl zu erhöhen, wenn die Strömungsgeschwindigkeit fest vorgegeben ist.
4. Zeigen Sie am Beispiel der längs angeströmten ebenen Platte, dass eine Strömung, die die Haftbedingung erfüllt, keine Potentialströmung ist.
5. Gegeben sind die Geschwindigkeiten u_1 und u_2 stromauf bzw. stromab eines senkrechten Verdichtungsstoßes, der in einer Laval-Düse steht. Wie groß ist die Geschwindigkeit im engsten Querschnitt?

Quelle: Herbst 2012

3. Aufgabe

Ein keilförmiger Körper mit dem halben Öffnungswinkel $\alpha = \beta \cdot \frac{\pi}{2}$ wird von einem inkompressiblen Newtonschen Fluid der Dichte ρ und der kinematischen Viskosität ν angeströmt.



Die Geschwindigkeit der reibungsfreien Außenströmung soll mit dem Ansatz

$$u_a(x) = C \cdot x^m$$

beschrieben werden, wobei für den Exponenten m gilt:

$$m = \frac{\beta}{2 - \beta}.$$

Das Geschwindigkeitsprofil in der Grenzschicht wird durch folgenden Polynomansatz angenähert:

$$\frac{u(x,y)}{u_a(x,y)} = a_1 \left(\frac{y}{\delta(x)} \right) + a_2 \left(\frac{y}{\delta(x)} \right)^2 + a_3 \left(\frac{y}{\delta(x)} \right)^3.$$

1. Bestimmen Sie für die ebene anliegende Strömung die Koeffizienten a_1 , a_2 , a_3 als Funktion von β .
2. Bestimmen Sie die Wertebereiche von β , für die die Strömung ablösen **kann**.
3. Wie ändert sich qualitativ die Grenzschichtdicke $\delta(x)$ für abnehmende m (Rechnung nicht notwendig)? Begründen Sie Ihre Antwort.

Gegeben: ρ , ν , $\delta(x)$, $C(C > 0)$

Hinweis:

- Eindimensionale Impulsgleichung des reibungsfreien äußeren Strömungsfeldes:

$$\rho u_a \frac{\partial u_a}{\partial x} = - \frac{\partial p}{\partial x}$$

Quelle: Herbst 2013