

Tutorenprogramm - Strömungsmechanik II
 Wintersemester 2012/2013
 Turbulente Grenzschichten, Grenzschichtablösung - Musterlösung

1. Aufgabe

Längs angeströmte ebene Platte $\Rightarrow \frac{du_a}{dx} = 0, \quad u_a = u_\infty = \text{konst.}$

v. Kármánsche Integralbeziehung: $\frac{d\delta_2}{dx} = -\frac{\tau(y=0)}{\rho u_\infty^2} = \frac{\tau_W}{\rho u_\infty^2} = \frac{1}{2} c_f$

$$\delta_2 = \int_0^\delta \frac{u}{u_\infty} \left(1 - \frac{u}{u_\infty}\right) dy = \delta \int_0^1 \frac{u}{u_\infty} \left(1 - \frac{u}{u_\infty}\right) d\frac{y}{\delta} = \delta \int_0^1 \xi^{1/7} (1 - \xi^{1/7}) d\xi$$

$$= \delta \int_0^1 (\xi^{1/7} - \xi^{2/7}) d\xi = \delta \left[\frac{7}{8} \xi^{8/7} - \frac{7}{9} \xi^{9/7} \right]_0^1 = \frac{7}{72} \delta$$

$$\frac{d\delta_2}{dx} = \frac{7}{72} \frac{d\delta}{dx} = \frac{1}{2} c_f = \frac{1}{2} \frac{c}{Re_\delta^{1/4}} = \frac{1}{2} \frac{c \eta^{1/4}}{(\rho u_\infty)^{1/4} \delta^{1/4}}$$

$$\Rightarrow \frac{7}{72} \delta^{1/4} \frac{d\delta}{dx} = \frac{1}{2} c \left(\frac{\eta}{\rho u_\infty} \right)^{1/4}$$

$$\text{d.h. } \frac{7}{72} \frac{4}{5} \delta^{5/4} = \frac{1}{2} c \left(\frac{\eta}{\rho u_\infty} \right)^{1/4} x + K_1$$

Randbedingung: $\delta(x=0) = 0 \Rightarrow K_1 = 0$

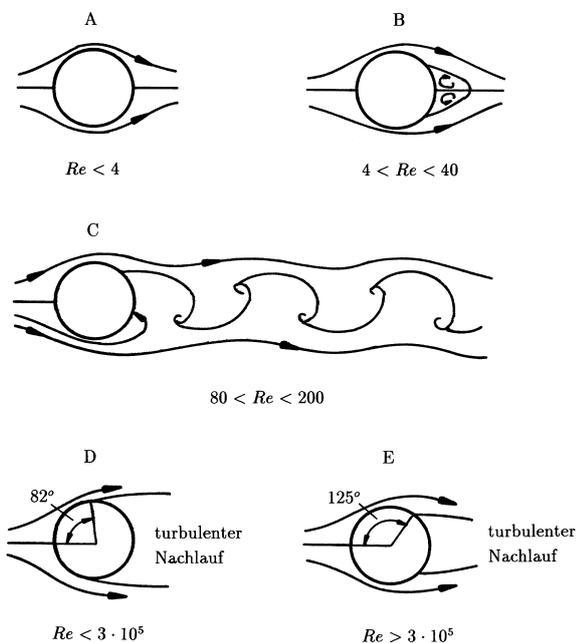
$$\delta^{5/4} = \frac{45}{7} c \left(\frac{\eta}{\rho u_\infty} \right)^{1/4} x$$

$$\delta(x) = \left(\frac{45}{7} c \right)^{4/5} \left(\frac{\eta}{\rho u_\infty} \right)^{1/5} x^{4/5}$$

Quelle: Herbst 2012

2. Aufgabe

1. Strömungsfelder:



2. Eine laminare Grenzschicht hat geringere Geschwindigkeitsgradienten an der Wand als eine turbulente Grenzschicht bei der gleichen Außengeschwindigkeit. Dadurch ergibt sich eine verringerte Wandschubspannung und somit ein geringerer Reibungswiderstand. Gleichzeitig kann die verringerte Schubspannung selbst schon von Vorteil sein (z.B. Blutströmung aufgrund empfindlicher Blutkomponenten, die hohe Scherraten und Schubspannungen nicht gut vertragen).

Maßnahmen zur Laminarhaltung:

- Grenzschichtabsaugung
 - Grenzschichtausblasung
 - Geometrie
 - ...
- 3.
- hochmolekulares Gas $\gamma \downarrow$
 - kryogener Windkanal $T \downarrow$
 - ...

4. An der Platte ($y = 0$) ist:

$$\frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial y} \neq 0$$

$$\Rightarrow \text{Widerspruch zur drehungsfreien Strömung: } \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = 0$$

5. $u^* = c^* = \sqrt{u_1 u_2}$

Quelle: Herbst 2012