

Statische Berechnung von Behältern

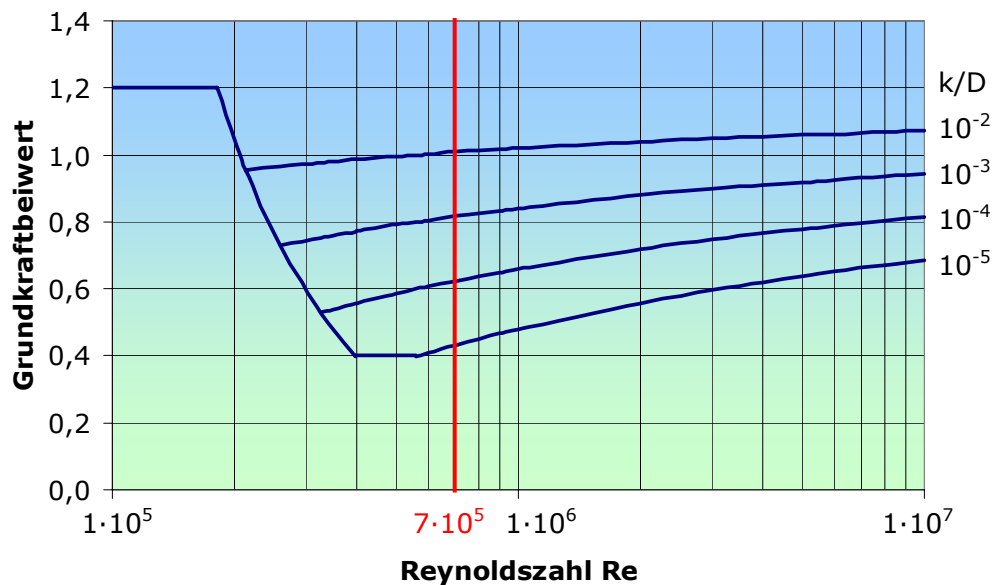
Wind auf Zylinder, Grundkraftbeiwert

Für die statische Berechnung von zylindrischen Kunststoffbehältern, die außerhalb von Gebäuden aufgestellt werden, muss die Windkraft berücksichtigt werden.

Für die Berechnung der auf einen Körper wirkenden Windkraft wird der Kraftbeiwert benötigt. Für die in der Praxis vorkommenden Fälle soll ein Kraftbeiwert ermittelt werden, der auf der sicheren Seite liegend eine aufwändige Berechnung vermeiden soll.

Für Kreiszyylinder gibt DIN 1055-4 hierfür entsprechende Hinweise. Der Grundkraftbeiwert kann der Abbildung 1 entnommen werden.

Abbildung 1



Die Reynoldszahl Re ist

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (1)$$

Dabei ist

- v Windgeschwindigkeit in m/s
- D Behälterdurchmesser
- ν kinematische Zähigkeit, $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Die Windgeschwindigkeit kann aus dem Geschwindigkeitsdruck über folgende Beziehung errechnet werden

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{q}{\rho}} = \sqrt{1600 \cdot q} = 40 \cdot \sqrt{q} \quad (2)$$

Dabei ist

q Geschwindigkeitsdruck des Windes
 ρ Luftdichte in kg/m^3 , $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Die Gleichung (1) kann damit umgeformt werden

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{40 \cdot \sqrt{q} \cdot D}{15 \cdot 10^{-6}} = 2,67 \cdot 10^6 \cdot D \cdot \sqrt{q} \quad (3)$$

Der geringste Geschwindigkeitsdruck beträgt nach DIN 1055-4

$q = 0,42 \text{ kN/m}^2$ (in Windzone 1, Binnenland)

Der Mindestwert der Reynoldszahl ist deshalb (mit Durchmesser $D = 0,4 \text{ m}$ und $q = 0,42 \text{ kN/m}^2$):

$$\min \text{Re} = 2,67 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{0,42} \cong 7 \cdot 10^5 \quad (4)$$

Damit ist nur der rechte Bereich in Abbildung 1 von Bedeutung. Der Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ kann deshalb mit folgender Formel errechnet werden.

$$c_{f,0} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log\left(10 \cdot \frac{k}{D}\right)}{1 + 0,4 \cdot \log\left(\frac{\text{Re}}{10^6}\right)} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log\left(10 \cdot \frac{k}{D}\right)}{1 + 0,4 \cdot \log\left(2,67 \cdot D \cdot \sqrt{q}\right)} \quad (5)$$

Dabei ist

k äquivalente Rauigkeit

Für Stahl gilt $k = 0,5 \text{ mm}$, für PE enthält DIN 1055-4 keine Angabe.

Eine Auswertung mit verschiedenen Böengeschwindigkeitsdrücken und Zylinderdurchmessern führt zu den in Tabelle 1 dargestellten Ergebnissen. Dabei wird die äquivalente Rauigkeit mit $k = 0,5 \text{ mm}$ angenommen.

Tabelle 1

Geschwindigkeitsdruck	Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ bei einem Zylinderdurchmesser			
	D = 0,4 m	D = 1,0 m	D = 2,0 m	D = 4,0 m
0,40 kN/m^2	0,832	0,820	0,813	0,808
0,50 kN/m^2	0,840	0,827	0,819	0,813
0,60 kN/m^2	0,846	0,832	0,824	0,818
0,70 kN/m^2	0,851	0,837	0,828	0,821
0,80 kN/m^2	0,855	0,840	0,832	0,825
0,90 kN/m^2	0,858	0,843	0,835	0,827
1,00 kN/m^2	0,861	0,846	0,837	0,830
1,10 kN/m^2	0,864	0,849	0,839	0,832

Der Größtwert des Grundkraftbeiwertes ist also $c_{f,0} = 0,864$.