

Doppler-Effekt

- a) Q+E in Ruhe: $f' = f$
- b) Q bewegt sich: $f' = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$ $Q \rightarrow E$
- c) E bewegt sich: $f' = f \cdot (1 + \frac{v}{c})$ $E \rightarrow Q$
- d) Q+E bewegen sich: $f' = f \cdot \frac{1 \pm \frac{v_E/c}{1 \pm \frac{v_Q/c}{1 \pm \frac{v_{QE}/c}}}}$ $E \text{ auf } Q$
 $Q \text{ auf } E$

Machkegel

$$v_a > c_s$$

$$\text{Machzahl: } M_a = \frac{v}{c_s} = \frac{1}{\sin \alpha}$$



Hydrostatik

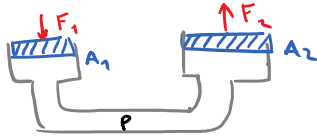
- Druck $p = \frac{F}{A}$ [$\frac{N}{m^2} = Pa$] 1 bar = $10^5 Pa$

- Schwere druck $p_s = \rho \cdot g \cdot h$

- Stempeldruck

$$p_1 = p_2$$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$



- Kompressibilität

$$\Delta V = V \cdot \frac{\Delta p}{K} = V \cdot \alpha \cdot \Delta p$$

$$\Delta p = -K \frac{\Delta V}{V} = -\frac{1}{\alpha} \frac{\Delta V}{V}$$

Kompressionsarbeit

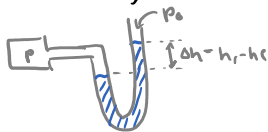
$$W = F \cdot s = p \cdot A \cdot s = p \cdot \Delta V$$

- Hydrostatisches Paradoxon

= Schweredruck ist unabhängig von der Form

- Druckmessung (Manometer)

$$p = p_0 + \rho g \Delta h$$



- Auftrieb



$$F_A = m_F \cdot g = \rho_F \cdot V_k \cdot g$$

$$F_G = m_K \cdot g = \rho_K \cdot V_k \cdot g$$

$$F = (\rho_F - \rho_K) V_k \cdot g$$

$$\rho_F > \rho_K \rightarrow F > 0 : \text{schwimmen}$$

$$\rho_F = \rho_K \rightarrow F = 0 : \text{schweben}$$

$$\rho_F < \rho_K \rightarrow F < 0 : \text{sinken}$$

- Schwimmen

$$F_A = m_F \cdot g = \rho_F \cdot V_k \cdot g$$

$$F_G = m_K \cdot g = \rho_K (V_1 + V_2) g$$

$$V_1 = V_2 \left(\frac{\rho_F - \rho_K}{\rho_K} \right)$$

- ideale Gasgleichung

$$p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T = \eta \cdot R \cdot T$$

k_B : Boltzmannkonstante; R : Gaskonstante

- Dichte des Gases

$$\rho \sim \frac{1}{V} \sim p \text{ (nicht bei Flüssigkeiten! } \rho_F = \text{konst.)}$$

- Gesetz von Boyle-Mariotte

= ändert V bei $T, N = \text{konstant}$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

- Kontinuitätsgleichung

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$$



- Volumenstärke

$$I = A \cdot v = \frac{\Delta V}{t} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

- Bernoulli-Effekt (ideale Fluide)

Annahme: keine Reibung, inkompressibel
dynamischer Druck: $p_{dyn} = \frac{1}{2} \rho v^2$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

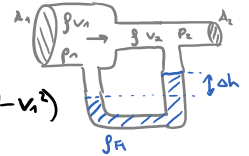
- Venturi-Rohr (Messung d. Strömungsgeschw.)

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2}$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho_{Fl} \cdot g \cdot \Delta h$$

Bernoulli: $p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho \left(\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right)}}$$



- Torricelli



$$p_{atm} + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g \cdot 0 = p_{atm} + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

- Hydrodynamisches Paradoxon



Scheibe wird von Rohr angezogen

- Reale Strömung (inkl. Reibung)

• Newtonsches Reibungsgesetz (Strömung laminar)

$$F_R = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dx} = \eta \cdot A \cdot \frac{v_0}{h}$$

η : Viskosität v_0 : Geschwindigkeit Wasseroberfläche
 h : Wassertiefe

• Stohessche Reibungsgesetz



$$F_R = -6\pi\eta R \cdot v$$

$$v_{sink} = \frac{2g(\rho_K - \rho_F)}{9\eta} R^2$$

• Hagen-Poiseuille-Gesetz (laminare Strömung im Rohr)

$$v(r) = \frac{p_1 - p_2}{4\eta l} (R^2 - r^2)$$

$$I = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8\eta l} R^4 \text{ (Volumenstromstärke)}$$

- Grenzflächen von Flüssigkeiten

• Kohäsion: Moleküle einer Flüssigkeit ziehen sich an

→ Oberflächenspannung: $\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \left[\frac{N}{m} \right]$

• Kraft auf Radiallinien $F = 2\sigma l$
(Flüssigkeit zieht nach innen)

• Überdruck in Blasen

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{4\sigma}{R}$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{2\sigma}{R}$$

$$\Delta p \sim \frac{1}{R}$$

• Adhäsion: Anziehungskraft zw. Flüssigkeit und Wand

(1) $Ad. > Ko.$

(2) $Ad. < Ko.$



= ändert V bei $T, N = \text{konstant}$

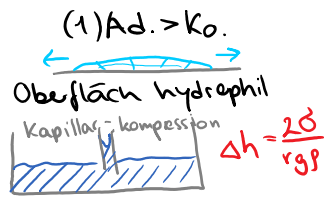
$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

- „Barometrische Höhenformel“

$$p(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 \cdot g \cdot h}{p_0}} = p_0 \cdot e^{-\frac{h}{h_0}}$$

$$\rho(h) = \rho_0 \cdot e^{-\frac{h}{h_0}} = \rho_0 \cdot e^{-\frac{h}{h_0}}$$

$$p_0 \approx 1 \text{ bar}, \rho_0 = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, h_0 \approx 10000 \text{ m}$$



und wand
(2) $Ad. < Ko.$

