Formelsammlung Strömungslehre

Kontinuitäts-Gleichung:

$$\underbrace{\frac{dm}{dt}}_{instationär} = \underbrace{\int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV}_{instationär} + \int_S \rho \cdot \underline{n} \cdot \underline{u}\, dS = 0$$

parabolisches Geschwindigkeitsfeld:

$$dS = r \cdot d\phi\, dr$$

Impulserhaltungs-Gleichung:

$$\underbrace{\frac{dp}{dt}}_{instationär} = \underbrace{\int_V \frac{\partial \rho \cdot \underline{u}}{\partial t} dV}_{instationär} + \int_S \rho \cdot \underline{u} (\underline{n} \cdot \underline{u})\, dS = -\int p\, \underline{n}\, dS + \underbrace{\sum F}_{\Rightarrow F_k = -F_s = -F_{Fl}} = 0$$

Bernoulli-Gleichung:

$$p + \underbrace{\rho \cdot g \cdot h}_{-\rho \cdot G} + \frac{\rho}{2} \cdot q^2 = const.$$

Potential "G":

$$G = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \cdot \omega^2 \cdot r \\ g \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} r \\ x \end{bmatrix} = -\left(\frac{1}{2} \cdot \omega^2 \cdot r^2 - g \cdot x\right)$$

Instationär:

$$\int_{S_1}^{S_2} \frac{\partial q}{\partial t} dS + \left(\frac{1}{2} \cdot q^2\right)\Big|_{S_1}^{S_2} + G\Big|_{S_1}^{S_2} + \int_{S_1}^{S_2} \frac{dp}{\rho} = 0$$

Linearer negativer Geschwindigkeitsverlauf:

$$q(t) = q_1 \cdot \left(1 - \frac{t}{\Delta t}\right)$$

Rohrreibung:

$$\bar{u} = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d^2}$$

$$R_e = \frac{\bar{u} \cdot d}{\nu} = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot \nu \cdot d}$$

Bernoulli bei Verlusten:

$$\ldots = \ldots + \delta_{PV} + \underbrace{\delta_{PP}}_{Drucksprung}$$

$$\delta_{PV} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \left(\sum \zeta_i + \frac{\lambda \cdot l}{d} + \zeta_A\right)$$

Im Kanal:

$$\underbrace{d_{hydr.}}_{Nicht\ für\ \ddot{u}!} = \underbrace{\frac{4 \cdot A_F}{l_F}}_{allgemein} = \underbrace{\frac{2 \cdot b \cdot h}{h + b}}_{wenn\ Kanal\ voll}$$

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho}$$

$\mu \ldots$ *dynamische Viskosität*

$\vartheta \ldots$ *kinetische Viskosität*

Über senkrechten Verdichtungsstoß: $Ma \geq 1$

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{2}{\kappa + 1} \cdot \frac{1}{Ma_1^2} + \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{2}{\kappa + 1} \cdot \frac{1}{Ma_1^2} + \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}$$

für Kessel (p_0, ρ_0, T_0) S.42

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{2 \cdot \kappa}{\kappa + 1} \cdot Ma_1^2 - \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa + 1} \cdot Ma_1^2 - \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}\right) \cdot \left(\frac{2}{\kappa + 1} \cdot \frac{1}{Ma_1^2} + \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}\right)$$

Gasdynamik:

allgemein:

$$p \cdot V = R \cdot T \cdot m \qquad \frac{p}{\rho} = R \cdot T$$

Bei kritischen Querschnitt: Ma=1

$$R = c_p - c_v \qquad \kappa = \frac{c_p}{c_v} \qquad h = c_p \cdot T \qquad c_p = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot R$$

Schallgeschwindigkeit:

$$a = \sqrt{R \cdot T \cdot \kappa}$$

$$M_a = \frac{q}{a}$$

Isentropenbeziehung:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{\kappa}$$

Verhältniss Ma über dem Stoß:

$$\frac{Ma_3}{Ma_2} = \frac{q_3}{a_3} \cdot \frac{a_2}{q_3}$$

Isobar (perfektes Gas):

$$q_{12} = c_p (T_2 - T_1)$$