

$$\dot{E}_{ein} = \dot{E}_{aus} \text{ führt zu } \underbrace{\frac{p_{ein}}{\rho_{ein}} + \frac{c_{ein}^2}{2} + g \cdot z_{ein} + u_{ein} + w_i}_{\text{zugeführt}} = \underbrace{\frac{p_{aus}}{\rho_{aus}} + \frac{c_{aus}^2}{2} + g \cdot z_{aus} + u_{aus} + q}_{\text{abgeführt}}$$

Energieformen:

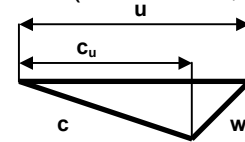
Verschiebearbeit	pV
Kinetische Energie	c ² /2
Lageenergie im Schwerfeld	gz
Innere therm. Energie	u
Mech. Wellenarbeit	w _i
Kühlwärme	q

Typ. kin. Zähigkeiten:

Wasser:	0°	1,8*10 ⁻⁶ [m ² /s]
	20°	1*10 ⁻⁶ [m ² /s]
	100°	0,3*10 ⁻⁶ [m ² /s]
Luft:	0°	13,2*10 ⁻⁶ [m ² /s]
	50°	17,9*10 ⁻⁶ [m ² /s]
	250°	41,0*10 ⁻⁶ [m ² /s]

Geschwindigkeitsdreieck

$$\vec{c} = \vec{u} + \vec{w} \text{ (Abs.=Umf.+Rel.)}$$



$$\text{Turbom.-hauptglg: } P_u = \dot{m} \cdot (u_a \cdot c_{ua} - u_e \cdot c_{ue}); P_u = \dot{m} \cdot \left(\frac{c_a^2 - c_e^2}{2} + \frac{u_a^2 - u_e^2}{2} - \frac{w_a^2 - w_e^2}{2} \right)$$

erforderl. Förderhöhe der Anlage:

$$\text{übergeführt in Totalenergiehöhen mit Wasser: inkompr, isotherm und adiab: } h_{tot} = \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{c^2}{2g} + z$$

$$H_{Anlage, erf.} = H_{geo} + \frac{p_{aus} - p_{ein}}{\rho \cdot g} + \frac{c_{aus}^2 - c_{ein}^2}{2 \cdot g} + \sum H_V$$

Pumpenleistung:

$$P_{Pumpe} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta}; \text{Sicherheitszuschl. f. Motor: } \begin{cases} \leq 7,5kW \rightarrow 20\% \\ \leq 7,5 - 40kW \rightarrow 15\% \\ \geq 40kW \rightarrow 10\% \end{cases}$$

Kavitation:

$$(NPSH) = \frac{p_{tot,S} - p_d}{\rho \cdot g} \rightarrow (NPSH)_{vorh} = \frac{p_e + p_b - p_d}{\rho \cdot g} + \frac{v_e^2}{2 \cdot g} - z_e - H_{ve-S}$$

Verlusthöhen:

$$H_V = \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g}; \text{gerades Rohr: } \zeta = \frac{\lambda \cdot l}{D}; \text{Austritt: } \zeta_a = 1 \text{ Reynoldszahl: } Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Ähnlichkeitszusammenhänge:

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot \left(\frac{D_{a2}}{D_{a1}} \right)^2; \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \left(\frac{D_{a2}}{D_{a1}} \right)^3$$

Dimensionslose Kennzahlen:

$$\text{Förderziffer: } \varphi = \frac{Q}{A \cdot u} \quad \text{oder } Q = 4.11 \cdot 10^{-2} \cdot \varphi \cdot D^3 \cdot n$$

$$\text{Druckziffer: } \psi = \frac{2 \cdot g \cdot H}{u^2} \quad \text{oder } H = 1.397 \cdot 10^{-4} \cdot \psi \cdot D^2 \cdot n^2$$

$$\text{Leistungsziffer: } \lambda_{PUMPE} = \frac{\varphi \cdot \psi}{\eta} \quad \lambda_{TURBINE} = \varphi \cdot \psi \cdot \lambda \quad \text{oder } P = 5.64 \cdot 10^{-8} \lambda \cdot \rho \cdot D^5 \cdot n^3$$

$$\text{Durchmesserziffer: } \delta = D \cdot \frac{H^{\frac{1}{4}}}{Q^{\frac{1}{2}}}; \text{spez. Drehzahl: } n_q = n \cdot \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{1}{4}}} \quad \text{oder } n_q = 157,786 \cdot \frac{\varphi^{\frac{1}{2}}}{\psi^{\frac{1}{4}}}$$