

Zusammenfassung:

Hydro-, Elektro-, Wärmedynamik

| | Hydrodynamik | | Elektrodynamik | | Wärmedynamik | |
|---|---|----------------------|---|--------------------------------|--|--|
| Menge (extensiv) | Volumen $V = I_V \cdot \Delta t = C_V \cdot \Delta p$ <i>Fläche unter Ip-Zeit-Diagramm</i> <i>Fläche unter Vänd-Zeit-Diagramm</i> | m^3 | Ladung $Q = I_Q \cdot \Delta t = C_Q \cdot U$ $-1 \text{ C} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ e}^-$ $1 \text{ e}^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ | Coulomb $C = A \cdot s$ | Entropie (Wärmemenge, -stoff) $S = I_S \cdot \Delta t = \frac{W}{T}$ $S = \lambda \cdot m$ | $\frac{J}{K}$ |
| Strom | Volumenstrom $I_V = A \cdot v$ $I_V = \frac{P}{\Delta p} = \frac{\Delta p}{R_V}$ <i>Steigung im V-Zeit-Diagramm</i> | $\frac{m^3}{s}$ | Ladungsstrom $I_Q = \frac{U}{R} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{P}{U}$ | $\frac{C}{s} = \text{Ampère}$ | Entropiestrom $I_S = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{I_W}{T} = \frac{P}{T_1 - T_2}$ $I_S = G_S \cdot (T_1 - T_2) = A \cdot k_S \cdot (T_1 - T_2)$ | $\frac{W}{K}$ $\frac{J}{K \cdot s}$ |
| Änderung | Volumenänderungsrate $\dot{V} = I_{V1} \pm I_{V2} \pm \dots$ einfließend → positiv abfließend → negativ <i>Steigung im V-Zeit-Diagramm</i> | $\frac{m^3}{s}$ | Ladungsänderungsrate $\dot{Q} = I_{Q1} \pm I_{Q2} \pm \dots$ | $\frac{C}{s} = A$ | Entropieänderungsrate $\dot{S} = I_{S1} \pm I_{S2} \pm \dots + \Pi_S$ | $\frac{W}{K}$ |
| Produktion | <i>Produktion und Vernichtung nicht möglich</i> | | <i>Produktion und Vernichtung nicht möglich</i> | | Entropieproduktionsrate $\Pi_S = \frac{1}{T} \cdot P_{diss}$ $(\Pi_S \geq 0)$ → irreversibel | $\frac{W}{K}$ |
| Potential (intensiv) Energiebeladungsmass | Druck p 1 bar = 100'000 Pa 1 hPa = 1 mbar | $Pa = \frac{N}{m^2}$ | Potential φ (griech.: phi) | Volt V | Temperatur $T = \frac{I_V}{I_S} = \frac{W}{S} = \frac{I_W}{I_S} = \frac{W}{C}$ | $0 \text{ °C} = 273.15 \text{ K}$ |
| Potentialdifferenz | Druckdifferenz $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$ | Pa | Spannung $U = \varphi_1 - \varphi_2$ $U = R \cdot I_Q = \sqrt{P \cdot R}$ | V | Temperaturdifferenz ΔT (thermisches Niveau) | $\text{°C} = K$ |
| Kapazität | $C_V = \frac{\Delta V}{\Delta p} = \frac{A}{\rho \cdot g}$ | $\frac{m^3}{Pa}$ | $C_Q = \frac{\Delta Q}{\Delta \varphi} = \frac{Q}{U} = \frac{2 \cdot W_{el}}{U^2}$ | $\frac{C}{V} = \text{Farad F}$ | Energie-/ Wärmekapazität $C = m \cdot c = n \cdot \bar{c}$ $C = \frac{\Delta S}{\Delta T}$ | $\frac{J}{K}$ |

| | Hydrodynamik | | Elektrodynamik | | Wärmedynamik | |
|--|---|-----------------------------|---|------------------------------------|--|---------------|
| Widerstand | $R_V = \frac{\Delta p}{I_V}$ | $\frac{Pa \cdot s}{m^3}$ | $R_Q = \frac{U}{I_Q} = \rho_{el} \cdot \frac{l}{A}$ l: [m] A: [m ²] ρ_{el} : spez. el. Widerstand [Ωm] | $\frac{V}{A} = \text{Ohm } \Omega$ | gesamter Widerstand durch alle Schichten: $R_W = \frac{\Delta T}{I_W} = \frac{1}{G_W}$ $R_W = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_2} \right)$ | $\frac{K}{W}$ |
| Leistung | $P_{hyd.} = I_V \cdot \Delta p$ $P_{hyd.} = I_V \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta h$ $P_{hyd.} = I_m \cdot g \cdot \Delta h$ $P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t}$ positiv: setzt Energie frei (Motor) negativ: nimmt E. auf (Pumpe) | $W = \frac{J}{s}$ | $P_{el} = I_Q \cdot U = \frac{W_{el}}{t} = \frac{U^2}{R}$ | Watt W | $P_{th} = I_S \cdot (T_1 - T_2) = I_S \cdot \Delta T$ | W |
| Energie (-vorrat, -speicher, Arbeit) | $W = p \cdot \Delta V = I_W \cdot \Delta t$ $W = \frac{1}{2} \cdot C_V \cdot \Delta p^2$ Fläche unter I_W -Zeit-Diagramm → mittransportierte Energie Fläche unter P -Zeit-Diagramm → umgesetzte Energie | Joule J J = Ws J = Nm | $W = \frac{1}{2} \cdot C_Q \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot U \cdot Q$ $W = P_{el} \cdot t = U \cdot I_Q \cdot t$ | J | $W_{th} = S \cdot T$ $\Delta W = C \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T$ | J |
| Energiestrom | $I_W = p \cdot I_V$ | W | $I_W = \varphi \cdot I_Q$ | W | $I_W = T \cdot I_S = \frac{W}{t}$ $I_W = G_W \cdot (T_1 - T_2) = A \cdot k \cdot (T_1 - T_2)$ $I_W = A \cdot \alpha \cdot (T_1 - T_2)$ $I_W = A \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot (T_1 - T_2)$ $I_W = \frac{1}{R_W} \cdot (T_1 - T_2)$ | W |
| | | | | | | |

| | Hydrodynamik | Elektrodynamik | Wärmedynamik |
|---------------|---|--|--|
| verschiedenes | $I_m = I_v \cdot \rho$ $\eta = \frac{P_{el}}{P_{grav}}$ | <p>AC: Wechselstrom DC: Gleichstrom LDR: Fotowiderstand; je dunkler, desto grösser der Widerstand NTC: Heissleiter; je wärmer, desto kleiner der Widerstand</p> | <p>Wirkungsgrad</p> $\eta = \frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Aufwandleistung}} = \frac{P_{el}}{P_{th}}$ $\eta = \frac{I_{W,el}}{I_{W,th,ein}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ $\eta = \frac{I_{W,th,ein} - I_{W,th,aus}}{I_{W,th,ein}}$ |

extensiv: verteilt sich auf mehrere Teile

intensiv: verteilt sich nicht

reversibel: umkehrbar

irreversibel: nicht umkehrbar (Entropieproduktion)

verwendete Abkürzungen:

Entropiestrom

G_S : Entropieleitwert

[W/K²]

$$G_S = \frac{G_W}{T_1} = \frac{T_S}{T_1 - T_2}$$

A: Fläche

[m²]

k_S : Entropiedurchgangskoeffizient

[W/(K²·m²)]

$$k_S = \frac{k}{T}$$

Energiestrom

G_W : Energie (Wärme-)leitwert

[W/K]

$$G_W = A \cdot k_S \cdot T_i$$

k: Wärmedurchgangskoeffizient

[W/(K·m²)]

(Tabelle)

α : Energie-/Wärmeübergangskoeffizient

[W/(K·m²)]

(Tabelle)

λ : Energie-/Wärmeleitkoeffizient

[W/(K·m)]

(Tabelle)

A: Fläche

[m²]

d: Dicke

[m]

T_1 → höhere Temperatur

T_2 → kleinere Temperatur

Schmelztemperatur von Eis: 273.15 K = 0 °C

spezifische Energie-/ Wärmekapazität

$$c = \frac{C}{m}$$

[J/(K·kg)]

(Tabelle)

c (H₂O) = 4180 J_{K.kg}

Verallgemeinerung:

Energie = mengenartige Grösse · Potential

Energiestrom = Strom · Potential