

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