

Lernzettel

Technische Wärmelehre (9 LP)

Universität:	Technische Universität Berlin
Kurs/Modul:	Technische Wärmelehre (9 LP)
Erstellungsdatum:	September 20, 2025



Zielorientierte Lerninhalte, kostenlos!
Entdecke zugeschnittene Materialien für deine Kurse:

<https://study.AllWeCanLearn.com>

Technische Wärmelehre (9 LP)

Lernzettel: Technische Wärmelehre (9 LP)**(1) Hauptsätze der Thermodynamik.**

- Nulltes Gesetz: Zwei Systeme befinden sich gleichzeitig im Gleichgewicht, wenn sie mit demselben Thermometer gemessen werden; daraus folgt die Definition der Temperatur.
- Erstes Hauptgesetz (Energieerhaltung): Die Änderung der inneren Energie eines Systems entspricht der zugeführten Wärme minus der an das Umfeld geleisteten Arbeit.

$$dU = \delta Q - \delta W$$

Für geschlossene Systeme mit stationärem Druck gilt

$$dU = \delta Q - P dV \quad (W = P dV)$$

- Zweites Hauptgesetz: Nicht umkehrbare Prozesse erhöhen die Entropie des Universums; für reversible Prozesse gilt $dS = \delta Q_{\text{rev}}/T$. Technisch bedeutsam sind Hierarchie und Richtung von Prozessen.

$$\Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T}$$

- Drittes Hauptgesetz (Nullpunkt der Entropie): Die Entropie eines perfekten Kristalls bei absolutem Nullpunkt ist null.

(2) Zustandsgrößen und Zustandsänderungen.

- Zustandsgrößen: Druck P , Volumen V , Temperatur T , Stoffmenge n bzw. Dichte ρ ; intensive Größen wie Dichte ρ , Druck P und Temperatur T ; ausführliche Größen wie U, H, S, V .
- Spezifische Größen: $u = U/m$, $h = H/m$, $s = S/m$, $v = V/m$.
- Zustandsänderungen: isobar (konstanter Druck), isochor (konstantes Volumen), isotherm (konstante Temperatur), adiabatisch (kein Wärmeaustausch, $\delta Q = 0$).
- Zustandsgleichungen: ideale Gasgleichung

$$PV = nRT \quad \text{bzw.} \quad P = \rho R_{\text{specific}} T$$

(3) Hydrodynamik (Fluiddynamik).

- Kontinuitätsgleichung (Massenerhaltung) für strömende Fluide.
- Bernoulli-Gleichung für strömende, ideale, inkompressible Medien entlang einer Stromlinie:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = \text{const.}$$

- Reale Effekte (Viskosität, Wärmeübergang) gehen als Verluste in die praktischen Berechnungen ein.

(4) Technische Bauteile.

- Dampf- bzw. Heizkessel (Wärmeerzeugung; Wasser/ Dampf als Arbeitsmedium).
- Turbinen (Wird durch expandierenden Dampf bzw. Gas betrieben; mechanische Arbeit).
- Kondensatoren (Abgabe von Wärme, Dampfkondensation zu Wasser).
- Wärmeübertrager (Wärmetauscher; Gegenstrom-, Kreuzstromprinzipien).
- Pumpen/Kompressoren (Schaffung oder Erhöhung des Drucks; Arbeit input).

(5) Stoffdaten und Stoffdiagramme.

- Stoffdaten: Verdampfungsenthalpie h_{fg} , Randenthalpien h_f, h_g , Entropien s_f, s_g am Sättigungspunkt; Sättigungsdruck $p_{\text{sat}}(T)$.
- Verdampfungsdiagramme: T - $\log p$ oder h - s Diagramme (Hammel- oder Mollier-Diagramm) zur Bestimmung von Zuständen und prozessabhängigen Größen.
- Verdampfungsgrad $x = \frac{h - h_f}{h_g - h_f}$ (Qualität) für zweiphasige Zustände.

- Übliche Formeln:

$$pV = nRT \quad \text{bzw.} \quad p = \rho R_{\text{specific}} T$$

(6) Kreisprozesse.

- Carnot-Kreisprozess: idealer reversibler Kreisprozess; maximale Effizienz

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad \text{mit absoluter Temperatur } T.$$

- Rankine-Zyklus (typischer Kraftwerkszyklus): Dampferzeugung, Turbinenexpansion, Kondensation, Pumpenkompression.

$$W_{\text{net}} = (h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)$$
$$\eta_{\text{Rankine}} = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_4}$$

(7) Wärmeübertragung.

- Leitung (Wärmeleitung): Fourier'sches Gesetz

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx}$$

bzw. über T und x vereinfacht

$$\dot{Q} = \frac{kA\Delta T}{\Delta x}.$$

- Konvektion (Zweite Wärmeübertragung): Newtonsches Abkühlungsgesetz

$$\dot{Q} = hA\Delta T_{\text{lm}}$$

mit der logarithmischen Temperaturdifferenz ΔT_{lm} .

- Strahlung: Stefan-Boltzmann-Gesetz

$$\dot{Q} = \varepsilon \sigma A (T_{\text{ober}}^4 - T_{\text{umgeb}}^4).$$

(8) Feuchte Luft.

- Feuchte Luft enthält trockene Luft plus Wasserdampf; definierte Größe

$$w = \frac{m_v}{m_{\text{da}}} \quad (\text{kg Wasser pro kg trockene Luft}).$$

- Relative Luftfeuchte ϕ :

$$\phi = \frac{p_v}{p_{\text{sat}}(T)} \quad (\text{relative Feuchte}).$$

- Enthalpie feuchter Luft (ca. gängig):

$$h \approx c_p T + w (h_{\text{fg}} + c_{pv} T),$$

wobei c_p die spez. Wärme von trockener Luft, h_{fg} die Verdampfungsenthalpie und c_{pv} die spez. Wärme des Wasserdampfes sind.

Hinweise zur Anwendung.

- Nutze zur Berechnung die geeigneten Zustandsgrößen und Tabellen (Sattpunkt-Tabellen) bzw. Diagramme (h-s, T-s).
- Beachte, dass reale Systeme Verluste aufweisen; ideale Formeln liefern nur Näherungen.