

Lernzettel

Hauptsätze der Thermodynamik und deren technische Bedeutung

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: Hauptsätze der Thermodynamik und deren technische Bedeutung**(1) Grundbegriffe: Zustandsgrößen und Zustandsänderungen**

Zustandsgrößen beschreiben den momentanen Zustand eines Systems, unabhängig vom Weg dorthin. Beispiele:

$$T \text{ (Temperatur)}, \quad p \text{ (Druck)}, \quad V \text{ (Volumen)}, \\ U \text{ (innere Energie)}, \quad H \text{ (Enthalpie)}, \quad S \text{ (Entropie)}.$$

Zustandsgrößen sind intensive bzw. extensive Eigenschaften. Zustandsänderungen sind Pfade, die das System von einem Zustand in einen anderen überführen; wichtig: Die Bilanz hängt nur von Anfangs- und Endzustand ab, nicht vom Weg.

(2) Nullte Hauptsatz der Thermodynamik

Technische Bedeutung: Temperatur ist ein transitivitäts Maßstab, mit dem Gleichgewichtszustände temperaturäquivalenter Systeme beschrieben werden. Messinstrumente (Thermometer) beruhen darauf, dass zwei Systeme im thermischen Gleichgewicht denselben Temperaturwert besitzen.

$$T_1 = T_2 \quad \text{im Gleichgewicht}$$

T verletzt dieses Gleichgewicht nicht spontan

(3) Erster Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltung)

Die Änderung der inneren Energie eines Systems ergibt sich aus zugeführter Wärme und geleisteter Arbeit:

$$\Delta U = Q - W.$$

$$W = \int p dV \quad (\text{PV-Arbeit bei } W\text{-Ausführung durch das System})$$

$$\Delta U = Q - W \quad \Rightarrow \quad Q = \Delta U + W$$

Hinweis: Für ideale Vereinfachungen gilt oft: $\Delta U = nC_V\Delta T$ bei konstantem Volumen.

(4) Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik (Entropie, Richtung von Prozessen)

Technische Bedeutung: Prozesse laufen in eine Richtung; kein reversibler Prozess ist allgemein möglich. Entropie vergrößert sich in irreversiblen Prozessen.

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} \quad (\text{Clausius-Ungleichung})$$

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad \text{für Kreisprozesse}$$

$$\text{Carnot-Wirkungsgrad: } \eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_h} \quad (T_h, T_c \text{ in Kelvin})$$

(5) Dritter Hauptsatz der Thermodynamik (absoluter Nullpunkt)

Technische Bedeutung: Die Entropie geht für perfekte Kristalle beim absoluten Nullpunkt ($T \rightarrow 0$) gegen null. Praxisrelevanz: Skalen- und Messgenauigkeit der Zustandsgrößen, absolutes Temperaturniveau.

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0 \quad \text{für ideale Kristalle}$$

(6) Zustandsgrößen und Zustandsänderungen – kompakt

Ideales Gasgesetz (Beispiele für Zustandsgrößen):

$$pV = nRT$$

bei isothermen Prozessen: $T = \text{const}$

bei isochoren Prozessen: $V = \text{const} \Rightarrow Q = \Delta U$

bei isobaren Prozessen: $p = \text{const}$

adiabatisch: $Q = 0 \Rightarrow PV^\gamma = \text{const.}, \gamma = \frac{C_p}{C_V}$

(7) Hydrodynamik – Zusammenhang mit Wärmelehre

Grundgleichungen der Strömungsmechanik helfen bei der Auslegung technischer Bauteile.

Kontinuitätsgleichung: $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$

Bernoulli-Gleichung: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{const.}$ entlang einer Stromlinie

(8) Technische Bauteile und deren Rolle

- Wärmetauscher: Wärmeübertragung zwischen Strömungen.
- Turbinen und Kompressoren: Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Arbeit bzw. Gegenstrom.
- Dampf-/Kondensationskreisläufe: Rankine-ähnliche Verläufe, Energieumwandlung.
- Pumpen und Ventile: Steuerung von Volumenströmen und Drücken.

(9) Stoffdaten und Stoffdiagramme

- Zustandsdiagramme (P–V–T) und T–S-Diagramme geben Aufschluss über Phasenwechsel, Enthalpie und Entropie.
- Eigenschaftenblätter: $c_p, c_v, \kappa, \rho, h_f$ etc. wichtig für Berechnungen in Wirkzyklen.
- Wichtiges Beispiel: ideales Gasgesetz und Zustandsänderungen liefern Berechnungswege in Kälte- und Wärmeprozessen.

(10) Kreisprozesse und Wärmetransfer

- Rankine-Kreisprozess: Verdampfung, Turbineneinsatz, Kondensation, Pumpe.
- Carnot-Kreisprozess als theoretisches Vergleichsmodell.
- Otto- und Dieselszyklen: reale Verbrennungsmotoren.
- Wärmeübertragung: Leitung, Konvektion, Strahlung als zentrale Verlust- und Nutzungswege.

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx}, \quad \dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_\infty), \quad \dot{Q}_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A(T^4 - T_{\text{sur}}^4)$$

(11) Feuchte Luft – Psychrometrie und Enthalpie

- Dampfdruck p_v und Sättigungsdruck $p_{v,\text{sat}}(T)$ bestimmen die relative Feuchte ϕ .

$$\phi = \frac{p_v}{p_{\text{atm}}}$$

- Feuchte Masse pro Masse trockener Luft (Wassergehalt, w):

$$w = 0.622 \frac{p_v}{p_{\text{atm}} - p_v}$$

- Enthalpie der feuchten Luft:

$$h = c_p T + w h_{fg}$$

mit h_{fg} der Verdampfungsenthalpie von Wasser.

(12) Technische Bedeutung – Zusammenfassung

- Die vier Hauptsätze definieren zulässige Prozesse, Energieumwandlungen und Grenzen technischer Systeme.
- Zustandsgrößen ermöglichen die wetterunabhängige Modellierung technischer Komponenten.
- Kreisprozesse und Wärmeübertragung bilden die Kernbereiche technischer Wärmetechnik, Energiewandlung und Kälte-/Klimabau.