

Lernzettel

Stoffdaten, Stoffdiagramme und deren
Anwendung in Berechnungen: Eigenschaften von
Wasser, Dampf, Luft, Kühl- und Heizmitteln

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: Stoffdaten, Stoffdiagramme und deren Anwendung in Berechnungen: Eigenschaften von Wasser, Dampf, Luft, Kühl- und Heizmitteln

(1) Zustandsgrößen und Zustandsänderungen. Zustandsgrößen beschreiben den aktuellen thermodynamischen Zustand eines Stoffes. Typische Größen:

p Druck, T Temperatur, v spezifisches Volumen, h Enthalpie, u Innere Energie,

$$h = u + p v.$$

(2) Zustandsgleichungen, Zustandsänderungen. Zustandsänderungen sind Pfade im p-T-Diagramm bzw. in Stoffdiagrammen. Typische Prozesse:

isobar: $p = \text{const}$, isotherm: $T = \text{const}$, isenthalpisch: $h = \text{const}$.

$$p = p(T, v) \quad \text{bzw.} \quad T = T(p, v).$$

(3) Stoffdiagramme und deren Anwendung. Wichtige Stoffdiagramme:

- p-T-Diagramm: Zustandspfad bei gegebener Druck-Temperatur-Kopplung.
- T-s-Diagramm (feuchte Luft): Feuchte-Luft-Zustände und Verdampfungsprozesse erkennen.
- h-s-Diagramm (Dampfprozesse): Verdampfungs- und Kondensationsprozesse analysieren.

$$p_{\text{sat}} = p_{\text{sat}}(T) \quad (\text{Sättigungslinie})$$

Für Wasser gilt an einer Sättigungslinie:

$$h_f(T), \quad h_g(T), \quad h_{fg}(T) = h_g(T) - h_f(T).$$

(4) Stoffdaten: Wasser, Dampf, Luft, Kühl- und Heizmittel.
Wasser und Dampf (H₂O):

- Kritischer Punkt: $T_c = 647.096 \text{ K}$, $p_c = 22.064 \text{ MPa}$.
- Bei $T = 100^\circ\text{C}$ (Sättigung):

$$p_{\text{sat}} = 1.01325 \text{ bar} = 0.101325 \text{ MPa},$$

$$h_f(100^\circ\text{C}) \approx 419.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h_g(100^\circ\text{C}) \approx 2675.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}},$$

$$h_{fg}(100^\circ\text{C}) \approx 2256.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

$$h = h_f + x h_{fg}, \quad 0 \leq x \leq 1 \quad (\text{statische Sättigungsmischung})$$

Luft (Trockenluft als ideales Gas):

$$R \approx 287 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}, \quad c_p \approx 1005 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}, \quad c_v \approx 718 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}, \quad \gamma = \frac{c_p}{c_v} \approx 1.40.$$

Kühl- und Heizmittel: Typische Anwendungen betreffen Kühlmittelkreisläufe (z.B. R-134a, R-410A) und glycolhaltige Heizmittel (Wasser-Glykol-Gemische). Stoffdaten werden primär aus Stoffdatenbanken (NIST, REFPROP, NIST WebBook) entnommen. Für Rechenaufgaben gilt: nutze die aktuell gültigen Tabellenwerte aus deiner Datenbank.

(5) Rechenbeispiele mit Stoffdaten.

Beispiel 1: Verdampfungsenthalpie einer Sättigungsdampfphase. Bei einer Sättigungstemperatur T gilt:

$$h(T) = h_f(T) + x h_{fg}(T),$$

wobei bei vollständiger Verdampfung $x = 1$ ist, also $h = h_g(T)$.

Beispiel 2: Bestimmung der Qualität aus gemischtem Dampf. Gegeben h in einer Sättigungsmischung, dann

$$x = \frac{h - h_f(T)}{h_{fg}(T)}.$$

Beispiel 3: Verdichtungs-/Druckänderung eines Luft-Gemisches. Für ideale Luft gilt:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{bei gleicher } v \text{ (isentropie Näherung).}$$

Hinweis: echte Prozesse erfordern psychrometrische Größen für feuchte Luft.

(6) Anwendung in Berechnungen. Stoffdiagramme unterstützen:

- Abschätzung von Zustandsgrößen aus gemessenen Größen (p , T , h , s).
- Planung von Verdampfungs- und Kondensationsprozessen in Wärme-Kälte-Kreisläufen.
- Auslegung von Wärmetauschern anhand der Eigenschaftsänderungen von Wasser/Dampf.

(7) Hinweise zu Quellen und Praktischem. - Verwende aktuelle Stoffdatenbanken (IAPWS/IF97, NIST REFPROP) für Wasser und Dampf. - Für Luft gilt oft das ideale Gasmodell bei moderaten Drücken; bei hohen Drücken ist Zu-/Abkühlung von Luftfeuchtigkeit zu berücksichtigen. - Bei Kühl- und Heizmitteln sind Herstellerdatenblätter bzw. spezialisierte Tabellen unverzichtbar.