

Lernzettel

Kreisprozesse und Leistungskennwerte in
technischen Anwendungen (Rankine-, Brayton-
und Kühlzyklen)

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: Kreisprozesse und Leistungskennwerte in technischen Anwendungen (Rankine-, Brayton- und Kühlzyklen)

(1) Grundbegriffe und Zustandsgrößen. Zustandsgrößen beschreiben den Momentanzustand eines Systems. Hauptgrößen in thermodynamischen Kreisprozessen sind:

$$p, \quad T, \quad h \text{ (Enthalpie)}, \quad s \text{ (Entropie)}$$

Weitere Größen sind Volumen v , Dichte ρ und Massendurchsatz $\dot{m}$.

Zustandsgröße und Beziehung.

$$h = u + p v$$

$$Q - W = \Delta U \quad (\text{erstes Hauptsatz})$$

(2) Allgemeine Zielsetzung von Kreisprozessen. Ziel: Wärme in Arbeit oder Kühlwirkung umsetzen. Wichtige Kennwerte:

$$W_{\text{net}} = \dot{m} [(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)]$$

$$Q_{\text{in}} = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

$$Q_{\text{out}} = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}}$$

(3) Rankine-Zyklus – idealer Dampfkreis. Typische Prozessschritte:

- 1 → 2 Turbineneingang (Dampf)
- 2 → 3 Kondensation
- 3 → 4 Verdampfungsdruck (Pumpe)
- 4 → 1 Rückführung zum Boiler

In Gleichungen (pro Masse $\dot{m}$):

$$W_{\text{net}} = \dot{m} [(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)]$$

$$Q_{\text{in}} = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

$$Q_{\text{out}} = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}}$$

(4) Brayton-Zyklus – Gas-Turbinenprozess. Prozessschritte:

- 1 → 2 Kompression (isentrop)
- 2 → 3 Wärmezufuhr (Verbrennung)
- 3 → 4 Expansion im Turbomotor

- 4 → 1 Abkühlung

$$W_{\text{net}} = \dot{m} [(h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)]$$

$$Q_{\text{in}} = \dot{m}(h_3 - h_2)$$

$$Q_{\text{out}} = \dot{m}(h_4 - h_1)$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}}$$

Ideale Brayton-Wirkungsgleichung.

$$\eta_{\text{ideal}} = 1 - \frac{1}{r_p^{(\gamma-1)/\gamma}}$$

mit

$$r_p = \frac{p_2}{p_1}, \quad \gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

(5) K hlzyk (K lteprozess). Ziel: Wärme aus dem zu Kühlenden entfernen.

$$Q_L = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

$$W_{\text{in}} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$Q_H = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{Q_L}{W_{\text{in}}}$$

Carnot-Refrigerator (ideal).

$$\text{COP}_{\text{ref}}^{\text{Carnot}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

(6) Leistungskennwerte und Design-Parameter. - Massendurchsatz $\dot{m}$ - spezifische Arbeit $w = W/\dot{m}$ - Nettoleistung $\dot{W}_{\text{net}} = \dot{m}W_{\text{net}}$ - thermischer Wirkungsgrad η_{th} - Druckverhältnis r_p und Zustandspunkte

(7) Beispielrechnung (Rankine). Gegeben: $\dot{m} = 1 \text{ kg s}^{-1}$,

$$h_1 = 3200 \text{ kJ kg}^{-1}, \quad h_2 = 2700 \text{ kJ kg}^{-1}, \quad h_3 = 1000 \text{ kJ kg}^{-1}, \quad h_4 = 150 \text{ kJ kg}^{-1}.$$

Berechnungen:

$$W_{\text{net}} = \dot{m} [(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)] = (3200 - 2700) - (150 - 1000) = 500 - (-850) = 1350 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{in}} = \dot{m}(h_1 - h_4) = 3200 - 150 = 3050 \text{ kW}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}} = \frac{1350}{3050} \approx 0.44$$

(8) Ergänzende Hinweise. - Stoffdaten: Wasser-Dampf, Dampf-Tafeln, T-s- und h-s-Diagramme.
- Praktische Anwendungen berücksichtigen reale Effekte wie Verdampfer-Hysterese, Reibung, Wärmeverluste und Nicht-Idealit ten.