



Thermodynamikübungsstunde 11

Exergetischer Wirkungsgrad

Folien von Dominic Landolf, angepasst durch Pascal Hodel und Auf der Maur

Pascal Auf der Maur

Exergie - offenes System

- Die Exergie, welche ein Massenstrom bzgl. der Umgebung mit sich führt, kann man folgendermassen berechnen:

$$\dot{E}_{x,\text{str}} = \dot{m} \cdot [h - h_0 - T_0(s - s_0) + ke + pe]$$

$$\dot{e}_{x,\text{str}} = h - h_0 - T_0(s - s_0) + ke + pe$$

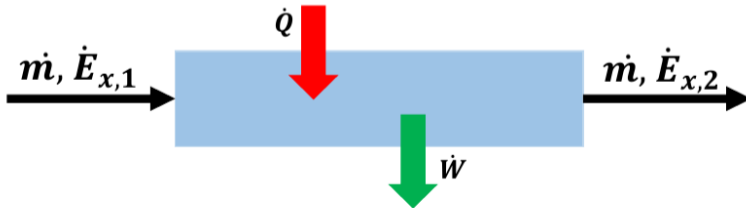
- $[\dot{E}_{x,\text{str}}] = \frac{J}{s} = W$
- $[\dot{e}_{x,\text{str}}] = \frac{J}{kg}$

Exergie - Exergiedifferenz

- Somit lässt sich die Exergiedifferenz eines Massenstromes von 1 nach 2 berechnen als:

$$\dot{E}_{x,2} - \dot{E}_{x,1} = \dot{m} \cdot [h_2 - h_1 - T_0(s_2 - s_1) + \Delta ke + \Delta pe]$$

$$\dot{e}_{x,2} - \dot{e}_{x,1} = h_2 - h_1 - T_0(s_2 - s_1) + \Delta ke + \Delta pe$$



Exergiebilanz für offene Systeme

- Die Exergiebilanz für offene Systeme lautet:

$$\frac{dE_x}{dt} = \sum_{i=1}^n \dot{m}_{ie} \cdot e_{x,\text{str},ie} - \sum_{k=1}^n \dot{m}_{ka} \cdot e_{x,\text{str},ka} + \sum_{j=1}^l \left(1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_s - T_0 \cdot \dot{S}_{\text{erz}}$$

- T_0 entspricht der Umgebungstemperatur
- T_j entspricht der jeweiligen Grenztemperatur

Wirkungsgrad und Leistungsziffer

- Immer:

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$$

- Thermischer Wirkungsgrad:

$$\eta_{th} = \frac{W_{KP}}{Q_{zu}} = 1 - \frac{Q_{ab}}{Q_{zu}}$$

- Nutzen ist die geleistete Arbeit während des Kreisprozesses
- Aufwand die benötigte Wärme

Wirkungsgrad und Leistungsziffer

- Leistungsziffer **Kältemaschine** (z.B. Kühlschrank):

$$\epsilon_{KM} = \frac{\dot{Q}_C}{-\dot{W}_{KM}} = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_C}$$

- Nutzen ist dem kalten Reservoir entzogene Wärme, also dem Kreisprozess zugeführte Wärme
- Leistungsziffer **Wärmepumpe** (z.B. Heizung):

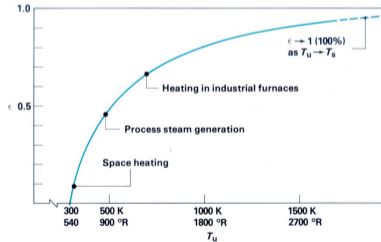
$$\epsilon_{WP} = \frac{\dot{Q}_H}{-\dot{W}_{WP}} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_C}$$

- Nutzen ist dem heissen Reservoir zugeführte Wärme, also dem Kreisprozess entzogene Wärme

Exergetischer Wirkungsgrad

$$\epsilon = \frac{\text{nutzbare Exergie}}{\text{zugeführte Exergie}}$$

- Exergetischer Wirkungsgrad nimmt mit höherer Nutzungstemperatur zu



- Aus der Aufgabe erkennen welche die “gewünschte” und “benötigte“

Zusammenfassung

- 4 Blätter oder 8 Seiten
- Meist ZF von Patrik Rohner empfohlen
 - Seiten 1 bis 6 relevant für Thermo 1
- LTNT-Formelsammlung wird bereitgestellt
 - Nur Formeln von dieser ZF erlaubt
 - Deckt Stoff gut ab

Empfehlung:

LTNT-Formelsammlung benutzen mit Theorieergänzungen (Diagramme) auf eigener Formelsammlung

Prüfung

- Zeitlich sehr knapp (120 min)
- Ausgangsgleichungen notieren (LTNT)
- Gleichungen formal umformen
- Vereinfachungen und Annahmen notieren
- Tabellenwerte abschreiben
 - Tabellenangabe
 - Bei Interpolation dies notieren
- Grössen einsetzen
- Endergebnis notieren **mit** Einheiten
- Diagramme klar und gross zeichnen (Achsenbeschriftung)
- **Immer aufpassen mit den Einheiten**

Prüfungsvorbereitung

- Theorie kurz mit Slides/Skript repetieren
 - Annahme Wasser inkompressibel
 - Entropieänderung für ideale Gase
 - Wirkungsgrade
 - Isolinien in Diagramme
 - Technische Komponenten
 - ...
- Alte Prüfungen unter Zeitdruck von Ilias und Amiv lösen
- Arbeiten mit Zusammenfassung und Tabellen
- Routine gewinnen