



# Thermodynamikübungsstunde 8

Entropiebilanz, Technische Komponenten

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

Pascal Auf der Maur

# Entropie

- Entropie  $S$  ist eine **Zustandsgrösse**
- **Entropiedifferenz**  $S_2 - S_1$  ist **unabhängig** ob reversibler oder irreversibler Prozess
- Ein Prozess wird spontan immer in **Richtung der zunehmenden Entropie** verlaufen
- Erzeugte Entropie  $S_{erz}$  ist jedoch **keine Erhaltungsgrösse** (Entropie wird bei irreversiblen Prozessen produziert, kann jedoch nicht vernichtet werden)
- **Beispiel:** Nach einem Zyklus in einem Kreisprozess nimmt Zustandsfunktion  $S$  wieder den selben Wert an. Ist der Kreisprozess jedoch nicht reversibel, wurde Entropie erzeugt und folglich  $S_{erz} > 0$

# Entropiedifferenzen

- **Wichtig:** Sprechen wir von Entropiedifferenzen  $\Delta S = S_2 - S_1$  betrachten wir, wie sich die Zustandsfunktionen  $S$  zweier Zustände unterscheidet
- Es gibt folgende Möglichkeiten um Entropiedifferenzen zu berechnen:
  - Reale Stoffe:
    - ▶ Tabellen
  - Ideale Gase:
    - ▶ Tabellen
    - ▶ Formel mit spezifischen Wärmekapazitäten
  - Inkompressible Flüssigkeiten
    - ▶ Tabellen (Falls tabelliert)
    - ▶ Formel mit spezifischen Wärmekapazitäten
  - TdS-Gleichungen

## Entropiebilanz für geschlossene Systeme

- Die Entropiebilanz für einen Prozess in einem geschlossenen System mit konstanten Temperaturen an Systemgrenzen lautet:

$$S_{erz} = S_2 - S_1 - \sum_{j=1}^I \frac{Q_j}{T_{G,j}}$$

- $T_G$ : Temperatur an Systemgrenze, bei welcher Wärme übertragen wird
- **Ein adiabater und reversibler Prozess ist gleichzeitig isentrop!**

- Clausius Ungleichung  $\oint \frac{\partial Q}{T_G} \leq 0$

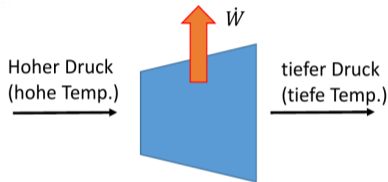
## Entropiebilanz für offene Systeme

- Analog zur Energie wird auch Entropie über Massenströme in ein System hineingeführt
- Die Entropiebilanz für offene Systeme lautet:

$$\dot{S}_{\text{erz}} = \frac{dS}{dt} - \sum_{j=1}^l \frac{\dot{Q}_j}{T_{G,j}} + \sum_{k=1}^m \dot{m}_{k,a} \cdot s_{k,a} - \sum_{i=1}^n \dot{m}_{i,e} \cdot s_{i,e}$$

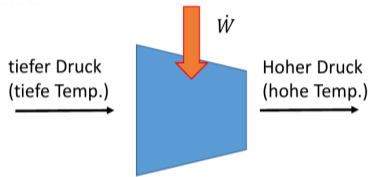
- Die Gleichung hat die Einheit  $\frac{J}{Ks}$

# Eigenschaften technischer Komponenten - Turbine



- Fluid entspannt sich von hohen auf tieferes Druckniveau und leistet dabei Arbeit
- Typische Annahmen
  - Adiabat
  - Isentroper Wirkungsgrad

# Eigenschaften technischer Komponenten - Kompressor/Pumpe



- Durch Arbeit am Fluid wird dessen Druck erhöht. Bei der Pumpe interessiert uns der geförderte Massenstrom und beim Kompressor der Druckanstieg
- Typische Annahmen
  - Adiabat
  - Isentroper Wirkungsgrad

## Eigenschaften technischer Komponenten - Düse



- Verengung der Strömung und somit Beschleunigung des Fluids durch Druckdifferenz. Dabei wird keine Arbeit geleistet.
- Typische Annahmen
  - keine Arbeit
  - kinetische Energie nicht vernachlässigbar
  - (Isentrop)
  - (Adiabat)



# Eigenschaften technischer Komponenten - Diffusor



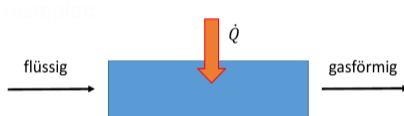
- Erweiterung des Strömungsquerschnitts und somit Abbremsung des Fluids.
- Typische Annahmen
  - keine Arbeit
  - kinetische Energie nicht vernachlässigbar
  - (Isentrop)
  - (Adiabat)

## Eigenschaften technischer Komponenten - Kondensator



- Fluid wird meist durch Abkühlen von gasförmigen in flüssigen Aggregatzustand überführt.
- Typische Annahmen
  - keine Arbeit
  - isobar

# Eigenschaften technischer Komponenten - Verdampfer



- Durch zuführen thermischer Energie wird Fluid von flüssigen in gasförmigen Zustand umgewandelt.
- Typische Annahmen
  - keine Arbeit
  - isobar

## Eigenschaften technischer Komponenten - Ventil



- Fluid entspannt sich von hohem Druck auf tiefen Druck.
- Typische Annahmen
  - keine Arbeit
  - (Adiabat)
  - Adiabat und reversibel bedeutet nach 1. Hauptsatz  $0 = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$
  - Drosselemente sind oft **isenthalp**