



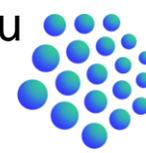
# Thermodynamik I Übungsstunde 10

Juncheng Fu (Elias)  
13. Dezember 2024

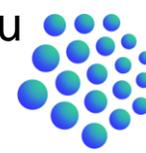


Übungsmaterial



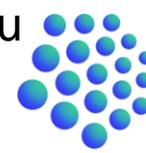


- Die Übungsstunde wird von mir aufgezeichnet!
- **Nicht offiziell**
- (Screen recording) Lade ich später auf YT hoch
- Keine Garantie für Qualität, es ist nur in der Not zu nutzen (Falls Krank...)



# Ablauf

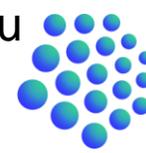
- Organisatorisches
- Quiz
- Theorie
- Vorlösen
- Schluss



# Organisatorisches

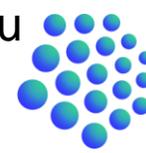
Nächste Woche werde ich nicht in Präsenz sein.

- Materialien werde ich bald freischalten, das Video von letztem Jahr auch.
  - Ihr könnt schon vorher anschauen.
  - Ihr könnt natürlich auch hier bei diesem Raum mit geilen Anlagen streamen.
- Könnt auch die andere Übungsstunde besuchen.
- Ich werde von 8Uhr bis 10Uhr online sein, per zoom, falls ihr Fragen habt.
  - Am effizientesten wäre Aufnahme vorher anschauen, dann die 2 Stunden Fragen stellen.
- Up to you guys.
- Study Center in Ferien ist nun intern geplant (Ort: wird noch bekannt geg.):
  - 08. Januar 2025                      18:00 – 20:00
  - 15. Januar 2025                      18:00 – 20:00
  - Info auf Moodle achten.



# Ablauf

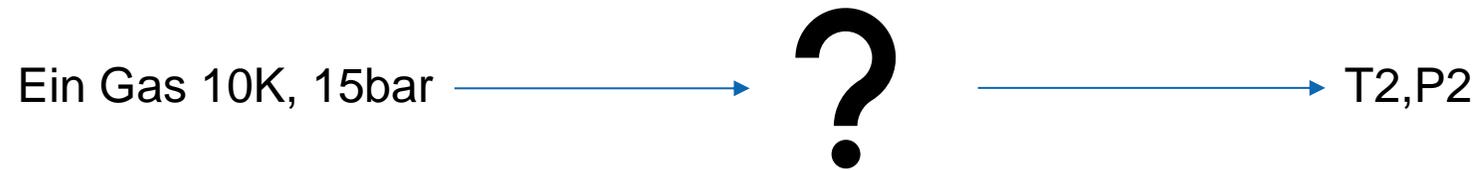
- Organisatorisches
- Quiz
- Theorie
- Vorlösen
- Schluss



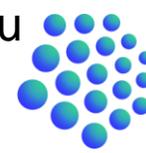
## Quiz (nicht prüfungsrelevant)

Ziel, das Gas noch kälter zu machen, bis zum 4K.

Es ist schon extrem kalt, wie kann man das Gas noch kälter machen?



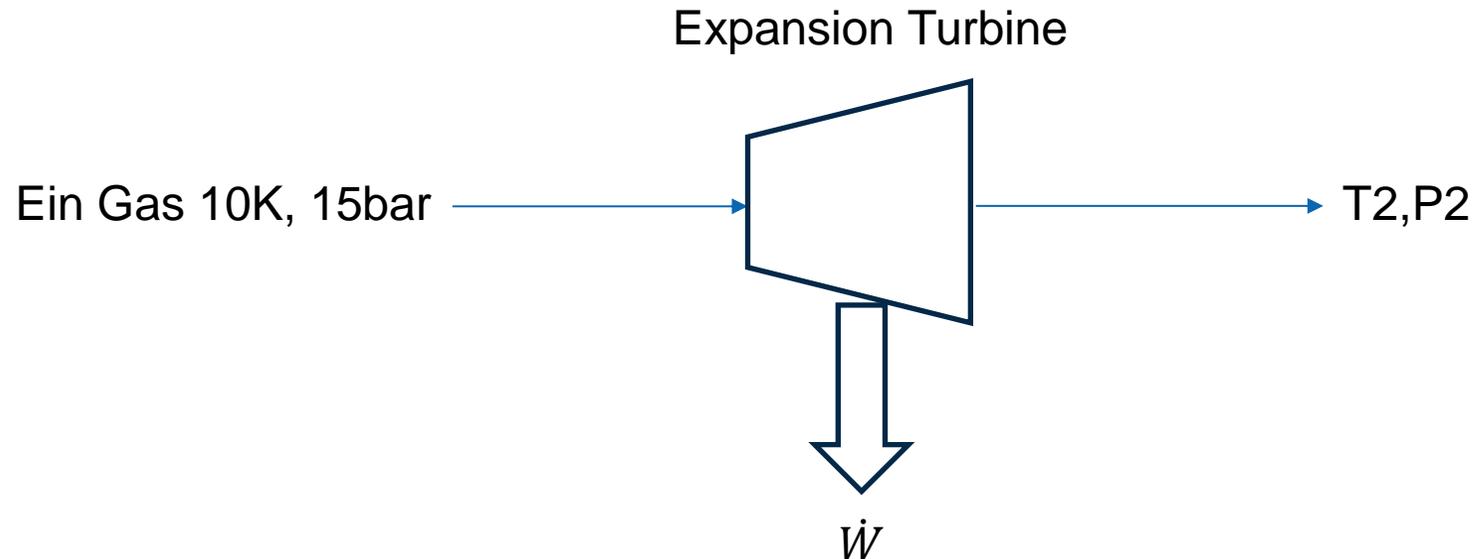
Wärmeaustauscher nicht in der Frage, weil 10K bis zum „Fragezeichen“ die tiefste Temperatur in Prozesse ist. Umgebungstemperatur ist höher als 10K.  
Wenn man Wärmeaustauscher einbaut, leider kann nur das Gas erhitzen.



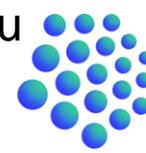
## Quiz (nicht prüfungsrelevant)

Ziel, das Gas noch kälter zu machen, bis zum 4K.

Es ist schon extrem kalt, wie kann man das Gas noch kälter machen?



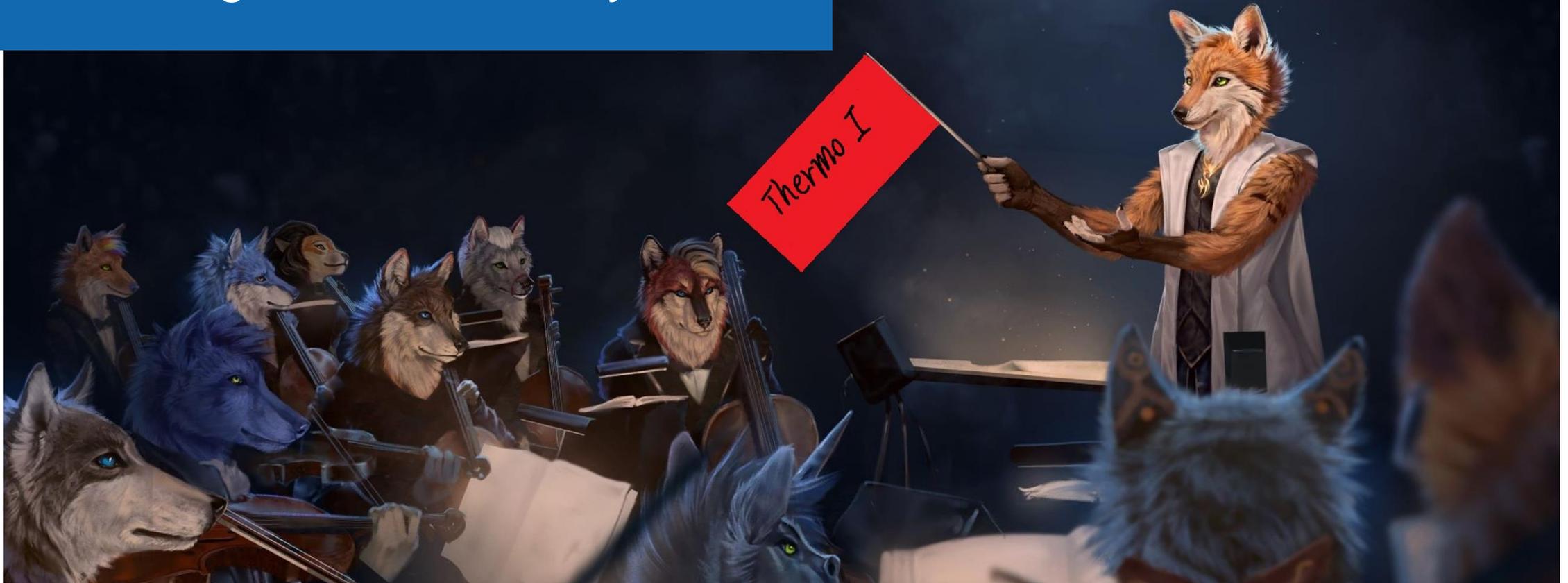
Durch Expansion Turbine, kann man die letzte Exergie von dem Gas extrahieren. Somit wird das Gas nach der Turbine weniger Energie haben, somit wird es kühler.



# Ablauf

- Organisatorisches
- Quiz
- Theorie
- Vorlösen
- Schluss

# Exergie am offenen System



# Exergie

Maximale **umwandelbare Energie in definierter Umgebung** (KE, PE, elektrische Energie sind reine Exergie)

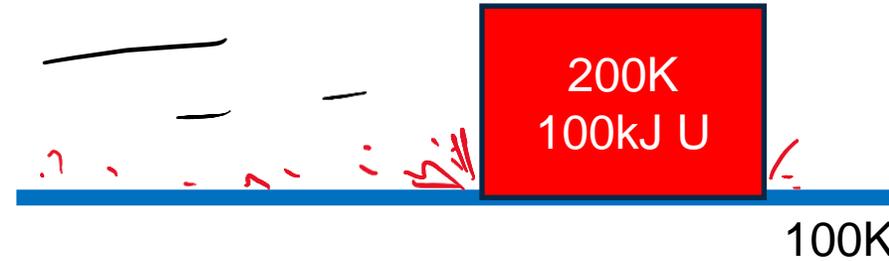
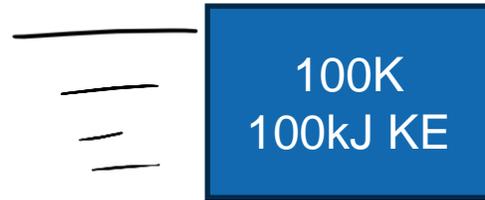
KE  $\Leftrightarrow$  PE 100% frei umwandelbar

KE  $\Rightarrow$  Wärme 100%,

jedoch Wärme kann normalerweise nicht 100% zurück zum KE oder PE umgewandelt werden

- **Exergie hängt von der Umgebung ab** (auch Sys. Grenze!)
- **Exergie Verlust** mit Entropieerzeugung gekoppelt
  - Wenn es Reibverlust gibt, nicht alle Reibverlust wird zu Anergie (nutzlose Energie), Da die erzeugte Wärme beinhaltet auch ein Teil der Exergie.

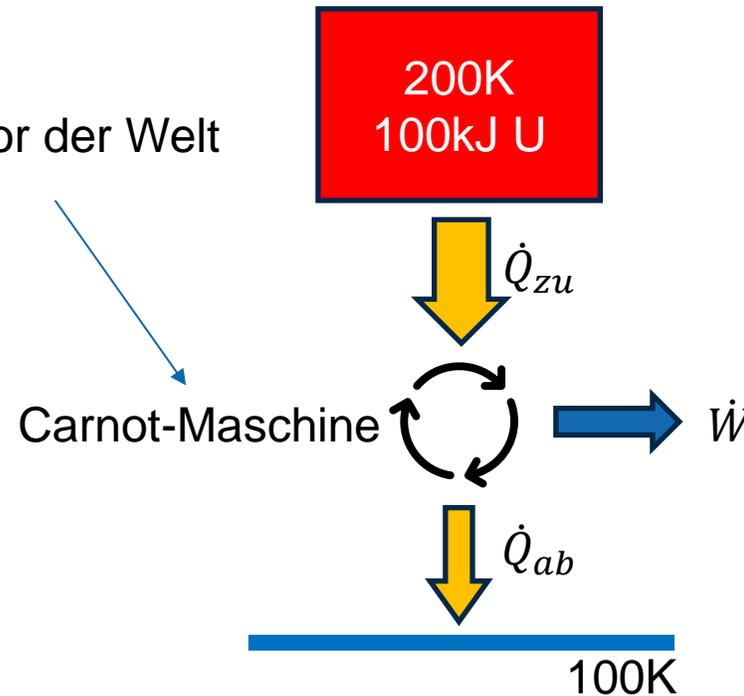
# Exergie



100% Umwandlung von KE -> Wärme Q in Innere Energie

reine Exergie

Der beste Motor der Welt



Nun von Q -> KE, wie viel kann ich noch zurück umwandeln? (Wieviel Exergie steckt in dieser Wärme Q?)

Was ist  $\eta_{th}$  in diesem Fall?

$$\eta_{th} = \eta_{carnot} = 1 - \frac{T_{ab}}{T_{zu}} = 1 - \frac{100K}{200K} = 50\%$$

100kJ in der Wärme nur 50kJ davon kann man umwandeln wenn man die Temp. Differenz hält.

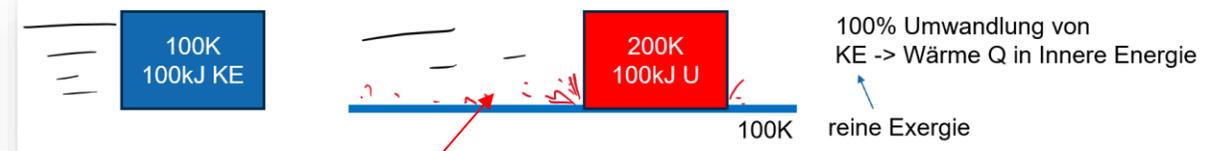
Während Wärmeübergabe, der Block kühlt sich, somit sinkt die Temperatur, somit sinkt Carnotscher Wirkungsgrad während der Zeit. Die eigentlich rauskommende Arbeit ist noch weniger als 50kJ.

# Exergie

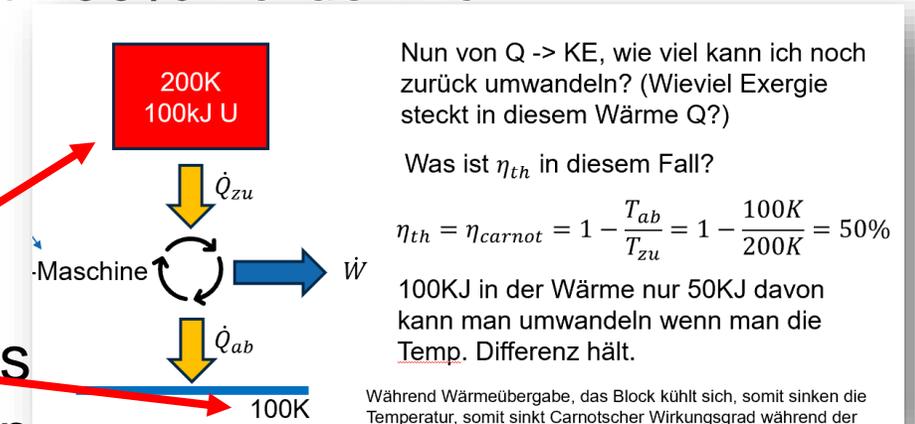
Maximale **umwandelbare Energie in definierter Umgebung** (KE, PE, elektrische Energie sind reine Exergie)

KE  $\Leftrightarrow$  PE 100% frei umwandelbar

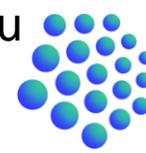
KE  $\Rightarrow$  Wärme 100%,



jedoch Wärme kann normalerweise nicht 100% zurück zum KE oder PE umgewandelt werden

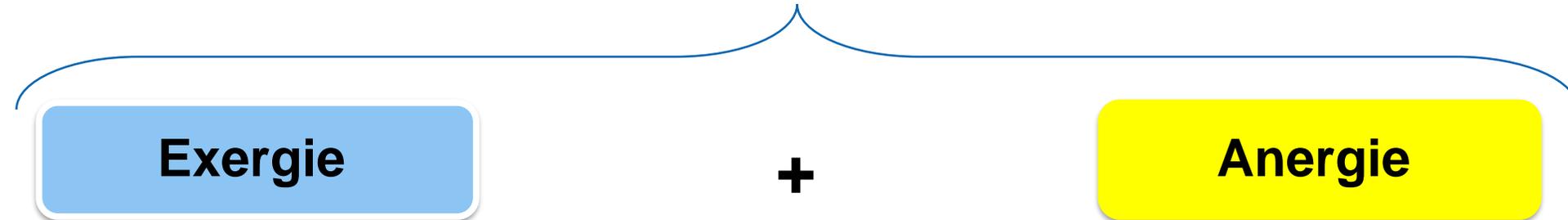


- **Exergie hängt von der Umgebung ab** (auch Sys
- **Exergie Verlust** mit Entropieerzeugung gekoppelt
  - Wenn es Reibverlust gibt, nicht alle Reibverlust wird zu Anergie (nutzlose Energie), Da die erzeugte Wärme beinhaltet auch ein Teil der Exergie.



# Exergie & Anergie

Energie = konst.

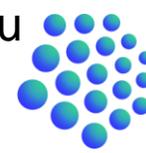


In einer vorgegebenen  
**Umgebung**  
in **jede andere** Energieform  
**umwandelbar.**

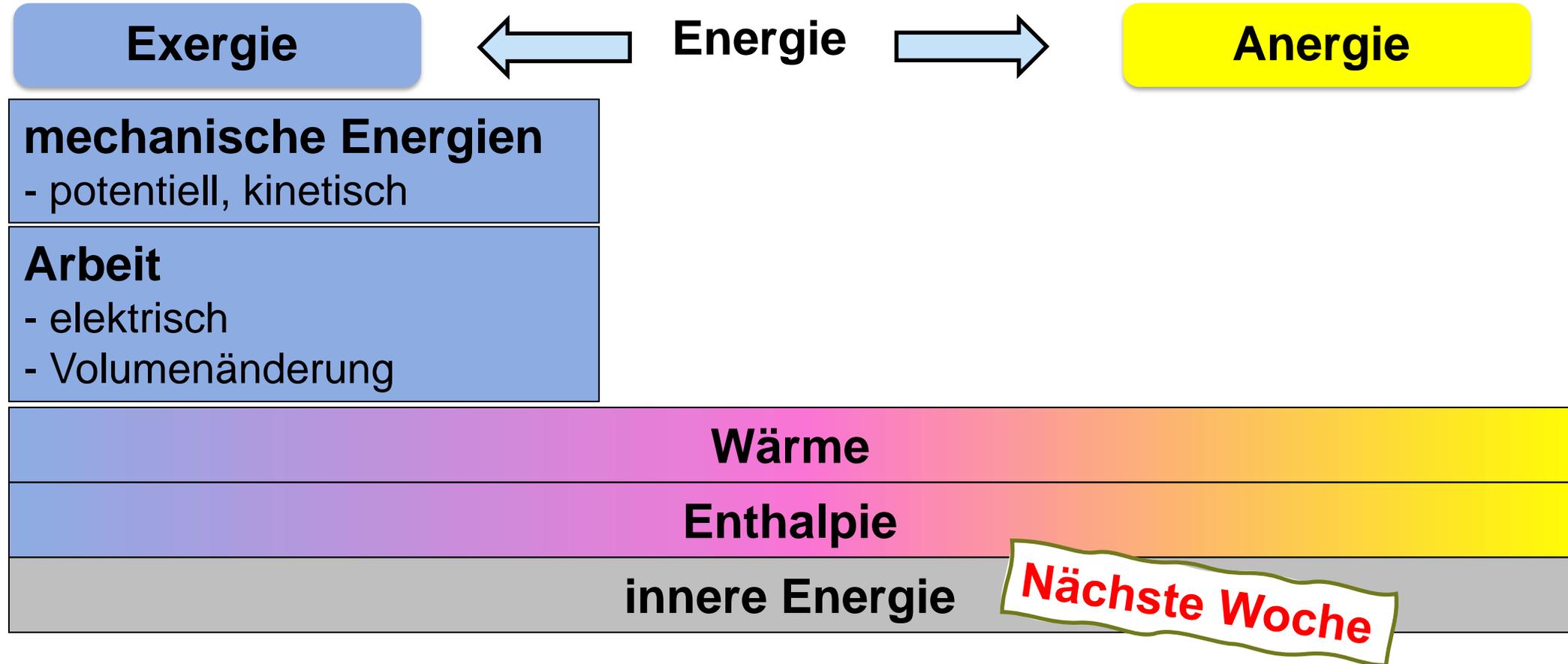
total entwertete,  
überhaupt nicht mehr  
in andere Energieformen  
umwandelbare Energie.

1 Tasse kaltes Tee im Klassenzimmer, volle Anergie, wie kann ich Exergie daraus machen?

Indem man die Umgebung ändert. In Weltraum, auf Nordpol bei  $-30^{\circ}\text{C}$



# Exergie & Anergie



# Exergie auf ZF

## Exergiebilanz

$$\frac{dE_x}{dt} = \sum_i \dot{E}_{x, \text{str}, i}(t) + \sum_j \dot{E}_{x, Q, j}(t) - \sum_n \left[ \dot{W}_n(t) - p_0 \frac{dV(t)}{dt} \right] - \dot{E}_{x, \text{verl}}(t)$$

Exergieverlust:  
 $\dot{E}_{x, \text{verl}} = T_0 \dot{S}_{\text{erz}}$

Exergie eines Wärmestroms:  
 $\dot{E}_{x, Q} = \int_G \left( 1 - \frac{T_0}{T_G} \right) \delta \dot{Q} = \left( 1 - \frac{T_0}{\bar{T}} \right) \dot{Q}$

Hängt von Sys. Grenze ab!

Exergie einer Strömung:  
 $\dot{E}_{x, \text{str}} = \dot{m} e_{x, \text{str}} = \dot{m} \left[ h - h_0 - T_0 (s - s_0) + ke + pe \right]$

Bei Umgebung

System Volume



Aus Energiebilanz

Maximale Nutzarbeit

Wenn die Umgebungsdruck so gross wird, irgendwann kann man keine Nutzarbeit mehr rausholen

Exergie Bilanz ist **keine** Energiebilanz!

Hängt immer von der Umgebung ab

# Exergie auf ZF

- Stationärer Fließprozess mit einem Massenstrom:

$$h_i$$

Konvention in Thermo I

$$\Delta = \text{Ende(aus)} - \text{Anfang(ein)}$$

$$0 = \dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a) + \Delta ke + \Delta pe] + \sum_j \overbrace{\left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j}^{\dot{E}_{x,Q,j}} - \sum_n \dot{W}_{t,n} - \dot{E}_{x,verl}$$

Anfang – Ende : deswegen ein Minus davor



- Exergie einer Strömung:

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

## Tipps: Exergie in der Prüfung

Exergie ist nichts neues, wir wissen schon wie man die verschiedene Grösse berechnen. Struktur der Bilanzgleichung ist sehr ähnlich wie Energie Bilanz.

Die Komplexität in Thema Exergie ist sehr hoch, es ist eine Packung von allen Themen. Meistens ist die Berechnung auch lang und kann viele Fehler passieren. Zeitlich lohnt es sich nicht wirklich.

Lernt ihr aber bitte trotzdem dieses Thema und bereite vor.

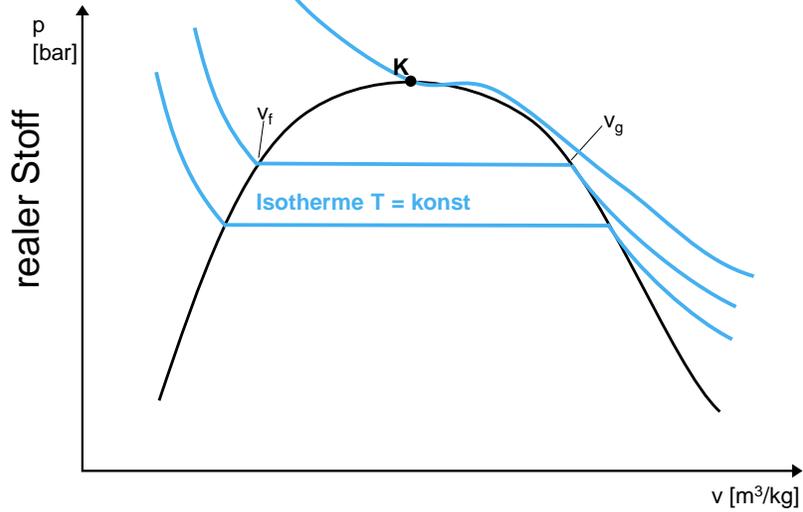
Persönlich werde ich bei der Prüfung die **Exergiebilanz aufstellen und dann zur nächsten Aufgabe gehen**, und schiebe die Priorität des Auflörens von Exergiebilanz nach hinten. (Allein Exergie Bilanz hat mir 3 Punkte gegeben)

# Übersicht Diagramme

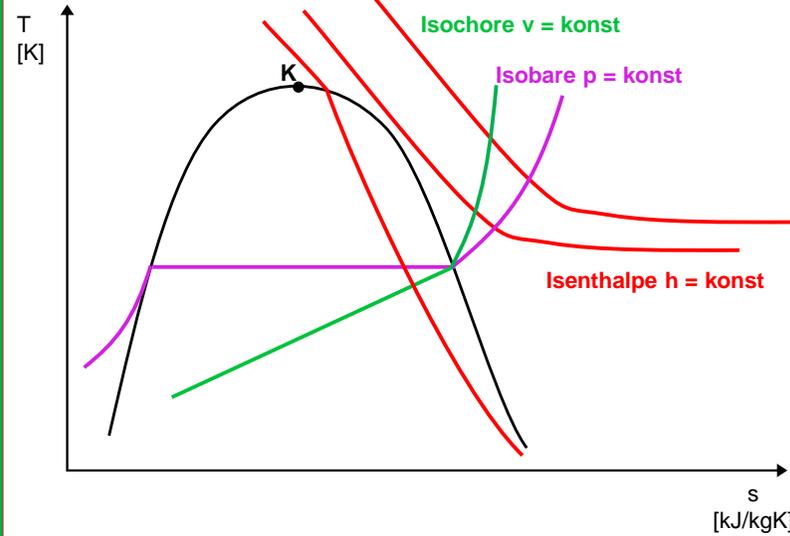
Auswendig kennen

TAB-Sammlung zu finden, sehe Trick von W.11 Ü.08

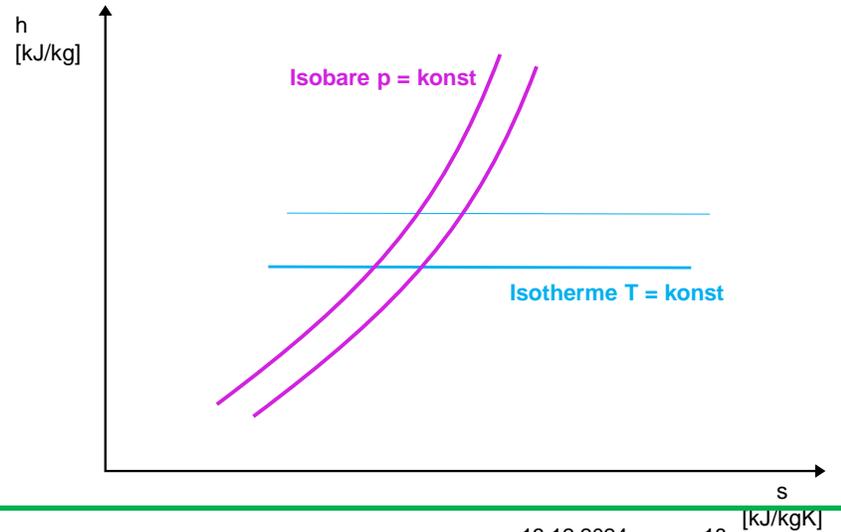
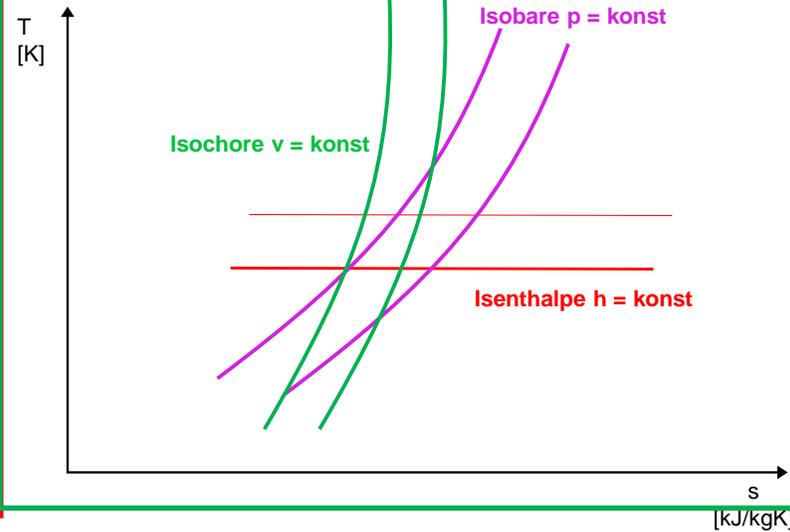
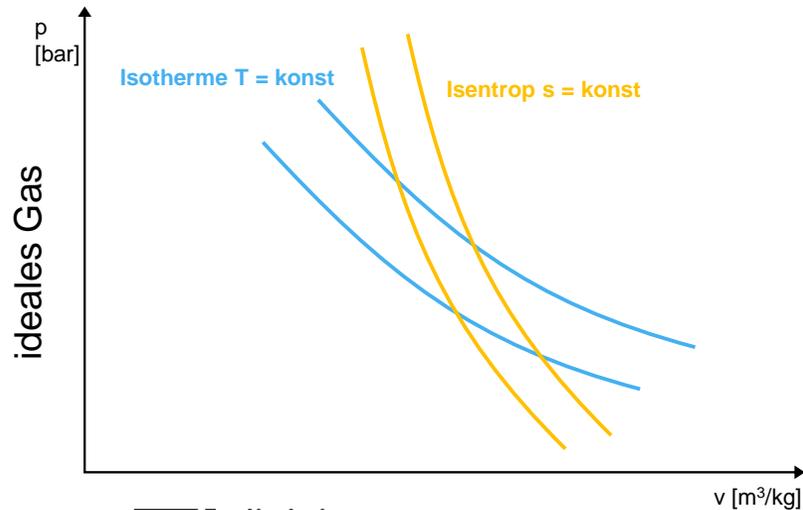
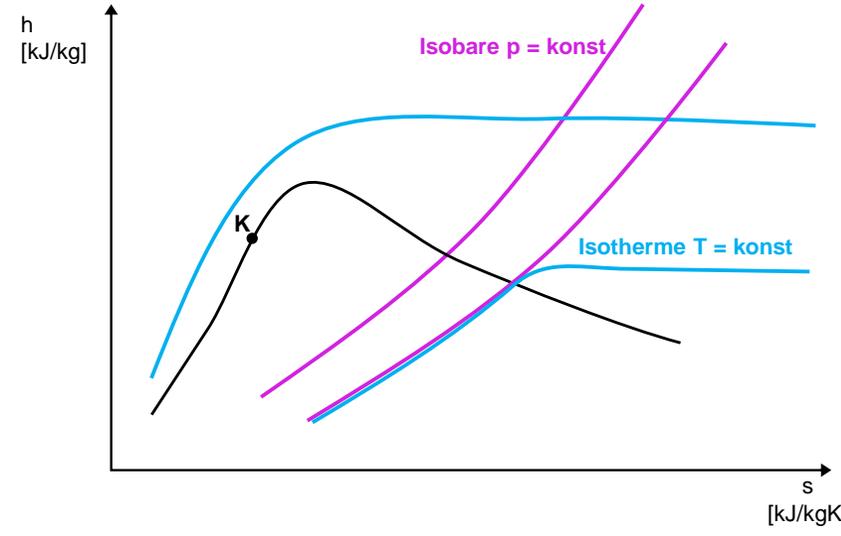
### p-v Diagramm

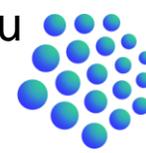


### T-s Diagramm



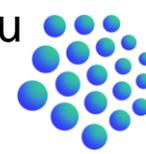
### h-s Diagramm





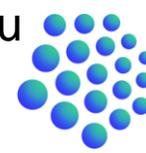
# Ablauf

- Organisatorisches
- Quiz
- Theorie
- Vorlösen
- Schluss



# Vorrechenübung





## Vorrechenübung

### Aufgabe 10.1 ●●○ Exergie in einem Verdichter

In einem Verdichter wird  $\dot{m} = 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$  Luft vom Zustand 1 ( $p_1 = 0.1 \text{ MPa}$ ,  $T_1 = 320 \text{ K}$ ) isotherm auf  $p_2 = 0.7 \text{ MPa}$  verdichtet. Dabei wird eine technische Leistung von  $|\dot{W}_{t,12}| = 100 \text{ kW}$  aufgenommen. Die Umgebungstemperatur beträgt  $T_0 = 298.15 \text{ K}$ .

#### Annahmen:

- Die Luft soll als **ideales Gas** mit einer molaren Masse von  $M = 28.964 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  betrachtet werden.
- Die Änderungen der **potentiellen und kinetischen Energien** sind zu vernachlässigen.

a) Bestimmen Sie den Exergieverlust  $\dot{E}_{x,verl}$  und die Dissipation  $\dot{\Phi}_{12}$  im Verdichter.

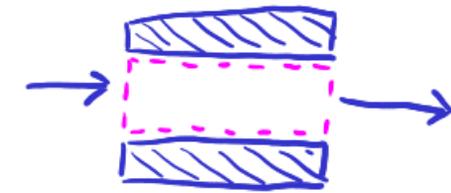
Aus ZF

- Stationärer Fließprozess mit einem Massenstrom:

$$0 = \overbrace{\dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a) + \Delta ke + \Delta pe]}^{-\Delta \dot{E}_{x,str} = \dot{E}_{x,str,e} - \dot{E}_{x,str,a}} + \sum_j \overbrace{\left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j}^{E_{x,Q,j}} - \sum_n \dot{W}_{t,n} - \dot{E}_{x,verl}$$

$$\frac{dEx}{dt} = \dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a)] + \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \dot{Q} - \dot{W}_t - \dot{E}_{x,verl}$$

stationär      isotherm,  
IG, h(T)



Im Verdichter!!!

therm. Mittel-Temp.  
(Wärmeübertragungstemperatur,  
System Grenz Temperatur)

### Vorrechenübung

#### Aufgabe 10.1 ●●○ Exergie in einem Verdichter

In einem Verdichter wird  $\dot{m} = 0.5 \frac{kg}{s}$  Luft vom Zustand 1 ( $p_1 = 0.1 \text{ MPa}$ ,  $T_1 = 320 \text{ K}$ ) isotherm auf  $p_2 = 0.7 \text{ MPa}$  verdichtet. Dabei wird eine technische Leistung von  $|\dot{W}_{t,12}| = 100 \text{ kW}$  aufgenommen. Die Umgebungstemperatur beträgt  $T_0 = 298.15 \text{ K}$ .

#### Annahmen:

- Die Luft soll als ideales Gas mit einer molaren Masse von  $M = 28.964 \frac{g}{mol}$  betrachtet werden.
- Die Änderungen der potentiellen und kinetischen Energien sind zu vernachlässigen.

Details sind manchmal entscheidend.



a) Bestimmen Sie den Exergieverlust  $\dot{E}_{x,verl}$  und die Dissipation  $\dot{\Phi}_{12}$  im Verdichter.

$$\frac{d\dot{E}_x}{dt} = \dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a)] + (1 - \frac{T_0}{T}) \dot{Q} - \dot{W}_t - \dot{E}_{x,verl}$$

stationär      isotherm,  
IG, h(T)

1,  $s_e - s_a$ ? ZF.

Bei Verwendung von Tabellenwerten:

$$s^{ig}(T_2, p_2) - s^{ig}(T_1, p_1) = s^0(T_2) - s^0(T_1) - R \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

$$s_e - s_a = \cancel{s^0(T_1)} - \cancel{s^0(T_2)} - R \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

isotherm.  $\circ$

$s^0(T)$ : TAB Wert

$$R = \frac{\bar{R}}{M} = \frac{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}}{28,964 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$s_e - s_a = 0,5585657 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

a) Bestimmen Sie den Exergieverlust  $\dot{E}_{x,verl}$  und die Dissipation  $\dot{\Phi}_{12}$  im Verdichter.

$$\frac{d\dot{E}_x}{dt} = \dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a)] + (1 - \frac{T_0}{\bar{T}}) \dot{Q} - \dot{W}_t - \dot{E}_{x,verl}$$

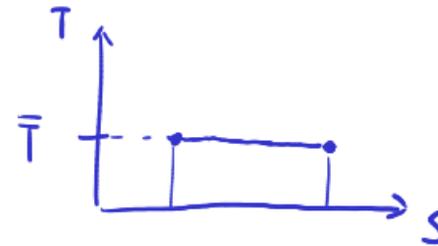
stationär      isotherm,       $s_e - s_a = 0,5585657 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$   
 IG,  $h(T)$

2.  $\bar{T}$

$$T_1 = T_2$$

isotherme Wärmeübertragung

$$\bar{T} = T_1 = T_2 = 320 \text{ K}$$



a) Bestimmen Sie den Exergieverlust  $\dot{E}_{x,verl}$  und die Dissipation  $\dot{\Phi}_{12}$  im Verdichter.

$$\frac{d\dot{E}_x}{dt} = \dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a)] + (1 - \frac{T_0}{\bar{T}}) \dot{Q} - \dot{W}_t - \dot{E}_{x,verl}$$

stationär

isotherm,  
IG,  $h(T)$ 

$$s_e - s_a = 0,5585657 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$\bar{T} = T_2 = T_1 = 320 \text{ K}$$

3.  $\dot{Q}$ 

Ansatz EB.

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m} (h_e - h_a) + \dot{Q} - \dot{W}_t$$

stationär

isotherm

$$\Rightarrow \dot{Q} = \dot{W}_t$$

Verdichter nimmt  
Arbeit auf,  
negative Arbeit.

$$\dot{Q} = -100 \text{ kW} = \dot{W}_t$$

a) Bestimmen Sie den Exergieverlust  $\dot{E}_{x,verl}$  und die Dissipation  $\dot{\Phi}_{12}$  im Verdichter.

$$\frac{d\dot{E}_x}{dt} = \dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a)] + (1 - \frac{T_0}{\bar{T}}) \dot{Q} - \dot{W}_t - \dot{E}_{x,verl}$$

stationär

isotherm,

$$s_e - s_a = 0,5585657 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$\dot{Q} = -100 \text{ kW} = \dot{W}_t$$

IG,  $h(T)$ 

$$\bar{T} = T_1 = T_2 = 320 \text{ K}$$

4. Alle einsetzen und lösen.

$$\dot{E}_{x,verl} = \dot{m} [-T_0 (s_e - s_a)] + (1 - \frac{T_0}{\bar{T}}) \dot{Q} - \dot{W}_t$$

$$= \underline{\underline{9,9037 \text{ kW}}} \quad ] \sim 1,63\%$$

ML. 9,92 kW

Exergieverlust:

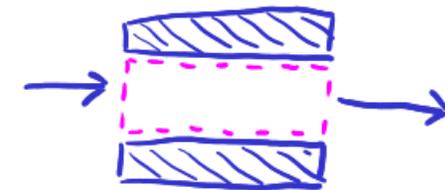
$$\dot{E}_{x,verl} = T_0 \dot{S}_{erz}$$

$$0 = \dot{m} (s_e - s_a) + \frac{\dot{Q}}{\bar{T}} + \dot{S}_{erz} \quad \checkmark 9,9037$$

*innere*

Dieser Ansatz funktioniert

Mit dem gleichen Sys.Grenze



a) Bestimmen Sie den Exergieverlust  $\dot{E}_{x,verl}$  und die Dissipation  $\dot{\Phi}_{12}$  im Verdichter.

$$w_{12} = w_{12}^{rev} - \varphi_{12} \quad \text{mit } \varphi_{12}: \text{Dissipation}$$

**Spezifische technische Arbeit**

(reversibler stationärer  
Fließprozess)

$$w_{t,12}^{rev} = \frac{\dot{W}_{t,12}^{rev}}{\dot{m}} = - \left( \int_1^2 v dp + \Delta ke + \Delta pe \right)$$

$$w_t^{rev} = - \left( \int_1^2 v dp \right)$$

mit IG  $PV = RT$   $v = \frac{RT}{P}$

|

Temp. = const,  $RT = \text{const}$

$$= - \int_1^2 \frac{RT}{P} dp = - RT \ln(P) \Big|_{P_1}^{P_2} = - RT [\ln(P_2) - \ln(P_1)] = RT \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

|

$$= -178,7123 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

a) Bestimmen Sie den Exergieverlust  $\dot{E}_{x,verl}$  und die Dissipation  $\dot{\Phi}_{12}$  im Verdichter.

$$w_{12} = w_{12}^{rev} - \varphi_{12} \quad \text{mit } \varphi_{12}: \text{Dissipation}$$

**Spezifische technische Arbeit**  
(reversibler stationärer  
Fließprozess)

$$w_{t,12}^{rev} = \frac{\dot{W}_{t,12}^{rev}}{\dot{m}} = - \left( \int_1^2 v dp + \Delta ke + \Delta pe \right)$$

$$w_t^{rev} = - \left( \int_1^2 v dp \right) = -178,7123 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{W}_t^{rev} = \dot{m} w_t^{rev} = -89,356194 \text{ kW}$$

↑  
0,5 kg/s

$$\dot{W}_t = -100 \text{ kW}$$

$$\dot{\Phi} = \dot{W}_t^{rev} - \dot{W}_t = \underline{\underline{10,6438 \text{ kW}}}$$

$$ML = 10,63 \text{ kW}$$

Damn it ! Es liegt wahrscheinlich  
an meiner  $R = 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

Von meinem Haupt TA empfohlen ist: alle Werte am Ende in TR eingeben, um Abweichung zu vermeiden.

\*Dieses Thema kommt nächste Woche in der Serie

- b) Bestimmen Sie den exergetischen Wirkungsgrad  $\varepsilon$ , wobei die Exergieerhöhung des Enthalpiestroms als Nutzen anzusehen ist.

Exergetischer Wirkungsgrad

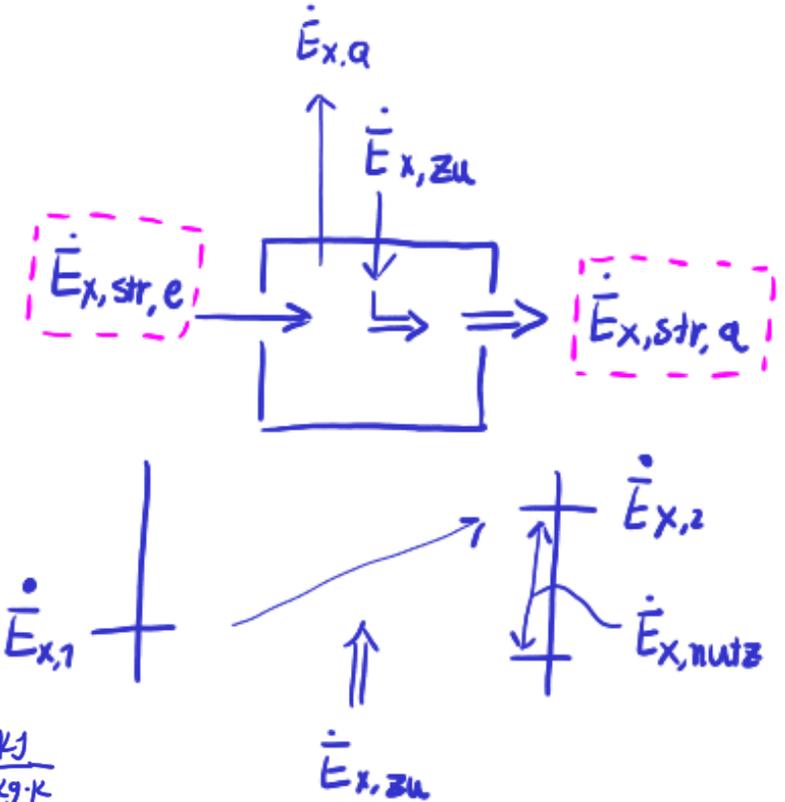
$$\varepsilon = \frac{\dot{E}_{x,\text{nutz}}}{\dot{E}_{x,\text{zu}}}$$

IG, Isotherm,

$$0 \quad \overbrace{\dot{m} [h_e - h_a - T_0 (s_e - s_a) + \Delta ke + \Delta pe]}^{-\Delta \dot{E}_{x,\text{str}} = \dot{E}_{x,\text{str},e} - \dot{E}_{x,\text{str},a}} \quad 0, \text{ IG}$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{x,\text{nutz}} &= \dot{E}_{x,\text{str},a} - \dot{E}_{x,\text{str},e} \\ &= \dot{m} [-T_0 (s_a - s_e)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} | \quad s_a - s_e &= -R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = -\frac{8,314}{28,964} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \ln\left(\frac{7}{1}\right) = -0,5585657 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \\ &= 0,5 \text{ kg/s} [-298,15 \text{ K} (s_a - s_e)] = 83,26818196 \text{ kW} \end{aligned}$$



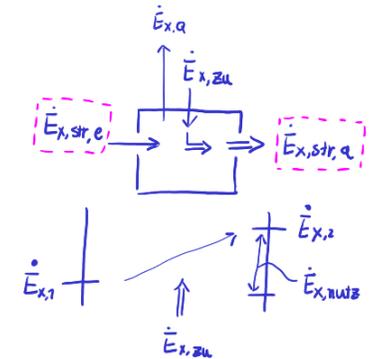
\*Dieses Thema kommt nächste Woche in der Serie

- b) Bestimmen Sie den exergetischen Wirkungsgrad  $\varepsilon$ , wobei die Exergieerhöhung des Enthalpiestroms als Nutzen anzusehen ist.

Exergetischer Wirkungsgrad

$$\varepsilon = \frac{\dot{E}_{x,\text{nutz}}}{\dot{E}_{x,\text{zu}}}$$

$$\dot{E}_{x,\text{nutz}} = \dot{E}_{x,\text{str},a} - \dot{E}_{x,\text{str},e} = 83,26818196 \text{ kW}$$



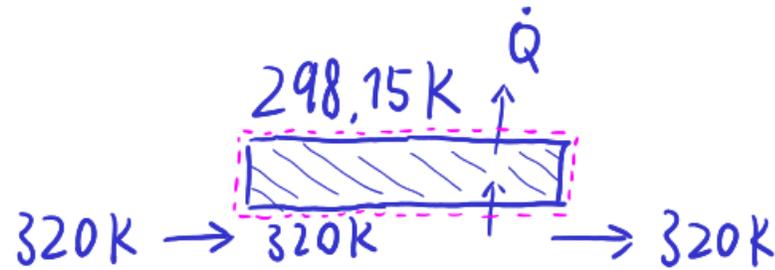
Elektrizität, Mechanische Arbeit, Potential ... keine Exergie

$$\dot{E}_{x,\text{zu}} = |\dot{W}_t| = 100 \text{ kW}$$

$$\varepsilon = \frac{\dot{E}_{x,\text{nutz}}}{|\dot{W}_t|} = \underline{\underline{0,83268}}$$

0,8325

c) Bestimmen Sie die Entropieerzeugung  $\dot{S}_{\text{erz}}$  beim Wärmetransfer an die Umgebung.



$$\dot{Q} = 100 \text{ kW}$$

Geschlossenes System:

$$\frac{dS}{dt} = \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_j} + \dot{S}_{\text{erz}}$$

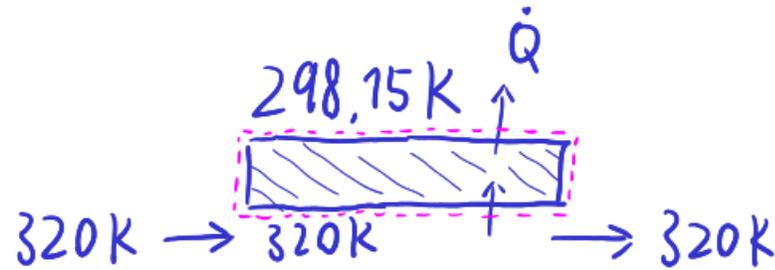
$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}_{\text{zu}}}{T_{\text{in}}} - \frac{\dot{Q}_{\text{ab}}}{T_{\text{a}}} + \dot{S}_{\text{erz}}$$

Stationär

$$\dot{S}_{\text{erz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{ab}}}{T_{\text{a}}} - \frac{\dot{Q}_{\text{zu}}}{T_{\text{in}}} = 0,0229 \frac{\text{KW}}{\text{K}} = 22,9 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

M.L. 22,9  $\frac{\text{W}}{\text{K}}$

c) Bestimmen Sie die Entropieerzeugung  $\dot{S}_{\text{erz}}$  beim Wärmetransfer an die Umgebung.



$$\dot{Q} = 100 \text{ kW}$$

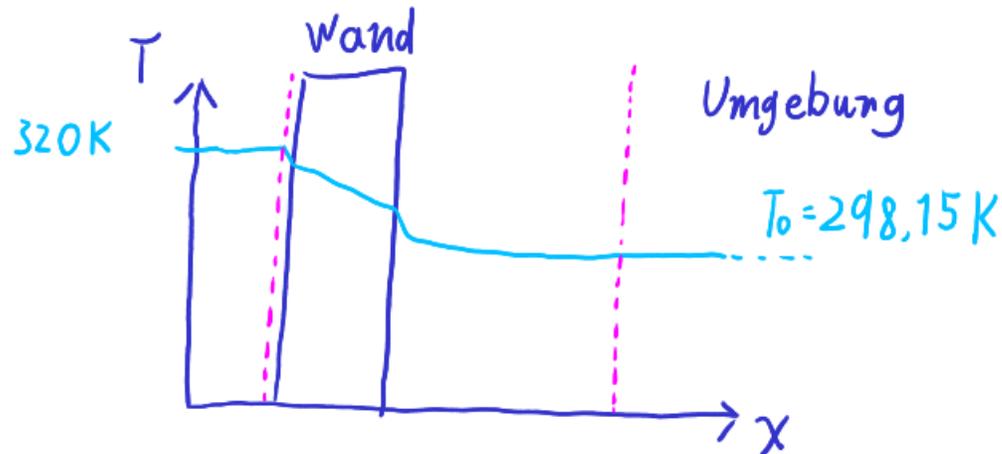
$$\dot{S}_{\text{erz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{ab}}}{\bar{T}_{\text{a}}} - \frac{\dot{Q}_{\text{zu}}}{\bar{T}_{\text{i}}} = 0,0229 \frac{\text{KW}}{\text{K}} = 22,9 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

• Wieso  $\bar{T}_{\text{ab}} = T_0$  ?

Entropieerzeugung  $\dot{S}_{\text{erz}}$  beim Wärmetransfer an die Umgebung.

M.l.  $22,9 \frac{\text{W}}{\text{K}}$

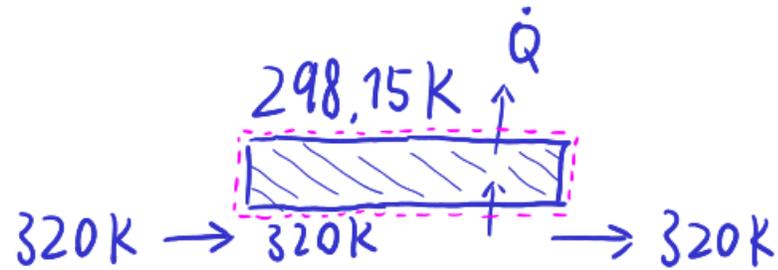
Spiel mit den Wörter



Wissen aus Thermo II

Wärmeübertragung findet beim Temp. Gradient statt.

c) Bestimmen Sie die Entropieerzeugung  $\dot{S}_{\text{erz}}$  beim Wärmetransfer an die Umgebung.



$$\dot{Q} = 100 \text{ kW}$$

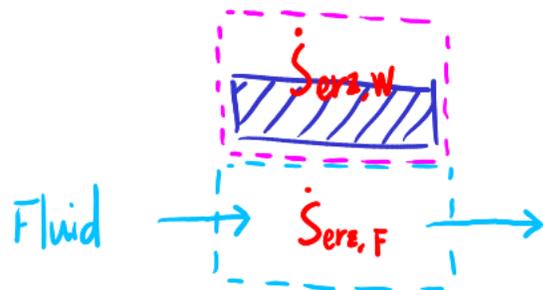
$$\dot{S}_{\text{erz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{ab}}}{T_{\text{a}}} - \frac{\dot{Q}_{\text{zu}}}{T_{\text{i}}} = 0,0229 \frac{\text{KW}}{\text{K}} = 22,9 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

M.L. 22,9  $\frac{\text{W}}{\text{K}}$

- Wieso nicht  $\dot{E}_{\text{verl}} = T_0 \dot{S}_{\text{erz}}$  ? Werte aus a) verwenden ?

$\dot{E}_{\text{verl}}$  aus a) war im Verdichter (im Fluid)

Hier ist um der Wand und Umgebung

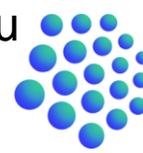


Entropie Erzeugung passiert in Fluid und in der Wand

In aufgabe a) haben wir nur die Entropie Erzeugung in Fluid berechnet.

Deswegen kann man nicht die Ergebnis aus a) nehmen:  $\dot{E}_{\text{verl}} = T_0 \dot{S}_{\text{erz}}$

Ausserdem betrachten wir hier ja ein anderes Sys.



## Geschafft!

### SRÜ:

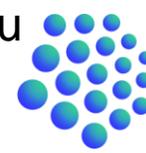
Energie und Exergie Bilanz als wichtige Lösungsansatz!

Überlegen:

**Welche System Grenze ziehe ich?** Welche thermo. Mittel Temp. nutze ich?

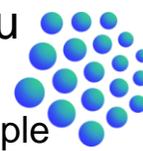
Serie ist lang, Semester ist auch lang, falls ihr keine Energie habt, dann geht bitte mit ML durch,  
Aber probiert immer zuerst selbe ein Ansatz zu finden!!!

(Bei der Prüfung gibt es keine ML)



# Ablauf

- Organisatorisches
- Quiz
- Theorie
- Vorlösen
- Schluss



# Break down a problem to small problems Example

Suchen nach **Exergetischer Wirkungsgrad** bei der Turbine

1 Unbekannte

Wo auf ZF?

$$\varepsilon = \frac{\dot{E}_{x,nutz}}{\dot{E}_{x,zu}}$$

2 Unbekannte

Wie löse ich die beiden?  
Was sind die?

Ex: KE, PE, Arbeit, Some of the heat

Recall Knowledge and memory  
Def. of Ex

In Turbine, Nutzen  
wäre technische  
Arbeit

Wie berechne ich **tech. Arbeit**?

Wo auf ZF?

Zu viele mögl. Ansätze,  
Kein Überblick.  
Nochmals durch lesen,  
welche Info gegeben.

Ex,zu ist möglicherweise  
Arbeitsmedium Einströmung

Denken Denken Denken...  
Recall Knowledge for **Stoffmodelle** (Da gibt es viele Ansätze),  
Evaluation of Anstaze: **#Unbekannte?** Solveable?  
Yes: SOLVE and alles zurück einsetzen.

$$\eta_{T,s} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2,s}}$$

Stoffmodelle wo auf ZF?

Wie berechne ich  
**Ex einer Strömung**

Wie berechne ich **einzelne Terme**?  
Ist welche schon geg.?

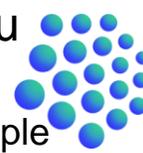
Hilft EB? **Bringt es mehr unlösbare Unbekannte?**

Wo auf ZF?

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

Energiebilanz

$$\frac{dE}{dt} = \sum_i \dot{m}_i(t) [h_i(t) + ke_i(t) + pe_i(t)] + \sum_j \dot{Q}_j(t) - \sum_n \dot{W}_n(t)$$



# Break down a problem to small problems Example

Suchen nach **Exergetischer Wirkungsgrad** bei der Turbine

1 Unbekannte

Wo auf ZF?

$$\varepsilon = \frac{\dot{E}_{x,nutz}}{\dot{E}_{x,zu}}$$

2 Unbekannte

Decompose a big problem into solving smaller terms.

Ex: KE, PE, Arbeit, Some of the heat

Recall Def. of

In Turbine, Nutzen wäre technische Arbeit

Wie berechne ich **tech. Arbeit**?

Wo auf ZF?

Zu viele mögl. Ansätze, Kein Überblick.

Nochmals durch lesen

Ex,zu ist möglicherweise Arbeitsmedium Einströmung

Denken Denken Denken... Recall Knowledge for **Stoffmodelle**. Da gibt es Evaluation of Anstaze: **#Unbekannte?** So Yes: SOLVE and alles zurück einsetzen.

But it needs practice.

$$\eta_{T,s} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2,s}}$$

Wie berechne ich **Ex einer Strömung**

Stoffmodelle wo auf ZF?

Wie berechne ich **einzelne Terme?** Ist welche schon geg?

Hilft EB? **Bringt es mehr unlösbare Unbekannte?**

Wo auf ZF?

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

Energiebilanz

$$\frac{dE}{dt} = \sum_i \dot{m}_i(t) [h_i(t) + ke_i(t) + pe_i(t)] + \sum_j \dot{Q}_j(t) - \sum_n \dot{W}_n(t)$$

## Schluss

Solving exercises and old exams helps.

Key is that: if you know what the question wants, then you already have half the answer. Don't be afraid of making mistakes, that's one efficient way to learn!

Study thermo well, learn how to climb this mountain, because after this mountain, there are higher and more beautiful mountains awaits. When you are at top of the mountain, you see the world differently, suddenly you know how to calculate the time to cool down a coffee, how much energy to heat up a room. When driving an ICE car, you start to think of its efficiency and how bad it actually is. When drinking water, you know that's a compressed liquid and you can calculate its energy state.

But back the paper and preparing for exams, for average students, it's not easy at all. Sometimes things are dry and boring and needs a lot of time and efforts. But we need to look beyond that, after each years, your view of this world changes. Have some fun while solving the problems. In winter, you guys gonna solve a fresh new "alte Prüfung", you get to see it before I do, how exciting is that! That's why I say "viel Spass" instead of "viel Erfolg".

I hope you guys learned some useful skills from all my exercise sessions, and I hope I brought some fun to this subject as well. Wish you the best for the Winter!

**"Bleib daran!" You can do it! otherwise just do it!**

Thank You for being a part of our Thermo I Übungsstunden

