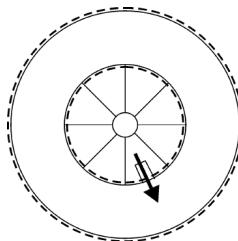


# Thermodynamik I – Lösung Rechenübung 1

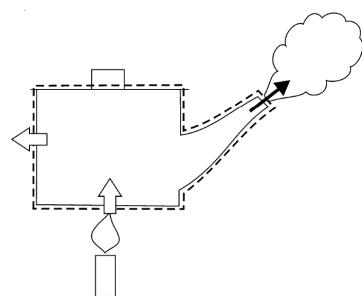
## Aufgabe 1

a)



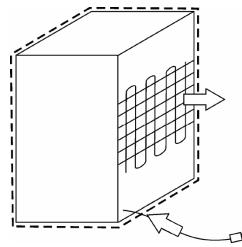
Mass (Luft) fliesst ins System ein  $\Rightarrow$  offenes System.  
Keine weiteren wichtigen Wechselwirkungen.

b)



Wärmezufuhr durch Flamme, Wärmeverlust durch Wechselwirkung zwischen heißen Wänden und Umgebung, Massenaustritt  $\Rightarrow$  offenes System

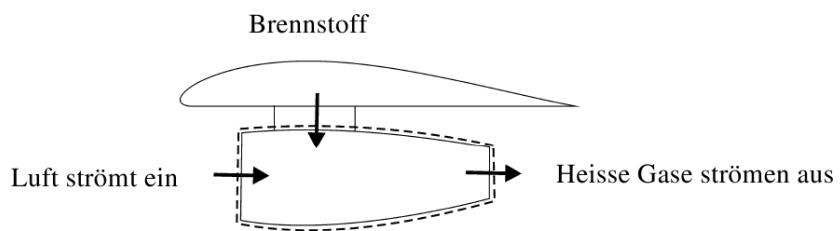
c)



Kühlschrank in Betrieb:

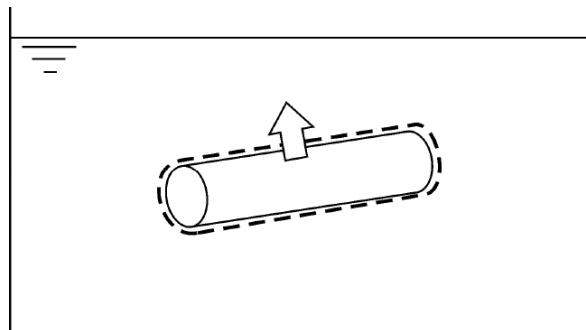
kein Zu- oder Abfluss von Masse  $\Rightarrow$  geschlossenes System, Kühlspiralen in Wechselwirkung mit Raumluft (Wärmeaustausch), Zufuhr von elektrischem Strom

d)



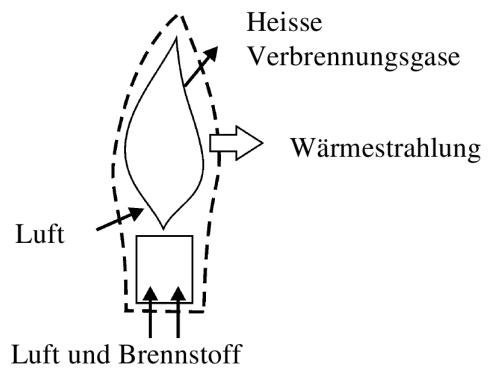
Massenströme fliessen ein und aus  $\Rightarrow$  offenes System, Schubkraft wirkt auf Halterung des Triebwerks, Luftreibung an den äusseren Oberflächen des Triebwerks

e)



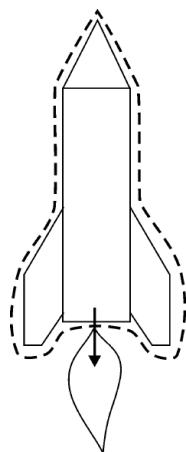
Heisse Oberfläche des Stahlzylinders ist in Wechselwirkung mit dem Ölbad (Wärmeübertragung), kein Massenfluss  $\Rightarrow$  geschlossenes System

f)



Luft und Brennstoff:  $\Rightarrow$  Massenfluss ein und aus  $\Rightarrow$  offenes System

g)



Heisse Verbrennungsgase strömen aus  $\Rightarrow$  offenes System

h)

Sauerstoff:

g	O <sub>2</sub> gasförmig
— — ℓ —	
— — —	O <sub>2</sub> flüssig

g	O <sub>2</sub> gasförmig
— — ℓ —	O <sub>2</sub> flüssig

2 Phasen:

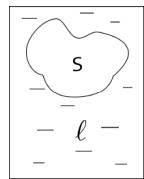
chemisch homogen,  
physikalisch inhomogen.

2 Phasen:

chemisch homogen,  
physikalisch inhomogen.

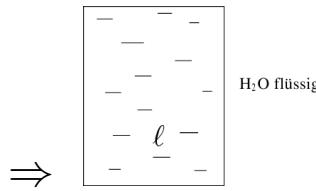
i)

Wasser:



$H_2O$  fest

$H_2O$  flüssig



$H_2O$  flüssig



2 Phasen:

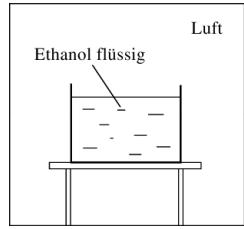
chemisch homogen,  
physikalisch inhomogen.

1 Phase:

chemisch homogen,  
physikalisch homogen.

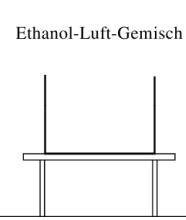
j)

Ethanol:



2 Phasen:

chemisch inhomogen,  
physikalisch inhomogen.



1 Phase:

chemisch homogen,  
physikalisch homogen.

Auch eine Mischung (z.B. Luft) kann chemisch homogen sein, wenn das Mischungsverhältnis im ganzen System konstant ist.

## Aufgabe 2

a)

$$10000 \text{ kg/h} = 10000 \text{ kg} / 3600 \text{ s} \approx \underline{\underline{2.78 \text{ kg/s}}}$$

b)

$$p_2 = 40 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow p_2 = \underline{\underline{4 \text{ MPa}}}$$

c)

$$T_1 = 420^\circ C$$

$$0^\circ C \approx 273 K$$

$$\Rightarrow T_1 = 420 + 273 K = \underline{\underline{693 K}}$$

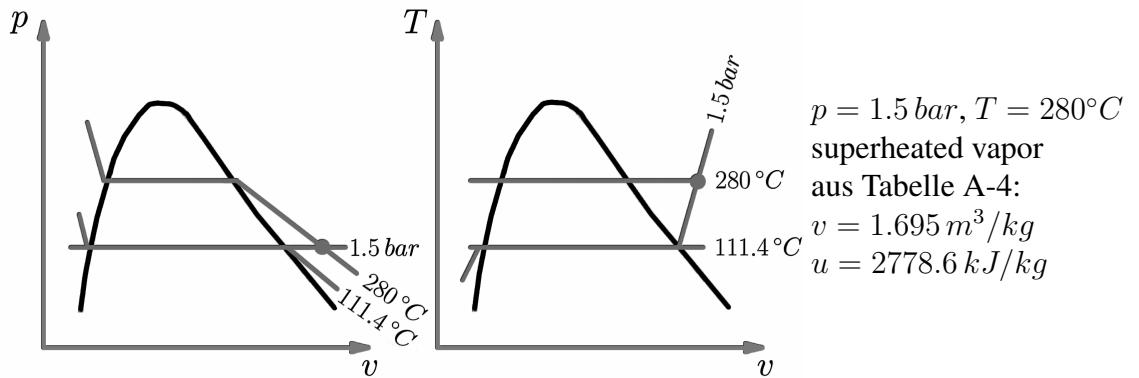
d)

$$p_1 = 5000 \text{ kPa} = 5000 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

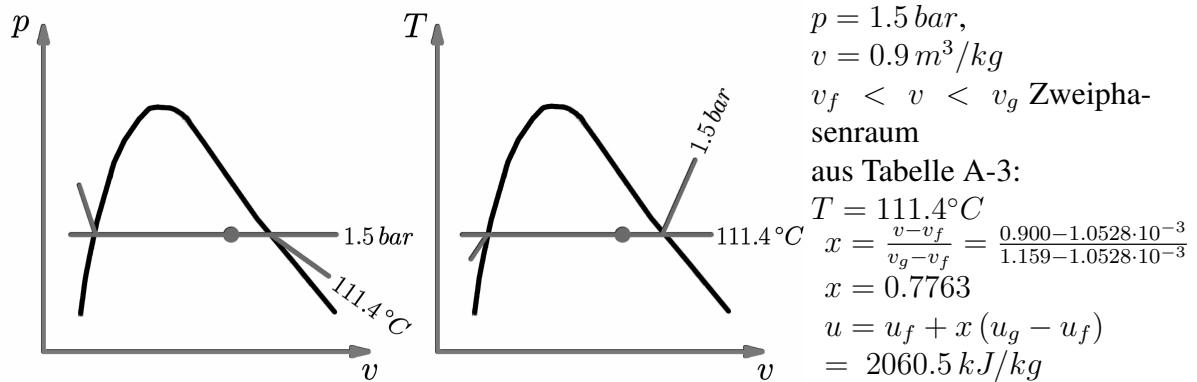
$$p_1 = 5 \text{ MPa} = \underline{\underline{50 \text{ bar}}}$$

### Aufgabe 3

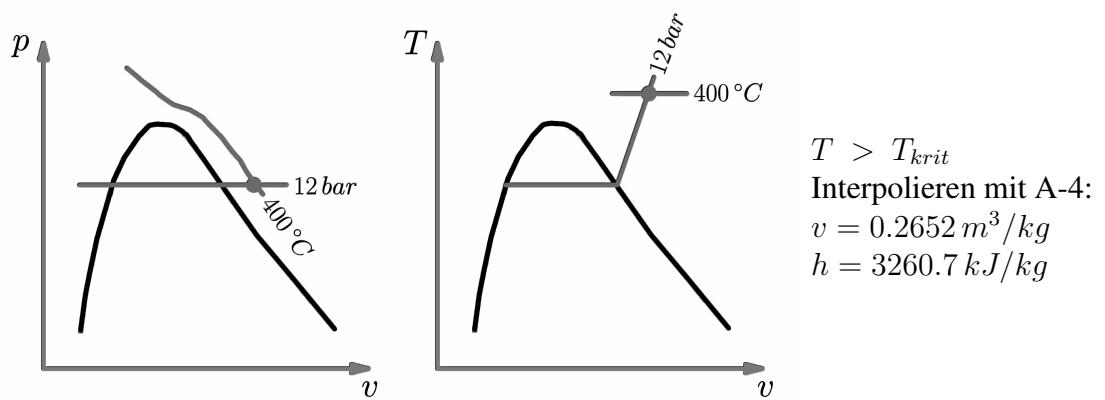
a)



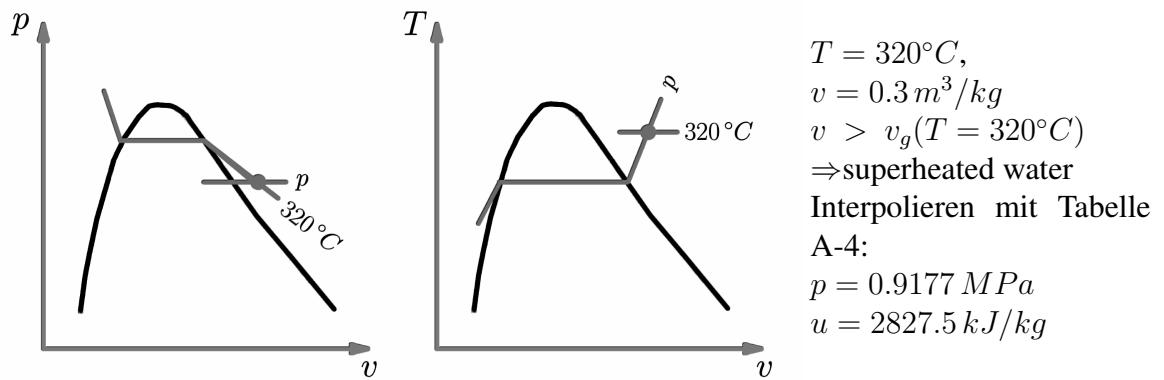
b)



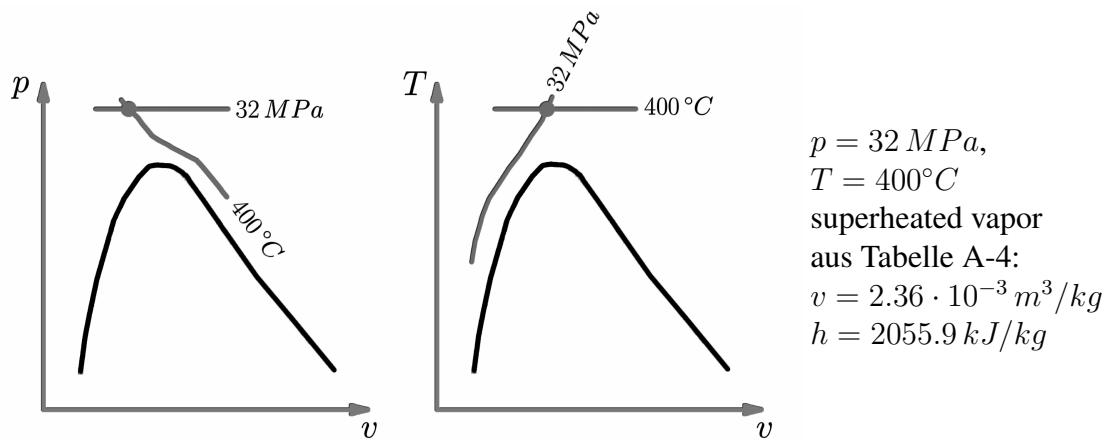
c)



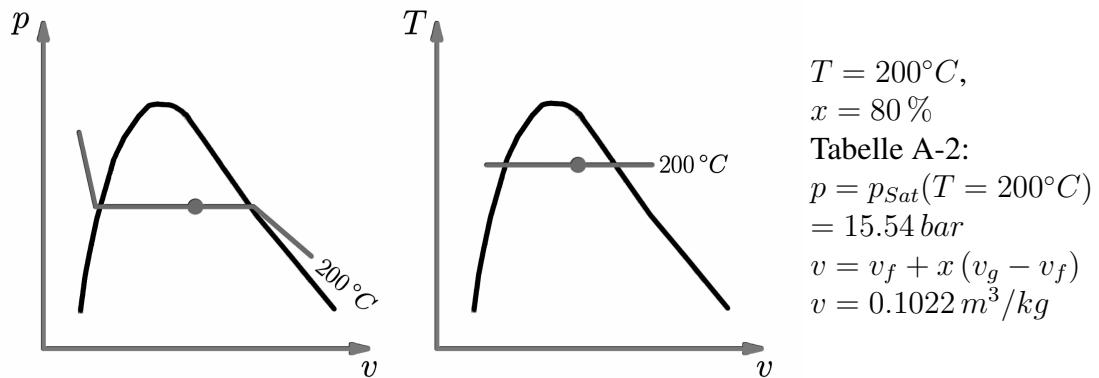
d)



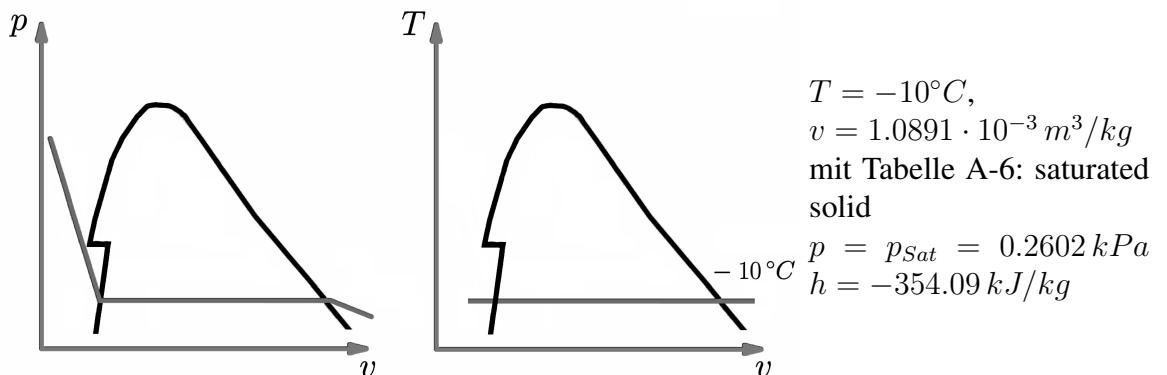
e)



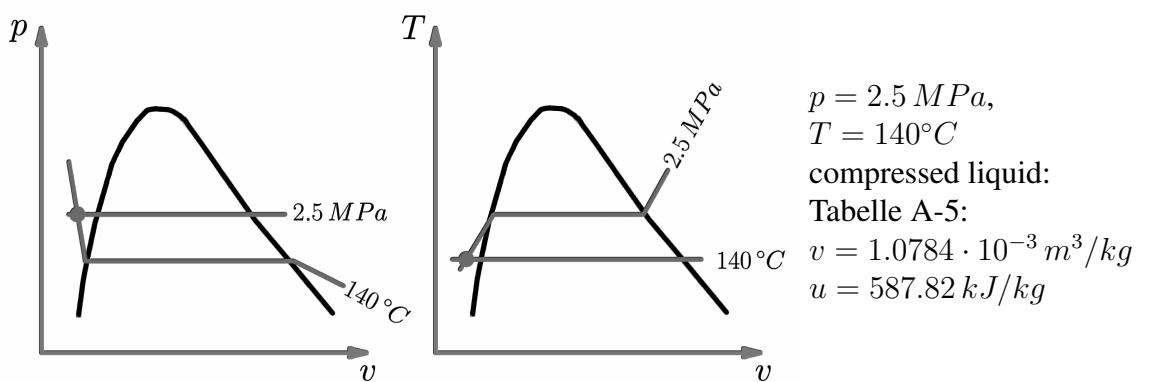
f)



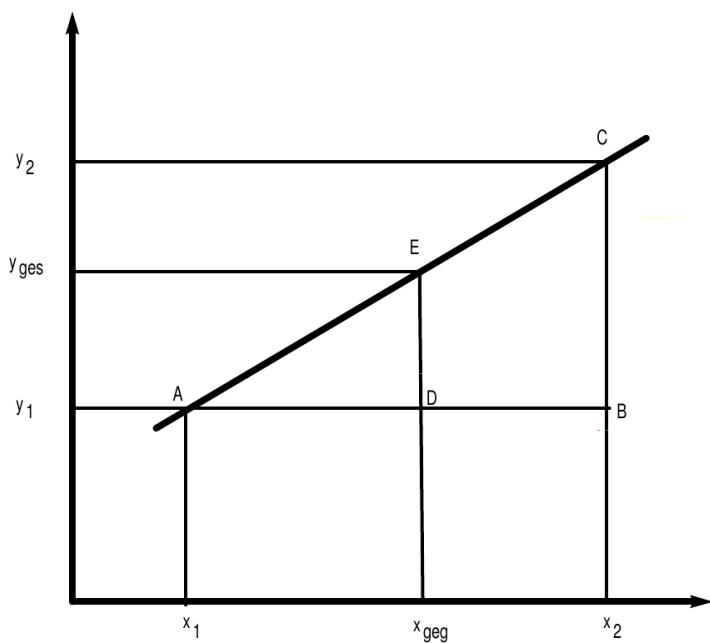
g)



h)



## Anhang: Lineare Interpolation:



Die beiden Dreiecke ABC und ADE sind sich ähnlich, da sie alle drei die gleichen Winkel besitzen. Bei ähnlichen Dreiecken gilt:

$$\begin{aligned}\left(\frac{\overline{BC}}{\overline{AB}}\right) &= \left(\frac{\overline{DE}}{\overline{AD}}\right) = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_{ges} - y_1}{x_{geg} - x_1} \\ y_{ges} &= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_{geg} - x_1) + y_1\end{aligned}$$

$x_i$  und  $y_i$  stehen für beliebig tabellierte Werte.

### 1. Beispiel : gesättigter Ammoniak-Dampf

Gegeben:  $v_2 = 0.0776 \text{ m}^3/\text{kg} = x_{geg}$

Gesucht:  $u_2$

Aus Tabelle A-13 suchen wir Werte, die nahe bei  $v_2$  liegen und finden:

$$\begin{aligned}x_1 &= 0.0725 \text{ m}^3/\text{kg} & y_1 &= 1341.81 \text{ kJ/kg} \\ x_2 &= 0.0831 \text{ m}^3/\text{kg} & y_2 &= 1340.7 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u_2 &= y_{ges} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_{geg} - x_1) + y_1 = \frac{1340.7 - 1341.81}{0.0831 - 0.0725} (0.0776 - 0.0725) + 1341.81 \\ &= \underline{\underline{1341.27 \text{ kJ/kg}}}\end{aligned}$$

### 2. Beispiel Ammoniak

Gegeben:  $p_3 = 10 \text{ bar}$ ,  $T_3 = 42.52^\circ\text{C}$

Gesucht:  $v_3$

In Tabelle A-15 finden wir bei  $p = 10 \text{ bar}$  Werte für  $T_{40}$  und  $T_{50}$ :

$$\begin{aligned}x_1 &= 40^\circ\text{C} & y_1 &= 0.13868 \text{ m}^3/\text{kg} \\ x_2 &= 50^\circ\text{C} & y_2 &= 0.14499 \text{ m}^3/\text{kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_3 &= y_{ges} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_{geg} - x_1) + y_1 = \frac{0.14499 - 0.13868}{50 - 40} (42.52 - 40) + 0.13868 \\ &= \underline{\underline{0.14027 \text{ m}^3/\text{kg}}}\end{aligned}$$