

Gebäudeautomation

Klausur vom 2015-07-14

Musterlösungen

$$1. \quad 5 \text{ kW} = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 5 \text{ K} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \dot{V}$$

$$\Rightarrow \dot{V} = \frac{5 \text{ kW}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 5 \cdot 1000} \text{ m}^3$$

$$\left(= \frac{1}{4,2} \frac{\text{L}}{\text{s}} \right)$$

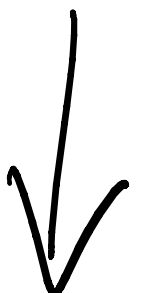
2. Mollier-Diagramm:

$$h_{1+x} = 16 \text{ kJ/kg}, \quad x = 2,2 \text{ g/kg}, \quad \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$1 \text{ m}^3/\text{s} \hat{=} 1,25 \text{ kg/s feuchte Luft}$$

$$\frac{1 \text{ kg} + 2,2 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \text{ in trocken}$$

$$\Rightarrow \text{in trocken} = 1,25 \text{ kg/s} \cdot \frac{1}{1,0022} \\ \approx 1,25 \text{ kg/s}$$



Wärmezufuhr: $20 \text{ kW} = 20 \text{ kJ/s}$

also $\frac{20 \text{ kJ}}{1,25} = 16 \text{ kJ}$ pro kg trockener Luft.

In Mollier anschauen: $h = (16 + 16) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
 $x = 2,2 \text{ g/kg}$

Also: $\vartheta \approx 25^\circ\text{C}$, $\varphi \approx 10\%$

$$3. \quad 100 \text{ W} \leq 2,1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \cdot 30 \text{ K} \cdot \frac{15 \text{ m}^2}{d}$$

$$\Rightarrow d \geq \frac{2,1 \cdot 30 \cdot 15^3}{2} \text{ m}$$

$$\approx 9 \text{ m}$$

4. Der Sinn eines Schichtenspeichers ist, Wasser möglichst mit der Temperatur zu speichern, mit der es ankommt (z.B. von der Solaranlage), statt es mit kälterem Wasser zu mischen.

Die Be- und Entladung muss deshalb möglichst in den jeweiligen Temperaturschichten erfolgen (Ladelaufe). \checkmark

Schichtenspeicher nutzen Wasser als Speichermedium und als Wärmeisolation, denn Wasser hat eine relativ kleine Wärmeleitfähigkeit.

5.

<u>Kabel</u>	<u>Funk</u>
⊕ Stromversorgung für Sensoren, Aktoren	⊖ Batterien, Netzanschluss, Energy Harvesting usw.
⊕ sicher	⊖ unsicher
⊖ schwierig nachträglich zu installieren	⊕ leicht nachträglich installierbar

6. „Persuasive Computing“ bezeichnet die computergestützte Beeinflussung von Menschen. In der Gebäudeautomation kann man sich z.B. vorstellen, die Gebäudeunternehmer zum sparsameren Umgang mit Energie und Wasser anzuhalten, etwa durch virtuelle Belohnungen.

7. Außenfläche $\approx 100 \text{ m}^2$ Dach
 $+ 4 \cdot 10 \text{ m} \cdot 3 \text{ m}$ Wand
 $= 220 \text{ m}^2$

100 Tage heizen, Außentemperatur 0°C
 Innentemperatur 20°C

$$\Rightarrow Q = 100 \frac{\text{d}}{\text{d}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 220 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ K}$$

$$+ 0,5 \frac{1}{\text{h}} \cdot 100 \frac{\text{d}}{\text{d}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 100 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} \cdot 1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{6}{5} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 20 \text{ K}$$

geschätzte Luftwechselzahl Innenhöhe

$$= (100 \cdot 24 \cdot 0,5 \cdot 220 \cdot 20 + 0,5 \cdot 100 \cdot 24 \cdot 100 \cdot 3 \cdot \frac{6}{5} \cdot 20) \text{ Wh}$$

$$\left(\begin{array}{l} \approx 100 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 20 \quad \approx 0,5 \cdot 10000 \cdot 25 \cdot \frac{18}{5} \cdot 20 \\ = 5000000 \quad = 9000000 \end{array} \right)$$

$$\approx 14 \text{ MWh}$$

8. Wir erwarten $\dot{Q} = \text{const} (T_m - T_i)^n$
 mit $n = 1,0 \dots 1,4$, also ein lineares
 oder überlineares Wachstum von \dot{Q}
 mit $T_m - T_i$. Mit den angegebenen
 Werten wäre es aber unterlinear:



$$T_m - T_i$$

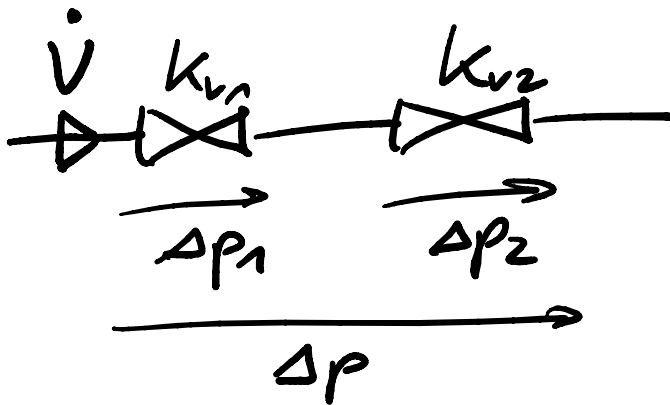
$$30 \text{ K} \\ 50 \text{ K}$$

$$\dot{Q}$$

$$\textcircled{1,8 \text{ kW}} \\ 2,0 \text{ kW}$$

$$\leftarrow + \frac{50}{30} \text{ W\u00e4re} \\ 1,8 \cdot \frac{5}{2} \text{ kW} \\ = \underline{\underline{3,0 \text{ kW} !}}$$

9.



$$\Delta p_1 = \text{const}_1 \cdot \dot{V}^2$$

$$\Rightarrow 1 \text{ bar} = \text{const}_1 \cdot (K_{v1})^2 \Rightarrow \text{const}_1 = \frac{1 \text{ bar}}{(K_{v1})^2}$$

$$\Rightarrow \Delta p_1 = \frac{1 \text{ bar}}{(K_{v1})^2} \dot{V}^2$$

$$\text{Ebenso } \Delta p_2 = \frac{1 \text{ bar}}{(K_{v2})^2} \dot{V}^2$$

$$\text{Also: } \Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = 1 \text{ bar} \cdot \dot{V}^2 \cdot \left(\frac{1}{K_{v1}^2} + \frac{1}{K_{v2}^2} \right)$$

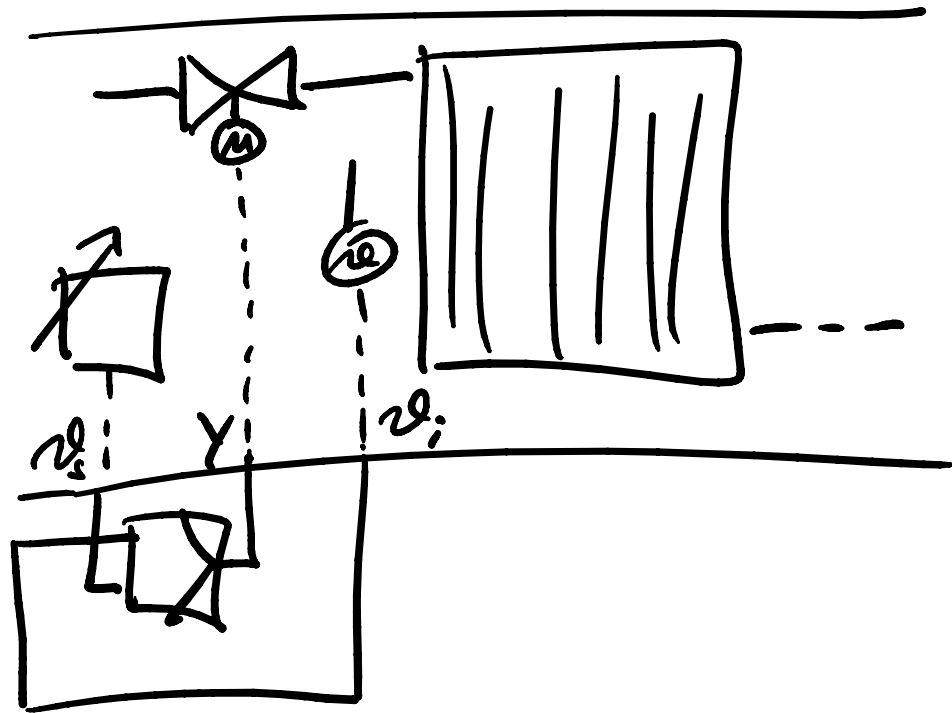
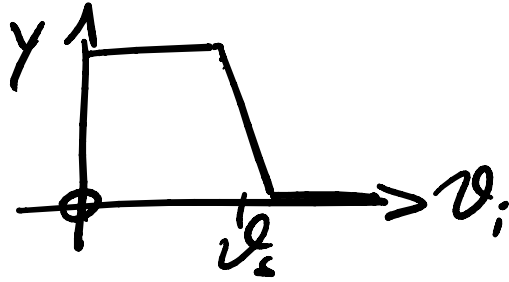
$$\Rightarrow K_{v \text{ gesamt}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{0,04} + \frac{1}{0,25}}} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$



$$\left(= \frac{1}{\sqrt{25+4}} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx \frac{1}{5} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}, \right.$$

das zweite Ventil ändert also nicht wesentlich etwas. $\left. \right)$

10.



11. Mollier-Diagramm:

$10^\circ\text{C} \Rightarrow$ Sättigung bei $x = 7,7 \text{ g/kg}$

Im Raum also: $\vartheta = 25^\circ\text{C}$, $x = 7,7 \text{ g/kg}$

$$\Rightarrow \rho \approx 1,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



Also $50 \text{ m}^3 \cdot \frac{1,16 \text{ kg}}{\text{m}^3}$ feuchte Luft.

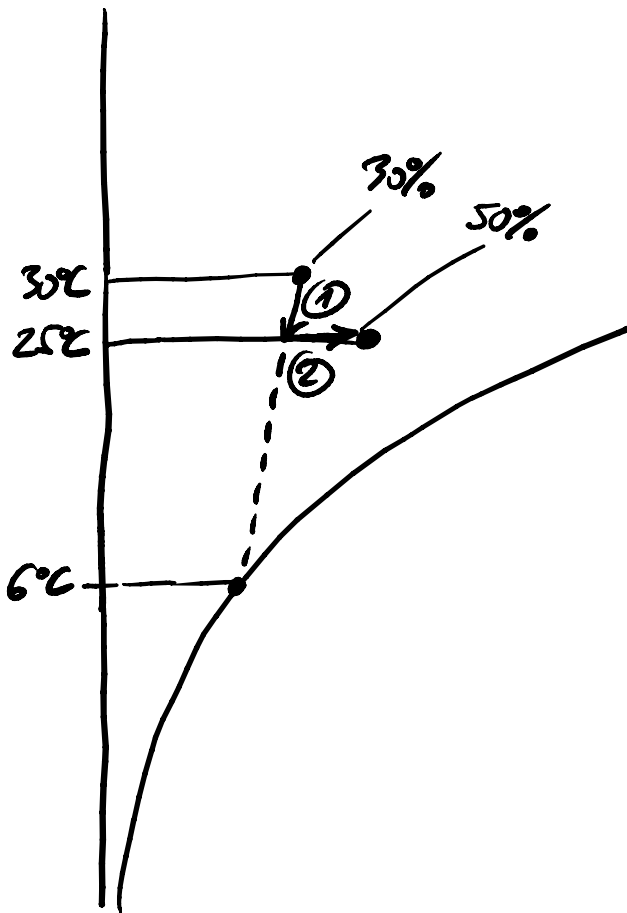
Das entspricht $50 \text{ m}^3 \cdot \frac{1,16 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{7,2 \text{ g}}{1 \text{ kg} + 7,2 \text{ g}} \text{ Wasser}$

(vgl.
Kühlung
mit
Wasser-
ausscheidung))

$$\approx 50 \cdot 1,16 \text{ kg} \cdot \frac{7,2 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$(\approx \frac{1}{2} \text{ kg})$

12.



- ① Kühlen mit Entfeuchten
- ② Befeuchten