

- 11 In einer Mischkammer werden 30 % der Außenluft mit $+5^{\circ}\text{C}$ und 80 % r.F. der 70 % Umluft mit 26°C und 50 % r.F. zugeführt. Die entstandene Mischung muß anschließend als Zuluft durch die Erwärmung auf 23°C aufbereitet werden.
 Errechnen Sie die isobar zugeführte Wärmeleistung bei einem Massenstrom der Zuluft von $3,2\text{ kg/s}$.
 Skizzieren Sie das Blockschema der Aufbereitungsanlage mit den Temperatur- und Feuchtedaten und stellen Sie die Zustandsänderungen qualitativ im h, x -Diagramm dar.

$$\dot{Q}_{zu} \approx 9,6\text{ kW}$$

- 12 Die Außenluft mit 32°C und $\varphi = 0,5$ wird über einen Oberflächenkühler geführt und hat danach 16°C ; $\varphi = 0,95$. In einem nachgeschalteten Oberflächenenerhitzer erhält der Luftstrom schließlich 21°C und wird als Zuluft den Räumen zugeführt.
 Errechnen Sie die Wärme- und Feuchteabgabe der Räume, wenn in der Abluft 29°C ; $\varphi = 0,5$ gemessen wurden und der Oberflächenenerhitzer eine Leistung von $3,5\text{ kW}$ aufbringt. Mit welcher Dampfmenge und bei welchem Dampfdruck, -temperatur (üb. Dampf) könnte man der Abluft die Außenluftwerte (32°C ; $\varphi = 0,5$) verleihen bei Nichtbeachtung der hygienischen Gesichtspunkte?
 Zeichnen Sie das Schaltbild der Anlage und skizzieren Sie die Zustandsänderungen im h, x -Diagramm!

$$\dot{Q}_R = 9,1\text{ kW}; \quad \dot{m}_w = 4,03\text{ kg/h}; \quad \dot{m}_D = 6,05\text{ kg} \quad (\text{z.B. } 20\text{ bar}/650^{\circ}\text{C} \text{ oder } 10\text{ bar}/645^{\circ}\text{C})$$

1.3

Ein Gebäudeabschnitt wird im Sommer über eine Teilklimaanlage gekühlt. Die Kühltluft wird aus dem Freien angesaugt bei $t=32^{\circ}\text{C}$ und 40% r.Feuchte und über einen Oberflächenkühler geführt. Den Räumen wird die Luft mit $t=15^{\circ}\text{C}$ und 90% r.Feuchte zugeführt. Die erwärmte Luft verlässt die Räume mit $t=28^{\circ}\text{C}$ und 45% r.Feuchte. Der Massenstrom beträgt $\dot{m}=12000\text{ kg/h}$.

Skizzieren Sie das Schaltbild der Anlage und Stellen Sie die Zustandsänderungen der feuchten Luft im h, x -Diagramm dar.

Errechnen Sie mit Hilfe des h, x -Diagrammes:

- die Kälteleistung des Oberflächenkühlers
- die abgeschiedene Wassermenge am Kühler
- die angefallene Wärmemenge in den Räumen

$$\dot{Q}_K = -76,6\text{ kW}; \quad \Delta \dot{m}_w = 24\text{ kg/h}; \quad \dot{Q}_H = 50\text{ kW}$$

1,4

In einer Halle mit dem Rauminhalt von 40000 m^3 wird bei dem Anfangszustand 15°C und $\varphi = 0,4$ durch das Zuschalten mehrerer Wärmespender eine Verlustwärme von insgesamt $0,2 \text{ MWh}$ zugeführt. Wegen Transmission durch die Außenwände werden ca. 60% der Verlustwärme an die Umgebung abgegeben, der Rest beeinflusst die Raumluft.

Welche Wärme- und Feuchtemenge muß zu- oder abgeführt werden, um einen mittleren Raumzustand von 25°C und $\varphi = 0,4$ zu erreichen?

Lösung: Wärmezufuhr + Dampf/befeuchtung

z.B. $Q_H = 212,7 \text{ MJ}$; Dampf: 15 Sattd. ; $m_D = 200 \text{ kg}$

1,5

Bei einem zweistufigen Trocknungsvorgang werden dem feuchten Gut insgesamt 300 kg/h Wasser entnommen. Zur Trocknung wird die Außenluft bei 1 bar , 15°C und 60% rel. Feuchte angesaugt, in einem Oberflächen-erhitzer auf 40°C erwärmt und in der ersten Trocknungsstufe bei gleichbleibender Enthalpie auf 80% rel. Feuchte abgekühlt. Danach erfolgt die erneute Erwärmung auf 45°C und anschließende Abkühlung bei gleichbleibender Enthalpie in der zweiten Trocknungsstufe auf wiederum 80% rel. Feuchte.

Errechnen Sie den erforderlichen Luftvolumenstrom bei Außenluftbedingungen, die jeweilige erforderliche Erhitzerleistung und skizzieren Sie den qualitativen Trocknungsverlauf in h, x -Diagramm.

$$\dot{V} = 17960 \text{ m}^3/\text{h}; \quad \dot{Q}_{12} = \dot{Q}_{34} = 151 \text{ kW}$$

1,6

Eine Luftbefeuchtungsanlage verändert den Luftvolumenstrom von $15000 \text{ m}^3/\text{h}$ aus den Zustand 1 bar , 18°C , 20% rel. Feuchte auf 20°C und 55% rel. Feuchte.

Welche Dampfmenge und welcher Dampfzustand sind dazu erforderlich?

Skizze im h, x -Diagramm.

Welche Wärmeleistung müßte man einsetzen, wenn anstatt mit Dampf mit dem Wasser von $+10^\circ \text{C}$ befeuchtet werden sollte?

$$\dot{m}_D = 100 \text{ kg/h}; \quad \text{z.B. Dampf: } 1,2 \text{ bar} / 213^\circ \text{C}; \quad \dot{Q}_H = 85 \text{ kW}$$

$$1,5 \text{ bar} / 213,5^\circ \text{C}$$

1,7

Eine Klimakammer wird bei konstanten Raumluftbedingungen: 21°C und 50% r.F. mit Außenluft beaufschlagt. Im Winter wird bei den Außenluftbedingungen: $-12^\circ \text{C} / 80\%$ r.F. eine Heizleistung von 20 kW benötigt; zur Luftbefeuchtung steht Sattedampf von 2 bar zur Verfügung. Errechnen Sie die erforderliche Kühleistung beim Sommerbetrieb ($28^\circ \text{C} / 35\%$ r.F. wenn der Ventilator die Außenluft ansaugt. Skizze im h, x -Diagramm.

$$\dot{Q}_K = -4,2 \text{ kW}$$

- 8 Es werden $25000 \text{ m}^3/\text{h}$ Luft bei $15^\circ\text{C}/30 \% \text{ r.F.}$ mit einem anderen Volumenstrom bei $45^\circ\text{C}/60 \% \text{ r.F.}$ gemischt, und die Mischung wird danach auf $50^\circ\text{C}/30 \% \text{ r.F.}$ im Oberflächenwärmetauscher erwärmt. Errechnen Sie die erforderliche Heizleistung dazu. Skizze im h, x -Diagramm.

$$\dot{Q}_H = 390 \text{ kW}$$

- 1.9 In einem einfachen luftbetriebenen Trockner werden dem Gut 450 kg/h Wasser entzogen. Die Außenluft wird im Sommer bei $32^\circ\text{C}/40 \% \text{ r.F.}$ angesaugt, im Oberflächenkühler auf 15°C , $x = 0,009 \text{ kg/kg}$ entfeuchtet und im Oberflächenerhitzer auf 45°C aufgewärmt. Die Luftbefeuchtung im Trockner erfolgt bis $80 \% \text{ r.F.}$ bei einem Anstieg der Enthalpie um 3 kJ/kg . Errechnen Sie den erforderlichen Außenluft-Volumenstrom, die erforderliche Kühler- und Erhitzerleistung und stellen Sie die Zustandsänderungen im h, x -Diagramm dar. Zeichnen Sie das einfache Schaltbild hierzu.

$$\dot{V}_A = 48850 \text{ m}^3/\text{h}; \quad \dot{Q}_K = -380 \text{ kW}; \quad \dot{Q}_H = 460 \text{ kW}$$

- 1.10 In einem Raum von 400 m^3 wird die Luft zehn mal stündlich gewechselt. Im Sommer wird von außerhalb die Wärmeleistung von 2 kW zugeführt, Maschinen und Personen verursachen im Raum eine zusätzliche Wärmebelastung von $2,5 \text{ kW}$. Die Außenluftbedingungen heißen: $34^\circ\text{C}/45 \% \text{ r.F.}$, die Abluft verläßt den Raum bei $26^\circ\text{C}/60 \% \text{ r.F.}$

Bestimmen Sie:

- Zuluftbedingungen
- erforderliche Kälteleistung bei vollem Außenluftbetrieb
- erforderliche Kälteleistung wenn 50% der Abluft als Umluft wiederverwendet wird
- Prozeßschaltbild und Darstellung der Zustandsänderungen im h, x -Diagramm.

$$\text{ZL: } 22,5^\circ\text{C}/75\% \text{ r.F.}; \quad \dot{Q}_K = -21 \text{ kW}; \quad \dot{Q}_K' = -11 \text{ kW}$$

- 1.11 In einer Kammer werden 5000 kg/h feuchte Luft ($45^\circ\text{C}/45 \% \text{ r.F.}$) mit einem anderen Luftstrom ($15^\circ\text{C}/80 \% \text{ r.F.}$) so gemischt, dass die Mischlufttemperatur zunächst 30°C aufweist. Anschliessend wird der Gesamtluftstrom am Oberflächenerhitzer bis 45°C erwärmt und mit 100 kg/h Sattedampf (von $1,5 \text{ bar}$) befeuchtet. Stellen Sie die Zustandsänderungen im h, x -Diagramm dar, errechnen Sie die Erhitzerleistung und ermitteln Sie den Endpunkt der Luftbehandlung.

$$\dot{Q}_H = 45 \text{ kW}; \quad E: 45^\circ\text{C}/28 \% \text{ r.F.}$$

1.12

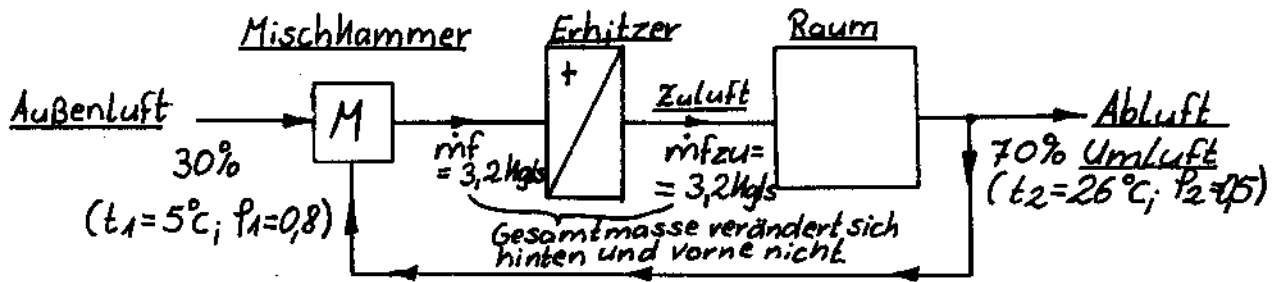
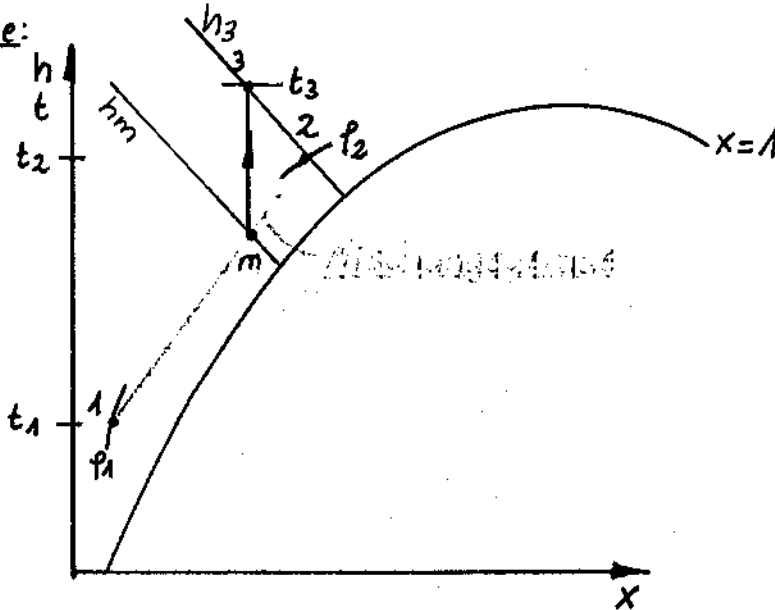
In einer Mischkammer werden 2 Volumenanteile feuchten Luft bei $15^{\circ}\text{C}/2\text{g/kg}$ mit 3 Volumenanteilen feuchten Luft bei $36^{\circ}\text{C}/20\text{g/kg}$ gemischt und anschliessend mit Einspritzen vom kalten Wasser (10°C) auf 95% r.F. gebracht. Ermitteln Sie den Zustand nach der Mischung und nach der Befeuchtung, die erforderliche spezifische Befeuchtmengen Δx in g/kg und stellen Sie die Zustandsänderungen im h,x -Diagramm dar.

$$M(27,5^{\circ}\text{C} / 53\% \text{ r.F.}) ; \quad E(21^{\circ}\text{C} / 95\% \text{ r.F.})$$

$$\Delta x = 2,8 \text{ g/kg}$$

Aufgabe: 1.1

Anlied Gartner Meyer Ü 3.7

Blockschaltbild des Prozesses:Skizze:

Skizze:
Nur für mich zur Verdeutlichung
des Prozeßablaufes

1.) Ablezen der absoluten Feuchte aus h-x Diagramm:abgelesen: "ingenieurmäßig"! wie gewünscht.

Punkt 1: (5°C ; $p_1 = 0,8$) $x_1 = \underline{0,0043} \frac{\text{kg-D}}{\text{kg-L}}$

Punkt 2: (26°C ; $p_2 = 0,5$) $x_2 = \underline{0,0104} \frac{\text{kg-D}}{\text{kg-L}}$

oder berechnen mit: $x_1 = \frac{0,622 \cdot p_1 \cdot p_s(t_1)}{p - p_1 \cdot p_s(t_1)}$ $x_2 = \frac{0,622 \cdot p_2 \cdot p_s(t_2)}{p - p_2 \cdot p_s(t_2)}$

unüblichMit $p = 1,01325 \text{ Pa}$; $p_s(t) \Rightarrow 711,6 \text{ Pa}$ 2.) Ablezen der Enthalpien der Pkt 1 und 2 aus h-x Diagramm."ingenieurmäßig" abgelesen:

Punkt 1: (5°C ; $p_1 = 0,8$) $h_1 = \underline{15} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Punkt 2: (26°C ; $p_2 = 0,5$) $h_2 = 52,8 \approx \underline{53} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

oder berechnen mit

$$h = 1,004 \cdot t + x(1,86 \cdot t + 2500) \text{ unüblich, da}$$

"nicht ingenieurmäßig"

3) Berechnung der trockenen Luftmassen $\dot{m}_{L1}$ und $\dot{m}_{L2}$:

$$\dot{m}_{L1} = \frac{\dot{m}_f \cdot 0,3}{1 + x_1}$$

$$\dot{m}_{L2} = \frac{\dot{m}_f \cdot 0,7}{1 + x_2}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{3,2 \text{ kg/s} \cdot 0,3}{1 + 0,0043}$$

$$\dot{m}_{L2} = \frac{3,2 \text{ kg/s} \cdot 0,7}{1 + 0,0104}$$

$$\dot{m}_{L1} = \underline{\underline{0,96 \text{ kg/s}}}$$

$$\dot{m}_{L2} = \underline{\underline{2,22 \text{ kg/s}}}$$

4) Berechnung der Enthalpie der Mischung: h_m

$$h_m = \frac{\dot{m}_{L1} \cdot h_1 + \dot{m}_{L2} \cdot h_2}{\dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2}}$$

$$h_m = \frac{0,96 \text{ kg/s} \cdot 15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 2,22 \text{ kg/s} \cdot 53 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{(0,96 + 2,22) \text{ kg/s}} = \underline{\underline{41,53 \text{ kJ/kg} = h_m}}$$

Mit dem berechneten Wert h_m für $\dot{m}_{L1}$ und $\dot{m}_{L2}$ kann die Mischungsenthalpie $h_m = 41,53 \text{ kJ/kg}$ mit der Mischungsenthalpie der Mischungspunkte h_m verglichen werden.

5) Ablesen der absoluten Feuchte x_m aus h_x Diagramm für Punkt m abgelesen: ingenieurmäßig üblich!

Punkt: m ($h_m = 41,53 \text{ kJ/kg}$; Mischungsgerade) $x_m = \underline{\underline{0,0086}}$

oder berechnen: aber ist unüblich, besser ablesen.

$$x_m = \frac{\dot{m}_{L1} \cdot x_1 + \dot{m}_{L2} \cdot x_2}{\dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2}}$$

6) Berechnen der trockenen Luftmasse vor dem Erhitzereintritt:

$$\dot{m}_L = \frac{\dot{m}_{f_{\text{ges}}}}{1 + x}$$

$$\dot{m}_L = \frac{3,2 \text{ kg/s}}{1 + 0,0086} = \frac{\dot{m}_{f_{\text{ges}}}}{1 + x_m} = \underline{\underline{3,173 \text{ kg/s}}}$$

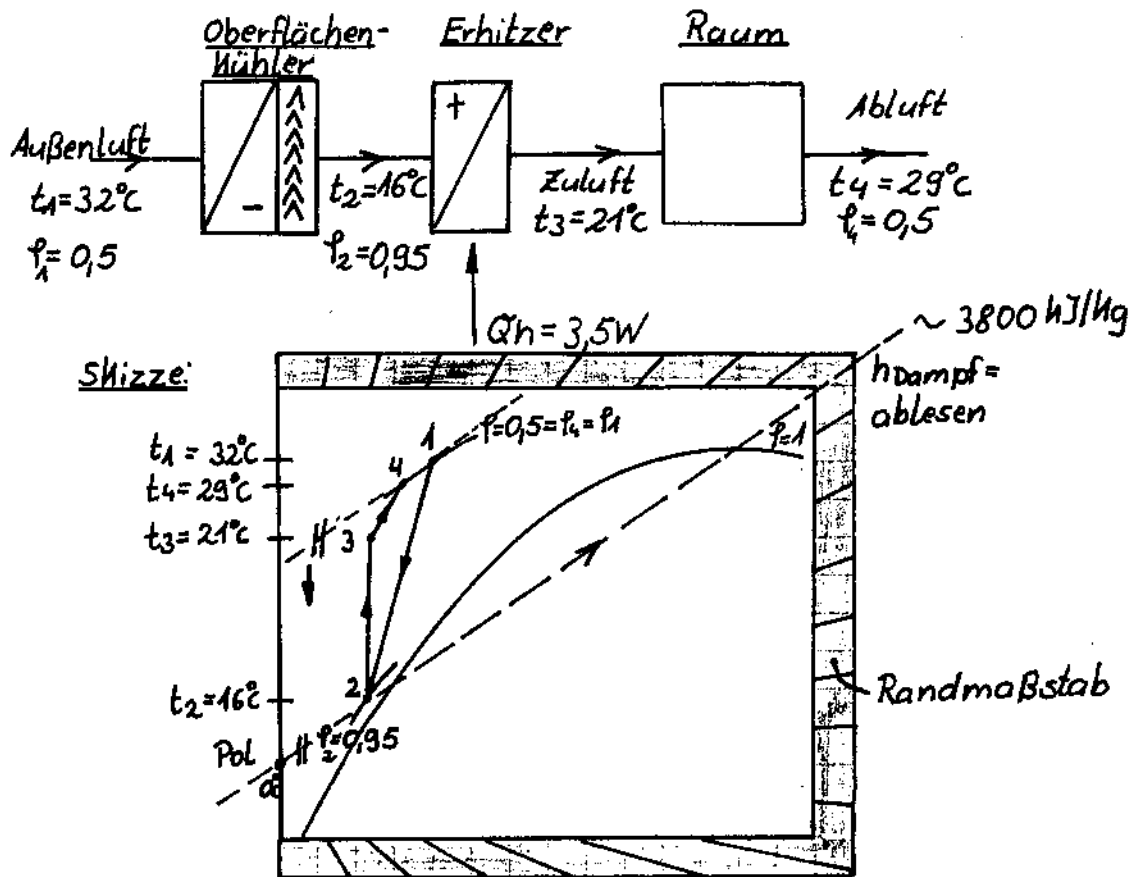
7) Ermittlung von Pht 3 (Pht nach der Erhitzung) und ablesen der dortigen Enthalpie:

Punkt 3: (d von Pht.m auf 23°C → Ergebnis Pht.3) $h_3 = \underline{\underline{45 \text{ kJ/kg}}}$

8) Berechnung der Erhitzerleistung:

$$\dot{Q}_h = \dot{P}_h = \dot{m}_{L_{\text{ges}}} \cdot (h_3 - h_m)$$

$$\dot{P}_h = 3,173 \text{ kg/s} \cdot (45 \text{ kJ/kg} - 41,53 \text{ kJ/kg})$$

Schaltbild der Anlage1. Ablesen der Enthalpien h_2 und h_3 (ingenieurmäßig) h - x Mollier Diagrammabgelesen:Punkt: 2 ($p_2 = 0,95$; $t_2 = 16^\circ\text{C}$) $h_2 = \underline{43\text{ kJ/kg}}$ Punkt: 1 ($p_1 = 0,5$; 32°C) $= 70\text{ kJ/kg}$ Punkt: 3 (A von Pkt 2 nach 21°C) $h_3 = \underline{48\text{ kJ/kg}}$ Punkt: 4 ($t_4 = 29^\circ\text{C}$; $p_4 = 0,5$) $h_4 = \underline{61\text{ kJ/kg}}$

oder berechnen mit:

$$h = 1,004 \cdot t + x \cdot (2500 + 1,86 \cdot t) \quad \text{unüblich für Ingenieure}$$

2. Ablesen der absoluten Feuchte x_2 ; x_3 ; x_4 (ingenieurmäßig) h -Mollier DiagPunkt: 2 $x_2 = \underline{1,08 \cdot 10^{-2}}$ Punkt: 3 $x_3 = \underline{1,08 \cdot 10^{-2}}$ Punkt: 1 $x_1 = \underline{0,0149}$ Punkt: 4 $x_4 = \underline{1,25 \cdot 10^{-2}}$ oder berechnen mit: $x_i = \frac{0,622 \cdot p_i \cdot p_{\text{sat}}(t_i)}{p - p_i \cdot p_{\text{sat}}(t_i)}$ unüblich für Ingenieure

$$x = 1,01295 \cdot 10^{-2} \quad \text{für } t = 16^\circ\text{C}$$

3.) Berechnung der trockenen Luftmasse vor dem Erhitzer

$$\dot{Q}_h = \dot{P}_h = \dot{m}_{L2} \cdot (h_3 - h_2) \quad \mid \quad \dot{m}_{L2} = \frac{\dot{Q}_h}{h_3 - h_2}$$

$$\dot{m}_{L2} = \frac{3,5 \text{ kW}}{(48 - 43) \text{ kJ/kg}} = \underline{\underline{0,7 \text{ kg/s}}}$$

Es gilt beim Erhitzer: $x = \text{const.}$

$$\dot{m}_{L2} \stackrel{!}{=} \dot{m}_{L3} = \underline{\underline{0,7 \text{ kg/s}}}$$

aber nur beim Erhitzerdamit ist: $x_2 = x_3$. Dies sagt uns, daß die feuchte der Luft nicht abnimmt b.z. zunimmt. Also bleibt auch die trockene Luftmasse $\dot{m}_L = \dot{m}_{L2} = \dot{m}_{L3}$ beim Erhitzen gleich. (Achtung: Nur beim Erhitzen)4.) Berechnung der Wärmeabgabe im Raum:

$$\dot{Q}_{ab} = \dot{m}_{L3} \cdot (h_4 - h_3)$$

hier ist $\dot{m}_{L3} \neq \dot{m}_{L4}$ da im $h-x$ Diagramm die Strecke $\overline{34}$ schräg nach oben geht und $x_3 \neq x_4$ ist. Wenn man die trockene Luftmasse $\dot{m}_{L4}$ möchte, müßte man zunächst mit berechnen und anschließend $\dot{m}_{L4}$

$$\dot{Q}_{ab} = 0,7 \text{ kg/s} \cdot (61 - 48) \text{ kJ/kg} = 9,1 \text{ kW}$$

$\dot{Q}_R \stackrel{!}{=} \dot{Q}_{ab} = \underline{\underline{9,1 \text{ kW}}}$ 1. Lösung der Aufgabe

5.) Berechnung der vom Raum der Luft abgegebenen Wassermenge:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_{L3} \cdot \Delta x = \dot{m}_{L3} \cdot (x_4 - x_3)$$

$$\dot{m}_w = 0,7 \text{ kg/s} \cdot (0,0125 - 0,0108) = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s} \stackrel{!}{=} \underline{\underline{4,3 \text{ kg/h}}} = \dot{m}_w$$

2. Lösung der Aufgabe.

6.) Enthalpie des zuzuführenden überh. Dampfes von Pht. 4 $\rightarrow$ Pht. 1siehe $h-x$ Diagramm und Skizze auf Seite 1

$$\text{abgelesen: } h_D \approx \underline{\underline{3800 \text{ kJ/kg}}}$$

Aus TB. 5.5 Cel/Ho abgelesen: Überhitzter Dampf mit folgenden Daten

$$\underline{\underline{p = 10 \text{ bar}}} \quad \underline{\underline{t \approx 650^\circ \text{C}}}$$

3. Lösung der Aufgabe.

7.) Berechnung der zuzuführenden Dampfmenge um von Pht. 4 nach Pht. 1 zu kommen.

$$\dot{m}_D = \dot{m}_L \cdot \Delta x = \dot{m}_{L3} \cdot (x_4 + x_1)$$

$$\dot{m}_D = 0,7 \text{ kg/s} \cdot (0,0125 + 0,0149)$$

$$\dot{m}_D = \underline{\underline{6,048 \text{ kg/h}}} \stackrel{!}{=} \underline{\underline{1,68 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}}}$$

4. Lösung der Aufgabe

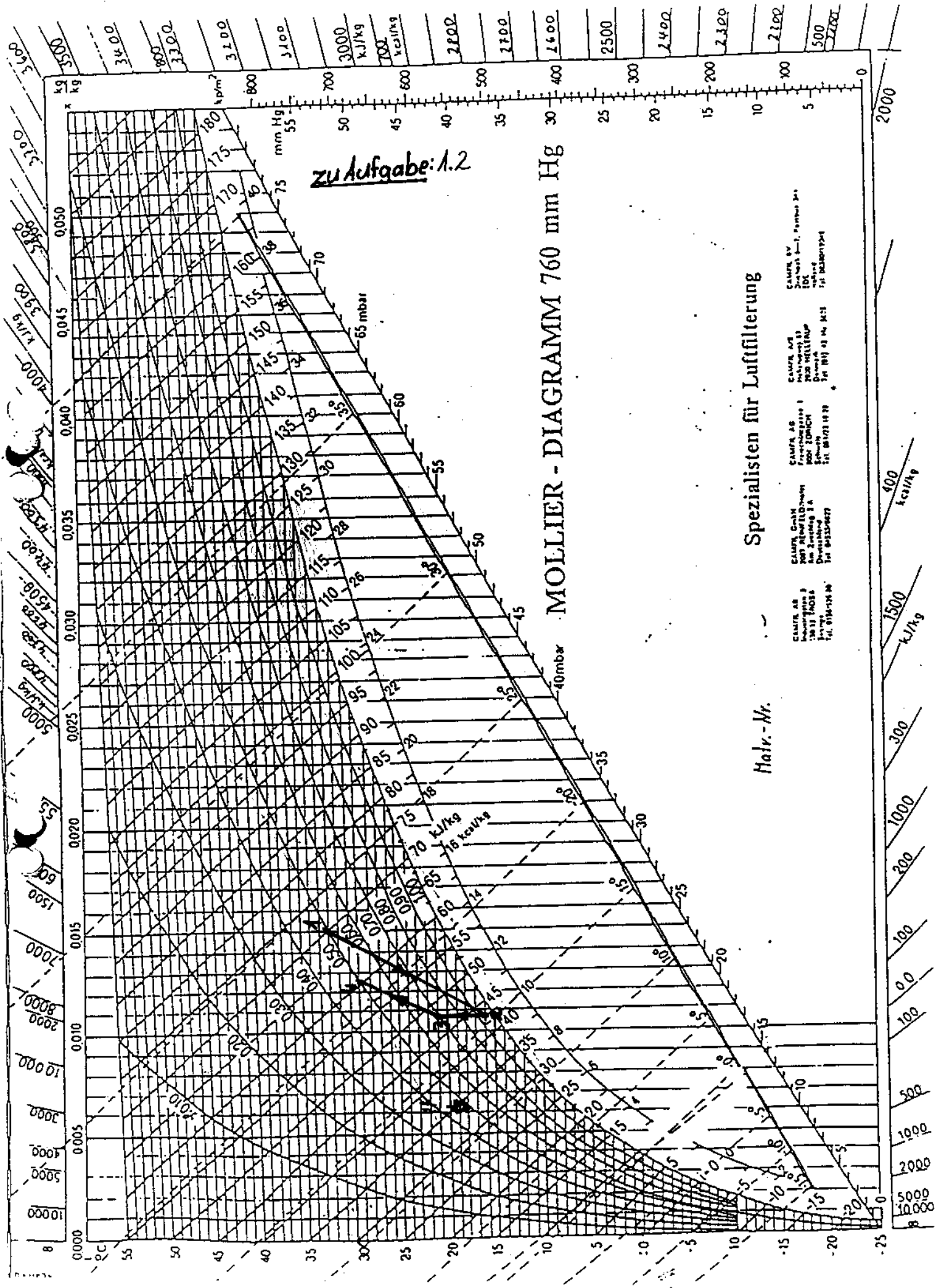
zu Aufgabe: 1.2

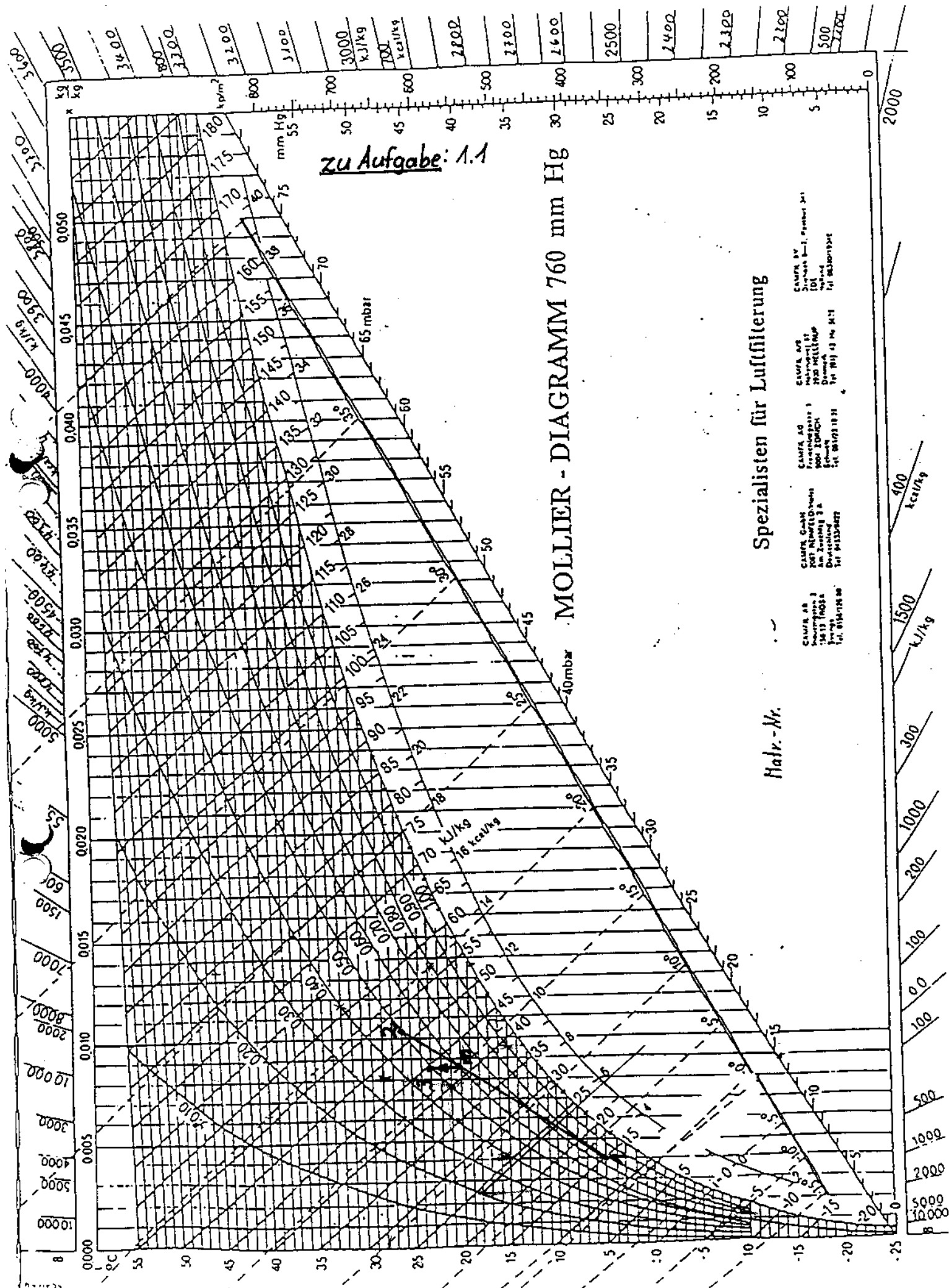
MOLLIER - DIAGRAMM 760 mm Hg

Spezialisten für Luftfilterung

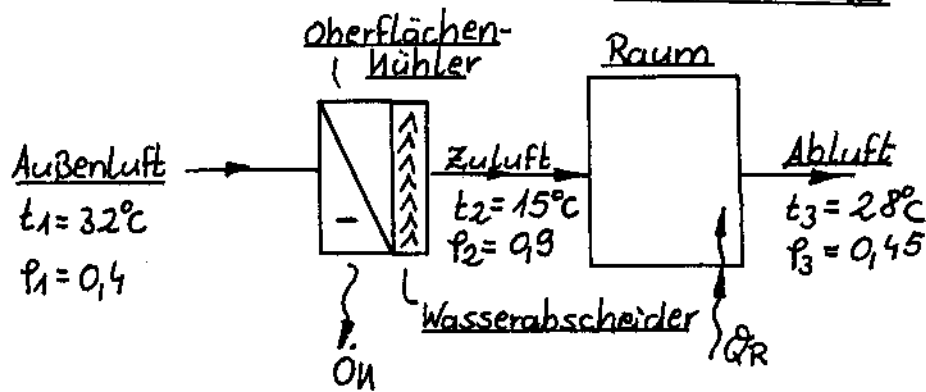
Malv.-Nr.

- CAMPA AG
Friedrichstraße 1
4000 DUISBURG
Schwaben
Tel. 0912/1111-11
- CAMPA AG
Friedrichstraße 1
4000 DUISBURG
Schwaben
Tel. 0912/1111-11
- CAMPA AG
Friedrichstraße 1
4000 DUISBURG
Schwaben
Tel. 0912/1111-11
- CAMPA AG
Friedrichstraße 1
4000 DUISBURG
Schwaben
Tel. 0912/1111-11



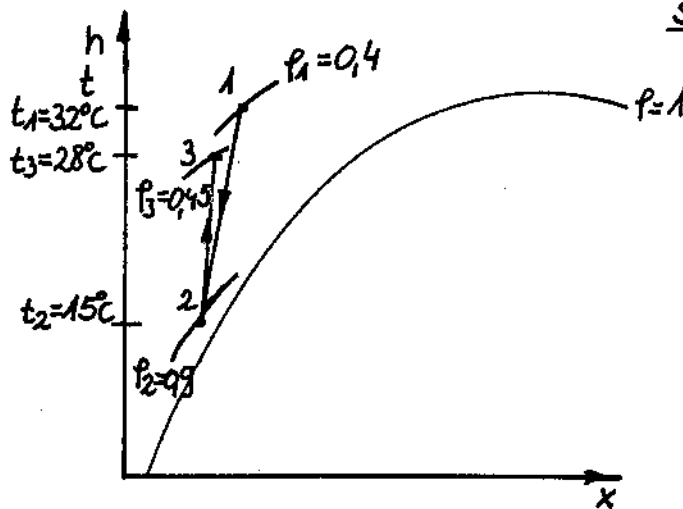


Teilklimaanlage:



$\dot{m}_f = 12000 \text{ kg/h} \stackrel{!}{=} 3,33 \text{ kg/s}$

$\dot{m}_f = \text{Für alle Punkte const., da keine Luft verloren geht}$



Skizze des Prozeßablaufes im

h-x Diagramm

(Nur für mich zur Verdeutlichung des Prozeßablaufes richtiges h-x Diagramm liegt bei)

ges.) a.) die Kälteleistung des Oberflächenkühlers:

b.) die abgeschiedene Wassermenge am Kühler.

c.) die angefallene Wärmemenge in den Räumen

1.) Ablesen der Enthalpien und absoluten Feuchten der Pkt. 1; 2; 3

Punkt 1: (32°C; p = 0,4)	$h_1 = 63 \text{ kJ/kg}$	$x_1 = 0,012$	} h_i, x_i abgelesen aus h-x Diagramm, Mollier
Punkt 2: (15°C; p = 0,9)	$h_2 = 39 \text{ kJ/kg}$	$x_2 = 0,0096$	
Punkt 3: (28°C; p = 0,45)	$h_3 = 55 \text{ kJ/kg}$	$x_3 = 0,0104$	

2.) Berechnung der Kälteleistung des Oberflächenkühlers:

hierzu berechnen der trockenen Luftmasse vor dem Kühlereintr

$$\dot{m}_L = \frac{\dot{m}_f}{1+x} \stackrel{!}{=} \frac{\dot{m}_f}{1+x_1} = \dot{m}_{L1}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{3,33 \text{ kg/s}}{1+0,012} = 3,2938 \text{ kg/s} \stackrel{!}{=} 11858$$

$$\dot{Q}_K = \dot{m}_L \cdot \Delta h \stackrel{!}{=} \dot{m}_{L1} \cdot (h_2 - h_1) \quad \dot{Q}_K = 3,2938 \text{ kg/s} \cdot (39 - 63) \text{ kJ/kg} \quad 100$$

3) Berechnung der abgeschiedenen Wassermenge am Kühler:

$$\Delta \dot{m}_w = \dot{m}_L \cdot \Delta x \stackrel{!}{=} \dot{m}_{L1} \cdot (x_1 - x_2)$$

$$\Delta \dot{m}_w = 3,2938 \text{ kg/s} \cdot (0,012 - 0,0096) = \underline{\underline{26,4 \text{ kg/h}}} = \underline{\underline{7,33 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}}}$$

Lösung zu b.)4) Berechnung der angefallenen Wärmemenge in den Räumen:

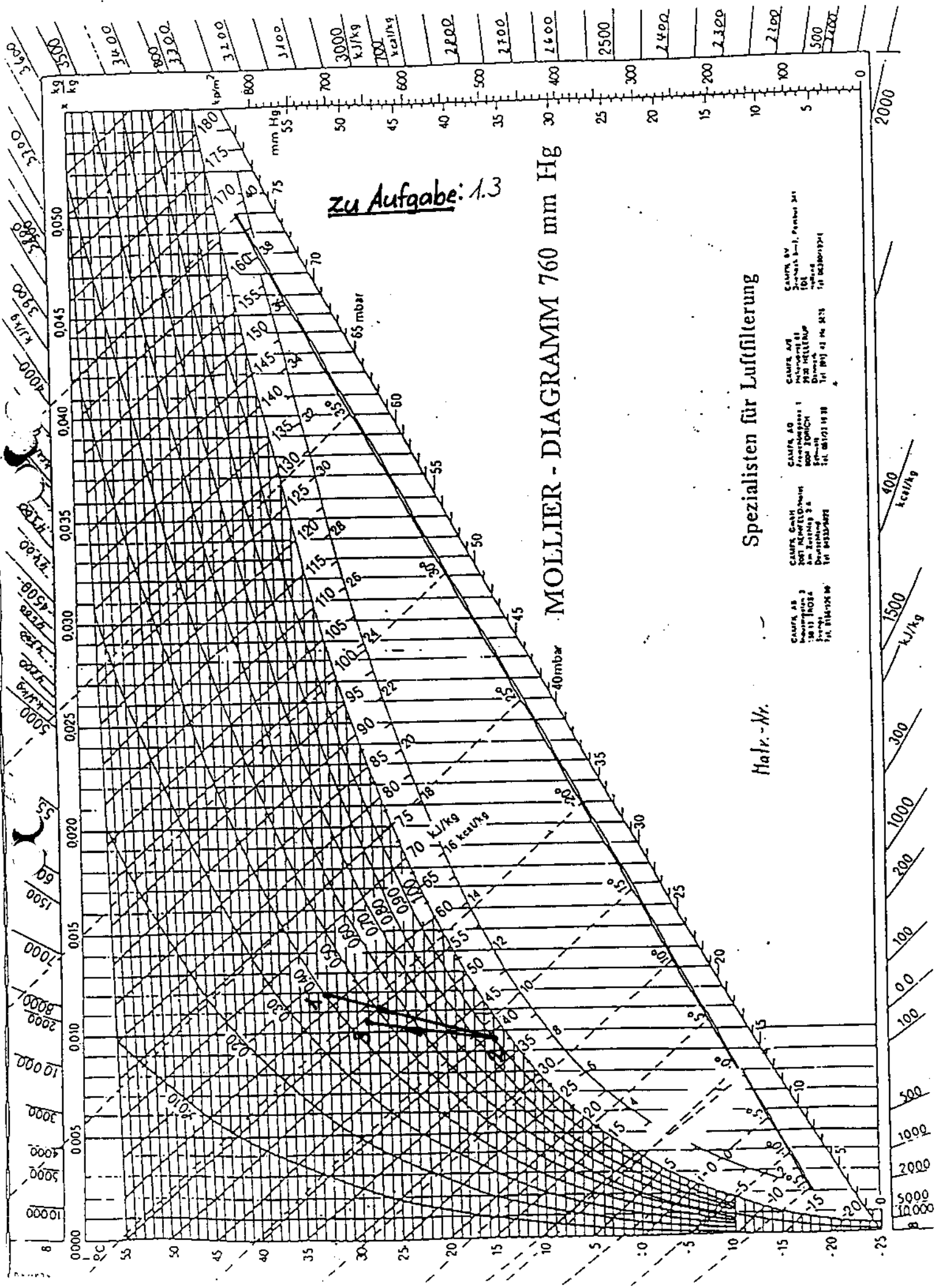
hiezui berechnen der trockenen Luftmasse vor dem Raumeintritt

$$\dot{m}_L = \frac{\dot{m}_f}{x+1} \stackrel{!}{=} \frac{\dot{m}_f}{x_2+1} = \dot{m}_{L2} \quad \dot{m}_{L2} = \frac{3,33 \text{ kg/s}}{0,096+1} = \underline{\underline{3,10 \text{ kg/s}}}$$

$$\dot{Q}_R = \dot{m}_L \cdot \Delta h \stackrel{!}{=} \dot{m}_{L2} \cdot (h_3 - h_2)$$

$$\dot{Q}_R = 3,10 \text{ kg/s} \cdot (55 - 39) \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{49,6 \text{ kW}}} \approx \underline{\underline{50 \text{ kW}}}$$

Lösung zu c.)



zu Aufgabe: 1.3

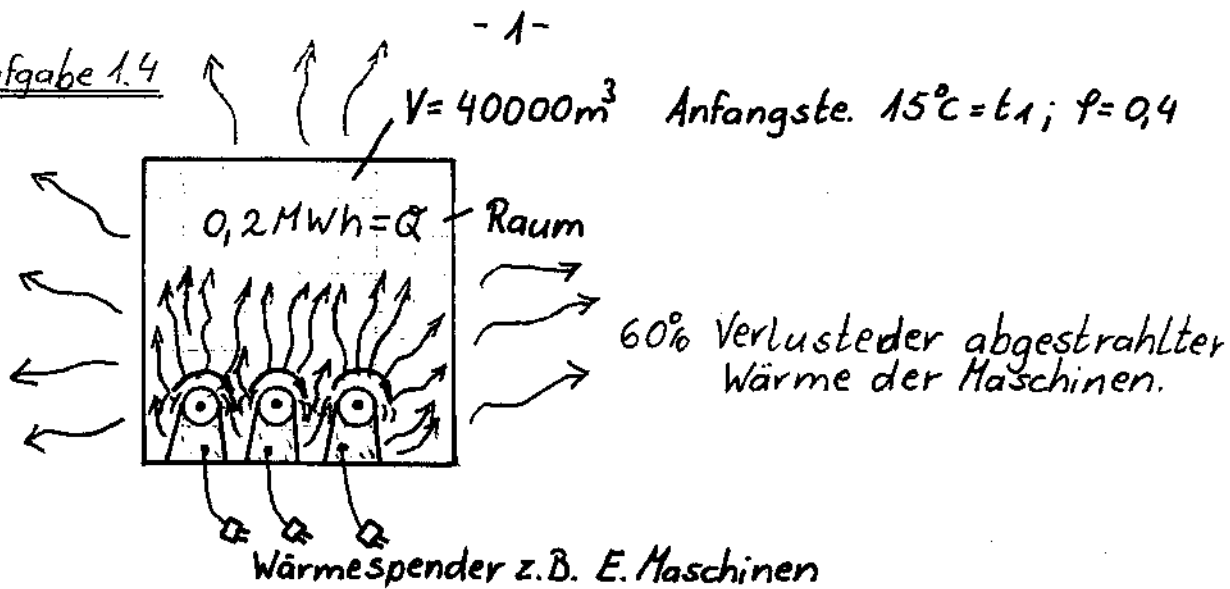
MOLLIER - DIAGRAMM 760 mm Hg

Spezialisten für Luftfilterung

Matr.-Nr.

CAMPE AG
 Industriestraße 1
 4000 DUISBURG
 Telefon 0212/11111
 Telex 8333/AMT
 CAMPE AG
 Industriestraße 1
 4000 DUISBURG
 Telefon 0212/11111
 Telex 8333/AMT
 CAMPE AG
 Industriestraße 1
 4000 DUISBURG
 Telefon 0212/11111
 Telex 8333/AMT

Aufgabe 1.4



Gewünscht wird ein Raumzustand von 25°C und $p = 0,4$

- 1.) Verbleibende Restwärme berechnen, die nach dem Abzug der Transmissionswärme übrig bleibt:

geg.: $0,2 \text{ MWh} \hat{=} \frac{0,2 \text{ MWh} \cdot 10^6}{10^3} = \underline{\underline{200 \text{ kWh}}} = \underline{\underline{Q}}$

$\dot{Q} = ?$

$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$

$200 \text{ kWh} \hat{=} 3,6 \cdot 200 \text{ kWh} = 720 \text{ MJ} = \underline{\underline{Q}}$

Da 60% der Wärme durch Transmission verloren gehen gilt:

$$\begin{array}{l} 100\% \hat{=} 720 \text{ MJ} \\ 40\% \hat{=} x \text{ MJ} \end{array} \quad \rightarrow \quad x = \frac{720 \text{ MJ} \cdot 40\%}{100\%} = \underline{\underline{288 \text{ MJ}}}$$

die im Raum verbleiben

$288 \text{ MJ} \hat{=} \frac{288 \cdot 10^6}{10^3} = \underline{\underline{288000 \text{ kJ}}} = \underline{\underline{Q}}$

- 2.) Berechnung der trockenen Luftmasse vor der Erwärmung:

$m_{L1} = \frac{(p - p_{D5}) \cdot V_f}{R_L \cdot T}$

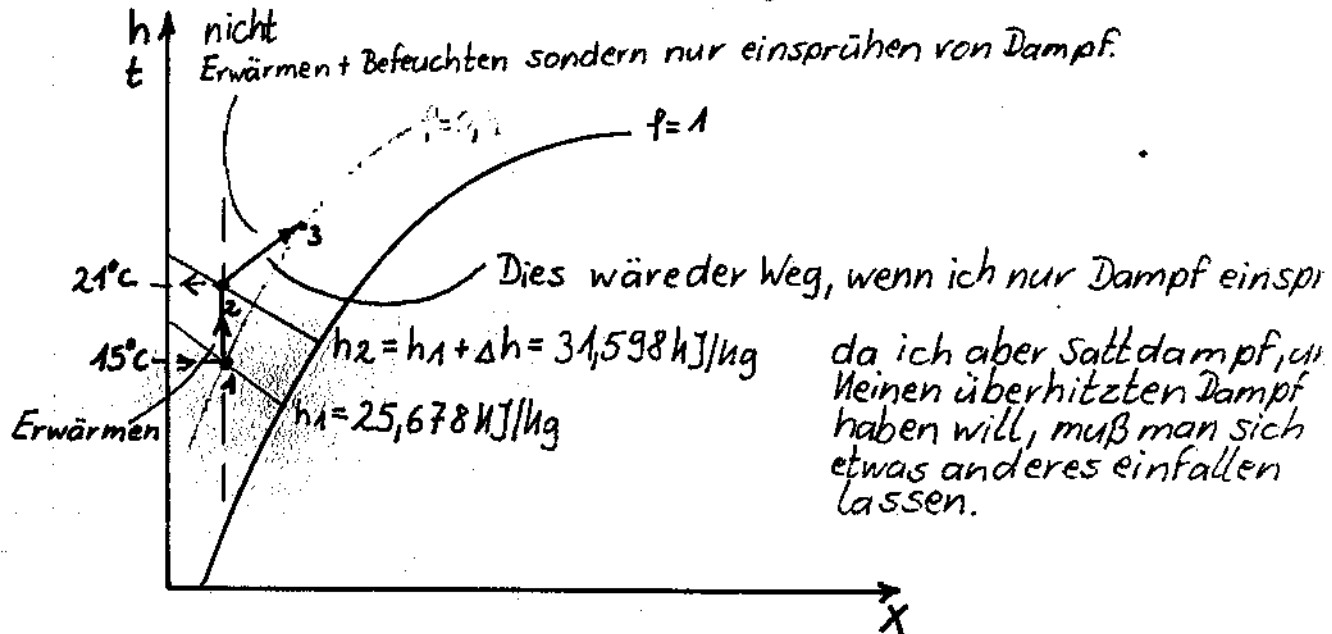
$m_{L1} = \frac{(1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 0,4 \cdot 1703,9 \text{ Pa}) \cdot 40}{287,2 \text{ J} \cdot 288,15 \text{ K}}$

$m_{L1} = \underline{\underline{48645,5 \text{ kg-tr Luft}}}$

3.) Enthalpiedifferenz berechnen:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{Q_{12}}{m_L}$$

$$\Delta h = \frac{288000 \text{ kJ}}{48645,5 \text{ kg}} = 5,9204 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

4.) Punkte ins h-x Diagramm eintragen:5.) Berechnung der Enthalpie h_1 :

$$h = 1,004 \cdot t + x \cdot (1,86 \cdot t + 2500)$$

$$h_1 = 1,004 \cdot 15^\circ\text{C} + 0,0042 \cdot (1,86 \cdot 15^\circ\text{C} + 2500)$$

$$h_1 = \underline{25,678 \text{ kJ/kg}}$$

hierzu berechnen von x_1

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{p \cdot p_s}{p - p \cdot p_s}$$

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{0,4 \cdot 1703,9 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa} - 0,4 \cdot 1703,9 \text{ Pa}}$$

$$x_1 = \underline{0,0042}$$

6.) Die Luft mit dem Zustand 1 wird ohne Feuchtezugabe erwärmt.Also gilt für die Enthalpie des Zustandes 2:

$$h_1 + \Delta h = h_2$$

$$h_2 = 25,678 \text{ kJ/kg} + 5,9204 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = \underline{31,598}$$

7.) Punkt 2 eintragen (siehe Skizze)8.) Punkt 3 eintragen mit $\phi = 0,4$ und $t_3 = 25^\circ\text{C}$ (siehe Skizze)

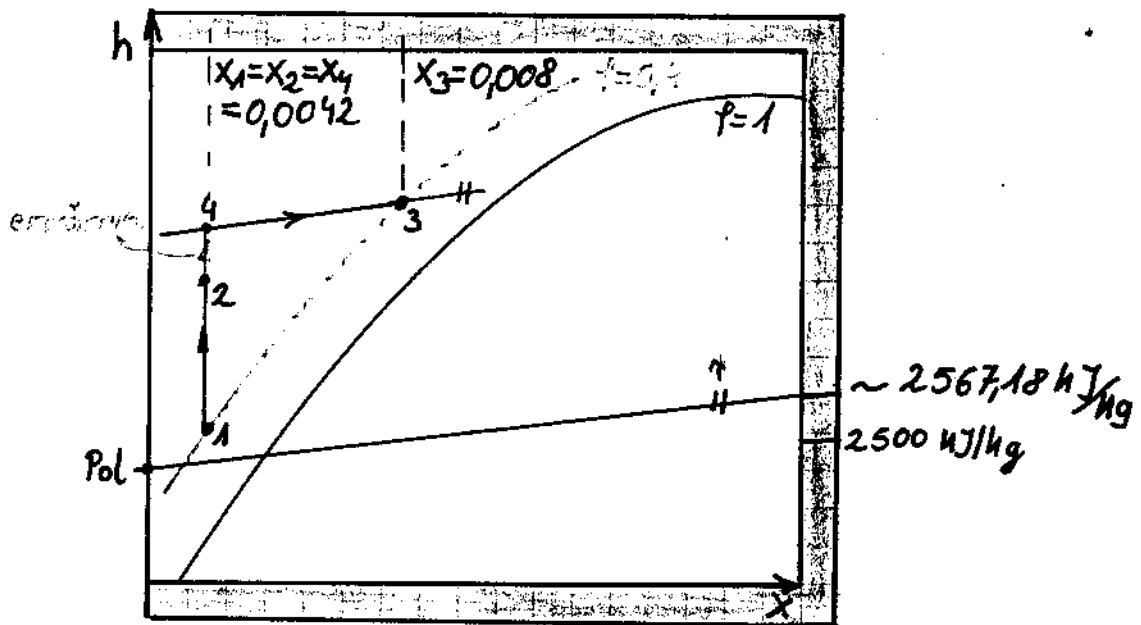
9.) Auswahl des zu verwendenden Dampfes.

Aus TB. 5.4 wähle ich den Satteldampf mit folgenden Werten an

$$h'' = 2567,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad t = 36^\circ\text{C}$$

Am Randmaßstab sucht man ungefähr diesen Wert.

Zieht vom Pol bis zu diesem Wert eine Gerade und verschiebt diese in den Punkt 3.



Nun fehlt ja die Verbindungsstrecke zwischen Punkt 2 und der Linie durch Punkt 3. Ganz einfach, man erwärmt von Punkt 2 bis zum Erreichen der Linie durch Punkt 3.

Es entsteht Punkt 4. (gelbe Linie = erwärmen)

10.) Berechnung der zuzuführenden Wärmemenge zwischen Punkt 2 und 4.

$$Q = m_L \cdot (h_4 - h_2)$$

hierzu: $h_2 \approx 31,0 \text{ kJ/kg}$ aus Schritt 6.)

$h_4 \approx 35,0 \text{ kJ/kg}$ aus h - x Diagramm

$$Q = 48645,5 \cdot (35 - 31,0 \text{ kJ/kg})$$

gramm

$$Q = 194582 \text{ kJ} = \underline{\underline{194,582 \text{ MJ}}}$$

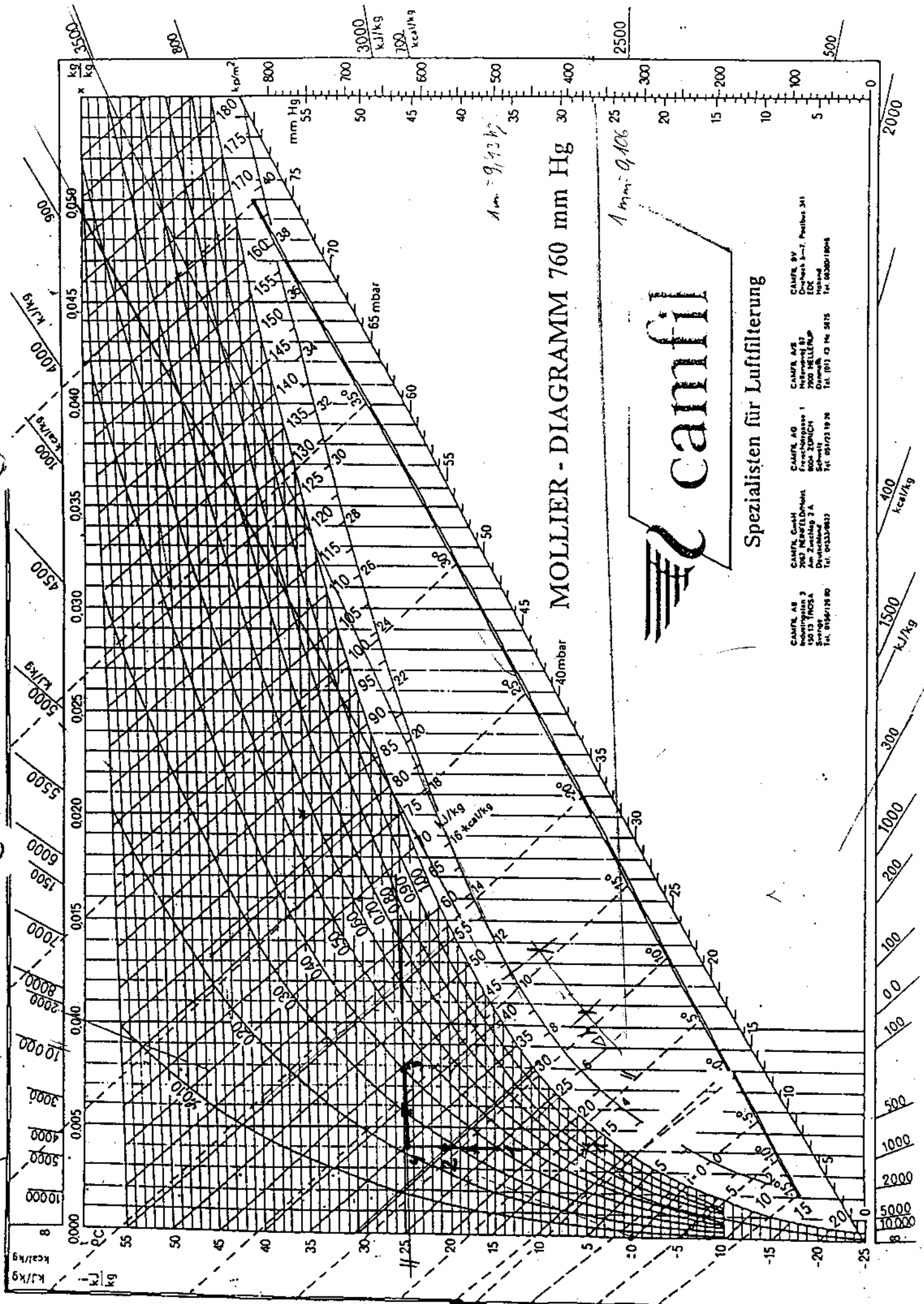
$m_L = 48645,5 \text{ kg tr Luft}$ aus Schritt 2.)

11.) Berechnung der zuzuführenden Dampfmenge

$$m_{\Delta D} = m_L \cdot (x_3 - x_2)$$

$$\Delta m_D = 48645,5 \text{ kg} \cdot (0,008 - 0,0042) = \underline{\underline{185 \text{ kg}}}$$

Diagramm zu Aufgabe 1.4

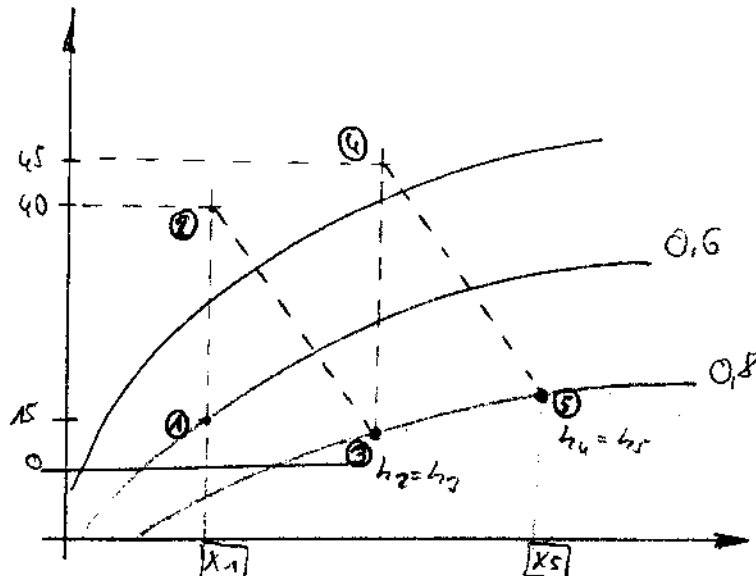
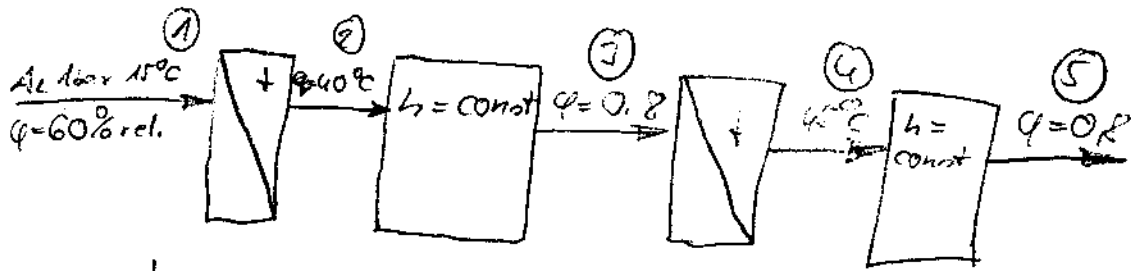


1.5

TH 2

$$\Delta m_w = 200 \frac{\text{kg}}{\text{h}} =$$

9-procknung:



$$\begin{aligned} h_1 &= 71 \\ h_2 &= 56 \\ h_4 &= 128 \end{aligned}$$

$$\Delta x = \frac{m_w}{m_L} \quad \rightarrow \quad \dot{m}_L = \frac{\dot{m}_w \cdot h_2}{\Delta x} = 22058 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} \Delta x &= (x_5 - x_1) \\ &= 0,0196 \\ &= 6,17 \frac{\text{kg}}{\text{t}} \end{aligned}$$

$$(p - \varphi p_s) \cdot \dot{V} = \dot{m}_L \cdot R_L \cdot T$$

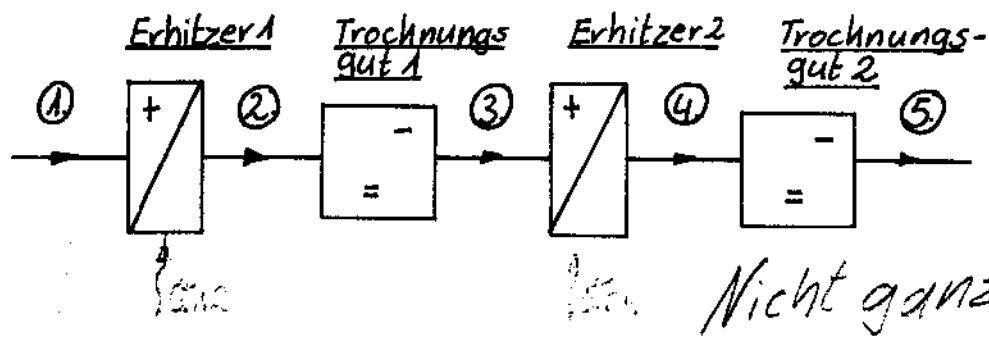
$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_L \cdot R_L \cdot T}{(p - \varphi p_s)} = \frac{22058 \cdot 227 \cdot 222}{(1 - 0,6 \cdot 0,0196 \cdot 222)} = 18480 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{Q}_{12} = \dot{m}_L \cdot \Delta h = 234$$

$$= 22058 \cdot 0,0196 =$$

$$= 6,17 \cdot 22 = 135,74$$

$$\dot{Q}_{12} = 6,17 \cdot 22 = 136$$

1. Ablezen der Enthalpien und absoluten Feuchten aus h-x Diagramm.

Bemerkung: Da in Aufgabenstellung die Luft 1 bar besitzt und unser Diagramm für 1,01325 bar gilt, habe ich die in der Aufgabenstellung gegebenen p umgerechnet und dann erst in unser Diagramm übernommen. Da die Abweichung von p_{vorh} zu p_{Diagr} sehr klein sind, kann eventuell auch hierauf verzichtet werden. $p_{Diagr} = \frac{p_{atm}}{p_{vorh}} \cdot p_{vorh}$.

Punkt 1: (15°C ; $p \approx 0,6$)	$h_1 = 30 \text{ kJ/kg}$	$x_1 = 0,0061$
Punkt 2: (d. von Pkt. 1 auf $t_2 = 40^\circ\text{C}$)	$h_2 = 57 \text{ kJ/kg}$	$x_2 = 0,0061$
Punkt 3: ($p_3 \approx 0,8$; $h_2 = h_3$)	$h_3 = 57 \text{ kJ/kg}$	$x_3 = 0,0112$
Punkt 4: (d. von Pkt. 3 auf $t_4 = 45^\circ\text{C}$)	$h_4 = 79 \text{ kJ/kg}$	$x_4 = 0,0112$
Punkt 5: ($p_5 \approx 0,8$; $h_4 = h_5$)	$h_5 = 79 \text{ kJ/kg}$	$x_5 = 0,0198$

2. Berechnung der trockenen Luftmasse:

$$\Delta m_{\text{wges}} = m_L \cdot \Delta x \quad \frac{\Delta m_{\text{wges}}}{\Delta x} = m_L$$

$$m_L = \frac{300 \text{ kg/h} / 3600}{0,0198 - 0,0061} = 6,04 \text{ kg/s}$$

3. Berechnung des Volumenstromes der feuchten Luft.

$$\dot{V}_F = \frac{m_L \cdot R_L \cdot T}{(p - p_1 \cdot p_s)}$$

$$\dot{V}_F = \frac{6,04 \text{ kg/s} \cdot 287 \cdot (273 + 15) \text{ K}}{100000 \text{ Pa} - 0,6 \cdot 1703,9 \text{ Pa}} = \frac{5,04 \text{ m}^3}{\text{s}} = 18158 \text{ l/s}$$

1. Lösung der Aufgabe

4. Berechnung der Erhitzerleistung $\dot{Q}_{12}$; $\dot{Q}_{34}$

$$\dot{Q}_{12} = m_L \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\dot{Q}_{12} = 6,04 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (57 - 30) \text{ kJ/kg} = 163,08 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{34} = m_L \cdot (h_4 - h_3)$$

$$\dot{Q}_{34} = 6,04 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (79 - 57) \text{ kJ/kg} = 133 \text{ kW}$$

2. Lösung d. Aufg.

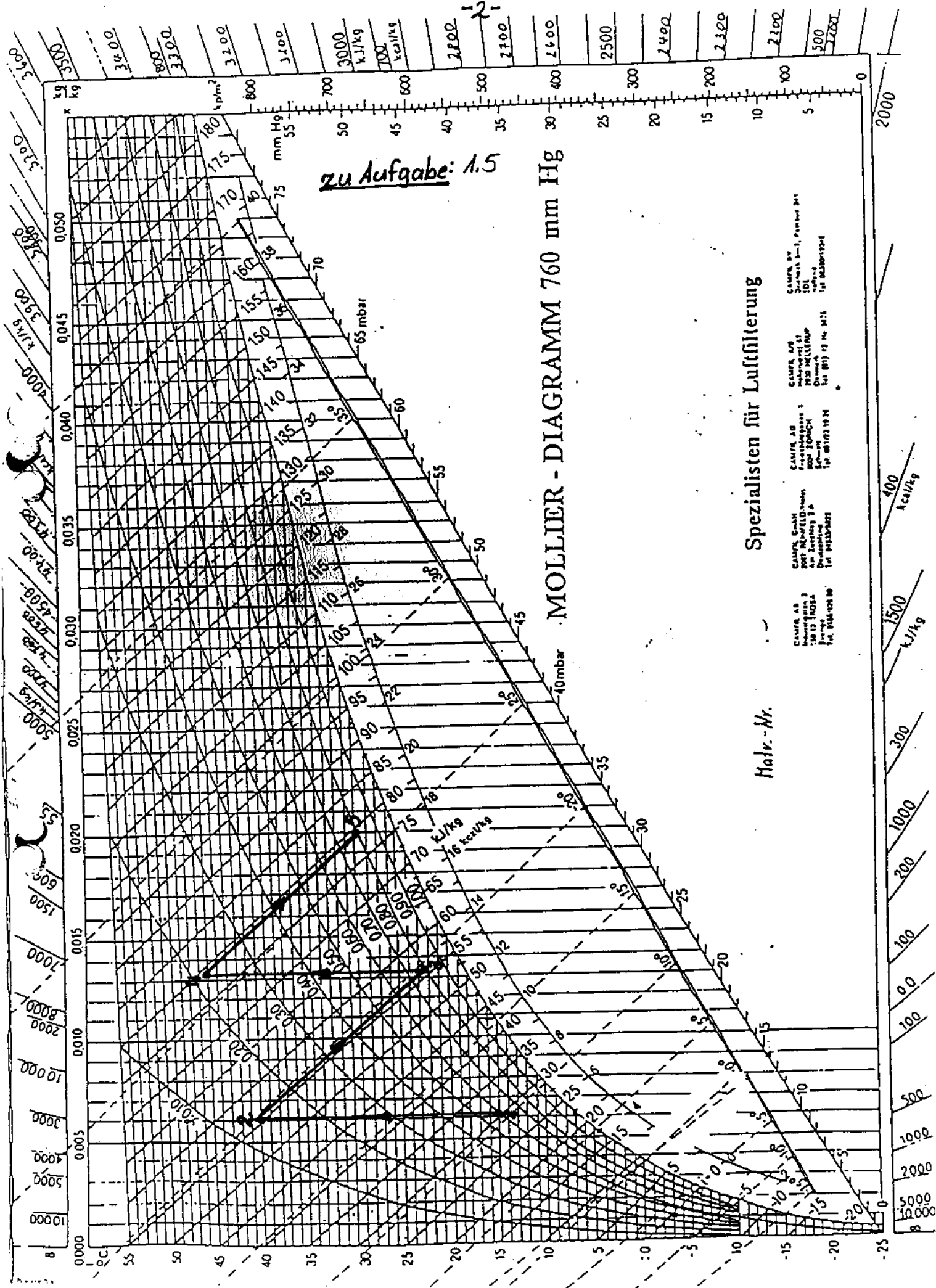
zu Aufgabe: 1.5

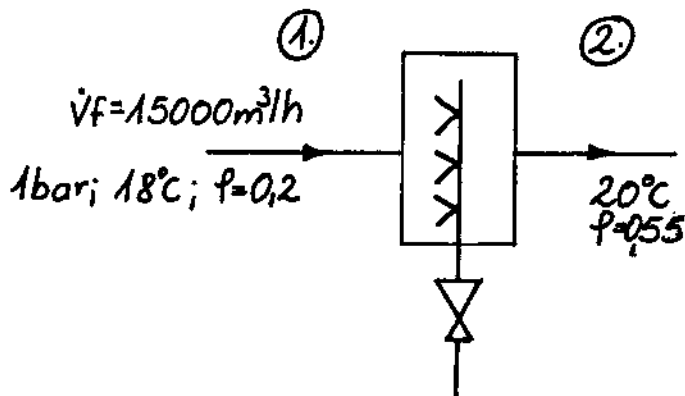
MOLLIER - DIAGRAMM 760 mm Hg

Spezialisten für Luftfilterung

Hafr.-Nr.

- CAMPA AG
Postfach 11
4000 Essen
Tel. 0201/3101-1
- CAMPA AG
Postfach 11
4000 Essen
Tel. 0201/3101-1
- CAMPA AG
Postfach 11
4000 Essen
Tel. 0201/3101-1



Luftbefeuchtungsanlage:

1.) Ablesen von $x_1; x_2$: aus $h-x$ Diagramm nach Mollier:

Punkt 1: $x_1 = \underline{0,0025}$
(18°C; $\phi=0,2$)

Punkt 2: $x_2 = \underline{0,00}$
(20°C; $\phi=0,55$)

Da unser Diagramm für 760 mm Hg gilt und hier aber die Luft $\sim 1 \text{ bar} = 750 \text{ mm Hg}$ angegeben ist müsste Proportionalität in Diagramm umgerechnet werden. Die Abweichung wäre so minimal, daß ich auf eine Umrechnung verzichte.

2.) Berechnung der benötigten Dampfmenge:

$$\dot{m}_L = \frac{(p - p_s) \cdot \dot{V}}{R_L \cdot T} \quad \dot{m}_L = \frac{(100000 \text{ Pa} - 0,2 \cdot 2062 \text{ Pa}) \cdot \frac{15000 \text{ m}^3/\text{h}}{3600}}{287 \cdot (273,15 + 18) \text{ K}}$$

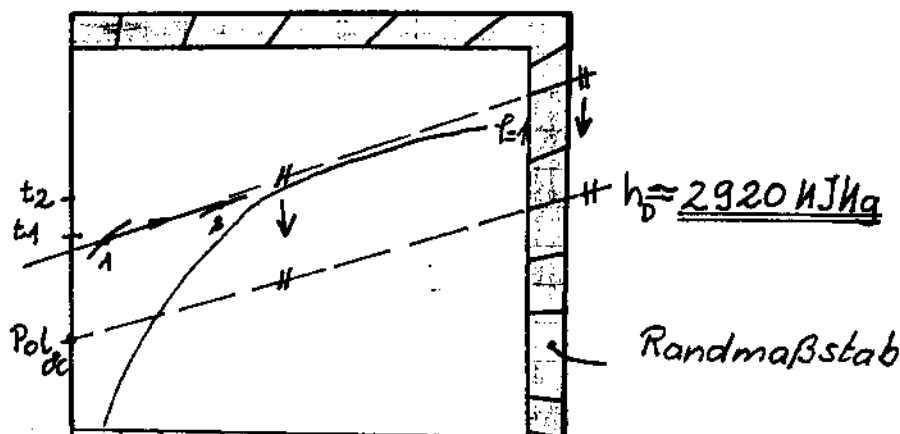
$$\dot{m}_L = \underline{4,97 \text{ kg/s}} \stackrel{!}{=} \underline{17877,13 \text{ m}^3/\text{h}}$$

2.1.)

$$\dot{m}_D = \dot{m}_L \cdot (\Delta x) \quad \dot{m}_D = 4,97 \text{ kg/s} \cdot (0,0079 - 0,0025) = \underline{96,6 \text{ kg/h}} \stackrel{!}{=} \underline{0,0268 \text{ kg/s}}$$

1. Lösung der Aufgabe

3.) Ablesen der benötigten Dampfenthalpie aus $h-x$ Diagramm:



- 4.) Für Enthalpie $h_D \approx 2920 \text{ kJ/kg}$ aus TB 5.5 Cell 6 passenden überhitzten Dampf auswählen: (eventuell interpolieren)

$h_D \approx 2920 \text{ kJ/kg}$ ausgewählt: überhitzter Dampf mit

$$\underline{\underline{p = 1,5 \text{ bar} \quad t = 223,55^\circ\text{C}}}$$

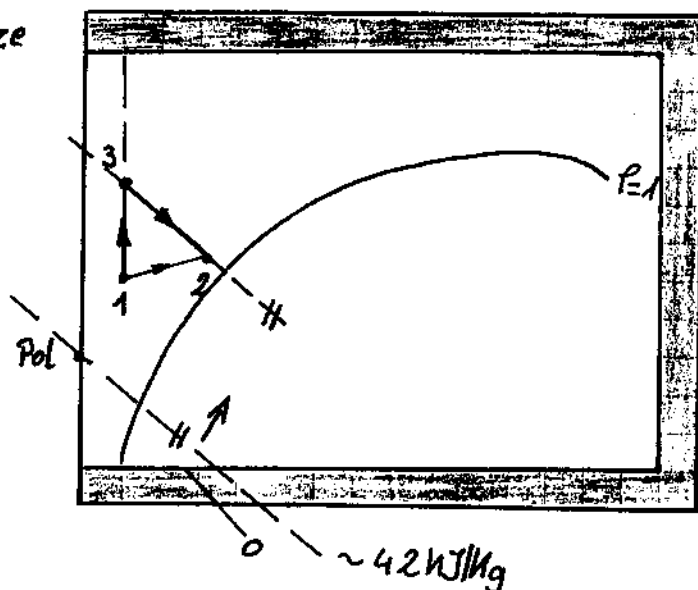
2. Lösung der Aufgabe

- 5.) In TB 5.4 Cell 6 für $t_w = +10^\circ\text{C}$ die entsprechende Enthalpie h_w ablesen:

$$h_w = h' = 41,99359924 \text{ kJ/kg} \rightarrow h_w \approx 42 \text{ kJ/kg}$$

- 6.) Ablesen der Enthalpie von Pkt.: 3 aus h - x Diagramm. Hierfür wie folgt den Weg des 2. Prozesses konstruieren

Skizze



Strecke 1 $\rightarrow$ 2
Befeuchtung mit überh. Dampf

Strecke 1 $\rightarrow$ 3 $\rightarrow$ 2
Erhitzen + Befeuchtung mit Wasser von $+10^\circ\text{C}$

abgelesene Enthalpien:

$$h_1 = \underline{\underline{22 \text{ kJ/kg}}}$$

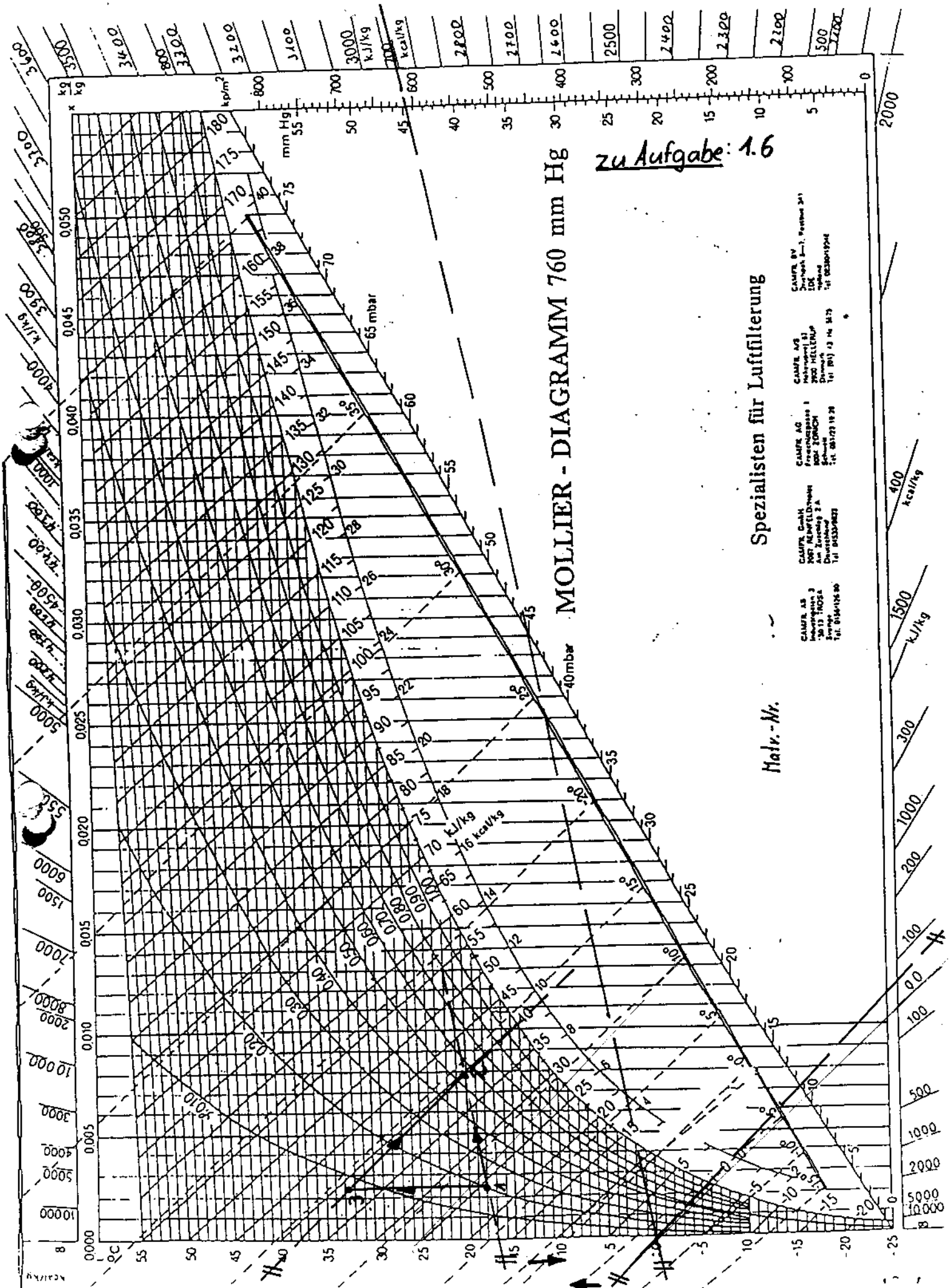
$$h_3 = \underline{\underline{39 \text{ kJ/kg}}}$$

- 7.) Berechnung der Erhitzerleistung:

$$\dot{Q}_H = P_H = \dot{m}_{L1} \cdot (h_3 - h_1)$$

$$\dot{Q}_H = 4,97 \text{ kg/s} \cdot (39 - 22) \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{84,5 \text{ kW}}} \approx \underline{\underline{85 \text{ kW}}}$$

3. Lösung der Aufgabe



zu Aufgabe: 1.6

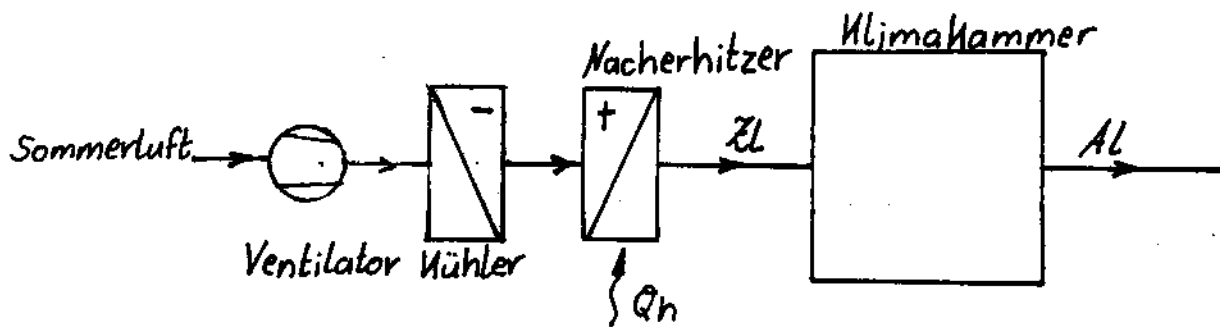
Spezialisten für Luftfilterung

Holz-Mr.

CAMPE AG
 Industriestraße 1
 7200 HELLING
 (0714) 13 14 15
 Tel. 0714 13 14 15

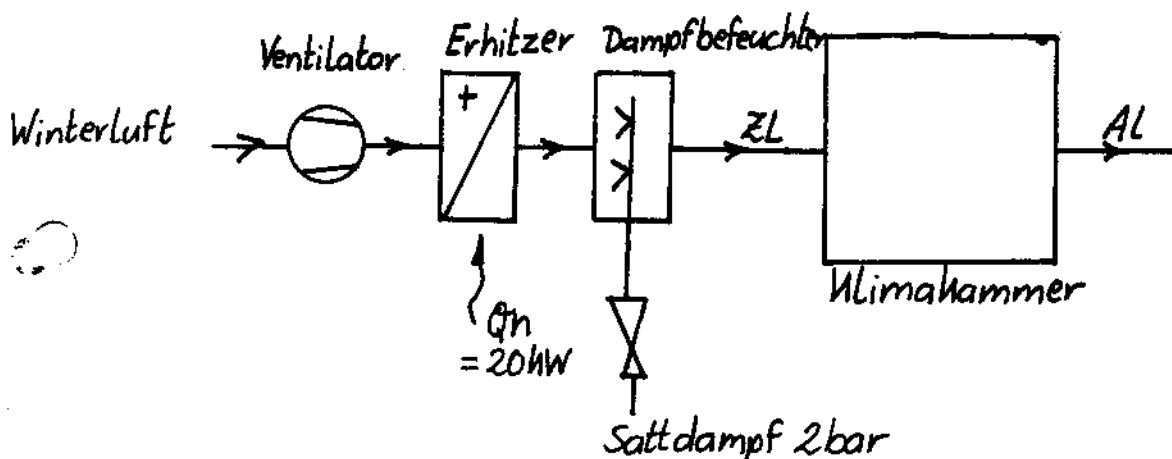
CAMPE GmbH
 Postfach 100
 7200 HELLING
 (0714) 13 14 15
 Tel. 0714 13 14 15

CAMPE AG
 Industriestraße 1
 7200 HELLING
 (0714) 13 14 15
 Tel. 0714 13 14 15

Klimaanlage im Sommerbetrieb:

Besonderheit dieses Prozesses: Ichzietiere aus Taschenbuch f. Maschinenbau Dubbel 18. Auflage, Thema Luftkühlung Seite M20. Die Luft wird oft soweit abgekühlt, daß eine Nachwärmung auf die Zulufttemperatur notwendig wird.

Ahnliches steht im Buch: Thermodynamik f. Ingenieure Vieweg Vlg. Ichzietiere: Im Sommer ist häufig eine Kühlung des Luftstroms notwendig, bei der oft auch noch Wasserdampf aus der Luft ausgeschieden wird. Schließlich muß der Luftstrom im Nachwärmer auf die erforderliche Zulufttemperatur gebracht werden. Aus der Vorlesung TH2 weiß ich, daß bei der Kühlung angenähert auf die relative Feuchte von ungefähr $\varphi = 0,95$ abgekühlt wird.

Klimaanlage im Winterbetrieb:1.) Darstellung des Prozesses im h-x-Diagramm für Winter:

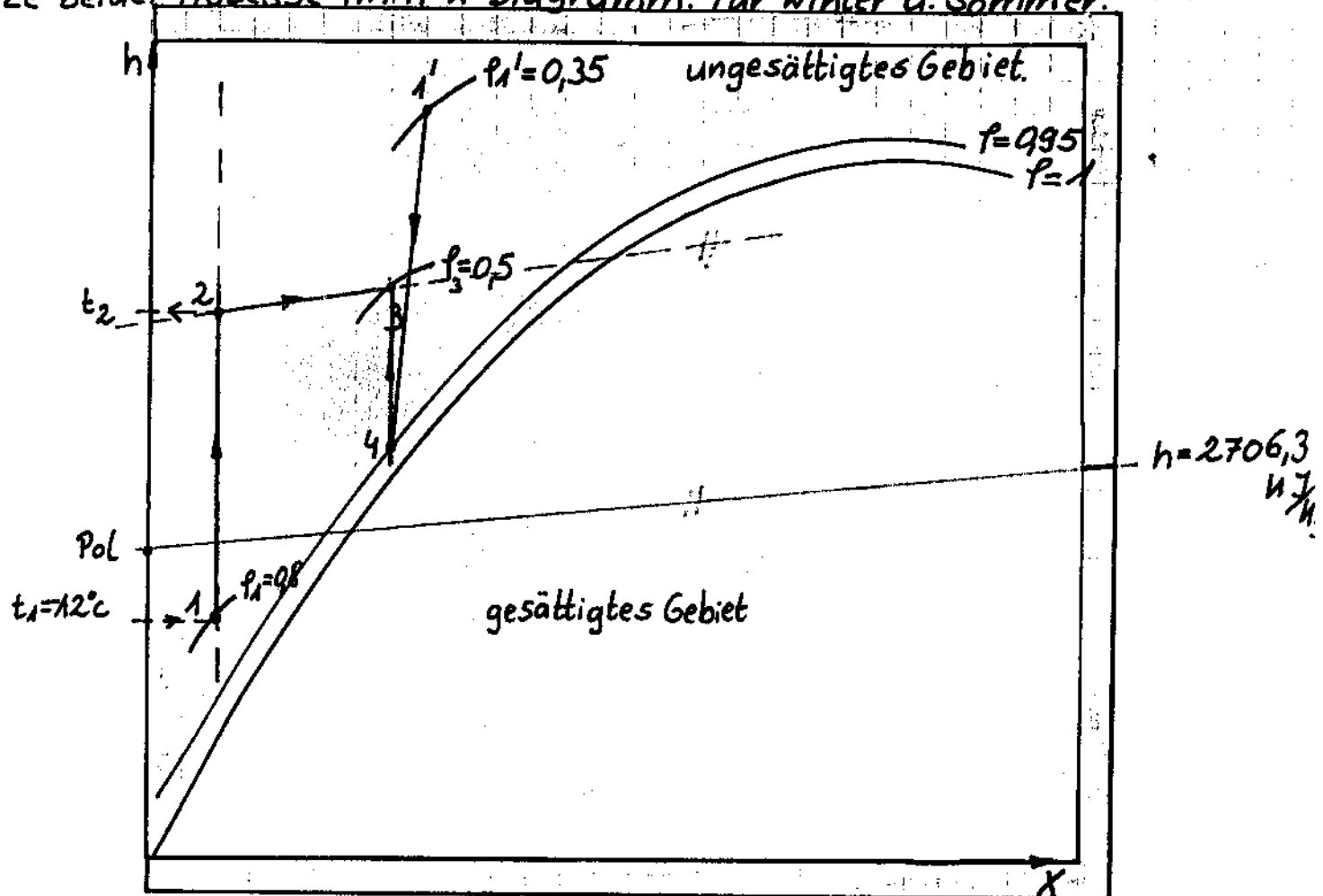
- 1.1) Eintragen der Punkte 1; 3
 - 1.2) Nachschlagen der Enthalpie des Sattdampfes bei 2 bar.
TB 5.4 CelHo $h = 2706,3 \text{ kJ/kg}$
 - 1.3) Von Pbl aus, auf Randmaßstabswert $h = 2706,3 \text{ kJ/kg}$ Linie ziehe.
 - 1.4) Linie Pbl $\rightarrow h = 2706,3 \text{ kJ/kg}$ parallel in Punkt 3 verschieben.
 - 1.5) Von Punkt 1 senkrechte Linie (in Punkt) nach oben ziehen.
 - 1.6) Parallel verschobene Linie in Punkt 3, schneidet mit senkrechter Linie aus Punkt 1. $\rightarrow$ Ergebnis: Punkt 2
- Damit wäre der Prozeßverlauf des Winterbetriebes im h-x Diagramm dargestellt.

2.1) Eintragen der Punkte 3; 1';

2.2) Von Punkt 3 eine senkrechte Linie auf Kurve $P=0,95$ ziehen
Schnittpunkt ist Punkt 4. Der Punkt, bis zu dem gekühlt
werden muß.

2.3) Von Punkt 1' über 4 nach 3 handelt es sich um den Prozeßverlauf im Sommerbetrieb

Skizze beider Prozesse im h - x Diagramm. Für Winter u. Sommer.



Winterbetrieb: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$: Erwärmen + Befeuchten

Sommerbetrieb: $1' \rightarrow 4 \rightarrow 3$: Kühlen + Erwärmen

3.) Ermittlung der Kühlleistung im Sommer

Hierzu ist folgender Berechnungsgang notwendig.

3.1) Berechnung von x_1 in Punkt 1

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{p \cdot p_s}{p - p \cdot p_s}$$

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{0,8 \cdot 216,9 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa} - 0,8 \cdot 0,002169 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = \underline{\underline{0,0010}}$$

3.2) Enthalpie im Punkt 1 berechnen: h_1

$$h_1 = 1,004 \cdot t_1 + x_1 \cdot (1,86 \cdot t_1 + 2500)$$

$$h_1 = 1,004 \cdot (-12^\circ\text{C}) + 0,00107 \cdot (1,86 \cdot (-12^\circ\text{C}) + 2500)$$

$$h_1 = \underline{\underline{-9,397 \text{ kJ/kg}}}$$

3.3) Ermittlung der Enthalpie im Punkt 2 (Enthalpiewert nach dem Erhitzer im Winterbetrieb).

Der Enthalpiewert im Punkt 2 kann nicht errechnet werden. Dieser wird daher aus dem h - x Diagramm abgelesen.

abgelesen für Punkt 2 $\Rightarrow \underline{\underline{h_2 \approx 22,5 \text{ kJ/kg}}}$

3.4) Berechnung der trockenen Luftmasse $\dot{m}_{L1}$, die in den Erhitzer im Winterbetrieb geht.

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_{L1} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{\dot{Q}_H}{h_2 - h_1} = \frac{20 \text{ kW}}{22,5 \text{ kJ/kg} - (-9,397 \text{ kJ/kg})}$$

$$\dot{m}_{L1} = \underline{\underline{0,6270 \text{ kg/s}}}$$

3.5) Berechnung des angesaugten feuchten Luftstromes $\dot{V}_{F1}$ im Winterbetrieb

$$\dot{m}_{L1} = \frac{(p - p_f \cdot p_s) \cdot \dot{V}_{F1}}{R_L \cdot T_1}$$

$$\dot{V}_{F1} = \frac{\dot{m}_{L1} \cdot R \cdot T_1}{p - p_f \cdot p_{s1}} = \frac{0,6270 \text{ kg/s} \cdot 287,2 \cdot (273 \text{ K} - 12^\circ\text{C})}{101325 \text{ Pa} - 0,8 \cdot 216,9 \text{ Pa}}$$

$$\dot{V}_{F1} = \underline{\underline{0,465 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

3.6) Annahme:

Angesaugter feuchter Volumenstrom $\dot{V}_{F1}$ im Winter ist genau so groß wie der angesaugte Volumenstrom $\dot{V}_{F1}'$ im Sommer. Die

4.) Berechnung der eigentlichen Kühleistung im Sommer:

4.1) Berechnung der absoluten Feuchte x_1' im Sommer:

$$x_1' = 0,622 \cdot \frac{p \cdot p_{s1'}}{p - p \cdot p_{s1'}}$$

$$x_1' = 0,622 \cdot \frac{0,35 \cdot 3778 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa} - 0,35 \cdot 3778 \text{ Pa}}$$

$$x_1' = \underline{\underline{0,00822}}$$

4.2) Berechnung der Enthalpie h_1' im Sommer: (vor Kühler)

$$h = 1,004 \cdot t + x \cdot (1,86 \cdot t + 2500)$$

$$h_1' = 1,004 \cdot 28^\circ\text{C} + 0,00822 (1,86 \cdot 28^\circ\text{C} + 2500) = \underline{\underline{49,09 \text{ kJ/kg}}}$$

4.3) Ermittlung der Enthalpie h_4 im Sommer: (nach Kühler):

Die Enthalpie h_4 kann nicht berechnet werden. Sie muß durch den konstruktiv ermittelten Punkt 4 im h - x Diagramm abgelesen werden.

$$\text{abgelesen für } h_4 \approx \underline{\underline{30,5 \text{ kJ/kg}}}$$

4.4) Berechnung des angesaugten Massenstrom $\dot{m}_{L1}'$ im Sommer

$$\dot{m}_{L1}' = \frac{\dot{V}_{L1} \cdot (p - p \cdot p_{s1'})}{R_L \cdot T_1'}$$

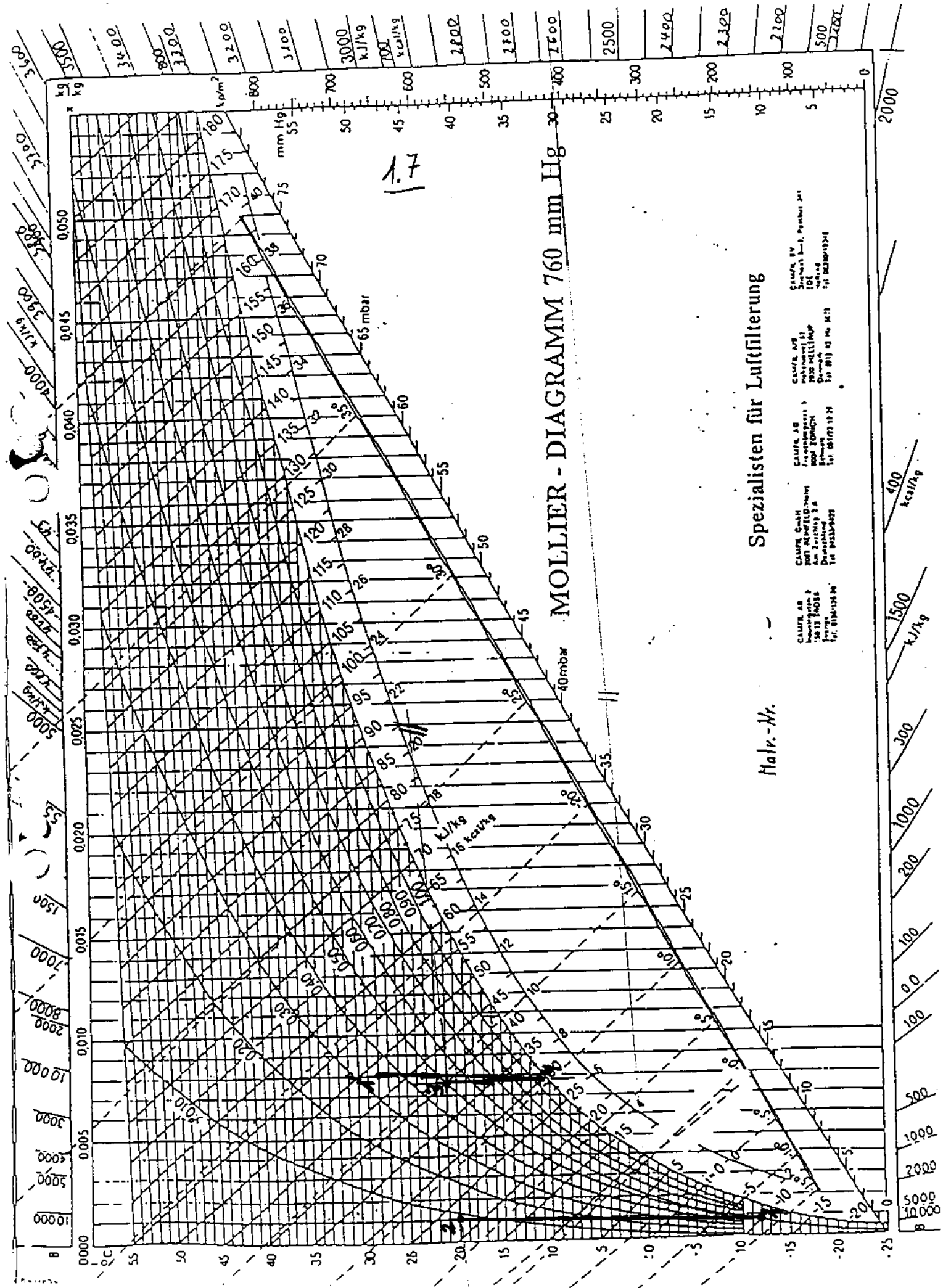
$$\dot{m}_{L1}' = \frac{0,465 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (101325 \text{ Pa} - 0,35 \cdot 3778 \text{ Pa})}{287,2 \cdot (273 + 28^\circ\text{C})}$$

$$\dot{m}_{L1}' = \underline{\underline{0,538 \text{ kg/s}}}$$

4.5) Berechnung der erforderlichen Kühleistung im Sommer:

$$\dot{Q}_K = \dot{m}_{L1}' \cdot (h_4 - h_2)$$

$$\dot{Q}_K = 0,538 \text{ kg/s} \cdot (30,5 \text{ kJ/kg} - 49,09 \text{ kJ/kg}) = \underline{\underline{-9,8 \text{ kW}}}$$

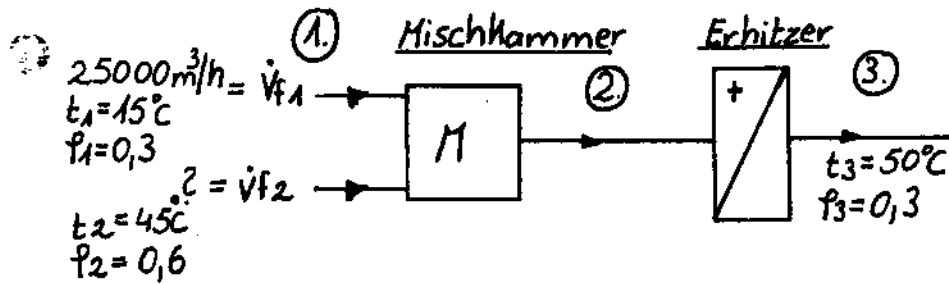


Spezialisten für Luftfilterung

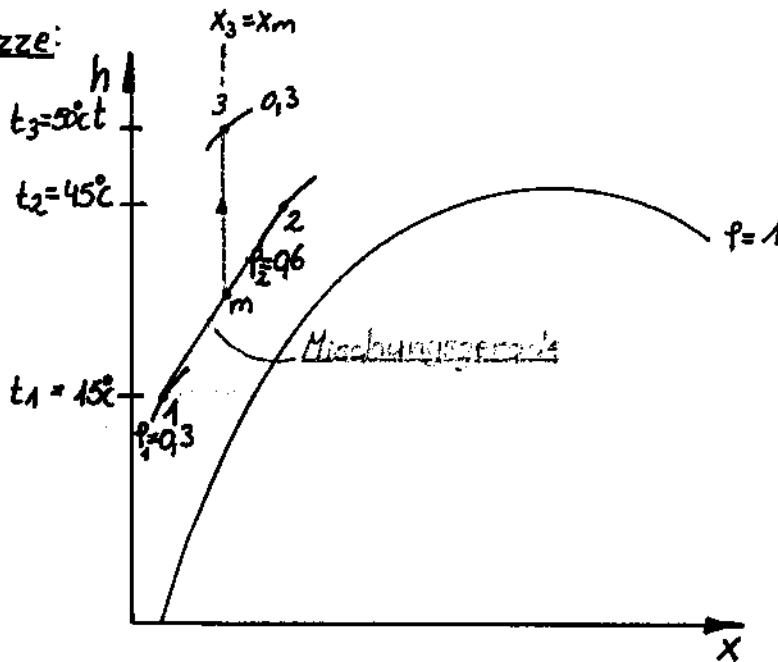
Halv.-Nr.

- CAUFER AG**
 Industriestrasse 17
 4000 Birmensdorf
 Schweiz
 Tel. 051/27 11 24
 Fax 051/27 11 24
- CAUFER AG**
 Industriestrasse 17
 4000 Birmensdorf
 Schweiz
 Tel. 051/27 11 24
 Fax 051/27 11 24
- CAUFER AG**
 Industriestrasse 17
 4000 Birmensdorf
 Schweiz
 Tel. 051/27 11 24
 Fax 051/27 11 24
- CAUFER AG**
 Industriestrasse 17
 4000 Birmensdorf
 Schweiz
 Tel. 051/27 11 24
 Fax 051/27 11 24

Prozessschaltbild:



Skizze:



Skizze: Nur zur Verdeutlichung des Prozeßverlaufes. Richtiges h-x Diagramm mit eingetragenem Prozeßverlauf liegt bei.

1. Ablesen der Enthalpie und der absoluten Feuchte aus h-x Diagramm für die

Punkte 1 und 2; 3

ingenieurmäßig abgelesen:

Punkt 1: (15°C ; $p=0,3$)	$h_1 = 23 \text{ kJ/kg}$	$x_1 = 0,003$
Punkt 2: (45°C ; $p=0,6$)	$h_2 = 143 \text{ kJ/kg}$	$x_2 = 0,038$
Punkt 3: (50°C ; $p=0,3$)	$h_3 = 112 \text{ kJ/kg}$	$x_3 = 0,0235$

oder berechnen mit:

$$p_{s1} = 17039 \text{ Pa} \quad x_1 = \frac{0,622 \cdot p_1 \cdot p_s(t_1)}{p - p_1 \cdot p_s(t_1)} \quad h_1 = 1,004 \cdot t_1 + x_1 \cdot (1,86 \cdot t_1 + 2500)$$

$$p_{s2} = 9593 \text{ Pa} \quad x_2 = \frac{0,622 \cdot p_2 \cdot p_s(t_2)}{p - p_2 \cdot p_s(t_2)} \quad h_2 = 1,004 \cdot t_2 + x_2 \cdot (1,86 \cdot t_2 + 2500)$$

$$p_{s3} = 12335 \text{ Pa} \quad x_3 = \frac{0,622 \cdot p_3 \cdot p_s(t_3)}{p - p_3 \cdot p_s(t_3)} \quad h_3 = 1,004 \cdot t_3 + x_3 \cdot (1,86 \cdot t_3 + 2500)$$

$$x_1 = 0,003152 \quad h_1 = 23,0304 \text{ kJ/kg}$$

$$x_2 = 0,03746 \quad h_2 = 141,96 \text{ kJ/kg}$$

$$x_3 = 0,0235 \quad h_3 = 112,03 \text{ kJ/kg}$$

2.) Berechnung des trockenen Luftmassenstromes $\dot{m}_{L1}$:

$$\dot{m}_{L1} = \frac{(p_1 - p_1 \cdot p_s(t_1)) \cdot \dot{V}_1}{R_L \cdot T_1}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{((101350 \text{ Pa} - (0,3 \cdot 0,017039 \cdot 10^5 \text{ Pa})) \cdot 25000 \text{ m}^3/\text{h} / 3600)}{287 \text{ J/kg} \cdot (273,15 \text{ K} + 15^\circ \text{C})}$$

$$\dot{m}_{L1} = \underline{8,466 \text{ kg/s}} \approx \underline{8,5 \text{ kg/s}}$$

3.) Berechnung des trockenen Luftmassenstromes $\dot{m}_{L2}$:

$$\frac{\dot{m}_{L2}}{\dot{m}_{L1}} = \frac{h_m - h_1}{h_2 - h_m} = \frac{x_m - x_1}{x_2 - x_m}$$

$$x_m = x_3$$

$$\dot{m}_{L2} = \dot{m}_{L1} \cdot \frac{x_m - x_1}{x_2 - x_m}$$

$$\dot{m}_{L2} = 8,466 \text{ kg/s} \cdot \frac{0,0235 - 0,003}{0,038 - 0,0235} = \underline{11,97 \text{ kg/s}} \approx \underline{12 \text{ kg/s}}$$

4.) Berechnen des gesamten trockenen Massenstromes vor dem Erhitzer mit Hilfe der Massenstrombilanz:

$$\dot{m}_{L\text{ges}} = \dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2}$$

$$\dot{m}_{L\text{ges}} = 8,466 \text{ kg/s} + 11,97 \text{ kg/s} = \underline{20,436 \text{ kg/s}}$$

5.) Berechnung der Erhitzerleistung:

$$\dot{Q}_h = \dot{m}_{L\text{ges}} \cdot (-h_3 + h_m)$$

$$\dot{Q}_h = 20,436 \text{ kg/s} \cdot (-94 \text{ kJ/kg} + 112 \text{ kJ/kg}) = \underline{367 \text{ kW}}$$

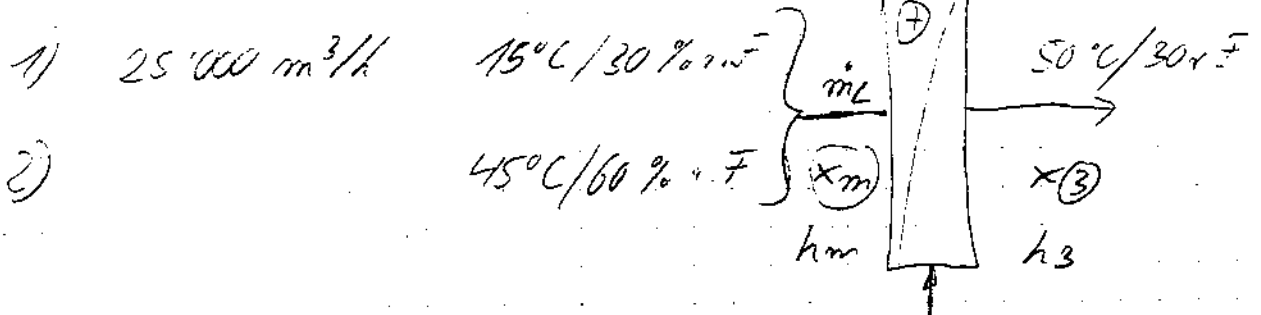
Lösung der Aufgabe

$h_m \rightarrow$ abgelesen aus h - x Diagramm: $h_4 \approx 94 \text{ kJ/kg}$

oder Berechnen mit:

$$h_m = \frac{\dot{m}_{L1} \cdot h_1 + \dot{m}_{L2} \cdot h_2}{\dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2}}$$

Skizze 1.8:



$$x_1 = \frac{0,622 \cdot 4 \cdot m_s}{m - 4 \cdot m_s} = \frac{0,622 \cdot 0,3 \cdot 0,017039 \cdot 10^5}{1,01325 \cdot 10^5 - 0,3 \cdot 0,017039 \cdot 10^5} = \underline{\underline{0,003153}}$$

$$h_1 = 1,004 \cdot 15 + 0,003153 (1,86 \cdot 15 + 2500) = \underline{\underline{23,0304 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

$$x_2 = \frac{0,622 \cdot 0,6 \cdot 0,09593 \cdot 10^5}{1,01325 \cdot 10^5 - 0,6 \cdot 0,09593 \cdot 10^5} \quad (\text{interpoliert}) \quad x_2 = \underline{\underline{0,03746}}$$

$$h_2 = 1,004 \cdot 45 + 0,03746 (1,86 \cdot 45 + 2500) = \underline{\underline{141,96 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

$$x_3 = \frac{0,622 \cdot 0,3 \cdot 0,12335 \cdot 10^5}{1,01325 \cdot 10^5 - 0,3 \cdot 0,12335 \cdot 10^5} = \underline{\underline{0,02357}}$$

$$h_3 = 1,004 \cdot 50 + 0,02357 (1,86 \cdot 50 + 2500) = \underline{\underline{111,3356 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

$$x_3 = x_m = 0,02357$$

$$\frac{x_m - x_b}{x_a - x_m} = \frac{m_{L,a}}{m_{L,b}} \Rightarrow \frac{0,02357 - 0,03746}{0,003153 - 0,02357} = \frac{8,4455}{m_{L,b}}$$

$$m_{L,b} = \underline{\underline{12,443 \text{ m}^3/\text{s}}} \quad (141,96 - 111,3356)$$

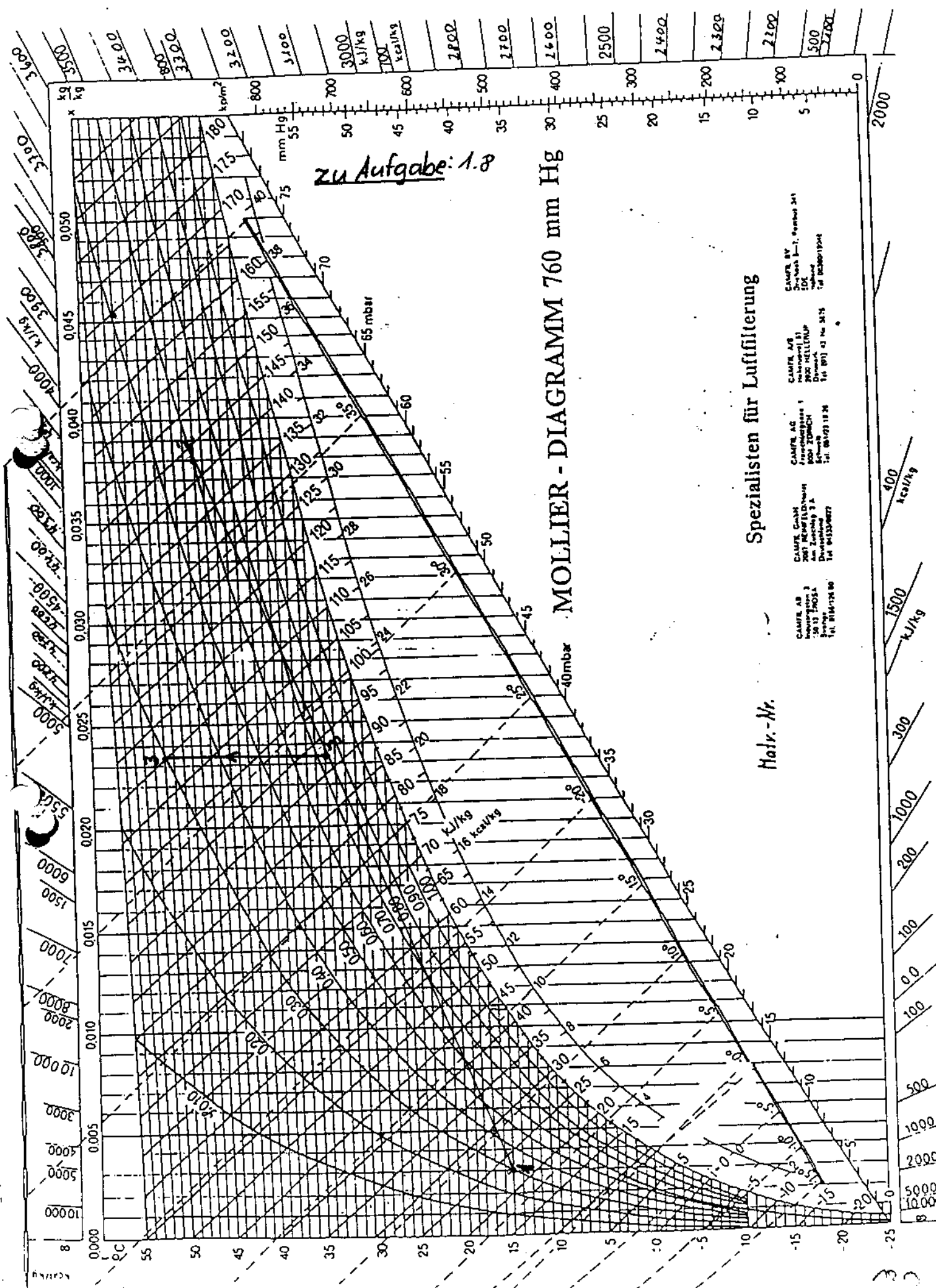
zu Aufgabe: 1.8

MOLLIER - DIAGRAMM 760 mm Hg

Spezialisten für Luftfilterung

Moiv.-Nr.

- CAMPE AB
Karlshagen
10111
Tel. 814-124 80
- CAMPE AG
Friedrichsplatz 1
800 ZÜRICH
Schweiz
Tel. 0041 11 26
- CAMPE AG
Karlshagen
10111
Tel. 814-124 80
- CAMPE BV
St. Jakob 2-7, Rastatt 341
68634
Tel. 06340-1944



(2)

$$\dot{m}_{LA} = \frac{(1,09325 \cdot 10^5 - 0,3 \cdot 0,017039 \cdot 10^5) \cdot 25000}{287 \cdot (273,15 + 15)}$$

$$\dot{m}_{LA} = 30476,115 \text{ m}^3/\text{h} = 8,4655 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m}_{gs} = \dot{m}_{LA} + \dot{m}_{LB} = 8,4655 + 12,443 = 20,895$$

$$\frac{h_m - h_b}{h_a - h_m} = \frac{\dot{m}_{LA}}{\dot{m}_{LB}} \Rightarrow h_m = \frac{\dot{m}_{LA} \cdot h_a + \dot{m}_{LB} \cdot h_b}{\dot{m}_{LA} + \dot{m}_{LB}}$$

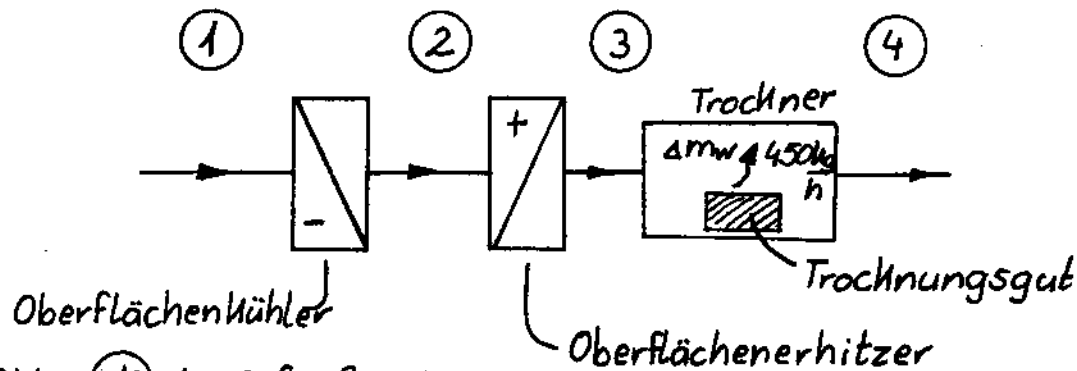
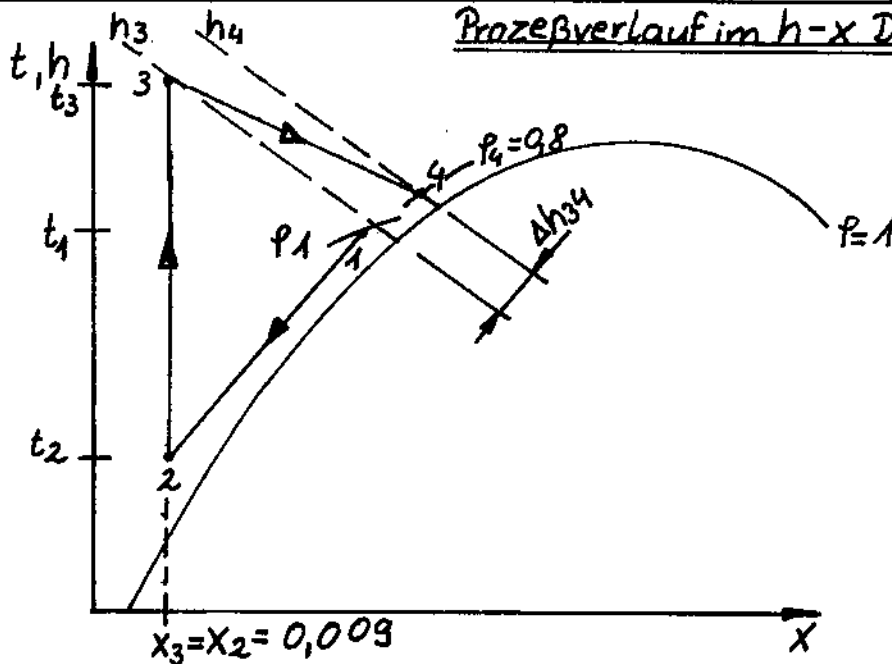
$$h_m = \frac{8,4655 \cdot 23,0304 + 12,443 \cdot 141,96}{20,895} = 93,868 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} (93,868 - 111,3356)$$

$$\dot{Q} = -365 \text{ kW}$$

$$\dot{Q} = 20,895 (141,96 - 111,33)$$

$$= 639 \text{ kW}$$

Prozessschaltbild:Pht.: ①: $t_1 = 32^\circ C$; $p_1 = 0,4$ Pht.: ②: $t_2 = 15^\circ C$; $x_2 = 0,009$ Pht.: ③: $t_3 = 45^\circ C$; $x_3 = 0,009$ Pht.: ④: $p_4 = 0,8$ $\Delta h_{34} = 3 \text{ kJ/kg} \rightarrow h_4 = h_3 + \Delta h_{34}$ Prozessverlauf im h-x Diagramm:Ablezen der zur Berechnung notwendigen Werte aus h-x Diagramm:Pht 1: $h_1 = 63,5 \text{ kJ/kg}$ $x_1 = 0,018$ $p_1 = 0,4$ Pht 2: $h_2 = 38 \text{ kJ/kg}$ $x_2 = 0,009$ $p_2 = 0,83$ Pht 3: $h_3 = 68,5 \text{ kJ/kg}$ $x_3 = 0,009$ $p_3 = 0,148$ Pht 4: $h_4 = 71,5 \text{ kJ/kg}$ $x_4 = 0,0176$ $p_4 = 0,8$

1. Berechnung des feuchten Luftvolumenstromes in der Anlage

$$\dot{m}_{L3} = \frac{\Delta m_w}{X_4 - X_3}$$

$$\dot{m}_{L3} = \frac{450 \text{ kg/h} / 3600}{0,0176 - 0,009} = 52325 \text{ kg/h} = 14,53 \text{ kg/sec}$$

$$\dot{V}_{f3} = \frac{\dot{m}_{L3} \cdot R \cdot T_3}{p - p_3 \cdot p_{s(t_3)}}$$

$$\dot{V}_{f3} = \frac{52325 \text{ kg/h} \cdot 287 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (45 + 273) \text{ K}}{101325 \text{ Pa} - (0,148 \cdot 9593 \text{ Pa})} = 47800 \text{ m}^3/\text{h} \stackrel{!}{=} 13,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$47800 \text{ m}^3/\text{h} = \dot{V}_{f1} = \dot{V}_{f2} = \dot{V}_{f3} = \dot{V}_f = \text{const.}$ Solange man sich im h - x Diagramm im ungesättigten Gebiet aufhält.

Begründung: Im ungesättigten Gebiet verhält sich die Luft wie ein Schwamm. Sie kann Wasseraufnehmen und abgeben und hält ihr Volumen dennoch konstant. Wie ein Schwamm kann sich die Luft so weit mit Wasser vollgesogen haben, daß sie kein Wasser mehr aufnimmt. D.h. die Luft wäre gesättigt.

2.) Berechnung der trockenen Luftmasse vor dem Kühler: Pkt. 1

$$\dot{m}_{L1} = \frac{(p - p_1 \cdot p_{s(t_1)}) \cdot \dot{V}_f}{R \cdot T_1}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{(101325 \text{ Pa} - 0,4 \cdot 4753 \text{ Pa}) \cdot 13,28}{287 \cdot (273 + 32)}$$

$$\dot{m}_{L1} = \underline{15,1 \text{ kg/s}}$$

3.) Berechnung der Kühlleistung des Oberflächenkühlers:

$$\dot{Q}_K = \dot{m}_{L1} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\dot{Q}_K = 15,1 \text{ kg/s} \cdot (38 - 63,5) \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{-385 \text{ kW}}}$$

4.) Berechnung der trockenen Luftmasse vor dem Erhitzer: Pkt. 2

$$\dot{m}_{L2} = \frac{(p - p_2 \cdot p_{s(t_2)}) \cdot \dot{V}_f}{R \cdot T_2}$$

$$\dot{m}_{L2} = \frac{(101325 \text{ Pa} - 0,83 \cdot 1703,9 \text{ Pa}) \cdot 13,28}{287 \cdot (273 + 15) \text{ K}}$$

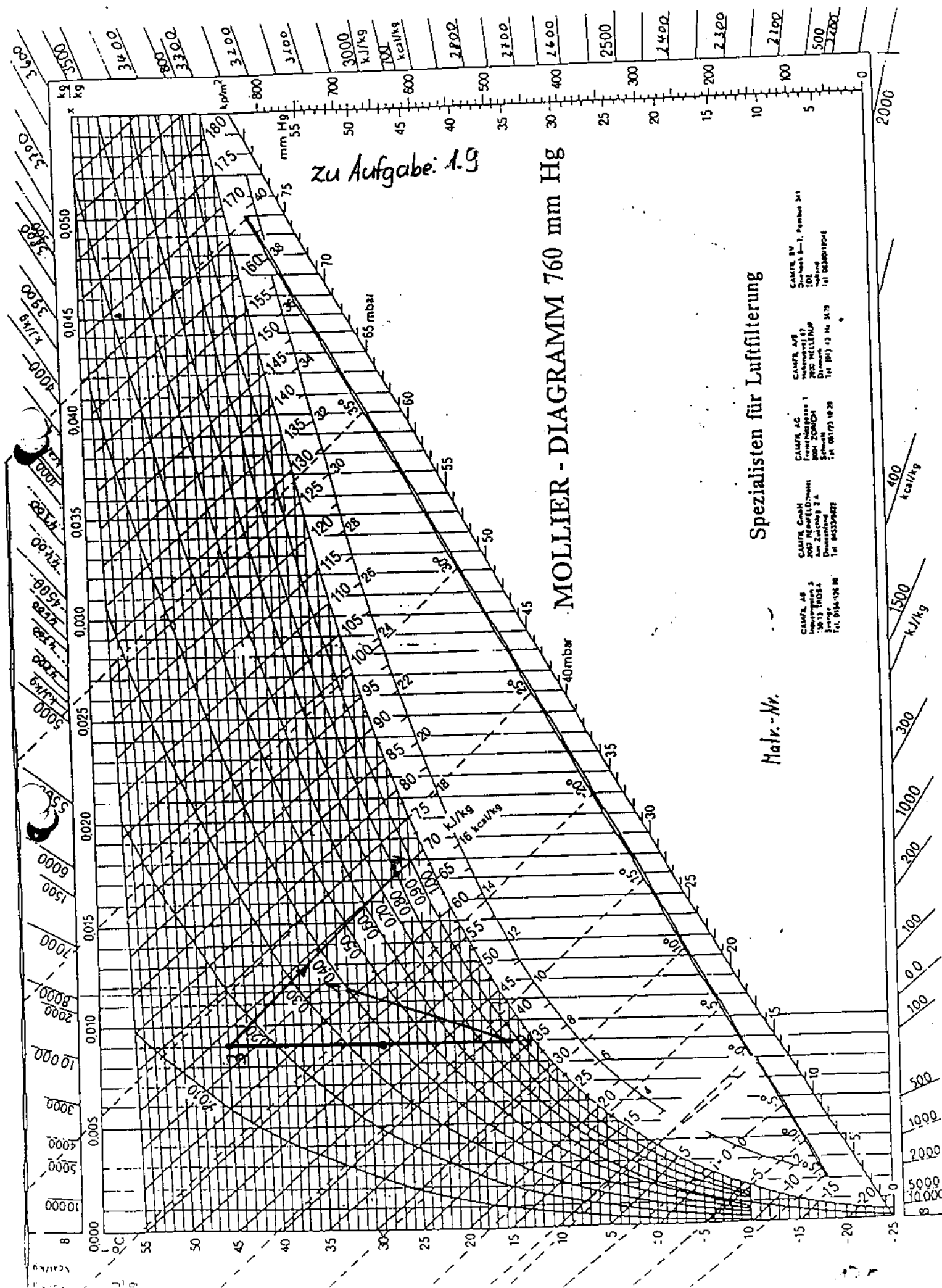
$$\dot{m}_{L2} = 16,05 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{L2} = 16,05 \text{ kg/s}$$

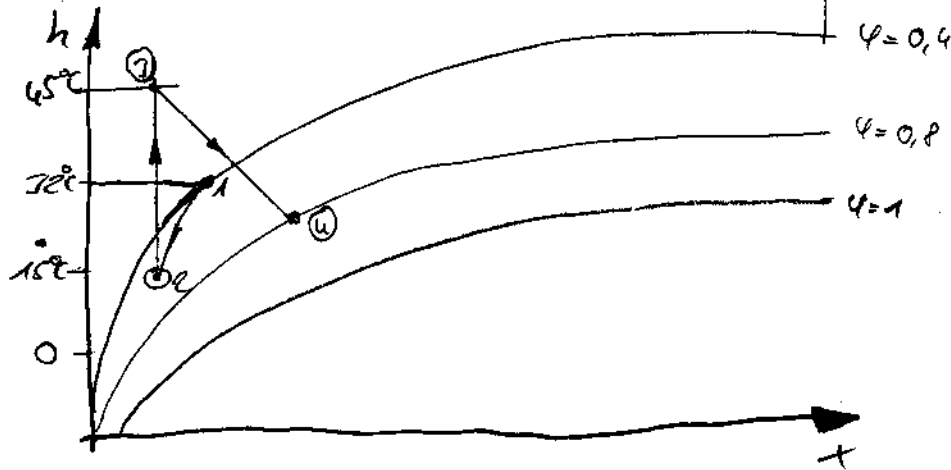
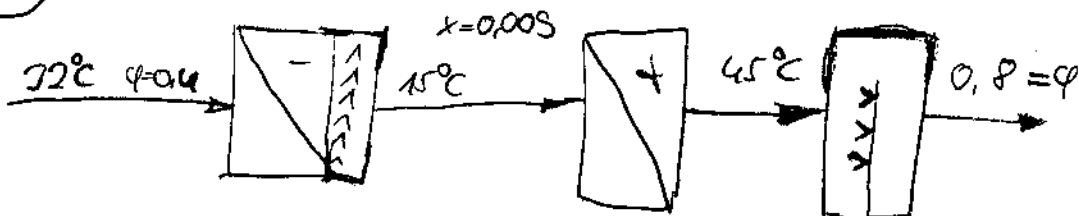
5.) Berechnung der Erhitzerleistung:

$$\dot{Q}_h = \dot{m} L_2 \cdot (h_3 - h_2)$$

$$\dot{Q}_h = 16 \text{ kg/s} \cdot (68,5 - 38) \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{488 \text{ kW}}}$$



1.9



$$\dot{V} = (p - \phi p_s) = m_{iL} \cdot R_L \cdot T$$

$$\dot{V} = \frac{m_{iL} \cdot R_L \cdot T}{(p - \phi p_s) \cdot 10^5}$$

$$x_3 = 0.005$$

$$x_4 = 0.0197$$

$$\Delta x = 0.0147$$

$$\Delta x = \frac{\dot{m}_D}{m_{iL}} \Rightarrow m_{iL} = \frac{\dot{m}_D}{\Delta x} = \frac{450 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{0.0147} = 30612.24 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{V} = \frac{m_{iL} \cdot 287 \cdot 305}{(1.01325 - 0.0197) \cdot 10^5} = 45147.36 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Tabelle 6.1 $\uparrow \phi$ im $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ da kW

$$Q_H = m_{iL} \cdot (h_3 - h_2) = 30612.24 \cdot (68 - 27.5) = 1238160 \text{ kJ/h} = 344 \text{ kW}$$

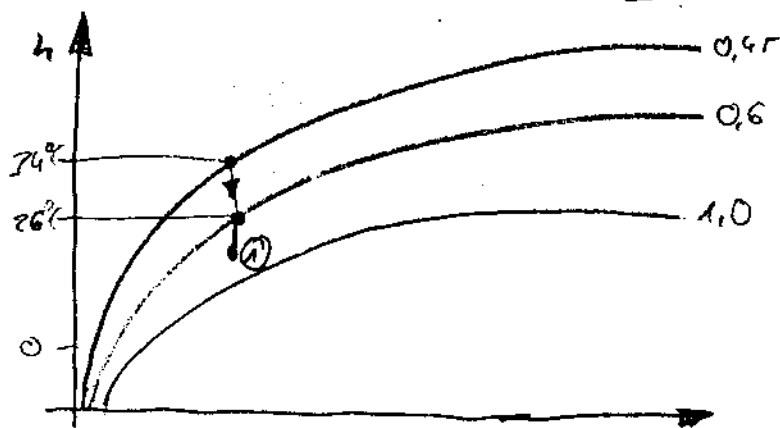
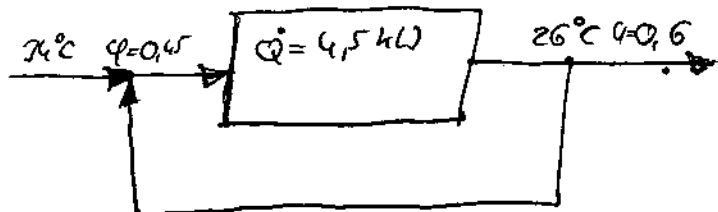
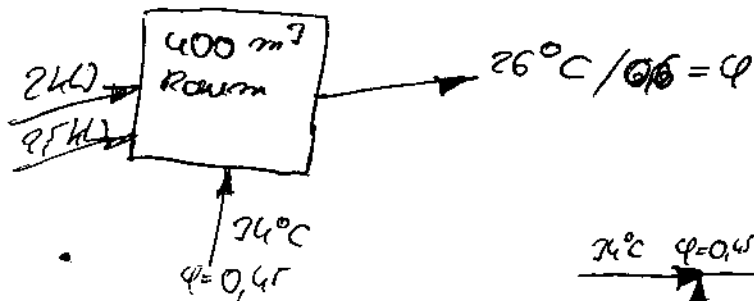
$$\dot{Q}_K = m_{iL} \cdot (h_2 - h_1) = 30612.24 \cdot (27.5 - 62) = -1058160 \text{ kJ/h} = -294 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_K = -294 \text{ kW}$$

1.10

$$\dot{V} = 4000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{Q} = 24 \text{ kW} \quad \dot{Q} = 2,54 \text{ kW}$$



$$\dot{m}_L = \frac{\dot{V} \cdot (p - p_{\text{ges}})}{R_L \cdot T} = \frac{4000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} (1,01325 - 0,05318) \cdot 10^5}{289,7 \cdot 10^3 \text{ K}}$$

$$\underline{\underline{4451,7 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}} = \underline{\underline{1,2436 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}}$$

$$\begin{aligned} h_1 &= 22,5 \\ x_1 &= 0,015 \\ h_2 &= 54 \\ x_2 &= 0,0125 \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_L \cdot \Delta h$$

$$\Delta h = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{m}_L} = \frac{4,54 \text{ kW}}{1,2436}$$

$$\underline{\underline{\Delta h = 3,61 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}}$$

⇒ Zuluftbed:

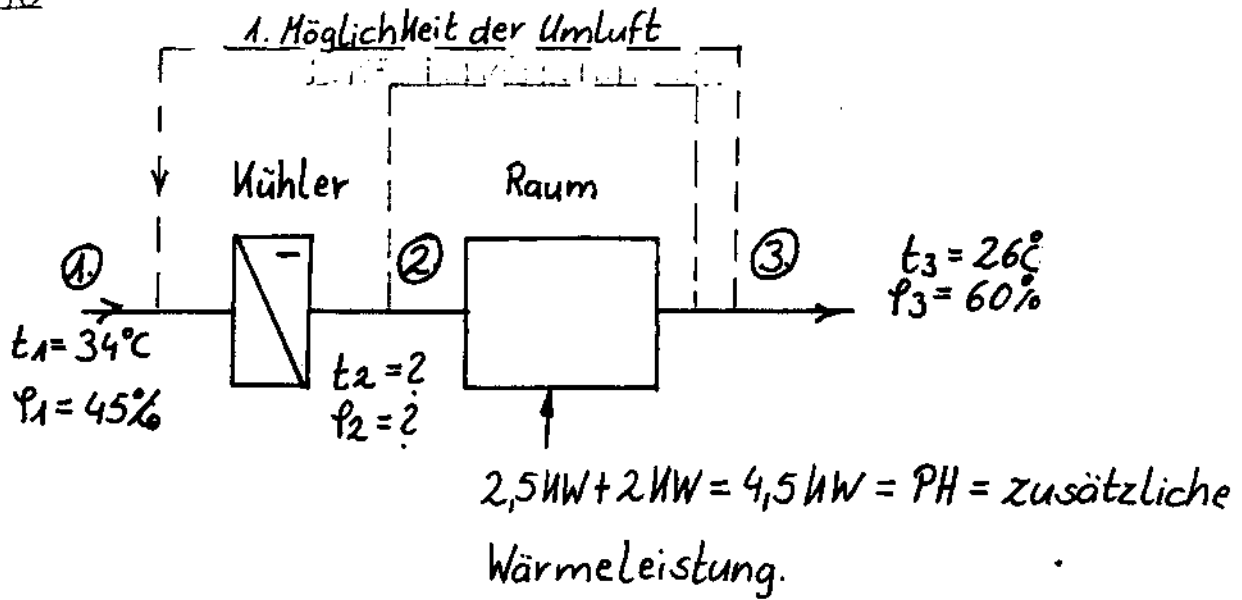
$$22,5^\circ\text{C} \quad \phi = 0,93$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_L &= \dot{m}_L \cdot (h_1 - h_2) \\ &= 1,2436 \cdot (54 - 22,5) \\ \dot{Q}_L &= 29,44 \text{ kW} \end{aligned}$$

① und ②: 50% ⇒ die Mitte der Verdunstungskurve ⇒ $h_m = 64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{L, 50\%} &= 1,2436 (54 - 64) \\ &= \underline{\underline{-12,43 \text{ kW}}} \end{aligned}$$

Aufgabe: 1.10



1) Berechnung des Volumenstromes:

geg.: $V = 400\text{ m}^3$ Luft wird 10 mal stündlich gewechselt

$$\dot{V} = V \cdot 10 \cdot \frac{1}{h} = 4000 \frac{\text{m}^3}{h} = \underline{\underline{1,111 \frac{\text{m}^3}{s}}} = \dot{V}$$

2) Berechnung der trockenen Luftmasse $\dot{m}_{L1}$:

$$\dot{m}_{L1} = \frac{\dot{V} \cdot (p - p \cdot p_{s1})}{R_L \cdot T}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{101325\text{ Pa} - 0,45 \cdot 5318\text{ Pa}}{287,2 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 307\text{ K}} = \underline{\underline{1,247 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}}$$

$$\dot{m}_{L1} = \underline{\underline{1,247 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}}$$

3) Berechnung der Enthalpiedifferenz zwischen den Punkten ② und ③:

$$P_H = \dot{m}_L \cdot (h_3 - h_2) = \dot{m}_L \cdot (\Delta h)$$

Wärmeleistung, die durch Mensch + Maschine und von außen in den Raum geht.

$$P_H = \dot{m}_L \cdot \Delta h$$

$\dot{m}_{L1} = \dot{m}_{L3}$ da sich x im Kühler nicht ändert.

$$\Delta h = \frac{P_H}{\dot{m}_{L3}} = \frac{4,5\text{ kW}}{1,247 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = \underline{\underline{3,61 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}}$$

4) Berechnung der Absoluten Feuchten x_3 :

$$x_3 = 0,622 \cdot \frac{p_3 \cdot p_{s(t)}}{p - p_3 \cdot p_{s(t)}}$$

$$x_3 = 0,622 \cdot \frac{0,6 \cdot 3360\text{ Pa}}{101325 - 0,6 \cdot 3360\text{ Pa}} = \underline{\underline{0,0126 = x}}$$

5.) Berechnung der Enthalpie h_3 :

$$h_3 = 1,004 \cdot t_3 + x_3 \cdot (1,86 \cdot t_3 + 2500)$$

$$h_3 = 1,004 \cdot 26^\circ\text{C} + 0,0126 \cdot (1,86 \cdot 26^\circ\text{C} + 2500) = \underline{58,213 \text{ kJ/kg}}$$

6.) Ermittlung h_2 des Punktes ②:

$$\Delta h = h_3 - h_2$$

$$\uparrow h_2 = h_3 - \Delta h = 58,213 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3,61 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = \underline{54,603 \text{ kJ/kg}} \quad \text{ZL: } 21,5^\circ\text{C} / 0,78 = p_2$$

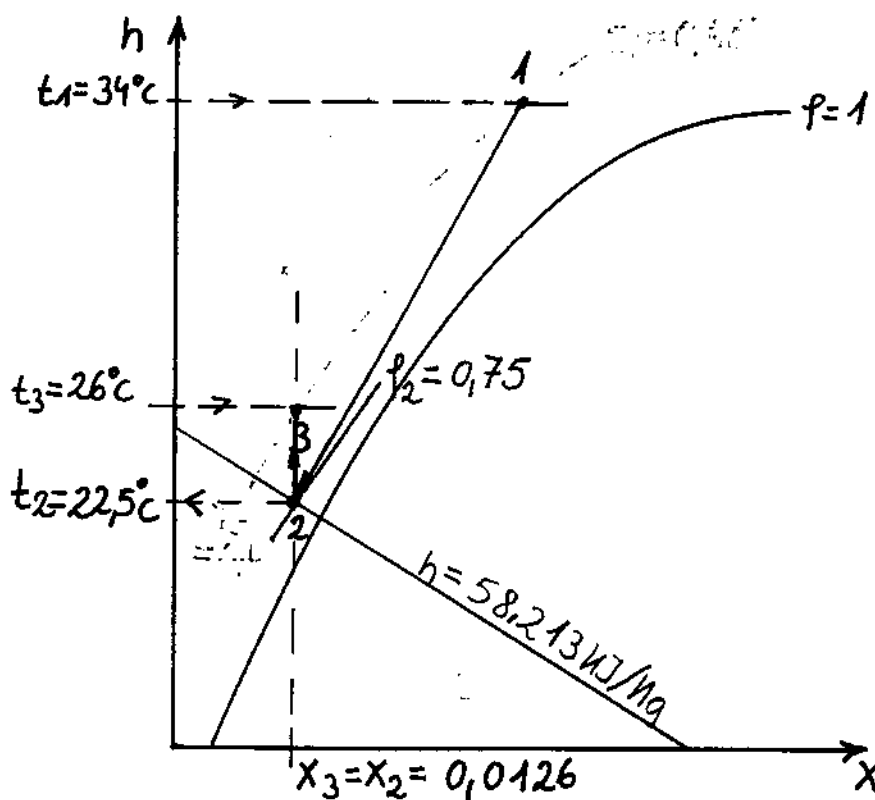
$$x_3 = x_2 = \underline{0,0126}$$

Mit diesen Werten kann man nun den Punkt 2 bestimmen.

Und damit die Werte der Zuluft p_2 und t_2 aus dem h - x Diagramm ablesen. (ZL: $21,5^\circ\text{C} / p_2 = 0,78$ 1. Lösung zur Aufgabe

7.) Darstellen des Prozesses im h - x Diagramm

- Eintragen der Punkte 1 und 3 mit $p_1; t_1 \rightarrow$ Punkt 1; $p_3; t_3 \rightarrow$ Punkt 3
- Schnittpunkt von $h_2 = 54,603 \text{ kJ/kg}$ und $x_3 = x_2 = 0,0126$ ergeben Punkt 2
- Ablesen der Werte $t_2 = 22,5^\circ\text{C}$; $p_2 = 0,75$ gesuchte Werte der Zuluft.



zu Aufgabe: 1.10

8.) Berechnung der trockenen Luftmasse $\dot{m}_{L3}$:

$$\dot{m}_{L3} = \frac{\dot{V} \cdot (p - p_3 \cdot p_{s3})}{R_L \cdot T_3}$$

$$\dot{m}_{L3} = \frac{1,111 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (101325 \text{ Pa} - 0,6 \cdot 3360 \text{ Pa})}{287,2 \text{ J/kg} \cdot (273,15 + 26) \text{ K}} = \underline{\underline{1,2842 \text{ kg/s}}}$$

9.) Berechnung der trockenen Luftmasse der Mischung:
über Massenstrombilanz:

$$\dot{m}_{Lm} = 0,5 \cdot \dot{m}_{L3} + 0,5 \cdot \dot{m}_{L1}$$

$$\dot{m}_{Lm} = 0,5 \cdot 1,2842 \text{ kg/s} + 0,5 \cdot 1,247 \text{ kg/s} = \underline{\underline{1,266 \text{ kg/s}}}$$

10.) Berechnung der Mischungsenthalpie:

$$h_m = \frac{\dot{m}_{L1} \cdot h_1 + \dot{m}_{L2} \cdot h_2}{\dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2}}$$

$$h_m = \frac{0,5 \cdot \dot{m}_{L1} \cdot h_1 + 0,5 \cdot \dot{m}_{L3} \cdot h_3}{0,5 \cdot \dot{m}_{L1} + 0,5 \cdot \dot{m}_{L3}}$$

$$h_m = \frac{1,247 \cdot 73 \text{ kJ/kg} + 1,2842 \text{ kg/s} \cdot 58 \text{ kJ/kg}}{(1,247 + 1,2842) \text{ kg/s}} = \underline{\underline{65,4 \text{ kJ/kg}}}$$

11.) Berechnung der Kühleleistungen:Ohne zu mischen:

$$\dot{Q}_n = \dot{m}_{L1} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\dot{Q}_n = 1,247 \text{ kg/s} \cdot (54,6 \text{ kJ/kg} - 73 \text{ kJ/kg})$$

$$\dot{Q}_n = \underline{\underline{-23 \text{ kW}}}$$

Mit mischen:

$$\dot{Q}_n' = \dot{m}_{Lm} \cdot (h_2 - h_m)$$

$$\dot{Q}_n' = 1,266 \cdot (54,6 \text{ kJ/kg} - 65,4 \text{ kJ/kg})$$

$$\dot{Q}_n' = -13,7 \text{ kW}$$

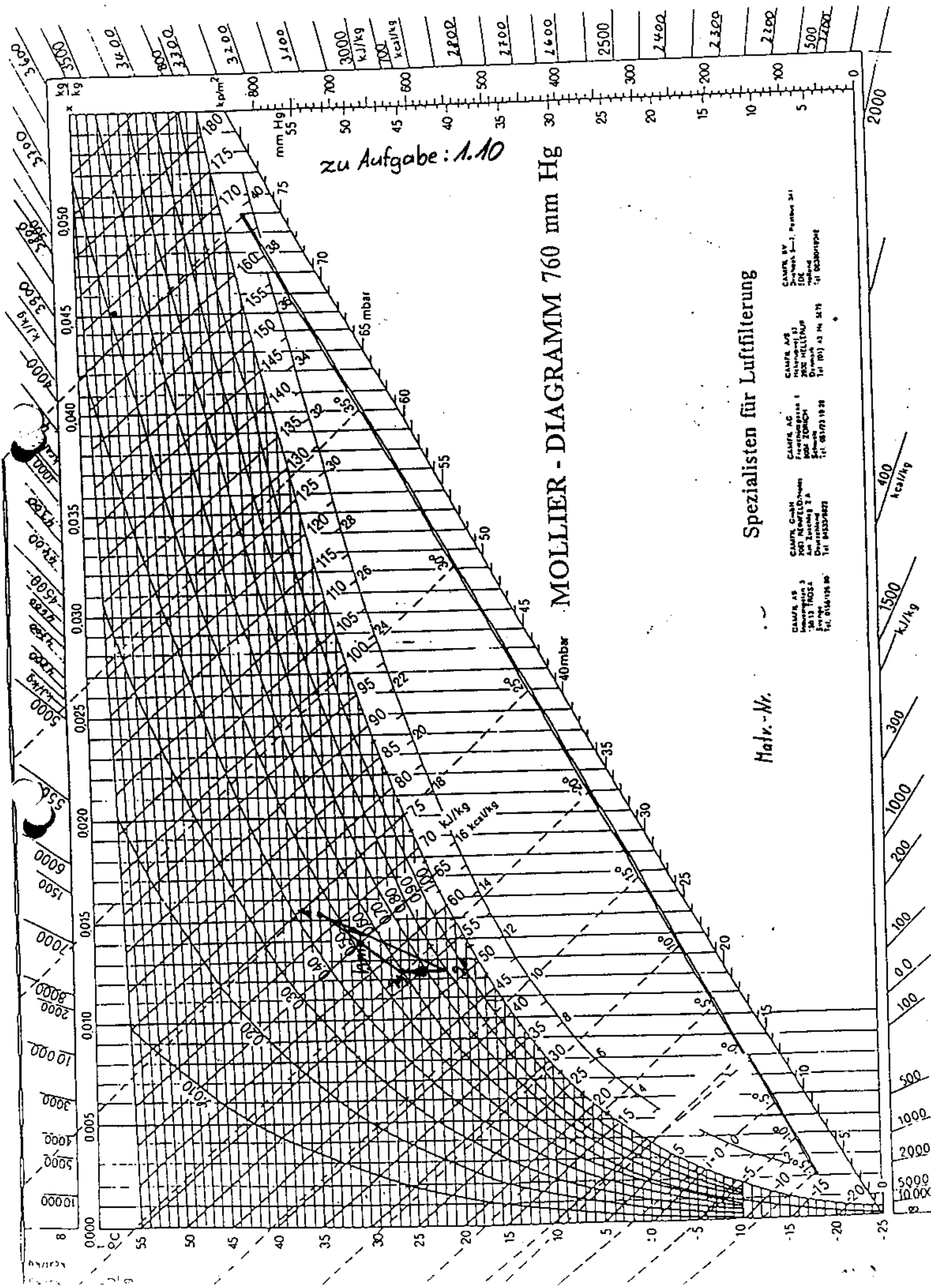
zu Aufgabe: 1.10

MOLLIER - DIAGRAMM 760 mm Hg

Spezialisten für Luftfilterung

Matr.-Nr.

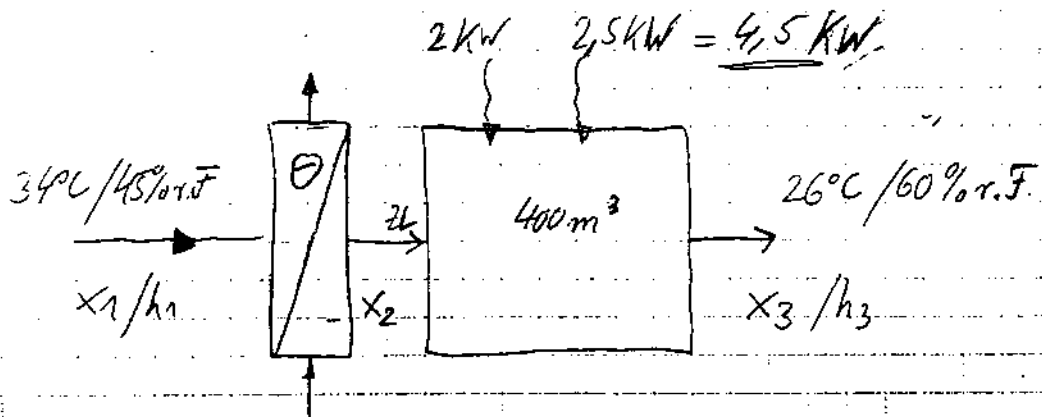
- | | | | | |
|--|--|---|--|--|
| CAMPE AS
Inventar-Nr. 1
18113 HOSEA
Burg
Tel. 0151/19 98 | CAMPE GmbH
2001 KEMFELD-Neum
Am Zickberg 1A
D-22301 Hamburg
Tel. 0433/7422 | CAMPE AG
Karlshagen 1
1000 KÖNIG
Schöne
Tel. 030/73 19 28 | CAMPE AG
Hilfsmittel 1
2000 HELLMER
Dresden
Tel. 0351/43 34 75 | CAMPE BV
Dachwerk 1-1, Herten 311
100
Tel. 0230/20424 |
|--|--|---|--|--|



Aufgabe 1.10:

①

400 m^3 / 20 min stündlich gleichzeit / alle 6 min



$$x_1 = \frac{0,622 \cdot 0,45 \cdot 0,05318 \cdot 10^5}{1,01325 \cdot 10^5 - 0,45 \cdot 0,05318 \cdot 10^5} = \underline{\underline{0,015045}}$$

$$h_1 = 1,004 \cdot 34 + 0,015045 (1,86 \cdot 34 + 2500)$$

$$h_1 = \underline{\underline{72,7019 \text{ kJ/kg-L}}}$$

$$x_3 = \frac{0,622 \cdot 0,60 \cdot 0,03360 \cdot 10^5}{1,01325 \cdot 10^5 - 0,60 \cdot 0,03360 \cdot 10^5} = \underline{\underline{0,012626}}$$

$$h_3 = 1,004 \cdot 26 + 0,012626 (1,16 \cdot 26 + 2500)$$

$$h_3 = \underline{\underline{58,28 \text{ kJ/kg-L}}}$$

$$\dot{V} = 4000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m}_L = \frac{(p - p_{\text{ns}}) \dot{V}}{R_L \cdot T} = \frac{(1,01325 \cdot 10^5 - 0,45 \cdot 0,05318 \cdot 10^5) \cdot 4000}{287 \cdot (273,15 - 34)}$$

$$\dot{m}_L = \underline{\underline{4489,148 \text{ kg/h}}}$$

(2)

$$P = \dot{m}_L (\Delta h)$$

$$4,5 \text{ kJ/s} = 1,24698 \text{ kg/s} \cdot \Delta h$$

$$\Delta h = \frac{4,5}{1,246}$$

$$\Delta h = 3,608 \text{ kJ/kg-L}$$

$$h_3 - h_2 = \Delta h$$

$$h_3 - \Delta h = h_2$$

$$58,28 \text{ kJ/kg} - 3,608 = \underline{54,67 \text{ kJ/kg}} = h_2$$

$$x_3 = x_2 = \underline{0,012626}$$

$$h_2 = 1,004 \cdot t + x(1,86 \cdot t + 2500)$$

$$h_2 = 1,004 \cdot t + 1,86 \cdot x \cdot t + 2500x$$

$$h_2 = t(1,004 + 1,86 \cdot x) + 2500x$$

$$t = \frac{h_2 - 2500 \cdot x}{(1,004 + 1,86 \cdot x)} = \frac{54,67 - 2500 \cdot 0,012626}{1,004 + 1,86 \cdot 0,012626}$$

$$t_2 = 22,48^\circ\text{C} \approx \underline{22,5^\circ\text{C}}$$

$$q = \frac{\dot{m}_x \cdot x}{(\dot{m}_1 \cdot x_1 - \dot{m}_2 \cdot x_2)} = \frac{1,01325 \cdot 10^5 \cdot 0,012626}{(0,622 \cdot 0,02725 \cdot 10^5 - 0,012626 \cdot 0,02725 \cdot 10^5)}$$

$$q = 0,77 \approx \underline{77\% \cdot F}$$

②

Füllhaltung

$$h_2 = 54,67 \text{ kJ/kg-L}$$

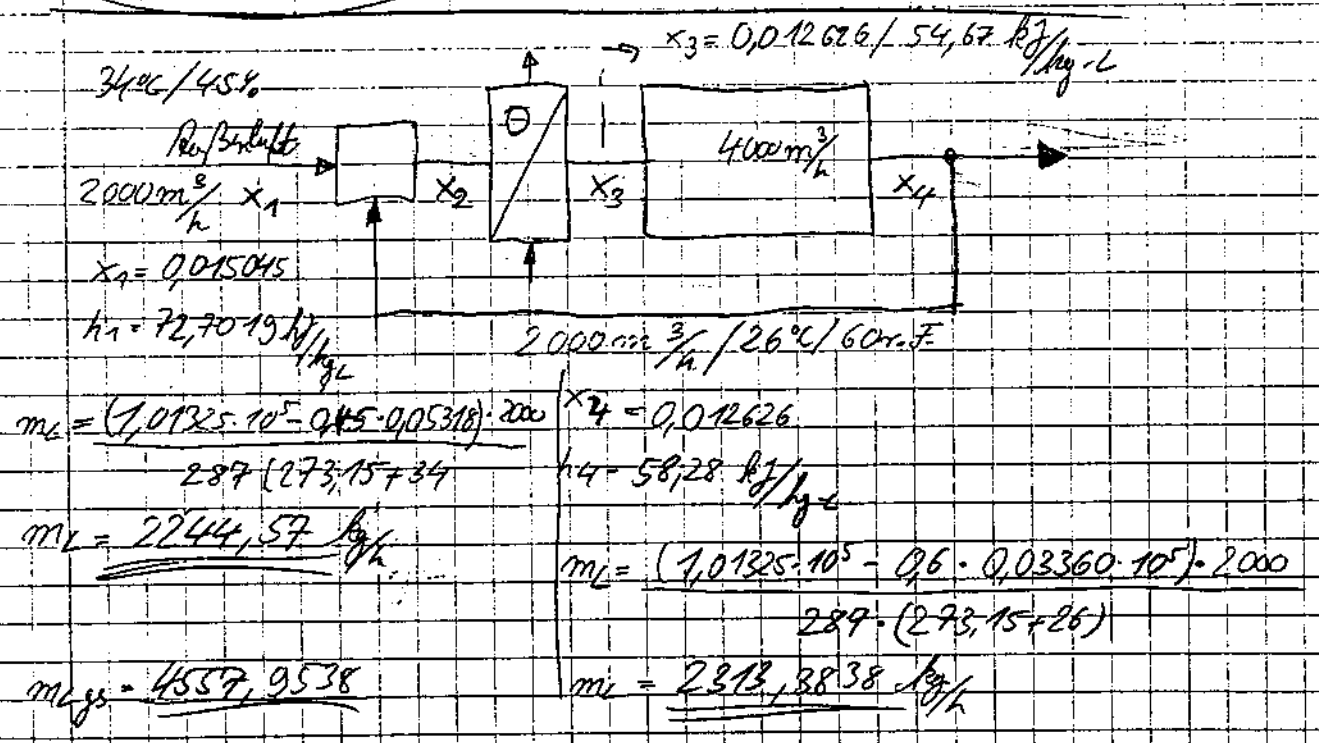
$$m_L = 4489,148$$

$$h_1 = 72,7019 \text{ kJ/kg-L}$$

$$Q = \frac{4489,148}{3600} (54,67 - 72,7019)$$

$$Q = -22,5 \text{ kW}$$

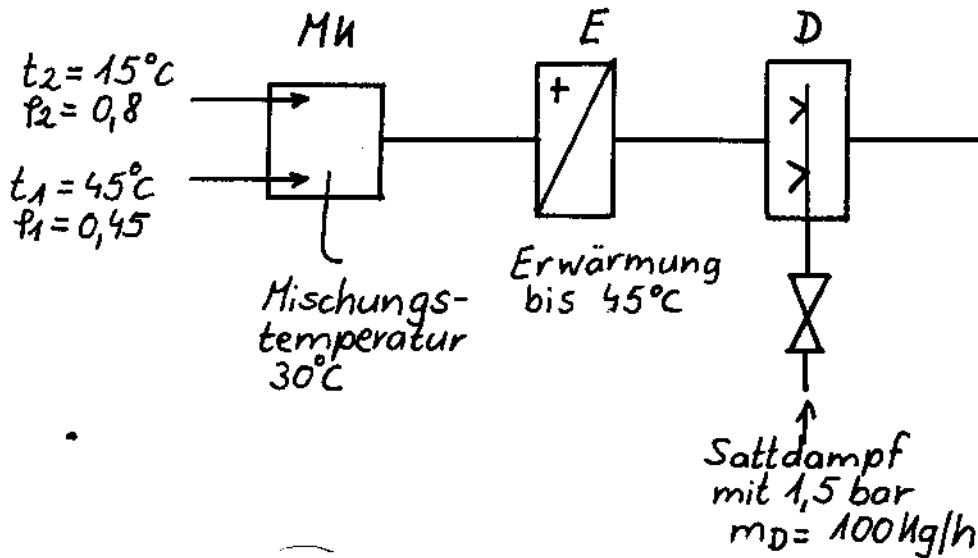
50% Rluft



$$Q = \frac{4557,9538}{3600} (54,67 - 65,3812)$$

$$Q = -13,5 \text{ kW}$$

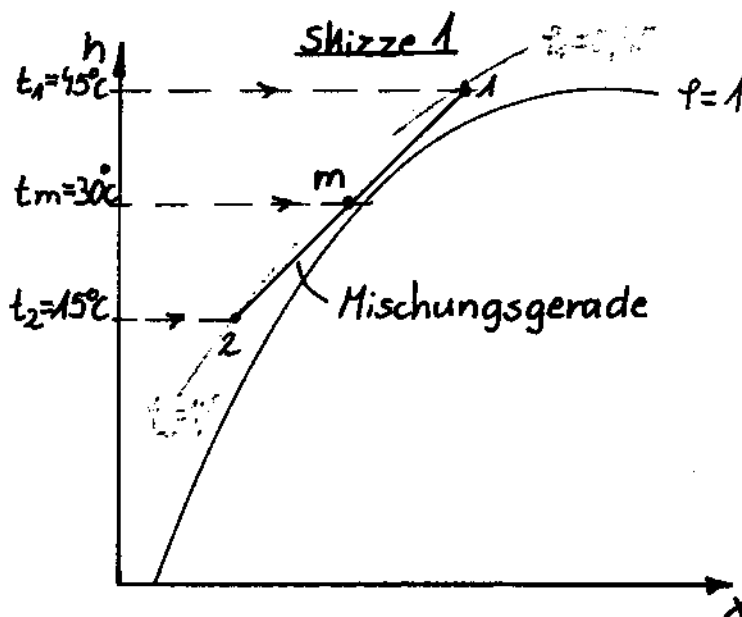
74,6

Blockschaftbild der AnlageErläuterung

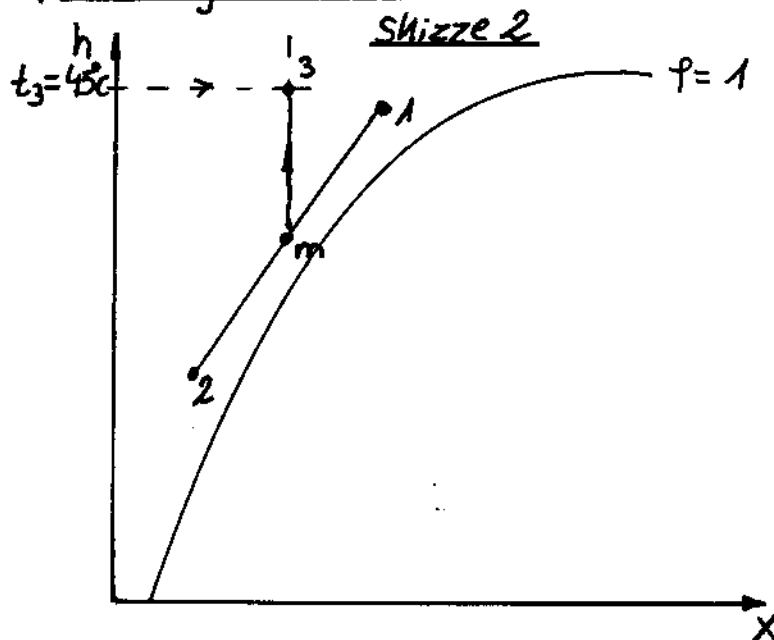
Mk: Mischkammer

E: Erhitzer

D: Dampfbefeuchter

1.) Eintragen der Punkte 1, 2 und Ermittlung des Mischungspunktes

Achtung: Die folgenden Skizzen verdeutlichen den Fortgang des Arbeitens im h - X Diagramm

2.) Eintragen des Punktes 3 nach dem Erhitzen:

Für den Erhitzer senkrecht nach oben eine Linie ziehen, und mit der Temperaturlinie $t_3 = 45^\circ\text{C}$ schneiden lassen. Es ergibt sich Punkt 3.

3. Berechnung der trockenen Luftmasse die nach der Mischung entstanden ist, und nun durch den Erhitzer soll.

hierzu:

- 3.1 Berechnung des trockenen Luftmassenanteiles an den 5000 kg/h feuchter Luft

Umrechnung: $5000 \text{ kg/h} \stackrel{!}{=} 1,389 \text{ kg/sec} = \dot{m}_{f1}$

$$x_2 = 0,622 \cdot \frac{p_2 \cdot p_{s(t)}}{p - p_2 \cdot p_{s(t)}}$$

$$x_2 = 0,622 \cdot \frac{0,8 \cdot 17039 \text{ Pa}}{101325 - 0,8 \cdot 17039 \text{ Pa}}$$

$$x_2 = \underline{0,00848}$$

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{p_1 \cdot p_{s(t)}}{p - p_1 \cdot p_{s(t)}}$$

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{0,45 \cdot 0,09593 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{101325 - 0,45 \cdot 0,09593}$$

$$x_1 = \underline{0,0277}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{\dot{m}_{f1}}{1 + x_1}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{1,389 \text{ kg/sec}}{1 + 0,0277} = \underline{1,3516 \text{ kg/sec}}$$

trockene Luftmasse
 $\dot{m}_{L1}$.

- 3.2 Absolute Feuchte für Mischungspunkt "m" aus h-x Diagramm ablesen.

gemessen auf x-Linie $22 \text{ mm} \stackrel{!}{=} 0,005$

für x_m sind es von 0,015 gemessen $\sim 12 \text{ mm}$

2-Satz aufstellen: $22 \text{ mm} \stackrel{!}{=} 0,005$

$$12 \text{ mm} \stackrel{!}{=} \Delta x \quad \Delta x = \frac{0,005 \cdot 12 \text{ mm}}{22 \text{ mm}}$$

$$\Delta x = 0,002727$$

$$x_m = 0,015 + 0,00273 = \underline{0,0177}$$

3.3. Berechnen der trockenen Luftmasse $\dot{m}_{L2}$ für Mischungs- punkt 2

$$\frac{\dot{m}_{L1}}{\dot{m}_{L2}} = \frac{X_m - X_2}{X_1 - X_m}$$

$X_2 = 0,00848$ aus Schritt 3.1

$X_1 = 0,0277$ aus Schritt 3.1

$X_m = 0,0177$ aus Schritt 3.1

$\dot{m}_{L1} = 1,3516 \text{ kg/sec}$ aus Schritt 3.1

umstellen $\dot{m}_{L2} = \frac{\dot{m}_{L1} \cdot (X_1 - X_m)}{X_m - X_2} = \frac{1,3516 \text{ kg/sec} \cdot (0,0277 - 0,0177)}{0,0177 - 0,00848}$

$$\dot{m}_{L2} = \underline{1,466 \text{ kg/sec}}$$

3.4 Berechnen der trockenen Gesamt Mischungsluftmasse:

$$\dot{m}_{L\text{ges}} = \dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2}$$

$$\dot{m}_{L\text{ges}} = 1,3516 \text{ kg/sec} + 1,466 \text{ kg/sec} = \underline{2,8175 \text{ kg/sec}}$$

$$\dot{m}_{L\text{ges}} = \dot{m}_{L3}$$

3.5 Berechnung der Absoluten Feuchtedifferenz ΔX (also die Differenz vor dem Einsprühen des Dampfes und nach dem einsprühen des Dampfes.) $\Delta X = X_4 - X_3$

$$\Delta \dot{m}_D = \dot{m}_{L3} \cdot \Delta X = \dot{m}_{L3} \cdot (X_4 - X_3)$$

Es werden ja 100 kg/h Sattdampf eingesprüht. Dies entspricht $\Delta \dot{m}_D$.
Einheitenumrechnung: $100 \text{ kg/h} \hat{=} 0,0278 \text{ kg/s} = \Delta \dot{m}_D$
 $\dot{m}_{L3} = 2,8175 \text{ kg/sec}$ entsprechen der trockenen Luftmasse
nach dem Erhitzer. (aus Schritt 3.4)

ΔX wird gesucht.

$$\Delta X = \frac{\Delta \dot{m}_D}{\dot{m}_{L3}}$$

$$\Delta X = \frac{0,0278 \text{ kg/s}}{2,8175 \text{ kg/s}} = \underline{0,0098}$$

$\sim 0,01$

100

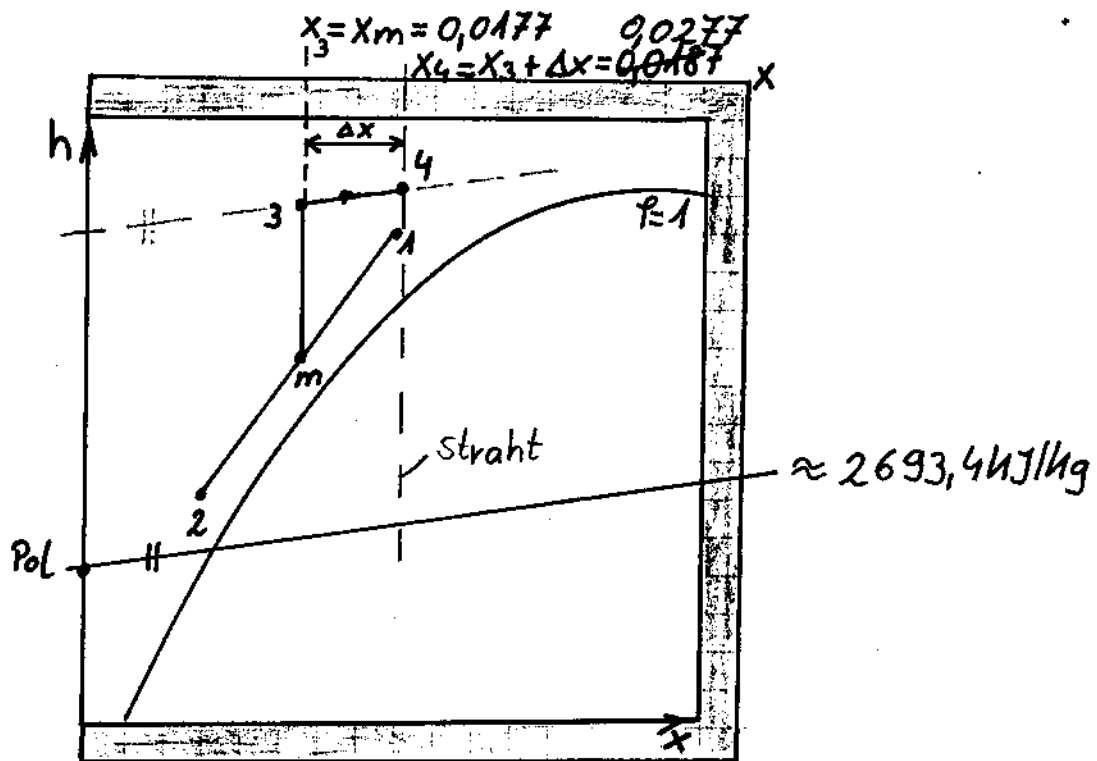
4. Ermittlung des Punktes 4. (Endpunkt)

4.1 Werte des einzusprühenden Sattdampfes aus Cel/Ho
TB 5.4 für 1,5 bar ablesen:

abgelesen: $h'' = \underline{2693,4 \text{ kJ/kg}}$

$t = \underline{111,37^\circ\text{C}}$

4.2 Nun Punkt 4 im Diagramm ermitteln:



- Nun in Schritt 3.5 wurde Δx ermittelt, also die Differenz, in der die Luft beim einblasen des Dampfes sich verändert.
So addiert man zunächst Δx zu x_3 hinzu. $0,0177 + 0,01 = \underline{0,0277}$
Dieser Wert entspricht x_4 . $x_4 = 0,0277$. Senkrecht von der x -Einheitenlinie senkrecht nach unten einen Strahl ziehen.
- Am Randmaßstab die Enthalpie $h'' \approx 2693,4 \text{ kJ/kg}$ suchen, und Gerade von diesem Wert durch den Pol ziehen.
- Diese Gerade parallel in den Punkt 3 schieben.
- Schnittpunkt 3 mit Strahl $x_4 = 0,0277$ ergibt Punkt 4.
- Strecke $\overline{34}$ zeigt Prozeßverlauf beim Einsprühen des Dampfes.

4.3) Ablezen der Kenngrößen die für den Punkt 4 gelten
(aus h-x-Diagramm):

abgelesen für Punkt 4

$$t_4 \approx \underline{\underline{45^\circ\text{C}}}$$

$$h_4 \approx \underline{\underline{117 \text{ kJ/kg}}}$$

$$x_4 \approx \underline{\underline{(0,0187)}} \quad 0,0277$$

$$p_4 \approx \underline{\underline{0,43}}$$

5.) Berechnung der Erhitzerleistung:

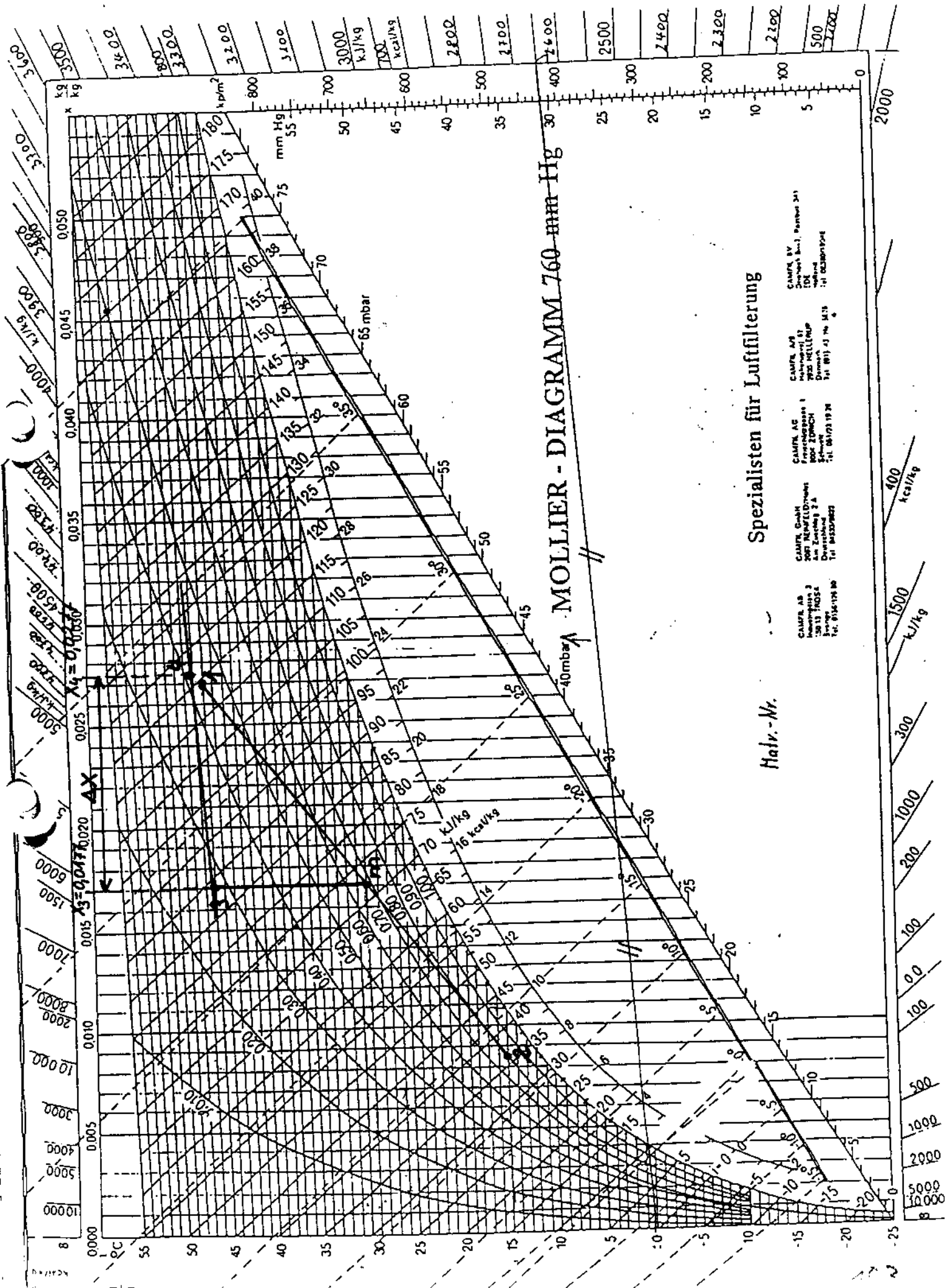
$$P_H = \dot{m}_{\text{ges}} \cdot (h_3 - h_m)$$

$$P_H = 2,8175 \text{ kg/sec} \cdot (90,5 \text{ kJ/kg} - 74,5 \text{ kJ/kg}) = \underline{\underline{45,08 \text{ kW}}}$$

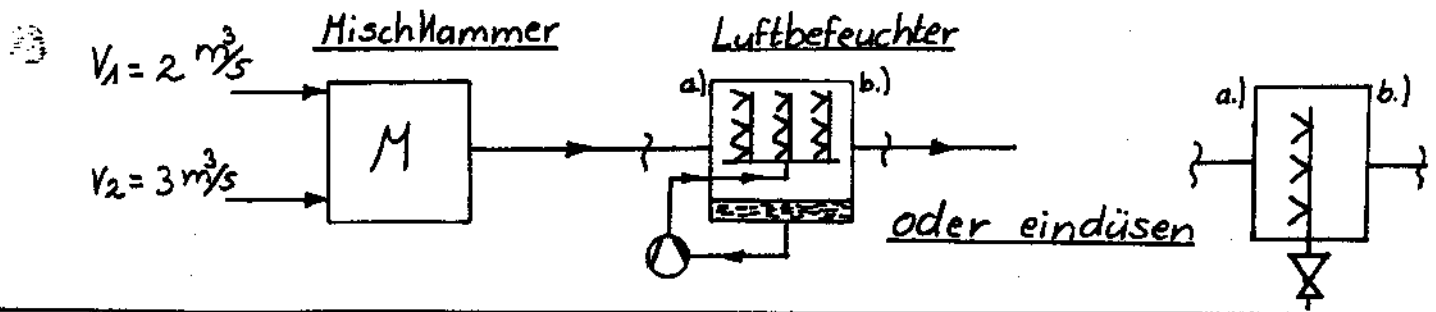
Hierbei wurden h_3 und h_m für die entsprechenden Punkte aus dem Diagramm abgelesen. Diese können jedoch auch berechnet werden mit $h = 1,004 \cdot t + x \cdot (1,86 \cdot t + 2500)$

Da hier wiederum x und t ebenfalls aus dem Diagramm abzulesen sind, kann man die Enthalpien auch gleich ablesen.

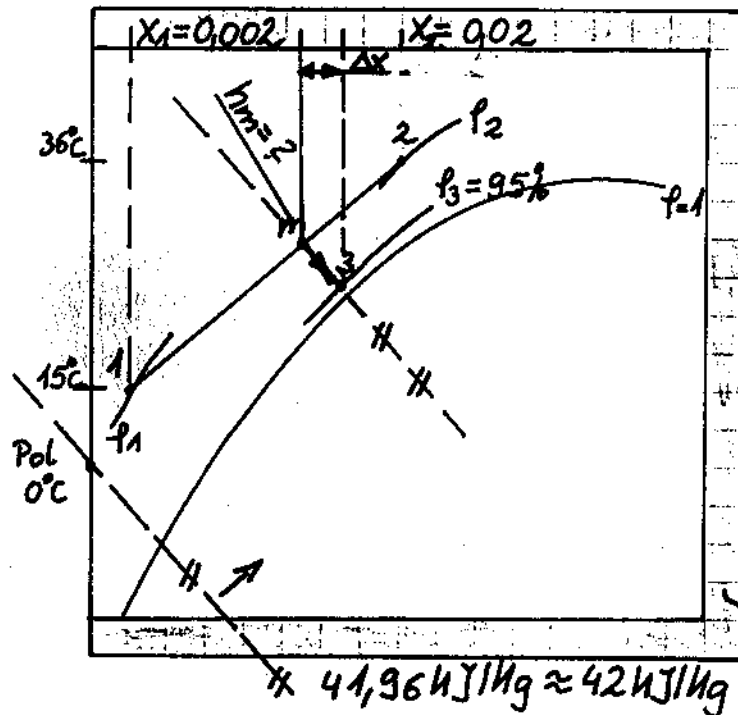
Aufgabe 1.11



Prozeßverlauf als Schaltplan:



Prozeßverlauf im h-x Diagramm:



Achtung: Richtiger Prozeßverlauf im h-x Mollier Diagramm liegt bei.

1. Ablezen der Enthalpien der Punkte 1 und 2: aus h-x Diagramm

Phz.1 (x=0.002; 15°C) $h_1 = 20 \text{ kJ/kg}$

$p_1 = 0.2$ $p_2 = 0.52$

Phz.2 (x=0.02; 36°C) $h_2 = 87 \text{ kJ/kg}$

ingenieurmäßig abgelesen
nicht berechnet.

2. Berechnung der trockenen Luftmassen $\dot{m}_{L1}$ und $\dot{m}_{L2}$ in den Punkt

1 und 2:

$$\dot{m}_L = \frac{(p - p_s) \cdot \dot{V}_f}{R_L \cdot T}$$

$$\dot{m}_{L1} = \frac{(101325 \text{ Pa} - 0.2 \cdot 1703.9 \text{ Pa}) \cdot 2 \text{ m}^3/\text{s}}{287.2 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (273.15 + 15) \text{ K}} = 2.44 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{L2} = \frac{(101325 \text{ Pa} - 0.52 \cdot 5940 \text{ Pa}) \cdot 3 \text{ m}^3/\text{s}}{287.2 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (273.15 + 36) \text{ K}} = 3.32 \text{ kg/s}$$

3.) Berechnung der Mischungsenthalpie h_m :

$$h_m = \frac{\dot{m}_{L1} \cdot h_1 + \dot{m}_{L2} \cdot h_2}{\dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2}}$$

$$h_m = \frac{2,44 \text{ kg/s} \cdot 20 \text{ kJ/kg} + 3,32 \text{ kg/s} \cdot 87 \text{ kJ/kg}}{2,44 \text{ kg/s} + 3,32 \text{ kg/s}} = \underline{\underline{58,62 \text{ kJ/kg}}}$$

- 4.) Enthalpie $h_m \approx 58,6 \text{ kJ/kg}$ im Diagramm mit Mischungsgerade schneiden lassen.
Ergebniss Punkt m.

Aus Cel/ho TB. 6.1 Enthalpie für Wasser mit 10°C ablesen
Ergebniss $h_w \approx 42 \text{ kJ/kg}$

Mit $h_w \approx 42 \text{ kJ/kg}$ am Randmaßstab im h - x Diagramm strecken in den Pol ziehen.

Strecke Pol: h_w parallel in Punkt "m" schieben. Strecke schneidet $\varphi = 0,95 = \varphi_3 = \varphi_E$
Ergebnis: Punkt 3 $\hat{=}$ E

AbleSEN der Werte für Punkt m und Punkt 3 aus h - x Diagramm

abgelesen: $M(27^\circ\text{C} / 55\% \text{ r.F.})$

$E(21^\circ\text{C} / 95\% \text{ r.F.})$

1. Lösung der Aufgabe

AbleSEN von x_1 und x_m aus h - x Diagramm:

$$x_1 = \underline{\underline{0,0122}} \frac{\text{kg-D}}{\text{kg-L}}$$

$$x_2 = \underline{\underline{0,0148}} \frac{\text{kg-D}}{\text{kg-L}}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$\Delta x = \underline{\underline{0,0026}} \frac{\text{kg-D}}{\text{kg-L}} \quad \underline{\underline{2. Lösung der Aufgabe}}$$

zu Aufgabe: 1.12

MOLLIER - DIAGRAMM 760 mm Hg

Spezialisten für Luftfilterung

Matr.-Nr.

CAMPE AG
 2008 KLEINERWEG
 am ZOOHOF 1 A
 D-42699 Solingen
 Tel. 0212/4111-0
 Fax 0212/4111-111

CAMPE AG
 FRIEDRICHSHAGEN 1
 42699 SOLINGEN
 Tel. 0212/4111-111

CAMPE BV
 Dierckx 6-1, Postbus 341
 1021 CA Amsterdam
 Tel. 020/6123011

400 kcal/kg

1500 kcal/kg

300 kcal/kg

1000 kcal/kg

200 kcal/kg

100 kcal/kg

500 kcal/kg

1000 kcal/kg

5000 kcal/kg

10000 kcal/kg

~41.96 kcal/kg

156