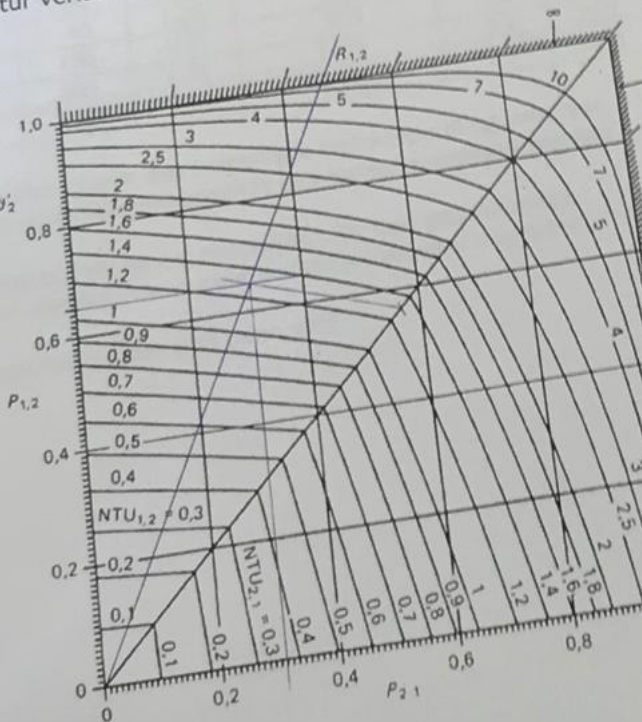
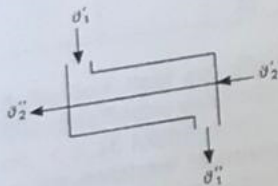


# 1. Wärmeübertrager (16 P)

Kaltwasser von  $12^{\circ}\text{C}$  soll in einem Gegenstrom-Wärmeübertrager auf  $45^{\circ}\text{C}$  erhitzt werden. Primärseitig wird dem Wärmeübertrager Heizungswasser mit  $63^{\circ}\text{C}$  und einem Massenstrom von  $380\text{ kg/h}$  zugeführt. Die spezifischen Wärmekapazitäten betragen für beide Ströme  $c_{p1} = c_{p2} = 4200\text{ J/(kg K)}$ . Der Hersteller des Wärmeübertragers gibt dessen spezifische Übertragungsleistung mit  $kA = 590\text{ W/K an}$ .

- Bestimmen Sie den erforderlichen Massenstrom des Kaltwassers in  $\text{kg/h}$  unter Verwendung des unten gegebenen Diagramms aus dem VDI-Wärmeatlas!
- Mit welcher Temperatur verlässt das Heizungswasser den Wärmeübertrager?



## 2. (7 P) Heizkörper

In einem Altersheim soll eine **Raumlufttemperatur von  $24^{\circ}\text{C}$**  eingehalten werden. Dafür wurde eine **Heizlast von  $2,4 \text{ kW}$**  ermittelt. Der installierte Flachheizkörper vom Typ 22 ist  $350 \text{ mm}$  hoch und  $3,40 \text{ m}$  lang. Im „Recknagel“ finden Sie folgende Informationen:

**Tafel 2.3.8-1 Normwärmeleistungen für vertikal profilierte Flachheizkörper**

Höhe $H$ in mm	Naben- abstand $N$ in mm	Typ	Bautiefe $T$ in mm	Heizkör- perexpo- nent $n$	Normwärmelei- stung ( $76/65/20^{\circ}\text{C}$ ) in $\text{W/m}$	Wasser- inhalt in $\text{l/m}$	Masse in $\text{kg/m}$
350	300	10	65	1,25	436	2,7	11,6
		11	65	1,25	605	2,7	14,1
		21	100	1,27	915	5,4	20,1
		22	100	1,28	1102	5,4	23,1
		33	155	1,30	1566	8,1	34,2

Außerdem liegt aus gleicher Quelle das beigefügte Heizkörperdiagramm vor. Die spezifische volumetrische Wärmekapazität des Heizungswassers beträgt  $\rho_{\text{CP}} = 1,16 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{K})$ .

- Mit welchem Massenstrom muss der Heizkörper für den geschilderten Betriebsfall durchströmt werden, wenn eine Vorlauftemperatur von  $64^{\circ}\text{C}$  anliegt?
- Welche Rücklauftemperatur stellt sich dann ein?

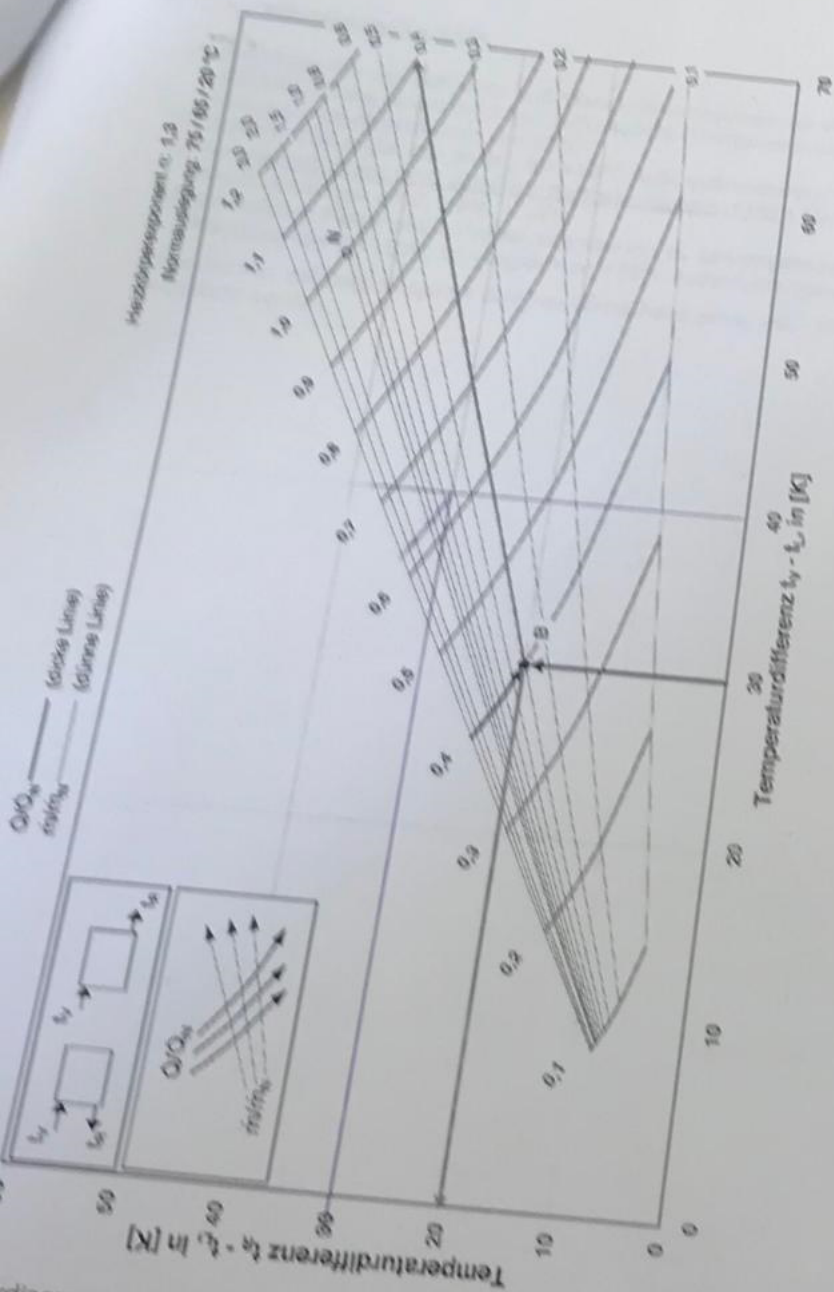


Diagramm zu Aufgabe 2. Der eingezeichnete Betrieb  
 BEUTUNG!

### 3. (7 P) Wärmepumpen/COP

- a) Berechnen Sie den COP einer Luft/Wasser-Wärmepumpe mit einem mittleren Gütegrad von 0,43 bei  $-10^{\circ}\text{C}$  Außenlufttemperatur und einer Heizungsvorlauftemperatur von  $65^{\circ}\text{C}$ !
- b) Welcher COP ergibt sich analog für  $+10^{\circ}\text{C}$  Außenlufttemperatur?
- c) Auf welchen Anteil sinkt dabei der Heizleistungsbedarf HWB (Annahmen: Raumtemperatur  $20^{\circ}\text{C}$ , HWB  $\sim \Delta T$ )?
- d) Um welchen Faktor unterscheidet sich also der el. Leistungsbedarf der Wärmepumpe bei  $-10^{\circ}\text{C}$  im Vergleich zu  $+10^{\circ}\text{C}$  Außenlufttemperatur?

Hinweis: Der absolute Nullpunkt darf hier hinreichend genau mit  $-273^{\circ}\text{C}$  angesetzt werden.

$$20^{\circ} - (-10^{\circ}\text{C}) = 30^{\circ}\text{C}$$

$$20^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 10^{\circ}\text{C}$$