

# Heizkörperauslegung - Einrohr- /Zweirohrsystem

## System (ohne Leitungen)

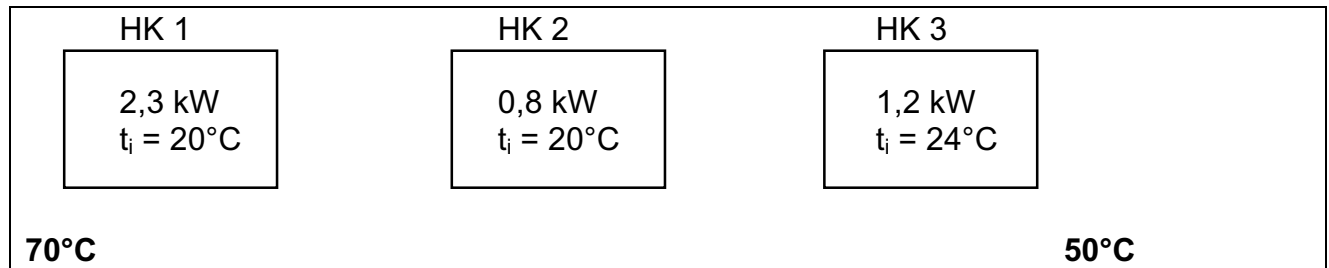


Bild 1: Schaltschema Prinzip

Auslegungsaußentemperatur

$$t_{aA} = -14^{\circ}\text{C}$$

Heizkörperexponent

$$n = 1,3$$

Leistung je Heizkörperglied

$$\dot{q}_N = 75 \text{ W/Glied}$$

Norm-Übertemperatur

$$\Delta t_{mA} = 49,83 \text{ K}$$

## Aufgaben

1. Die Anzahl der Glieder ist zu bestimmen bei Zweirohr-Anbindung.
2. Die Anzahl der Glieder ist zu bestimmen bei Einrohr-Anbindung bei Zwangsdurchlauf.
3. Die Anzahl der Glieder ist zu bestimmen bei Einrohr-Anbindung bei Nebenschluss für  $\dot{m}_{HK}/\dot{m} = 0,4$ .
4. Die Anzahl der Glieder ist zu bestimmen bei Einrohr-Anbindung bei Nebenschluss für  $\dot{m}_{HK}/\dot{m} = 0,4$ . Aber Strömung von HK3 über HK2 zum HK1 (umgekehrt wie bei 3.)
5. Die Anzahl der Glieder ist zu bestimmen bei Einrohr-Anbindung bei Nebenschluss und für jeden Heizkörper gilt:  $\Delta t_m = 25 \text{ K}$ . Vorüberlegung: In welchen Grenzen kann das gemeinsame  $\Delta t_m$  nur liegen ?
6. Wie sind die Temperaturverhältnisse ( $t_v$ ,  $t_R$ ,  $t_i$ ) bei  $t_a = 0^{\circ}\text{C}$ , wenn
  - der Anschluss nach Aufgabenpunkt 3 vorliegt,
  - die Massenströme sich nicht ändern,
  - $t_v$  am Systemeintritt so geregelt wird, dass in Raum 1  $t_i = 20^{\circ}\text{C}$  herrscht.
7. Wie sind die Temperaturverhältnisse ( $t_v$ ,  $t_R$ ,  $t_i$ ) bei  $t_a = 0^{\circ}\text{C}$ , wenn
  - der Anschluss nach Aufgabenpunkt 3 vorliegt,
  - die Massenströme sich nicht ändern,
  - $t_v$  am Systemeintritt so geregelt wird, dass in Raum 3  $t_i = 24^{\circ}\text{C}$  herrscht.
8. Die Anzahl der Glieder ist zu bestimmen bei Einrohr-Anbindung bei Nebenschluss und für jeden Heizkörper gilt:  $\Delta t_{HK} = 15 \text{ K}$ .

## 1. Aufgabe: Gliederzahl Zweirohr

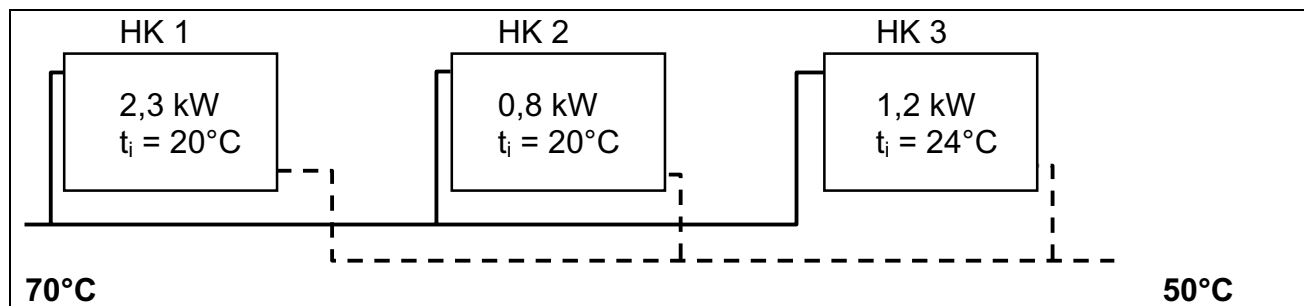


Bild 2: Schaltschema Zweirohr

	HK 1	HK 2	HK 3
$t_V$ (in $^\circ\text{C}$ )	70	70	70
$t_R$ (in $^\circ\text{C}$ )	50	50	50
$\Delta t_m$ (in K) = $\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}$	39,15	39,15	35,05
$\dot{q}$ (in W) = $\dot{q}_N \cdot \left(\frac{\Delta t_m}{\Delta t_{mA}}\right)^n$	54,81	54,81	47,47
Anzahl z	(41,96) 42	(14,60) 15	(25,28) 26

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder:  $\sum z = 83$

## 2. Aufgabe: Gliederzahl Einrohr-Zwangsdurchlauf

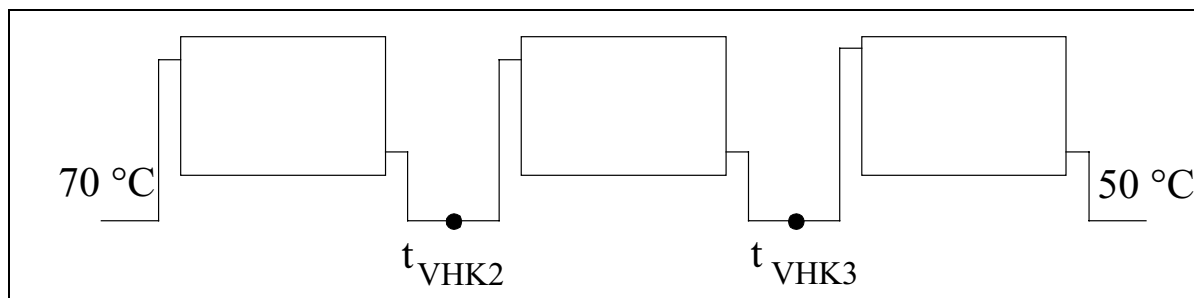


Bild 3: Schaltschema Einrohr-Zwangsdurchlauf

- Für die Vorlauftemperatur eines beliebigen Heizkörpers z gilt:

$$t_{VHK(z+1)} = t_{VHKz} - \Delta t_{\text{ges}} \cdot \frac{\dot{Q}_{HKz}}{\sum \dot{Q}_{HK}}$$

- Für die Rücklauftemperatur eines beliebigen Heizkörpers z gilt:

$$t_{RHKz} = t_{VHK(z+1)}$$

für HK2 ergibt sich damit beispielsweise:

$$t_{VHK2} = 70^\circ\text{C} - 20\text{K} \cdot \frac{2,3\text{ kW}}{4,3\text{ kW}} = 59,30^\circ\text{C}$$

Die restlichen Daten befinden sich in der Tabelle

	HK 1	HK 2	HK 3
$t_V$ (in °C)	70	59,30	55,58
$t_R$ (in °C)	59,30	55,58	50
$\Delta t_{HK}$ (in K) = $(t_V - t_R)_{HK}$	10,70	3,72	5,58
$\Delta t_m$ (in K) = $\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}$	44,44	37,41	28,70
$\dot{q}$ (in W) = $\dot{q}_N \cdot \left( \frac{\Delta t_m}{\Delta t_{mA}} \right)^n$	64,63	51,67	36,61
Anzahl z	(35,59) 36	(15,48) 16	(32,78) 33

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder:  $\sum z = 85$

### 3. Aufgabe: Gliederzahl Einrohr-Nebenschluss

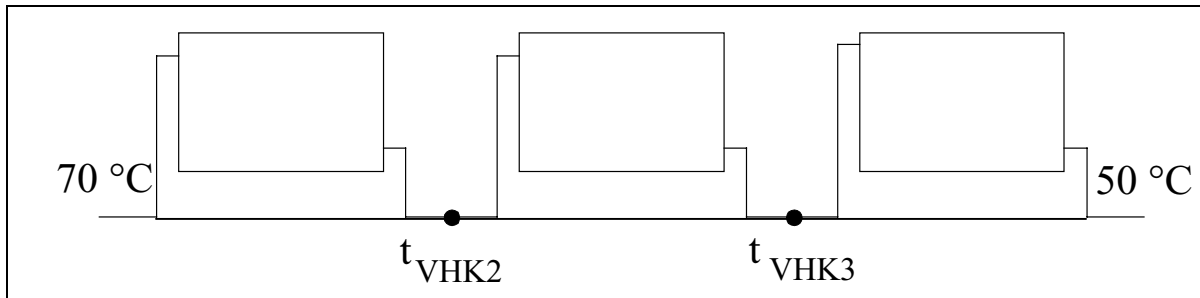


Bild 4: Schaltschema Einrohr-Nebenschluss

- Für die Vorlauftemperatur eines beliebigen Heizkörpers z gilt:

$$t_{VHKz} = t_{VHK(z-1)} - \frac{\dot{Q}_{HK(z-1)}}{\sum \dot{Q}_{HK}} \cdot \Delta t_{ges}$$

- Für die Rücklauftemperatur eines beliebigen Heizkörpers z gilt (bei  $\frac{\dot{m}_{HK}}{\dot{m}} = 0,4$ ):

$$\dot{Q}_{HKz} = \dot{m}_{HK} \cdot c_p \cdot (t_{VHKz} - t_{RHKz})$$

$$t_{RHKz} = t_{VHKz} - \frac{\dot{Q}_{HKz}}{\dot{m}_{HK} \cdot c_p} = t_{VHKz} - \frac{\dot{Q}_{HKz}}{0,4 \cdot \dot{m}_{ges} \cdot c_p}$$

$$\dot{m}_{ges} = \frac{\sum \dot{Q}_{HK}}{c_p \cdot \Delta t_{ges}}$$

$$t_{RHKz} = t_{VHKz} - \Delta t_{ges} \cdot \frac{\dot{Q}_{HKz}}{0,4 \cdot \sum \dot{Q}_{HK}}$$

	HK 1	HK 2	HK 3
$t_V$ (in °C)	70	59,30	55,58
$t_R$ (in °C)	43,26	50,00	41,63
$\Delta t_{HK}$ (in K) = $(t_V - t_R)_{HK}$	26,74	9,30	13,95
$\Delta t_m$ (in K) = $\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}$	34,94	34,44	23,93
$\dot{q}$ (in W) = $\dot{q}_N \cdot \left( \frac{\Delta t_m}{\Delta t_{mA}} \right)^n$	47,28	46,40	28,90
Anzahl z	(48,65) 49	(17,24) 18	(41,52) 42

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder:  $\sum z = 109$

#### 4. Aufgabe: Gliederzahl Einrohr-Nebenschluss (umgekehrte Flussrichtung)

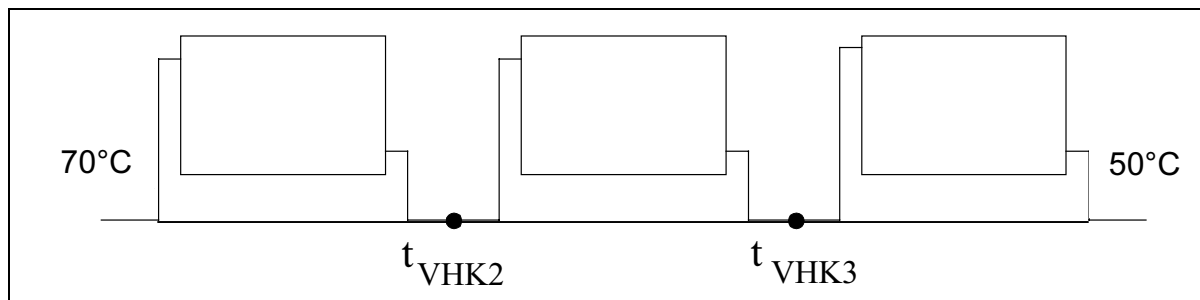


Bild 5: Schaltschema Einrohr-Nebenschluss (umgekehrte Flussrichtung)

	HK 1	HK 2	HK 3
$t_V$ (in °C)	60,7	64,42	70
$t_R$ (in °C)	33,96	55,12	56,05
$\Delta t_{HK}$ (in K) = $(t_V - t_R)_{HK}$	26,74	9,30	13,95
$\Delta t_m$ (in K) = $\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}$	24,99	39,59	38,61
$\dot{q}$ (in W) = $\dot{q}_N \cdot \left( \frac{\Delta t_m}{\Delta t_{mA}} \right)^n$	30,58	55,61	53,83
Anzahl z	(75,21) 76	(14,38) 15	(22,29) 23

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder:  $\sum z = 114$

## 5. Aufgabe: Gliederzahl Einrohr-Nebenschluss ( $\Delta t_m = 25K$ )

- $\Delta t_m$  kann nicht beliebig gewählt werden. Es gilt:

$$\Delta t_m \leq \frac{\Delta t_{ges} \cdot \frac{\dot{Q}_{HK}}{\sum \dot{Q}_{HK}}}{\ln \frac{t_{VHK} - t_i}{t_{VHK} - \Delta t_{ges} \cdot \frac{\dot{Q}_{HK}}{\sum \dot{Q}_{HK}} - t_i}}$$

- Den größtmögliche Wert liefert der Zwangsdurchlauf.
- Welches  $\Delta t_m$  wäre für den einzelnen Heizkörper möglich?

aus Zwangsdurchlauf	HK 1	HK 2	HK 3
$\Delta t_{HK} = \Delta t_{ges} \cdot \frac{\dot{Q}_{HK}}{\sum \dot{Q}_{HK}}$ (in K)	10,7	3,72	5,58
$t_{VHK}$ (in °C)	70	59,3	55,58
$t_i$ (in °C)	20	20	24
$\Delta t_m$ (in K)	44,44	37,41	28,70

Schlussfolgerung:  $\Delta t_m < 28,7 K$ . Da  $\Delta t_m$  für alle Heizkörper gleich sein soll (siehe auch Aufgabenpunkt 2). Gewählt: z.B.  $\Delta t_m = 25 K$ . Es gilt aus den Heizkörpergleichungen:

- $25 K = \frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}$  und
- $t_R = t_V - 25 K \cdot \ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}$

Lösung durch Iteration ist nötig, um auf genau 25K zu kommen:

	HK 1	HK 2	HK 3
$t_V$ (in °C)	70	59,3	55,58
$t_R$ (in °C)	30,2	34,5	43,5
$\Delta t_{HK}$ (in K) = $(t_V - t_R)_{HK}$	39,8	24,8	12,1
$\Delta t_m$ (in K) = $\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}$	25	25	25
$\frac{\dot{m}_{HK}}{\dot{m}_{ges}} = \frac{\dot{Q}_{HK} \cdot c_p \cdot \Delta t_{ges}}{\sum \dot{Q}_{HK} \cdot c_p \cdot \Delta t_{HK}}$	0,269	0,150	0,461
$\dot{q}$ in W = $\dot{q}_N \cdot \left(\frac{\Delta t_m}{\Delta t_{mA}}\right)^n$	30,59	30,59	30,59
z	(75,19) 76	(26,15) 27	(39,23) 40

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder: 143 (Nachteil: große Gesamtheizfläche, große Unterschiede in den Massenströmen durch die Heizkörper)

## 6. Temperaturverhältnisse bei $t_a = 0^\circ\text{C}$ und $t_{i\text{Raum1}} = 20^\circ\text{C}$

### 6.1. Systemvorlauftemperatur

$$t_V = t_L - \varphi \cdot \Delta t_A \cdot \frac{e^{\frac{\Delta t_A}{\Delta t_{mA}} \cdot \varphi^{\frac{n-1}{n}}}}{1 - e^{\frac{\Delta t_A}{\Delta t_{mA}} \cdot \varphi^{\frac{n-1}{n}}}}$$

### 6.2. HK1

Belastungsgrad:

$$\varphi = \lambda = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{t_i - t_a}{(t_i - t_a)_A} = \frac{20^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} - (-14^\circ\text{C})} = 0,5882$$

Vorlauftemperatur:

$$t_V = \left( 20^\circ\text{C} - 0,5882 \cdot 26,74\text{K} \cdot \frac{e^{\frac{26,74\text{K}}{34,94\text{K}} \cdot 0,5882^{\frac{1,3-1}{1,3}}}}{1 - e^{\frac{26,74\text{K}}{34,94\text{K}} \cdot 0,5882^{\frac{1,3-1}{1,3}}}} \right) ^\circ\text{C}$$

$$t_V = 51,97^\circ\text{C}$$

Rücklauftemperatur:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_A} \cdot \frac{t_V - t_R}{t_{VA} - t_{RA}} = 0,5882 = 1 \cdot \frac{51,97^\circ\text{C} - t_R}{70^\circ\text{C} - 43,26^\circ\text{C}}$$
$$t_{RHK1} = (51,97^\circ\text{C} - 0,5882 \cdot (70 - 43,26))^\circ\text{C} = 36,24^\circ\text{C}$$

### 6.3. HK2

Vorlauftemperatur aus Mischungsrechnung:

$$t_{VHK2} = 0,6 \cdot 51,97^\circ\text{C} + 0,4 \cdot 36,24^\circ\text{C}$$

$$t_{VHK2} = 45,68^\circ\text{C}$$

Heizkörpergleichung ③:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{t_i - t_a}{t_{iA} - t_{aA}} = \frac{t_i - 0^\circ\text{C}}{(20 + 14)\text{K}} = \frac{t_i}{34\text{K}}$$

Heizkörpergleichung ①:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_A} \cdot \frac{t_V - t_R}{t_{VA} - t_{RA}} = 1 \cdot \frac{45,68^\circ\text{C} - t_R}{(59,30 - 50)\text{K}} = \frac{45,68^\circ\text{C} - t_R}{9,30\text{K}}$$

③ und ①:

$$\frac{t_i}{34\text{K}} = \frac{45,68^\circ\text{C} - t_R}{9,30\text{K}}$$

$$t_R = 45,68^\circ\text{C} - \frac{9,30\text{K}}{34\text{K}} \cdot t_i = 45,68^\circ\text{C} - 0,2735 \cdot t_i$$

Heizkörpergleichung ② (Gleichung für Rücklauftemperatur eingesetzt):

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \left( \frac{\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}}{\Delta t_{mA}} \right)^{1,3} = \left( \frac{45,68^\circ\text{C} - (45,68^\circ\text{C} - 0,2735 \cdot t_i)}{34,44 \text{ K} \cdot \ln \frac{45,68^\circ\text{C} - t_i}{45,68^\circ\text{C} - 0,2735 \cdot t_i - t_i}} \right)^{1,3}$$

② und ③:

$$\frac{t_i}{34 \text{ K}} = \left( \frac{0,2735 \cdot t_i}{34,44 \text{ K} \cdot \ln \frac{45,68^\circ\text{C} - t_i}{45,68^\circ\text{C} - 1,2735 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

$$t_i = 34 \text{ K} \cdot \left( \frac{0,2735 \cdot t_i}{34,44 \text{ K} \cdot \ln \frac{45,68^\circ\text{C} - t_i}{45,68^\circ\text{C} - 1,2735 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

$$t_i = 0,06329 \cdot \left( \frac{t_i}{\ln \frac{45,68^\circ\text{C} - t_i}{45,68^\circ\text{C} - 1,2735 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

Durch Iteration erhält man  $t_i = 19,97^\circ\text{C}$ , also  $t_i \approx 20^\circ\text{C}$ .

Rücklauftemperatur:

$$t_{\text{RHK2}} = 45,68^\circ\text{C} - 0,2735 \cdot 20^\circ\text{C} = 40,21^\circ\text{C}$$

#### 6.4. HK2 (Weg wie bei HK2)

$$t_{\text{VHK3}} = 0,6 \cdot 45,68^\circ\text{C} + 0,4 \cdot 40,21^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{VHK3}} = 43,49^\circ\text{C}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{t_i - 0^\circ\text{C}}{(24 + 14)\text{K}} = \frac{t_i}{38 \text{ K}}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = 1 \cdot \frac{43,49^\circ\text{C} - t_R}{(55,58 - 41,63)\text{K}} = \frac{43,49^\circ\text{C} - t_R}{13,95 \text{ K}}$$

① und ③

$$\frac{t_i}{38 \text{ K}} = \frac{43,49^\circ\text{C} - t_R}{13,95 \text{ K}}$$

$$t_R = 43,49^\circ\text{C} - \frac{13,95 \text{ K}}{38 \text{ K}} \cdot t_i = 43,49^\circ\text{C} - 0,3671 \cdot t_i$$



$$\textcircled{2} \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \left( \frac{0,3671 \cdot t_i}{23,93 \text{ K} \cdot \ln \frac{43,49^\circ\text{C} - t_i}{43,49^\circ\text{C} - 1,3671 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

② und ③

$$\frac{t_i}{38 \text{ K}} = \left( \frac{0,3671 \cdot t_i}{23,93 \text{ K} \cdot \ln \frac{43,49^\circ\text{C} - t_i}{43,49^\circ\text{C} - 1,3671 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

$$t_i = 38 \text{ K} \cdot \left( \frac{0,3671 \cdot t_i}{23,93 \text{ K} \cdot \ln \frac{43,49^\circ\text{C} - t_i}{43,49^\circ\text{C} - 1,3671 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

$$t_i = 0,01665 \cdot \left( \frac{t_i}{\ln \frac{43,49^\circ\text{C} - t_i}{43,49^\circ\text{C} - 1,3671 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

Durch Iteration (hier in drei Schritten) erhält man:

$$t_i = 22^\circ\text{C} \quad 22 \neq 24,6$$

$$t_i = 23^\circ\text{C} \quad 23 \neq 22,3$$

$$t_i = 22,8^\circ\text{C} \quad 22,8 \neq 22,78$$

Die Innentemperatur beträgt:  $t_i = 22,8^\circ\text{C}$ .

Rücklaufemperatur:

$$t_{\text{RHK3}} = 43,49^\circ\text{C} - 0,3671 \cdot 22,8^\circ\text{C} = 35,11^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{RHKges}} = 0,4 \cdot 35,11^\circ\text{C} - 0,6 \cdot 43,49^\circ\text{C} = 40,14^\circ\text{C}$$

## 7. Temperaturverhältnisse bei $t_a = 0^\circ\text{C}$ und $t_{i\text{Raum}3} = 24^\circ\text{C}$

### 7.1. HK3

Belastungsgrad:

$$\varphi = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{24^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}}{24^\circ\text{C} - (-14^\circ\text{C})} = 0,6316$$

Vorlauftemperatur:

$$t_V = \left( 24^\circ\text{C} - 0,6316 \cdot 13,95\text{K} \cdot \frac{e^{\frac{13,95\text{K}}{23,93\text{K}} \cdot 0,6316^{\frac{1,3-1}{1,3}}}}{1 - e^{\frac{13,95\text{K}}{23,93\text{K}} \cdot 0,6316^{\frac{1,3-1}{1,3}}}} \right)$$

$$t_V = 45,59^\circ\text{C}$$

Rücklauftemperatur:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_A} \cdot \frac{t_V - t_R}{t_{VA} - t_{RA}} = 0,6316 = 1 \cdot \frac{45,59^\circ\text{C} - t_R}{13,95^\circ\text{C}}$$

$$t_{\text{RHK}3} = (45,59 - 0,6316 \cdot 13,95)^\circ\text{C} = 36,78^\circ\text{C}$$

### 7.2. HK2

Vorlauftemperatur aus Mischungsrechnung (Gleichung):

$$t_{\text{VHK}3} = 0,6 \cdot t_{\text{VHK}2} + 0,4 \cdot t_{\text{RHK}2}$$

$$45,59^\circ\text{C} = 0,6 \cdot t_{\text{VHK}2} + 0,4 \cdot t_{\text{RHK}2}$$

$$t_{\text{RHK}2} = \frac{45,59^\circ\text{C}}{0,4} - \frac{0,6}{0,4} \cdot t_{\text{VHK}2}$$

$$t_{\text{RHK}2} = 113,98^\circ\text{C} - 1,5 \cdot t_{\text{VHK}2}$$

Heizkörpergleichung ③:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{t_i - 0^\circ\text{C}}{(20 + 14)\text{K}} = \frac{t_i}{34\text{K}}$$

Heizkörpergleichung ①:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_A} \cdot \frac{t_V - t_R}{t_{VA} - t_{RA}} = 1 \cdot \frac{t_V - (113,98^\circ\text{C} - 1,5 \cdot t_V)}{9,30\text{K}}$$

③ und ①:

$$\frac{t_i}{34\text{K}} = \frac{2,5 \cdot t_V - 113,98^\circ\text{C}}{9,30\text{K}}$$

$$t_V = \frac{113,98^\circ\text{C}}{2,5} + \frac{9,30\text{K}}{34\text{K} \cdot 2,5} \cdot t_i$$

$$t_V = 45,59^\circ\text{C} + 0,1094 \cdot t_i$$

Gleichung für  $t_V$  eingesetzt:

$$t_R = 113,98^\circ\text{C} - 1,5 \cdot (45,59^\circ\text{C} + 0,1094 \cdot t_i)$$

$$t_R = 45,595^\circ\text{C} - 0,1641 \cdot t_i$$

$$t_V - t_R = 0,2735 \cdot t_i$$

Heizkörpergleichung ②:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \left( \frac{\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}}{\Delta t_{mA}} \right)^{1,3} = \left( \frac{(0,2735 \cdot t_i)}{34,44 \text{ K} \cdot \ln \frac{45,59^\circ\text{C} + 0,1094 \cdot t_i - t_i}{45,59^\circ\text{C} - 0,1641 \cdot t_i - t_i}} \right)^{1,3}$$

① und ②:

$$\frac{t_i}{34 \text{ K}} = \left( \frac{0,2735 \cdot t_i}{34,44 \text{ K} \cdot \ln \frac{45,59^\circ\text{C} - 0,8906 \cdot t_i}{45,59^\circ\text{C} - 1,1641 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

$$t_i = 0,06329 \cdot \left( \frac{t_i}{\ln \frac{45,59^\circ\text{C} - 0,8906 \cdot t_i}{45,59^\circ\text{C} - 1,1641 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

Durch Iteration erhält man in vier Schritten:

$$t_i = 20,5^\circ\text{C} \quad 20,5 \neq 21,7$$

$$t_i = 21,0^\circ\text{C} \quad 21,0 \neq 21,15$$

$$t_i = 21,1^\circ\text{C} \quad 21,1 \neq 21,03$$

$$t_i = 21,07^\circ\text{C} \quad 21,07 \neq 21,06$$

Innentemperatur:  $t_i = 21,065^\circ\text{C}$

Vorlauftemperatur:  $t_V = 45,59^\circ\text{C} + 0,1094 \cdot 21,065^\circ\text{C} = 47,89^\circ\text{C}$

Rücklauftemperatur:  $t_R = 45,59^\circ\text{C} - 0,1641 \cdot 21,065^\circ\text{C} = 42,13^\circ\text{C}$

### 7.3. HK1 (Weg wie bei HK2)

$$47,89^\circ\text{C} = 0,6 \cdot t_V + 0,4 \cdot t_R$$

$$t_R = \frac{47,89^\circ\text{C}}{0,4} - \frac{0,6}{0,4} \cdot t_V$$

$$t_R = 119,73^\circ\text{C} - 1,5 \cdot t_V$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \frac{t_i}{34 \text{ K}}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = 1 \cdot \frac{t_V - (119,73^\circ\text{C} - 1,5 \cdot t_V)}{(70 - 43,26)\text{K}} = \frac{2,5 \cdot t_V - 119,73^\circ\text{C}}{26,74 \text{ K}}$$

① und ③:

$$\frac{t_i}{34 \text{ K}} = \frac{2,5 \cdot t_V - 119,73^\circ\text{C}}{26,74 \text{ K}}$$

$$t_V = \frac{119,73^\circ\text{C}}{2,5} + \frac{26,74\text{K}}{34\text{K} \cdot 2,5} \cdot t_i = 47,89^\circ\text{C} + 0,3146 \cdot t_i$$

$$t_R = 47,89^\circ\text{C} - 0,4719 \cdot t_i$$

$$t_V - t_R = 0,7865 \cdot t_i$$

$$\textcircled{2} \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_A} = \left( \frac{0,7865 \cdot t_i}{34,94\text{K} \cdot \ln \frac{47,89^\circ\text{C} + 0,3146 \cdot t_i - t_i}{47,89^\circ\text{C} - 0,4715 \cdot t_i - t_i}} \right)^{1,3}$$

**② und ③**

$$\frac{t_i}{34\text{K}} = \left( \frac{0,7865 \cdot t_i}{34,94\text{K} \cdot \ln \frac{47,89^\circ\text{C} - 0,6854 \cdot t_i}{47,89^\circ\text{C} - 1,4719 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

$$t_i = 0,2452 \cdot \left( \frac{t_i}{\ln \frac{47,89^\circ\text{C} - 0,6854 \cdot t_i}{47,89^\circ\text{C} - 1,4719 \cdot t_i}} \right)^{1,3}$$

Durch Iteration erhält man:

$$t_i = 21^\circ\text{C} \quad 21 \neq 21,21$$

$$t_i = 21,07^\circ\text{C} \quad 21,07 \neq 21,12$$

Innentemperatur:  $t_i = 21,1^\circ\text{C}$

Vorlauftemperatur:  $t_V = 47,89^\circ\text{C} + 0,3671 \cdot 21,1^\circ\text{C} = 54,53^\circ\text{C}$

Rücklauftemperatur:  $t_R = 47,89^\circ\text{C} - 0,4719 \cdot 21,1^\circ\text{C} = 37,93^\circ\text{C}$

## 8. Einrohr-Nebenschluss mit $\Delta t_{HK} = 15 \text{ K}$

$\Delta t_{HK}$  kann nicht beliebig gewählt werden. Es gilt:

$$\Delta t_{\text{ges}} \cdot \frac{\dot{Q}_{HK}}{\sum \dot{Q}_{HK}} \leq \Delta t_{HK} < t_{VHK} - t_i$$

Welches  $\Delta t_m$  wäre möglich für den einzelnen Heizkörper?

	HK 1	HK 2	HK 3
$\Delta t_{\text{ges}} \cdot \frac{\dot{Q}_{HK}}{\sum \dot{Q}_{HK}}$ (in K)	10,7	3,72	5,58
$t_{VHK}$ (in °C)	70	59,3	55,58
$t_i$ (in °C)	20	20	24
$\Delta t_{HK}$ (in K)	10,7 bis 50	3,72 bis 39,3	5,58 bis 31,58

Es gilt:  $10,7 \text{ K} \leq \Delta t_{HK} < 31,58 \text{ K}$  wenn für alle Heizkörper gleiches  $\Delta t_{HK}$  sein soll. Also ist beispielsweise  $\Delta t_{HK} = 15 \text{ K}$  möglich

Für  $\Delta t_{HK} = 15 \text{ K}$  gilt:

	HK 1	HK 2	HK 3
$t_V$ (in °C)	70	59,3	55,58
$\Delta t_{HK}$ (in K) = $(t_V - t_R)_{HK}$	15	15	15
$t_R$ (in °C)	55	44,3	40,58
$t_i$ (in °C)	20	20	24
$\Delta t_m$ (in K) = $\frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}}$	42,06	31,20	23,28
$\frac{\dot{m}}{\dot{m}_{\text{ges}}} = \frac{\dot{Q}_{HK} \cdot c_p \cdot \Delta t_{\text{ges}}}{\sum \dot{Q}_{HK} \cdot c_p \cdot \Delta t_{HK}}$	0,71	0,25	0,37
$\dot{q}$ (in W) = $\dot{q}_N \cdot \left( \frac{\Delta t_m}{\Delta t_{mA}} \right)^n$	60,17	40,81	27,89
Anzahl z	(38,2) 39	(19,6) 20	(43,0) 43

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder: 102

Extremwerte:

	HK1		HK2		HK3	
$t_{VHK}$ (in °C)	70		59,3		55,58	
$\Delta t_{HK}$ (in K)	10,7	31	10,7	31	10,7	31
$t_R$ (in °C)	59,3	39	48,6	28,3	44,88	24,58
$t_i$ in °C)	20		20		24	
$\Delta t_m$ (in K)	44,44	32,04	33,67	19,94	25,86	7,76
$\dot{q}$ (in W/Gl.)	64,63	42,24	45,05	22,80	31,97	6,69
$\dot{m}_{HK} / \dot{m}_{ges}$	1	0,35	0,35	0,12	0,52	0,18
Anzahl z	36	55	18	36	38	180

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder Extremfall 1: 92

Gesamtanzahl der Heizkörperglieder Extremfall 2: 271