

1. Abschnitt: Berechnung des Auftriebes

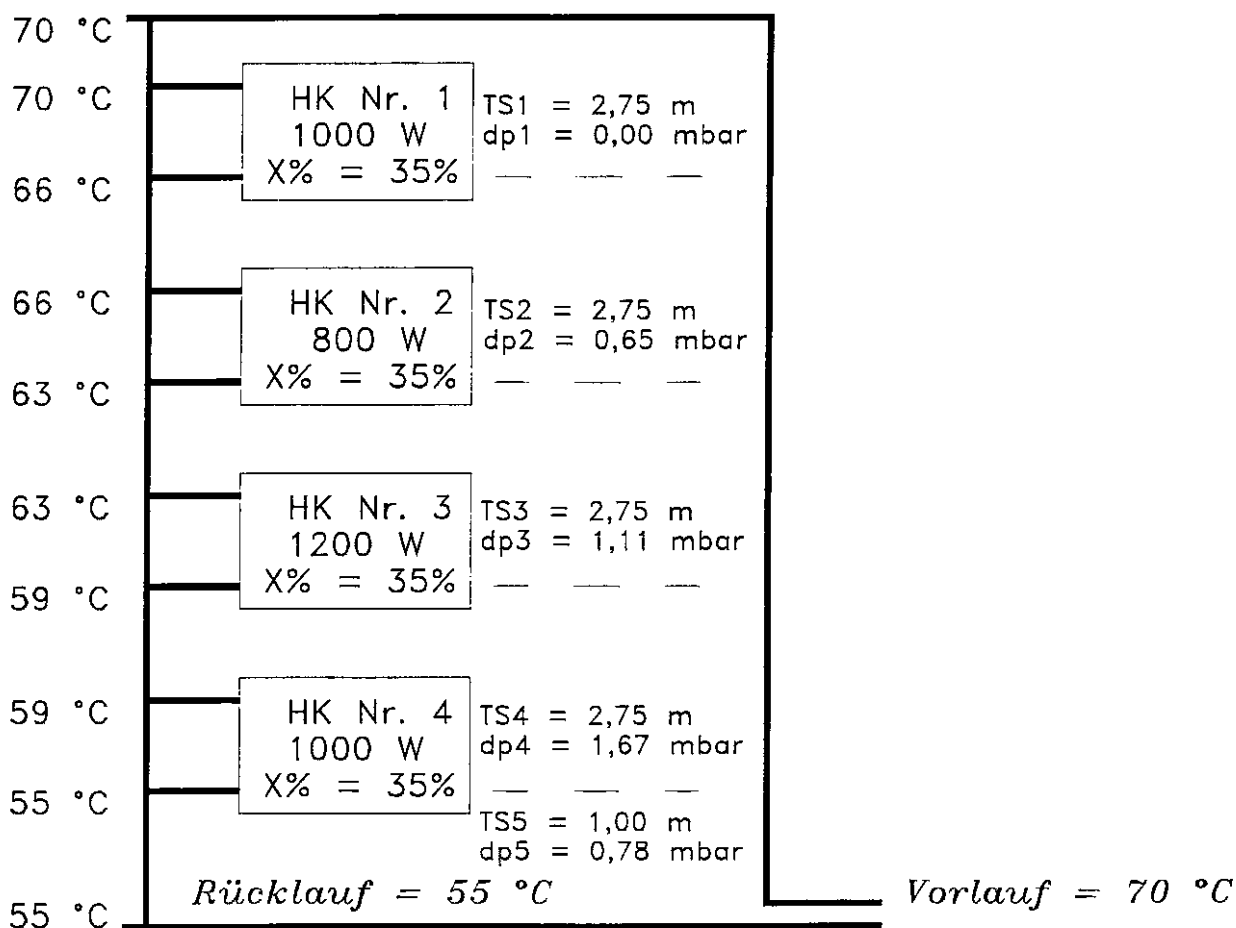
Innerhalb eines vertikalen Heizkreises entsteht auf Grund der Dichteunterschiede des Heizmediums zwischen Vor- und Rücklauf ein Auftrieb, der je nach Standort des Heizkessels als zusätzlicher Druck (Dachzentrale) oder als Druckgewinn (Kellerzentrale) in der Druckbilanz zu berücksichtigen ist.

Im Gegensatz zu Zweirohranlagen, bei denen zwischen Vor- und Rücklauf wegen der konstanten Temperaturen annähernd die gleichen Dichteunterschiede bestehen, kühlt sich Wasser innerhalb des Einrohrkreises je nach Wärmeabgabe des Heizkörpers unterschiedlich ab.

Demnach muß das Temperaturgefälle im Einrohrkreis zur Berechnung des Auftriebes bekannt sein.

Das Beispiel aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes wurde bereits vollständig berechnet, so daß für die Berechnung des Auftriebes alle Temperaturen vorliegen und dieser Einrohrkreis für das Beispiel als vertikaler Einrohrkreis ausgeführt wird.

Bild 10: Beispielskizze	Vorlauftemperatur:	ϑ_V	=	70 °C
	Rücklauftemperatur:	ϑ_R	=	55 °C
	Raumtemperatur aller Räume:	ϑ_i	=	20 °C
	Zuschlagsfaktor x nach DIN 4701 T3	x	=	0.15
	Heizkörper-Durchflußanteil:	X%	=	35 %



In Tabelle 8 sind die Berechnungsergebnisse aus Teil 1 nochmals aufgeführt.

Tabelle 8: Ergebnisse Beispielberechnung

Nr.	\dot{Q}_N	X% _{HK}	\dot{m}_{HK}	ϑ_v	ϑ_r	ϑ_m	ϑ_i
1	1000 W	35%	80 kg/h	70 °C	59 °C	66 °C	20 °C
2	800 W	35%	80 kg/h	66 °C	57 °C	63 °C	20 °C
3	1200 W	35%	80 kg/h	63 °C	50 °C	59 °C	20 °C
4	1000 W	35%	80 kg/h	59 °C	48 °C	55 °C	20 °C

Der Auftrieb der einzelnen Teilstrecken berechnet sich nach Gl. (10):

$$\Delta p_{\text{Auftrieb}} = (\rho_r - \rho_v) \cdot g \cdot H / 100 \quad \text{Gl. (10)}$$

- ρ_v = Dichte des Heizmediums im Vorlauf in kg/m³
- ρ_r = Dichte des Heizmediums im Rücklauf in kg/m³
- g = Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²
- H = wirksame Höhe in m
- $\Delta p_{\text{Auftrieb}}$ = wirksamer Auftrieb in mbar

In Tabelle 9 sind die Dichteunterschiede von Warmwasser ($\rho_r - \rho_v$) in kg/m³ (die Werte für ρ_r und ρ_v sind dem VDI Wärmeatlas 5. Auflage 1988 entnommen) aufgeführt.

Für das Beispiel sind die Zwischenwerte in der Tabelle eingetragen.

Tabelle 9: Dichteunterschiede von Warmwasser in kg/m³

ϑ_r/ϑ_v	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C	95°C	100°C
45°C	2,2	4,6	7,1	8,8	12,6	15,6	18,9	21,8	25,2	28,6	31,9
50°C	-	2,4	4,9	7,6	10,4	13,4	16,7	19,6	23,0	26,4	29,7
55°C	-	-	2,5	5,2	8,0	11,0	14,3	17,2	20,6	24,0	27,3
59°C	-	-	-	-	6,7	-	-	-	-	-	-
60°C	-	-	-	2,7	5,5	8,5	11,8	14,7	18,1	21,5	24,8
63°C	-	-	-	-	6,2	-	-	-	-	-	-
65°C	-	-	-	-	2,8	5,8	9,1	12,0	15,4	18,8	22,1
66°C	-	-	-	-	6,4	-	-	-	-	-	-
70°C	-	-	-	-	-	3,0	6,3	9,2	12,6	16,0	19,3
75°C	-	-	-	-	-	-	3,3	6,2	9,6	13,0	16,3

Für das erste Teilstück ist der Auftrieb $\Delta p_1 = 0,00 \text{ mbar}$.

Hier wird kein Auftrieb wirksam, da noch keine unterschiedlichen Temperaturen in Vor- und Rücklauf vorliegen und demnach auch noch kein Dichteunterschied besteht.

Für die Teilstücke 2 - 5 berechnet sich der Auftrieb nach Gl. (10) wie folgt:
(Die Dichteunterschiede sind Tabelle 9 entnommen)

$$\Delta p_2 = 2,4 \cdot 9,81 \cdot 2,75 / 100 = 0,65 \text{ mbar}$$

$$\Delta p_3 = 4,1 \cdot 9,81 \cdot 2,75 / 100 = 1,11 \text{ mbar}$$

$$\Delta p_4 = 6,2 \cdot 9,81 \cdot 2,75 / 100 = 1,67 \text{ mbar}$$

$$\Delta p_5 = 8,0 \cdot 9,81 \cdot 1,00 / 100 = 0,78 \text{ mbar}$$

Der Gesamtauftrieb berechnet sich aus der Summe aller Einzelwerte nach Gl.(11):

$$\Delta p_{\text{Auftrieb}} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5 + \dots \Delta p_n \quad \text{Gl. (11)}$$

$$\Delta p_{\text{Auftrieb}} = 0 + 0,65 + 1,11 + 1,67 + 0,78 = 4,21 \text{ mbar}$$

Wichtiger Hinweis!

Es ist zu beachten, daß dieser **Auftrieb nicht im Einrohrkreis alleine erzeugt wird, sondern im Zusammenspiel mit der Steigeleitung des Zweirohrstranges entsteht**. Demnach darf dieser Auftrieb in dem zugehörigen Steigestrang des Zweirohrkreises **nicht mehr berücksichtigt** werden.

Da dieses Verfahren sehr zeitintensiv ist, kann auch die Näherungsberechnung benutzt werden, die für die Praxis hinreichend genaue Werte liefert. Man geht dabei von einer gleichmäßigen Abkühlung im gesamten Einrohrkreis aus.

Der wirksame Gesamtauftrieb berechnet sich dann nach Gl. (12):

$$\Delta p_{\text{Auftrieb}} = (\rho_r - \rho_v) \cdot g \cdot H / 100 / 2 \quad \text{Gl. (12)}$$

In Gl.(12) werden die Dichten des Vor- und Rücklaufs des gesamten Einrohrkreises eingesetzt und wegen der angenommenen linearen Abkühlung zur Korrektur halbiert.

$$\Delta p_{\text{Auftrieb}} = 8,0 \cdot 9,81 \cdot 12 / 100 / 2 = 4,71 \text{ mbar}$$

Die Abweichung zwischen beiden Verfahren kann praktisch vernachlässigt werden.

Der Gesamtauftrieb muß vom Gesamtdruckverlust des Einrohrkreises bei **Kellerzentralen abgezogen** und bei **Dachzentralen** zum Gesamtdruckverlust **hinguzerechnet** werden.

Im Beispiel wird eine Kellerzentrale angenommen, so daß sich der Gesamtdruckverlust nach Gl.(13) berechnet:

$$\Delta p_{ges} = \Delta p_{Kreis} - \Delta p_{Auftrieb}$$

$$\Delta p_{ges} = 168,9 - 4,21 = 164,69 \text{ mbar} \quad \text{Gl. (13)}$$

Anmerkung: Der Druckverlust des Einrohrkreises ohne Auftrieb von 168,9 mbar wurde für das Beispiel nicht berechnet sondern der Computerberechnung aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes entnommen.

In den Bildern 11 und 12 ist die Berechnung des Kreises Nr. 3 aus Teil 2 dieses Fachaufsatzes einmal ohne und einmal mit Auftrieb mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software dargestellt.

Bild 11: Berechnung Einrohrkreis ohne Auftrieb

IBM Haustechnik HTT-H9-4		Einrohr-Heizung Kreis-Auslegung		MW Software 09.07.1993		
3		Xz=50% + Planflux		38.6		
44.6	158	0.68	10	22	2	
10	1 Wohnzimmer	924 20	924 50	26 1000 1	600 800 10	6
9	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	+50 1000 1	600 600 10	7
8	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	22 1000 1	600 700 10	6
7	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	37 1000 1	600 700 10	5
6	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	23 1000 1	600 800 10	6
5	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	41 1000 1	600 800 10	5
4	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	30 1000 1	600 900 10	5
3	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	+50 1000 1	600 900 10	7
2	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	+50 1000 1	600 1000 10	7
1	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	34 1000 1	600 800 11	5
0	1 Wohnzimmer	850 20	850 50	+50 1000 1	600 1000 11	7

Bild 12: Berechnung Einrohrkreis mit Auftrieb

IBM Haustechnik HTT-H9-4		Einrohr-Heizung Kreis-Auslegung		MW Software 09.07.1993		
3		Xz=50% + Planflux		38.6		
44.6	117	0.60	10	22	2	
10	1 Wohnzimmer	924 20	924 50	26 1000 1	600 800 10	6
9	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	+50 1000 1	600 600 10	7
8	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	22 1000 1	600 700 10	6
7	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	37 1000 1	600 700 10	5
6	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	23 1000 1	600 800 10	6
5	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	41 1000 1	600 800 10	5
4	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	30 1000 1	600 900 10	5
3	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	27 1000 1	600 1000 10	5
2	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	+50 1000 1	600 1000 10	7
1	1 Wohnzimmer	700 20	700 50	34 1000 1	600 800 11	5
0	1 Wohnzimmer	850 20	850 50	45 1000 1	600 700 21	6

In dem Beispiel wurde mit einer gesamten wirksamen Höhe von 27,50 m gerechnet. Der Auftrieb wirkt sich hier mit 39,10 mbar = ca. 25 % des Gesamtdruckverlustes aus!

Es ist jedoch vom Projektanten zu prüfen, ob dieser Druckgewinn als stille Reserve ganz oder nur zum Teil für eine nicht planmäßige Installation bzw. für Alterserscheinungen der Anlage genutzt werden soll.

Die Problematik des Teillastverhaltens der Anlage mit entweder geringerer Vorlauf-temperatur oder, bedingt durch die nicht abgenommene Wärme, höherer Rücklauf-temperatur wird hier nicht betrachtet. In den genannten Fällen wird sich der Auftrieb nicht in voller Höhe einstellen.

2. Abschnitt: Berechnung und Berücksichtigung der Wärmeabgabe von unisolierten Rohrleitungen

Bei der Planung und Dimensionierung von Einrohranlagen in der ehemaligen DDR wurden auch die durch einen Raum geführten Rohrleitungen als Wärmequelle berücksichtigt. Diese Wärme wurde zum einen von der erforderlichen Wärmeleistung gem. Wärmebedarfsberechnung abgezogen, zum anderen war damit eine Rohrabkühlung verbunden, die zu anderen Vor- und Rücklauftemperaturen an den Heizkörpern führte.

Dieser Teil behandelt die Berechnung der Wärmeabgabe und deren Einfluß auf die Heizkörperdimensionierung. Für **horizontale** und **vertikale** Rohrführungen sind unterschiedliche Wärmeabgaben zu berücksichtigen.

Der Wärmeverlust von einschichtigen Stahlrohren wird nach der allgemein gültigen **Gl.(14)** ermittelt.

$$\dot{Q} = \frac{L \cdot \pi \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)}{\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{Stahl}} \cdot \ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right)} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}} \quad \text{Gl. (14)}$$

(Siehe auch Fachliteratur wie VDI Wärmeatlas oder Recknagel/Sprenger/Hönmann)

- \dot{Q} = Wärmeverlust von einschichtigen Stahlrohren in W/m
- L = Länge des Rohres in m
- π = 3.14.....
- ϑ_i = Mediumtemperatur in °C
- ϑ_a = Raum-/Umgebungslufttemperatur in °C
- α_i = innerer Wärmeübergangskoeffizient in W/m²K
- α_a = äußerer Wärmeübergangskoeffizient in W/m²K
- d_i = Innendurchmesser in m
- d_a = Außendurchmesser in m
- λ_{Stahl} = Lambda-Wert für Stahl in W/mK = 40 W/mK

α_i wird nach Stender und Merkel **Gl. (15)** berechnet (siehe Recknagel/Sprenger/Hönmann Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 92/93).

$$\alpha_i = 2040 \cdot (1 + 0,015 \cdot \vartheta_i) \cdot \frac{w^{0,87}}{d^{0,13}} \quad \text{Gl. (15)}$$

w = Mediumgeschwindigkeit in m/s

Die Mediumgeschwindigkeit im Rohr berechnet sich nach Gl. (16).

$$w = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A_i} \quad \text{Gl. (16)}$$

A_i = Querschnittsfläche des Innenrohres in m^2

\dot{m} = Massenstrom in kg/s

ρ = Dichte des Mediums in kg/m^3

Der Innenquerschnitt des Rohres berechnet sich nach Gl. (17).

$$A_i = \frac{d_i^2 \cdot \pi}{4} \quad \text{Gl. (17)}$$

d_i = Innendurchmesser in m

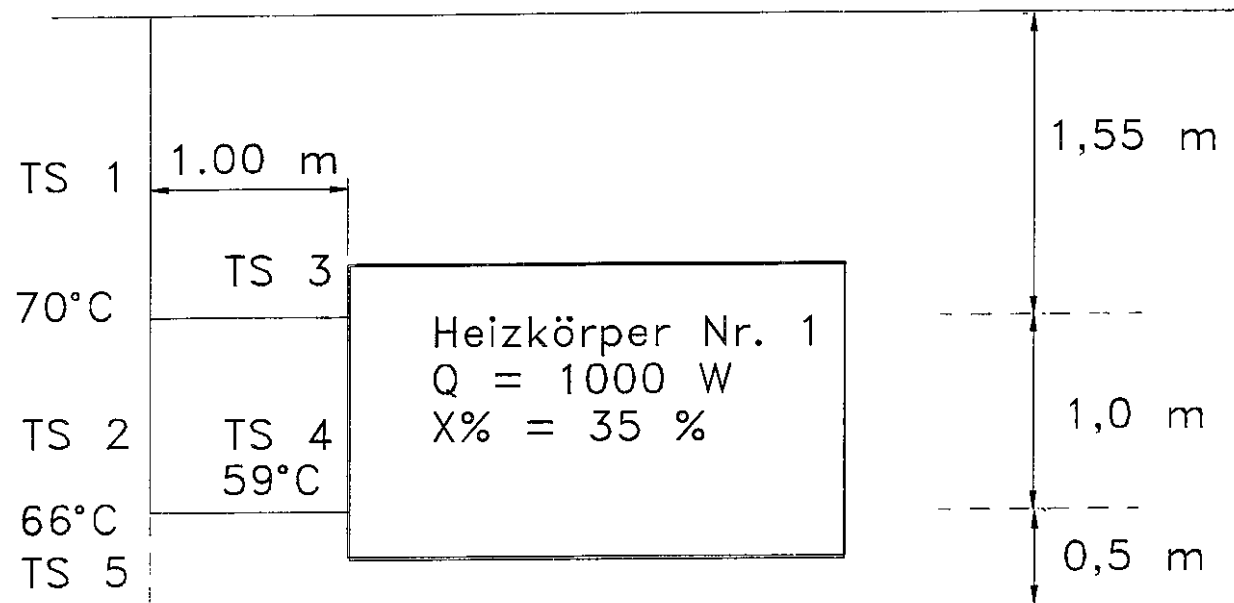
π = 3,14.....

α_a horizontal und vertikal werden in Anlehnung an praktische Werte nach Recknagel/Sprenger/ Hönmann "Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 92/93" und Rietschel/Raiß "Heiz- und Klimatechnik, 15. Auflage" ermittelt.

Tabelle 10: Praktische Werte für α_a -horizontal und α_a -vertikal in W/m^2K

	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
d_a in mm	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	57,0	76,1	88,9	108,0
s in mm	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	2,90	2,90	3,60	3,60
α_a -horizontal	14,3	13,8	13,4	13,0	12,7	12,5	12,3	12,0	11,9	11,7
α_a -vertikal	14,5	14,1	13,7	13,4	13,2	13,1	13,0	12,9	12,9	12,8

Bild 13: Beispielskizze; das vollständige Beispiel ist in Bild 10 gezeigt



Gem. der Beispielberechnung wird ein Stahlrohr DN 10 (17,2 mm x 2,35 mm) verwendet. Der Innenquerschnitt ergibt sich nach Gl.(17).

$$A_i = \frac{0,0125^2 \cdot \pi}{4} = 0,000123 \text{ m}^2 \quad \text{Gl. (17)}$$

Die Geschwindigkeit in den Rohrstrecken, in denen der gesamte Ringmassenstrom fließt, errechnet sich nach Gl.(16).

$$w_{ges} = \frac{229}{3600 \cdot 977 \cdot 0,000123} = 0,53 \text{ m/s}$$

$$\rho_{70^\circ\text{C}} = 977 \text{ kg/m}^3 \text{ (aus VDI Wärmeatlas 5. Auflage 1988)}$$

Hinweis: Der Ringmassenstrom wird im Teil 1 dieses Fachaufsatzes nach Gl.(1) mit 229 kg/h berechnet.

Die Geschwindigkeit in den Rohrstrecken, in denen nur der Heizkörpermassenstrom fließt, errechnet sich ebenfalls nach Gl.(16).

$$w_{HK} = \frac{229 \cdot \frac{35\%}{100\%}}{3600 \cdot 977 \cdot 0,000123} = 0,18 \text{ m/s}$$

Die Geschwindigkeit in der Bypassstrecke ergibt sich dann:

$$w_{Bypass} = \frac{229 \cdot \frac{65\%}{100\%}}{3600 \cdot 977 \cdot 0,000123} = 0,34 \text{ m/s}$$

Hinweis: Bei der Berechnung der Geschwindigkeit wurde der Einfachheit halber die Dichte des Wassers bei $\vartheta = 70^\circ\text{C}$ eingesetzt. Der daraus resultierende Fehler kann jedoch vernachlässigt werden.

Im folgenden werden die inneren Wärmeübergangswiderstände für das Teilstück 1 ($\vartheta = 70^\circ\text{C}$; $w = 0,53 \text{ m/s}$), das Teilstück 2 ($\vartheta = 70^\circ\text{C}$; $w = 0,18 \text{ m/s}$), das Teilstück 3 ($\vartheta = 70^\circ\text{C}$; $w = 0,34 \text{ m/s}$), das Teilstück 4 ($\vartheta = 59^\circ\text{C}$; $w = 0,18 \text{ m/s}$) und das Teilstück 5 ($\vartheta = 66^\circ\text{C}$; $w = 0,53 \text{ m/s}$) nach Gl. (15) ermittelt.

$$\alpha_{i1} = 2040 \cdot (1 + 0,015 \cdot 70) \cdot \frac{0,53^{0,87}}{0,0125^{0,13}} = 4255 \text{ W/m}^2$$

$$\alpha_{i2} = 2040 \cdot (1 + 0,015 \cdot 70) \cdot \frac{0,34^{0,87}}{0,0125^{0,13}} = 2892 \text{ W/m}^2$$

$$\alpha_{i3} = 2040 \cdot (1 + 0,015 \cdot 70) \cdot \frac{0,18^{0,87}}{0,0125^{0,13}} = 1663 \text{ W/m}^2$$

$$\alpha_{i4} = 2040 \cdot (1 + 0,015 \cdot 59) \cdot \frac{0,18^{0,87}}{0,0125^{0,13}} = 1529 \text{ W/m}^2$$

$$\alpha_{i5} = 2040 \cdot (1 + 0,015 \cdot 66) \cdot \frac{0,53^{0,87}}{0,0125^{0,13}} = 4130 \text{ W/m}^2$$

Demnach ergeben sich die Wärmeverluste der Teilstücke 1 bis 5 nach Gl.(14). Die Werte für α_a -horizontal bzw. α_a -vertikal wurden Tabelle 10 entnommen.

$$\dot{Q}_1 = \frac{1,55 \cdot \pi \cdot (70 - 20)}{\frac{1}{4255 \cdot 0,0125} + \frac{1}{2 \cdot 40} \cdot \ln\left(\frac{0,0172}{0,0125}\right) + \frac{1}{14,5 \cdot 0,0172}} = 60,4W$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{1,00 \cdot \pi \cdot (70 - 20)}{\frac{1}{2892 \cdot 0,0125} + \frac{1}{2 \cdot 40} \cdot \ln\left(\frac{0,0172}{0,0125}\right) + \frac{1}{14,5 \cdot 0,0172}} = 38,9W$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{1,00 \cdot \pi \cdot (70 - 20)}{\frac{1}{1663 \cdot 0,0125} + \frac{1}{2 \cdot 40} \cdot \ln\left(\frac{0,0172}{0,0125}\right) + \frac{1}{14,3 \cdot 0,0172}} = 38,1W$$

$$\dot{Q}_4 = \frac{1,00 \cdot \pi \cdot (59 - 20)}{\frac{1}{1529 \cdot 0,0125} + \frac{1}{2 \cdot 40} \cdot \ln\left(\frac{0,0172}{0,0125}\right) + \frac{1}{14,3 \cdot 0,0172}} = 29,7W$$

$$\dot{Q}_5 = \frac{0,50 \cdot \pi \cdot (66 - 20)}{\frac{1}{4130 \cdot 0,0125} + \frac{1}{2 \cdot 40} \cdot \ln\left(\frac{0,0172}{0,0125}\right) + \frac{1}{14,5 \cdot 0,0172}} = 17,9W$$

Der Gesamtwärmeverlust der Rohre innerhalb des Beispielraumes ergibt sich nach Gl. (18).

$$\dot{Q}_{Rohr} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4 + \dot{Q}_5 \quad \text{Gl. (18)}$$

$$\dot{Q}_{Rohr} = 60,4 + 38,9 + 38,1 + 29,7 + 17,9 = 185W$$

Dieser Wärmeverlust der Rohre kommt den installierten Heizflächen zugute, so daß diese kleiner dimensioniert werden können.

Ebenso reduziert sich jedoch auch die Vorlauftemperatur des Heizkörpers. Die Rücklauftemperatur bzw. die Mischtemperatur muß höher sein, damit die gesamte vorgegebene Temperaturspreizung nicht überschritten und damit das Gleichgewicht des Einrohrkreises aufgehoben wird.

Dieser Einfluß bleibt bei der Beispielberechnung unberücksichtigt. Das Einrohrheizung-Berechnungsprogramm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software berücksichtigt diesen Einfluß bei der Dimensionierung bzw. beim Nachrechnen von Heizflächen.

Die Heizkörperleistung mindert sich gem. Gl. (19).

$$\dot{Q}_{HK - Korr} = \dot{Q}_N - \dot{Q}_{Rohr} = 1000 - 185 = 815W \quad \text{Gl. (19)}$$

Tabelle 3 aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes muß demnach zu Tabelle 11 ergänzt werden.

Tabelle 11: Ergebnisse Beispielberechnung

Nr.	\dot{Q}_N	X% _{HK}	\dot{m}_{HK}	ϑ_v	ϑ_r	ϑ_m	ϑ_i	f	x	$\dot{Q}_{N, HK}$	$\dot{Q}_{N, Korr}$	$\Delta \dot{Q}$
1	1000 W	35%	80 kg/h	70 °C	59 °C	66 °C	20 °C	0,682	0,15	1686 W	1374 W	-18 %
2	800 W	35%	80 kg/h	66 °C	57 °C	63 °C	20 °C	0,624	0,15	1475 W	1165 W	-21 %
3	1200 W	35%	80 kg/h	63 °C	50 °C	59 °C	20 °C	0,523	0,15	2639 W	2300 W	-13 %
4	1000 W	35%	80 kg/h	59 °C	48 °C	55 °C	20 °C	0,469	0,15	2425 W	2119 W	-14 %

In Raum 1 reduziert sich die Norm-Heizkörperleistung von **1686 W um 312 W (-18%) auf 1374W!** Die restlichen Heizkörper können ebenfalls kleiner dimensioniert werden.

Sind die Heizkörper jedoch mit festen Abmessungen und Wärmeleistungen installiert, kann die Reduzierung der Wärmeleistung nur über einen **kleineren Heizkörper-Durchflußanteil X%** erfolgen. Dieser Wert kann, wie in Teil 1 bereits ausführlich dargelegt, nur iterativ berechnet werden.

In Tabelle 12 sind noch einmal die Ergebnisse des Beispiels mit der Auswahl von **BUDERUS Flachheizkörpern Planflux** ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste dargestellt. Ein Vergleich mit dem Beispielausdruck zeigt, daß alle Heizkörper bei Berücksichtigung der Wärmeverluste kleiner dimensioniert sind.

Tabelle 12: Ergebnisse Beispielberechnung Heizkörperauswahl mit Buderus Flachheizkörpern Planflux

10	\dot{Q}_N	X%-HK	\dot{Q}_N -HK	BH	max. BL	tat. BL	Typ	Q-HK
1	1000 W	35%	1686 W	500 mm	2000 mm	1800 mm	11	1784 W
2	800 W	35%	1475 W	500 mm	2000 mm	1800 mm	11	1487 W
3	1200 W	35%	2639 W	500 mm	2000 mm	1800 mm	21	2698 W
4	1000 W	35%	2425 W	500 mm	2000 mm	1800 mm	21	2698 W

**Bild 14: Beispielberechnung mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II
Version 2.00" von MW Software.**

M W S O F T W A R E
Markert Welfens & Partner GmbH
D-50378 Köln Ubierring 11

Hotline-Service: 0221/325607
Telefon: 0221/311081 Telefax: 0221/323450

M W S O F T W A R E
IBM-Mittelstands-Center
Autorisierter IBM PS/2 Händler

E I N R O H R - B E R E C H N U N G

Projekt-Nr. : h9aufs EDV-Nr. : Projekt-Datum : 22.07.1993

Projekt-Bezeichnung : Beispielberechnung "Auftrieb"

Projekt- Straße : Tel. :
Adresse PLZ Ort :

Bauherr Name : Dipl.-Ing. Mattioli, Buderus Tel. :
Straße : Dipl.-Ing. Scheithauer, Danfoss
PLZ Ort : Dipl.-Ing. Haag, MW Software

Planer Name : MW Software Tel. : 0221/311081
Straße : Ubierring 11
PLZ Ort : 50678 Köln

Bearbeitungsdatum : 22.07.1993
Sachbearbeiter :

Änderungsdatum :
Bemerkung :

MW Software Köln

IBM Haustechnik S 2.01
P 2.00

Projekt-Nr : h9aufs
Bearbeiter :

Beispielberechnung "Auftrieb"

Seite: 2
Datum: 22.07.1993

ALLGEMEINE DATEN

Vorlauftemperatur tV : 70.0 °C
Rücklauftemperatur tR : 55.0 °C (Vorschlagswert für die Kreisauslegung)
Maximale Rücklauftemperatur : 55.0 °C (Grenzwert für die Kreisauslegung)
Temperaturpreisung dt : 15.0 K (Vorschlagswert für die Kreisauslegung)
Minimale Temperaturpreisung: 15.0 K (Grenzwert für die Kreisauslegung)

Durchflussmedium : Wasser
Keller-Zentrale

Zuschlag x nach DIN 4701 T3 : 0.15

Regel-Minderleistung : 0 %
Regel-Einbaumindermaß : 0 mm

Rohr-Material : 1 Gw/St DIN 2440/2448
Wärmedämm-Material : 1 Dämmung 0,035

Zeta-Wert für Bögen : 0.5
Zeta-Wert für Winkel : 0.7
Zeta-Wert für Heizkörper : 2.5

MW Software Köln

IBM Haustechnik S 2.01
P 2.00

Projekt-Nr : h9aufs
Bearbeiter :

Beispielberechnung "Auftrieb"

Seite: 3
Datum: 22.07.1993

Kreis-Nr.: 1a

Kreis-Bezeichnung: Bsp. mit Wärmever.

Auslegungs-Temperaturen	tV = 70.00 °C	Rohrlänge	= 25.0 m
	tR = 55.00 °C	Nennweite DN	= 10
Auslegungs-Temperaturdifferenz	dt = 15.00 K	Anzahl Bögen	= 8 Stück
Max. Strömungsgeschwindigkeit	w = 0.60 m/s	Anzahl Winkel	= 12 Stück
Wirksame Höhe (Auftrieb)	H = 0.00 m		

G. Raum	QN	ti	ML	Auftl	ML	EBM	X/%	Heizkörper	M	BL	Gl	BE	BT/Modell	Ventil	dp-V	E
Nr Nr. Bezeichnung	W °C	mm	QEK	W	%	mm	Vo	Ein Fab Typ	-	mm	As	mm	mm	Fab Typ	mbar	
0 1 Wohnzimmer	1000	20	2000	1000	0	0	35	36 Bud Planflux	1	2000	0	500	10	Dan RA-D 10	10	B1.5
0 2 Wohnzimmer	800	20	2000	800	0	0	35	23 Bud Planflux	1	1800	0	500	10	Dan RA-D 10	12	5.0
0 3 Wohnzimmer	1200	20	2000	1200	0	0	35	37 Bud Planflux	1	1500	0	500	21	Dan RA-D 10	10	B2.0
0 4 Wohnzimmer	1000	20	2000	1000	0	0	35	37 Bud Planflux	1	1400	0	500	21	Dan RA-D 10	10	B2.0
Summen:	4000		4000													

Wärmeabgabe durch unisolierte Rohrleitungen:

G. Raum	HK-Vorlauf	HK-Rücklauf	Strang-Vorlauf	Strang-Rücklauf	Gesamtleistung	Auftl	Rohre	RestHK
Nr Nr. Bezeichnung	Länge Lage	Länge Lage	Länge Lage	Länge Lage	Leist.	W	W	W
	m	m	mm	mm	W			
0 1 Wohnzimmer	3.5 ver	1.5 ver			183	1000	183	817
0 2 Wohnzimmer	3.5 ver	1.5 ver			168	800	168	632
0 3 Wohnzimmer	3.5 ver	1.5 ver			154	1200	154	1046
0 4 Wohnzimmer	3.5 ver	1.5 ver			136	1000	136	864

Rücklauftemperatur	tr = 55.00 °C	Summe Heizkörper	= 4 Stück
Temperaturdifferenz	dt = 15.00 K	Summe delta-p-Ventil	= 42.3 mbar
Massenstrom	m = 229.40 kg/h	Summe delta-p-Rohr	= 123.9 mbar
Volumenstrom	V = 233.80 l/h	Gesamtdruckverlust des Kreises	= 166.2 mbar
Geschwindigkeit	w = 0.53 m/s		

Die Auswirkung auf Kreis Nr. 3 aus Teil 2 (Bild 7) dieses Fachaufsatzes ist in Bild 15 dargestellt.

Bild 15: Beispielberechnung von Kreis Nr. 3 mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software.

MW SOFTWARE
 Markert Welfens & Partner GmbH
 D-50378 Köln Ubierring 11

Hotline-Service: 0221/325607
 Telefon: 0221/311081

MW SOFTWARE
 IBM-Mittelstands-Center
 Autorisierter IBM PS/2 Händler

Telefax: 0221/323450

E I N R O H R - B E R E C H N U N G

Projekt-Nr. : h9aufs EDV-Nr. : Projekt-Datum : 09.07.1993

Projekt-Bezeichnung : Beispielberechnung

Projekt- Straße : Tel. :
 Adresse PLZ Ort :

Bauherr Name : Dipl.-Ing. Mattioli, Buderus Tel. :
 Straße : Dipl.-Ing. Scheithauer, Danfoss
 PLZ Ort : Dipl.-Ing. Haag, MW Software

Planer Name : MW Software Tel. : 0221/311081
 Straße : Ubierring 11
 PLZ Ort : 50678 Köln

Bearbeitungsdatum : 09.07.1993
 Sachbearbeiter :

Änderungsdatum :
 Bemerkung :

MW Software Köln

IBM Haustechnik S 2.01
 P 2.00

Projekt-Nr : h9aufs Beispielberechnung
 Bearbeiter :

Seite: 2
 Datum: 09.07.1993

ALLGEMEINE DATEN

Vorlauftemperatur tv : 110.0 °C
 Rücklauftemperatur tr : 68.0 °C (Vorschlagswert für die Kreisauslegung)
 Maximale Rücklauftemperatur : 80.0 °C (Grenzwert für die Kreisauslegung)
 Temperaturspreizung dt : 42.0 K (Vorschlagswert für die Kreisauslegung)
 Minimale Temperaturspreizung: 30.0 K (Grenzwert für die Kreisauslegung)

Durchflussmedium : Wasser
 Keller-Zentrale

Zuschlag x nach DIN 4701 T3 : 0.00

Regel-Minderleistung : 0 %
 Regel-Einbaumindermass : 0 mm

Rohr-Material : 1 Gw/St DIN 2440/2448
 Wärmedämm-Material : 1 Dämmung 0,035

Zeta-Wert für Bögen : 0.5
 Zeta-Wert für Winkel : 0.7
 Zeta-Wert für Heizkörper : 2.5

MW Software Köln

IBM Haustechnik S 2.01
P 2.00

Projekt-Nr : h9aufs
Bearbeiter :

Beispielberechnung

Seite: 3
Datum: 09.07.1993

Kreis-Nr.: 3a Kreis-Bezeichnung: X%-50% + Planflux

Auslegungs-Temperaturen	tV = 110.00 °C	Rohrlänge	= 38.6 m
	tR = 68.00 °C	Nennweite DN	= 10
Auslegungs-Temperaturdifferenz	dt = 42.00 K	Anzahl Bögen	= 22 Stück
Max. Strömungsgeschwindigkeit	w = 0.60 m/s	Anzahl Winkel	= 2 Stück
Wirksame Höhe (Auftrieb)	H = 0.00 m		

G. Raum	QN	ti	NL	Auftl	ML	EBM	X/%	Heizkörper	M	BL	Gl	BH	BT/Modell	Ventil	dp-V	Z			
Nr Nr. Bezeichnung	W °C	mm	QEK	W	%	mm	Vo	Ein	Fab	Typ	-	mm	Az	mm	mm	Fab	Typ	mbar	
10	1	Wohnzimmer	924	20	1000	924	0	0	50	13	Bud	Planflux	1	400	0	600	10	8	3.0
9	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	5	Bud	Planflux	1	400	0	600	10	8	1.0
8	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	6	Bud	Planflux	1	400	0	600	10	8	1.5
7	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	8	Bud	Planflux	1	400	0	600	10	8	2.0
6	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	10	Bud	Planflux	1	400	0	600	10	8	2.5
5	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	15	Bud	Planflux	1	400	0	600	10	8	3.5
4	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	34	Bud	Planflux	1	400	0	600	10	5	N
3	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	22	Bud	Planflux	1	500	0	600	10	7	4.5
2	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	+50	Bud	Planflux	1	500	0	600	10	7	B6.0
1	1	Wohnzimmer	708	20	1000	708	0	0	50	48	Bud	Planflux	1	600	0	600	10	7	B5.5
0	1	Wohnzimmer	850	20	1000	850	0	0	50	35	Bud	Planflux	1	1000	0	600	10	5	N
Summen:			8146			8146													

Wärmeabgabe durch unisolierte Rohrleitungen:

G. Raum	HK-Vorlauf	HK-Rücklauf	Strang-Vorlauf	Strang-Rücklauf	Gesamtleistung						
Nr Nr. Bezeichnung	Länge Lage	Länge Lage	Länge Lage	Länge Lage	Leist.	Auftl	Rohre	RestHK			
	m	m	m	m	W	W	W	W			
10	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	531		924	531	393
9	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	502		708	502	206
8	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	477		708	477	231
7	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	452		708	452	256
6	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	427		708	427	281
5	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	402		708	402	306
4	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	378		708	378	330
3	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	353		708	353	355
2	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	329		708	329	379
1	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	305		708	305	403
0	1	Wohnzimmer	2.5	ver	5.0	ver	278		850	278	572

Rücklauf-Temperatur	tr = 68.00 °C	Summe Heizkörper	= 11	Stck
Temperaturdifferenz	dt = 42.00 K	Summe delta-p-Ventil	= 80.0	mbar
Massenstrom	m = 166.10 kg/h	Summe delta-p-Rohr	= 105.6	mbar
Volumenstrom	V = 172.00 l/h	Gesamtdruckverlust des Kreises	= 185.6	mbar
Geschwindigkeit	w = 0.39 m/s			

In dem Ausdruck des Beispiels ist noch zu erkennen, daß durchlaufende Strangleitungen ebenfalls in der Berechnung berücksichtigt werden können. Dies wurde in der Beispielberechnung jedoch nicht getan.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, daß die genaue Berechnung eines Einrohrkreises mit Hand *sehr mühsam* und *zeitaufwendig* ist. Hinzu kommt noch eine Korrekturberechnung falls die Ausgangsdaten geändert wurden.

Schlußbetrachtung

Die Anwendungsmöglichkeiten der Einrohrheizung sind vielfältig und reichen vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus. Durch die einfache und materialsparende Rohrführung eignet sie sich vor allem für Etagenheizungen, z.B. in Büro- und Verwaltungsgebäuden, und die wohnungsweise Verlegung in großen Wohnhäusern.

Mit Hilfe leistungsfähiger Software ist die Dimensionierung von Einrohranlagen relativ leicht durchzuführen. Neben der Auslegung der Rohrnetze, der Thermostatventile, der Heizkörper usw. können verschiedene Optionen, wie:

- *Nachrechnung bestehender Einrohranlagen*
- *Ermitteln von Überleistungen installierter Heizkörper*
- *Optimierung der Rücklaufstemperatur zur Leistungsanpassung*
- *Optimieren der Heizflächen durch Variation der Heizkörper-Durchflußanteile*
- *Berücksichtigung der Wärmeabgabe unisolierter Rohrleitungen*
- *Berücksichtigung des Auftriebes*

in kürzester Zeit variabel gerechnet und optimiert werden.

Ein bestellgerechter Massenauszug mit Artikelnummer und die Übergabe an kaufmännische Programme (Angebotsaufstellung mit Übernahme der Angebotstexte und Preise aus DATANORM, Aufstellung eines Leistungsverzeichnisses mit StLB) erhöhen den Nutzen und die Zeitersparnis für den Projektanten.

Bilder:

MW Software Markert Welfens & Partner GmbH, Köln

Programm:

IBM Haustechnik Teil II; IBM Deutschland GmbH, Stuttgart

Literaturverzeichnis:

- Buderus Handbuch für Heizungs- und Klimatechnik 32. Auflage 1975
- Recknagel/Sprenger/Hönmann Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 92/93
- Rietschel/Raiß "Heiz- und Klimatechnik, 15. Auflage"
- DIN 4701 Teil 3 August 1989
- Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnV) 1991
- VOB DIN 18380 1990
- Technische Unterlagen 1993 Fa. Danfoss Wärme- und Kältetechnik GmbH, Heusenstamm
- Technische Unterlagen 1993 Fa. Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar