

In diesem Teil des Fachaufsatzes werden die unterschiedlichen Optimierungsmöglichkeiten an einem vorhandenen Einrohrkreis dargestellt.

- Einstellen des Heizkörperdurchflußanteils und dessen Grenzen an einem praktischen Beispiel
- Leistungserhöhung durch anheben der Rücklauftemperatur
- Abbauen von Überleistung durch senken der Rücklauftemperatur nach der Umrüstung auf neue Heizkörper

Als typisches Beispiel wird eine vertikale Einrohrheizung aus den neuen Bundesländern gewählt, die im ersten Schritt auf neue Ventile (im Beispiel **Danfoss RA-D**) und im 2. Schritt auf neue Heizkörper (im Beispiel **Buderus Planflux**) umgerüstet werden soll.

Die Rohrauskühlung und der Auftrieb werden im Teil 3 dieses Fachaufsatzes dargestellt und bleiben an dieser Stelle unberücksichtigt.

Tabelle 6: Beispiel einer vorhandenen Einrohranlage

Vorlauftemperatur	ϑ_v :	110.0 °C
Rücklauftemperatur	ϑ_r :	68.0 °C
Temperaturspreizung	$\Delta\vartheta$:	42.0 °K
Heizkörperdurchflußanteil	X%:	100%

Geschoß-Nr.	Raum-Nr.	Bezeichnung	\dot{Q}_N	ϑ_i	Heizkörper	Baulänge	Bauhöhe	Typ
10	1	Wohnzimmer	924 W	20 °C	Gera + Neukirchen	667 mm	590 mm	Einreihig
9	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	533 mm	590 mm	Einreihig
8	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	600 mm	590 mm	Einreihig
7	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	600 mm	590 mm	Einreihig
6	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	667 mm	590 mm	Einreihig
5	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	733 mm	590 mm	Einreihig
4	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	800 mm	590 mm	Einreihig
3	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	900 mm	590 mm	Einreihig
2	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	867 mm	590 mm	Einreihig
1	1	Wohnzimmer	708 W	20 °C	Gera + Neukirchen	600 mm	590 mm	Zweireihig
0	1	Wohnzimmer	850 W	20 °C	Gera + Neukirchen	800 mm	590 mm	Zweireihig

Es wird nun untersucht, welche Leistung diese Heizkörper bei einer Reduzierung des Heizkörperdurchflußanteils von 100 % auf 50 % aufweisen, da aus konstruktiven Gründen 3-Wege-Thermostatventile nicht mit einem 100 %igem Durchflußanteil dimensioniert werden können. Das **3-Wege-Ventil RA-D von Danfoss** läßt z.B. einen max. Heizkörperdurchflußanteil von 50 % zu.

Die Gesamtleistung des Stranges beträgt: $\dot{Q}_N = 8146 \text{ W}$

Der Massenstrom des Heizkreises (Ringmassenstrom) ergibt sich demnach nach **Gl. (1)** aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes:

$$\dot{m}_{ges} = \frac{\dot{Q}_N}{c \cdot \Delta\vartheta} = \frac{8146}{1,163 \cdot 42} = 167 \text{ kg / h} \quad \text{Gl. (1)}$$

Daraus ergibt sich der Heizkörper-Massenstrom nach **Gl.(2)** aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes:

$$\dot{m}_{HK} = \frac{X\%}{100\%} \cdot \dot{m}_{ges} = \frac{50}{100} \cdot 167 = 83,5 \text{ kg / h} \quad \text{Gl. (2)}$$

Die Vorlauftemperatur des 1. Heizkörpers ist mit 110 °C bekannt. Die Rücklauftemperatur ist noch unbekannt, muß jedoch für die Berechnung der Norm-Heizleistung des Heizkörpers vorhanden sein.

Die Temperaturspreizung im Heizkörper wird berechnet nach **Gl.(3)** aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes:

$$\Delta\vartheta = \frac{\dot{Q}_N}{c \cdot \dot{m}_{HK}} = \frac{924}{1,163 \cdot 83,5} = 9,5 \text{ K} \quad \text{Gl. (3)}$$

Die Rücklauftemperatur ergibt sich danach nach **Gl.(4)** aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes:

$$\vartheta_r = \vartheta_v - \Delta\vartheta = 110 - 9,5 = 100,5^\circ \text{ C} \quad \text{Gl. (4)}$$

Für den 1. Heizkörper ergibt sich damit ein Umrechnungsfaktor f nach **Gl.(9)** aus Teil 1 dieses Fachaufsatzes:

$$f = \left(\frac{\vartheta_v - \vartheta_r}{\ln\left(\frac{\vartheta_v - \vartheta_i}{\vartheta_r - \vartheta_i}\right)} \right)^n = \left(\frac{110 - 100,5}{\ln\left(\frac{110 - 20}{100,5 - 20}\right)} \right)^{1,3} = 1,596 \quad \text{Gl. (9)}$$

Daraus ermittelt sich die Norm-Heizkörperleistung des 1. Heizkörpers nach Gl.(6).

$$\dot{Q}_{N-HK} = \frac{\dot{Q}_N \cdot (1+x)}{f} = \frac{924 \cdot (1+0,00)}{1,596} = 579W \quad \text{Gl.(6)}$$

Hinweis: Da es sich um bekannte Heizkörper handelt, wird der Zuschlagsfaktor x mit 0,00 eingesetzt.

Mittels der berechneten Norm-Heizkörperleistung kann nun die Kontrolle der Heizkörper-Dimensionierung erfolgen.

Für das Beispiel wurde der Plattenheizkörper aus der Fertigung Gera+Neukirchen gewählt. Die Bauhöhe beträgt 590 mm, die Baulänge 667 mm. Es ist ein einlagiger Heizkörper eingebaut. Die Leistungsangaben sind auszugsweise in Tabelle 7 dargestellt:

Tabelle 7: Norm-Heizleistung der Platten-HK Gera+Neunkirchen BH 590 mm in W

Typ/BL	533 mm	567 mm	600 mm	633 mm	667 mm	700 mm	733 mm	767 mm	800 mm
Einreihig	444	472	500	527	555	582	610	638	666
Zweireihig	683	727	769	812	855	897	940	983	1026

Der Heizkörper *Bauhöhe 590 mm, einreihig* mit einer *Baulänge von 667 mm* besitzt eine Norm-Heizleistung von 555 W. Gegenüber der geforderten Leistung von 579 W bei dem Heizkörperdurchflußanteil von 50 % bedeutet dies eine Unterleistung von ca. 4% unter der Voraussetzung, daß bei 100 % der Wärmebedarf genau gedeckt wurde.

Im Bild 5 ist die Auslegung des gezeigten Einrohrkreises nach der Reduzierung auf 50 % Heizkörperdurchflußanteil mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software dargestellt.

Bild 5: Einrohrkreis mit 50 % Heizkörperdurchflußanteil

IBM Haustechnik ITT-H9-4		Einrohr-Heizung Kreis-Auslegung						MW Software 09.07.1993		
1		Reduzierung Xz=50%						38.6		
42.8	185	0.60						10	22	
10	1 Wohnzimmer	924 20	924 50	50	2000	4	590	667	-4% QN 579W	7
9	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	50	2000	4	590	533	-5% QN 469W	7
8	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	48	2000	4	590	600	Einreihig	7
7	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	50	2000	4	590	600	-6% QN 530W	7
6	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	50	2000	4	590	667	Einreihig	7
5	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	50	2000	4	590	733	Einreihig	7
4	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	43	2000	4	590	800	Einreihig	6
3	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	50	2000	4	590	800	-6% QN 705W	7
2	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	50	2000	4	590	867	-7% QN 765W	7
1	1 Wohnzimmer	708 20	708 50	50	2000	4	590	600	-7% QN 836W	7
0	1 Wohnzimmer	850 20	850 50	50	2000	4	590	800	-8% QN 1127W	7

Erläuterung: Es ist zu sehen, daß die Heizkörper bis zu 8% Unterleistung aufweisen. Eine Leistungsanhebung zur Kompensierung der Unterleistung kann nur noch durch Erhöhung der Vorlauf- bzw. Rücklauf-temperatur realisiert werden. Im Beispiel soll eine Erhöhung der Vorlauf-temperatur nicht erfolgen, so daß die Rücklauf-temperatur angehoben werden muß.

Im Bild 6 ist die Auslegung des gezeigten Einrohrkreises nach der Reduzierung auf 50 % Heizkörperdurchflußanteil mit einer *optimierten Rücklauf-temperatur* mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software dargestellt.

Bild 6: Einrohrkreis mit optimierter Rücklauf-temperatur

IBM Haustechnik HTT-H9-4		Einrohr-Heizung Kreis-Auslegung						MW Software 09.07.1993				
2		Red. Xz=50%+opt. tR						38.6				
36.5		227		0.60		10		22				
10	1 Wohnzimmer	924	20	924	50	+50	2000	4	590	667	Einreihig	10
9	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	+50	2000	4	590	533	Einreihig	10
8	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	32	2000	4	590	600	Einreihig	7
7	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	+50	2000	4	590	600	Einreihig	10
6	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	35	2000	4	590	667	Einreihig	7
5	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	26	2000	4	590	733	Einreihig	8
4	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	22	2000	4	590	800	Einreihig	9
3	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	39	2000	4	590	800	Einreihig	8
2	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	35	2000	4	590	867	Einreihig	7
1	1 Wohnzimmer	700	20	700	50	34	2000	4	590	600	Zweireihig	7
0	1 Wohnzimmer	850	20	850	50	32	2000	4	590	800	Zweireihig	7

Die Berechnung einer optimalen (im Beispiel angehobenen) Rücklauf-temperatur für einen Einrohrkreis kann nur iterativ erfolgen. Das Beispiel zeigt, daß eine Erhöhung der Rücklauf-temperatur von 68 °C ($\Delta\theta = 42$ K) um 5,5 K auf 73,5 °C ($\Delta\theta = 36,5$ K) ausreicht, damit auch die ungünstigsten Heizkörper noch im Rahmen des Toleranzbereiches die geforderte Wärmeleistung erbringen können. Entsprechend wurde das erforderliche Verteilverhältnis am Thermostatventil korrigiert.

Es ist dabei jedoch zu beachten, daß sowohl die Geschwindigkeit im Rohr als auch der Gesamtdruckverlust des Einrohrkreises die zulässigen Werte nicht überschreitet.

Besteht die Notwendigkeit Heizkörper zu ersetzen ohne das Rohrnetz zu ändern, kann analog gerechnet werden. Entsprechend der vorhandenen Heizkörperleistungen werden Austauschheizkörper gewählt.

Im Bild 7 ist die Auslegung des gezeigten Einrohrkreises nach der Reduzierung auf 50 % Heizkörperdurchflußanteil und nach der Umrüstung auf **BUDERUS Planflux** mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software dargestellt.

Bild 7: Einrohrkreis mit 50 % Heizkörperdurchflußanteil und BUDERUS Planflux

IBM Haustechnik HTT-H9-4		Einrohr-Heizung Kreis-Auslegung						MW Software 09.07.1993				
3		Xz=50% + Planflux						38.6				
42.0		175		0.60		10		22				
10	1 Wohnz immer	924	20	924	50	24	1000	1	600	800	10	7
9	1 Wohnz immer	700	20	700	50	46	1000	1	600	600	10	7
8	1 Wohnz immer	700	20	700	50	20	1000	1	600	700	10	7
7	1 Wohnz immer	700	20	700	50	31	1000	1	600	700	10	6
6	1 Wohnz immer	700	20	700	50	20	1000	1	600	800	10	7
5	1 Wohnz immer	700	20	700	50	31	1000	1	600	800	10	6
4	1 Wohnz immer	700	20	700	50	23	1000	1	600	900	10	7
3	1 Wohnz immer	700	20	700	50	42	1000	1	600	900	10	6
2	1 Wohnz immer	700	20	700	50	34	1000	1	600	1000	10	5
1	1 Wohnz immer	700	20	700	50	24	1000	1	600	800	11	7
0	1 Wohnz immer	850	20	850	50	38	1000	1	600	1000	11	6

Es ist zu sehen, daß alle Heizkörper mit einem erforderlichen Heizkörperdurchflußanteil "X/% Ein" unter 50 % eingestellt werden müssen. Dies weist auf eine generelle Überdimensionierung hin, die im Beispiel durch die Baulängenabstufungen entstanden ist. Durch absenken der Rücklaufstemperatur kann nun der Einrohrkreis so optimiert werden, daß der ungünstigste Heizkörper gerade noch die geforderte Wärmeleistung abgibt. Diese Berechnung kann wiederum nur iterativ erfolgen. Mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software kann diese Berechnung im Fenster **Optimierung** angewählt werden (siehe Bild 8). Das Ergebnis der Rücklaufstemperaturabsenkung ist in Bild 9 dargestellt.

Bild 8: Optimierungsmöglichkeiten

IBM Haustechnik HTT-H9-4		Einrohr-Heizung Kreis-Auslegung				MW Software 09.07.1993	
3		Xz=50% + Planflux				38.6	
42.0	175	0.68	10	22	2		
10	1: Wohnzi					7	
9	1: Wohnzi					7	
8	1: Wohnzi					7	
7	1: Wohnzi					6	
6	1: Wohnzi					7	
5	1: Wohnzi					6	
4	1: Wohnzi					7	
3	1: Wohnzi					6	
2	1: Wohnzi					5	
1	1: Wohnzi					7	
		6. Rücklauf temperatur auf max. 40°C begrenzen					

Im Bild 9 ist die Auslegung des gezeigten Einrohrkreises nach der Reduzierung auf 50 % Heizkörperdurchflußanteil und der Umrüstung auf **BUDERUS Planflux** bei einer optimierten Rücklaufstemperatur mit dem Programm "IBM Haustechnik Teil II Version 2.00" von MW Software dargestellt.

Bild 9: Einrohrkreis mit BUDERUS Planflux und optimierter Rücklaufstemperatur

IBM Haustechnik ITT-H9-4		Einrohr-Heizung Kreis-Auslegung				MW Software 09.07.1993						
3		X% = 50% + Planflux				38.6						
44.6		158		0.60		10		22				
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

Die Rücklaufstemperatur konnte von 68 °C ($\Delta\theta = 42$ K) auf 65,4 °C ($\Delta\theta = 44,6$ K) gesenkt werden. Der Einrohrkreis-Massenstrom und der Druckverlust werden dadurch ebenfalls reduziert.

Anhand der gezeigten Beispiele wird deutlich, daß die Umrüstung von bestehenden Einrohranlagen von 100 % auf 50 % Heizkörperdurchflußanteil i.d.R. problemlos möglich ist. Geringe Abweichungen lassen sich durch anheben der Rücklaufstemperatur (Reduzierung der Temperaturspreizung im Beispiel um ca. 13 %) ausgleichen.

Falls die damit verbundene Erhöhung des Druckverlustes nicht akzeptabel ist, kann die Umrüstung auf neue Heizkörper erfolgen. Diese führt dann in den meisten Fällen zu geringeren Rücklaufstemperaturen, da moderne Plattenheizkörper höhere Heizleistungen abgeben können.

Die dargelegte Problematik macht auch klar, daß bei der Umrüstung von Einrohranlagen auf jeden Fall Einrohrventile mit einem einstellbaren Heizkörperdurchflußanteil eingesetzt werden sollten, damit eine optimale Einregulierung möglich wird.

In den Fällen in denen der kleinste Heizkörperdurchflußanteil nicht mehr ausreicht um Überleistungen zu vermeiden, wird das Thermostatventil eine entsprechende Drosselung vornehmen. Damit arbeitet es aber nicht mehr in seinem vorgesehenen Arbeitsbereich von z.B. 2 K und kann die eigentliche Aufgabe, auf Fremdwärme wie Sonne, Personen, Beleuchtung usw. zu reagieren, nur noch eingeschränkt erfüllen.

Je kleiner der noch praktisch funktionierende Heizkörperdurchflußanteil einstellbar ist, desto besser ist das Regelverhalten des gesamten Einrohrkreises bei überdimensionierten Heizkörpern.

Als ideales Ventil zeigt sich hier das **Danfoss 3-Wege-Ventil RA-D**, welches einen Einstellbereich von 5% bis 50% aufweist.

In Teil 3 dieses Fachaufsatzes wird gezeigt, wie der Auftrieb bei vertikalen Einrohranlagen sowie der Wärmeverlust von unisolierten Rohrleitungen zu berücksichtigen ist.

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 (HeizAnlV) 1991

VOB DIN 18380 1990

Technische Unterlagen 1993 Fa. Danfoss Wärme- und Kältetechnik GmbH, Heusenstamm

Technische Unterlagen 1993 Fa. Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar