



# Brennwerttechnik in Einrohr-Heizungsanlagen

Untersuchung vorhandener Einrohranlagen und Lösungsmöglichkeiten für eine sinnvolle Brennwertnutzung im Modernisierungsfall

Einrohr-Heizungsanlagen und die Brennwerttechnik sind Vertreter unterschiedlicher Generationen der Heizungstechnik und eigentlich nicht für einander bestimmt. So sorgt das Überströmen bei der Drosselung von einzelnen Heizkörpern im Teillastbetrieb für eine Rücklaufanhebung, die bei einem sinnvollen Einsatz der Brennwerttechnik unbedingt vermieden werden muss. Weiterhin stellt sich die Frage, welche Heizleistung die angeschlossenen Heizkörper noch haben, wenn wie bei der Brennwerttechnik üblich, Systemtemperaturen abgesenkt werden sollen. Der Beitrag will anhand eines konkreten Modernisierungsfalles aufzeigen, welche Möglichkeiten zur Untersuchung einer vorhandenen Anlage bestehen und wie eine sinnvolle Einbindung eines Brennwert-Kessels in eine Einrohranlage möglich ist.

**F**achplanern und SHK-Handwerkern stellt sich bei der Modernisierung von Alt-Anlagen oftmals die Frage, ob eine vorhandene Einrohr-Heizungsanlage und die daraus resultierende Hydraulik überhaupt eine wirtschaftlich sinnvolle Brennwertnutzung zulässt. Kann man den Wunsch des Auftraggebers nach moderner Brennwerttechnik bei der Modernisierung in solchen Fällen vertreten, oder sollte generell davon abgeraten werden. Um hier Fehlberatungen zu vermeiden, ist es wichtig, die bestehende Einrohr-Heizungsanlage mit den vorhandenen



■ Aufgeschnittenes Venturi-T-Stück aus dem Rücklaufanschluss. Zu sehen ist die Drosselstelle vor dem Abzweig. Sie sorgt für den Unterdruck zum „Ansaugen“ des Heizkörper-Volumenstroms.

■ Die zu modernisierenden Heizungsanlagen der Mehrfamilienhäuser wurden in den 70er-Jahren mit Einrohr-Heizungsanlagen ausgestattet.

Heizflächen und den Verteilungen hinsichtlich einer möglichen Absenkung der Systemtemperaturen zu überprüfen, um einerseits eine effektive Brennwertnutzung zu erreichen und andererseits eine ausreichende Wärmeversorgung der einzelnen Räume zu gewährleisten.

Die folgenden Fragen sollen mit einfachen Mitteln und ohne großen messtechnischen Aufwand rechnerisch anhand einer Excel-Tabellenkalkulation für einen typischen Modernisierungsfall geklärt werden:

- Welche Heizkennlinie, d. h. welche Systemtemperaturen könnten realisiert werden, wenn der bauliche Wärmeschutz, beispielsweise durch eine Fassaden-Dämmung, verbessert wird? Welche Systemtemperaturen sind noch möglich, wenn dagegen der Bestand erhalten bleibt?
- Wie verändert sich die Heizkörperleistung in Abhängigkeit der witterungsgeführten Vorlauftemperatur insbesondere am Ende des Einrohr-Kreises? Kann es im Teillastbetrieb zur Unterversorgung einzelner Räume kommen?
- Wie stark erhöht sich bei Drosselung einzelner Heizkörper die System-Rücklauftemperatur und welche Auswirkungen hat dies auf die Brennwert-Nutzung?
- Welche Möglichkeiten zur Optimierung der Hydraulik und damit zur Verbesserung des Nutzungsgrades eines Brennwertkessels bieten sich an?

## Bestandsaufnahme

Bei den zu modernisierenden Gebäuden handelte es sich um sieben Mehrfami-



■ Senkrechter Einrohr-Strang in einer Küche. Im Teillastbetrieb der Anlage sind die Heizkörper oftmals alle abgedrosselt, sodass der Rücklauf deutlich angehoben wird.

lien-Wohnhäuser mit jeweils sechs Wohneinheiten. Die Gebäude wurden 1958 als Werkswohnungen in der damals üblichen Bauweise als Wohnblock in unmittelbarer Nähe zum Werksgelände gebaut. Heute wird die Liegenschaft von einer Wohnungsbaugesellschaft bewirtschaftet. Zur langfristigen Werterhaltung und Verbesserung der Wohnqualität sollten die Gebäude modernisiert werden. Neben baulichen Maßnahmen sollte dies insbesondere durch die Reduzierung des Heizenergieverbrauchs erreicht werden. Im Bestand befanden sich ölbeheizte Gussheizkessel mit Doppelthermostaten, die in den 70er-Jahren die Koksöfen ablösten. In diesem Zuge wurde damals, auch aus Gründen schnellerer und einfacherer Montage, in den bereits bewohnten Häusern Einrohr-Heizungsanlagen eingebaut. Die Heizkessel mussten aufgrund der Überschreitung zulässiger Abgasverluste der BImSchV oder aufgrund der

Anforderungen der EnEV ohnehin ausgetauscht werden.

Dabei wünschte der Gebäudeeigentümer konsequenterweise eine Umstellung des Brennstoffs auf Erdgas, sodass eine möglichst emissionsarme und umweltschonende Beheizung gewährleistet werden konnte. Weiterhin sollte aus den oben genannten Überlegungen Brennwerttechnik als Stand der Technik eingesetzt werden.

Die Wärmeverteilung der Mehrfamilienhäuser war Anfang der 70er-Jahre als horizontales Einrohr-System ausgeführt worden. In einigen Häusern wurden, je nach Lage der Heizkörper in Küchen und Bädern, auch senkrechte Einrohrstränge montiert.

Alle Heizkörper wurden „reitend“ – also wechselseitig – mit Venturi-T-Stücken angeschlossen. Dieser so genannte Saugfitting arbeitet nach dem Ejektor- bzw. Venturi-Prinzip. Dabei entsteht durch Reduzierung des Querschnitts vor dem Abzweig eine hohe Fließgeschwindigkeit, die einen

Unterdruck im Abzweig des T-Stückes erzeugt, welcher das Heizmedium über den Heizkörper-Rücklauf entsprechend „ansaugt“. Über die Druckverhältnisse im Rohrnetz und insbesondere die sich einstellenden Heizkörpermassenströme für den Auslegungsfall lagen keinerlei Angaben vor. Die Heizkörper wurden, wie damals üblich, mit großen Sicherheitszuschlägen dimensioniert.

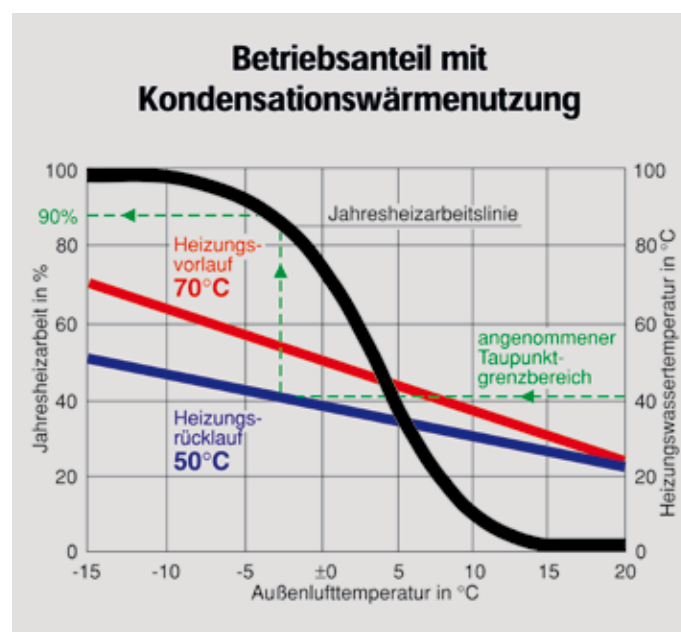
### Problematik bei der hydraulischen Einbindung eines Brennwertkessels

Das Einrohr-System ist im Wesentlichen eine Reihenschaltung von Heizkörpern mit jeweils parallel geschalteter Kurzschluss-Strecke. Der Gesamtvolumenstrom im Einrohrstrang wird abhängig von der Ventilstellung teilweise über den Heizkörper geführt. Die Verteilung des Heizmediums auf Heizkörper und Bypass-Strecke im Strang ist dabei nur vom jeweiligen Verhältnis der Druckverluste des Heizkörpers und der Bypass-Strecke abhängig. Bei angenommen gleich großen Druckverlusten würden

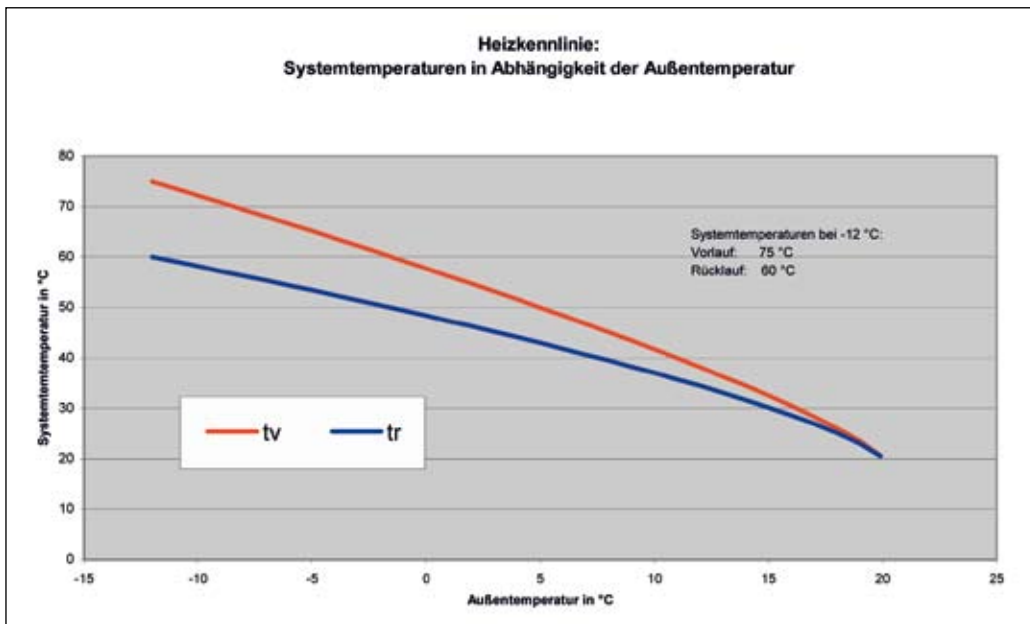
je 50% des Strangvolumenstroms über Heizkörper und Bypass fließen. Der Volumenstrom im Einrohr-Strang kann in allen Betriebspunkten als annähernd konstant angenommen werden.

Im Gegensatz zum Zweirohr-System ergibt sich durch die Reihenschaltung für jeden Heizkörper am Strang eine andere Vorlauftemperatur. Die für den Wärmeübergang zur Verfügung stehende treibende Temperaturdifferenz sinkt zum Strang-Ende ab, sodass in der Regel bei der Auslegung die letzten Heizflächen entsprechend vergrößert werden müssen.

Wird nun an die vorhandene Anlage ein Brennwertgerät angeschlossen, bei dem ein möglichst großer Anteil der Jahres-Heizarbeit im Vollkondensationsbereich liegen soll, so müssen die Systemtemperaturen abgesenkt werden. Die Rücklauftemperatur einer Einrohr-Heizungsanlage wird dabei aber grundsätzlich von zwei Betriebszuständen beeinflusst, die aufgrund der damit verbundenen hydraulischen Probleme näher betrachtet werden sollen.



■ 90% der Jahresheizarbeit liegen im Kondensationsbereich bei einer Auslegungsrücklauftemperatur von 50°C. Liegt die Rücklauftemperatur bei 0°C unter dem Taupunkt, verringert sich der Anteil auf etwa 75%.



Für beliebige Belastungsgrade und Auslegungsparameter kann mit der errechneten Heizkennlinie im Excel-Tool das Einrohr-System untersucht werden.

- **Die witterungsbedingte Teillast.** Da die Vorlauftemperatur in Einrohr-Heizungsanlagen nicht für jeden Heizkörper konstant bleibt, ist die Kenntnis der Temperaturen wichtig, die sich im Teillastfall innerhalb des Stranges ergeben, damit eine Unterversorgung einzelner Bereiche ausgeschlossen werden kann.
- **Die Abschaltung von Heizkörpern im Einrohr-Strang.** Die Drosselung von einzelnen Heizkörpern erfolgt in der Regel im Teillastbetrieb und erhöht die Strang-Rücklauf-temperatur, sodass eine effektive Brennwertnutzung infrage steht.

**Excel-Tool zur Simulation**

Um den Betrieb der Einrohranlage mit einem Brennwertgerät rechnerisch zu simulieren, wird zunächst die Abhängigkeit der Vorlauf-temperatur und der System-temperaturspreizung von der Außentemperatur (Heizkennlinie) benötigt, um für beliebige Anlagenbelastungen die verfügbaren treibenden Temperaturdifferenzen an den

einzelnen Heizkörpern zu berechnen. Mit einer Excel-Tabellenkalkulation können dann sensitiv, für jede beliebige witterungsbedingte Teillast, Leistungen und zugehörige Temperaturen aller am Einrohr-Strang angeschlossenen Heizkörper berechnet und eine Aussage über die Wärmebedarfsdeckung einzelner Räume getroffen werden.

Weiterhin sind mit dem Excel-Tool Optimierungsrechnungen möglich. Ändert man einzelne Randbedingungen, wie z.B. die Auslegungsspreizung oder den Heizkörpermassenstrom-Anteil, so werden alle abhängigen Parameter neu berechnet und deren Auswirkungen sofort sichtbar.

**Die Herleitung der Heizkennlinie**

Der Wärmebedarf bzw. die Heizlast setzt sich aus Transmissions- und Lüftungswärmebedarf zusammen. Außenbauteilflächen, Rauminvolumen, Luftwechsel und verwendete Stoffkonstanten werden für die Betrachtung als unveränderlich angenommen. Der Wärmebedarf ist

dann proportional zur Temperaturdifferenz der Innen- und Außentemperatur.

Das Verhältnis von Wärmebedarf für eine beliebige Teillast und dem Norm-Wärmebedarf im Auslegungsfall wird als Belastungsgrad  $\phi$  definiert:

$$\phi = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{Norm}} = \frac{(t_{innen} - t_{außen})}{(t_{innen} - t_{Norm, außen})}$$

Für die Wärmeabgabe im Heizungs-Rohrnetz gilt grundsätzlich:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_w \cdot (t_{VL, x} - t_{RL, x})$$

Da sowohl der Massenstrom und die spezifische Wärmekapazität des Heizungswassers im Einrohrnetz als konstant angenommen werden darf, ist der Wärmestrom proportional zur Temperaturdifferenz. Für den Belastungsgrad  $\phi$  der Anlage gilt also auch:

$$\phi = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{Norm}} = \frac{(t_{VL, x} - t_{RL, x})}{(t_{VL, Norm} - t_{RL, Norm})}$$

$$t_{VL} = t_{RL} \cdot e^{\left(\frac{\phi \cdot (t_{VL, N} - t_{RL, N})}{\phi^{1/n} \cdot \Delta\vartheta_{log, Norm}}\right)} - t_{Innen} \cdot e^{\left(\frac{\phi \cdot (t_{VL, N} - t_{RL, N})}{\phi^{1/n} \cdot \Delta\vartheta_{log, Norm}}\right)} + t_{Innen} \quad (Gl. 3)$$

wobei der Index „Norm“ für den Auslegungspunkt der Anlage und „x“ für die jeweiligen Temperaturen in einem beliebigen Teillastbetrieb stehen. Die Temperaturspreizungen in Vor- u. Rücklauf stehen also im gleichen Verhältnis zueinander, wie der Wärmestrom bei beliebigem Belastungsgrad der Anlage. Damit kann zunächst die Anlagenspreizung in Abhängigkeit des Belastungsgrades ermittelt werden.

$$(t_{VL} - t_{RL}) = \phi \cdot (t_{VL, Norm} - t_{RL, Norm}) \quad (Gl. 1)$$

In der Gl. 1 befinden sich nun noch die beiden unbekannten Vor- und Rücklauf-temperaturen bei beliebigem Belastungsgrad der Anlage. Damit die Gleichung geschlossen lösbar ist, wird eine weitere Gleichung für eine der beiden Unbekannten gesucht, um diese ineinander einzusetzen. Es soll also eine Bestimmungsgleichung für die Vorlauftemperatur gefunden werden:

Die Leistung des Heizkörpers wird durch die mittlere treibende Temperaturdifferenz beeinflusst, während der Heizkörpermassenstrom weitgehend konstant bleibt. Der Belastungsgrad kann also auch als Verhältnis der treibenden Temperaturdifferenzen in einem beliebigen Betriebspunkt der Anlage und dem Auslegungspunkt beschrieben werden.

$$\phi = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{Norm}} = \left(\frac{\Delta\vartheta_{log, x}}{\Delta\vartheta_{log, Norm}}\right)^n \quad (Gl. 2)$$

$$\Delta\vartheta_{log, x} = \frac{t_{VL} - t_{RL}}{\ln\left(\frac{t_{VL} - t_i}{t_{RL} - t_i}\right)}$$

darin ist:  $\Delta\vartheta_{log, x}$  die mittlere treibende Temperaturdifferenz

■ Tab. 1: Bei verbessertem Wärmeschutz kann das Brennwertgerät in der vorhandenen Anlage ganzjährig im Kondensationsbereich betrieben werden.

Mögliche Systemtemperaturen bei Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle											
Strang-Nr.:		<u>1</u>									
Gesamtwärmestrom d. Heizkreises:		<u>3615</u>									
<b>Systemtemperatur für Belastungsgrad der Anlage:</b>						<b>Gewählte Systemtemperaturen für den Auslegungsfall:</b>					
Teillast-Außentemperatur:		<u>-12,0 °C</u>				Norm-Außentemperatur:		<u>-12,00 °C</u>			
Belastungsgrad der Anlage:		<u>100,0 %</u>				Vorlauftemp.:		<u>60,00 °C</u>			
t-VL:		<u>60,0 °C</u>				Rücklauftemp.:		<u>48,00 °C</u>			
Spreizung:		<u>12,0 K</u>				Heizkörperexponent n:		<u>1,3</u>			
Rücklauftemp.:		<u>48,0 °C</u>									
Strangmassenstrom:		<u>259 kg/h</u>									
Raum-bez.:	Raum-temp. °C	erf. Wärmeleistung des HK W	Heizkörperanteil am Massenstrom %	t VL des Heizkörpers °C	t RL des Heizkörpers °C	delta t_log K	Abmessung des vorhandenen Heizkörpers BH/BT/Anz. Glied.	HK-Leistung bei 90/70/20 W	HK-Leistung bei den o.g. Systemtemp W	erforderliche Leistung bei Außentemp. -12	Bedarfsdeckung in %
<b>30 % verringerter Wärmebedarf</b>											
Bad	24	457	38	60,0	56,0	34,0	1000/110/10	1220	589	457	129,0%
Küche	20	581	40	58,5	53,7	36,0	600/160/14	1386	723	581	124,4%
Wohnen	20	952	41	56,6	48,8	32,5	450/220/22	2376	1086	952	114,1%
Eltern	20	773	39	53,4	46,8	30,0	600/160/22	2178	895	773	115,8%
Kind	20	852	41	50,8	43,9	27,2	600/160/24	2376	861	852	101,1%
				48,0							
		3615								3615	

■ Tab. 2: Bei permanenter Abschaltung des Schlafzimmer-Heizkörpers ergibt sich erst bei ca. 0 °C eine Brennwertnutzung. Der Anteil der Jahresheizarbeit sinkt dabei auf ca. 60 % ab.

Überprüfung der Auswirkungen von Abschaltungen im Einrohr-Strang											
Strang-Nr.:		<u>1</u>									
Gesamtwärmestrom d. Heizkreises:		<u>5167</u>									
<b>Systemtemperatur für Belastungsgrad der Anlage:</b>						<b>Gewählte Systemtemperaturen für den Auslegungsfall:</b>					
Teillast-Außentemperatur:		<u>0,0 °C</u>				Norm-Außentemperatur:		<u>-12,00 °C</u>			
Belastungsgrad der Anlage:		<u>62,5 %</u>				Vorlauftemp.:		<u>75,00 °C</u>			
t-VL:		<u>57,7 °C</u>				Rücklauftemp.:		<u>60,00 °C</u>			
Spreizung:		<u>9,4 K</u>				Heizkörperexponent n:		<u>1,3</u>			
Rücklauftemp.:		<u>50,4 °C</u>									
Strangmassenstrom:		<u>296 kg/h</u>									
Raum-bez.:	Raum-temp. °C	erf. Wärmeleistung des HK W	Heizkörperanteil am Massenstrom %	t VL des Heizkörpers °C	t RL des Heizkörpers °C	delta t_log K	Abmessung des vorhandenen Heizkörpers BH/BT/Anz. Glied.	HK-Leistung bei 90/70/20 W	HK-Leistung bei den o.g. Systemtemp W	erforderliche Leistung bei Außentemp. 0	Bedarfsdeckung in %
Bad	24	653	38	57,7	54,6	32,1	1000/110/10	1220	549	408	134,4%
Küche	20	831	40	56,5	52,8	34,6	600/160/14	1386	686	519	132,2%
Wohnen	20	1360	41	55,0	49,0	31,9	450/220/22	2376	1059	850	124,6%
Eltern	20	1105	0	52,6	52,6		600/160/22	2178	0	691	
Kind	20	1218	41	52,6	47,2	29,8	600/160/24	2376	968	761	127,1%
				50,4							
		5176								3229	

renz bei einer beliebigen Anlagenbelastung.

Auflösen der (Gl. 2) nach der Vorlauftemperatur  $t_{VL}$  ergibt Gleichung 3.

Einsetzen der (Gl. 3) in (Gl. 1) bringt die Bestimmungsgleichung für die Rücklauftemperatur bei beliebigen Belastungsgraden der Anlage:

$$t_{RL} = \frac{\varphi \cdot (t_{VL,N} - t_{RL,N})}{\left( e^{\left( \frac{\varphi \cdot (t_{VL,N} - t_{RL,N})}{\varphi^{1/n} \cdot \Delta \vartheta_{\log, \text{Norm}}} \right) - 1} \right)}$$

Die entsprechende Vorlauftemperatur ergibt sich mit Gl. 1 durch einsetzen der

ermittelten Rücklauftemperatur. Somit steht für jeden beliebigen Belastungsgrad ein Wertepaar von System-Vor- und Rücklauftemperaturen zur Ermittlung der Temperaturen in der Einrohranlage zur Verfügung.

## Verfahren zur näherungsweisen Bestimmung des Heizkörpermassenstroms

In den meisten Altbauten stehen in der Regel überhaupt keine Aufzeichnungen zur Auslegung und Dimensionierung der vorhandenen Anlage zur Verfügung. Um eine Aussage über die Leistung der einzelnen Heizkörper machen zu können, mussten zuerst die Heizkörperanteile am Strangmassenstrom in dem Einrohrnetz ermittelt werden. Dazu wurde ein einfaches Verfahren, basierend auf Temperaturmessungen, benutzt. Es wurde exemplarisch ein horizontaler Einrohrstrang näher untersucht. Der Wärmebedarf der einzelnen Räume wurde dazu nachgerechnet. Bei den Heizkörpern handelte es sich um Stahlglieder-Radiatoren nach DIN 4703. Die Größen der Heizkörper und ihre Position im Einrohrstrang wurden aufgenommen.

Für die Messungen benötigt man lediglich die Außentemperatur im Messzeitraum sowie die Temperaturen im untersuchten Einrohrstrang und des jeweiligen Raumes. Diese werden mit einem Digital-Thermometer mit Anlage- bzw. Luftfühler gemessen. Die Messung der Oberflächentemperaturen im Rohrnetz ist insofern mit Ungenauigkeiten behaftet, als dass die Temperaturen des Heizmediums nur näherungsweise bestimmt werden kann. Da die Messabweichungen aber systematisch bedingt die gleiche Größe aufweisen, kann auf eine genauere Ermittlung verzichtet werden.

Die Raumtemperatur der betreffenden Räume muss dazu im Bereich des Sollwertes, also bei 20°C liegen. Wichtig ist weiterhin, dass die Thermostatventilstellung

in etwa dem Nenndurchfluss zur Erreichung des Sollwertes entspricht und die Raumtemperatur dabei über einen längeren Zeitraum konstant gehalten wird. Störeinflüsse wie starke Sonneneinstrahlung, Fremdwärme oder Kaltluft-einfall sollte unbedingt vermieden werden, da sonst das Messergebnis unbrauchbar wird. Hat man die Temperaturen in den einzelnen Heizkörpern und Sammelleitungen aufgezeichnet, kann der Heizkörpermassenstrom-Anteil der zu untersuchenden Heizkörper wie folgt berechnet werden:

Für die vom Heizkörper abgegebene Leistung  $\dot{Q}_{\text{HK}}$  gilt:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{HK}} \cdot c \cdot (t_{\text{VL}} - t_{\text{RL}})$$

Die abgegebene Leistung des Heizkörpers entspricht aber auch:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{Strang}} \cdot c \cdot (t_{\text{VL}} - t_{\text{Mi}})$$

Das Verhältnis von Heizkörper- und Strangmassenstrom ergibt sich damit aus:

$$\frac{\dot{m}_{\text{HK}}}{\dot{m}_{\text{Strang}}} = \frac{(t_{\text{VL}} - t_{\text{Mi}})}{(t_{\text{VL}} - t_{\text{RL}})}$$

Wobei die Mischtemperatur hinter dem ersten Heizkörper der Vorlauftemperatur des zweiten Heizkörpers entspricht [1]. Die Berechnung kann bequem für jeden Heizkörper mit der Excel-Tabellekalkulation durch eingeben der gemessenen Temperaturen erfolgen.

Mit den so ermittelten Heizkörpermassenstrom-Anteilen kann nun eine Simulation für verschiedene Belastungsgrade der Anlage (Teillastverhalten) durchgeführt werden.

## Ergebnisse bei witterungsbedingter Teillast

Die Optimierungsrechnung mit der beschriebenen Tabellekalkulation zeigt, dass im

vorliegenden Fall bei Außentemperaturen von -12°C eine System-Vorlauftemperatur von 75°C mit einer Spreizung von 15K ausreicht, um insbesondere den am Strangende liegenden Heizkörper im Kinderzimmer mit Wärme zu versorgen.

Bei einer Außentemperatur von -2°C ergeben sich System-Rücklauftemperaturen um 50°C. Damit liegen nur etwa 20% der Jahres-Heizarbeit außerhalb des Kondensationsbereiches (Tab. 1).

## Auswirkungen eines verbesserten Wärmeschutzes

Welche Systemtemperaturen wären aber möglich, wenn das Gebäude im Rahmen der Modernisierung eine zusätzliche Außenwand-Dämmung zur Verbesserung des Wärmeschutzes erhalten würde?

Ausgehend von einer Verringerung des Wärmebedarfs der betrachteten Räume von beispielsweise 30% ergibt sich aus der Simulationsrechnung eine mögliche Systemtemperatur von 60°C/48°C bei -12°C Außentemperatur. Das heißt, die gesamte Jahresheizarbeit des Brennwertkessels liegt im Kondensationsbereich (Tab. 2). Zusätzlich zu der Energieeinsparung aus der Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle verbessert sich auch der Jahres-Nutzungsgrad des Gas-Brennwertgerätes deutlich.

## Unterversorgung einzelner Räume bei Teillast ?

Ein überproportionales absinken der Heizkörperleistungen, insbesondere am Strangende, ist auch bei geringen Belastungsgraden der Anlage nicht zu befürchten. Bei witterungsbedingt linearem Rückgang des Wärmebedarfs sinkt dem gegenüber die Heizkörperleistung exponentiell, also bei kleiner werdenden Über-temperaturen weniger. Da-

durch kommt es in Zeiten geringer Anlagenbelastung zu Flächenreserven bei den vorhandenen Heizkörpern. Eine Unterversorgung, insbesondere von Räumen am Strangende aufgrund stark absinkender Vorlauftemperaturen kann daher ausgeschlossen werden. Lediglich der Erste am Strang angeschlossene Badheizkörper verliert mit dem witterungsbedingten Absinken der Vorlauftemperatur stärker an Leistung. Dies liegt aber an der mit 24°C normgerechten Raumtemperatur und zeigt sich in der kleinsten Heizkörper-Über-temperaturen aller am Strang angeschlossenen Heizkörper.

## Abschaltung einzelner Heizkörper

Wie verändern permanent abgeschaltete Schlafzimmer-Heizkörper die Rücklauftemperatur des untersuchten Einrohr-Stranges ?

Wie stark die Rücklauftemperatur ansteigt, kann mithilfe der Tabellenkalkulation nachvollzogen werden. Gibt man für den Heizkörpermassenstrom-Anteil des betreffenden Schlafzimmerheizkörpers Null ein (Abschaltung), so erhöht sich die Rücklauftemperatur im Auslegungsfall von 60°C auf 63,5°C. Legt man nun zusätzlich den Heizkörper in der Küche still, so klettert die Rücklauftemperatur des betrachteten Stranges auf 66°C.

Die teilweise Abschaltung von Heizkörpern ist gerade in Übergangszeiten sehr oft anzutreffen. Daher lohnt der Blick auf den Außentemperaturbereich 0 bis +5°C, indem unser geplantes Brennwertgerät eigentlich kondensieren sollte. Berechnet man diesen Vorgang mithilfe des Excel-Tools, so wird deutlich, dass die Rücklauftemperatur von

48,3°C auf 50,4°C und 51,9°C im Falle zweier abgeschalteter Heizkörper ansteigt. Das Brennwertgerät würde erst bei ca. +2°C Außentemperatur wieder im Kondensationsbereich betrieben (Tab. 3).

Dies hätte zur Folge, dass mehr als 40% der Jahres-Heizarbeit des Brennwertgerätes ohne Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes stattfindet. Angesichts des daraus resultierenden Jahres-Nutzungsgrades und des ungünstigen Kosten/Nutzen-Verhältnisses sollten in solchen Fällen Möglichkeiten zur Vermeidung der beschriebenen Rücklauf-temperaturerhöhung in Einrohr-Heizungsanlagen gesucht werden.

### Hydraulische Optimierung von Brennwert-Geräten in Einrohr-Heizungsanlagen

Da es kaum möglich ist, das Nutzerverhalten zu beeinflussen, um einen möglichst hohen Nutzungsgrad der Gesamtanlage zu erreichen, sollte eine Lösung gefunden werden, die zum einen möglichst geringe Investitionskosten verursacht und zum anderen aufwendige bauliche Veränderungen ausschließt.

Eine mit geringem Montageaufwand und zugleich mit nicht allzu hoher Mehrinvestition verbundene hydraulische Verbesserung kann mit dem Einbau einer elektronisch drehzahlgeregelten Pumpe erreicht werden. Dies scheint zunächst nicht sinnvoll, da aufgrund der konstanten Massenströme im Einrohr-System keine Druckdifferenzen bei der Drosselung von Thermostatventilen zu erwarten sind.

Der Strangwassermassenstrom wird vielmehr in Abhängigkeit der Temperaturspreizung des Anlagenvor- und Rücklaufs geregelt. Ziel ist es, bei geringeren Temperaturdifferenzen den Massenstrom

zu verringern. Dabei kommt es aufgrund der längeren Verweilzeiten des Heizwassers in den einzelnen Heizkörpern zu einer Vergrößerung der Temperaturspreizung gegenüber dem Betrieb mit konstantem Nennvolumenstrom. Hierzu eignen sich elektronisch differenzdruckgeregelte Umwälzpumpen mit der Regelungsart  $\Delta pT$ . Dabei verändert die Elektronik den von der Pumpe einzuhaltenden Differenzdruck Sollwert in Abhängigkeit der gemessenen Rücklauf-temperatur. Den Minimal- und Maximaltemperaturen werden über die Programmierung entsprechende Volumenströme zugeordnet. Die Pumpe „moduliert“ dann den Volumenstrom zwischen diesen Auslegungspunkten. Im einfachsten Fall kann man diese Regelungsart in mengenkonstanten Systemen mit gleitender Vorlauf-temperatur unterstützend einsetzen, indem man die Pumpe in den Kessel-Rücklauf einbaut.

Eine weitere Möglichkeit der Anpassung des Förder- volumenstromes ist die Regelung des Differenzdruck-Sollwertes in Abhängigkeit einer überlagerten Führungsgröße, z. B. der Außentemperatur. Bei steigender Außentemperatur sinkt der Differenz-

druck-Sollwert und somit die Förderleistung der Pumpe.

Effektiver, aber aufgrund der Investitionskosten nur in großen Anlagen sinnvoll, ist die Regelung des Differenzdruckes der Pumpe nach der Temperaturdifferenz. Dazu wird mithilfe eines Pumpensteuergerätes sowie einem elektronischen Differenzthermostaten als Signalgeber der Förderstrom der Pumpe an die Temperaturspreizung im Anlagenvor- und Rücklauf angepasst. Sinkt witterungsbedingt die Temperaturspreizung, so wird die Drehzahl der Pumpe verringert. Die Spreizung bleibt infolge dessen konstant. Wenn andererseits die Temperaturdifferenz aufgrund einer Rücklaufanhebung, durch Abschaltungen von Heizkörpern sinkt, kann dies ebenfalls durch Absenken des Förderstromes ausgeglichen werden [2].

### Fazit

Dem Einsatz von Brennwerttechnik in alten Einrohr-Heizungsanlagen sollte eine Überprüfung der vorhandenen Heizflächen sowie der Anlagenhydraulik vorausgehen. Ohne Vorüberlegungen, in wie weit sich Systemtemperaturen verwirklichen lassen, die der Brennwertnutzung zu-

träglich sind, kann es dazu kommen, dass große Anteile an der Jahres-Heizarbeit des Brennwert-Kessels ohne Kondensation bleiben.

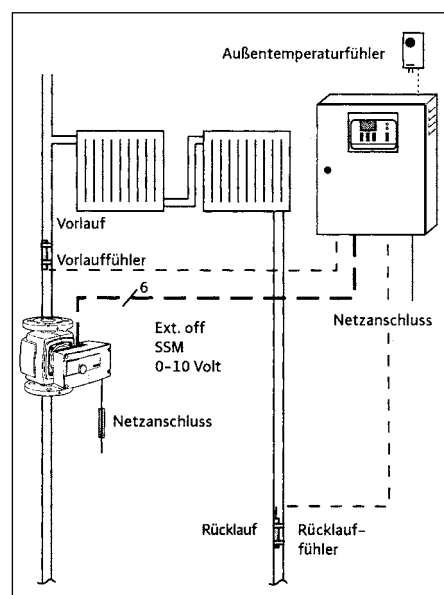
Brennwert-Technik heißt aus hydraulischer Sicht, Flächenreserven der vorhandenen Heizkörper nutzen, um Systemtemperaturen möglichst weit abzusenken. Mit dem oben beschriebenen Excel-Tool steht ein Werkzeug zur einfachen, näherungsweise Überprüfung der hydraulischen Verhältnisse bestehender Einrohr-Heizungsanlagen zur Verfügung, mit dem anhand der Heizkennlinie ein optimaler Auslegungspunkt gefunden werden kann.

Wie die durchgeführten Berechnungen weiter zeigen, lohnt insbesondere die Modernisierung der betrachteten Anlage mit Gas-Brennwerttechnik im Zusammenhang mit einer Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle. Das Problem der Rücklauf-temperaturerhöhung durch Abschaltung einzelner Heizkörper oder Einrohr-Stränge kann mithilfe von intelligenten Pumpen-Regelungen vermindert werden.

Die beschriebene Differenztemperatur-Regelung der Umwälzpumpe ist dabei vor allem bei Anlagen mit großen Wärmeleistungen eine sinnvolle Maßnahme zur Verbesserung des Jahres-Nutzungsgrades. Für Anlagen mit kleinen Leistungsbe- reichen stehen temperaturabhängige Pumpenregelungen, wie die beschriebene  $\Delta pT$ -Regelung zur Verfügung, um lastabhängig den Fördervolumenstrom zu begrenzen. ■

### Literatur:

- [1] Ihle, Claus, Die Pumpen- warmwasserheizung, Werner Verlag, ISBN 3-8041-1109-2.
- [2] Wilo AG Dortmund, Schalt- und Regelgeräte, Programm- übersicht 02-2005.



■ Aufbau einer Differenz-temperatur-Regelung zum Einsatz in einer Einrohr-Heizungsanlage.

Bild: Wilo AG