

Teil 1: Die Notwendigkeit einer Anpassung

Optimierung von Heizungsanlagen

Im Zusammenhang mit der EnEV wird viel über moderne Anlagentechnik diskutiert, allerdings vornehmlich mit Blick auf neue Gebäude. Es wäre jedoch sträflich, den Gebäude- und Anlagenbestand aus den Augen zu verlieren. Denn dieser bietet ein erheblich größeres Energieeinsparpotenzial als der Neubau und ist zudem meist das lukrativere Geschäftsfeld fürs SHK-Handwerk. Unsere Artikelserie beschreibt, wie sich Heizungsanlagen im Gebäudebestand optimieren lassen. Der 1. Teil zeigt auf, dass die Anlagenanpassung nach einer Sanierung der Gebäudehülle nötig ist.

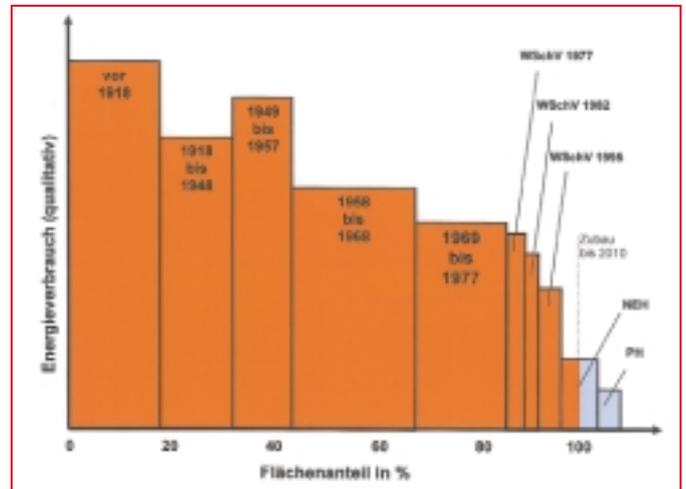


Bild 1 Verteilung des Energieverbrauchs in Gebäuden in Deutschland

Etwa 92 % aller Wohn- und Nutzflächen entfallen in Deutschland auf Gebäude, die vor dem Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnung 1995 errichtet wurden. Und diese Gebäude verursachen 97 % des Energieverbrauchs für die Gebäudebeheizung (Bild 1). Viele Gebäude werden auf Grund von hohen, im Vorfeld prognostizierten Energieeinsparungen baulich saniert. Leider verbleiben dabei oft die vorhandenen Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitungsanlagen in ihrem Zustand und werden nicht an die veränderten Verhältnisse angepasst. Wenn die vorhergesagte Energieeinsparung in der Praxis dann doch nicht so üppig ausfällt, wie erwartet, ist die Enttäuschung – vor allem auf Seiten der Investoren und Nutzer – groß. In der Fachwelt wird die Abweichung des tatsächlichen Verbrauchs von der Prognose oft dem Nutzerverhalten oder den Witterungsverhältnissen zugeschoben.

Die Autoren sehen jedoch die Anpassung der Anlagentechnik an geänderte bauliche Verhältnisse als eines der wichtigsten Mittel zur Realisierung einer geplanten Energieeinsparung an. Die Thematik der Optimierung von Heizungsanlagen im Gebäudebestand wird daher in mehreren Artikeln näher erörtert werden. Einen Überblick wichtiger Themen und Zusammenhänge, die in den einzelnen Teilen der Aufsätze erläutert werden, sind in Bild 2 dargestellt.

Auswirkungen auf die Heiztechnik

Folgendes Beispiel soll verdeutlichen, warum es nicht nur um die Einstellung eines zentralen Parameters (Steilheit der Heizkurve) geht, sondern um eine Überprüfung und vollständige Neueinstellung der Heizungsanlage, die bis zum Einstellen des Volumenstroms für jeden einzelnen Heizkörper reicht. Das Beispielgebäude ist ein größeres Mehrfamilienhaus, aus dem zwei Räume in Bild 3 schematisch dargestellt sind. Raum 1 hat nur eine Außenwand, Raum 2 ist ein Eckraum.

Situation vorher:

- Temperaturniveau tVL/tRL = 80/60 °C
- je ein Heizkörper, passend zur Heizlast und zum gewählten Temperaturniveau (Plandaten sind bekannt).

Situation nach der Sanierung der Gebäudehülle:

- Für Raum 1 verringert sich die Heizlast auf 67 % des alten Wertes, für Raum 2 auf 50 % des alten Wertes.
- Die Leistungen der Heizkörper gelten für das alte Temperaturniveau 80/60 °C.

Vor der Sanierung stimmen die realen Heizkörperleistungen, d. h. die Heizkörpergröße und die gewählten Heizwassertemperaturen und -volumenströme, mit den Raumheizlasten überein. Durch die Sanierung der Fenster sowie eine Außenwand- und Dachdämmung sinken die Raumheizlasten.

Die Raumheizlast im Außenraum (Raum 2) verringert sich allerdings stärker als im Innenraum (Raum 1). Der Grund hierfür ist der höhere Anteil sanierter Flächen bezogen auf die gesamten Umschließungsflächen. Die Sanierung macht sich um so mehr bemerkbar, je mehr Begrenzungsflächen eines Raumes von ihr betroffen sind. Im gegenteiligen Extremfall, einem Innenflur, der gar nicht von der Sanierung betroffen ist, würde sich die Heizlast überhaupt nicht ändern. Auch können sich die Heizlasten durch die Nachrüstung einer Abluftanlage erheblich verschieben.

Verschwendungspotenzial der Anlagentechnik

Fest steht: Nach der Sanierung haben beide Heizkörper eine zu hohe Leistung, wenn das Temperaturniveau (Systemtemperaturen) und/oder die Volumenströme nicht angepasst werden. Man kann nun die Frage stellen, warum das Temperaturniveau überhaupt geändert werden soll. Es sind doch überall Thermostatventile in den Anlagen eingebaut, die bei Bedarf einfach schließen und die Heizkörperleistung somit automatisch reduzieren. Der wichtigste Grund ist die Gefahr der unbemerkten Energieverschwendung durch den Nutzer – sofern die Anlage dies zulässt. Dieses Phänomen, das durch unzureichende Qualitätssicherung

Heizung

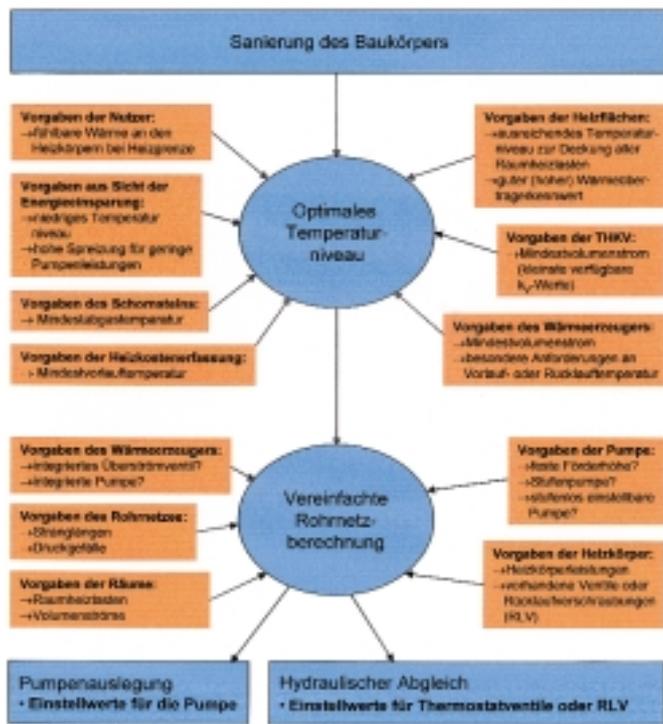


Bild 2 Abhängigkeiten bei der Anlagenoptimierung

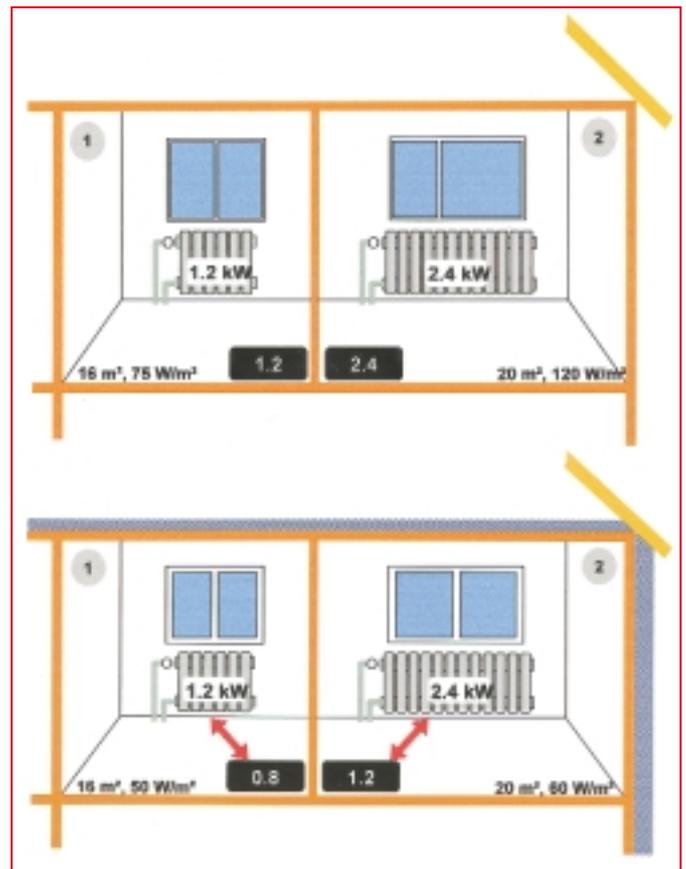


Bild 3 Die Räume 1 und 2 des Beispiels vor und nach der Sanierung

auf Seiten der Anlagentechnik entsteht, wird auch als „Verschwendungspotential der Anlagentechnik“ bezeichnet. Für das Beispielgebäude bedeutet das: Der Baukörper ist saniert und das Gebäude benötigt theoretisch nur noch die halbe Energiemenge im Vergleich zu vorher. Doch die Anlage kann immer noch die alte Energiemenge liefern, weil die Heizflächen, die hydraulischen Einstellungen und die Vorlauf-temperatur gleich geblieben sind. Der Außenraum weist 1,2 kW überflüssige Leistung auf, der Innenraum 0,4 kW. Insgesamt sind also 1,6 kW Wärmeleistung (das entspricht 80 %) mehr verfügbar, als benötigt werden.

Dieses Mehrangebot an Leistung kann zu einer – vom Nutzer unbemerkten – Energieverschwendung führen. Wärme kann z. B. durch ständig gekippte Fenster abgelüftet werden, ohne dass die betreffenden Räume wirklich auskühlen. Die Fenster bleiben, da unbemerkt, unnötig lange offen. Ein Verschwendungspotenzial bedeutet zwar nicht, dass die volle Überkapazität in jedem Fall sinnlos verbraucht wird. Der Nutzer entscheidet wesentlich darüber. Nachvollziehbar ist jedoch: Je weniger Überkapazität bereitgestellt wird, desto weniger kann verschwendet werden. Zudem addieren sich durch zu hohe Systemtemperaturen Rege-

lungs-, Verteil- und Erzeugungsverluste sowie die schlechte Ausnutzung von Fremdwärme. Ein – mit Blick auf die Investitionskosten – sehr günstiger Weg zur Anpassung der Anlagenleistung an die neuen Verhältnisse ist die Wahl eines neuen Temperaturniveaus und ein anschließender hydraulischer Abgleich der Anlage.

Thermisch ungünstigster Heizkörper

Am Beispiel der Räume aus Bild 3 wurde bereits gezeigt, dass die Heizlast in den einzelnen Räumen bei der Sanierung nicht im gleichen Verhältnis sinkt. Im ersten Schritt muss zur Wahl eines neuen Temperaturniveaus festgestellt werden, welcher Heizkörper nach der Sanierung die geringste Überdimensionierung gegenüber der neu berechneten Raumheizlast aufweist. Dieser Heizkörper ist für das neue Temperaturniveau maßgeblich.

Verhältnisse bei unveränderten Systemtemperaturen

Für die beiden Beispielräume ergeben sich bei unveränderten Systemtemperaturen folgende Verhältnisse: Im Raum 1 ist eine Überdimensionierung des Heizkörpers von 150 %, im Raum 2 von 200 % festzustel-

len. Der Heizkörper in Raum 1 (Innenraum) ist damit thermisch ungünstiger. Nach ihm richtet sich die mögliche Absenkung des neuen Temperaturniveaus.

Für die Bestimmung des neuen Temperaturniveaus wird zunächst die alte logarithmische Übertemperatur $\Delta\vartheta_{In}$ des Netzes benötigt. Sie beträgt bei den ursprünglichen Auslegungsbedingungen 80/60/20 °C:

$$\Delta\vartheta_{In,alt} = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \frac{\vartheta_V - \vartheta_L}{\vartheta_R - \vartheta_L}} = 49,3 \text{ K} \quad [\text{Gl. 1}]$$

Mit einer der drei grundlegenden Heizkörpergleichungen [z. B. in 3] wird die neue Übertemperatur bestimmt. Die Heizkörpergleichung lautet in ihrer Grundfassung:

$$\frac{\dot{Q}_{neu}}{\dot{Q}_{alt}} = \left[\frac{\Delta\vartheta_{In,neu}}{\Delta\vartheta_{In,alt}} \right]^n \quad [\text{Gl. 2}]$$

ϑ_V : Vorlauf-temperatur
 ϑ_R : Rücklauf-temperatur
 ϑ_L : Raum-temperatur
 n : Heizkörperexponent

Nach [Gl. 2] verhalten sich neue und alte Leistung eines Heizkörpers – bis auf den

Heizung

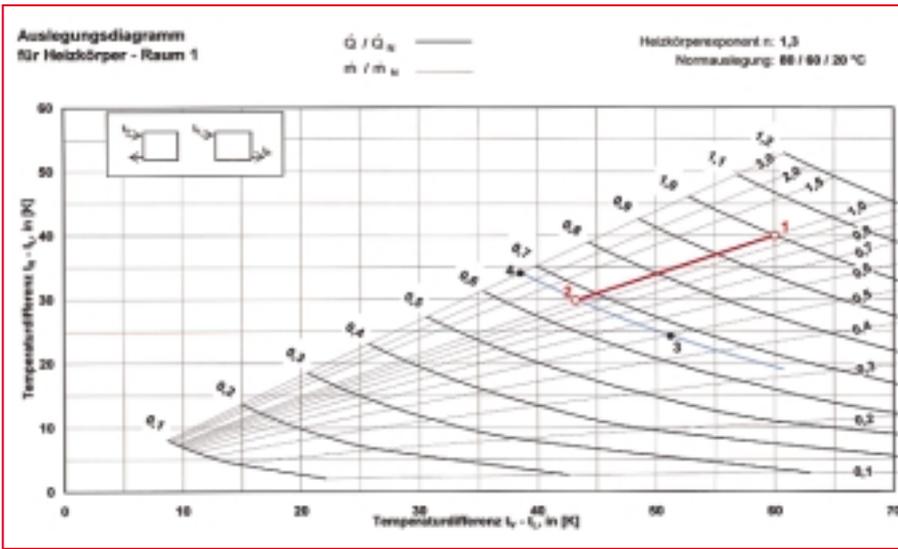


Bild 4 Heizkörperauslegungsdigramm für Raum 1

Einfluss des Heizkörperexponenten n – proportional zu den logarithmischen Übertemperaturen. Für den thermisch ungünstigsten Raum 1 ergibt sich die erforderliche, neue logarithmische Übertemperatur wie folgt:

$$\Delta\vartheta_{In,neu} = 49,3 \text{ K} \cdot \left[\frac{0,8 \text{ kW}}{1,2 \text{ kW}} \right]^{1/1,3} = 36,1 \text{ K}$$

[Gl. 3]

Der Heizkörperexponent n wurde mit 1,3 – typisch für einen Gliederheizkörper – angesetzt. Gut nachzuvollziehen sind die Zusammenhänge im Auslegungsdigramm für Heizkörper, die für den Heizkörper 1 in Bild 4 eingetragen sind:

Punkt 1 ist der ursprüngliche Auslegungspunkt. Er ist eingetragen bei 100 % Leistung ($\dot{Q}/\dot{Q}_n = 1,0$) und bei 100 % Massenstrom ($\dot{m}/\dot{m}_n = 1,0$). Dieser Zustand wird gerade erreicht bei einer Vorlauftemperatur von 80 °C (60 K Temperaturdifferenz auf der x-Achse) und einer Rücklauftemperatur von 60 °C (40 K Temperaturdifferenz auf der y-Achse).

Punkt 2 kennzeichnet bei unverändertem Massenstrom die neue Leistung ($2/3$ der ursprünglichen Leistung).

Alle Punkte auf der blauen Linie sind Punkte mit der gleichen neuen Leistung und der logarithmischen Übertemperatur von 36,1 K. Theoretisch können daher alle Punkte auf dieser Linie (und ihrer Verlängerung) als neuer Betriebspunkt gewählt werden.

Paarungen für das neue Temperaturniveau

Drei mögliche Paarungen von Vor- und Rücklauftemperatur für das neue Temperaturniveau am Heizkörper 1 könnten also sein:

niveau am Heizkörper 1 könnten also sein:

- 63/50 °C, Punkt 2 mit altem Massenstrom,
- 71/44 °C, Punkt 3 mit halbiertem Massenstrom oder
- 58/54 °C, Punkt 4 mit dreifachem Massenstrom.

Weitere Paarungen gibt Bild 5 wieder.

Die gestrichelt eingetragene Linie symbolisiert die logarithmische Temperatur von 56,1 K. Sie ist die Summe aus Raumtemperatur 20 °C und logarithmischer Übertemperatur 36,1 K.

Für Raum 2 – mit der größeren Überdimensionierung – sind die Verhältnisse in Bild 6 wiedergegeben. Der ursprüngliche Auslegungspunkt (1) ist identisch. Hier trägt die neue, erforderliche logarithmische Übertemperatur $\Delta\vartheta_{In} = 28,9 \text{ K}$. Auf der orangefarbenen Linie liegen die Temperaturpaarungen, die diese Übertemperatur ermöglichen und mit denen die neue Leistung für Heizkörper 2 erreicht wird.

Punkt 2 symbolisiert wie oben einen der neuen Auslegungspunkte, hier den mit unverändertem Massenstrom. Er wird bei Auslegungstemperaturen von 54/44 °C erreicht. Die notwendige Vorlauftemperatur wird aber vom Heizkörper 1 bestimmt. Soll dort z. B. der alte Massenstrom beibehalten werden, dann muss das Netz mit einer Auslegungs-

vorlauftemperatur von $t_{V,A} = 63 \text{ °C}$ betrieben werden (vgl. Bild 4). Für den Heizkörper 2 bedeutet das, dass der Massenstrom auf 40 % seines alten Wertes sinkt (Punkt 3, Bild 6) und sich eine Rücklauftemperatur von $t_{R,A} = 38 \text{ °C}$ im Auslegungsfall einstellt.

Anhand dieser Betrachtungen wird folgendes deutlich: Selbst wenn das Netz vorher hydraulisch abgeglichen war, muss der Abgleich nach der Sanierung neu durchgeführt werden, weil sich die thermischen und damit die hydraulischen Verhältnisse grundlegend ändern können. Es wird auch deutlich: die Wahl der neuen Auslegungs-Vorlauftemperatur steht grundsätzlich offen. Die Rücklauftemperaturen ergeben sich an allen Heizkörpern individuell. In diesem Punkt ähnelt das Verfahren der Heizkörperauslegung nach VDI 6030 [4].

Vorgehensweise bei fehlenden Daten

Wie wird bei fehlenden Daten über das ursprüngliche Gebäude und die ursprüngliche Anlage vorgegangen? Wenn nicht bekannt ist:

- welche Auslegungstemperaturen früher vorlagen,
- ob die vorhandenen Heizkörper richtig dimensioniert waren und
- welche Heizlasten vor der Sanierung überhaupt vorlagen,

ist wie nachfolgend beschrieben zu verfahren. Anstelle des „alten“ Zustandes vor der Sanierung, für den die Daten fehlen, ist der „Normzustand des Heizkörpers“ einzusetzen. Das bedeutet:

In [Gl. 1] ist statt der „alten“ logarithmischen Übertemperatur die „Übertemperatur bei Normtemperaturen“ zu verwenden. Diese Normtemperaturen sind in der EN 442 mit 75/65/20 °C festgelegt, wonach die Übertemperatur $\Delta\vartheta_{In,alt} = 49,8 \text{ K}$ beträgt.

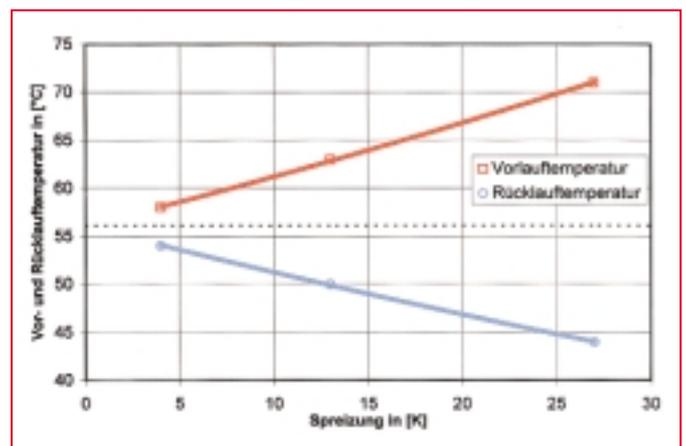


Bild 5 Mögliche Temperaturniveaus für Heizkörper 1

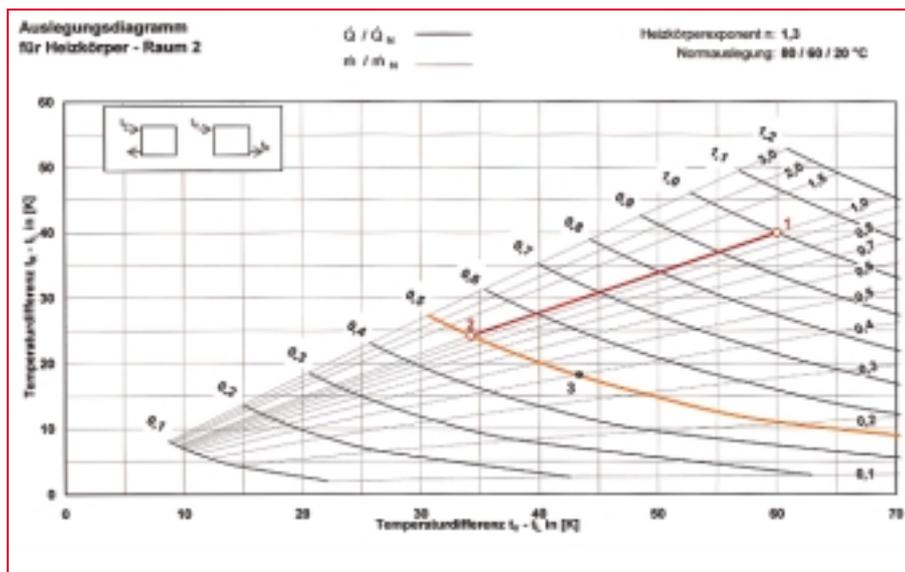


Bild 6 Heizkörperauslegungsdiagramm für Raum 2

In [Gl. 2] wird dann an Stelle der alten Raumheizlast die Normheizleistung des Heizkörpers (bei 75/65/20 °C) eingesetzt. Sie ist für den vorhandenen Heizkörper mit Hilfe von Katalogdaten zu bestimmen. Auch bei dieser Vorgehensweise ergibt sich die gleiche neue logarithmische Übertemperatur nach [Gl. 3]. Die neue Raumheizlast muss bekannt sein oder zumindest eine überschlägige Heizlastbestimmung für den sanierten Zustand durchgeführt werden. Die Wahl einer bestimmten Vorlauftemperatur für das ganze Netz wird von zahlreichen Faktoren bestimmt. Die vielfältigen Einflüsse wurden in Bild 2 aufgezeigt: z. B. Bedingungen der Wärmeerzeuger an Vor- und Rücklauftemperaturen oder auch vorhandene Heizkostenerfassungsgeräte, die eventuell eine bestimmte Mindest-Auslegungsvorlauftemperatur erfordern. Analysiert man all diese Randbedingungen, wird klar: Alle Forderungen können nicht in vollem Umfang und gleicher Qualität erfüllt werden, es müssen zwangsläufig Prioritäten gesetzt werden. Welche Randbedingungen bei der Wahl der Vorlauftemperatur und beim hydraulischen Abgleich zu beachten sind und wie eine Optimierung in der Praxis umgesetzt werden kann, sind Inhalte der folgenden Teile.

Die Einflüsse der am Markt verfügbaren bzw. in der Anlage installierten Komponenten auf die Anlagenoptimierung werden in Teil 2 in der nächsten SBZ untersucht. Übrigens: Parallel zur Artikelserie Serien wird die Optimierung von Anlagen im Bestand auch in der Praxis umgesetzt und getestet. Dazu gehört ein von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördertes Feldprojekt, bei dem 100 Gebäude mit dem in dieser Serie beschriebenen Verfahren optimiert wurden. Die Ergebnisse fließen in die Inhalte dieser Serie ein.

Literatur

- [1] Timm, Tobias: Optimierung des Temperaturniveaus in bestehenden Heizungsanlagen. Studienarbeit an der FH Braunschweig/Wolfenbüttel. 2002
- [2] Timm, Tobias: Optimierung der Hydraulik in bestehenden Heizungsanlagen. Diplomarbeit an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel. 2002
- [3] Schramek, Ernst-Rudolf (Hrsg.): Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik. Oldenbourg Industrieverlag. München. 2001
- [4] VDI-Richtlinie 6030 Auslegung von freien Raumheizflächen – Blatt 1: Grundlagen und Auslegung von Raumheizkörpern. VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung. Beuth Verlag. Berlin. Juli 2002



Die Autorin Dipl.-Ing. (FH) **Kati Jagnow** ist selbständige Ingenieurin der TGA, Wernigerode, E-Mail: kati.jagnow@fh-wolfenbuettel.de



Der Autor Dipl.-Ing. (FH) **Christian Halper** ist Mitarbeiter am IWO, Hamburg



Der Autor Dipl.-Ing. (FH) **Tobias Timm** ist Mitarbeiter beim enercity-Klimaschutzfonds proKlima in Hannover