

Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand

Die vorliegende mehrteilige Serie befasst sich mit dem Thema Energieeinsparung im Gebäudebestand durch Optimierung der vorhandenen Heizungsanlagen. Dabei wird die Anlagentechnik als Gesamtsystem betrachtet, es sollen nicht nur "einzelne Komponenten" verbessert werden. Neben der Erläuterung des Zusammenspiels einzelner Anlagenbestandteile steht die zeit- und kostensparende Umsetzung durch Einsatz von Softwarelösungen im Zentrum der Ausführungen.

...

Energieeinsparung im Bestand

Im Zusammenhang mit der neuen EnEV 2002, dem scheinbar ultimativen Mittel zur Energieeinsparung in Deutschland, wird viel über neue Technologien in neuen Gebäuden philosophiert: vor allem zur Schonung der Primärenergiereserven und zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes. Der Einsatz von Wärmepumpen, Holzpelletkesseln, transparenter Wärmedämmung u. ä. sind angeblich der Weg zum Ziel.

Dennoch darf man eines nicht aus den Augen verlieren: ein viel größeres Energieeinsparpotential liegt im Gebäude- und Anlagenbestand. 92 % aller Wohn- und Nutzflächen in Deutschland entfallen auf Gebäude, die noch vor dem Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnung von 1995 errichtet worden sind. Diese Gebäude verbrauchen 97 % der Energiemenge, die für die Gebäudebeheizung aufgewendet wird.

...

Auf Grund von im Vorfeld prognostizierten Energieeinsparungen werden immer mehr Gebäude baulich saniert. Leider werden dabei oft die alten Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitungsanlagen in ihrem Urzustand belassen und nicht an die veränderten Verhältnisse angepasst. Wenn die Energieeinsparung in der Praxis dann doch nicht so üppig ausfällt, wie erwartet, ist die Enttäuschung - vor allem auf Seiten der Nutzer - groß. In der Fachwelt wird die Abweichung des tatsächlichen Verbrauchs von der Prognose oft dem Nutzer oder den Witterungsverhältnissen zugeschoben.

Die Autoren sehen jedoch die Anpassung der Anlagentechnik an die neuen baulichen Verhältnisse als eines der wichtigsten Mittel zur Realisierung der geplanten Energieeinsparung an. Das Problem "Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand" soll daher in mehreren Artikeln näher erörtert werden.

Einen Überblick wichtiger Themen und Zusammenhänge, die in den einzelnen Teilen des Aufsatzes erläutert werden, sind in Abbildung 1 dargestellt. Eine genauere Angabe zu den Inhalten folgt am Ende des vorliegenden ersten Teils.

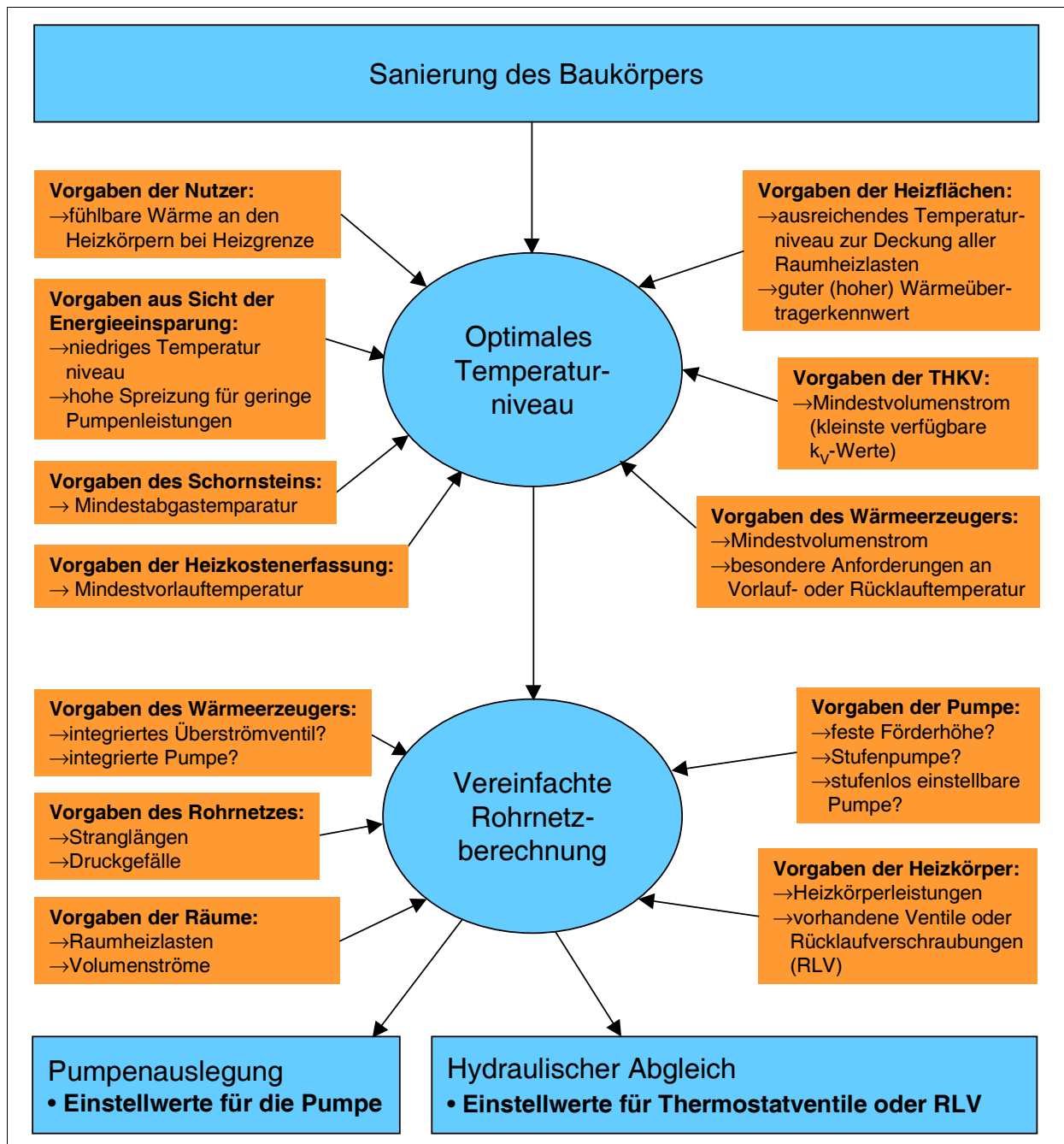
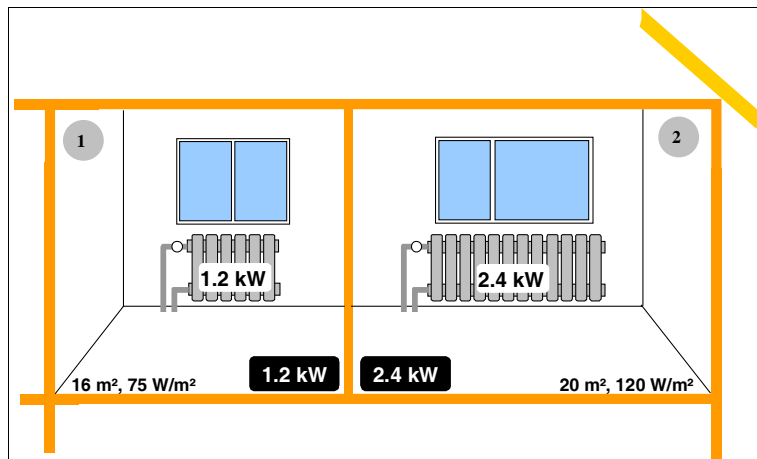


Abbildung 1 Zusammenhänge bei der Anlagenoptimierung

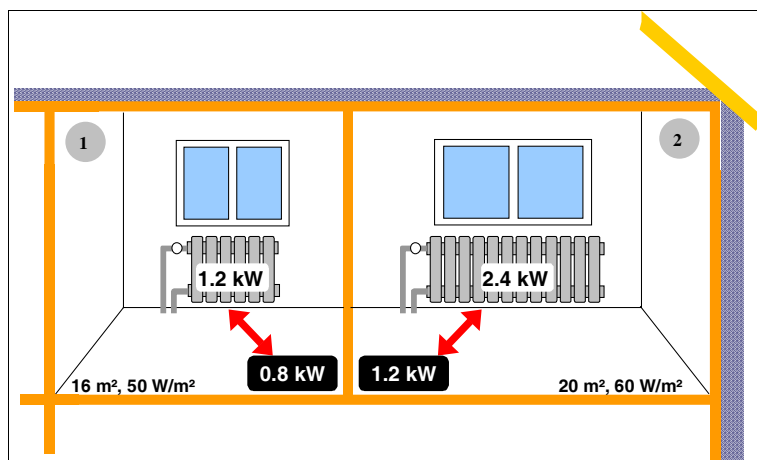
Gründe für eine Anpassung des Temperaturniveaus

Die Frage, wann und warum das alte Temperaturniveau der Anlagentechnik in einem Gebäude verändert werden sollte, soll an einem Beispiel erläutert werden. Das Beispielgebäude sei ein größeres Mehrfamilienhaus, aus dem zwei Räume in Abbildung 2 schematisch gezeigt sind. Der linke Raum (Raum 1) ist ein Innenraum, der rechte (Raum 2) ein Eckraum dieses Gebäudes.



Situation vorher:

- 2 Räume.
- Temperaturniveau: 80/60°C.
- Je ein Heizkörper, passend zur Heizlast und zum gewählten Temperaturniveau (Plandaten sind bekannt).



Situation nach der Sanierung:

- 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)

Abbildung 2 Beispielräume

Vor der Sanierung stimmen die realen Heizkörperleistungen (die reale Heizkörperleistung ergibt sich aus der Heizkörpergröße bzw. Normleistung und dem gewählten Temperaturniveau) mit den Raumheizlasten überein. Durch die Sanierung (Fenster austausch, Außenwanddämmung und Dachdämmung) sinken die Raumheizlasten.

Allerdings verringert sich die Raumheizlast im Außenraum (Raum 2) stärker als im Innenraum (Raum 1). Der Grund hierfür ist der höhere Anteil sanierter Flächen bezogen auf die gesamten Umschließungsflächen beim Außenraum. Die Sanierung macht sich umso mehr bemerkbar, je mehr Begrenzungsflächen eines Raumes von ihr betroffen sind. Im gegenteiligen Extremfall, einem Innenflur, der gar nicht von der Sanierung betroffen wäre, würde sich die Heizlast überhaupt nicht ändern.

Fest steht nach der Sanierung folgendes: beide Heizkörper besitzen aufgrund der gleich gebliebenen Systemtemperaturen eine zu große Leistung. Das Temperaturniveau muss daher angepasst werden.

Verschwendungspotential

Nun mag man sich die Frage stellen, warum das Temperaturniveau überhaupt geändert werden soll? Es sind doch allorts 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 nicht ausreichende Qualitätssicherung auf Seiten der Anlagentechnik entsteht, wird auch als "Verschwendungspotential der Anlagentechnik" bezeichnet.

Für das Beispielgebäude bedeutet das: obwohl der Baukörper saniert ist und das Gebäude theoretisch nur noch die halbe Energiemenge im Vergleich zu vorher benötigen würde, kann die Anlage immer noch die alte Energiemenge liefern, weil die Heizflächen, die hydraulischen Einstellungen und die Vorlauftemperatur 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 überhaupt benötigt werden.

Dieses Mehrangebot an Leistung kann zu einer - vom Nutzer unbemerkten - Energieverschwendung führen. Wärme kann zum Beispiel durch ständig gekippte Fenster abgelüftet werden, ohne dass die betreffenden Räume wirklich auskühlen. Die Fenster bleiben also, da unbemerkt, unnötig lange offen. Das Verschwendungspotential besagt allerdings nicht, dass die volle Überkapazität in jedem Fall sinnlos verbraucht wird. Der Nutzer entscheidet wesentlich darüber. Klar ist jedoch auch: je weniger Überkapazität bereitgestellt wird, desto weniger kann verschwendet werden.

Ein Weg - und aus Sicht der Investitionskosten gesehen, ein sehr günstiger - zur Anpassung der Anlagenleistung an die neuen Verhältnisse ist die Wahl eines neuen Temperaturniveaus und ein anschließender hydraulischer Abgleich der Anlage.

Festlegen der neuen notwendigen Übertemperatur

Am Beispiel der beiden Räume aus Abbildung 2 wurde bereits gezeigt, dass die Heizlasten in den einzelnen Räumen bei der Sanierung nicht gleichmäßig sinken. Es muss bei der Wahl eines neuen Temperaturniveaus daher erst einmal festgestellt werden, welcher Heizkörper nach der Sanierung die geringste (thermische) Überdimensionierung seiner Heizkörperleistung gegenüber der Raumheizlast aufweist. Nach diesem Heizkörper richtet sich das neue Temperaturniveau.

Für die beiden Beispierräume ergeben sich bei den alten Temperaturverhältnissen folgende Verhältnisse: Im Raum 1 ist eine Überdimensionierung des Heizkörpers von 150 %, im Raum zwei von 200 % festzustellen. Das bedeutet, dass der Heizkörper im Innenraum 1 - thermisch gesehen - der ungünstigste ist. 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 alten Auslegungsbedingungen 80/60/20°C:

$$\Delta\vartheta_{in,alt} = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \frac{\vartheta_V - \vartheta_L}{\vartheta_R - \vartheta_L}} = \frac{80 - 60}{\ln \frac{80 - 20}{60 - 20}} \text{K} = 49,3\text{K} . \quad \text{Gleichung 1}$$

Dann wird mit Hilfe einer der drei grundlegenden Heizkörpergleichungen (Theorien hierzu sind in anderen Literaturquellen zu finden, z. B. in [3]) die neue Übertemperatur bestimmt. Die Heizkörpergleichung lautet in ihrer Grundfassung:

$$\frac{\dot{Q}_{neu}}{\dot{Q}_{alt}} = \left(\frac{\Delta\vartheta_{in,neu}}{\Delta\vartheta_{in,alt}} \right)^n . \quad \text{Gleichung 2}$$

Nach dieser Gleichung verhalten sich neue und alte Leistung eines Heizkörpers \dot{Q} - bis auf den Einfluss des Heizkörperexponenten n - proportional zu den vorhandenen logarithmischen Übertemperaturen. Für den thermisch ungünstigsten Raum 1 ergibt sich die neue logarithmische Übertemperatur durch Umstellen der Gleichung wie folgt:

$$\Delta\vartheta_{in,neu} = \Delta\vartheta_{in,alt} \cdot \left(\frac{\dot{Q}_{neu}}{\dot{Q}_{alt}} \right)^{1/n} = 49,3\text{K} \cdot \left(\frac{0,8\text{kW}}{1,2\text{kW}} \right)^{1/1,3} = 36,1\text{K} . \quad \text{Gleichung 3}$$

Dabei sind die Leistungen bekannt (es sind die Raumheizlasten), und der Heizkörperexponent n wird mit 1,3 - typisch für einen Gliederheizkörper - angesetzt. Gut nachzuvollziehen sind die Zusammenhänge im Auslegungsdiagramm für Heizkörper, das für den Heizkörper 1 in Abbildung 3 gezeigt wird.

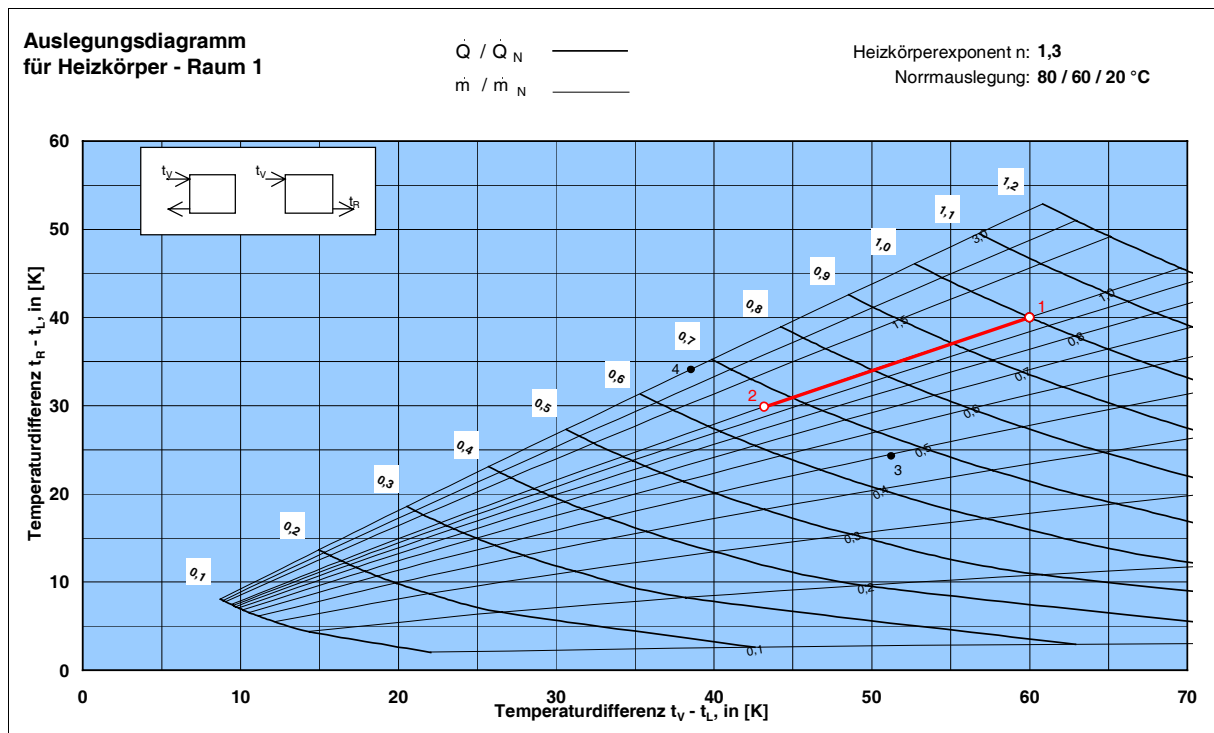


Abbildung 3 Heizkörperauslegungsdiagramm für Raum 1

Punkt 1 im Bild ist der alte Auslegungspunkt. Er ist eingetragen bei 100 % Leistung ($\dot{Q} / \dot{Q}_N = 1,0$ - Linien von oben links nach unten rechts) und bei 100 % Massenstrom ($\dot{m} / \dot{m}_N = 1,0$ - Linien von unten links nach oben rechts). 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 ist eingetragen bei der geringeren Leistung (2/3 der ursprünglichen Leistung $\dot{Q} / \dot{Q}_N = 0,67$) nach der Sanierung, aber immer noch beim vollen alten Massenstrom ($\dot{m} / \dot{m}_N = 1,0$). Alle Punkte, die auf der eingezeichneten blauen Linie liegen, sind Punkte mit der gleichen neuen Leistung, die mit der gleichen logarithmischen Übertemperatur von 36,1 K erreicht werden kann. Daher kommen alle Punkte auf dieser Linie als neue Betriebspunkte in Betracht - nicht nur der eingezeichnete Punkt 2.

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

- 63/50°C (Punkt 2 - mit altem Massenstrom $\dot{m} / \dot{m}_N = 1,0$),
- 71/44°C (Punkt 3 - mit 50 % des alten Massenstromes $\dot{m} / \dot{m}_N = 0,5$) oder
- 58/54°C (Punkt 4 - mit dreifachem Massenstrom $\dot{m} / \dot{m}_N = 3,0$).

Weitere Paarungen werden in Abbildung 4 wiedergegeben. Die im Bild 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).

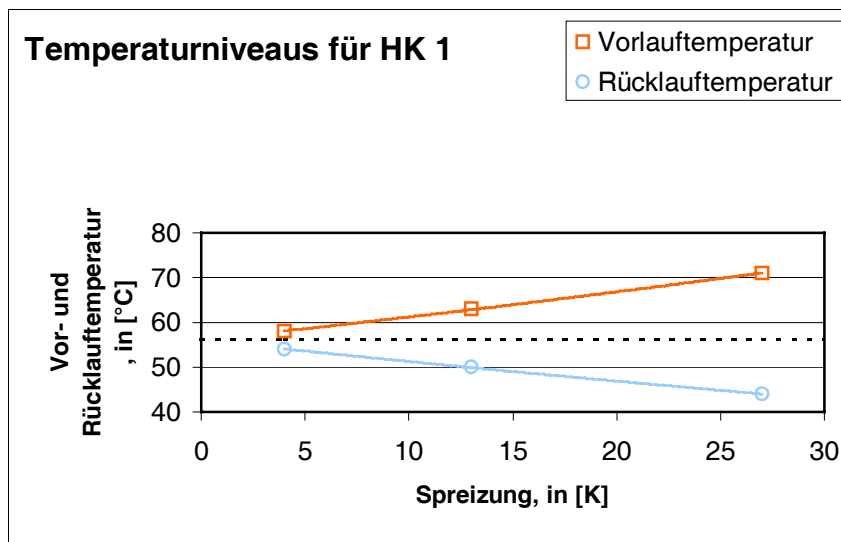


Abbildung 4 Mögliche Temperaturniveaus für Heizkörper 1

Ebenso wie für Raum 1 kann auch für Raum 2 ein Heizkörperauslegungsdiagramm erstellt werden. Für den zweiten Raum ... beträgt die neue, aus den Leistungen bestimmte logarithmische Übertemperatur $\Delta\vartheta_{in} = 28,9$ K.

...

Die notwendige Vorlauftemperatur wird aber vom Heizkörper 1 bestimmt. Soll dort z.B. der alte Massenstrom beibehalten werden, dann muss das ganze Netz mit einer Auslegungsvorlauftemperatur von $t_{V,A} = 63^\circ\text{C}$ betrieben werden. Für den Heizkörper 2 bedeutet das, dass der Massenstrom auf nur 40 % seines alten Wertes sinkt.

Anhand dieser Betrachtungen wird folgendes deutlich: selbst wenn das Netz vorher hydraulisch abgeglichen war, muss der Abgleich nach der Sanierung wiederholt werden, weil sich die thermischen und damit die hydraulischen Verhältnisse grundlegend ändern können! Es wird auch deutlich: die Wahl der neuen Vorlauftemperatur steht grundsätzlich offen. Die einzige Bedingung ist, dass alle Räume warm werden und für den thermisch ungünstigsten Raum die logarithmische Übertemperatur erreicht wird. Die Rücklauftemperaturen stellen sich an allen Heizkörpern automatisch ein. Damit ergibt sich eine mittlere Rücklauftemperatur für das ganze Netz. In diesem Punkt ähnelt das Verfahren der Heizkörperauslegung nach der VDI 6030 [4].

Praxis: Fehlende Daten für den Bestand

Eine Frage, die sich dem Praktiker beim Lesen sicherlich schon gestellt haben wird, soll an dieser Stelle beantwortet werden: Wie soll bei **fehlenden Daten** über das alte Gebäude und die alte Anlage vorgegangen werden?

Wenn nicht bekannt ist:

- welches **Temperaturniveau in der Altanlage** gefahren wird (die Vorlauftemperatur kann über die Reglereinstellungen ermittelt werden, die sich einstellende Rücklauftemperatur ist aber in der Regel unbekannt),
- ob die vorhandenen Heizkörper **passend zur alten Heizlast 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 Gleichung 1 ist statt der "alten" logarithmischen Übertemperatur die "Übertemperatur bei Normtemperaturen" bei zu verwenden. Diese Normtemperaturen sind in der EN 442 mit $75/65/20^\circ\text{C}$ festgelegt, wonach die Übertemperatur Gleichung 1 $\Delta\vartheta_{in,alt} = 49,8$ K beträgt.

Bei diesem Norm-Temperaturpaar dokumentieren Hersteller die Heizkörperleistungen in Katalogen. In Gleichung 2 wird dann an Stelle der "alten" unbekanntes Raumheizlast die Normheizleistung des Heizkörpers bei 75/65/20°C eingesetzt. Sie ist für den vorhandenen Heizkörper mit Hilfe von Katalogdaten zu bestimmen.

Trotz der beschriebenen veränderten Vorgehensweise ergibt sich die gleiche neue logarithmische Übertemperatur nach Gleichung 3. Allerdings gilt auch für diese Vorgehensweise, dass die neue Raumheizlast bekannt sein muss. Eine - zumindest überschlägige - Heizlastbestimmung für den sanierten Zustand muss vorliegen oder durchgeführt werden.

Weiteres Vorgehen: Ausblick auf die Serie

Die Wahl einer bestimmten Vorlauftemperatur für das ganze Netz wird von zahlreichen Faktoren bestimmt. Einzelne Einflüsse sind bereits in Abbildung 1 aufgezeigt worden, z.B. Bedingungen, die der Wärmeerzeuger an Vor- und Rücklauftemperaturen stellt oder auch vorhandene Heizkostenerfassungsgeräte, die eventuell eine bestimmte Mindest-Vorlauftemperatur erfordern. Betrachtet man all diese Randbedingungen, wird klar: alle Forderungen können nicht in vollem Umfang und gleicher Qualität erfüllt werden, es müssen zwangsläufig Prioritäten gesetzt werden.

Mit den Fragen, welche Randbedingungen bei der Wahl der Vorlauftemperatur und beim hydraulischen Abgleich zu beachten sind, wie eine Optimierung in der Praxis umgesetzt werden kann und weiteren Einzelthemen beschäftigen sich die späteren Teile der Serie. Folgende Inhalte sind geplant:

- Teil 2** Einflüsse am Markt verfügbarer Komponenten auf die Anlagenoptimierung: Kesselmindestvolumenstrom von Brennwertthermen, k_v -Werte üblicher Thermostatventile und Größen verfügbarer Pumpen. Weitere Randbedingungen auf die Wahl der Vorlauftemperatur: Wärmeübertragerkennwert der Heizflächen, installierte Heizkostenverteiler, Anforderungen der Nutzer, Anforderungen der Wärmeerzeuger an die Temperaturen im Netz u.a. Einflüsse.
- Teil 3** Rohrnetze im Bestand: Netztypen in bestehenden Anlagen, Aufnahme der Komponenten und Optimierungsstrategien unter verschiedenen Ausgangssituationen. Hydraulischer Abgleich und Pumpenwahl bei unbekanntes Rohrnetzen.
- Teil 4** Softwarelösung und Praxisbeispiel einer Optimierung: Aufnahmefragebögen und Zusammenfassung des Optimierungsablaufes. Vergleich mit ausführlichen Berechnungen.
- Teil 5** Wertanalyse: Theorie der Wertanalyse und Übertragung auf den konkreten Fall der Optimierung der Anlage. Weitere Einflussgrößen auf die Anlagenoptimierung, die nicht in der Software umgesetzt sind.

Parallel zur Ausgabe dieser Serien wird das Problem **Optimierung von Anlagen im Bestand** auch in die Praxis umgesetzt und getestet. Zwei wichtige Projekte seien kurz genannt: in einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Feldprojekt werden noch in diesem Jahr etwa 70 Gebäude in Norddeutschland mit dem in dieser Serie beschriebenen Verfahren optimiert. Die resultierende Energieeinsparung, der Kosten- und Zeitaufwand werden dabei auch quantitativ dokumentiert. Ein zugehöriges Softwareprogramm derzeit beim enercity-Klimaschutzfonds proKlima in Hannover eingesetzt und getestet. Die Ergebnisse dieser Projekte fließen in die Inhalte dieser Serie ein.

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Kati Jagnow und Dipl.-Ing. (FH) Christian Halper sind beide wissenschaftliche Mitarbeiter am Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel e.V., An-Institut der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel. Dipl.-Ing. (FH) Tobias Timm ist freier Mitarbeiter beim enercity-Klimaschutzfonds proKlima in Hannover.