



Sparen durch Anpassen: Das OPTIMUS-Projekt

Durch optimale Einstellung von Heizung, Pumpen, Regelung und Thermostatventilen lassen sich zehn bis 20 Prozent Heizenergie einsparen. Das ergab das groß angelegte Forschungsprojekt OPTIMUS. Heizungspumpen sind durchschnittlich dreifach zu groß, die Heizkessel um 80 Prozent. Das Optimieren lohnt sich für Haushalte; für Handwerker ergibt sich daraus ein neues Geschäftsfeld. Durch Optimierung aller Heizungen könnte Deutschland seine kompletten Emissionsminderungspflichten erfüllen.

Die meisten Gebäude haben Heizungsanlagen mit hochwertigen Einzelkomponenten wie Kessel, Regler, Pumpen, Thermostatventile. Oft arbeiten die Module jedoch nicht optimal zusammen, etwa wegen fehlendem hydraulischen Abgleich, zu großen Heizflächen und Pumpen sowie falscher Regelung. Die Optimierung der Gesamtanlage vermeidet Verschwendung von Heizenergie und passt die Heizwassertemperatur dem Bedarf an. Das verursacht nur geringe Kosten und führt zu merklichen Energieeinsparungen.

Das OPTIMUS-Projekt

Das Projekt OPTIMUS (Optimierung von Heizungssystemen durch Information und Qualifikation zur nachhaltigen Nutzung von Energieeinsparpotenzialen) zielte darauf ab, bisher nicht genutzte Einsparpotenziale durch Abstimmung der einzelnen Heizungskomponenten aufzudecken und zu nutzen. Das Projekt vereint Forschung, Qualifizierung und Information in einem Ansatz, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Zur Projektgruppe gehörte die Innung Sanitär- und Heizungstechnik Wilhelmshaven, die berufsbildende Schule II Aurich, das Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel (TWW, Prof. Wolff), die Forschungsgruppe praxisnahe Berufsbildung Uni Bremen und die Firma Wilo.

Der Forschungsansatz

Wie viel Energie lässt sich durch eine solche Optimierung einsparen? Um diese Frage zu beantworten, wurden im norddeutschen Raum circa 90 Häuser zufällig ausgewählt und genau untersucht. Es handelte sich teilweise um Einfamilienhäuser,

teilweise um Mehrfamilienhäuser. Die Gebäude unterschieden sich auch im Baujahr und in der Beheizungsart (Öl, Gas, Fernwärme).

Die Projektgruppen untersuchten den jeweiligen Energieverbrauch über insgesamt fast drei Heizperioden. Dazu wurden die Gebäude mit Wärmemengezählern für Heizung und Trinkwasserversorgung ausgestattet. In der ersten Heizperiode 2002/03 wurde zunächst der Ist-Zustand ohne technische Verbesserungen festgehalten. Die monatlichen Verbrauchswerte wurden in einer zentralen Datenbank gesammelt und ausgewertet.

Häufige Mängel sind:

- Die Thermostatventile sind etwa um den Faktor sieben bis zehn zu hoch eingestellt.
- Ein hydraulischer Abgleich ist in deutlich weniger als zehn Prozent der Anlagen vorhanden.
- Weniger als die Hälfte der Thermostatventile sind nicht voreinstellbar.
- Die Heizungspumpen sind um den Faktor drei überdimensioniert.
- Die Heizkörper sind um etwa 70 Prozent zu groß bemessen.
- Die Heizkessel sind um etwa 80 Prozent zu groß ausgelegt.
- Die Heizungsregelung steht meist auf Werkseinstellung: Steilheit 1,6, Parallelverschiebung vier Grad, Auslegungstemperatur 80 Grad.

Fazit: Verschwendung!

Die Überdimensionierung der Komponenten eröffnet ein großes Sparpotenzial. Der fehlende hydraulische Abgleich sowie die Heizkörper-, Pumpen- und Thermo-

statventilüberdimensionierung provozieren ein schlechtes Regelverhalten (Zweipunktverhalten der Einzelraumregelkreise). Die Anlagen verursachen unnötig viele Geräusche und haben eine schlechte Wärmeverteilung.

Optimierung

Etwa 30 Gebäude mit einem vergleichsweise hohen Energieverbrauch wurden ausgewählt und im Jahr 2003 heizungstechnisch optimiert. Die konkreten Verbesserungsmaßnahmen wurden gemeinsam mit der TWW an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel geplant und von Handwerkern vor Ort durchgeführt.

- Die Optimierung umfasste
- den hydraulischen Abgleich mit Voreinstellung von Thermostatventilen,
 - die Einstellung einer ausreichenden Förderhöhe an der Pumpe,
 - die Einstellung der Vorlauftemperatur am zentralen Regler.

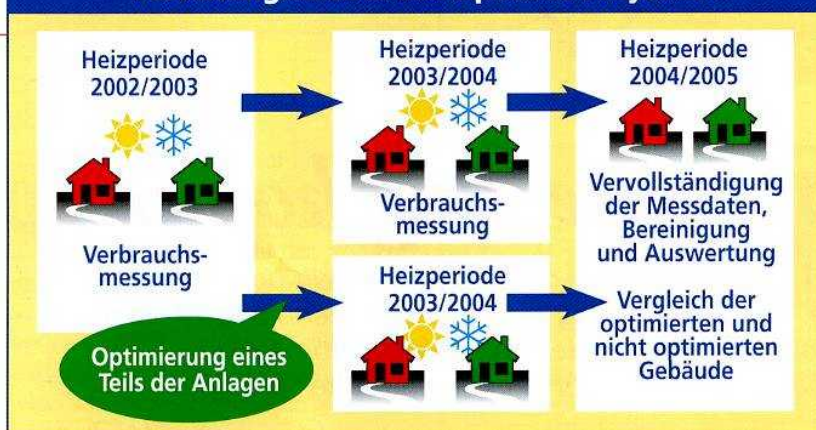
Die notwendigen Einstellungen der Heizungstechnik berechnete eine eigens neu entwickelte Software.

Einsparungen

Ein Vergleich zwischen optimierten und nicht optimierten Gebäuden in der zweiten und dritten Heizperiode zeigt, wie viel Energie sich tatsächlich einsparen lässt. Alle Messdaten wurden selbstverständlich um Witterungseinflüsse korrigiert, um die Werte vergleichbar zu machen.

Es zeigt sich ein Einsparpotenzial von etwa zehn Kilowattstunden pro Quadratmeter, bezogen auf die beheizte Wohnfläche. Dem stehen Investitionen von zwei

Forschungsansatz des Optimus-Projekts



bis maximal fünf Euro je Quadratmeter beheizte Wohnfläche gegenüber, je nachdem ob Thermostatventile und Pumpen nur eingestellt oder ausgetauscht werden mussten. Damit sind diese Sparmaßnahmen vor allem dann wirtschaftlich, wenn die Komponenten lediglich neu eingestellt werden müssen.

Überraschenderweise bringt die Optimierung größere Einsparungen in neuen Gebäuden mit geringerem Verbrauch. In alten Gebäuden mit hohem Verbrauch können Überschüsse besser genutzt werden. Die insgesamt mangelnde Qualität führt zu geringeren Verschwendungspotenzialen. Deshalb sind auch die Einsparpotenziale geringer.

Die Einsparung durch die Optimierung beträgt im Mittel über alle Gebäude sieben Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr.

Hochrechnung

Hochgerechnet auf den Gebäudebestand der Bundesrepublik lassen sich jährlich 20.000 bis 28.000 GWh Primärenergie beziehungsweise vier bis zwölf Millionen Tonnen CO₂ einsparen. Zum Vergleich: Die deutschen CO₂-Minderungsverpflichtungen liegen bei zehn Millionen Tonnen CO₂.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Kosten hängen vom Umfang der Optimierung ab. Die spezifischen Kosten je Quadratmeter Wohnfläche halbieren sich nahezu mit zunehmender Wohnfläche.

Im günstigsten Maßnahmenpaket, in dem die Komponenten nur eingestellt werden, liegen die Kosten zwischen zwei Euro je Quadratmeter für ein kleines Einfamilienhaus und sinken auf gut einen Euro in großen Mehrfamilienhäusern. Die kostspieligste Optimierungsvariante (Pumpe, Differenzdruckregler und Ther-

mostatventile neu) kostet zwischen 6,50 Euro je Quadratmeter für ein Einfamilienhaus und 3,70 Euro je Quadratmeter für ein großes Mehrfamilienhaus. Die mittleren Investitionskosten betragen vier Euro je Quadratmeter Wohnfläche. Die Optimierung ist auf jedem Fall wirtschaftlich. Im schlechtesten Fall rechnen sie sich ab einer jährlichen Energiepreissteigerung von sieben Prozent. In allen anderen Fällen ist die Wirtschaftlichkeit sofort gegeben.

Anhand der Wirtschaftlichkeit lassen sich Empfehlungen aussprechen.

- 1) Die Optimierung empfiehlt sich uneingeschränkt für alle nach 1978 errichteten Gebäude.
- 2) In älteren Gebäuden (vor 1977 gebaut) rentiert sich eine Optimierung vor allem für Mehrfamilienhäuser und für Gebäude mit Öl- oder Gasheizungen. Eine Optimierung sollte auf jeden Fall erfolgen, wenn ohnehin Investitionen in die Anlage notwendig sind, eine Modernisierung der Gebäudehülle erfolgt ist oder wenn bereits einstellbare Komponenten vorhanden sind.

Handwerkerqualifizierung

Handwerkern fehlen meist die für die Optimierung notwendigen Grundkenntnisse. Die bestehenden Lehrpläne und Lehrbücher decken den hydraulischen

Abgleich nur unzureichend ab. Deshalb wurden im Projekt neue Schulungen für Handwerker entwickelt. Sie vermitteln ein Verständnis der Heizanlage als System, zu dem neben Kessel, Pumpen, Hydraulik auch der Nutzer gehört. In die Schulung werden auch Lehrkräfte an Berufsschulen einbezogen.

Theorie und Praxis

Das Projekt bot auch Gelegenheit, gemessene mit theoretisch berechneten Energiekennwerte zu vergleichen. In der theoretischen Energiebilanz wird je nach Baualter und Baustandard mit Heizgrenztemperaturen (Beginn und Ende der Heizzeit) zwischen zehn Grad im Neubau und 15 Grad im Bestand gerechnet. In der Praxis finden sich weit höhere Werte zwischen 15 Grad und 18 Grad, fast unabhängig vom Baualter und Baustandard. In der Praxis wird also bedeutend länger geheizt, als theoretisch erwartet.

Weitere Informationen über das Projekt findet man unter:
www.optimus-online.de

Aufgrund der theoretischen Berechnungsprogramme wird den Bauherren eine deutlich zu hohe Energieeinsparung versprochen, die sich in der Praxis nicht bewahrheitet. In der Theorie verbraucht ein altes Gebäude dreimal mehr als ein neues Gebäude. In der Praxis ergibt sich nur ein Unterschied von 50 Prozent. Die theoretische prognostizierte Einsparung ist also um das Doppelte zu hoch.

Der klimabereinigte tatsächliche Verbrauch alter Gebäude liegt um rund 35 Prozent geringer als nach theoretischen Berechnungen zu erwarten wäre. Der Verbrauch neuer Gebäude liegt dagegen um zehn Prozent über dem errechneten Wert.

Handwerkerakzeptanz

Die Optimierung von Heizanlagen könnte für das Fachhandwerk neue und sehr gute Beschäftigungsmöglichkeiten eröffnen. Allerdings ist der Materialaufwand dabei gering, so dass nicht wie sonst üppig an den Materialprovisionen verdient werden kann. Hinderlich ist auch die erforderliche Fortbildung. Diese Widerstände müssen durch eine regen Nachfrage nach Optimierungen von Seiten der Verbraucher überwunden werden. ■

Einsparung durch Optimierung

Mit Wärmebedarf	
über 130 kWh/qm a:	12 kWh/qm a
unter 130 kWh/qm a:	4 kWh/qm a
Baujahr	
ab 1995:	19 kWh/qm a
1978 bis 1994:	14 kWh/qm a
bis 1977:	1 kWh/qm a
Einfamilienhaus:	4 kWh/qm a
Mehrfamilienhaus:	11 kWh/qm a
Öl- oder Gaskessel:	11 kWh/qm a
Fernwärme:	5 kWh/qm a



Heizungsoptimierung konkret

Die meisten Heizanlagen sind völlig falsch oder gar nicht eingestellt und verbrauchen deshalb unnötig viel Energie. Eine Optimierung spart zwischen zehn und 20 Prozent Brennstoffkosten. Wie wird eine Heizungsanlage optimiert?
Konkrete Schritte aus dem Optimus-Projekt (siehe Seite 10/ 11).

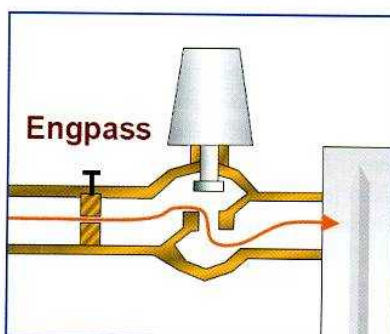
Eine Heizungsanlage optimiert man, in dem man alle Bauteile genau aufeinander und auf den Gebäudebedarf abstimmt. Konkret begrenzt man beispielsweise den Durchfluss von Heizwasser durch die Heizkörper sowie die Förderhöhe der Pumpe auf ein ausreichendes Maß und erniedrigt die Temperaturen in den Heizungsleitungen um überflüssige Wärmeverluste zu vermeiden.

Die Optimierung erfolgt in mehreren Schritten:

- Vorbereitung der Optimierung mit Gebäudebegehung und Aufnahme wichtiger vorhandener Komponenten
- Berechnung der notwendigen Einstellwerte durch den Handwerker im Büro
- Optimierung vor Ort mit Einstellung der berechneten Werte.

Durch die Optimierung werden alle Teile der Heizungsanlage aufeinander hydraulisch abgestimmt.

- Die Heizkörperventile müssen dafür voreinstellbar sein. Sind die vorhandenen Ventile nicht voreinstellbar, müssen sie ausgetauscht werden (vgl. Seite 16).
- Die Regelung der Heizung muss genau eingestellt werden.



Voreinstellbares Thermostatventil:
Nur wenn der Engpass richtig eingestellt ist, können interne Wärmequellen (Sonne, etc.) optimal genutzt werden.

- Als Letztes erfolgt die Einstellung der Pumpe. Die Förderhöhe wird auf den zuvor mit dem Optimierungs-Programm berechneten Wert eingestellt. Meist ist auch der Einbau einer neuen, sparsameren Heizungs Pumpe empfehlenswert und rentabel.

Hydraulischer Abgleich

Wasser verhält sich wie elektrischer Strom: Es fließt immer den Weg des geringsten Widerstands, auch in der Heizung. Durch lange und dünne Leitungen mit vielen Umlenkungen fließt weniger

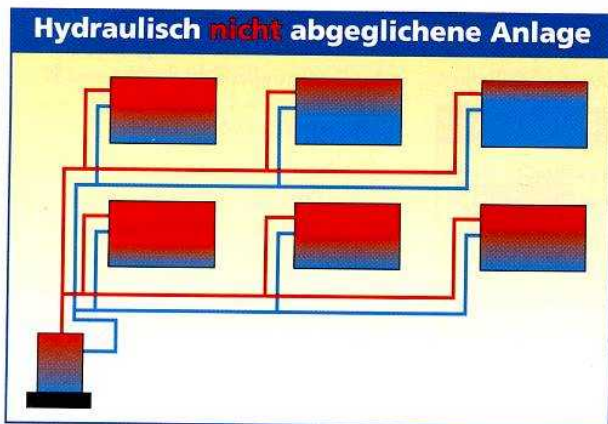
als durch kurze, große und gerade Rohre. Ein hydraulischer Abgleich stellt sicher, dass alle Heizkörper genau mit dem Wärmestrom versorgt werden, der zum Erreichen der benötigten Heizleistung gebraucht wird. Dazu baut man gezielt Leitungsengpässe ein.

Die benötigte Wassermenge hängt auch von der Wassertemperatur ab: Eine bestimmte Wärmemenge kann durch eine geringe Menge heißeren Wassers oder durch eine größere Menge weniger warmer Flüssigkeit transportiert werden.

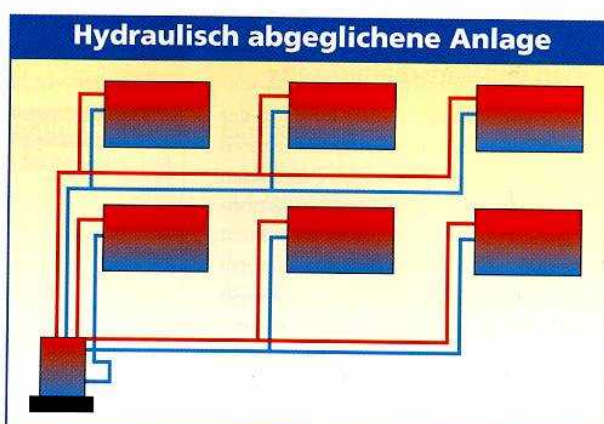
Schlechte Behelfslösungen

In der Praxis werden häufig „Behelfslösungen“ anstelle eines richtigen hydraulischen Abgleichs vorgenommen. Diese Eingriffe in die Anlagentechnik führen in der Regel zu einer Verbesserung der Wärmeversorgung des Gebäudes. Es kommen weniger Klagen über zu kalte Räume. Jedoch wird mehr Energie verbraucht oder die Geräusche nehmen zu.

Beschweren sich die Benutzer über zu kalte Räume, erhöht man häufig entweder die Pumpenleistung und/ oder hebt die Heizkurve an. Das Ergebnis ist zwar eine mollig warme Wohnung. Aber wie kommt das zustande?



Fehlt der hydraulische Abgleich, werden manche Heizkörper zu warm, andere bleiben kühl. Weniger als zehn Prozent aller Heizungsanlagen sind hydraulisch richtig abgeglichen.



Stellt man die Pumpe auf die höchste Drehzahlstufe ein, fördert diese dank der höheren elektrischen Leistung mehr Wasser beziehungsweise erhöht den Wasserdruck. Das führt dazu, dass das Heizwasser auch die Heizkörper erreicht, die vorher zu wenig Wasser erhielten. Allerdings werden alle anderen Heizkörper, die sowieso schon zu viel Heizwasser bekamen, jetzt noch stärker versorgt.

Das Anheben der Heizkurve bedeutet, die Vorlauftemperatur zu erhöhen. Das Heizwasser gelangt mit einer größeren Temperatur zu den Heizkörpern. Diese können jetzt mehr Wärme abgeben. Auch dies gilt wieder für alle Heizkörper, und nicht nur für die vorher schlecht versorgten.

Neues Rechenprogramm

Für die Optimierung von Heizanlagen wurde im Rahmen des Optimus-Projektes (siehe Seite 10) ein neues Rechenprogramm entwickelt. Es steht als Excel-Tabellenskalkulation „Optimierung von Heizungsanlagen“ kostenlos im Internet zur Verfügung. Halbtägige Schulungen führen in das Programm ein.

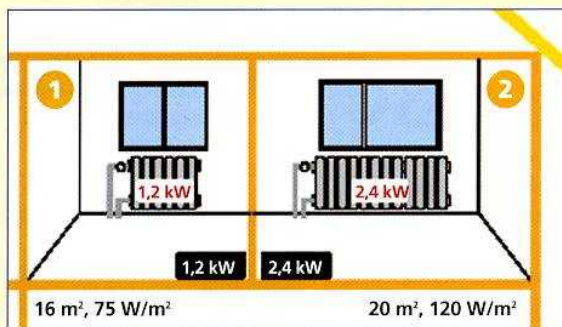
Welche Daten benötigt man für die Optimierung?

- Die Fenster- und Außenflächen für die Ermittlung der Raumheizlast (= Wärmebedarf des Raumes) sowie deren U-Werte.
- Typ und Maße der vorhandenen Heizflächen für die Ermittlung der Normheizleistung (= Angebot der Anlagentechnik).
- Typ, Größe und Voreinstellbarkeit der Thermostatventile bzw. Rücklaufverschraubungen für den hydraulischen Abgleich.

Die Optimierung beginnt mit der Datenaufnahme vor Ort. Dann werden die festgehaltenen Daten in das Softwareprogramm eingegeben.

Damit rechnet das Programm wie unten beschrieben Temperaturen und Drücke aus. Auf einem Übersichtsblatt zum Ausdrucken listet der Computer alle Einstellwerte der Anlagenkomponenten auf. Mit dieser Übersicht kommt der Anlagenfachmann ins Haus und nimmt alle Einstellungen vor Ort vor.

Vor Sanierung

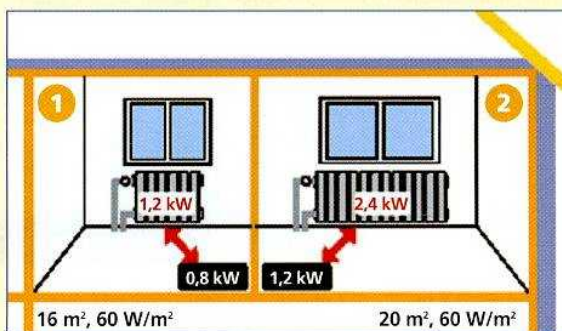


Situation vorher:

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

Hohes Verschwendungspotenzial!

Nach Sanierung



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)

Für Raum 1 werden statt bisher 1,2 kW nur 0,8 kW an Heizleistung benötigt. Für Raum 2 reichen statt 2,4 kW lediglich 1,2 kW aus, um den Raum zu heizen. Raum 1 hat eine geringere Überdimensionierung. Mindert man die Heiztemperatur so weit ab, dass Raum 1 noch ausreichend beheizt wird, dann ergibt sich für Raum 2 immer noch eine Überversorgung. Die Wärmezufuhr für Raum 2 muss also durch eine Voreinstellung des Thermostatventils vermindert werden. Um die notwendige Heizleistung für jeden Raum zu bestimmen, benötigt man die Größe der Außenwandflächen und deren U-Werte.

Temperaturbestimmung

Das Programm vergleicht für jeden Raum das Verhältnis von Angebot (Normheizleistung des Heizkörpers) zu Bedarf (Raumheizlast). Der Raum, bei dem dieses Verhältnis am kleinsten ist, wo also Angebot und Bedarf fast gleich sind, bestimmt die Optimierung. Es ist der Raum beziehungsweise der Heizkörper mit der geringsten Überdimensionierung. Wenn dieser Raum warm wird, werden es alle anderen auch. Dieser Heizkörper bestimmt daher das neue Temperaturniveau.

Weil dieses aber immer aus zwei Temperaturen (Mittelwert zwischen Vor- und Rücklauftemperatur) bestimmt wird, gibt es viele mögliche Paare aus Vor- und Rücklauftemperatur (z.B. die Paare 70 °C und 40 °C oder 60 °C und 50 °C, die beide zu einer mittleren Temperatur von

55 °C führen). Das Programm wählt aus allen möglichen Paaren von Vor- und Rücklauftemperatur die optimale für die Anlage aus. Diese Vorlauftemperatur legt einen Einstellwert für die Heizkurve fest, den der Anlagenfachmann später an der Regelung einstellt.

Druckverluste bestimmen Pumpenleistung

Erst wenn die Vorlauftemperatur für alle Heizkörper festliegt und die fließenden Heizwassermengen bestimmt sind, folgt die Ermittlung der Druckverluste. Sie hängen von der Länge und vom Durchmesser der Leitungen ab. Weil man die Rohre im zu optimierenden Gebäude nicht genau kennt und auch die Kosten für die Ermittlung viel zu groß wären, wird der Druckverlust in den Rohren



näherungsweise anhand typischer Kennwerte ermittelt. Für das ganze Netz ergibt sich ein Gesamtdruckverlust. Er bestimmt die erforderliche Förderhöhe der Pumpe. Die Pumpe wird so gewählt oder eingestellt, dass die Förderhöhe genau ausreicht, um das Heizwasser durch das vorhandene Rohrnetz mit allen seinen Verengungen zu pumpen und dabei auch den letzten Heizkörper im Netz noch bedarfsgerecht zu versorgen.

Druckverminderung

Dieser Druck ist für die pumpennahen Heizkörper eigentlich zu groß. Weil man aber an der Pumpe nur einen Wert für die Förderhöhe einstellen kann, der für das ganze Netz gilt, müssen für die Heizkörper in der Nähe der Pumpe besondere Vorkehrungen getroffen werden. Sonst würden diese möglicherweise überversorgt. Um dies zu vermeiden, wird der Durchfluss an den pumpennahen Heizkörpern begrenzt.

In die Zuleitungen der pumpennahen Heizkörper werden dazu definierte Engpässe in die Leitung eingebaut (Bild Seite 14). Vorstellbar sind diese als in die Rohrleitungen eingebaute Hähne. Sind sie fast zuge dreht, lassen sie nur kleine Wassermengen durch. Diese Bauteile werden als Voreinstellung (dann sitzen sie in der Zuleitung zum Heizkörper direkt im Thermostatventilinneren) oder Rücklaufverschraubung (dann sind sie hinter dem Heizkörper als separates Bauteil angeordnet) bezeichnet.

Das Computerprogramm gibt für jeden Heizkörper einen Wert aus, mit dessen Hilfe der Anlagenfachmann einfach ermitteln kann, auf welchen Wert die Voreinstellung des Thermostatventils oder die Rücklaufverschraubung einzustellen ist.

Differenzdruckregler

Die meisten Heizungspumpen sind um das Dreifache größer als die nach dem Rechenprogramm benötigte Pumpe. Eigentlich müsste man die Pumpe dann austauschen. Dies wird aber oft nicht gemacht, weil die vorhandene Pumpe noch funktioniert, oder weil sie aus technischen Gründen nicht gegen eine kleinere getauscht werden kann, weil sie zum Beispiel in Kessel oder Therme fest eingebaut sind. Dann schlägt das Programm den Einbau eines



Je weiter ein Heizkörper von der Pumpe (schwarzes Dreieck im blauen Kreis) entfernt ist, desto mehr Druckverluste aufgrund von Reibung ergeben sich in den Zuleitungen. Die Thermostatventile müssen hier weniger Druck abbauen.

so genannten Differenzdruckreglers vor. Dieses Bauteil wird in der Heizzentrale eingebaut. Es kann die viel zu hohe Druckenergie der Pumpe vermindern, den Versorgungsdruck für die Heizungsanlage konstant auf niedrigem Niveau halten und ermöglicht damit eine gleichmäßige Heizwasser- und Wärmeversorgung.

Eines darf man aber nicht vergessen: diese manchmal nicht zu vermeidende Variante bei der Optimierung einer Heizungsanlage führt nicht zu einer Stromersparnis, weil die große Pumpe ja trotzdem mit einer großen Leistung läuft. Der Differenzdruckregler hilft aber oft gegen Geräusche in der Anlage. ■

Stichwort: Thermostatventil

Ein Thermostatventil kann ohne Eingriff des Nutzers die Raumtemperatur nahezu konstant halten, indem es den Heizwasserdurchfluss durch den Heizkörper beeinflusst. Die eigentliche Funktion der Thermostatventile besteht darin, vorhandene innere und solare Gewinne nutzbar zu machen. Wenn sich die Raumtemperatur aufgrund von Wärmegewinnen erhöht, drosselt das Thermostatventil den Volumenstrom, der durch den Heizkörper fließt, und vermindert so dessen Leistung. Die Raumtemperatur bleibt konstant.

Einstellbar und nicht einstellbar

Man unterscheidet zwischen

- voreinstellbaren und
- nicht voreinstellbaren Thermostatventilen.

Bei nicht voreinstellbaren Ventilen regelt allein der Thermostatkopf die durchströmende Wassermenge.

Voreinstellbare Thermostatventile weisen zusätzlich eine Drosselmöglichkeit auf. Diese so genannte Voreinstellung kann man sich als eine Art Absperrhahn vorstellen (Bild Seite 14): Ist sie ganz zu-

gedreht, fließt kein Wasser mehr in den Heizkörper. Eine Voreinstellung kann aber auch dosiert zuge dreht werden, so dass nur noch ganz kleine Mengen an Heizwasser in den Heizkörper fließen können. Damit ermöglichen die Voreinstellungen die Einregulierung des Zuflusses von Wasser und damit Wärme in den Heizkörper. Die Wärmeleistung des Heizkörpers kann so genau an den Raum und seine Nutzung angepasst werden.

Voraussetzung für die Funktion des Thermostatventils ist die richtige Einstellung von Heizkurve (Vorlauftemperatur) und Pumpenleistung. Wenn die Heizkurve zu hoch eingestellt ist, müssen die Thermostatventile zusätzlich zu den anfallenden Gewinnen auch das Überangebot an Leistung kompensieren, das aus der erhöhten Vorlauftemperatur resultiert. Infolgedessen verschlechtert sich das Regelverhalten. Ist die Pumpenförderrhöhe zu groß eingestellt, das heißt, wird dem Heizungswasser zu viel Druck mitgegeben, können die Thermostatventile nicht optimal arbeiten. Herrscht an den noch geöffneten Ventilen ein größerer Druck als nötig, schließen sie etwas verspätet.