

Teil 4¹⁾: Softwarelösung und Praxisbeispiel einer Optimierung

Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand

Energieeinsparung im Gebäudebestand durch Optimierung einer vorhandenen Heizungsanlage ist das Thema einer mehrteiligen Artikelserie. Dabei wird die Anlagentechnik als Gesamtsystem betrachtet, es sollen nicht nur „einzelne Komponenten“ verbessert werden.

Die Ausführungen der ersten drei Teile haben die komplexen Abhängigkeiten für eine Anpassung der Wärmeleistung einer bestehenden Heizungsanlage an den tatsächlichen Wärmebedarf aufgezeigt. Hauptproblem ist, Daten in einer ausreichenden Genauigkeit zusammenzutragen. Bislang galt dieses als höchst unwirtschaftliches Unterfangen und damit als unüberwindbare Hürde. Um dieses Vorurteil einzureißen und eine Optimierung unter realen Bedingungen und realer Datenlage zu ermöglichen, wurde an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel im Auftrag des enerCity-Klimaschutzfonds proKlima, Hannover, ein Softwaretool entwickelt.

Das Programm „Optimierung von Heizungsanlagen – Hydraulischer Abgleich“ ist eine Arbeitshilfe, um Heizungsanlagen im Bestand hydraulisch abzugleichen. Mit nur wenigen Daten des Gebäudes führt das Programm eine vereinfachte Heizlastberechnung durch. Anschließend werden für die vorhandenen Heizkörper die notwendige Übertemperatur und die optimale Temperaturspreizung der gesamten Heizungsanlage berechnet. Aus dem resultierenden Volumenstrom und einer vereinfachten Rohrnetzgeometrie berechnet das Programm die erforderliche Förderhöhe der Umwälzpumpe und die zur Voreinstellung der einzelnen Thermostatventile benötigten k_V -Werte.

Dazu sind folgende Funktionen implementiert:

- Einfache, aber zugleich ausreichend genaue Ermittlung der Heizlast der einzelnen Räume

The image shows three overlapping forms used for data collection in a heating system optimization software. The top form is 'Aufnahmeformular I' for 'Antragssteller-Daten' (applicant data), including name, address, and contact information. The middle form is 'Aufnahmeformular II' for 'Daten des Heizkreises' (heating circuit data), including gas/oil usage, building type, and floor area. The bottom form is 'Aufnahmeformular III' for 'Raumdatenblatt' (room data sheet), which is a detailed table for recording room characteristics and heating requirements.

Uf	1	2	3	4	5	6	7
Uf	1	2	3	4	5	6	7
1	FB						
2	DK						
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Bild 1 Aufnahmeformulare I bis III, Originale auf www.tww.de <Archiv>

- Bestimmung des thermisch ungünstigsten Heizkörpers
- Berechnung der benötigten Übertemperatur für den thermisch ungünstigsten Heizkörper
- Auswahl einer geeigneten Auslegungsvorlaufstemperatur unter Berücksichtigung des Wärmeübertragerkennwerts und der Thermostatventile
- Ermittlung der Auslegungsvolumenströme der einzelnen Heizflächen für die gewählte Vorlaufstemperatur
- Berechnung der optimal einzustellenden Restförderhöhe, aber gleichzeitig Berücksichtigung der real einstellbaren Restförderhöhe der Pumpe oder eines Differenzdruckreglers
- Bestimmung des k_V -Werts der einzelnen Thermostatventile
- Vorschlag, ob ein Differenzdruckregler einzusetzen ist

Datenerfassung und Eingabe in das Programm

Die zur Berechnung benötigten Ausgangsdaten werden mit Hilfe von drei Aufnahmeformularen vor Ort aufgenommen (Bild 1).

Mit dem Aufnahmeformular I werden allgemeine Daten, wie die Adressen von Gebäude und Ansprechpartner erfasst. Des Weiteren werden allgemeingültige Angaben für die vom Programm durchzuführende Heizlastberechnung abgefragt,

¹⁾ Teil 1: Die Notwendigkeit einer Anpassung, TGA Fachplaner 05-2003
 Teil 2: Einflüsse der Anlagentechnik, TGA Fachplaner 08-2003
 Teil 3: Optimierung der Hydraulik, TGA Fachplaner 11-2003

z. B. die Lage des Gebäudes, das Gebäudebaujahr und der überwiegend verwendete Fenstertyp.

Das Aufnahmeformular II fragt die Daten zum Heizkreis ab und muss für jeden im Gebäude vorhandenen Heizkreis, der eine eigene Pumpe bzw. einen eigenen Strangdifferenzdruckregler besitzt, separat ausgefüllt werden. Die Daten im Einzelnen:

- Art der Wärmeerzeugung: Gas-/Ölkessel oder Fernwärme
- Angabe der maximal möglichen Kesselvorlauftemperatur bzw. bei Fernwärmesystemen der einzuhaltenden Vor- und Rücklauftemperaturen
- Eingesetzte Umwälzpumpe: Hersteller, Typ und Angaben über die Förderhöhe und Einstellmöglichkeit (stufenlos oder stufig)
- am evtl. vorhandenen Differenzdruckregler eingestellter Differenzdruck
- am evtl. vorhandenen Überströmventil (im Kessel integriert oder extern) eingestellter Ansprechdruck
- Aufnahme von vorhandenen Sonderbauteilen wie Schwerkraftbremsen, Wärmemengenzähler usw.
- (Geschätzte) Länge des längsten Strangs (Summe aus Vor- und Rücklauf) im Heizkreis

Das Aufnahmeformular III muss für jeden zu beheizenden Raum, der Heizkörper enthält, ausgefüllt werden. Neben allgemeinen Angaben zum Raum, z. B. der Raumgrundfläche, müssen für die spätere Heizlastberechnung alle Begrenzungsflächen des Raumes aufgenommen werden, die an Außenluft, Erdreich oder Räume mit deutlich abweichenden Temperaturen grenzen. Zum Schluss werden Angaben zu den vorhandenen Heizflächen abgefragt. Um die in Aufnahmeformular III geforderten Grund- und Außenwandflächen möglichst einfach und schnell erfassen zu können, empfiehlt sich der Einsatz von Laser-Entfernungsmessgeräten. Diese erlauben eine schnelle und einfache Längenermittlung und berechnen automatisch Flächen und Volumen.

Bei der Dateneingabe in das Programm werden die Daten in einzelnen Masken entsprechend der Aufnahmeblätter abgefragt. Im Programm wird zwischen der Eingabe von Gebäudedaten (1. Programmteil: Heizlast) und Anlagentechnik (2. Programmteil: Anlagentechnik) differenziert (Bild 2).

Für die Heizlastberechnung sind Angaben über Wandaufbauten und daraus resultierende U-Werte zu machen. Im Gebäudebestand liegen in der Regel keine genauen

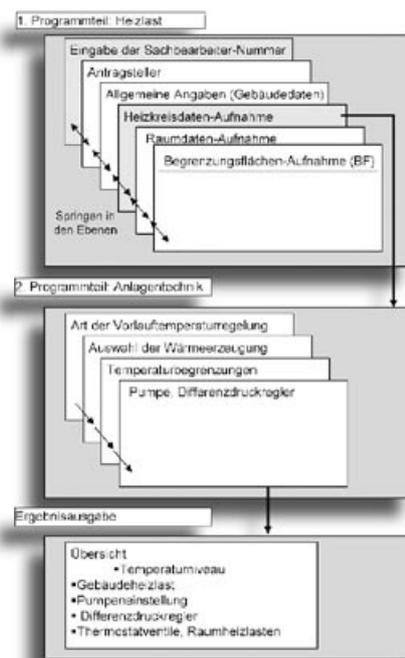


Bild 2 Gliederung des Programms in verschiedene Ebenen

Werte vor. Im Programm sind daher in Abhängigkeit von der Baualtersklasse Standard U-Werte hinterlegt, die aber auch von bekannten Werten überschrieben werden können. Ein Vergleich der vereinfachten Raumheizlastberechnung mit einer ausführlichen Heizlastberechnung nach DIN 4701-1 wurde in begleitenden Untersuchungen durchgeführt [1]. Es zeigte sich eine ausreichend gute Übereinstimmung.

Optimierungsberechnung für ein reales Beispielgebäude

Das untersuchte Mehrfamilienhaus (Bild 3) wurde 1998 erbaut und hat vier Etagen mit insgesamt 18 Wohneinheiten. Die Versorgung erfolgt über Fernwärme, der sekundäre Heizkreis ist durch einen Platten-Wärmeübertrager vom Fernwärmenetz entkoppelt und besitzt eine differenzdruckgeregelterte Pumpe und hat eine außentemperaturabhängige Vorlauf-temperaturregelung.



Bild 3 Untersuchtes Mehrfamilienhaus

Die bei der Bestandsaufnahme vor Ort erfassten Daten wurden in das Programm übertragen und zum Teil mit Herstellerdaten ergänzt (Pumpenkennlinie, Vorgaben des Fernwärmeversorgers...). Bilder 4 und 5 zeigen die Ergebnisse der Programmberechnung.

Die erste Seite der Berechnungsergebnisse (Bild 4) enthält die Heizlast des Gebäudes, die einzustellende Auslegungs-Vorlauf-temperatur und die daraus resultierende Auslegungs-Rücklauf-temperatur sowie die vorzunehmenden Pumpen- bzw. Differenzdruckregler-Einstellungen. Weiterhin wird das für das gesamte Gebäude gemittelte Verhältnis von Norm-Heizkörperleistung (bei $75/65/t_{\text{Raum}}$) zur Auslegungs-Raumheizlast angegeben.

Die folgenden Seiten (Bild 5) enthalten Informationen zu den Heizflächen. Wichtigster Kennwert hier ist neben der berechneten Raumheizlast der am Thermostatventil einzustellende k_v -Wert bzw. Druck und Volumenstrom am einzelnen Ventil. Weitere Informationen sind die sich einstellende Auslegungs-Rücklauf-temperatur und das Verhältnis aus Norm-Heizkörperleistung bei $75/65/t_{\text{Raum}}$ und die Auslegungs-Raumheizlast.

Angaben zu Hersteller und Typ des vor Ort vorhandenen bzw. des zu installierenden Thermostatventils werden manuell in den Ausdruck der Ergebnisse eingetragen. Anhand von Herstellerunterlagen wird eine Voreinstellung gewählt, so dass der berechnete k_v -Wert erreicht wird (im Handbuch zum Programm gibt es eine Datenzusammenstellung der üblichsten voreinstellbaren Thermostatventile). Die Einstellung der Thermostatventile erfolgt dann auf Basis der Liste. Sie dient nach der Einregulierung der Anlage zur Dokumentation der ausgeführten Arbeiten und ist wichtiger Bestandteil eines Qualitätssicherungskonzepts.

Vergleich mit ausführlicher Rohrnetz-berechnung

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, dass die Ergebnisse der Programmberechnung trotz der gemachten Vereinfachungen ausreichend genau sind. Durch vorhandene Grundrisspläne und ein Strangschema (Bild 6) mit Rohrdimensionen konnte parallel eine exakte Rohrnetz-berechnung durchgeführt werden. Für beide Rechenwege wurden die Werte für die Restförderhöhe der Pumpe, die Raumheizlasten und die Heizkörpernormleistungen identisch verwendet.

Ergebnis der optimierten Hydraulik Programm-Version 3.4

Sachbearbeiter Nummer : 2 Name : Mustermann, Max Straße : Musterstr. 1 PLZ, Ort : 38002 Musterstadt Telefon : 0800 2266 Telefax : 0800 2267	Antragsteller Name : Wohnungsgesellschaft XYZ Gebäude Straße : Beispielstr. 33 PLZ, Ort : 30000 Beispielstadt Strang : Heizkreis gesamtes Gebäude
1.) Berechnete Gebäudeheizlast Gebäudedaten: Baujahrklasse : 8) 01/1995 bis heute Grundfläche : 1212 m ² Heizlast : 49 kW spez. Heizlast : 41 W/m ²	2.) Optimiertes Temperaturniveau des Gesamtsystems Temperaturen für den Auslegungsfall: Vorlauftemperatur : 69 °C → Am Regler eingestellte Heizkurve Rücklauftemperatur : 41 °C <input type="checkbox"/> Stufenlast <input type="checkbox"/> Parabolheizkurve
3.) Optimierte Pumpeneinstellung Pumpendaten: Pumpentyp : Stufenlos einstellbare Restförderhöhe Pumpenstufe : - Restförderhöhe : 80 mbar (entspricht 0,80 m) Volumenstrom : 1491 l/h	4.) Differenzdruckregler Einsatz / einzustellende Reglerwerte: Der Einsatz eines Strang-Differenzdruckreglers ist nicht erforderlich.
5.) Sonstiges <input type="checkbox"/> (sonderl.) 0 mbar <input type="checkbox"/> Anspeichert ext. Ü-Ventil: 0 mbar <input type="checkbox"/> Längster Strang: 120,0 m <input type="checkbox"/> Kerne HK-Dim.: 19% <input type="checkbox"/> 2,4	

Bild 4 Übersicht der Berechnungsergebnisse

6.) Einstellwerte der Thermostatventile

RZ	Raumbezeichnung	Raumfläche [m ²]	Raumheizlast [kW]	Heizkörperdaten				THKVs - Ermittlung der Voreinstellwerte				
				Heizkörper	Heizlast [kW]	Heizlast [kW]	Heizlast [kW]	THKVs	THKVs	THKVs	THKVs	
1	Kind W1 EG	18,7	800	Profi-Flach-HK 11/500/1200	87	870	1,3	0,37	48	38		
2	Wohnzimmer W1 EG	20,1	841	Profi-Flach-HK 22/300/1200	34	1783	2,1	0,39	48	21		Spreizung = 30 K
3	Bad W1 EG	5,8	244	Profi-Flach-HK 22/300/500	27	1178	4,3	0,52	48	5		Spreizung = 30 K
4	Küche W1 EG	12,2	278	Profi-Flach-HK 11/500/1200	28	870	2,8	0,34	48	8		Spreizung = 30 K
5	Schlafen W1 EG	14,0	740	Profi-Flach-HK 11/500/1200	53	870	1,3	0,18	48	26		
6	Flur W2 EG	8,7	170	Profi-Flach-HK 11/500/400	30	323	2,2	0,52	48	4		keine Wert zu klein Spreizung = 30 K
7	Wannen W2 EG	23,0	638	Profi-Flach-HK 11/500/1200	48	870	1,6	0,11	48	23		
8	Wannen W2 EG	23,0	638	Profi-Flach-HK 11/500/1200	48	870	1,6	0,11	48	23		
9	Schlafen (KIND) W2 EG	14,0	882	Profi-Flach-HK 11/500/1200	38	870	1,8	0,37	48	18		
10	Schlafen W2 EG	16,0	522	Profi-Flach-HK 11/500/1200	38	870	1,6	0,36	48	14		Spreizung = 30 K
11	Bad W2 EG	8,1	438	Profi-Flach-HK 11/500/700	38	842	1,8	0,38	48	13		
12	Schlafen W3 EG	14,8	811	Profi-Flach-HK 11/500/1200	37	870	1,8	0,38	48	14		Spreizung = 30 K
13	Kind W3 EG	12,0	450	Profi-Flach-HK 11/500/1200	38	804	1,8	0,38	48	13		
14	Wannen W3 EG	23,0	487	Profi-Flach-HK 11/500/1200	34	870	2,1	0,33	48	11		Spreizung = 30 K
15	Wannen W3 EG	23,0	487	Profi-Flach-HK 11/500/1200	34	870	2,1	0,33	48	11		Spreizung = 30 K

Bild 5 Ergebnisse der Berechnung

Die ausführliche Rohrnetzrechnung mit exakter Topologie und einzelnen Teilstrecken liefert als Ergebnis auch die für die Thermostatventile benötigten k_v -Werte und die daraus resultierenden Voreinstellungen. Bild 7 zeigt, wie stark und wie häufig die (gestufte) Voreinstellungen der vereinfachten Programmrechnung von denen aus der ausführlichen Rohrnetzrechnung abweichen.

Das Programm zur Optimierung von Heizungsanlagen führte in 87 von 107 Fällen (81 %) zur gleichen Voreinstellung wie die ausführliche Rohrnetzrechnung. In 16 Fällen (15 %) führt die vereinfachte Berechnung mit dem Programm zu einer um eine Stufe zu kleinen Voreinstellung, in vier Fällen zu einer um eine Stufe zu großen Voreinstellung. Eine zu kleine Voreinstellung bedeutet theoretisch, dass es in den betreffenden Räumen nicht mehr ausreichend warm wird. Wegen der an mehreren Stellen in der Berechnung immer noch vorhandenen Sicherheiten (z. B. U-Werte, nicht berücksichtigte interne Wärmegewinne), ist in der Praxis eine fühlbare Unterversorgung bei einer geringfügig zu kleinen Voreinstellung eher unwahrscheinlich.

Der Vergleich aus zwei realen Mehrfamilienhäusern zeigt, dass die vereinfachten Annahmen ausreichend genau sind. Auf die genaue Rohrnetaufnahme, die bei

Bestandsgebäuden – wenn überhaupt – nur mit größtem Aufwand möglich ist, kann also ohne große Einbußen in der Berechnungsqualität verzichtet werden. Die Einordnung der Heizkörper in drei Entfernungszonen (siehe Teil 3) führt in Verbindung mit den exakt bestimmten Volumenströmen der einzelnen Heizkörper zu ausreichend genauen k_v -Werten und Voreinstellungen.

Vergleich der Ergebnisse mit überschlägigem Verfahren

Zusätzlich wurde ein überschlägiges Verfahren²⁾ mit der ausführlichen Berechnung verglichen. Dieses kommt aufgrund seiner Einfachheit auch ohne Softwareunterstützung aus. Die Heizlastberechnung erfolgt für alle Räume anhand einer fest vorgegebenen grundflächenbezogenen Heizlast von 40 W/m² (Gebäude mit mehr als zwei Wohnungen, Baujahr 1998, NEH). Der Auslegungsvolumenstrom der einzelnen Räume wird mit einer gewählten Spreizung von 20 K bestimmt. Eine Rohrnetzrechnung erfolgt nicht, stattdessen gibt das Verfahren einen einheitlichen Druckabfall von 100 mbar über jedem Thermostatventil vor. Unter diesen Randbedingungen wurden die k_v -Werte und Voreinstellungen für die Thermostatventile bestimmt. Bild 8 zeigt die Abweichungen gegenüber der ausführlichen Rohrnetzrechnung.

Für das Beispiel zeigt sich, dass sich mit dem EDV-Programm der erwartete Qualitätssprung in der Berechnung einstellt. Bei dem überschlägigen Verfahren ist die Anzahl der Abweichungen größer, auch weichen wesentlich mehr Einstellungen um zwei Stufen ab. Nur noch 39 % aller Voreinstellungen stimmen mit der ausführlichen Rohrnetzrechnung überein. Die um zwei Stufen zu kleinen Voreinstellungen können in der Praxis zu Nutzerbeschwerden führen, mit der Gefahr, dass mit einer Erhöhung der Pumpenleistung oder der Vorlauftemperatur reagiert wird, wodurch der gesamte Einstellaufwand dann in Frage gestellt werden muss.

Dem Vorteil eines verringerten Aufwandes zur Bestimmung der Voreinstellungen steht der Nachteil großer Ungenauigkeit gegenüber (diese steigt mit der Ausdehnung des Rohrnetzes und minimiert sich im Einfamilienhaus). Bei der Beispielrechnung mit dem überschlägigen Verfahren haben die Autoren die wählbaren Parameter jeweils optimal angenommen. Dies ist in der Praxis nicht zu erwarten. Es ist fraglich, ob jeder Anwender des Verfahrens mit einer spezifischen Heizlast von 40 W/m² gerechnet hätte, immerhin handelt es sich hier nicht um ein spezielles Niedrigenergiehaus, sondern ein „normales“ Mehrfamilienhaus neueren Baujahrs (das überschlägige Verfahren empfiehlt für normale Gebäude 70 W/m²). Es ist ebenfalls fraglich, ob eine Spreizung von 20 K gewählt worden wäre, schließlich stehen 5, 10, 15 und 20 K zur Auswahl und in der Praxis scheint sich zumindest in den Köpfen mittlerweile eine Auslegungsspreizung von 55/45 °C zu etablieren.

Legt man 70 W/m² und 10 K zu Grunde, wären die Abweichungen des überschlägigen Verfahrens noch weit größer. Von einer „gerechneten“ Wärmeverteilung dürfte dann nicht mehr gesprochen werden, zumal die überwiegend zu großen Voreinstellungen ein Verschwendungspotential ermöglichen und zu erhöhten Verbräuchen führen können. Gegenüber der gängigen Praxis „gar nicht einzustellen“ ist die Anwendung eines überschlägigen Verfahrens bezogen auf die energetische Effizienz und das Bewusstsein der Handwerker allerdings schon mehr als ein Meilenstein.

²⁾ Überschlägiges Verfahren zur Ermittlung von Voreinstellungen bzw. k_v -Werten nach der Wilo Tipps und Tricks Broschüre „Optimierung von Heizungsanlagen“ und nach der vom Christiani-Verlag vertriebenen und von Wilo-Brain herausgegebenen Broschüre mit dem Titel „Heizungsanlagen optimieren! Hydraulischer Abgleich, Pumpenregelung, Druckhaltung und mehr“

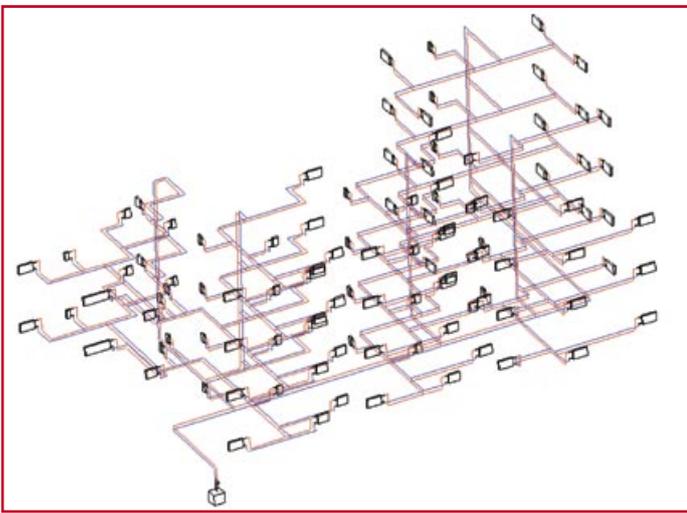


Bild 6 Rohrnetz des untersuchten Gebäudes

Anwendung des Programms in der Praxis

ProKlima Qualitätssicherungspaket Heizung

Der im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Hannover AG angesiedelte energy-Fonds proKlima fördert im Rahmen seines Breitenförderprogramms „Energetische Modernisierung von Wohngebäuden“ den Hydraulischen Abgleich von Heizungsanlagen. Das hier vorgestellte Programm wird seit Juli 2003 von proKlima in Hannover kostenlos an Handwerksbetriebe abgegeben. Bis Mitte November 2003 haben sich ca. 100 Programmnutzer registriert. Ab 2004 wird der Nachweis einer durchgeführten Qualitätssicherung Förderbedingung für alle Maßnahmen bei der Modernisierung der Heizungstechnik sein.

Optimus-Projekt

Das von der deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Projekt „Optimus“ (Optimierung von Heizungssystemen durch Information und Qualifikation zur nachhaltigen Nutzung von Energieeinsparpotenzialen) hat die Software in enger Zusammenarbeit mit proKlima weiterentwickelt. Momentan wird sie zur Optimierung von 30 Ein- und Mehrfamilienhäusern unterschiedlicher Baualterklassen von ausführenden Betrieben in der Praxis eingesetzt. Durch ein begleitendes Messprogramm sollen in der aktuellen Heizperiode die erwarteten Energieeinsparungen wissenschaftlich und messtechnisch nachgewiesen werden.

Berechnungsstrategie des Programms

In den vorangegangenen Teilen dieser Artikelserie wurden die Systemzusammenhänge und Berechnungsmethoden sehr ausführlich beschrieben. Nachfolgend wird die konkrete Umsetzung im Programm verdeutlicht.

Auslegungs-Vorlauftemperatur

Zunächst werden die Heizkörper-Normleistungen $\dot{Q}_{HK,76/65/20}$ und Auslegungs-Raum-

heizlasten $\dot{Q}_{Raum,A}$ für die einzelnen Räume ermittelt. Anhand des Verhältnisses aus benötigter Raumheizlast und der auf die gewünschte Raumtemperatur umgerechneten Heizkörperleistung $\dot{Q}_{HK,76/65/tRaum}$ wird der thermisch ungünstigste Heizkörper bestimmt und die erforderliche Übertemperatur Δt_{in} berechnet. Im Vorlauftemperaturbereich³⁾ $t_{v,A} = 50$ bis 90 °C werden dann alle theoretisch möglichen Spreizungen für den thermisch ungünstigsten Heizkörper berechnet.

Anschließend werden alle Spreizungen verworfen, die für den thermisch ungünstigsten Heizkörper zu einem Wärmeübertragerkennwert unter 0,2 führen, um eine akzeptable Regelgüte zu erhalten. Kleinere Spreizungen würden zudem den Volumenstrom und damit die Druckverluste unzulässig erhöhen. Ebenso werden Spreizungen größer 25 K (dies betrifft nicht die Spreizung einzelner Heizkörper) wegen der starken Temperaturschichtungen im Heizkörper gestrichen. Auch sind viele Wandkessel aufgrund eines Mindestvolumenstromes nicht in der Lage, ihre volle Leistung bei einer Spreizung von mehr als 25 K abzugeben.

Sollten keine Wertepaare übrig bleiben, wird eine Systemspreizung über der 25-K-Grenze zugelassen. Es obliegt dem Programmnutzer, zu prüfen, ob der Wärmeerzeuger in der

³⁾ Falls der Wärmeerzeuger z. B. nur 75 °C liefern kann, wird der Bereich auf maximal 75 °C statt 90 °C begrenzt. Wird die Auslegungsvorlauftemperatur fest vorgegeben, kann mit bis zu 110 °C gerechnet werden.

Lage ist, eine Systemspreizung von mehr als 25 K zu fahren. Aus den verbleibenden Datenpaaren werden anschließend alle Wertepaare gestrichen, die zu Thermostatventilen mit k_v -Werten kleiner als $0,02$ m³/h führen (Wertepaare mit großen Spreizungen). Dieser Wert kann mit den auf dem Markt verfügbaren feinstvoreinstellbaren THKVs bei der kleinsten Voreinstellung gerade noch erreicht werden kann.

Bei der Berechnung von realen Anlagen stellte sich heraus, dass Räume mit extrem kleinen Heizlasten fast immer zu Problemen mit der Einhaltung des geforderten k_v -Wertes führen, weil bei den vorgegebenen Randbedingungen der minimal mögliche k_v -Wert mit verfügbaren Thermostatventilen nicht mehr eingehalten werden kann. Im Programm wird daher bei Heizkörpern, die eine Raumheizlast von weniger als 230 W abdecken, keine Überprüfung des k_v -Wertes durchgeführt.

Aus den verbleibenden Spreizungen wird die maximale ausgewählt, um den größten Wärmeübertragerkennwert zu erhalten.

Bestimmung der Restförderhöhe

Bei einer einheitlichen Heizkörperauslegung (siehe Teil 3) ist derjenige Heizkörper der hydraulisch ungünstigste, der am Ende des längsten Strangs angeordnet ist. Aus dem Druckverlust dieses Stranges und der Vorgabe einer Ventilautorität von $a_v = 0,3$ lässt sich die benötigte Mindest-Restförderhöhe berechnen.

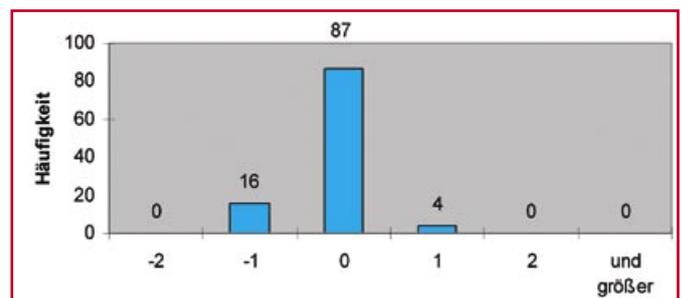


Bild 7 Vergleich der Programmberechnung mit der ausführlichen Rohrnetzberechnung

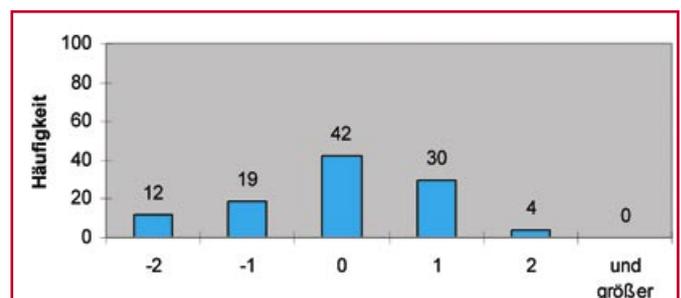


Bild 8 Vergleich des überschlägigen Verfahrens mit der ausführlichen Rohrnetzberechnung

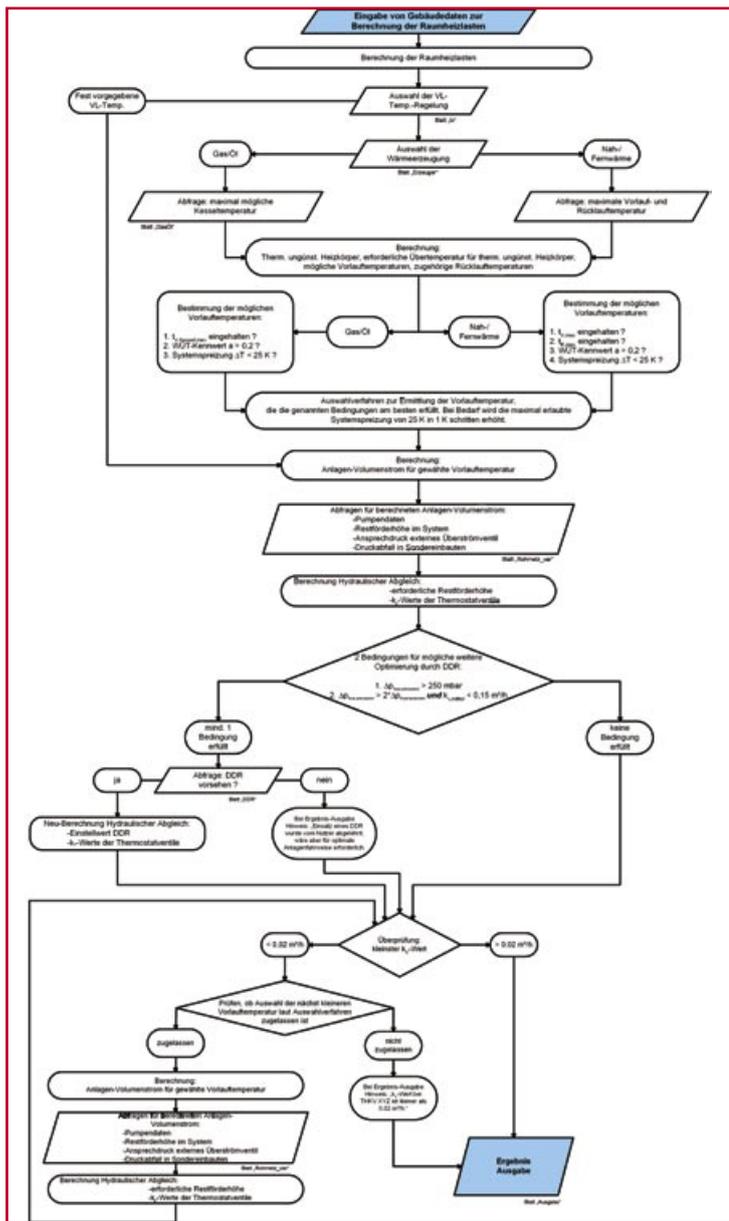


Bild 9 Programm zur Optimierung von Heizungsanlagen: Ablaufschema

Der Differenzdruck an den Thermostatventilen wird in Abhängigkeit der zonalen Einteilung (siehe Teil 2) berechnet. Mit dem Volumenstrom lassen sich die k_v -Werte bestimmen. ←

(Wird fortgesetzt mit Teil 5: Wertanalyse – ein Verfahren zur Anlagenoptimierung im Bestand)

Literatur

- [1] Sobirey, Marco: Evaluierung und Weiterentwicklung eines Programms zur hydraulischen Optimierung. Diplomarbeit an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel. 2003
- [2] Handbuch zum Programm „Optimierung von Heizungsanlagen – Hydraulischer Abgleich“. TWW e. V. und proKlima GbR. 2003



Dipl.-Ing. (FH) Kati Jagnow ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel e. V., An-Institut der FH Braunschweig/Wolfenbüttel



Dipl.-Ing. (FH) Christian Halper ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel e. V., An-Institut der FH Braunschweig/Wolfenbüttel



Dipl.-Ing. (FH) Tobias Timm ist Mitarbeiter beim energy-Klimaschutzfonds proKlima in Hannover



Dipl.-Ing. (FH) Marco Sobirey ist freier Mitarbeiter am Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel e. V., An-Institut der FH Braunschweig/Wolfenbüttel

Bei einer nicht einheitlichen Auslegung kann aufgrund fehlender Informationen über das Rohrnetz der hydraulisch ungünstigste Heizkörper praktisch nicht bestimmt werden. In diesem Fall wählt man den Druckverlust über den Thermostatventilen so hoch, dass dem Druckverlust im Rohrnetz keine Bedeutung mehr zukommt. Die Ventile werden mit einer hohen Ventilautorität von $a_v = 0,5$ ausgelegt. Der Nachteil einer erhöhten Pumpförderleistung und Stromaufnahme muss in Kauf genommen werden.

Liegt die erforderliche Restförderhöhe $\Delta p_{\text{erf, min}}$ im einstellbaren Bereich der Pumpe bzw. des Differenzdruckreglers, wird der berechnete erforderliche Wert als tatsächliche Druckerhöhung Δp_{tats} verwendet. Für den Differenzdruckregler beträgt der minimale Einstellwert jedoch 50 mbar,

kleinere Werte können an marktüblichen Geräten nicht eingestellt werden.

Ist die Restförderhöhe z. B. aufgrund einer bereits vorhandenen bzw. werksseitig im Kessel integrierten Pumpe fest vorgegeben, wird zunächst überprüft, ob die vorhandene Restförderhöhe größer als die benötigte Restförderhöhe ist. Ist dies nicht der Fall, muss die Pumpe getauscht werden - in der Praxis tritt dieser Fall jedoch sehr selten ein. In anderen Fällen ist die vorhandene Druckerhöhung maßgeblich für das Netz. Wenn die feste Druckerhöhung sehr groß ist, wird ggf. ein zusätzlicher zentraler Differenzdruckregler vorgeschlagen, um die Thermostatventile zu entlasten. Ist ein Überströmventil vorhanden, dessen Ansprechdruck unter der Pumpenförderhöhe liegt, gilt der am Überströmventil eingestellte Ansprechdruck als Δp_{tats} .