

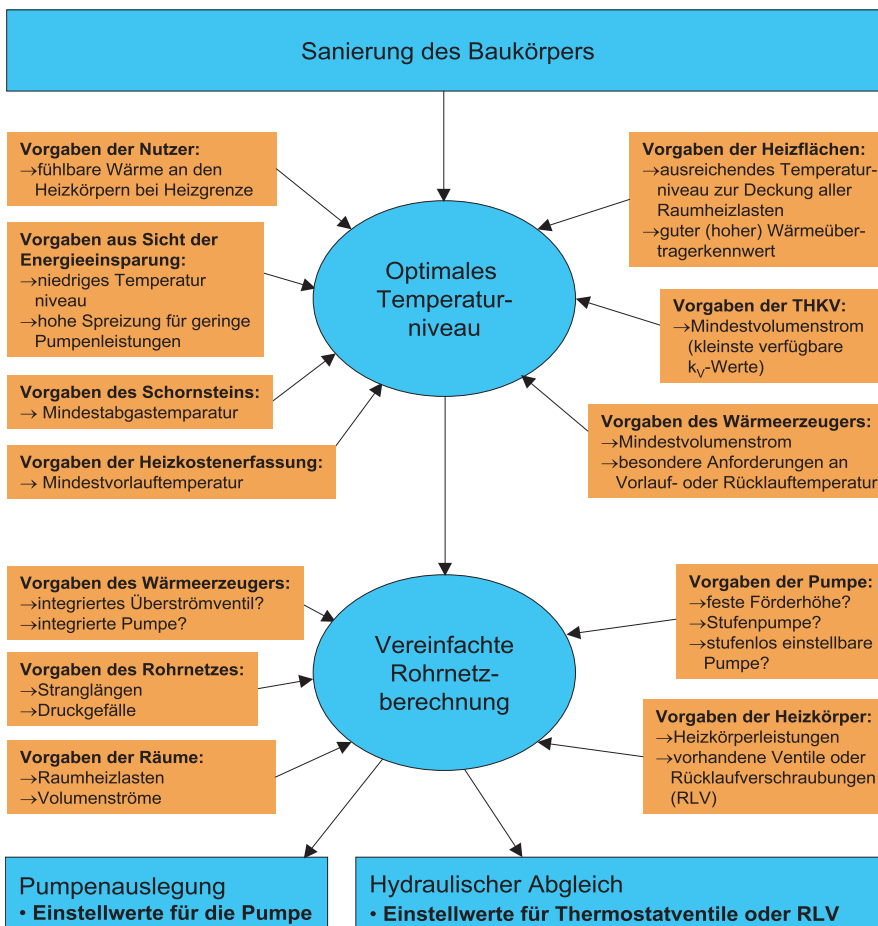
Rentable Optimierung der Heizung

Softwarelösung zur Optimierung von Heizungsanlagen in bestehenden Wohngebäuden ermöglicht hohe Einsparpotentiale

Dipl.-Ing. Hans-Peter Grimme*, Dipl.-Ing. (FH) Christian Halper*
 Dipl.-Ing. (FH) Marco Sobirey*, Dipl.-Ing. (FH) Tobias Timm* Projektleitung Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff*

Der nachfolgende Artikel, das Ergebnis mehrerer Diplomarbeiten an der Fachhochschule Braunschweig-Wolfenbüttel unter der Leitung von Prof. Wolff in Assoziation mit der Uni Hannover, propagiert die Optimierung von Heizungsanlagen. Mit der Softwarelösung „Optimierung von Heizungsanlagen“ konnten die erfolgreichen Nachwuchsingenieure erstmalig ein Werkzeug zur Verfügung stellen, das dem Fachhandwerk auf einfache Art und Weise die Berechnung von

Heizungsanlagen im Gebäudebestand ermöglicht. Nach einer positiven deutschlandweiten Testphase über die Anwendbarkeit des Programms sehen die Autoren ihre Arbeit auch wissenschaftlich bestätigt: Das von der DBU geförderte und von Prof. Wolff fachlich geleitete Forschungsprojekt OPTIMUS hat die Wirtschaftlichkeit von Heizungsoptimierungen, die mit der nachfolgend vorgestellten Software durchgeführt worden sind, erfolgreich nachgewiesen.



Angesichts einer allgemein steigenden Sensibilität der Gebäudebesitzer gegenüber dem Energieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung werden immer mehr Gebäude energetisch modernisiert und/oder der Wärmeerzeuger wird erneuert. Bei neuen Gebäuden fordert die Energieeinsparverordnung ohnehin relativ gut gedämmte Gebäude sowie den Einsatz effizienter Wärmeerzeuger. Trotzdem wird bis heute ein Teil der insgesamt realisierbaren Einsparpotenziale in der Praxis nicht genutzt.

Gemeint sind Einsparpotenziale, die durch eine optimale Abstimmung aller Komponenten der Anlagentechnik aufeinander und auf das Gebäude nutzbar gemacht werden könnten. Durch die nicht vorgenommene Anpassung der Anlagentechnik an das real vorliegende Gebäude steht sowohl bei Neubauten als auch nach der energetischen Modernisierung der Gebäudehülle

Abb.1 Abhängigkeiten bei der Anlagenoptimierung

* Bei vorliegendem Artikel handelt es sich um vier umfangreiche empirische Diplomarbeiten der ehemaligen Studenten Hans-Peter Grimme, Christian Halper, Marco Sobirey und Tobias Timm unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff (FH Braunschweig/Wolfenbüttel) in Verbindung mit Prof. Dr.-Ing. Manfred Gietzelt (Universität Hannover). Auf der ISH im März 2005 erzielte das darin entwickelte Softwareprogramm "Optimierung

von Heizungsanlagen - Hydraulischer Abgleich" bei der Verleihung des Heimeier-Innovationspreises den 1. Platz, wurde erfolgreich im Rahmen des von der DBU geförderten Optimus-Projekts genutzt und wird bei den proKlima-Förderprogrammen in Hannover eingesetzt und weiter optimiert. Sowohl in Hannover als auch in Bremen fanden für Fachbetriebe bereits Seminare zur praktischen Umsetzung statt.

Merkmale des Computerprogramms

- Einfache Dateneingabe, aber zugleich ausreichend genaue Ermittlung der Auslegungsheizlasten der einzelnen Räume
- Bestimmung des thermisch ungünstigsten Heizkörpers durch Vergleich der Auslegungs-Raumheizlasten und der vorgegebenen Heizleistung der installierten Heizflächen
- Berechnung der benötigten Übertemperatur für den thermisch ungünstigsten Heizkörper
- Auswahl einer geeigneten Auslegungs-Vorlauftemperatur unter Berücksichtigung des Wärmeübertragerkennwerts und der sich ergebenden kv-Werte der Thermostatventile (falls erforderlich, kv-Werte durch Verkleinern der Systemspreizung erhöhen)
- Berechnung der optimal einzustellenden Pumpenförderhöhe, aber gleichzeitig Berücksichtigung der real einstellbaren Restförderhöhe der Pumpe oder des Differenzdruckreglers (Mindeinstellwerte, stufige Pumpen usw.)
- Berechnung des Druckverlustes im Rohrnetz und damit des Differenzdrucks, der an den einzelnen Thermostatventilen zur Verfügung steht
- Bestimmung des benötigten kv-Werts der einzelnen Thermostatventile
- Einsatz eines Differenzdruckreglers wird bei Bedarf vorgeschlagen (Beispiel Wandgeräte mit sehr hoher, fest vorgegebener Restförderhöhe)

ein Leistungsüberangebot zur Verfügung, das zwar nicht zu Nutzerbeschwerden führt und deshalb in der Regel unbemerkt bleibt, aber die Gefahr einer unbewussten Energieverschwendung durch den Nutzer steigert und so zu Mehrverbräuchen führen kann. Dies bestätigen die im Juni 2005 bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) in Osnabrück vorgestellten Ergebnisse des von der DBU geförderten Optimus-Projekts.

Wie in Abb.1 zu sehen, sind die Zusammenhänge in Heizungsanlagen komplex, eine optimale Abstimmung der Anlage lässt sich nur unter Berücksichtigung zahlreicher Randdaten ermöglichen. Insbesondere in bestehenden Anlagen können diese Vorgaben aufgrund nicht mehr vorhandener Planungsunterlagen (z. B. Rohrnetzpläne, Raumheizlast-Berechnungen) nur näherungsweise bestimmt werden. Um dennoch eine Optimierung bestehender Anlagen vornehmen zu können, wurde das Programm „Optimierung von Heizungsanlagen - Hydraulischer Abgleich“ erarbeitet. Mit diesem Programm steht Fachhandwerkern ebenso wie Energie-

beratern und Planern eine Arbeitshilfe zur Verfügung, mit der die Berechnung des hydraulischen Abgleichs auch in Bestandsgebäuden mit vertretbarem Aufwand möglich wird.

Die Optimierungsansätze und -strategien des auf Microsoft Excel basierenden Programms beziehen sich auf Heizungsanlagen in Wohngebäuden, die mit einem Zweirohrsystem und mit Heizkörpern ausgestattet sind. Mit konventionellen Wärmeerzeugern (Kessel) sowie über Nah- und Fernwärme versorgte Gebäude können optimiert werden. Die überschlägige Heizlastberechnung gilt nur für Gebäude ohne mechanische Lüftungsanlage bzw. unter deren Vernachlässigung. Gedacht ist das Programm für Netze mit maximal 100 Heizkörpern bzw.

maximal 70 kW Gebäudeheizlast. Durch die hydraulische Entkopplung des Verteilnetzes in kleinere Teilbereiche (z.B. durch Differenzdruckregler) können prinzipiell auch Anlagen mit mehr als 100 Heizkörpern bzw. mehr als 70 kW Gebäudeheizlast heizkreisweise mit dem Programm optimiert werden. Das Programm führt zunächst eine vereinfachte Heizlastberechnung durch. Die Höhe der jeweiligen Heizlast der einzelnen Räume stellt neben der Höhe der in den einzelnen Räumen installierten Heizkörperleistung die wichtigste Ausgangsgröße für die weitere Berechnung dar.

Mit diesen beiden Werten werden die benötigte Übertemperatur jedes Heizkörpers sowie die optimale Temperaturspreizung der gesamten Heizungsanlage berechnet.

Für den resultierenden Volumenstrom berechnet das Programm schließlich die erforderliche Förderhöhe der Umwälzpumpe sowie die für die Voreinstellung der Thermostatventile benötigten Durchflusskennwerte (kv-Werte).

Benötigte Ausgangsdaten

Die zur Berechnung mit dem Programm benötigten Ausgangsdaten können mit Hilfe von Aufnahmeformularen vor Ort aufgenommen werden. Neben allgemeinen Daten, wie den Adressen von Gebäuden und Ansprechpartnern, werden Angaben zur vom Programm anzufertigenden Heizlastberechnung wie die Lage des Gebäudes, das Gebäudebaujahr und der überwiegend verwendete Fenstertyp abgefragt. Für jeden im Gebäude vorhandenen Heizkreis mit eigener Pumpe bzw. eigenem Strangdifferenzdruckregler werden folgende Daten benötigt:

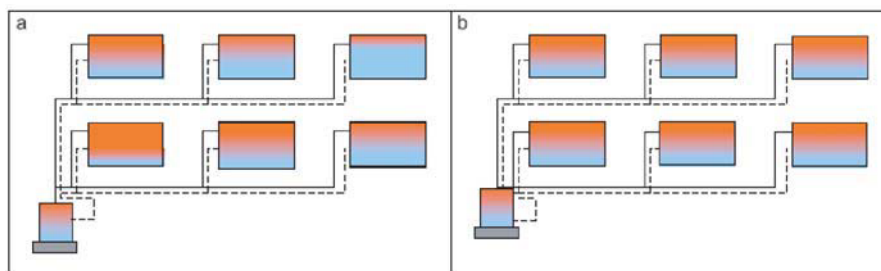


Abb.2 Anlage ohne (a) und mit (b) durchgeführtem hydraulischen Abgleich

- Art der Wärmeerzeugung: Öl/Gaskessel oder Fernwärme
- Angabe der maximal möglichen Kesselvorlauftemperatur bzw. bei Fernwärmesystemen der einzuhaltenden Vor- und Rücklauftemperaturen
- Eingesetzte Umwälzpumpe: Hersteller, Typ und Angaben über 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, Wärmemengenzählern
- Länge des längsten Stranges (Summe aus Vor- und Rücklauf) im Heizkreis

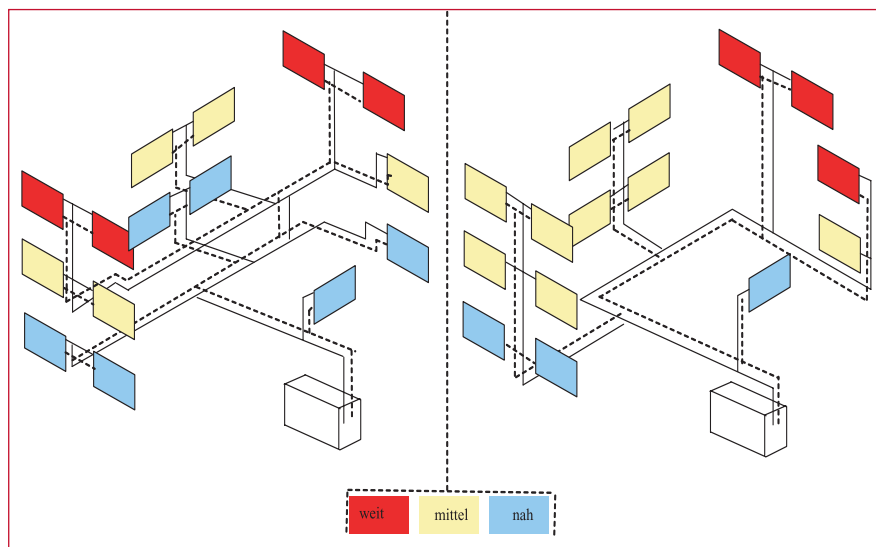


Abb.4 Zonale Einteilung bei horizontaler und senkrechter Verteilung

Eingabe der Daten in das Programm

Das Programm arbeitet in drei Schritten, Abb.3. Zunächst werden alle wichtigen Gebäudedaten heizkreisweise erfasst. Zur Abschätzung der Rohrnetzausdehnung ist die Entfernung von der Pumpe bis zum am weitesten entfernten Heizkörper in jedem Raum zur Verfügung steht. Im Programm sind dazu alle gängigen Heizkörpertypen und -größen hinterlegt und können über einfach aufgebaute Masken aufgerufen werden. Abschließend ist zur Abschätzung des noch vom Thermostatventil abzudrosselnden Pumpendrucks anzugeben, wie weit entfernt sich der jeweilige Heizkörper von der Pumpe befindet. Zur ausreichend genauen Bezifferung des Wertes gibt das Programm dabei eine Dreiteilung der zuvor eingegebenen längsten Stranglänge über die Zonen "nah", "mittel" und "weit" vor, Abb.4.

Nach Eingabe aller Raumdaten und der Berechnung der raumweisen Heizlasten wird die vom Kessel maximal erreichbare Vorlauftemperatur abgefragt. Anschließend erfolgt die Ermittlung des optimalen Temperaturniveaus, u.a. mit den Vorgaben, ein ausreichend hohes Niveau zur Deckung aller Heizlasten zu erreichen, und unter der Berücksichtigung, einen für die Regelbarkeit des Systems hohen Wärmeübertragerkennwert zu erzielen, Abb.5. Abschließend müssen wichtige

führt. Es zeigte sich eine ausreichend gute Übereinstimmung. Für die Berechnung des hydraulischen Abgleichs muss raumweise angegeben werden, welche Heizkörperleistung in jedem Raum zur Verfügung steht. Im Programm sind dazu alle gängigen Heizkörpertypen und -größen hinterlegt und können über einfach aufgebaute Masken aufgerufen werden. Abschließend ist zur Abschätzung des noch vom Thermostatventil abzudrosselnden Pumpendrucks anzugeben, wie weit entfernt sich der jeweilige Heizkörper von der Pumpe befindet. Zur ausreichend genauen Bezifferung des Wertes gibt das Programm dabei eine Dreiteilung der zuvor eingegebenen längsten Stranglänge über die Zonen "nah", "mittel" und "weit" vor, Abb.4.

Berechnung durch das Programm

Nach Eingabe aller Raumdaten und der Berechnung der raumweisen Heizlasten wird die vom Kessel maximal erreichbare Vorlauftemperatur abgefragt. Anschließend erfolgt die Ermittlung des optimalen Temperaturniveaus, u.a. mit den Vorgaben, ein ausreichend hohes Niveau zur Deckung aller Heizlasten zu erreichen, und unter der Berücksichtigung, einen für die Regelbarkeit des Systems hohen Wärmeübertragerkennwert zu erzielen, Abb.5. Abschließend müssen wichtige

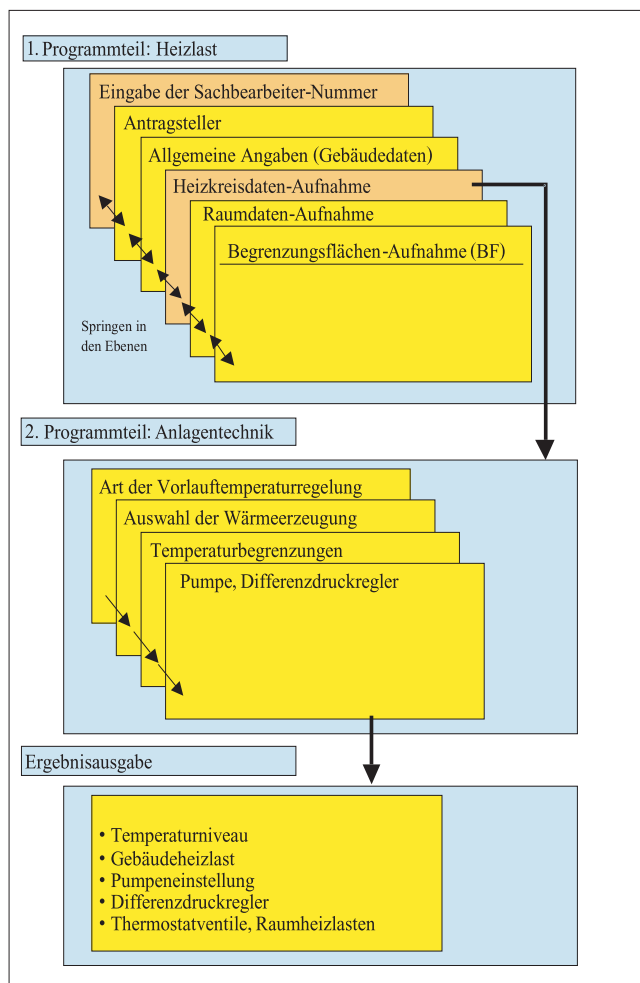


Abb.3 Ablauf des Programms

Mögliche Temperaturniveaus im MFH mit Kessel (beispielhaft)

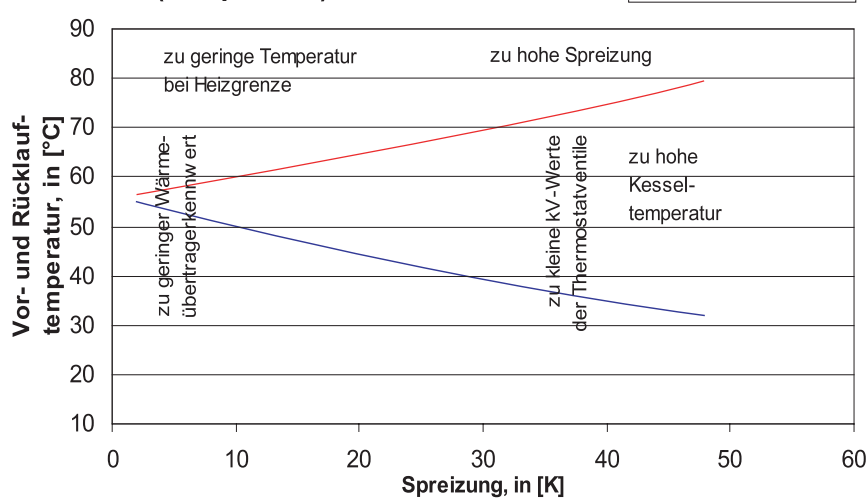


Abb.5 Auswahl des Temperaturniveaus

Kenngößen für die eingesetzte Pumpe im Heizkreis angegeben werden. Dabei wird abgefragt, ob entweder eine Pumpe mit stufenloser Einstellmöglichkeit der Restförderhöhe vorhanden ist oder eine ein- oder mehrstufige Pumpe eingesetzt wird. Die einstellbaren Förderhöhen bzw. der einstellbare Bereich müssen dem Programm mitgeteilt werden. Schließlich können noch für die Berechnung der Anlagenhydraulik wichtige Einbauten, wie Überströmventile oder Strangdifferenzdruckregler zur Berechnung mit berücksichtigt werden.

Ausgabe der Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse (s. unter <http://enev.tww.de>) können in übersichtlicher Form ausgedruckt werden und dienen beim Einstellen der berechneten Werte vor Ort sowohl als Arbeitshilfe als auch zur Dokumentation der durchgeführten Arbeiten (Fachunternehmererklärung). Die erste Seite der Berechnungsergebnisse enthält in Form einer Übersicht die Heizlast des Gebäu-

des, die einzustellende Auslegungs-Vorlauf-temperatur und die daraus resultierende Auslegungs-Rücklauf-temperatur sowie die vorzunehmenden Pumpen- bzw. Differenzdruckregler-Einstellungen.

Die folgenden Seiten der Berechnungsergebnisse enthalten Informationen zu den einzelnen Heizflächen. Vor Ort kann anhand der berechneten Voreinstellwerte Heizkörper für Heizkörper einreguliert werden. Weitere Informationen sind die sich einstellende Auslegungs-Rücklauf-temperatur und das Verhältnis aus Norm-Heizkörperleistung zu Auslegungs-Raumheizlast. Mit Hilfe dieses Wertes lässt sich die Dimensionierung des Heizkörpers in Bezug auf die zu deckende Raumheizlast abschätzen.

Vergleich mit ausführlicher Rohrnetz-berechnung

Während der Entwicklung des Programms wurde ein Vergleich der Berechnungsergebnisse des Programms mit einer ausführlichen Rohrnetz-berechnung am Beispiel

Baualtersklasse	EFH			MFH			Alle		
	Kessel	Fern-wärme	alle	Kessel	Fern-wärme	alle	Kessel	Fern-wärme	alle
1: älter als 1978	10 (15)	3 (7)	13 (22)	3 (13)	2 (6)	5 (19)	13 (28)	5 (13)	18 (41)
2: 1978-1994	3 (6)	1 (1)	4 (7)	4 (4)	1 (7)	5 (11)	7 (10)	2 (8)	9 (18)
3: neuer als 1994	3 (8)	0 (2)	3 (10)	0 (0)	1 (6)	1 (6)	3 (8)	1 (8)	4 (16)
alle	16 (29)	4 (10)	20 (39)	7 (17)	4 (19)	11 (36)	23 (46)	8 (29)	31 (75)

Abb.7 Anzahl und Art der im Optimus-Projekt untersuchten Gebäude (Werte in Klammern: gesammte Anzahl der untersuchten Gebäude, also inkl. der nicht optimierten Gebäude)

von zwei realen Mehrfamilienhäusern durchgeführt, Abb.6. Damit sollte geprüft werden, ob die Ergebnisse der Programmberechnung trotz der gemachten Vereinfachungen ausreichend genau sind. Da im Fall der zwei ausgewählten Mehrfamilienhäuser sowohl Grundrisspläne als auch Strangschemas mit den dazugehörigen Rohrdimensionen vorhanden waren, konnte eine ausführliche Rohrnetz-berechnung mit einem bekannten, konventionellen Rohrnetz-berechnungsprogramm durchgeführt werden.

Das Programm zur Optimierung von Heizungsanlagen führte bei diesem Vergleich in 87 von 107 Fällen (entspricht 81 %) zu exakt denselben Voreinstellungen in der ausführ-



Abb.6 Untersuchtes MFH in Braunschweig

lichen Rohrnetz-berechnung. In 16 Fällen (entspricht 15 %) führt die Berechnung mit dem Programm zu einer um eine Stufe zu kleinen Voreinstellung (zu kleiner KV-Wert), in vier Fällen zu einer um eine Stufe zu großen Voreinstellung (zu großer KV-Wert). Der durchgeführte Vergleich zeigt, dass die vereinfachten Annahmen ausreichend genau sind. Auf die genaue Rohrnetzaufnahme, 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 führt in Verbindung mit den verhältnismäßig exakt über Raumheizlast, Heizkörperleistung und Auslegungsvorlauf-temperatur bestimmten Volumenströmen der einzelnen Heizkörper zu ausreichend genauen KV-Werten und Voreinstellungen, Abb.5. Dies bestätigt letztendlich auch die er-

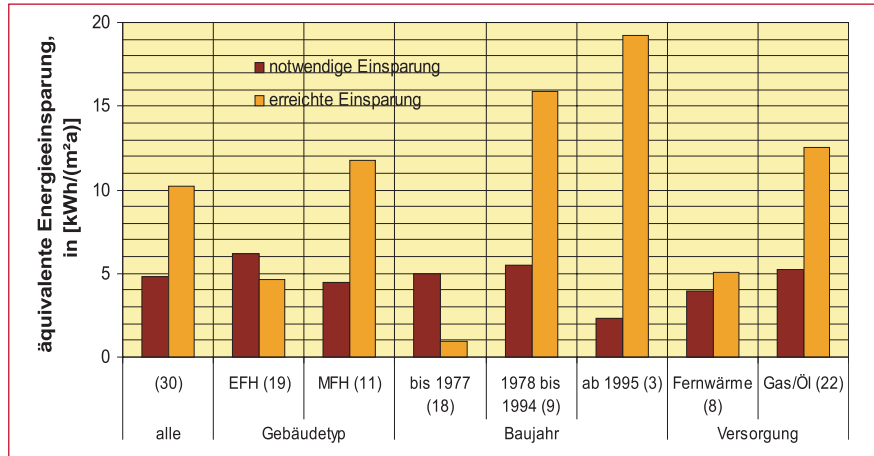


Abb.8 Wirtschaftlichkeit der Optimierung (Werte bezogen auf beheizte Fläche)

folgreiche Optimierung von 31 Gebäuden im Rahmen des Optimus-Projekts, Abb.7.

Die Optimierung der Heizungsanlage bewirkte im Mittel der untersuchten Gebäude eine Heizwärmeeinsparung von 7 kWh/(m²a) bezogen auf die beheizte Fläche. Diese Einsparung entfiel auf die Gebäude ab

1995 (18 kWh/(m²a)) und neuer sowie auf die Gebäude von 1978 bis 1995 (9 kWh/(m²a)). Bei den Gebäuden mit Baujahr 1977 und älter, bei denen seit Baufertigstellung keinerlei energetische Modernisierungsmaßnahmen wie Fensteraustausch oder Wärmedämmung durchgeführt worden sind, waren im Mittel

keine Einsparungen nachweisbar. Bezogen auf die im Projekt nachgewiesenen mittleren Investitionskosten von 3,7 €/m² sind die Optimierungen über alle Gebäudetypen und Baualtersklassen gemittelt als hoch wirtschaftlich zu bezeichnen, Abb.8.

Autoren

Dipl.-Ing. Hans-Peter Grimme, Hannover

Dipl.-Ing. (FH) Christian Halper, Hamburg

Dipl.-Ing. (FH) Marco Sobirey, Helmstedt

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Timm, Hannover

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff

Fachhochschule Wolfenbüttel,

Institut für Heizungs- und Klimatechnik

www.fh-wolfenbuettel.de

Weitere Informationen zum Fachartikel "Optimierung von Heizungsanlagen" sowie Aufnahmeformulare unter <http://enev.tww.de>

→ Archiv & Veröffentlichungen

→ Optimierung & Qualitätssicherung

und www.proklima-hannover.de