

Bewertung der Genauigkeit von Heizkostenverteilern

Von der Fakultät Energietechnik der Universität Stuttgart zur Erlangung
der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

vorgelegt von

Markus Tritschler

aus Herbolzheim/Breisgau

Hauptberichter:

Prof. Dr.-Ing. Heinz Bach

Mitberichter:

Prof. Dr.-Ing. Heinz Stetter

Tag der Einreichung:

15. Oktober 1998

Tag der mündlichen Prüfung:

22. Oktober 1999



Kurzfassung

In Deutschland wird die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten durch die Heizkostenverordnung vorgeschrieben; sie läßt zur Erfassung des anteiligen Wärmeverbrauchs Wärmezähler und Heizkostenverteiler zu. Während die Genauigkeit der Wärmezähler aufgrund ihrer Eichung allgemein nicht angezweifelt wird, ist das Vertrauen der Nutzer in die Genauigkeit der Heizkostenverteiler nicht sehr hoch, und auch in Fachkreisen sind die Meinungen über die Genauigkeit der Systeme geteilt. Es wird eine Methode zur Bewertung der Genauigkeit von Heizkostenverteilssystemen vorgestellt, die -im Unterschied zu bisherigen Verfahren- sowohl die Verteil- als auch die Meßgenauigkeit der Heizkostenverteiler berücksichtigt.

Mit der Bewertungsmethode werden die Einflüsse des Nutzers, des Gebäudes, der Heizanlage und der Konstruktionsmerkmale der Heizkostenverteiler (z.B. Meßflüssigkeit, Algorithmus) auf die Genauigkeit der gängigen Erfassungssysteme (Verdunster und elektronische Heizkostenverteiler nach dem Einfühler- und Zweifühlerverfahren) in zwei Schritten untersucht. Im ersten Schritt wird die Genauigkeit durch theoretische Überlegungen bestimmt. Im zweiten Schritt wird aufbauend auf den theoretischen Erkenntnissen das dynamische Verhalten des Gebäudes, der Anlage sowie der Heizkostenverteilssysteme mit dem Programmsystem TRNSYS simuliert und die Verteil- und Meßgenauigkeit quantifiziert.

Dazu wird ein Simulationsmodell für Heizkostenverteiler entwickelt, und bestehende Modelle weiterer Komponenten (Heizkörper, Thermostatventil, PID-Regler) werden verbessert und in TRNSYS eingebunden.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß einige Anforderungen der bisher geltenden Normen geändert werden sollten, die Genauigkeit aller Systeme würden dadurch verbessert. Von den untersuchten Systemen ist der Zweifühler moderner Bauart das beste Verteilssystem; die Verteilgenauigkeit wird bei diesem Typ durch unterschiedliche Randbedingungen nur wenig verändert. Der Verdunster hat zwar die kleinste Meßgenauigkeit, seine Verteilgenauigkeit ist aber in vielen Fällen besser als die des Einfühlers.

Abstract

The allocation of heating costs in Germany is governed by an order („Heizkostenverordnung“). To determine the share of the heat consumption the order allows heat meters and heat cost allocators (HCA). Due to the calibration of the heat meters their accuracy is not doubted. On the other hand the users do not trust the accuracy of the HCA and the experts differ about their accuracy. In this thesis a method is introduced to evaluate the accuracy of different HCA. Unlike the hitherto existing methods, the method introduced takes into account both the accuracy of allocation and the accuracy of measurement of the HCA.

The influence of the user, the building, the heating installation and the design features of the HCA on the accuracy of the most common allocation systems (HCA based on the evaporation principal [HCAV], HCA with electrical energy supply using a single-sensor measurement principle [HCAE-1] and using a two-sensor principle [HCAE-2]) are investigated with this method in two steps. In the first step the accuracy is determined by theoretical considerations. Based on the theoretical results, the dynamic behaviour of the building, the heating installation, as well as the HCA, are simulated with the program TRNSYS in the second step. Furthermore the accuracy of allocation and the accuracy of measurement is quantified.

The simulation model for the HCA is developed and existing models of other components (radiator, thermostatic valve, PID-controller) are improved and implemented in TRNSYS.

The results show, that modifications of a few requirements of the valid standards would improve the accuracy of all allocation systems. The best of all investigated systems is the HCAE-2 using a modern design. Different boundary conditions have little effect on the accuracy of allocation of this system. The HCAV has the least accuracy of measurement, but on the other hand its accuracy of allocation is in many cases better than that of the HCAE-1.

Inhalt

Häufig verwendete Formelzeichen.....	I
Indizes	II
Abkürzungen	III
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen.....	4
2.1 Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip (HKVV)	7
2.2 Heizkostenverteiler mit elektrischer Hilfsenergie (HKVE).....	10
3 Literaturüberblick	13
4 Bewertungsmethode.....	18
4.1 Allgemeines	18
4.2 Verteilgenauigkeit.....	20
4.2.1 Übertragungsverhalten des Teilsystems Heizkörper-Heizkostenverteiler.....	20
4.2.2 Mehranzeige	24
4.3 Meßgenauigkeit.....	29
4.4 Gesamtgenauigkeit.....	33
5 Simulationsmodelle.....	35
5.1 Heizkörper.....	37
5.2 Heizkostenverteiler	43
5.2.1 Nach dem Verdunstungsprinzip (HKVV).....	43
5.2.2 Mit elektrischer Hilfsenergie (HKVE).....	45
5.2.3 Untersuchung der Genauigkeit	47
5.3 Regler.....	49
5.3.1 Thermostatventil.....	49
5.3.2 Elektronischer Raumtemperaturregler.....	52
5.4 Gebäude	55
5.5 Heizkurve	57
6 Bewertungsergebnisse	59
6.1 Theoretische Überlegungen zum Übertragungsverhalten und zur Verteilgenauigkeit	60
6.1.1 Übertragungsverhalten des HKVV.....	60
6.1.2 Übertragungsverhalten der HKVE	66
6.1.3 Übertragungsverhalten und Mehranzeige.....	72
6.2 Simulationsergebnisse.....	120
6.2.1 Nutzung	120
6.2.2 Gebäude.....	132
6.2.3 Heizanlage	137
6.2.4 Heizkostenverteiler.....	145
7 Zusammenfassung	152

8	Anhang	155
8.1	Heizkörperdiagramm	155
8.2	Zeitkonstante einer Heizkörperschicht.....	155
8.3	Mittlerer Heizmittelstrom	156
8.4	Maximaler Heizmittelstrom	163
8.5	Gebäuedaten.....	166
8.6	Simulationsergebnisse.....	167
8.6.1	Gebäude.....	167
8.6.2	Heizanlage.....	171
8.6.3	Heizkostenverteiler.....	180
9	Literatur	188