

Entwicklung einer allgemeinen Bewertungsmethode für Heiz- und Trinkwassererwärmungssysteme am Beispiel einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus

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

vorgelegt von

Gisela Eisenmann

geboren in Stuttgart

Hauptberichter:

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Bach

Mitberichter:

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.h.c.mult. Dr.E.h.mult. K.A. Gertis

Tag der Einreichung:

16.Oktober 1996

Tag der mündlichen Prüfung:

16.April 1997



Kurzfassung

Durch die Niedrigenergiehausbauweise und bereits durch die Wärmeschutzverordnung 1995 ergeben sich neue Randbedingungen für Heizsysteme. Insbesondere für Kleinanlagen müssen neue Heizsysteme gefunden werden. Diese werden üblicherweise ohne ingenieurmäßige Planung zusammengestellt. Den Untersuchungen an Niedrigenergiehäusern kann nicht entnommen werden, welche Kriterien, d.h. welche Wertvorstellungen, zum Einbau eines bestimmten Systems geführt haben. Ein optimal geeignetes System ist ebenfalls nicht klar erkennbar. In der vorliegenden Arbeit wird daher ein über eine rein energetische Bewertung hinausgehendes Vorgehensmodell für die Bewertung, Konzeption und Auswahl von Heizsystemen erstellt. Dieses Vorgehensmodell ermöglicht es, in nachvollziehbaren Entscheidungsschritten unter Bildung von Nutzwerten zur Auswahl des am besten geeigneten Heizsystems zu gelangen.

Das Vorgehensmodell wird angewendet, um ein Heizsystem für eine Wohnung mit einem Energiebedarf entsprechend der Wärmeschutzverordnung bzw. mit Niedrigenergiehausdämmstandard zu finden. Durch eine Grobbewertung werden bereits zahlreiche denkbare Heizsysteme ausgeschlossen, weil bestimmte Zielkriterien nicht erfüllt werden; danach verbleiben in der Bewertung die Warmluftheizung, die Warmwasserradiatorenheizung, die Warmwasserfußbodenheizung und die Elektro-speicherheizgeräte sowie die Elektrodirektheizung. Den höchsten Nutzwert erhält die Warmwasserradiatorenheizung, für die mehrere Konzepte entwickelt werden. Diese Konzepte werden durch Simulationsmodelle, die größtenteils neu erstellt werden, mathematisch abgebildet. Damit wird nicht nur das instationäre Verhalten des Gebäudes erfaßt, sondern es werden die kompletten Heizanlagen im Zusammenwirken mit dem Gebäude simuliert. Zur Optimierung der Anlagen wird der Einfluß der Steuer- und Regelgrößen, der Leistung von Wärmeerzeugern einschließlich Trinkwassererwärmung, der verschiedenen Größen und Betriebsweisen von Trinkwasserspeicher und Heizwasserpuffer sowie der Umwälzpumpe und des Rohrnetzes untersucht. In der letzten Bewertungsstufe erweist sich das Heizsystem mit der für das ein- bis zweifache der Normheizlast dimensionierten Wärmeerzeugerleistung ohne Heizwasserpuffer und mit einem morgens vor Heizbeginn geladenen Trinkwasserspeicher als das beste System.

Abstract

Building energy efficient houses results in new boundary conditions for heating systems. Therefore new heating systems need to be developed especially for flats and residential buildings where small heating systems are used. In publications on energy efficient housing experiments there are no criteria to be found which lead to the decision on the installation of specific heating systems. There exists also no recognizable optimally suitable system. This thesis introduces a procedure not only for energy evaluation but also for multiple evaluation, conception and selection of heating systems. The procedure enables to select the most suitable heating system in followable decision steps and by setting up values of utility.

The procedure is applied to find a heating system for a flat in a multi-family house with an energy demand corresponding to the German "Waermeschutzverordnung 1995" and for one which corresponds to the energy efficient building insulation standard. During the first evaluation step a number of possible heating systems are excluded as they do not reach the required aims; for the second evaluation step a hot air heating system, a hot water radiator heating system, a floor heating system, an electric storage heater and an electric blow heater remain. The highest value of utility is reached by the hot water radiator heating system for which several concepts are developed. These concepts are mathematically simulated using newly created computer simulation models. Not only the unsteady state behaviour of the building is simulated, but also the complete heating system and its interaction with the building. In order to optimize the heating system the influence of the controlling values, of the power of the heater including hot water heating, of various sizes and modes of operation of the hot water storage tank and the heating water storage tank as well as the pump and the pipes is examined. In the last evaluation step the best system is assessed. It is the heating system with the heater, which is dimensioned to serve up to twice the nominal heating load without a heating water storage tank and with a hot water storage tank which is loaded in the morning before heating starts.

Inhalt

Nomenklatur

1	Einleitung	1
2	Ausgangssituation auf Basis vorhandener Literatur	2
3	Methodik	8
4	Analyse der Gesamtsituation	10
4.1	Gebäude-Standard	10
4.2	Heizsysteme in den Gebäuden	13
4.3	Beurteilung der Heizsysteme in den Gebäuden	17
4.4	Schlußfolgerungen aus der Heizsystemanalyse und Entwicklungstrends	19
5	Zielsystem	22
5.1	Vorgaben für Heizsysteme	22
5.2	Zielkriterien	23
5.2.1	Komfortkriterien	24
5.2.2	Ökonomische Kriterien	31
5.2.3	Ökologische Kriterien	32
6	Selektion eines Heizsystems	34
6.1	Bewertungssystem	35
6.1.1	Bewertung der Komfortziele	35
6.1.2	Bewertung der ökonomischen Kriterien	45
6.1.3	Bewertung der ökologischen Kriterien	46
6.1.4	Gewichtung der Zielerfüllungsgrade	48
6.2	Auswahl	50
6.2.1	Vorauswahl	50
6.2.2	Auswahl aufgrund von Nutzwerten	50
7	Entwicklung von Systemkonzeptionen	57
7.1	Darstellung des Modell-Wohnobjektes und der Randbedingungen des Heizsystems	57
7.2	Konzeption der Wärmeübergabe	65
7.3	Konzeption der Wärmeverteilung	79

7.4	Konzeption der Wärmeerzeugung	84
8	Simulation	87
8.1	Allgemeines	87
8.2	Simulationsmodelle	87
8.3	Auswertung	106
9	Untersuchung von Grundsystemen durch Betriebssimulation	108
9.1	Grundsysteme	109
9.2	Ergebnisse	110
9.3	Bewertung	148
10	Zusammenfassung	152
11	Literatur	157
12	Anhang	166
A.	Versuchsdaten und Gebäudedaten	166
B.	Wärmeerzeuger- und Gebäudemodell	177
C.	Daten der Heizsysteme	193