

Meine Damen und Herren,

nachdem mich meine derzeitigen und früheren Mitarbeiter im Dezember letzten Jahres mit der fünften Ausgabe des HLKBRIEFs als Festschrift in Buchform überrascht haben, kommen wir wieder zum Gewohnten zurück: In kurzen Beiträgen wollen wir über den aktuellen Stand unserer Arbeiten berichten. Wie Sie feststellen können, ist der Umfang dieser Ausgabe trotzdem deutlich größer als früher, was nicht an langatmigen Aufsätzen, sondern an der Vielzahl der Projekte liegt, die bearbeitet werden. Dies kennzeichnet die Arbeitssituation unseres Bereiches generell: Große langfristige Forschungsaufträge sind nur noch selten zu bekommen, der Zwang zu möglichst schneller Umsetzung von Forschungsergebnissen schlägt auch auf uns durch.

Es fällt mir schwer, einzelne Themen hervorzuheben. Ich denke, alle haben ihre Besonderheiten und speziellen Anforderungen. Ohne damit eine Wertung zu verbinden, will ich einige nennen, die auch besondere Wirkung nach außen entfalten werden:

Unser neuer CEN-Referenzprüfstand für Raumheizflächen (einer von vieren in ganz Europa) ist vor kurzem in Betrieb gegangen, die ersten Erfahrungen sind vielversprechend.

Im Bereich der Systemsimulation möchte ich zwei Themen nennen: die Echtzeitsimulation zur Betriebsüberwachung und Fehlerdiagnose (SENSOR) sowie die Emulation von DDC-Geräten (VITE-BEMS). Beide Vorhaben werden für die Branche interessante Ergebnisse liefern.

Die steigenden Anforderungen durch erhöhte Wärmedämmung von Gebäuden beschäftigen uns vielfach: von einer neuen Konzeption für die

Der neue CEN-Referenzprüfraum

Jörg Schmid

Das Zertifizierungsprogramm für Raumheizkörper zu DIN 4704 /1/ sieht vor, daß alle für diesen Bereich anerkannten Prüfstellen in regelmäßigen Abständen von zwei Jahren an Vergleichsprüfungen teilnehmen. Dabei dürfen die einzelnen Prüfergebnisse um nicht mehr als $\pm 2\%$ vom Mittelwert aller Ergebnisse abweichen. Im ungünstigsten Fall weichen Einzelergebnisse an demselben Heizkörper also um bis zu 4% voneinander ab. Auf dem hart umkämpften europäischen Markt wird der Heizkörperpreis im wesentlichen durch die Heizkörperleistung bestimmt; dies gibt einen Hinweis darauf, daß es insbesondere die Heizkörperhersteller begrüßen würden, wenn o.g. Toleranzen kleiner gehalten werden könnten.

INHALT

Vorwort _____	1
Der neue CEN-Referenzprüfraum _____	1
OPTIMA - Intergration von Planung, Computersimulation und Betrieb _____	4
Modellbasierte Betriebsüberwachung von heiz- u. raumluft-technischen Anlagen - SENSOR _____	6
VITE BEMS - Virtuelle Testumgebung für Building Energy Management Systeme _____	7
RATEG - Rationelle Energieanwendung in Gebäuden _____	8
Energiegerechte Modernisierung im industriellen Wohnungsbau der neuen Bundesländer _____	10
Heiz- und Trinkwassererwärmungssysteme für Niedrigenergiehäuser _____	11
EKOVIES - Energiekonzept Viesenhäuser Hof _____	12
Niedrigenergiehaus Mannheim (NEHAMA) _____	13
Messungen an Raumkühlkörpern _____	15
Technologie-Transfer Wissenschaft-Handwerk ausgezeichnet _____	17
Studien und Diplomarbeiten 1993/94 _____	18
Auswahl und Auslegung von Raumheizflächen _____	19

Im HLKBRIEF wird über die Aktivitäten der Abteilung Heizung Lüftung Klimatechnik des Instituts für Kernenergetik und Energiesysteme der Universität Stuttgart (IKE HLK), der Forschungsgesellschaft Heizung Lüftung Klimatechnik Stuttgart mbH (FG HLK) und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich Heizung Lüftung Klimatechnik Stuttgart e.V. berichtet.

Auslegung von Raumheizkörpern über Studien zur grundsätzlichen Eignung von Heizsystemen für Niedrigenergiehäuser, der demonstrativen Anwendung von Solarenergie und Brennwerttechnik in einem hochgedämmten Mehrfamilienhaus bis zur Erstellung von Versorgungskonzepten mit verschiedenen Alternativen für ein ganzes Neubaugebiet.

In mehreren Vorhaben werden inzwischen die computergestützten Planungshilfen eingesetzt, die in den vergangenen Jahren entwickelt wurden.

Schließlich wird auch noch über einzelne experimentelle Arbeiten berichtet, die natürlich nach wie vor eine wichtige Rolle spielen und auch in Zukunft unersetzlich sein werden. Davon können Sie sich am besten bei der Laborbesichtigung anlässlich unserer Mitgliederversammlung überzeugen.

Sicher werden Sie zu dem einen oder anderen Vorhaben zusätzliche Informationen wünschen. Dort wo es Forschungsberichte oder andere Veröffentlichungen gibt, wollen wir Sie Ihnen gerne zugänglich machen. Dies auch zur weiteren Verbesserung des Informationsaustausches und „Technologie-Transfers“.

Auch in der Lehre haben wir einen Zuwachs zu verzeichnen: Etwa 50 Studenten hörten im Wintersemester die Pflichtfachvorlesung Grundlagen der HLK und 40 die Hauptfachvorlesung Anlagen der HLK; vor allem mit den Studien- und Diplomarbeiten sind die Studenten in unsere vielfältigen Aktivitäten mit einbezogen. Dadurch ist sichergestellt, daß sie aktuell und praxisbezogen ausgebildet werden. Wir appellieren deshalb an die Branche, dem Nachwuchs auch in schwierigen Zeiten Startmöglichkeiten zu bieten.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr.-Ing. Heinz Bach

Einführung in die Idee der Referenzprüfräume

Immer wieder aufkommende Diskussionen über die Gründe für die Unterschiede der Ergebnisse verschiedener Prüfstellen sowie der Wunsch, die Vergleichspräzision von heute $\pm 2\%$ künftig auf $\pm 1\%$ zu verbessern, schufen im CENTC 130 die Idee eines Referenzsystems auf Basis mehrerer weitestgehend gleich aufgebauter Prüfeinrichtungen.

Nicht zuletzt, weil die notwendige Ungestörtheit der Umgebung der offenen Prüfkabine in Zweifel gezogen wurde - was bei den sehr unterschiedlichen klimatischen Bedingungen für die in ganz Europa verteilten Prüfstände auch nicht ganz von der Hand zu weisen ist - liegt nun als erster Ansatz für einen europäischen Referenzprüfstand ein geschlossener Prüfraum vor.

Aufbau des Prüfraums

Die Grundfläche der vier zur Zeit im Aufbau befindlichen Referenzprüfstände in Europa beträgt $4 \times 4 \text{ m}^2$, die Höhe 3 m. Diese Maße werden den Vorschriften der prEN 442 /2/ entsprechend mit einer Genauigkeit von $\pm 2 \text{ cm}$ eingehalten.

Die Prüfräume werden aus wassergekühlten hochgedämmten Verbundplatten ($\lambda \leq 0,032 \text{ W/m}^2\text{K}$), deren Aufbau aus Bild 1 hervorgeht, selbsttragend zusammengesetzt. Die Platten werden innerhalb der Segmentbreite von 0,5 m meanderförmig vom Kühlwasser durchströmt. Lediglich die Prüfraumwand hinter dem Heizkörper ist nicht wassergefüllt und bleibt damit ungekühlt. Die Innenflächen sind glattwandig, matt lackiert und müssen einen Emissionskoeffizienten von mehr als 0,9 haben. Bild 1 vermittelt auch einen Gesamteindruck dieses Aufbaus.

Kühlkreislauf

Sämtliche Umschließungsflächen mit Ausnahme der Rückwand müssen so gekühlt werden, daß bei einer maximalen Normwärmeleistung der Prüfheizkörper von 3.500 W die Oberflächentemperaturen an keiner Stelle um mehr als $\pm 0,5 \text{ K}$ vom Mittelwert aller gekühlten Flächen abweichen. Damit ist die im Diagonalschnittpunkt der Grundfläche in einer Höhe von 75 cm über dem Boden zu messende Bezugslufttemperatur auf $20^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ K}$ einzustellen.

Die Norm schreibt hierfür einen Kühlwasserstrom von mindestens $80 \text{ kg/m}^2\text{h}$ vor. Im Hinblick auf möglichst gute

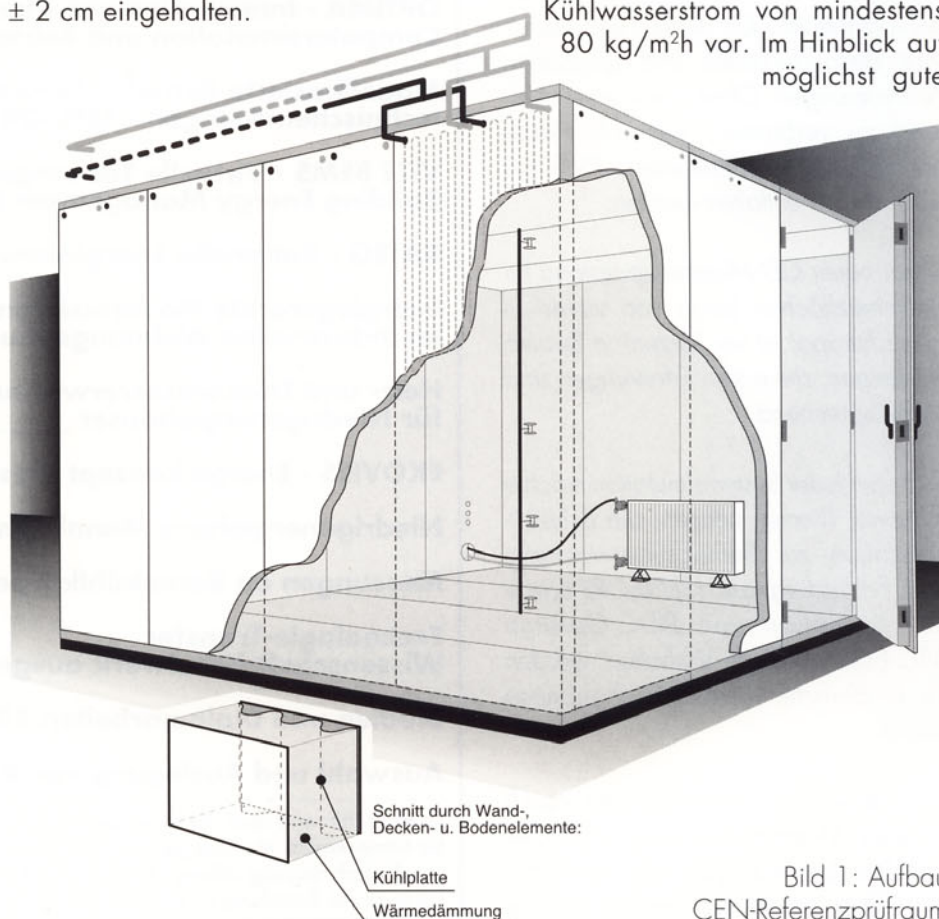


Bild 1: Aufbau CEN-Referenzprüfraum

Übereinstimmung der Prüfergebnisse haben sich die vier künftigen Referenzprüfstellen - über den Inhalt der Norm hinausgehend - auf einen konstanten Kühlwasserstrom von $160 \text{ kg/m}^2\text{h}$ für alle durchzuführenden Prüfungen geeinigt. Darüberhinaus hat man sich auf die Tichelmann-Schaltung für den Anschluß der einzelnen Segmente einer Wand verständigt.

Bild 2 zeigt einen Blick *hinter die Kulissen*: Zu erkennen sind die insgesamt sechs Anschlüsse der Kreisläufe für die Wände bzw. den Fußboden und die Decke. Für die Prüfung von Deckenstrahlplatten beispielsweise kann auch die Rückwand mit Wasser gefüllt und gekühlt werden. Schwebekörper-Durchflußmesser ermöglichen eine einfache Kontrolle der Wasser-Verteilung auf die fünf bzw. sechs Kühlkreisläufe.

Meßwasserkreislauf

Obwohl die prEN 442 auch geschlossene Meßwasserkreisläufe zuläßt, werden voraussichtlich alle vier künftigen Referenzprüfstellen mit einem offenen System arbeiten, womit beste Voraussetzungen für absolut konstante Massenströme gegeben sind. Der Massenstrom selbst wird mit der Wägemethode bestimmt. Unter der Voraussetzung, daß mindestens die Genauigkeit des Wägeverfahrens erzielt wird und dies auch überprüfbar ist, sind auch andere Durchflußmeßverfahren zugelassen. Bei HLK-Stuttgart werden derzeit hochgenaue Massenstrom-Meßgeräte erprobt. Nach den bisher gewonnenen Erfahrungen können die mit Rücksicht auf den Druckabfall hier in Frage kommenden Geräte bei Massenströmen von mehr als 100 kg/h eingesetzt werden; dies entspricht bei einer Spreizung von künftig 10 K einer Normwärmeleistung von knapp 1200 W . Bei kleineren Durchsätzen kann die aus den Anforderungen der Norm abzuleitende Genauigkeit von $0,7 \%$ nicht eingehalten werden.

Die hydraulische Schaltung am Prüfstand bei HLK-Stuttgart ermöglicht zwei Betriebsweisen:

1. Das Meßwasser strömt aus einem Heißwasserspeicher durch den Heizkörper in einen Zwischenspeicher. Bei Bedarf wird zwischen zwei Meßpunkten - also zyklisch - dieses Wasser wieder

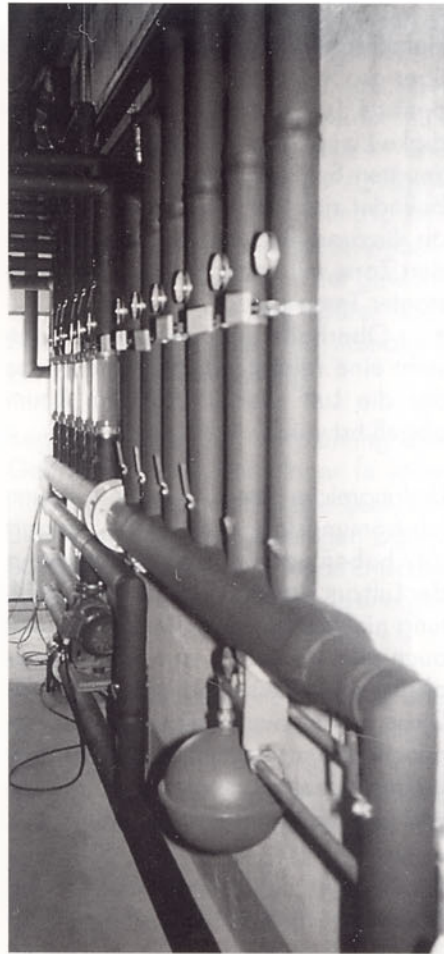


Bild 2: Blick hinter die Kulissen

in den Heißwasserspeicher zurückgeführt und auf die für den folgenden Meßpunkt erforderliche Temperatur erwärmt.

2. Im Hinblick auf die Automatisierung der Prüfung kann das Wasser über den o.g. Zwischenspeicher kontinuierlich und entsprechend temperiert dem Heißwasserspeicher wieder zugeführt werden. Dieser Betrieb stellt besonders hohe Anforderungen an die Regelung der Eintrittstemperatur am Heißwasserspeicher.

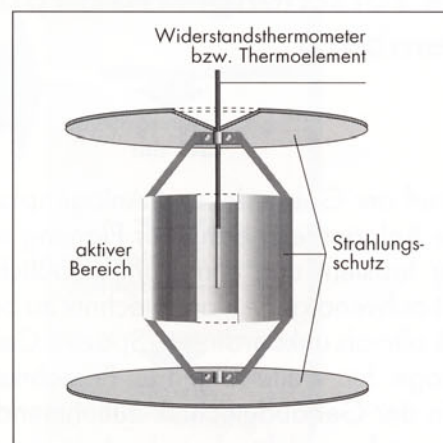


Bild 3: Lufttemperaturmeßstelle

Meßtechnische Ausstattung

Bei der Wägemethode mit Durchlaufprinzip ist - neben der Ermittlung des Massenstroms - die Messung der Vor- und Rücklauftemperaturen sowie der Bezugs-Lufttemperatur besonders wichtig. Hier mit präzise kalibrierten Temperaturfühlern zu arbeiten, ist lediglich eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung. Ebenso wichtig ist die Konstruktion des Strahlungsschutzes für die Lufttemperaturmeßstelle und der Aufbau der Temperaturmeßköpfe für die Messung der Vor- und Rücklauftemperaturen.

Die Wirkung des Strahlungsaustausches der Lufttemperaturmeßstelle mit der Umgebung kann nie vollständig unterbunden werden; insoweit ist die Messung der Bezugslufttemperatur immer fehlerbehaftet. Durch die Verwendung einheitlicher, vernünftig konstruierter Strahlungsschirme kann jedoch erreicht werden, daß alle Referenzprüfstellen den gleichen auf ein Minimum reduzierten Meßfehler machen. Bild 3 zeigt den in der Norm enthaltenen Vorschlag für einen Strahlungsschirm, wie er wohl von allen Referenzprüfstellen eingesetzt werden wird.

Aufgabe der Temperaturmeßköpfe ist die Messung des kalorischen Mittelwertes der Ein- und Austrittstemperatur am Heizkörper. Demnach muß insbesondere sichergestellt sein, daß an den Meßstellen keine Temperaturstrahlen mehr vorhanden sind, die gegebenenfalls stromaufwärts entstanden sind. In der Europanorm ist eine bei HLK-Stuttgart entwickelte Konstruktion vorgeschlagen, die auch schon in der deutschen Prüfnorm DIN 4704 /1/ enthalten ist. Auch hier haben sich die Referenzprüfstellen auf einen einheitlichen Vorschlag festgelegt.

Während bei HLK-Stuttgart traditionell mit selbst kalibrierten Thermoelementschaltungen gearbeitet wird, bevorzugen die Kollegen in England, Frankreich und Italien Widerstandsthermometer. Um nun in diesem sicher wichtigen Punkt nicht „aus der Reihe zu tanzen“ werden die Meßköpfe bei HLK-Stuttgart sowohl mit Widerstandsthermometern als auch mit Thermoelementen bestückt. Für die Ermittlung der Heizleistung werden die mit

den Pt 100 Elementen gemessenen Werte verwendet. Die Thermoelement-Meßwerte werden zunächst lediglich vergleichend ausgewertet.

Besonders bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß die Widerstandsthermometer beim selben Hersteller beschafft und alle von den Kollegen bei Politecnico di Milano kalibriert werden. Der Vergleich mit den Ergebnissen einer weiteren Kalibrierung im eigenen Haus soll das Vertrauen in die eingesetzte Meßtechnik noch stärken.

Ausblick

Neben der eingangs bereits erwähnten Bedeutung der Ungestörtheit der Umgebung für die Prüfung von Heizkörpern sind noch folgende weitere Kriterien zu beachten:

Einfluß des Prüflings auf die	offene Prüfkabine	geschl. Prüfraum
Randbedingungen	gering	deutlich spürbar
thermische Trägheit	niedrig	relativ groß

Bereits 1991 berichtete Prof. Bach /3/ über den Vorschlag eines ebenfalls geschlossenen, aber belüfteten Prüfraums mit auf konstante Temperaturen gehaltenen Umfassungsflächen.

- Dazu wird dem Raum auf der dem Heizkörper gegenüberliegenden Seite über große Durchlässe auf 20 °C temperierte Luft mit geringer Geschwindigkeit zugeführt. Wegen der so erzeugten Schichtluftströmung im Raum befindet sich der Heizkörper in einer als Bezugsluftschicht zu bezeichnenden Zone mit zeitlich und örtlich konstanter Temperatur.
- Oberhalb des Heizkörpers entsteht eine relativ warme Schicht, aus der die Luft wieder aus dem Raum abgeführt wird.

Umfangreiche Untersuchungen im Raumluftströmungslabor von HLK-Stuttgart /4/ haben gezeigt, daß die Strömung der Luft am Heizkörper durch die Belüftung nicht gestört wird und sich damit auch die konvektiv vom Heizkörper abgegebene Leistung nicht verändert. Diese Betriebsweise eines geschlossenen Prüfraums verknüpft die Vorteile beider bisher angewandter Konzepte und vermeidet deren Nachteile:

- Da die Umfassungsflächen auf konstanter Temperatur gehalten werden, spielt deren thermische Trägheit keine Rolle mehr, was sich vorteilhaft auf die Dauer einer Prüfung auswirkt.
- Störungen in der Umgebung wirken nicht auf die Randbedingungen im Prüfraum.

- Abmessungen und Leistung der Prüflinge haben keinen Einfluß auf die Randbedingungen.
- Die Bezugslufttemperatur kann problemlos in den Luftdurchlässen gemessen werden und repräsentiert auch wirklich die für die Konvektion am Heizkörper maßgebende Temperatur.

Für die Umsetzung dieses Konzepts an den Referenzprüfräumen kann die vordere wassergekühlte Deckenplatte des Prüfraums gegen eine ungekühlte Ausführung ausgetauscht werden, welche die für die Luftzu- und abfuhr erforderlichen Öffnungen enthält. Die Zuluftdurchlässe selbst werden im Prüfraum an der Vorderwand stehend oder auch liegend angeordnet.

Literatur

- /1/ DIN 4704 Teile 1 bis 5: Prüfung von Raumheizkörpern; Hrsg. Deutscher Normenausschuß; Aug. Sept. 1988.
- /2/ prEN 442 Teil 2: Radiatoren, Konvektoren und ähnliche Heizkörper - Prüfung und Leistungsangabe; Hrsg. Europäisches Komitee für Normung; Entwurf Nov. 1992.
- /3/ Bach, H.: Ein neuer europäischer Heizkörperprüfstand?; GI (1991) Heft 5, S. 233 ff.
- /4/ Bach, H.; Kochendörfer, C.; Schmid, J.: Tauglichkeitsnachweis für einen neuen CEN-Referenzprüfraum; Schlußbericht zum AIF-Forschungsvorhaben Nr. 8693; HLK-1-93.

OPTIMA - Integration von Planung, Computersimulation und Betrieb

Vorhaben im Rahmen des Forschungsschwerpunktprogramms des Landes Baden-Württemberg

Michael Bauer, Madjid Madjidi

Betrachtet man den traditionellen Verlauf der Gebäude- und Anlagenplanung, so fällt auf, daß der Anlagenplaner für heiz- und raumlufttechnische Anlagen erst dann zur Planung eines Gebäudes hinzugezogen wird, wenn das Gebäudekonzept endgültig feststeht und somit unumstößlich ist. Er muß dann versuchen, die vorgeschriebenen Raumlufzustände mit aufwendiger Anlagentechnik zu beherrschen. Getrennt nach Gewerken erfolgt die Planung der Gebäudetechnik oftmals unkoordiniert. Speziell Gebäudedaten werden mehrmals in den verschiedenen Gewerken als Grundlage für weiterfolgende Berechnungen aus den vorhandenen Daten herausgearbeitet. Hinzu kommt, daß in der Gebäudetechnik zunehmend aufwendige Kommunikationstechniken, wie z.B. DDC-Regelungen für heiz- und raumlufttechnische Anlagen eingesetzt werden, die gewerkeübergreifend einen großen Datenaustausch erfordern.

Abhilfe erhofft man sich von der integralen Planung, zur Zeit ein viel genannter Begriff. Integrale Planung bedeutet jedoch nicht nur, daß die beteiligten Planer die Kommunikation untereinander erhöhen. Vielmehr müssen Werkzeuge geschaffen werden, die diese neue Planungsmethodik unterstützen /1/. In diesem Zusammenhang steht das Forschungsvorhaben OPTIMA im Rahmen des Forschungsschwerpunktprogramms des Landes Baden-Württemberg. In einer Zusammenarbeit zwischen den IKE-Abteilungen Heizung-Lüftung-Klimatechnik (HLK) und Wissensverarbeitung und Numerik (WN) wird das Ziel verfolgt, Planung, Computersimulation und Betrieb in einem Planungs- und Informationssystem zu integrieren. In Bild 1 ist das integrale Planungs- und Informationssystem schematisch dargestellt.

Das integrale Planungs- und Informationssystem eröffnet den beteiligten Planern die Möglichkeit, über einen Datenverbund, auf den aktuellen Planungsdatenbestand gemeinsam zuzugreifen /2/. Des weiteren können mit Simulationsprogrammen, wie z.B. TRNSYS, die ebenfalls in das Planungs- und

Informationssystem eingebunden sind, sehr früh Gebäudekonzepte hinsichtlich Energiebedarf und Behaglichkeit untersucht werden. Integrierte Auslegungsprogramme unterstützen den Planer bei der Auslegung der Anlagentechnik. Parallel zur Planungsarbeit dienen Simulationsmodelle von Gebäude und Anlage zum Testen der gewählten Anlagentechnik und später nach Bau, Inbetriebnahme und Abnahme zur Betriebsüberwachung.

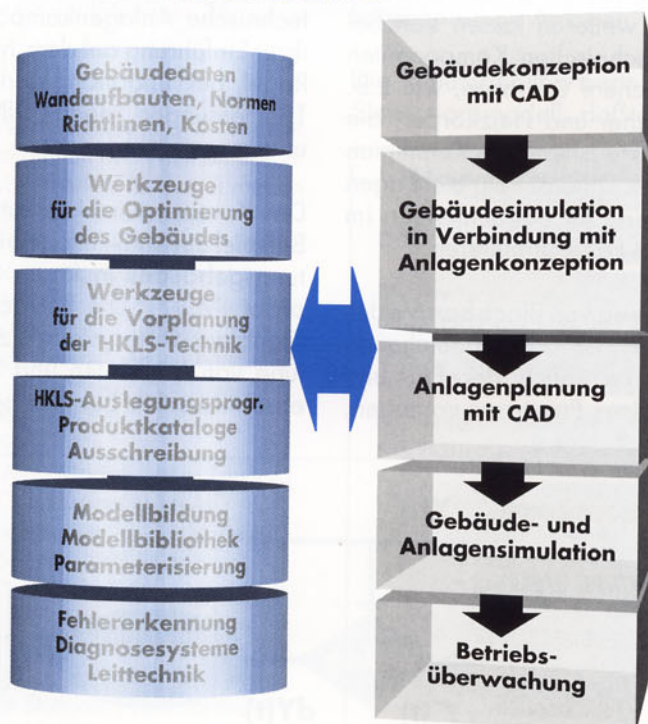
Beginnend mit der Vorplanung von Gebäuden, muß der Planer in jeder Planungsphase in der Lage sein, auf der Grundlage des jeweiligen Datenbestandes, richtungsweisende Entscheidungen für die Konzeptfindung energieeffizienter Gebäude zu treffen.

Neben der Datenbanktechnik /3/ und der Aufbereitung der im jeweiligen Planungsabschnitt benötigten Daten, steht in diesem Projekt vor allem die Integration der Vorplanung und der Betriebsüberwachung /4/ im Vordergrund. Die Problemstellung für die Erarbeitung unterstützender Programmsysteme für die Vorplanung stellt sich insoweit, daß in der Vorplanungsphase nur ein geringer Datenbestand für die

Ermittlung geeigneter Anlagensysteme zur Verfügung steht. Des weiteren unterliegt der Planungsprozeß in dieser Phase kaum qualitativen Werten, sondern meistens qualitativen Abschätzungen bzw. Erfahrungswerten. Erste Ansätze für derartige Programmsysteme stehen für die Heizungstechnik /5/ in Form eines wissensbasierten Systems und für die Raumluftechnik in Form einer Wertanalyse zur Verfügung. Bei der Wertanalyse für die Vorplanung von raumluftechnischen Anlagen wird ein Vergleich zwischen geforderten und vorhandenen Anlagenattributen durchgeführt. Die einzelnen Entscheidungskriterien können entsprechend ihres Einflusses auf das Gebäude gewichtet werden. Durch den Vergleich der Anforderungen an das zu planende Klimasystem und den Möglichkeiten der zur Verfügung stehenden Klimasysteme erfolgt eine Bewertung die Aufschluß über den Übereinstimmungsgrad von Anforderungen und Möglichkeiten gibt.

Weiterführende Arbeit der interdisziplinären Arbeitsgruppe ist es nun, die entwickelten Einzelbausteine zu einem programmtechnisch integrierten System zu verknüpfen.

Integriertes Informationssystem für Architekten, Planer und Betreiber



Literatur

- /1/ Bach, H.; Hinkelmann, M.; Madjidi, M.; Schmidt, F.: *Optimierung von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung durch Integration von Planung, Computersimulation und Betrieb*. Universität Stuttgart, IKE 4-134, ISSN 0173-6892, April 1992.
- /2/ Schmidt, F.: *Optimierung von raumluftechnischen Anlagen. 1. Zwischenbericht*. Projekt des Forschungsschwerpunktprogramms des Landes Baden-Württemberg Az. II-7532.274-7/3. Universität Stuttgart, IKE 4-FB-MWF-1, Oktober 1993.
- /3/ Hinkelmann, M.: *Unterstützung der Simulation des thermischen Verhaltens von Gebäuden und ihrer technischen Ausrüstung durch ein Produktdatenmodell*. ASIM-Tagung, Oktober 1994, Stuttgart.
- /4/ Madjidi, M.: *Measurements in the DEC Commercial Building*. Arbeitsbericht für das Vorhaben IEA Annex 25, Universität Stuttgart, Arbeitstreffen in Boston, April 1994.
- /5/ Baer, K.; Schmidt, F.: *INHEAD - A tool for efficient selection of HVAC-systems*. Universität Stuttgart IKE. Interner Bericht, Juli 1993.

Modellbasierte Betriebsüberwachung von heiz- und raumlufotechnischen Anlagen - SENSOR

IEA Vorhaben Annex 25

Madjid Madjidi

Die optimale Betriebsweise heiz- und raumlufotechnischer Anlagen setzt voraus, daß alle Anlagen-, Regel- und Steuerkomponenten optimal und fehlerfrei arbeiten. In der Praxis lassen sich aufgrund der langen Nutzungszeit von Gebäuden Betriebsfehler nicht immer vermeiden. Eine praktische Lösung bietet nur die frühzeitige Erkennung von Betriebsstörungen.

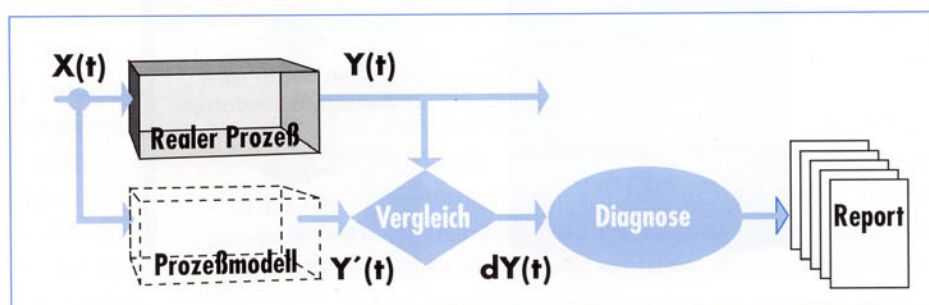
Im Rahmen des vom BMFT und der FGHLK geförderten Vorhabens IEA-Annex 25 der Internationalen Energieagentur werden zur Zeit die Einsatzmöglichkeiten automatischer Fehlererkennungssysteme untersucht /1/. Das Bild schematisiert die Grundidee. Während einer Anlaufphase sollen die aus dem realen Prozeß gewonnenen Meßwerte benutzt werden, um ein aus der Planungsphase stammendes Simulationsmodell der heiz- und raumlufotechnischen Anlagen eines Gebäudes zu kalibrieren, d.h. an die realen Bedingungen anzupassen. Danach soll das kalibrierte Simulationsmodell als Referenz für den permanenten Soll- und Istwertvergleich herangezogen werden, um Fehler im Betrieb frühzeitig zu erkennen und den Betriebsablauf zu optimieren. Im Gegensatz zu den physikalischen Modellen, die bisher bei der Anlagenplanung und Komponentenoptimierung Einsatz finden, sind bei einer modellbasierten Betriebsüberwachung sogenannte Black-Box-Modelle von größerer Bedeutung. Letztere können Prozeßverhalten frei von physikalischen Zusammenhängen charakterisieren. Der Zusammenhang zwischen Prozeßeingängen und -ausgängen kann mit informationstechnisch unterschiedlichen Methoden, wie z.B. Kennlinien, neuronale Netzwerke, autoregressive und rekursive Algorithmen und Fuzzy-Logic ausgedrückt werden. Die bisherigen Ergebnisse aus Annex 25 zeigen, daß diese Methoden geeignet sind, in automatischen Betriebsüberwachungssystemen eingesetzt zu werden.

Allerdings bestehen große Unterschiede bei den rechentechnischen Voraussetzungen. Während Kennlinienmodelle, autoregressive Algorithmen und Fuzzy-Logic wenig Rechnerkapazität beanspruchen, sind Programme zur Realisierung von neuronalen Netzwerken sehr speicher- und rechenintensiv. Modelle, die nur auf Kennlinien basieren, geben in der Regel nur statische Prozesse wieder. Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Systemsimulation von heiz- und raumlufotechnischen Anlagen zeigen jedoch, daß das Zeitverhalten von vielen raumlufotechnischen Komponenten nahezu keinen Einfluß auf Simulationsergebnisse hat. Beispiele solcher Komponenten sind Ventilatoren, Wärmetauscher, Luftkanäle, Stellglieder und Sensoren. Des weiteren lassen sich bei vielen heiztechnischen Komponenten mit dynamischem Verhalten, wie z.B. Wärmespeicher und Heizkörper, die modellcharakterisierenden Kennlinien mit einfachen Differentialgleichungen erster Ordnung für Betrachtungen im instationären Fall kombinieren.

Die Anwendung von Black-Box-Modellen setzt voraus, daß hinreichende Messungen bezüglich der Ein- und Ausgänge eines Prozesses vorliegen,

um das Modellverhalten der Realität anpassen zu können. Die in der Praxis beobachtbare sparsame Instrumentierung von Gebäuden und seinen heiz- und raumlufotechnischen Anlagen kann deshalb die Einsatzmöglichkeiten derartiger Modelle stark einschränken. Planungs- und Ausführungsunterlagen müssen somit ebenfalls als weitere Informationsquellen in Betracht gezogen werden. Mit Hilfe von Datenbanksystemen können sämtliche Informationen der Planungs-, Konstruktions-, Betriebs- oder gar Wiederabbauphase (Entsorgung), wie z.B. digitale Pläne und Simulationsmodelle, für die jeweils nachfolgende Phase ebenfalls zur Verfügung gestellt werden. Eine solche datenbankgestützte Integration von Planung und Betrieb von Heiz- und RLT-Anlagen verbessert die rechentechnischen Voraussetzungen, um bei der Modellbildung einen hybriden Ansatz zu verfolgen (IKE-Ansatz): Das Gesamtmodell soll auf Informationen beruhen, die teils aus Planungs- und Ausführungsunterlagen und teils aus Messungen während der anfänglichen Inbetriebnahme stammen. Die Anwendbarkeit von Planungs- und Ausführungsunterlagen ergibt sich auch aus der Tatsache, daß heiz- und raumlufotechnische Anlagenkomponenten vor ihrer Einführung auf dem Markt in der Regel bei unabhängigen Prüfstellen Typmessungen nach DIN oder VDI unterzogen werden.

Das Konzept wird in Deutschland am Beispiel der VVS-Anlage eines Verwaltungsgebäudes in Raum Stuttgart erprobt /2,3/. Die Entwicklung eines Signalauswertesystems (zur Auswertung von Meßdaten und Simulationsergebnissen) ist bereits abgeschlossen



/4/. Es können nun zeitabhängige Zustandsgrößen in freidefinierbaren Beobachtungsfenstern analysiert werden. Ergebnisse solcher Analysen sind die Darstellung von Zeitverläufen und Berechnung von Mittelwerten, Integralwerten, Standardabweichungen, Maximal- und Minimalwerten oder die Berechnung von beliebigen und vom Benutzer frei definierbaren mathematischen Operationen sein.

Das Simulationsmodell der Anlage ist bereits entwickelt und ist mit Hilfe von Meßergebnissen kalibriert worden. Erste Ergebnisse demonstrieren die Anwendbarkeit von Simulationmodellen zur Betriebsüberwachung. Eine theoretische Systemanalyse zur Ermittlung von zur Überwachung geeigneten Prozessgrößen und zur Bestimmung von Toleranzschwellen ist bereits abgeschlossen /5,6/. Die Entwicklung von Diagnosewissen und dessen Implementierung in ein Expertensystem werden zur Zeit verfolgt .

Literatur

- /1/ Kohonen, R.; Hyvärinen, J.: Real Time Simulation of HVAC-Systems for Building Optimization, Fault Detection and Diagnosis. Arbeitsprogramm für das Vorhaben IEA Annex 25, VTT, Espoo, 1991.
- /2/ Madjdi, M.: Simulation of Faults in a VAV-System - Preliminary Example. Arbeitsbericht für die IEA Annex 25, Universität Stuttgart, Arbeitstreffen in Tokio, April 1993.
- /3/ Madjdi, M.: Design Data and Preliminary Measurements in a VAV-system for Model Calibration and Fault Detection Purposes. Arbeitsbericht für das Vorhaben IEA Annex 25, Universität Stuttgart, Arbeitstreffen in Zürich, September 1993.
- /4/ Hinkelmann, M.: Derivation of Performance Indices - IKE Approach - Introducing a Database Oriented „Fault Detection Preprocessor“. Arbeitsbericht für das Vorhaben IEA Annex 25, Universität Stuttgart, Arbeitstreffen in Zürich, September 1993.
- /5/ Bauer, M.; Madjdi, M.: Threshold Examples in Commissioning HVAC-Systems. Arbeitsbericht für das Vorhaben IEA Annex 25, Universität Stuttgart, Arbeitstreffen in Zürich, September 1993.
- /6/ Madjdi, M.: One-Year-Period Simulation of Faults in a VAV-System. Arbeitsbericht für das Vorhaben IEA Annex 25, Universität Stuttgart, Arbeitstreffen in Boston, April 1994.

VITE-BEMS Virtuelle Testumgebung für Building Energy Management Systeme

Michael Bauer, Madjid Madjidi

Heiz- und raumluftechnische Anlagen werden zunehmend unter Einsatz von digitalen regel- und steuerungstechnischen Anlagen (DDC: Direct Digital Control) betrieben. Voraussetzung für einen energetisch effizienten Betrieb ist jedoch, daß das Gesamtkonzept der Regel- und Steuerstrategie eine energetisch günstige Betriebsweise gewährleistet. Für Building Energy Management Systemen (BEMS) ist bis heute der Nachweis der Funktionsfähigkeit erst nach Inbetriebnahme möglich.

Im Hinblick auf dieses Defizit wird im Rahmen eines Forschungsvorhabens, gefördert von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF)¹⁾, eine virtuelle Testumgebung für Building Energy Management Systeme (VITE-BEMS) geschaffen. Hierbei können durch Emulation von DDC-Geräten Building-Energy-Management-Funktionen vor Einbau und Inbetriebnahme im Gebäude getestet werden. Ziel des Vorhabens ist die Verfügbarkeit eines kostengünstigen Verfahrens zur Entwicklung neuer Funktionen für die Regelung und Prozeßoptimierung von heiz- und raumluftechnischen Anlagen.

Gebäude und die geplante heiz- und raumluftechnische Anlage nachbildet. Dieses Simulationsmodell wird über eine Schnittstelle (D/A-Wandler) an das reale DDC-Gerät angekoppelt. Auf der Grundlage von reproduzierbaren Randbedingungen (Wetter, Lasten, Nutzung) können die vorgesehenen regel- und steuerungstechnischen Funktionen, sowie die BEMS-Funktionen getestet werden. Die Verknüpfung der einzelnen Komponenten der Testumgebung zeigt Bild 1.

Für die Simulation und Dokumentation wird ein portabler Rechner mit einem 80486 DX/2 66 Prozessor eingesetzt. Die Portabilität ermöglicht neben der

Die Testumgebung besteht aus einem Simulationsmodell, daß das geplante

Bild 1: Testumgebung für DDC-Regler

Hardware	Beschreibung	Bemerkung
DDC	40 Datenpunkte	VVS - Regler
Meßwertaufnahme MICROLINC	16 analog EIN ± 11 V 16 analog AUS ± 10 V 16 digital EIN $\pm 5-50$ V 16 digital AUS max.: 30 V ; 1,5 mA	19" Rahmen 18 Steckplätze (8 belegt, 10 frei) 1 Controllerkarte
I/O Karte MICROLINC	IEEE-488 Schnittstelle für IBM und kompatible PC	
Computer PC III von P.P.M Inc.	Portable 80486DX/2 66 MHz 256 k vesa local bus 16 MB RAM 520 MB Festplatte Fujitsu 3,5" Laufwerk Adaptec 1542C SCSI controller Farbbildschirm 2 serielle Schnittstellen 1 parallele Schnittstelle	

Testumgebung im Labor auch den Einsatz auf der Baustelle, beim Planer oder Anlagen- bzw. Komponentenbauer. Der schnelle Prozessor ist Voraussetzung für kurze Rechenzeiten und eröffnet auch die Möglichkeit der Simulation von aufwendigen Anlagensystemen.

Für eine möglichst schnelle Kommunikation zwischen DDC-Gerät und Simulation wird eine I/O Karte eingesetzt, die es gestattet ca. 30 bis 60 Datenpunkte über die Schnittstelle IEE-488 in einer Zeit von weniger als einer Sekunde zu übertragen. Serielle Schnittstellen sind hierzu nicht geeignet. Zur Verarbeitung von 16 analogen Eingängen, 16 analogen Ausgängen, 16

digitalen Eingängen und 16 digitalen Ausgängen wird das von der Firma WES vertriebene MICROLINK 3000 eingesetzt. Die Hardwarekonfiguration ist in Bild 2 dargestellt. Die Kommunikation zwischen dem Simulationsmodell und dem MICROLINK 3000 wird in einem Rechenmodul des Simulationsprogramms realisiert. Für die analogen Ein- und Ausgänge werden Parameter benötigt, die Informationen für die Umrechnung der Spannungs- und Stromwerte in Zahlenwerte enthalten. Somit muß für die Belegung der Ein- und Ausgänge nicht mehr der Quell-Code des Programms verändert werden. Alle Belegungen erfolgen in der Eingabedatei zur Simulation. Hierfür wird für

jeden realen Ausgang am Microlink 3000 ein entsprechender Eingang im dem Rechenmodul definiert.

Im Planungsprozess soll der Einsatz eines Emulators zur Programmierung bzw. Parameterisierung eines DDC-Gerätes wesentliche Zeit- und Kostenersparnis bringen. Das Ingenieurbüro für Bauwesen (IFB), Dr. Braschel GmbH, Stuttgart wird als Partner im Vorhaben ein aktuelles Planungsobjekt zur Verfügung stellen. Anhand des Planungsobjekts wird der Einsatz der Testumgebung in der praktischen Anwendung erprobt. Hierzu wird, parallel zur Gebäude- und Anlagenplanung, ein Simulationsmodell von Gebäude und den heiz- und raumluftechnischer Anlage auf der Grundlage des aktuellen Planungsdatenbestandes erstellt. Die in der Planung erarbeiteten Regel- und Steuerungsfunktionen sowie abgeleitete BEMS-Funktionen werden nach der Submission der regelungstechnischen Anlage an dem einzubauenden Produkt getestet, eventuell korrigiert und erweitert.

Neben dem Testen der DDC-Regler, wird der Emulator auch für Schulungszwecke für die Ausbildung von Studenten an der Universität Stuttgart eingesetzt. Ausgehend von diesen Betriebserfahrungen wird ein Handbuch für die Konzeption und den Einsatz von Emulatoren erstellt.

1), AiF-Forschungsvorhaben Nr. 9568, Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft.



Bild 2: Hardwarekonfiguration

RATEG - Rationelle Energieanwendung in Gebäuden

Neue Methoden in Planung und Betrieb

Christian Haupt, Markus Tritschler

Eine wichtige Voraussetzung für die Intensivierung der rationellen Energienutzung ist, daß Bauherren, Architekten und Ingenieure (Planer), Betreiber und Nutzer von Gebäuden in enger Zusammenarbeit optimale Lösungen entwickeln. Als Konsequenz einer solchen Überlegung wurde an der Universität Stuttgart eine Arbeitsgruppe Technische Gebäudeausrüstung eingerichtet. Ihr gehören Architekten und Ingenieure aus den Bereichen Heizung-, Lüftung-, Klima-Technik, Leittechnik und Anlagenplanung sowie Informatiker an. Sie entwickeln die wissenschaftlichen Grundlagen eines Systems zur Integration von Planung, Simulation und Optimierung heiz- und raumluftechnischer Anlagen.

Rationelle Energieanwendung in Gebäuden kann nur dann in größerem Maße erreicht werden, wenn Auftraggeber, Planer, Betreiber und Nutzer an „einem Strang“ ziehen. Deshalb wird zusammen mit der Mannheimer Wohnungsbau Gesellschaft (GBG) ein von der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg gefördertes Forschungsvorhaben bearbeitet, in dem durch intelligente Integration bekannter Techniken und Verfahren ein Instrumentarium entwickelt und an einem Bauvorhaben erprobt wird. Dieses Instrumentarium enthält drei Hauptkomponenten:

- Es soll eine computergestützte Planung dazu führen, das optimal auf das jeweilige Gebäude mit seiner Nutzung abgestimmte „Anlagenkonzept“ zu finden. Dazu werden wissenbasierte Methoden und Betriebssimulation in den Planungsprozeß integriert.
- Es soll ein optimaler Betrieb durch betriebsbegleitenden Einsatz des während der Planung entstandenen Simulationsmodells ermöglicht werden (ständiger Soll-Ist-Vergleich).
- Es soll ein energiebewusstes Nutzerverhalten durch den Einsatz eines kombinierten Regelungs- und Heizkostenverteilsystems /1/ unterstützt werden.

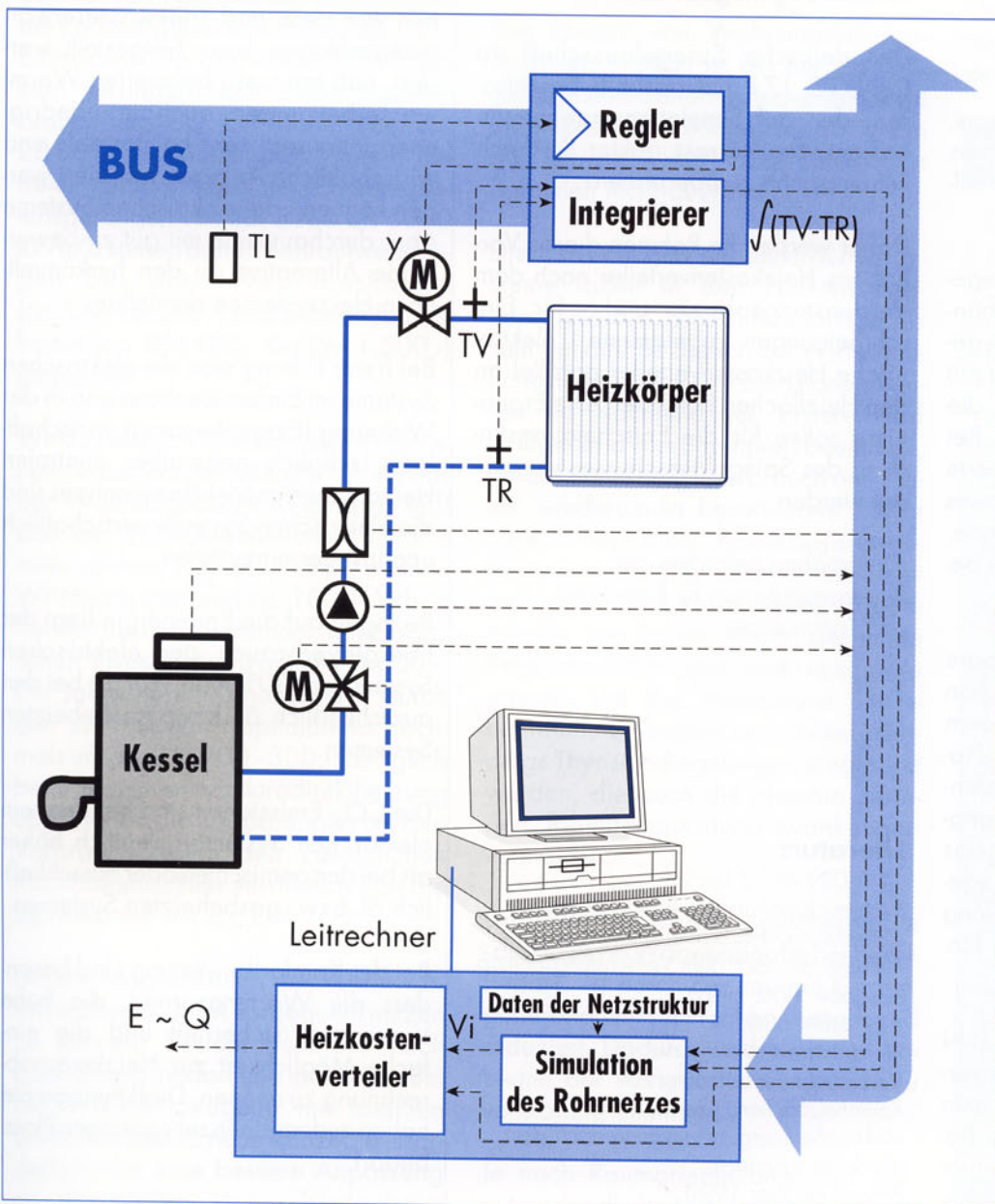
Gegenüber herkömmlichen Heizkostenverteilsystemen auf Basis der DIN 4713 zeichnet sich das kombinierte Regelungs- und Heizkostenverteilsystem (RHKVS) /2/ durch folgende Vorteile aus:

- es ist keine Identifikation der Heizflächen erforderlich,
- das System ist für alle Heizflächenbauarten geeignet,
- es bestehen keinerlei Einschränkungen bezüglich extremer Heizmittelttemperaturen,

Weitere Vorteile des Systems sind:

- es kann gut gegen Manipulation gesichert werden,
- Selbstadaption der Regelparameter ist möglich.

Bild 1: Schema des RHKVS



Literatur:

- /1/ Bach, H.; Striebel, D.; Tritschler, M.:
Rechnergestützte Analyse und hydraulischer Abgleich von Rohrnetzen angewandt auf II. Entwicklung eines kombinierten Regelungs- und Heizkostenverteilsystems.
Forschungsbericht, Universität Stuttgart, IKE Abt. HLK, 1991.
- /2/ Tritschler, M.:
Volumenstrom in Heiznetz simuliert.
HLH Nr. 8, Bd. 41 (1990).
- /3/ Bach, H.; Grammling, F.; Neuscheler, K.; Striebel, D.:
Rechnergestützte Analyse und hydraulischer Abgleich von Rohrnetzen angewandt auf I. Betriebsoptimierung der Pumpe.
Forschungsbericht, Universität Stuttgart, IKE Abt. HLK, 1991.

Energiegerechte Modernisierung im industriellen Wohnungsbau der neuen Bundesländer

Christian Haupt, Markus Tritschler

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung der Technischen Universität Dresden werden in einem typischen Gebäude in den neuen Bundesländern unterschiedliche Modernisierungsmaßnahmen untersucht.¹⁾

Im einzelnen sind dies folgende Maßnahmen:

- Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehüllekonstruktion,
- Effizienzsteigerung des Heizsystems, der Trinkwassererwärmung und des Lüftungssystems,
- Beeinflussung des Nutzerverhaltens durch gerechte Heizkostenverteilungssysteme.

Die Maßnahmen sollen unter den gegebenen finanziellen und nutzerabhängigen Randbedingungen optimal gestaltet werden. Die Analyse erfolgt mit Hilfe von Simulationsrechnungen, die durch Messungen bestätigt werden. Bei der Simulation liegen die Kennwerte des Gebäudes und der Anlage sowie die Nutzungsbedingungen zugrunde, so daß sich beliebige Betriebsfälle berechnen lassen.

Im Ergebnis werden verallgemeinerbare Aussagen zur Modernisierung von Gebäuden in den neuen Bundesländern für die Bereiche Energiediagnose, Planung, Nutzerverhalten (Heizkostenverteilung, Komfort) und Betriebsmanagement vorgelegt. Dabei steht das gegenwärtig hoch aktuelle aber unge löste Problem der örtlichen Regelung und der Heizkostenverteilung von Einrohrheizungen im Vordergrund.

Nach der zur Zeit gültigen Norm DIN 4713 Teil 2 /1/ dürfen Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip in Einrohrheizungen, die über den Bereich einer Nutzeinheit hinausgehen (z.B. senkrechte Einrohrheizung), be-

kanntlich nicht eingesetzt werden. Im Unterschied dazu soll der Einsatz dieser Geräte nach dem Entwurf der neuen europäischen Norm prEN 835 /2/ durch Anwendung eines neuen Korrekturfaktors K_E möglich sein.

Der deutsche Spiegelausschuß zu CEN/TC 171 hat deshalb beschlossen, den auf Simulationsergebnissen basierenden Korrekturfaktor K_E durch Feldversuche zu überprüfen.

Daher werden im Rahmen dieses Vorhabens Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip und - für Einrohrheizungen zugelassene - elektronische Heizkostenverteiler parallel an den Heizflächen betrieben. Die Ergebnisse sollen für die Entscheidungsfindung des Spiegelausschusses verwendet werden.

1) Vorhaben gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie

Literatur:

- /1/ DIN 4713 Teil 2:
Verbrauchsabhängige Wärmekostenabrechnung - Heizkostenverteiler ohne Hilfsenergie nach dem Verdunstungsprinzip.
Ausgabe März 1990.
- /2/ prEN 835:
Heizkostenverteiler für die Verbrauchswertfassung von Raumheizflächen- Geräte ohne elektrische Energieversorgung nach dem Verdunstungsprinzip.
Entwurf Februar 1994.

In einer Studie im Auftrag der Elektrizitätswirtschaft wurde die Eignung herkömmlicher Anlagen für Heizung und Trinkwassererwärmung in Niedrigenergiehäusern untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefaßt.

Als Ergebnis der betrachteten Beispielfälle mit verschiedenen Kombinationen von Heiz- und Trinkwassererwärmungsanlagen kann festgestellt werden, daß mit fossil befeuerten Warmwasserheizungen auch in Niedrigenergiehäusern sehr komfortable und wirtschaftliche Anlagen realisiert werden können, die elektrischen Systeme aber durchaus eine mit gut zu bewertende Alternative zu den herkömmlichen Heizsystemen darstellen.

Bei freier Lüftung sind die elektrischen Systeme im Einfamilienhaus und in der Wohnung (Etagenheizung) wirtschaftlich. Lediglich gegenüber zentralen Heizanlagen im Mehrfamilienhaus sind die elektrischen Systeme wirtschaftlich ungünstiger einzustufen.

Bezogen auf die Endenergie liegt der Energieverbrauch der elektrischen Systeme ca. 30% niedriger als bei den ausschließlich öl- bzw. gasbeheizten Systemen.

Die CO₂-Emissionen sind bei den rein elektrischen Systemen deutlich höher als bei den gemischten oder ausschließlich öl- bzw. gasbeheizten Systemen.

Bei der Komfortbewertung sind besonders die Wartungsarmut, die hohe Versorgungssicherheit und die einfache Möglichkeit zur Heizkostenabrechnung zu nennen. Direktheizgeräte haben zudem einen sehr geringen Platzbedarf.

Heiz- und Trinkwasser- erwärmungssysteme für Niedrigenergiehäuser

Heinz Bach, Bernhard Biegert, Gunther Claus

Bei den Anlagen mit mechanischer Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung ergeben sich aus wirtschaftlicher Sicht Mehrkosten von ca. 30-50% bei den Investitionen. Dies gilt für herkömmliche Heizsysteme oder kombiniert elektrische Systeme. Auch die Jahreskosten liegen ca. 20% über den Vergleichswerten bei freier Lüftung.

Deutlich verringert werden können aber der Endenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen. Bei den elektrischen Systemen verringern sich Endenergieverbrauch und CO₂-Emissionen um ca. 20-30% gegenüber den Werten bei freier Lüftung. Absoluten Endenergieeinsparungen von ca. 5000 bis 6000 kWh/a stehen damit Mehraufwendungen bei den Investitionskosten (ca. DM 16.000,-) und bei den Jahreskosten (ca. DM 400,- bis DM 1.500,-) gegenüber.

Wird zusätzlich eine Luft/Luft-Wärmepumpe zur Wärmerückgewinnung aus der Wohnungsabluft eingesetzt, läßt sich der Endenergieverbrauch nochmals senken (ca. 600 kWh/a beim WP-Heizsystem und ca. 1000 kWh/a bei den übrigen Systemen), bei zusätzlichen Investitionen von DM 3.600,-. Die Jahreskosten erhöhen sich durch den zusätzlichen Kapitaldienst nochmals um ca. DM 200 - 300,-. Lediglich beim System mit Elektrodirektheizung überwiegen die Einsparungen bei den Verbrauchskosten den zusätzlichen Kapitaldienst. Hier verringern sich die Jahreskosten um ca. DM 200,-.

Um die Möglichkeiten der Warmwasserheizung im NEH konsequent nutzen zu können, besteht durchaus noch Entwicklungsbedarf und -potential. Bei der Wärmeerzeugung mit fossilen Brennstoffen sind neue Konzepte erforderlich, die eine bessere Anpassung an die großen Unterschiede beim

Leistungsbedarf für Heizung und TWE erlauben. Dies gilt vor allem für den Betrieb mit Heizöl. Für Wärmeverteilung und Wärmeübergabe sind die Systeme und Komponenten dahingehend zu optimieren, daß Einzelraumbetrieb so benutzerfreundlich wird, daß diese Möglichkeit auch angenommen und Fremdwärme so weit wie möglich genutzt wird.

Der Einsatz von Wohnungslüftungssystemen in NEH ist bei der derzeitigen Kostensituation wirtschaftlich nicht zu empfehlen, solange sich vor allem die Reduktion der CO₂-Emissionen finanziell nicht auswirkt.

Die Bewertungen der elektrischen Systeme fallen in den Punkten Endenergieverbrauch und Komfort gut bis sehr gut aus. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit und der CO₂-Emissionen weisen sie Nachteile auf. Erstere wird maßgebend vom Strompreis beeinflusst, beides vom Energieverbrauch und dieser wiederum in besonderem Maße vom erwähnten Raumregelungsgrad. Die elektrischen Direktheizgeräte sind kaum weiter zu optimieren, sie haben kaum bleibende Regelabweichungen und reagieren schnell. Um die momentane Stromaufnahme zu begrenzen, sollten allerdings Thyristor-Regelungen eingesetzt werden, die auch die ohnehin geringen Raumtemperaturschwankungen vermeiden.

Der Nachteil der Elektrospeichergeräte - die statische Wärmeabgabe bei Nichtbedarf - ist durch die neueste Gerätegeneration für NEH schon weitgehend reduziert. Dadurch sind auch die Probleme der Aufladesteuerung nahezu vollständig eliminiert.

Je nach Raumorientierung sind ggf. unterschiedliche Ladesteuerungen vor-

zusehen, während die Nord-, Wirtschafts- und Baderäume wegen höherer innerer Lasten bzw. nur sehr temporärer Nutzung nur Direktheizgeräte bzw. Speicherheizgeräte mit Direktheizanteil und kleinem Speichervermögen besitzen sollten. Letzteres gilt insbesondere in Verbindung mit zentralen Lüftungsanlagen.

Eine weitere Option für die Zukunft ist die zentrale Leittechnik mit welcher neben der Heizung auch Lüftung, Beleuchtung und Sonnenschutz betrieben werden können. Dazu bieten elektrische Systeme hervorragende Voraussetzungen, wobei zumindest Teilfunktionen nach den speziellen Gegebenheiten der einzelnen Räume und Nutzer erfüllt werden sollten. Dies gilt für Wohngebäude in stärkerem Maße als in Verwaltungsbauten, da die Anforderungen der Nutzer sich in Wohnungen weitaus deutlicher unterscheiden können.

PERSONALIA

Im HLK-Brief 1991 hatten wir zuletzt über personelle Wechsel berichtet. Seitdem sind die folgenden Veränderungen zu verzeichnen:

Dipl.-Ing. G. Frech verließ uns 1993, um ein bei uns entwickeltes computergestütztes Planungssystem bei einem japanischen Heizkörperhersteller einzuführen und den dortigen Verhältnissen anzupassen. **Dipl.-Ing. R. Maiwald** ging 1993 wieder an die Universität Karlsruhe zurück.

Als neue Mitarbeiter traten ein: Im Jahr 1992 **Dipl.-Ing. C. Kochendörfer**, der sich mit experimentellen Untersuchungen im Bereich von Raumheiz- und Kühlflächen beschäftigt; 1993 **Dipl.-Ing. M. Bauer**, der in mehrere Projekte im Bereich der Systemsimulation eingebunden ist, und **Dipl.-Ing. C. Haupt**, der sich an der Grundlagen-Entwicklung für neue Regel- und Abrechnungssysteme beteiligt; im Frühjahr 1994 kam schließlich noch **Dipl.-Ing. E. Reichert** dazu, der im Bereich Wohnungslüftung und Niedrigenergiehäuser mitarbeitet.

EKOVIES - Energiekonzept Viesenhäuser Hof

Wolfgang Scholer

Ziele von Energiekonzepten sind, die rationellsten und wirtschaftlichsten Lösungen zur Energieversorgung zu finden, die möglichst geringe Umweltbelastungen mit sich bringen. Im Sommer 1992 erhielten wir den Auftrag, zusammen mit dem Fraunhofer Institut für Bauphysik eine derartige Studie für das an der Stadtgrenze zu Kornwestheim geplante Neubaugebiet Viesenhäuser Hof in Stuttgart-Mühlhausen zu erstellen. Zugrunde liegen die Pläne des 1. Preisträgers des damaligen Architektenwettbewerbs. Politische Veränderungen sorgten für erhebliche Zeitverzögerungen und erforderten mehrere Änderungen der Randbedingungen und Zielsetzungen. Inzwischen liegt der Abschlußbericht vor.

Die zugrundeliegende Bebauung setzt sich aus acht verschiedenen Gebäudetypen mit 3 bis 52 Wohneinheiten (WE) zusammen, die insgesamt 621 WE beherbergen. Als Basis für die versorgungstechnischen Untersuchungen wird der von der neuen Wärmeschutzverordnung (1995) vorgeschriebene Gebäudedämmstandard angenommen. Der Jahresheizenergiebedarf der einzelnen Gebäudetypen liegt zwischen 65 und 84 kWh/m²a.

Im versorgungstechnischen Teil der Studie wird zunächst der Gesamtenergiebedarf für Heizung und Trinkwassererwärmung (TWE) einschließlich der auftretenden Verluste bei verschiedenen Wärmedämmstandards ermittelt. Der Anteil des Energiebedarfs zur TWE beträgt 31-39%. Die Reihenhaustypen weisen einen markant höheren Gesamtenergiebedarf auf als die Mehrfamilienhäuser. Durch bessere Dämmung der Warmwasserleitungen (Trinkwasser) kann der Energiebedarf merklich gesenkt werden.

Acht verschiedene Anlagenvarianten zur Wärmeversorgung werden detailliert untersucht und einander gegenübergestellt. Dabei wird als Basisvariante die Öl-Zentralheizung betrachtet. Sie wird mit zwei Gas-Zentralheizungsvarianten, einer dezentralen Gasversorgungsvariante, zwei Fern-

wärme- und zwei Nahwärmekonzepten verglichen.

Unter den betrachteten Varianten wird mit der Gas-Zentralheizung mit Brennwertkesseln am wenigsten Energie zur Wärmebereitstellung benötigt. Je nach Bewertung des Stromanteils aus der Kraft/Wärme-Kopplung beim Nahwärmekonzept BHKW kann der Wärmeversorgungsenergiebedarf zugeordnet werden.

Die Kosten für die untersuchten Versorgungsvarianten differieren sehr stark. Die geringsten Gesamtinvestitionen sind beim Fernwärmeanschluß an das Heizwerk Kornwestheim, den Zentralheizungen mit Ölkesseln bzw. mit Gaskesseln mit atmosphärischen Brennern erforderlich. Die Nutzwärmepreise bewegen sich abhängig vom Energieträger, der zugehörigen Preisgestaltung und dem Gebäude- bzw. Wohnungstyp zwischen 5 und 15 Pf/kWh. Daraus resultieren Unterschiede von mehr als 100 % bei den jährlichen Kosten, wobei die Öl- und Gas-Zentralheizungen die niedrigsten aufweisen. Aus der Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Barwertmethode ergeben sich über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren die niedrigsten Barwerte und effektiven Wärmepreise für die Öl-Zentralheizung und die Gas-Zentralheizung mit atmosphärischen Brennern. Bei den Reihenhäusern ist die dezentrale Thermen-Variante die energetisch

und wirtschaftlich sinnvollste Lösung. Werden mehr als fünf Reihenhäuser in einen Gebäudeblock zusammengefaßt, ist eine blockzentrale Wärmeversorgung vorzuziehen.

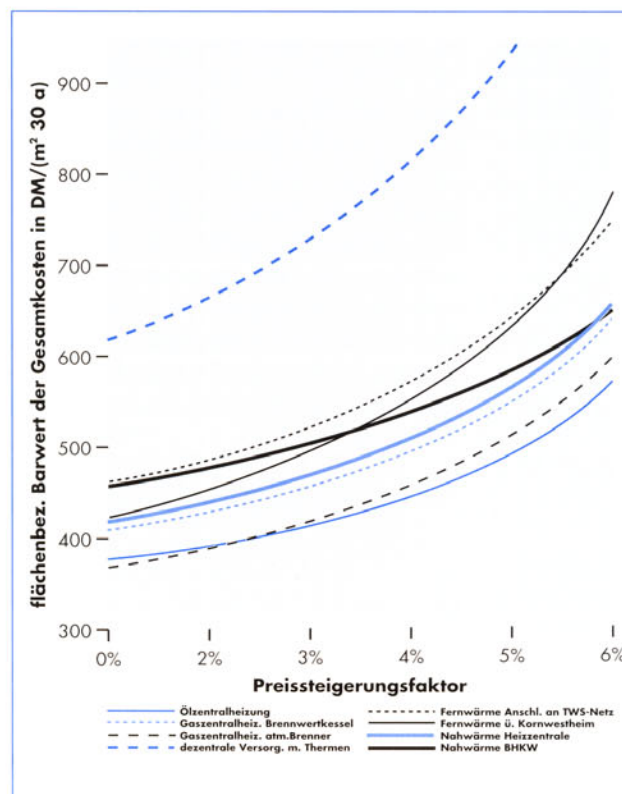


Bild 1: Flächenbezogener Barwert für das gesamte Neubaugebiet abhängig von der Energiepreissteigerung (angenommener Zinssatz: 6,5%, Kostensteigerung bei Komponenten: 4,3%)

Niedrigenergiehaus Mannheim (NEHAMA)

Wolfgang Scholer

Aus der Emissionsberechnung kann nicht eindeutig ein optimales Versorgungskonzept bestimmt werden, da unterschiedliche Varianten bei verschiedenen Schadstoffen sowohl Vor- als auch Nachteile aufweisen. Insgesamt geringe Emissionen werden mit Gas-Brennwertkesseln, Gas-Thermen und der Nahwärmeversorgung über eine Gas-Heizzentrale erreicht.

Einzelne Ergebnisse sind stark geprägt durch die speziellen Stuttgarter Energieversorgungsverhältnisse und dadurch nur bedingt auf andere Gebiete übertragbar.

Weitergehende, erheblich energiesparende und emissionssenkende versorgungstechnische Maßnahmen wie Solarenergienutzung zur Trinkwassererwärmung oder Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung sind aus wirtschaftlicher Sicht derzeit nicht umsetzbar. Annähernd wirtschaftlich ist dagegen die bessere Wärmedämmung von Warmwasserleitungen mit einem Einsparpotential von 2-3% bei einem Gebäudedämmstandard nach der neuen ab 1995 gültigen Wärmeschutzverordnung. Sensitivitätsanalysen über einen veränderten Wärmebedarf, eine veränderte Preissteigerung oder eine Ausweitung des Baugebiets ergeben keine grundlegenden Unterschiede für die Bewertung der Versorgungsvarianten.

Die energetisch sinnvollste, umweltverträglichste und wirtschaftlich noch vertretbare Lösung wird bei Mehrfamilienhäusern mit der Gas-Zentralheizung mit Brennwertkesseln erreicht. Bei kleinen Reihenhausblocken sollten Gas-Thermen installiert werden.

Bei veränderten Randbedingungen könnten auch Nahwärmekonzepte sinnvolle Alternativen darstellen.

In der letzten Ausgabe des HLKBRIEFs /1/ wurde ein optimiertes Anlagenkonzept für Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung (TWE) in Mehrfamilien-NEH vorgestellt. Das dort beschriebene Gebäude ist Gegenstand eines Forschungsvorhabens, an dem das Fraunhofer-Institut für Bauphysik für die Gebäudeoptimierung und die Abteilung Heizung-Lüftung-Klimatechnik des Instituts für Kernenergetik und Energiesysteme zur Anlagenoptimierung beteiligt sind. In der ersten, inzwischen abgeschlossenen Planungsphase wurde die Gebäudehülle energetisch optimiert und die Heizanlage - wie beschrieben - konzipiert. Zur Zeit befindet sich das Projekt im Bau. In der dann folgenden Meßphase wird das Gebäude über zwei Heizperioden meßtechnisch überwacht und hinsichtlich Energieverbrauch und Betriebsweise analysiert. Über das Meßkonzept und die Ergebnisse wird später zu berichten sein.

Das vorgeschlagene Konzept mußte für die Ausführung aus Kosten- und Platzgründen abgeändert werden. Durch einige konzeptionelle Kompromisse und aufgrund neuer technischer Entwicklungen können die innovativen Elemente dennoch weitgehend realisiert werden. Bild 1 zeigt das Schalt-schema der Anlage, die in das Gebäude installiert wird.

Der Wärmebedarf zur TWE beträgt mit ca. 30 MWh/a (38 % davon sind Leitungsaufheiz-, Zirkulations- und Speicherverluste) rund 2/3 des Wärmebedarfs für das gesamte Gebäude. Da ein höchstmöglicher Anteil des TWE-Energiebedarfs mit einem kleinstmöglichen Verhältnis von Kosten zu Nutzen über die Solaranlage gedeckt werden soll, wird die Kollektorfläche auf 36 m² festgelegt.

Die über die Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen Solekreislauf (Frostsicherheit bis -25°C) und einen Plattenwärmetauscher in einen als Schichtspeicher betriebenen Pufferspeicher eingelagert. Die Größe des Pufferspeichers wird aus Platz- und Kostengründen auf ein Speichervolumen von 1500 l festgelegt. Gegenüber dem zunächst vom Bauherrn vorgesehenen 1000 l-Speicher kann der

nutzbare Solarenergieertrag um ca. 5 % erhöht werden. Wegen der höheren Wärmespeicherkapazität von Wasser gegenüber Sole reduziert sich die Nutzenergieausbeute durch die Temperaturverluste im Wärmetauscher gegenüber der zunächst geplanten direkten Einbindung des Puffers in den Kollektorkreis um weniger als 1 %.

Mit dieser Anlagenkonstellation ist ein solarer Jahresdeckungsgrad von mindestens 51 % zu erwarten. Damit kann der Energiebedarf zur Wärmeversorgung des gesamten Gebäudes zu ca. 35 % durch Solarenergie gedeckt werden.

Der Pufferspeicher wird als Schichtspeicher betrieben. Es ist wichtig, den Speicher auf eine hohe Temperatur zu beladen, damit der Trinkwasserspeicher über einen Wärmetauscher auf die erforderliche Temperatur von 60°C gebracht werden kann. Deshalb wird der Speicher mit einer neuartigen patentierten *Lade-Wechsel-Vorrichtung (LWV) /2,3/* ausgestattet, bei der sich das Wasser bei Massenströmen bis zu 1000 kg/h („low flow“) automatisch entsprechend der jeweiligen Temperatur einschichtet.

Um das Zustrahlungsangebot der Sonne optimal nutzen zu können, wird eine nach der Kollektorausstrittstemperatur geregelte Pumpe benötigt. Bei ausreichender Sonneneinstrahlung wird der Pufferspeicher massenstromgeregelt auf mindestens 65°C beladen. Durch die komplette Systemtrennung zwischen Solarkreis und Trinkwasserspeicher ist es möglich, die Pufferspeichertemperatur weiter zu erhöhen, sofern mit den Kollektoren höhere Temperaturen erreicht werden können. Damit im Trinkwasserspeicher die Ladetemperatur von 60°C nicht überschritten wird, muß im Trinkwasserspeicher-Ladekreis die Wärmetauscher-Eintrittstemperatur mit einem Dreiwegemischer auf 65°C geregelt werden.

Erreicht die Kollektorausstrittstemperatur bei geringer Sonneneinstrahlung nicht die erforderliche Temperatur, um den Solar-Pufferspeicher auf mindestens 65°C zu beladen, wird die Solarkreispumpe auf kleinster Stufe betrieben und das Puffervolumen auf ein höchstmögliches Temperaturniveau vorgewärmt. Durch die LWV wird das solar vorgeheizte Wasser abhängig vom Beladezustand des Pufferspeichers in der richtigen Höhe zwischen heißem und kaltem Wasser eingeschichtet. Wird die Sole im Kollektor um weniger als 3 K erwärmt, muß die Solarkreispumpe abgeschaltet werden. Damit wird ein Entladen des Pufferspeichers bzw. nutzloser Stromverbrauch verhindert.

Herrscht im oberen Bereich des Solar-Pufferspeichers eine Temperatur unter 65°C und der Trinkwasserspeicher benötigt eine Nachladung, muß über den Heizkessel nachgeheizt werden. Dazu wird gegebenenfalls solar vorgewärmtes Wasser aus dem oberen Drittel des Pufferspeichers entnommen. Das nachgeheizte Wasser wird ganz oben wieder eingespeist, damit es unmittelbar zur Trinkwasserspeicher-Beladung bereitsteht. Unnötige Verluste durch Vorhalten eines Zwischenpuffers werden somit vermieden und eine maximale solarseitige Speicherkapazität gewährleistet.

Als Trinkwasserspeicher wird ein Schichtspeicher mit 750 l Wassereinhalten eingesetzt. Er wird über einen Wärmetauscher in einem Durchlauf beladen. Dadurch wird eine optimale Solarenergieausbeute erreicht und ein konsequenter Schichtspeicherbetrieb möglich.

Der Wärmetauscher ist so dimensioniert, daß primärseitig möglichst niedrige Rücklauftemperaturen erreicht werden. Damit kann die gespeicherte Solarwärme maximal ausgenutzt werden.

Der Rücklauf der Trinkwasser-Zirkulationsleitung wird ebenfalls über eine LWV in den Trinkwasserspeicher geführt. Dadurch wird das nur geringfügig abgekühlte Warmwasser unabhängig vom Ladezustand immer unter die Heißwasserschicht eingespeist.

Der außenliegende Wärmetauscher und der konsequente, bisher nicht übliche Schichtspeicherbetrieb ermöglichen es, das gesamte Trinkwasserspeichervolumen zu nutzen und die Legionellengefahr zu minimieren. Darüberhinaus ist diese Schaltung und Betriebsweise die einzig sinnvolle Methode, um den Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W551 /4/ gerecht zu werden.

Die Größe des Speichers wurde nach Erfahrungswerten des Auftraggebers festgelegt. Nach den gültigen Auslegungsregeln würde ein kleinerer Speicher genügen. Um dies zu erproben und nachzuweisen, müßte der Temperaturfühler für die Belade-Abschaltung über der Höhe des Speichers variiert werden. Dadurch können ohne Einschränkung der oben genannten Vorteile Erkenntnisse über die Dimensionierung von Trinkwasserspeichern gewonnen werden.

Da die Heizanlage zugleich den von der Solaranlage nicht erbrachten Energiebedarf zur Trinkwassererwärmung liefern muß, wird in Verbindung mit einem 750 l-Trinkwasserspeicher ein Wärmeerzeuger mit 30 kW Wärmeleistung benötigt, obwohl die Heizlast nach DIN 4701 nur 20,5 kW beträgt. Beim Einsatz eines Brennwertkessels ist besonders darauf zu achten, daß die Heizflächen so abgestimmt sind, daß die Rücklauftemperaturen während des weit überwiegenden Teils der Heizperiode deutlich unter dem Taupunkt der Abgase liegen.

Dies wird dadurch verstärkt, daß die Funktion von Thermostatventilen als Drosselorgane bewußt eingeplant wird - das Angebot einer leicht erhöhten Vorlauftemperatur ergibt dann ständig gegenüber der Auslegung abgesenkte Rücklauftemperaturen und damit günstigere Betriebsbedingungen für den Brennwertkessel.

Vorgesehen ist ein extrem schadstoffarmer Gas-Brennwertkessel mit einstufigem Brenner. Die Heiz-

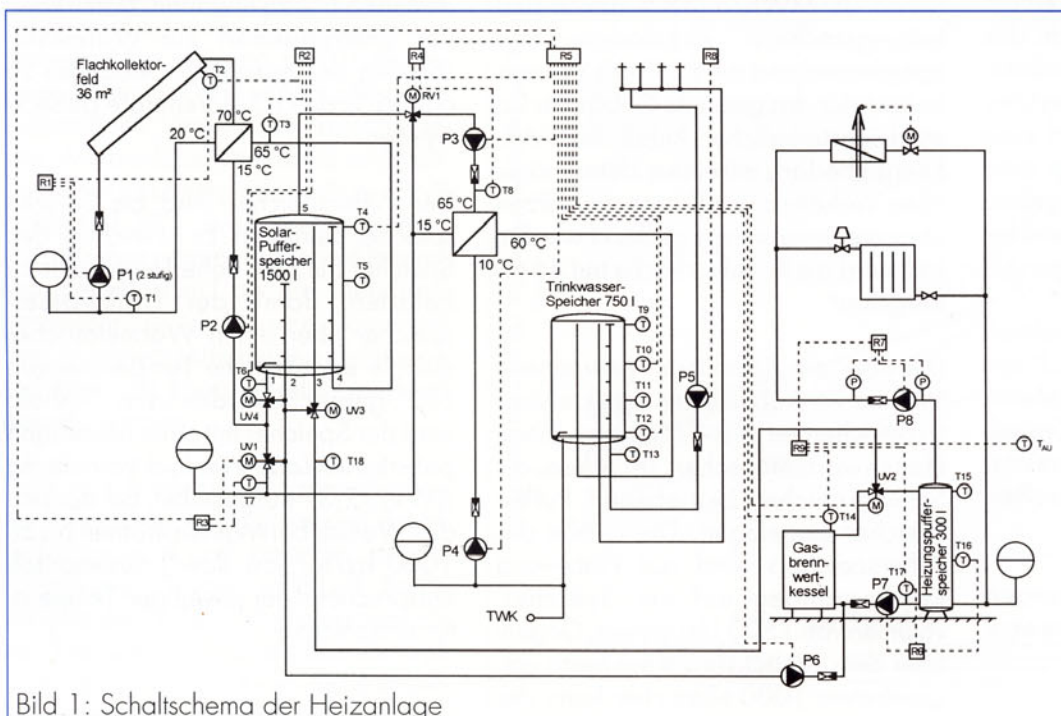


Bild 1: Schaltschema der Heizanlage

flächen der Anlage werden auf 60/45 °C ausgelegt. Die Heizkurve wird so eingestellt, daß die Vorlauf-temperatur bei Auslegebedingungen 65°C beträgt.

Im Fall der ausschließlichen TWE über den Kessel mit einer hierzu notwendigen Vorrangschaltung würden sich sehr lange Betriebsunterbrechungen für die Gebäudeheizung ergeben. Da dies sicher zu Klagen der Nutzer führen würde, ist eine Überbrückung mit Hilfe eines Pufferspeichers sinnvoll. Darüber hinaus ergibt die Kombination mit einem Heizwasser-Pufferspeicher bei geringen Zusatzkosten ein deutlich besseres Betriebsverhalten (weniger Brenner-Starts). Um das Puffervolumen zu begrenzen (300 l) und die Verluste zu minimieren, ist bei dieser niedrigen Kesselleistung eine besondere Regelstrategie erforderlich, die ein zwischenzeitliches kurzes Nachladen des Heizungspuffers während der eigentlichen Trinkwasser-Vorrangschaltung zuläßt. Mit dieser Heizanlage wird erstmals ein richtungsweisendes Konzept realisiert, das zeigt, wie die Anforderungen der zukünftigen Gebäudegeneration (NEH) energie- und kostensparend erfüllt werden können.

Literatur:

- /1/ Scholer, W.:
Heizanlagenkonzept für Brennwert- und Solarenergienutzung bei Mehrfamilien-Niedrigenergiehäusern,
HLKBRIEF Ausgabe 5, Stuttgart, Dez. 1993.
- /2/ SOLVIS Energiesysteme:
Stratos - Das neue patentierte Prinzip für Schichtspeicher, Firmenprospekt,
Braunschweig, 1993.
- /3/ Fünfsgeld, C.; Mack, M.:
„Low Flow“ - Möglichkeiten und Grenzen einer Systementwicklung, Vortrag beim „2. Symposium Thermische Solarenergie“,
Staffelstein, 1992.
- /4/ DVGW Arbeitsblatt W 551:
Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums in Trinkwasser-erwärmungs- und Leitungsanlagen,
Eschborn, 1992.

Messungen an Raumkühlkörpern

Christoph Kochendörfer

Die Einführung einheitlicher Prüfmethode für Raumkühlflächen (DIN 4715) ermöglicht den Vergleich unterschiedlicher Kühlsysteme. In diesem Zusammenhang wurden in der Vergangenheit Messungen an Raumkühlkörpern durchgeführt, die überwiegend Weiterentwicklungen herkömmlicher Raumheizkörper sind. Die Leistungsmessungen nach Normen für Raumheiz- und Raumkühlkörper werden in einem geschlossenen Prüfraum durchgeführt; seine Abmessungen sind 4m x 4m x 3m. Die Begrenzungsflächen des Raumes können gekühlt bzw. beheizt werden. Der Prüfraum ist aus wasserdurchströmten Metallplatten aufgebaut. Diese werden mit großem Massenstrom, d.h. geringer Temperaturspreizung betrieben. Die geringen zulässigen Toleranzen zwischen den verschiedenen Oberflächentemperaturen werden mit Hilfe einer DDC-Regelung eingehalten.

Leistungsmessung von Raumkühlflächen (DIN 4715)

Die Raumkühlflächen werden nach Herstellerangaben im Prüfraum angeordnet. Üblicherweise entspricht die Anordnung der aus der Heizkörperprüfung bekannten, d.h. der Wandabstand des Kühlkörpers beträgt 50mm, der Bodenabstand 110mm (Bild1). Die Kühllast wird dem Raum über 12 elektrisch beheizte Simulatoren (Dummies) zugeführt. Die Leistungsabgabe wird mit Stelltrafos gesteuert und mit Leistungsmeßgeräten erfaßt.

Die Innenseite der Raumbegrenzungsflächen ist 10 cm dick wärmegeämmt. Die Flächen hinter der Wärmedämmung

werden adiabatisch, d.h. auf Bezugslufttemperatur gehalten. Die Bezugs-temperatur des Raumes wird im Grundriß-Diagonalschnittpunkt in einer Höhe von 1,1m über dem Boden gemessen. Darüber hinaus werden verschiedene Lufttemperaturen mit strahlungsgeschützten Thermoelementen erfaßt. Zusätzlich werden Luftgeschwindigkeiten an ausgewählten Meßorten bestimmt, um die thermische Behaglichkeit (z.B. beeinträchtigt durch Zugerscheinungen) unterschiedlicher Systeme beurteilen zu können. Für die Bestimmung der Kühlleistung gilt die Kennlinie:

$$Q = C \cdot \Delta t$$

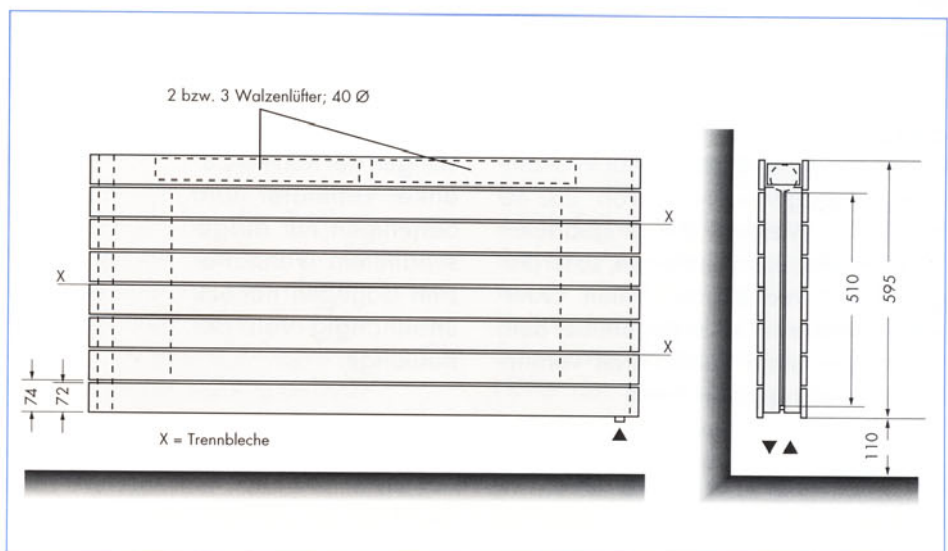
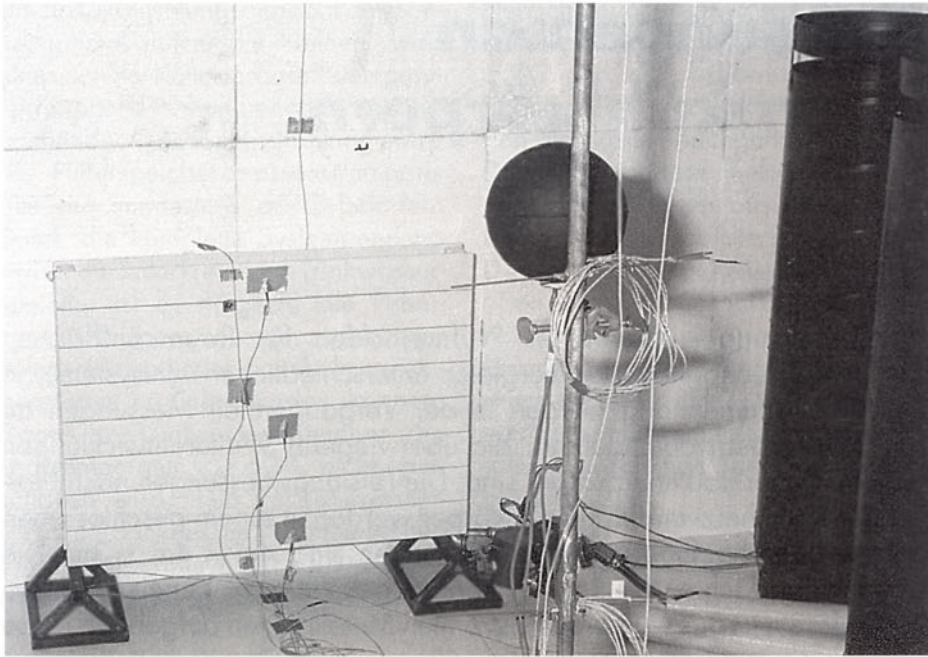


Bild 1: Prüfling, Einbausituation



Die Konstante C und der Exponent n sind systemabhängig.

Konstruktionsmerkmale des untersuchten Systems

Wie erwähnt handelt es sich bei den untersuchten Prüflingen um weiter entwickelte Raumheizkörper mit horizontaler Wasserführung (Bild 2). Im oberen Bereich sind zur Leistungssteigerung horizontal angebrachte Walzenlüfter integriert. Sie erzeugen eine Abwärtsströmung in den Konvektionsschichten. Die Typreihe umfaßt zunächst drei Baulängen (800, 1200, 1600 mm) bei einer Bauhöhe von 560 mm. Je nach Baulänge werden zwei bzw. drei Walzenlüfter verwendet. Das Verhältnis Lüfter- zu Kühlkörperlänge liegt zwischen 50% und 65%. Die Kühlkörper können jeweils mit oder ohne Ventilator betrieben werden, abhängig davon werden unterschiedliche Abdeckgitter verwendet. Für den Betrieb ohne Ventilatoren weisen diese einen freien Strömungsquerschnitt von ca. 90% der Gesamtfläche auf, für den Betrieb mit Walzenlüftern dagegen lediglich von ca. 40 bis 55%. Werden die eingebauten Walzenlüfter nicht betrieben, so ist aufgrund der reduzierten freien Querschnittsfläche mit einer gegenüber dem Kühlkörper ohne Ventilatoren verminderten Leistung zu rechnen.

Diskussion der Ergebnisse

Die Messungen an den unterschiedlichen Kühlkörpern geben einen Überblick über die Bandbreite der Leistungswerte. Bild 3 zeigt die ermittelten Kühlleistungskennlinien.

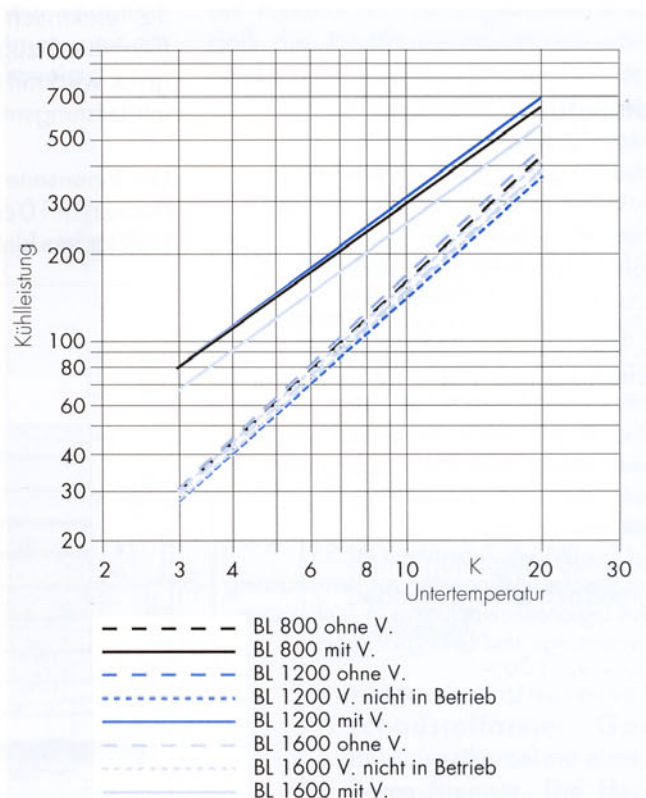
Die längenbezogenen Leistungen der Systeme mit und ohne Ventilatoren weichen erheblich voneinander ab. Die Leistungsunterschiede von Kühlkörpern mit ähnlicher Ausstattung sind erwartungsgemäß gering. Die Norm-Kühlleistungen bei 10 K Untertemperatur liegen zwischen 150 und 310 W/m. Auffällig ist, daß die längenbezogenen Leistungen für die Systeme mit Lüftern je nach Baulänge unterschiedlich sind. Ursache hierfür sind die unterschiedlichen Verhältnisse von Ventilator- zu Kühlkörperlänge. Die längenbezogenen Leistungen der Kühlkörper ohne Ventilator und derjenigen mit ausgeschaltetem Ventilator sind dagegen nahezu unabhängig von der Baulänge.

Bild 1: Leistungskennlinien

Bild 2: Prüfling im Prüfraum

Die Leistungssteigerungen durch die Lüfter liegen zwischen 58 und 86 % gegenüber den entsprechenden Kühlkörpern ohne Ventilator. Ist ein Lüfter eingebaut, jedoch nicht in Betrieb, so vermindert sich die Kühlleistung um 11 bis 13 % im Vergleich zu der bei Kühlkörpern ohne Ventilator.

Die Messungen der Luftgeschwindigkeit im Abströmbereich der gekühlten Luft am Fußboden (Knöchelbereich) ergeben für alle Systeme ohne Ventilatorbetrieb Werte unter 0,20 m/s, was bei den herrschenden Lufttemperaturen von ca. 20°C im allgemeinen als unkritisch betrachtet werden kann. Abweichend hiervon sind die Verhältnisse bei den kombinierten Systemen: Hier treten Luftgeschwindigkeiten in Kühlkörpernähe von bis zu 0,35 m/s auf. Die zugehörigen Temperaturen dieser Fallströmung betragen zwischen 17°C und 20°C. In der Nähe der Kühlkörper mit Ventilatorbetrieb (<1m) ist somit mit Zugempfinden im Knöchelbereich zu rechnen. Dies muß bei der Belegung der Räume beachtet werden.



Technologie-Transfer Wissenschaft-Handwerk ausgezeichnet

Adalbert-Seifriz-Preis 1993

des Vereins Technologie Transfer Handwerk e.V.

für die Handwerker H. Binkert und J. Bauer und die FG HLK

Gunther Claus, Hans Messerschmid

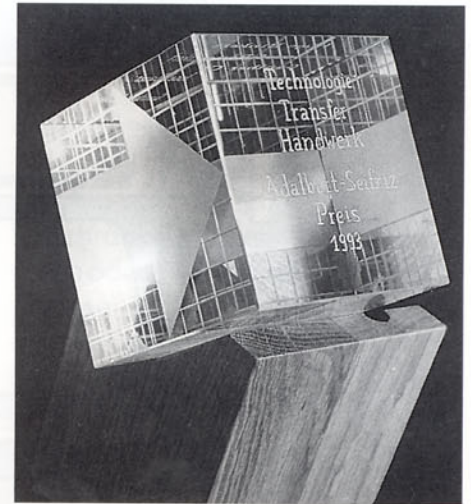
Die Entwicklung eines Heizkessels, der Sonnenenergie mit Öl- oder Gasfeuerung kombiniert, die Einbindung weiterer Energiequellen erlaubt, eine sichere Trinkwassererwärmung gewährleistet und ausgestattet ist mit einfacher Hydraulik und Regeltechnik, war das Ziel für die Installateure H. Binkert und J. Bauer. Nach dem Abschluß der Planungsphase und dem Bau eines Prototyps wurde dieser im Rahmen eines Technologie-Transfer-Projekts experimentellen Untersuchungen durch die Forschungsgesellschaft HLK unterzogen. Zweck sollte die kritische Diskussion des vorgeschlagenen Konzepts, die experimentelle Untersuchung bezüglich der relevanten thermischen Eigenschaften sowie das Erarbeiten von Optimierungsvorschlägen sein.

Kernstück der Speicher-Kessel-Kombination ist ein Stahlblechbehälter mit eingebauter Brennkammer für eine thermische Leistung von 20 - 27 kW (Bild 1). Durch den großen Wassergehalt von 450 Litern dient er gleichzeitig als Pufferspeicher zur Versorgung der Heizanlage. Die Brennkammer ist aus Edelstahl gefertigt, sie arbeitet feuerungstechnisch nach dem Prinzip der Umkehrflamme. Der Brenner sitzt auf der Stirnseite, etwa in halber Höhe des Kessels. Zusätzlich kann der Speicher auch mit einem über dem Boden angeordneten, spiralförmig geformten Rippenrohr-Wärmetauscher über Solarkollektoren beheizt werden. Zur Einbindung weiterer Energiequellen wie z.B. Feststoffkessel, Wärmepumpe, Abwärme aus industriellen oder haustechnischen Prozessen sind weitere Anschlußmöglichkeiten vorhanden. Die Trinkwassererwärmung erfolgt über einen im Heizungswasser liegenden und unterhalb der Brennkammer eingebauten Edelstahl-Trinkwasserspeicher sowie über zwei parallel angeschlossene, im oberen Drittel des Pufferspeichers eingebaute Rohrwendel-Wärmetauscher. Zur Reduzierung der Abköhlverluste ist der Speicher allseitig mit einer 125 mm dicken Mineralwolle-Wärmedämmung versehen, die am Speichermantel- und Deckel zusätzlich

mit einer Blechverkleidung abgedeckt ist. Eine eingebaute elektronische Heizungsregelung übernimmt das Laden des Pufferspeichers und die gesamte Steuerung des Heiz- und Trinkwasserkreises.

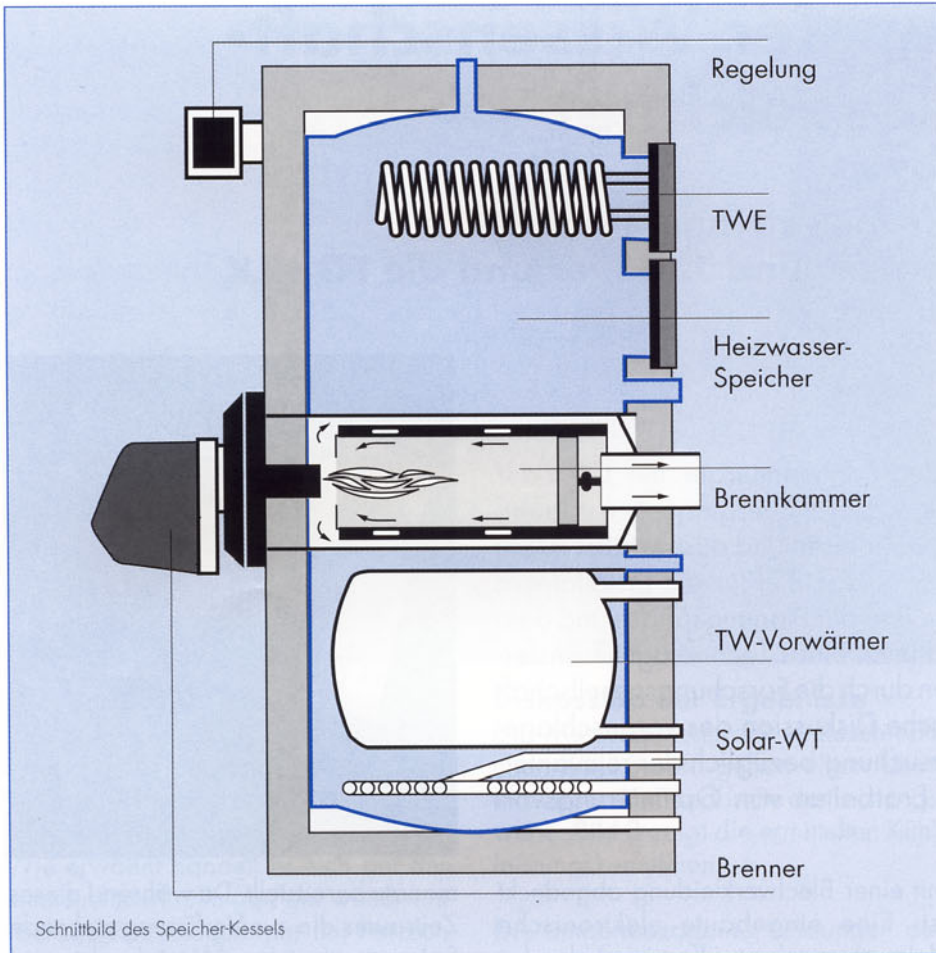
Der Kessel dient zur Wärmeversorgung des Heiz- und Trinkwassersystems eines Ein- bis Zweifamilienhauses. In der Sommerperiode wird der Brenner nur selten in Betrieb gesetzt. Der eingebaute Solarwärmetauscher ist auf eine Kollektorfläche von ca. 8 m² ausgelegt und durch seine großzügige Dimensionierung in der Lage, auch bei weniger starker Einstrahlung einen guten Wirkungsgrad zu erzielen. Er heizt den gesamten Pufferspeicherinhalt einschließlich des darüberliegenden Trinkwasser-Vorwärmers kontinuierlich auf. Da in diesem Zeitraum kein Heizwasser entnommen wird, steht der gesamte Wärmeinhalt für die Trinkwassererwärmung zur Verfügung. Sinkt die Speichertemperatur im oberen Kesselbereich durch hohe Zapfraten unter 60 °C, wird über die Regelung die Öl- oder Gasfeuerung zugeschaltet.

Andere Verhältnisse liegen vor, wenn der Pufferspeicher auch die notwendige Energie zur Versorgung der Heizungsanlage während der Winter-



monate bereitstellt. Da während dieses Zeitraums die zur Verfügung stehende Solarenergie vernachlässigbar ist, wird nur der oberhalb der Brennkammer liegende Speicherteil durch den Brenner aufgeheizt. Die Trinkwassererwärmung erfolgt ausschließlich über die beiden parallel angeschlossenen, im oberen Speicherteil eingebauten Rohrwendel-Wärmetauscher im Durchlaufverfahren. Während der Übergangszeit bzw. bei ungenügender Solarbelastung ergänzt der Brenner ebenfalls den fehlenden Energiebedarf.

Die durchgeführten experimentellen Untersuchungen hatten den Zweck, die wärmetechnischen Kennwerte des Speichers hinsichtlich Abköhlverhalten sowie nutzbarer Speicherkapazität der Warmwasserversorgung zu ermitteln. Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an DIN 4753 Teil 8 sowie DIN 4708 Teil 3. Die Beladung des Pufferspeichers über den Solarwärmetauscher wurde mit einem regelbaren Elektro-Heizkessel realisiert. Zur Beheizung des Speichers im Winterbetrieb wurde in Höhe der Brennkammer ein Umlaufwasserheizer eingebunden. Die Ermittlung des Bereitschaftswärmeaufwandes wurde für die Beheizung im Sommer als auch im Winterbetrieb durchgeführt. Mit Hilfe von 7 Thermolementen



wurde die vertikale Temperaturverteilung gemessen und die mittlere Temperatur im Speicher berechnet. Der Bereitschafts-Wärmeaufwand wird aus den Speichermassen und dem Gradienten der Abkühlkurve bei einer mittleren Speicherwasserübertemperatur von 40 K berechnet. Zur Ermittlung der nutzbaren Speicherkapazität wurden Auslaufkurven mit und ohne Nachheizen in Anlehnung an DIN 4708 Teil 3 durchgeführt. Nach Abschalten der Beheizung wurde ein konstanter Wasserstrom (erwärmtes Trinkwasser) von 20 l/min gezapft. Aus dem Verlauf und der Form der Auslaufkurve waren Rückschlüsse auf die Qualität der Schichtung im Speicher sowie die konstruktive Ausgestaltung der Kaltwasserzuführung im Vorwärmer möglich. Um Aufschlüsse über den Temperaturverlauf im Speicher während eines Solar-Beladezyklus zu erhalten, wurde der Pufferspeicher über den Solarwärmetauscher entsprechend einer festgelegten Tagesganglinie beladen. Dabei wurde eine für ein Einfamilienhaus typische Kollektorfläche von 8 m² angenommen; die zugeführte Leistung steigerte sich in 1 Stunden-Intervallen auf max. 5,6 kW und redu-

ziert sich dann wieder auf den Minimalwert von 1,4 kW. Die während der 10-stündigen Beladung insgesamt zugeführte Wärmemenge betrug 35,8 kWh. Aus der Ganglinie der Speicher-temperatur konnten ebenfalls Rückschlüsse auf das Einsetzen der Konvektion über dem Solarwärmetauscher sowie die Schichtung gezogen werden.

Die durch die spezielle Konstruktion des Kessels gegebenen Vorteile konnten aufgrund der Messungen weiter optimiert werden. Die besonderen Eigenschaften des Kessels lassen sich folgendermaßen darstellen:

- einfache Montage
- einfache Hydraulik (wenig Pumpen)
- einfache Regeltechnik
- einfache Einbindung unterschiedlicher Wärmequellen
- insgesamt verringertes Speichervolumen für multivalente Anlagen, damit geringere Verluste
- leichte Erweiterungsmöglichkeit (auch für Brennwerttechnik)
- verringert Platzbedarf.

Studien- und Diplomarbeiten 93/94

Breuter, M.: Druckabfallberechnung in einem Rohrnetz im Rahmen des Simulationsprogrammes TRNSYS.

Christoffers, J.: Influence of the calorific value on boiler efficiency.

Gauß, J.: Konstruktion und Erprobung einer mobilen Sondenversteleinrichtung zur Messung von Strömungsfeldern bei Erfassungseinrichtungen.

Göttler, J.: Eignung von marktgängigen EDV-Programmen für die Energiediagnose von großen und Nicht-Wohngebäuden.

Haberl, S.: Beitrag zur Entwicklung einer Beurteilungsmethode für Heizkostenverteilssysteme.

Haupt, C.: Beitrag zur Untersuchung des Anzeigeverhaltens von Heizkostenverteilern durch Betriebssimulation (Teil 1).

Klein, B.: Beitrag zur Untersuchung des Anzeigeverhaltens von Heizkostenverteilern durch Betriebssimulation (Teil 2).

Knecht, T.: Energetische Beurteilung von zwei Neubau-Konzepten für das Institutsgebäude IFF/ATM mit Hilfe der rechnerischen Gebäudesimulation.

Knecht, T.: Strukturierte Darstellung des Planungsvorgangs von Klimaanlage für den Einsatz in einem integralen Planungs- und Informationssystem.

Krieg, D.: Rechnerische Betriebssimulation einer Industriehalle mit TRNSYS.

Krieg, D.: Systemsimulation einer VVS-Anlage zur Betriebsüberwachung und Betriebsoptimierung.

Mannchen, A.: Untersuchung von Warmwasserspeicher-Modellen im Hinblick auf ihre Eignung zur Simulation mit TRNSYS.

Reichert, E.: Ermittlung der Basisdaten zum Erstellen eines Energieversorgungskonzeptes für ein Neubaugebiet.

Reichert, E.: Simulation des thermischen Verhaltens verschiedener Gebäudetypen - Einfluß der Gebäudemasse auf den Jahresheiz- und Jahreskühlenergiebedarf.

Auswahl und Auslegung von Raumflächen -

Ein neuer Ansatz zur Berücksichtigung der veränderten Randbedingungen

Heinz Boch

Die neue Wärmeschutzverordnung beschert der Heizungsbranche eine Reduktion der Heizlasten von etwa 40 %. Eine ähnlich große Stufe verursachte in den 80ern die heute gültige Verordnung. Trotz der starken Veränderungen der Randbedingungen für die Heizung fand ein Überdenken der Vorgehensweise bei der Auswahl und Auslegung der Raumheizkörper bisher nicht statt. Die wegen der Leistungsreduktionen verkleinerten Heizkörper sind zwar etwas billiger aber häufig so bemessen, daß der eigentlich erforderliche Strahlungsausgleich und vor allem das Abfangen der Falluftströmungen an kalten Fensterflächen nur mangelhaft gelingt. Damit entfällt ein wichtiger Vorteil der Radiatorenheizung gegenüber der Fußboden- oder der Luftheizung. Denn trotz der erhöhten Dämmung und der verbesserten

Fenster sind die nach außen gerichteten Begrenzungsflächen des Raumes deutlich kälter als die übrigen Flächen. Hinzu kommt, daß in den vergangenen Jahrzehnten die Ansprüche an die Behaglichkeit in den Räumen ständig gewachsen sind und es keinesfalls als ausreichend angesehen wird, wenn lediglich der Leistungsbedarf des Raumes, z.B. über einen Ofen, gedeckt wird. Hier hilft auch nicht der Hinweis eines Fachmannes, daß mit dem Einhalten der DIN 4701 per Definition die Norminnentemperatur und damit Behaglichkeit herrscht.

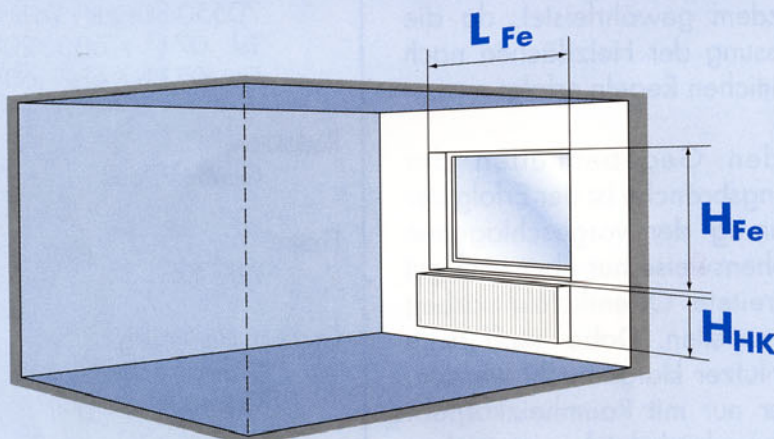
Es wird daher vorgeschlagen, die veränderten Randbedingungen durch eine neue Vorgehensweise bei der Auswahl und Auslegung von Raumheizkörpern zu berücksichtigen. Ins Bewußtsein gehoben werden muß zunächst die Er-

kennntnis, daß moderne Raumheizkörper in ihrer ganzen Vielfalt die heute vorliegende Heizlast in jedem Fall decken können.

Die *Auswahl* kann daher ohne jede Einschränkung nach architektonischen oder gestalterischen Gesichtspunkten erfolgen. *Bemessen* wird der Heizkörper nach Behaglichkeitsbedingungen, die auf die gestiegenen Anforderungen der Nutzer abgestimmt sind: die *Länge* des Heizkörpers richtet sich nach der im Raum dominierenden Kaltfläche (Fenster), die *Höhe* nach dem vorhandenen Platz und gestalterischen Vorgaben. Strahlungsfläche und Übertemperatur des Heizkörpers müssen ausreichen, um die Abstrahlung zu den kälteren Flächen auszugleichen. Aus dieser Bedingung läßt sich die erforderliche *Vorlauf-temperatur* errechnen. Mit ihr ist nun auch der Leistungsbereich festgelegt und damit die erforderliche *Heizkörpertiefe* (Zahl der Lagen, Konvektorlamellen u.ä.) bestimmt. Der Leistungsbereich ist begrenzt durch die Heizmittelströme, die von der Größenordnung nicht kleiner sein sollen als bei der herkömmlichen Auslegung. Mit der Festlegung des Heizkörpermodells in der vom Hersteller-Katalog vorgegebenen Stufung liegen die genauen Werte für die kennzeichnende Normwärmeleistung, den Heizmittelstrom und die Rücklauf-temperatur vor.

Bei üblicher Raumgestaltung und dem heutigen Wärmedämmstandard bleiben die Auslege-Vorlauf-temperaturen unter 55° C.

Heizkörper - Auslegung bei neuer Wärmeschutzverordnung



$$H_{Fe}(\vartheta_i - \vartheta_{Fe}) \leq H_{HK}(\vartheta_{HK} - \vartheta_i) ; L_{HK} \geq L_{Fe}$$

Stiftungsprofessur Heiz- und Raumluftechnik in Stuttgart

Gerade rechtzeitig zur diesjährigen Mitgliederversammlung erreicht uns eine erfreuliche Meldung der Landesregierung: das Kabinett hat auf Vorschlag des Wissenschaftsministeriums beschlossen, an der Universität Stuttgart eine Stiftungsprofessur *Heiz- und Raumluftechnik* einzurichten. Sie wird aus Mitteln der Industrie finanziert und vom *Verein der Förderer der Forschung im Bereich Heizung-Lüftung-Klimatechnik* getragen. Nach Beschlüssen der Fakultät Energietechnik und des Senats der Universität soll der Stiftungslehrstuhl am Institut für Kernenergetik und Energiesysteme eingerichtet werden. Dadurch wird der Bestand des Faches Heiz- und Raumluftechnik in Stuttgart auf Dauer gesichert.

Auswahl und Auslegung von Raumflächen

Dies bedeutet, daß bei einer von der Wärmeerzeugung lieferbaren Vorlauftemperatur von 70° C eine *Leistungsreserve* von über 60 % besteht, die wegen der erhöhten Regelungsanforderungen (hohe Anteile der Lüftungsheizlast und der Fremdwärme) auch benötigt wird.

Die Auslegung für ein niedriges Temperaturniveau hat zudem den Vorteil, daß mit den niedrigen Rücklauftemperaturen der Einsatz *rationeller Wärmeerzeugungssysteme* (Brennwertkessel, Wärmepumpe, Solarkollektoren) erleichtert wird.

Mit der neuen Vorgehensweise trennt man sich von der starren Leistungsvorgabe und stellt dafür die konsequente Gestaltung der

Behaglichkeit im Raum in den Vordergrund. Die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Raumheizkörper ist dabei - auf einem höheren und abgesicherten Behaglichkeitsniveau - trotzdem gewährleistet, da die Bemessung der Heizflächen nach einheitlichen Regeln erfolgt.

Bei den Gegebenheiten der Heizungsbranche ist der Erfolg der Einführung der vorgeschlagenen Vorgehensweise nur über eine gut vorbereitete Öffentlichkeitsarbeit sicherzustellen. Dabei muß auch dem Nutzer klargemacht werden, daß er nur mit Raumheizkörpern das Doppelziel gleich gut erreichen kann: Behaglichkeit im Raum zu gestalten und den Energiebedarf zu minimieren.

IMPRESSUM

Autoren:

Prof.Dr.-Ing. Heinz Bach
Dipl.- Ing. Michael Bauer
Dipl.- Ing. Christian Haupt
Dipl.- Ing. Madjid Madjidi
Dipl.- Ing. Wolfgang Scholer
Dipl.- Ing. Markus Tritschler
IKE/HLK

Dipl.- Ing. Bernhard Biegert
Dipl.- Ing. Gunther Claus
Dipl.- Ing. Chr. Kochendörfer
Dipl.- Ing. Hans Messerschmid
Dipl.- Ing. Jörg Schmid
FGHLK

Herausgeber:

Verein der Förderer der
Forschung im Bereich
Heizung-Lüftung-Klimatechnik
Stuttgart e.V.

Pfaffenwaldring 6a
70550 Stuttgart - Vaihingen
Tel. 0711 / 685 - 2085/90
Fax 0711 / 687 - 6056

Redaktion:

Gunther Claus

Photos:

HLK, IKE

Grafik u. Herstellung :

KommunikationVisuell
Wernecke, Stuttgart

Die Verantwortung für den Inhalt der Beiträge liegt bei den Autoren. Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.