

# Elektronisches Messsystem für die Heizkostenverteilung: Privater Energieverbrauch höher als in der Industrie

Autor(en): **Schmitz, Udo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 46

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74248>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Elektronisches Messsystem für die Heizkostenverteilung

## Privater Energieverbrauch höher als in der Industrie

Von Udo Schmitz, Frankfurt

Der Wunsch nach einer individuellen verbrauchsabhängigen Heizkostenverteilung besteht schon so lange, wie es Zentralheizungen in Mehrfamilienhäusern gibt. Bei niedrigen Energiepreisen und gesicherter Versorgung bestand jedoch kaum Veranlassung, die vorwiegend praktizierte Umlage der Heizkosten nach der Wohnfläche in Frage zu stellen. Seit der Ölkrise 1973 und der damit verbundenen Verteuerung und Verknappung des Rohstoffs wurde jedoch die Notwendigkeit zur rationellen Energienutzung erkannt, und die neuerliche Unruhe am Weltenergiemarkt mit ihren drastischen Preiserhöhungen bestätigt diese Notwendigkeit.

Welche Bedeutung dem privaten Energieverbrauch bei den Überlegungen zur Energieeinsparung zukommt, wird aus Bild 1 ersichtlich. Der Energieverbrauch der Haushalte und Kleinverbraucher ist mit einem Anteil von etwa 44 Prozent höher als der Anteil der Industrie mit etwa 35 Prozent. Auf die privaten Haushalte entfallen davon etwa 60 Prozent. Etwa 25 Prozent des gesamten Endenergiebedarfs werden für Heizung und Warmwasserversorgung der privaten Haushalte benötigt. Es ist deshalb lohnend und erforderlich, gerade auf diesem Verbrauchssektor durch besondere Massnahmen Energie zu sparen. Nur durch die messtechnische Erfassung des Wärmeverbrauchs und des Spareffektes können Mieter und Vermieter zu heizungssparenden Massnahmen motiviert werden. Die Aufgabenstellung wurde von AEG-Telefunken aufgegriffen, und mit dem Heizkostenverteilungssystem Heikozent verfügt das Unternehmen über ein Verfahren, das den anteiligen Verbrauch bei angemessenem Aufwand mit ausreichender Genauigkeit ermittelt. Es erfüllt folgende Forderungen:

- Wartungsfreiheit,
- hohe Sicherheit gegen Manipulation,
- Ausbaufähigkeit, z. B. Warmwasser-Erfassung.

### Messverfahren sichert hohe Genauigkeit

Das entwickelte und in der Praxis bereits erprobte Messverfahren macht von der Tatsache Gebrauch, dass die von einem Heizkörper abgegebene Wärmeleistung weitgehend durch die Grösse des Heizkörpers und die Temperaturdifferenz zwischen dem Heizkörper und dem Raum bestimmt ist:

$$\dot{Q} = \alpha_{\text{eff}} \cdot A \cdot (T_H - T_L)$$

- $\dot{Q}$ : Wärmeleistung
- $\alpha_{\text{eff}}$ : effektive Wärmeübergangszahl
- $A$ : Oberfläche des Heizkörpers
- $T_H$ : Temperatur des Heizkörpers
- $T_L$ : Temperatur der anströmenden Luft

Die Temperaturdifferenz wird vorteilhafterweise mit einem Thermoelementpaar gemessen, wobei der eine Fühler - der Messfühler - am Heizkörper und der andere Fühler - der Vergleichsfühler - in einer Rauminnenwand in der Nähe des Heizkörpers angebracht sind (Bild 2). Die Innenwand hat im Mittel die Raumtemperatur. Die Messleitung

kommt vom Heizkörper und führt zur Anschlussdose des in der Wand befestigten Vergleichsfühlers. Hier wird über eine Spannungsteilung eine Bewertung der Messspannung nach der Nennleistung, also der Grösse des Heizkörpers, durchgeführt. Die zu den einzelnen Heizkörpern gehörigen Messspannungen werden in jeder Wohnung über eine Ringleitung einer Messelektronik zugeführt, welche die resultierende Messspannung in eine ihr proportionale Impulszahl umsetzt. Jeder Einzelimpuls entspricht einem bestimmten Energieverbrauch. In einer Zentrale werden die Impulse je Wohnung von einem Zähler aufsummiert und als anteiliger Verbrauch angezeigt. Von der Zentrale aus erfolgt auch die Spannungsversorgung und die Überwachung aller Messsysteme. Bild 3 zeigt den Blockschaltplan mit der Messelektronik, die im wesentlichen einen Spannungs-Frequenz-Umsetzer darstellt. Über die Ringleitung und einen Kommutator liegt die der Wärmeleistung entsprechende Messspannung am Eingang eines Integrators. Sie wird integriert, bis am Trigger ein definierter Pegel erreicht ist. Der Trigger schaltet dann den Kommutator um, und anschliessend wird in umgekehrter Richtung integriert, bis der korrespondierende negative Triggerpegel erreicht ist. Der Integrator 2 sorgt für einen automatischen Nullabgleich der Eingangs-Offset-Spannung und darüber hinaus für die automatische Störanzeige. Falls die Ringleitung unterbrochen wird oder im Eingangsteil ein Defekt auftritt, leuchtet im zentralen Anzeigeteil eine Störungslampe für die betreffende Wohnung auf.

### Wärmeübertragung am Heizkörper

Das dem System zugrunde liegende Messverfahren vermeidet den Eingriff in das Rohrleitungssystem, der notwendig wäre, wenn die jedem Heizkörper zugeführte Wärmeleistung mit einem konventionellen und für diesen Anwen-

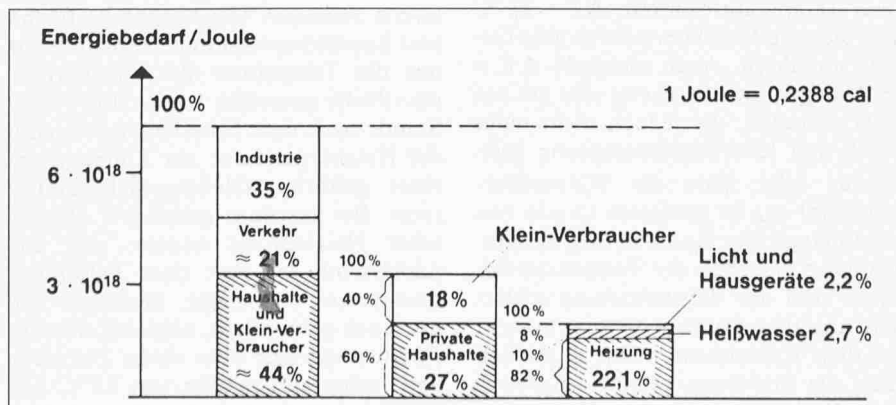


Bild 1. Aufteilung des Energiebedarfs in der Bundesrepublik Deutschland 1977

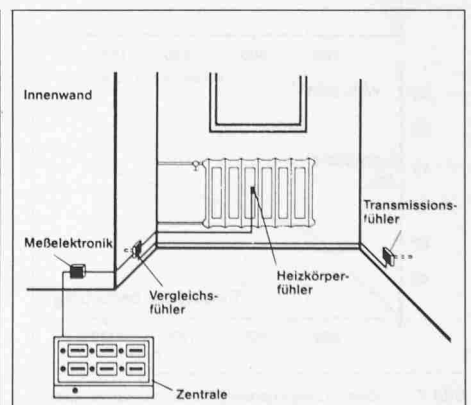


Bild 2. Elektronisches Messsystem Heikozent für die Heizkostenverteilung

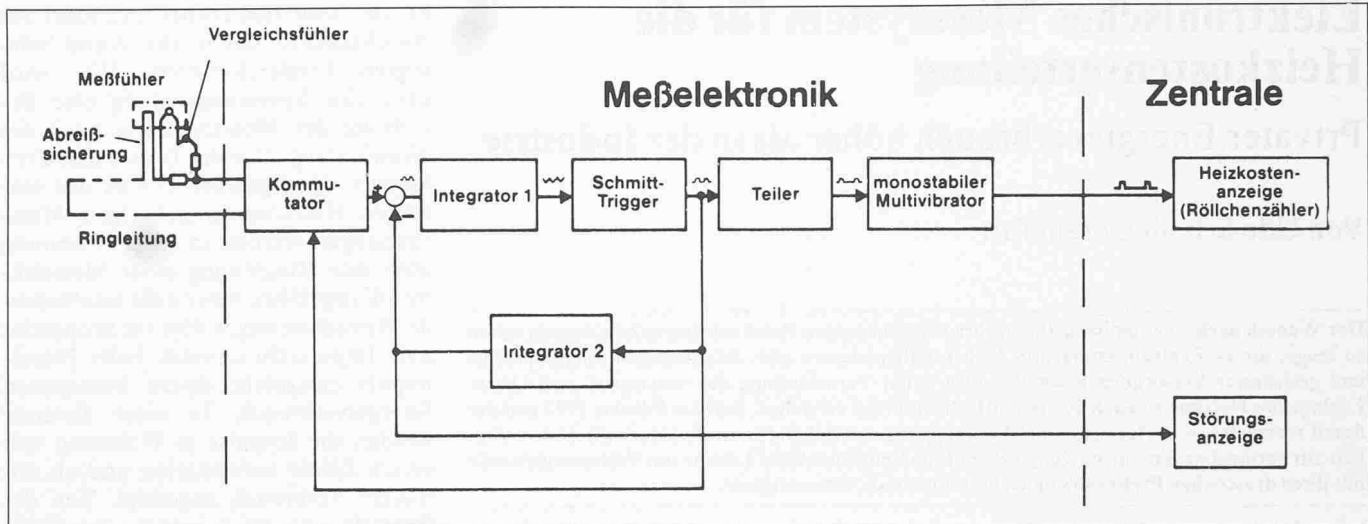


Bild 3. Blockschaltplan des Messsystems Heikozent

dungszweck viel zu teuren Wärmemengenzähler gemessen würde. Ausser der Vor- und Rücklauftemperatur müsste bei diesem Wärmemengenzähler auch die durchströmende Wassermenge ( $dV/dt$ ) für jeden Heizkörper einzeln gemessen werden, weil nur in den seltensten Fällen eine horizontale Heizungsinstallation mit der Möglichkeit einer einzigen Durchsatzmessung je Wohnung gegeben ist.

Die von jedem Heizkörper aus dem Heizwasser entnommene *Wärmeleistung*

$$\dot{Q}_W = c \cdot \rho \cdot \frac{dV}{dt} \cdot (T_V - T_R)$$

- $c$ : spezifische Wärme  
 $\rho$ : Dichte  
 $dV/dt$ : durchströmende Wassermenge  
 $T_V$ : Vorlauftemperatur  
 $T_R$ : Rücklauftemperatur

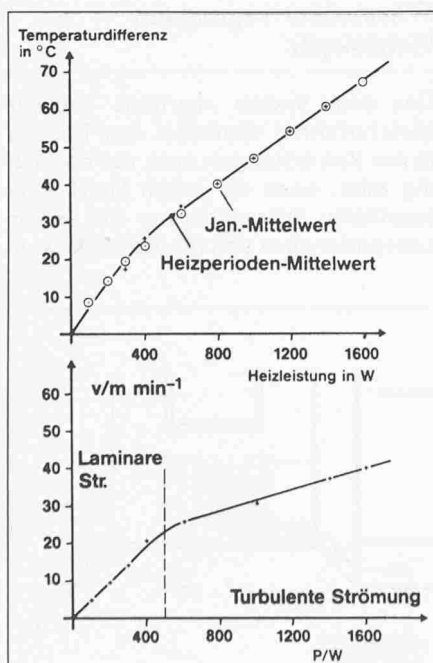


Bild 4. Oben: Temperaturdifferenz zwischen Heizkörper und Raum als Funktion der Wärmeleistung  
 Unten: Luftströmung beim Radiatorheizkörper

entspricht genau der Wärmeleistung, die er an die Luft abgibt

$$\dot{Q}_H = \alpha_{\text{eff}} \cdot A \cdot (T_H - T_L)$$

$\alpha_{\text{eff}}$  ist eine effektive Wärmeübergangszahl, die den *kombinierten Wärmeübergang durch Konvektion und Strahlung* beschreibt. Diese einfache Beschreibungsweise mit einer gemeinsamen effektiven Wärmeübergangszahl ist vor allem deshalb sinnvoll, weil im Falle der meist verwendeten Rippenradiatoren der Strahlungsanteil des Wärmeübergangs, abhängig von der Form des Radiators, nur 20 Prozent bis 50 Prozent des Konvektionsanteils ausmacht.

Um den Zusammenhang zwischen der Temperaturdifferenz  $T_H - T_L$  und der vom Heizkörper abgegebenen Wärmeleistung zu überprüfen, wurden einige grundlegende Untersuchungen an einem elektrisch beheizten Radiatorheizkörper durchgeführt. Die Heizleistung liess sich in einfacher Weise mit einem *Stelltransformator* variieren und mit einem *Leistungsmesser* bestimmen. Bild 4 zeigt oben die als Funktion der Heizleistung gemessene Temperaturdifferenz zwischen der Heizkörperoberfläche und der umgebenden Luft. Zu diesem Zweck waren vier Messfühler in halber Höhe gleichmässig über die Länge des Heizkörpers verteilt. Unterhalb einer Temperaturdifferenz  $\Delta T \approx 25^\circ\text{C}$  lässt sich die Messkurve durch eine Gerade annähern. Auch oberhalb  $\Delta T \approx 25^\circ\text{C}$  liegen die Messwerte sehr gut auf einer Geraden, die jedoch nicht mehr durch den Koordinatenursprung geht. Daraus folgt, dass die Wärmeübergangszahl  $\alpha_{\text{eff}}$  in gewissem Grade von  $\Delta T$  abhängt. Der Knick in dem Zusammenhang zwischen der Temperaturdifferenz und der Wärmeleistung erklärt sich aus den Strömungsverhältnissen. Bei dem Experiment wurde zusätzlich auch die Strömungsgeschwindigkeit  $v$  der unmittelbar über dem Heizkörper aufsteigenden Luft gemessen. Die

Messergebnisse sind in Bild 4 unten dargestellt. Im unteren Leistungsbereich ( $\Delta T < 25^\circ\text{C}$ ) steigt die erwärmte Luft in Form einer laminaren Strömung an der Heizkörperoberfläche ( $v < 20\text{ m/min}$ ) auf. Mit steigender Leistung geht dann die laminare in eine turbulente Strömung über. Im Bild 4 oben sind vergleichsweise auch die Arbeitspunkte für den Heizperioden-Mittelwert, den Januar-Mittelwert und einen extremen Heizbedarf bei einer Aussentemperatur von  $-20^\circ\text{C}$  eingetragen. In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass Aussentemperatur-Mittelwerte unter  $-10^\circ\text{C}$  nur an etwa zehn Tagen im Jahr auftreten (nach Angabe des *Deutschen Wetterdienstes, Offenbach*, sank die Temperatur am *Flughafen Frankfurt/M.* im Zwanzigjahres-Mittel an acht Tagen/Jahr auf Werte unter  $-10^\circ\text{C}$  ab). Der hier zugrunde gelegte Januar-Mittelwert der Aussentemperatur für Berlin beträgt  $0^\circ\text{C}$ . Die mittlere Betriebstemperatur der Heizkörper liegt im Januar bei etwa  $60^\circ\text{C}$  oder  $40^\circ\text{C}$  über Raumtemperatur.

Wie wichtig es ist, die *Differenztemperatur* zu messen und *nicht nur die Heizkörpertemperatur*, wie es bei Hilfsmessverfahren geschieht, wird aus dem Messdiagramm (Bild 5) ersichtlich. Es handelt sich um eine Messung, bei der mit dem System einmal die Temperaturdifferenz zwischen Heizkörperoberfläche und Raumtemperatur und zum anderen nur die Temperatur der Heizkörperoberfläche gemessen wurde. Etwa eine Stunde nach dem Einschalten erreichte der Heizkörper seine zur Raumtemperatur gehörige Gleichgewichtstemperatur. Bei konstant gehaltener elektrischer Heizleistung änderte sich anschliessend der von dem Differenzmesssystem angezeigte Messwert  $\Delta T$  nur noch geringfügig, obgleich sich die Raumtemperatur über einen Zeitraum von mehreren Stunden von  $23^\circ\text{C}$  auf  $28^\circ\text{C}$  erhöhte. Auf das Temperaturmesssystem machte sich dagegen diese

Raumtemperaturänderung in etwa 10 Prozent Messwertänderung bemerkbar. Der Unterschied zwischen beiden Messwertanzeigen wird erst richtig offenbar, wenn man die Heizleistung auf hier 300 W reduziert und dann auch noch die Fenster öffnet. Nach dem Öffnen des Fensters sank die Raumtemperatur auf etwa 20 °C. Der zur Differenzmessung gehörige Messwert entspricht recht gut der auf ein Viertel reduzierten Heizleistung, während die Temperaturmessung beinahe auf ein Achtel zurückgeht.

Eine ähnliche Differenz kann auch praktisch auftreten, wenn in zwei gleich beheizten Wohnungen durch unterschiedliche Lüftung Raumtemperaturen von beispielsweise 16 °C und 26 °C vorhanden sind. Ein auf der einfachen Temperaturmessung beruhendes Hilfsmessverfahren weist dabei in der durch die Lüftung heruntergekühlten Wohnung niedrigere Heizkosten aus, obwohl die tatsächlich aus der Heizungsanlage bezogene Leistung beinahe doppelt so gross ist. Die gerechte Verteilung der Kosten verlangt aber, dass ein Heizkosten-Verteilungssystem gerade derartige physikalische Gegebenheiten richtig erfassen und über die Zählerstände die Höhe der Heizkosten aufzeigen muss. Es ist bekannt, dass 10 Prozent bis 15 Prozent der Heizungsenergie durch Fenster- und Türfugen verloren geht und dass ein teilweise geöffnetes oder angekipptes Fenster ein Vielfaches dieser Wärmeverluste erzeugt. Weil der Anteil der über eine vernünftige Lüftungstechnik einsparbaren Heizenergie derart gross ist, ist die messtechnische Erfassung dieser Energieverluste so wichtig.

Da es für die Messgenauigkeit ausschlaggebend ist, an welcher Stelle die Temperatur- und die Vergleichsmessung vorgenommen werden, muss noch einiges über die Temperaturverteilung auf dem Heizkörper ausgesagt werden. Im unteren Teil von Bild 6 sind die Wasserführung durch einen Heizkörper und die Temperaturverteilung dargestellt. Das Heizungswasser strömt oben rechts mit der Vorlauftemperatur  $T_V$  in den Heizkörper ein und verlässt ihn bei gleichzeitigen Rohranschlüssen unten rechts oder bei wechselseitigen Rohranschlüssen unten links mit der Rücklauftemperatur  $T_R$ . Bei Heizungsradiatoren mit einer Länge von weniger als 3 m ist das wesentliche Temperaturgefälle nur von oben nach unten vorhanden, wobei die Temperatur nach einer  $e$ -Funktion abnimmt. Deshalb ist die Temperatur in halber Höhe des Heizkörpers ein wenig niedriger als der arithmetische Mittelwert, der sich aus der Vor- und Rücklauftemperatur ergibt. Da die Strömungsgeschwindigkeit hier eine wesentliche Rolle spielt, diese aber gerade von den Thermostatventilen verändert wird, soll dazu eine kurze Betrachtung

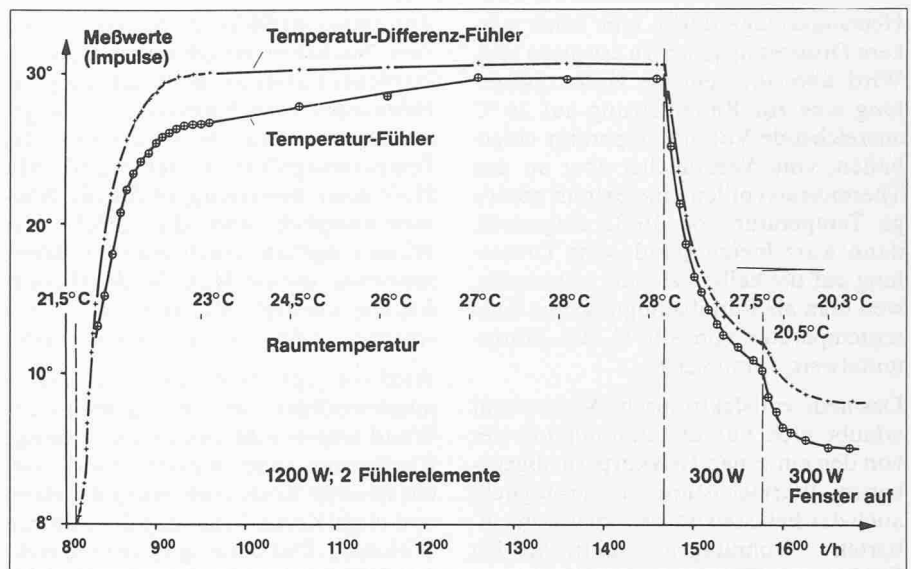


Bild 5. Vergleich der Temperaturdifferenzmessung mit einfacher Temperaturmessung

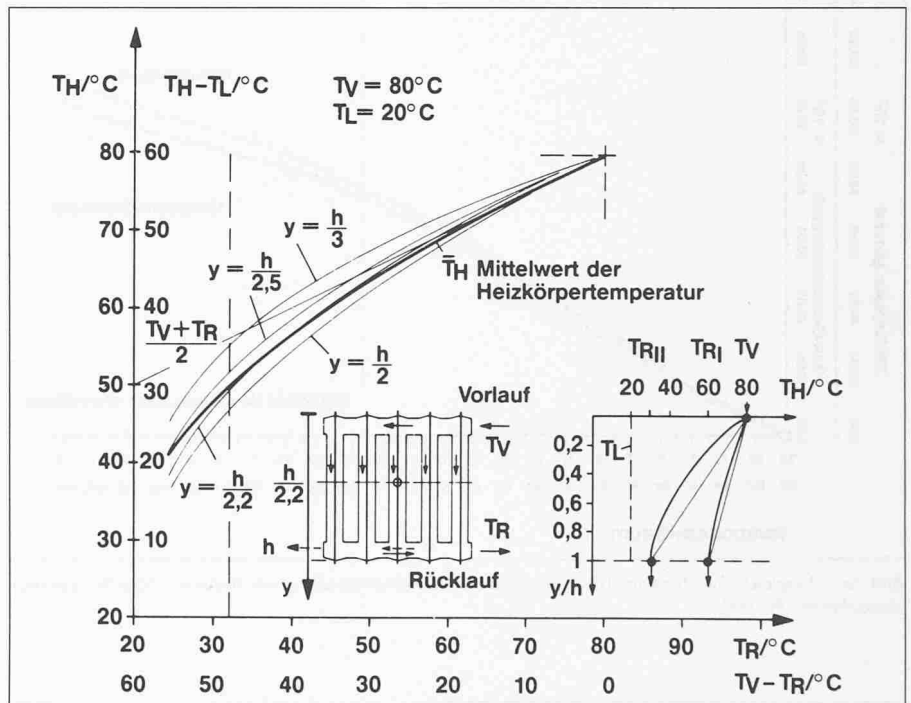


Bild 6. Heizkörpertemperatur als Funktion der Temperaturerspreizung zwischen Vor- und Rücklauf

angestellt werden: Die Kurvenschar des Bildes zeigt, wie sich an mehreren im Mittelbereich des Radiators liegenden Messpunkten die Temperatur verändert, wenn man beispielsweise durch Drosselung des Heizkörpers die Strömungsgeschwindigkeit und die Rücklauftemperatur verringert. Die stark ausgezogene Kurve gibt die mittlere Heizkörpertemperatur  $\bar{T}_H$  an. Die für bestimmte Ortsparemetrie als Funktion der Rücklauftemperatur berechneten Temperaturverläufe weichen mehr oder minder stark von der mittleren Heizkörpertemperatur  $\bar{T}_H$  ab. Es fällt auf, dass der Verlauf der über die gesamte Heizkörperoberfläche gemittelten Temperatur  $\bar{T}_H$  am besten mit dem am Messort  $y = h/2,2$  zu messenden Tempera-

turverlauf übereinstimmt. Der Ortsparemetrie  $y$  zählt hier von der Oberkante des Heizkörpers in Strömungsrichtung nach unten;  $h$  ist die Höhe des Heizkörpers. Die Darstellung gilt hier für eine Vorlauftemperatur von 80 °C. Zu gleichen ergebnissen kommt man jedoch auch bei niedrigeren oder höheren Vorlauftemperaturen. Aus den Kurvenverläufen wird ersichtlich, dass die am Ort  $y = h/2,2$ , d. h. dicht über der Mitte des Heizkörpers, gemessene Temperatur auch bei unterschiedlich gedrosseltem Heizkörper sehr gut mit  $\bar{T}_H$  übereinstimmt. Noch bei einer Drosselung der Heizleistung auf die Hälfte ist an diesem Messort erst ein Messfehler von etwa 4 Prozent zu erwarten. Bei einer annähernd richtigen Auslegung einer

Heizungsanlage dürfte eine noch stärkere Drosselung kaum zu erwarten sein. Wird über die zentrale Heizungsregelung eine zur Raumheizung auf 26 °C ausreichende Vorlauftemperatur eingehalten, vom Verbraucher aber an den Thermostatventilen eine extrem niedrige Temperatur von 16 °C eingestellt, dann wäre hierzu gerade eine Drosselung auf die halbe Leistung notwendig, wenn man als Randbedingung eine Aussentemperatur von +6 °C, der Jahresmittelwert, voraussetzt.

Das neue vollelektronische Messsystem erlaubt nicht nur die Bestimmung der von den einzelnen Heizkörpern abgegebenen Wärmeleistung, es ermöglicht auch das Erfassen des zwischen benachbarten Wohnungen stattfindenden Wärmeaustausches. Hierfür kann ein

*Transmissionsfühler* in die Trennwand zum Nachbarn eingebaut und als zusätzlicher Fühler an die Ringleitung des Heizkosten-Verteilungssystems angeschlossen werden. Der Fühler misst das Temperaturgefälle in der Wand. Mit Hilfe einer Bewertung, in die die *Wärmeleitfähigkeit* und die *Fläche der Wand* eingehen, erhält man ein *Messspannung*, die ein *Mass für die Wärmeleistung darstellt, die durch die Wand einströmt oder über sie verloren geht.*

Wird von jeder Wohnung je ein Transmissionsfühler in die gemeinsame Wand eingebracht und an die jeweilige Ringleitung angeschlossen, dann führt das zu einer Kostenentlastung der einen und einer Kostenbelastung der anderen Wohnung. Das derartig erweiterte elektronische Heizkosten-Verteilungssy-

stem führt auch zu einer Kostenbelastung derjenigen Mieter, die sämtliche Heizkörper abdrehen und ihre Wohnungen nur von den Nachbarwohnungen beheizen lassen.

### Praktische Erprobung

Das Heikozent-Messsystem wurde in Versuchsobjekten praktisch erprobt. Dazu gehören auch Untersuchungen, die das Ingenieurbüro Pokern, Castrop-Rauxel, im Auftrag des Innenministers des Landes *Nordrhein-Westfalen* durchgeführt hat. Hier wurden aus einem Angebot von 5000 Wohnungen zwei gleichwertige Wohnkomplexe mit je 15 Wohnungen ausgewählt. Die Wohnkomplexe liegen inmitten einer Althausbebauung aus den Jahren 1939 bis 1940 in *Dortmund*. Die Heizung war im Jahre 1977 von Ofenheizung auf Zentralheizung umgestellt worden. Beide Wohnkomplexe hatten eigene Zentralheizungsanlagen mit atmosphärischen Gaskesseln und witterungsabhängiger Steuerung. Die Bilder 7a und 7b zeigen einige wesentliche Messergebnisse. In Bild 7a sind für den Versuchszeitraum die Gesamtimpulszahl aller zu dem Wohnblock gehörigen Wohnungen und der gesamte Heizungs-Gasverbrauch dargestellt. Die Kreuze kennzeichnen die Gasverbrauchswerte, die Kreise die Impulszahlen von Heikozent. Man erkennt, dass der Zählerstand für den Gas-Gesamtverbrauch und die Zähleranzeigen den gleichen Verlauf haben. In der Darstellung wurde bewusst darauf verzichtet, die Kurven durch eine Normierung zur Deckung zu bringen. In Bild 7b sind die täglichen Verbrauchsmengen dargestellt. Zwischen dem 3. und 19. April sind sehr starke Schwankungen des täglichen Energieverbrauchs zu erkennen, die auf Störungen in der Heizungsanlage zurückzuführen sind. Dabei ist die Übereinstimmung zwischen den beiden Anzeigen sehr gut. Dass die Impulsanzeige nach dem 24. April ein wenig niedriger liegt, hat seine Ursache in einer Umstellung des Bewertungsverfahrens. Bei einem Teil der Wohnungen wurde zu diesem Zeitpunkt die Bewertung Heizkörper-Nennleistung durch eine Bewertung nach der Wohnfläche ersetzt. Der Versuchszeitraum im April und Mai ist für eine kritische Untersuchung besonders geeignet, weil sehr unterschiedliche Aussentemperaturen auftreten. Ausserdem ist in den Übergangszeiten Herbst und Frühling der Energieverbrauch, wie entsprechende Verbrauchsdaten beweisen, oftmals höher als in der eigentlichen Winterzeit, in der die Mieter Türen und Fenster stärker geschlossen halten.

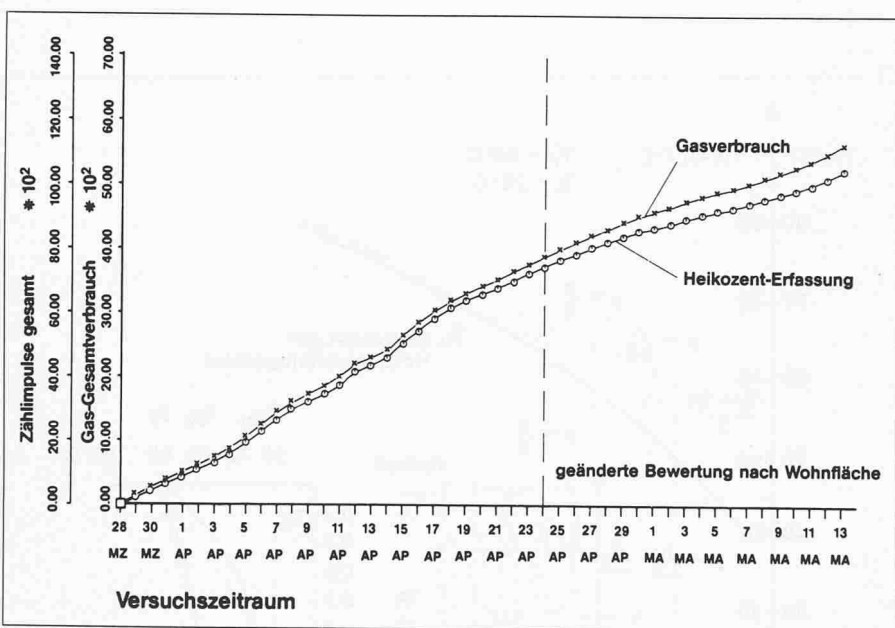


Bild 7a. Vergleich des Heizungs-Gasverbrauchs mit der Gesamtanzeige von Heikozent (Quelle: Untersuchungsbericht Pokern)

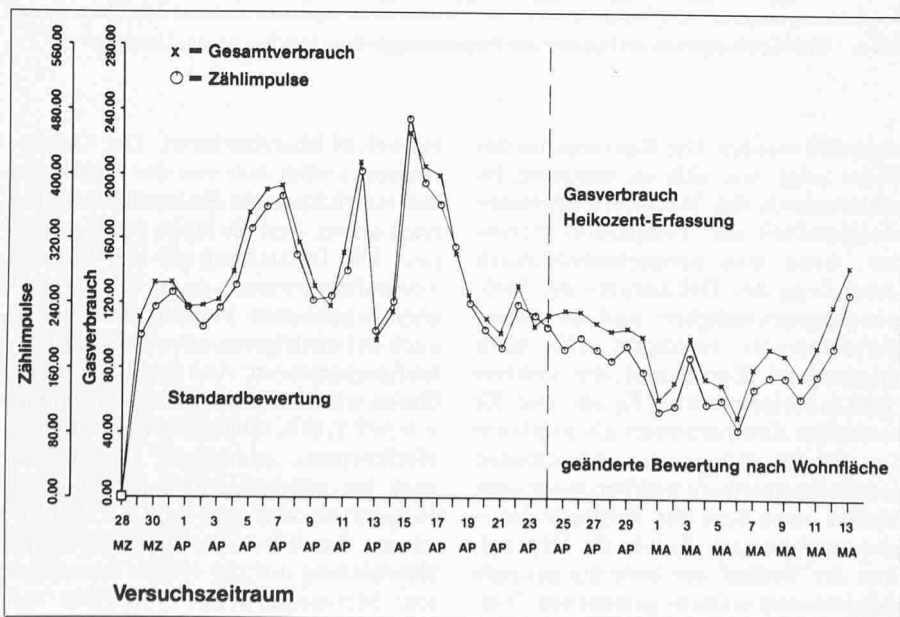


Bild 7b. Vergleich des täglichen Heizungs-Gasverbrauchs mit der täglichen Gesamtanzeige von Heikozent (Quelle: Untersuchungsbericht Pokern)

raum lief, stammen die in den Bildern 8a und 8b dargestellten Messergebnisse. In dieser Aufzeichnung schlagen sich die unterschiedlichen Heizgewohnheiten der Mieter, die Wohnungsgrößen und die Lage der Wohnungen in den Häusern nieder. In dem Versuchszeitraum zwischen November und Mai wurden in den im Bild erkennbaren Zeitabständen die Zählerstandsänderungen des Heizkosten-Verteilungssystem erfasst. Die Zeitabstände zwischen den Ablesedaten liegen bei etwa einer Woche. Nur in einem Fall – um die Weihnachtszeit – waren es 13 Tage. Die Bilder 8a und 8b zeigen jeweils die Messergebnisse eines Hauses. In beiden Häusern schwanken die Energieverbrauchswerte etwa um den Faktor 2. Die niedrigsten Werte haben im Haus I (Bild 8a) offenbar die Wohnungen im ersten Obergeschoss und das beinahe über den gesamten Versuchszeitraum. Dass das nicht immer so zu sein braucht, zeigen dagegen im Haus II durchgeführte Messungen (Bild 8b). Eine der im ersten Obergeschoss liegenden Wohnungen hat hier vom November bis Anfang Januar einen sehr hohen Energieverbrauch. Er geht dann bis Anfang April auf einen ähnlich niedrigen Wert wie im Haus I herab und klettert dann wieder an die Spitze. Umgekehrt sinkt im Haus II der bis Ende Februar im Dachgeschoss sehr hohe Verbrauch anschliessend auf einen relativ niedrigen Wert. Einer der Mieter ist zwischen dem 27. März und 5. April abgereist, ist kurz nach dem 19. April zurückgekehrt und hat in der Zwischenzeit seine Heizung abgedreht.

Im ganzen lässt sich an Hand dieser Messungen feststellen, dass man im Dachgeschoss einen bis zum Faktor 2 höheren Heizenergieverbrauch haben kann. Er kann aber auch in anderen Wohnungen gleich hoch sein, wenn unüberlegt gelüftet wird.

### Angaben zur Messgenauigkeit

Bei dem Heizkosten-Verteilungssystem muss zwischen folgenden Genauigkeiten unterschieden werden:

#### Gerätegenauigkeit

Genauigkeit, mit der die Temperaturdifferenz zwischen der Heizkörperoberfläche und der Wand gemessen und integriert wird. Die Gerätegenauigkeit liegt bei etwa 2 Prozent und beschreibt die Messwertunterschiede, die bei mehreren Geräten unter sonst gleichen Bedingungen auftreten können. Diese hohe Genauigkeit kennzeichnet die Qualität der Systemkomponente.

#### Systemgenauigkeit

Genauigkeit, mit der der Anzeigewert ein Mass für den Energieverbrauch dar-

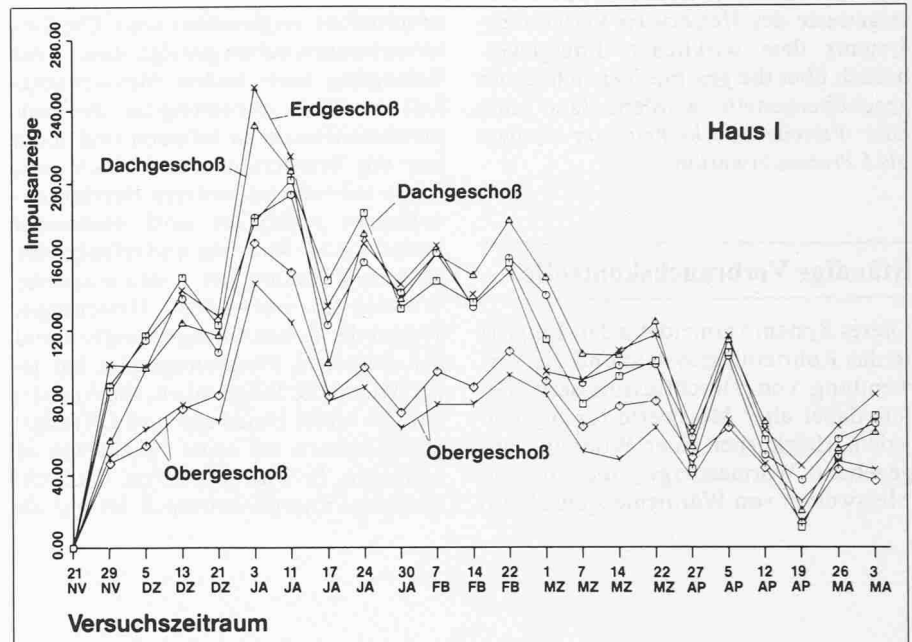


Bild 8a. Wöchentlicher Wärme-Energieverbrauch aller Wohnungen im Haus I, gemessen über die Impulsanzeige von Heikozent

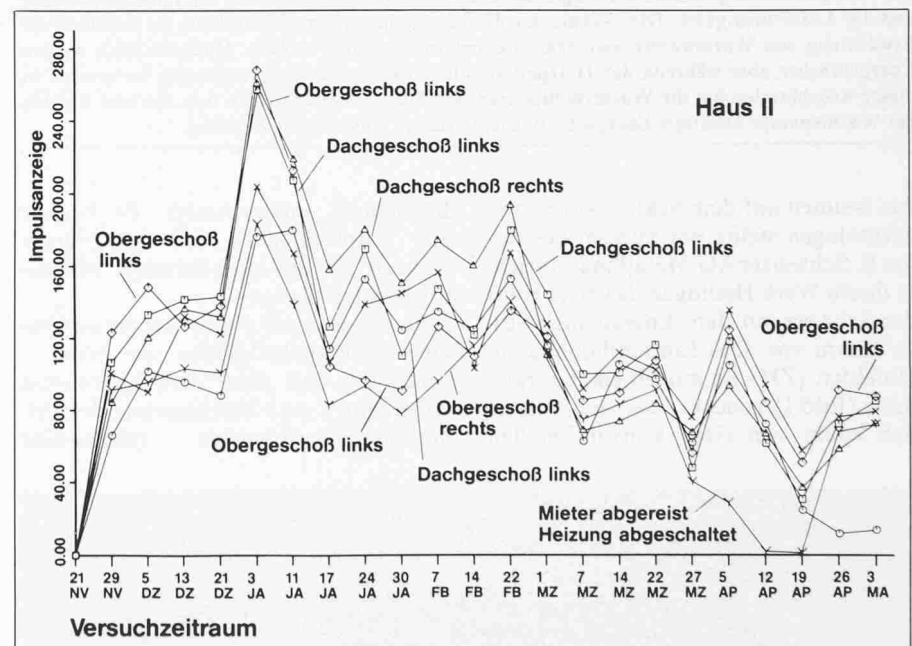


Bild 8b. Wöchentlicher Wärme-Energieverbrauch aller Wohnungen im Haus II, gemessen über die Impulsanzeige von Heikozent

stellt. In die Systemgenauigkeit geht die Bewertung des Heizkörpers nach seiner Grösse und eine gewisse Schwankung der Wärmeübergangszahl bei sehr hohen und sehr niedrigen Heizkörpertemperaturen ein. Die bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen mögliche relative Messunsicherheit liegt im allgemeinen unter  $\pm 10$  Prozent, wobei sich die Fehler im Jahresmittel weitgehend kompensieren.

#### Verteilergenauigkeit

Genauigkeit, mit der der Anzeigewert dem anteiligen Energieverbrauch entspricht. Die Genauigkeit, mit der die Heizkosten auf die Mieter verteilt werden, ist auf jeden Fall grösser als die Systemgenauigkeit, das sich die eventuellen Messabweichungen im Jahresmittel weitgehend kompensieren.

In Übereinstimmung mit dem Ergebnis von Grossversuchen, bei denen die An-

zeitgewerte des Heizkosten-Verteilungssystems dem wirklichen Energieverbrauch über die gesamte Versuchsdauer gegenübergestellt wurden, lässt sich eine Verteilerunsicherheit von weniger als 5 Prozent erwarten.

### Ständige Verbrauchskontrolle

Dieses System vermeidet jeden Eingriff in das Rohrleitungssystem und die Verwendung von Durchflussmessern, liefert dabei aber Messwerte für die von jedem Heizkörper einer Wohnung abgegebene Wärmeenergie, die mit den Messwerten von Wärmemengenzählern

unmittelbar vergleichbar sind. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es zur Erlangung einer hohen Messgenauigkeit unbedingt notwendig ist, die Temperaturdifferenz zu erfassen und nicht nur die Temperatur des Heizkörpers, wie es teilweise bei anderen Heizkostenverteilern praktiziert wird. Heizkostenbedarf keiner Wartung und erlaubt eine zentrale Erfassung der in den einzelnen Wohnungen verbrachten Heizenergie. Wegen der hohen Messgenauigkeit und der einfachen Messwertanzeige hat jeder Mieter die Möglichkeit, die Auswirkungen seiner Heizungs- und Lüftungsgewohnheiten auf seine Heizkosten zu verfolgen. Er wird feststellen, dass sein Heizungs-Energieverbrauch *bis auf die*

*Hälfte* reduziert werden kann, wenn er seine Fenster nicht dauernd offen stehen lässt, und dass sich sein Heizbedarf um beinahe 20 Prozent reduziert, wenn er die mittlere Raumtemperatur ohne nennenswerten Verlust an Behaglichkeit von 24 °C auf 21 °C verringert. Würden alle Haushalte so verfahren, könnten allein dadurch 5 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs eingespart werden.

Adresse des Verfassers: U. Schmitz, dipl. Ing., Leiter der Entwicklung im Fachbereich VN-Installationen, AEG-Telefunken, Theodor-Stern-Kai 1, D-6 Frankfurt 70.

## Das Energiedach: Isolator und Wärmetauscher

Energiedächer sind Blechdächer mit einem integrierten Röhrensystem. Diese Absorberflächen ohne Glasabdeckung sammeln Energie aus der Sonneneinstrahlung, aus der Luft, dem Regen und der Luftfeuchtigkeit. Die Wärme der direkten Sonneneinstrahlung kann im Sommer zur Erwärmung von Warmwasser und Schwimmbädern verwendet werden. Hauptsächlich werden Energiedächer aber während der Heizperiode als Absorber für Wärmepumpen verwendet. In dieser Kombination hat die Wärmepumpe eine sehr hohe Leistungsziffer, d. h. die zum Antrieb der Wärmepumpe benötigte Energie (z. B. Elektrizität, Öl usw.) ist sehr gering.

Als Neuheit auf dem Sektor Alternativheizanlagen stellte vor kurzem die Firma E. Schweizer AG Metallbau, Zürich, in ihrem Werk Hedingen das erste Haus der Schweiz mit dem Energiedach Sessa-Therm vor. Das Einfamilienhaus in Obfelden (ZH) ist mit einem Energiedach (Bild 1) gedeckt, das sich äusserlich kaum von einer konventionellen

Bedachung unterscheidet. Es besteht aus Kupferblechen mit integrierten Rohren für die zirkulierende, wärme-fördernde Flüssigkeit.

Man erwartet mit dieser Anlage und bei einer Energiedachfläche von 50 m<sup>2</sup> – verglichen mit einer konventionellen Ölheizung – eine Verringerung des Primärenergieverbrauches (elektrische

Energie, Holz) um etwa 75 Prozent. Der geringe Energieverbrauch muss allerdings erkauft werden. Für ein durchschnittliches Einfamilienhaus ist mit einer Mehrinvestition von 30 bis 40000 Franken (inkl. Wärmepumpe) zu rechnen. Amortisationszeit: etwa zehn Jahre.

Das Energiedach Sessa-Therm ist ein Metaldach, mit dem der Umwelt – aus Sonne, Regen und Nebel – Wärme entzogen wird. Die Wärme wird mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht, so dass sie für die Raumheizung und die Erwärmung des Brauchwassers verwendet werden kann. Das Energiedach Sessa-Therm ist aber nicht nur ein Wärmetauscher zur Aufnahme der Umweltwärme, sondern auch ein wasserdichtes, isoliertes Dach. Es ersetzt somit die herkömmliche Dacheindeckung inkl. Isolation.



Bild 1. Energiedach Sessa-Therm

### Funktionsweise

Ein wesentliches Merkmal des Energiedaches sind die in die Dachfläche eingelassenen Rohre, die über eine Wärmepumpe zu einem Kreislauf zusammengeschlossen sind. Die in diesem Kreislauf zirkulierende Wärmeträger-Flüssigkeit wird in der Wärmepumpe unter die Temperatur der Aussenluft abgekühlt. Durchfließt die Flüssigkeit die Rohre im Energiedach, erwärmt sie sich, sie nimmt Umweltwärme auf.

Beim Abkühlen in der Wärmepumpe gibt die Wärmeträger-Flüssigkeit die Wärme wieder ab. Diese wird mit der Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau angehoben und kann dadurch für Heizzwecke eingesetzt werden. Mit dem System Energiedach-Wärmepumpe werden verschiedene, in der