

# Ermittlung des Wärmebedarfs von Gebäuden



**Simulationsrechnung zur Bestimmung des jährlichen Heizenergiebedarfs unter besonderer Berücksichtigung der Fensterlüftung und des instationären thermischen Verhaltens von Wohngebäuden - 1. Teil**

Zur Optimierung von Wärmeschutzmaßnahmen wurde in [1] ein Prototyp eines wissensbasierten Systems erstellt. Für die wirtschaftliche Beurteilung von Wärmeschutzmaßnahmen ist die Berechnung des jährlichen Heizenergiebedarfs notwendig. Dazu wurde in [1] ein eigenes Simulationsprogramm entwickelt und auf die Benutzung bekannter Programme wie z. B. Suncode oder Enerbed verzichtet, um einerseits die Schnittstellen-Programmierung zum wissensbasierten System zu vereinfachen und andererseits komplexere Modellannahmen zu bestimmten Bereichen entwickeln zu können. Bei den Modellannahmen für die Simulationsrechnung, die im folgenden 1. Teil beschrieben wird, wurden wichtige Einflußgrößen auf den jährlichen Heizenergiebedarf berücksichtigt und in einer Energiebilanz zusammengefaßt. Im 2. Teil (HLH 4/94) dieses Beitrages werden die Auswirkungen variiert Einflußgrößen auf den jährlichen Heizenergiebedarf betrachtet.

Dr.-Ing. B. Zimmermann und Prof. Dr.-Ing. Heinrich Köhne, Lehrgebiet für Energie- und Stofftransport, RWTH Aachen

In die Modellannahmen gehen neben der Gebäudekonstruktion selbst die folgenden Randbedingungen wie Ausrichtung der Gebäudewände in bezug auf die Himmelsrichtung und damit zum Sonnenstand, Abschwächung der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Lage des Gebäudes, Nutzung des Wohnraums und die damit verbundenen gewünschten Raumtemperaturen sowie der Energieeintrag durch elektrische Geräte etc. ein. Das Lüftungsverhalten wird durch Angabe der Fensterstellung erfaßt, sofern keine geregelte Belüftung vorgesehen ist. Weitere Randbedingungen sind die von der jeweiligen Klimaregion abhängigen meteorologischen Daten für die Solarstrahlung, der Temperaturverlauf und die Windgeschwindigkeit und -richtung [2].

Nach Berechnung des jährlichen Heizenergiebedarfs durch die im folgenden beschriebene Simulationsrechnung, ist dieser Wert durch den Jahresnutzungsgrad der vorhandenen Heizanlage zu dividieren, um auf den jährlichen Heizenergieverbrauch schließen zu können.

Mit einer Parameterstudie zu wichtigen Einflußgrößen auf den jährlichen Heizenergiebedarf wurde das numerische Verfahren geprüft und wichtige Abhängigkeiten und Tendenzen gezeigt.

## Simulationsrechnung zur Bestimmung des jährlichen Heizenergiebedarfs

### Modellraum/-haus

Zwischen einem Modellhaus und einem quaderförmigen Modellraum besteht prinzipiell nur in der Anzahl der raumbegrenzenden Wände und den internen Speichermassen ein Unterschied. Während ein Modellraum von sechs Flächen begrenzt ist, wird bei Häusern, die ein Satteldach besitzen, das Dach in zwei Flächen unterteilt, die bezogen auf den Sonnenstand unterschiedliche Neigungen besitzen. Zusätzlich wird bei der Betrachtung eines Hauses eine Wand definiert, die die internen Speichermassen wie Geschloßdecken und raumteilende Zwischenwände darstellt. Eine Unterteilung in verschiedene Temperaturzonen innerhalb des Hauses wird für die folgenden Betrachtungen nicht vorgenommen, kann aber durch Zusammensetzung des Hauses aus einzeln betrachteten Räumen mit dann unterschiedlichen Temperaturen erreicht werden.

Jede Gebäudewand kann in ihrem mehrschichtigen Aufbau frei definiert werden. Die Größe des Wärmeübergangskoeffizienten hängt u. a. davon ab, ob die Orientierung der betrachteten Oberfläche in die Umgebung oder in einen Raum weist. Die absolute Fläche eines möglicherweise vorhandenen Fensters wird durch einen Fensterflächenanteil multipliziert mit der gesamten Wandfläche  $\varphi_F \cdot A_w$  bestimmt. Um den Anteil der einfallenden Solarstrahlung berechnen zu können, muß neben der Orientierung auch die Neigung der Wand, insbesondere der Dachflächen, bekannt sein.

### Energiebilanz

Zur Bestimmung des jährlichen Heizenergiebedarfs wird eine Bilanzierung der Wärmeströme durchgeführt. Die Bilanzhülle liegt dabei an den inneren Oberflächen der raumbegrenzenden Wände. Dies führt zu folgender Gleichung, aus der sich der unbekannte Wärmestrom zum Heizen oder Kühlen ergibt.

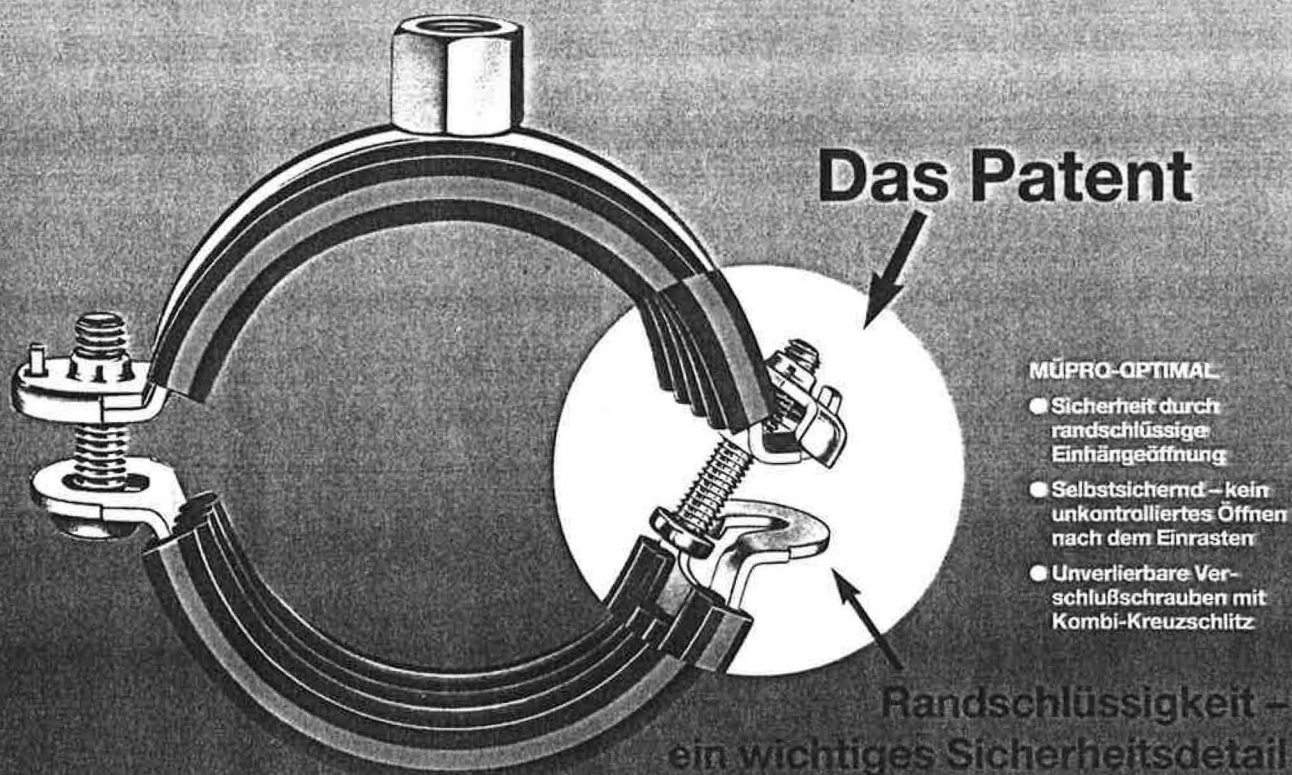
$$\dot{Q}_{H,K} + \dot{Q}_N - \dot{Q}_L - \frac{\Delta U_R}{\Delta t} - \sum_{j=1}^{N_{Wand}} \dot{Q}_{A,W,j} - \sum_{j=1}^{N_{Fenster}} \dot{Q}_{T,F,j} = 0 \quad (1)$$

Dabei sind:

- $\dot{Q}_{H,K}$  Wärmeströme zum Heizen oder Kühlen
- $\dot{Q}_N$  Wärmestrom durch Nutzung
- $\dot{Q}_L$  Wärmestrom durch Lüftung
- $\Delta U_R / \Delta t$  zeitliche Änderung der inneren Energie der Raumluft und anderer schnell reagierender Speichermassen
- $\dot{Q}_{A,W}$  Wärmestrom durch Austausch mit der raumbegrenzenden Wand
- $\dot{Q}_{T,F}$  Wärmestrom durch transparente Gebäudeflächen.

Bild 1 zeigt das Energieflußbild für einen Raum.

# Keine Tricks und ohne Falle ohne dünnen Gummiring keine fürchterliche Kralle **Optimal – das Superding**



## **MÜPRO®-Optimal** **Die Rohrschelle mit Fangverschluß**

Denn Fachkenntnis und konsequente Logik sind der Stoff,  
aus dem wir MÜPRO-Produkte für Sie machen.



# Echte „Leitungsforscher“ erke- kein friatherm!

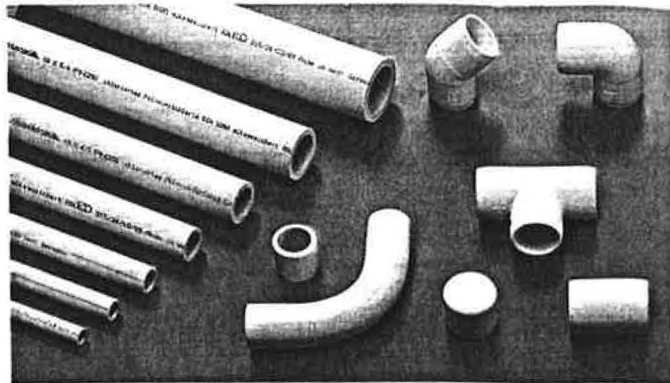


WOB G 333

# nnen sofort:



**Wie's in einer Leitung aussieht, geht jeden was an!**  
Wenn Sie sich das Innenleben einer herkömmlichen Trinkwasserleitung anschauen, wissen Sie gleich, was Ihnen bei der Planung mit friatherm alles erspart bleibt: Kalk und Korrosion. Kein Wunder: ▲ Das moderne Installations-System besteht ja auch aus hochwertigem Kunststoff, ist dauerhaft, vollständig recyclingfähig und garantiert frei von Blei und Cadmium. Eben das technisch ausgereifte Ergebnis



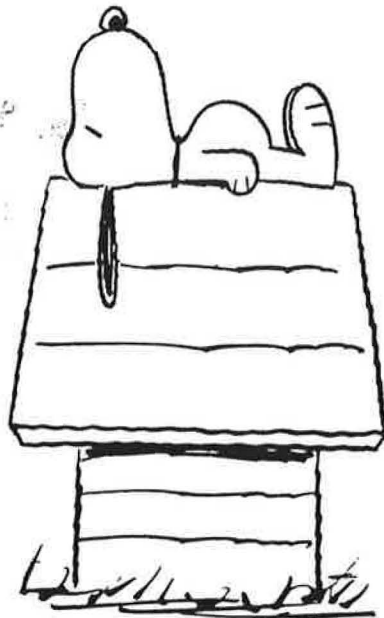
**Das Installations-System friatherm: Beste Leitungsqualität durch maximale Sicherheit. Dafür sorgen der hochwertige Kunststoff und die ausgereifte Verbindungstechnik.**

jahrelanger Forschung und Entwicklung. Dadurch sorgt friatherm mit Sicherheit für beste Leitungsqualität: ▲ bei Neubau, Reparatur und Sanierung. Vom Einfamilienhaus bis zum Großobjekt. Das garantieren Ihnen unsere umfassenden Haftungszusagen und in Deutschland die Gewährleistungsvereinbarung mit dem ZVHSK. Dafür verdienen wir europaweit die besten Zeichen, z. B. DVGW, ÖVGW, SVGW, KIWA und AENOR. ▲ Denn am Wasser können Sie nichts ändern. Aber an der Leitungsqualität. Wir haben für Sie ausführliche Unterlagen, Planer-Software und ein Seminarprogramm. Rufen Sie uns an! ▲

FRIATEC AG  
Bereich Gebäudetechnik  
Tel. 06 21/4 86-15 11, Fax. 06 21/4 86-17 65  
Postfach 71 02 61, 68222 Mannheim

**friatherm**<sup>®</sup>  
INSTALLATIONSSYSTEM

# DA KRÄHT JEDER HAHN NACH



SNOOPY © 1958 United Feature Syndicate, Inc.

## TECHEM HAT'S ERFASST<sup>®</sup>

Wasser wird immer knapper und kostbarer, die verbrauchsbezogene Abrechnung wird zum "Muß".

Techem hat ein Wohnungswasserzähler-Programm entwickelt, das nicht nur Neubauten elegant ausstattet, sondern auch mit durchdachten, unkomplizierten Montagemöglichkeiten Modernisierung und Nachrüstung ermöglicht. Ob für kaltes oder warmes Wasser, alle Meßgeräte arbeiten mit hoher Genauigkeit, nach den neuesten Erkenntnissen der Strömungstechnik.

Sprechen Sie mit Techem, der Nr. 1 in der Erfassung und Abrechnung von Energie und Wasser.

Techem AG · Saonestraße 1 · 60528 Frankfurt am Main  
Telefon 069/6639-0 · Fax 069/6639-300



---

**Besuchen Sie uns auf der SHK Essen '94 vom  
1. - 5. 3. 1994 in Halle 6 und auf der INTHERM '94 Messe  
Stuttgart vom 22. - 26. 3. 1994 in Halle 7.**

---

# techem

Energiebewußt. Umweltfreundlich. Zukunftsweisend.

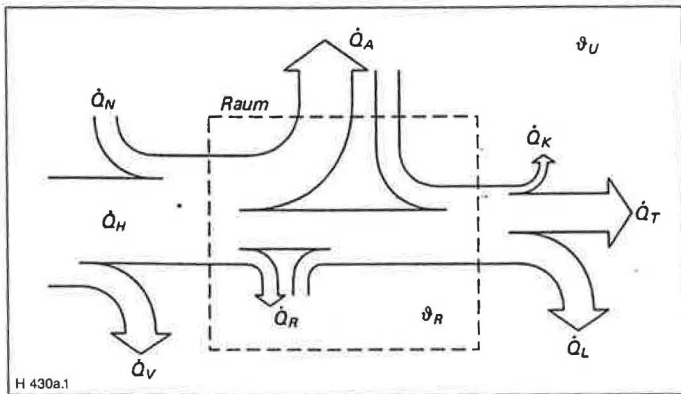


Bild 1: Energieflußbild.

Die Randbedingungen liegen als stündliche Werte vor, so daß die Bilanzgleichung für jede Stunde gelöst wird. Dabei ist die Raumtemperatur zunächst unbekannt und wird durch eine geeignete Iteration bestimmt. Das zugehörige Iterationsverfahren wird später näher beschrieben. Dabei wird eine maximale und eine minimale Raumtemperatur vorgegeben, die Kühlen oder Heizen erforderlich macht. Liegt die bestimmte Raumtemperatur zwischen der maximalen und minimalen Raumtemperatur, d. h. im zulässigen Bereich, ergibt sich der Wert  $\dot{Q}_{H,K}$  zu Null. Die Wärmeströme durch Austausch mit den einzelnen Wänden  $\dot{Q}_{A,W}$  werden eindimensional und damit unabhängig voneinander bestimmt.

**Wärmestrom durch transparente Bauteile**

Die Wärmeströme  $\dot{Q}_{T,F}$  durch die transparenten Gebäudeflächen, die in den allermeisten Fällen mit den Fenstern gleichzusetzen sind, können stationär berechnet werden. Dies ist deshalb zulässig, da das Produkt aus Dichte, spezifischer Wärmekapazität und Materialvolumen ( $\rho \cdot c \cdot V$ ) für diese Bauteile gegenüber den massiven Wänden klein ist. Der Wärmestrom ergibt sich zu:

$$\dot{Q}_{T,F} = (\vartheta_R - \vartheta_U) \cdot k_F \cdot A_W \cdot \varphi_F \quad (2)$$

- Mit  
 $\vartheta_R$  Raumtemperatur  
 $\vartheta_U$  Umgebungstemperatur  
 $k_F$  Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters  
 $A_W$  Wandfläche  
 $\varphi_F$  Fensterflächenanteil.

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $k_F$  des Fensters wird entsprechend den Flächenverhältnissen aus dem  $k$ -Wert des Rahmens und dem  $k$ -Wert des Glases ermittelt:

$$k_F = (1 - \varphi_R) \cdot k_G + \varphi_R \cdot k_R \quad (3)$$

- Darin sind:  
 $\varphi_R$  Rahmenanteil des Fensters  
 $k_R$  Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens  
 $k_G$  Wärmedurchgangskoeffizient des Glases.

**Solarstrahlung**

Die Solarstrahlung ist in der Gesamtbilanz (vgl. Gl. (1)) nicht als einzelner Term aufgeführt. Es wird angenommen, daß der transmittierte Anteil der Solarstrahlung durch die Fenster sich gleichmäßig auf die inneren Wandoberflächen verteilt. Während die Strahlung auf die nach außen gerichteten Wandoberflächen in Abhängigkeit von ihrer Oberflächenbeschaffenheit in geringem Maße reflektiert wird, wird davon ausgegangen, daß an den nach innen gerichteten Wandoberflächen eine vollständige Absorption stattfindet.

Ausgehend von dieser Betrachtungsweise ist zunächst die Wärmestromdichte  $\dot{q}_{S,a}$  auf die nach außen gerichteten Wandflächen und  $\dot{q}_{S,i}$  auf alle nach innen gerichteten Wandflächen zu bestimmen. Die Wärmestromdichte auf die nach außen gerichteten Flächen setzt sich anteilig aus der direkten, der diffusen und der reflektierten Strahlung zusammen. Sind die Wärmestromdichten  $\dot{q}_{S,a}$  auf alle Außenwände und damit auf die transparenten Flächen bestimmt, ergibt sich für alle nach innen gerichteten Flächen die Wärmestromdichte  $\dot{q}_{S,i}$  zu:

$$\dot{q}_{S,i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{\text{Fenster}}} (\dot{q}_{S,a,j} \cdot A_{W,j} \cdot \varphi_{F,j} \cdot (1 - \varphi_{R,j}) \cdot g_j)}{\sum_{j=1}^{n_{\text{Wände}}} A_{W,j} \cdot (1 - \varphi_{F,j})} \quad (4)$$

Dabei sind:  
 $\dot{q}_{S,a}$  von außen eintreffende Solarstrahlung  
 $g$  Gesamtenergiedurchlaßgrad des Glases.

**Wärmeaustausch mit Speichermassen**

Die Wärmeströme, die zwischen dem Raum und den begrenzenden Wänden ausgetauscht werden, werden für jede Wand separat durch Berechnung des Wärmeübergangs von der jeweiligen Wandoberfläche in den Raum wie folgt bestimmt:

$$\dot{Q}_{A,W} = (\vartheta_R - \vartheta_{W0,i}) \cdot \alpha_i \cdot A_W \cdot (1 - \varphi_F) \quad (5)$$

- Mit:  
 $\vartheta_{W0,i}$  Temperatur an der Wandoberfläche innen  
 $\alpha_i$  Wärmeübergangskoeffizient innen.

In dieser Gleichung ist zunächst die Temperatur an der Wandoberfläche unbekannt. Sie muß mittels einer eigenen Simulationsrechnung bestimmt werden. Dazu wird das Temperaturfeld in der mehrschichtigen Wand eindimensional und instationär mit Hilfe eines impliziten Differenzenverfahrens bestimmt.

Die zu lösende Differentialgleichung ist:

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \lambda \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \dot{\Phi} \quad (6)$$

Die Überführung in die entsprechenden Differenzgleichungen und das numerische Lösungsverfahren dazu wird hier im einzelnen nicht dargestellt. Am Körperperrand wird die absorbierte Solarstrahlung als Quellterm berücksichtigt. Die Einbeziehung des Speichervermögens der Baustoffe gewährleistet eine realistische Berechnung des zeitlichen Verlaufs der Temperaturen wie z. B. bei der Aufheizung durch Solarstrahlung oder der Abkühlung durch Raumtemperaturabsenkung. Die Kenntnis des Temperaturverlaufs in den Wänden kann zusätzlich zur Bestimmung der Stoffeuchten der Baumaterialien genutzt werden. Weitere Speichermassen im Raum, wenn auch mit geringerem Einfluß auf die Gesamtenergiebilanz, sind die vorhandene Luft und Möbel etc. Die Änderung der inneren Energie dieser Speichermassen wird bestimmt:

$$\frac{\Delta U_R}{\Delta t} = (V_R \cdot \rho_L \cdot c_L + \sum (V_{Sp} \cdot \rho_{Sp} \cdot c_{Sp})) \cdot \frac{\Delta \vartheta_R}{\Delta t} \quad (7)$$

### Natürliche und erzwungene Lüftung

Der Energieverlust pro Zeit durch Lüftung läßt sich durch das Produkt von ausgetauschtem Luftvolumenstrom, der Dichte, der Wärmekapazität von Luft sowie der Temperaturdifferenz zwischen dem Raum und der Umgebung beschreiben. Das heißt, daß die aus der Umgebung in den Raum eindringende Luft entsprechend der Temperaturdifferenz erwärmt werden muß.

$$\dot{Q}_L = \left( \sum_{j=1}^{n_{\text{Fenster}}} (\dot{V}_{L,\text{nat},j}) + \dot{V}_{L,\text{erz}} \right) \cdot \rho_L \cdot c_{p,L} \cdot (\vartheta_R - \vartheta_U) \quad (8)$$

Darin bedeuten:

- $\rho_L$  Dichte der Luft
- $c_{p,L}$  spezifische Wärmekapazität der Luft
- $\dot{V}_{L,\text{nat}}$  natürlicher Luftvolumenstrom
- $\dot{V}_{L,\text{erz}}$  erzwungener Luftvolumenstrom.

Der ausgetauschte Luftvolumenstrom setzt sich aus einem sogenannten natürlichen und einem erzwungenen Luftvolumenstrom zusammen. Während der natürliche Luftvolumenstrom auf die Undichtigkeiten des Gebäudes zurückzuführen ist, wird der erzwungene Luftvolumenstrom durch Öffnen der Fenster und Türen oder durch eine Belüftungsanlage verursacht.

Der natürliche Luftvolumenstrom wird bestimmt zu:

$$\dot{V}_{L,\text{nat}} = a \cdot l \cdot \left( \frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^x \quad (9)$$

Dabei sind:

- $a$  Fugendurchlaßkoeffizient
- $l$  Fugenlänge
- $\Delta p$  Druckdifferenz
- $\Delta p_0$  1 Pa
- $x$  2/3 nach [3].

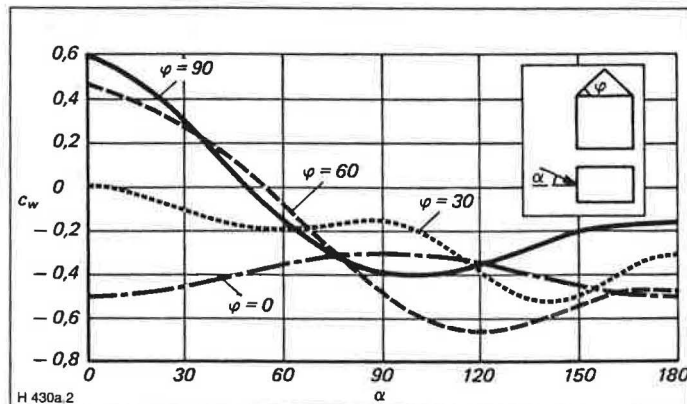
Die Druckdifferenz  $\Delta p$  zwischen Umgebung und Innenseite des Raums wird beschrieben mit:

$$\Delta p = c_w \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot v_w^2 \quad (10)$$

Mit

- $c_w$  Widerstandsbeiwert
- $v_w$  Windgeschwindigkeit.

Der Widerstandsbeiwert ist von der Gebäudeform, der Neigung der Außenwand oder des Daches und vom Einfallswinkel des Windes abhängig (Bild 2) [4].



104 Bild 2: Widerstandsbeiwert in Abhängigkeit vom Einfallswinkel  $\alpha$  des Windes und der Neigung  $\varphi$  der Wandflächen [4].

Durch die Unebenheiten der Umgebung, verursacht z. B. durch Wald oder Bebauung, wird die Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Bodenhöhe abgeschwächt [5].

$$v_w = v_{w,10} \cdot \left( \frac{h}{h_{10}} \right)^R \quad (11)$$

Darin bedeuten:

- $v_{w,10}$  Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe
- $h_{10}$  10 m
- $R$  Bodenrauigkeit, mit  $R = 0,16$  für offenes Gelände,  $R = 0,22$  für Waldgebiet und  $R = 0,5$  für Stadtgebiet.

Die erzwungene Lüftung wird, wie bereits erwähnt, durch das Öffnen von Fenstern oder durch eine Belüftungsanlage verursacht. Während die Luftwechselrate beim Betrieb einer Belüftungsanlage auf einen konstanten Wert eingestellt werden kann, muß bei geöffneten Fenstern eine Abschätzung der Luftwechselrate erfolgen. Grundlage dazu bilden die Angaben einer Luftwechselrate  $\varphi_{L,2}$  bei einer Windgeschwindigkeit von 2 m/s in Abhängigkeit zur Fensterstellung [3]. In Anlehnung an Gleichung (10) und (11) läßt sich die folgende Abschätzung ableiten:

$$\dot{V}_{L,\text{erz}} = \frac{V_R}{t_1} \cdot \varphi_{L,2} \cdot \left( \frac{v_w}{v_{w2}} \right)^{4/3} \quad (12)$$

Dabei sind:

- $V_R$  Luftvolumen des Raumes
- $v_{w2}$  2 m/s
- $t_1$  1 h.

Die Stellung des Fensters wird in der Regel von den Gewohnheiten des Nutzers abhängig sein. Es ist aber nicht zu erwarten, daß der Nutzer immer an seinen Gewohnheiten festhalten wird. Für den Fall eines sehr windigen Tages kann es vorkommen, daß durch ein geöffnetes Fenster soviel Wärme in die Umgebung entweicht, daß die Heizleistung der Heizanlage nicht mehr ausreicht, die gewünschte Raumtemperatur zu erzeugen. Sicherlich wird der Nutzer für diesen Fall die Fenster schließen. Sind die Fensterflächen groß, so daß die in den Raum eindringende Solarstrahlung entsprechend ist, kann dies bei sonnigen Tagen zu einer Überhitzung des Raumes führen. Ist die Außentemperatur für diesen Fall kleiner als die Innenraumtemperatur wird der Nutzer durch zusätzliche Lüftung die Raumtemperatur senken. Das später dargestellte Iterationsverfahren berücksichtigt dieses „intelligente“ Verhalten des Nutzers.

### Wärmerückgewinnung

Wird die erzwungene Lüftung durch eine Anlage zur mechanischen Belüftung geleistet, kann von einer konstanten Luftwechselrate  $\varphi_{WR}$  ausgegangen werden. Solche Anlagen können mit einer Wärmeaustauscher betrieben werden, so daß ein Teil der Wärme die durch die Abluft den Raum verläßt, zurückgewonnen werden kann. Die Effizienz einer solchen Wärmerückgewinnung wird durch den Wirkungsgrad  $\eta_{WR}$  beschrieben. Der Volumenstrom für die erzwungene Lüftung (vgl. Gl. (8)) wird bestimmt zu:

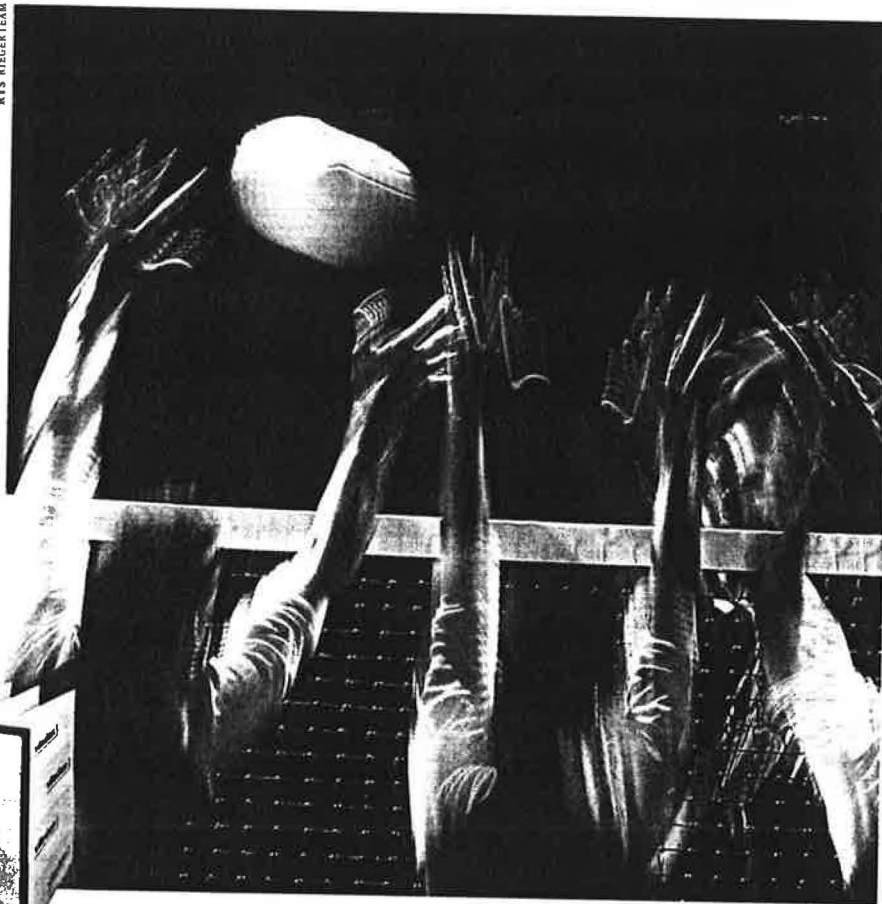
$$\dot{V}_{L,\text{erz}} = V_R \cdot \varphi_{WR} \cdot (1 - \eta_{WR}) \quad (13)$$

### Nutzung

Der Energieeintrag, der durch die Raumnutzung bedingt wird ist als reiner Quellterm in der Bilanzgleichung (1) zu verstehen. Der für eine Stunde jeweils konstant angenommene Wert hängt von der Anzahl der Personen und deren Tätigkeit, vom Betrieb elektrischer Haushaltsmaschinen, Warmwassererzeugung etc. ab.

# Wie Hallensportler an die frische Luft kommen

RTS RIEGENTEAM



viledon®

Vliesstoff-Filter  
für lufttechnische  
Anlagen



Wer drinnen außer Atem kommt, braucht saubere Luft, um Leistung zu bringen und gesund zu bleiben. Das gilt für Spitzensportler genauso wie für den sportbegeisterten Nachwuchs. Doch wo sich viele bewegen, wird auch viel Staub aufgewirbelt. Die Lösung: Lüftungs- und Klimaanlage mit Vliesstoff-Filtern, die Staub zuverlässig aus der Luft abscheiden: Viledon Taschenfilter von Freudenberg. Die bleiben dank bruchsicherer Hochleistungsvliesstoffe und selbsttragender Konstruktion ohne Wartung jahrelang in Form. In Viledon Filtern steckt eben das Know-how des weltweit größten Vliesstoffherstellers.

**Vliesstoff kommt von Freudenberg.**

Carl Freudenberg, GB Gasfiltration  
D-69465 Weinheim, Telefon 0 62 01/80 62 64  
Fax 0 62 01/80 62 99

**Freudenberg**



**NEU**

HausTechnik Software

# WINHEIZ 3

- Neue und innovative Haustechnik-Software
- Mit der Graphischen Rohrnetzberechnung

- 2-Rohrnetzberechnung
- Graphisches Strangschema
- Graphische Ausgabe
- Rohr- und Zeta-Datei



- Schneller, sicherer und komfortabler arbeiten
- WINHEIZ 3... der Doppelklick mit der Maus macht's möglich

**Jetzt...**  
Kostenlose Demodiskette anfordern...

HausTechnik Software GmbH  
Haldenstr. 19-21  
73730 Esslingen  
Tel.: (07 11) 31 76 44  
Fax.: (07 11) 31 61 727

INTHERM, Stuttgart, Halle 5.1, Stand 5.1.210

## Frischlucht "PRIVAT".



**B**essere Raumluft, ohne das Fenster zu öffnen! Der AEROKAT-Lufttaucher ist ideal zur Erstausrüstung oder Nachrüstung bei wärmegeprägten Räumen. Wärmeisolierung und Frischluftzufuhr stehen in Konkurrenz - nicht jedoch mit dem AEROKAT. Übersättigte Luftfeuchtigkeit, verbrauchte Luft, Staub und Insekten aus dem Freien haben keine

Chance mehr. Und die Raumwärme in der Abluft wird durch einen großdimensionierten Wärmetauscher der frischen Zuluft wieder aufgeladen. Ein Zukunftsprodukt - auch für Hotels, Praxen und im privaten Bereich - und außerdem: "Qualität made in Nossen"!

**AEROKAT bringt Frischluft!**

Informationen über:  
**MOREMAT** GMBH

Schützenstraße 32, D-01683 Nossen  
Tel. (03 52 42) 6 51 24, Fax 6 51 17

## Etagenverteiler

im LOGO-Heizsystem



„Schneller und besser kann man eine Heizung nicht bauen“

...denn hier gibt es kaum noch Durchbrüche!"

Eine ganze Menge „gewußt wie“, Software also, gehört dazu. Die liefern wir, um den Montageablauf auch wirklich zu gewährleisten, denn pro Tag soll eine „warme Wohnung“ fertig übergeben werden. Wir liefern das „know how“...

Fordern Sie Infomaterial an

**meibes**  
Schnellmontagetechnik

Gebr. Meibes, Zeitspar-Armaturen für Heiztechnik GmbH  
Kokenhorststr. 8, 30938 Burgwedel  
☎ (051 39) 80 69-0, Fax (051 39) 80 69-1  
Demmeringstr. 143, 04179 Leipzig  
☎ (03 41) 477 26 74, Fax (03 41) 4 77 26

Intherm Stuttgart, 22.-26. März 1999  
Halle 5, Stand 5.0.108  
IFH Nürnberg, 13.-16. April 1994  
Halle N, Stand 8106

GÜTESCHUTZ



**ABSCHIEDTECHNIK**  
RAL

Keine Kompromisse in Fragen der Sicherheit!

Info:

GÜTESCHUTZ  
ABSCHIEDTECHNIK E  
Postf. 29 02 40, 50524 K  
Tel. 02 21/20 20 40  
Fax 02 21/2 02 04 57

**Heizung und Kühlung**

Die Heiz- oder Kühlleistung ergibt sich aus der Bilanzgleichung (1) und entsprechend dem im folgenden Kapitel beschriebenen Iterationsverfahren. Dazu ist die Angabe einer maximalen Heiz- oder Kühlleistung erforderlich.

**Randbedingungen**

Zu Beginn der Simulationsrechnung müssen einige Bedingungen festgelegt werden. Neben den Stoff- und Geometriedaten des Modellraumes oder -hauses zählen dazu die Randbedingungen, die zum Teil für den Zeitraum eines Jahres konstant und zum Teil stündlich unterschiedlich sind. Das sind die nutzerabhängigen Randbedingungen:

- Wärmezufuhr durch Nutzung
  - Fensterstellung
  - Raumtemperatur
- und die meteorologischen Randbedingungen:
- Außentemperatur
  - Gebäudelage
  - Windgeschwindigkeit und -richtung
  - Solarstrahlung
- und schließlich die installierte Heizleistung.

**Iterationsverfahren**

Die Bilanzgleichung (1) wird für den Zeitraum einer Stunde gelöst werden, da sich die Randbedingungen stündlich ändern. Durch Summation der berechneten Werte für den Heizenergiebedarf und Division durch die bewohnte Fläche  $A_w$  ergibt sich der jährliche Heizenergiebedarf  $\dot{Q}_H$  in kWh/m<sup>2</sup>a:

$$\dot{Q}_H = \frac{\sum_{1. \text{ Sept.}}^{31. \text{ Mai}} \left( \sum_{k=0}^{24 \text{ h}} (\dot{Q}_{H,k} \cdot \Delta t) \right)}{A_w} \quad (14)$$

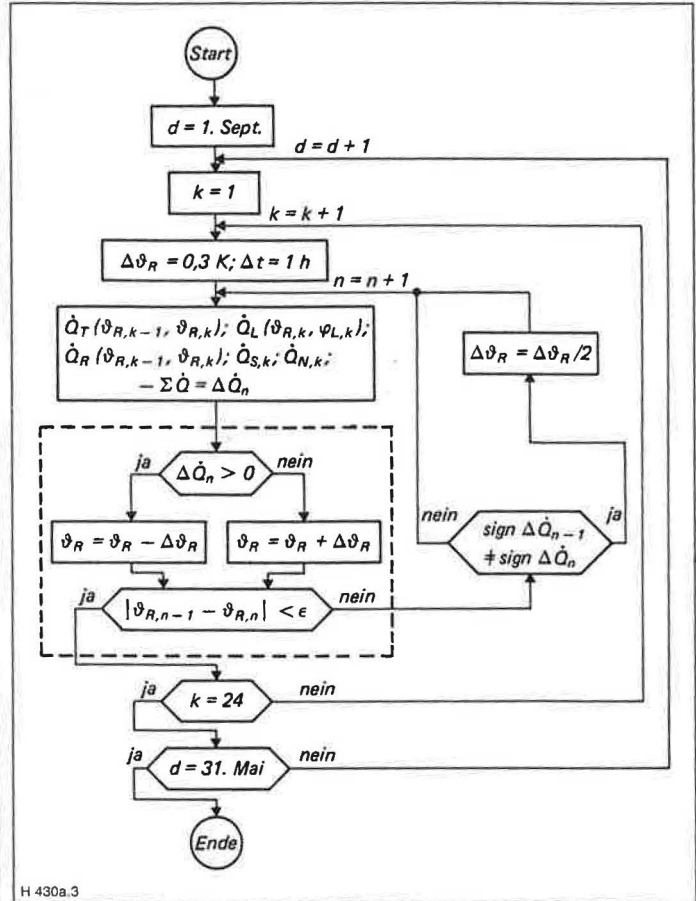
In Gleichung (1) sind zunächst zwei unbekannte Größen enthalten, die nur iterativ bestimmt werden können. Dies ist die implizit enthaltene Raumtemperatur  $\vartheta_{R,k}$  und der Wärmestrom  $\dot{Q}_{H,k}$  zum Heizen oder Kühlen.

In einer Vorstufe soll zunächst ein Iterationsverfahren zur Bestimmung der Raumtemperatur ohne Berücksichtigung einer Heizung oder Kühlung beschrieben werden. Die Raumtemperatur aus dem vorangegangenen Zeitschritt  $\vartheta_{R,k-1}$  ist bekannt, so daß die Terme der Bilanzgleichung (1) wie folgt von der Raumtemperatur abhängen:

- $\dot{Q}_{H,k} = 0$
- $\dot{Q}_{N,k} \neq f(\vartheta_R)$
- $\dot{Q}_{L,k} = f(\vartheta_{R,k}, \varphi_{L,k})$
- $\dot{Q}_{R,k} = f(\vartheta_{R,k}, \vartheta_{R,k-1})$
- $\dot{Q}_{A,k} = f(\vartheta_{R,k}, \vartheta_{R,k-1})$
- $\dot{Q}_{T,k} = f(\vartheta_{R,k}, \vartheta_{R,k-1})$

und durch Abschätzung der Raumtemperatur  $\vartheta_{R,k}$  zum Zeitpunkt  $k$  berechnet werden können. Ist die Bilanzgleichung nicht erfüllt, muß die Raumtemperatur in einem ersten Iterationsschritt entsprechend dem Vorzeichen der Summe der Wärmeströme  $\sum \dot{Q}$  geändert werden:

$$\begin{aligned} \sum \dot{Q} > 0 &\rightarrow \vartheta_{R,k} = \vartheta_{R,k} - \Delta \vartheta_{R,k} \\ \sum \dot{Q} < 0 &\rightarrow \vartheta_{R,k} = \vartheta_{R,k} + \Delta \vartheta_{R,k} \end{aligned}$$



H 430a.3

Bild 3: Flußdiagramm zur Raumtemperaturberechnung.

Durch geeignete Verkleinerung von  $\Delta \vartheta_{R,k}$  wird die Iteration durch Erreichen eines Abbruchkriteriums

$$|\vartheta_{R,n-1} - \vartheta_{R,n}| < \epsilon \quad (15)$$

beendet.

Bild 3 zeigt das Flußdiagramm zur Raumtemperaturberechnung.

Zur Anpassung an realistische Wohnbedingungen werden zwei weitere wichtige Aspekte eingeführt

- Unterschreiten einer minimalen Raumtemperatur  $\vartheta_R < \vartheta_{R,Min}$
- Überschreiten einer maximalen Raumtemperatur  $\vartheta_R > \vartheta_{R,Max}$

Es ist selbstverständlich, daß ab einer bestimmten minimalen Raumtemperatur  $\vartheta_{R,Min}$  eine weitere Auskühlung durch Einschalten einer Heizung verhindert wird. Analog kann das Überschreiten einer maximalen Raumtemperatur  $\vartheta_{R,Max}$  durch eine Kühlanlage, falls vorhanden, verhindert werden. Beide Anlagen, sowohl die Heizung als auch die Kühlung, besitzen in der Praxis maximale Leistungen, so daß sich die Situation ergeben kann, in der die Raumtemperatur nicht in dem gewünschten Bereich gehalten werden kann.

- $\dot{Q}_H > \dot{Q}_{H,Max} \rightarrow \vartheta_R < \vartheta_{R,Min}$  oder
- $\dot{Q}_K < \dot{Q}_{K,Max} \rightarrow \vartheta_R > \vartheta_{R,Max}$

Bei realistischem Nutzerverhalten wird, bevor oder kurz nachdem diese Situation eingetroffen ist, der Bewohner in das System regulierend eingreifen, um unbehagliche Wohnbedingungen zu vermeiden.

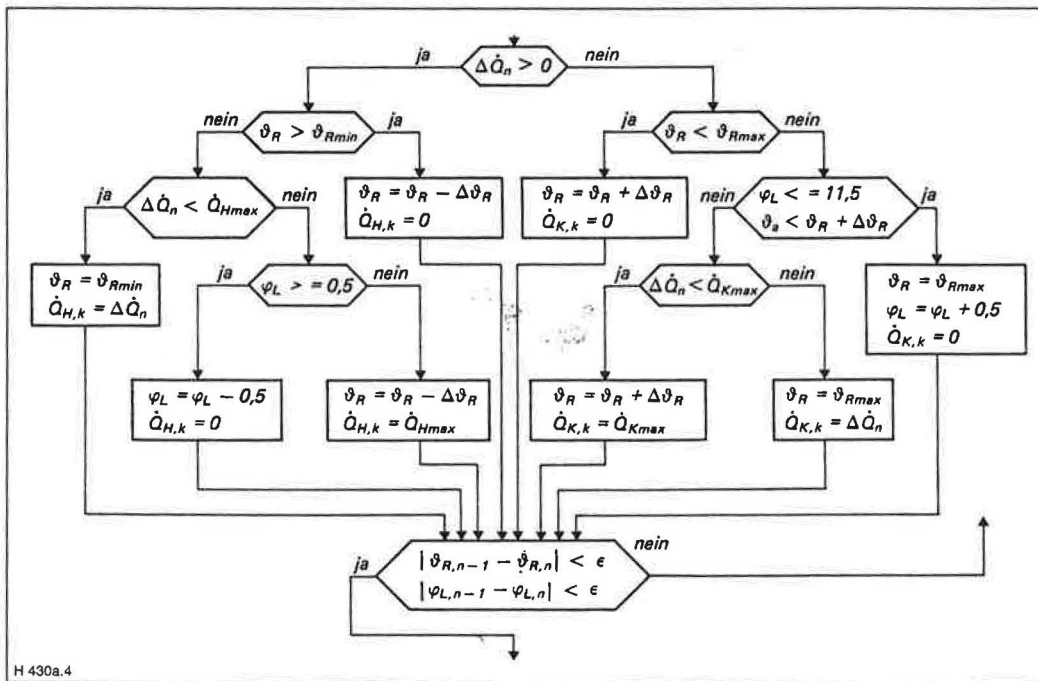


Bild 4: Flußdiagramm Raumtemperaturberechnung unter Berücksichtigung einer minimalen und maximalen Raumlufttemperatur und eines veränderten Lüftungsverhaltens.

In dem hier beschriebenen Verfahren wird angenommen, daß dies dann der Fall ist, wenn die Raumtemperatur unter die gewünschte Raumtemperatur fällt und gleichzeitig Fenster geöffnet sind. Die Simulationsrechnung ist so konzipiert, daß für diesen Fall zunächst die Fenster geschlossen werden. Ist der Wärmeverlust dann immer noch so groß, daß die installierte Heizung nicht ausreicht, kann es dann trotz geschlossener Fenster zum Abfall der Raumtemperaturen unter den gewünschten Sollwert kommen.

Ähnliches geschieht bei Überhitzung des Raumes, was z. B. durch starke Solarstrahlung geschehen kann. Für diesen Fall kann die Kühlung des Raumes zunächst durch Öffnen der Fenster erfolgen, bevor eine Kühlanlage eingeschaltet wird. Dies ist aber nur dann sinnvoll, wenn die Außentemperatur die Raumtemperatur nicht übersteigt.

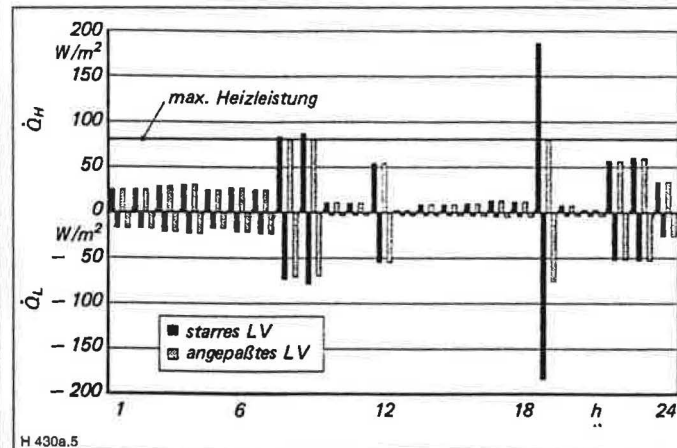
- $\dot{Q}_H > \dot{Q}_{H,Max} \wedge \varphi_L > \varphi_{L,Min} \rightarrow \varphi_L \downarrow$
- $\dot{Q}_K > 0 \wedge \varphi_L < \varphi_{L,Max} \wedge \vartheta_R > \vartheta_U \rightarrow \varphi_L \uparrow$

Die Fallunterscheidungen sind im Flußdiagramm in Bild 4 dargestellt und ersetzen den in Bild 3 markierten Bereich.

Der Einfluß der Raumluftfeuchte und der Temperaturen an der Wandoberfläche auf das Lüftungsverhalten werden nicht berücksichtigt.

In Bild 5 sind für eine Beispielrechnung die Wärmeströme zum Heizen  $\dot{Q}_H$  und durch Lüften  $\dot{Q}_L$  dargestellt, die sich bei Annahme eines unveränderten Lüftungsverhaltens bei gleichzeitig unbeschränkter Heizleistung ergeben. Wird hingegen eine maximale Heizleistung vorgegeben, kann die Raumtemperatur durch das jetzt veränderte Lüftungsverhalten, das sich durch die stark reduzierten Lüftungsverluste ausdrückt (z. B. durch früheres Schließen der Fenster), trotzdem erreicht werden. Anhand dieses Beispiels soll die Notwendigkeit des oben beschriebenen erweiterten Iterationsverfahrens veranschaulicht werden. (Wird fortgesetzt)

[H 430a]



H 430a.5

Bild 5: Vergleich der Wärmeströme  $\dot{Q}$ , durch Lüften bei starrem und angepaßtem Lüftungsverhalten (LV), 7. Januar (windiger Tag) [2], Reihenhaus, ohne Raumtemperaturabsenkung.

### Literaturangaben

- [1] Zimmermann, B.: Entwicklung eines wissenschaftlichen Systems zur optimierter Auswahl von Wärmeschutzmaßnahmen für Wohngebäude im Hinblick auf den Energieverbrauch und die Gesamtkosten. Dissertation an der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Geowissenschaften der RWTH-Aachen, 1993.
- [2] Daten der Testreferenzjahre, TRY02: Fachinformationszentrum Karlsruhe.
- [3] Hausladen, G.: Wohnungslüftung, Untersuchung der verschiedenen Lüftungsarten bzw. Lüftungspraktiken unter hygienischen, bauphysikalischen und energetischen Gesichtspunkten. VDI Fortschr.-Ber. VDI-Z, Reihe 6, Nr. 73.
- [4] Lusch, G.; Truckenbrodt, E.: Windkräfte an Bauwerken. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1964.
- [5] Holz, D.: Zusammenhang zwischen der Fugendurchlässigkeit von Fenstern und Luftwechsel im Raum. Fachinformationszentrum Karlsruhe, November 1980.

# Wie, und jetzt auch noch Trinkwasser-gerecht?



gemäß KTW-Empfehlung



**Neu.** Genau, jetzt gibt es speziell für den Trink- und Brauchwassereinsatz BOA-Compact EKB. Das Absperrventil mit elektrostatischer Kunststoff-Beschichtung und allen Vorteilen der von KSB entwickelten Kompakttechnologie.

Das erste Kompaktventil BOA-Compact hat durch Schrägsitzhydraulik und gerades Oberteil eine Reihe überzeugender Produktvorteile ausgelöst, die einiges bringen:

- hohe Funktionssicherheit – durch außenliegendes, nicht medienberührtes Spindelgewinde
- geringes Gewicht – durch den reduzierten Materialverbrauch

- weniger Platzbedarf – durch die kurze Normbaulänge.

Warum nutzen Sie nicht den neuesten Stand der Technik für Ihre Arbeit?

Wenn Sie mehr über das neue BOA-Compact EKB für den Trink- und Brauchwassereinsatz wissen möchten, unser Prospekt sagt es Ihnen.

**Rufen Sie an.  
Wir reagieren sofort.**

P.S. Wir stellen aus:  
IFH, Nürnberg – Halle N, Stand 8009/8108

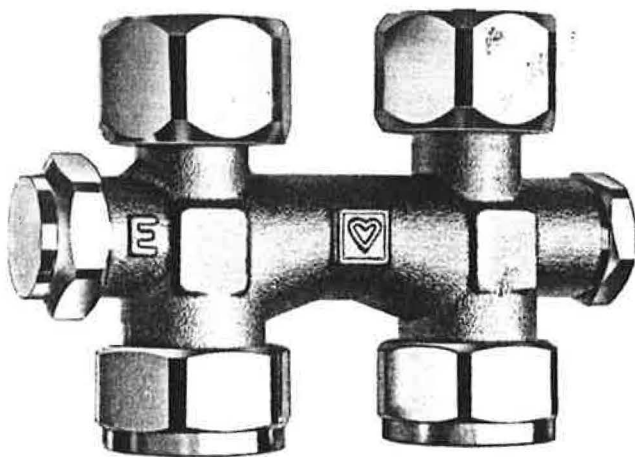
KSB Aktiengesellschaft  
Geschäftsbereich  
Ventile und Schieber

67225 Frankenthal  
Tel. 06233/86 28 14

Pumpen  
Armaturen  
**KSB**

# HERZ-3000

## Anbindesystem für Ventilkompaktheizkörper



Bypasskörper als absperrbare Verbindung zwischen Ventilkompaktheizkörper und Rohrleitung.

Für alle Ventilkompaktheizkörper mit Anschlußstutzen-Mittelabstand 50 mm und Gewinden G 3/4 oder Rp 1/2.

Für Ein- und Zweirohrbetrieb umstellbar.

Begrenzung der maximalen Wassermenge pro Heizkörper durch Voreinstellung.

Heizkörper bei unter Druck stehender Anlage über den Bypasskörper entleer-, abnehm- und wieder befüllbar.

Durchgangs- und Eckform für Rohrleitungen die aus dem Boden oder aus der Wand kommen.

Schnellmontagesystem mit HERZ-Klemmsatz für Kupfer-, Weichstahl- und Kunststoffrohre.

Für andere Rohrabstände sind Einzelabsperrentile mit Voreinstellung und Entleerung erhältlich.

Bitte fordern Sie Unterlagen an.

 **Herz**  
Wo Heizung. Da Herz.

HERZ Armaturen Gesellschaft mbH  
Sternbergstraße 37, D-59755 Arnsberg  
Telefon 0 29 32/2 70 81/82  
Telefax 0 29 32/8 16 68



Erleben Sie die gesamte  
Haustechnik an einem Ort:  
**10. Fachmesse  
für Haustechnik**  
Sanitär · Heizung · Klima

**13.-16. April 1994**  
Messezentrum Nürnberg  
Täglich 9-17 Uhr

**IFH:** Das bedeutet optimale Marktübersicht für Fachleute aus den Bereichen Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik sowie Klempnerei.

**IFH:** Hier erfahren Sie, wie Sie erfolgreich auf die ständigen Veränderungen im Markt reagieren können. Mit neuen Kontakten und Geschäftsverbindungen erweitern Sie Ihre Fachkompetenz und bleiben im Wettbewerb die entscheidende Nasenlänge voraus. Lassen Sie sich durch ein umfangreiches Angebot inspirieren. Erweitern Sie Ihr fachliches Know-how und sichern Sie sich dadurch Ihren Erfolg für die Zukunft.

### Informationen:

· GHM Gesellschaft für Handwerks-  
ausstellungen und -messen mbH  
Postfach 12 05 28 · D-80032 München  
Telefon (0 89) 51 98-0  
Telefax (0 89) 51 98-167  
Telex 5 212 796



Die Messeorganisation  
des Handwerks