

9.1.3 Heizkostenverteiler

Wie die Bezeichnung "Heizkostenverteilung" bereits zum Ausdruck bringt, handelt es sich hier nicht primär um ein Messverfahren sondern um ein Messhilfsverfahren zur verbrauchsabhängigen Umlegung der Heizkosten auf die einzelnen Verbraucher in einem Gebäude oder einer Anlage (Nutzereinheit). Die Wärmeabgabe an den einzelnen Heizkörpern in einer Wohneinheit wird dabei nur anteilig und nicht in physikalischen Einheiten angezeigt. Es muss deshalb für eine ordnungsgemäße Abrechnung zusätzlich der Gesamtwärmeverbrauch der Anlage durch Messen der Brennstoffmenge oder der Wärmemenge bestimmt werden (s. Kap. 9.1.1 und 9.1.2). Der Einsatz solcher Heizkostenverteiler wird immer dann notwendig, wenn Wärmehähler aufgrund der Rohrführung nicht möglich oder zu teuer sind. Bei der in Mehrfamilienhäusern üblichen senkrechten Verteilung (Bild 9.1.3-1) müsste zur Wärmemengenmessung an jedem Heizkörper ein Wärmehähler angebracht werden. Dies ist nicht realisierbar, weil heute übliche Wärmehähler solch kleine Volumenströme nicht erfassen können.

Es kommen grundsätzlich zwei unterschiedliche Funktionsprinzipien von Heizkostenverteilern zum Einsatz. Bei den meisten der heute verwendeten Heizkostenverteiler wird versucht, die für die **Wärmeabgabe** am Heizkörper maßgeblichen Temperaturen zu erfassen, also die Oberflächentemperatur oder die mittlere Heizmediumtemperatur und gegebenenfalls die Lufttemperatur. Ist für den einzelnen Heizkörper der Zusammenhang zwischen Wärmeleistung und seiner Übertemperatur gegenüber der Umgebung bekannt, so kann aus dieser Temperaturmessung die Wärmeabgabe berechnet werden. Die Anforderungen an diese Heizkostenverteiler und deren Prüfung sind in DIN EN 834 /1/ (Geräte mit elektrischer Energieversorgung) und DIN EN 835 /2/ (Geräte nach dem Verdunstungsprinzip) festgelegt.

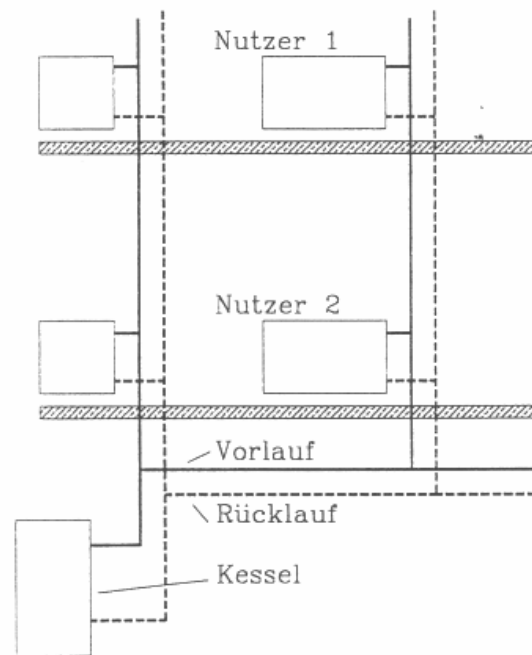


Bild 9.1.3-1: Senkrechte Rohrführung in Heizanlagen, schematisch

Ein anderes, noch nicht so weit verbreitetes Verfahren, beruht darauf, dass über Hilfsgrößen wie z.B. den Ventilhub ein Maß für den Heizmittelstrom und damit für die dem Heizkörper **zugeführte Wärme** erfasst wird. Im folgenden sollen das Funktionsprinzip, der Aufbau und die wichtigsten Einsatzbedingungen erläutert werden. Beim Einsatz dieser Geräte sind die einschlägigen Verordnungen und Normen im einzelnen zu beachten (insbesondere /1/, /2/, /3/).

9.1.3.1 Heizkostenverteiler auf Basis der Heizkörpertemperatur

Das Funktionsprinzip

Voraussetzung für die Funktion dieser Heizkostenverteiler ist, dass der Zusammenhang zwischen Wärmeleistung und der Übertemperatur des Heizkörpers **für jeden** Heizkörper bekannt ist. Dieser Zusammenhang lässt sich durch eine Potenzfunktion darstellen:

$$\dot{Q} \sim (\Delta J)^n \quad (9.1.3-1)$$

Die Übertemperatur ΔJ errechnet sich aus der Vorlauftemperatur J_V , der Rücklauftemperatur J_R und der Raumtemperatur J_L arithmetisch:

$$\Delta J = \frac{J_V + J_R}{2} - J_L \quad (9.1.3-2)$$

oder logarithmisch:

$$\Delta J_{\ln} = \frac{J_V - J_R}{\ln \frac{J_V - J_R}{J_R - J_L}} \quad (9.1.3-3)$$

Für die meisten Anwendungen genügt die arithmetische Übertemperatur, für kleine Heizmassenströme ist die logarithmische Übertemperatur zu verwenden. In einem genormten Versuch nach DIN 4704 /4/ wird die Wärmeleistung von Heizkörpern in Abhängigkeit von der Übertemperatur in einer festgelegten Umgebung gemessen. Die Normwärmeleistung \dot{Q}_n eines Heizkörpers ist der Wärmestrom, den er mit einer Vorlauftemperatur von 90 °C und einer Rücklauftemperatur von 70 °C bei einer Raumlufitemperatur von 20 °C abgibt (Luftdruck 1013 mbar). Mit diesen Temperaturen erhält man eine Normübertemperatur ΔJ_n von 60 K. Der zugehörige Heizmittelstrom ist der Normheizmittelstrom \dot{m}_n

$$\dot{m}_n = \frac{\dot{Q}_n}{c \cdot 20 \text{ K}} \quad (9.1.3-4)$$

Das oben genannte Potenzgesetz gilt genügend genau bis zu Drosselungen des Heizmittelstroms auf 20 % des Normwertes. Die Wärmeleistung eines Heizkörpers bei von den Normwerten abweichenden Temperaturen lässt sich also wie folgt berechnen

$$\dot{Q} = \dot{Q}_n \cdot \left(\frac{\Delta J}{\Delta J_n} \right)^n \quad (9.1.3-5)$$

Die Normwärmeleistung und der Heizkörperexponent werden vom Heizkörperhersteller angegeben. Die Deutsche Gesellschaft für Warenkennzeichnung (DGWK) veröffentlicht die Prüfergebnisse von Leistungsmessungen nach DIN 4704. Ist ein Heizkörper eindeutig identifiziert, so genügt also die Messung der aktuellen Übertemperatur, um die momentane Wärmeabgabe mit Gleichung (9.1.3-5) berechnen zu können.

Für eine verbrauchsabhängige Heizkostenverteilung ist die über einen bestimmten Zeitraum (Heizperiode, Abrechnungszeitraum) abgegebene Wärmemenge maßgebend. Man erhält sie durch Integration der Wärmeleistung nach Gleichung (9.1.3-5) über diesen Zeitraum

$$\dot{Q} = \int \dot{Q}_n \cdot \left(\frac{\Delta J}{\Delta J_n} \right)^n dt \quad (9.1.3-6)$$

Da die Übertemperatur die einzige zeitabhängige Größe in dieser Gleichung ist, genügt eine Integration der Übertemperaturfunktion über den Abrechnungszeitraum, um einen der Wärmeabgabe proportionalen Wert zu erhalten:

$$\dot{Q} = C \cdot \int \Delta J^n dt \quad (9.1.3-7)$$

Die hier zu behandelnden Heizkostenverteiler sind registrierende Messgeräte zur **näherungsweise** Ermittlung dieses Zeitintegrals der Übertemperatur. Dabei unterscheidet man drei Messverfahren:

- Das Einfühler-Messverfahren arbeitet mit einem Temperatursensor. Dieser wird an definierter Stelle auf dem Heizkörper montiert und soll dort die mittlere Temperatur des Heizkörpers erfassen. Die Raumlufttemperatur wird hierbei als konstant angenommen. Die Übertemperatur erhält man als Differenz aus gemessener Heizkörpertemperatur und einer bestimmten Raumlufttemperatur von z.B. 20 °C.
- Das Zweifühler-Messverfahren arbeitet mit zwei Temperatursensoren. Ein Sensor erfasst wie beim Einfühler-Messverfahren die mittlere Heizkörpertemperatur, der zweite Sensor soll die Raumtemperatur bzw. eine mit dieser definiert zusammenhängende Temperatur messen. Die Übertemperatur entspricht der Differenz der beiden gemessenen Temperaturen.
- Beim Dreifühler-Messverfahren werden mit drei Sensoren die Vorlauf- und Rücklauf-temperatur des Heizmediums sowie die Raumtemperatur erfasst. Die logarithmische Übertemperatur erhält man direkt nach Gleichung (9.1.3-3).

Der **unbewertete Anzeigewert** eines Heizkostenverteilers entspricht also einer Übertemperatursumme des Heizkörpers. Da jedoch zwei unterschiedlich große Heizkörper bei derselben Temperatur unterschiedlich viel Wärme abgeben, muss die für jeden Heizkörper

ermittelte Temperatursumme noch mit der Heizkörpergröße, also der Normwärmeleistung, bewertet werden. Auch die Raumlufttemperatur und die Anschlussart des Heizkörpers haben Einfluss auf seine Wärmeleistung. Schließlich spielt auch die Güte der Temperaturmessung des Heizkostenverteilers eine Rolle. Diese Einflüsse müssen ermittelt und durch Bewertungsfaktoren berücksichtigt werden. Durch Multiplikation des unbewerteten Anzeigewertes mit den Bewertungsfaktoren entsteht ein bewerteter Anzeigewert oder **Verbrauchswert**. Dieser ist ein Näherungswert für die während der Abrechnungsperiode vom Heizkörper abgegebene Wärme.

Der Verbrauchswert wird entweder direkt am Heizkostenverteiler abgelesen oder durch spätere Umrechnung des unbewerteten Anzeigewertes gebildet. Die Genauigkeit des Verbrauchswertes hängt außer von den Eigenschaften des Messgerätes auch von Art und Anordnung des Heizkörpers, Unsicherheiten der Bewertungsfaktoren und der Montage ab. Deshalb können Heizkostenverteiler nicht nach Art von Wärmehählern kalibriert werden.

Der Verbrauchswert ist dimensionslos. Bezogen auf die Summe aller Verbrauchswerte einer Abrechnungseinheit stellt er den Anteil der Wärmeabgabe eines Heizkörpers am Gesamtverbrauch dar. Damit ist die in 9.1.1 beschriebene Umlage der Gesamtkosten auf die einzelnen Verbraucher möglich.

Die Bewertungsfaktoren

Der unbewertete Anzeigewert eines Heizkostenverteilers ist ein Maß für das Zeitintegral der Übertemperatur des Heizkörpers während des Abrechnungszeitraums. Wenn zwei Heizkörper gleichen Typs aber unterschiedlicher Baulänge, also auch **unterschiedlicher Normwärmeleistung**, unter gleichen Bedingungen betrieben werden, so ergeben sich an den beiden Heizkostenverteilern aufgrund der gleichen Temperaturen auch die gleichen Anzeigewerte trotz unterschiedlicher Wärmeabgabe. Die Anzeige des Heizkostenverteilers am längeren Heizkörper muss also entsprechend der höheren Wärmeleistung höher bewertet werden als die Anzeige am kleineren Heizkörper. Diese Bewertung geschieht mit dem **Bewertungsfaktor K_Q** .

Üblicherweise entspricht der Bewertungsfaktor K_Q dem Verhältnis der Normwärmeleistung des zu bewertenden Heizkörpers zur Normwärmeleistung eines Basisheizkörpers (z.B. 1000 Watt). Die Anzeige an einem Heizkörper mit einer Normwärmeleistung von 1000 Watt wird also mit dem Faktor $K_Q = 1,0$ bewertet. Eine Normwärmeleistung von 1386 Watt ergibt ein $K_Q = 1,39$.

Heizkörper können auf unterschiedliche Art ans Rohrnetz angeschlossen sein. Am weitesten verbreitet ist der gleichseitige oder wechselseitige Anschluss mit oberem Vorlauf. Davon abweichende Anschlussarten mit unterem Vorlauf (reitender Anschluss, Einrohranschluss) haben erhebliche Leistungsminderungen zur Folge. Mit den Bewertungsfaktoren K_Q müssen auch Unterschiede beim Heizkörperexponenten und bei der Anschlussart des Heizkörpers berücksichtigt werden. Die Werte der Faktoren K_Q sollen nach EN 834 und EN 835 so gestuft

sein, dass Differenzen der Heizkörperleistung von 60 Watt bzw. 5 % im Leistungsbereich bis 3000 Watt erfasst werden. Oberhalb von 3000 Watt müssen noch Leistungsdifferenzen von 3 % erfasst werden.

Wie bereits erwähnt, wird beim Einfühler-Messverfahren nur die Oberflächentemperatur der Heizkörper erfasst. Maßgebend für die Wärmeabgabe ist jedoch die Übertemperatur gegenüber der Raumlufttemperatur. Da diese nicht gemessen wird, geht man bei der Auswertung der angezeigten Heizkörpertemperatursumme von einer konstanten Raumtemperatur von 20 °C in allen Wohnräumen aus. Nur in Räumen, deren Auslegungslufttemperatur von 20 °C um 4 K oder mehr abweicht (Bäder, Garagen, Keller), wird die Anzeige der Heizkostenverteiler entsprechend höher oder niedriger bewertet mit dem dann von 1,0 abweichenden K_T -Wert. Unterschiedliche Lufttemperaturen wirken sich auch auf die Messung der Heizkörperoberflächentemperatur und damit auf die angezeigte Temperatursumme aus. Auch dieser Einfluss wird durch den K_T -Faktor korrigiert.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass der Heizkostenverteiler die tatsächliche mittlere Übertemperatur des Heizkörpers erfasst. Dies ist jedoch nicht der Fall. Konstruktionsbedingt kann der Temperatursensor nicht direkt auf der Heizkörperoberfläche, sondern lediglich in unmittelbarer Nähe montiert werden. Je nach Bauart des Heizkostenverteilers und des Heizkörpers wird dadurch eine Temperatur gemessen, die unterschiedlich weit von der tatsächlichen Heizmediumtemperatur nach unten abweicht (Bild 9.1.3-2).

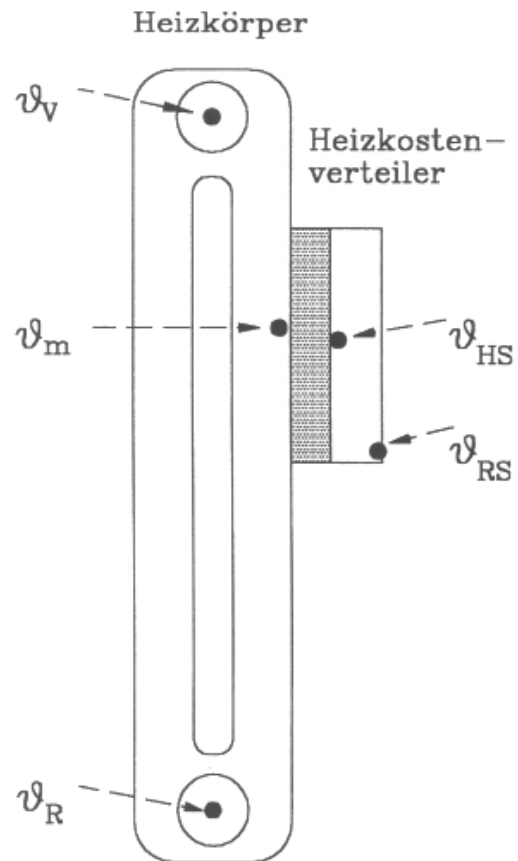


Bild 9.1.3-2: Temperaturen am Heizkörper und am Heizkostenverteiler, schematisch

Der Grad der thermischen Ankopplung des Sensors an die zu erfassende Heizkörpertemperatur wird durch den c -Wert beschrieben. Der c -Wert ist die relative Abweichung der gemessenen Übertemperatur von der tatsächlichen Übertemperatur.

$$c = \frac{(J_m - J_L) - (J_{HS} - J_{RS})}{J_m - J_L} \quad (9.1.3-8)$$

mit

J_m : mittlere Heizmediumtemperatur $(J_V + J_R)/2$

J_L : Lufttemperatur

J_{HS} : Temperatur des heizkörperseitigen Sensors

J_{RS} : Temperatur des raumseitigen Sensors (= J_L beim Einfühler-Messverfahren)

Dieser c-Wert muss für die jeweilige Kombination aus Heizkostenverteiler und Heizkörper nach EN 834/835 ermittelt werden und darf bestimmte Werte (0,67 beim Zweifühler-Messverfahren, 0,3 beim Einfühler-Messverfahren) nicht überschreiten. Je kleiner der c-Wert, umso näher liegt die gemessene Temperatur bei der tatsächlichen mittleren Heizmediumtemperatur.

Die unterschiedliche thermische Ankopplung hat zur Folge, dass an zwei Heizkörpern verschiedener Bauart (z.B. DIN-Radiator und Konvektor) bei gleicher Normwärmeleistung und gleichen Betriebsbedingungen unterschiedliche Anzeigewerte trotz gleicher Wärmeabgabe erreicht werden. Um gleiche Verbrauchswerte zu erhalten, müssen also die beiden unbewerteten Anzeigewerte mit zwei unterschiedlichen Faktoren bewertet werden. Dies geschieht mit dem K_C -Wert. Die Ermittlung des K_C -Wertes hängt vom Messprinzip (mit oder ohne elektrische Energieversorgung) ab.

Den Gesamtbewertungsfaktor erhält man als Produkt der einzelnen Bewertungsfaktoren:

$$K_{\text{ges}} = K_Q \cdot K_T \cdot K_C \quad (9.1.3-9)$$

Aufbau der Heizkostenverteiler

Sehr häufig kommen auch heute immer noch Heizkostenverteiler zum Einsatz, die **nach dem Verdunstungsprinzip** arbeiten. Messtechnisch sind dies Geräte nach dem Einfühler-Messverfahren. Wesentliche Bestandteile eines solchen Gerätes sind ein auf dem Heizkörper befestigtes, gut wärmeleitendes Rückenteil (meist aus Aluminium), eine Glasampulle mit schwer siedender Flüssigkeit und ein abdeckendes Gehäuse mit Skale (Bild 9.1.3-3). Durch Wärmeleitung vom Heizkörper über das Rückenteil wird die oben offene Ampulle erwärmt, was zu einer Verdunstung der Messflüssigkeit führt. Die Menge der verdunsteten Flüssigkeit während des Abrechnungszeitraumes ist ein Maß für die Übertemperatur des Heizkörpers. Als Messflüssigkeit verwendet man z.B. Methylbenzoat oder Cyclohexanol. Bei besonders hohen oder niedrigen Heizmediumtemperaturen kommen auch andere Stoffe zum Einsatz. Die Verdunstungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit hängt ab von der Temperatur (Bild 9.1.3-4) und der Füllstandshöhe. Durch eine nicht lineare Skalenteilung wird erreicht, dass die sogenannte Anzeigegeschwindigkeit, also die Änderungsgeschwindigkeit der Anzeige in Skalenteilen pro Zeiteinheit unabhängig von der Füllstandshöhe ist. Die Konstruktion der Ampulle (z.B. Einschnürung am Ampullenhals), die Füllmenge und das Verdunstungsverhalten der Flüssigkeit

müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass auch bei Dauerbetrieb des Heizkörpers während einer Abrechnungsperiode die Flüssigkeit nicht vollständig verdunstet. Eine auch am kalten Heizkörper auftretende, sogenannte Kaltverdunstung wird dadurch ausgeglichen, dass die Ampulle über den Skalen-Nullstrich hinaus befüllt wird.

Als Befestigungsort für diesen Heizkostenverteiler ist nach EN 835 eine Stelle auf dem Heizkörper zu wählen, an der sich für einen möglichst großen Betriebsbereich ein hinreichender Zusammenhang zwischen Anzeigewert und Wärmeabgabe ergibt. Beim Einsatz von thermostatischen Heizkörperventilen wird eine Befestigung in 75 % der Heizkörperbauhöhe bezogen auf die Gerätemitte empfohlen. Innerhalb einer Abrechnungseinheit muss der Befestigungsort einheitlich gewählt werden.

Es werden zwei Skalenarten unterschieden. Die **Einheitsskale** ist eine an allen Heizkörpern einheitliche Skale. Die an verschiedenen Heizkörpern abgelesenen Anzeigewerte müssen nachträglich mit den entsprechenden Bewertungsfaktoren in Verbrauchswerte umgerechnet werden. Bei Verwendung der **Verbrauchsskale**, auch Produktskale genannt, erhält jeder Heizkörper eine Skale, bei der die entsprechenden Bewertungsfaktoren bereits berücksichtigt sind. Der abgelesene Wert entspricht also dem Verbrauchswert.

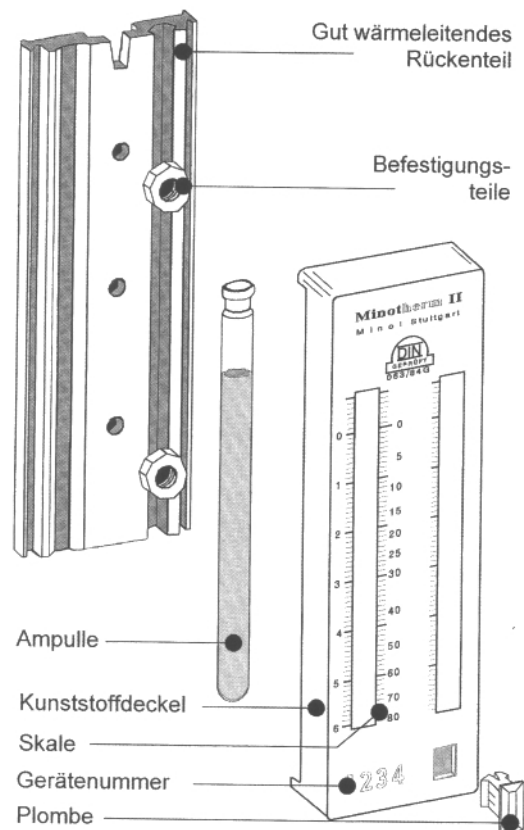


Bild 9.1.3-3: Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip: Minotherm, Werkbild Minol Messtechnik

Der abgelesene Wert entspricht also dem Verbrauchswert.

Wie bereits erwähnt, hängt die Ermittlung des K_C -Wertes vom Messprinzip ab. Für den Verdunstungs-Heizkostenverteiler soll hier anhand eines Beispiels der K_C -Wert ermittelt werden: In einer Anlage sind zwei Heizkörper gleicher Leistung aber unterschiedlicher Bauart (DIN-Stahlradiator und Konvektor) installiert. Beide haben eine Normwärmeleistung von 1000 W. Unter Basisbedingungen (mittlere Heizmediumtemperatur 60 °C) stellen sich die in Tabelle 1 angegebenen Messflüssigkeitstemperaturen ein. Aus der Verdunstungscharakteristik (z.B. in /5/,/7/) erhält man die zugehörigen Verdunstungsgeschwindigkeiten. Der K_C -Wert ist der Quotient aus der Verdunstungsgeschwindigkeit am Basisheizkörper und am zu bewertenden Heizkörper bei Basisbedingungen.

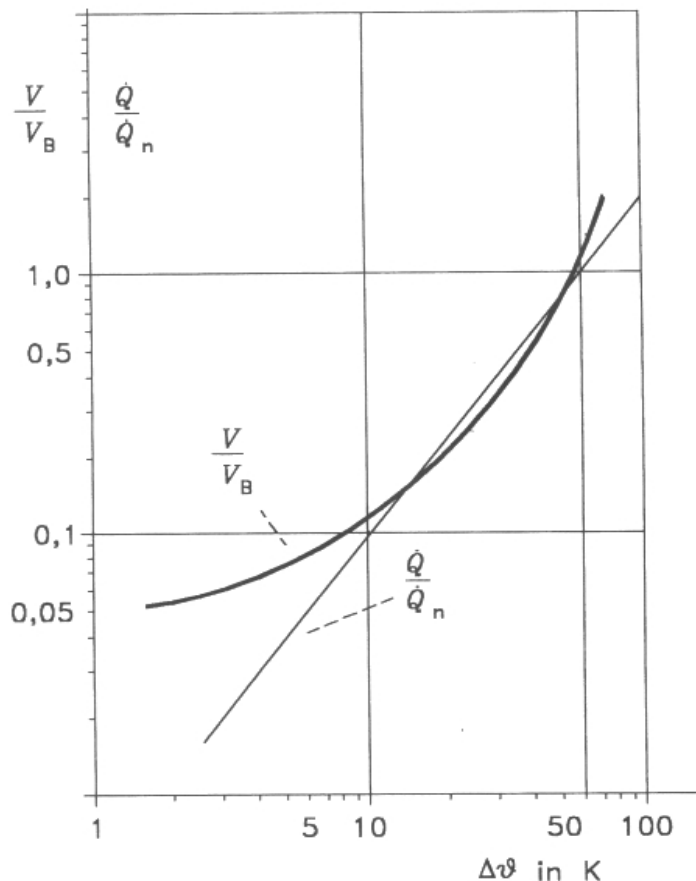


Bild 9.1.3-4: Verdunstungsgeschwindigkeit V und Wärmeleistung Q in Abhängigkeit von der Übertemperatur nach /5/ (Index B: Basis).

	DIN-Radiator (Basis)	Konvektor
Mittlere Heizmediumtemperatur in °C	60	60
Messflüssigkeitstemperatur in °C	56	52,5
c-Wert	0,1	0,19
Verdunstungsgeschwindigkeit in mg/h	0,615	0,492

Tabelle 1: Werte zur Ermittlung des K_C -Wertes (Beispiel).

In unserem Beispiel muss der Anzeigewert am Konvektor mit dem Faktor

$$K_c = \frac{0,615 \text{ mg/h}}{0,492 \text{ mg/h}} = 1,25$$

bewertet werden, um bei gleichen Betriebsbedingungen auch die gleichen Verbrauchswerte wie beim DIN-Radiator zu bekommen.

Wie aus Bild 9.1.3-4 zu erkennen ist, ist die Verdunstungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit in anderer Weise von der Heizkörperübertemperatur abhängig als die Heizkörperleistung. Dies führt dazu, dass bei hohen und bei niedrigen Temperaturen eine überproportionale Verdunstung entsteht. Der Anwendungsbereich dieser Heizkostenverteiler ist deshalb auf einen mittleren Temperaturbereich beschränkt, dessen Grenzen in EN 835 festgelegt sind. Die **untere Einsatzgrenze** liegt bei einer Auslegungs-Heizmediumtemperatur von 55 °C für Geräte der Klasse B. Ein Gerät gehört der Klasse B an, wenn die Verdunstungsgeschwindigkeit bei einer Messflüssigkeitstemperatur von 50 °C mindestens das 12-fache der Verdunstungsgeschwindigkeit bei 20 °C beträgt. Der Wassergehalt der Messflüssigkeit darf dabei höchstens 4% betragen und die Nominalverdunstung muss mindestens einen Wert von 60 mm aufweisen (die Nominalverdunstung ist der Anzeigewert, der sich bei einer Messflüssigkeitstemperatur von 50 °C nach einer Zeit von 210 Tagen einstellt). Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, muss die Auslegungs-Heizmediumtemperatur bei diesen Heizkostenverteilern (Geräte der Klasse A) mindestens 60 °C betragen.

Für Geräte der Klasse B, also bei hoher Verdunstungsgeschwindigkeit, liegt die **obere Einsatzgrenze** bei einer Auslegungs-Heizmediumtemperatur von weniger als 85 °C.

Bei Einrohr-Heizungen können nach EN 835 Geräte beider Klassen eingesetzt werden, wenn an jeden Strang nur ein Nutzer angeschlossen ist, oder wenn eine vertikale Rohrführung vorliegt und dabei bestimmte Temperaturgrenzen eingehalten oder evt. zusätzliche Korrekturen vorgenommen werden. Derartige Rohrführungen findet man in Altanlagen der neuen Bundesländer. Bei horizontaler Rohrführung mit mehr als einem Nutzer am Strang sind dürfen Verdunstungsgeräte nicht eingesetzt werden.

Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip dürfen außerdem **nicht angewendet** werden, wenn der Bewertungsfaktor K_Q nicht eindeutig definiert ist oder bei denen Heizflächen nicht zugänglich sind, wie dies z.B. bei Fußboden- und Deckenstrahlungsheizungen, klappengesteuerten Heizkörpern, Gebläseheizkörpern, Badewannenkonvektoren und Dampfheizungen der Fall ist.

Seit Anfang der 80er Jahre gibt es sogenannte elektronische Heizkostenverteiler (EN 834: **Geräte mit elektrischer Energieversorgung**). Hier werden entsprechend den bereits beschriebenen Messverfahren Einfühler-, Zweifühler- und Dreifühlergeräte unterschieden. Bild 9.1.3-5 zeigt den Aufbau eines Einfühlergerätes. Das Rückenteil des Gerätes wird auf dem Heizkörper montiert. Mit dem Sensor wird die Temperatur an der Oberfläche dieses Rückenteils

gemessen. Beim Zweifühlergerät kann der zweite Sensor für die Raumtemperatur entweder im selben Gehäuse unter der Kunststoffabdeckung oder aber vom Heizkörper entfernt, z.B. in dem dem Heizkörper von unten zuströmenden Luftstrom liegen. Das Dreifühlergerät wird nicht direkt auf der Heizkörperoberfläche montiert, sondern kann vom Heizkörper entfernt an geeigneter Stelle an der Wand angebracht sein. Entscheidend ist hier die Anbringung der drei Sensoren für Vorlauf-, Rücklauf- und Raumtemperatur (Bild 9.1.3-6).

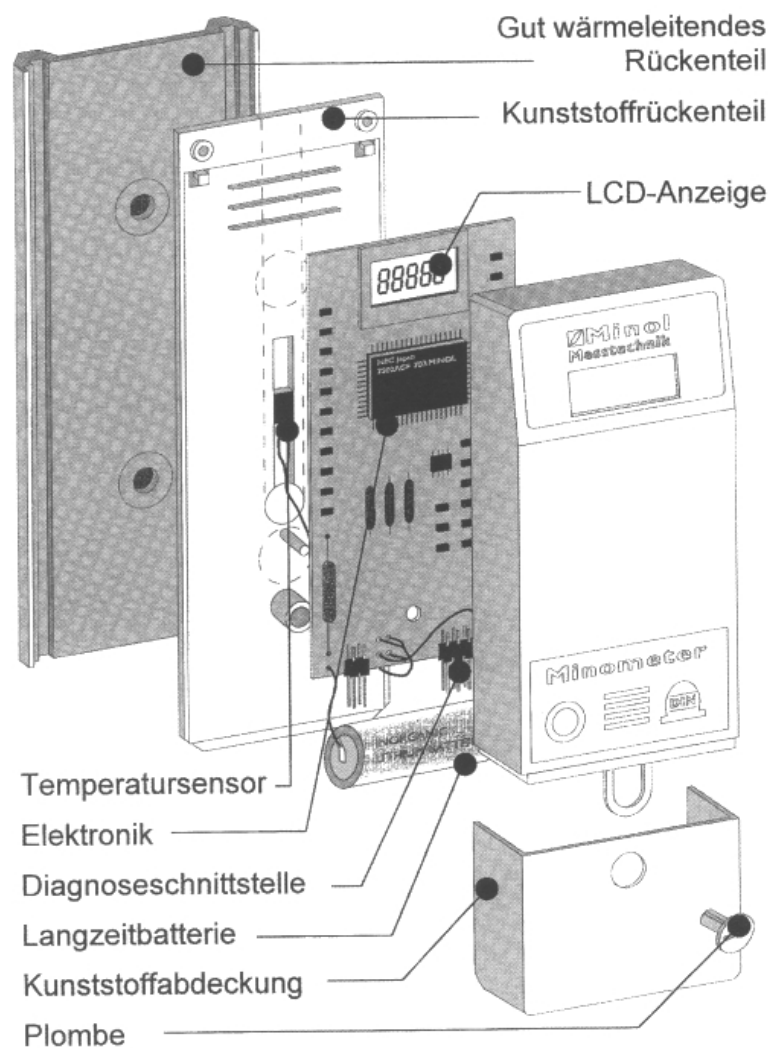


Bild 9.1.3-5: Elektronischer Heizkostenverteiler: Minometer Typ 3, Werkbild Minol Messtechnik

Das Herzstück aller drei Gerätetypen ist die Geräteelektronik, die in Abhängigkeit der gemessenen Temperatur bzw. Übertemperatur die Heizkörperwärmeabgabe nach dem Potenzgesetz ermittelt. Der Anzeigewert kann auch bei den elektronischen Heizkostenverteilern unbewertet sein oder bereits den über die Bewertungsfaktoren ermittelten Verbrauchswert darstellen. Der K_C -Wert bei diesen Heizkostenverteilern ist der Quotient aus einer in EN 835 definierten Basis-Anzeigegeschwindigkeit und der Anzeigegeschwindigkeit am zu bewertenden Heizkörper bei Basisbedingungen.

Der wesentliche Vorteil der elektronischen Auswertung besteht darin, dass hier der Zusammenhang zwischen Anzeigegeschwindigkeit und Übertemperatur entsprechend dem Potenzgesetz definierbar ist und nicht durch die Verdunstungskurve abweichend vom Potenzgesetz vorgegeben wird. In einer doppellogarithmischen Darstellung nach Bild 9.1.3-4 erhält man also einen linearen, der Heizkörperwärmeleistung entsprechenden Kurvenverlauf für die Anzeigegeschwindigkeit. Dies wirkt sich direkt auf einen größeren Temperatur-Einsatzbereich aus. Einfühlergeräte sind ab einer Auslegungs- Heizmediumtemperatur von mindestens 55 °C zulässig, Mehrfühlergeräte auch darunter.

Als weiterer Vorteil der elektronischen Auswertung ist zu nennen, dass bei abgestellten Heizkörpern und hohen Lufttemperaturen im Sommer selbstverständlich keine Kaltverdunstung entsteht und damit auch keine Wärmeabgabe gezählt wird. In EN 834 ist die Zählbeginn-Temperatur in Abhängigkeit vom Messverfahren und von den Auslegungstemperaturen festgelegt. Sie beträgt für Einfühlergeräte mindestens 28 °C und nimmt mit der Auslegungs-Heizmediumtemperatur zu. Mehrfühlergeräte beginnen zu zählen, wenn die Übertemperatur mindestens 5 K beträgt. Aus Gründen der Manipulationssicherheit ist zusätzlich für die Zulassung in Deutschland festgelegt worden, dass bei Heizkörpertemperaturen von mehr als 30 °C grundsätzlich gezählt wird /8/.

Darüberhinaus sind durch den Einsatz der Elektronik auch zusätzliche Funktionen zu realisieren, die mit Verdunsten nicht möglich waren. Hier ist z.B. die Stichtagsablesung zu nennen, die den Verbrauchswert zu einem vorgegebenen Datum festhält und speichert. Zu einem späteren Zeitpunkt kann dann der Stichtagswert abgelesen werden.

Die elektronischen Heizkostenverteiler sind auch nach Art der Anzeige zu unterscheiden. Das in Bild 9.1.3-5 abgebildete Gerät zeigt den Verbrauchswert oder den unbewerteten Anzeigewert direkt am Gerät an. Zur Ablesung muss also von Heizkörper zu Heizkörper gegangen werden. Die Anzeigewerte können aber auch über entsprechende Datenübertragungssysteme (Datenbus, per Funk) auf eine zentrale Anzeige im Gebäude gebracht werden oder über Modem auch über große Entfernungen übertragen werden. Dies hat den großen Vorteil, dass der Ableser die einzelnen Wohnungen nicht mehr betreten muss.

Es werden in Verbindung mit Dreifühlergeräten auch zusätzliche Funktionen angeboten, die die Heizkostenverteilung direkt nicht mehr betreffen, z.B. Raumtemperaturregelung und

Zeitsteuerprogramme (s. Bild 9.1.3-6). Es handelt sich dabei im wesentlichen um eine gerätetechnische Verbindung der Systeme Regelung und Heizkostenverteilung; eine funktionale Verbindung besteht lediglich darin, dass die Messgröße Raumtemperatur für beide Systeme nur einmal gemessen wird.

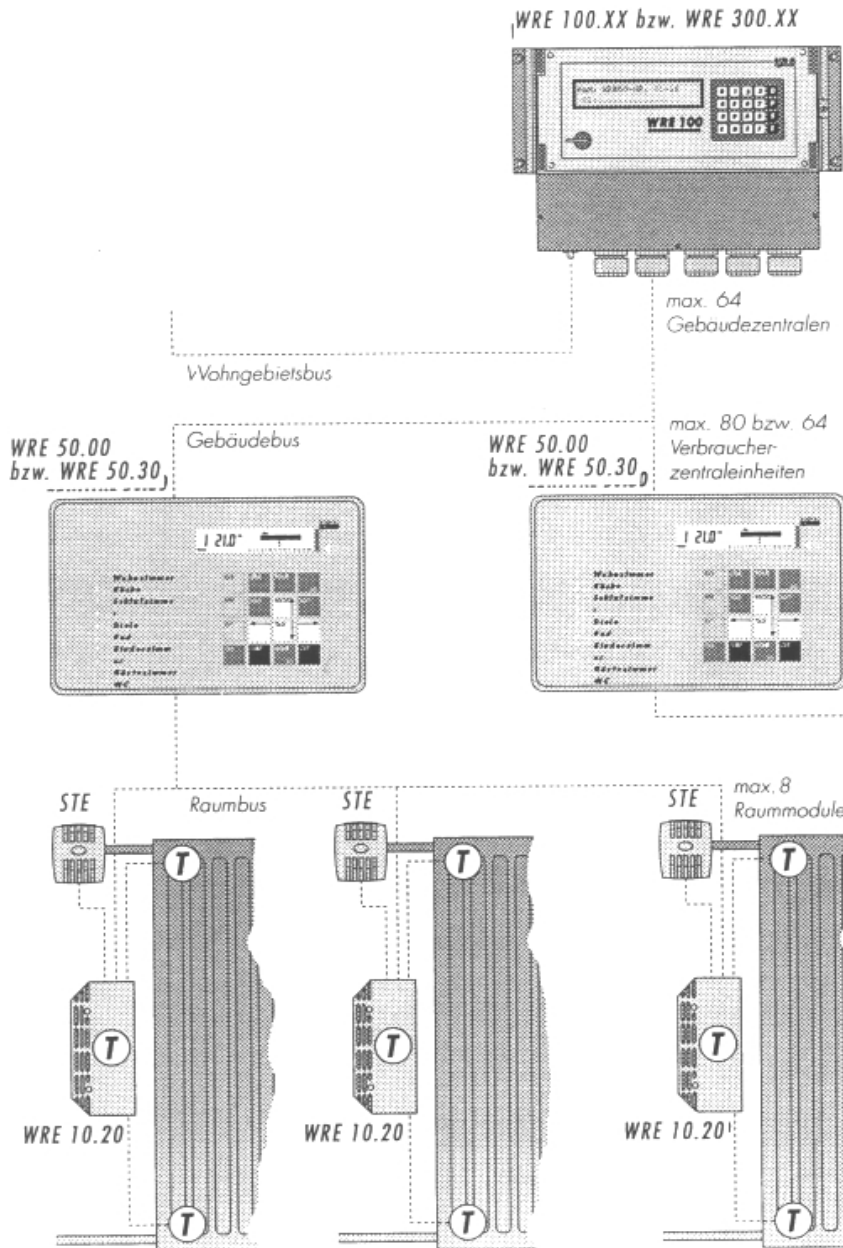


Bild 9.1.3-6: Elektronischer Heizkostenverteiler nach dem Dreifühler-Messverfahren in Kombination mit Raumtemperaturregelung und Steuerfunktionen, Werkbild Techem

Im Unterschied zu den Verdunstern sind elektronische Heizkostenverteiler auch in waagrecht Einrohr-Heizsystemen zugelassen. Nicht zugelassen ist, wie bei den Verdunstern, der Einsatz bei Fußbodenheizungen, Deckenstrahlungsheizungen, klappengesteuerten Heizkörpern, Gebläseradiatoren und Dampfheizungen. Die Normen EN 834/835 empfehlen außerdem für beide Heizkostenverteilssysteme, dass

- die Heizkörper mit einer vom Nutzer bedienbaren Regeleinrichtung für die Raumtemperatur ausgerüstet sind,
- eine außentemperaturgeführte zentrale Vorlauftemperaturregelung angewendet wird,
- das Rohrnetz hydraulisch abgeglichen ist und
- bei der Auslegung der Heizflächen die zeitweise eingeschränkte Beheizung von benachbarten Räumen berücksichtigt wird.

9.1.2.3 Heizkostenverteiler mit dem Heizmittelstrom als Basis

Die vom Gesetzgeber vorgeschriebene verbrauchsabhängige Heizkostenverteilung rechtfertigt sich u.a. aus der Erfahrung, dass durch die Abrechnung der einzelne Nutzer zu einem bewussteren Umgang mit Heizenergie angehalten wird. Eine zum Teil unzulängliche Verteilgenauigkeit der oben beschriebenen Systeme hat jedoch zum Teil zu Unsicherheiten bei Wohnungseigentümern und Mietern geführt. Die Folge ist, dass Bauherren zu Heizsystemen neigen, die zwar eine sichere verbrauchsabhängige Abrechnung ermöglichen, aber energetisch und technisch weniger sinnvoll sind (z.B. Gas- bzw. Elektroeinzelheizgeräte in Neubauten).

Schwachpunkte bei den beschriebenen Heizkostenverteilssystemen sind u.a. die notwendige Identifikation des Heizkörpers und die Ungenauigkeit, die umso größer ist je stärker die Heizmittelströme gedrosselt werden. Derzeit existieren über 40.000 verschiedene Heizkörperarten, wobei Neuentwicklungen zu einer ständig wachsenden Typenvielfalt führen. Heizkörperhersteller bieten heute ihre Produkte teilweise nicht mehr nur "von der Stange" sondern "maßgeschneidert" an. Eine Identifikation und damit die Angabe der für die Abrechnung erforderlichen Normwärmeleistung wird dadurch immer schwieriger.

Eine weitere Verbesserung der Raumtemperaturregelung, vor allem auch bezüglich Bedienbarkeit, wird dazu führen, dass noch häufiger als bisher mit stark gedrosselten Heizmittelströmen zu rechnen ist. Hier versagen praktisch alle Heizkostenverteilssysteme, die die Oberflächentemperatur des Heizkörpers als Maß für die Wärmeabgabe verwenden. Eine Leistungsminderung des Heizkörpers durch nachträgliche Verkleidung oder durch Einbau in Nischen wird von den bisher angebotenen Systemen ebenfalls nicht erfasst. Wie bereits erwähnt, sind die oben beschriebenen

Systeme für Anlagen mit Fußbodenheizung oder Gebläsekonvektoren nicht einsetzbar.

Es ist Aufgabe der Raumtemperaturregelung, die Wärmeabgabe der Heizflächen möglichst genau dem jeweiligen Bedarf des Raumes anzupassen. Dieselbe Größe - nämlich die Wärmeabgabe - wird also einerseits vom Regler als indirekte Stellgröße definiert verändert und ist andererseits Zielgröße der Verbrauchserfassung. Es ist deshalb naheliegend, die beiden bisher meist voneinander völlig unabhängig betriebenen Systeme funktional zu verbinden.

Einen Ansatzpunkt für diese Verbindung bietet die direkte Stellgröße der Raumtemperaturregelung: der Ventilhub oder bei einem Stellantrieb mit Zweipunktverhalten die Öffnungszeit des Ventils. Voraussetzung hierfür sind Regelsysteme, deren Funktion auf dieser Stellgröße in expliziter Form aufbaut; z.B. Systeme mit Zweipunktverhalten oder digitale Regler mit Stellungsrückführung. Der Ventilhub oder die Öffnungszeit in Verbindung mit der Raumtemperatur allein ist noch kein Maß für die Wärmeabgabe der Heizfläche. Mit Hilfe der Ventilkennlinie, die praktisch für alle marktgängigen Ventile bekannt ist, wird dem Ventilhub ein bestimmter Massenstrom zugeordnet, der dann in Verbindung mit einer Temperaturmessung ein Maß für die der Heizfläche **zugeführten** Wärme darstellt. Die Zuordnung von Massenstrom und Ventilhub ist jedoch nur bei gleichzeitiger Kenntnis des jeweiligen Differenzdruckes möglich. Dieser Differenzdruck wiederum ist abhängig von der momentanen Massenstromverteilung im Netz und kann durch Einzelmessungen oder durch Hilfsverfahren ermittelt werden. Zur Zeit sind zwei verschiedene Heizkostenverteilssysteme auf dieser Basis bekannt.

Kombiniertes Heizkostenverteil- und Regelsystem mit Simulation des Rohrnetzes

Voraussetzung ist ein Gebäudeautomationssystem, an das alle Heizkörperventilantriebe und Raumtemperaturregelkreise angeschlossen sind. Solche Systeme sind meist mehrstufig hierarchisch aufgebaut. Sensoren und Aktoren stellen in der untersten Ebene die Verbindung zwischen dem Automationssystem und der Anlage her. In der darüber liegenden Einzelleitebene werden die analogen Signale in digitale Informationen übertragen und weitergeleitet oder direkt verarbeitet. Die nächst höhere Gruppenleitebene und schließlich die übergeordnete Leitzentrale übernehmen Steuerungs-, Überwachungs- und Optimierungsaufgaben mit dem Ziel, eine optimale Funktion der Gesamtheit aller Prozesse sicherzustellen.

Charakteristisch für Gebäudeautomationssysteme ist, dass mit Hilfe von Kommunikationssystemen eine ständige Verbindung zwischen den Geräten in den verschiedenen Ebenen gegeben ist. Damit stehen einem zentralen Rechner zu beliebigen Zeitpunkten Informationen über sämtliche Mess- und Stellwerte eines angeschlossenen Gesamtsystems zur Verfügung und es kann jederzeit über entsprechende Aktoren auf den Betrieb der Anlage Einfluss genommen werden.

Kernstück des Heizkostenverteilsystems bildet die Betriebssimulation des Rohrnetzes auf einem Rechner der Leitzentrale. Dabei wird in einem Simulationsmodell das Rohrnetz durch parallel und

in Reihe geschaltete Widerstände beschrieben. Für Parallel- und Reihenschaltungen werden Ersatzwiderstände errechnet und so schließlich der Gesamtwiderstand des Netzes ermittelt. Zusammen mit der vorgegebenen Pumpenkennlinie erhält man den Betriebspunkt von Netz und Pumpe und damit den Gesamtvolumenstrom durch das Netz.

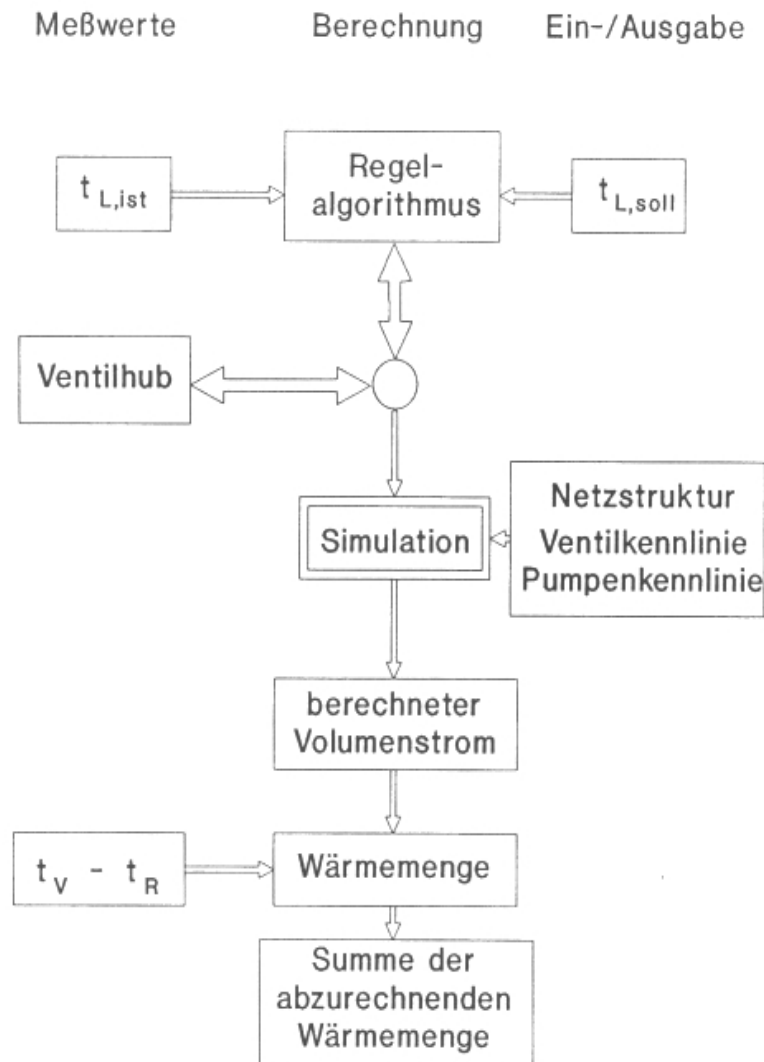


Bild 9.1.3-7: Funktionsschema des kombinierten Heizkostenverteiler- und Regelsystems auf Basis der Rohrnetzsimulation

Der Gesamtvolumenstrom wird nun entsprechend den zuvor gebildeten Ersatzwiderständen auf die einzelnen Zweige des Netzes aufgeteilt, sodass schließlich für jedes Element Volumenstrom und Differenzdruck angegeben werden können. Bei Kenntnis aller momentanen Ventilstellungen im Netz ist es damit möglich, für beliebige Betriebspunkte die Massenstromverteilung in den einzelnen Zweigen des Rohrnetzes zu berechnen. Die Werte für die hydraulischen Widerstände

des Netzes erhält man entweder aus der vorausgehenden Berechnung des Netzes oder nach einem besonderen Verfahren durch Messung am bereits bestehenden Netz /10/. Mit diesen Werten und mit den gemessenen Stellwerten der Ventile liefert das Rechenmodell laufend die momentane Volumenstrom- und Differenzdruckverteilung im Netz.

Mit dieser Betriebssimulation des Netzes als Instrument der Gebäudeleittechnik lassen sich verschiedene, bisher getrennt voneinander ablaufende Funktionen verbinden (Bild 9.1.3-7):

Raumtemperaturregelung

Die digital arbeitenden Regler erfassen den Istwert der Raumtemperatur und verändern bei Abweichungen vom Sollwert die Stellwerte für die Heizkörperventile.

Heizkostenverteilung

Die Stellwerte der einzelnen Regler, also die Stellung der Ventile, werden zusammen mit den Vor- und Rücklauftemperaturen eines jeden Heizkörpers laufend von einem zentralen Rechner erfasst. Aus diesen Daten wird mit Hilfe der Betriebssimulation des Rohrnetzes die momentane Wärmestromverteilung auf die einzelnen Heizkörper berechnet. Die während eines Abrechnungszeitraumes zu verteilende Wärmemenge wird zentral gemessen. Zur weiteren Verbesserung der Verteilgenauigkeit kann auch zusätzlich der momentane Gesamtmassenstrom im Netz zentral gemessen und in die Berechnung mit einbezogen werden.

Betriebsoptimierung der Pumpe

Mit den gemessenen Stellwerten und den Netzdaten liegt mit Hilfe des Rechenmodelles ständig die aktuelle Netzkennlinie vor. Bei taktend betriebenen Stellventilen ist auch der jeweils zugehörige Sollvolumenstrom bekannt, so dass die Pumpe durch Anpassung der Drehzahl "auf den Punkt genau" gefahren werden kann. Ständige Teillast aller Verbraucher kann durch Absenkung der Vorlauftemperatur korrigiert werden (Verbindung zur Vorlauftemperaturregelung).

Bei elektromagnetischem Stellantrieb werden die Ventile zweckmäßigerweise taktend betrieben, sodass also nur die Stellungen "AUF" oder "ZU" möglich sind. Der digital arbeitende Raumtemperaturregler erfasst den Istwert der Raumtemperatur und verändert bei Abweichungen vom Sollwert die Zeitdauer des Zustandes "AUF" innerhalb eines vorgegebenen Zyklus. Bei elektromotorisch angetriebenen Ventilen ist eine schrittweise Änderung des Stellhubes möglich. Die Stellwerte der einzelnen Regler, also die Stellungen der Ventile, werden zusammen mit den Vor- und Rücklauftemperaturen eines jeden Heizkörpers laufend von einem zentralen Rechner erfasst. Aus diesen Daten wird mit Hilfe der Betriebssimulation des Rohrnetzes die momentane Wärmestromverteilung auf die einzelnen Heizkörper berechnet. Die während eines Abrechnungszeitraumes zu verteilende Wärmemenge wird zentral gemessen. Zur weiteren Verbesserung der Verteilgenauigkeit kann auch zusätzlich der momentane Gesamtmassenstrom im Netz zentral gemessen und in die Berechnung mit einbezogen werden.

Dieses Heizkostenverteiler- und Regelsystem wurde im Auftrag des Bundesforschungsministeriums und in Zusammenarbeit mit der Industrie am Institut für Kernenergetik und Energiesysteme der Universität Stuttgart entwickelt und wird zur Zeit im Feldversuch getestet /8/.

Kombiniertes Heizkostenverteiler- und Regelsystem mit Strangventil und Differenzdruckmessung

Dieses kombinierte System wird von der Firma Landis & Gyr unter dem Namen "Synergry®" für Wohn- und nicht klimatisierte Bürobauten angeboten. Es dient zur Regelung der Raumtemperatur und zur verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung, wobei auch hier die Verbindung der beiden Systeme nicht nur gerätetechnischer sondern funktionaler Art ist. Als Abrechnungssystem ist es nach §5 der Heizkostenverordnung zugelassen.

Bild 9.1.3-8 zeigt den prinzipiellen Aufbau und die Funktion dieses Systems. Eine wichtige Voraussetzung dafür, dass dieses System zum Einsatz kommen kann, ist eine Rohrführung, bei der ein Teilstrang jeweils nur einen Nutzer versorgt (so genannte waagrechte Verteilung). Bei der in bestehenden Gebäuden häufig anzutreffenden senkrechten Verteilung kann dieses System nicht eingesetzt werden.

Folgende Funktionsweise liegt zugrunde: Jede Wohnung wird über ein Regel- und Heizkostenverteiler (1) versorgt, das als Stellventil in den Rücklauf des nur dieser Wohnung zugeordneten Teilstranges eingebaut ist. Dieses Stellventil wird von einem Regler angesteuert, der die Raumtemperatur in einem Raum der Wohnung, dem so genannten Pilotraum, regelt. Die Raumtemperaturmessung erfolgt über das Raumgerät (2) oder (3) (wahlweise analog oder digital arbeitend) an dem vom Nutzer auch der Sollwert fest oder zeitabhängig eingegeben wird. Die anderen Räume der Wohnung werden über denselben Teilstrang versorgt, haben jedoch pro Raum eine eigene, vom System unabhängige Raumtemperaturregelung z.B. Thermostatventile.

Das Regel- und Heizkostenverteiler wird taktend betrieben, sodass also auch hier nur die Ventilstellungen "AUF" oder "ZU" möglich sind. Der Raumtemperaturregler des Pilotraumes verändert bei Abweichungen der Raumtemperatur vom Sollwert die Zeitdauer des Zustandes "AUF" innerhalb eines vorgegebenen Zyklus (Impulsbreitenmodulation). Der für die Bewertung des Betriebszustandes "AUF" notwendige Differenzdruck am Regel- und Heizkostenverteiler wird gemessen. Damit lässt sich eine Größe V_S berechnen, die direkt proportional zum Volumenstrom im Teilstrang ist:

$$V_S = C_V \sqrt{\Delta p_V} \sim \dot{V} \quad (9.1.3-10)$$

Die Konstante C_V enthält den hydraulischen Widerstand des Ventiles im Betriebszustand "AUF". Durch Multiplikation von V_S mit der Differenz aus Vorlauftemperatur (zentral gemessen) und Rücklauftemperatur (im Ventil gemessen) erhält man ein Maß für die dem Strang momentan

zugeführte Wärmeleistung. Die Integration dieses Wertes über die Dauer des Betriebszustandes "AUF" ist schließlich ein Maß für die dem Strang und damit dem Nutzer zugeführte, anteilige Wärmemenge.

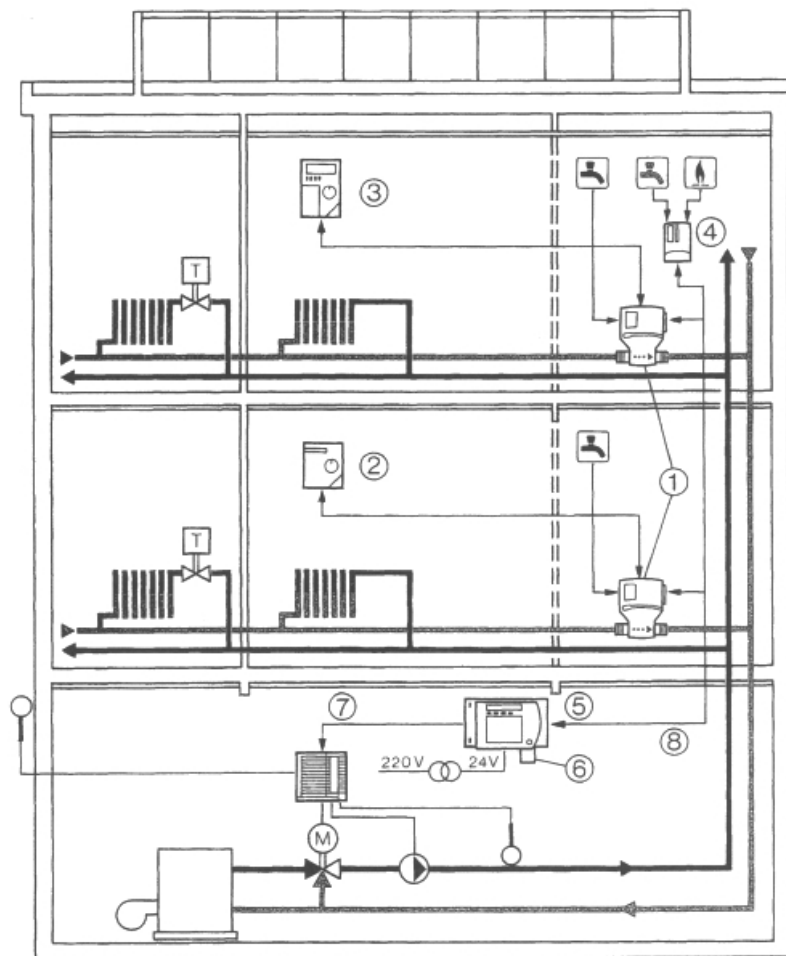


Bild 9.1.3-8: Kombiniertes Regel- und Heizkostenverteilsystem Synergyl®, Werkbild Landis&Gyr

Der am geöffneten Regelventil anstehende Differenzdruck ist proportional zum Quadrat des Volumenstromes. Wenn also bei Teillast die Thermostatventile in den einzelnen Räumen stark angedrosselt oder ganz geschlossen sind und damit der Gesamtvolumenstrom z.B. auf 10% des Auslegungswertes zurückgeht, dann fällt der Differenzdruck am Regel- und Heizkostenverteilvertil auf 1% des Auslegungswertes. Um Unsicherheiten bei der Messung dieser niedrigen Differenzdrücke zu vermeiden, wird das Ventil zweistufig, d.h. mit zwei unterschiedlichen hydraulischen Widerständen im Öffnungszustand ausgeführt. Sinkt während des Betriebes der Stufe 2 (kleiner hydraulischer Widerstand) der Differenzdruck unter einen Wert von z.B. 10%

des Auslegungswertes, so wird auf die Ventilstufe 1 mit dem größeren hydraulischen Widerstand umgeschaltet. Damit wird erreicht, dass während des Betriebes praktisch immer ein Differenzdruck von mindestens 10% des Auslegungswertes ansteht.

An dieses Heizkostenverteiler- und Regelsystem können auch eventuell zusätzlich zu erfassende Impulsgeber, wie z.B. Gas- Wasser- und Stromzähler direkt oder über Adapter (4) angeschlossen werden.

Die Verbrauchswerte der einzelnen Verbraucher (Regel- und Heizkostenverteilerventile und Impulsgeber) werden in einer Gebäudezentrale (5) gesammelt und gespeichert. Am Ende einer Abrechnungsperiode werden die Daten von dort über eine Schnittstelle an einen PC übertragen oder über eine spezielle Speicherkarte (6) ausgelesen. Ähnlich wie beim zuvor beschriebenen System mit Rohrnetzsimulation kann auch hier die zentrale Vorlauftemperatur lastabhängig beeinflusst werden.

Wie bei allen Regelsystemen, die mit Pilotraum arbeiten, muss auch hier sichergestellt sein, dass die Nutzung und der Bedarf des Pilotraumes auch repräsentativ für die anderen Räume der Wohnung sind. Selbstverständlich darf im Pilotraum der Heizmittelstrom weder durch ein separates Thermostatventil noch von Hand gedrosselt werden. Bei einer Absenkung des Raumtemperatur-Sollwertes im Pilotraum geht auch die Temperatur in allen anderen Räumen zurück.

Literatur

- /1/ DIN EN 834: Heizkostenverteiler für die Verbrauchswernerfassung von Raumheizflächen. Geräte mit elektrischer Energieversorgung. November 1994. Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- /2/ DIN EN 835: Heizkostenverteiler für die Verbrauchswernerfassung von Raumheizflächen. Geräte ohne elektrische Energieversorgung nach dem Verdunstungsprinzip. November 1994. Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- /3/ Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten. Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 3, ausgegeben zu Bonn am 26.01.1989.
- /4/ DIN 4704: Prüfung von Raumheizkörpern. August 1976. Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- /5/ Goettling, D. und F. Kuppler: Heizkostenverteilung. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1981.

-
- /6/ Kuppler, F.: Heizkosten richtig erfassen und verteilen. Expert-Verlag, Ehningen 1984.
- /7/ Adunka, F.: Handbuch der Wärmeverbrauchsmessung. Vulkan-Verlag Essen 1991.
- /8/ Kuppler, F.: Europaweit einheitliche Anforderungen an Heizkostenverteiler. Heizungsjournal, H.2, 1995.
- /9/ Bach, H., Striebel, D. und M. Tritschler: Rechnergestützte Analyse und hydraulischer Abgleich von Rohrnetzen, angewandt auf die Entwicklung eines kombinierten Heizkostenverteiler- und Regelsystems. BMFT-Bericht Nr. 0338163 B, Stuttgart, 1991.
- /10/ Grammling, F.: Rechnergestützte Analyse von Heizungsrohrnetzen. Dissertation Universität Stuttgart, 1988.

