

## Funktion und Auslegung von Kleinwärmehzählern

# Oft zu groß dimensioniert

Die Überdimensionierung von Kleinwärmehzählern für Wohnungen mit Heizkörpern ist häufig eine Folge von wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen am Gebäude ohne dabei die Messgeräte zu überprüfen bzw. auszutauschen. Diese Tatsache wirkt sich aber nicht nur negativ auf die Erfassungsgenauigkeit der Produkte aus. Auch ihre Einsatzdauer kann sich deutlich verringern. Der vorliegende Artikel informiert über das Funktionsprinzip eines Wärmehzählers und stellt praxisgerechte Grundsätze zur Dimensionierung in der Haustechnik vor.

**W**ird in Mehrfamilienhäusern oder Gewerbebauten die Wärme zentral in einer Heizungsanlage erzeugt oder durch einen Nah- oder Fernwärmehanschluss geliefert, dann ist gemäß Heizkostenverordnung (HKVO, 20. 1. 1989) eine individuelle, verbrauchsabhängige Aufteilung der Heizkosten auf die Nutzer erforderlich. Zur Erfassung des Wärmehverbrauchs stehen Heizkostenverteiler und Wärmehzähler zur Verfügung, wobei letztere zur Bestimmung der Wärmehabgabe von Sonderheizungen wie RLT-Anlagen (Lüftung), Fußboden- oder Solarheizungen eingesetzt werden. Gelegentlich wird auch – bei geeigneter Rohrührung – der Wärmehbedarf kompletter Wohnungen oder Gebäudeteile mit Wärmehzählern erfasst. Wärmehzähler stehen in verschiedenen Ausführungen zur Verfügung, die jeweils nur unter Beachtung der gerätespezifischen Einsatzbestimmungen optimale Ergebnisse hinsichtlich Messgenauigkeit und Messstabilität aufweisen. In der Praxis zeigt sich allerdings, dass ein großer Teil der installierten Wärmehzähler nicht korrekt dimensioniert ist, was sich negativ auf die Messgenauigkeit bei geringen Durchflüssen auswirkt oder die Einsatzdauer der Geräte deutlich reduziert.

naugigkeit bei geringen Durchflüssen auswirkt oder die Einsatzdauer der Geräte deutlich reduziert.

### Funktionsprinzip eines Wärmehzählers

Wärmehzähler sind Messgeräte zur physikalisch exakten Bestimmung der Wärmehmenge. Sie errechnen aus dem gemessenen Volumen und der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf die von einer Heizfläche abgegebene Wärmehmenge nach der Formel:

$$Q = k \cdot V \cdot (t_V - t_R)$$

Dabei ist  $V$  das gemessene Volumen,  $t_V$  und  $t_R$  die Wassertemperatur im Vor- und Rücklauf des Heizsystems und  $k$  ein gleitender Wärmehkoeffizient, der die temperaturabhängige Dichte und Wärmehkapazität des Heizungswassers berücksichtigt. Entsprechend diesem Funktionsprinzip besteht ein Wärmehzähler aus den drei Funktionsgruppen Rechenwerk, Temperaturfühler-Messeinrichtung und Volumenmessteil (Bild 1).

### Rechenwerk

Das Rechenwerk verarbeitet die vom Volumenmessteil und den Temperaturfühlern erzeugten Signale unter Berücksichtigung des temperaturabhängigen Wärmehkoeffizienten und zeigt das Messergebnis in gesetzlich zugelassenen Einheiten (beispielsweise MWh) auf einem Display an. Zusätzlich kann ein modernes Rechenwerk



Bild 2 Rechenwerk Metrona PolluTherm

eine Vielzahl von zusätzlichen Informationen erfassen, speichern und bei Bedarf anzeigen, wie etwa den aktuellen Durchfluss, die Wärmehleistung oder die akkumulierte Wärmehmenge zu monatlichen Stichtagen (Bild 2).

### Temperaturfühler

Die Erfassung der Wassertemperaturen im Vor- und Rücklauf des Heizkreises erfolgt bei fast allen Wärmehzählern über Platin-Widerstandsthermometer Pt 100 oder Pt 500, wobei zwei Bauarten verwendet werden: Temperaturfühler mit fest angeschlossenen Leitungen im Kleinwärmehzählerbereich und Temperaturfühler mit plombierbarem Anschlusskopf im Großwärmehzählerbereich.

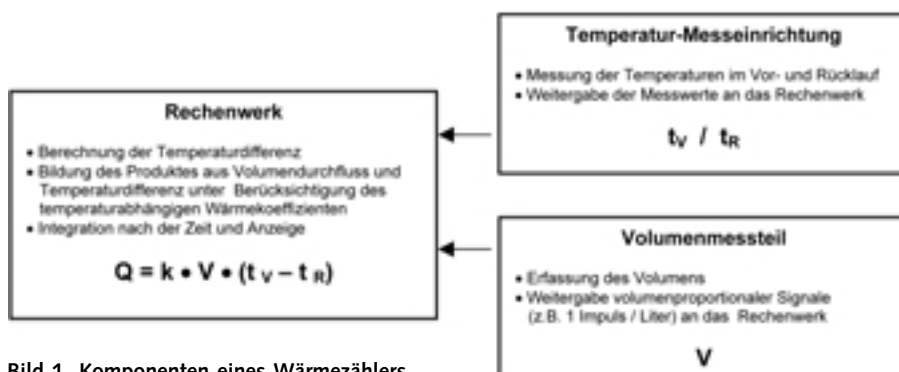


Bild 1 Komponenten eines Wärmehzählers

# Heizung

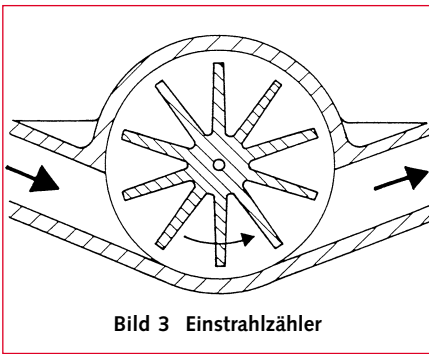


Bild 3 Einstrahlzähler

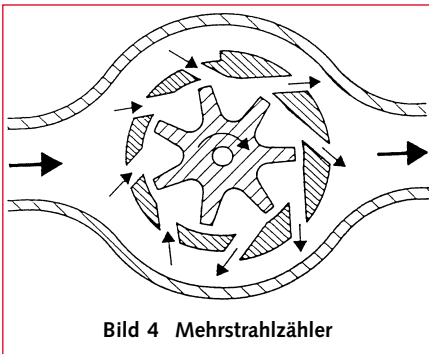


Bild 4 Mehrstrahlzähler

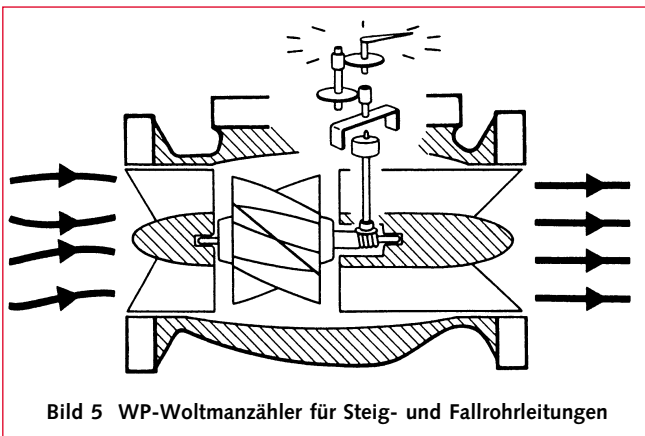


Bild 5 WP-Woltmanzähler für Steig- und Fallrohrleitungen

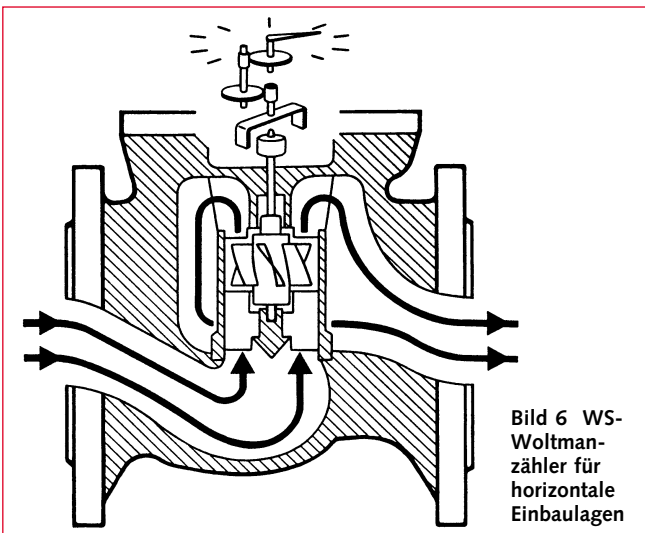


Bild 6 WS-Woltmanzähler für horizontale Einbaulagen

## Volumenmessteil

Zur Volumenmessung werden hauptsächlich mechanische Turbinenzähler (Ein- und Mehrstrahlzähler, Woltmanzähler) und statische Volumenmesser nach dem Ultraschallprinzip eingesetzt, wobei letztere sich in der Regel durch eine hohe Messstabilität, einen geringen Druckverlust und einen störungsfreien Betrieb auszeichnen.

## Bauarten von Wärmezählern

Die für die Volumenmessung hauptsächlich eingesetzten mechanischen Turbinenzähler sowie die statischen Volumenmesser nach dem Ultraschallprinzip werden nachfolgend näher beleuchtet.

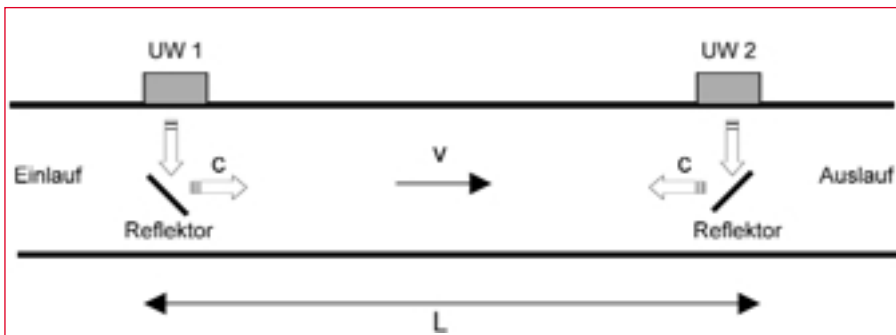
### Ein- und Mehrstrahlflügelradzähler

Beim Einstrahlzähler wird das Heizwasser über einen Einströmkanal nahezu senkrecht auf die flachen Paletten des Flügelrades geführt und verlässt danach das Messgerät über einen Ausströmkanal (Bild 3). Einstrahlzähler zeichnen sich durch kleine Anlaufwerte (etwa 1,5 l/h) sowie einen geringen Druckabfall aus.

Aufgrund kleiner Abmessungen finden Durchflusssensoren dieser Bauart überwiegend in so genannten Kompaktwärmezählern Verwendung, die zur Erfassung der Heizenergie in Wohnungen eingesetzt werden.

Demgegenüber wird beim Mehrstrahlzähler das einströmende Wasser durch einen so genannten Flügelbecher, der mehrere Einströmkanäle aufweist, in Teilströme zerlegt, die dann gleichmäßig – über den gesamten Umfang verteilt – auf die Flügelradpaletten auftreffen (Bild 4). Mehrstrahlzähler, die hauptsächlich in Nennweiten zwischen DN 15 und DN 40 hergestellt werden, produzieren aufgrund der mehrfachen Umlenkung des Wasserstrahls einen höheren Druckabfall als Einstrahlzähler. Von Vorteil ist der im Vergleich

# Heizung



**Bild 7 Prinzip der Ultraschall-Durchflussmessung:** Ultraschallsignale werden von den beiden Ultraschallwandlern (UW1, UW2) über Reflektoren in die Messstrecke gesendet. Die vom UW1 ausgesandten Signale werden vom UW2 empfangen und umgekehrt. Diese beiden Vorgänge laufen, je nach Gerätebauart, gleichzeitig oder kurz hintereinander ab

zum Einstrahlzähler geringere mechanische Verschleiß, da die Lagerung des Flügelrads durch die Aufteilung des Wasserstroms in mehrere Teilströme gleichmäßiger belastet wird.

## Woltmanzähler

Im Gegensatz zum Flügelradzähler liegt beim Woltmanzähler das mit gekrümmten Paletten versehene Flügelrad in Flussrichtung. Damit ist ein relativ geringer Druckverlust verbunden, der eine Verwendung von Woltmanzählern als Volumenmessteile für Großwärmehähler mit einem Nenn-durchfluss von 15 bis 250 m<sup>3</sup>/h ermöglicht. Woltmanzähler werden in zwei Bauarten (WP und WS) produziert, die sich in der Anordnung der Messflügelachse zur Rohrleitungsachse unterscheiden (Bilder 5 und 6).

## Ultraschallzähler

Ultraschall-Wärmehähler bestimmen den Durchfluss über die Laufzeit von Schallwellen. Dabei werden kurze akustische Im-

pulse mit einer Schallfrequenz von etwa 1 MHz, die von piezoelektrischen Ultraschallwandlern (Sender und Empfänger für Ultraschall) generiert werden, mit und gegen die Strömungsrichtung des Heizmediums durch ein Messrohr gesendet (Bild 7). Aufgrund des Ultraschall-Mitführungsprinzips sind die Laufzeiten  $t_{\text{auf}}$  und  $t_{\text{ab}}$  der



**Bild 8 Volumenmessteil des statischen Ultraschall-Wärmehählers Metrona Ultraheat XS**

Ultraschallwellen unterschiedlich und die Laufzeitdifferenz  $\Delta t = t_{\text{auf}} - t_{\text{ab}}$  ist proportional zur mittleren Strömungsgeschwindigkeit im Messrohr und damit proportional zum Volumen des Heizmediums.

## Dimensionierung von Wärmehählern

Wärmehähler, die im geschäftlichen Verkehr eingesetzt werden, unterliegen in Deutschland der Eichpflicht. Dies bedeutet, dass ausschließlich geeichte beziehungsweise von einer staatlich anerkannten Prüfstelle beglaubigte Wärmehähler installiert werden dürfen. Damit ist sichergestellt, dass nur Messgeräte mit einer ausreichenden

Temperaturdifferenz	Zulässiger Gesamtfehler
$\Delta t < 10 \text{ K}$	$\pm 8 \%$
$10 \text{ K} \leq \Delta t < 20 \text{ K}$	$\pm 7 \%$
$20 \text{ K} \leq \Delta t$	$\pm 5 \%$

**Tabelle 1 Eichfehlergrenzen für Kompakt-Wärmehähler** (Anmerkung: Für Wärmehähler, bei denen Flügelradzähler zur Volumenmessung eingesetzt werden, erhöht sich der zulässige Gesamtfehler im unteren Belastungsbereich um  $\pm 2\%$ ; siehe Bild 9)

den Erfassungsgenauigkeit im geschäftlichen Verkehr Verwendung finden. Der Gesetzgeber schreibt in der Eichordnung vom 12. 8. 1988 die in der Tabelle 1 aufgeführte Messgenauigkeit in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf vor. Die angegebenen Fehlergrenzen, die als Eichfehlergrenzen bezeichnet werden, haben Gültigkeit für neuer-

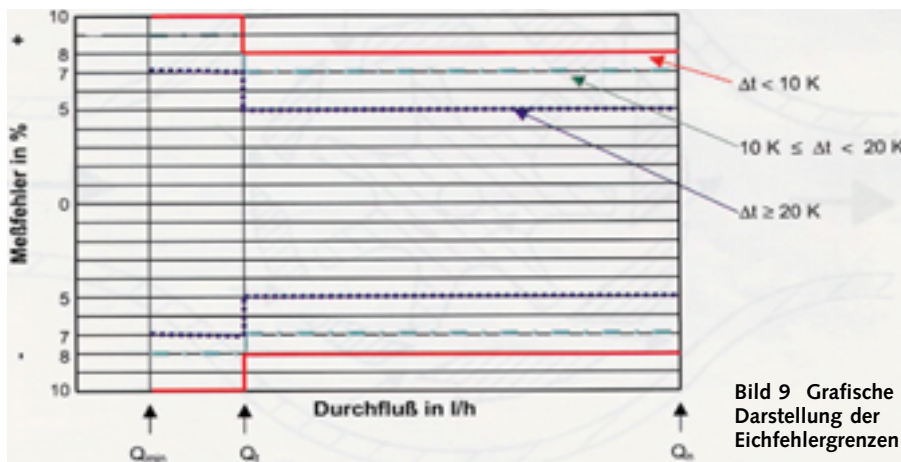


Bild 9 Grafische Darstellung der Eichfehlergrenzen

**Oberer Belastungsbereich**  $Q_t \leq Q \leq Q_n$   
 Oberhalb des Übergangsdurchflusses  $Q_t$  bis zum Nenndurchfluss  $Q_n$ , der den höchstmöglichen Durchfluss für den störungsfreien Dauerbetrieb kennzeichnet, beträgt der maximale Messfehler der Volumenbestimmung  $\pm 3\%$ .

### Optimale Messergebnisse

Optimale Messergebnisse kann ein mechanischer Wärmehähler demnach nur erreichen, wenn der Durchfluss im oberen Belastungsbereich zwischen Übergangsdurchfluss  $Q_t$  und Nenndurchfluss  $Q_n$  liegt. Eine geringfügige Überschreitung des Nenndurchflusses ist dabei für kurze Zeiträume

Anzeige

tige Wärmehähler unter Laborbedingungen. Im eingebauten Zustand gelten für Wärmehähler die so genannten Verkehrsfehlergrenzen, die den doppelten Wert der Eichfehlergrenzen betragen. Erst wenn das Messgerät die Verkehrsfehlergrenzen nicht mehr einhält, ist es zur Abrechnung von Kosten nicht mehr zugelassen.

### Drei Belastungsbereiche

Die Messgenauigkeit eines Wärmehählers ergibt sich aus der Genauigkeit seiner Teilkomponenten Rechenwerk, Temperaturfühler und Volumenmessteil, wobei letztere in der Praxis maßgeblich durch die Zählerdimensionierung bestimmt wird. In Bild 10 ist die typische Fehlerkurve eines Flügelradzählers mit ihren folgenden drei Belastungsbereichen dargestellt.

#### Anlaufbereich: $Q < Q_{min}$

Der Anlaufbereich zeichnet sich dadurch aus, dass bei mechanischen Wärmehählern die dynamische Kraft der Wasserströmung die Lagerreibung des Flügelrads gerade überschreitet und sich das Flügelrad zu drehen beginnt. Ein längerer Betrieb des Wärmehählers im Anlaufbereich ist unbedingt zu vermeiden, da hier extrem negative Messfehler auftreten.

#### Unterer Belastungsbereich

$$Q_{min} \leq Q < Q_t$$

Im unteren Belastungsbereich, der sich vom Minimaldurchfluss  $Q_{min}$  bis zum Übergangsdurchfluss  $Q_t$  erstreckt, beträgt die Messgenauigkeit  $\pm 5\%$ . Ein permanenter Betrieb des Wärmehählers im Bereich zwischen  $Q_{min}$  und  $Q_t$  ist aufgrund der geringen Messgenauigkeit zu vermeiden.

# Heizung

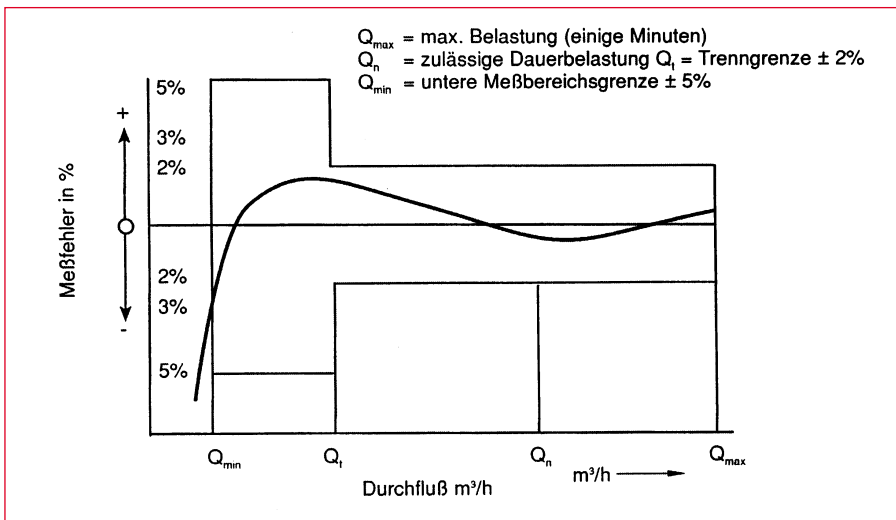


Bild 10 Typische Messgenauigkeit eines Volumenmessteils

- etwa mehrere Stunden am Tag – möglich. Ein längerer Betrieb des Wärmehählers bei einem Durchfluss oberhalb des Nenndurchflusses ist – bei mechanischen Wärmehählern – unbedingt zu vermeiden, denn er führt zu
- einer erhöhten Belastung der Flügelrad-Lagerung und damit zum vorzeitigen Ausfall des Zählers,
- verstärkten Laufgeräuschen, die sich über die Heizungsanlage leicht in alle Räume des Gebäudes ausbreiten und von Wohnungsnutzern oft als extrem störend empfunden werden sowie

Volumenstrom Q in m³/h	geeignete Nenngröße Q <sub>n</sub>
0,006 ≤ Q < 0,5	0,6
0,5 ≤ Q < 1,3	1,5
1,3 ≤ Q < 1,7	2,5
1,7 ≤ Q < 2,5	3,5
2,5 ≤ Q < 4,0	6,0
4,0 ≤ Q < 6,5	10,0
6,5 ≤ Q < 15	15,0
15,0 ≤ Q < 25	25,0
25,0 ≤ Q < 40	40,0
40,0 ≤ Q < 60	60,0
60,0 ≤ Q < 100	100,0

Tabelle 2 Richtwerte zur Bestimmung der Nenngröße von Wärmehählern

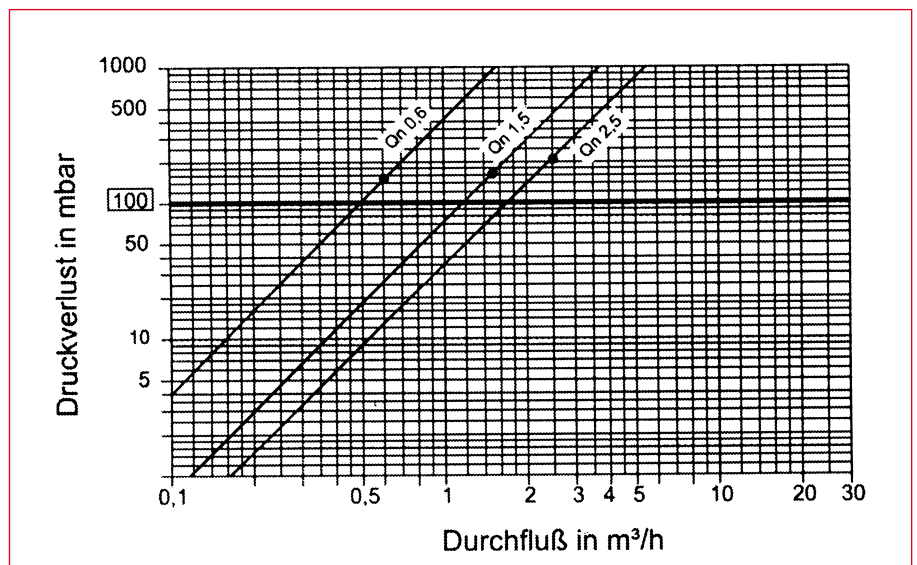


Bild 11 Druckverlustkurven des Einstrahl-Kleinwärmehählers Metrona PolluCom E in den Nenngrößen Q<sub>n</sub> 0,6 / 1,5 / 2,5

– einem erhöhten Druckverlust, der sich negativ auf die Druckverhältnisse im Heizungskreislauf auswirkt und einem wirtschaftlichen Pumpenbetrieb abträglich ist. Der Betrieb statischer Wärmehähler nach dem Ultraschallprinzip bei Durchflüssen oberhalb des Nenndurchflusses ist dagegen unkritisch, da entsprechende Geräte aufgrund der reibungslosen Funktionsweise in der Regel beliebig überlastbar sind und auch bei höheren Fließgeschwindigkeiten keine deutliche Geräuschentwicklung auftritt.

### Bestimmung der Nenngröße

Tabelle 2 gibt Richtwerte zur Bestimmung der Nenngröße eines typischen Wärmehählers mit mechanischem Durchflüssen-

sen in Abhängigkeit vom Auslegungs-Volumenstrom, der sich aus der Wärmebedarfsrechnung ergibt. Grundlage dieser Tabelle ist der typische Druckabfall eines Wärmehählers der jeweiligen Nenngröße in Abhängigkeit von der Durchflussmenge, wobei der Druckabfall in den technischen Unterlagen eines Wärmehählers generell in Form eines Diagramms angegeben ist (Bild 11). Die obere Einsatzgrenze eines mechanischen Ein- oder Mehrstrahl-Wärmehählers liegt bei dem Volumenstrom, der einen Druckabfall von 0,1 bar verursacht. Woltman-Wärmehähler, die bauartbedingt einen geringen Druckabfall aufweisen, werden entsprechend ihrer Nenngröße dimensioniert. Das bedeutet, dass beispielsweise ein Woltman-Wärmehähler Q<sub>n</sub> 60 bis zu einem Durchfluss von 60 m³/h eingesetzt werden kann.

*Ein wichtiger Grundsatz lautet deshalb:* Ein Wärmehähler mit einem Ein- oder Mehrstrahlzähler als Volumenmessteil ist korrekt dimensioniert, wenn der durch das Volumenmessteil verursachte Druckabfall 0,1 bar nicht – oder nur kurzzeitig für einige Stunden am Tag – übersteigt. Zugleich muss gewährleistet sein, dass ein Betrieb hauptsächlich oberhalb des Durchflusswertes Q<sub>t</sub> (siehe Bild 10) erfolgt, dessen Wert den technischen Unterlagen zum Wärmehähler zu entnehmen ist.

Tabelle 3 ermöglicht eine überschlägige Bestimmung der Nenngröße in Abhängigkeit vom maximalen Wärmebedarf unter Berücksichtigung der gewünschten Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf.



# Heizung

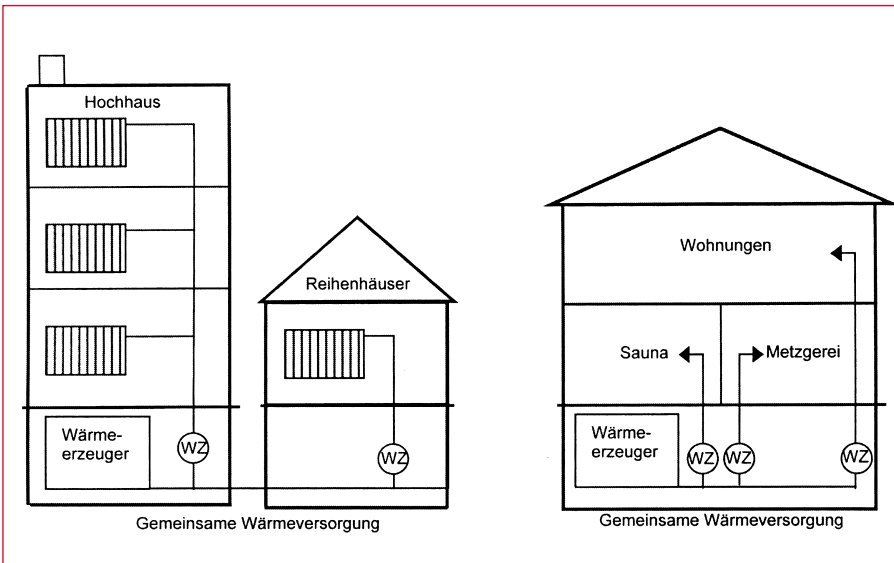


Bild 12 Vorverteilung der Heizkosten bei unterschiedlichen Gebäude- und Nutzungsarten

## Überprüfung im Wohnungsbestand

Wenn über ein Heizungssystem unterschiedliche Gebäudearten versorgt werden oder unterschiedliche Nutzungsarten vorliegen, ist eine Vorerfassung der Heizkosten über Wärmehähler erforderlich. Unterschiedliche Gebäudearten sind gegeben, wenn z. B. ein Mehrfamilienhaus und ein Gewerbebetrieb von einer gemeinsamen Heizungsanlage versorgt werden. Unterschiedliche Nutzungsarten liegen vor, wenn ein Gebäude Nutzer mit normalem Wärmebedarf und Nutzer mit geringer Wärmeabgabe (z. B. Metzgerei) oder sehr hoher Wärmeabnahme (z. B. Sauna) aufweist (Bild 12). Tabelle 4 informiert über die typischen Nenngrößen der dazu eingesetzten Wärmehähler bei Temperaturspreizungen zwischen Vor- und Rücklauf von 20, 15 und 8 K.

In der Praxis sind ca. 75 % aller Kleinwärmehähler die in Wohnungen mit Heizkörpern zur Erfassung der Heizwärme installiert sind überdimensioniert, was sich in der Regel negativ auf die Erfassungsgenauigkeit der Messgeräte auswirkt. Durch die Energieeinsparverordnung hat sich das Überdimensionierungsproblem noch verschärft. Denn häufig wurde der Wärmebedarf älterer Gebäudes mit erheblichem Aufwand reduziert, ohne dass gleichzeitig eine Anpassung der vorhandenen Wärmehähler an die neuen wärmetechnischen Gegebenheiten stattgefunden hat. Zur Sicherstellung einer gerechten, verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung ist somit – insbesondere bei einer Modernisie-

Wärmebedarf in kW	Nenngröße in m <sup>3</sup> /h
Temperaturspreizung 20 K	
0 · 11	0,6
12 · 30	1,5
31 · 39	2,5
Temperaturspreizung 15 K	
0 · 8	0,6
9 · 22	1,5
23 · 29	2,5
Temperaturspreizung 8 K	
0 · 4	0,6
5 · 12	1,5
13 · 16	2,5

Tabelle 3 Richtwerte zur Wärmehähler-Dimensionierung im Wohnungsbereich

rung der Heizungsanlage – die Dimensionierung der installierten Wärmehähler zu überprüfen bzw. neu zu bestimmen. Eine Überprüfung der Dimensionierung bietet sich in diesem Zusammenhang besonders dann an, wenn Wärmehähler in den Nenngrößen  $Q_n$  1,5 oder 2,5 zur wohnungsweisen Verbrauchserfassung installiert sind.

Wärmebedarf in kW	Nenngröße in m <sup>3</sup> /h
Temperaturspreizung 20 K	
0 · 58	3,5
59 · 93	6,0
54 · 151	10,0
152 · 348	15,0
349 · 581	25,0
582 · 930	40,0
Temperaturspreizung 15 K	
0 · 44	3,5
45 · 70	6,0
71 · 113	10,0
114 · 262	15,0
263 · 436	25,0
437 · 698	40,0
Temperaturspreizung 8 K	
0 · 23	3,5
24 · 37	6,0
38 · 60	10,0
61 · 140	15,0
141 · 232	25,0
233 · 372	40,0

Tabelle 4 Richtwerte zur Wärmehähler-Dimensionierung bei Vorverteilung der Heizkosten

Bauliche Änderungen sind in der Regel nicht erforderlich. Denn in den meisten Fällen dürfte es genügen, einen Wärmehähler der Nenngröße  $Q_n$  1,5 gegen einen der Nenngröße  $Q_n$  0,6 auszutauschen, wobei die Zähler hinsichtlich der Baulänge und des Anschlussgewindes übereinstimmen.

**Die SBZ auf der ISH:  
Halle 4.1  
D 06**



Unser Autor **Dipl.-Phys.-Ing. Bernd Henrichs** ist Produktingenieur bei Brunata Wärmemesser GmbH & Co. KG, 81379 München, Tel. (0 89) 7 85 95-4 19, Fax (0 89) 7 85 95-4 08, Internet: [www.brunata-muenchen.de](http://www.brunata-muenchen.de)