

Elektronische Heizkostenverteiler

Beim Smart Submetering werden zur Erfassung des anteiligen Wärmeverbrauchs fernauslesbare Wärmezähler (WMZ) und/oder elektronische Heizkostenverteiler (EHKV) eingesetzt. In Deutschland wird die verbrauchabhängige Abrechnung von Heiz- und Warmwasserkosten in der Heizkostenverordnung (HeizkostenV) geregelt, wonach nur solche EHKV eingesetzt werden dürfen, deren Eignung von einer sachverständigen Stelle bestätigt wurde. Technisches Regelwerk ist bei den EHKV die DIN EN 834.

Im ersten Abschnitt dieses Beitrags werden die grundlegenden Zusammenhänge der durchaus komplexen Thematik „Heizkostenverteiler“ mit Hilfe einer rein qualitativen Betrachtung erläutert. Im zweiten Abschnitt, der quantitativen Betrachtung, wird der Zusammenhang zwischen der Wärmeabgabe eines Heizkörpers und der Funktionsweise des Heizkostenverteilers beschrieben und welche Einschränkungen und Anforderungen sich daraus an den Einsatz sowie an die Montage, Bewertung und Abrechnung ergeben.

Abschnitt 1 – Qualitative Betrachtung

Während Wärmezähler die im Heizkreislauf abgegebene Wärmeenergie direkt messen können, ermitteln die an den Heizkörpern montierten EHKV lediglich mittels Temperatursensoren Verbrauchswerte, die von den gemessenen Temperaturen und Einschalt Dauern der Heizkörper abhängig sind. Beim WMZ setzt sich der Messwert aus einem Zahlenwert und einer physikalischen Maßeinheit zusammen, z. B. 3500 kWh (Kilowattstunden), beim EHKV ist der Verbrauchswert dimensionslos, d. h. ohne physikalische Einheit.

Da Heizkostenverteiler keine Messgeräte für Wärmeenergie sind, werden sie auch als Erfassungsgeräte bezeichnet. In der DIN EN 834:2017-02 werden Heizkostenverteiler als „Instrument[e] zur Erfassung der anteiligen Wärmeabgabe von Heizkörpern in Nutzungseinheiten“ (Kap. 3.1) und „... registrierende Messgeräte für die über die Zeit integrierte Temperatur“ beschrieben (Kap. 4), und weiter: „Der Verbrauchswert ist ein Näherungswert für die in der Messzeit von der Heizfläche abgegebene und vom Nutzer verbrauchte Wärme.“

Messtechnisch unterscheidet man Heizkostenverteiler hinsichtlich des Messverfahrens, des Anzeigeverhaltens und der Bauform.

Messverfahren

Die Messverfahren unterscheiden sich durch die Anzahl der bei der Temperaturmessung eingesetzten Temperatursensoren, wobei nachfolgend nur auf die gängigsten Verfahren eingegangen wird.

Einfühler-Messverfahren: Beim Einfühler-Messverfahren (1F) misst ein der Heizfläche zugewandter Temperatursensor, der sogenannte Heizflächensensor, in regelmäßigen Zeitabständen die Temperatur. Ab der sogenannten Zählbeginn-Übertemperatur berechnet der EHKV einen Zählfortschritt.

Zweifühler-Messverfahren: Beim Zweifühler-Messverfahren (2F) werden ein Heizflächensensor und ein dem Innenraum zugewandter Temperatursensor eingesetzt und die damit gemessenen Temperaturen dienen der Berechnung des Zählfortschritts. Ein Zählfortschritt erfolgt erst ab Erreichen der sogenannten Zählbeginn-Übertemperatur, einer Temperaturdifferenz. Da bei alleiniger Verwendung dieses Zählbeginnkriteriums ein beabsichtigter oder unbeabsichtigter Wärmestau vor dem Heizkostenverteiler einen Zählfortschritt im ungünstigsten Fall komplett verhindern würde, wird mit Hilfe einer Betriebszustandserkennung ggf. auf das 1F-Messverfahren umgeschaltet (Wärmestau-Problematik).

Einfühler-Messverfahren mit Startfühler (1SF): Bei diesem Verfahren werden ebenfalls 2 Temperatursensoren eingesetzt. Bei der Berechnung des Zählfortschritts wird jedoch nur die Temperatur des Heizflächensensors berücksichtigt, der raumseitige Temperatursensor dient lediglich zur Ermittlung der Zählbeginn-Übertemperatur. Dadurch hat das 1SF-Verfahren gegenüber dem 1F-Verfahren Vorteile bei der Unterdrückung von unerwünschtem Sommerzählfortschritt, es unterliegt jedoch ebenfalls der beim 2F-Verfahren beschriebenen Wärmestau-Problematik. Gemäß DIN EN 834 ist das 1SF-Verfahren dem Einfühler-Messverfahren zuzuordnen.

Bauform

Bei der Bauform wird zwischen Kompaktgeräten und Fernfühlergeräten (FF) unterschieden. Bei Kompaktgeräten wird der komplette EHKV am Heizkörper befestigt, bei der Fernfühlerversion wird lediglich ein kabelgebundener Temperatursensor am Heizkörper angebracht, während das Gehäuse mit der Recheneinheit in ausreichender Entfernung vom Heizkörper an der Wand montiert wird.

Fernfühlergeräte werden z.B. bei Unterflurkonvektoren, bei Heizkörpern in exponierter Lage oder aus optischen Gründen eingesetzt. Fernfühlergeräte können für alle zuvor genannten Messverfahren eingesetzt werden. Ein gemischter Einsatz von Kompakt- und Fernfühlergeräten ist bei Verwendung desselben Heizkostenverteiltertyps und demselben Messverfahren möglich.

Anzeigeverhalten

Bei dem im Display des EHKV angezeigten Wert wird zwischen bewertetem und unbewertetem Anzeigewert bzw. zwischen Produktskale und Einheitsskale unterschieden. Die Begriffe Produkt- und Einheitsskale wurden von den Heizkostenverteilern nach dem Verdunstungsprinzip übernommen, wo der Füllstand einer Messampulle an einer Skale abgelesen wird.

Werden im EHKV bei der Zählfortschrittsberechnung heizkörper- und montagespezifische Einflussgrößen berücksichtigt, spricht man von einem bewerteten Anzeigewert bzw. von der Produktskale. Bleiben die Einflussgrößen unberücksichtigt, spricht man vom unbewerteten Anzeigewert bzw. von der Einheitsskale. Beim unbewerteten Anzeigewert werden dann die o. g. Einflussgrößen bei der Abrechnung in geeigneter Art und Weise berücksichtigt.

Abschnitt 2 – Quantitative Betrachtung und Anforderungen an den Einsatz von EHKV

Während bei einem Wärmezähler die aktuelle Wärmeabgabe \dot{Q} (Leistung) innerhalb des Heizkreislaufs mit der Gleichung

$$\dot{Q} = K \cdot \dot{V} \cdot (T_V - T_R) \quad (1)$$

durch Messung von Vorlauftemperatur T_V , Rücklauftemperatur T_R des Heizkreislaufs und des Volumenstroms \dot{V} gemessen werden kann, basiert die Ermittlung der aktuellen Wärmeabgabe eines Heizkörpers mit Hilfe eines EHKV auf der Näherungsformel

$$\dot{Q} \approx \dot{Q}_{Norm} \cdot \left(\frac{\Delta T_{\dot{U}}}{\Delta T_{\dot{U},Norm}} \right)^n \quad (2)$$

In Gleichung (1) ist K der im WMZ hinterlegte temperaturabhängige Wärmekoeffizient für das verwendete Heizmedium. In Gleichung (2) für den EHKV sind

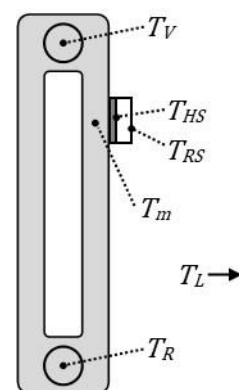
\dot{Q}_{Norm}	Normheizleistung des Heizkörpers bei $\Delta T_{\dot{U},Norm}$
$\Delta T_{\dot{U},Norm}$	Arithmetische Norm-Heizmedium-Übertemperatur
$\Delta T_{\dot{U}}$	Arithmetische Heizmedium-Übertemperatur
n	Heizkörperexponent

Die arithmetische Heizmedium-Übertemperatur $\Delta T_{\dot{U}}$ berechnet sich aus der Vorlauftemperatur T_V und Rücklauftemperatur T_R des Heizkörpers und der Raum- bzw. Lufttemperatur T_L wie folgt:

$$\Delta T_{\dot{U}} = \frac{T_V + T_R}{2} - T_L = T_m - T_L \quad (3)$$

T_m ist die arithmetische Heizmediumtemperatur, also der Mittelwert aus aktueller Vor- und Rücklauftemperatur des Heizkörpers.

Die nebenstehende Abbildung zeigt schematisch die Temperaturverhältnisse am Heizkörper und am EHKV.



Abhängig vom Messverfahren und der Bauform ergeben sich folgende messtechnische Aufgaben:

1F-Messverfahren: Da beim 1F-Verfahren kein raumseitiger Temperaturfühler vorhanden ist, wird hier eine konstante Raumtemperatur $T_L = 20 \text{ °C}$ angenommen. Mit Hilfe des Heizsensors muss somit die mittlere Heizmediumtemperatur T_m ermittelt werden.

2F-Messverfahren: Mit Hilfe der gemessenen Temperaturdifferenz des heizkörperseitigen und des raumseitigen Temperatursensors $T_{HS} - T_{RS}$ muss die Übertemperatur $\Delta T_{\dot{U}} = T_m - T_L$ ermittelt werden.

Beim 2F-Kompaktgerät kann man sich messtechnisch auf die Bestimmung der aktuellen Temperaturdifferenz $T_m - T_L$ beschränken, die beiden Temperaturen T_m und T_L müssen hierbei nicht explizit ermittelt werden.

Beim 2F-Fernfühlergerät wird die Raumtemperatur direkt vom raumseitigen Temperatursensor gemessen. Wie beim 1F-Verfahren muss daher mit dem Heizsensor die Heizmediumtemperatur T_m ermittelt werden.

Zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen den gemessenen Temperaturen T_{HS} und T_{RS} und der gesuchten Übertemperatur (2F-Kompaktgerät) oder Heizmediumtemperatur (1F und FF) wird zunächst der sogenannte c -Wert für den Grad der thermischen Ankopplung der Temperatursensoren eingeführt, der wie folgt definiert ist:

$$c = \frac{(T_m - T_L) - (T_{HS} - T_{RS})}{(T_m - T_L)} = 1 - \frac{(T_{HS} - T_{RS})}{(T_m - T_L)} \quad (4)$$

T_m	Heizmediumtemperatur gemäß (3)
T_L	Lufttemperatur
T_{HS}	Temperatur des Heizsensors
T_{RS}	Temperatur des raumseitigen Sensors

Der c -Wert wird durch Messung von T_V , T_R , T_L , T_{HS} und T_{RS} für die jeweilige EHKV-Heizkörper-Kombination am zuvor festgelegten Montagepunkt bei vorgegebenen Prüfbedingungen bestimmt. Beim 1F- und FF-Verfahren ist $T_{RS} = T_L$.

Umformung von (4) und Einsetzen von (3) ergibt zunächst

$$\Delta T_{\dot{U}} = \frac{T_{HS} - T_{RS}}{1 - c} \quad (5)$$

Ersetzen des Heizkörperexponenten n durch einen konstanten Geräteexponenten x und Einsetzen von (5) in die Näherungsgleichung (2) liefert zunächst

$$\dot{Q} \approx \dot{Q}_{Norm} \cdot \left(\frac{1}{1 - c} \right)^x \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_{RS}}{\Delta T_{\dot{U}, Norm}} \right)^x \quad (6)$$

Division von (6) mit einer beliebigen Bezugsheizleistung \dot{Q}_{Bezug} liefert nun folgende dimensionslose Zählfortschrittsgleichung des EHKV:

$$z = \left(\frac{\dot{Q}_{Norm}}{\dot{Q}_{Bezug}} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - c} \right)^x \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_{RS}}{\Delta T_{\dot{U}, Norm}} \right)^x \quad (7)$$

Die ersten beiden Ausdrücke werden K_Q und K_C bezeichnet, womit sich die Zählfortschrittsgleichung wie folgt schreiben lässt:

$$z = K_Q \cdot K_C \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_{RS}}{\Delta T_{\dot{U}, Norm}} \right)^x \quad (8)$$

Ein anderer Ansatz, bei dem K_C - analog zur Bestimmung des K_C -Werts beim Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip - aus dem Vergleich der Anzeigegegeschwindigkeiten an einem frei wählbaren Basisheizkörper und dem aktuellen Heizkörper gemäß

$$K_C = \frac{\dot{z}_{Basis}}{\dot{z}_{Heizkörper}}$$

ermittelt wird, führt für $c_{Basis} = 0$ zum gleichen Ergebnis.

Integration von (8) liefert den dimensionslosen, bewerteten Anzeigewert (Verbrauchswert) z . Hierzu misst der EHKV in festgelegten Zeitabständen Δt die Temperatur(en), berechnet und summiert wie folgt:

$$z = \sum K_Q \cdot K_C \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_{RS}}{\Delta T_{\dot{U}, Norm}} \right)^x \cdot \Delta t \quad (9)$$

Alternativ lassen sich die Gleichungen (2) bis (7) anstatt mit den arithmetischen Heizmedium-Übertemperaturen $\Delta T_{\dot{U}}$ und $\Delta T_{\dot{U}, Norm}$ mit den logarithmischen Heizmedium-Übertemperaturen ΔT_{ln} und $\Delta T_{ln, Norm}$ formulieren, der prinzipielle Aufbau der Gleichung (9) ändert sich dadurch nicht.

Es ergeben sich somit je nach Messverfahren und Bauform folgende Algorithmen:

$$z_{1F} = \sum K_Q \cdot K_{C,1F} \cdot \left(\frac{T_{HS} - 20^\circ\text{C}}{\Delta T_{\dot{U},Norm}} \right)^x \cdot \Delta t \quad (10)$$

$$z_{2F} = \sum K_Q \cdot K_{C,2F} \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_{RS}}{\Delta T_{\dot{U},Norm}} \right)^x \cdot \Delta t \quad (11)$$

$$z_{1F,FF} = \sum K_Q \cdot K_{C,FF} \cdot \left(\frac{T_{HS} - 20^\circ\text{C}}{\Delta T_{\dot{U},Norm}} \right)^x \cdot \Delta t \quad (12)$$

$$z_{2F,FF} = \sum K_Q \cdot K_{C,FF} \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_L}{\Delta T_{\dot{U},Norm}} \right)^x \cdot \Delta t \quad (13)$$

Darin beinhalten K_Q die vom Heizkörperhersteller ermittelte Norm-Heizleistung. Die K_C -Werte für die jeweiligen Varianten werden vom Hersteller des Heizkostenverteilers bereitgestellt, \dot{Q}_{Bezug} und der Geräteexponent x werden ebenfalls vom Hersteller des EHKV festgelegt.

Obergrenzen für die Zählbeginntemperatur bzw. Zählbeginn-Übertemperatur sowie die die Zählung beeinflussenden, aber hier nicht näher behandelten Verfahren „Kalenderfunktion“ und „Betriebszustandserkennung“ sind in der DIN EN 834 festgelegt.

Für eine ordnungsgemäße Verbrauchserfassung und -abrechnung ergeben sich daraus folgende Konsequenzen bzw. Anforderungen:

- Für Heizkörper, bei denen kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Wärmeabgabe des Heizkörpers und den von einem EHKV messbaren Temperaturen besteht, können EHKV nicht eingesetzt werden. Beispiele hierfür sind Deckenstrahlungsheizkörper, Heizkörper mit Gebläse, Badheizkörper mit elektrischer Zusatzheizpatrone. Für Fußboden- oder Wandheizungen sind EHKV ebenfalls nicht geeignet.
- Die Normheizleistung \dot{Q}_{Norm} jedes Heizkörpers in der Abrechnungseinheit muss bekannt sein.
- Die Norm-Heizmedium-Übertemperatur $\Delta T_{\dot{U},Norm}$ und Bezugshheizleistung \dot{Q}_{Bezug} müssen für alle EHKV einer Abrechnungseinheit oder Nutzergruppe einheitlich sein.
- Der c - bzw. K_C -Wert für die jeweilige Heizkörper-EHKV-Kombination gilt nur für den der c -Wert-Bestimmung zugrunde gelegten Montagepunkt des EHKV. Der c -Wert ist vom Messverfahren, der Bauform des EHKV und vom Montageverfahren abhängig. Die Messbedingungen bei der c -Wert-Ermittlung müssen einheitlich sein.
- Es muss eine gute thermische Ankopplung der Temperaturfühler gewährleistet sein. Beim 2F-Kompaktgerät sind gemäß DIN EN 834 c -Werte $> 0,67$ und beim 1F-Verfahren oder bei der FF-Bauform c -Werte $> 0,3$ nicht zulässig. In Sonderfällen sind Abweichungen möglich.
- EHKV mit dem Einfühler-Messverfahren (1F und 1SF) können in Heizungsanlagen mit einer Mittlere Auslegungs-Heizmediumtemperatur $T_{m,A} \geq 55^\circ\text{C}$, Zweifühlergeräte (2F) montagehöheabhängig bereits ab 35°C eingesetzt werden. Die obere Temperatur-Einsatzgrenze wird durch die Temperaturbeständigkeit des EHKV begrenzt.
- Der Heizkostenverteiltertyp und das Messverfahren müssen innerhalb einer Abrechnungseinheit oder Nutzergruppe einheitlich sein. Eine Mischausstattung, d. h. 1F-Varianten und 2F-Varianten desselben EHKV-Typs oder unterschiedliche EHKV-Typen sind nicht zulässig.
- EHKV desselben Typs und mit dem gleichen Messverfahren können in beiden Bauformen (Kompaktgerät oder FF) innerhalb einer Abrechnungseinheit parallel eingesetzt werden.
- Da bei der Fernfühlervariante eines 2F-EHKV der raumseitige Temperaturfühler in das an der Wand befestigte Gehäuse integriert ist, muss das Gehäuse außerhalb des Einflussbereichs des Heizkörpers oder anderer Wärmequellen montiert werden.

Die zuvor genannten Bedingungen setzen voraus, dass der jeweilige Heizkörper korrekt erkannt und dass der EHKV an einem für diesen Heizkörper vom EHKV-Hersteller festgelegten Montagepunkt mit einem geeigneten Montageverfahren montiert wird. Bei Verwendung der bewerteten Anzeige (Produktskale) müssen dann auch noch die korrekten Faktoren K_Q und K_C in den EHKV einprogrammiert werden. Das Verfahren zur Ermittlung von K_Q und K_C wird als Bewertung bezeichnet, weshalb K_Q und K_C Bewertungsfaktoren genannt werden. Der Prozess setzt sich also aus den Schritten Erkennung, Montage, Bewertung und Programmierung zusammen.

Bei Verwendung der unbewerteten Anzeige (Einheitsskale) wird die Programmierung des EHKV eingespart, die Bewertungsfaktoren werden erst bei der Abrechnung in geeigneter Form berücksichtigt. Ausgehend von der Zählfortschrittsgleichung (8) kann der Zählfortschritt bei der unbewerteten Anzeige wie folgt formuliert werden:

$$\dot{z}_{unbewertet} = F \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_{RS}}{\Delta T_{\dot{U}, Norm}} \right)^x \quad (14)$$

Erst bei der Abrechnung wird dann der Verbrauchswert des Heizkörpers aus dem Anzeigewert $z_{unbewertet}$ wie folgt berechnet:

$$z = z_{unbewertet} \cdot \left(\frac{K_Q \cdot K_C}{F} \right) \quad (15)$$

Hierbei sind unbedingt die Herstellerangaben zu berücksichtigen, da bei Nichtberücksichtigung von F Abrechnungsfehler bei der Verwendung unterschiedlicher Bauformen (Kompaktgeräte und Fernfühler-Geräte) in einer Abrechnungseinheit oder bei Anwendung der VDI 2077, Teil 3 drohen.

Eine in (14) vom Messverfahren und der Bauform abhängige Wahl von $F \neq 1$ ist sinnvoll, da die unbewertete Anzeige eines 2F-Fernfühlergeräts ungefähr um den Faktor 2-2,5 größer ist als beim Kompaktgerät, weil bei der Zählfortschrittberechnung beim FF-Gerät die gemessene Lufttemperatur und beim Kompaktgerät die vom raumseitigen Temperatursensor und somit nur wenige Zentimeter vor dem Heizkörper gemessene Temperatur in (14) eingeht. Aus diesem Grund sind auch die K_C -Werte beim 2F-Kompaktgerät deutlich größer als beim 1F- oder FF-Gerät.

Zum Beispiel gibt die Engelmann Sensor GmbH für den Heizkostenverteiler HCAe2 bei Verwendung der Einheitsskale folgende Berechnungsvorschriften für den Verbrauchswert an:

1F-Verfahren	$Verbrauchswert = Anzeigewert \cdot \frac{K_Q \cdot K_{C,1F}}{1,181}$
2F-Verfahren Kompaktgerät	$Verbrauchswert = Anzeigewert \cdot \frac{K_Q \cdot K_{C,2F}}{2,288}$
Fernfühler-Bauform (1F oder 2F)	$Verbrauchswert = Anzeigewert \cdot \frac{K_Q \cdot K_{C,FF}}{1,097}$

Die DIN EN 834 lässt auch noch eine Korrektur der Normleistung von Heizkörpern bei Auslegungs-Innentemperaturen unterhalb der Basis-Referenz-Lufttemperatur zu. Dies betrifft z. B. beheizte Lagerhallen oder Garagen. Dieser Faktor $K_T > 1$ erweitert die Anzeigegleichungen (9) und (15) wie folgt:

$$\text{Produktskale} \quad z = \sum K_Q \cdot K_C \cdot K_T \cdot \left(\frac{T_{HS} - T_{RS}}{\Delta T_{\dot{U}, Norm}} \right)^x \cdot \Delta t \quad (16)$$

$$\text{Einheitsskale} \quad z = z_{unbewertet} \cdot \left(\frac{K_Q \cdot K_C \cdot K_T}{F} \right) \quad (17)$$

Bei Verwendung der Einheitsskale wird bei der Abrechnung in der Regel der Gesamtbewertungsfaktor

$$K = \left(\frac{K_Q \cdot K_C \cdot K_T}{F} \right) \quad (18)$$

angegeben. Letztendlich ist es für die Abrechnung unerheblich, ob die Einheits- oder Produktskale verwendet wird.

Autoren: Dr.-Ing. Bernd Ritter und Thomas Reichbauer, Engelmann Sensor GmbH, September 2019

Literatur und Links:

- Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten (Verordnung über Heizkostenabrechnung - HeizkostenV), <https://www.gesetze-im-internet.de/heizkostenv/BJNR002610981.html>, Abruf 20.09.2019
- DIN EN 834:2017-02, Heizkostenverteiler für die Verbrauchserfassung von Raumheizflächen – Geräte mit elektrischer Energieversorgung, Beuth Verlag 2017.
- Kreuzberg/Wien, Handbuch der Heizkostenabrechnung, 9. Auflage, Werner Verlag 2018.
- Bedienungsanleitung Elektronischer Heizkostenverteiler HCAe2, Stand 05.06.2018, Engelmann Sensor GmbH, https://www.engelmann.de/wp-content/uploads/2019/02/BA_HCAe2_de_2018_06_05.pdf, Abruf 20.06.2019