



EMATEM

European Metrology Association
for Thermal Energy Measurement

Untersuchung der Unsicherheiten
elektronischer Heizkostenverteiler
- Ergebnisvorstellung -

Uncertainties of electronic heat cost allocators
- Final results -

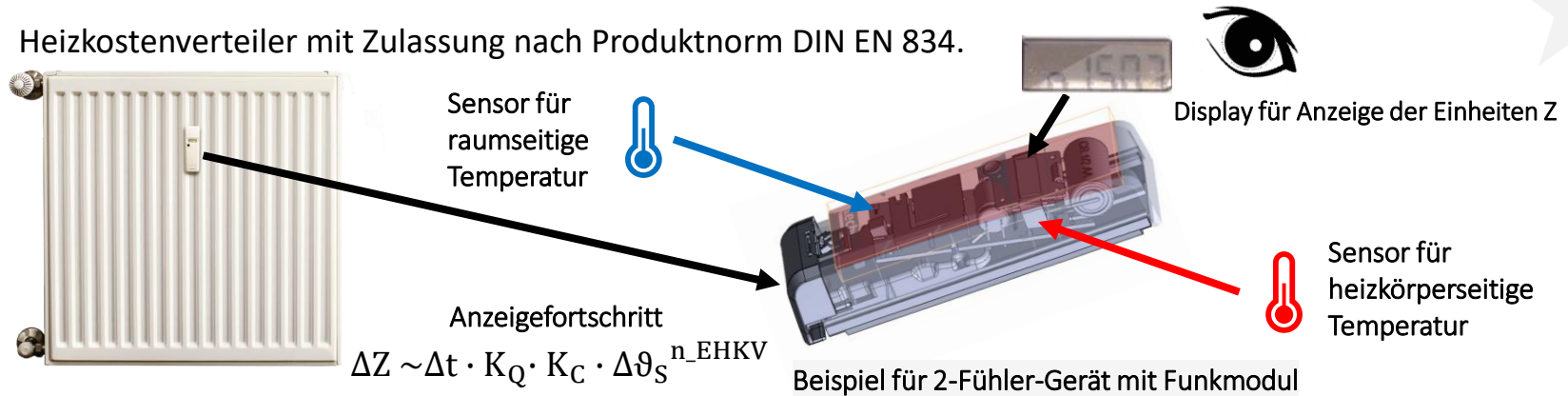
Forschungsvorhaben / research project

Untersuchung der Unsicherheiten von elektronischen Heizkostenverteilern

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- What is an electronic heat cost allocator? -

- Elektronische Heizkostenverteiler werden im Abrechnungsbestand der Mehrfamilienhäuser als Verbrauchserfassungsgeräte für Raumheizwärme eingesetzt und sind das dominierende Erfassungsgerät. In Deutschland sind etwa 100 Mio. Heizkostenverteiler (elektronische und noch wenige Verdunster) im Einsatz.
- Im Zuge der Umsetzung der EnergyEfficiencyDirective EED / 2023 und der novellierten Heizkostenverordnung 2021 erfolgt zum 01.01.2027 eine Komplettumstellung des Bestandes auf elektronische (und fernablesbare) Heizkostenverteiler mit Zulassung nach Produktnorm DIN EN 834.



Motivation des Forschungsvorhabens / Motivation of research project

Untersuchung der Unsicherheiten von elektronischen Heizkostenverteilern

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- HKVE werden für die Verteilung der Raumheizwärmekosten eingesetzt und können außerdem helfen, die Verteilung der Wärmeflüsse im Gebäude zu quantifizieren / EHCA typically in use for heat cost allocation, but may also be used for analysing of heat consumptions and heat distribution inside buildings
- Gesetzliche Vorgaben wie etwa EED_2023, GModG_2026, die novellierte Heizkostenverordnung aus 2021 und die DIN 94680 (Abrechnungs- und Verbrauchsinformation) stellen erhöhte Anforderungen an Heizkostenverteiler (monatliche Verbrauchsinformation in kWh, 100% Fernablesbarkeit ab 01.01.2027) / new regulations like EED 2023, German ModG 2026 and decree on heat cost allocation increase requirements on accuracy (,kWh') and communication (radio) of EHCA
- Erste exemplarische Untersuchungen zeigen Untersuchungsbedarf / first indications on current field situation: see EMATEM 2021 Kähler/Klein
- Daher Zielstellung des Forschungsvorhabens: Repräsentative Ermittlung von Unsicherheiten in der Erfassungskette elektronischer Heizkostenverteiler, welche im Feld eingesetzt werden / therefore goal of research project: Representative analysis of field uncertainties of ehca
- Förderung durch EMATEM; Bearbeitungszeitraum: 2024 –2026 mit Präsentation auf EMATEM Sommer-Schule 2025/2026 supported by EMATEM; project processing time: 2024 – 2026 with Presentation at EMATEM Sommer School 2025/2026

Motivation des Forschungsvorhabens / Motivation of research project
Untersuchung der Unsicherheiten von elektronischen Heizkostenverteilern
Uncertainties of electronic heat cost allocators
- Produkt-/Gerätenorm für elektronische Heizkostenverteiler DIN EN 834 -

- Die Produktnorm für elektronische Heizkostenverteiler DIN EN 834 definiert keine energetische Messempfindlichkeit, sondern eine Anzeigecharakteristik, welche den Zusammenhang zwischen der Anzeigegeschwindigkeit und, je nach Messverfahren, der Temperatur bzw. der Temperaturdifferenz herstellt.
- Anstelle einer Messabweichung der vom Heizkörper abgegebenen thermischen Energie definiert die DIN EN 834 eine relative Anzeigeabweichung als Differenz zwischen Ist- und Soll-Anzeigegeschwindigkeit.
- Wie alle Anforderungen ist die relative Anzeigeabweichung in DIN EN 834 für den Basis-Heizmediumstrom definiert, also für den Heizmediumstrom, der sich im gewählten Basiszustand, also bei z.B. bei $t_v = 90^\circ\text{C}$, $t_R = 70^\circ\text{C}$ und $t_L = 20^\circ\text{C}$ einstellt.

Uncertainties of electronic heat cost allocators

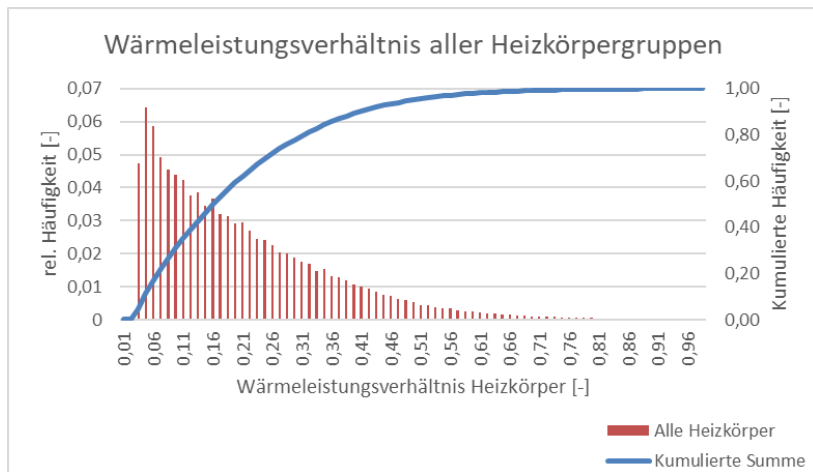
- Status Aufgaben aus Ausblick auf der EMATEM-Sommerschule 2025 -
- Status tasks regarding outlook, given at EMATEM-Sommerschool 2025 -

- Im weiteren Verlauf des Projekts wurden in 2026 noch zwei weitere Gerätevarianten geprüft.
- Außerdem wurden die im Projektantrag genannten Einflüsse
 - Betriebstemperaturen und Heizmittelstrom
 - Toleranz der Normwärmeleistung, Montagehöhesowie zusätzlich
 - der Einfluss von Handtüchern auf die Anzeigecharakteristik bei Handtuchheizkörperndetailliert beurteilt und quantifiziert.
- Insbesondere wurde der Einfluss der Betriebsempfindlichkeit und deren Spreizung unter Feldbedingungen auf das Abrechnungsergebnis in Mehrfamilienhäusern statistisch-quantitativ untersucht.

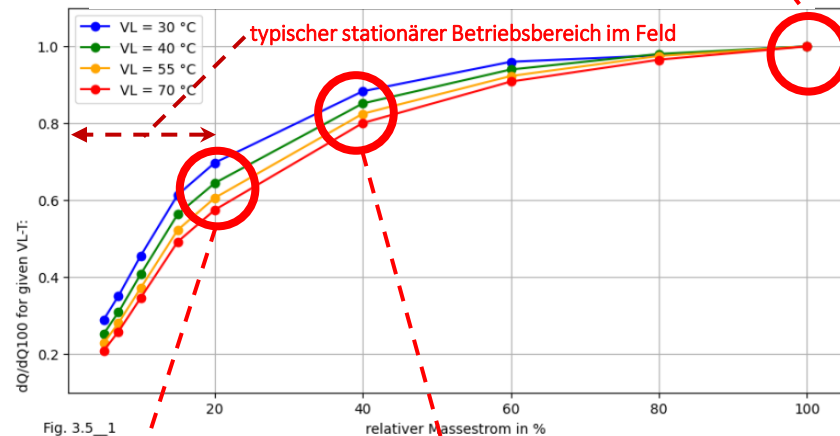
Untersuchung der Unsicherheiten von elektronischen Heizkostenverteiltern

Anzeigeverhalten und Empfindlichkeit von EHKV: Feldsituation

- Die Grenzwerte der Anzeigeabweichung definiert **DIN EN 834** beim Heizmediumstrom des **Basiszustands** (entsprechend einem Betriebszustand bei $t_L = 20^\circ\text{C}$ von z.B. $t_V = 50 \dots 60^\circ\text{C}$, $t_R = \text{ca. } 40 \dots 50^\circ\text{C}$)
- Feldsituation: Tatsächlich befindet sich der dominierende Teil von Heizkörpern in der Heizphase im gedrosselten Betriebszustand, also fernab vom Basiszustand nach DIN EN 834. Hier links dargestellt stündliche Ablesungen $\dot{Q}_R / \dot{Q}_N$.



59% aller HK-Gruppen im Feld liefern lediglich $\leq 20\%$ der Normwärmeleistung
 78% aller HK-Gruppen im Feld liefern lediglich $\leq 30\%$ der Normwärmeleistung
 95% aller HK-Gruppen im Feld liefern lediglich $\leq 50\%$ der Normwärmeleistung



Bereits bei 20% des Norm-Massestroms werden ca. 60% der Wärmeleistung abgegeben
 -> bei 10 % des Norm-Massestroms werden ca. 40% der Wärmeleistung abgegeben
 -> bei 40 % des Norm-Massestroms werden ca. 80% der Wärmeleistung abgegeben
Fazit: Heizkörper werden im MFH-Bestand typisch im Drosselungsbereich betrieben.

Untersuchung der Unsicherheiten von elektronischen Heizkostenverteilern

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Empfindlichkeit elektronischer Heizkostenverteiler -

Die Empfindlichkeit des elektronischen Heizkostenverteilers dient der messtechnischen Charakterisierung des Gerätes und ist das Verhältnis aus angezeigten Einheiten zur Wärmeabgabe des Heizkörpers und wird typisch angegeben in Anzeige-Einheiten je kWh.

$$E_{EHKV}(t_i) = \frac{\Delta z_{EHKV,i}}{\Delta t \cdot \dot{Q}_{\text{Heizkörper}}(t_i)} = \frac{\Delta z_{EHKV,i} / \Delta t_i}{\dot{Q}_{HK}(t_i)} \Rightarrow E_{EHKV}(t) = \frac{\dot{z}_{EHKV}(t)}{\dot{Q}_{HK}(t)}$$

E_{EHKV} Empfindlichkeit des elektronischen Heizkostenverteilers Einheiten (units) bezogen auf die vom Heizkörper emittierte Wärmemenge, Angabe in [units/kWh] oder [units/GJ] oder [units/Wh] oder [units/Joule] oder [units/GCal]

$\dot{Q}_{HK}(t)$ thermische Energieabgabe (Wärmeleistung) des Heizkörpers (Strahlung + Konvektion) in [W] oder [kW]

$\Delta z_{EHKV,i}$ Anzeigefortschritt in units des elektronischen Heizkostenverteilers im Zeitintervall Δt_i

$\dot{z}_{EHKV}$ Anzeigegeschwindigkeit oder Anzeigefortschritt je Zeiteinheit des elektronischen Heizkostenverteilers in [units/h]

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Auswirkungen der Betriebs-Empfindlichkeit elektronischer Heizkostenverteiler auf die Kostenverteilung in Mehrfamilienhäusern -

Die Betriebs-Empfindlichkeit des elektronischen Heizkostenverteilers ist die Empfindlichkeit im Betriebsbereich von Heizkörpern, hier exemplarisch als Verlauf dargestellt für einen Plattenheizkörper für 2 Exponenten.

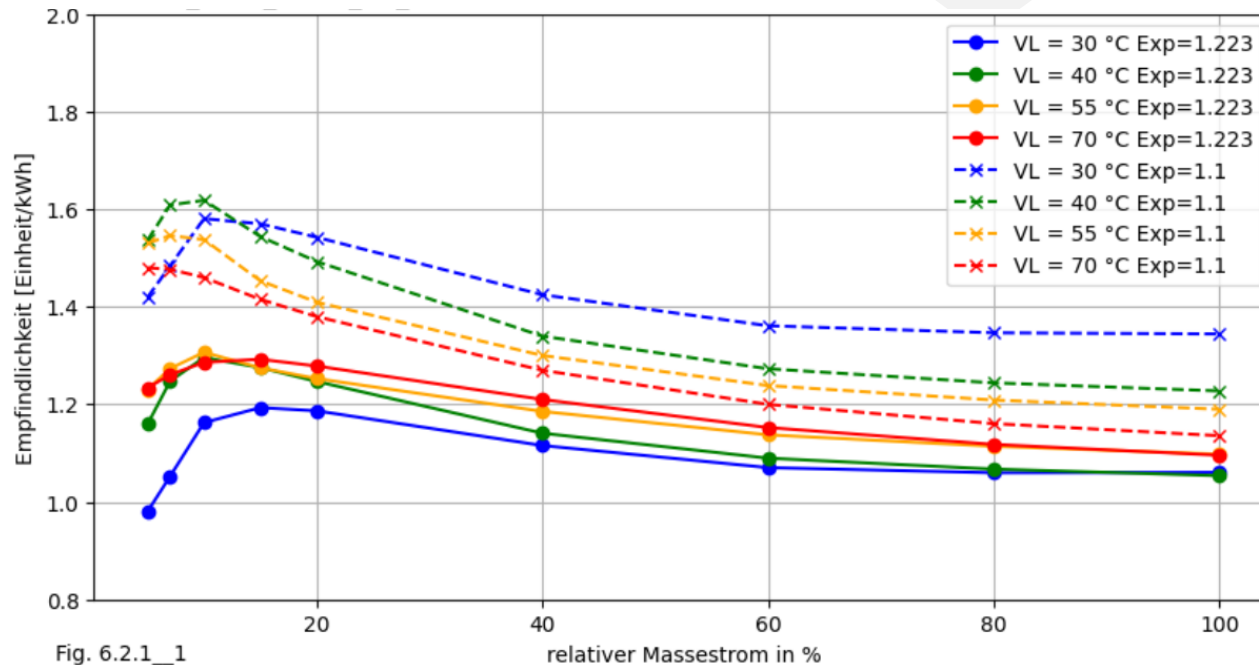
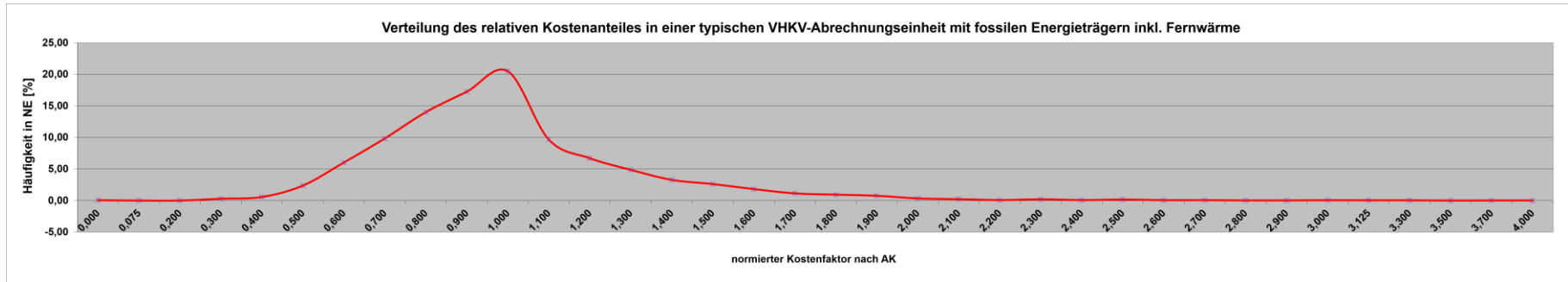
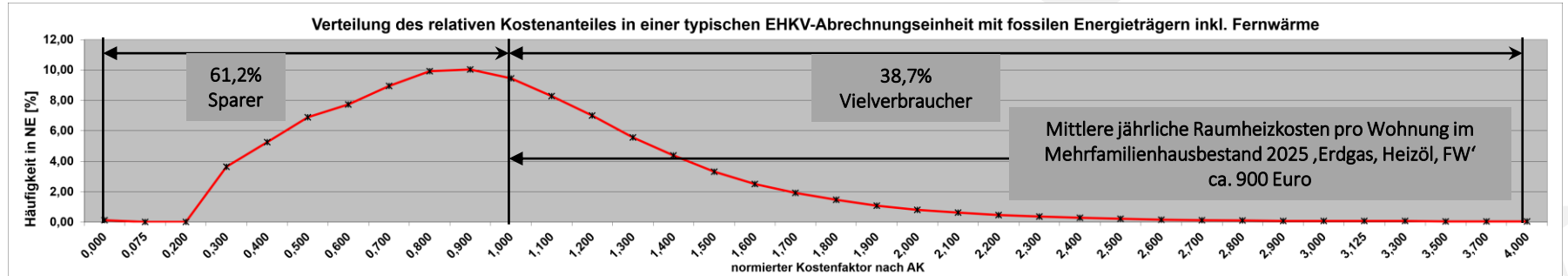


Fig. 6.2.1__1

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Auswirkungen der Betriebs-Empfindlichkeit elektronischer Heizkostenverteiler auf die Kostenverteilung in Mehrfamilienhäusern -

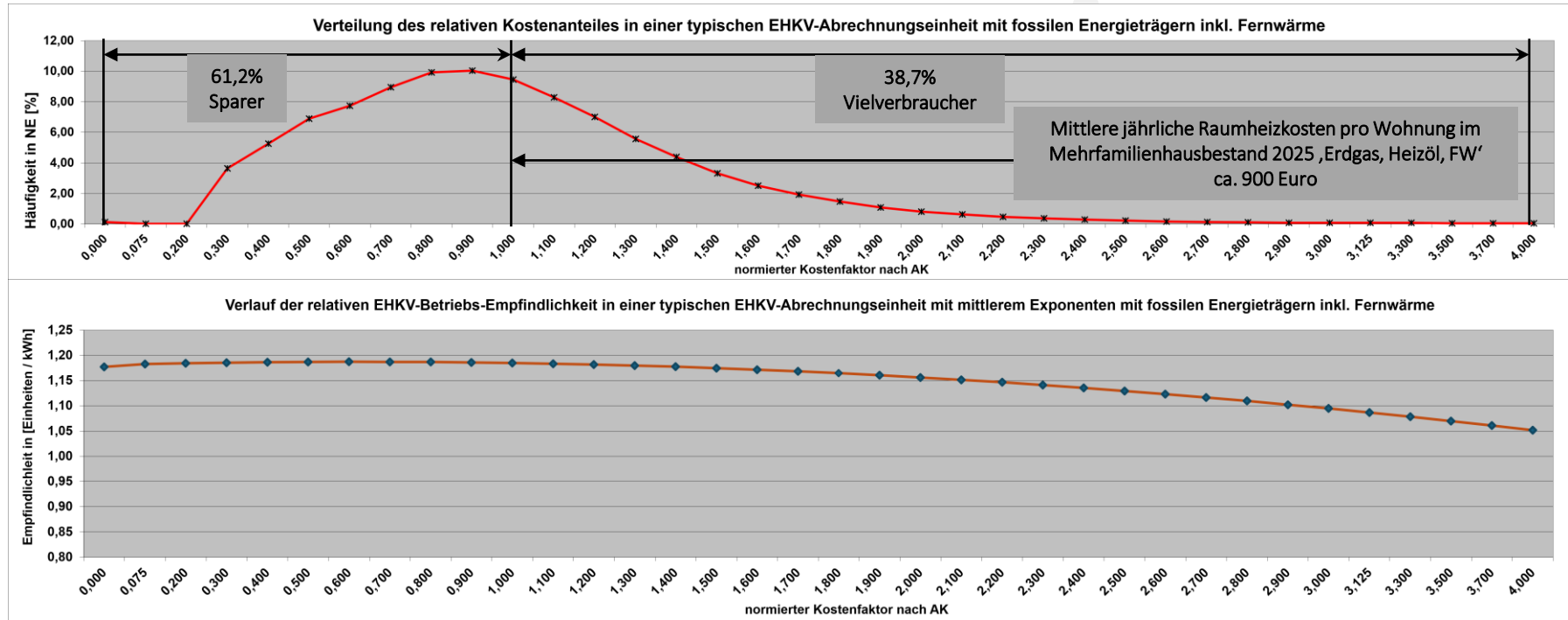
Erstellt wurde zunächst die charakteristische Verteilung der relativen Kostenanteile der Nutzeinheiten innerhalb einer typischen Liegenschaft im Bestand der abgerechneten MFH in D für fossile Energieträger inkl. Fernwärme.



Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Auswirkungen der Betriebs-Empfindlichkeit elektronischer Heizkostenverteiler auf die Kostenverteilung in Mehrfamilienhäusern -

Für die oben stehende Verteilung der relativen Kostenanteile der Nutzeinheiten innerhalb einer typischen Liegenschaft mit elektronischen Heizkostenverteilern wurde der unten stehende Betriebsempfindlichkeitsverlauf für mittlere Exponenten ermittelt.



Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Auswirkungen der Betriebs-Empfindlichkeit elektronischer Heizkostenverteiler auf die Kostenverteilung in Mehrfamilienhäusern -

Der Fehler der Kostenverteilung wurde ermittelt zu

$$\Delta k_{HZG,i} = (1 - g_0) \cdot \left(\frac{zw_i + \Delta z_i}{\sum_i (zw_i + \Delta z_i)} - \frac{zw_i}{\sum_i (zw_i)} \right)$$

mit

dem Grundkostenanteil gem. Abrechnungsmaßstab (§7 HeizkostenV) g_0

den erfassten HKV-Einheiten der Nutzeinheit i:

$$z_i = zw_i + \Delta z_i$$

dem wahren Verbrauchswert in HKV-Einheiten der Nutzeinheit i:

$$zw_i$$

Mit den im Abrechnungsbestand typischen Gerätebetriebsempfindlichkeiten elektronischer Heizkostenverteiler $E_{EHKV,k}$ folgt dann

$$\overline{\Delta k}_{HZG,k} = (1 - g_0) \cdot \left(\frac{\bar{z}_k}{\sum_k \bar{z}_k} - \frac{\left(\frac{\bar{z}_k}{E_{EHKV,k}} \right)}{\sum_k \left(\frac{\bar{z}_k}{E_{EHKV,k}} \right)} \right)$$

ein Bereich des Abrechnungsfehlers von typisch +/- 3.7 %, Standardabweichung 3,5 %.

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Messergebnisse / results -

Referenzpunkt für den normierten wärmebezogenen Anzeigefortschritt

- selection of reference measuring point -

- Als Referenzpunkt für den normierten wärmebezogenen Anzeigefortschritt wird in der Regel der Basis-Zustand für Messungen von c-Werten gemäß DIN EN 834 definiert.
- Die DIN EN 834 gibt für den Basis-Zustand eine mittlere Heizmedium-Temperatur von 40 °C bis 60 °C vor, entsprechend Übertemperaturen von 20 K bis 40 K.
- Verschiedene HKV-Hersteller machen innerhalb des o. g. Bereiches unterschiedliche Vorgaben; typische Werte sind 35 K und 30 K.
- In unseren Messungen haben wir als Referenzpunkt den Arbeitspunkt (90, 70, 20)°C verwendet. Dies entspricht einer logarithmischen Übertemperatur von 59,44 K, also rund 60 K.
- Die relative Empfindlichkeit des Heizkostenverteilers wird in unserer Untersuchung als das Verhältnis der Empfindlichkeit in einem beliebigen Arbeitspunkt zu diesem Referenzpunkt definiert.

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Messergebnisse / results -

Messpunkte für den Plattenheizkörper Typ 22 / measuring points



Heizkörper-Exponent $n = 1,31$

Plattenheizkörper Typ 22 (Bauhöhe 600 mm):				Messpunkte gem. Anhang 6 DIN EN 834
Messpunkt	Vorlauf	Rücklauf	mp-Verh.	Bez. in A.6
1	90 °C	70 °C	100%	A
2	70 °C	57 °C	100%	A
3	38 °C	34 °C	100%	A
4	70 °C	40 °C	30%	C
5	38 °C	29 °C	30%	C
6	70 °C	25 °C	10%	—
7	38 °C	23 °C	10%	—

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Messergebnisse / results -

Messpunkte für den Röhrenheizkörper / measuring points



Heizkörper-Exponent $n = 1,29$

Röhrenheizkörper (Bauhöhe 600 mm):				Messpunkte gem. Anhang 6 DIN EN 834
Messpunkt	Vorlauf	Rücklauf	mp-Verh.	Bez. in A.6
1	90 °C	70 °C	100%	A
2	70 °C	57 °C	100%	A
3	70 °C	40 °C	30%	C
4	70 °C	25 °C	10%	—

Hinweis:

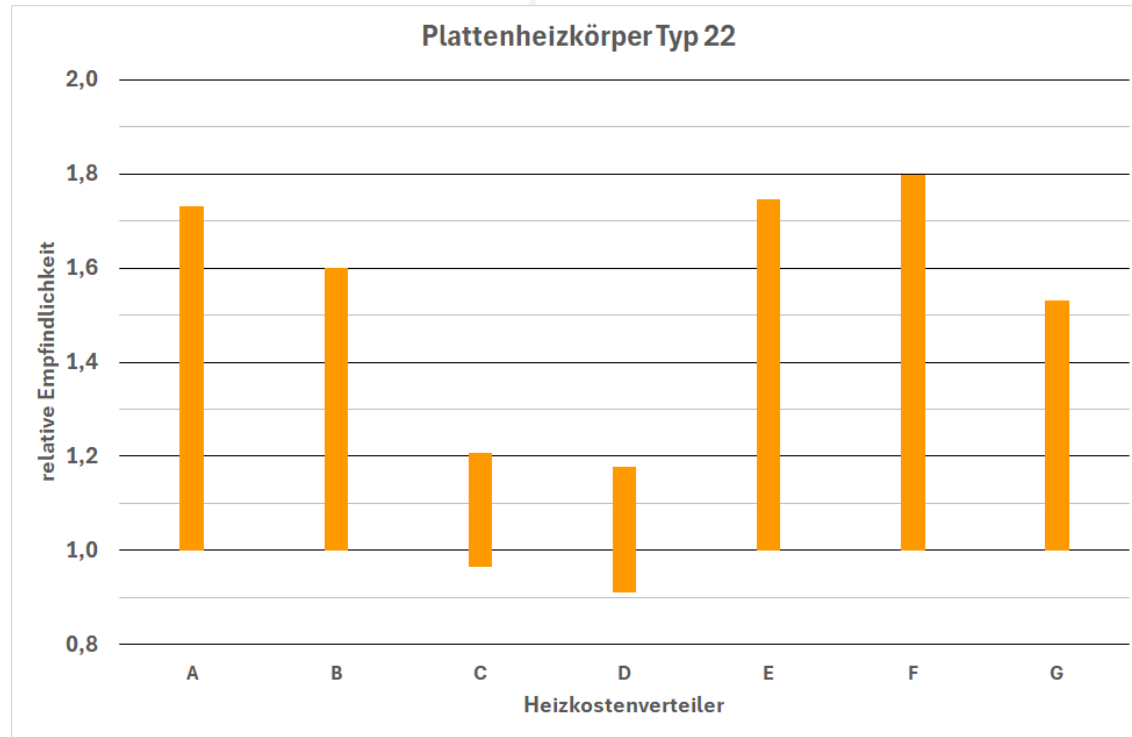
Über den Projektantrag hinaus wurde auch beim Röhrenheizkörper das volle Messprogramm durchgeführt.

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Zusammenstellung Messergebnisse / results -

spread of relative sensitivity / relative Empfindlichkeit: Plattenheizkörper

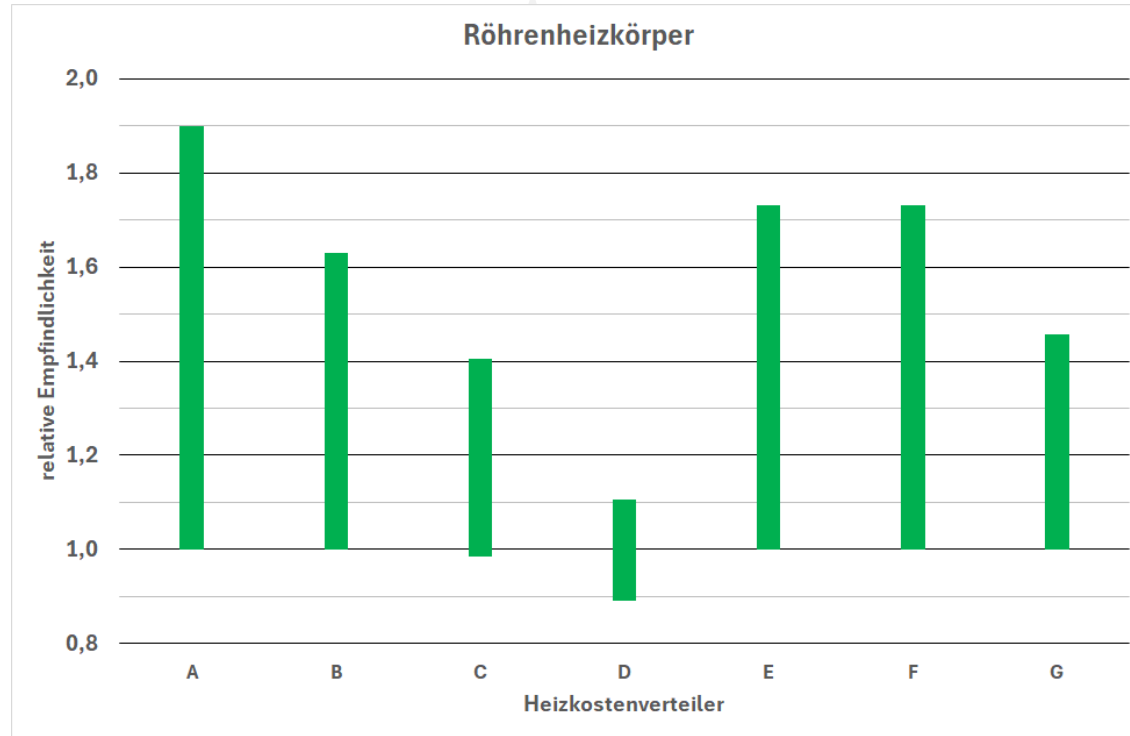
- Das nebenstehende Säulendiagramm zeigt die Gesamtbandbreiten der relativen Empfindlichkeit im 2-Fühlerbetrieb beim Platten-Heizkörper für alle untersuchten HKVE.
- Bemerkenswert ist hier das Betriebsverhalten der Prüflinge „C“ und „D“ mit ihren vergleichsweise kleinen Bandbreiten.



Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Zusammenstellung Messergebnisse / results - spread of relative sensitivity / relative Empfindlichkeit: Röhrenheizkörper

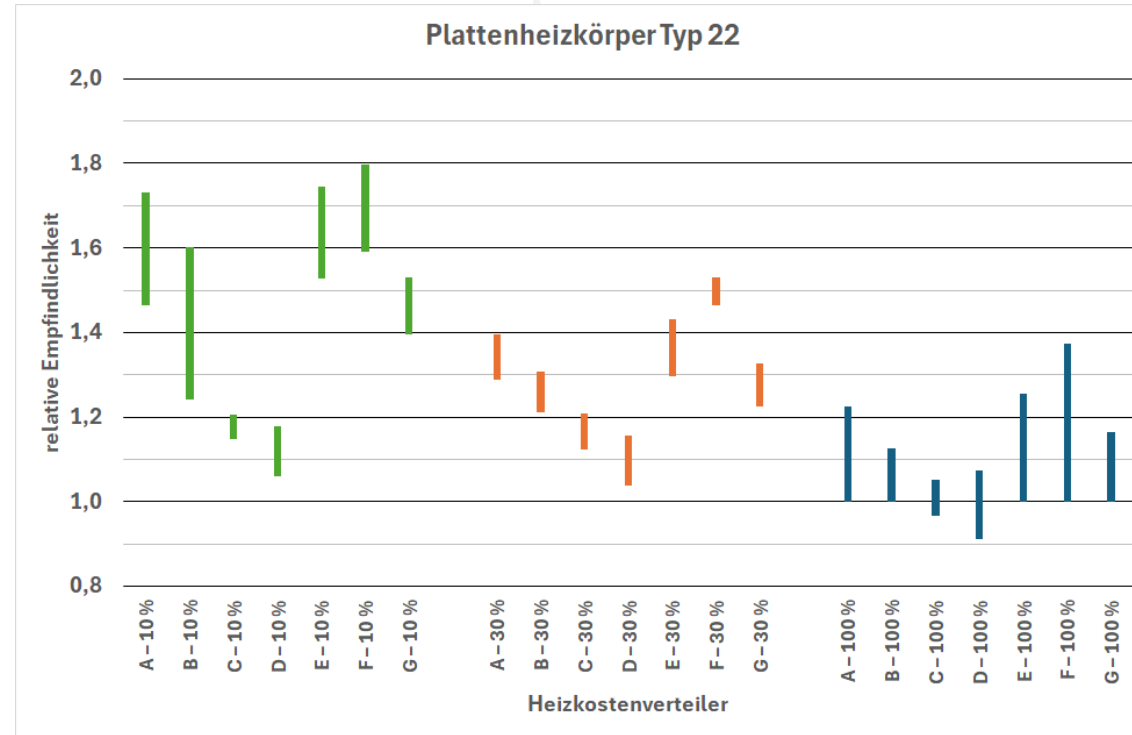
- Das nebenstehende Säulendiagramm zeigt die Gesamtbandbreiten der relativen Empfindlichkeit im 2-Fühlerbetrieb beim Röhren-Heizkörper für alle untersuchten HKVE.
- Bemerkenswert ist hier wiederum das Betriebsverhalten des Prüflings „D“.



Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Zusammenstellung Messergebnisse / results - spread of relative sensitivity in dependence on operating points: Platten-HK

- Das nebenstehende Säulendiagramm zeigt eine Differenzierung der relativen Empfindlichkeit im 2-Fühler-Betrieb beim Plattenheizkörper.
- Bemerkenswert ist auch hier wieder das Betriebsverhalten der Prüflinge „C“ und „D“.

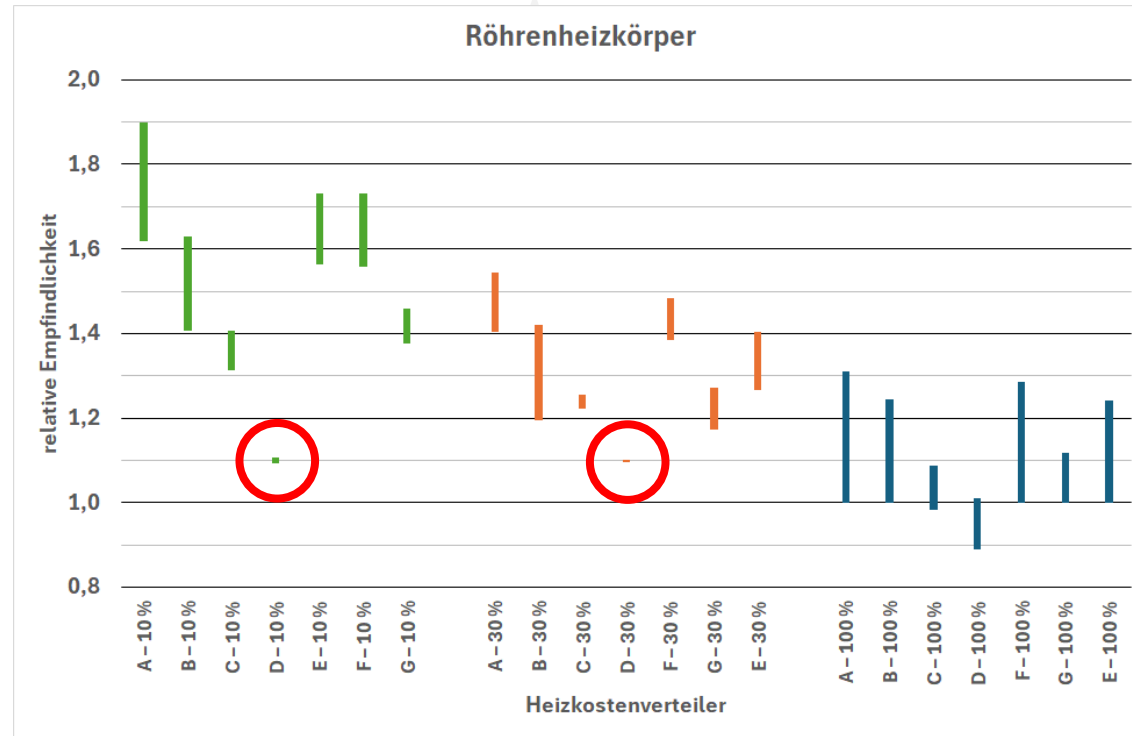


Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Zusammenstellung Messergebnisse / results -

spread of relative sensitivity in dependence on operating points: Röhren-HK

- Das nebenstehende Säulendiagramm zeigt eine Differenzierung der relativen Empfindlichkeit im 2-Fühler-Betrieb beim Röhrenheizkörper.
- Hier ist das Betriebsverhalten des Prüflings „D“ insofern hervorzuheben, als die Bandbreiten bei 10 % und 30 % minimal ausfallen.



Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Messergebnisse / results -

Ergebnisse für einen der untersuchten HKVE

- Die nebenstehende Tabelle zeigt beispielhaft die Differenzierung der Ergebnisse für den Prüfling „E“ im 2-Fühlerbetrieb beim Röhrenheizkörper.
- Sowohl in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur als auch des relativen Heizmittelstroms sind Einflüsse auf die rel. Empfindlichkeit gegeben, wobei der Einfluss des Heizmittelstroms dominiert.

Prüfling "E" 2-Fühler-Betrieb		relative Empfindlichkeit
Vorlauf- temperatur	Heizmittel- strom- Verhältnis	MO in 75% der Bauhöhe
38 °C	100%	1,241
	30%	1,403
	10%	1,730
60 °C	100%	1,104
70 °C	100%	1,063
	30%	1,267
	10%	1,564
90 °C	100%	1,000

Result of measurement run on EHCA test bench:
selected device overestimates at low mass flow

Tolerance for radiator heat output acc. to EN 442

- Ergebnisse / results -

Toleranz der Heizkörper-Wärmeleistung nach EN 442

- Für die Qualitätskennzeichen Deutschlands, Frankreichs, Großbritanniens und Spaniens gibt es ein System der gegenseitigen Anerkennung: RADMAC – RADiators Mutual Acceptance of Certification
- Dort wird einheitlich gefordert, dass die Norm-Wärmeleistungen der Erstprüfung in der Produktion mit einer Toleranz von bis zu – 4 % eingehalten einzuhalten sind.
- Dies wird mittels jährlicher Kontrollprüfungen überwacht.
- Die Prüfstelle HLK Stuttgart ist in dieses Überwachungssystem eingebunden und kann aufgrund vorliegender Erfahrungen bestätigen, dass Abweichungen von mehr als 4 % die Ausnahme sind.
- Stellt man größere Abweichungen als 4 % fest, müssen vom Hersteller die Gründe dafür dargelegt und innerhalb kurzer Zeit beseitigt werden.

Tolerance for mounting height

- Ergebnisse / results -

Toleranz der Montagehöhe

- Die DIN EN 834 gibt für die Montagehöhe der HKVs eine absolute Toleranz von ± 10 mm vor und zwar unabhängig von der tatsächlichen Bauhöhe der Heizkörper.
- Dies hat zur Folge, dass die relative Toleranz der Montagehöhe von der Bauhöhe der Heizkörper abhängt.
- Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, liegt der Einfluss auf den Anzeigefortschritt bei ≤ 1 %.

BH in mm	Δ Anzeigefortschritt	
	1-Fühler	2-Fühler
300	1,0%	1,0%
600	0,5%	0,5%
900	0,3%	0,3%

Effect of a towel on a bathroom radiator

- Messergebnisse / results -

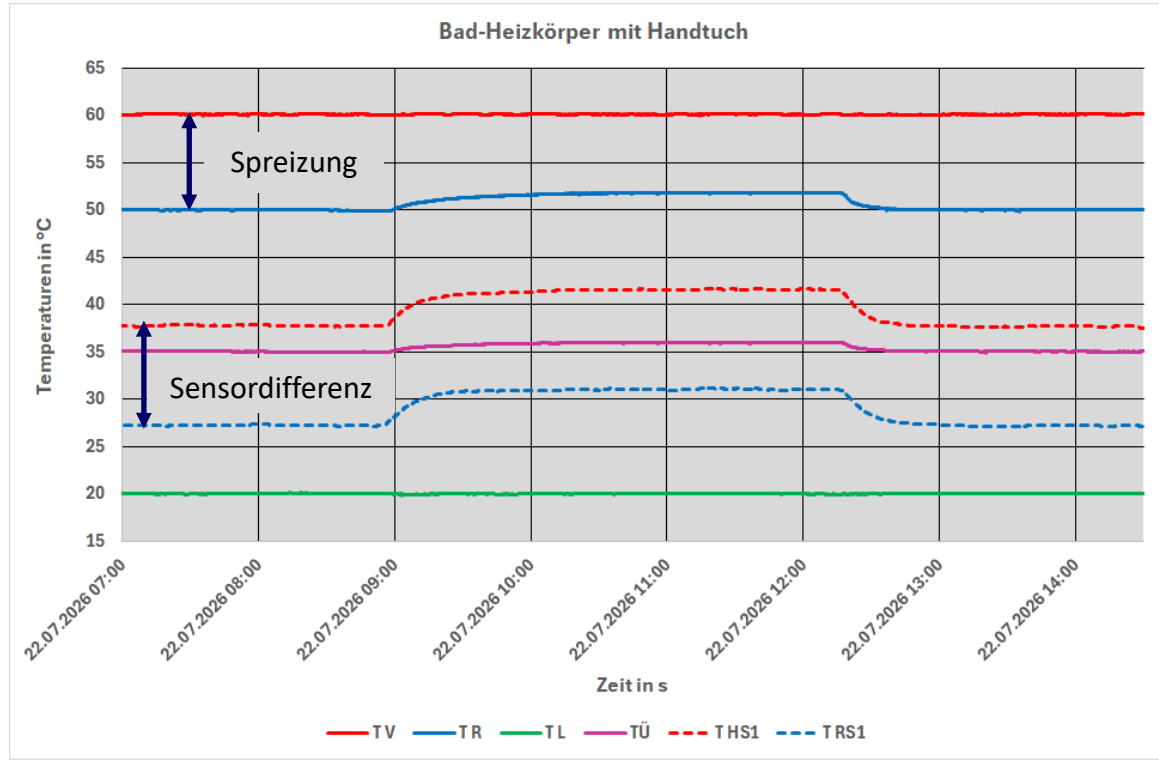
Einfluss eines Handtuchs beim Bad-Heizkörper



Effect of a towel on a bathroom radiator

- Messergebnisse / results -

Einfluss eines Handtuchs beim Bad-Heizkörper



- Die Wärmeleistung geht auf **82 %** zurück.
- Und für den Anzeigefortschritt sowie die resultierende Überbewertung der Wärmeabgabe ergibt sich für den 1- und 2-Fühler-Betrieb:

122% 1-F-Anzeigefortschritt
48% Überbewertung

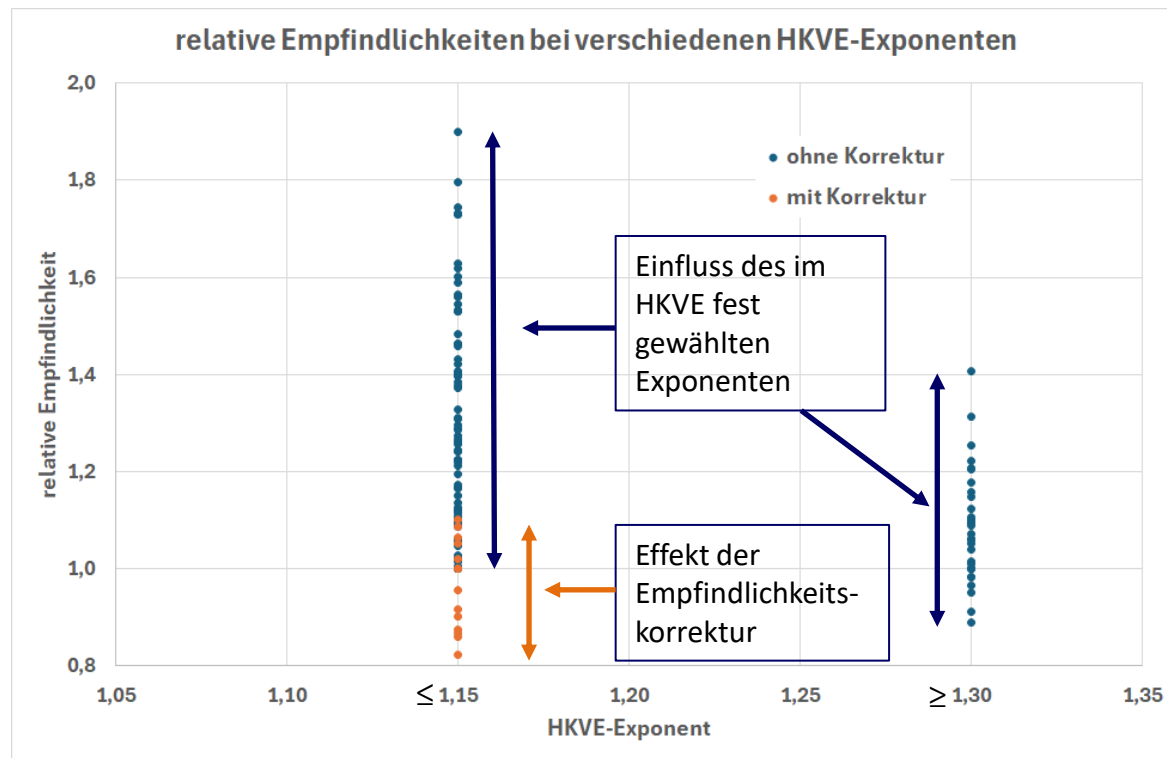
101% 2-F-Anzeigefortschritt
22% Überbewertung

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Messergebnisse / results -

Einfluss von Heizkörper-Exponenten und Korrektur der Empfindlichkeit

- Größere im HKVE gewählte Heizkörper-Exponenten verringern die betriebsbedingte Spreizung der relativen Empfindlichkeit.
- Die Korrektur der Betriebsempfindlichkeit führt zu einer deutlichen Verringerung der Empfindlichkeitsspreizung.
- Für Abrechnungszwecke ist eine geringe Spreizung der relativen Empfindlichkeit vorteilhaft.



Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Ergebnisse 1 von 2 -

- Results 1 of 2 -

- Es wurde eine Methodik zur vergleichenden Untersuchung der Anzeigecharakteristik von elektronischen Heizkostenverteiltern entwickelt, welche auf der Betriebsempfindlichkeit abstellt.
- Die Anzeigecharakteristik, also die Betriebsempfindlichkeit der Heizkostenverteiler hat neben anderen Einflüssen wie z.B. der Wiederholpräzision bei der Montage oder der Serienstreuung der Heizkörper hinsichtlich Ihrer Norm-Wärmeleistung den größten Einfluss auf die Messwertanzeige.
- Es stellte sich heraus, dass der im Gerät fest hinterlegte Exponent nennenswerten Einfluss auf die Empfindlichkeit in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen hat. Der Bandbreite der in der Firmware der HKVE-Geräte hinterlegten Exponenten am Markt von 1,10 bis 1,35 steht eine Bandbreite von ca. 1,25 bis 1,45 bei den Exponenten der Heizkörper gegenüber.
- Darüber hinaus wird erkennbar, dass in der Firmware des HKVE hinterlegte Algorithmen zur Kompensation des Einflusses von Betriebsbedingungen die Betriebsempfindlichkeit günstig beeinflussen können.

Uncertainties of electronic heat cost allocators

- Ergebnisse 2 von 2 -

- Results 2 of 2 -

- Die im Feld festgestellte Streuung der Geräte-Betriebsempfindlichkeit hat den größten Einfluss auf die Kostenverteilung und führt zu einem typischen Verteilfehler in der Heizkostenabrechnung im unteren einstelligen Prozentbereich.
- Handtücher haben einen nennenswerten Einfluss auf die Betriebsempfindlichkeit, was aber üblicherweise nur bei Bad-Heizkörpern zum Tragen kommt, welche einen Anteil von typisch unter 20% der installierten Heizkörperleistung darstellen. Vorteilhaft sind hier 2-Fühler-Geräte wegen geringerer Mehranzeige.
- Weitere Einflüsse auf den Kostenverteilfehler:
 - Betriebstemperaturen und Heizmittelstrom: dieser Einfluss bildet sich ab in der untersuchten Streuung der Betriebsempfindlichkeit und dem daraus folgenden Kostenverteilfehler (siehe oben);
 - Toleranz der Normwärmeleistung, Montagehöhe: dieser Einfluss liegt eine Größenordnung unterhalb der anderen Einflüsse.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Jörg Schmid (joerg.schmid@hlk-stuttgart.de)
HLK Stuttgart GmbH

Dr.-Ing. Arne Kähler (arne.kaehler@techem.de)
Techem Research Institute on Sustainability (TRIOS)