Temperaturabhängigkeit von Wärmezählern - ein Praxisbericht -

Dipl.-Ing. Martin Kestner
Metegra GmbH

Metegra-Firmenüberblick

metegra
Kompetenz in Energie-Messtechnik

- **Gegründet: 01.01.2000**
- **Gesellschafter:**

e·on Avacon	enercity positive energie	mainova ServiceDienste	CENTRA PLUS
25 %	25 %	25 %	25 %

- **Eigenständige GmbH**
  - ca. 2.000 m² Prüffläche
  - 20 Prüfstationen für Messgeräte
  - Staatlich anerkannte Prüfstellen für Messgeräte für Elektrizität, Gas, Wasser, Wärme
  - DKD-Kalibrierlaboratorium
  - Benannte Stelle für Modul F der MID, Modul B für MI-003 beantragt
- **Standort: Hannover/Laatzen**
- **Mitarbeiter: 25**
- **Web: www.metegra.de**

13985 EG 21 10 | 01980 GG 21 10 | 02101 WG 21 10 | 00071 KG 21 10

000001 DKD-K-49401 10-01

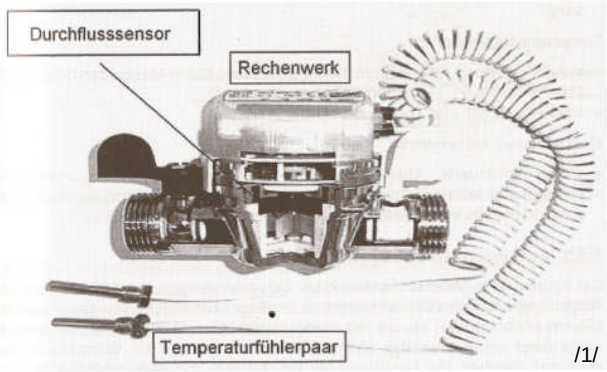
CE M 08 2087

Gliederung

1. Einleitung
2. Erfahrungen aus dem AGFW-Wärmezähler-Prüfprogramm IV/2:
   Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand (einige Beispiele)
3. Erfahrungen eines Herstellers
4. Erfahrungen der Metegra
5. Zusammenfassung

1. Einleitung

- Wärmezähler bestehen aus den Teilgeräten Durchflusssensor, Temperaturfühlerpaar und Rechenwerk. In diesem Vortrag wird allein die **Temperaturabhängigkeit des Durchflusssensors** betrachtet.



- Einsatzbereich von Durchflusssensoren im **Heizbetrieb:**

  20 °C ≤ θ_{Wasser} ≤ 130 °C

- **Prüfwassertemperatur** bei der Eichung bzw. Konformitätsbewertung von Durchflusssensoren:
  - **θ_{Wasser} = (50 ± 5) °C** gem. DIN EN 1434-5 und PTB TR K 7.1 bzw.
  - θ_{Wasser} = (15 … 30) °C gem. PTB TR K 7.1, <u>nur sofern in Zulassung gestattet</u>

- ↯ Beim Betrieb des Durchflusssensors im Wassertemperaturbereich des Heiznetzes entsteht eine temperaturbedingte, **zusätzliche Messabweichung!**

- **<u>Empfehlung der PTB:</u>**
  Max. zulässiger Versatz zwischen Kalt- und Warmkurve: **1/3 MPE** (= 1/3 Fehlergrenze), d.h. für Zähler der Klasse 3: **1,67 %** bei q_i bzw. **1%** bei 0,1 q_p und q_p.

1.1 Verwendete Prüfanlagen

<u>Wärmezähler-Prüfstand des AGFW</u>

- Hersteller: Hamburgische Electricitätswerke (HEW)
- Baujahr: 1986
- Prüfverfahren: gravimetrisch
- Erweiterte Messunsicherheit:

  < 0,2 %, Validierung durch PTB in Arbeit
- Prüfung der Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand der Prüflinge und nach 4.200 Stunden Belastung
- Prüfdurchflüsse:

  q_{iC}; q_{iB}; q_{iA}; 0,1 q_p; 0,33 q_p; 0,66 q_p; q_p

<u>Wärmezähler-Prüfstand der Metegra GmbH</u>

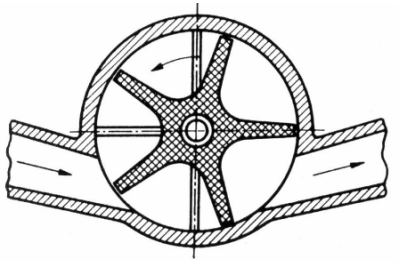
- Hersteller: Calmeta GmbH
- Baujahr: 1996
- Prüfverfahren: gravimetrisch (und mit Vergleichszählern)
- Erweiterte Messunsicherheit gem. DKD-Akkreditierung:

  0,006 … 0,060 m³/h: 0,50 %

  >0,060 …15 m³/h: 0,25 %

2. Erfahrungen aus dem AGFW-WZP IV/2: Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand

Einstrahl-Flügelradzähler

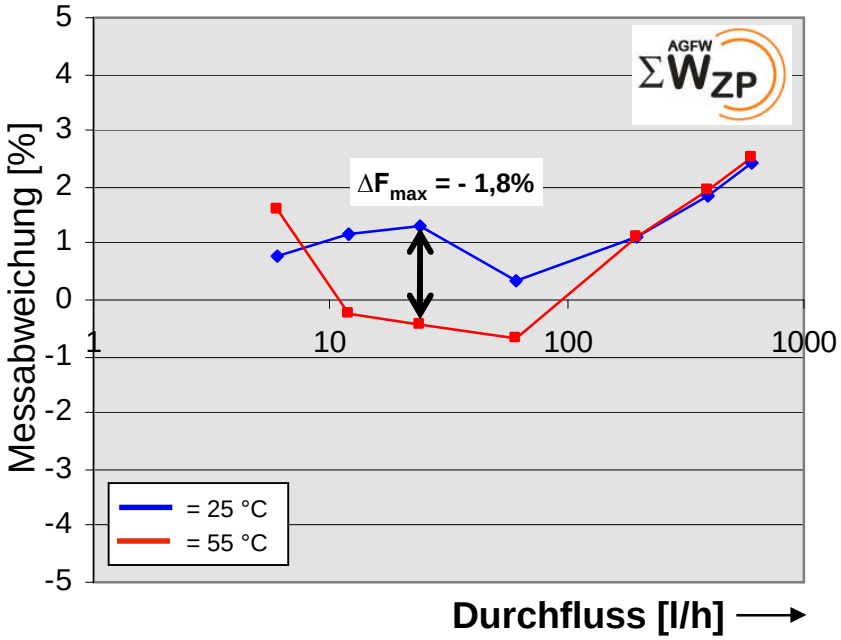


/2/

$$V = v \cdot A \cdot t$$

V Volumen
v Geschwindigkeit
A Rohrquerschnittsfläche
t Messzeit

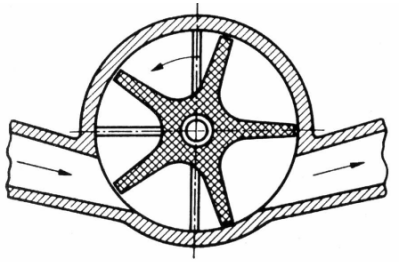
Bauform 8, q_p = 0,6 m³/h



- Temperaturabhängigkeit im unteren und mittleren Durchflussbereich
- Mögliche Ursachen:
  - Umschlag der Strömung von laminar auf turbulent
  - Änderung der Viskosität des Wassers
  - Änderung der Dichte des Wassers

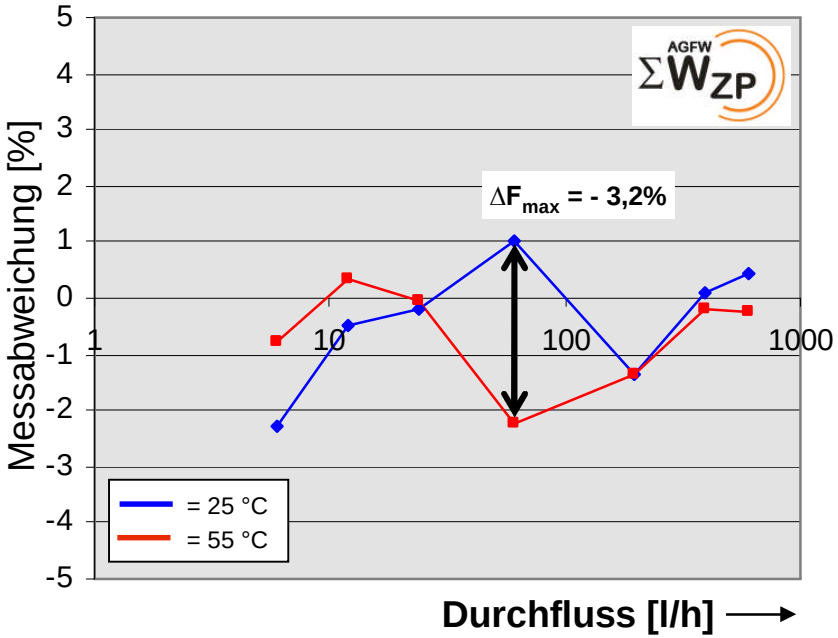
2. Erfahrungen aus dem AGFW-WZP IV/2: Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand (2)

Einstrahl-Flügelradzähler



/2/

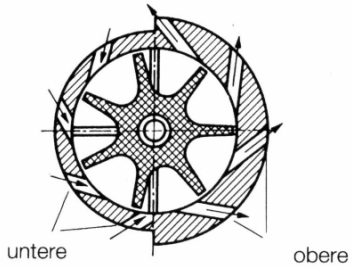
Bauform 2, q_p = 0,6 m³/h



- ähnliche Temperaturabhängigkeit wie Bauform 8

2. Erfahrungen aus dem AGFW-WZP IV/2: Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand (3)

Mehrstrahl-Flügelradzähler

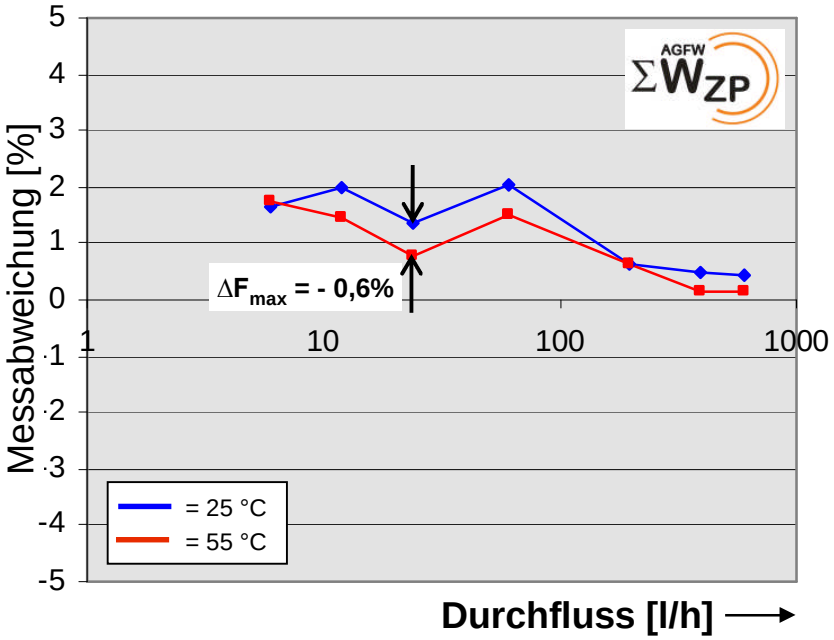


/2/

$$V = v \cdot A \cdot t$$

V Volumen
v Geschwindigkeit
A Rohrquerschnittsfläche
t Messzeit

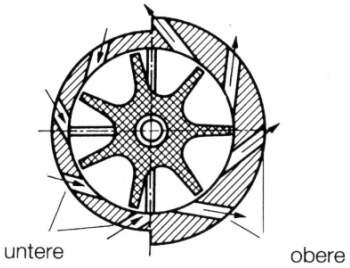
Bauform 4, q_p = 0,6 m³/h



- Temperaturabhängigkeit im unteren und mittleren Durchflussbereich
- bei Bauform 4 nur gering ausgeprägt
- Mögliche Ursachen der Temperaturabhängigkeit:
  - Umschlag der Strömung von laminar auf turbulent
  - Änderung der Viskosität des Wassers
  - Änderung der Dichte des Wassers

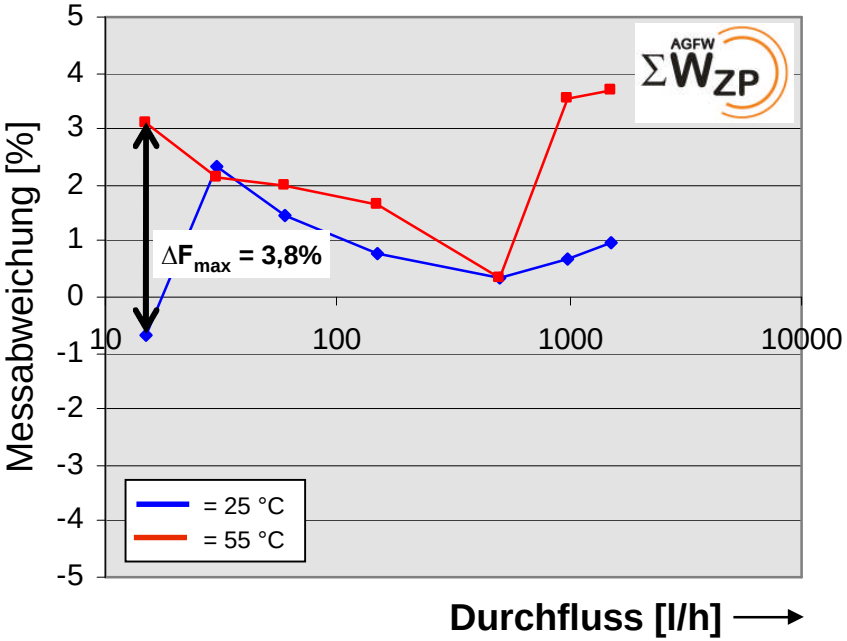
2. Erfahrungen aus dem AGFW-WZP IV/2: Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand (4)

Mehrstrahl-Flügelradzähler



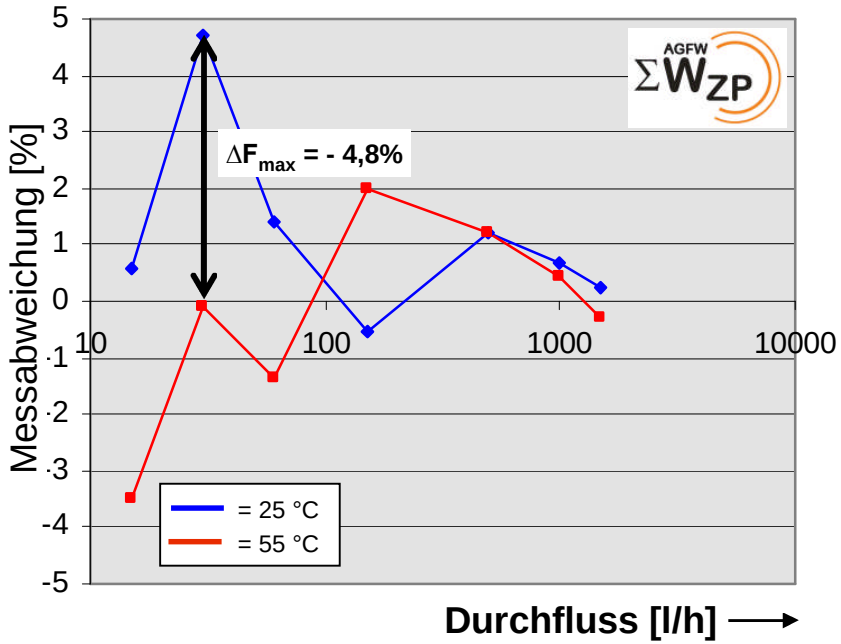
/2/

Bauform 15, q_p = 1,5 m³/h



- hohe Temperaturabhängigkeit bei q_{iC} und im oberen Durchflussbereich

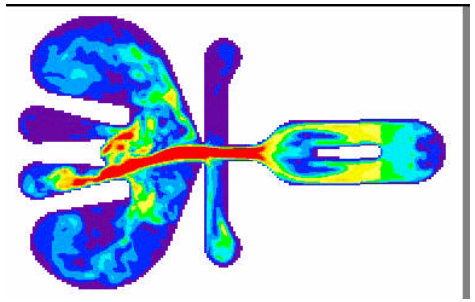
Bauform 14, q_p = 1,5 m³/h



- hohe Temperaturabhängigkeit im unteren und mittleren Durchflussbereich

2. Erfahrungen aus dem AGFW-WZP IV/2: Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand (5)

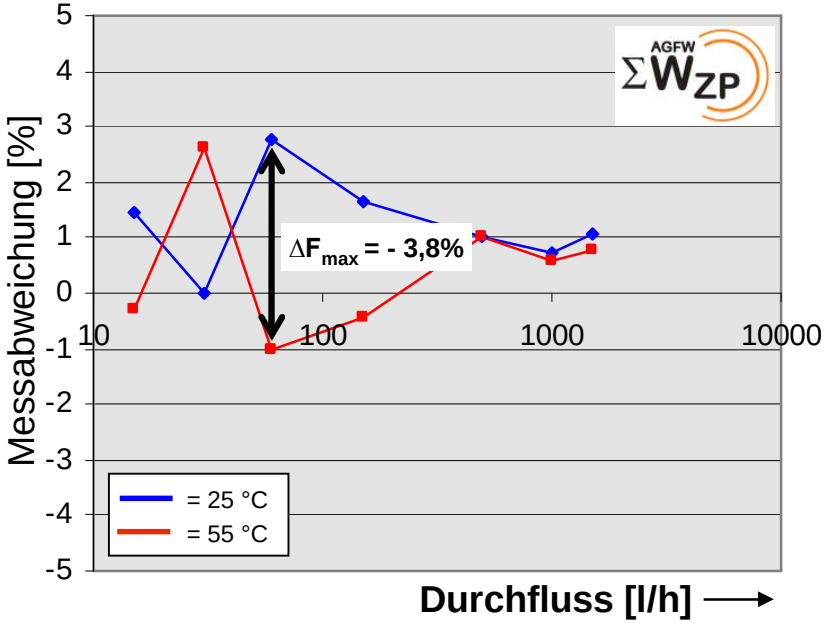
Schwingstrahlzähler



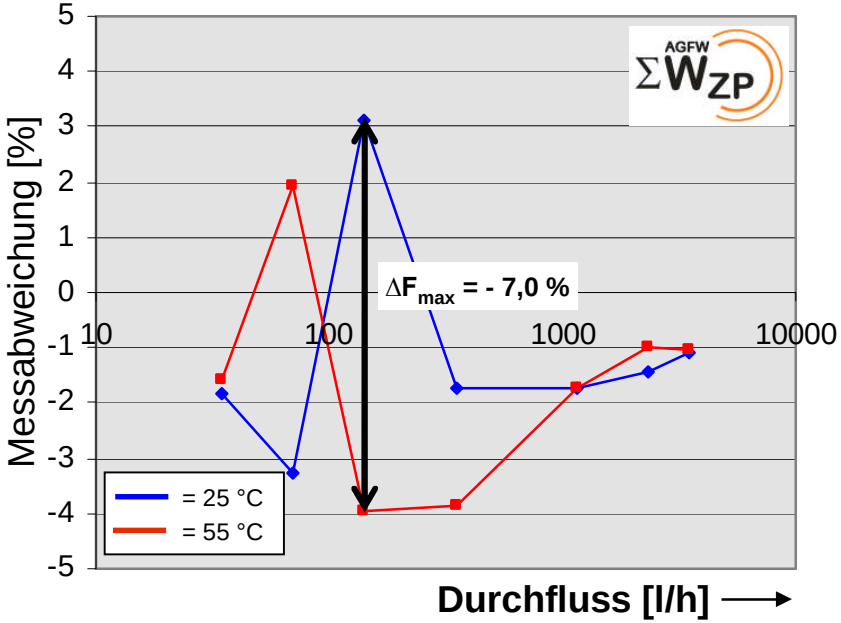
/3/

- Coanda-Effekt
- Signalerfassung durch Piezo-Membran

Bauform 11, q_p = 1,5 m³/h



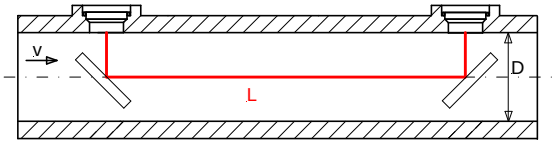
Bauform 21, q_p = 3,5 m³/h



- stark nichtlineare Fehlerkurve
- hohe Temperaturabhängigkeit im unteren und mittleren Durchflussbereich

2. Erfahrungen aus dem AGFW-WZP IV/2: Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand (6)

Ultraschallzähler

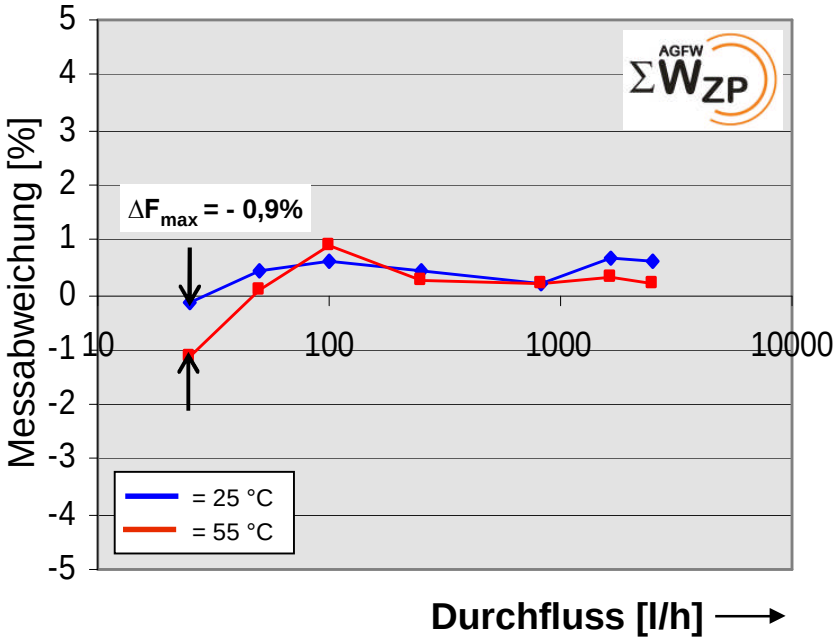


$$\Delta t = t_1 - t_2 \approx \frac{2 \cdot L \cdot v}{c^2}$$

Durchfluss q :

$$q = A \cdot v = const. \cdot c^2 \cdot \Delta t$$

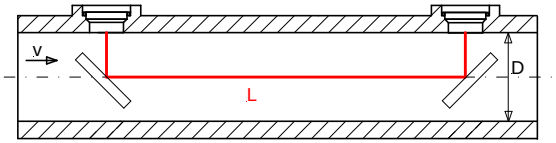
Bauform 17, q_p = 2,5 m³/h



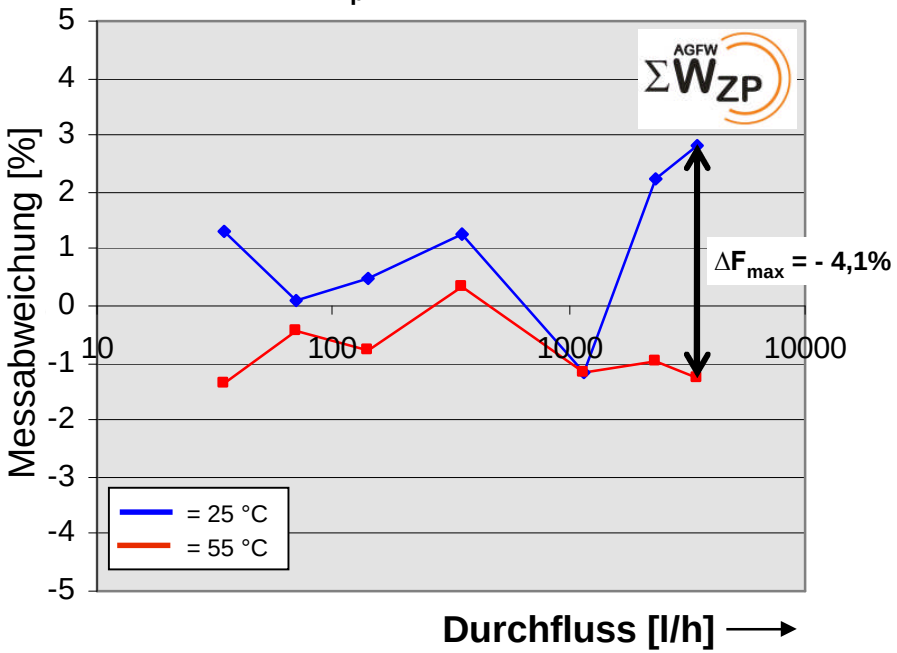
- Am häufigsten verwendetes Ultraschall-Messverfahren: Laufzeitdifferenzmessung
- Mögliche Ursachen der Temperaturabhängigkeit:
  - Schallgeschwindigkeit c = f(θ), (kann durch Thermistor im Rücklauf kompensiert werden)
  - Längenausdehnung bzw. –kontraktion der Spiegelhalterungen
  - Vergussmasse der Piezosensoren

2. Erfahrungen aus dem AGFW-WZP IV/2: Kalt-/Warmabhängigkeit im Neuzustand (7)

Ultraschallzähler

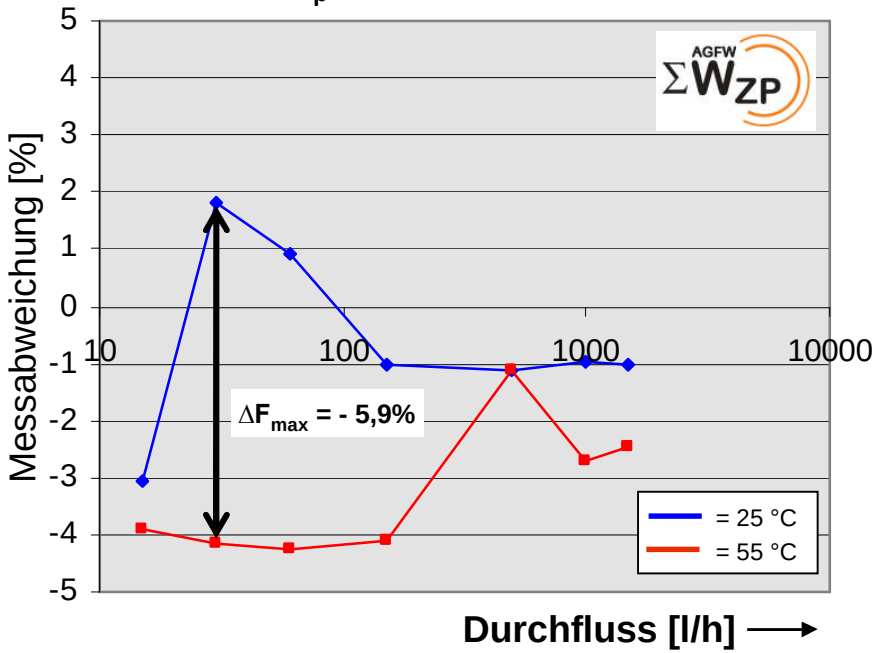


Bauform 23, q_p = 3,5 m³/h



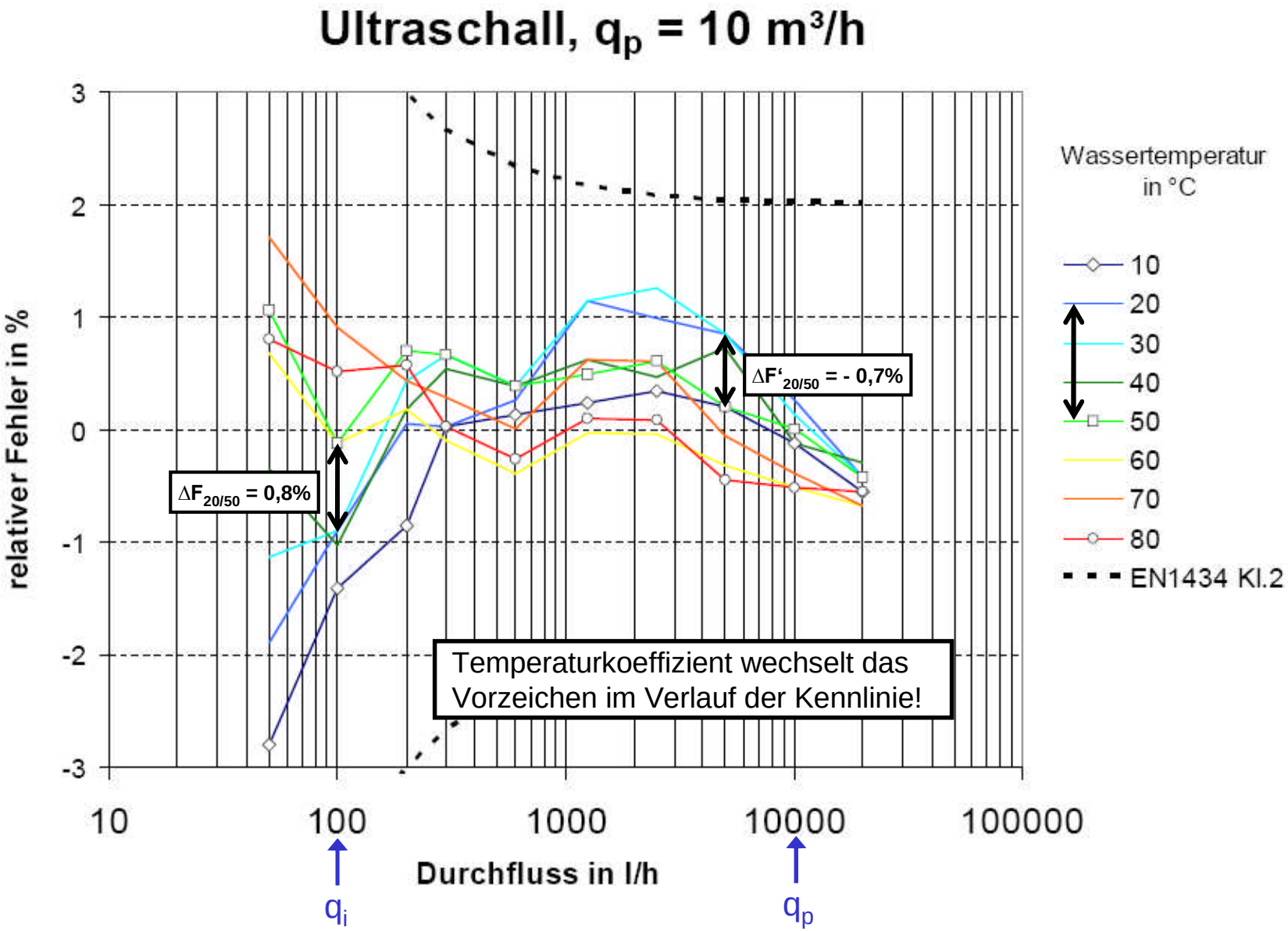
- stark nichtlineare Fehlerkurve
- hohe Temperaturabhängigkeit im unteren und oberen Durchflussbereich

Bauform 9, q_p = 1,5 m³/h



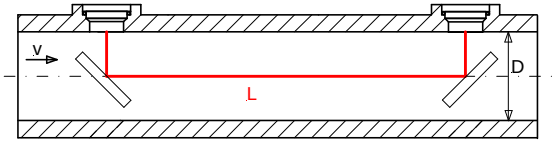
- stark nichtlineare Fehlerkurve
- hohe Temperaturabhängigkeit, fast im gesamten Durchflussbereich

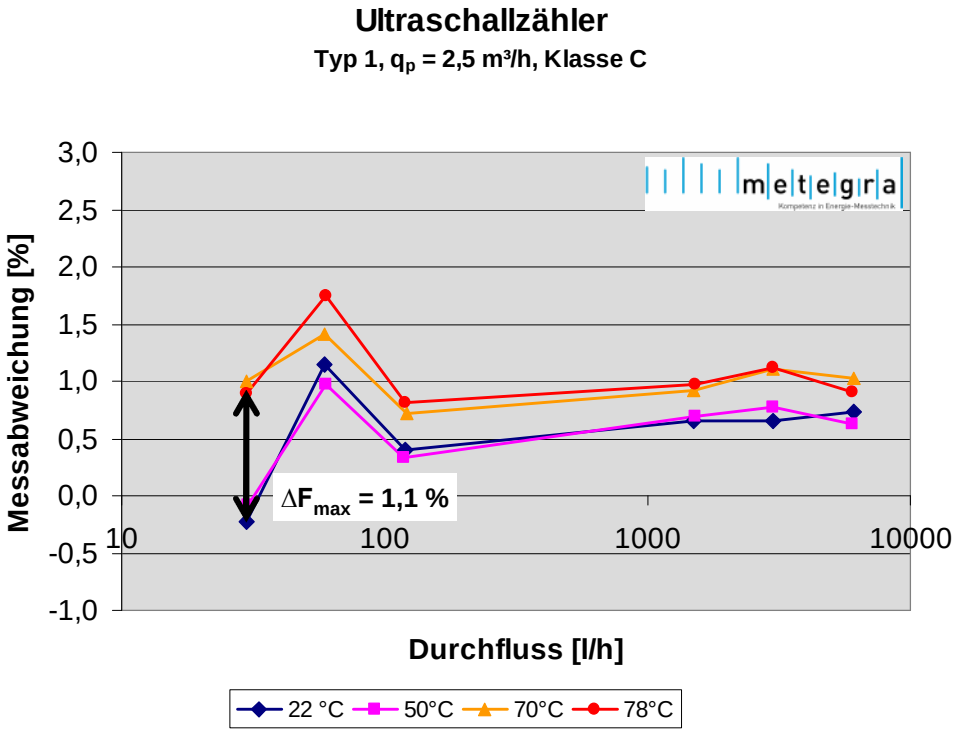
3. Erfahrungen eines Herstellers

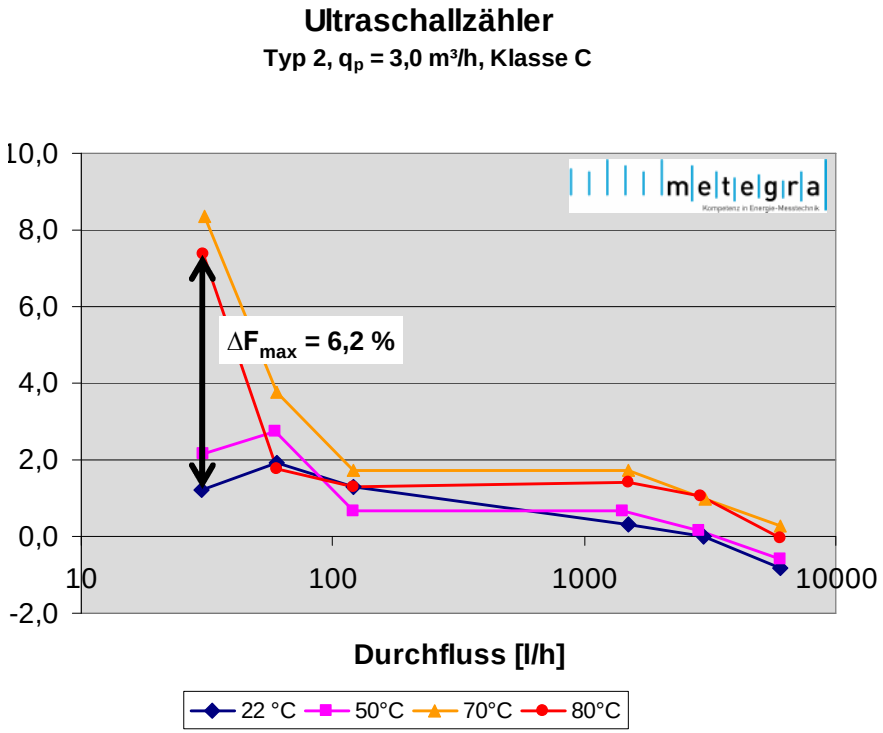


4. Erfahrungen der Metegra

Ultraschallzähler







Max. Temperaturkoeffizient:

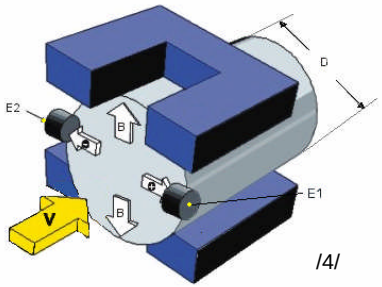
TK_{max} = 1,1 % / 56 K = 0,02 %/K

TK_{max} = 0,11 %/K

4. Erfahrungen der Metegra (2)

Magnetisch-induktiver Durchflusssensor

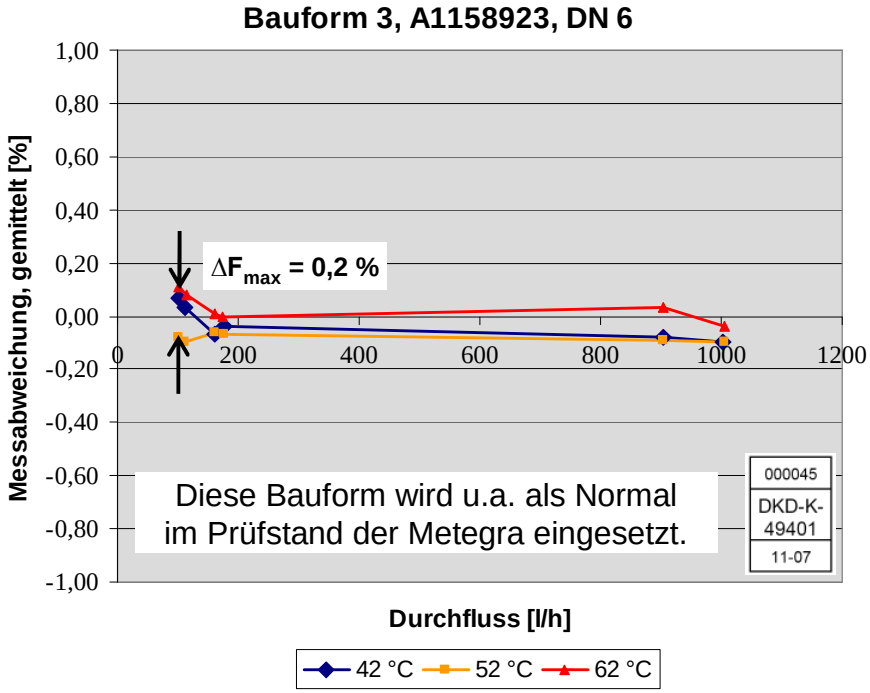
- Messprinzip mit relativ geringer Temperaturabhängigkeit



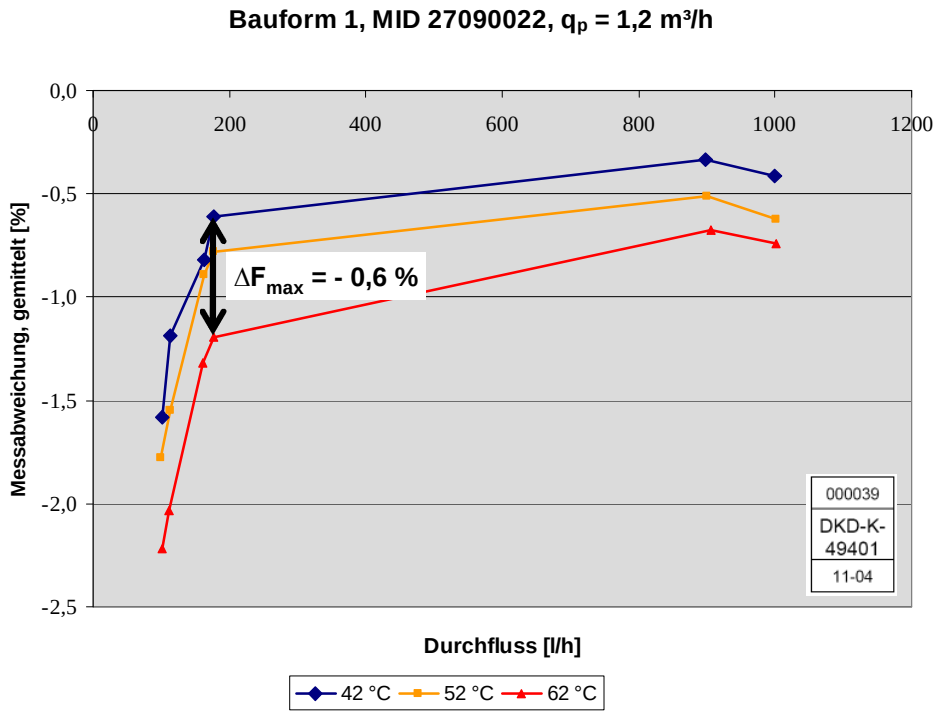
/4/

$$U = k \cdot B \cdot D \cdot v$$

$$q = \frac{\pi \cdot D}{4 \cdot k \cdot B} \cdot U$$



TK_{max} = 0,02 %/K

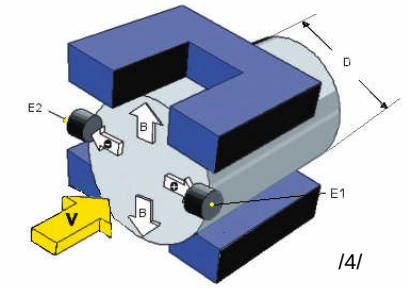


TK_{max} = -0,03 %/K

4. Erfahrungen der Metegra (3)

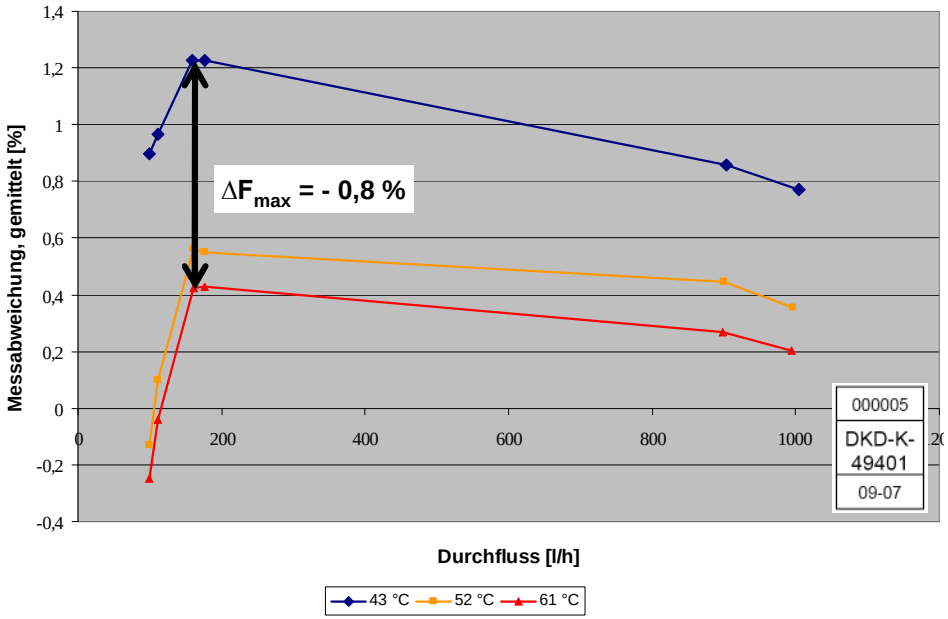
Kompetenz in Energie-Messtechnik

Magnetisch-induktiver Durchflusssensor

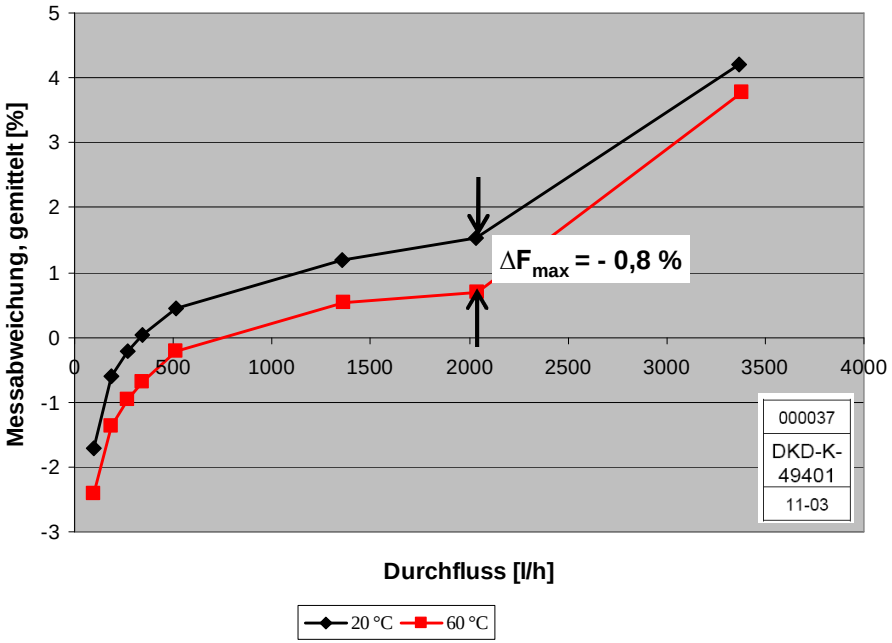


/4/

Bauform 1, MID 27090004, q_p = 1,2 m³/h



Bauform 2, MID A0563152, DN 10



TK_{max} = -0,04 %/K

TK_{max} = -0,02 %/K

5. Zusammenfassung

- Wärmezähler des **Wärmezähler-Prüfprogramms IV/2:**
  - Für die meisten Zählerbauformen lässt sich kein geeigneter Temperaturkoeffizient (%/K) angeben, da die Temperaturabhängigkeit z.T. unsystematisch und je nach Durchflussbereich sehr unterschiedlich ausgeprägt ist.
  - Die überwiegende Anzahl der Zähler hält die PTB-Empfehlung für die Kalt- / Warmabhängigkeit nicht ein:

Messprinzip	Anzahl untersuchter Geräte	Geräte mit Grenzüber-schreitung [1]	Anteil Geräte mit Grenzüberschreitung in %
Einstrahl	6	6	**100**
Mehrstrahl	9	7	**78**
Schwingstrahl	6	6	**100**
Ultraschall	48	37	**77**

- DKD-Kalibrierung von **magnetisch-induktiven Durchflusssensoren** bei der Metegra:
  - Die untersuchten Geräte zeigten eine vergleichsweise geringe Kalt- / Warmabhängigkeit, die im Bereich von (-0,02 bis -0,06) %/K liegt.

- Die hohe Kalt- / Warmabhängigkeit der handelsüblichen Wärmezähler ist nicht akzeptabel. Die Hersteller sind aufgerufen bessere Geräte zu entwickeln.

- Die Kalt- / Warmabhängigkeit sollte im Rahmen der Baumusterprüfung untersucht und bewertet werden. Dafür müssen **verbindliche Grenzwerte** festgelegt werden.

[1] : Grenze = 1/3 MPE

Quellen

/1/ Kreuzberg/Wien: Handbuch der Heizkostenabrechnung, 7. Auflage, Werner-Verlag, 2010

/2/ AGFW, Wärmemessung und Abrechnung, VWEW-Verlag, 1991

/3/ Sontex, Präsentation „Superstatic“

/4/ http://de.wikipedia.org/wiki/Magnetisch_Induktiver_Durchflussmesser

/5/ AGFW-Wärmezähler-Prüfrogramm IV, Abschlussbericht des 2. Durchganges, AGFW, 2009

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Martin Kestner

Leiter
- Staatl. anerkannte Prüfstellen EG 21, GG 21, WG 21, KG 21
- Kalibrierlaboratorium DKD-K-49401
- Benannte Stelle NB 2087

Metegra GmbH
Peiner Straße 47
30880 Laatzen

Tel.	(05102) 6778 - 12
Fax	(05102) 6778 - 50
Mobil	(0170) 9 29 67 78
E-Mail	martin.kestner @metegra.de
Web	www.metegra.de