KROHNE

achieve more

Zum Stand der Neufassung der Heißwasserprüfrichtlinie incl. Methoden zur Anlagendiagnose

Dr. Nicolaus Mathies
2013-09-19

KROHNE

achieve more

1. Heiswasserprüfrichtlinie
2. Verdunstung
3. Diverter
4. Messreihen / Analyse

Zum Stand der Neufassung der Heißwasserprüfrichtlinie incl. Methoden zur Anlagendiagnose

Dr. Nicolaus Mathies
2013-09-19

KROHNE

achieve more

1. **Heiswasserprüfrichtlinie**
2. Verdunstung
3. Diverter
4. Messreihen / Analyse

Dr. Nicolaus Mathies
2013-09-19

Zum Stand der Neufassung der Heißwasserprüfrichtlinie incl. Methoden zur Anlagendiagnose

KROHNE

achieve more

Heisswasserprüfrichtlinie

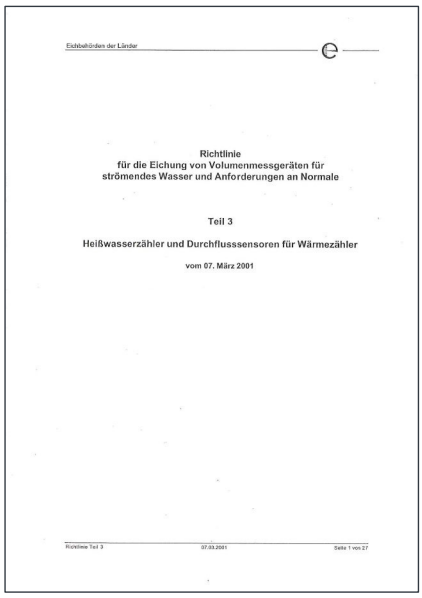
Allgemeines

Richtlinie für die Eichung von Volumenmessgeräten für strömendes Wasser und Anforderungen an Normale

Teil 3
„Heißwasserzähler und Durchflusssensoren für Wärmezähler vom 07. März 2001“

Teil 1
Kaltwasserzähler vom 08. November 2001

Teil 2
Warmwasserzähler vom 07. März 2001


Eichbehörden der Länder

Richtlinie
für die Eichung von Volumenmessgeräten für
strömendes Wasser und Anforderungen an Normale

Teil 3

Heißwasserzähler und Durchflusssensoren für Wärmezähler

vom 07. März 2001

Richtlinie Teil 3 07.03.2001 Seite 1 von 27

Heisswasserprüfrichtlinie
Geltungsbereich

Die vorliegende Richtlinie für die Eichung von Volumenmessgeräten für strömendes Wasser und Anforderungen an Normale wurde von der Vollversammlung für das Eichwesen 2000 und der Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen am 06./07.03.2001 verabschiedet. Damit ist die Richtlinie im gesetzlichen Messwesen verbindlich anzuwenden.
Die Richtlinie findet Anwendung bei Heißwasserzählern und Durchflusssensoren für Wärmezähler, die Heiß- oder Warmwasser geprüft werden. Werden die Messgeräte gemäß Bauartzulassung mit Kaltwasser geprüft, gilt Teile 1 der Richtlinie. Besondere, nicht aufgeführte Prüfeinrichtungen / Prüfverfahren mit gleicher Zweckbestimmung bedürfen der besonderen Genehmigung durch die PTB.

Heisswasserprüfrichtlinie
Inhalt

1. Allgemeines
2. Verzeichnis der Vorschriften und Regelungen
3. Verfahrensablauf der Eichung (Überblick)
4. Prüfmittel
5. Umgebungsbedingungen
6. Prüfung
7. Stempelung und Prüfungsniederschriften
8. Anhang

8.1 Prüfdurchflüsse
8.2 Belastungsbereichgrenzen
8.3 Nachprüffristen für Prüfmittel
8.4 Wasserdichtetabelle
8.5 Bestimmung der relativen Volumenmessabweichung der Absperreinrichtungen bzw. der Umschalteinrichtung
8.6 Grenzrichtwerte der relativen Standardunsicherheiten der Komponenten verschiedener Einflüsse bei der Volumenmessung mit Heißwasserzählern und Durchflusssensoren von Wärmezählern in einer Prüfeinrichtung
8.7 Beispiele für die Bestimmung des Mindestprüfvolumens

KROHNE
achieve more

1. Heiswasserprüfrichtlinie
2. **Verdunstung**
3. Diverter
4. Messreihen / Analyse

Zum Stand der Neufassung der Heißwasserprüfrichtlinie incl. Methoden zur Anlagendiagnose

KROHNE
achieve more

Innere Verdunstung

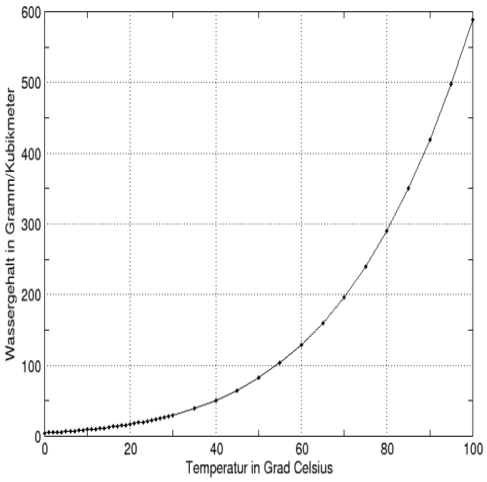
Allgemeines

- Infolge ihrer thermischen Bewegung sind die Wassermoleküle Träger kinetischer Energie.
- An einer freien Wasseroberfläche, die flüssiges Wasser vom darüberliegenden Luftvolumen trennt, hat ein Anteil von Wassermolekülen hat stets genügend thermische Energie, um die Bindungskräfte des Wassers zu überwinden, die Wasseroberfläche zu verlassen und in das Luftvolumen überzugehen, also zu verdunsten.
- Die Verdunstungsrate ist in erster Linie abhängig von der Temperatur
- Es verdunstet so viel Wasser, bis ein Gleichgewicht zwischen Verdunstungsrate und Kondensationsrate eintritt (Sättigungskonzentration)
- Die Sättigungskonzentration des Wasserdampfs nimmt mit steigender Temperatur exponentiell zu. Der Wasserdampf hat für jede Temperatur eine eindeutig bestimmte Sättigungskonzentration

Innere Verdunstung

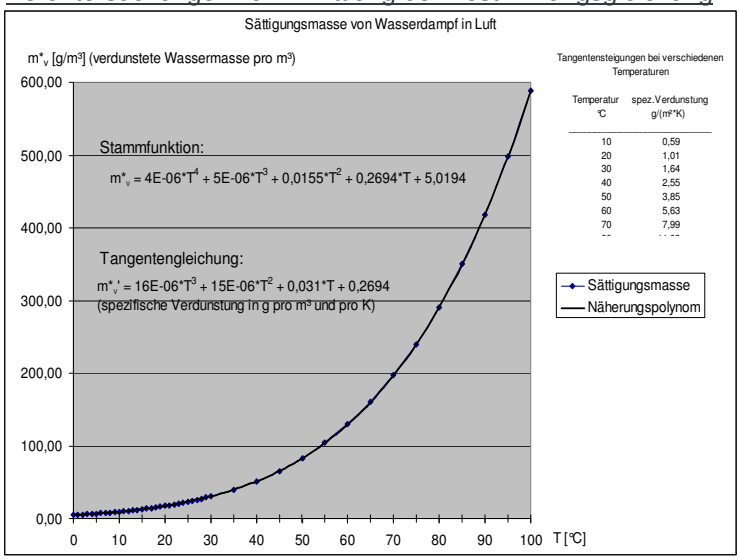
Allgemeines

Saettigungsmenge von Wasserdampf in der Luft



aus der Literatur

Voruntersuchungen zur Ermittlung der Bestimmungsgleichung



mathematische Nachbildung

Innere Verdunstung

Bestimmung der Varianz der Ausgangsgröße: $u_{T_{V\ innen_y}}{}^2 = \left[\frac{1}{V}\right]^2 \cdot \left[\frac{\partial V_{V\ innen}}{\partial T_{innen}}\right]^2 \cdot u_{T_{V\ innen}}{}^2$

Lösungsansatz 1 (mit Bestimmung des Empfindlichkeitsfaktors):

Herleitung der Bestimmungsgleichung $V_{V\ innen}$:

Wassermasse kg/m³ Wasserdampf

$$m^*_V = \frac{4\cdot 10^{-6}\cdot T^4 + 5\cdot 10^{-6}\cdot T^3 + 0{,}0155\cdot T^2 + 0{,}2694\cdot T + 5{,}0194}{1000}\left[\frac{kg}{m^3}\right];\ (s.\ Grafik)$$

$$\boxed{V_{V\ innen} = \frac{m^*_V}{\rho_W}\cdot V_B = \frac{4\cdot 10^{-6}\cdot T^4 + 5\cdot 10^{-6}\cdot T^3 + 0{,}0155\cdot T^2 + 0{,}2694\cdot T + 5{,}0194}{1000}\cdot\frac{V_B}{\rho_W}[m^3]}$$

V_B = *freie Behältervolumen nach der Befüllung (m³);* ρ_W = *Wasserdichte (kg/m³)*

a.) Berechnung des Empfindlichkeitsfaktors der Eingangsgröße:

konkretes Beispiel: $V_B = 4{,}8m^3;\ V = 0{,}2m^3;\ \rho_W = 1000kg/m^3;$ *T= mittlere Behältertemperatur (z.B 50°C)*

$$\left[\frac{1}{V}\right]^2\cdot\left[\frac{\partial V_{V\ innen}}{\partial T_{innen}}\right]^2 = \left[\frac{1}{V}\right]^2\cdot\left[\frac{16\cdot 10^{-6}\cdot T^3 + 15\cdot 10^{-6}\cdot T^2 + 0{,}031\cdot T + 0{,}2694}{1000}\cdot\frac{V_B}{\rho_W}\right]^2 = \left[3{,}85\cdot 10^{-6}\cdot\frac{4{,}8}{0{,}2}\left(\frac{1}{K}\right)\right]^2 = 8{,}54\cdot 10^{-9}\left(\frac{1}{K}\right)^2$$

b.) Berechnung des Varianz der Eingangsgröße: ΔT=2K; a_x=2K *(Auskühlung= Halbbreite der Eingangsgröße)*

$$u_{T_{V\ innen}}{}^2 = \frac{a_x^2}{3} = \frac{(2K)^2}{3} = 1{,}33K^2$$

c.) Ergebnis der Varianz der Ausgangsgröße:

$$u_{T_{V\ innen_y}}{}^2 = 8{,}54\cdot 10^{-9}\left(\frac{1}{K}\right)^2\cdot 1{,}33K^2 = 1{,}15\cdot 10^{-8};\quad u_{T_{V\ innen_y}} = \sqrt{u_{T_{V\ innen_y}}{}^2} = \sqrt{1{,}15\cdot 10^{-8}} = 107\cdot 10^{-6}\ (Standardunsicherheit)$$

KROHNE
achieve more

1. Heiswasserprüfrichtlinie
2. Verdunstung
3. **Diverter**
4. Messreihen / Analyse

Zum Stand der Neufassung der Heißwasserprüfrichtlinie incl. Methoden zur Anlagendiagnose

KROHNE
achieve more

Diverter - Zeitfehler und Unsicherheit

Phänomen und Messgrößen

Generelle Formel: $u_c^2(y) = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)$

Ergebnis für eine gravimetrische Messanlage:

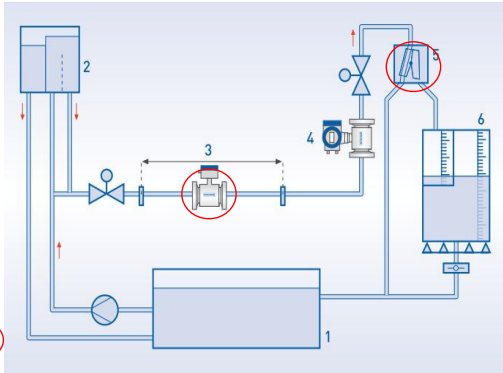
$$u_c^2(V_{\mathrm{MID.soll}}) =$$

$$\left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial W_{\mathrm{korr}}}\right)^2 u^2(W_{\mathrm{korr}}) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial V_0}\right)^2 u^2(V_0) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial T_1}\right)^2 u^2(T_1)$$

$$+ \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial \Delta V_{\mathrm{R2}}}\right)^2 u^2(\Delta V_{\mathrm{R2}}) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial \Delta V_{\mathrm{L2}}}\right)^2 u^2(\Delta V_{\mathrm{L2}}) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial \Delta V_{\mathrm{U}}}\right)^2 u^2(\Delta V_{\mathrm{U}})$$

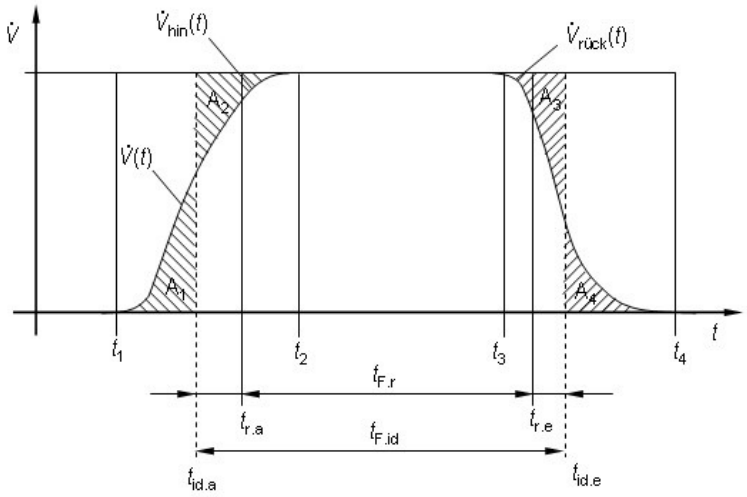
$$+ \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial f_2}\right)^2 u^2(f_2) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial \rho_{\mathrm{W.MID}}}\right)^2 u^2(\rho_{\mathrm{W.MID}}) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial W_{\mathrm{a}}}\right)^2 u^2(W_{\mathrm{a}})$$

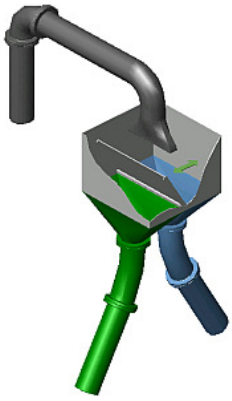
$$+ \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial T_2}\right)^2 u^2(T_2) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial p}\right)^2 u^2(p) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial \rho_{\mathrm{W2}}}\right)^2 u^2(\rho_{\mathrm{W2}}) + \left(\frac{\partial V_{\mathrm{MID.soll}}}{\partial f_1}\right)^2 u^2(f_1)$$



Diverter - Zeitfehler und Unsicherheit

Phänomen und Messgrößen





Bestimmung von:

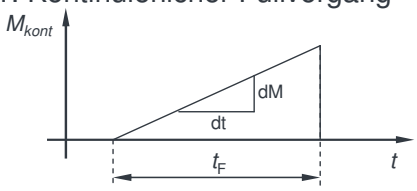
1) Systematische Messabweichung (Zeitfehler)
2) Zufällige Messabweichung (Messunsicherheit)

Diverter - Zeitfehler und Unsicherheit

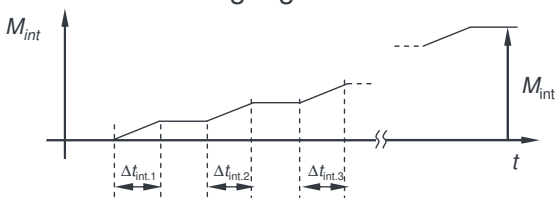
Phänomen und Messgrößen

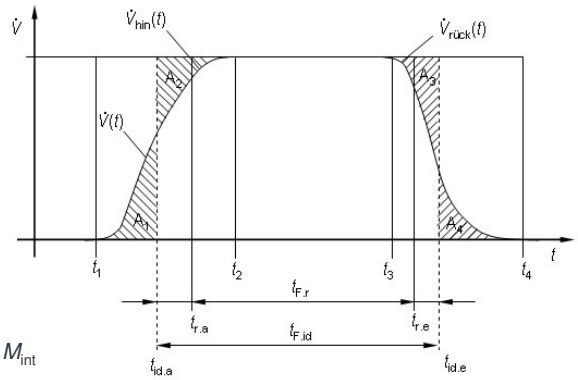
Methode 2 definiert zwei unterschiedliche Füllvorgänge für das Wägesystem mit unterschiedlichen Anzahlen von Umschaltungen (n)

1. Kontinuierlicher Füllvorgang



2. Intervall-Füllvorgang

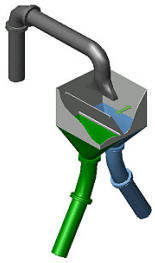




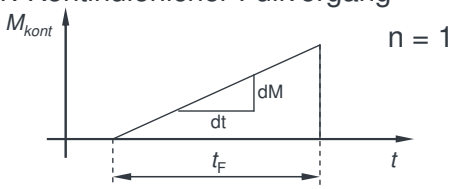
Diverter - Zeitfehler und Unsicherheit

Phänomen und Messgrößen

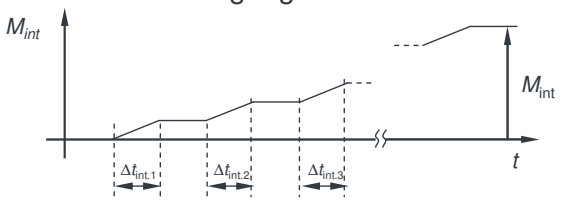
Methode 2 definiert zwei unterschiedliche Füllvorgänge für das Wägesystem mit unterschiedlichen Anzahlen von Umschaltungen (n)



1. Kontinuierlicher Füllvorgang



2. Intervall-Füllvorgang



Undefiniert bleibt:

- Reihenfolge der Messungen
- Bestimmung der Messunsicherheit
- Anzahl der Umschaltungen
- Weitere Einflussgrößen

Diverter - Zeitfehler und Unsicherheit

Phänomen und Messgrößen

Vergleich von 5 möglichen Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit

Verfahren	Unsicherheit in ms	Bemerkung
Messtechnisch	4,4	Angabe für n = 10
Modellbasiert 1	4,5	Durchflussschwankungen werden vernachlässigt
Modellbasiert 2	12,0	Durchflussschwankungen werden vernachlässigt
Mathematisch	4,8	Angabe für n = 10
Abschätzung	25,0	Maximale Strahldurchtrittszeit

technisches messen, Mai 2010, zusammen mit PTB, Braunschweig

→ 10 Wiederholungen
10 Umschaltungen

KROHNE
achieve more

1. Heiswasserprüfrichtlinie
2. Verdunstung
3. Diverter
4. **Messreihen / Analyse**

Zum Stand der Neufassung der Heißwasserprüfrichtlinie incl. Methoden zur Anlagendiagnose

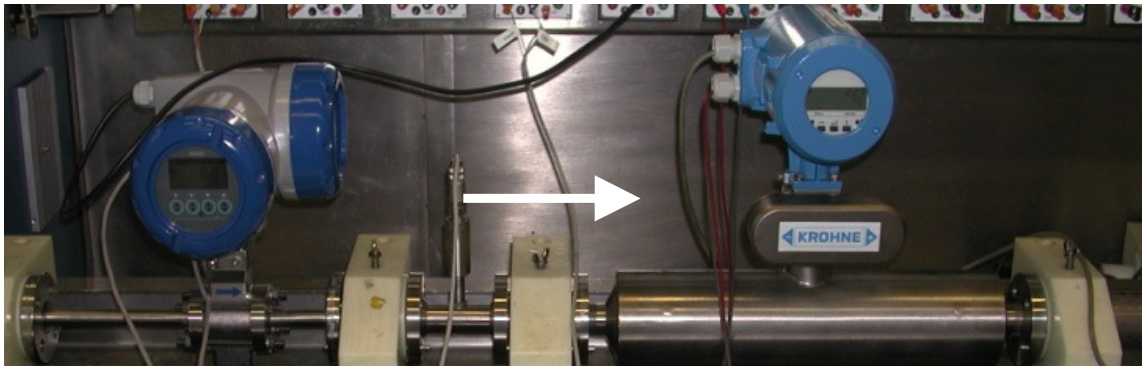
KROHNE
achieve more

Messreihen / Analyse

Versuchsaufbau

Referenzen: MID, Turbine, Coriolis
- Signal: Pulsausgang
- 12 Wiederholmessungen
(Kontinuierliche Messung und Intervall-Messung im Wechsel=24 Messungen)

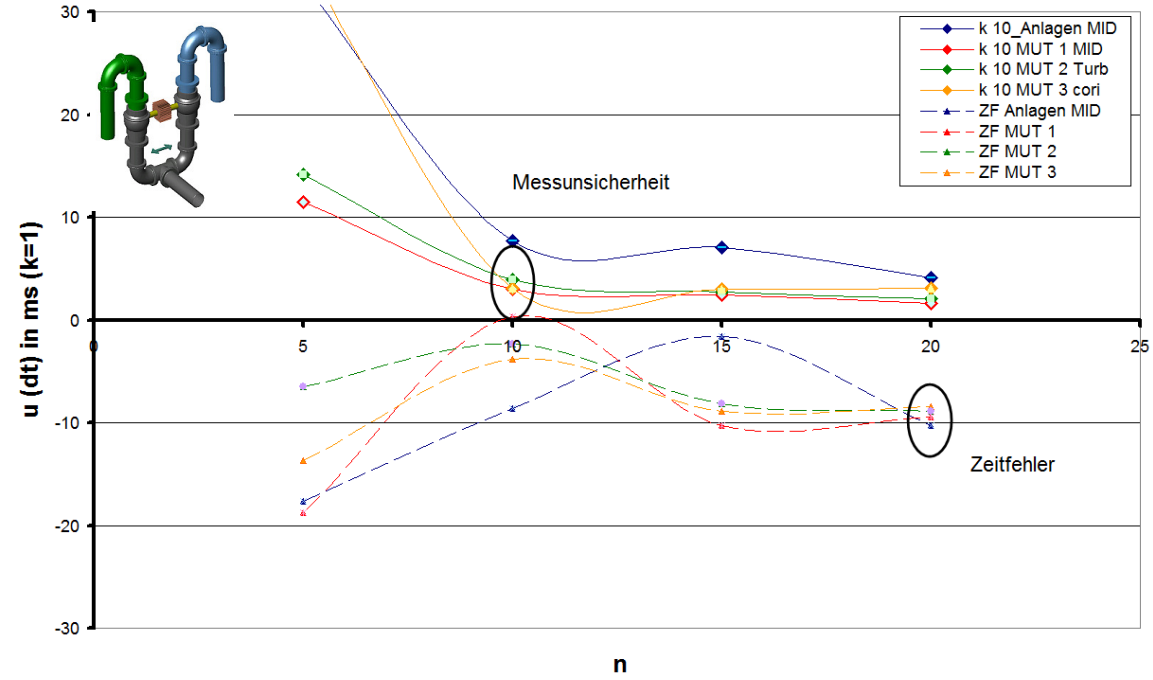
- 5, 10, 15, 20 Umschaltungen
- Durchfluss: 1600 l/h
- Aufnahme der Fehlerkurven
- Ausgeschaltete Durchflussregelung



Messreihen / Analyse

Ergebnisse

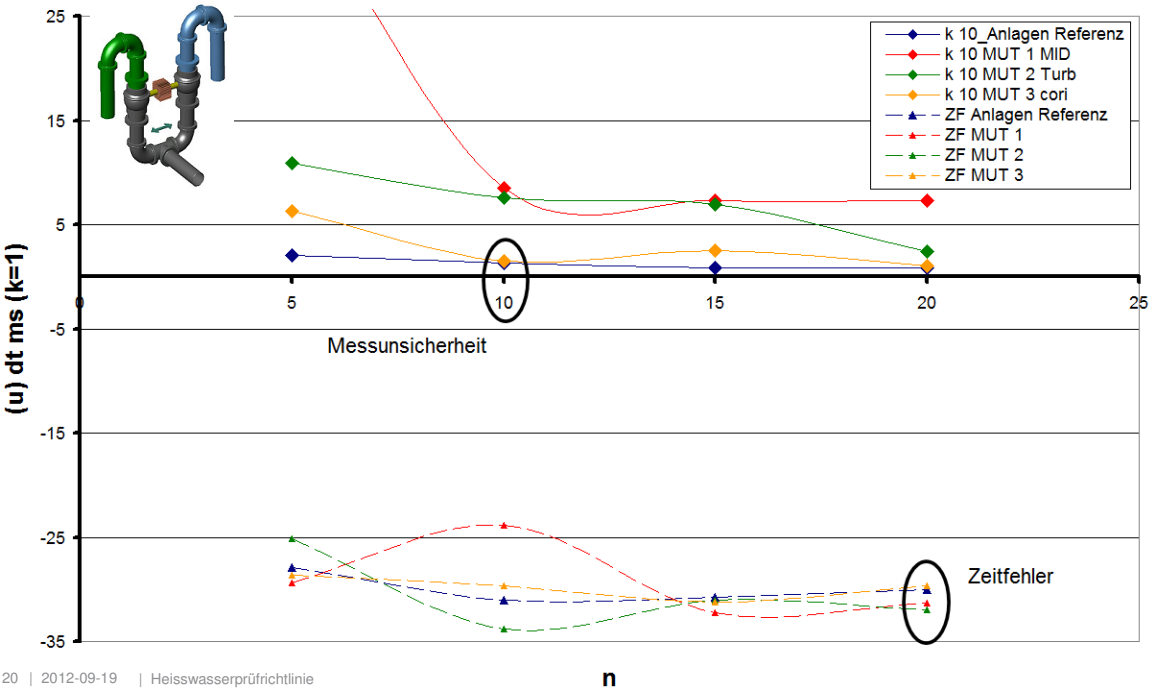
WSG Essen, Zeitfehler Umschalteinrichtung, Wassertemperatur 50 °C, 1600 l/h, 300 kg Waageinhalt Messungen von Juni 2012 Messreihe 2



Messreihen / Analyse

Ergebnisse

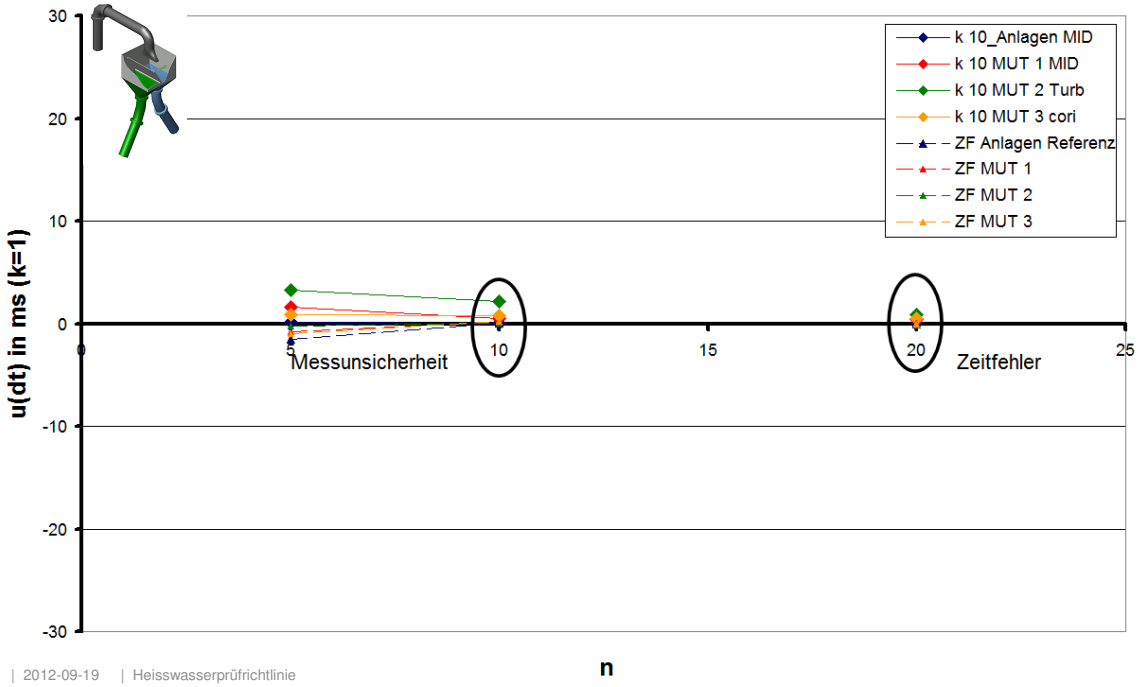
Eichamt Köln, Zeitfehler Umschalteinrichtung, Wassertemperatur 50 °C, 1600 l/h, 197 kg Waageinhalt Messungen von Januar 2013



Messreihen / Analyse

Ergebnisse

PTB Braunschweig, Zeitfehler Umschalteinrichtung, Wassertemperatur 20 °C, 1600 l/h, 100 kg Waageinhalt Messungen von Februar 2013



Messreihen / Analyse

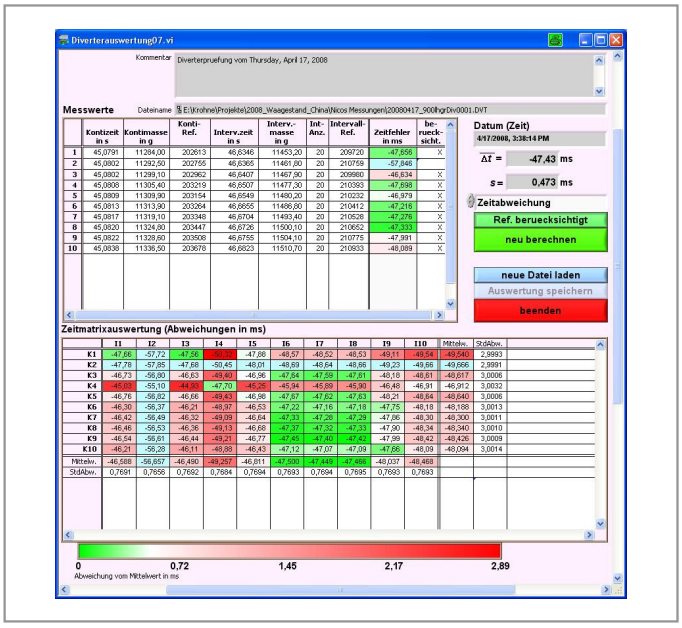
Ergebnisse

Ergebnis von einer Messreihe mit 20 Umschaltungen

$$(\Delta t_{ij}) = \begin{pmatrix} \Delta t_{11} & \Delta t_{12} & \cdots & \Delta t_{1m} \\ \Delta t_{21} & \Delta t_{22} & \cdots & \Delta t_{2m} \\ \Delta t_{w3} & \Delta t_{w2} & \cdots & \Delta t_{wm} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta t_{m1} & \Delta t_{m2} & \cdots & \Delta t_{mm} \end{pmatrix}$$

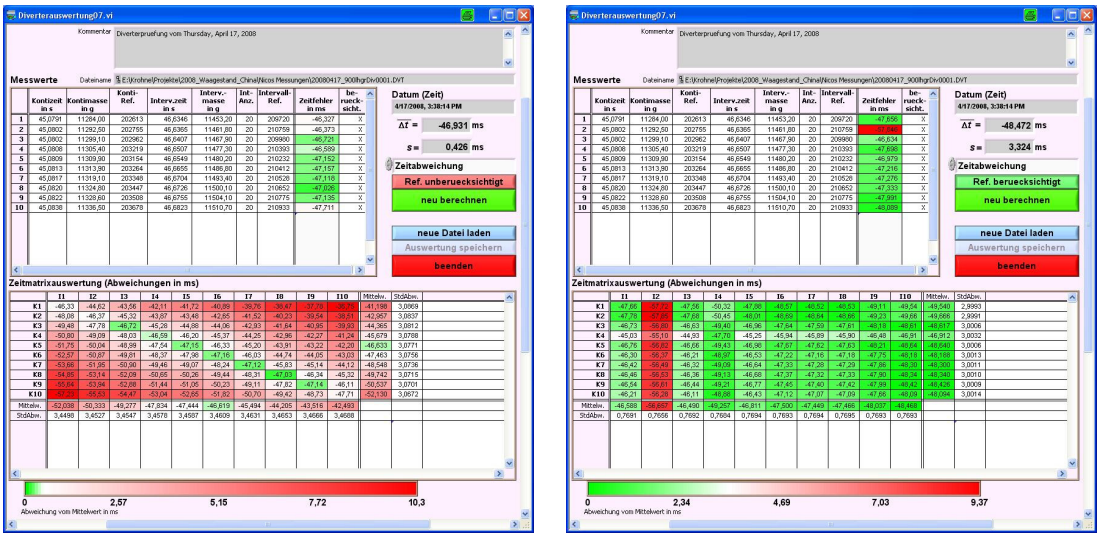
$$\Delta t_{ij} = \frac{M_{\text{kont.i}} \cdot t_{\text{int.j}} - M_{\text{int.j}} \cdot t_{\text{kont.i}} \dfrac{\dot{V}_{\text{kont.i}}}{\dot{V}_{\text{int.j}}} \cdot \dfrac{\rho_{\text{kont.i}}}{\rho_{\text{int.j}}}}{M_{\text{int.j}} \cdot \dfrac{\dot{V}_{\text{kont.i}}}{\dot{V}_{\text{int.j}}} \cdot \dfrac{\rho_{\text{kont.i}}}{\rho_{\text{int.j}}} - M_{\text{kont.i}} \cdot n}$$

$$u(\Delta t_{\text{DM}}) = \sqrt{\sum_{i=j=1}^{m} \frac{\left(\Delta t_{ij} - \overline{\Delta t_{ij}}\right)^2}{m-1}}$$



Messreihen / Analyse

Ergebnisse



Aber…