

KROHNE

▶ measure the facts

measure the facts

technology driven by KROHNE



Dr. Nicolaus Mathies
2016-09-22

▶ **Definitionen in der Durchflussmesstechnik**
Kloster Seon, 21.-23.09.2016

KROHNE

▶ measure the facts

▶ **1. Definitionen**

measure
the facts

technology driven by KROHNE

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Agenda

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Definitionen

Systematische Messabweichung

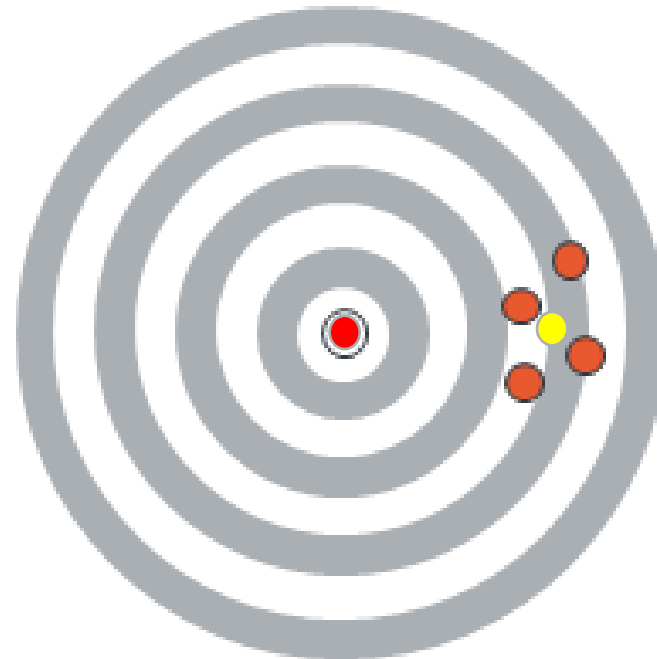
= Mittelwert - Vereinbarter Wert
- erkannte systematische
Messabweichung und Nicht
erkannte systematische
Messabweichung
Kennzeichen: Man benötigt
Wiederholmessungen

Mittelwert

Vereinbarter Wert

Auch bezeichnet als:
- Referenzwert,
- Richtiger Wert
- Konventionell richtiger Wert

**Der Vereinbarte Wert ist bei
relativer Darstellung (meistens) Null**



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Definitionen

Systematische Messabweichung

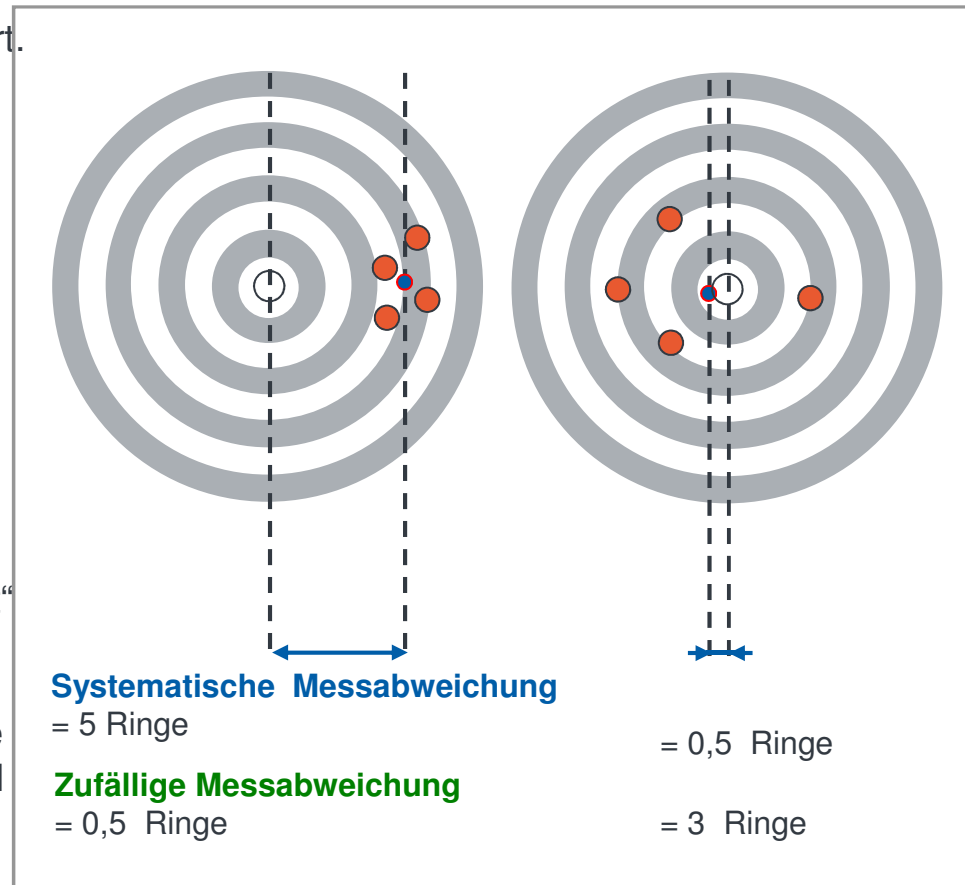
(systematic error)

Abweichung von einem richtigen (wahren) Wert. Für konstante Messbedingungen ist die systematische Messabweichung hinsichtlich Betrag und Vorzeichen konstant, d.h. auch wiederholt ermittelbar. Systematische Messabweichungen lassen sich nur durch den Vergleich mit einer Referenz höherer Ordnung ermitteln

Zufällige Messabweichungen

(random error)

Zufällige Messabweichungen liegt [...] eine „nicht einseitige gerichtete Streuung der ermittelten Messwerte um den Erwartungswert“ zugrunde. Ursache zufälliger Messabweichungen sind nicht beherrschbare Einflüsse der Messgeräte, nicht beherrschbare Änderungen der Werte der Einflussgrößen und der Werte der Messgröße oder auch nicht einseitig gerichtete Einflüsse der Beobachter.



→ Wiederholbarkeit, Standardabweichung, Streuung

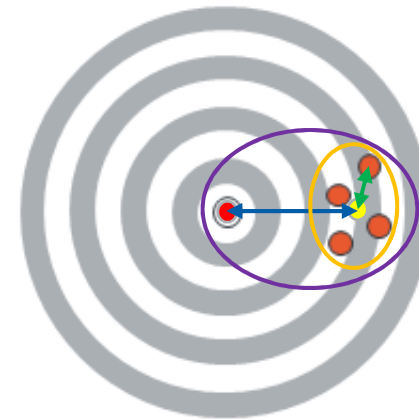
Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele - Systematische Messabweichung

Systematische Messabweichungen können durch eine Kalibrierung (**Wiederholmessungen**) ermittelt werden.

Kalibrieren:

Feststellen der (systematischen) Messabweichung durch den Vergleich mit einer höherwertigen Referenz (sowie der daran anschließenden Dokumentation durch ein Protokoll).



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Definitionen

**Systematische
Messabweichung**

**Zufällige
Messabweichung**

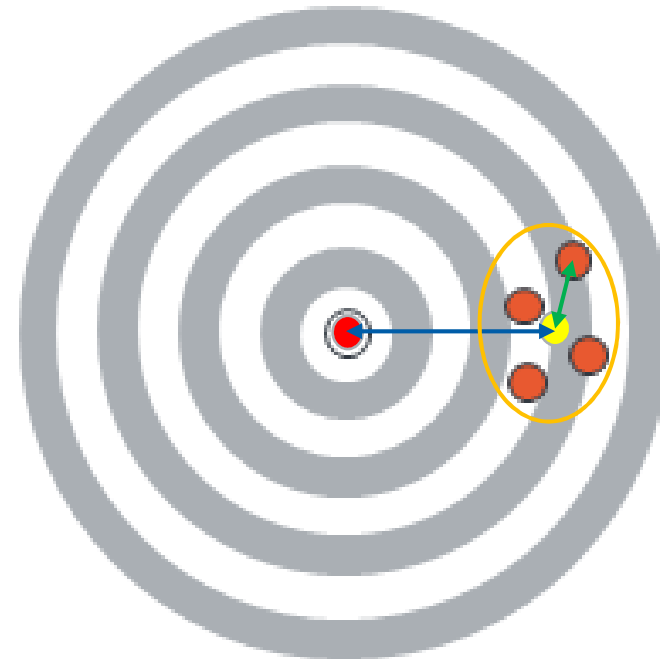
Mittelwert

Vereinbarter Wert

Streuung

= Messwert - Mittelwert

= Verteilung der Einzelwerte
um den Mittelwert;
Ein Maß für "wie stark
schwankt" der Messwert
eines Messgerätes



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Definitionen

Systematische Messabweichung

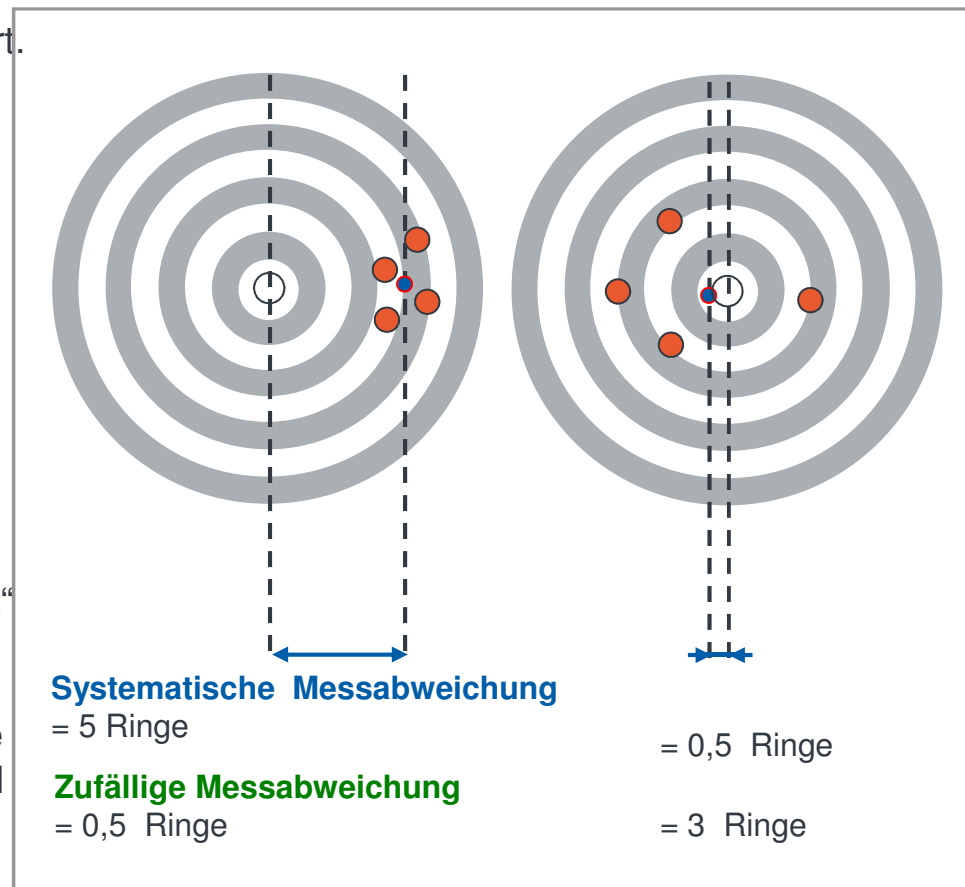
(systematic error)

Abweichung von einem richtigen (wahren) Wert. Für konstante Messbedingungen ist die systematische Messabweichung hinsichtlich Betrag und Vorzeichen konstant, d.h. auch wiederholt ermittelbar. Systematische Messabweichungen lassen sich nur durch den Vergleich mit einer Referenz höherer Ordnung ermitteln

Zufällige Messabweichungen

(random error)

Zufällige Messabweichungen liegt [...] eine „nicht einseitige gerichtete Streuung der ermittelten Messwerte um den Erwartungswert“ zugrunde. Ursache zufälliger Messabweichungen sind nicht beherrschbare Einflüsse der Messgeräte, nicht beherrschbare Änderungen der Werte der Einflussgrößen und der Werte der Messgröße oder auch nicht einseitig gerichtete Einflüsse der Beobachter.



Welches Gerät?

→ Wiederholbarkeit, Standardabweichung, Streuung

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

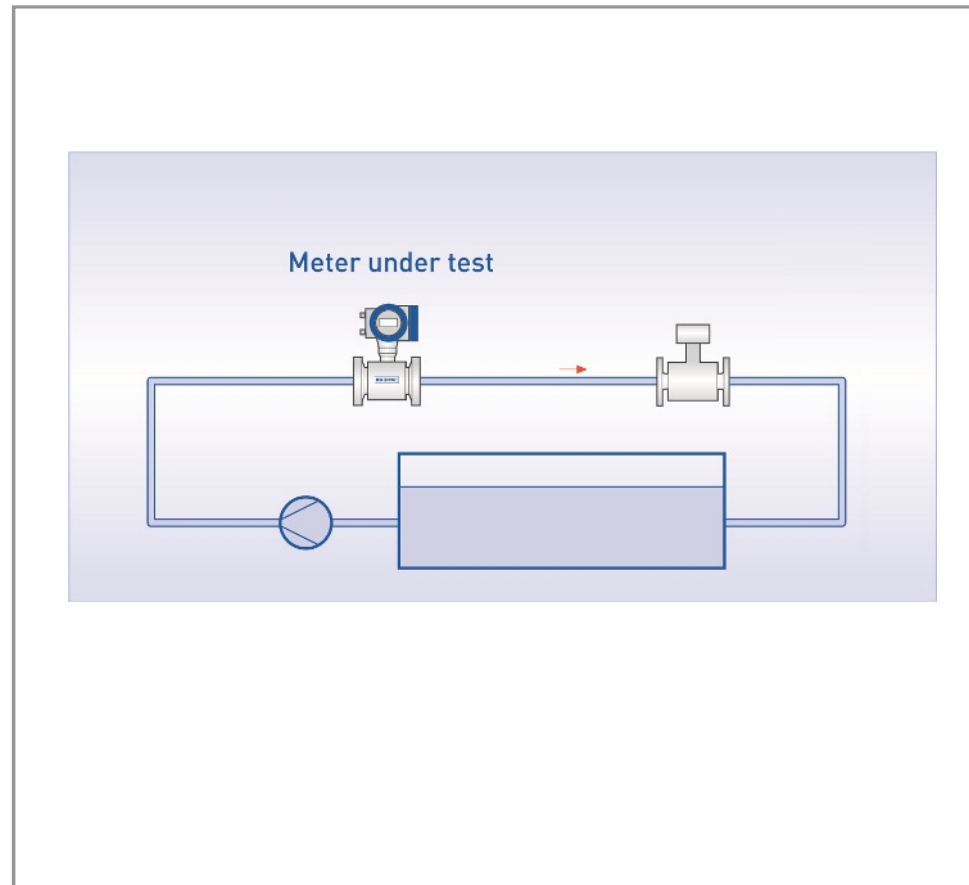
Definitionen

Wiederholpräzision (*repeatability*)

Werden mehrere Messwerte aufeinander folgend unter konstanten Bedingungen gewonnen, so wird für das Ergebnis der qualitative Begriff der „Wiederholpräzision“ verwendet. Diese ist das Ausmaß der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen aufeinander folgender Messungen derselben Messgröße, ausgeführt unter denselben Messbedingungen
→ nicht mathematisch definiert für Fluide

Wiederholbedingungen

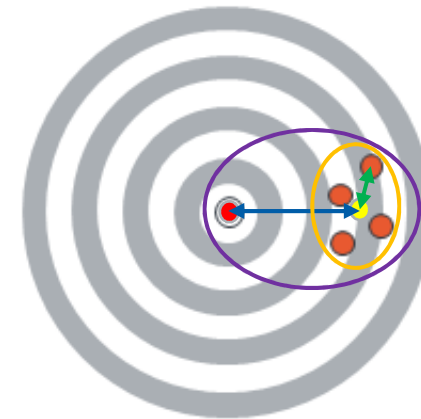
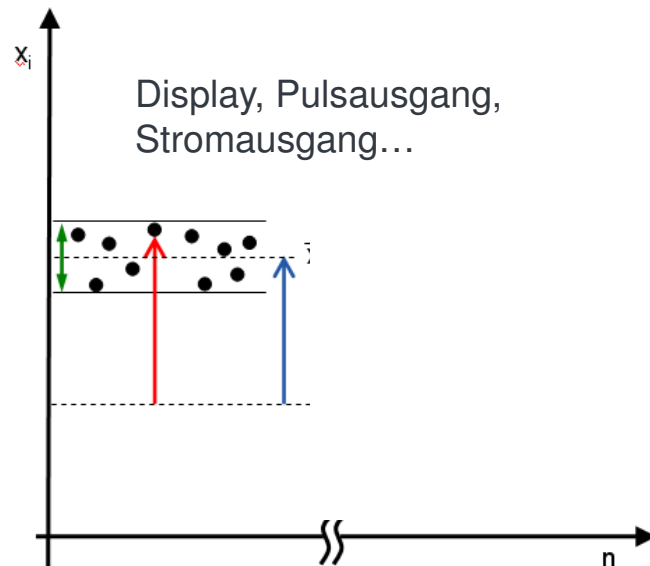
- gleiches Messprinzip
- gleicher Bediener
- Gleiches Messsystem
- Gleicher Ort
- Gleiche Messbedingungen
- Zeitnahe Messungen



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele - Zufällige Messabweichung

Wiederholpräzision (Wiederholbarkeit)
Repeatability



Empirische Standardabweichung
der Einzelmessungen $u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

Empirische Standardabweichung
des Mittelwertes $u(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

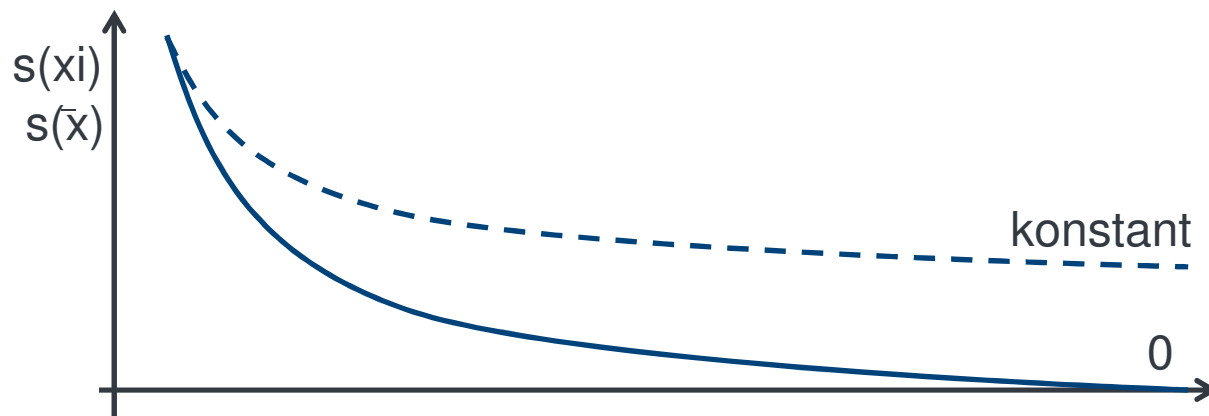
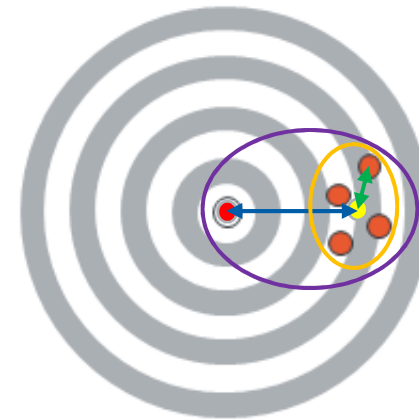
Berechnungsbeispiele - Zufällige Messabweichung

Wiederholpräzision (Wiederholbarkeit)

Repeatability

Empirische Standardabweichung
der Einzelmessungen

Empirische Standardabweichung
des Mittelwertes



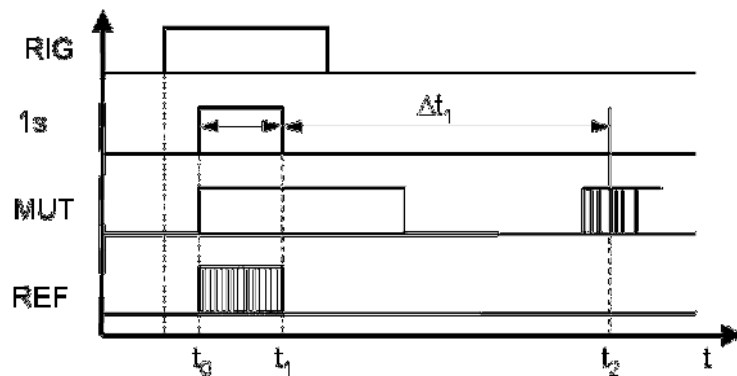
$$u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$u(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

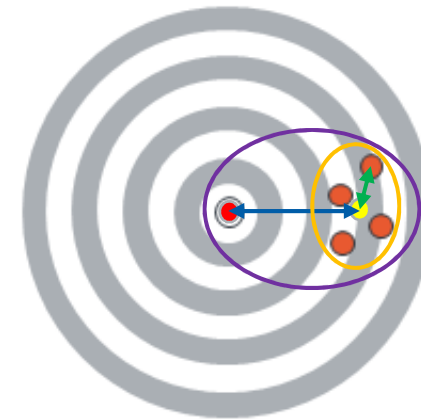
Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele - Zufällige Messabweichung

Wiederholpräzision (Wiederholbarkeit) *Repeatability*



- Wiederholpräzision für Zeitintervall (1s)
 - Triggerintervall für MUT
 - ΔT für Impulse > 1 s
 - Standardabweichung
- Wiederholpräzision hat 2 Anteile:
- 1) Systematische Messabweichung Δt_1
 - 2) "Streuung"



Empirische Standardabweichung der Einzelmessungen
$$u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Empirische Standardabweichung des Mittelwertes
$$u(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

tm (technisches messen) edition 2-2012

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele - Zufällige Messabweichung

Zeit in s	Standardabweichung der Einzelmessung in % v. M.		
	Zähler 1	Zähler 2	Zähler 3
	1 l/L	10 l/L	100 l/L
10	-	-	5,82
30	-	-	1,92
60	-	1,92	0,99
120	-	0,61	0,94
300	-	0,57	0,44

Standardabweichung des Mittelwerts in % v. M.			
Zähler 1	Zähler 2	Zähler 3	
1 l/L	10 l/L	100 l/L	
-	-	1,24	
-	-	0,41	
-	0,41	0,21	
-	0,13	0,20	
-	0,12	0,09	

Zahl der Impulse			
Zähler 1	Zähler 2	Zähler 3	
1 l/L	10 l/L	100 l/L	
0	0	3	
0	0	11	
0	1	24	
0	4	49	
0	12	125	

15 l/h

Zeit in s	Standardabweichung der Einzelmessung in % v. M.		
	1 l/L	10 l/L	100 l/L
	10	-	1,51
30	-	0,52	0,64
60	0,60	0,35	0,29
120	0,29	0,26	0,24
300	0,12	0,18	0,16

Standardabweichung des Mittelwerts in % v. M.			
1 l/L	10 l/L	100 l/L	
-	0,32	0,27	
-	0,11	0,14	
0,13	0,08	0,06	
0,06	0,06	0,05	
0,02	0,04	0,03	

Zahl der Impulse			
1 l/L	10 l/L	100 l/L	
0	3	40	
0	11	123	
1	24	254	
4	49	507	
11	123	1 244	

150 l/h

Zeit in s	Standardabweichung der Einzelmessung in % v. M.		
	1 l/L	10 l/L	100 l/L
	10	0,81	0,62
30	0,32	0,32	0,39
60	0,24	0,31	0,17
120	0,18	0,15	0,19
300	0,10	0,13	0,10

Standardabweichung des Mittelwerts in % v. M.			
1 l/L	10 l/L	100 l/L	
0,17	0,13	0,12	
0,07	0,07	0,08	
0,05	0,07	0,04	
0,04	0,03	0,04	
0,02	0,03	0,02	

Zahl der Impulse			
1 l/L	10 l/L	100 l/L	
3	42	424	
12	127	1 263	
24	251	2 543	
49	505	5 097	
126	1 260	12 700	

1500 l/h

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Definitionen

Erweiterte Vergleichpräzision

Measurement precision under a set of repeatability conditions of measurement

Erweiterte Vergleichbedingungen

condition of measurement, out of a set of conditions that includes:

- different operators
- different measuring systems
- different locations
- replicate measurements on the same or similar objects

Note 1: The different measuring systems may use different measurement procedures



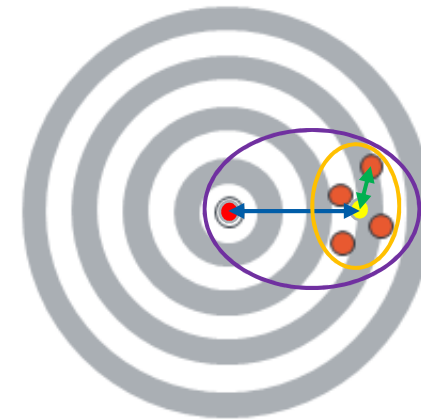
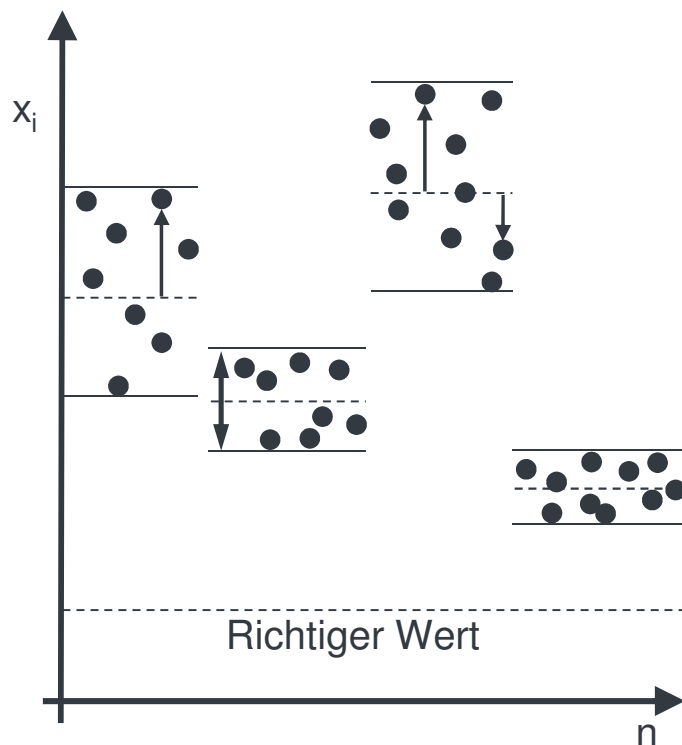
Unterschiedliche Anlagen, Prüfer...



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele - Zufällige Messabweichung

Erweiterte Vergleichpräzision (Reproduzierbarkeit) *Reproducibility*



Empirische Standardabweichung
der Einzelmessungen

$$u(x_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Empirische Standardabweichung
des Mittelwertes

$$u(\bar{x}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

tm (technisches messen) edition 2-2012

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Messunsicherheit

Systematische
Messabweichung

Zufällige
Messabweichung

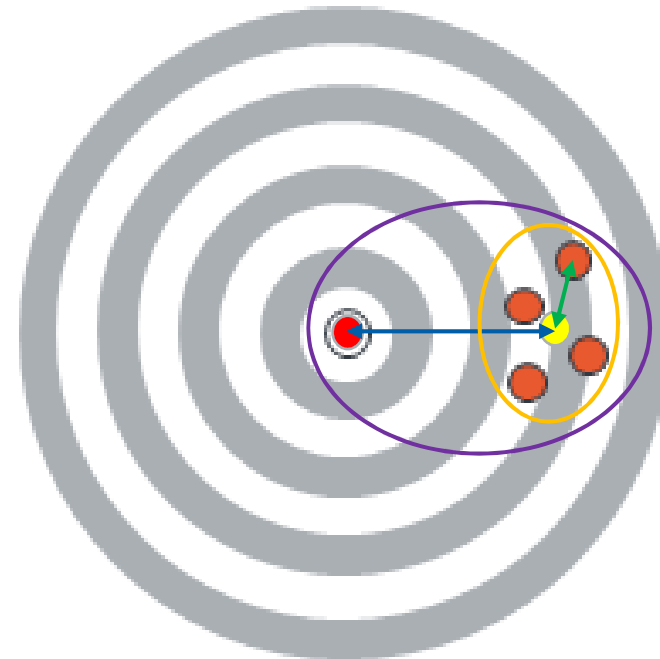
Mittelwert

Vereinbarter Wert

Streuung

Messunsicherheit

= Kennwert, der aus Messungen gewonnen wird und zusammen mit dem Messergebnis zur Kennzeichnung eines Wertebereiches für den wahren Wert der Messgröße dient.



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

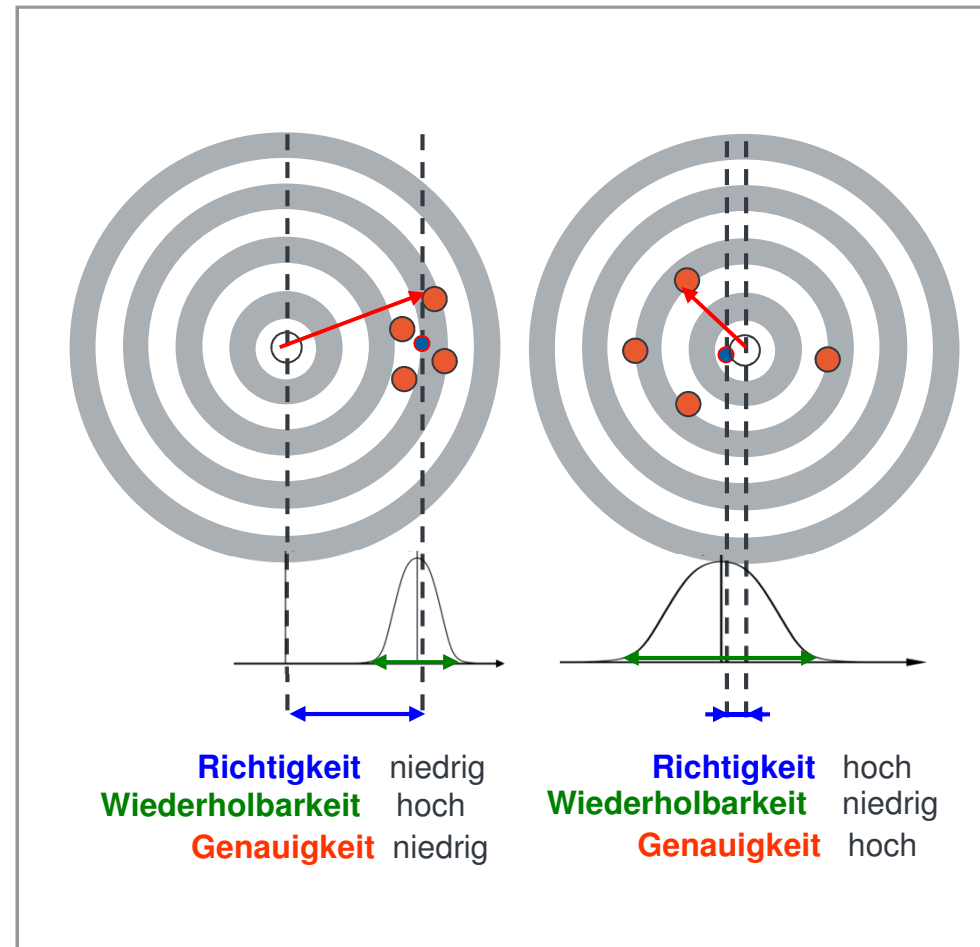
Berechnungsbeispiele - Messunsicherheit

Messunsicherheit

(measurement uncertainty)

Um ein vollständiges Messergebnis zu erhalten, wird dem Messwert ein quantitativer Wert, die Messunsicherheit u , welche Angaben zur Genauigkeit des Messergebnisses beinhaltet, beigeordnet. Die Messunsicherheit ist ein „Kennwert, der aus Messungen gewonnen wird und zusammen mit dem Messergebnis zur Kennzeichnung eines Wertebereiches für den Wahren Wert der Messgröße dient“. Die Angabe erfolgt üblicherweise als hinter dem Messergebnis angefügter Wert in der Form:

$$X = m \pm u$$



Terminology aus VIM 2010

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

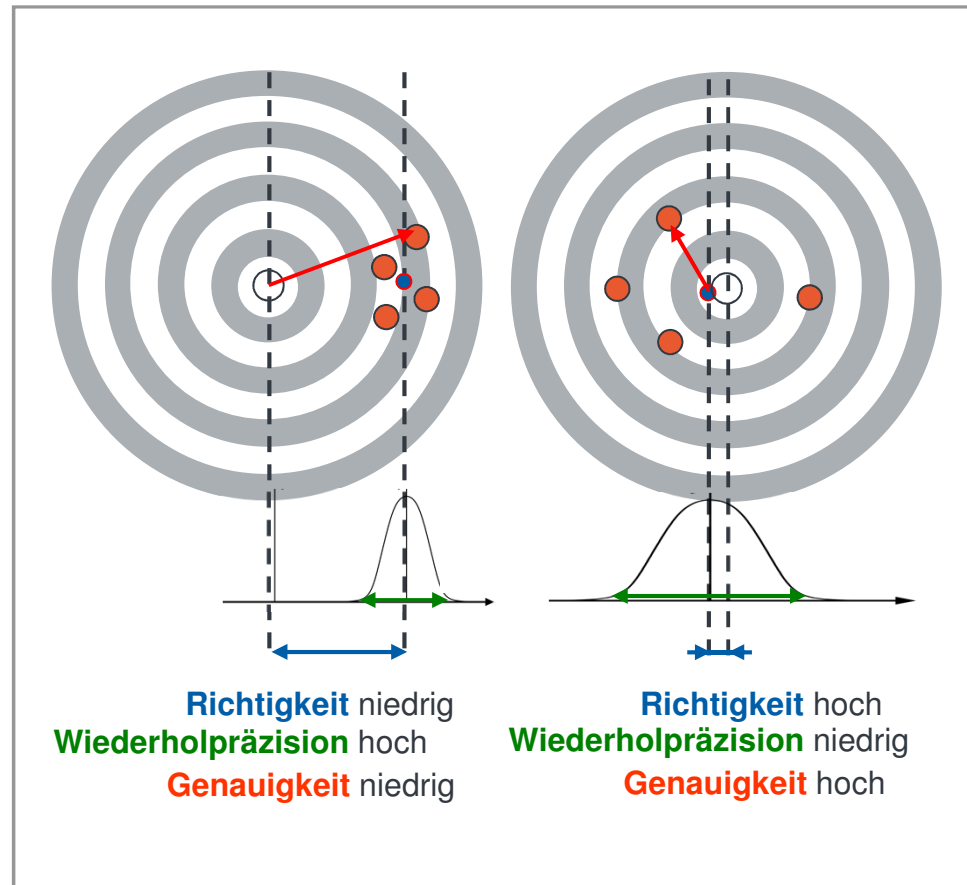
Definitionen - qualitativ

Richtigkeit (*trueness*)

Die Richtigkeit ist die Fähigkeit eines Messgerätes, Anzeigen ohne systematische Messabweichung zu liefern

Genauigkeit (*accuracy*)

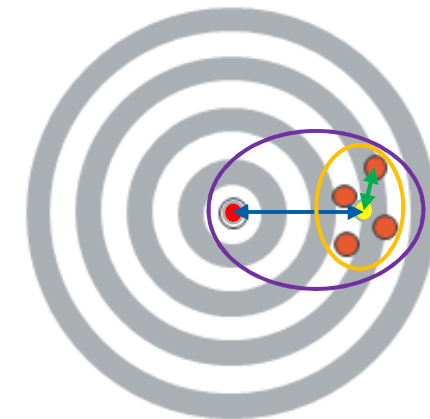
Das Ausmaß der Annäherung zwischen einem Ermittlungsergebnis und dem anerkannten Bezugswert“. Dies beinhaltet zufällige und systematische Komponenten im Messwert.



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Übersicht

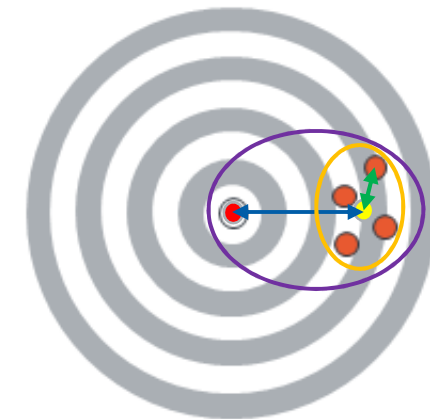
Qualitativ	Quantitativ	Grundlage
Richtigkeit	Systematische Messabweichung	- Mittelwert - Vereinbarter Wert
Wiederholpräzision (Wiederholbarkeit, Streuung)	Keine Bezeichnung (Wiederholstandardabweichung)	- Zufällige Messabweichung - Wiederholbedingungen
Vergleichpräzision	Keine Bezeichnung (Wiederholstandardabweichung)	- Zufällige Messabweichung - Vergleichbedingungen
Erweiterte Vergleichpräzision (Reproduzierbarkeit)	Keine Bezeichnung (Wiederholstandardabweichung)	- Zufällige Messabweichung - Systematische Messabweichung - Erweiterte Vergleichbedingungen
Genauigkeit	Messunsicherheit	- Verteilungsfunktion - Systematische und zufällige Messabweichung - Überdeckungsbereich - Anzahl von Messungen - Angabe: v.E. oder v.M.



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

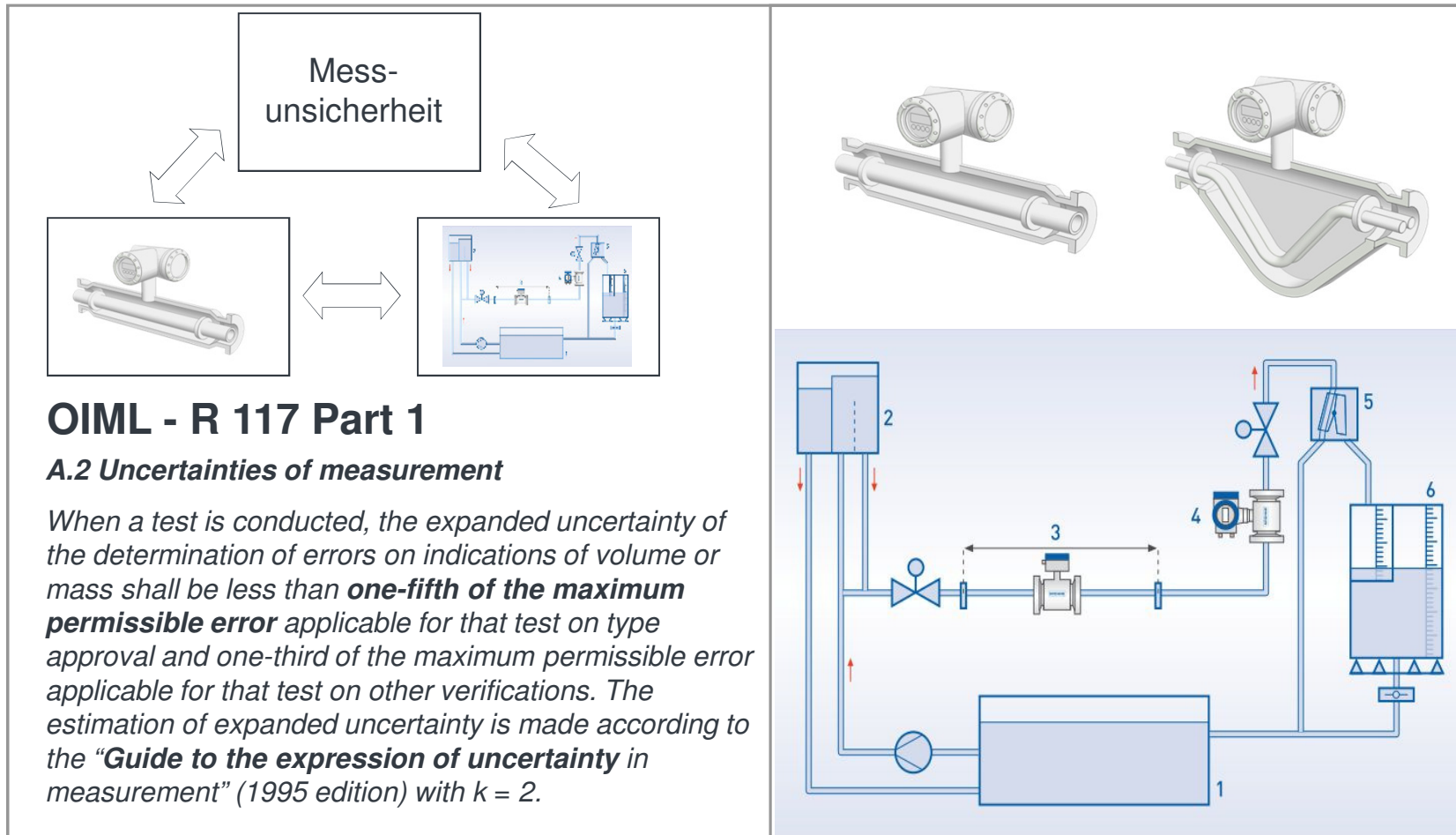
Berechnungsbeispiele

Qualitativ	Quantitativ	Grundlage
Richtigkeit	Systematische Messabweichung Mittelwert	- Mittelwert - Vereinbarter Wert
Wiederholpräzision (Wiederholbarkeit, Streuung)	Keine Bezeichnung (Wiederholstandardabweichung)	- Zufällige Messabweichung - Wiederholbedingungen
Vergleichpräzision	Keine Bezeichnung (Wiederholstandardabweichung)	- Zufällige Messabweichung - Vergleichbedingungen
Erweiterte Vergleichpräzision (Reproduzierbarkeit)	Keine Bezeichnung (Wiederholstandardabweichung)	- Zufällige Messabweichung - Systematische Messabweichung - Erweiterte Vergleichbedingungen
Genauigkeit	Messunsicherheit	- Verteilungsfunktion - Systematische und zufällige Messabweichung - Überdeckungsbereich - Anzahl von Messungen - Angabe: v.E. oder v.M.



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele - Messunsicherheit

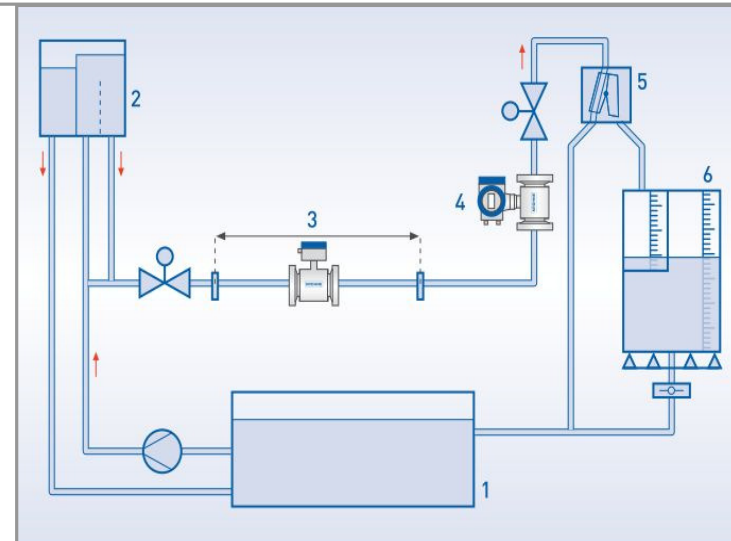


Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele - Messunsicherheit

Modell der Messung:

$$F_{Pr} = \frac{V_{Pr.ist} - V_{Pr.soll}}{V_{Pr.soll}} = \frac{\frac{I_{Pr}}{I_{Wert.Pr}}}{\frac{I_{MID/Pr}}{I_{Wert.Pr}} \cdot \frac{V_{MID.soll}}{\left(\frac{I_{MID}}{I_{Wert.MID}}\right)} \cdot \frac{\rho_{W.MID}}{\rho_{W.Pr}} + \Delta V_{L1} + \Delta} - 1$$



$$V_{MID.soll} = \frac{W_{kor} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{Rl}}{\rho_N}\right) - V_0 \left(\left(\frac{p}{p_0} - \frac{f_2 \cdot T_2 \cdot R_D}{p_0} \right) \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_2} + f_2 - \left(\frac{p}{p_0} - \frac{f_1 \cdot T_1 \cdot R_D}{p_0} \right) \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_1} + f_1 \right)}{\left(1 - \frac{\left(\frac{p}{p_0} - \frac{f_2 \cdot T_2 \cdot R_D}{p_0} \right) \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_2} + f_2}{\rho_{w2}} \right) \cdot \rho_{w.MID}} \left(1 - \frac{f_2}{\rho_{w2}} \right) + \frac{V_0 (f_2 - f_1) + W_a}{\rho_{w.MID}} + \Delta V_{R2} + \Delta V_{L2} + \Delta V_U$$

Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Berechnungsbeispiele

Allgemeine Gleichung:

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

Ergebnis:

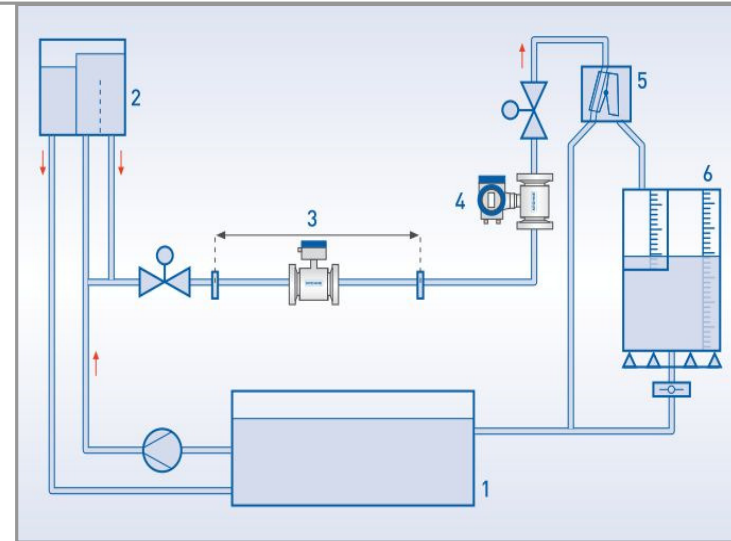
$$u_c^2(V_{\text{MID.soll}}) =$$

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

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

$$+ \left(\frac{\partial V_{\text{MID.soll}}}{\partial f_2} \right)^2 u^2(f_2) + \left(\frac{\partial V_{\text{MID.soll}}}{\partial \rho_{w.\text{MID}}} \right)^2 u^2(\rho_{w.\text{MID}}) + \left(\frac{\partial V_{\text{MID.soll}}}{\partial W_a} \right)^2 u^2(W_a)$$

$$+ \left(\frac{\partial V_{\text{MID.soll}}}{\partial T_2} \right)^2 u^2(T_2) + \left(\frac{\partial V_{\text{MID.soll}}}{\partial p} \right)^2 u^2(p) + \left(\frac{\partial V_{\text{MID.soll}}}{\partial \rho_{w2}} \right)^2 u^2(\rho_{w2}) + \left(\frac{\partial V_{\text{MID.soll}}}{\partial f_1} \right)^2 u^2(f_1)$$



Definitionen in der Durchflussmesstechnik

Definitionen in der Praxis

quantitativ

- systematische Messabweichung (systematic (measurement) error) ← Fehlerkurve, Kalibrierschein
- Messunsicherheit (uncertainty) ← Angabe als Zahlenwert
- ← fälschlicherweise als „Genauigkeit“

qualitativ

- Wiederholpräzision (repeatability) ← Im Sprachgebrauch: Wiederholbarkeit Angabe fälschlicherweise in %
- Genauigkeit (accuracy) ← Angabe fälschlicherweise in %
- Früher...

KROHNE

Calibration Test Certificate – Kalibrierprüfzertifikat – Certificat d'étalonnage

In accordance with / Gemäß / Selon: DIN 55 350 – 18.4.2.2

Product / Produkt / Produit: Optiwit 4070
 Serial Number / Seriennummer / Numéro de série: 8/350804.001
 KROHNE Ref. No. / KROHNE Ref. Nr. / Réf. KROHNE: 101905086
 Customer Order / Bestellnummer / Commande de client: 5177-08
 TAG Number / TAG-Nummer / Repère:
 Sales Order / VK-Auftrag / Commande de vente: 905006-10
 Customer / Kunde / Client: SEMAC Automation S.A.

Calibration Method / Kalibriermethode / Méthode d'étalonnage

This flowmeter was calibrated against an electromagnetic flow meter as a reference. This reference is traceable through NMI to international standards. Calibration was carried out with water.
 Das Durchflussmessgerät ist mittels eines magnetisch induktiven Durchflussmessgeräts kalibriert worden. Dieses ist durch das NMI auf internationalen Standard rückführbar. Die Messung ist mit Wasser durchgeführt worden.
 Ce débitmètre a été calibré par un débitmètre électromagnétique qui se réfère au standard international du NMI. Cette mesure a été réalisée avec de l'eau.

Test Equipment Data / Kalibrierstanddaten / Données du banc d'étalonnage
 Serial Number / Seriennummer / Numéro de série: BP380

Calibration Results / Kalibrierdaten / Résultats d'étalonnage

Flow Rate Durchfluss Débit m³/h	Deviation Abweichung Déviation %
15,5	0,31%
46,4	-0,04%
77,4	-31,60%

K-Factor: 2865,88 pulses/ m³

Additional Data / Zusatzdaten / Données complémentaires
 Connections / Anschluss / Connexion: DN80 PN40
 Pickup / Sensor / Capteur: 8/350506.017

Date / Datum / Date: _____ Signature / Unterschrift / Signature: _____

KROHNE Messtechnik GmbH & Co. KG Ludwig-Krohn-Str. 5, 47699 Duisburg, Germany, Tel.: +49 (0)203 3013, Fax: +49 (0)203 301 10 389, www.krohne.com
 Certified according to: Zertifikat nach: Certificate selon: DIN EN ISO 9001:2008

Gültigkeit für alle Messgrößen

KROHNE

▶ measure the facts

measure the facts

technology driven by KROHNE

▶ Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

