

Nacheichnung ohne Versorgungsunterbrechung durch Clamp-on Messtechnik

Marc Lütolf
Mathias Panicke





Übersicht



1. Konzept

- durchgehenden Betrieb mittels Clamp-on
- Adaption für eichfähige Realisierung

2. Komponenten

- Ausführung für eichfähiges Gerät
- Messrohr und Sensor

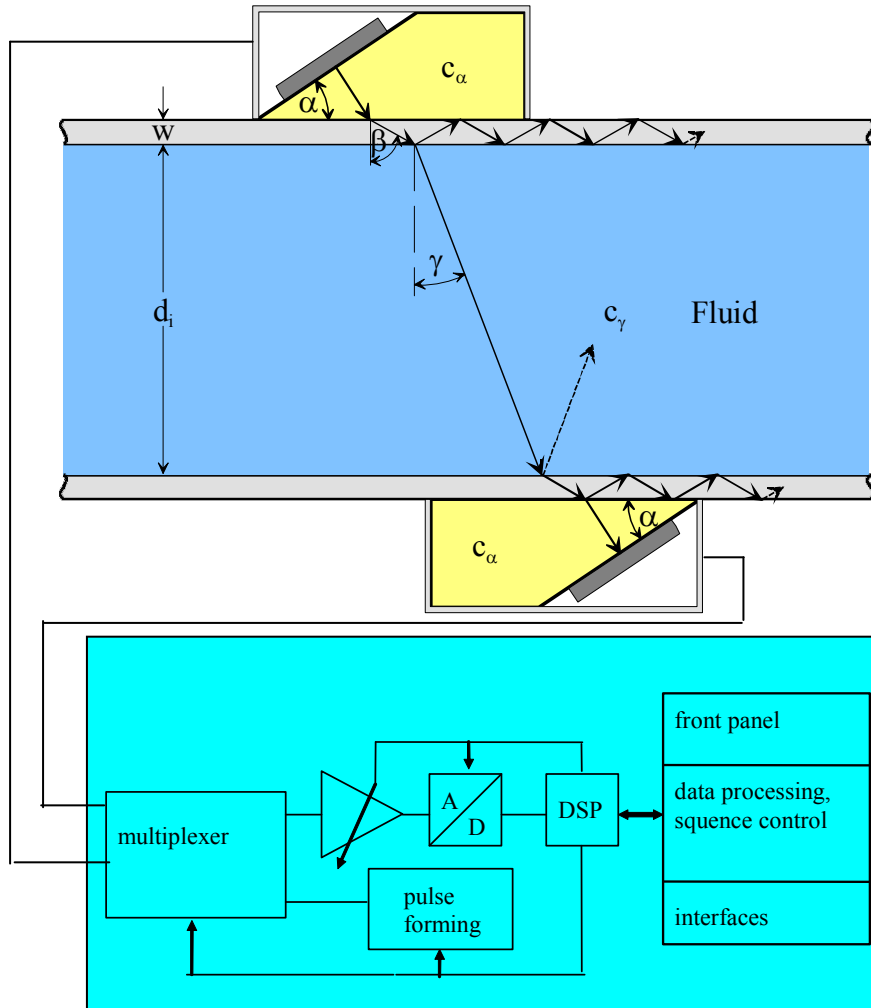
3. Nacheichung

- Austauschbarkeit und Kombination Sensorik Messrohr

4. Messergebnisse

- Beispiele

- Clamp-on Ultraschall-Technik
 - Aufbringung der sensorischen Komponenten von aussen
 - Medien und Druckunabhängig
 - Geringer Installationsaufwand ohne Rohrleitungsunterbrechung
 - Service und Wartung ohne Anlagenstillstand
 - Verschleissfreie Messung ohne Druckverlust
 - Bidirektionale Messung möglich
 - Geringe Lagererhaltungskosten (wenig Ersatzteile, austauschbarkeit der Teile)
- Clamp-on-Technik erlaubt unterbrechungsfreien Betrieb der Anlage unabhängig vom Messgerät
- Betrachtung der Eichfähigkeit



Geräteformel

$$v_l = k_\alpha \frac{\Delta t}{2 t_F}$$

Akustischer Kalibrierfaktor

$$k_\alpha = \frac{c_\alpha}{\sin \alpha}$$

- Signalerfassung
- Messung von Laufzeit und Laufzeitdifferenz
- Volumenstromberechnung

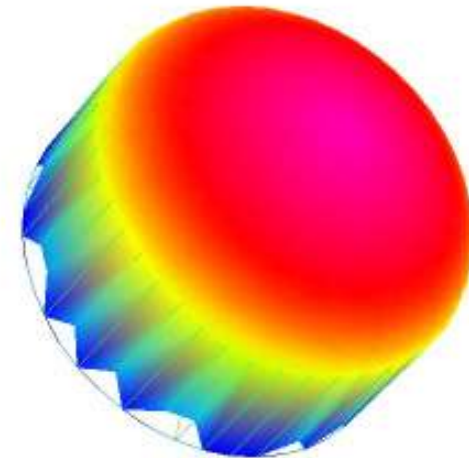
$$Q = v_A \cdot A$$

Fluidmechanischer Kalibrierfaktor

$$k_{\text{Re}} = \frac{v_A}{v_l}$$

$$v_A = \frac{1}{A} \iint_A \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A}$$

$$v_l = \frac{1}{l} \int_{(l)} \mathbf{v} \cdot d\mathbf{l}$$



$$Q = A k_{\text{Re}} v_l$$

bei ungestörtem Strömungsprofil

k_{Re} nur abhängig von der Reynoldszahl und Rauigkeit

Geräteformel

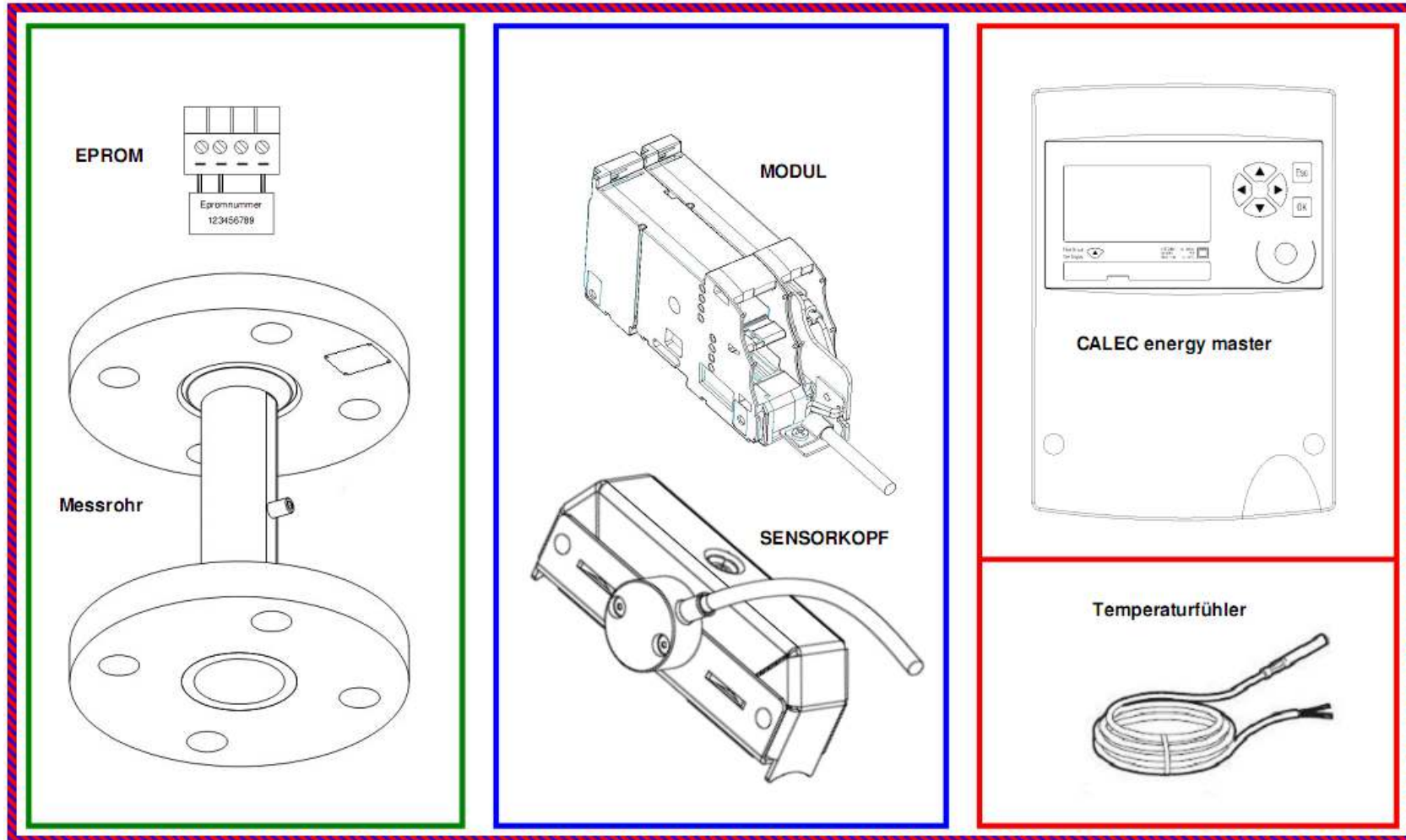
Unsicherheits-
beiträge

$$Q = K_{\text{Re}} \cdot A \cdot K_{\alpha} \frac{\Delta t}{2t_{fl}}$$

Fluid-
mechanik
Geometrie
Akustik
Elektronik und
Zeitmessung

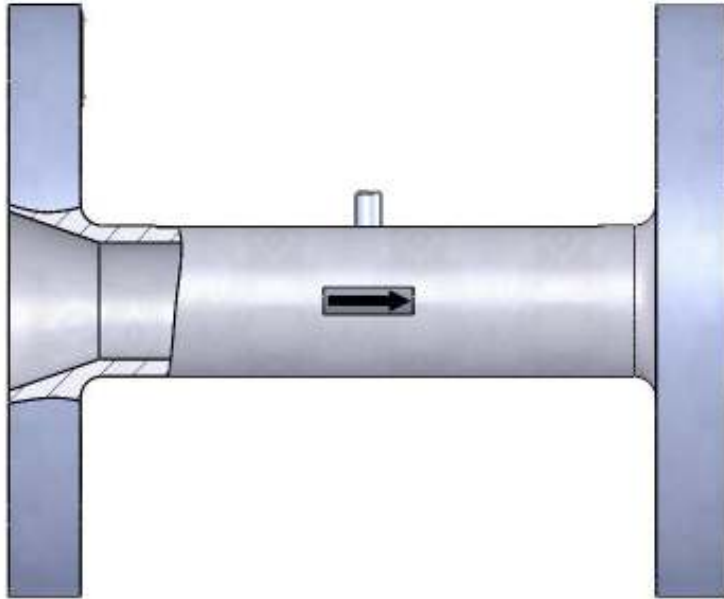
$$\frac{u_c^2(Q)}{Q^2} = \frac{u^2(K_{\text{Re}})}{K_{\text{Re}}^2} + \frac{u^2(A)}{A^2} + \frac{u^2(K_{\alpha})}{K_{\alpha}^2} + \frac{u^2(\Delta t)}{\Delta t^2} + \frac{u^2(t_{fl})}{t_{fl}^2}$$

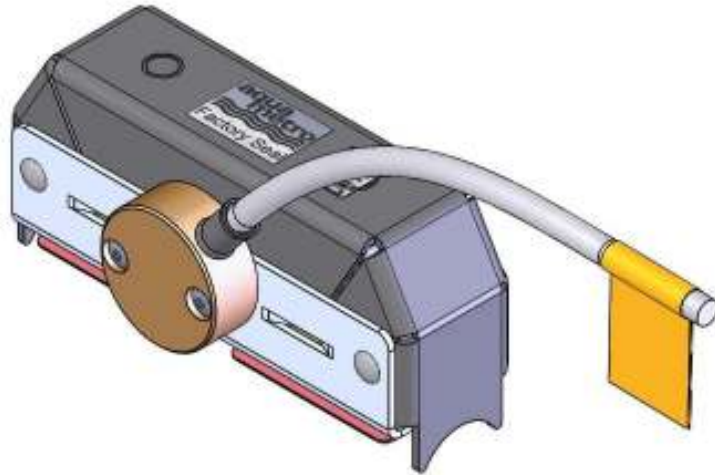
$$- 2 \frac{u(t_{fl})}{t_{fl}} \frac{u(A)}{A} r(t_{fl}, A) - 2 \frac{u(t_{fl})}{t_{fl}} \frac{u(K_{\alpha})}{K_{\alpha}} r(t_{fl}, K_{\alpha})$$



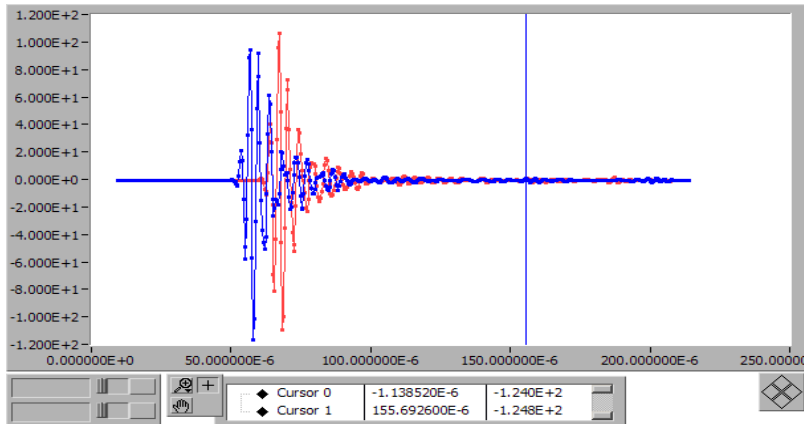
- Messrohr ist Bestandteil des Messsystems
 - Reduktion der Geometrieunsicherheit, da Rohr bekannt
 - Reduktion der Abhängigkeit von strömungsmechanischen Störungen durch Gestaltung des Messrohrs
 - Dauerhafter Verbleib des Messrohres im Rohrleitungsverbund erlaubt unterbrechungsfreien Anlagenbetrieb
- Akustischer Sensorkopf und Elektronik bilden Sensor
 - Eichung der Sensorik erfolgt auf beliebigem Messrohr gleichen Typs
 - Kombinierbar mit jedem Messrohr gleichen Typs
 - Unabhängige Nacheichung und Überwachung der Sensorkomponenten an jedem Messrohr gleichen Typs
 - Elektronische gesicherte Kombination aus Messrohr und Sensor

Messrohr





Signalbeispiel

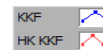
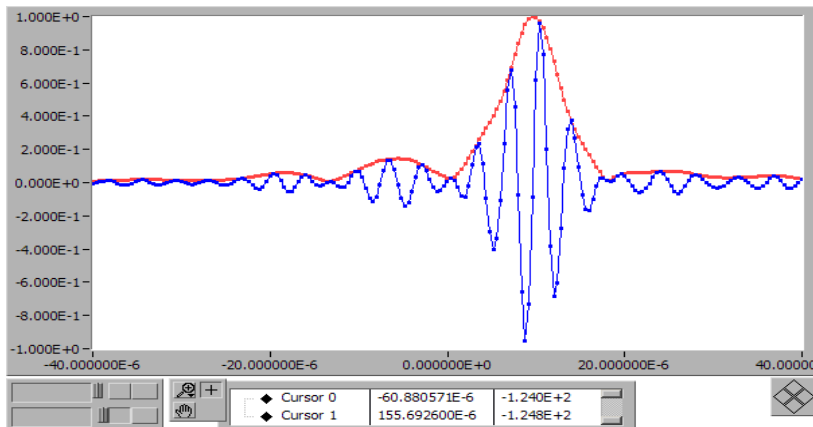


DSP basierte Signalverarbeitung

Kreuzkorrelation zur
Laufzeitdifferenzmessung

- hohe Rauschunterdrückung
- Auswertung des gesamten Signals

Kreuzkorrelation



Auflösung und Nullpunktstabilität:

Minimieren der Unsicherheit der
Zeitmessung für Laufzeit und
Laufzeitdifferenz



Akustische Unsicherheit



- Wird durch den Sensorkopf bestimmt
- Ersteinchung der Sensoren und der Elektronik zur Minimierung der akustischen Unsicherheit
- Gegebenfalls Justage

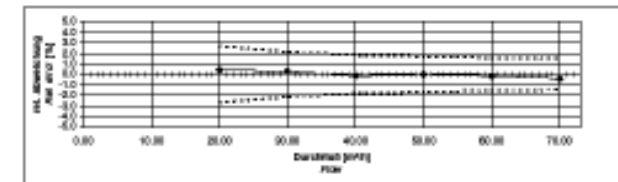
Kalibrierschein Calibration Certificate

Testgerät / Device under test (DUT)

Type:									Kalibrierschein Nr.:	201904-04
Calibrierung:	ADMATCH	Ser. Nr.:	0700004						Calibrierung No.:	27-07-14
Hersteller:		Ser. No.:	1946						Calibr. No.:	BBL07-001
Transducer:		Ser. No.:							Order No.:	
Model:	100.2	Material:	Wasser	Temperatur:	20.0 °C					
Open (mm):	4.0	Fluid:	Water	Temperature:	20.4 °C					
Baricorr (mm):	70	rel. Meßunsich.:	1.0	%	± 1.0 mm/s					
Range:		spec. accuracy:								

Meßergebnisse / Test results

Meßpunkte Meas. Point	Meßwert Meas. value	Normal / Standard		Pfeilung / DOT		Hilfsabweichung Corr. error (Up-Drift / Dr)		Güte Limit	Bewertung Quality	OK OK
		Standard Grenze On	Standard Grenze Off	Up-Drift On	Down-Drift Off	%	%			
1	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OK
2	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OK
3	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OK
4	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OK
5	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OK
6	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OK
7	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OK



Umgebungsbedingungen / Environmental condition:
 Temperatur [°C]: 22 ± 0.5, Luftdruck [hPa]: 1013 ± 25, Luftfeuchtigkeit [% rH]: 50 ± 10
 Temperature, Atmospheric pressure, Humidity

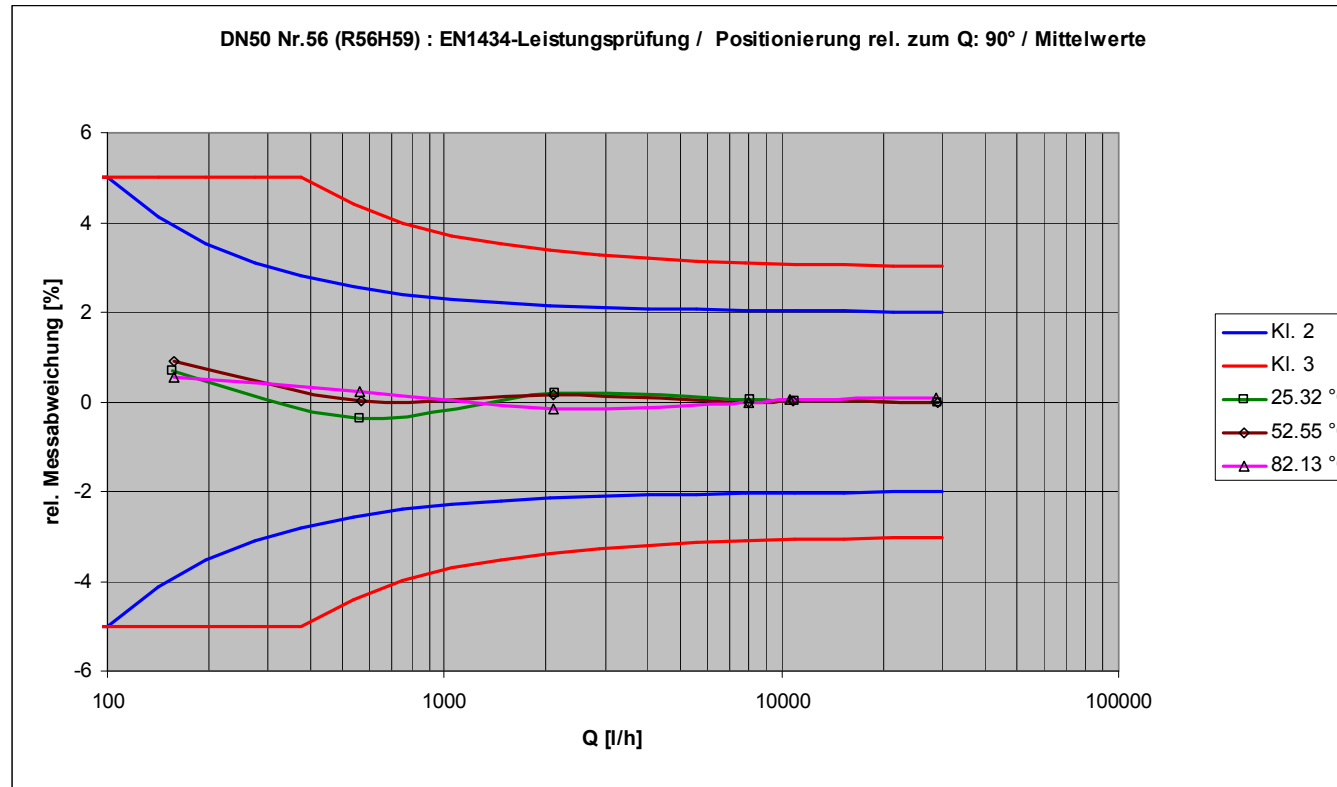
Das angegebene Meßgerät erfüllt die in unserer Spezifikation angegebenen Genauigkeitsanforderungen (passed / failed).
 The indicated instrument meets the accuracy also specified in the specification (passed / failed).

Die Kalibrierung des oben angegebenen Meßgerätes wurde gemäß ISO/IEC 17025 gegen Normale ausgeführt.
 Die hier aufgeführten Standards / NORMALE basieren.
 The calibration of the instrument specified above was carried out against standards in full accordance with ISO/IEC 17025.
 The standards are traceable to national standards, in accordance with ISO/IEC 17025.

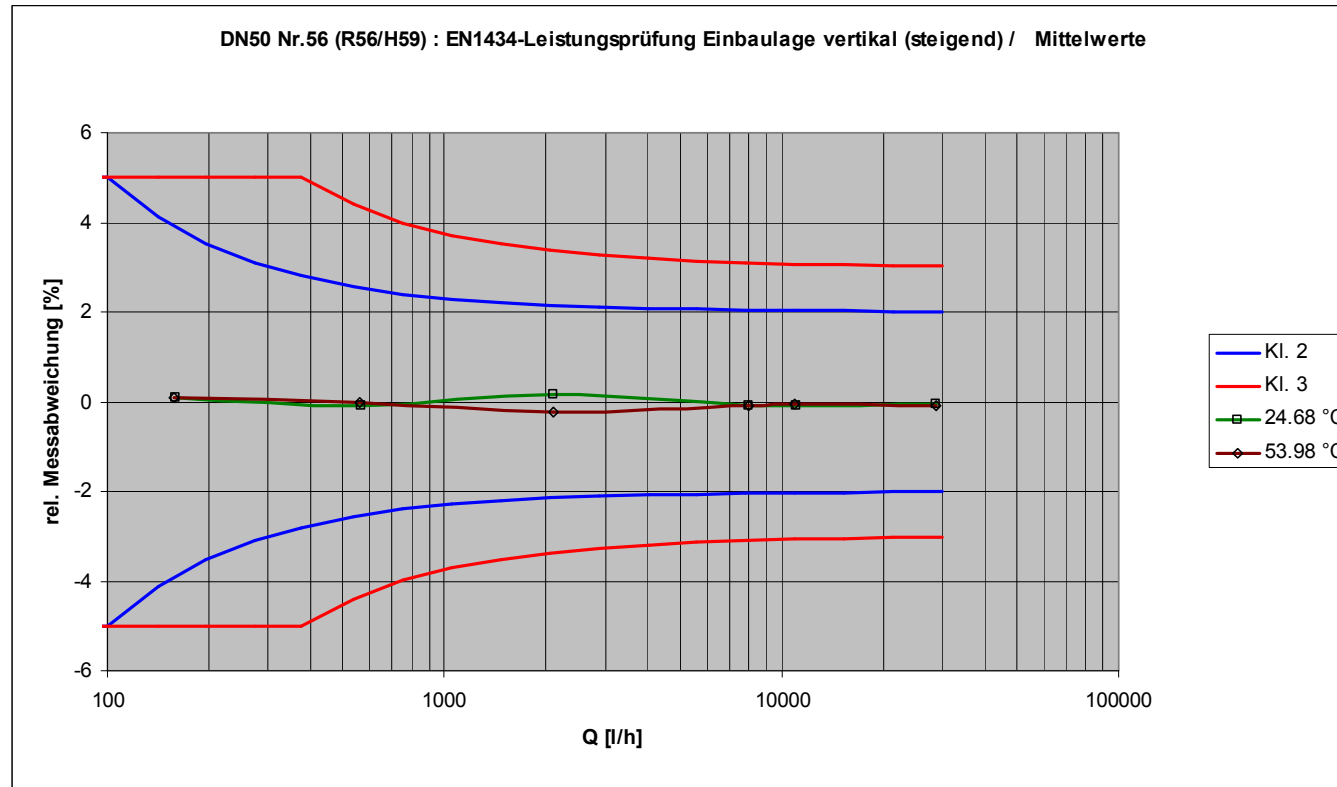
Normal	YDE/DAW 8	Ser. No.	ISPT1218	Profilname	FS821
Standard	AUF100	Ser. No.		Typ	
Kalibrierung Datum	21.08.2007	Druck No.	ISPT1218-0		
Kalibrierung durch		Calibrations No.			

Datum: 21.08.2007, FIRMEN: FLEXIM, CUSTOMER: CUSTOMER, UNTERSCHRIFT: [Signature]

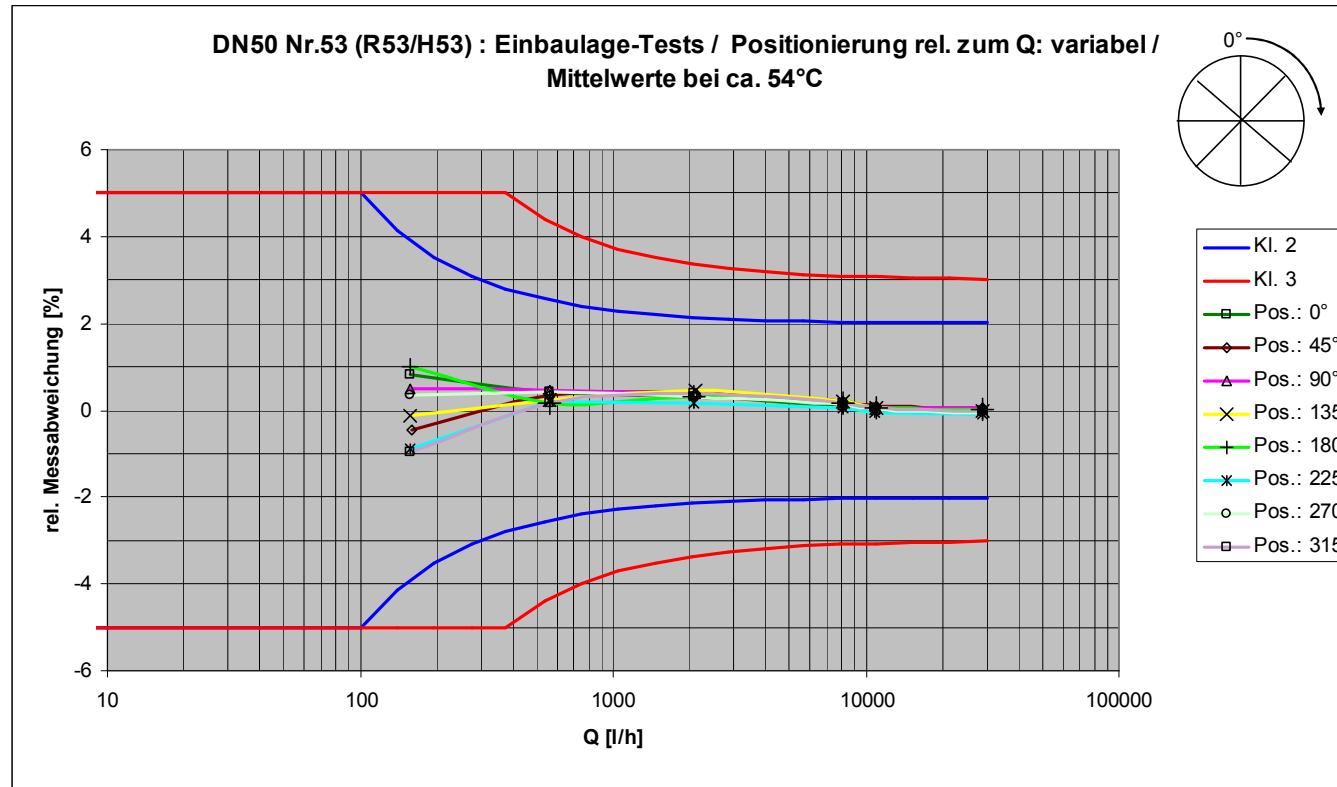
Dieses Protokoll enthält 1 Seite und darf nur elektronisch weitergegeben werden. This certificate consists of 1 page and should be copied only in its entirety.
 FLEXIM GmbH, Wolfener Str. 36, D-12001 Berlin, F243-010-05



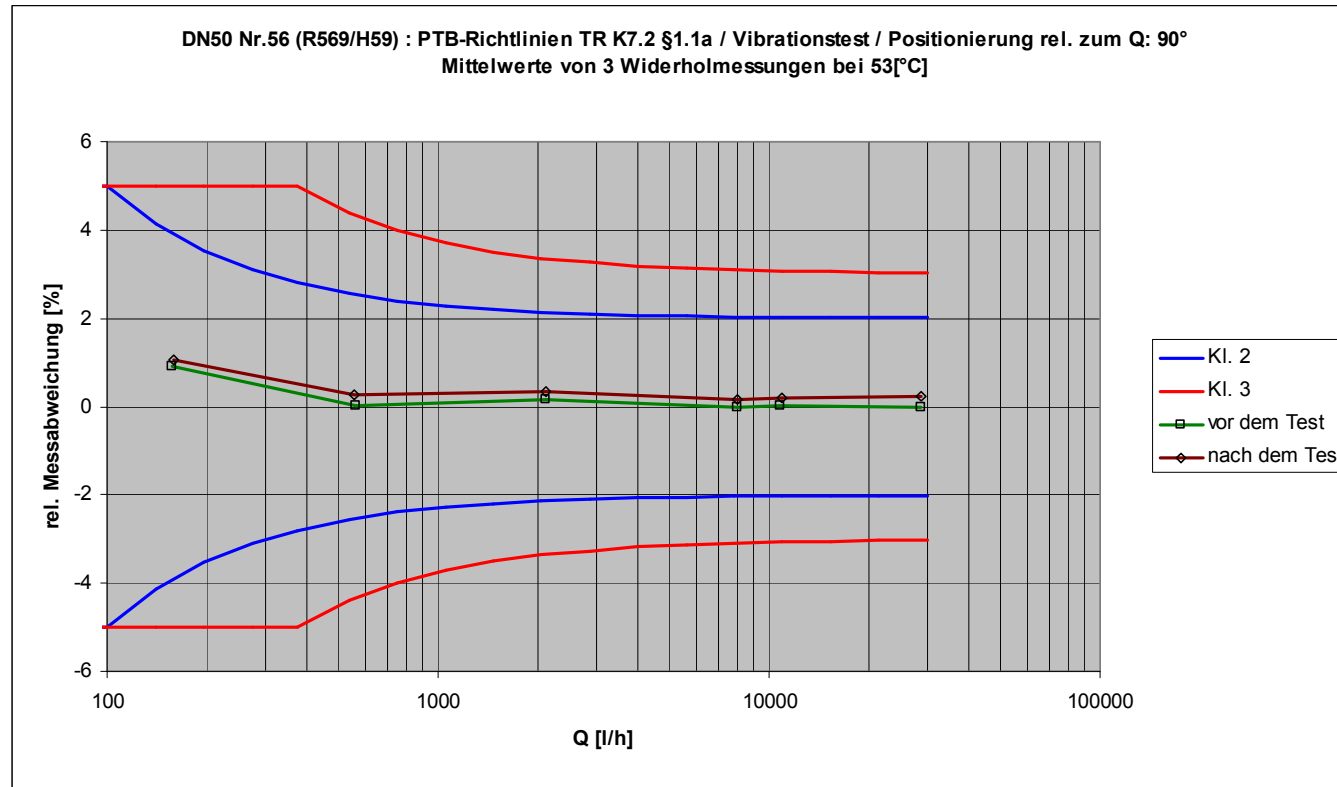
Messabweichung horizontal bei 25°C,50°C,85°C



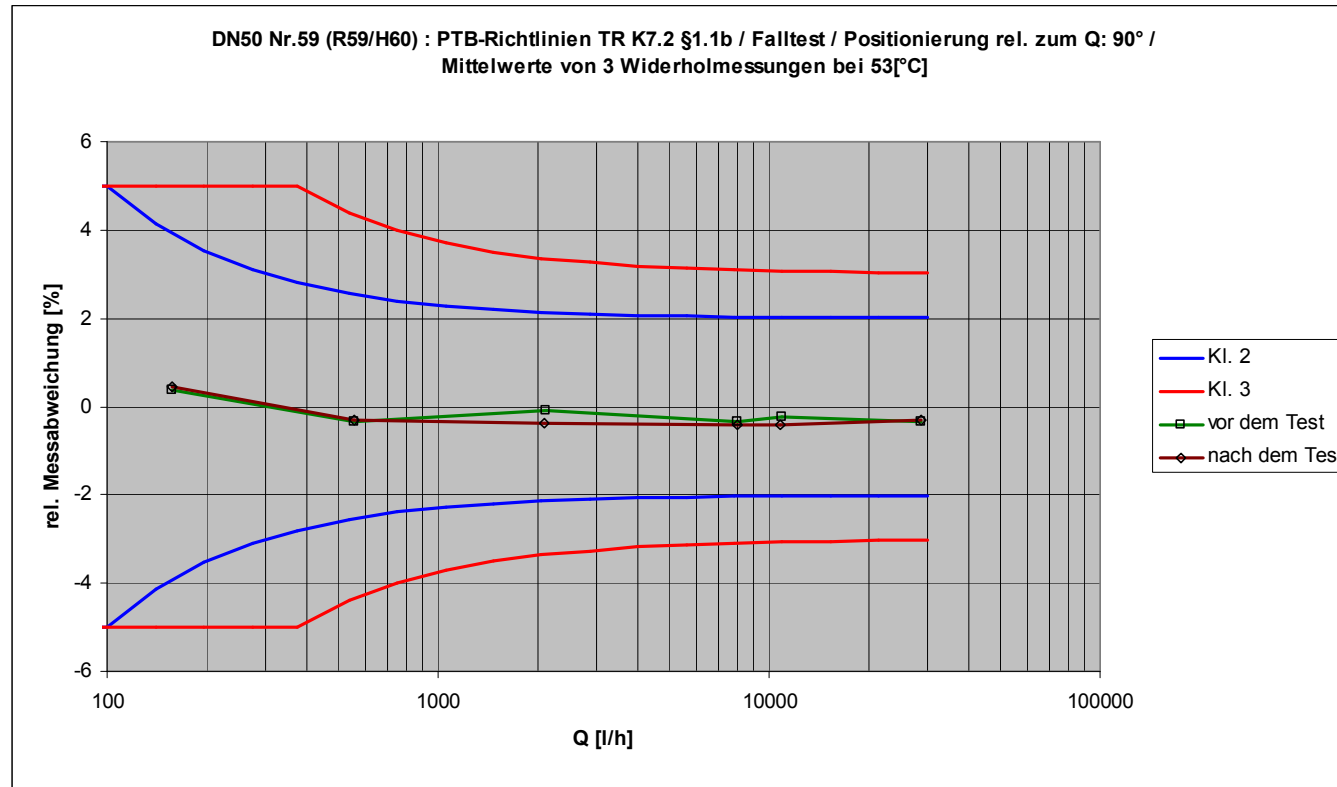
Messabweichung vertikal bei 25°C,50°C,85°C



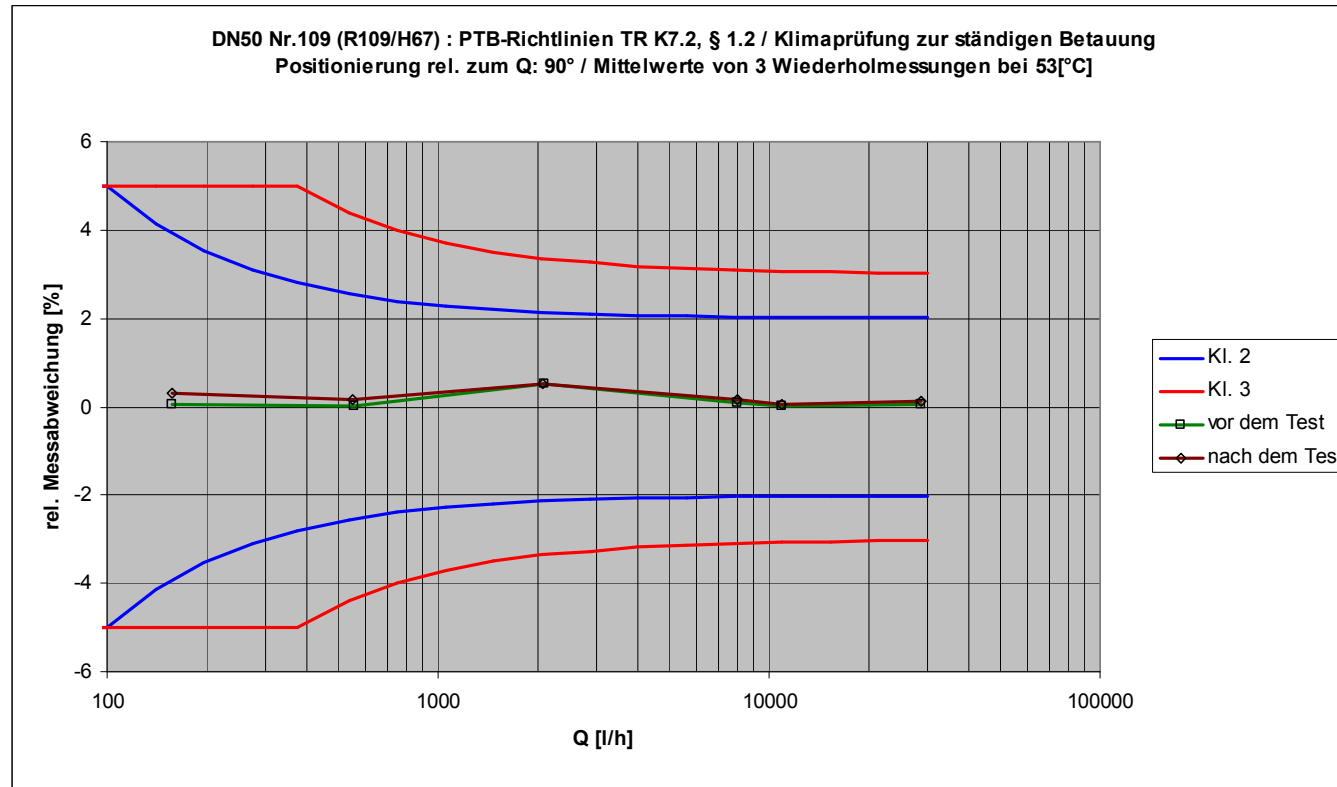
Messabweichung bei Variation der Einbaulage



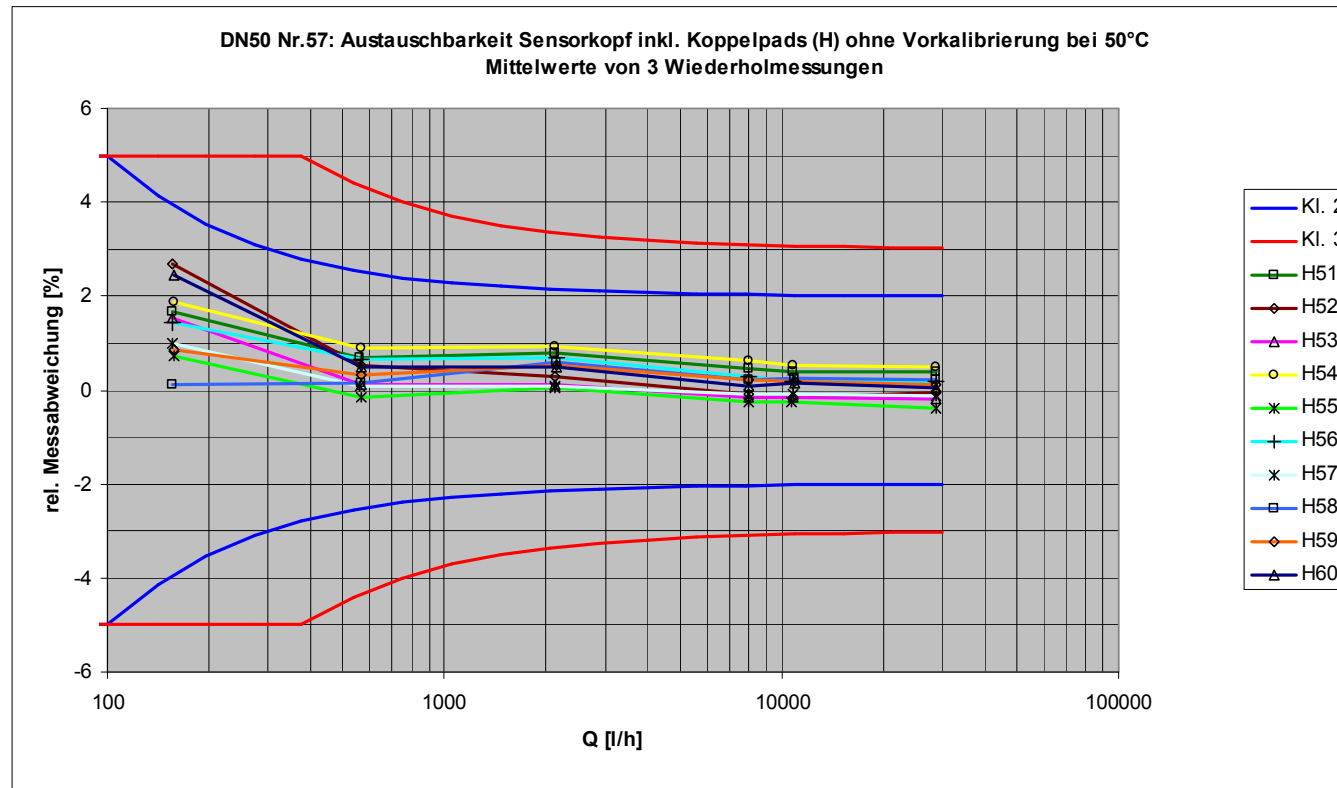
Messabweichung bei Vibrationen gemäss EN1434



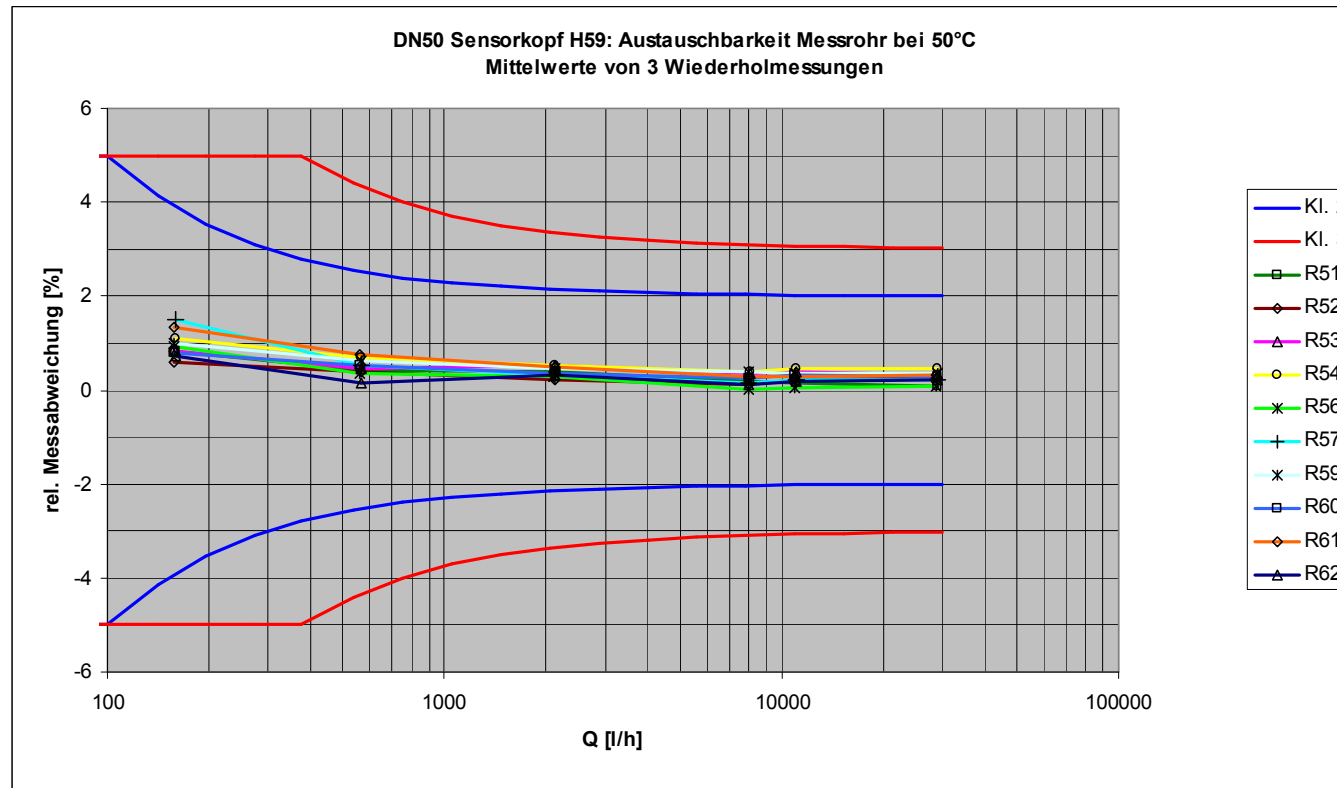
Messabweichung nach dem Falltest gemäss EN1434



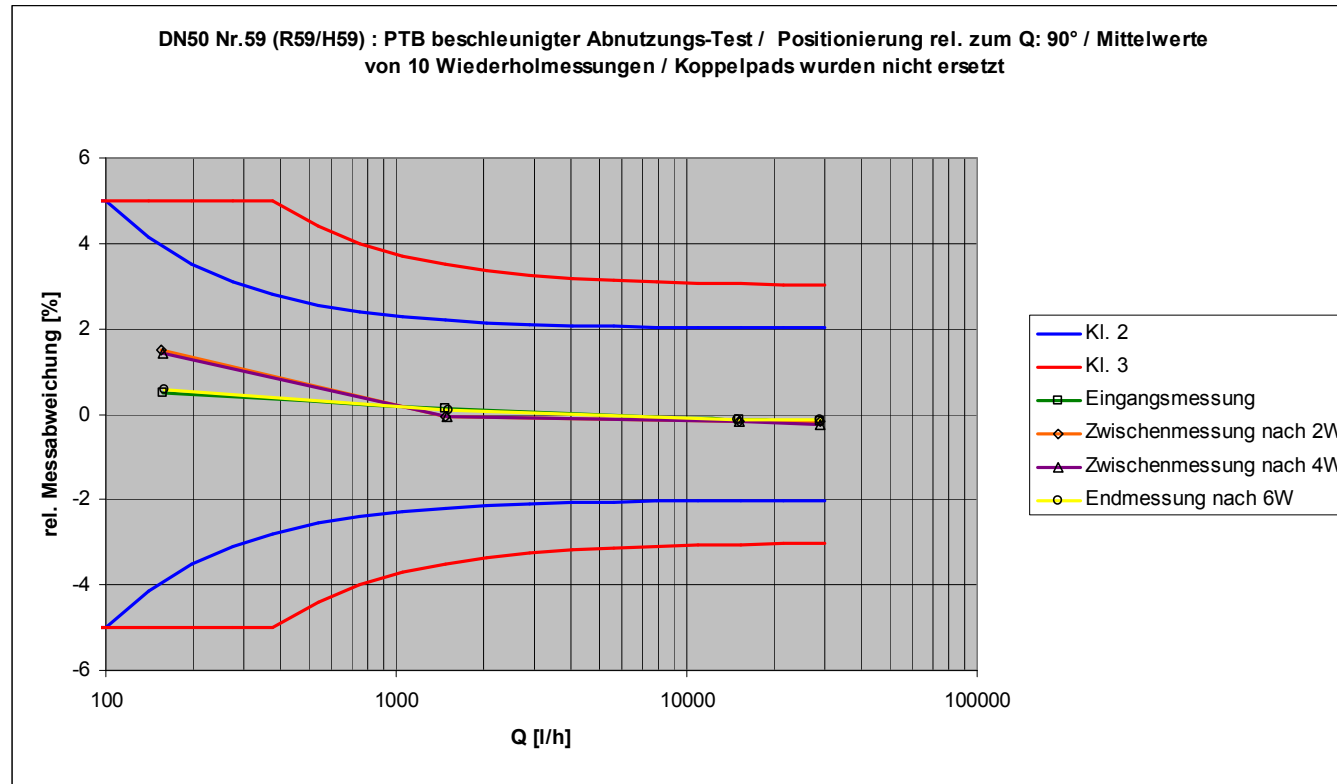
Messabweichung nach der Klimaprüfung gemäß EN1434



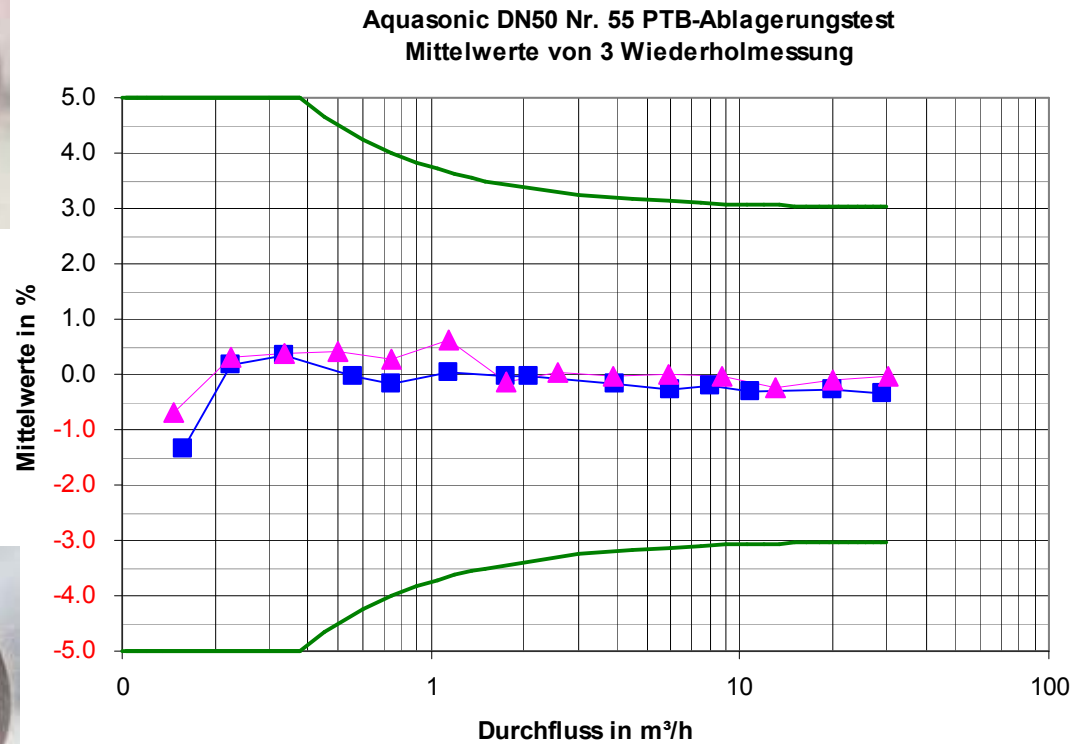
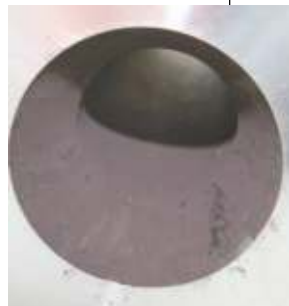
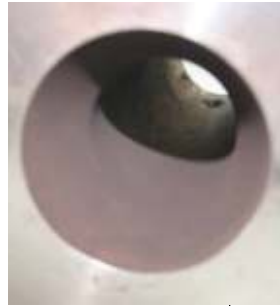
Messabweichung für verschiedene Sensorköpfe
(keine vorherige Kalibrierung der Sensoren)



Messabweichung für verschieden Messrohre mit
gleichem Sensor



Messabweichung mit beschleunigter Abnutzung



Messabweichung mit Magnetitbeschichtung



18 Monate

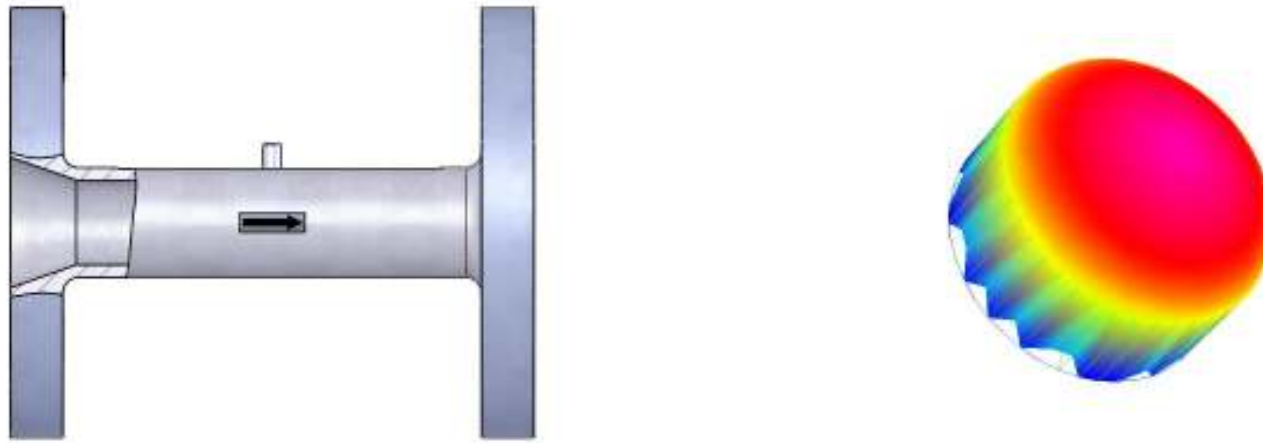


Einsatz

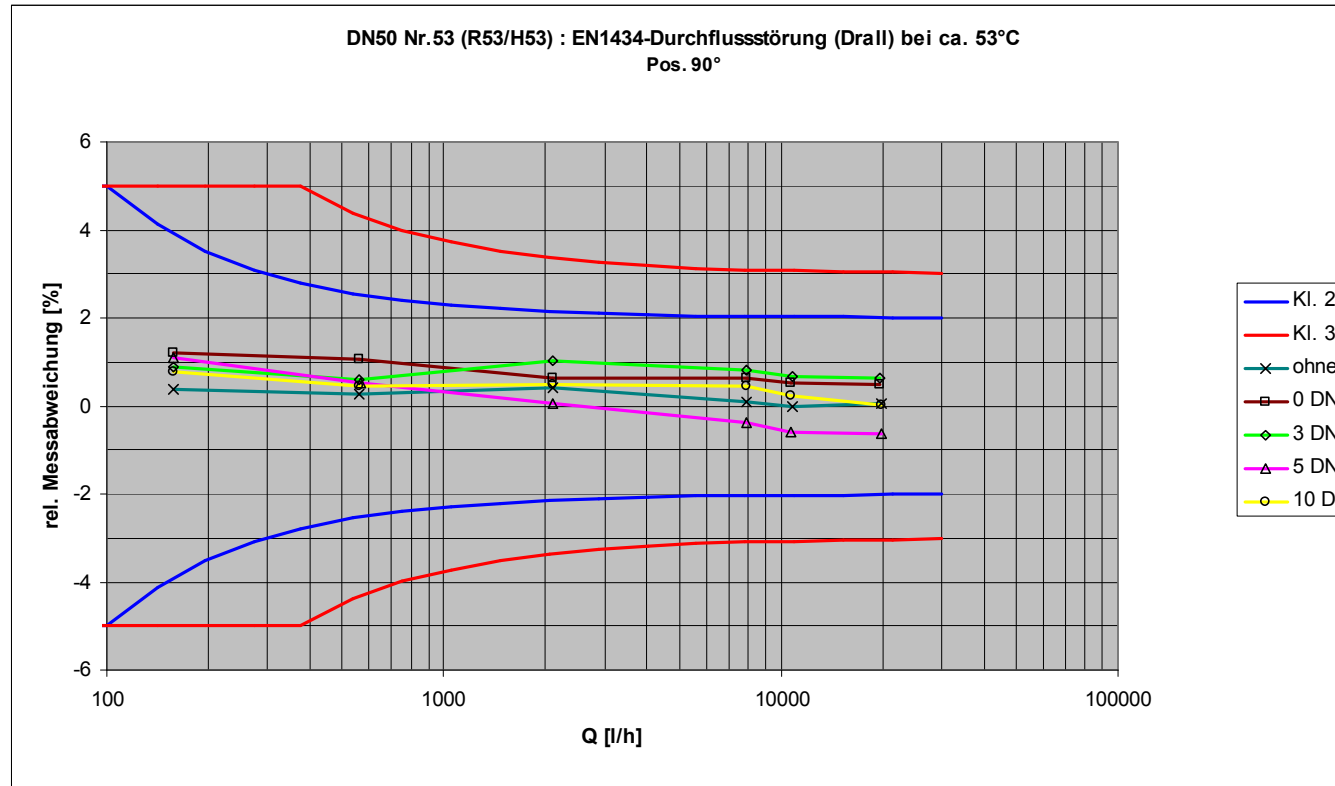
12 Monate

Vergleich der Ablagerung bei gleichen Einsatzbedingungen

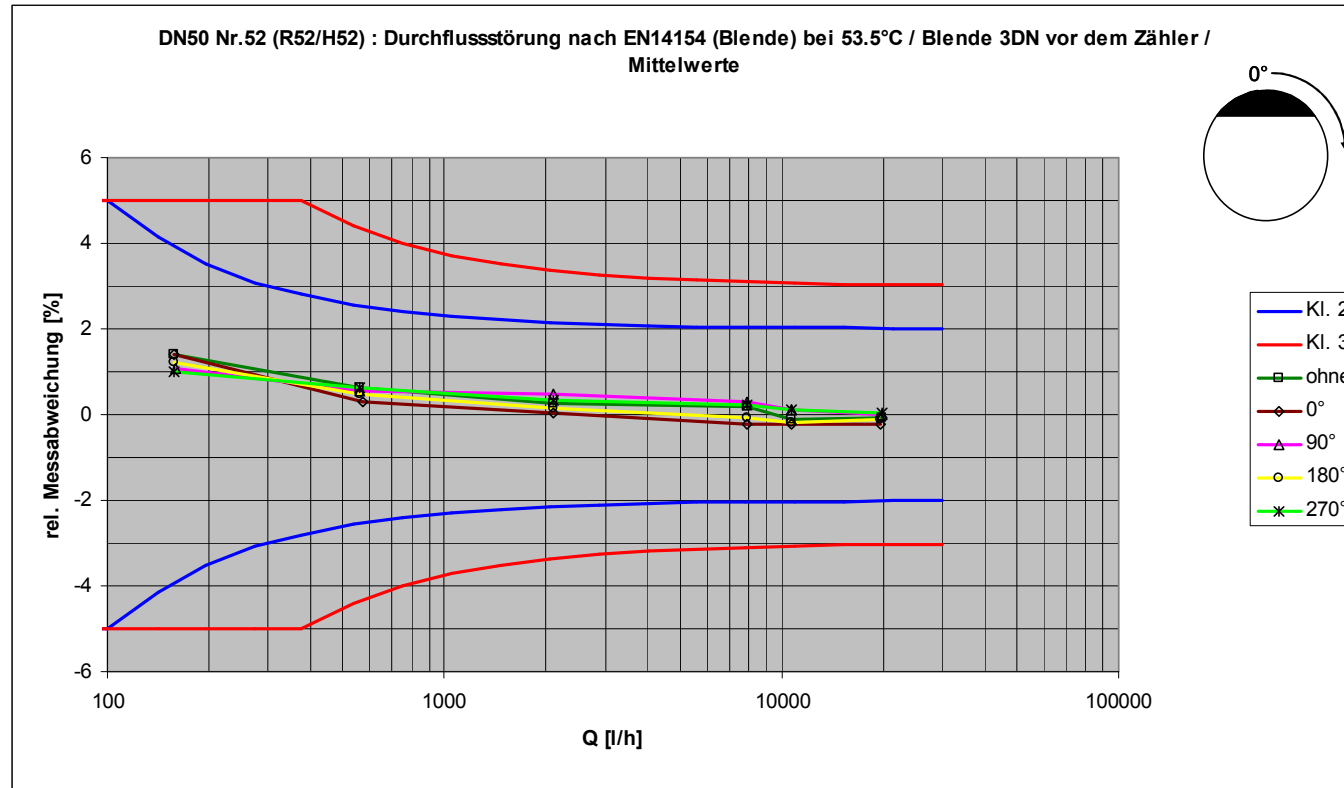
- Messrohrgeometrie reduziert Störstellenfluss



- Erfassung des Strömungsprofil im Messrohr und Ermitteln des akustischen Kalibrierfaktor erforderlich
- Jeder Messrohrtyp wird vermessen zur Ermittlung der Korrekturfunktion



Messabweichung stromab Drallnachbildung in verschiedenen Abständen



Messabweichung stromab Blende (3D) in verschiedenen Einbaulagen



Zusammenfassung



- Eichfähiges Messsystem in Ultraschall-Clamp-on Technik
- Einmaliger Einbau des Messrohrs
- Vorteile der Clamp-on Technik erhalten
- Nacheichung kann ohne Betriebsunterbrechung
- Austauschbarkeit erlaubt kontinuierliche Messung
- Messrohr Geometrie patentiert
- Sensorkopf Position und Positionierung patentiert