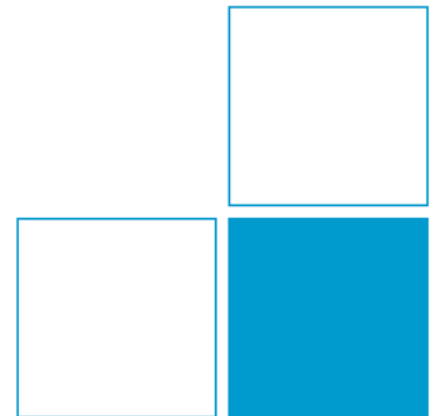


Technische Aspekte im EEG: Messung & Technik

20. Fachgespräch Landesvertretung Hessen 17. März 2015

Messtechnische Anwendungsfragen im Bereich EE-WärmeG

Dr. Jürgen Rose
Fachbereich Wärme und Vakuum, Leiter AG Messung thermischer Energie
juergen.rose@ptb.de



Eichrecht/MEG, MessEV

und messtechnische Anwendungsfragen nach EE-WärmeG

- *PTB - kein Gesetzgeber, sondern technisch-physikalisches Metrologieinstitut in nachgeordneter Behördenunterstellung zum BMWi*
- *Föderalistisches System: Bund-Länderkommission Gesetzliches Messwesen, AG ME, lokale EAB/Eichamtsentscheidungen*

Dieser Beitrag umreißt messtechnische Herausforderungen

Gezeigt wird, dass das Tool – Wärme-/Kältezähler messgenauer, messbeständiger und einbauseitig robuster für Feldeinsätze zu entwickeln ist, eingeschlossen dessen Prüftechnik (!)

Nur so genügt die Messtechnik den Anforderungen aus EE-WärmeG (und aus Smart Metering).

PTB Department „Heat and Vacuum“

Staff: 34, among 5 scientists, 8 trainees

Conformity Assessments Heat/Cooling Meters

domestic-industrial, Sub-Assemblies

Standardization CEN, OIML, DIN

Vacuum Physics

R&D Projects, Industries

Electromagnetic and

Coriolis flow sensors

Transfer Standards

Test Facilities

LDA - based transfers

Sedimentation



Tasks for Working Group „Thermal Energy Measurements“

- Service and applied research for legal regulated measurements of*
- 1. thermal energy with heat and cooling meters, sub-assemblies*
 - 2. temperature surveillance of food suppliers with moveable electric thermometers (-25 °C to 40 °C)*

Volume, Flow

6 l/h to 1000 m³/h
3 °C to 90 °C

Temperature Difference

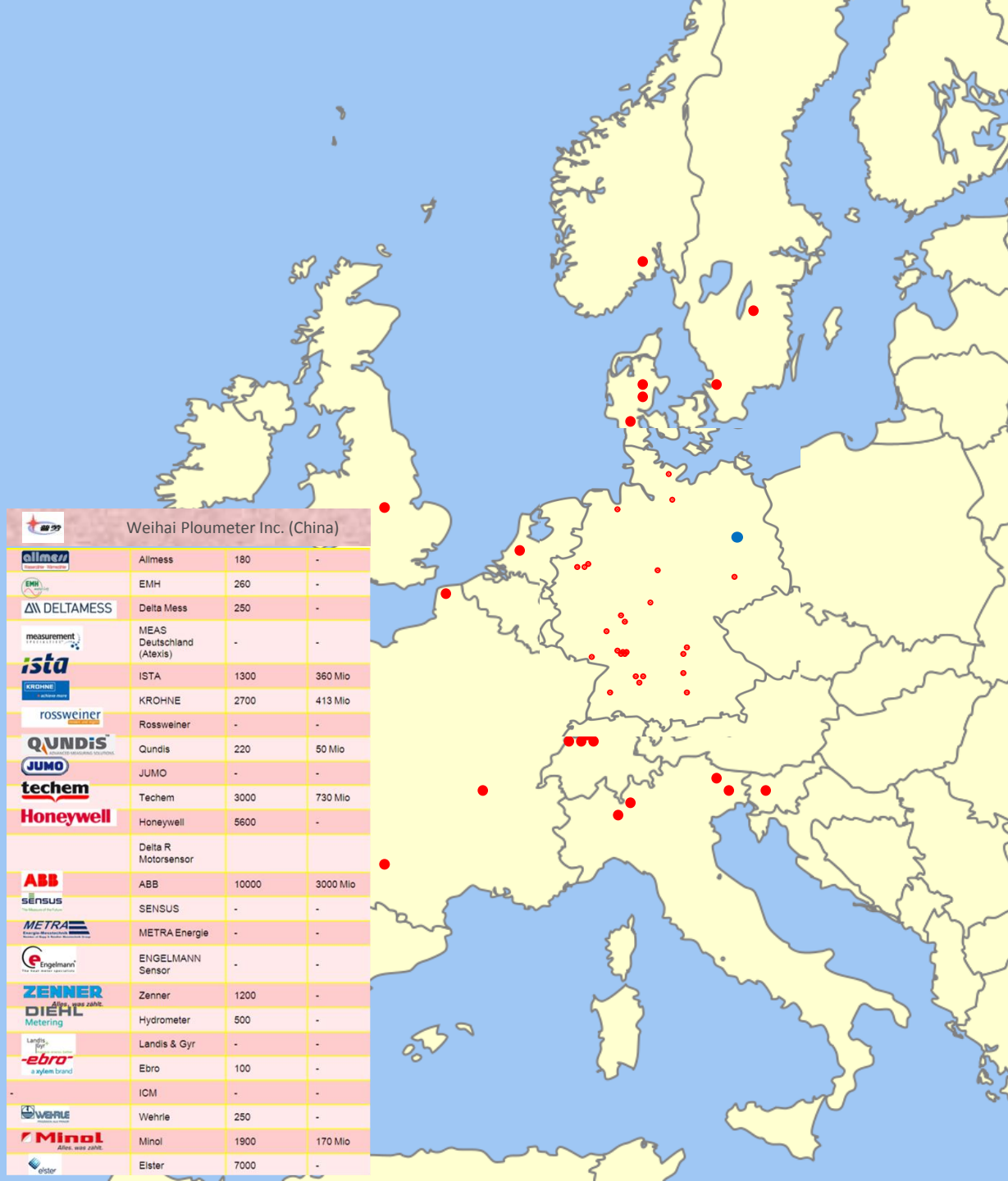
3 K to 157 K Temp. Sensor Pairs
5 °C to 160 °C Test setup baths

Calculators

14 W to 236,000 kW
3 K to 200 K, 0 °C to 200 °C
6 l/h to 1000 m³/h electr. simulated



This time, some new test facilities up to 230 °C are under construction



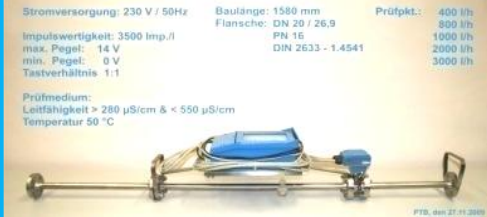
Logo	Firma	Mitarbeiter	Umsatz
	Krohne	2700	413 Mio
	Metrima	200	-
	Kamstrup	750	-
	Senmatic	1700	3000 Mio
	Siemens Flow	-	-
	itron	9000	-
	MEAS France	65	250 Mio
	Caleffi	1000	250 Mio
	IMIT	-	-
	Maddalena	-	-
	BMeters	-	-
	Endress+Hauser	8600	1300 Mio
	Aquametro	175	37 Mio
	Sontec	70	-
	Mx Systems AG	-	-
	Iskrameco	-	-
	Axis	750	-
	Danfoss	24000	4200 Mio
	GWF Messsysteme AG	130	-
	Rosmont Tank Radar	420	115 Mio

Weihai Ploumeter Inc. (China)			
	Allmess	180	-
	EMH	260	-
	Delta Mess	250	-
	MEAS Deutschland (Atexis)	-	-
	ISTA	1300	360 Mio
	KROHNE	2700	413 Mio
	Rosswainer	-	-
	Qundis	220	50 Mio
	JUMO	-	-
	Techem	3000	730 Mio
	Honeywell	5600	-
	Delta R Motorsensor	-	-
	ABB	10000	3000 Mio
	SENSUS	-	-
	METRA Energie	-	-
	ENGELMANN Sensor	-	-
	Zenner	1200	-
	Hydrometer	500	-
	Landis & Gyr	-	-
	Ebro	100	-
	ICM	-	-
	Wehrle	250	-
	Minol	1900	170 Mio
	Elster	7000	-

38 Staatlich Anerkannte Prüfstellen für Wärme



Hersteller: MID-Module D, H1
DAkkS: 6 Kalibrierlabors, 11 weitere mit Interesse
Akkreditierung Benannter Stellen



Fachgrundnormung

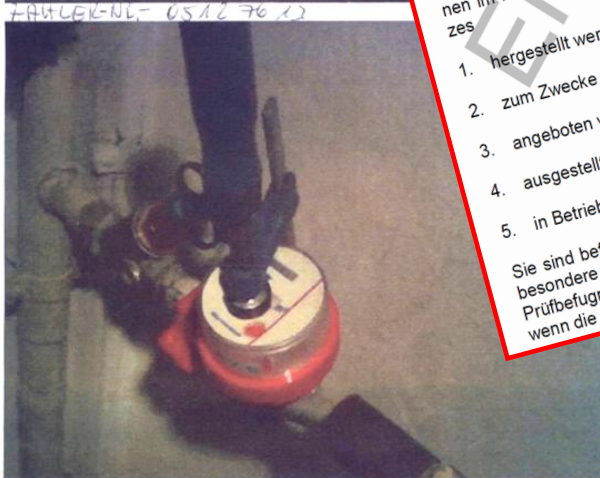
CEN TC 176 - Convenor EN 1434, OIML TC 11 - Projekt R 75
WELMEC WG 11, AK Laserdiagnostik
DIN-NHRS Raumklimattechnik - Obmann
Leitung Vollversammlungs-Arbeitsausschuss Wärmezähler
PTB-AK, Hersteller- und Verwenderverbände

Veröffentlichungen, Bekanntmachungen, Beratung Behörden und Bürger

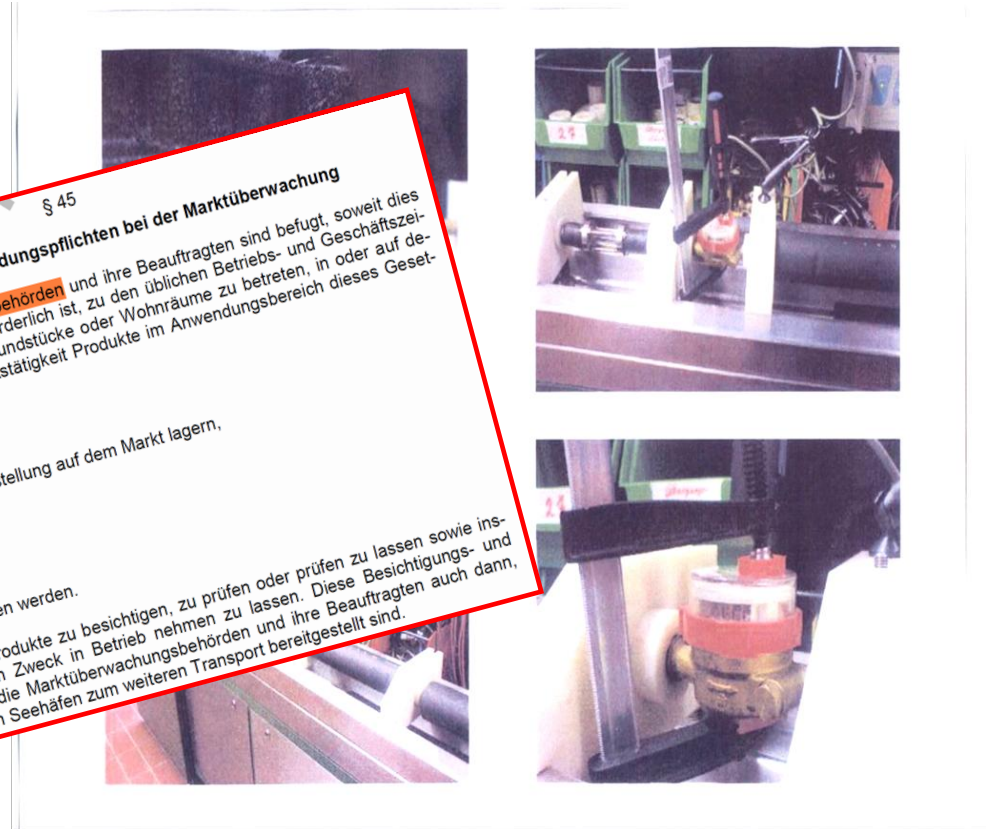
TR K, Normen, PTB-A, Eichenweisungen, Handbuch „Heizkostenabrechnung“,
Technisch-Physikalisches Kapitel Wärmezähler in 8. Auflage deutsch, chinesisches,
AGFW-Fachbuch, Beratungspflichten

✓ PTB hält auch hierzu messtechnische Kompetenz bereit

ZÄHLGER-N. - 05268306



ZÄHLGER-NL - 05167612



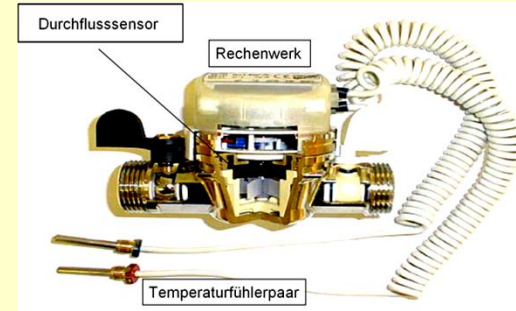
**vorgefunden in Wohnungsanlage:
Verlangsamung bis Stillstand Zählwerk**

**Prüfung Eichamt: nach Abnahme der
Schraubzwinde hält Messgerät MPE ein,
ohne sichtbare Manipulation
→ Handlungsbedarf PTB**

Leistungsbereiche Wärme- und E-Zähler (Haustechnik)

Wärmezähler:

Volumenstrombereich	6 l/h ... 2500 l/h
Temperaturdifferenz	3(2) K ... 100 K
<u>Leistungsbereich</u>	< 15 W ... 280 kW
→ Leistungsspanne	1 : 19000 (häufig batteriegespeist)
Eichgültigkeit	5 Jahre (in aggressiver Wasserchemie)



Elektroenergiezähler:

elektrische Spannung	230 V
elektrischer Strom	0,01 A ... 60 A
<u>Leistungsbereich</u>	2,3 W ... 13,8 kW
→ Leistungsspanne	1 : 6000 (netzgespeist)
Eichgültigkeit	16/8 Jahre (durch "sauberen" Strom gespeist)



→ Vergleich: Leistungsbereich (Wärmezähler : Elektroenergiezähler)

3 : 1

Pos.	Stk	Bezeichnung	Material	Einheit	Proz.
1	1	Stempel			
2	1	Plombierschraube DIN43804-M4x12	90 89 815 018	14	
3	1	Plombierschraube DIN43804-M4x12	90 89 815 018	14	
4	1	O-Ring 2-12x2-8	90 89 815 014	10	
5	1	O-Ring 2-12x2-8	90 89 815 014	10	
6	1	Stiftschraube M2,5x12	90 01 617	8	
7	1	Stiftschraube M2,5x12	90 01 617	8	
8	1	Stiftschraube M2,5x12	90 01 617	8	
9	1	Stiftschraube M2,5x12	90 01 617	8	
10	1	Stiftschraube M2,5x12	90 01 617	8	
11	1	Arbeitsplatte	90 44 270 003	1	

Wärmezähler sind Ehrfurcht gebietende Messgeräte

Moderne Durchflussmessgeräte basieren auf akustischen, elektronischen und optischen Messprinzipien (Ultraschall-, magnetisch induktive und LDV-Verfahren)

	TRD 611	TRD 612 → AGFW FW 510 VdTÜV 1466			VGB - M 410 N
	steam boiler	hot water generator G II-IV			
	unsalted/ salted water fed for power plant boilers	conditioned circuit water		circuit water	
		salt (poor)	salt (rich) (with reduced oxygen imprint)		
conductivity in $\mu\text{S/cm}$	< 50 > 50	< 30	> 30 - 100 ! MID-sensors	> 100 - 1500	< 100
pH value (at 25°C)	> 9	9.0 – 10.0	9.0 – 10.5	9.0 – 10.5	9 - 10
sum of earth'alkalines in mmol/l	< 0.01 (68 bar) < 0.005 (68-87 bar)	0.02	0.02	0.02	
oxygen	< 0.02	< 0.01	< 0.05	< 0.02	< 0.02

5. Schichtgenerierung im Labor



Fragestellung:

Sind die im Labor aufgetragenen Schichten mit in realen Fernwärmenetzen auftretenden Schichten vergleichbar?

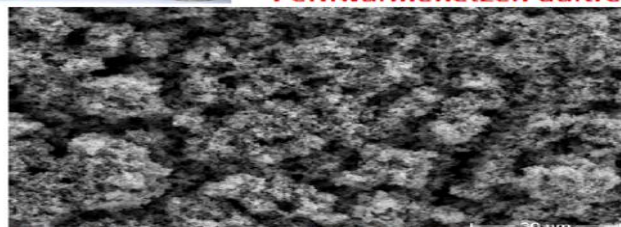
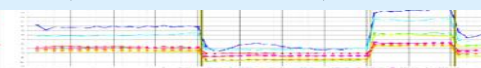


Bild 7. Fernwärmenetz-Schicht

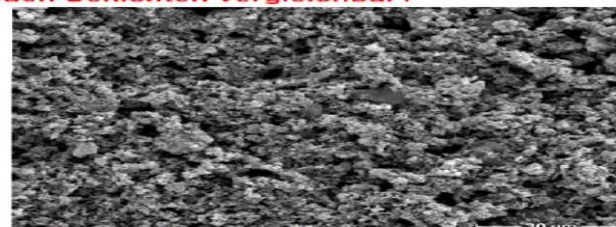
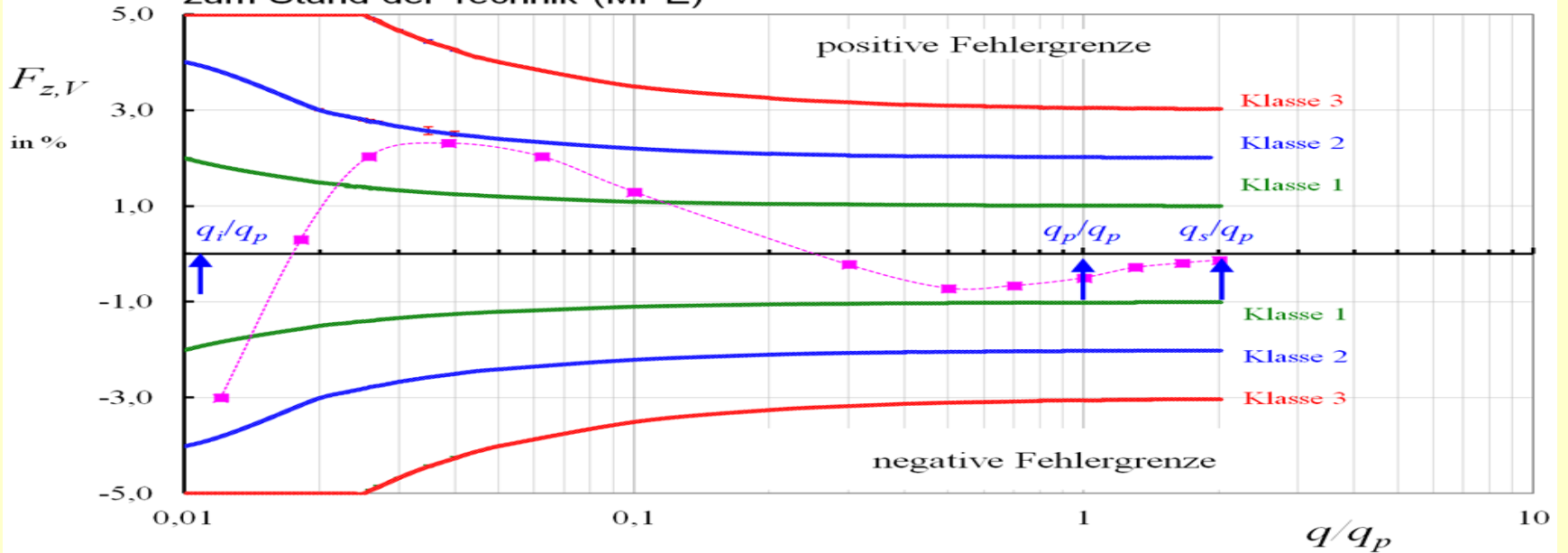
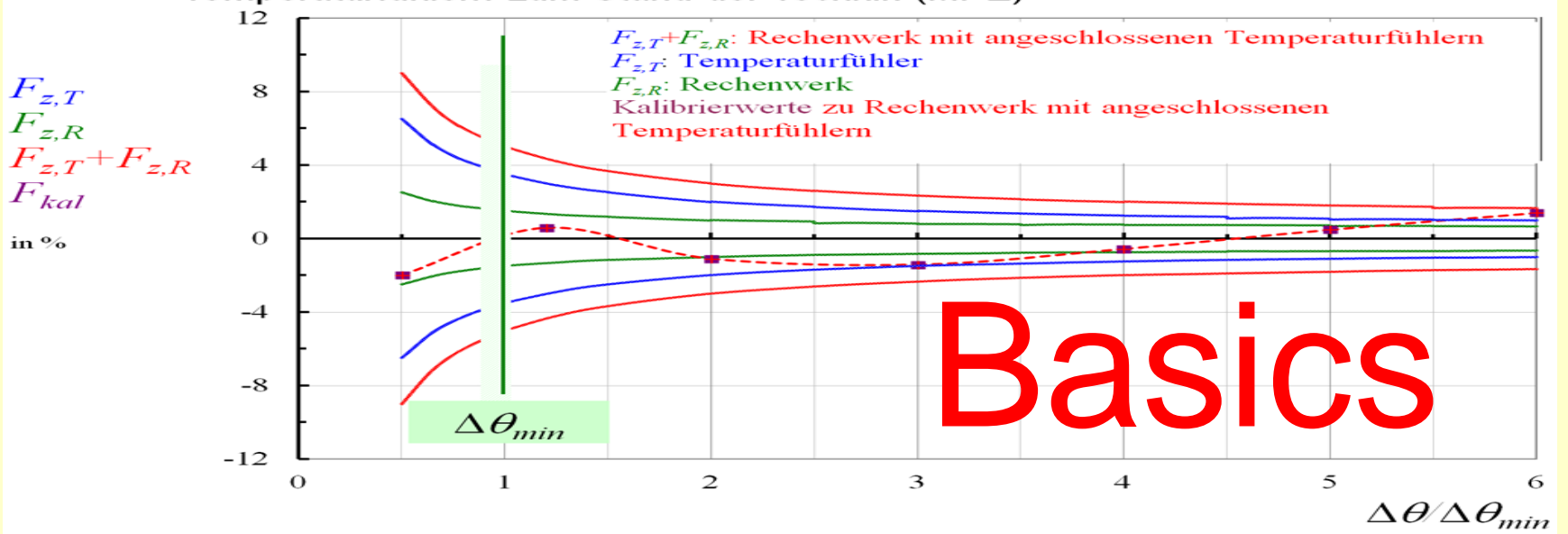


Bild 8. Labor-Schicht

Gesetzlich erlaubte relative Messabweichungen von Durchflusssensoren zum Stand der Technik (MPE)



Gesetzlich erlaubte relative Messabweichungen von Rechenwerken und Temperaturfühlern zum Stand der Technik (MPE)



Eichfehlergrenze Durchflusssensoren 3 %

Verringerung der Eichfehlergrenze auf 2 %

- bedeutet ~ **76 Mio € (D)**

~ **174 Mio € (EU)**

jährlich korrektgere Abrechnung

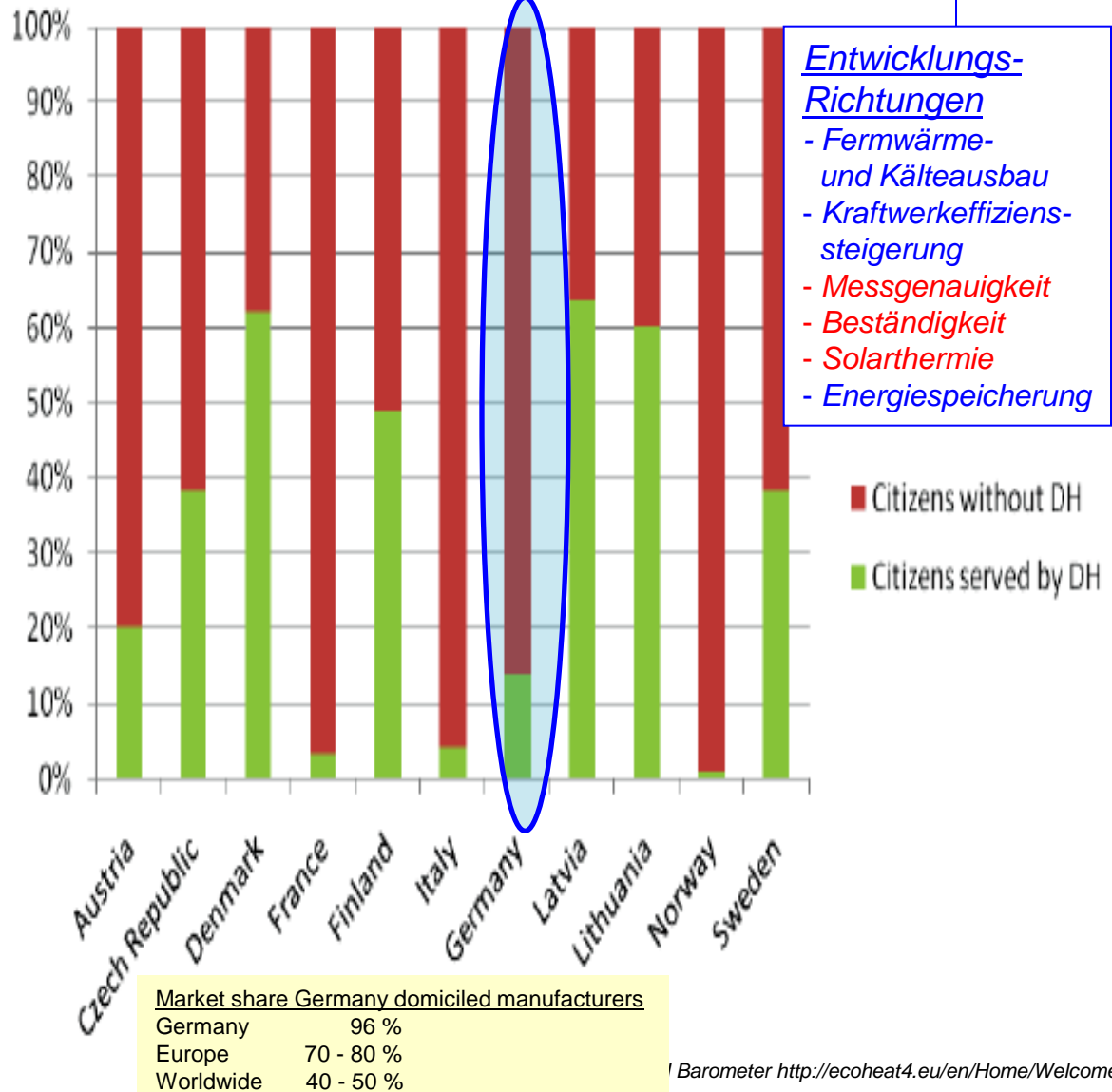
Percentage of population served by district heating in selected European countries

Jahresumsatz Deutschland
Fernwärme 313 900 TJ 5,2 Mrd. €



<http://environmentalresearchweb.org/blog/2010/10/solar-power-brightens-up.html>

Industrieaussage:
 „PTB-Prüfung bedeutet Weltmarktvorteil
 anerkannter Neutralität“
 100 Zulassungsvorgänge p.a.



Eichungen von Verbrauchszählern



PTB-Mitteilungen 120 (2013), Heft 2

Recht und Technik

Prüfstellen für Messgeräte für	Anzahl der Prüfstellen	Art der Messgeräte		Eichungen			Befundprüfungen		Vorprüfungen	
									sonstige Prüfungen	
Elektrizität	103	Wechselstromzähler								
		Drehstromzähler			193797					
		Stromwandler			937985			1182		0
		Spannungswandler			162274			7145		0
		Zusatzeinrichtungen			23952			20		0
		Summe			217043			1		0
Gas	107	Balgengaszähler ≤ G 6			1535051			22		0
		G 10 bis G 25			832016			8370		0
		> G 25			44575			1574		0
		Summe			2200			104		0
					878791			23		0
								1701		0
		Drehkolben-, Turbinenrad- und Wirbelgaszähler			9886			167		831
		Statische Gaszähler			6			3		0
		Wirkdruckgaszähler, Teilgeräte			12			0		45
		Mengenumwerter, Teilgeräte			6030			0		7032
Gaskalorimeter, Teilgeräte			427			13		39		
Gasdruckregelgeräte			8			0		0		
Zusatzeinrichtungen			8406			0		0		
Prüf- und Kalibriergase			350			1		1083		
Summe						0		52		
			25125			184		9082		
Wasser	75	Kaltwasserzähler $Q_n \leq 10$			5557629			4280		0
		$Q_n > 10$			70615			228		0
		Warmwasserzähler $Q_n \leq 10$			2755881			70		0
		$Q_n > 10$			59			0		0
		Summe			1			0		0
			8384185			4578		0		
Wärme	38	Volumenmessteile von Wärmezählern								
		Prüfung mit Warmwasser $Q_n \leq 10$			154387			275		0
		$Q_n > 10$			12105			7		0
		Prüfung mit Kaltwasser $Q_n \leq 10$			3195			1		0
		$Q_n > 10$			7796			0		0
		Temperaturfühler: Einzelfühler			519369			191		0
		Rechenwerke ohne Temperaturfühler			85362			59		0
		mit Temperaturfühler			5705			54		0
		Kompaktwärmezähler			1125208			390		0
		Zusatzeinrichtungen			0			0		0
		Energiebewertende Warmwasserzähler			0			0		0
Summe						977		0		
			1913127							
Gesamtsumme	323									
			12736279			15810		9082		

Sinnfälligkeit Entwicklung, messtechnischer Konformitätsuntersuchung eichfähiger Wärmemesszähler

1 Tatbestand

1 Die Parteien sind uneins, ob die Partei zu 1 gegen die Partei zu 2 einen Anspruch auf Zahlung der erhöhten Einspeisevergütung (KWK-Bonus) aus § 27 Abs. 4 Nr. 3 i. V. m. Anlage 3 EEG 2009 hat, wenn eine der Einrichtungen zur Erfassung der Nutzwärme nicht geeicht ist. Zwischen den Parteien ist dagegen unstrittig, dass davon abgesehen die weiteren Voraussetzungen für den KWK-Bonus vorliegen und dies durch das Gutachten für das Kalenderjahr 2009 nach § 27 EEG 2009 vom 3. Februar 2010³ – erstellt durch [...], geprüft durch den Umweltgutachter [...] – nachgewiesen wurde.

2 Die Partei zu 1 betreibt seit März 2009 eine Biogasanlage. Ausweislich des Umweltgutachtens weist die Biogasanlage eine Leistung von 237 kW_{el} und 170 kW_{th} auf. Bei dem verfahrensgegenständlichen Anlagentyp handelt es sich um eine Brennstoffzelle. Die Anlage verfügt über eine Vorrichtung zur externen Abwärmeabfuhr (hier: Abgasbypass um den abgasseitigen Wärmetauscher der Brennstoffzelle). Im Jahr 2009 wurde der Bypass um den Wärmetauscher nicht messtechnisch überwacht. Die bei der Stromerzeugung gewonnene Wärme wurde als Prozesswärme bzw. als Heizwärme genutzt.

3 Im Kalenderjahr 2009 wurde die Nutzwärme über zwei nicht geeichte Messeinrichtungen – einen Wärmemengenzähler „WRG BWW“ zur Erfassung der Warmwassererzeugung für Brauereiprozesse sowie einen Wärmemengenzähler „WRG Heizung“ zur Erfassung der Heizungswärmeerzeugung, beide vom Hersteller [...] – gemessen. Es handelt sich dabei um induktive Durchflussmesser mit PT 100 Vor- und Rücklauftemperaturmessung. Die Messwerte wurden in der SPS-Anlagensteuerung ver-

arbeitet und in der Gebäudeleittechnik visualisiert. Nachträglich wurden zusätzlich geeichte Wärmemengenzähler durch die Partei zu 1 installiert.

4 In dem Umweltgutachten wird hinsichtlich des Wärmemengenmesssystems ausgeführt:

„Es sind derzeit keine geeichten Messgeräte für die Wärmeabgabe aus der Brennstoffzelle vorhanden; wie auf dem Blockschaltbild ersichtlich handelt es sich um betriebliche Messungen, die in der Gebäudeleittechnik visualisiert werden. Da aufgrund der Anlagentechnik die vom Betreiber genannten ausgekoppelten Wärmemengen nachvollziehbar sind, kann aus fachlicher Sicht auf dieser Basis die Wärmemenge mit ausreichender Sicherheit ermittelt werden.

Zusätzlich wird ein pauschaler Abschlag von 2 % vorgenommen, um das Fehlen von geeichten Wärmemengenzählern zu berücksichtigen.⁴

...

Es werden derzeit keine geeichten Systeme zur Ermittlung der ausgekoppelten Wärmemengen eingesetzt. Hier ist ein geeichtes Wärmemengenmesssystem erforderlich.⁵

5 Die Partei zu 1 behauptet, geeichte Zähler seien für die Steuerung der Anlage nicht geeignet, da sie mechanisch vor Ort abgelesen werden müssten und keine Daten in Echtzeit an die Steuerung übermitteln könnten. Durch die in der Anlage möglichen hohen Temperaturen sei außerdem die Auswahl an geeigneten geeichten Wärmemengenzählern begrenzt. Die anlageneigenen betrieblichen Messverfahren hätten aufwändig von einem Eichbeamten während des Betriebs geeicht werden müssen.

Die Kosten dafür wären unverhältnismäßig hoch gewesen. Schließlich bestätigte der nachträglich zusätzlich installierte geeichte Wärmemengenzähler die Richtigkeit der Werte der ungeeichten Messeinrichtungen.

Verordnung über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt sowie über ihre Verwendung und Eichung (MessEV)

§ 1

Anwendungsbereich für Messgeräte und Teilgeräte

(1) Das Mess- und Eichgesetz vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2722, 2723) in der jeweils geltenden Fassung und diese Verordnung sind auf Messgeräte anzuwenden, die zu den in Absatz 2 genannten Zwecken verwendet werden sollen und die zumindest eine der folgenden Messgrößen bestimmen sollen:

7. Wärmemenge (Wärme und Kälte in Kreislaufsystemen),



§ 5

Vom Anwendungsbereich ausgenommene Verwendungen

(1) Auf Messgeräte, die im geschäftlichen Verkehr verwendet werden, sind das Mess- und Eichgesetz und diese Verordnung nicht anzuwenden,

1. zur Ermittlung von leitungsgebundenen Leistungen
 - g) für die Wärmemenge, zu deren Bestimmung Messgeräte mit einer Nennleistung von mindestens 10 Megawatt erforderlich sind;

wird die Abgabe von leitungsgebundenen Leistungen an einen Partner mit mehreren Messgeräten in einer Messstation ermittelt, so sind die genannten maximalen Durchflusswerte auf die Summe der Maximalwerte der einzelnen Messgeräte anzuwenden,

Eichgültigkeit

		Eichgültigkeit
7.	Messgeräte zur Bestimmung der Wärmemenge (Wärme und Kälte in Kreislaufsystemen)	
7.1	Wärmezähler und Kältezähler	5
7.2	Warm- und Heißwasserzähler für Wärmetauscher-Kreislaufsysteme	5
7.3	Elektronische Zusatzeinrichtungen für Wärme- und Kältezähler, sofern diese netzbetrieben sind und bei batteriebetriebenen Geräten die Lebensdauer der Batterie mindestens für diesen Zeitraum ausreicht oder ein Batteriewechsel ohne Stempelverletzung möglich ist	8

Deutsches Eichrecht

◆ **Gültigkeit innerstaatlicher PTB-Bauartzulassungen**

Wärmezähler/TG bis 30.10.2016, Kältezähler/TG bis 31.12.2024

keine Nachträge !

◆ bereits geeichte Altgeräte unbeschränkt nacheichfähig

◆ **bis 2026 befristete Duldung** (Verlängerung durch VV 2014)

Kombinationen zwischen alten und neuen MID-gekennzeichneten WZ und Teilgeräten erlaubt

Ausnahmen: Eignungsprüfung Feldbestände Tauchhülsen, Einbau MID-gekennzeichneter TF-Paare, nachträgliche Kennzeichnungspflicht ...

1 Bauartbeschreibung

1.1 Aufbau

1.2 Messwertaufnehmer

1.3 Messwertverarbeitung, Hard- und Software

1.4 Messwertanzeige

1.5 Optionale Einrichtungen und Funktionen, die der Messgeräterichtlinie unterliegen

1.6 Technische Unterlagen

1.7 Integrierte Einrichtungen und Funktionen, die nicht der Messgeräterichtlinie unterliegen

2 Technische Daten

2.1 Nennbetriebsbedingungen Messgröße, Messbereich, Messgenauigkeitsklasse, Umgebungsbedingungen, Einflussgrößen, klimatisch, mechanisch, elektromagnetisch

2.2 Sonstige Betriebsbedingungen

3 Schnittstellen und Kompatibilitätsbedingungen

4 Anforderungen an Produktion, Inbetriebnahme, Verwendung, Wärmeträgermedium Wasser, AGFW-FW 510

5 Kontrolle in Betrieb befindlicher Geräte

5.1 Unterlagen für die Prüfung

5.2 Spezielle Prüfeinrichtungen und Software

5.3 Identifizierung der Hardware/Platinenaufdruck, Software am Display abrufbar

5.4 Kalibrier- und Justierverfahren

6 Sicherungsmaßnahmen

6.1 Versiegelung

6.2 Logbuch

7 Kennzeichnungen und Aufschriften

7.1 Information, die dem Gerät beizufügen sind

7.2 Kennzeichnung und Aufschriften, Abbildungen

Konformitätsuntersuchung nach Aktenlage und messtechnischer Prüfung

- **Checklisten OIML, CEN, WELMEC ...
Allheilmittel ?
No ! 30 % nicht nach Norm entwickelt**

TR K 8 und TR K 9

Inbetriebnahme und Auswahl von Teilgeräten

- Grundsätzlich ist die Messung ausgetauschter thermischer Energie mindestens mit einem Wärme-/Kältezähler der Genauigkeitsklasse 3 durchzuführen. Die Messung ausgetauschter thermischer Energie mit Durchflusssensoren der Ausführung q_p größer/gleich $6 \text{ m}^3/\text{h}$ ist mindestens mit der Genauigkeitsklasse 2 durchzuführen.
- Für Wärme-/Kältezähler mit Nenndurchflüssen kleiner/gleich q_p $6 \text{ m}^3/\text{h}$ ist der Einbau der Temperaturfühler bei Neuinstallation des Rohrleitungsabschnitts im Bereich der Messstelle mit Nenndrücken kleiner/gleich 16 bar nur direkt eintauchend vorzusehen.
- Für Durchflusssensoren in Messkapselausführung dürfen bei Neuinstallation des Rohrleitungsabschnitts im Bereich der Messstelle nur Einrohr-Anschlussstücke (EAS) nach anerkannten Regeln der Technik eingebaut werden.
- **Bei der Inbetriebnahme ist der ordnungsgemäße Einbau nach anerkannten Regeln der Technik zu überprüfen.**

Die Anwendung einer Technischen Richtlinie kann von der PTB weder erzwungen noch verbindlich vorgegeben werden. Es wäre denkbar, dass die Anforderungen einer Rechtsvorschrift auch auf andere Weise sichergestellt werden können. Lediglich die Eichaufsichtsbehörden der Länder können für die unter ihrer jeweiligen Aufsicht stehenden staatlich anerkannten Prüfstellen die Anwendung von Technischen Richtlinien vorschreiben. Für Personen oder Stellen, die in keinem Rechtsverhältnis mit den Eichaufsichtsbehörden der Länder stehen, ist dies allerdings nicht der Fall.

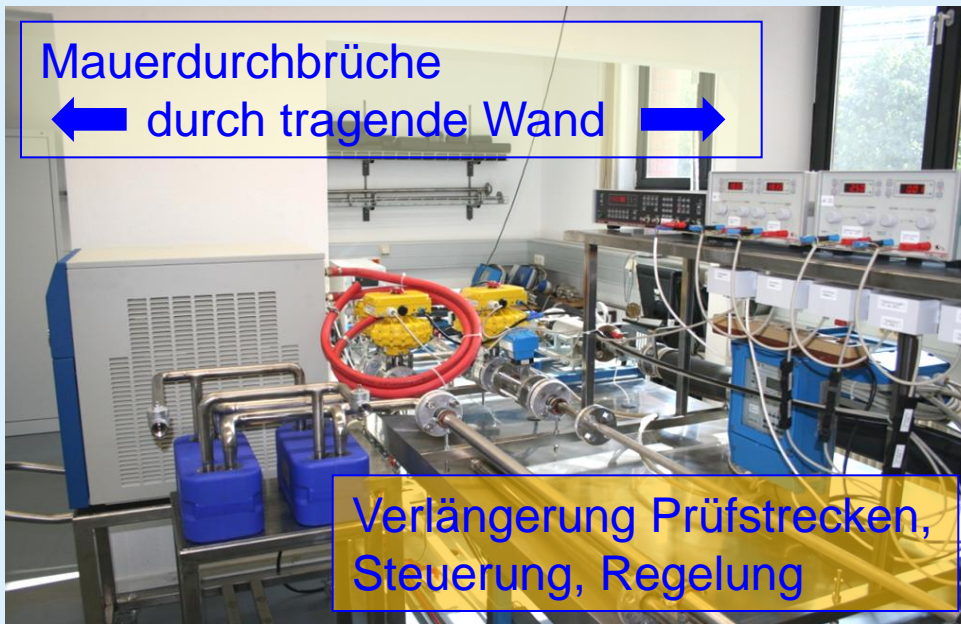
Die Anwendung der Technischen Richtlinie schafft allerdings für den Anwender eine gewisse Rechtssicherheit, da man in der Regel davon ausgehen kann, dass der Einbau von Wärme- bzw. Kältezählern nach dem Stand der Technik durchgeführt wurde.

Messobjekte: Zähler Q_p 0,6 (DN 15),

später sollen Zähler Q_p 15 (DN 50) an der neuen Prüfanlage des FB untersucht werden.

AGFW beschafft jeweils 3 Zähler Q_p 0,6 (gestört – Referenzzähler – Reserve),
hochauflösende Impulsausgänge, jeweils 10 Wiederholmessungen:

Hersteller 1 bis 5
Ultraschall-Sensorik



Physikalisches Verständnis gewinnen

Rohrgeometrie, Zulaufstörung, Messgenauigkeit und Folgerungen Novellierung HKV

Messprogramm Nennweitensprung

„DN 15“: Innendurchmesser 16,03 mm bis 19,95 mm,
Messanlage 17,46 mm ~ 17,5 mm

Volumenströme: 6 l/h, 60 l/h, 600 l/h, 1200 l/h

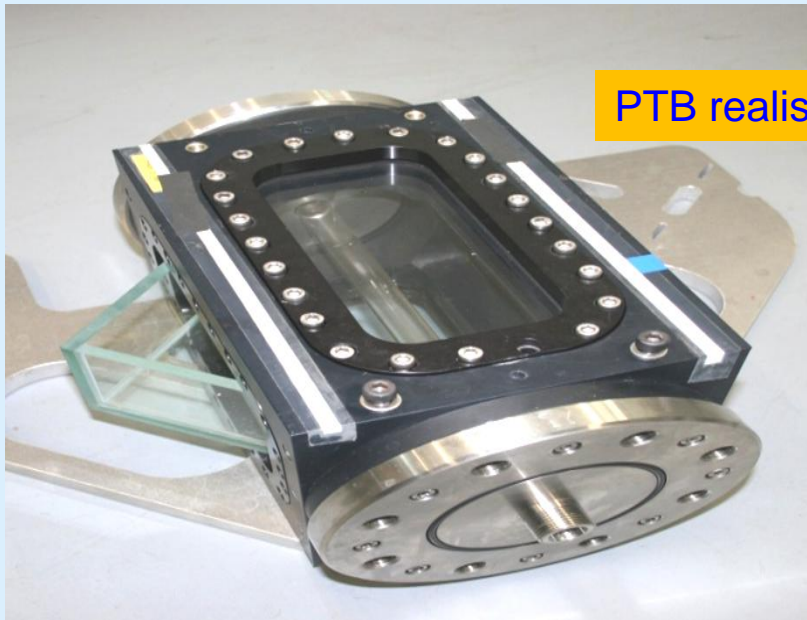
Temperatur: 50 °C

Sprünge: 18 mm Innendurchmesser auf Zähler, 12 mm Innendurchmesser auf Zähler

Strömung: ungestörter 100 D Vorlauf

Strömungsvisualisierung durch PIV und CFD-Berechnungen

Ein Zähler gleicher Bauart wird beständig mit ungestörtem Profil parallel gemessen



PTB realisierte PIV-Kammer DN 15

SPIV-Messaufbau am Haushaltszählerprüfstand

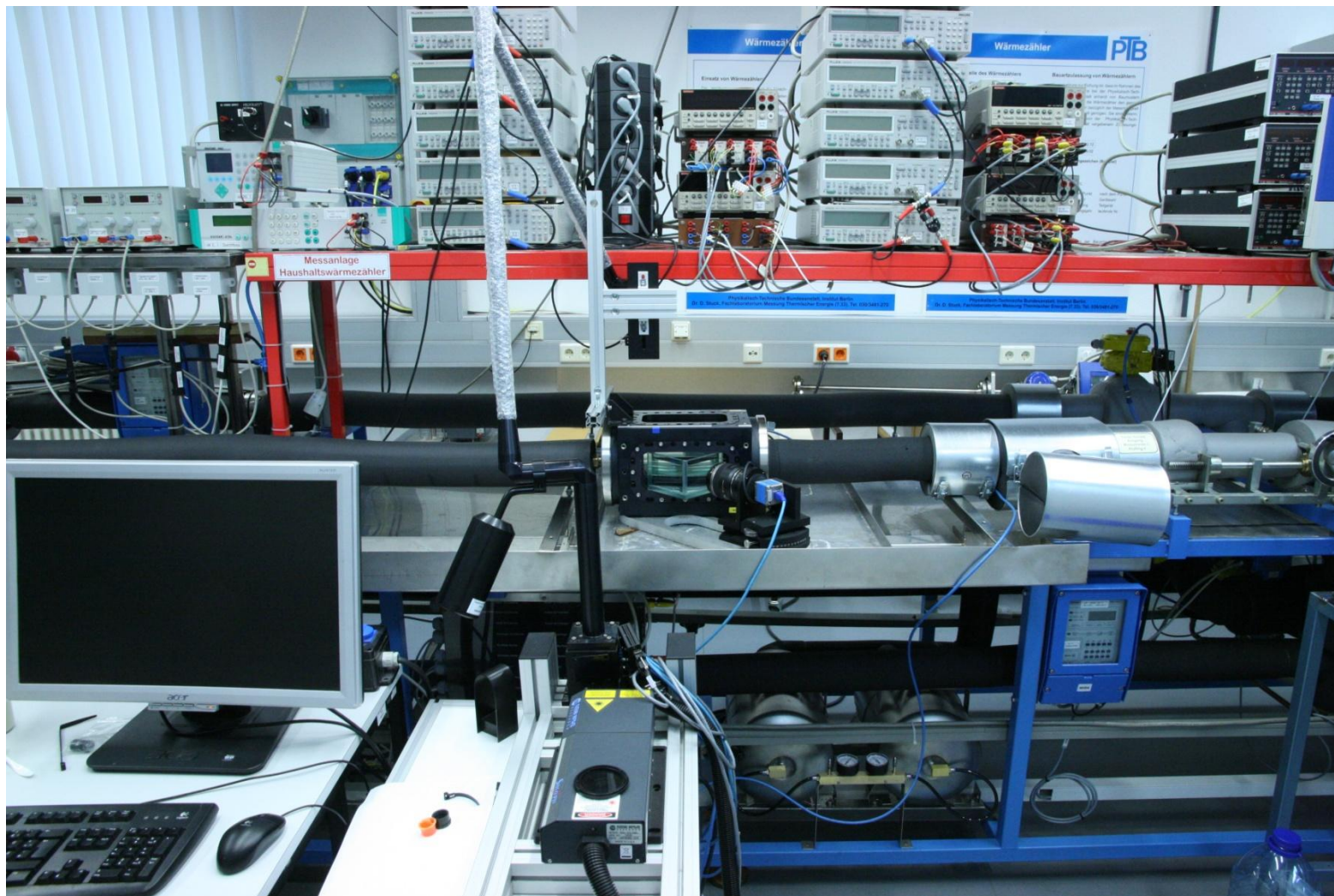
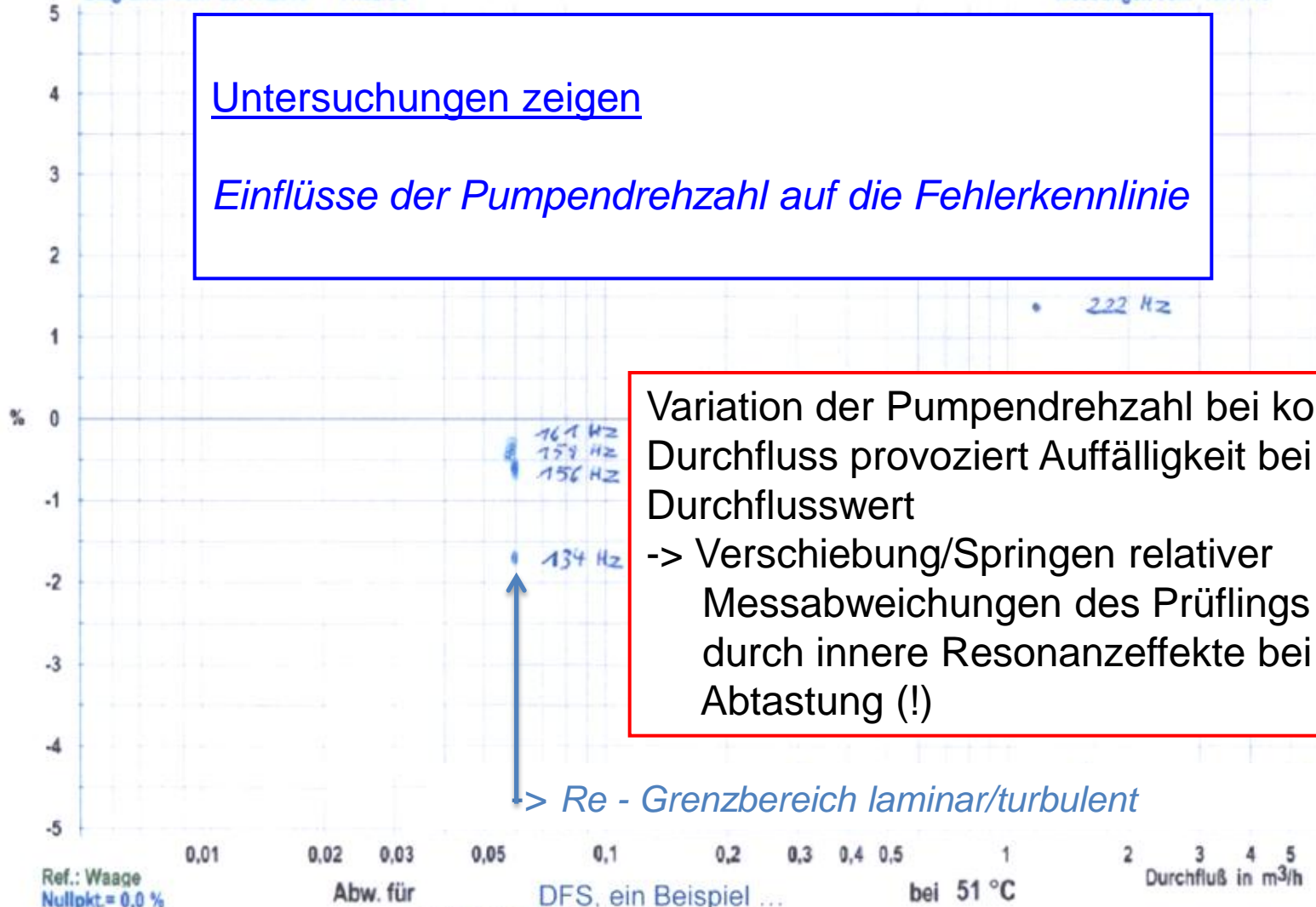


Diagramm vom 28.11.2013 11:32:34

Messungen vom 19.11.13

Untersuchungen zeigen

Einflüsse der Pumpendrehzahl auf die Fehlerkennlinie



Variation der Pumpendrehzahl bei konstantem Durchfluss provoziert Auffälligkeit bei bestimmtem Durchflusswert

-> Verschiebung/Springen relativer Messabweichungen des Prüflings durch innere Resonanzeffekte bei US-Abtastung (!)

> *Re - Grenzbereich laminar/turbulent*

Ref.: Waage
Nullpkt. = 0,0 %

Abw. für

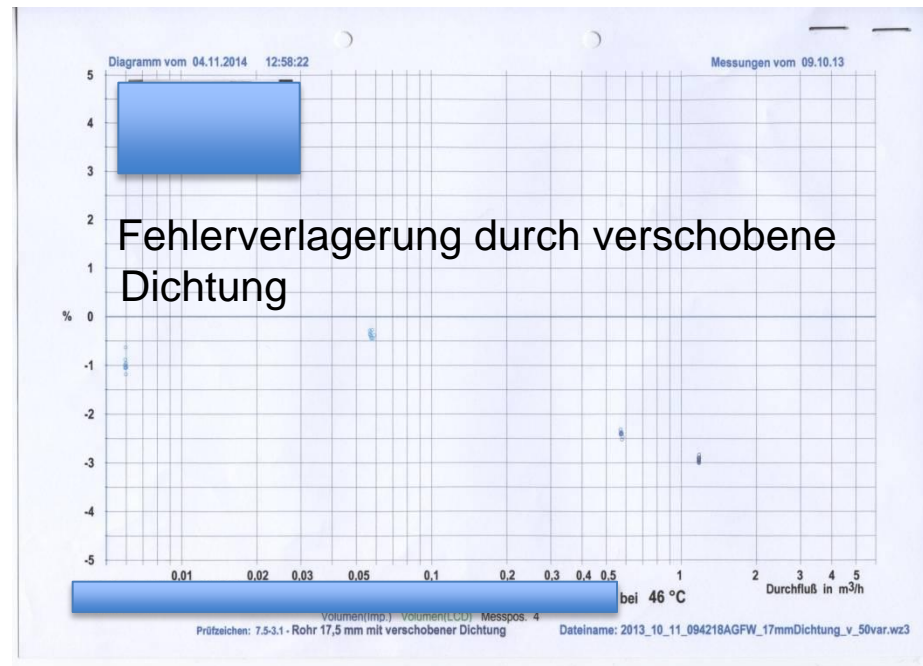
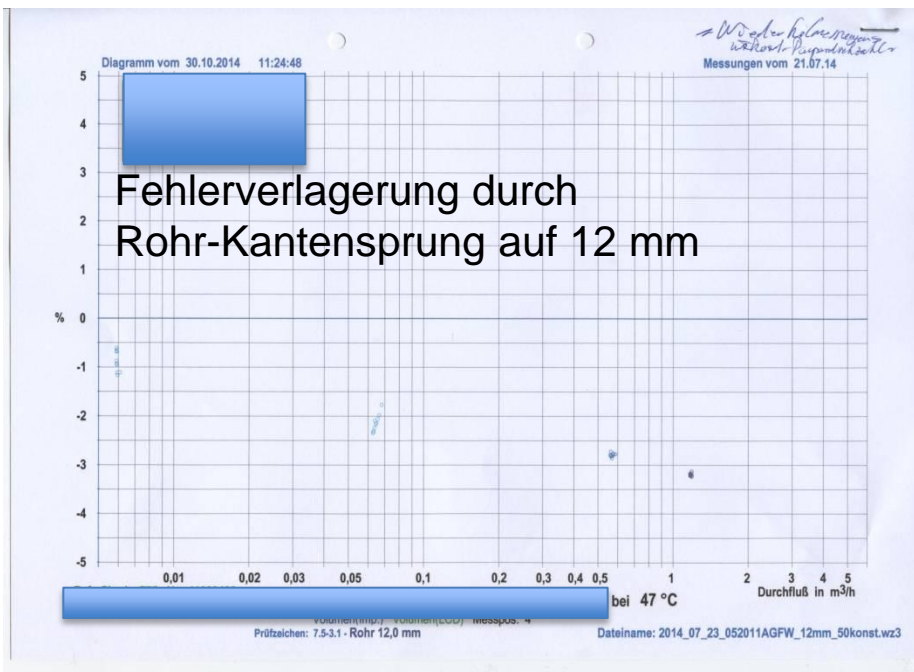
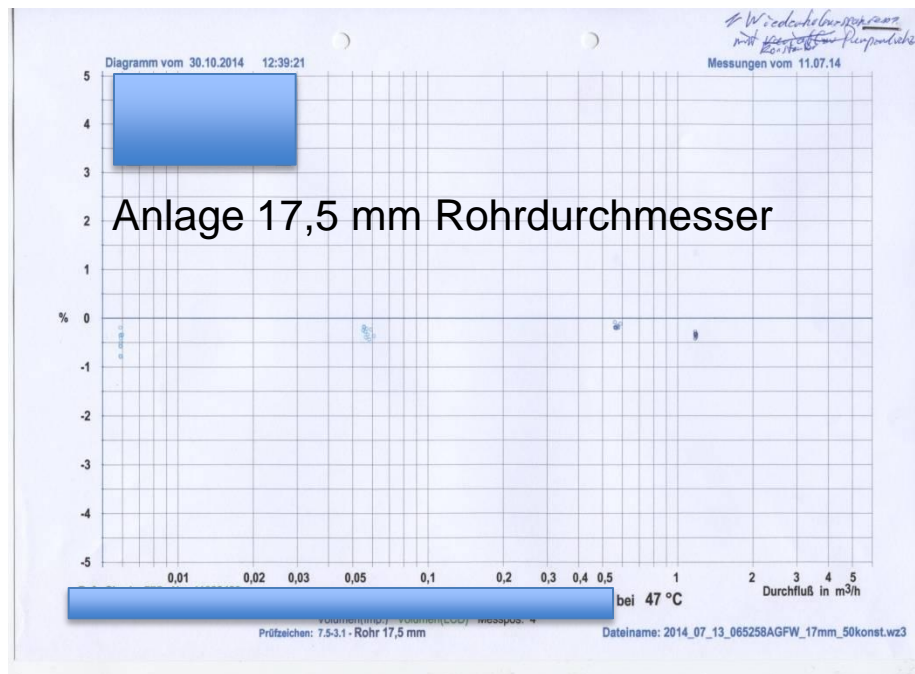
DFS, ein Beispiel ...

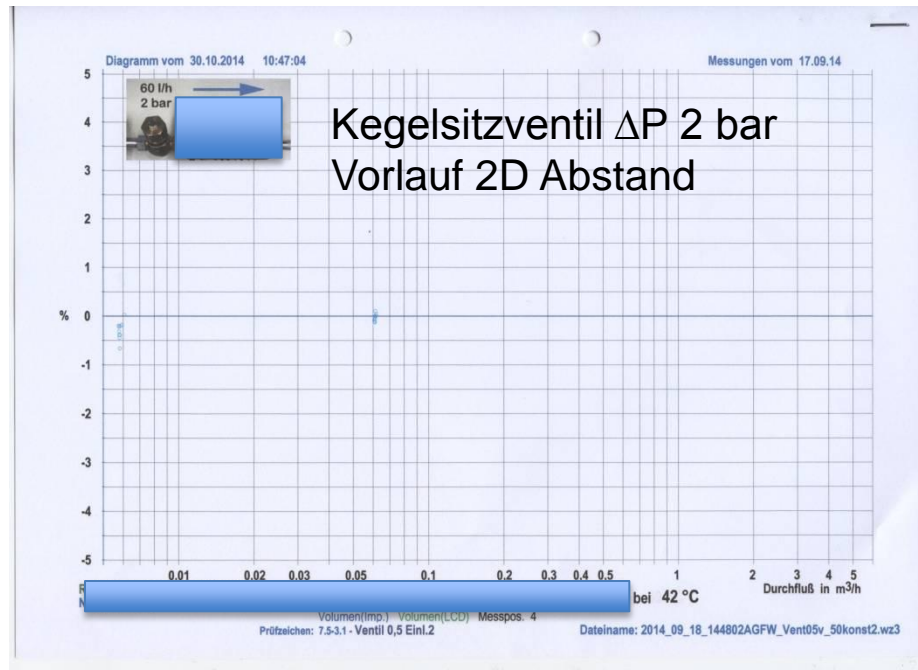
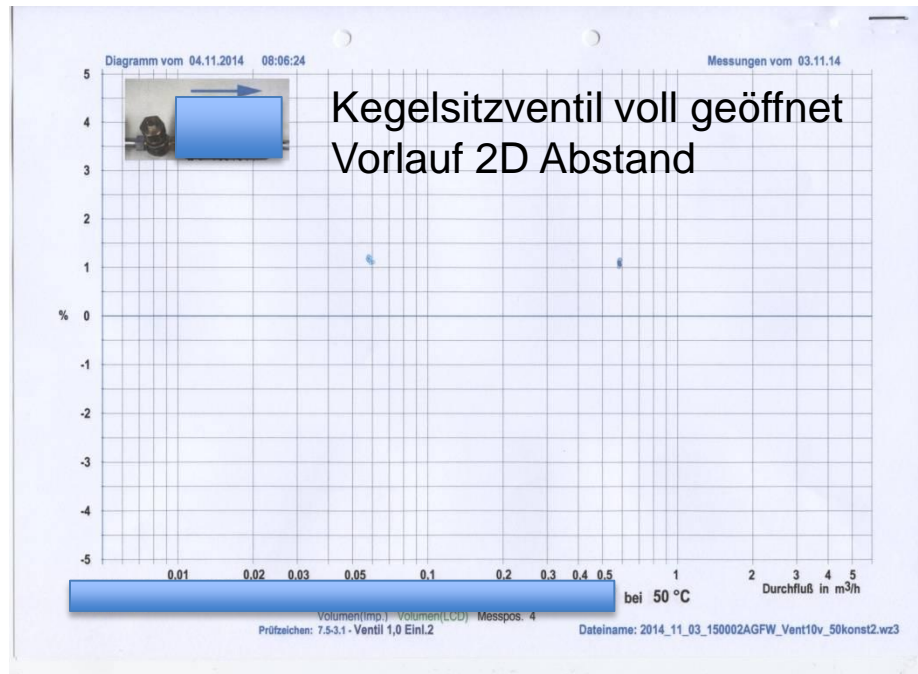
bei 51 °C

Durchfluß in m³/h

Volumen(imp.) Volumen(LCD) Messpos. 1
Prüfzeichen: 7.5-3.1 - Rohr 17,5 mm / var. Hz

Dateiname: 2013_11_21_190413AGFW_PTB_50.wz3





Messprogramm Einlaufstörer

Volumenströme: 6 l/h, 60 l/h, 600 l/h, 1200 l/h

Temperatur: 50 °C, 80° C, 20° C

- unmittelbar nach 90 ° Krümmer, 10 D nach 90 ° Krümmer
- wirksam nach Drallgenerator, der tatsächlich dieselbe Strömung wie ein Raumkrümmer erzeugt („entwickelter Drall“)

Strömungsvisualisierung durch PIV und CFD-Berechnungen

u.a. Überprüfung „Kunstgenerator rechtsdrehender Drall“ EN 14154



Störer, Eigenbau PTB

Messprogramm Temperaturstrahlen bei konstantem Volumenstrom

Die Anlage wird bei konstanter Temperatur 50 °C und bei 60 l/h sowie 600 l/h betrieben.

Der Volumenstrom wird in zwei Zweige geleitet.

Zweig 1: wird mit einem manuell einstellbaren Regelventil versehen, das so eingestellt werden kann, dass durch Zweig 2 entweder die Hälfte des Gesamtvolumenstroms oder 90 % des Gesamtvolumenstroms fließt.

Zweig 2: wird mit einem Durchflussmesser ausgestattet um die Volumenströme einstellen zu können. In Zweig 2 sitzt auch ein z.B. Platten-Wärmetauscher zur Injektionsbildung, der an Stadtwasser angeschlossen ist. Die Versorgung des PWT durch Stadtwasser kann mit einem Magnetventil gesteuert werden.

Öffnungszeiten: 1 s, 10 s, 100 s

Hinter der Zusammenführung von Zweig 1 und 2 wird entweder in 0 D oder in 10 D der zu untersuchende WMZ montiert.

100 D downstream sitzt der zweite WMZ als Referenz.

Gemessen werden Volumen- und Energiefortschritte

zweiter Temperaturfühler elektrisch simuliert 80 °C

Ergänzung:

Qualitätsprüfung feines Sieb zur Temperaturdurchmischung

Durchmischung durch in Strahlenkanal eingefügtes Sieb

Messprogramm abrupter Volumestromwechsel bei konstanter Temperatur

zyklischer Durchflusswechsel zwischen 60 l/h und 600 l/h durch Auftrennung des Volumenstroms in zwei Zweigen, Temperatur 50 °C, so dass die DFS zeitweilig erhöhte bzw. reduzierte Durchflüsse erhalten.

Umschaltzeiten: (1 s), 10 s, 100 s

Einschwingverhalten beim Volumenstromwechsel ermitteln,

Referenz: Waage oder Synchronisation zum messenden Anlagen-MID

Messprogramm schnelle Temperaturänderung

Volumenströme: 6 l/h, 60 l/h, 600 l/h, 1200 l/h

ungestörter 100 D Vorlauf

Temperaturwechsel: zyklische Vertauschung 30 °C / 55 °C und zurück

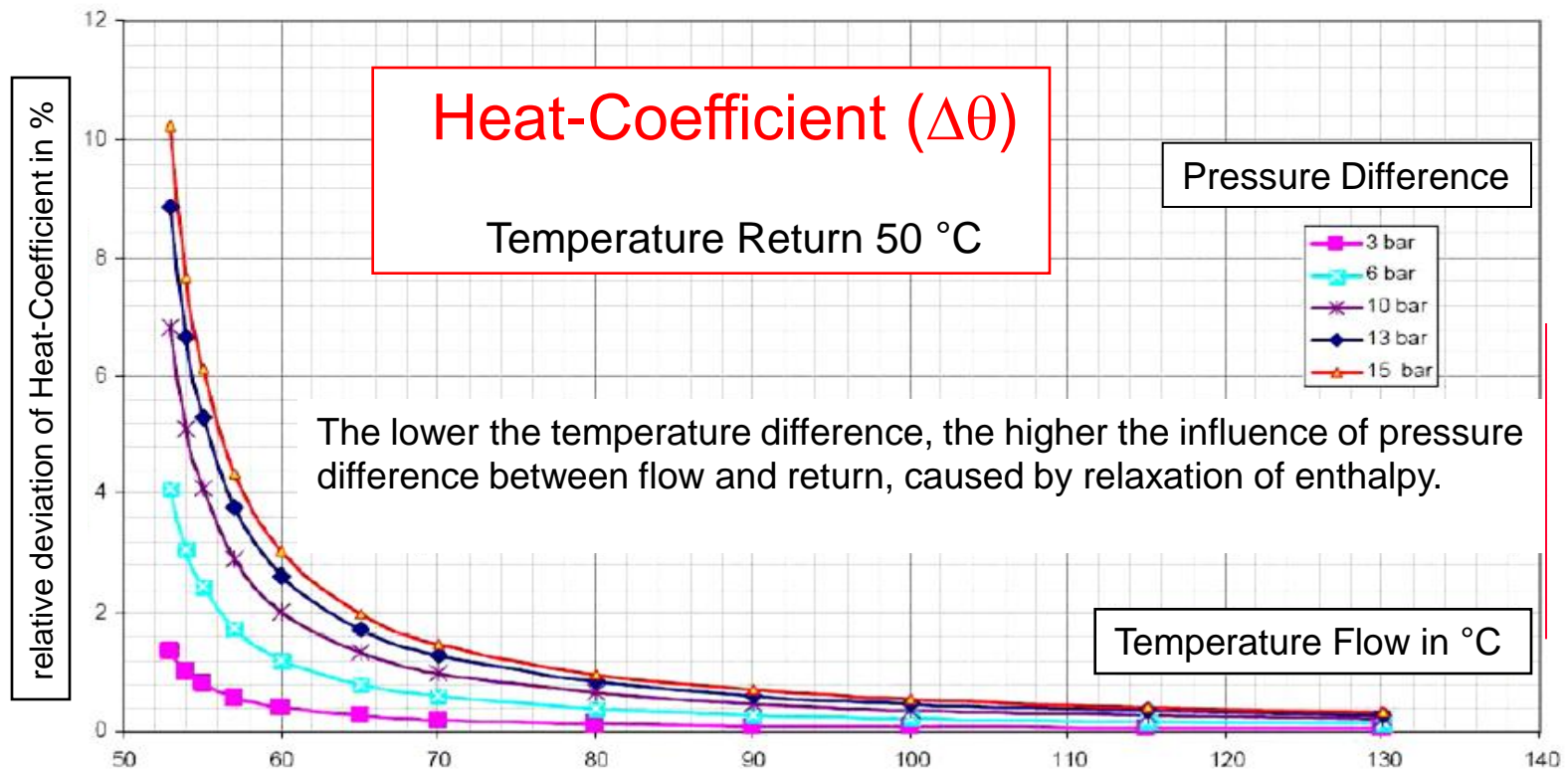
Umschaltzeiten: möglichst < 20 s (? anlagenspezifisch, zu ermitteln)

Einschwingverhalten (Energie, Volumen) beim Temperaturwechsel ermitteln

CEN TC 176, harmonized standard prEN 1434-6:2015

Standard covers meters for closed systems only, where the differential pressure over the thermal load is limited

Influence of differential pressure on accuracy of measurement



Why estimations of durability ?

**Answer -> To safeguard the legal obligation of observance of product quality during validity of verification
– for economic protection of suppliers and users of thermal energy**



- **Technical Guideline TR K 20**

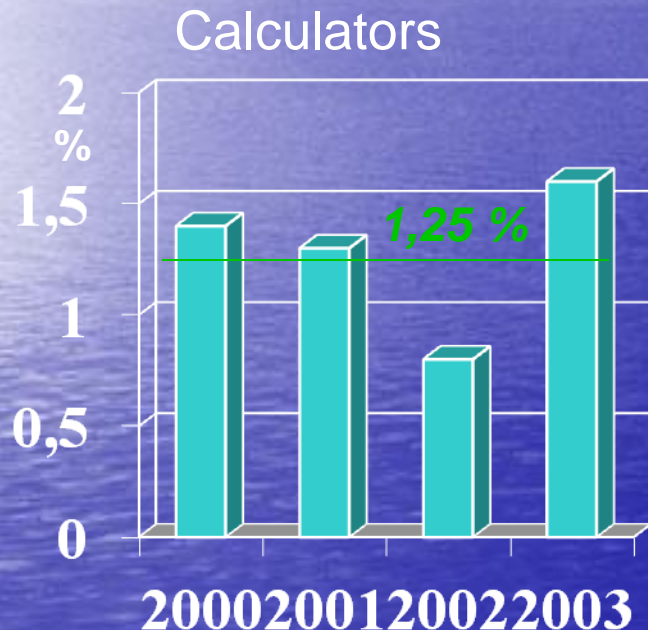
**Installed meters:
12 Mio**

**Annual verifications:
2 Mio *)**

After expiration of validity of verification (in Germany: 5 years), maximal 5 % of the meters are permitted to exceed the error limits in service (double of MPE) !

***) Value of annual statistical surveillances: 1 % of meters coming from field**

Calculators and Pt - Temperature Sensor Pairs have traditional good stabilities – up to now !



Short Temperature Sensors length ≤ 60 mm

2000	3,3 %
2001	1,4 %
2002	3,6 %

Long Temperature Sensors length > 60 mm

2000	2,0 %
2001	0,7 %
2002	1,3 %

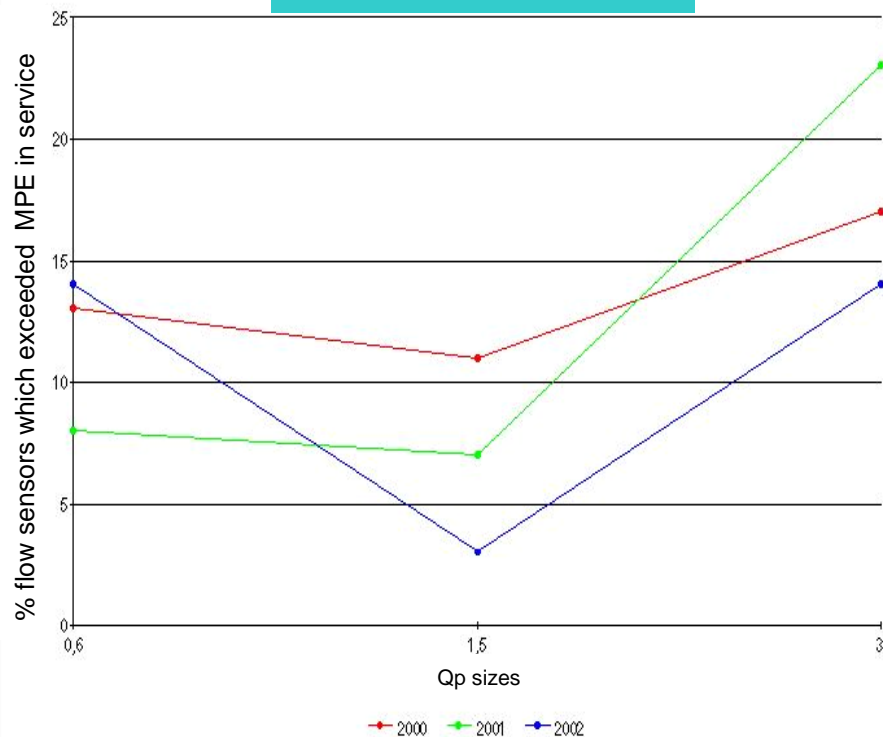
Percentage of devices which exceeded the error limits in service (double of MPE), for type approval test descriptions see European Standard EN 1434-3

Flow Sensor's - durability with beginning of 2003,

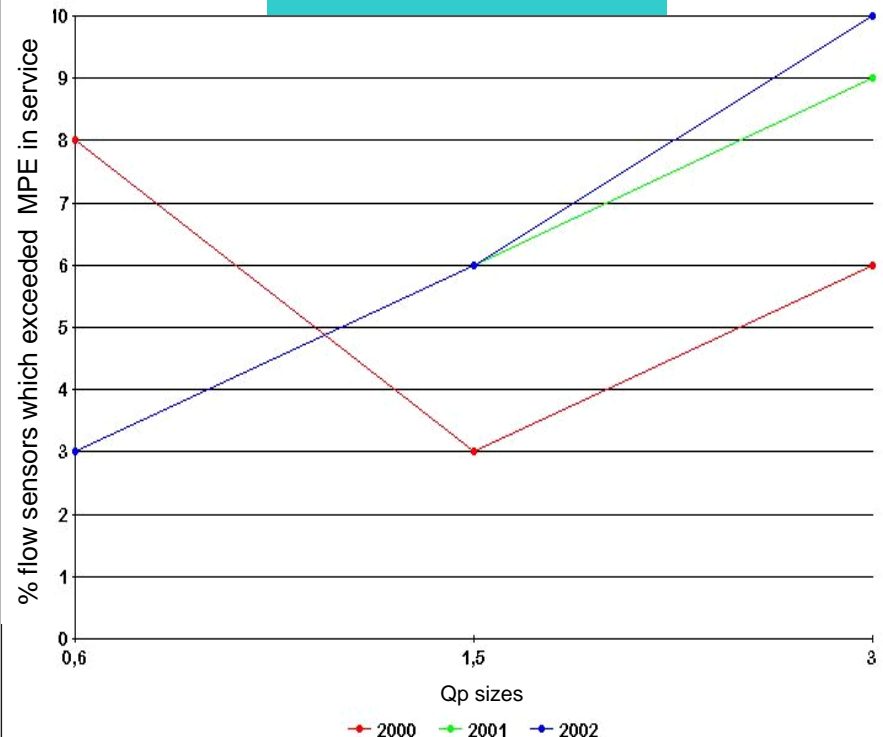
Approval assessment: Sensors stressed by continual flow



Mechanical Sensors



Ultrasonic Sensors

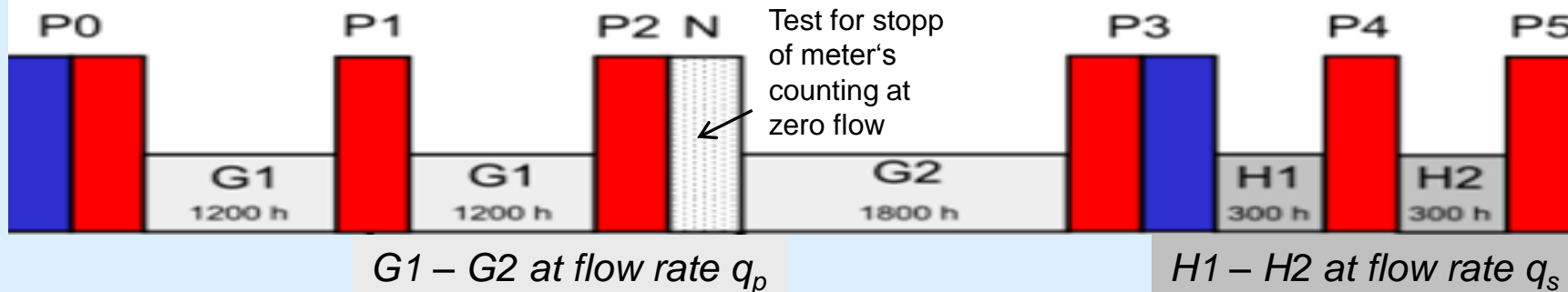


Triggered by former quality situations, several activities for better predictions of durability were started up at PTB with partners.

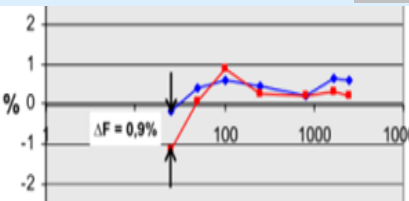
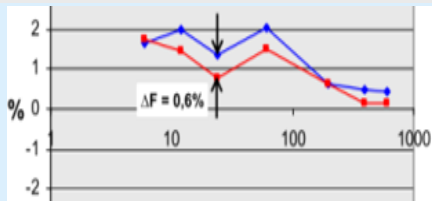


Goal: Creation of new test technologies to ensure higher stabilities of flow sensors !

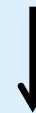
Run of 4,800 hour longtime durability test at **25 °C** and **55 °C** ($q_p=0.6-3.5 \text{ m}^3/\text{h}$)



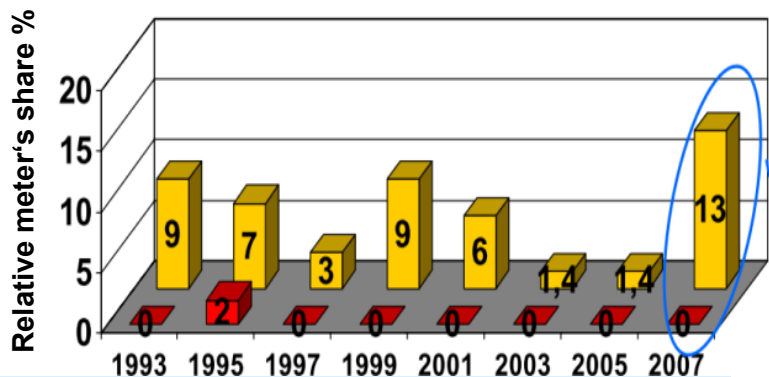
23 new meters



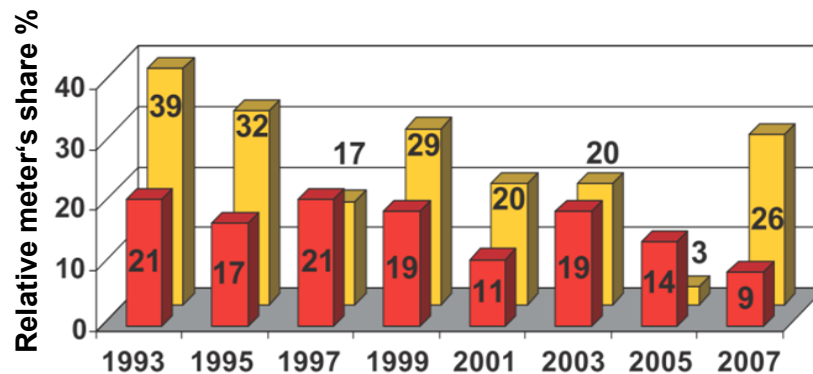
23 stressed meters



Heat meter's accuracy at beginning of test



Heat meter's accuracy at end of test

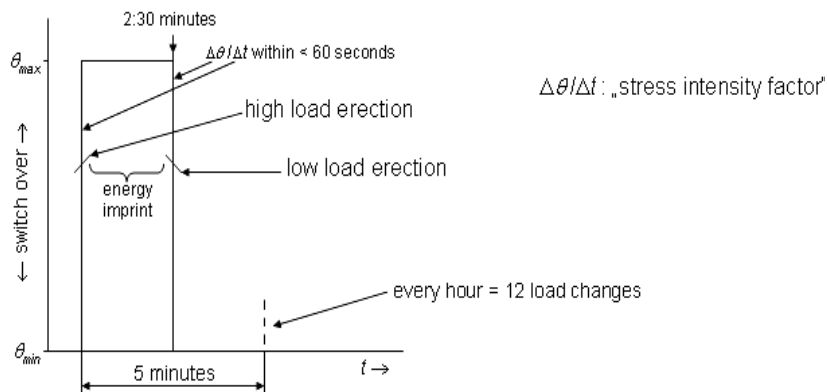


Accuracy outside of
■ MPE in service ■ MPE

Alternative Load-Change Test for Prediction of Durability of Flow Sensors



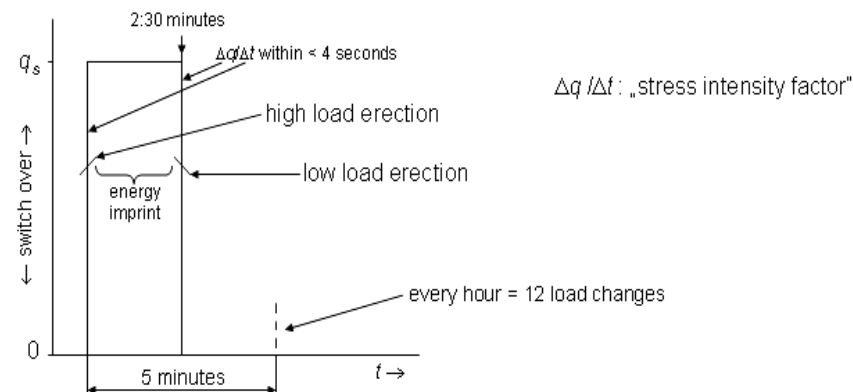
Scheme of load changes for electronic flow sensors



switch over between θ_{min} and θ_{max} , $q_p = \text{constant}$

estimation: 288 load changes over day, enlarged up to 4000 load changes (appr. 14 days)

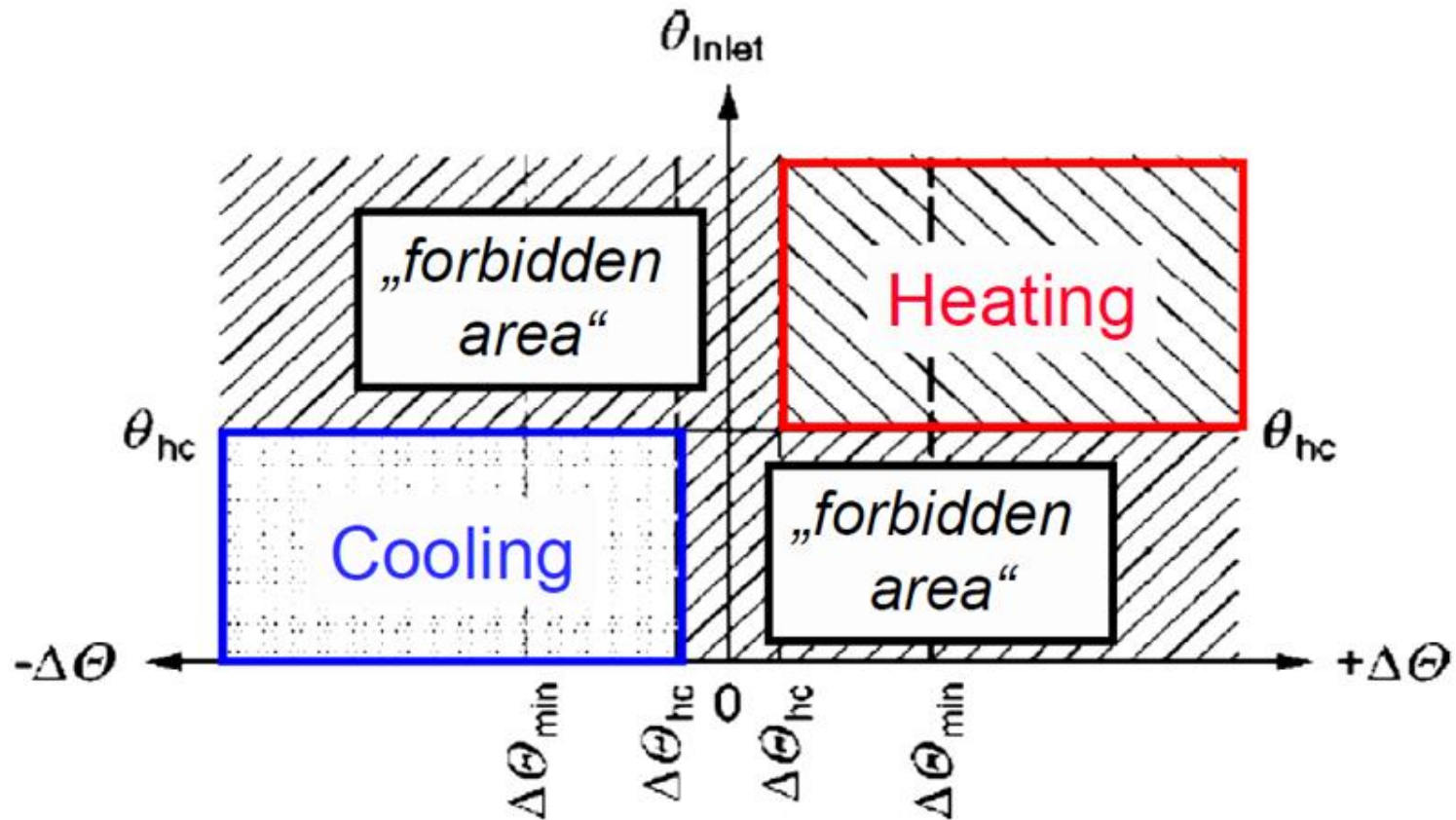
Scheme of load changes for flow sensors with mechanical parts dominated



switch over between flow rate 0 and q_s , $\theta_{max} = \text{constant}$

estimation: 288 load changes over day, enlarged up to 4000 load changes (appr. 14 days)

Combined Heat and Cooling Meters



Bedingt durch geringe Temperaturspreizung (Vor-/Rücklauf) sind hohe Durchflussraten für den Energieaustausch notwendig

- **Hamburg** (Fernkältewerk City Nord)

19 Übergabestationen, Medium: Wasser,

Nennweiten: DN 80 bis DN 400,

Vorlauf: **5 °C**

Rücklauf: **15 °C**

Max. Volumenstrom: **1000 m³/h**

eine Übergabestation mit: **11 MW**

- **Berlin** (Potsdamer - Platzarkaden)

15 Übergabestationen, Medium: Wasser,

Nennweiten: DN 80 bis DN 200

Vorlauf: **6 °C**

Rücklauf: **12 °C - 14 °C**

Max: Volumenstrom: **500 m³/h**

eine Übergabestation mit: **3,5 MW**

Moderne Kraftwerke liefern Wärme- und Kälteenergie (Winter-/Sommerbetrieb), Wärmezähler messen in getrennten Registern umgesetzte Energien (kombinierte Wärme- und Kältezähler)

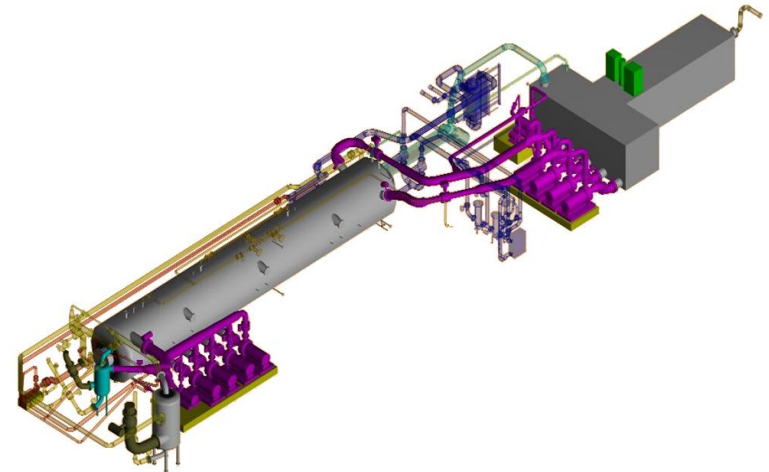
Durchflussbereich: 3 m³/h - 1000 m³/h

Temperaturbereich: 3 °C - 90 °C, Drift 50 mK/h

$Re \leq 1,6 \cdot 10^6$

Relative Unsicherheit der Volumendarstellung:

$\Delta V/V \leq 4 \cdot 10^{-4}$

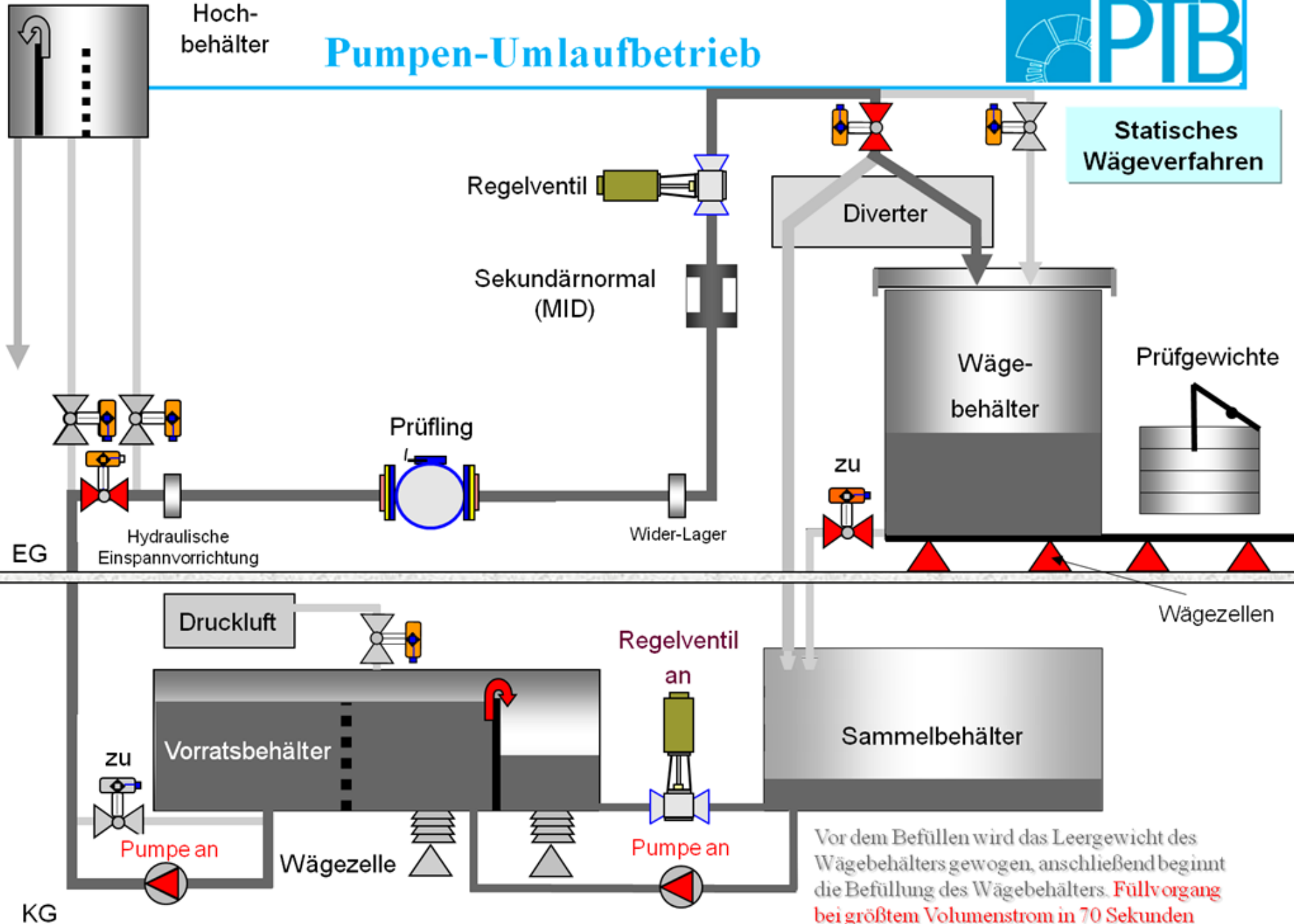


Einbaulänge: 25 m, DN 80 bis DN 400 ($\approx 55 D$ bei DN 400 verfügbar)

Umwälzung des Wärmeträgers durch

- frequenzgeregelte Pumpen
- Pumpe und Hochbehälter, statische Höhe 12 m, $\Delta h < 1$ mm
- Pressluft (instationär, eine Waagenfüllung)
- Pressluft (stationärer Betrieb mit Druckerhöhungspumpen)

Pumpen-Umlaufbetrieb



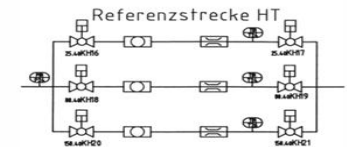
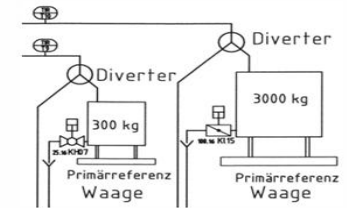
Hochtemperaturteil

➤ Betriebsparameter

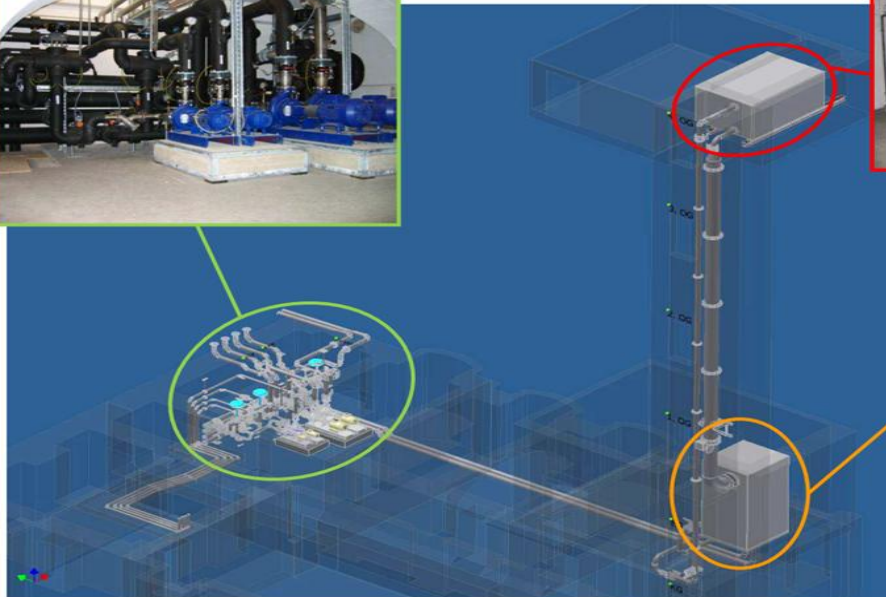
- Nennweiten bis DN 150
- Temperatur 20 °C ... 230 °C
- Medium Wasser (aufbereitet)
- Druck ≤ 35 bar
- Durchfluss 2 m³/h ... 200 m³/h
- Messunsicherheit ($u \leq 5 \cdot 10^{-3}$)

➤ Messreferenzen

- Primär für T ≤ 90°C Wägesystem (300 kg, 3 t)
- Primär für T > 90°C HT-LDV-Sensor
- Sekundär HT-CMD



**Neu-Investition in PTB,
weltweites Neuland !**



MeWiSol –

Metrologie für die Wirkungsgraderhöhung von thermischen Solarkraftwerken und thermischen Speichern auf der Basis von Salzschnmelzen als Wärmeträger und Speichermedium

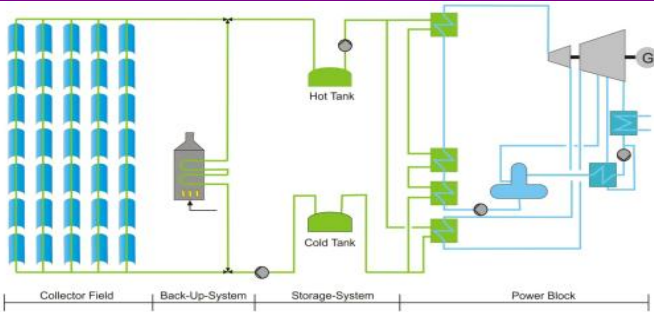


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Parabolinnenkraftwerkes mit flüssigem Salz als Wärmeträger- und Speichermedium.

Flüssiges Salz eignet sich besonders auch für den Einsatz in Turmkraftwerken. In Fuentes de Andalucía (Spanien) wurde ein Solarturmkraftwerk mit flüssigem Salz als Wärmeträgermedium in Betrieb genommen. Das Gemasolar Kraftwerk hat eine elektrische Leistung von 17 MW, eine Speicherkapazität von 15 Volllaststunden und eine Salzspeichertemperatur bis zu 565 °C. Die Investitionen für Gemasolar werden mit 230 Mio. € angegeben (13 €/W) [2]. Die schematische Darstellung dieses Kraftwerkes und eine Luftaufnahme sind in Abbildung 3 dargestellt.

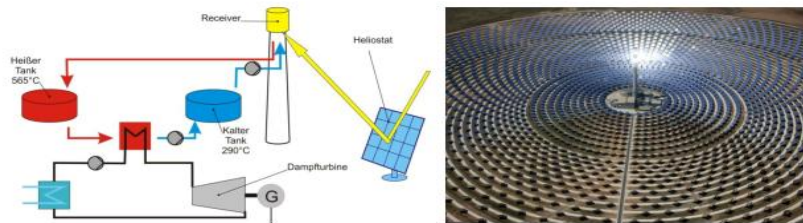


Abbildung 3: Schematische Darstellung und Foto (Gemasolar) eines Turmkraftwerkes mit flüssigem Salz als Wärmeträger- und Speichermedium.

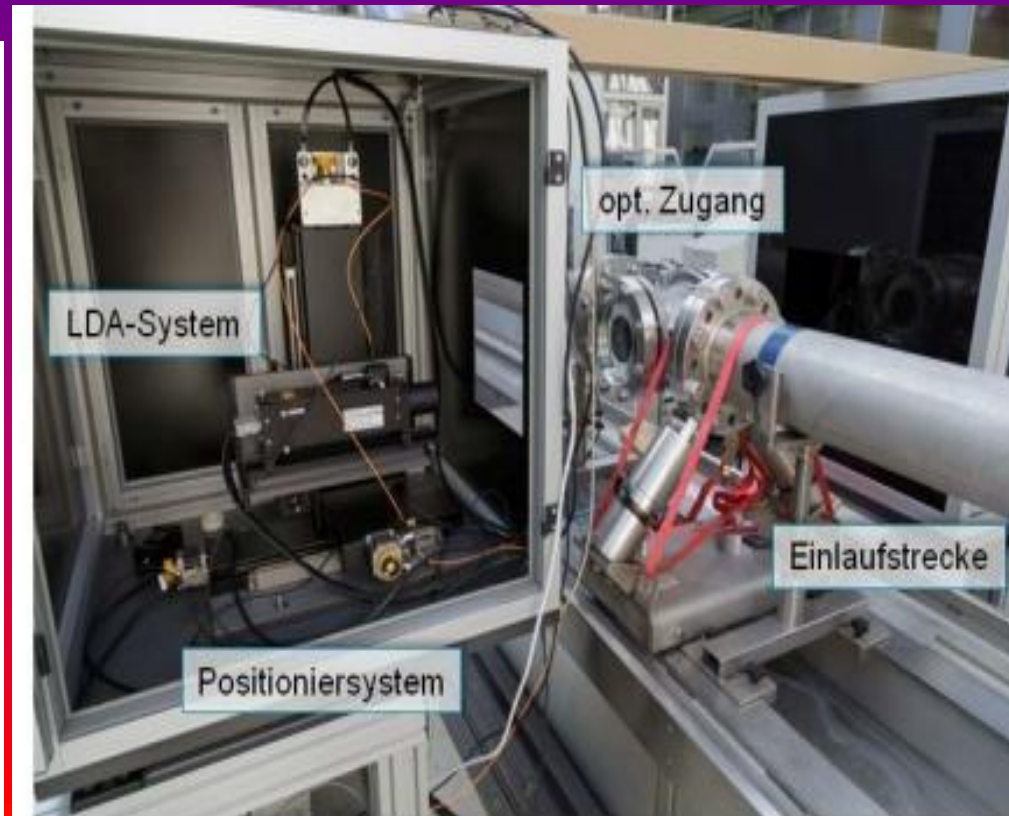


Abbildung 5: Laseroptisches Hochtemperatur-Normal der PTB

5.10.5.1 Clock

Smart Meters – Additional Intelligent Functionalities

If applicable for the instrument:

For frequent time based tariff switches between registers (e. g. for day and night tariff) within a billing period, the deviation from legal time shall be one of the following three options.

Option 1: deviation less than 1 h/year

Option 2: deviation less than 6 min from legal time

Option 3: deviation less than 7 s from legal time

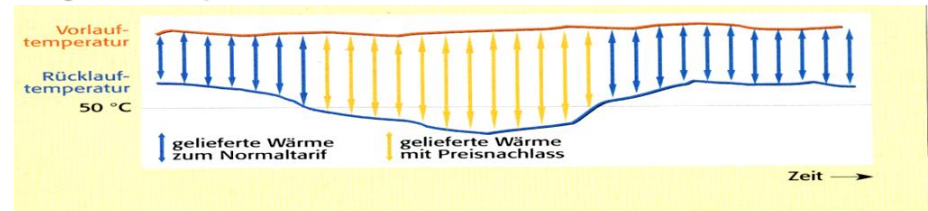


Bild 5. *Tarifierung der vom Kunden entnommenen gesamten Wärmemenge, wenn die Rücklauftemperaturen des Heizwassers unter 50 °C liegen, wenn also Wärme im Temperaturband unter 50 °C entnommen wird (Analogie zum Zweitarif-Elektrizitätszähler mit HT-/NT- Zählwerken)*

NOTE The above chosen maximum time deviations are derived from the physical inertia (thermal capacity to be heated or cooled) of the heat conveying liquid, within the heat and cooling circuits.

For periodic interval registers for a billing period (e. g. hourly, daily, weekly or monthly registers), the time deviation shall not be more than 1 % of the length of this period. In this case the deviation of the internal clock from legal time is the accumulated deviation of all measurement periods.

5.10.5.2 MPE of tolerance quantities used for threshold activation of additional energy accumulations

1,0 K for temperature measurement in case of a complete meter (calculator with single temperature sensor); up to 100 °C

0,7 K for temperature measurement in case of a combined meter (single temperature sensor); up to 100 °C

Annex C (normative) Fast response meters

A meter or sub-assembly defined as "Fast response meter" shall have at least the following additional specifications

- Response time ($\tau_{0,5}$): max. 6 s for long temperature sensors; max. 2,5 s for short temperature sensors
- For battery driven meters the time between measuring samples (flow and temperature) and as well as incremental energy calculations: for time interval based measurement 8 s are recommended. For volume quantum based measurement $8 \text{ s} * q_p/q$ or by equivalent volume fraction are recommended.
- For meters driven by mains the time between measuring samples (flow and temperature) and as well as incremental energy calculations: for time interval based measurement 4 s are recommended. For volume quantum based measurement $4 \text{ s} * q_p/q$ or by equivalent volume fraction are recommended.

London TC 176 Meeting 2014 - Internal Work Items to be dealt by WG 2 for revision of CEN EN 1434:2020 standard series

Lasting

Annexes ZA for EN 1434-1, EN 1434-2, EN 1434-4, EN 1434-5 and EN 1434-6 up to 26th November 2014

New

1. Complete **clauses 12.4 “Maintenance instructions” and 12.5 “Hints for disposal instructions”** of EN 1434-1 by instructions on how to separate different parts of meters before disposal
2. Clarify **specifications for “Fast response meters”**, Annex C of 1434-1 “Define time based and volume based measurement principles.”, for EN 1434-4 - description of test procedures (EN 1434-5 – nothing has to be done)
3. **Test possibilities for testing complete meters in field:** Clause 7a of EN 1434-2 (after the list) - add a requirement to make it possible to dismantle temperature sensors for testing the sensors itself in field, for EN 1434-4 and EN 1434-5 - test methods for complete meters without using of bathes
4. Clause 7.8.2.4 of EN 1434-4: **A more than 10 year durability test** - check if additional tests are necessary
5. **Standardized user interactions and display indications** (symbols) including error messages for commissioning of heat and cooling meters as informative annex
6. **Clarification of state of the art in measuring energy using liquids other than water** (eg. water/glycol solutions)
7. Clarify if it's possible to make **realistic recommendations for conditioning the test water for durability tests**, sourcepaper CEN/TC 176/WG 2 N 183
8. **New clock wise swirl disturbance body instead of part 4, cl.7.22 – prevent instabilities of disturbance generation**

Decision 115 of CEN/TC 176 - Work Item in preliminary stage to revise the **CEN Report CR 13582** (installation and operational monitoring, sourcepaper German TR K 9

EE-WärmeG

Forderungen nach geeigneten thermischen Energiemessgeräten

Vorschriften zur Förderung von Solarkollektoranlagen

Anlagen müssen mit geeignetem Funktionskontrollgerät bzw. Wärmemengenzähler ausgestattet sein.

Sehr geehrte Damen und Herren ...

thermische Energiemessungen mit dem Energieträger Wasser-Glykolgemisch unterliegen nicht der Eichpflicht und sind derzeit nicht zulassungsfähig.

Die Heizkostenverordnung verweist bei der Wärmeverbrauchsmessung hierbei auf ihre Nichtanwendbarkeit.

In allen Veröffentlichungen wird die Bedenklichkeit der Verwendung von Teilgeräten im Primärkreislauf beschrieben, bspw. das Fehlverhalten von Durchflusssensoren. Trotzdem werden von einigen Herstellern nicht bauartzugelassene (!) Durchflusssensoren und Rechenwerke für diese Kreisläufe angeboten: Vom Gesetzesstand darf darüber nicht abgerechnet werden.

Die thermodynamischen Enthalpiekoeffizienten (K-Faktoren) stehen auf einem nicht aktuell begründeten wissenschaftlichen Erkenntnisstand. Zudem werden ca. 40 chemisch unterschiedliche Gemische in den Kreisläufen verwendet. Tabellen über Koeffizienten, u.a. von Herrn Prof. Adunka sind international nicht anerkannt und werden deshalb in der demnächst erscheinenden Revision der harmonisierten Fachgrundnorm prEN 1434 (2015) nicht erscheinen, dies ist Gegenstand laufender kalorimetrischer Untersuchungen der PTB.

Das laufende Drittmittel-Forschungsvorhaben untersucht z.B. die sehr starke Abhängigkeit des K-Faktors von Mischungsverhältnis, Systemdruck, Alterungs- und Stillstandsverhalten sowie Mediumtemperatur. Dies ist Neuland und muss wissenschaftlich fundiert erschlossen werden.

Es existiert noch keine international anerkannte Normalprüfeinrichtung, wir sind im Experimentierstadium und streben den Abschluss auf einen Zeitraum der nächsten 3 Jahre an.

Zur Abschätzung der Messunsicherheit verweise ich darauf, dass bereits beim Wärmeträger Wasser die relative Unsicherheit 0,3 % beträgt, und das auf der Grundlage der seit Jahrzehnten anerkannten "Dampftafeln" (IAPWS). Wegen der geschilderten Problematik bei Wasser-Glykolgemischen sind absehbar wesentlich höhere Unsicherheiten anzusetzen.

Der Arbeitsausschuss Wärmezähler der Vollversammlung für das Eichwesen schlägt deshalb vor, die thermische Energiemessung im Sekundärkreislauf unter Kopplung durch Wärmetauscher mit dem Trägermedium Wasser vorzunehmen. Dabei entstehende Übergangsverluste müssen sich die Partner unter gegenseitig akzeptierter Abschätzung ökonomisch aufteilen.

Der Weg zur Eichpflicht in Primärkreisläufen ist weit und beschwerlich, mehr kann ich Ihnen derzeit nicht sagen. Orientierend zur Problematik ist Literatur angefügt.

Mit freundlichen Grüßen,

Dr. Jürgen Rose
Leiter Vollversammlungsausschuss Wärmezähler



Definition of international accepted Enthalpy Coefficients (k-factor)

40 different solutions detected in practice, e.g. Äthylen-G, 1,2 Propylen-G, 1,3 Propylen-G, Butan-G with ingredients of Carboxyl acid, Tetra-Flour-Ethan, Potassium, Silicate, Hydrazin with

- different concentrations and combinations thereof
- different ages

Temperature range $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, Pressure 4 bar

Measurements of calorimetric density, specific thermal capacity, viscosity and acoustic elapse time to ensure Ultrasonic Flow Sensor's accuracy and stability

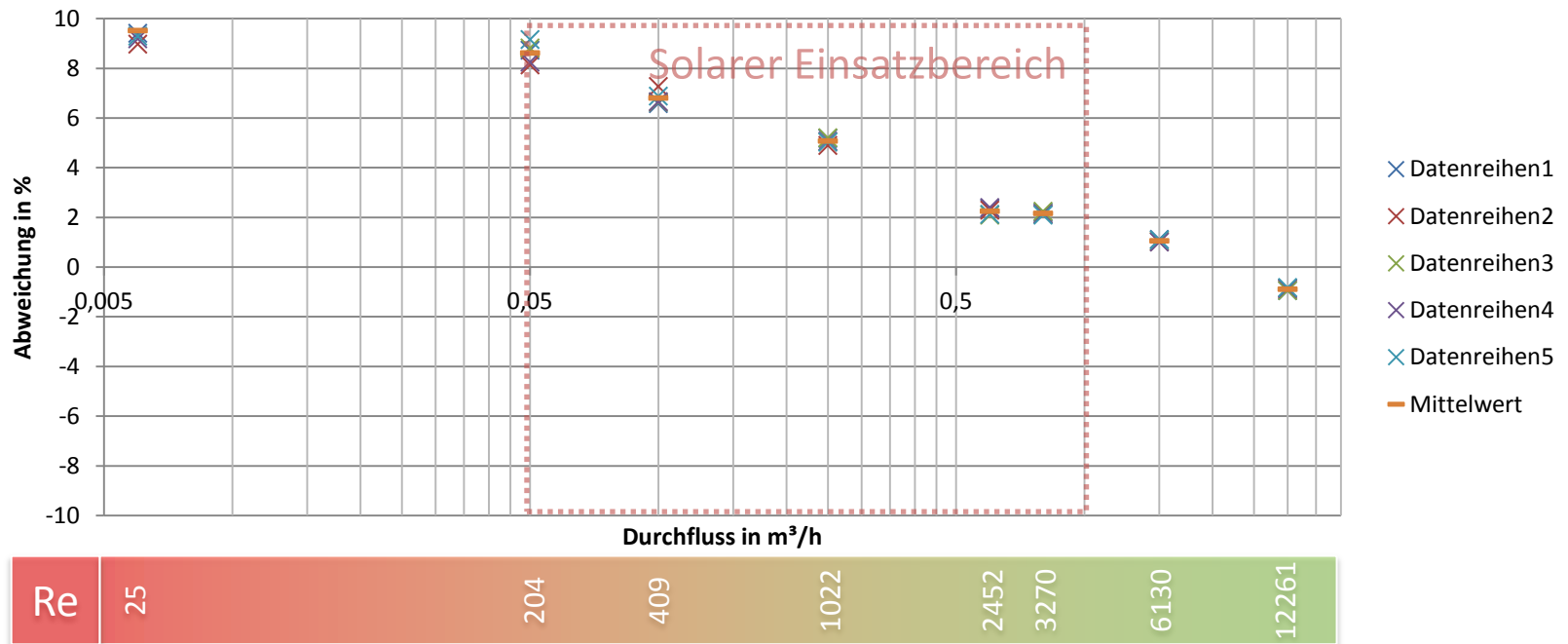


Volumetric Prover enables testing of 5 flow sensor's accuracy

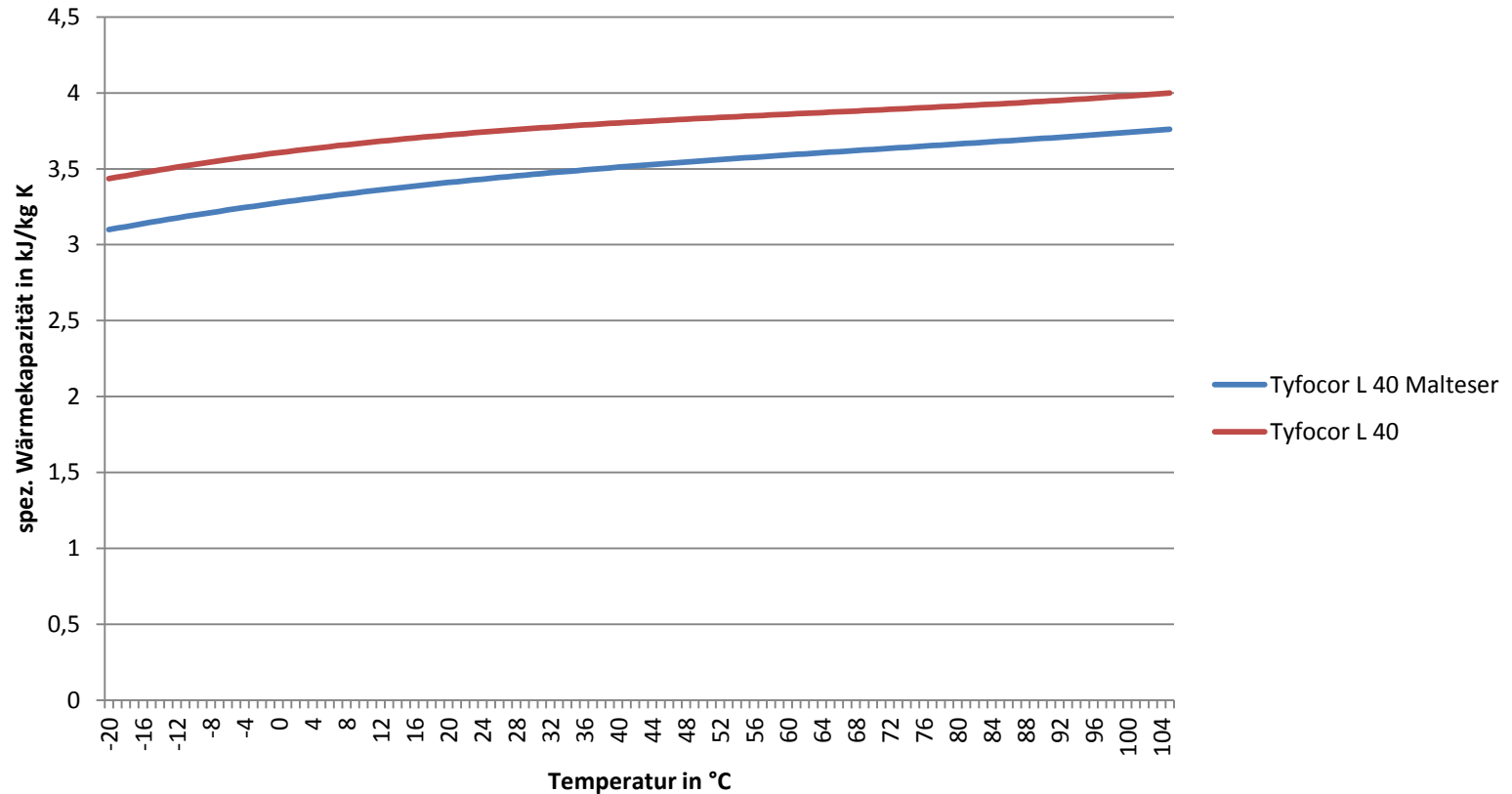
Messergebnisse

Ultraschall $q_i = 6 \text{ l/h}$

Hersteller xy ... "Typ Solar"



Vergleich Tyfocor L 40 % zu Probe aus Malteser Krankenhaus



Technische Aspekte im EEG: Messung & Technik

20. Fachgespräch Landesvertretung Hessen 17. März 2015

Messtechnische Anwendungsfragen im Bereich EE-WärmeG

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Dr. Jürgen Rose
Fachbereich Wärme und Vakuum, Leiter AG Messung thermischer Energie
juergen.rose@ptb.de

