

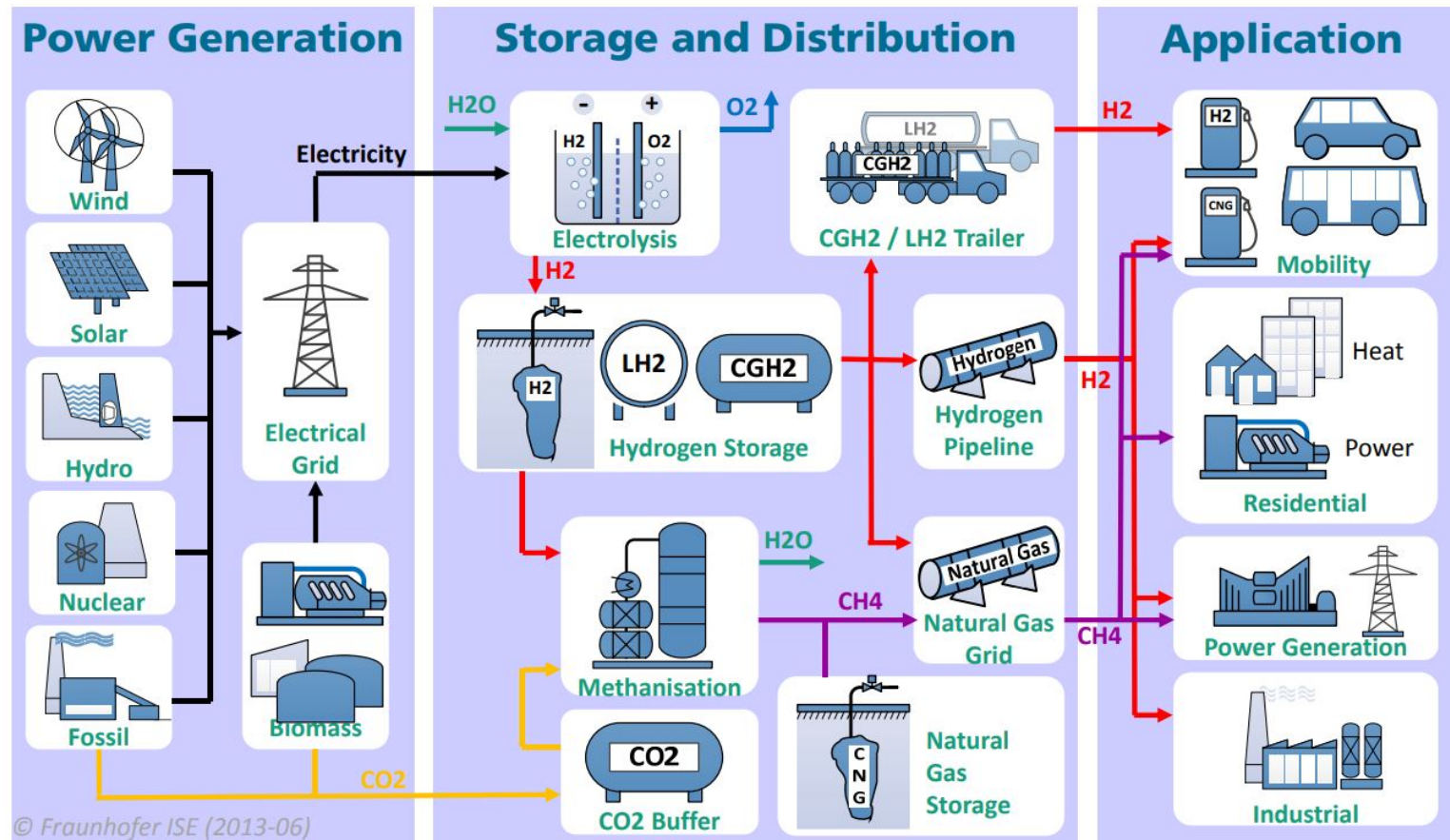


Technology Gas Metering
Dipl. Ing. Michael Franz

AUSWIRKUNGEN WASSERSTOFF AUF TURBINEN- UND DREHKOLBENGASZÄHLER

Honeywell

1. Der Prozess: Von der Erzeugung bis zur Verwendung



An den meisten „Schnittstellen“ wird gemessen:

- Volumen
- Druck
- Temperatur
- Gasqualität

Quelle: Fraunhofer ISE-Homepage

2. Eigenschaften von Wasserstoff

Eigenschaft	Wasserstoff	Methan
Dichte (bei 0°C)	0,0899 kg · m ⁻³	0,72 kg·m ⁻³
Schallgeschwindigkeit (bei 0°C)	1284 m·s ⁻¹	430 m·s ⁻¹
Wärmeleitfähigkeit	0,186 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	0,0341 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹
Viskosität (bei 20°C)	87,7 * 10 ⁻⁷ kg· <u>m</u> ⁻¹ ·s ⁻¹	110,1 * 10 ⁻⁷ kg· <u>m</u> ⁻¹ ·s ⁻¹
Brennwert (massebezogen)	39,39 kWh/kg	13,9 kWh/kg
Brennwert (volumenbezogen)	3,54 kWh/m ³	10 kWh/m ³
Zündfähige Gemische in Luft	4% bis 77%	4,4% bis 16,5%

Quelle: Vortrag DVGW Hoh/Franz/Grexa

3. Zulassungen: Prüfgase

DIN EN 437

Norm über **Prüfgase für Gasgeräte**

z.B. Brenner

DIN EN 437		DIN
ICS 27.060.20; 91.140.40		Ersatz für DIN EN 437:2003-09
Prüfgase – Prüfdrücke – Geräte Kategorien; ':2003+A1:2009		

Table 2 — Kennwerte der Prüfgase^a für die erste und zweite Familie,
Trockenes Gas bei 15 °C und 1 013,25 mbar

Gas- familie und Gruppe	Prüfgase	Kurz- zeichen	Zusammen- setzung Volumen- anteil % ^c	W_i	H_i	W_s	H_s	d
				MJ/m ³	MJ/m ³	MJ/m ³	MJ/m ³	
Gase der ersten Familie ^b								
Gruppe a	Normprüfgas	G 110	CH ₄ = 26					
	Grenzgas für unvollständige Verbrennung, Auftreten gelber Spitzen und Abheben der Flammen		H ₂ = 50 N ₂ = 24	21,76	13,95	24,75	15,87	0,411
	Grenzgas für Rückschlagen der Flammen	G 112	CH ₄ = 17 H ₂ = 59 N ₂ = 24	10,48	11,81	22,36	13,56	0,367
Gase der zweiten Familie ^b								
Gruppe H	Normprüfgas	G 20	CH ₄ = 100	45,67	34,02	50,72	37,78	0,555
	Grenzgas für unvollständige Verbrennung, Auftreten gelber Spitzen	G 21	CH ₄ = 87 C ₃ H ₈ = 13	49,60	41,01	54,76	45,28	0,684
	Grenzgas für Rückschlagen der Flammen	G 222	CH ₄ = 77 H ₂ = 23	42,87	28,53	47,87	31,86	0,443
	Grenzgas für Abheben der Flammen	G 23	CH ₄ = 92,5 N ₂ = 7,5	41,11	31,46	45,66	34,95	0,586

H2 = 59%

3. Zulassungen: Prüfgase + MID



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

KBS

Konformitätsbewertungsstelle

Seite 14 der EU-Baumusterprüfbescheinigung DE-12-MI002-PTB001, Revision 7
Page 14 of the EU Type-examination Certificate DE-12-MI002-PTB001, Revision 7

vom 18.04.2019
dated 18.04.2019

Genauigkeitsklasse

Die Geräte gehören zur Genauigkeitsklasse 1,0.

Accuracy class

The devices are in accuracy class 1.0.

Umgebungsbedingungen / Einflussgrößen

Gas- und Umgebungstemperatur beim Betrieb von Geräten:

Untere Temperaturgrenze:

- für Gaszähler mit Ölschmierung: -25 °C
- für wartungsfreie Gaszähler: -10 °C

Ausnahme: Gaszähler mit $0,25 \text{ m}^3/\text{h} \leq Q_{\text{min}} \leq 0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ mit dem Schmieröl:

- Molyduval Chemlube 315 -25 °C
- Shell Morlina S2 BL 10 -10 °C

Environmental conditions / influence quantities

Gas and ambient temperature for devices in operation

Lower temperature limit:

- for gas meters with oil lubrication: -25 °C
- for maintenance-free gas meters: -10 °C

Exception: Gas meters with $0,25 \text{ m}^3/\text{h} \leq Q_{\text{min}} \leq 0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ with the lubricating oil:

- Molyduval Chemlube 315 -25 °C
- Shell Morlina S2 BL 10 -10 °C

Obere Temperaturgrenze:

für alle Gaszähler: +70 °C

Upper temperature limit:

for all gas meters: +70 °C

Lagerungstemperaturbereich:

-40 °C bis +70 °C

Storage temperature range:

-40 °C to +70 °C

Einsatzort:

Die Zähler können innerhalb oder außerhalb von Gebäuden verwendet werden. Eine Betauung der Geräte ist im Betrieb zulässig.

Place of installation:

The meters may be used indoors or outdoors. Ambient condensing humidity may occur during operation.

Mechanische Umgebungsbedingungen:

Klasse M1

Mechanical factors:

Class M1

Elektromagnetische Umgebungsbedingungen:

für Zähler ohne Impulsgeber / Encoder-Zählwerk: nicht anwendbar
für Zähler mit Impulsgeber oder Encoder-Zählwerk: **Klasse E2**

Electromagnetic factors

for meters without pulse transmitter / encoder index: not applicable
for meters with pulse transmitter or encoder index: Class E2

2.2 Sonstige Betriebsbedingungen:

Die Gaszähler können mit Gasen der Klassen 1, 2 und 3 innerhalb der Grenzen der Zusammensetzung, die in der der EN 437:2003 für Prüfgase beschrieben werden, betrieben werden.

Die Einbaulage des Gerätes darf derart gewählt werden, dass die Strömung durch den Gaszähler horizontal oder vertikal verläuft. Die Kolbenachsen müssen jedoch horizontal verlaufen.

2.2 Other operating conditions:

The gas meters may be operated with gases of classes 1, 2 and 3 within the limits which are described in EN 437:2003 for test gases.

The mounting orientation may be chosen resulting in a horizontal or vertical flow through the gas meter. However, the centreline of the pistons must be horizontal.

Auszug aus der EG-Baumusterprüfbescheinigung ELSTER Drehkolbengaszähler RABO

2.2 Sonstige Betriebsbedingungen:

Die Gaszähler können mit Gasen der Klassen 1, 2 und 3 innerhalb der Grenzen der Zusammensetzung, die in der der EN 437:2003 für Prüfgase beschrieben werden, betrieben werden.

wichtig: EN 437 (Prüfgase) wird als „Vehikel“ genutzt, um die Eignung für brennbare Gase/Erdgas zu beschreiben. Die PTB sieht hier keine Übertragbarkeit auf „metrologische Eigenschaften“

Derzeit noch keine Produktnormen an H2 angepasst -> keine MID Zulassung möglich

Quelle: Zulassungen Elster GmbH

4. Erfahrungen mit Stadtgas

Zusammensetzung [\[Bearbeiten | Quelltext bearbeiten \]](#)

Stadtgas stellt ein Gasgemisch aus verschiedenen Gasen dar. Die genaue Zusammensetzung ist je nach Gaswerk und Herstellungsverfahren, der Art der Gaswäsche und auch der verwendeten Kohle verschieden. Für das ehemalige Wiener [Gaswerk Simmering](#) wird die Zusammensetzung von Stadtgas folgendermaßen angegeben:^[2]

- [Wasserstoff](#) H₂ (51 %)
- [Methan](#) CH₄ (21 %)
- [Stickstoff](#) N₂ (15 %)
- [Kohlenstoffmonoxid](#) CO (9 %)

Stadtgas: Feuchte /
niedriger Druck
Stadtgas ≠ Erdgas + H₂

Daneben kommen verschiedene weitere Gase in Spuren vor, unter anderem geringe Mengen an Wasserdampf, und Spuren von [Kohlenstoffdioxid](#) CO₂, [Sauerstoff](#) O₂ und Kohlenwasserstoffe C_mH_n.

Dem Stadtgas wurde – ähnlich wie [Acetylen](#) – in geringsten Mengen deutlich nach Knoblauch riechendes [Diphosphan](#) zugesetzt, so dass unbeabsichtigtes Austreten daran erkannt werden konnte (siehe dazu auch [Odorierung](#)).

Um den Brennwert des reinen Kohlegases zu erhöhen, wurde dem Stadtgas am Anfang des 20. Jahrhunderts auch [Wassergas](#), bestehend primär aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff, beigemischt. Nach dem [Zweiten Weltkrieg](#) wurde beabsichtigt, den aktuellen Kohlenstoffmonoxidanteil zu senken und dem Stadtgas verstärkt Erdgas (Methan) beizumischen. Auch

Quelle: Wikipedia

5. Material

- Erfahrungen mit Erdgas in Deutschland seit den 1960iger Jahre d.h. ca. 50-60 Jahre
- Vorschriften, Richtlinien und Produktnormen basieren auf jahrzehntelangen Erfahrungen

Beispiel:

Material Auswahl für Druckbehälter

Material für Dichtungswerkstoffe

Langzeit Erfahrungen für Anwendungen mit Wasserstoff gibt es bei Herstellern für industrielle Gase wie z.B. LINDE, AIR LIQUID etc.

5. Eignung von Materialien

Material	Suitable
PE80	X
PE100	X
PCV-A	X
PVC-CPE	X
NBR	X
POM	X
Nodular cast iron	X
Copper / copper alloys	X
Carbon steel (St 37/235, ASTM A106 gr B, API 5L gr B)	X
Stainless steel (AISI 316 sorts)	X
Aluminium alloys	X
Methacrylate Ester adhesive	X

Table 1: Fitness of materials

Quelle: Kiwa report ke-214-2019

5. Material

10% H₂ keine Bedenklichkeit -> Material = Standard

100% H₂ Die meisten Materialien sind laut „Literatur“ geeignet

Probleme („Versprödung“) bei höherfesten Werkstoffen
mit Zugfestigkeit > 800 N/mm²) Quelle: DVGW Merkblatt G 265-3

Großgas-Messgeräte unkritisch -> Stahl: aktuell 500 – 600 N/mm² Zugfestigkeit

Nähere Untersuchungen („Zeitraffertests“) erforderlich z.B.:

Kunststoffe: wenig Langzeiterfahrung für innere Bauteile

Elektronischen Bauteile: Vergussmasse

6. Explosionsschutz

- Zähler („mechanische“ ATEX / Zündquellenbewertung)
- Elektronische Komponenten (NF-, HF-Geber, Encoder) + Mengenumwerter

Für Gasgemische aus Erdgas und Wasserstoff gilt:

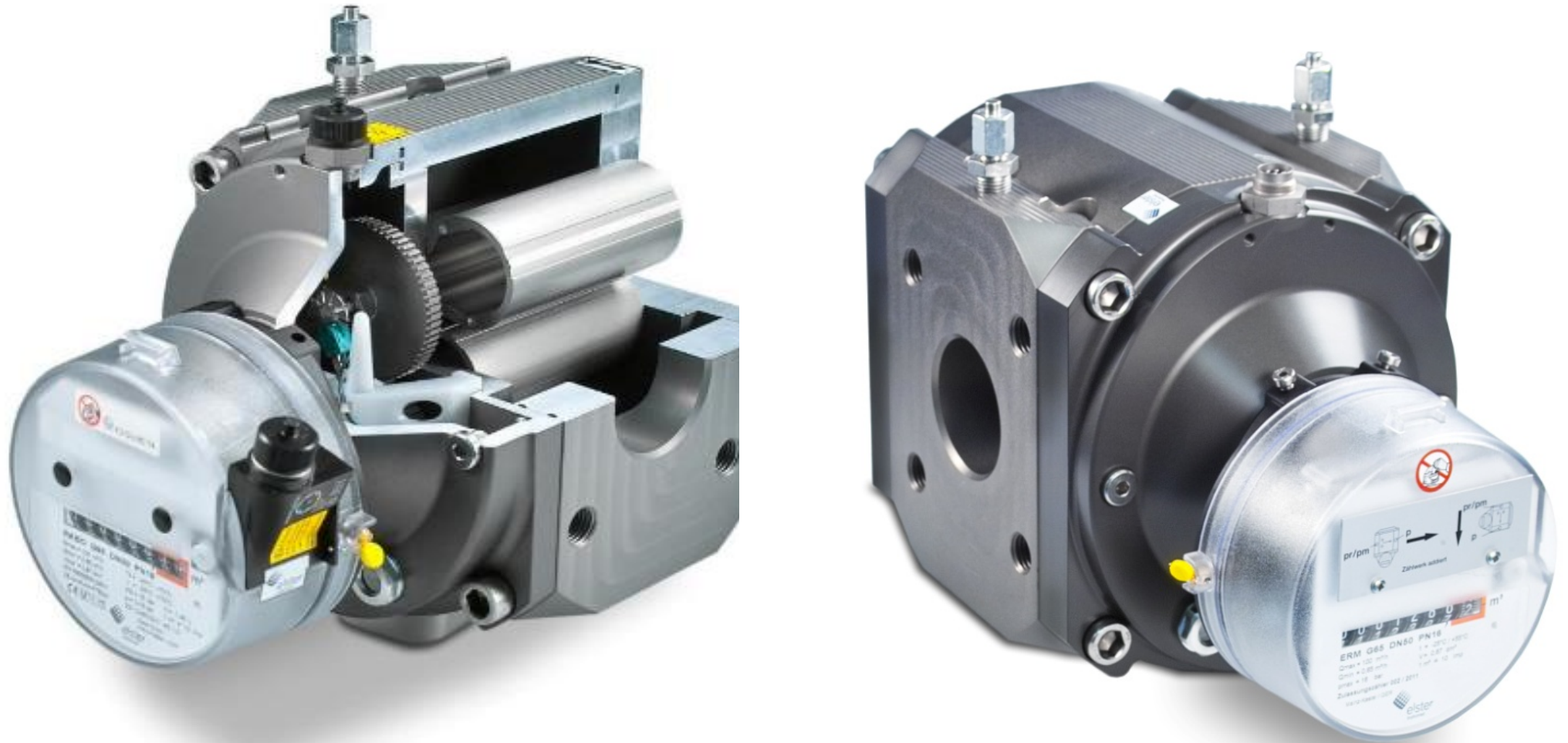
- Für bis zu 25% Wasserstoff gilt Guppe IIA
- Für bis zu 70% Wasserstoff gilt Guppe IIB
- Über 70% Wasserstoff gilt Gruppe IIC oder IIB + H2

Beispiel: Niederfrequenter (passiver) Impulsgeber IN-Sxx
2G Ex ia **IIC** T4 Gb

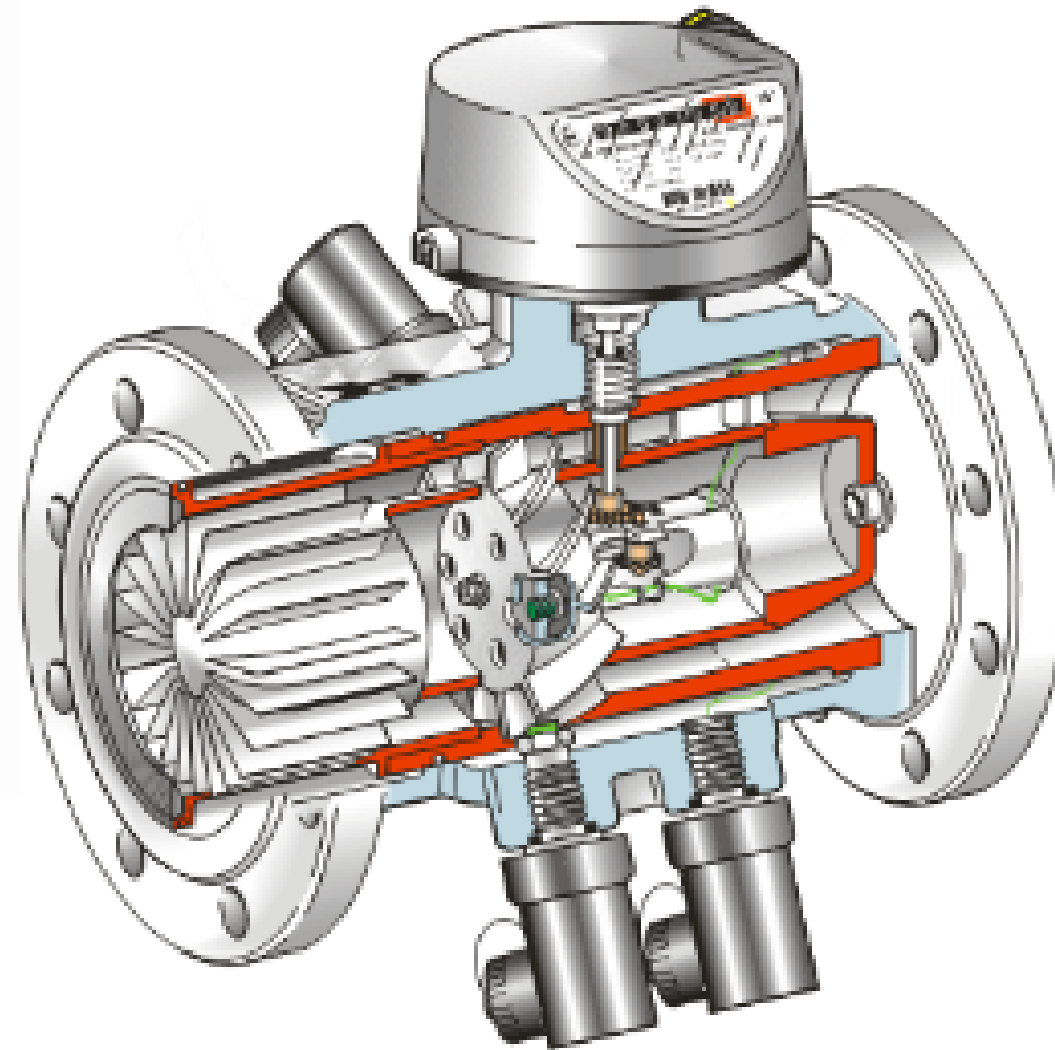
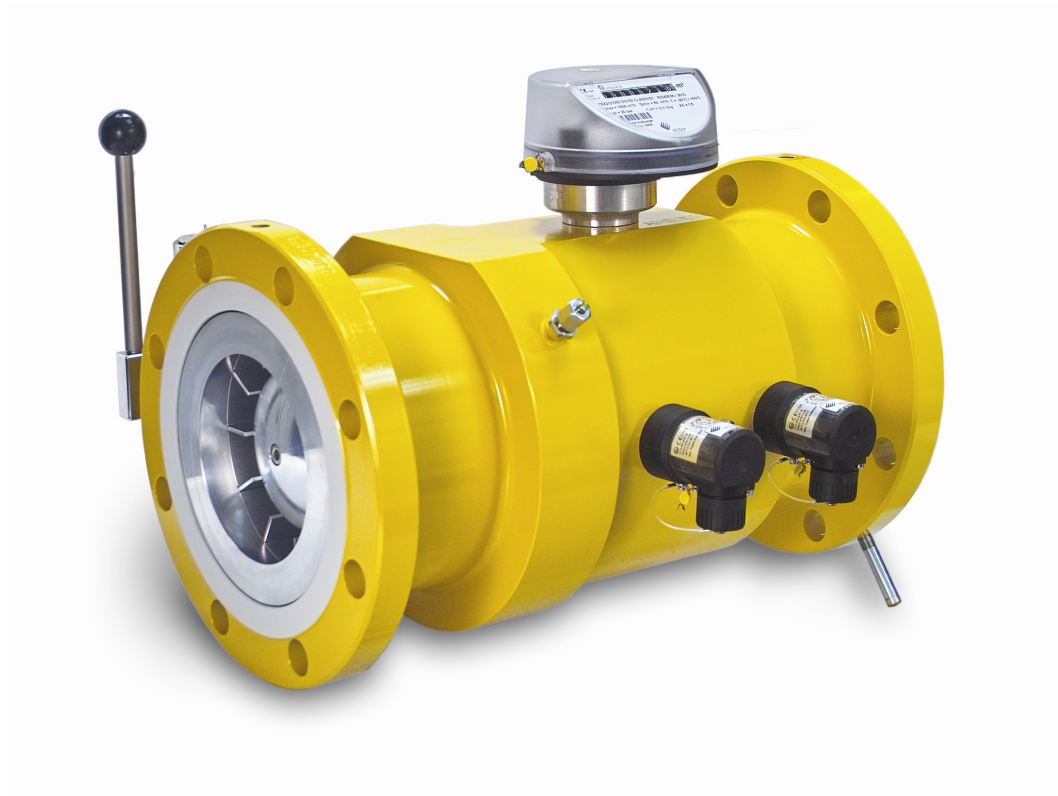
Temperaturklasse für Wasserstoff : T1 oder besser
(T1 = 450°C / T4 = 135°C / T6 = 85°C > Maximale Oberflächentemperatur der Geräte)

Quelle: Quelle: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 2539 der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) vom 07.09.2016 / Zulassungen Elster GmbH

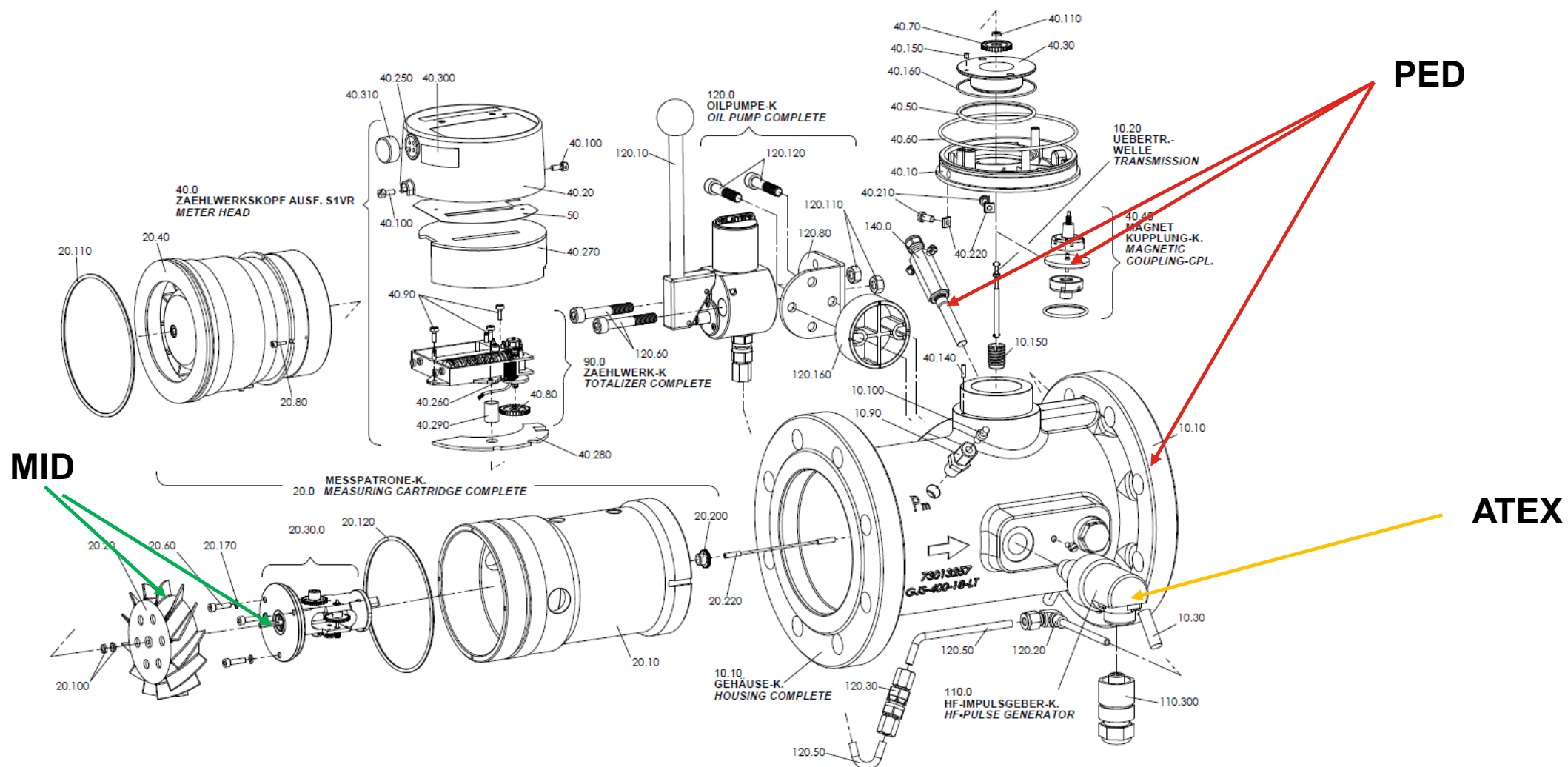
7. Aufbau Gaszähler: Drehkolbengaszähler



7. Aufbau Gaszähler: Turbinenradgaszähler



7. Aufbau Gaszähler: Auswirkungen auf MID / PED / ATEX



8. Einfluss auf die Messtechnik

- Die (Norm-)Volumenmessung bei einem mechanischen Gaszähler wie Turbinenrad- und Drehkolbengaszähler hängt ab von...
 - $Q = f$ (v) Geschwindigkeit
 - (ρ) Dichte
 - (p) Druck
 - (T) Temperatur

Berechnung $Q_{\min H_2}$

am Beispiel $p_{\ddot{u}}=0,5$ bar und $Q_{\min}=6$ m³/h Luft

$$Q_{\min(H_2)} \approx Q_{\min(\text{Luft})} \cdot \frac{1}{\sqrt{d_v \cdot (p_{\ddot{u}} + 1,013)}}$$

$$Q_{\min(H_2)} \approx 6 \cdot \frac{1}{\sqrt{0,0695 \cdot (0,5 + 1,013)}} = 18,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

8. Einfluss auf die Messtechnik

- Die (Norm-)Volumenmessung bei einem mechanischen Gaszähler wie Turbinenrad- und Drehkolbengaszähler hängt ab von...
- | | | |
|-----------|------------|-----------------|
| • $Q = f$ | (v) | Geschwindigkeit |
| | (ρ) | Dichte |
| | (p) | Druck |
| | (T) | Temperatur |

Berechnung $Q_{\min H_2}$
am Beispiel $p_{\ddot{u}}=0,5$ bar und $Q_{\min}=6$ m³/h Luft

$$Q_{\min(H_2)} \approx Q_{\min(\text{Luft})} \cdot \frac{1}{\sqrt{d_v \cdot (p_{\ddot{u}} + 1,013)}}$$

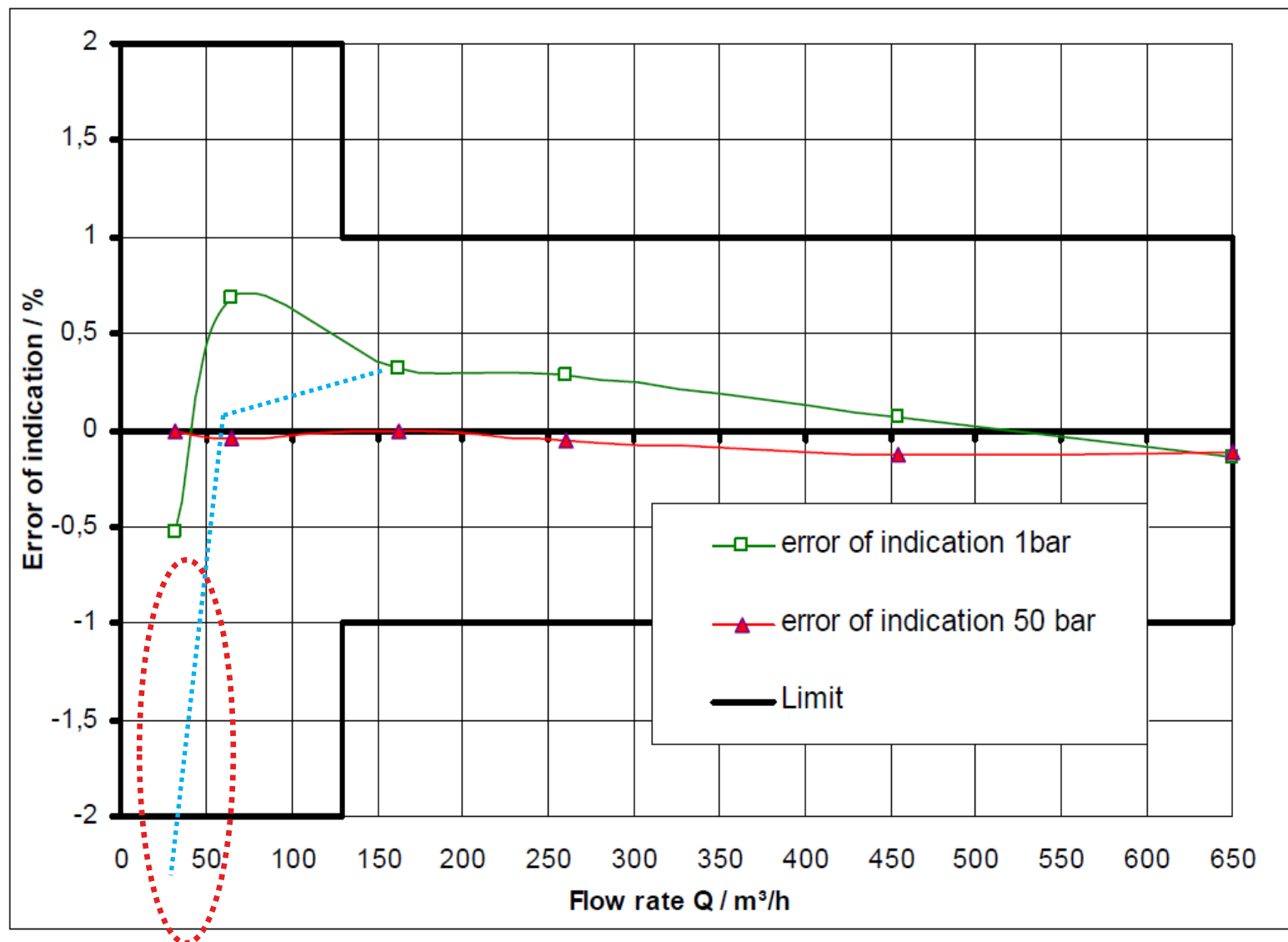
$$Q_{\min(H_2)} \approx 6 \cdot \frac{1}{\sqrt{0,0695 \cdot (0,5 + 1,013)}} = 18,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

Zur Zeit stehen den Herstellern und Zulassungsstellen **keine Prüfstände für Wasserstoff** bzw. Erdgas/Wasserstoff-Gemische zur Verfügung.

PTB/D betreibt seit 2020 einen Prüfstand für kleinere Durchflüsse

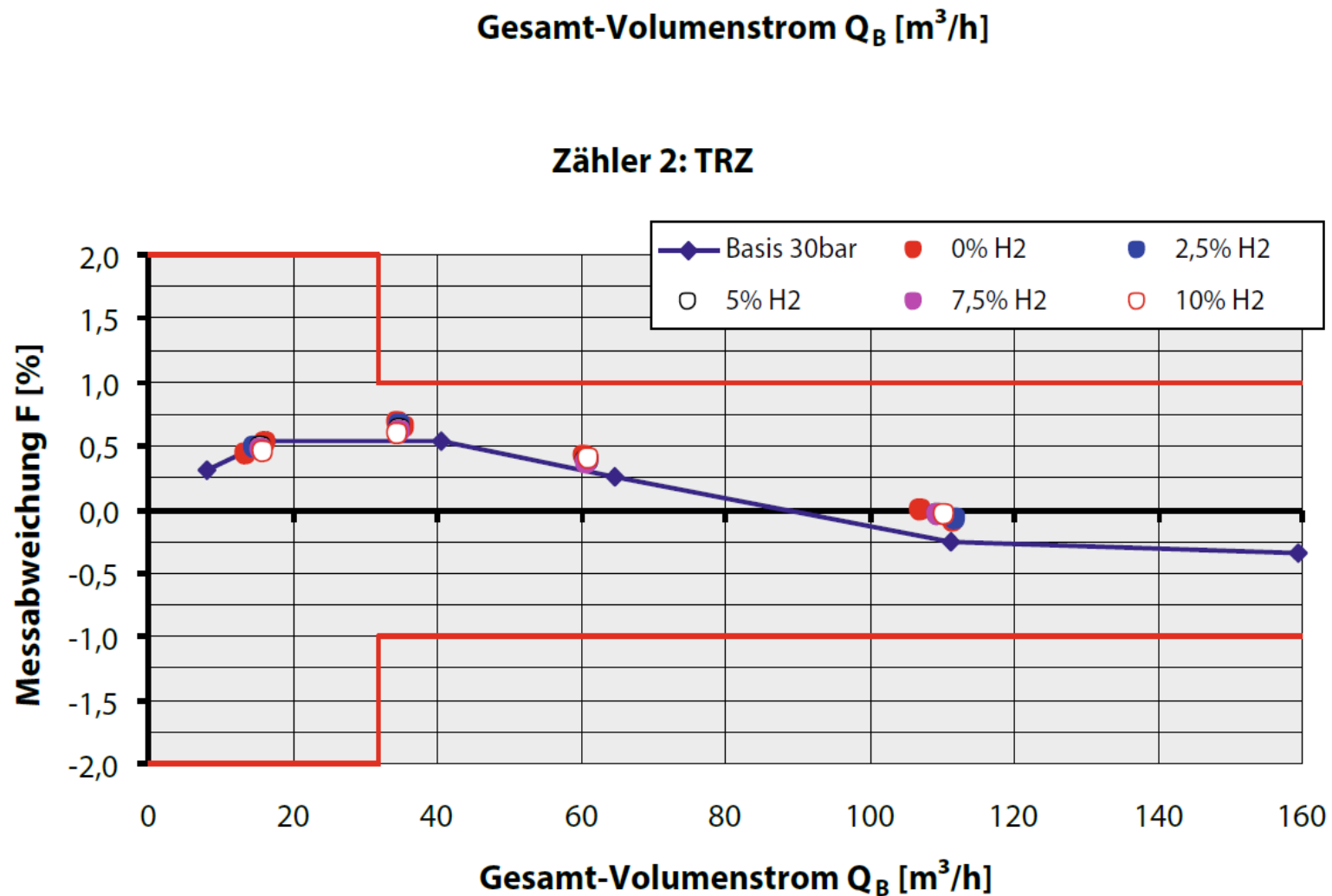
DNV/NL kann bei erhöhtem Druck bis 30%H₂ und 1000 m³/h prüfen

8. Einfluss auf die Messtechnik (Niederdruck)



Zu erwartende
Messabweichung in
Abhängigkeit des H₂-
Gehaltes im Niederdruck

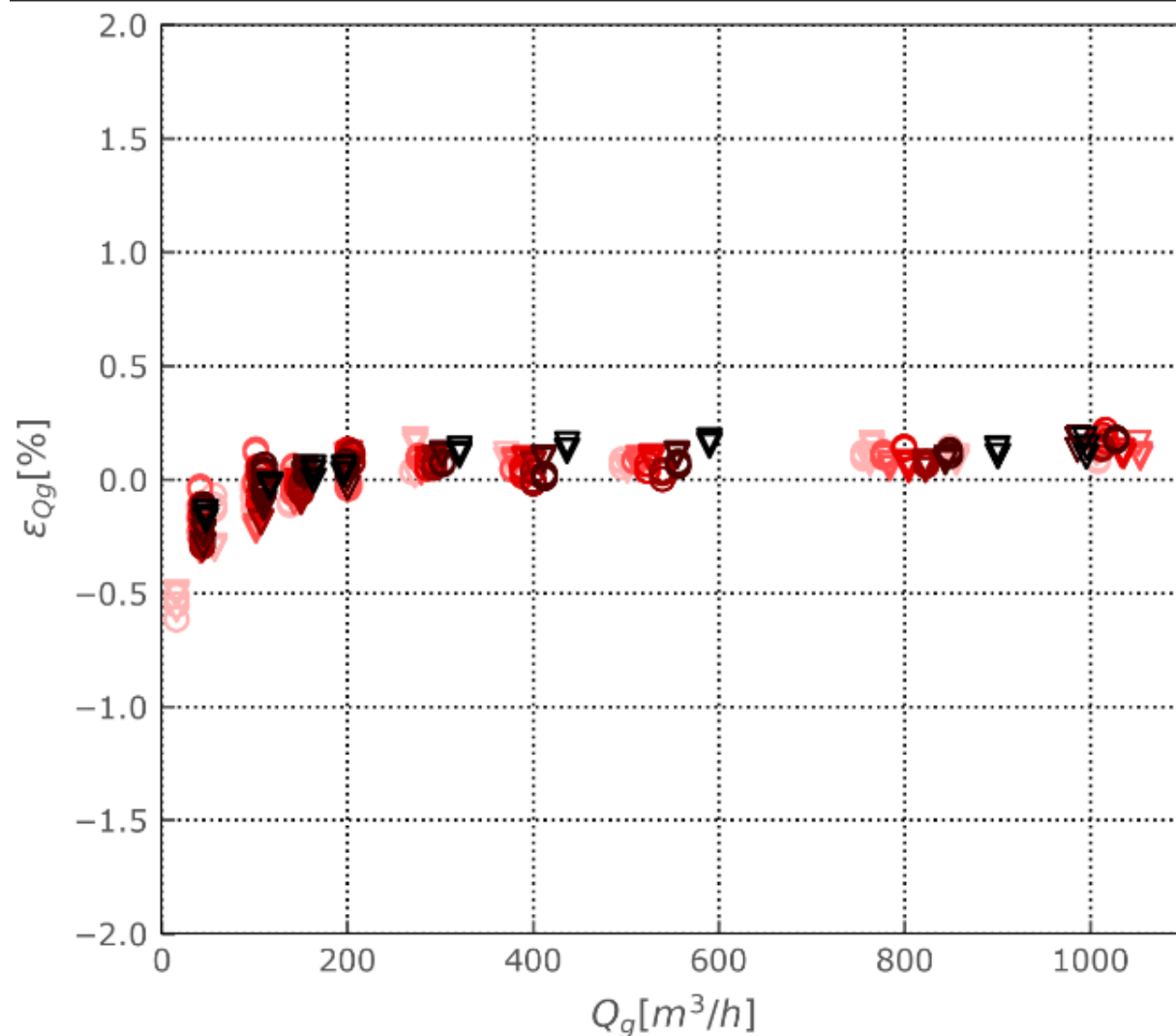
8. Einfluss auf die Messtechnik (Hochdruck)



Messabweichung in
Abhängigkeit des H₂-
Gehaltes bei 30 bar

Quelle: Einfluss von Wasserstoff auf
die Hochdruckfehlerkurve von
Erdgaszählern / gwf **2013**

8. Einfluss auf die Messtechnik (Hochdruck)



- G_{gas} ($p = 32\text{bar}$)
- ▽ G_{gas} ($p = 16\text{bar}$)
- $G_{gas} + 5\% H_2$ ($p = 32\text{bar}$)
- ▽ $G_{gas} + 5\% H_2$ ($p = 16\text{bar}$)
- $G_{gas} + 10\% H_2$ ($p = 32\text{bar}$)
- ▽ $G_{gas} + 10\% H_2$ ($p = 16\text{bar}$)
- $G_{gas} + 15\% H_2$ ($p = 32\text{bar}$)
- ▽ $G_{gas} + 15\% H_2$ ($p = 16\text{bar}$)
- $G_{gas} + 20\% H_2$ ($p = 32\text{bar}$)
- ▽ $G_{gas} + 20\% H_2$ ($p = 16\text{bar}$)
- $G_{gas} + 30\% H_2$ ($p = 32\text{bar}$)
- ▽ $G_{gas} + 30\% H_2$ ($p = 16\text{bar}$)

Elster TRZ2 G 650 DN 150
 Tests DNV GL JIP-Project
 Januar 2021

9. Übersicht Gaszähler für 10% Wasserstoff

			Zulassungen	Kommentar
Sicherheit	Explosionsschutz		ATEX	o.k.
	Festigkeit	Material	PED Modul B	o.k.
		Produktion	PED Modul D	o.k.
Eigenschaften	Messgenauigkeit	Niederdruck	MID	o.k.
		Hochdruck	MID	o.k.
Produktion	Dichtheitsprüfung	= Standard		o.k.
Inbetriebnahme	Dichtheitsprüfung	= Standard		o.k.
Langzeitverhalten	Material	Dichtheit		o.k.
		Eigenschaften		o.k.

10. Übersicht Gaszähler für 100% Wasserstoff

			Zulassungen	Kommentar
Sicherheit	Explosionsschutz		ATEX	o.k.
	Festigkeit	Material	PED Modul B	o.k.
		Produktion	PED Modul D	o.k.
Eigenschaften	Messgenauigkeit	Niederdruck	MID	Messbereich
		Hochdruck	MID	o.k.
Produktion	Dichtheitsprüfung	Helium oder Luft?		In Arbeit
Inbetriebnahme	Dichtheitsprüfung	Helium oder Wasserstoff?		In Arbeit
Langzeitverhalten	Material	Eigenschaften		in Arbeit

11. Verwendung mit Bezug auf PTB TR G 19

Die **PTB TR G 19** beschreibt den Einsatz von Gaszählern (Auszug):

„Gegen den Einsatz von für Erdgas zugelassenen Gaszählern beliebiger Technologie zur Messung wasserstoffangereicherter Erdgase grundsätzlich keine Bedenken bei Stoffmengenanteilen $x_{H_2} \leq 5 \%$.

Ein Einsatz dieser Zähler bis $x_{H_2} = 10 \%$ ist zulässig, wenn der Hersteller dies in den relevanten Unterlagen (z.B. Betriebshandbuch) explizit gestattet.

Ein Einsatz oberhalb von $x_{H_2} = 10 \%$ ist nur mit einer entsprechenden **Herstellererklärung** und einer Unbedenklichkeitsbescheinigung der PTB zulässig.“

Anmerkung: Die PTB TR G 19 wird zur Zeit überarbeitet

11. Verwendung mit Bezug auf PTB TR G 19

Eine Konformitätserklärung (CE Zeichen) kann für H₂ Anteile größer 10% zur Zeit (noch) nicht erstellt werden, da das Europäische Regelwerk (EN Produktnormen z.B. EN 1359, EN 12261, EN 12480) (noch) **keine Prüfkriterien** für metrologische Zulassungstest mit x% Wasserstoff definiert.

Aus diesem Grund werden in der Zwischenzeit **Herstellererklärungen** erstellt.

12. Herstellererklärung

Der Verband der Deutschen Gasdruck-Regelgeräte- und Gaszähler-Industrie (grzi -> FIGAWA) hat eine einheitliche Vorlage für eine Herstellererklärung erarbeitet.

Die Hersteller können die Eignung ihrer **neuen Produkte** für 10%, 20% und 100% mit Hinblick auf MID, PED und ATEX bestätigen.

Ein Beispiel ist auf der nächsten Folie zu sehen.

Aktuell sollen diese Dokumente im Verband gesammelt, und auf der Homepage zu Verfügung gestellt werden. Weiterhin wird eine Archivierung mit dem DVGW diskutiert.

Die Bewertung von **älteren Geräten** („installed base“) gestaltet sich teilweise sehr aufwändig. Aus praktischen Gesichtspunkten empfiehlt es sich, eine Beschränkung auf Baujahre und/oder Baureihen vorzunehmen. Für Produkte die 20 Jahre oder mehr installiert sind, ist es oft nicht möglich, verbindliche Informationen von den Materiallieferanten zu erhalten. Elster/Honeywell hat z.B. die Turbinen- und Drehkolbengaszählern rückwirkend bis zum Jahr 2000 bewertet.

12. Herstellererklärungen (Beispiel)

Herstellererklärung

Supplier's declaration

Betreffend Erdgas-Geräte bei Betrieb

- mit Erdgasen nach DVGW G 260/262 mit Wasserstoffbeimischungen oder
- mit reinem Wasserstoff

Concerning of Natural Gas (NG) devices when operated

- *with Natural Gas and admixture of hydrogen or*
- *pure hydrogen*

Name des Ausstellers:

ELSTER GmbH

Issuer's name:

Anschrift des Ausstellers:

Steinem Strasse 19-21

Issuer's adress:

D-55252 Mainz-Kastel

Gegenstand der Erklärung:

Turbinenradgaszähler

Object of the declaration:

Typenbezeichnung:

TRZ2

Type designation:

DE-09-MI002-PTB001

Erklärungs-Nummer und Revision:

ELSTER_H2_TRZ2_r01

Declaration-no. and Revision:

Die oben genannten Geräte erfüllen die folgenden Anforderungen

The devices specified above comply to the following requirements

12. Herstellererklärungen (Beispiel 10% H2)

- A) Für den Betrieb mit einem Wasserstoffanteil im Erdgas von ≤ 10 Mol-%
 A) For operation when the hydrogen content in Natural Gas is ≤ 10 Mol-%

Anforderung Requirement

Maximal zulässige Schwankungsbreite des Wasserstoffanteils im Erdgas <i>Maximum admissible band width of hydrogen content in Natural Gas</i>	[Vol.-%]	0-10
Die Kenngrößen des Gerätes (z.B. Durchflussmessbereich, Regelcharakteristik, Genauigkeit, Reproduzierbarkeit etc.) stimmen mit den Kenngrößen bei Betrieb mit Erdgas ohne Wasserstoffanteil überein. Falls „Nein“: siehe „Zusätzliche Angaben“ <i>Performance data (flow range, control parameters, accuracy, repeatability, etc.) are as for operation with Natural Gas without Hydrogen content:</i> <i>If “No”: refer to “Additional Information”.</i>		Ja / yes
Grenzwerte von Betriebsdruck / Betriebstemperatur bezüglich der Druckfestigkeit stimmen mit den Grenzwerten bei Betrieb mit Erdgas ohne Wasserstoffanteil überein. Falls „Nein“: siehe „Zusätzliche Angaben“ <i>Limits of Operating Pressure / Operating Temperature for pressure resistance are as for operation with Natural Gas without Hydrogen content.</i> <i>If “No”: refer to “Additional Information”.</i>		Ja / yes
Gewährleistung der chemischen Beständigkeit durch Verwendung geeigneter Werkstoffe für medienberührte Teile gemäß Druckgeräte-Richtlinie 2014/68/EU (PED) <i>Safe-guarding of chemical resistance by use of suitable materials for wetted parts acc. to Pressure Equipment Directive 2014/68/EU (PED)</i>		Ja / yes

12. Herstellererklärungen (Beispiel 10% H₂)

<p>Die Dichtheit des Gerätes wurde geprüft mit dem 1,1-fachen des maximal zulässigen Betriebsdrucks mit</p> <ul style="list-style-type: none"> • <input checked="" type="checkbox"/> Luft • <input type="checkbox"/> Stickstoff • <input type="checkbox"/> einem Gasgemisch mit mindestens 10 Vol.-% H₂ oder 100 % H₂ • <input type="checkbox"/> einem Gasgemisch mit mindestens 10 Vol.-% He oder 100 % He • <input type="checkbox"/> sonstiges Verfahren, siehe „Zusätzliche Angaben“ <p>Zutreffendes ist anzukreuzen.</p> <p><i>Gas tightness of the device was tested at a test pressure of 1,1 times the max operating pressure, applying</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <input checked="" type="checkbox"/> Air • <input type="checkbox"/> Nitrogen • <input type="checkbox"/> a gas mixture including a minimum of 10 vol-% H₂ or >99% H₂ • <input type="checkbox"/> a gas mixture including a minimum of 10 vol-% He or >99% He • <input type="checkbox"/> other method, refer to "Additional Information" <p><i>Tick where applicable.</i></p>		
---	--	--

13. Zusammenfassung und Ausblick (1/2)

- **Mechanische Gaszähler** sind für den **Einsatz mit Wasserstoff geeignet**
- Können gemäß PTB TR G 19 **bis 10% H₂ ohne weitere Nachweise** eingesetzt werden
- Für **höhere H₂ Anteile** kann die **PTB Unbedenklichkeitsbescheinigungen** erstellen, falls entsprechende Testergebnisse vorliegen
- **Herstellererklärungen** sind bei den Herstellern verfügbar

13. Zusammenfassung und Ausblick (2/2)

- Bei **100% H2** besteht noch Forschungs- bzw. Handlungsbedarf
 1. Messtechnische Kalibrierung -> **Prüfstände**
 2. **Dichtheitsprüfung** beim Hersteller und vor Ort
 3. **Europäische Produkt-Normen** bzw. Prüfgrundlagen
 4. Materialien: Langzeit- / Zeitraffertests

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Michael Franz
R&D Manager
Elster GmbH

michael.franz@honeywell.com

06134 – 605 - 309