

7. Wasserstofftag DLR Lampoldshausen

Durchflussmessung von Wasserstoff mit
Coriolis-Massendurchflusssystem Proline Promass



Vorstellung



Daniel Winter

Produktmanager Durchflussmesstechnik

Endress+Hauser Messtechnik GmbH & Co. KG

Weil am Rhein



Agenda

- Kurzvorstellung von Endress+Hauser
- Herausforderung bei der Durchflussmessung von Wasserstoff
- Coriolismassemesssystem Proline Promass
 - Allgemeine Informationen
 - Eigenschaften
 - Praxisbeispiele



Endress+Hauser – Das Familienunternehmen



Klaus Endress, Verwaltungsratspräsident
der Endress+Hauser Gruppe



Die Gesellschafterfamilie

- Gegründet 1953 von Georg H. Endress und Ludwig Hauser
- Familienunternehmen, seit 1975 im Alleinbesitz der Familie Endress

Die Kennzahlen der Endress+Hauser Gruppe

- 2,2 Milliarden Euro Umsatz
...ein starker Partner
- 13.300 Beschäftigte weltweit
...ein verlässlicher Arbeitgeber
- 209 Millionen Euro Gewinn
...wirtschaftlich erfolgreich
- 70% Eigenkapital
...solide finanziert
- 1140 Millionen Euro Investitionen
...zukunftsorientiert
- 7.500 Patente und Patentanmeldungen
...innovativ und kreativ



Haben Sie Fragen zu den People for Process Automation ?



Besuchen Sie uns auf www.endress.com

Technische Möglichkeiten der Wasserstoff- und Brenngasmesmessung

mit Coriolis-Massendurchflusssystem Proline Promass



Herausforderung bei der Durchflussmessung von Wasserstoff

- Geringe Dichte

- Normdichte (1013 mbar/0°C)

Wasserstoff:	0,0899 kg/m ³
Luft:	1,2929 kg/m ³

Bei geringen Drücken birgt dies z.B. mechanische Zähler (Trägheitsmoment oder Schlupf) oder Corioliszählern (geringes auswertbares Messsignal) erschwerte Bedingungen

- Hohe Schallgeschwindigkeit

- Unter Normbedingungen

Wasserstoff:	1.260 m/s
Luft:	331 m/s

Ultraschallgaszähler, die auf der Laufzeitdifferenz zur Messwerterfassung basieren kommen an ihre Grenzen

Herausforderung bei der Durchflussmessung von Wasserstoff

- Hohe Wärmeleitfähigkeit

- Unter Normbedingungen

Wasserstoff:	0,174887 W/(mk)
Luft:	0,025002 W/(mk)

- Hohe Wärmekapazität

- Unter Normbedingungen

Wasserstoff:	14,2497 kJ/(kg*K)
Luft:	1,04591 kJ / (kg*K)

Kann zu Verfälschungen und großen Einschränkungen bei der Messdynamik bei thermischen Massemessern führen

- Korrosives Verhalten

- Kann zu Versprödungen bei verschiedenen Dichtungsmaterialien und Metallen, teilweise bei Hochdruckanwendungen führen

PTB – Technische Richtlinie G 19

Physikalisch Technische Bundesanstalt
Technische Richtlinien

Messgeräte für Gas	Ausgabe: 12/2014	G 19
	Ersatz für: --	

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Einvernehmen mit den Eichaufsichtsbehörden.
Arbeitsgruppe 3.31 - Kalorische Größen, Arbeitsgruppe 1.42 - Gasmessgeräte.

Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz

Wasserstoff ist kein natürlicher Bestandteil des Erdgases, sondern wird (vermutlich) in Zukunft vermehrt dem Erdgas zugesetzt. Dadurch ändern sich die brenntechnischen und Transporteigenschaften des Mischgases und beeinflussen möglicherweise die eichrechtlich geregelte Meßtechnik zur Volumen-, Brennwert- und Energiebestimmung. Deshalb werden folgende Regelungen festgelegt:

- 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. Betriebsanleitung) explizit gestattet. Ein Einsatz oberhalb von $x_{H_2} = 10\%$ ist nur mit einer entsprechenden Herstellererklärung und einer Unbedenklichkeitsbescheinigung der PTB zulässig.
- Für die Mengenbestimmung des reinen Wasserstoffs vor der Zumischung sind für diesen Zweck zugelassene und geeichte Meßgeräte zu verwenden. Dementsprechend sind zur Zeit nur Coriolis-Zähler ab einer bestimmten minimalen Dichte einsetzbar. Der Einsatz von Drehkolbenzählern wird jedoch gestattet, sofern der Hersteller dies für unbedenklich hält und die PTB zustimmt.
- Für die Mengenumwertung sind die Grenzwerte für die zulässige Abweichung der Kompressibilitätszahl nach Kap. 6.3 des DVGW-Arbeitsblattes G486 für die Gesamtheit der Gaskomponenten einzuhalten. Als Zustandsgleichung zur Bestimmung der „wahren“ Kompressibilitätszahl wird die AGA8-92DC-Zustandsgleichung festgelegt (DIN EN ISO 12213-2, DVGW Arbeitsblatt G486, Beiblatt 2). Für die Kompressibilitätszahl zur Verwendung in Mengenumwertungen oder Wirkdruckgaszählern wird für den alleinigen Einfluß des Wasserstoffs festgelegt: Der Wasserstoffanteil kann vernachlässigt werden, sofern das Produkt aus Überdruck (Zahlenwert in bar) und Wasserstoffanteil (Zahlenwert in Prozent) kleiner gleich 15 ist: $(x_{H_2} \% \times p_{\text{Über}}) < 15$.

Weiterhin gilt entsprechend PTB-Technische Richtlinie G9: Bei elektronischen Umwertern, bei denen alle Gasdaten für die Berechnung der Kompressibilitätszahl durch Meßaufnehmer oder Meßgeräte erfasst werden ($K = f(p, T_{\text{gas}})$), können Wasserstoffgehalte bis 0,2 % vernachlässigt, d. h. mit dem Ersatzwert 0% behandelt werden. Werden Zustandsmengenumwerter in Gasnetzen betrieben, in die wasserstoffhaltige Gase eingespeist werden, können zum Zwecke der K-Zahl-Bestimmung nicht-geeichte Geräte zur Messung der Wasserstoffkonzentration

Bezugquelle: www.ptb.de
Publikationen > Publikationen des gesetzlichen Messwesens > Technische Richtlinien

Z_W(x_{H2}=1) = 0,99998 festgelegt.
Die Probenahme sollte bei Inbetriebnahme einer neuen Anlage zunächst mindestens monatlich erfolgen und auch An- und Abfahr- sowie Umschalteneffekte erfassen.

TR G 19 Seite 2 von 3 Stand: 12/2014

Physikalisch Technische Bundesanstalt
Technische Richtlinien

Messgeräte für Gas	Ausgabe: 12/2014	G 19
	Ersatz für: --	

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Einvernehmen mit den Eichaufsichtsbehörden.
Arbeitsgruppe 3.31 - Kalorische Größen, Arbeitsgruppe 1.42 - Gasmessgeräte.

Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz

mit einer entsprechenden Herstellererklärung und einer Unbedenklichkeitsbescheinigung der PTB zulässig.

- Für die Mengenbestimmung des reinen Wasserstoffs vor der Zumischung sind für diesen Zweck zugelassene und geeichte Meßgeräte zu verwenden. Dementsprechend sind zur Zeit nur Coriolis-Zähler ab einer bestimmten minimalen Dichte einsetzbar. Der Einsatz von Drehkolbenzählern wird jedoch gestattet, sofern der Hersteller dies für unbedenklich hält und die PTB zustimmt.
- Für die Mengenumwertung sind die Grenzwerte für die zulässige Abweichung der Kompressibilitätszahl nach Kap. 6.3 des DVGW-Arbeitsblattes G486 für die Gesamtheit der Gaskomponenten einzuhalten. Als Zustandsgleichung zur Bestimmung der „wahren“ Kompressibilitätszahl wird die AGA8-92DC-Zustands-

Technologievergleich: NAMUR NE16

Erstausgabe: Juli 1985
First Edition: 31.01.2006

NAMUR-Empfehlung
NAMUR Recommendation

Version: 31.01.2006

	Durchflusstechnik für Messungen mit erhöhten Genauigkeitsanforderungen für gasförmige Medien Flow Meter Technology for Measurements with Increased Accuracy Requirements for Gaseous Media	NE 15
---	---	-------

2.2.6 Coriolis-Massemesser (CMM)

Vorteile:

- Direkte Ermittlung der Masse
- Integrierte Dichtemessung
- Geringe (1D) bzw. keine Ein- und Auslaufstrecken erforderlich
- Keine bewegten Teile (in der Strömung)
- Kein Problem mit asymmetrischen Strömungsprofilen
- Eichfähige Ausführungen sind erhältlich

Nachteile:

- Empfindlich gegen Rohrleitungsschwingungen
- Relativ hoher Druckverlust
- Second Containment um die schwingenden Rohre entspricht bei hohen Drücken und größeren Nennweiten nicht mehr dem Nenndruck des Gerätes.

2.2.3 Turbinenradgaszähler (TGZ)

Das Verfahren ist in der EN ISO 12261 beschrieben.

Vorteile:

- Sehr gute Reproduzierbarkeit
- Gute Langzeitstabilität
- Verwendbar in Zählerprüfständen als Sekundärnormale
- Großer Messbereichsumfang
- Binäre Signalverarbeitung

Nachteile:

- Durch die Einlaufstrecke muss für ein ungestörtes Geschwindigkeitsprofil im Einlauf gesorgt werden. In Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderungen ist ein Einlaufstück von $^3 5 D$ erforderlich.
- Bei Drall in der Strömung ist zusätzlich in diese Einlaufstrecke ein Rohrbündelgleichrichter zu setzen. Andere Strömungsstörungen können nur durch eine weitere gerade Rohrleitung im Einlauf ausgeglichen werden. Grundsätzlich bildet der TGZ mit Einlaufstrecke eine Einheit, die auch als solche in die Kalibrierung einbezogen werden muss.

Technologievergleich: NAMUR NE16



2.2.3 Turbinenradgaszähler (TGZ)

Das Verfahren ist in der EN ISO 12261 beschrieben.

Weitere Nachteile:

- Der Eintrittsdurchmesser von TGZ und Einlaufstrecke sollte möglichst übereinstimmen. Die ungünstige Kombination ergibt sich, wenn der Innendurchmesser der Einlaufstrecke kleiner als der Innendurchmesser des Turbinenradgaszählers ist.
- Verschmutzungen können die Gerätegeometrie, die Oberfläche oder die Lagerreibung des Turbinenrades ändern und dadurch zu zusätzlichen Messfehlern führen. Filter von 10 bis 50 mm Maschenweite bieten ausreichend Schutz.
- Pulsierender Durchfluss (z. B. vor und nach Kolbenverdichtern) oder intermitierender Durchfluss kann zu positiven Messfehlern führen, wenn das Turbinenrad den Durchflussschwankungen nicht mehr trägheitsfrei folgt. Die Größe dieses Fehlers kann aus Pulsationsfrequenz und Amplitude, der Gasdichte und dem Trägheitsmoment des Turbinenrades berechnet werden.
- Überlastungen führen zur Zerstörung der TGZ. Seltene, kurzzeitige Überlastungen (wenige Minuten) bis etwa zum zweifachen des maximalen Durchflusses, werden in der Regel ohne Schäden überstanden.
- Druckstöße sind zu vermeiden, da sie zu mechanischen Defekten führen können und dadurch zusätzliche Messunsicherheiten entstehen.
- Es sind bewegte Teile vorhanden, die einem Verschleiß unterliegen. Für höchstgenaue Messanforderungen ist dieser Gerätetyp trotzdem besonders geeignet.

Vorteile von Coriolis in Gasapplikationen

- **Direkte Massemessung**
 - Keine Temperatur- und Druckkompensation erforderlich für dauerhaft genaue Messwerterfassung
- **Keine Ein und Auslaufstrecken**
 - Einfache und kompakte Instrumentierung, auch bei echter diversitärer Redundanz spart Kosten
- **Wartungsfrei, da keine bewegten Teile**
 - Geringe Betriebskosten über den Lebenszyklus, kein Schlupf oder Fehlmengen
- **Unempfindlich gegenüber Pulsationen und Druckschlägen**
 - Vorteil gegenüber mechanischen Zählern vermeidet Fehlmessungen und ermöglicht eine optimale Abrechnung
- **Wasserkalibrierung möglich**
 - Kostenreduzierung im Vergleich zu Volumenzählern





Proline 300/500 – Einfach clever und fit für die Zukunft!

Proline 300 / 500 steht für die innovative branchenoptimierte Durchflussmessung mit erweitertem Einsatzbereich und verbesserter Performance.



Industry 4.0 ready

Integrierte W-LAN Connectivity und eindeutige Trendwerte zum Gerätezustand ermöglichen erstmals eine sichere vorhersehende Wartung



HistoROM Einfach unvergesslich

Der unverlierbare Datenspeicher verhindert Datenverlust und ermöglicht den einfachen Austausch von Komponenten ohne Neuparametrierung



Simply Clever

Das einheitliche Bedien- und Gerätekonzept mit integriertem Web-Server garantiert die einfache, schnelle und sichere Inbetriebnahme und Wartung



Integrated Industry Safety

Industriespezifische Safety -Konzepte ermöglichen höchste Prozesssicherheit. SIL-Gerätekonzept (Chemie) oder Food-Safety Konzept (Lebensmittel)



Heartbeat Technology

Der Benchmark für umfangreiche Fehlerabdeckung mit integrierter Diagnose, Verifikation ohne Ausbau und eindeutigem prozessunabhängigen Zustandsparameter

Power to Gas - Wasserstoffeinspeisung



Fa. Ontras, Prenzlau

PROMASS 84 F DN08 / 3/8"	
Umgebungsclass	B, C, I
Accuracy Class	1.0
Qmin:	40.04 Nm ³ /h
Qmax:	236.77 Nm ³ /h
pe,min:	25 bar
pe,max:	100 bar
Gas Temperature	-25 ... +55 °C
Ambient Temperature	-40 ... +55 °C
Gas Type	Wasserstoff (Gas)
Pulse Value	0.1 kg/Pulse
DE-M 16 0102 PTB 7.251-06.02	

Weitere Anwendungsbeispiele für Gasmessung mit Promass



Verteilerstationen



Eingangsmessungen



CNG-Zapfsäulen

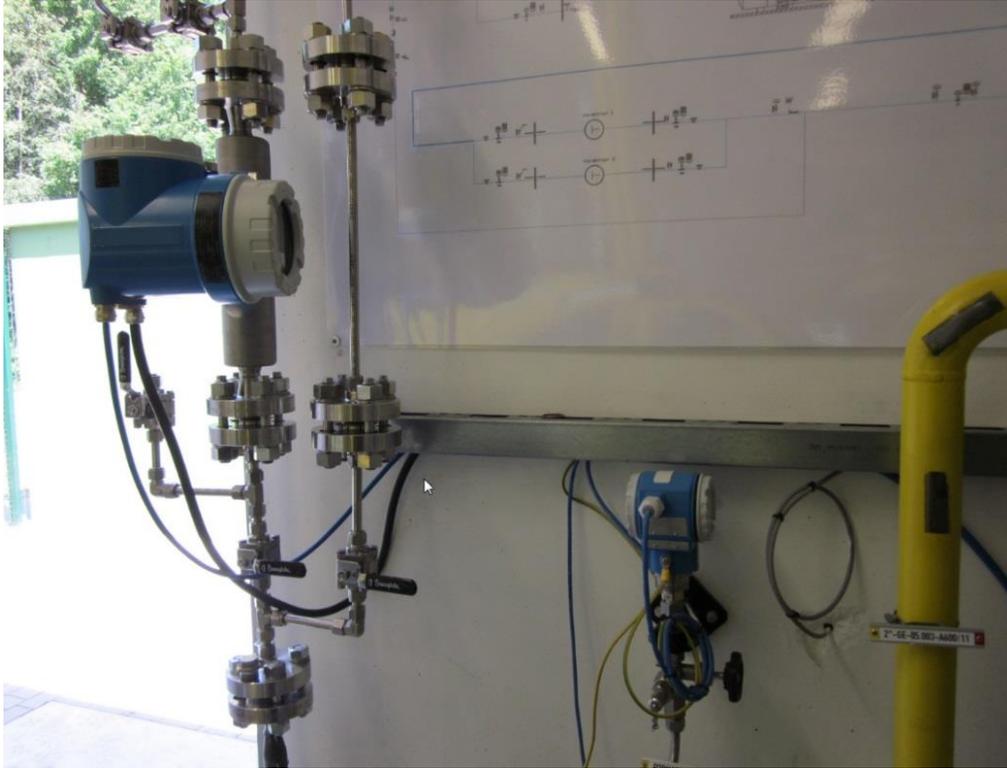
Raffinerie Bayernoil Vohburg „geeicht“



Proline Promass 84F
DN 100

Dank der direkten Massemessung durch Proline Promass kann auf zusätzliche Druck- und Temperatursensoren verzichtet werden.

Biogaseinspeiseanlage Falkenhagen „geeicht“



Proline Promass 84F
DN 15



Proline Promass ist gem. europäischer
Messgeräte richtlinie MID MI-002 (Modil B+D) zugelassen
und verfügt über diverse nationale Eichzulassungen

Biogaseinspeiseanlage Badbergen „geeicht“



Proline Promass 84F
DN 25 350 m³/h
30 bar



Proline Promass kann ohne Ein- und Auslaufstrecken mit Wasser geprüft (Inverkehrbringung) und nachgeeicht werden.

Statoil, Erdgasspeicher Etzel „geeicht“

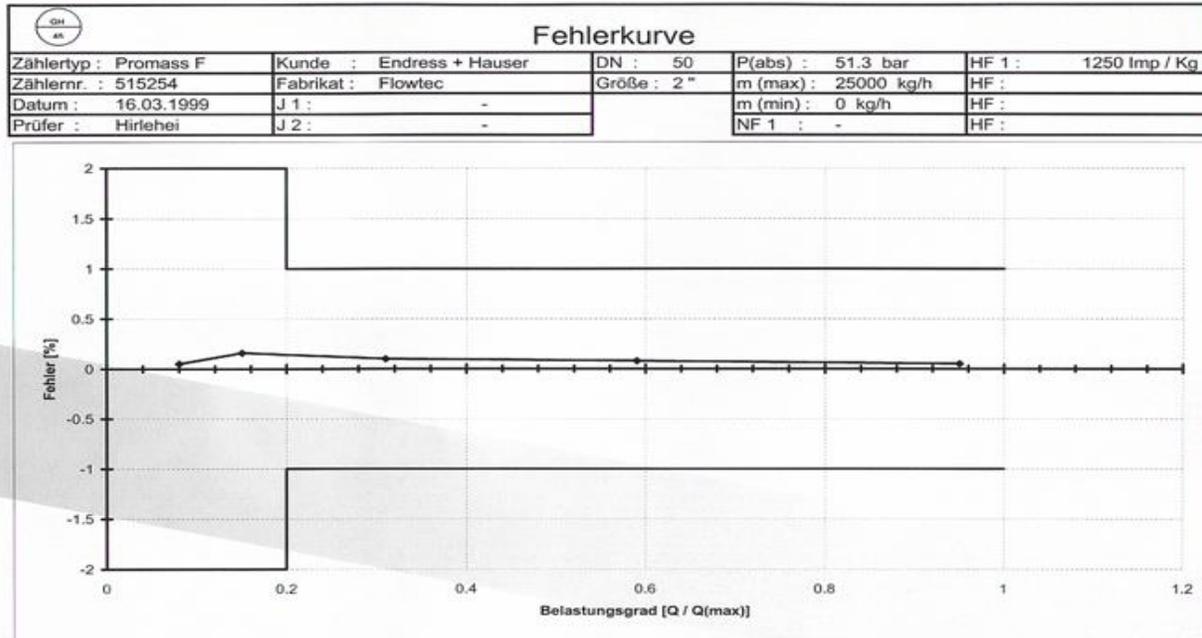


Erdgas-Eigenverbrauchsmessung
Proline Promass 84F
DN 08
10 - 1.000 Nm³/h
55-84 bar

Proline Promass ist in Nennweite DN 01 ... 350 verfügbar
und ist sowohl für kleinste wie auch größte
Gasdurchflussmengen geeignet

PIGSAR Gas-Genauigkeitsnachweis

Funktionsprüfung eines mit Wasser kalibrierten Proline Promass F DN 150



Zusammenfassung

- Proline Promass - Ausgereifte Technik zur Gasmengenmessung
 - Direkte Massemessung ohne p- und T-Kompensation für hohe Genauigkeit
 - Keine Ein- und Auslaufstrecken für kostenreduzierte Installation auch für echte diversitäre Redundanz
 - Wartungsfrei schafft Ressourcen für andere Aufgaben
 - Unempfindlich gegenüber Pulsationen und Druckschlägen für dauerhafte genaue Messungen
 - Wasserkalibrierung möglich, spart Zeit und Geld



Fragen ?

