

# Gute Gründe für mechanische Messgeräte in der Großgasmessung

**Jost Körte, Achim Zajc und Katja Liesegang**

Messtechnik, mechanische Gasvolumenzähler, Turbinenradgaszähler, Drehkolbengaszähler, Balgengaszähler, statisch elektronische Gasvolumenzähler, Ultraschallgaszähler, Wirkdruckgaszähler (Messblende), Wirbelgaszähler, Coriolisgaszähler (Massegaszähler), Großgasmessung

Es gibt heute und auch in der Zukunft gute Gründe, weiterhin mechanische Zähler in der Großgasmessung einzusetzen. Elektronische Messgeräte haben sich in der eichpflichtigen Großgasmessung bisher nur im Hochdruckbereich in Transport- und Speicheranwendungen als Ultraschallgaszähler durchgesetzt. Mechanische Messgeräte (Turbinenradgas- und Drehkolbengaszähler) sind weiterhin erste Wahl im Einsatz bei Stadtwerken und Versorgungsunternehmen für eichpflichtige Messungen im Netzwerk und bei Endkunden. Aufgrund der hohen Messgenauigkeit, sehr langen Lebensdauer, langer Nacheichperioden, der Reparaturfähigkeit und nicht zuletzt wegen eines guten Preis/Leistungsverhältnisses werden diese Zähler auch weiterhin erste Wahl bleiben.

## Good reasons for mechanical large volume gas meters in custody transfer applications

Even today and in the future there are good reasons for the use of mechanical large volume gas meters in custody transfer applications. Only Ultrasonic gas meters as electronic (static) measurement instruments in the custody transfer or fiscal measurement in high pressure transmission or underground storage applications have received the recognition as meters of choice. Mechanical meters (turbine and rotary gas meters) continue to be the meters of choice for large volume gas measurement for municipalities and gas utilities both for end customer and network applications in fiscal measurement. Due to the high measurement accuracy, long lifetime, long recalibration periods, simple repair capabilities and a good price/value comparison the mechanical meters will continue to be the first choice also in the future.

### 1. Einleitung

Mechanischen Messgeräten wurde schon häufig das Ende und der Ersatz durch elektronische Messgeräte vorausgesagt. Elektronische Messgeräte, die angeblich ohne (mechanische) Verschleißteile auskommen, werden immer wieder als Zukunft der Gasmesstechnik dargestellt. Betrachtet man die eingesetzten und zugelassenen Zählertypen in der eichpflichtigen Großgasmessung in Deutschland genauer, sind elektronische Gaszähler nicht neu und mechanische Gaszähler nicht unbedingt veraltet.

Wirkdruckzähler (Blendenmessstrecken) wurden als erste elektronische, statische Messgeräte seit einigen Jahrzehnten eingesetzt, zuerst mit analoger Technik. In

der Zwischenzeit sind sie meist mit digitalen Ausgängen versehen. Wirbelgaszähler wurden in den 80er Jahren als eichpflichtige Großgaszähler in den deutschen Markt eingeführt. Seit etwa 20 Jahren werden Ultraschallgaszähler in der eichpflichtigen Gasmessung eingesetzt – sowohl in der Haushaltsmessung im Niederdruck als auch in der Großgasmessung im Hochdruck. Vor diesem Hintergrund ist die Frage, warum mechanische Zähler – sowohl Drehkolbengaszähler, Turbinenradgaszähler und, auch in kleinen Größen für die eichpflichtige Haushaltsmessung, Balgengaszähler – überhaupt noch eingesetzt werden, sicher nicht von der Hand zu weisen. Sind mechanische Messgeräte in der eichpflichtigen Gasmess-

technik noch zukunftsfähig? Dazu ist es sinnvoll, sich die Anforderungen und die Fähigkeiten, Einsatzmöglichkeiten und Begrenzungen der unterschiedlichen Messprinzipien zu betrachten.

Welches sind die wesentlichen Kriterien für den Einsatz von eichpflichtigen Messgeräten?

- Messbereich –  $Q_{\max}$  bis  $Q_{\min}$
- Druckverlust über den Messbereich
- Druckbereich –  $p_{\max}$  bis  $p_{\min}$
- Nacheichfristen
- Messunsicherheit
- Einkaufspreis für das Messgerät
- Kosten der notwendigen Peripherie wie Ein- und Auslaufstrecken, Prüfkosten, Transportkosten
- Reproduzierbarkeit
- Standardisierung und Normierung
- Reparatur- und Instandhaltungskosten – Austauschbarkeit
- Kompaktheit einer Messanlage mit den eingebauten Messgeräten
- Verfügbarkeit, Anzahl an Anbietern am Markt
- Ausfallsicherheit der Messgeräte

Da Messfehler und Messunsicherheiten eichpflichtiger Großgaszähler zu Fehlern erster Ordnung zählen und damit zu erheblichen finanziellen Risiken für die Betreiber führen können, ist der Auswahl des Messprinzips und des Messgerätes unter Berücksichtigung der Messunsicherheit für den jeweiligen Anwendungsfall eine hohe Bedeutung beizumessen. Die Kosten der Messunsicherheit und Messabweichungen durch falschen Einsatz, unzureichende Instandhaltung, falsche Dimensionierung, etc. kann über die Lebensdauer und den Einsatz des eichpflichtigen Messgerätes ein Vielfaches der originären Zählerkosten ausmachen. Die Bedeutung der Messunsicherheit und der Messgenauigkeit unter verschiedenen operativen Einsatzbedingungen ist in vielen Veröffentlichungen und Studien seit den neunziger Jahren behandelt worden [1, 2].

## 2. Ermitteln des Gasvolumens

### 2.1 Statische, elektronische Gasvolumenzähler

Um die guten Gründe für mechanische Großgaszähler zu verstehen, ist es sinnvoll, erst einmal die alternativen statischen, elektronischen Messverfahren zu analysieren. In der **Tabelle 1** werden die statischen, elektronischen (solid state) Gaszähler, die im eichpflichtigen Verkehr der Großgasmessung in Deutschland zugelassen sind und eingesetzt werden, aufgeführt.

Eine eigenständige europäische Normung der elektronischen Messgeräte für eichpflichtige Anwendungen im Gasbereich ist bisher nicht entwickelt worden. Für

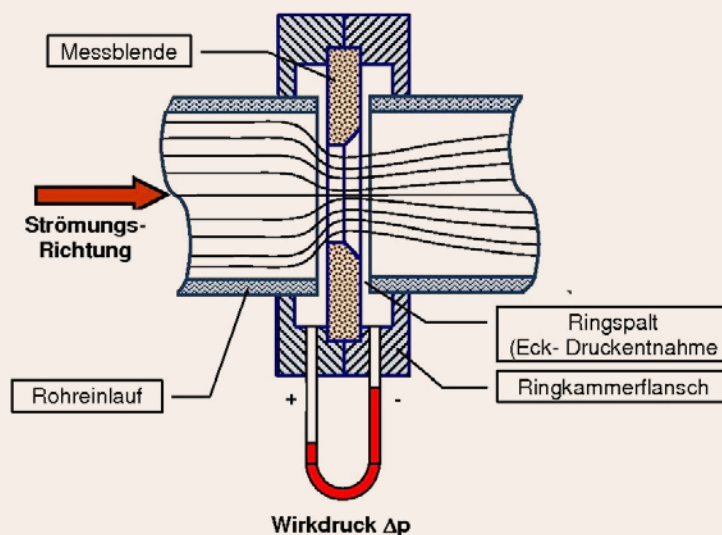
Wirbelgaszähler fehlt sie gänzlich, für Ultraschallgas-, Wirkgasdruck- und Corioliszähler beruht die normative Grundlage im Wesentlichen auf den US-amerikanischen Empfehlungen der AGA Reports (American Gas Association) [3–5] oder auf ISO Normen [6, 7], die aus den amerikanischen Empfehlungen heraus entwickelt wurden. Es ist wichtig hierbei festzustellen, dass es sich bei den „AGA Reports“ um Empfehlungen handelt und nicht um verbindliche Normen. Sie beziehen sich teilweise in wesentlichen Bereichen auf Installationsbedingungen und Erfahrungen im US-amerikanischen Markt.

#### 2.1.1 Wirkdruckgaszähler (Messblenden)

Wirkdruckgaszähler (Messblenden) werden in der eichpflichtigen Großgasmessung seit mehr als 50 Jahren eingesetzt. Das Verfahren ist prinzipiell einfach aufgebaut. Über eine standardisierte Einschnürung in der Messstrecke (**Bild 1**) wird der Druckverlust gemessen. Die Form

**Tabelle 1:** Statische, elektrische Gaszählertypen für die Großgasmessung im eichpflichtigen Bereich

Messprinzip	Art des Zählers	Physikalisches Prinzip
Wirkdruckgaszähler (Messblende)	Strömungszähler	Differenzdruckmessung
Wirbelgaszähler	Strömungszähler	Karman'sche Wirbelstraße
Ultraschallgaszähler	Strömungszähler	Laufzeitdifferenzverfahren
Coriolisgaszähler	Massezähler	Corioliskraft



**Bild 1:** Aufbau Messblende nach DIN EN ISO 5167-2 (Quelle: DIN EN ISO 5167-2)

der Messblenden und die Berechnungsverfahren sind seit Jahrzehnten international standardisiert [7] und die Berechnungsformeln in vielen wissenschaftlichen Abhandlungen untersucht, standardisiert und optimiert worden.

Vorteile der Blendenmessung liegen in der Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen (kurzfristig) und der Richtungserkennung. Die großen Einschränkungen dieses Messverfahren beruhen darauf, dass das Strömungsprofil in der Messebene voll turbulent und ohne Störungen ausgebildet sein muss. Trotz sehr langer Einlaufstrecken, die dafür in hoher Präzision gefertigt und ausgerichtet werden müssen, ist der Messbereich im eichpflichtigen Verkehr auf 3:1 beschränkt. Will man einen größeren Messbereich in einer Messanlage erreichen, sind mehrere parallele Messstrecken mit Umschalteneinheiten zu installieren.

Die Messergebnisse können eine berechnete Messunsicherheit von  $\pm 1\%$  erreichen. Die Reproduzierbarkeit

hängt von vielen Parametern ab und ist messtechnisch auf Prüfständen nur sehr schwierig zu bestimmen. Durch Veränderung der Geometrie der Messblende im Laufe der Nutzung, insbesondere durch Verschleiß der Einlaufkante (insbesondere durch dauerhafte Verschmutzung des Gases), wurden Messblenden in eichpflichtigen Messungen oft mit aufwändigen Blendenwechslern ausgestattet. Die Kontrolle der Einlaufkante ist die einzige Möglichkeit, die dauerhafte Genauigkeit und eine Verschlechterung der Messunsicherheit der Messblende zu prüfen.

Außerdem erzeugt die Messblende aufgrund ihres physikalischen Messprinzips einen sehr großen Druckverlust. Gerade in Transportleitungen ist dieser Faktor sehr ungünstig und erzeugt hohe Betriebskosten (zusätzliche Kompressor Leistung). Zusammengefasst sind Messblenden, trotz der Einfachheit des Messprinzips, teure und sehr pflegeintensive Messanlagen. Dazu kommt, dass Blendenmessstrecken nicht im Hochdruck auf Prüfständen geprüft werden können, sondern nur berechnet werden und damit immer eine relativ große Messunsicherheit erhalten bleibt. Messblenden haben ihren Einsatzbereich heute nur noch in wenigen „upstream“ Bereichen bei verunreinigten Gasen und in traditionellen, bestehenden großen Messanlagen.



Bild 2: Karmann'sche Wirbelstraße (Quelle: Wikipedia.commons)

## Laufzeitdifferenzverfahren

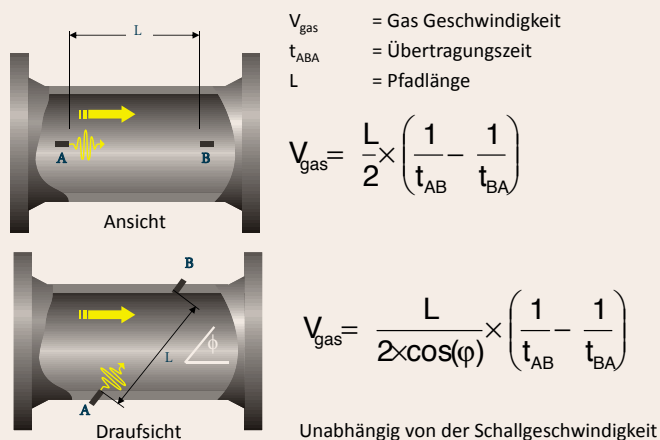


Bild 3: Prinzip Laufzeitdifferenzverfahren – Ultraschallmessung (Quelle: Metreg Technologies GmbH)

### 2.1.2 Wirbelgaszähler (WBZ)

Wirbelgaszähler hatten in Deutschland im eichpflichtigen Verkehr ihre Einsatzzeit beginnend in den 80er-Jahren in Dauerreihenschaltungen mit Turbinenradgaszählern als Überprüfungszähler und als zweites physikalisches Messprinzip.

Aufgrund des Messprinzips der Karmann'schen Wirbelstraße (Bild 2) kann der Wirbelzähler nur in voll turbulent ausgebildeten Strömungen eingesetzt werden. Um diesen Effekt sicher zu erreichen, werden die Messstrecken im Querschnitt eingengt, um erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten und erhöhte Reynoldszahlen (von mindestens  $> 2700$ ) zu erreichen. Die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit führt, in Verbindung mit der Einengung des Rohrprofils durch den Störkörper, der die Wirbelablösungen erzeugt, zu erheblichen Druckverlusten.

Die auch bei diesem Messprinzip notwendigen langen, hochpräzisen Einlaufstrecken von  $20 \times$  Durchmesser (DN) mit einem integrierten Rohrbündelgleichrichter und Auslaufstrecken von  $5 \times$  DN müssen aufwändig gefertigt werden, um das Strömungsprofil reproduzierbar zu erzeugen.

Die Kosten für die Zähler und die beschränkte Reproduzierbarkeit in Verbindung mit messtechnischen Problemen bei besonderen Installationen haben dazu geführt, dass der eichpflichtige Wirbelgaszähler vor einigen Jahren vom einzigen zugelassenen Hersteller vom Markt

genommen wurde und für die eichpflichtige Gasmessung nicht mehr produziert wird.

### 2.1.3 Ultraschallgaszähler (USZ)

Ultraschallgaszähler wurden in der Großgasmessung in Deutschland erstmals Anfang der 90er Jahre eichpflichtig zugelassen und in ersten Probeeinsätzen installiert. Die eichpflichtigen Verfahren beruhen alle auf dem Laufzeitdifferenzverfahren (**Bild 3**) und werden in sehr unterschiedlichen Pfadkonfigurationen hergestellt.

In den ersten zehn Jahren wurden viele Versuche gemacht, den Wirbelgaszähler durch den Ultraschallgaszähler als Überprüfungs-zähler und zweites physikalisches Messprinzip in Dauerreihenschaltungen zu ersetzen. So konnten die Messstrecken im Laufe der Entwicklung der Ultraschallgaszähler aufgrund kürzerer Zählerbauformen und Ein- und Auslaufstrecken verkürzt werden. Die immer wieder auftretenden Abweichungen aufgrund verschiedenster Gründe zwischen Hauptzähler und Überprüfungs-zähler wurden reduziert.

Ein weiteres prädestiniertes Einsatzgebiet waren Untertagespeicher, in denen die Ultraschallgaszähler im bidirektionalen Betrieb sowohl für die Einspeicherung als auch für die Ausspeicherung in einer Installation ohne aufwändige Rohrleitungsschaltungen verwendet werden konnten. Durch den sehr geringen zusätzlichen Druckverlust des Ultraschallgaszählers in der normalen Ausführung mit geradem Messrohr wurde ein weiterer großer Vorteil gegenüber allen anderen, insbesondere den statischen Messverfahren Wirkdruckzähler und Wirbelgaszähler, erreicht.

Der große Messbereich von inzwischen standardmäßig 100:1 bei genormten Messunsicherheiten von 1,0% (und teilweise 0,5%) bei gleichzeitig guter Reproduzierbarkeit machte den Ultraschallgaszähler innerhalb von zehn Jahren zum Standardmessgerät im Bereich der Transport- und Hochdruckpipelines und für die Messung in Untertagespeichern. Die reale Messunsicherheit von hochdruckgeprüften Ultraschallgaszählern liegt heute normalerweise im Bereich von  $\pm 0,25\%$ .

Durch die Entwicklung der online Überwachungssoftware, die heute von allen Herstellern in unterschiedlichen Ausprägungen angeboten wird, ist es möglich, den Zähler und die gesamte Messstation online zu überwachen und alle messtechnisch relevanten Veränderungen "real-time" darzustellen und zu überwachen [8]. Seit dieser Entwicklung waren die Messverfahren Wirkdruckzähler und Wirbelzähler praktisch obsolet.

Die praktische Bedeutung der Ultraschallgaszähler beginnt allerdings erst bei der Nennweite DN 100 in Druckstufen ab PN 40/ANSI 300, da die Kosten für die Ultraschallwandler und die Auswerteelektronik unabhängig von der Nennweite und Druckstufe sehr hoch sind. Da-

durch ist der Ultraschallgaszähler gegenüber den mechanischen Messverfahren bisher jedoch, insbesondere in den Nennweiten DN 50 bis DN 150 preislich kaum wettbewerbsfähig. Neuere Entwicklungen der Ultraschallgaszähler in kleineren Nennweiten (DN 50 bis DN 150) und Drücken bis 16 bar zur Verwendung in den Gasverteilungsnetzen der Stadtwerke sind technisch interessant und werden auch ihre Anwendung im Netz bei Drücken ab 4 bar finden. Aufgrund der relativ hohen Druckverluste dieser speziellen Zählerkonstruktion ist allerdings ein Einsatz bei Endkunden der Gasversorgungsunternehmen im Niederdruckbereich unter 500 mbar eher unwahrscheinlich.

### 2.1.4 Coriolisgaszähler (Massegaszähler)

Massezähler nach dem Coriolis-Prinzip werden in der Prozessmesstechnik seit ca. 30 Jahren mit Erfolg eingesetzt. In der eichpflichtigen Messtechnik hat sich der Corioliszähler allerdings nur im Bereich von CNG-Tankstellen mit sehr kleinen Nennweiten durchgesetzt. Die Begründung dafür liegt technisch auf der Hand.

Das Coriolisprinzip benötigt für eine genaue und reproduzierbare Messung eine möglichst hohe Dichte. Im Einsatz in CNG-Tankstellen ist diese aufgrund der hohen Drücke sehr gut gegeben. In der Gasversorgung sind allerdings entweder die Drücke nicht hoch genug (im Bereich der Verteilungsnetze und der Stadtwerke) oder die Nennweiten zu groß, um Zähler technisch und wirtschaftlich bauen zu können (im Bereich der Gastransportnetze oder der Untertagespeicher). In der eichpflichtigen Gasmesstechnik ist die Volumenmessung mit nachgelagerter elektronischer Mengenumwertung in standardisierten Zusatzgeräten mit integrierter Datenspeicherung und -kommunikation heute Stand der Technik. Für Massezähler, wie den Corioliszähler, ist eine aufwändigere Mengenumwertung mit zusätzlicher Einspeisung der Gasbeschaffungsdaten notwendig. Weiterhin sind die hohen Beschaffungskosten des Corioliszählers und der hohe Druckverlust wichtige Argumente gegen diesen Einsatz in der eichpflichtigen Großgasmessung.

## 2.2 Mechanische Gasvolumenzähler

Alle zugelassenen mechanischen Messverfahren in der eichpflichtigen Gasvolumenmesstechnik (Turbinenradgaszähler, Drehkolbengaszähler und auch Balgengaszähler) sind in Europa seit Jahrzehnten im Einsatz und haben sich im praktischen Einsatz unter verschiedensten Bedingungen sehr bewährt. Die Kosten und Preise der mechanischen Messgeräte liegen in den meisten Einsatzfällen deutlich niedriger als die der elektronischen Messgeräte. Warum sind die Kosten für mechanische Zähler auch heute noch wesentlich niedriger als für die elektronischen Zähler?

Durch eine langjährige Optimierung der Zähler in Zusammenarbeit mit den Gasversorgungsunternehmen und eine traditionelle Vielzahl von Herstellern in Europa gibt es eine hervorragende technologische Basis für diese Messgeräte. Die jahrzehntelange Optimierung der Zähler und Fertigungsverfahren hat zu sehr effizienten und stabilen Fertigungsprozessen geführt. Die **Tabelle 2** zeigt die in Deutschland für die eichamtliche Gasvolumenmessung zugelassenen mechanischen Gasvolumenzähler.

In den 90er Jahren wurden die mechanischen Großgaszähler im Rahmen der europäischen Harmonisierung in Zusammenarbeit der Gasversorgungsunternehmen, der Zählerhersteller, Normungsinstitute und Fachverbände in europäische Normen gefasst (Balgengaszähler nach EN 1359 [9], Drehkolbengaszähler nach EN 12480 [10], Turbinenradgaszähler nach EN 12261 [11]) und seitdem weiter gepflegt und entwickelt. Beispielhaft haben die europäischen Hersteller von Drehkolbengaszählern in der Zeit von etwa 1990 bis etwa 2005 die Produktentwicklung auf globaler Basis wesentlich vorangetrieben

und in der entsprechenden eigenständigen EN Norm 12480 spezifiziert. Dieses hat dazu geführt, dass diese Zähler heute weltweit im Wesentlichen nach den gleichen (europäischen) Spezifikationen eingesetzt, geprüft, zugelassen und gefertigt werden. Dadurch erhöht sich der Fertigungskostenvorteil immer stärker. Die europäischen Zulassungen nach der Messgeräte-Richtlinie MID [12] gelten heute fast weltweit als Zulassungskriterium für mechanische Großgasmessgeräte.

### 2.2.1 Balgengaszähler (BGZ)

Balgengaszähler werden heute in der Großgasmessung für Zählergrößen ab G40 nur noch sporadisch und in Ersatzinstallationen eingesetzt. Größe, Gewicht und auch Preis sind ab G40 im Vergleich zu Drehkolbengaszählern meist Ausschlusskriterien. Aufgrund der großen Bauform der Balgengaszähler können diese nur in einer Anschlussformvariante in die Rohrführung eingebaut werden.

Ein freier Gasdurchgang ist aufgrund der Konstruktionsform und der Schieberventile nicht möglich. Die Schieberventile stellen aufgrund der schleifenden Dichtungen ein nicht unerhebliches Verschleißpotential und damit eine potentielle Veränderung der Messkurve über die Lebenszeit dar. Die zugelassenen Messunsicherheiten sind entsprechend der EN 1359 und der MID 50% größer ( $\pm 1,5\% - \pm 3\%$ ) als die aller anderen gängigen zugelassenen Messverfahren in der Großgasmessung. Auch die Limitierung auf Drücke bis maximal 500 mbar schränken den Balgengaszähler auf Niederdruckanwendungen ein.

### 2.2.2 Drehkolbengaszähler (DKZ)

Drehkolbengaszähler (**Bild 4**) erlebten in der Weiterentwicklung in Europa ab Anfang der 1990er Jahre einen regelrechten Durchbruch. Grundlage dafür waren die in den Niederlanden und Deutschland neu eingeführten Regelungen (in Deutschland die TRG 13 [13] der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)) beim Einsatz von Gaszählern im intermittierendem Betrieb. Drehkolbengaszähler wurden speziell für die Anforderungen in diesen beiden wichtigen europäischen Märkten weiterentwickelt.

Die parallel laufende europäische Normung und Umstellung der Zulassungsverfahren von nationalen Zulassungen auf europäische Zulassungen sorgte für einheitliche Zulassungen auf europäischer normativer Grundlage. Die heutigen Drehkolbengaszähler werden von Größen G 10 bis G 1000 (**Bild 5**) in den Nennweiten DN 25 bis DN 200 für Erdgas angeboten. Die Messbereiche gehen bis 160:1, teilweise noch größer. Durch MID-Zulassungen der Drehkolbengaszähler für Druckbereiche von atmosphärischem Druck bis 16 bar, sehr geringe Druckverluste über den gesamten Messbereich und keine speziellen Anforderungen an Einlaufstrecken sind diese hervorragend für

**Tabelle 2:** Statische, elektrische Gaszählertypen für die Großgasmessung im eichpflichtigen Bereich

Messprinzip	Art des Zählers
Balgengaszähler	Verdrängungszähler (volumetrischer Zähler)
Drehkolbengaszähler	Verdrängungszähler (volumetrischer Zähler)
Turbinenradgaszähler	Strömungszähler



**Bild 4:** Drehkolbengaszähler MRM - Metreg Technologies (Quelle: Metreg Technologies GmbH)



den Einsatz bei Endkunden der Gasversorgungsunternehmen geeignet.

Ein gerades Einlaufrohrformstück von mindestens 2 x DN Länge ist für den Einbau eines konischen Anfahrriebes sehr zu empfehlen. Installationen können auch mit vorgeschalteten Druckreglern sehr kompakt gestaltet werden. Gegen ein mögliches Blockieren der Kolben und die damit verbundene blockierte Gasversorgung durch Verschmutzungen im Erdgas kann durch eine gute Filterung zum Schutz vor laufender Verschmutzung und mit einem konischen Anfahrrieb gegen mögliche mechanische Verunreinigungen weitestgehend vorgebeugt werden.

Bei einigen Bauformen von Drehkolbengaszählern kann es durch Verspannungen aufgrund von Biege- und/oder Torsionsspannungen aus schlecht ausgerichteten Rohrleitungen zum Blockieren der Kolben kommen. Durch konstruktive Maßnahmen mit entsprechenden großen Materialquerschnitten und hochfesten Materialien aus stranggepressten Profilen (**Bild 6**) im Vergleich zu gegossenen „Topfgehäusen“ kann eine höhere Steifigkeit des Gehäuses und Widerstandsfähigkeit gegen Biegung und Torsion erreicht werden.

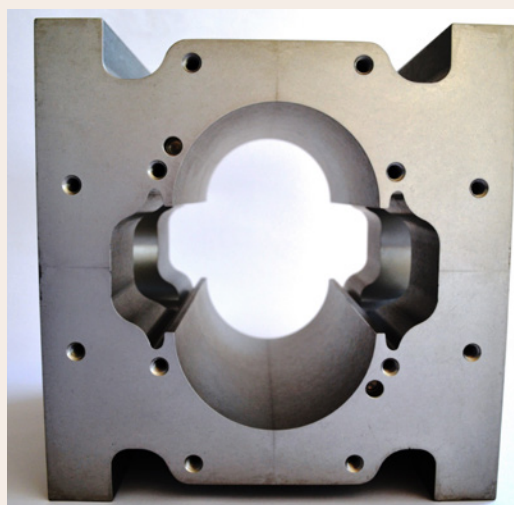
Ein möglicher Nachteil des Drehkolbengaszählers sind die erzeugten Pulsationen (das „zerhacken“ des Gasflusses) und die damit verbundene Geräuschentwicklung. Diese kann durch die Rohrleitung auch in Gebäuden durch Körperschall weiter übertragen werden.

Die Positionierung der Drehkolben im Gehäuse wird über die Lager und die Lagerscheiben im Zähler gewährleistet. Da die Spaltmaße zwischen Kolben und Gehäuse und der Kolben untereinander bei modernen Zählern mit großen Messbereichen nur 0,1 bis 0,2 mm betragen und eine metallische Berührung der Kolben untereinander oder mit dem Gehäuse zur Blockierung führen würde, muss gewährleistet werden, dass so wenig wie möglich Verschleiß über eine Nacheichperiode von 16 Jahren (ca. 140 000 Stunden im Dauerbetrieb!) in den Lagern auftritt. Die Lagerbelastungen werden durch die hohen Drehzahlen von ca. 1500 bis 2500 U/min bei  $Q_{max}$ , die Qualität der dynamischen Auswuchtung der Drehkolben und das Schmiermittel bestimmt. Die Schmierung der Lager mechanischer Zähler ist dabei von zentraler Bedeutung für die langfristige Betriebsfunktion von Drehkolbengaszählern. Bei „Topfgehäusen“ wird eine Lagerseite mit Fett gefüllten Lagern betrieben. Fett hat den Nachteil, dass es altern kann, was zu verminderter Schmierfähigkeit, erhöhter Reibung und damit Lagerverschleiß führen kann. Die Resultate mit fortschreitender Lebensdauer können ein verfrühtes Versagen der Lager und verschlechterte Messergebnisse im  $Q_{min}$  Bereich sein.

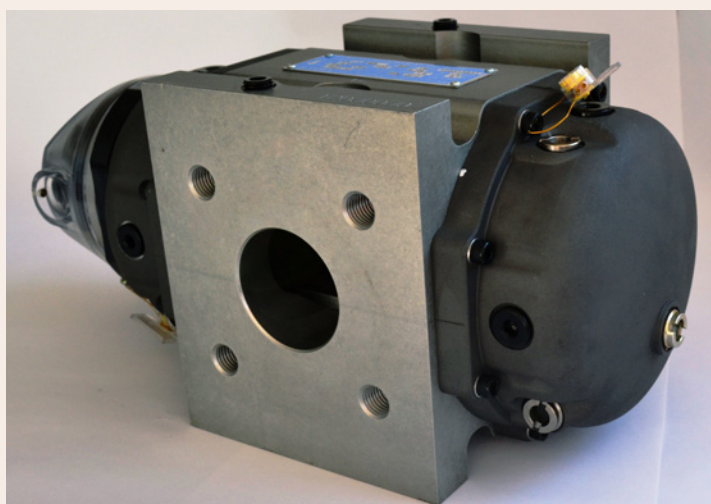
Besser ist eine unabhängige Ölschmierung der Lager auf Vorder- und Rückseite des Zählers (**Bild 7**). Der Ölstand kann jederzeit kontrolliert werden (eine Kontrolle



**Bild 5:** Drehkolbengaszähler MRM G 1000 DN 200 – Metreg Technologies (Quelle: Metreg Technologies GmbH)



**Bild 6:** Drehkolbengaszähler – stranggepresstes, hochfestes Aluminiumgehäuse mit großen Materialquerschnitten – Metreg Technologies (Quelle: Metreg Technologies GmbH)



**Bild 7:** Drehkolbengaszähler mit vor- und rückseitiger Ölschmierung – Metreg Technologies (Quelle: Metreg Technologies GmbH)

der Schmierung ist bei „Topfgehäusen“ nicht möglich) und über die Lebensdauer nachgefüllt werden. Insbesondere bei Anwendungen in verschmutzten Gasen, z. B. im Biogasbereich oder bei Erdgasen mit Schmutzpartikeln, kann dieser Faktor für die Lebensdauer eines Drehkolbengaszählers von besonderer Bedeutung sein.

Ein permanenter Start/Stop-Betrieb, wie z. B. bei Zählern vor Brenneranlagen, führt zu starken Radiallasten auf den Lagern. Wenn die Lager nicht ausreichend dimensioniert werden, kann alleine die Radiallast auf die Dauer zur Überbrückung des Spaltes zwischen den Kolben und damit zu metallischer Berührung und zum Versagen des Zählers führen. Große Messbereiche können nur mit geringeren Spaltmaßen erreicht werden. Aus diesem Grund kann ein extremer Messbereich auf Dauer zu einem verfrühten Ausfall des Zählers führen, insbesondere dann,

wenn die Lagergrößen minimiert wurden, um die Reibung zu reduzieren. Es lohnt sich also, die Konstruktion eines Zählers im Detail anzuschauen und nachzufragen.

### 2.2.3 Turbinenradgaszähler (TRZ)

Turbinenradgaszähler waren und sind über Jahrzehnte die „Arbeitspferde“ unter den Großgaszählern. Traditionell wurden Turbinenradgaszähler (**Bild 8**) sowohl im Hochdruck als auch Niederdruckbereich in Nennweiten von DN 50 bis DN 600 in den Größen G 65 bis G 16 000 eingesetzt. In den großen Druckbereichen oberhalb von 50 bar und in den Nennweiten DN 300 und größer werden heute praktisch nur noch Ultraschallgaszähler eingesetzt. In den Nennweiten DN 50 und DN 80 sind die Turbinenradgaszähler häufig durch Drehkolbengaszähler ersetzt worden. Allerdings sind die Turbinenradgaszähler im Bereich der Netzwerke der Gasversorgungsunternehmen und Stadtwerke in den Nennweiten DN 50 bis DN 200 in der Druckstufe PN 16 weiterhin der meist eingesetzte Zählertyp.

Turbinenradgaszähler sind sehr stabile Volumenzähler mit der besten Reproduzierbarkeit und Wiederholgenauigkeit aller zugelassenen eichpflichtigen Gaszähler, wenn sie richtig eingesetzt werden. Ideale Einsatzbedingungen sind quasistationäre Strömungen mit geringen Durchflussänderungen ( $dQ/dt$ ). Bei regelmäßigen, permanenten und starken Durchflussänderungen neigen Turbinenradgaszähler aufgrund der Massenträgheit des Turbinenrades und der sehr leichtgängigen Präzisionskugellager, insbesondere im Niederdruck aufgrund des Nachlaufverhaltens zu positiven Fehlern. Wichtig für ein korrektes Messverhalten ist ein stabiles Strömungsprofil. Dieses wird durch die Strömungsaufbereitung im Einströmbereich des Turbinenradgaszählers erreicht und ist Teil der Typmusterzulassungen nach Modul B der MID.

Der Gasfluss wird durch den Verdrängungskörper in einen Ringspalt beschleunigt und auf die Turbinenrad-schaufeln gelenkt. In modernen Turbinenradgaszählern ist ein Messeinsatz oder eine Messpatrone (**Bild 9**) komplett austauschbar zwischen unterschiedlichen Gehäusen. Die gesamte Geometrie der Messtechnik ist in den Bauteilen der Messpatrone vorhanden und definiert. Die Messpatrone wird „weich“ mit Hilfe von O-Ringen im jeweiligen Gehäuse positioniert und mit Schrauben befestigt. Das Gehäuse hat dann nur noch die Funktionen der Sicherstellung der Druckfestigkeit und des Anschlusses über die Flansche zur Rohrleitung. Dieser Typ Turbinenradgaszähler hat in seiner Turbinenradgaszähler MID-Zulassung den Wechsel von vorkalibrierten Messpatronen, die im Feld in ein Gehäuse, unabhängig von der Druckstufe, im Austausch für eine vorhandene Messpatrone gleicher Bauart eingebaut werden kann [14]. Turbinenradgaszähler zeichnen sich, unter anderem aufgrund der



**Bild 8:** Turbinenradgaszähler MTM G2500 DN 300 – Metreg Technologies (Quelle: Metreg Technologies GmbH)



**Bild 9:** Austauschbare, geeichte Messpatrone MTM Turbinenradgaszähler – Metreg Technologies (Quelle: Metreg Technologies GmbH)



Massenträgheit des Turbinenrades und der geringen Reibung der Lager, durch eine sehr hohe Reproduzierbarkeit aus. In der Praxis liegt die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse von qualitativ hochwertigen Turbinenradgaszählern im Bereich von  $<0,03\%$ . Verbunden mit der Langzeitstabilität macht dieses die Turbinenradgaszähler weiterhin zu den besten Gebrauchsnormalzählern auf Prüfständen der Großgasmessung, sowohl im Niederdruck als auch im Hochdruck. Als Strömungszähler unterbrechen Turbinenradgaszähler den Gasfluss auch nicht bei Kontaminationen, Verunreinigungen oder mechanischen Teilen wie z.B. gelösten Schweißperlen oder ähnliches im Gasfluss. Aus diesen Gründen werden wir Turbinenradgaszähler auch in der Zukunft noch als den wesentlichen Zählertyp in Netzwerkinstallationen, in kritischen Versorgungsinstallationen (z.B. Krankenhäuser, Schulen, o.ä.) sowie als Gebrauchsnormale in hochpräzisen Hochdruck und Niederdruckprüfständen sehen.

Mittels moderner mechanischer Fertigungsverfahren mit modernsten Zerspanungswerkzeugen auf vier- und fünfschigen Bearbeitungszentren (Bild 10) lassen sich die kritischen Bauteile der mechanischen Gasmessgeräte mit hoher Präzision und extrem hoher Wiederholgenauigkeit aus sehr langlebigen Werkstoffen herstellen. Die Oberflächenbeschaffenheiten der kritischen, gasbenetzten Bauteile der Zähler wie Drehkolben, Turbinenräder, Gehäuse, etc. können zusätzlich durch eine Hartanodisierung (Bild 11) deutlich verschleißfester hergestellt werden. Ein weiterer Vorteil der Hartanodisierung ist die geringere Anhaftungsfähigkeit von Begleitstoffen im Gas, wie z.B. Odoriermitteln.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Betrachtet man die anerkannten elektronischen Messverfahren, so hat sich heute in der eichpflichtigen Gasversorgung nur der Ultraschallgaszähler durchgesetzt. Die Verfahren Wirkdruckgaszähler und Wirbelgaszähler sind in der eichpflichtigen Messpraxis bereits wieder weitgehend obsolet und der Coriolisgaszähler wird nur in Sonderfällen eingesetzt.

Zusammenfassend lassen sich folgende gute Gründe für die mechanischen Zähler in der eichpflichtigen Messung der Gasversorgungsindustrie festhalten:

Bei den Einbaulängen der Zähler, inklusive der eichrechtlich vorgeschriebenen Ein- und Auslaufstrecken, wird der Vorteil der mechanischen Großgaszähler offensichtlich (Bild 12). Zu berücksichtigen ist auch, dass nicht nur die Länge der Ein- und Auslaufstrecken elektronischer Zähler erheblich größer ist, sondern auch die Anforderungen an die Präzision und Qualität der Ausführung der Innenbohrungen und diese werden damit kostspieliger.



**Bild 10:** Mechanische Bearbeitung auf modernen Mehrachsenbearbeitungszentren (Quelle: Metreg Technologies GmbH)



**Bild 11:** Hartanodisierte Aluminiumbauteile (Quelle: Metreg Technologies GmbH)

Einlauf	Auslauf	Gesamtlänge Messstrecke	Zählertyp	Nacheichperiode Deutschland
Einlauf 62 DN	Auslauf 7 DN	70 DN	Wirkdruckzähler (Messblende)	max. 4 Jahre
Einlauf 20 DN	Auslauf 5 DN	28 DN	Wirbelzähler	5 Jahre *
Einlauf 5 - 10 DN	Auslauf 2 - 5 DN	10 - 18 DN	Ultraschallzähler	5 - 8 Jahre *
Einlauf 2 - 4 DN		5 - 7 DN	Turbinenradzähler	8 - 16 Jahre *
		3 - 5 DN	Drehkolbenzähler	16 Jahre *

\* Unter bestimmten Bedingungen unbefristet

**Bild 12:** Nacheichfristen verschiedener Großgaszähler-Typen in Deutschland (Quelle: Metreg Technologies GmbH)



Mechanische Messgeräte sind im Betrieb sehr langzeitstabil und ausgereift. Dieses zeigt sich in den offensichtlich wesentlich längeren Nacheichfristen der mechanischen Großgaszähler in Deutschland gegenüber elektronischen Messgeräten. Liegen sie bei elektronischen Messverfahren praktisch bei fünf Jahren, haben die mechanischen Messverfahren normalerweise Nacheichperioden von 12 bis 16 Jahren (**Bild 12**). Betrachtet man den Aufwand und die Kosten für eine Nacheichung der Zähler mit den gesamten anfallenden Kosten – Planung, Logistik, Einbau, Ausbau, Befundprüfung, Niederdruckeichung und eventuell zusätzliche Hochdruckeichung, Ausfallkosten, Bereitstellung eines Ersatzzählers, etc. – so führen allein die in der gleichen Einsatzzeit bis zu dreimal durchzuführenden Nacheichungen elektronischer Zähler zu erheblichen Mehrkosten gegenüber mechanischen Zählern.

Die Erarbeitungen europäischer Normen [9–11] seit den 90er Jahren für die mechanischen Messgeräte haben die Entwicklung der mechanischen Zähler der Großgasmessung weiter vorangetrieben. Eine höhere Ausfallwahrscheinlichkeit oder Verschleiß gegenüber elektronischen Zählern lässt sich nicht feststellen. Die deutlich geringeren, standardisierten Einbaumaße und guten bis hervorragenden Messbereiche reduzieren die Investitionskosten. Die langjährige Erfahrung der verantwortlichen Mitarbeiter in den Gasversorgungsunternehmen und das gute Preis/Leistungsverhältnis runden die guten Gründe für den Einsatz von mechanischen Messgeräten in der Großgasmessung ab.

#### Literatur

- [1] Schmittner, D.: „Die Bedeutung der Messgenauigkeit für die Großgasmessung“, 3R international 30 (1991) Nr. 6-7, S 338-343
- [2] Wernekinck, U.: „Anwendung der Technischen Richtlinie G 13 „Einbau und Betrieb von Turbinenradgaszählern“, gwf Gas/Erdgas 138 (1997) Nr. 4, S. 267-272
- [3] AGA Report No. 3, Part 2: "Orifice Metering of Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Fluids - Concentric, Square-edged Orifice Meters, Specifications and Installation Requirements" (2016)
- [4] AGA Report No. 9, "Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters", American Gas Association (2007)
- [5] AGA Report No. 11, "Measurement of Natural Gas by Coriolis Meter", American Gas Association, 2. Auflage (2013)
- [6] ISO 17089-1:2010-11: „Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen - Ultraschallzähler für Gas - Teil 1: Zähler für den eichpflichtigen Verkehr und Verrechnungsmessungen“
- [7] DIN EN ISO 5167-2:2004-01: „Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt - Teil 2: Blenden (ISO 5167-2:2003)“, Deutsche Fassung EN ISO 5167-2:2003
- [8] Zajc, A.: „Übersicht der Erdgasmessung mit Ultraschall unter besonderer Berücksichtigung der Online- oder „Live“-Validierung“, gwf Gas/Erdgas 153 (2012) Nr. 6, S. 416-433
- [9] DIN EN 1359 Berichtigung 1:2008-09: „Gaszähler – Balgengaszähler“, Deutsche Fassung EN 1359:1998 + A1:2006, Berichtigung zu DIN EN 1359:2007
- [10] DIN EN 12261:2007-07: „Gaszähler – Turbinenradgaszähler“, Deutsche Fassung EN 12261:2002 + A1:2006
- [11] DIN EN 12480:2015-05: „Gaszähler – Drehkolbengaszähler“, Deutsche Fassung EN 12480:2015
- [12] Amtsblatt der Europäischen Union L 96/149: RICHTLINIE 2014/32/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt (Neufassung) vom 26. Februar 2014 (MID)
- [13] Technische Richtlinien G 13: „Messgeräte für Gas - Einbau und Betrieb von Turbinenradgaszählern“, Physikalisch-Technischen Bundesanstalt - Fachlaboratorium: 1.42 – Gasmessgeräte, Ausgabe: 03/05
- [14] NMI – EC Type Examination Certificate - MTM Turbinenradgaszähler (Metreg Technologies GmbH), Zertifikatsnummer T10660 (2014)

#### Autoren



**Jost Körte**  
Geschäftsführer  
Metreg Technologies GmbH |  
Fürstenwalde |  
Tel.: +49 3361 76020 85 |  
E-Mail: jost.koerte@metreg-technologies.de



**Dr. Achim Zajc**  
Geschäftsführender Gesellschafter  
Metreg Technologies GmbH |  
Fürstenwalde |  
Tel.: +49 3361 76020 83 |  
E-Mail: achim.zajc@metreg-technologies.de



**Katja Liesegang**  
Stellv. Prüfstellenleiterin  
Metreg Technologies GmbH |  
Fürstenwalde |  
Tel.: +49 3361 76020 84 |  
E-Mail: katja.liesegangc@metreg-technologies.de