

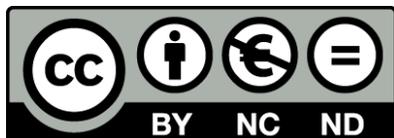
PTB-Prüfregeln

Band 4

Volumengaszähler

Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 4 ist durch Digitalisierung der 1983 erschienenen Druckversion erzeugt worden. Die folgenden Seiten sind Bilddateien.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Empfohlene Zitierweise:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Volumengaszähler [online]. 2. neubearbeitete Auflage 1982, Ergänzungen 1983. Bearbeitet von Rolf Matschke, Hartmut Schlieter. Braunschweig, 1983, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 4. ISSN 0341-7964.
Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/510.20200716B>

Herausgeber:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

ISNI: 0000 0001 2186 1887

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Telefon:(05 31) 592-93 13

Telefax:(05 31) 592-92 92

www.ptb.de

Ergänzungen (1983)

zu PTB-Prüfregel Band 4 "Volumengaszähler", 2. Auflage 1982

1) S. 31, Nr. 4.3.5

Nach dem letzten Absatz wird folgender Absatz angefügt:

Bei Hintereinanderschaltung von zu prüfenden Balgengaszählern wird die Druckdifferenz zwischen dem in der Reihenschaltung vom Normalgerät am weitesten entfernten Zähler und dem Normalgerät als zeitlicher Mittelwert gemessen. Stellt sich diese Druckdifferenz bei weiteren Prüfungen gleichartiger Zähler immer wieder innerhalb von ± 1 mbar ein, so kann der Mittelwert als Festwert für die rechnerische Auswertung verwendet werden. Die Druckberichtigungen für die übrigen gleichartigen Zähler innerhalb des Seriierprüfstands können durch rechnerische Interpolation unter Annahme gleichen Druckverlusts in jedem Zähler berechnet werden. Dieses vereinfachte Verfahren kann angewendet werden, weil die Druckdifferenz zwischen Normal und entferntestem Zähler nicht größer als 12 mbar sein darf.

2) S.32, Nr. 4.4

Der letzte Absatz wird um folgenden Satz ergänzt:

Bei Balgengaszählern gilt diese Anforderung nur für den Durchflußbereich $2 Q_{\min}$ bis Q_{\max} .

Beispiel

Prüfling:

$$V_G = 585,6 \text{ m}^3$$

$$p_G = 1018,45 \text{ mbar}$$

$$\vartheta_G = 19,10^\circ\text{C}$$

$$f_r = -2,4\%$$

Normal:

$$V_N = 600,00 \text{ m}^3$$

$$p_N = 1006,05 \text{ mbar}$$

$$\vartheta_N = 19,95^\circ\text{C}$$

$$f_N = +0,28\%$$

1. Fehlerberechnung nach Gl. [21] mit 1. Berichtigung

$$f_G \approx f_r + f_N + k_p + k_\vartheta$$

$$k_p \approx 0,1 (p_G - p_N) \%$$

$$k_p \approx 0,1 (1018,45 - 1006,05) \%$$

$$k_p \approx +1,24\%$$

$$k_\vartheta \approx 0,34 (\vartheta_N - \vartheta_G) \%$$

$$k_\vartheta \approx 0,34 (19,95 - 19,10) \%$$

$$k_\vartheta \approx +0,289\%$$

$$f_G \approx -2,4 + 0,28 + 1,24 + 0,289$$

$$f_G \approx -0,591\%$$

2. Fehlerberechnung nach Gl. [24] mit 1. und 2. Berichtigung

$$f_G \approx f_r + f_N + k_p + k_\vartheta + \frac{f_r}{100} (k_p + k_\vartheta)$$

$$f_G \approx -2,4 + 0,28 + 1,24 + 0,289 + \frac{-2,4}{100} (1,24 + 0,289)$$

$$f_G \approx -0,628\%$$

3. Fehlerberechnung nach Gl. [16] nur mit den linearen und quadratischen Gliedern

$$\frac{f_G}{100} \approx \frac{f_r}{100} + \frac{f_N}{100} + \frac{\Delta p}{p_N} + \frac{\Delta \vartheta}{T_N} + \frac{f_r \cdot f_N}{100 \cdot 100} + \frac{f_r \cdot \Delta p}{100 \cdot p_N} + \frac{f_N \cdot \Delta p}{100 \cdot p_N}$$

$$+ \frac{f_r \cdot \Delta \vartheta}{100 \cdot T_N} + \frac{f_N \cdot \Delta \vartheta}{100 \cdot T_N} + \frac{\Delta p \cdot \Delta \vartheta}{p_N \cdot T_N} + \frac{\Delta \vartheta^2}{T_N^2}$$

$$\begin{aligned} \frac{f_G}{100} \approx & -0,024 + 0,0028 + 0,012325 + 0,0029 - 0,000067 \\ & - 0,000296 + 0,000035 - 0,00007 + 0,000008 \\ & + 0,000036 + 0,000008 \end{aligned}$$

$$f_G \approx -0,632\%$$

PTB-Prüfregeln

Volumengaszähler

Bearbeitet von Dipl.-Ing. Rolf Matschke
 Dipl.-Ing. Hartmut Schlieter
unter Mitarbeit von Dr.-Ing. Armin Aschenbrenner

Herausgegeben von der
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)
in Zusammenarbeit mit den Eichaufsichtsbehörden

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin ISSN 0341-7964

Die PTB-Prüfregeln sollen als Unterlage und Richtlinie für die Prüfung von Meßgeräten und Betriebsmitteln dienen. Den wesentlichen Teil einer Prüfregel bildet demnach die ausführliche Beschreibung der Prüfverfahren, der benötigten Normalgeräte und anderer Prüfmittel. Soweit es zum besseren Verständnis nützlich erscheint, wird auch auf die Ausführung der Gerätearten und auf Besonderheiten, die bei ihrer Anwendung zu beachten sind, eingegangen. Das Gebiet der PTB-Prüfregeln umfaßt nicht nur die eich- und beglaubigungsfähigen Meßgeräte, sondern auch Meßgeräte und Objekte anderer Art, die im Bereich der PTB geprüft werden. Die Prüfregeln wenden sich sowohl an die Eichbehörden, staatlich anerkannten Prüfstellen und Überwachungsorgane als auch an die Prüflaboratorien von Industrie und Wirtschaft. Sie werden ferner für die Einrichtung von Prüfstellen und Meßräumen sowie für Lehrzwecke von Nutzen sein.

Schriftleitung: Dr. W. Hauser
unter Mitwirkung von H. Lohmann
Bundesallee 100, 3300 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 4,
2. neubearbeitete Auflage 1982

Alle Rechte vorbehalten
Copyright © 1982 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig
Satz und Druck: Waisenhaus-Buchdruckerei, 3300 Braunschweig
Printed in Germany

Vorbemerkung		VII
1. Allgemeine Grundlagen – Begriffsbestimmungen		1
1.1 Zählergröße		1
1.2 Belastungsbereich		1
1.3 Belastungsgrad		1
1.4 Fehler		1
1.5 Meßrauminhalt eines Verdrängungsgaszählers		1
1.6 Prüfzähglied		2
1.7 Betriebsdruck und Bezugsdruck		2
1.8 Druckverlust		2
2. Ausführungsformen von Gaszählern und deren Meßeigenschaften		2
2.1 Balgengaszähler		2
2.2 Verdrängungsgaszähler mit sich drehenden Meßkammerwänden		4
2.2.1 Drehkolbengaszähler		4
2.2.2 Drehschleusengaszähler		6
2.3 Turbinenradgaszähler		7
2.4 Wirbelgaszähler		8
3. Prüfmittel und Prüfeinrichtungen		9
3.1 Normalgeräte		9
3.1.1 Meßglocken		10
3.1.2 Normal-Trommelgaszähler		12
3.1.3 Normal-Drehkolbengaszähler		13
3.1.4 Normal-Drehschleusengaszähler		13
3.1.5 Normal-Turbinenradgaszähler		13
3.1.6 Düsen bei überkritischer Entspannung als Durchflußnormale		14
3.2 Hilfsmeßgeräte		15
3.2.1 Druckmeßgeräte		15
3.2.2 Temperaturmeßgeräte		16
3.2.3 Zeitmeßgeräte		18
3.2.4 Drehmoment-Meßeinrichtungen		18
3.3 Hilfeinrichtungen		19
3.3.1 Gebläse		19
3.3.2 Einstell- und Absperrorgane		19
3.3.3 Schwebekörper – Durchflußmeßgeräte		19
3.4 Prüfeinrichtungen		20
3.4.1 Prüfräume		20
3.4.2 Anschluß und Schaltung der Normale		21
3.4.3 Einbau der Prüflinge		21

4.	Meßtechnische Prüfung	24
4.1	Allgemeine Bestimmungen für die Prüfung	24
4.2	Dichtheitsprüfung	24
4.2.1	Prüfung auf äußere Dichtheit	24
4.2.2	Prüfung auf innere Dichtheit	26
4.3	Ablesung bei der Prüfung	26
4.3.1	Volumenanzeige	27
4.3.2	Verwendung von eingebauten Impulsgebern	27
4.3.3	Verwendung von Impulsgebern an Normalgaszählern	29
4.3.4	Temperaturmessung	29
4.3.5	Druckmessung	31
4.4	Fehlergrenzen	32
4.5	Fehlerbestimmung	32
4.5.1	Fehlerdefinition	32
4.5.2	Fehlerberechnung	32
4.6	Meßunsicherheit	34
5.	Prüfung der verschiedenen Gaszähler-Ausführungen	35
5.1	Prüfung von Balgengaszählern	35
5.1.1	Prüfbelastungen und Prüfvolumina	35
5.1.2	Druckverlust	36
5.1.3	Prüfung mit Meßglocken	37
5.1.4	Q_{\min} – Prüfung nach besonderem Verfahren	37
5.2	Prüfung von Drehkolbengaszählern	39
5.2.1	Prüfbelastungen	39
5.2.2	Druckverlust – Bezugsdruck	39
5.3	Prüfung von Drehschleusengaszählern	39
5.4	Prüfung von Turbinenradgaszählern	40
5.4.1	Prüfbelastungen	40
5.4.2	Bezugsdruck	40
5.5	Prüfung von Wirbelgaszählern	40
5.5.1	Prüfbelastungen	40
5.5.2	Elektronisches Zählwerk	40
6.	Auswertung der Meßwerte	40
6.1.	Fehlerfeststellung	40
6.2	Fehlerdarstellung	41
6.3	Darstellung der Druckverlustwerte	41
7.	Meßtechnische Prüfung von Gaszählern mit Hochdruckgas	41
7.1	Normalgeräte	41
7.2	Hilfsmeßgeräte	42
7.3	Hinweise für die Prüfung	42

7.4	Auswertung der Meßwerte	44
7.4.1	Allgemeine Hinweise	44
7.4.2	Druck-Meßwerte	45
7.4.3	Realgasfaktor bzw. Kompressibilitätszahl	46
7.4.4	Volumen-Meßwerte	46
7.4.5	Fehlerberechnung	46

Anhang		47 bis 60
Literatur		61

VORBEMERKUNG

Gaszähler der hier behandelten Ausführungsformen sind in Industrie und Gasversorgung weit verbreitet und werden zur mengenmäßigen Erfassung von technischen Gasen und Gasgemischen, vorwiegend jedoch von Erdgasen, verwendet. In den nachstehenden Prüfregeln, die die bisherigen Prüfregeln „Große Volumengaszähler“ 7.01 – 69 ablösen, werden die meßtechnischen Eigenschaften und Wirkungsweisen der verschiedenen Gaszählerbauarten dargestellt. Weiterhin werden dem derzeitigen Stand der Technik entsprechende Prüfeinrichtungen und Prüfmittel einschließlich der für deren Verwendung wesentlichsten Anforderungen beschrieben. Die geschilderten Verfahren der meßtechnischen Prüfungen der verschiedenen Zählerbauarten und die bei den Prüfungen einzuhaltenden Randbedingungen sollen nicht nur den Eichbehörden der Länder und den staatlich anerkannten Prüfstellen als Anhalt dienen, sondern ebenso den Prüflaboratorien von Industrie, Wirtschaft und Überwachungsorganen. Die in diesen Prüfregeln angegebenen Vorschriften und Bestimmungen für die Prüfung sind nur für den Fall der Eichung verbindlich.

Bei der Eichung bzw. Beglaubigung von Gaszählern, d. h. einer nach dem Eichgesetz [1] zwingend vorgeschriebenen präventiven Maßnahme bei Verwendung der Gaszähler im geschäftlichen Verkehr, wird vor der meßtechnischen Prüfung die Prüfung auf Einhaltung der Bauvorschriften der Eichordnung [2] und der Bauartzulassung durchgeführt. Bei der Eichung bzw. Beglaubigung werden Gasmeßgeräte mit Eich- bzw. Beglaubigungszeichen und der Jahresbezeichnung gemäß der Eichgültigkeitsverordnung [3] gekennzeichnet.

1. Allgemeine Grundlagen – Begriffsbestimmungen

(Eichordnung, Anlage 7)

1.1 Zählergröße

Eine die Größe des Gaszählers kennzeichnende Angabe durch den Buchstaben G mit einer nachfolgenden, in der EO, Anlage 7 festgesetzten Zahl, mit Ausnahme der Trommelgaszähler und der älteren Zähler (s. Anhang 1).

1.2 Belastungsbereich

Der Belastungsbereich eines Gaszählers wird begrenzt durch den minimalen Volumendurchfluß Q_{\min} und den maximalen Volumendurchfluß Q_{\max} .

1.3 Belastungsgrad

Der Belastungsgrad B ist das Verhältnis des gemessenen Durchflusses zum maximalen Durchfluß:

$$B = \frac{Q}{Q_{\max}}$$

1.4 Fehler

Unter Fehler f_g eines Gaszählers wird immer der relative Fehler des angezeigten Volumenfortschritts verstanden. Er ergibt sich aus der Differenz zwischen Zählwerksfortschritt V_g und dem wirklich durch den Zähler geströmten Volumen V , dividiert durch das wirkliche Volumen

$$f_g = \frac{V_g - V}{V}$$

1.5 Meßrauminhalt eines Verdrängungsgaszählers

Als Meßrauminhalt eines Verdrängungsgaszählers gilt das einem Arbeitsgang des Meßwerks entsprechende Volumen (zyklisches Volumen). Ein Arbeitsgang ist der Gesamtablauf der Bewegungen, durch den die bewegten Teile des Meßwerks erstmals wieder in die Ausgangsstellung zurückgeführt werden.

Die Bestimmung des Meßrauminhalt des einzelnen Zählers erfolgt rein rechnerisch durch Multiplikation des einer vollen Umdrehung des Prüfzählglieds entsprechenden Volumens mit dem Übersetzungsverhältnis zwischen Meßwerk und Zählwerk, wobei der eingebaute Justierradsatz berücksichtigt werden muß (rechnerischer Meßrauminhalt). Der auf den Zählern angegebene Meßrauminhalt ist der Nennwert.

1.6 Prüzfähglied

Damit man die meßtechnische Prüfung mit ausreichender Genauigkeit durchführen kann, müssen Gaszähler entweder ein eingebautes Prüzfähglied haben, das durch das letzte Zählglied des Zählwerks gebildet werden kann, oder Einrichtungen aufweisen, die den Anschluß eines abnehmbaren Prüzfähglieds ermöglichen.

1.7 Betriebsdruck und Bezugsdruck

Als Betriebsdruck p eines Gaszählers gilt die Differenz zwischen dem Gasdruck am Zählereingang und dem atmosphärischen Druck (Überdruck).

Als Bezugsdruck p_r (Referenzdruck) eines Gaszählers gilt der Druck, auf den das angezeigte Gasvolumen bezogen wird (Absolutdruck).

1.8 Druckverlust

Als Druckverlust eines Gaszählers gilt die Differenz zwischen dem am Eingang und am Ausgang des Zählers gemessenen Druck des durchströmenden Gases.

2. Ausführungsformen von Gaszählern und deren Meßeigenschaften

Für die Gasmessung in der Bundesrepublik Deutschland werden hauptsächlich Verdrängungs- und Strömungsgaszähler verwendet.

Bei Verdrängungsgaszählern (volumetrischen Gaszählern) erfolgt die Volumenmessung unmittelbar durch periodisches Füllen und Entleeren einer oder mehrerer Meßkammern. Bei Strömungsgaszählern (nichtvolumetrischen Gaszählern) erfolgt die Volumenmessung mittelbar durch von der Strömung bewegte oder periodisch beeinflusste, feststehende Meßorgane.

2.1 Balgengaszähler

Balgengaszähler sind Verdrängungsgaszähler mit verformbaren Trennwänden. In der Bundesrepublik Deutschland kommen fast ausschließlich Ausführungsformen von Balgengaszählern vor, bei denen der Meßkammerinhalt durch feste Anschläge für die bewegliche Trennwand begrenzt ist.

Die Arbeitsweise dieser Balgengaszähler mit der Gattungs-Nummer 7.122 bzw. 122 bei älteren Bauarten ist in Bild 1 dargestellt.

Merkmal dieser Bauart ist die durch einen Kurbeltrieb bewirkte Zwangläufigkeit der Bewegung des Meßwerks. Durch die beiden Lederbalgen aus z. B. Bastardziegenleder werden je zwei Meßkammern gegeneinander abgegrenzt, die sich während eines Arbeitsgangs wechselseitig durch eine von einem Kurbeltrieb angetriebene Schiebersteuerung füllen und entleeren. Der Meßrauminhalt ergibt sich somit aus der Summe der Rauminhalte der vier Meßkammern.

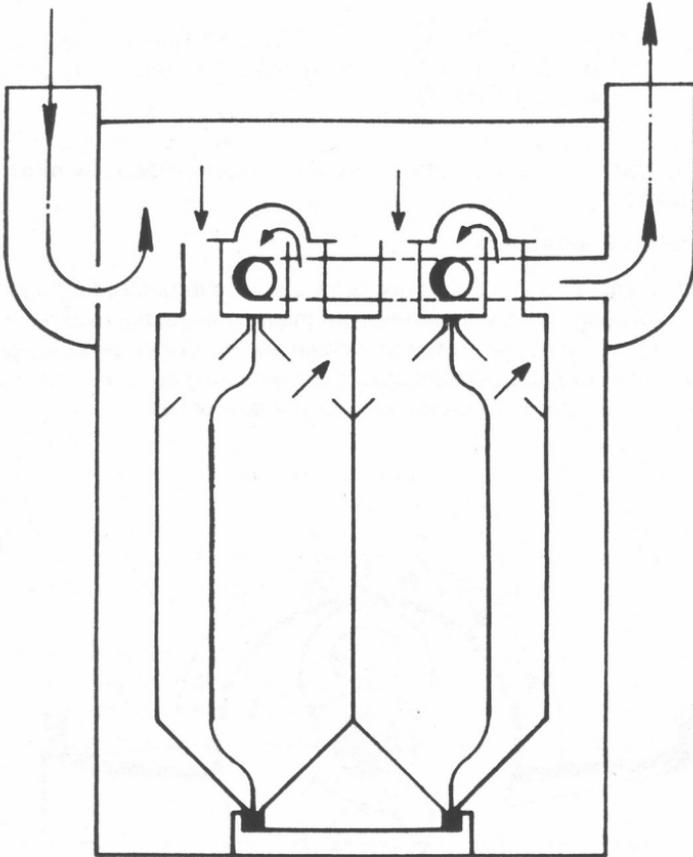


Bild 1
Balgengaszähler

Balgengaszähler zeichnen sich durch einen besonders großen Belastungsbe-
reich aus.

Undichtheiten an den Schiebergleitflächen und poröse Lederbalgen sind die
Hauptursachen für bei Balgengaszählern entstehende Meßfehler. Trotz beson-
derer Vorbehandlung der Lederbalgen (Gerbung und Fettung) ist bei dem Mate-
rial eine Austrocknung nach längerer Betriebszeit oder bei Umstellung von ein-
nem Gas mit hohem Feuchtegehalt auf ein trockenes wie z. B. Erdgas nicht ganz
zu verhindern. Dies führt dazu, daß das Leder zunächst hart und später porös
wird. Gleichzeitig ist ein Anstieg des Druckverlusts zu verzeichnen. Die durch

das poröse Leder oder von den Schiebergleitflächen bewirkte Undichtheit führt zu einem Schlupf, der sich am stärksten im unteren Teil des Durchflußbereichs durch eine Minderanzeige auswirkt.

2.2 Verdrängungsgaszähler mit sich drehenden Meßkammerwänden

2.2.1 Drehkolbengaszähler

Drehkolbengaszähler sind Verdrängungsgaszähler mit zahnradförmigen Zwillingskolben, bei denen die Meßkammern durch zwei mit geringem Spiel in einem Gehäuse sich um eine Achse drehende Kolben und die Gehäusewände gebildet werden. Die Arbeitsweise des Drehkolbengaszählers mit der Gattungs-Nummer 7.131 bzw. 131 bei älteren Bauarten ist in Bild 2 dargestellt.

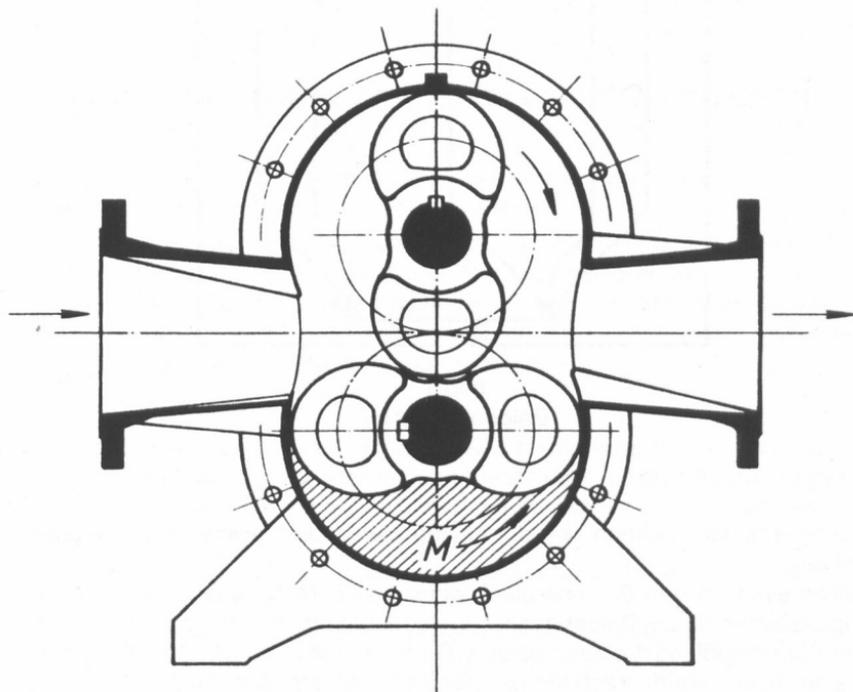


Bild 2
Schnittbild eines Drehkolbengaszählers
M Meßkammerinhalt

Durch den Gasstrom werden zwei sich gegeneinander abwälzende Drehkolben in Rotation versetzt, wobei der Gleichlauf durch außerhalb des Meßraums auf den Kolbenwellen sitzende Zahnradpaare zwangsgesteuert wird. Zwischen den Drehkolben bleibt ein enger Spalt, d. h., sie berühren sich nicht. Bei jeder Umdrehung der Kolben wird der Meßkammerinhalt M je Kolben zweimal und somit insgesamt viermal ausgeschoben.

Das Fehlerverhalten des Drehkolbengaszählers wird durch die Spaltverluste zwischen den Drehkolben einerseits und zwischen Drehkolben und Gehäuse andererseits bestimmt. Dadurch kann im unteren Belastungsbereich unter dem Einfluß des Druckgefälles zwischen Gasdruck am Zählereingang und -ausgang ein Teil des Gases ungemessen durch den Zähler strömen. Wegen der Spaltverluste und der Reibung der Zahnräder und Lager läuft ein Drehkolbengaszähler erst bei einem Mindest-Durchfluß an. Für Durchflüsse unterhalb dieses Anlaufpunktes ergibt sich ein Minusfehler von 100%. Mit zunehmendem Durchfluß steigt die Fehlerkurve etwa hyperbolisch an. Die Charakteristik der Fehlerkurve hat ihre Ursache darin, daß einerseits der Spaltverlust nicht konstant bleibt, sondern infolge der mit der Belastung steigenden Druckdifferenz an den Spalten ebenfalls ansteigt, und daß andererseits die Spaltströmung bei steigender Drehzahl mehr und mehr durch die Relativgeschwindigkeit beeinflusst wird, mit der sich die den Meßraum begrenzenden Wände aneinander vorbeibewegen (s. a. Bild 3).

Durch diese Relativgeschwindigkeit wird ein Teil des gemessenen Gases auf die Eingangsseite des Zählers zurückgefördert und nochmals gemessen. Die Größe des Spaltverlusts und der Rückförderung ist entscheidend abhängig von den Spaltbreiten, der Viskosität des Gases und dem Strömungscharakter der Spaltströmung (laminar oder turbulent)[20].

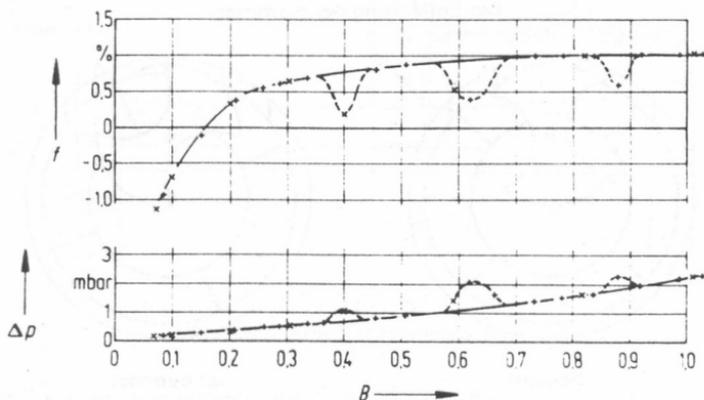


Bild 3

Fehler- und Druckverlustkurve eines Drehkolbengaszählers
 - - - - mit Resonanzschwingungen
 ——— ohne Resonanzschwingungen

2.2.2 Drehschleusengaszähler

Drehschleusengaszähler sind Verdrängungsgaszähler mit Drehflügel- und Schleusenkolben, bei denen einer der sich drehenden Kolben mit seinen Trennflügeln als Meßraumbegrenzung, ein anderer Kolben als Schleuse zur Rückführung der Flügel dient.

Die Arbeitsweise einer Ausführungsform eines Drehschleusengaszählers mit der Gattungs-Nummer 7.132 ist in Bild 4 dargestellt.

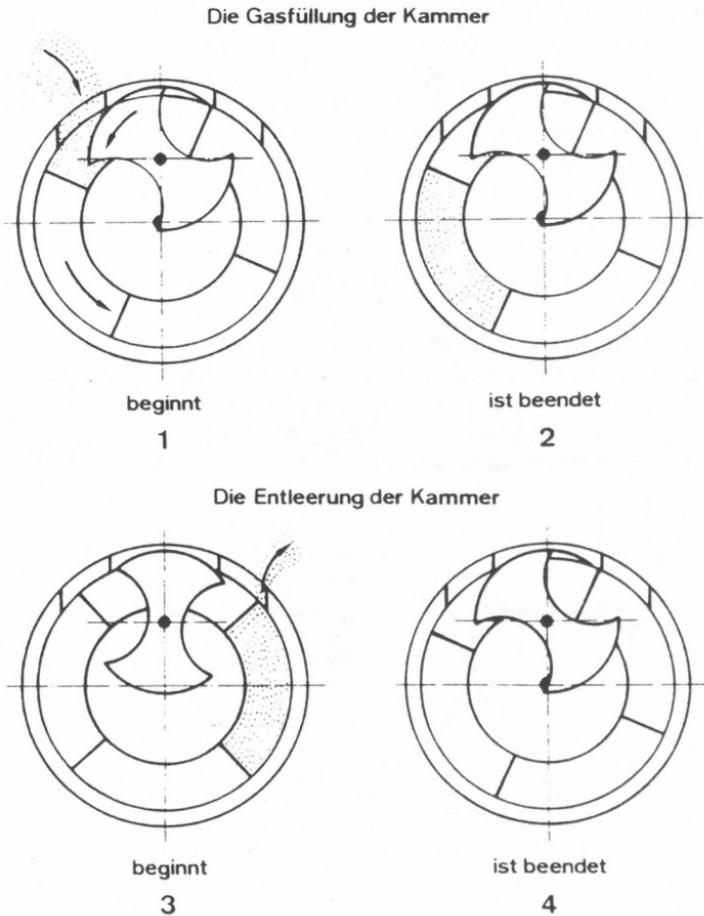


Bild 4
Arbeitsweise eines Drehschleusengaszählers

Durch die bei Gasentnahme erzeugte Druckdifferenz fließt eingangsseitig Gas ein und setzt den Drehflügelkolben im ringförmigen Meßraum, der von zwei konzentrischen Zylindern gebildet wird, in Rotation, wobei zugleich über ein festes Übersetzungsverhältnis der Schleusenkolben mitbewegt wird. Bei einer vollständigen Umdrehung wird das sich jeweils zwischen zwei Trennflügeln befindliche Meßkammervolumen insgesamt viermal ausgeschoben.

2.3 Turbinenradgaszähler

Turbinenradgaszähler sind Strömungsgaszähler, bei denen die Zahl der Umdrehungen eines von der Gasströmung in Drehung versetzten Turbinenrads ein Maß für das durchgeströmte Volumen ist. Die am häufigsten vorkommende konstruktive Ausführungsform sind Turbinenradgaszähler mit axial angeströmtem Turbinenrad.

Die Arbeitsweise dieser Ausführungsform eines Turbinenradgaszählers mit der Gattungs-Nummer 7.211 bzw. 211 bei älteren Bauarten ist in Bild 5 dargestellt.

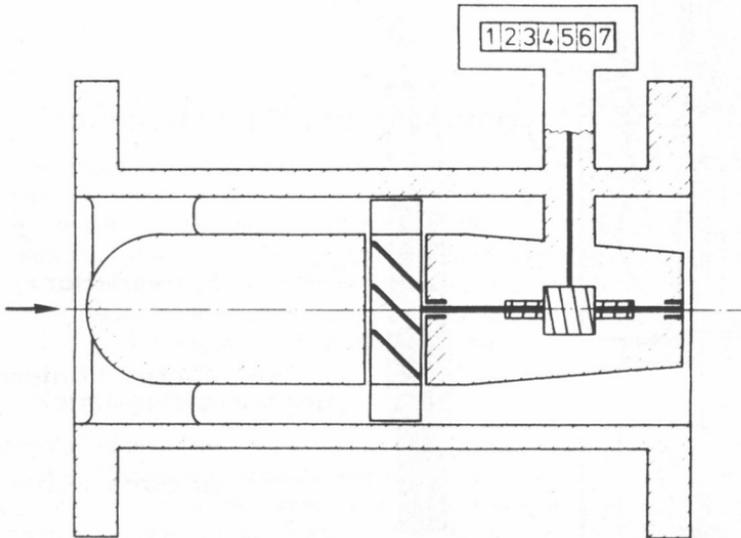


Bild 5
Schnittbild eines Turbinenradgaszählers

Da der Turbinenradgaszähler ein Strömungsmeßgerät ist, gelten für seine Meßeigenschaften die Gesetzmäßigkeiten der Strömungsmechanik. Durch den Antriebsimpuls aus Masse \times Geschwindigkeit des Gases wird das Turbinenrad in eine der Gasgeschwindigkeit proportionale Rotation versetzt. Aus dieser Rota-

tion und dem Querschnitt, z. B. der Ringdüse, kann der Durchfluß berechnet werden. Mechanische Reibungsverluste in Lagern und Getriebeteilen, Strömungswiderstände am Turbinenrad und der Einfluß der Viskosität des zu messenden Gases bewirken eine Abweichung der tatsächlichen Rotationsgeschwindigkeit von der berechneten.

2.4 Wirbelgaszähler

Wirbelgaszähler sind Strömungsgaszähler, bei denen die Zahl der Schwingungen, die von Strömungswirbeln in der Gasströmung erzeugt werden, ein Maß für das durchgeströmte Volumen ist.

Die Arbeitsweise einer Ausführungsform eines Wirbelgaszählers mit Wirbelerzeugung durch einen Widerstandskörper mit der Gattungs-Nummer 7.222 ist in Bild 6 dargestellt.

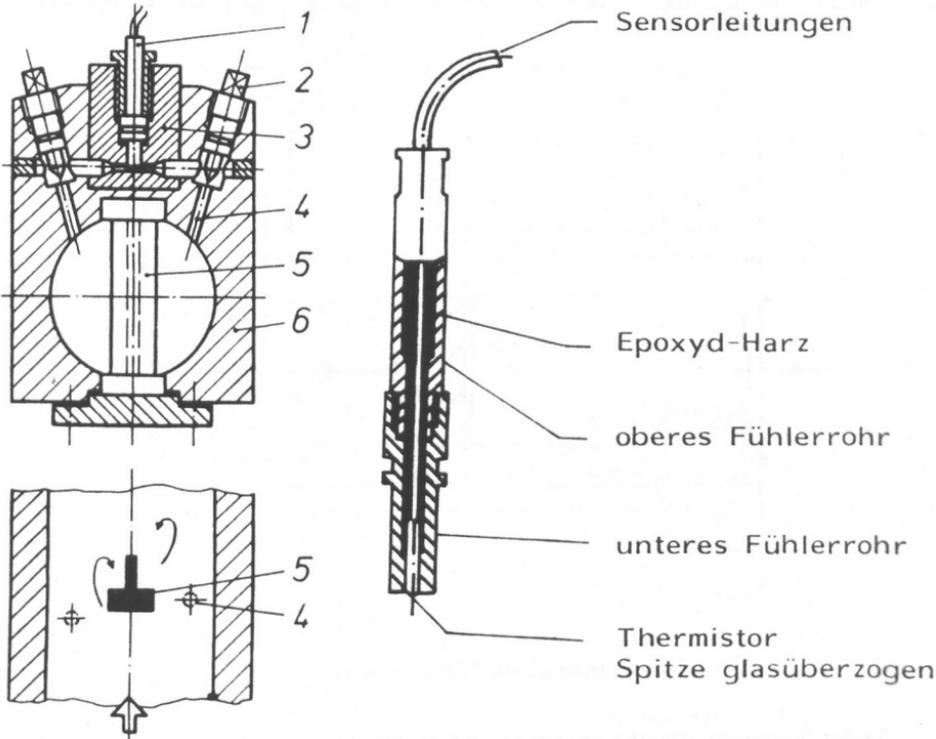


Bild 6

Schnittbild eines Wirbelgaszählers

1 Sensor, 2 Absperrventile, 3 Tastkopf, 4 Druckbohrungen im Querpass, 5 Störkörper, 6 Gehäuse

Auf der Abflußseite eines in den Gasstrom eingebrachten Störkörpers entstehen wechselseitig sich ablösende Wirbel, die sog. Kármánschen Wirbel. Die strömungs-dynamische Gesetzmäßigkeit wird gekennzeichnet durch die Beziehung zwischen der Wirbelfrequenz, der mittleren Breite des Wirbelgebiets und der Strömungsgeschwindigkeit im eingeschnürten Rohrquerschnitt. Die durch den Störkörper entstehenden wechselseitigen Wirbel erzeugen in dem Verbindungskanal zwischen den Druckbohrungen Druck- und Geschwindigkeitsschwingungen. Diese Geschwindigkeitsschwingungen werden mittels zweier Thermistoren in entsprechende periodische Spannungsschwankungen umgesetzt und nach Verstärkung als z. B. volumenproportionale Rechteckimpulse weitergeleitet.

3. Prüfmittel und Prüfeinrichtungen

Die meßtechnische Prüfung von Gaszählern erfolgt wie bei anderen Meßgeräten mit Prüfeinrichtungen durch unmittel- oder mittelbaren Vergleich ihrer Anzeige mit einem bekannten Meßwert derselben Meßgröße, d. h. durch Vergleich mit geeigneten Prüfmitteln unter Berücksichtigung aller zur Fehlerberechnung erforderlichen Korrekturen. Unter Prüfmitteln sind alle zum Prüfen der Gaszähler erforderlichen Gegenstände zu verstehen wie Normalgaszähler, Hilfsmeßgeräte, Hilfseinrichtungen, Meßgut und Auswertungsmittel.

3.1 Normalgeräte (Normale)

Als Normale kommen Meßglocken (Kubizierapparate) und besonders ausgewählte und als Normal geprüfte Gaszähler in Betracht. Von der PTB können auch andere Prüfeinrichtungen als Normale genehmigt werden wie z. B. Prüfanlagen für Balgengaszähler mit Ovalradzählern, d. h. Messung eines verdrängten Ölolumens (s. Nr. 5.1.4).

Welches Normal jeweils bei der meßtechnischen Prüfung eingesetzt wird, richtet sich nach der Größe der einzustellenden Prüfbelastungen. Bei der Auswahl der Normale ist darauf zu achten, daß eine meßtechnische Beeinflussung zwischen Prüfling und Normal vermieden wird.

In Tabelle 1 sind die Normale aufgeführt, mit denen die genannten Zählerbauarten vorzugsweise geprüft werden sollten.

Prüfling \	Balgen- gaszähler	Dreh- kolben- gaszähler	Dreh- schleusen- gaszähler	Turbinen- radgas- zähler	Wirbel- gaszähler
Normal					
Meßglocke	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Normal-Trommel- gaszähler	X	X	X	X	X
Normal-Drehkol- bengaszähler	X	X	X		
Normal-Dreh- schleusengasz.	X	X	X	X	X
Normal-Turbinen- radgaszähler				X	X
Normal-Wirbel- gaszähler				X	X
Düsen für über- kritisches Druckverhältnis	X	X	X	X	X

Tabelle 1 Verwendungsbereich der Normale

3.1.1 Meßglocken (Kubizierapparate)

In Deutschland gibt es Meßglocken von der Größe M 0.1 mit einem Meßrauminhalt (Glockenvolumen) von 100 dm³ bis zur Größe M 2 mit einem Meßrauminhalt von 2000 dm³. Sie müssen in ihrer baulichen Ausführung den Anforderungen besonders aufgestellter Richtlinien [5] und [7] entsprechen. Eine Meßglocke mit einem Meßrauminhalt V (dm³) und einer Empfindlichkeit E (mm Glockenhub je dm³ Volumenänderung) kann im Belastungsbereich gemäß den folgenden Zahlenwertgleichungen benutzt werden:

$$Q_{\min} = \frac{1 \text{ mm}}{E \cdot \text{dm}^3} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (1)$$

$$Q_{\max} = 60 \cdot \frac{V}{10000 \cdot \text{dm}^3} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (2)^*$$

* ergibt eine Sinkzeit von 1 Minute

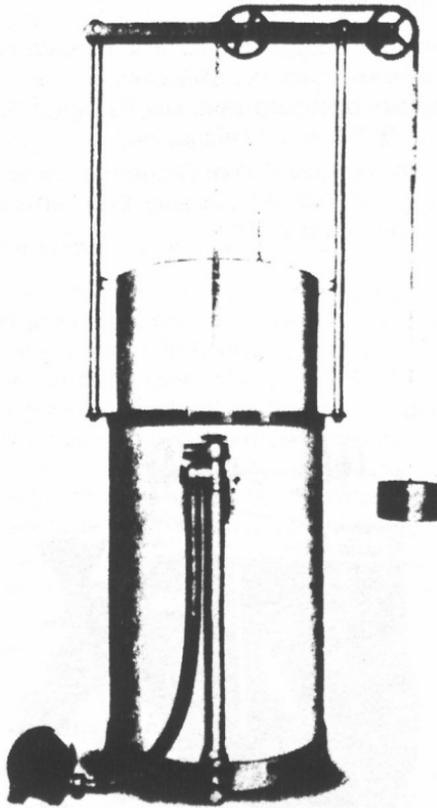


Bild 7
Meßglocke

Auf die in die Sperrflüssigkeit eintauchende Glockenwand wirkt eine Auftriebskraft, die mit dem Absinken der Glocke anwächst. Ein besonderer Auftriebsausgleich (z. B. über eine entsprechend schwere Kette zwischen Glocke und Gegengewicht, durch einen Syphon oder eine Kurvenscheibe mit Ausgleichsgewicht) ist erforderlich, damit der Glockendruck über dem Hub konstant bleibt.

Da mitunter bei einem Prüfvorgang der Meßrauminhalt der Meßglocke zur Einhaltung des für die Zählergröße und für die Prüfbelastung erforderlichen Prüfvolumens nicht ausreicht, dürfen Meßglocken bei der Prüfung von Balgengaszählern für einen Prüfvorgang bis zu dreimal nacheinander gefüllt werden. Nach jeder Füllung der Meßglocke darf erst nach einer Abtropfzeit von 2 Minuten mit der Prüfung begonnen werden.

3.1.2 Normal-Trommelgaszähler

Trommelgaszähler sind Verdrängungsgaszähler mit sich drehendem Meßwerk, bei denen die Meßkammern durch dünnflüssiges, schwer verdunstendes Mineralöl als Sperrflüssigkeit abgesperrt sind. Die Bauarten der Normal-Trommelgaszähler müssen der Richtlinie [7] entsprechen.

Hiernach sind nur Trommelgaszähler der Größen von NB 2 bis NB 300 mit Meßrauminhalten von 5 dm^3 bis 2000 dm^3 zulässig. Das Verhältnis von kleinstem zu größtem Durchfluß beträgt etwa 1 : 100.

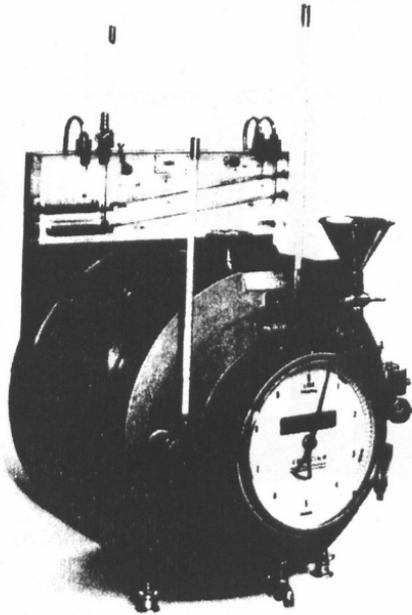


Bild 8
Trommelgaszähler NB 3

Die Überlastfähigkeit der Trommelgaszähler ist gering. Bei Überlastung kann ein Teil der Sperrflüssigkeit in den Ausgangsstutzen gedrückt werden. Es empfiehlt sich, in der Ausgangsleitung eine durchsichtige „Ölfalle“ vorzusehen. Sobald in dieser Öl sichtbar wird, muß der Füllstand kontrolliert bzw. berichtigt werden. Nach der Richtlinie dürfen bei Normal-Trommelgaszählern die Inhaltswerte von 10 bezifferten Skalenabschnitten, die je $1/10$ Trommelumdrehung entsprechen, um nicht mehr als 5% von ihrem Mittelwert abweichen. Für Prüfgänge mit Teilen

von Trommelumdrehungen ist das Mindestprüfvolumen so festzulegen, daß der periodische Fehler, der sich aus der Addition der Fehler beliebiger benachbarter Skalenabschnitte ergibt, 1/10 der Eichfehlergrenze des Prüflings nicht überschreitet.

Das Prüfvolumen für Prüfvorgänge mit ganzen Trommelumdrehungen, d. h. mit gleicher Ausgangs- und Endstellung des Zeigers, muß mindestens dem Volumen von 3 Trommelumdrehungen entsprechen.

3.1.3 Normal-Drehkolbengaszähler

Normal-Drehkolbengaszähler sind für die Verwendung als Normal besonders ausgesuchte und hergerichtete Drehkolbengaszähler, die zur Verbesserung der Ablesung mit einem besonderen Prüfzählglied und/oder Impulsgeber versehen sind. Zur Zeit sind Drehkolbengaszähler ab Größe G 100 als Normal zulässig. Der Belastungsbereich wird in Abhängigkeit vom Verlauf der Fehlerkurve festgelegt, d. h., die Fehlerkurve soll im gesamten Durchflußbereich glatt und möglichst flach verlaufen. Die in dem Prüfschein des Normal-Drehkolbengaszählers angegebenen Fehlerwerte gelten nur unter der Voraussetzung, daß sich die ebenfalls angegebenen Druckverlustwerte bei den jeweiligen Belastungen einstellen.

Da der Viskositätseinfluß des Getriebeöls auf Druckverlust und Fehlerkurve des Drehkolbengaszählers bedeutsam sein kann, muß bei Erneuerung der Ölfüllung eines Normal-Drehkolbengaszählers stets Öl der im Prüfschein oder am Zähler angegebenen Ölsorte verwendet werden.

3.1.4 Normal-Drehschleusengaszähler

Für Normal-Drehschleusengaszähler gelten analog die gleichen Anmerkungen wie für Normal-Drehkolbengaszähler. Zulässig als Normal sind Zähler ab Größe G 65.

3.1.5 Normal-Turbinenradgaszähler

Normal-Turbinenradgaszähler sind für die Verwendung als Normal besonders ausgesuchte und hergerichtete Turbinenradgaszähler, die zur Verbesserung der Ablesung mit einem besonderen Prüfzählglied und/oder Impulsgeber versehen sind. Aus der an ein Normal zu stellenden Anforderung geringer Veränderlichkeit der Anzeige ergibt sich aufgrund der bisherigen Erfahrungen, daß die kleinen Baugrößen der Turbinenradgaszähler als Normale ungeeignet sind. Sie reagieren zu empfindlich auf geringe Veränderungen der Lagerreibung und sonstiger, die Bewegung des Meßwerks beeinflussende Umstände. Zur Zeit sind Turbinenradgaszähler ab Größe G 400 als Normal zulässig. Der Belastungsbereich dieser Normale wird bei der Prüfung in Abhängigkeit von der Fehlerkurve festgelegt.

3.1.6 Düsen bei überkritischer Entspannung als Durchflußnormale

Düsen nach dem Entwurf VDI/VDE 2041 (Bild 9) [8] für Durchflußmessungen bei überkritischer Entspannung (Strömungsgeschwindigkeit im engsten Querschnitt gleich Schallgeschwindigkeit) sind Durchflußnormale, die auch über lange Zeiträume die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse gewährleisten.

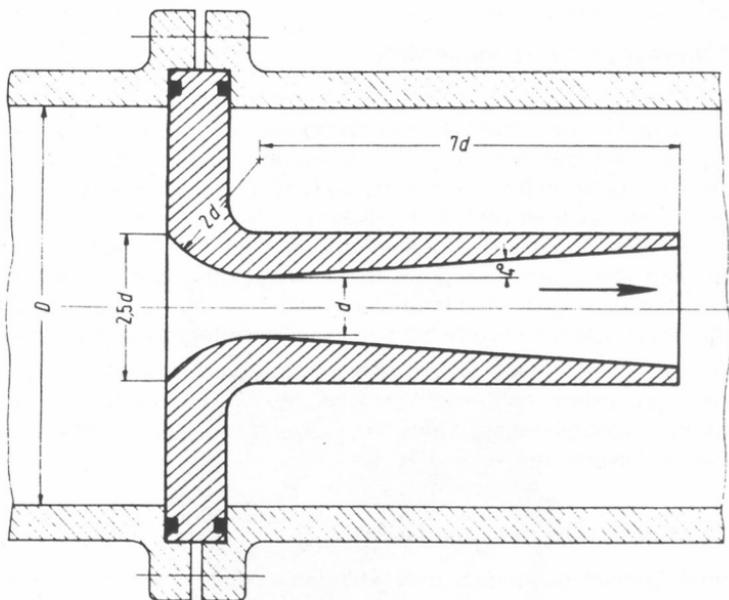


Bild 9

Beispiel einer Düse nach VDI/VDE 2041
 D innerer Rohrdurchmesser, d Öffnungsdurchmesser

Zur Erzielung der verschiedenen Prüfdurchflüsse ist eine entsprechende Anzahl von Einzeldüsen erforderlich. Diese Anzahl von Einzeldüsen läßt sich erheblich verringern, wenn zwei oder mehr Düsen parallel geschaltet werden. Wenn man außerdem zwischen Prüfling und Düsen eine Drosselmöglichkeit vorsieht, läßt sich mit relativ wenigen Düsen nahezu stufenlos jeder gewünschte Prüfdurchfluß realisieren. [9] und [10]

Eine andere Möglichkeit der Verwendung von überkritischen Düsen stellt der Einzel- oder Parallelbetrieb mehrerer abgestufter Düsen mit einem parallel geschalteten Normalgaszähler dar. Der durch die Düsen-Größenreihe in Einzel- oder Parallelschaltung grob abgestufte Durchfluß wird jeweils stufenlos um den Durchflußbereich des Gaszählers erweitert. Bei zweckmäßiger Auswahl des

Gaszählers und der Düsen läßt sich so jeder gewünschte Prüfdurchfluß in einem weiten Bereich realisieren. Düsen für Durchflußmessungen bei überkritischer Entspannung werden zweckmäßigerweise im Saugbetrieb gefahren.

Die ein- und ausgangsseitig mit zuverlässig dicht schließenden Absperrklappen versehenen Meßstrecken, in die die Düsen eingebaut sind, sind austrittsseitig an ein Sauggebläse angeschlossen. Da sich stromaufwärts gegen die Schallgeschwindigkeit, d. h. durch die Düse, keine Störungen fortpflanzen können, hat das Verfahren auch den Vorteil, daß Pulsationen hinter der Düse, z. B. vom Sauggebläse, die Messung nicht beeinflussen können.

Bei der Prüfung von Volumengaszählern mit Durchflußnormalen, z. B. überkritischen Düsen, ergibt sich das Volumen als Produkt aus Meßzeit und Volumendurchfluß. Es kommt deshalb, anders als beim üblichen Vergleich mit Normalgaszählern, auch auf eine ganz präzise Zeitmessung an. Beim Zählervergleich dient die Stoppuhr nur als Hilfsmeßgerät zur Ermittlung des Durchflusses, bei der Verwendung von Durchflußnormalen dagegen ist die Stoppuhr bzw. der elektronische Zeitbasiszähler Normalgerät.

3.2 Hilfsmeßgeräte

3.2.1 Druckmeßgeräte

Bei der Gaszählerprüfung muß zwischen Druckmeßgeräten für den Bezugsdruck und für den Differenzdruck unterschieden werden. Zum Messen des Bezugsdrucks genügen U-Rohr-Manometer, die zum Zwecke der besseren Ableseung als ungleichschenklige Manometer ausgeführt sind (Durchmesser Verhältnis der Meßrohre 1 : 10). Der an dem Meßschenkel abgelesene Ausschlag der Flüssigkeitssäule wäre dann um 1 % zu korrigieren. Als Meßflüssigkeit sollte im allgemeinen dünnflüssiges gefärbtes Öl mit einer kinematischen Viskosität von etwa 0,00001 m²/s verwendet werden. In gleicher Weise sind handelsübliche Schrägrohrmanometer aus Plexiglas (Bild 10) mit Öl als Sperrflüssigkeit geeignet. Diese Manometer müssen eine Empfindlichkeit von mindestens 2 mm Ausschlag für eine Druckänderung von 0,1 mbar haben.

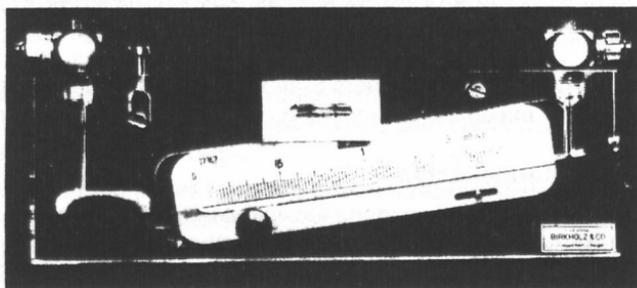


Bild 10
Schrägrohrmanometer

Die Höchstwerte des mechanischen Druckverlusts von Balgengaszählern lassen sich bei kurzer Leitungsführung bei einem Durchfluß von Q_{\min} bis $2 Q_{\min}$ mit Manometern mit einer Empfindlichkeit von etwa 5 mm Ausschlag für eine Druckänderung von 0,1 mbar erfassen. Das Manometer ist dabei mindestens über einen vollständigen Arbeitsgang des Meßwerks (vier Druckspitzen) zu beobachten. Dies erfordert allerdings einen großen Zeitaufwand.

Anstelle der vorgenannten Manometer können unter den gleichen Bedingungen Manometer mit optischen oder akustischen Grenzwertmeldern (Bild 11) eingesetzt werden. Die Grenzwertmelder sind so einzustellen, daß die Auslösung des Signals mit Sicherheit vor Erreichen des zulässigen Höchstwerts des mechanischen Druckverlusts erfolgt. Die Einstellung des Grenzwerts ist regelmäßig durch Vergleich mit einem geeigneten Manometer zu überprüfen.

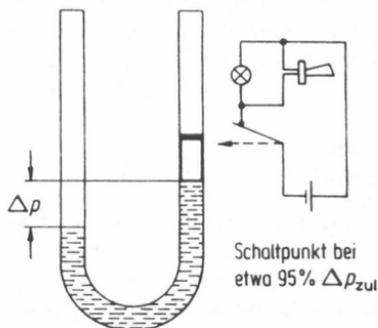


Bild 11

Kontaktmanometer mit optischem und akustischem Grenzwertmelder
 Δp Differenzdruck (mechanischer Druckverlust)

Zur Messung des Druckverlusts an Normal oder Prüfling, insbesondere bei pulsierenden Drücken, sind ungleichschenklige ölgefüllte Kapillarrohrmanometer (Bild 12) mit einem Durchmesser der Kapillare von 2 mm geeignet.

Der Atmosphärendruck muß mit einem Stations- oder Gefäßheberbarometer bestimmt werden; die maximale Abweichung darf höchstens ± 1 mbar betragen.

3.2.2 Temperaturmeßgeräte

Für die Temperaturmessung werden Flüssigkeits-Glasthermometer in handelsüblicher, eichfähiger Ausführung mit einem Meßbereich von etwa -10 °C bis 40 °C, in $1/10$ °C geteilt, verwendet. Die Eichfehlergrenze für diese Thermometer beträgt $\pm 0,2$ °C.

Bei höheren Anforderungen an die Genauigkeit der Temperaturmessung ist die Thermometeranzeige mit der im zugehörigen Eichschein angegebenen Anzei-

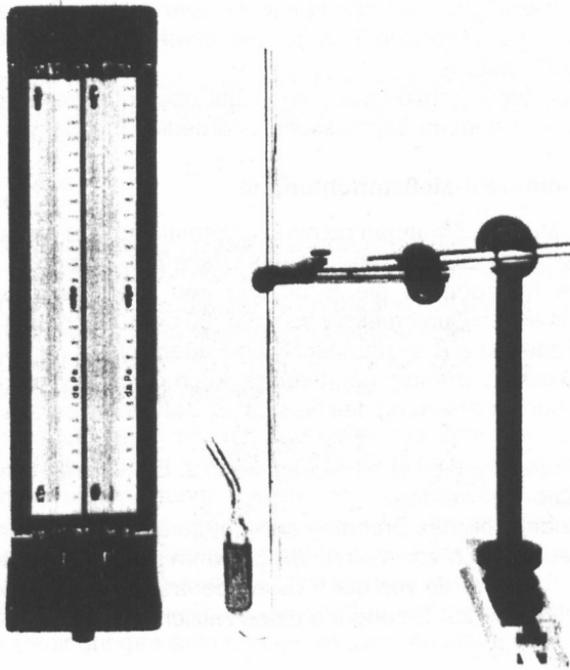


Bild 12

Ungleichschenkliges U-Rohr-Manometer mit starker Dämpfung

gekorrektur zu berichtigen. Bequemer in der Benutzung, insbesondere wegen der Möglichkeit, Temperaturwerte von digitalen Fernanzeigen darstellen zu lassen, sind z. B. Widerstandsthermometer PT 100 mit Meßströmen von 1 mA (Verlustleistung im Fühler 1/10 mW). Um die Meßunsicherheit gering zu halten, kommt zur Vermeidung der schädlichen Einflüsse der Verbindungsleitungen und Anschlüsse zwischen dem Anzeigegerät und dem Widerstandsthermometer nur der Vierleiteranschluß in Frage.

Bei der Auswahl geeigneter Temperaturmeßgeräte sollte der durch die Anzeigeverzögerung der Thermometer entstehende Fehler möglichst gering gehalten werden. Die Wiedergabe der Anzeigeverzögerung eines Thermometers erfolgt durch die Angabe der Halbwertzeit (5/10) und der 9/10-Wert-Zeit. Das sind Zeiten, in denen sich die Anzeige eines Thermometers um 5/10 bzw. 9/10 des Temperatursprungs zwischen zwei Temperaturen geändert hat.

3.2.3 Zeitmeßgeräte

Zeitmeßgeräte dienen zur Feststellung bzw. Einstellung der erforderlichen Prüfbelastungen. Hierfür reichen handbetätigte oder elektromagnetisch betätigte Stoppuhren mit 60-Sekunden-Teilung und einer Halbschwingungsdauer der Unruhe von 0,2 s aus.

Werden Düsen für Durchflußmessungen bei überkritischer Entspannung benutzt, ist eine sehr genaue Zeitmessung erforderlich (besser als 0,1%).

3.2.4 Drehmoment-Meßeinrichtungen

Drehmoment-Meßeinrichtungen dienen zur Ermittlung des an Ausgangswellen von Gaszählern zulässigen Drehmoments (siehe EO, Anlage 7).

Eine einfache Methode ist die Ermittlung des Drehmoments mittels einer Schnurrolle mit einem Durchmesser von z. B. 80 bis 100 mm und geeichten Gewichten. Als Faden ist z. B. ein dünner Nylon-Faden von 0,4 mm Durchmesser zu verwenden. Dieses Verfahren hat, bedingt durch die relativ kurze Prüfzeit, den Nachteil, daß bei der Ablesung des Gaszähler-Zählwerks bereits zu große Fehler auftreten.

Um einen größeren Hub zu ermöglichen, kann z. B. mit einer Umlenkrolle unter der Decke gearbeitet werden.

Da es kein handelsübliches Drehmoment-Meßgerät mit einem für Gaszähler erforderlichen Meßbereich von 1 Nmm bis 50 Nmm bei Drehzahlen zwischen 0,5 und 100 min^{-1} gab, wurde von der PTB ein derartiges Gerät (Bild 13) mit einer Magnetpulverbremse zur Erzeugung eines zeitlich konstanten Bremsmoments entwickelt.

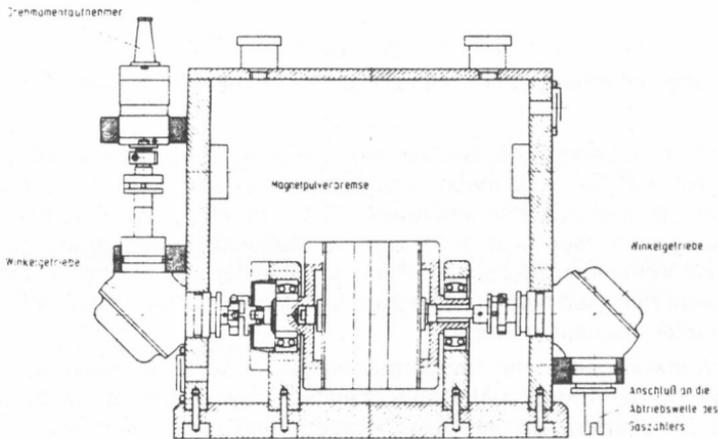


Bild 13

Schnittbild der Drehmoment-Meßeinrichtung (PTB) zum Aufbringen und Messen eines definierten Drehmoments an der Ausgangswelle eines Gaszählers

Einzelheiten und Meßergebnisse der dargestellten Drehmoment-Meßeinrichtung werden in dem unter [11] aufgeführten Bericht eingehend beschrieben.

3.3 Hilfseinrichtungen

Für den Betrieb von Prüfeinrichtungen mit Meßglocken und Normalgaszählern werden Gebläse, Regeleinrichtungen zum Einstellen der Prüfbelastungen und Absperrorgane benötigt.

3.3.1 Gebläse

Prüfeinrichtungen mit Normalgaszählern werden über Gebläse betrieben, die so ausgelegt sein müssen, daß die maximal in Betracht kommenden Prüfbelastungen mit Sicherheit erreicht und über einen Prüfgang konstant gehalten werden. Die Förderung der Gebläse muß frei von Pulsationen sein.

3.3.2 Einstell- und Absperrorgane

Obwohl bei Prüfeinrichtungen mit Gebläsebetrieb das Einstellen der gewünschten Prüfbelastung durch eine stufenlose Gebläsedrehzahl möglich ist, wie z. B. bei Großgaszählerprüfeinrichtungen, wird in den meisten Fällen wegen ihrer Einfachheit eine Drosselungsregelung bevorzugt. Bei einigen Gebläsen können kleine Durchflüsse nur durch Abblase- oder Bypass-Regelung pulsationsfrei gefahren werden. Die hierzu erforderlichen Drosselorgane müssen leicht zu betätigen sowie spielfrei bei Vor- und Rückwärtsdrehen und genügend fein einzustellen sein. Diese Bedingungen erfüllen beispielsweise Hähne oder Absperrklappen.

Sie ermöglichen es auch, durch einen mit der Drehachse verbundenen Zeiger auf einer Skale die für bestimmte Prüfbelastungen erforderlichen Winkelstellungen zu markieren. Zur leichteren Einstellung kleinerer Prüfbelastungen empfiehlt es sich, zusätzlich ein Absperrorgan mit kleinerem Öffnungsquerschnitt parallel zum Haupteinstellorgan anzuordnen. Eine andere Möglichkeit zum Einstellen der gewünschten Prüfbelastungen sind Blendenschieber z. B. in Form einer Irisblende (Bild 14, s. S. 20).

Die in der Prüfanlage vorhandenen Absperrorgane dienen entweder zum Absperrn der Prüflängsstrecke für die Dichtheitsprüfung oder zum wahlweisen Umschalten auf verschiedene Prüflängsstränge. In allen Fällen werden an die Dichtheit hohe Anforderungen gestellt.

3.3.3 Schwebekörper – Durchflußmeßgeräte

Prüfeinrichtungen können mit Schwebekörper-Durchflußmeßgeräten in geeigneter Abstufung versehen sein, die zu einer ungefähren Abschätzung ($\pm 2,5\%$) der eingestellten Prüfbelastung dienen.

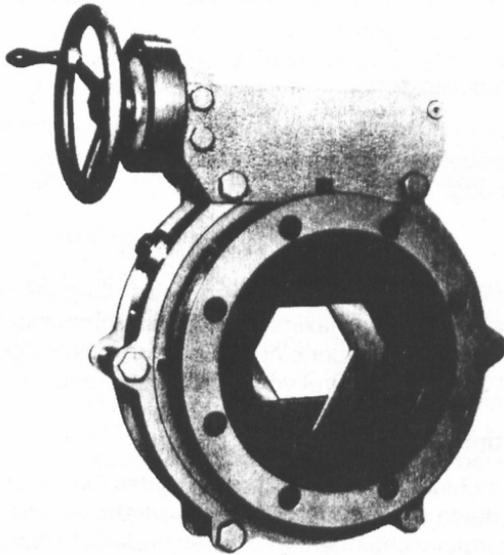


Bild 14 (zu 3.3.2)
EGGER-Blenden-Regulierschieber
(Werksfoto: mit Genehmigung der Fa. Emile Egger + Co. GmbH,
Wattstr. 28, 6800 Mannheim-Neckarau)

Die Richtigkeit der Anzeige der Schwebekörper-Durchflußmeßgeräte, d. h. Höhenstellung des Schwebekörpers zur Skale, muß in regelmäßigen Abständen durch Vergleich mit der im Prüfprotokoll berechneten Belastung sichergestellt werden.

3.4 Prüfeinrichtungen

Prüfeinrichtungen für Gaszähler in staatlich anerkannten Prüfstellen und in Eichabfertigungsstellen müssen den folgenden Anforderungen genügen, von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt anerkannt und von der zuständigen Eichbehörde abgenommen sein.

3.4.1 Prüfräume

Prüfeinrichtungen für Gaszähler müssen in ausreichend bemessenen Prüfräumen untergebracht sein, die so beschaffen sind, daß die zu prüfenden Gaszähler bzw. die Prüfmittel durch Sonneneinstrahlung, Heizung und dergleichen keiner einseitigen Wärmeeinwirkung ausgesetzt werden. Die Temperatur in den

Prüfräumen darf um nicht mehr als 2 °C täglich schwanken und den Temperaturbereich von (20 ± 5) °C weder über- noch unterschreiten. Die Prüfräume sollen daher möglichst wenige Außenwände haben, nicht unmittelbar unter dem Dach liegen, möglichst keine Fenster oder nur nach Norden oder Osten gelegene Doppelfenster besitzen, an den Zugängen von außen oder von Räumen mit wesentlich anderen Temperaturen Windfänge oder Doppeltüren haben und im erforderlichen Umfange mit einer Einrichtung zur Luftumwälzung versehen sein. Die Prüfräume müssen ausreichend belüftet werden können. Die Belüftung darf die Temperaturkonstanz nicht stören.

In Prüfräumen mit Meßglocken darf der Unterschied zwischen der 0,5 m über dem Fußboden und 0,5 m über der hochgefahrenen Meßglocke gemessenen Temperatur nicht mehr als 0,5 °C betragen, gegebenenfalls ist durch Anbringen von Deckenventilatoren für einen ausreichenden Temperatenausgleich zu sorgen.

Die Temperaturkonstanz in den Prüfräumen muß insgesamt derart sein, daß an allen für die Prüfung wesentlichen oder maßgebenden Temperaturmeßstellen an Normalen und Prüflingen (nach ausreichendem Temperatenausgleich) die Temperatur vor Beginn der Prüfung bei nicht eingeschalteten Gebläsen um nicht mehr als 1 °C von der in der Umgebung der Normale und Prüflinge gemessenen mittleren Raumtemperatur abweicht.

3.4.2 Anschluß und Schaltung der Normale

Normale werden in der Regel ortsfest aufgestellt oder fest in Gaszählerprüfstände eingebaut. An den Einbau von Normalen in Prüfanlagen zur Prüfung von Großgaszählern werden von der PTB besondere Anforderungen gestellt. Bedingt durch den eingegrenzten Verwendungsbereich (vgl. Abschnitt 3.1) sind Normale verschiedener Größen je nach Art und Größe der zu prüfenden Zähler erforderlich, d. h., durch einfache Umschaltung von einem Normal auf ein anderes mit sich anschließendem Belastungsbereich kann die Prüfung durchgeführt werden. Hierbei ist zu beachten, daß sich die Belastungsbereiche der Normale immer etwas überlappen sollen. Die Überlappung ist deshalb zu fordern, weil sie eine gegenseitige Kontrolle der Normale gestattet. Weichen die festgestellten Fehlerwerte bei der Prüfung eines Zählers im Überlappungsbereich zweier Normale um mehr als 0,3% voneinander ab, so ist die Ursache festzustellen. Bei Abweichungen bis zu 0,3% können die Fehlerwerte gemittelt werden.

Bei der Prüfung größerer Zähler dürfen zum Erzielen einer mit einem einzelnen Normalgaszähler nicht erreichbaren Belastung bis zu drei Normale parallel geschaltet werden. (Für Meßglocken vgl. Nr. 5.1.3)

3.4.3 Einbau der Prüflinge

Der Einbau der Prüflinge und deren Verbindung mit den Normalen ist einerseits abhängig von der Arbeitsweise der Prüfanlage, d. h. ob Druckbetrieb (Über-

druck) oder Saugbetrieb (Unterdruck) vorliegt, und andererseits von der Bauart der Prüflinge; außerdem wird noch zwischen Einzel- und Hintereinanderschaltung der Prüflinge unterschieden.

Normalgaszähler können sowohl im Druck- als auch im Saugbetrieb benutzt werden, Meßglocken arbeiten nur im Druckbetrieb. Bei Prüfanlagen, die im Druckbetrieb arbeiten, empfiehlt es sich, vor allem bei größeren Durchflüssen, durch geeignete Maßnahmen, z. B. Wärmetauscher, die erzeugte Kompressionswärme der Prüfluft abzuführen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Temperaturkonstanz am einfachsten dadurch erreicht werden kann, daß das Gebläse drehzahlgesteuert und die Luft aus dem Prüfraum angesaugt und wieder in ihn ausgeblasen wird. Sie zirkuliert in diesem Falle zwischen Ausblase- und Ansaugstutzen durch den Raum und kann sich dabei seiner Temperatur wieder angleichen.

Bei Zählern, die bereits längere Zeit im Netz eingebaut waren, empfiehlt es sich, die Prüfluft ins Freie abzublasen (Geruchsbelästigung durch Odoriermittel) und, je nach Aufbau der Prüfanlage, zur Vermeidung von Verunreinigungen des Normals zwischen diesem und dem Prüfling ein Filter, z. B. Plattenfilter, vorzusehen. Andernfalls sollte das Normal vor dem Prüfling angeordnet werden.

Bei großen Prüfbelastungen ist das Ansaugen der Prüfluft aus dem Freien oder aus Nachbarräumen mit wesentlich anderen Temperaturverhältnissen mitunter unumgänglich. In diesem Fall sind Temperaturregeleinrichtungen für die angesaugte Luft erforderlich.

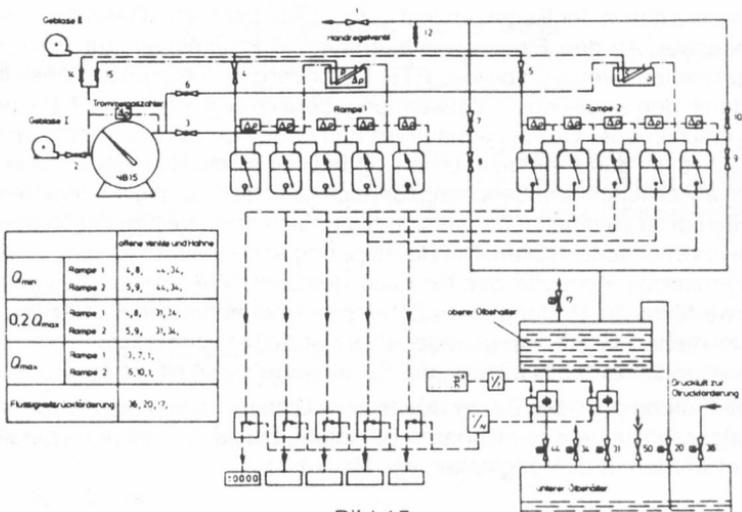


Bild 15

Schematischer Aufbau einer Prüfanlage für Balgengaszähler mit Druckbetrieb (siehe auch 5.1.4) Ovalradzähler mit Impulsgeber Magnetventil Flüssigkeitseinfülltrichter Absperr-Armatur

Der schematische Aufbau einer mit Druckbetrieb arbeitenden Prüfanlage für Balgengaszähler bis zur Größe G 10 ist in Bild 15 dargestellt. Bild 16 zeigt den schematischen Aufbau einer mit Saugbetrieb arbeitenden Prüfanlage für größere Gaszähler.

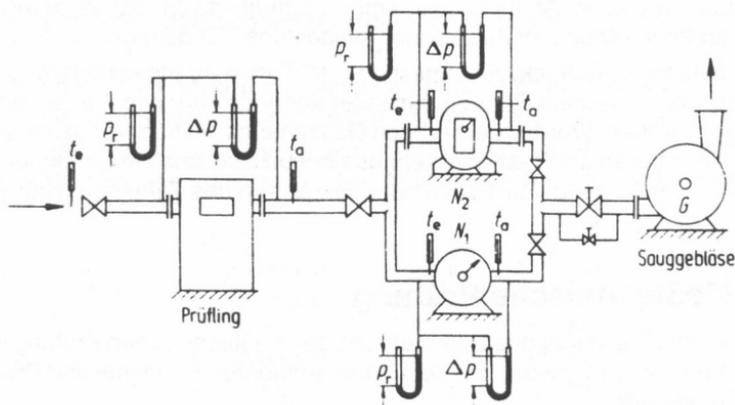


Bild 16

Schematischer Aufbau einer Prüfanlage mit Saugbetrieb

- N_1 Normal-Trommelgaszähler NB 50, N_2 Normal-Drehkolbengaszähler
 \bowtie Absperr-Armatur, \bowtie Drossel-Armatur, t_e, t_a Temperaturmeßstellen,
 Δp Manometer für Druckverlust, p_r Manometer für Referenzdruck

Vor den Prüflingen – ausgenommen Balgengaszähler – sind grundsätzlich gerade Einlaufrohre mit gleichem Innendurchmesser, wie er am Eintritt in den Prüfling vorhanden ist, vorzusehen. Um im Falle eines Ansaugens der Prüfluft direkt aus dem Raum mit geringem Aufwand an Leitungslänge strömungstechnisch günstige Voraussetzungen im Einlauf zu schaffen, soll das Einlaufrohr auch auf der Einströmseite einen Flansch haben. Die Innenkante dieses Flansches ist leicht zu runden ($r \approx 0,02 D$). Flanschdichtungen dürfen nicht in das Rohr hineinragen. Die Länge des Einlaufrohrs muß bei Turbinenradgaszählern gleich oder größer $5 D$ und bei anderen Gaszählern gleich oder größer $3 D$ sein.

Als Ausgangsrohre sind gerade Rohrstücke mit gleichem Innendurchmesser wie am Ausgang des Prüflings vorzusehen. Die erforderliche Länge des Auslaufrohrs muß gleich oder größer $3 D$ sein. Nennweitenunterschiede zwischen den Anschlußrohren von Prüflingen und Prüfstrecke sind durch Übergangsstücke (Diffusoren oder Konfusoren) zu überbrücken, die bei Längen bis zu $3 D$ höchstens einen Öffnungswinkel (doppelter Kegelwinkel) von 14° haben dürfen.

Bei Prüfanlagen mit mehreren Meßstrecken müssen Rohrverzweigungen vor oder hinter Normalen und Prüflingen so absperrbar sein, daß strömungslose (Sack-)Rohre nicht an durchströmte Rohre angrenzen. Zur Vermeidung längerer

Einstellzeiten sind die Thermometer ohne „Taschen“ direkt in die Rohrstrecken einzusetzen. Bei axial durchströmten Turbinenradgaszählern gilt zusätzlich, daß das Verhältnis Meßfühlerdurchmesser zu Rohrdurchmesser gleich oder kleiner 0,1 sein muß, wobei der Abstand des Temperaturfühlers vom Zähler im Einlaufrohr mindestens $5 D$ und im Auslaufrohr mindestens $1 D$ betragen muß.

Druckmeßstellen zur Druckverlustmessung an Turbinenradgaszählern sind in einem Abstand von einem Rohrdurchmesser vor und hinter den Flanschen des Zählers anzuordnen. Werden bei anderen Gaszählern zur Druckverlustmessung nicht die Anschlüsse am Gaszählergehäuse benutzt, so sind die Druckmeßstellen ebenfalls im Abstand von $1 D$ von den Flanschen des Zählers anzuordnen.

4. Meßtechnische Prüfung

Die nachfolgend beschriebene Durchführung der meßtechnischen Prüfung ist im wesentlichen auf die Verwendung der vorher genannten Prüfmittel und Prüfeinrichtungen abgestimmt.

4.1 Allgemeine Bestimmungen für die Prüfung

Der zu prüfende Gaszähler muß betriebsbereit sein; d. h., Ölbehälter oder Ölkammern, die zur Schmierung von Lagern und Getriebeteilen vorhanden sind, müssen mit einem in der Betriebsanleitung des Zählers angegebenen Öl vorschriftsmäßig gefüllt sein.

Falls an dem Prüfling ein abnehmbares Prüfzählglied verwendet werden soll, muß es bei der Prüfung angebracht sein. Wird der Prüfling mit Einrichtungen zur Vorausbezahlung oder mit eingebauten Impulsgebern ausgerüstet, so werden diese Zusatzeinrichtungen als Bestandteil des Gaszählers betrachtet und müssen bereits bei der Prüfung angeschlossen bzw. eingebaut sein.

Zwecks Temperaturangleichung an die Prüfraumtemperatur muß der zu prüfende Gaszähler mindestens 5 Stunden vor der Prüfung in den Prüfraum oder in einen Raum mit annähernd Prüfraumtemperatur gebracht werden. Bei Hochdruck-Gaszählern mit großen Wanddicken können auch längere Zeiten erforderlich sein.

4.2 Dichtheitsprüfung

4.2.1 Prüfung auf äußere Dichtheit

Vor Beginn der Prüfung ist die äußere Dichtheit der Prüfstrecke (gesamte Rohrleitung zwischen Prüfling und Normal einschließlich Prüfling, Normal und angeschlossener Druckmeßgeräte) festzustellen. Der notwendige Prüfdruck richtet sich in Art (Über- oder Unterdruck gegenüber dem Atmosphärendruck) und Größe nach dem Betriebsdruck des Prüfstands. Er muß mindestens 10 mbar und darf höchstens das Dreifache des Betriebsdrucks betragen.

Nach Einstellung des Prüfdrucks ist vor Beginn der Dichtheitsprüfung zur Temperaturangleichung eine Wartezeit von etwa 5 Minuten einzulegen.

Bei der Dichtheitsprüfung ist die Temperatur in der Prüfstrecke an geeigneter Stelle an einem mindestens in 0,1 °C geteilten Thermometer zu beobachten. Diese Temperatur darf sich während der Dichtheitsprüfung nicht meßbar verändern.

Das bei der Dichtheitsprüfung benutzte Manometer muß eine Empfindlichkeit von mindestens 20 mm Ausschlag pro 1 mbar haben.

Die Dichtheitsprüfung soll so durchgeführt werden, daß die Leckrate Q_L eine Druckänderung von mindestens Δp (Tabellenwert) in der Prüfstrecke verursacht:

	zulässige Leckrate pro Abschnitt Q_L	zulässige Leckrate ΣQ_L	Δp in der Prüfstrecke mindestens mbar	Prüfzeiten Δt_{pruf} min
Balgengaszähler	0,001 Q_{min}	0,003 Q_{min}	0,2	3 bis 12
Drehkolben- gaszähler Turbinenrad- gaszähler Wirbelgaszähler		0,001 Q_{min}	1,0	3 bis 12

Für die Dichtheitsprüfung an Prüfständen für Balgengaszähler kann die Prüfstrecke in bis zu 5 Abschnitte (4 Prüfgestelle und Normal) aufgeteilt werden. Bei dieser abschnittswisen Durchführung der Dichtheitsprüfung darf die Summe aller Leckraten höchstens den angegebenen Tabellenwert für ΣQ_L erreichen.

Für kleine Druckänderungen Δp pro Zeitintervall Δt gilt die Größengleichung *)

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{Q_L \cdot p_{\text{abs}}}{V_e} \quad (3)$$

Für die Prüfzeit, nach der die Druckänderung den Grenzwert von Δp erreichen darf, gilt für Drehkolben-, Turbinen- u. Wirbelgaszähler und einen einzelnen Prüfstreckenabschnitt bei Balgengaszählern die Zahlenwertgleichung

$$\Delta t_{\text{pruf}} = \frac{60 \cdot \Delta p \cdot V_e}{0,001 \cdot Q_{\text{min}} \cdot p_{\text{abs}}} = \frac{60\,000 \cdot \Delta p \cdot V_e}{Q_{\text{min}} \cdot p_{\text{abs}}} \quad (4)$$

*) Größengleichung, Zahlenwertgleichung s. [12]

In dieser Zahlenwertgleichung sind:

Δt_{pruf}	Zahlenwert der Prüfzeit in min
V_e	Zahlenwert des eingeschlossenen Volumens in m ³
Q_{min}	Zahlenwert der kleinsten Prüfbelastung in m ³ /h
Δp	Zahlenwert der Druckänderung in mbar (Wert aus Tabelle)
$p_{\text{abs}} = p_{\text{amb}} + p_e$	Zahlenwert des Anfangsdrucks als Absolutdruck in mbar
p_{amb}	Zahlenwert des Barometerstands
p_e	Zahlenwert des Überdrucks in der Prüfstrecke

Bei $|p_e| \leq 20$ mbar kann zur Vereinfachung $p_{\text{abs}} = 1000$ mbar gesetzt werden.

Die in der Tabelle angegebene minimale Prüfzeit von $\Delta t_{\text{pruf}} = 3$ min darf in keinem Fall – auch wenn sich rechnerisch ein kleinerer Wert ergibt – unterschritten werden.

Ergibt die vorstehende Berechnung zu lange Prüfzeiten, so müssen die Randbedingungen (z. B. durch Verkleinerung des eingeschlossenen Volumens) entsprechend geändert werden.

4.2.2 Prüfung auf innere Dichtheit

Die Prüfung auf innere Dichtheit einer Prüfanlage soll ausschließen, daß Normale oder Prüflinge durch Undichtheiten parallel liegender Absperreinrichtungen umströmt werden. Bei gleichzeitiger Benutzung von miteinander verbundenen Prüfstrecken müssen daher zur Erkennung und Verhinderung von Undichtheiten besondere Schaltmöglichkeiten vorgesehen werden, d. h., die Prüfstrecken oder einzelne Prüfstreckenabschnitte müssen durch Doppelabsperreinrichtungen mit dazwischen liegender Entlüftung bzw. Druckmeßmöglichkeit voneinander getrennt werden. Bei kleineren Normal-Trommelgaszählern (NB 2/ NB 3), bei denen aufgrund der hohen Auflösung der Volumenanzeige kleine Leckmengen direkt vom Zähler angezeigt werden, kann auf eine Doppelabspernung verzichtet werden. Bei den übrigen Normalzählern müssen vor und hinter den Zählern Absperrorgane angeordnet werden.

4.3 Ablesung bei der Prüfung

Ein Gaszähler genügt den Anforderungen hinsichtlich der Fehlergrenzen, wenn diese bei den in den nachfolgenden Vorschriften für die verschiedenen Gaszählerarten angegebenen Durchflußwerten eingehalten werden. Für die jeweils angegebenen Durchflußwerte sind Abweichungen von höchstens $\pm 5\%$ zulässig. Die bei der Prüfung von Balgengaszählern mindestens zu wählenden Prüfvolumina sind in der Eichanweisung angegeben, siehe auch Tabelle 3, S.35. Bei Drehkolben- und Turbinenradgaszählern müssen die Prüfvolumina einer Prüfdauer von mindestens 6 Minuten entsprechen. Bei Verwendung besonderer Hilfsmittel, z. B. Impulsgeber, können kürzere Prüfzeiten angewendet werden. Die Bestimmung des Zählwerksfortschritts mit Hilfe der Impulzzählung darf dabei höchstens eine Unsicherheit nach der folgenden Tabelle erreichen:

Zählerart	Durchfluß	zulässige Unsicherheit *)
Balgengaszähler	$Q_{\min} \leq Q < 2 Q_{\min}$	$\pm 0,6 \%$
	$2 Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$	$\pm 0,4 \%$
Drehkolben- und Turbinenrad-gaszähler	$Q_{\min} \leq Q < 0,2 Q_{\max}$	$\pm 0,4 \%$
	$0,2 Q_{\max} \leq Q \leq Q_{\max}$	$\pm 0,2 \%$

Bei den sogenannten „HF-Gebern“ (hochfrequente Impulsgeber vor der Justierung) ist die Unsicherheit hauptsächlich durch den Zählfehler um ± 2 Impulse gegeben.

Bei sogenannten „NF-Gebern“ (niederfrequente Impulsgeber hinter der Justierung) können auch niedrige Impulszahlen (1 bis 50) gewählt werden unter der Voraussetzung, daß die Impulse mit entsprechender Flankensteilheit und Reproduzierbarkeit erzeugt werden. Bei NF-Impulsgebern können sich periodische Fehler oder auch Zahnradspiele im Antrieb nachteilig auswirken. Hierbei sind im Einzelfall Untersuchungen zur Feststellung der Reproduzierbarkeit erforderlich. Diese ist ausreichend, wenn die bei etwa 30 Wiederholungsmessungen festgestellten Fehlerwerte eine zweifache Standardabweichung gemäß der obigen Tabelle aufweisen.

4.3.1 Volumenanzeige

Zur Feststellung etwa vorkommender Ablesefehler empfiehlt es sich, bei jedem Prüfpunkt nach Durchlaß des halben Prüfvolumens eine Zwischenablesung vorzunehmen. Die Endablesung der ersten Teilprüfung stellt dann die Anfangsablesung der zweiten Teilprüfung dar.

Das Ablesen der Anzeige ist bei gleichmäßigem Gang der Zähler bzw. der Meßglocken vorzunehmen. Hierbei sind zwei Beobachter notwendig, falls nicht besondere elektrische oder elektronische Ablesevorrichtungen vorhanden sind. Bei Balgengaszählern darf die Anfangs- und Endablesung im Stillstand erfolgen, wenn das Verhältnis Anfahrzeit plus Abbremszeit zur Meßzeit $< 0,05$ ist. Bei Trommelgaszählern sollte die Ablesung am Anfang und Ende eines Prüfgangs möglichst bei der gleichen Zeigerstellung vorgenommen werden, um den periodischen Fehler des Normals auszuschalten.

4.3.2 Verwendung und Prüfung von eingebauten Impulsgebern

In Turbinenrad- und Drehkolbengaszählern können vor der Justierstufe zur Erzeugung von hohen Impulsfrequenzen Impulsgeber eingebaut sein, die entweder *) zweifache Standardabweichung von etwa 30 Wiederholungsmessungen

der Zahnscheiben oder ähnliche Scheiben auf der Meßwerkswelle oder bei Turbinenradgaszählern auch direkt die Turbinenschaufeln zur Erzeugung elektrischer Impulse benutzen (Bild 17). Durch diese „hochfrequenten“ Impulsgeber [13] können z. B. angeschlossene elektronische Umwerter mit erheblich kürzeren Arbeitsperioden arbeiten, was zu einem besseren dynamischen Verhalten bei sich ändernden Meßgrößen führt und außerdem die Anwendung der Ausgangssignale für Regelungszwecke ermöglicht.

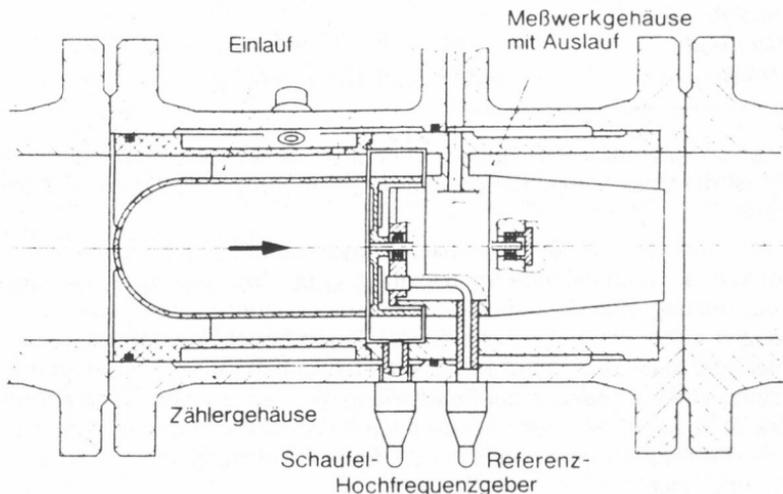


Bild 17
 Turbinenradgaszähler mit eingebauten HF-Impulsgebern

Der Impulswert von hochfrequenten Impulsgebern ist aus dem Umdrehungswert des Prüfzählglieds, dem Übersetzungsverhältnis zwischen Meßwerkswelle und Zählwerk, sowie aus der Zähnezah der Impulsgeberscheibe bzw. der Schaufelzahl des Turbinenrads auf mindestens 7 Ziffern genau zu berechnen und gerundet auf 6 geltende Ziffern am Impulsgeber in einer der folgenden Formen anzugeben:

$$\begin{aligned} \text{„1 imp} &\hat{=} \text{-----m}^3 \text{ (dm}^3\text{)“} \\ \text{„1 m}^3 &\hat{=} \text{-----imp“} \end{aligned}$$

Falls sich bei der 6ziffrigen Zahl für die letzten Stellen nach dem Dezimalkomma Nullen ergeben, so können sie bei der Angabe auf dem Schild weggelassen werden.

Das Übersetzungsverhältnis muß aus dem Getriebeplan unter Verwendung der Zähnezahlen für die tatsächlich eingebauten Justierräder berechnet werden.

Eine meßtechnische Überprüfung muß auf jeden Fall durchgeführt werden, da bei den eingebauten Zahnrädern Verwechslungen möglich sind. Die Unsicherheit der meßtechnischen Prüfung darf 0,05 % nicht überschreiten. Zur Durchführung muß der Zählwerksvorschub des Volumengaszählers mit der Anzahl der vom Impulsgeber abgegebenen Impulse verglichen werden. Bei Turbinenrad- und Drehkolbengaszählern ist zur Erzielung einer Unsicherheit von 0,05 % ein Prüfvolumen erforderlich, das bis zu 8 Minuten Betrieb bei Q_{\max} entspricht.

Der Vergleich kann so durchgeführt werden, daß ein geeigneter elektronischer Impulszähler bei Nulldurchgang der letzten Zahlenrolle des Zählwerks von Hand gestartet und nach Durchgang des geforderten Prüfvolumens gestoppt wird.

Falls der Gaszähler mit einem niederfrequenten Impulsgeber ausgestattet ist, kann der Vergleich auch über eine Impulsverhältnis-Messung der niederfrequenten Impulse mit einem Universal-Zähler mit Vorwählwerk ausgeführt werden.

Wenn eine Abweichung zwischen angegebenem und gemessenem Impulswert von mehr als 0,05 % festgestellt wird, so ist die Messung u. U. mit vergrößertem Prüfvolumen zu wiederholen. Werden Eingriffe in das Meßwerk oder Getriebe des Volumengaszählers vorgenommen (z. B. Generalüberholung, Auswechslung von Justirrädern), so ist der Impulswert des eingebauten Impulsgebers neu zu bestimmen.

Nach Auswechslung des Impulssensors ist lediglich eine Funktionsprüfung erforderlich.

4.3.3 Verwendung von Impulsgebern an Normalgaszählern

Werden an Normalgaszählern hochfrequente Impulsgeber für Prüfzwecke verwendet, so müssen Doppelimpulsgeber bzw. zwei Impulsgeber vorhanden sein. Aus Gründen der Funktionsfehlersicherheit muß der Meßaufbau zweikanalig ausgeführt sein.

Bei niederfrequenten Impulsgebern genügt jedoch eine einkanalige Ausführung, wenn das Prüfvolumen bei Balgengaszählern höchstens 20 Impulsen und bei anderen Volumengaszählern höchstens 50 Impulsen entspricht.

4.3.4 Temperaturmessung

Die Temperaturen sind am Eingangs- und Ausgangsstutzen aller an der Prüfung beteiligten Zähler zu messen. Bei Trommelgaszählern ist außerdem die Temperatur der Sperrflüssigkeit, bei Meßglocken die Temperatur der Luft im Glockenboden und die der Sperrflüssigkeit zu messen.

Die Temperaturablesungen sollen zu Beginn und gegen Ende des Prüfgangs vorgenommen werden. Keine Temperatur darf sich während des Prüfgangs um mehr als 0,3 °C ändern.

Die Temperaturen am Eingang und Ausgang der Zähler dürfen sich bei Beginn eines Prüfgangs höchstens um 0,5 °C unterscheiden.

Die Temperaturen im Glockenboden von Meßglocken und am Eingangsstutzen von Trommelgaszählern dürfen höchstens um 0,5 °C von der Temperatur der Sperrflüssigkeit abweichen.

Als maßgebende Temperatur gilt bei Trommelgaszählern die Ausgangstemperatur, bei Meßglocken die Temperatur im Glockenboden. Bei den übrigen Gaszählern gilt der Mittelwert zwischen Eingangs- und Ausgangstemperatur, der auf 0,1 °C gerundet werden kann.

Die Prüfraumtemperatur ist in das Prüfprotokoll einzutragen, wenn sie sich nach der letzten Eintragung um mehr als 0,5 °C geändert hat.

Es ist bekannt, daß Kompakt-Prüfstände für kleine Balgengaszähler häufig so gebaut und aufgestellt werden, daß die Thermometer am Ein- und Austrittsstutzen der Trommelgaszähler nicht zugänglich sind und deshalb nicht abgelesen werden können. Dies ist auch nicht unbedingt erforderlich, wenn die Raumtemperatur gut geregelt ist und mittels anderer Temperaturmeßstellen nachgewiesen werden kann, daß die vorgenannten Anforderungen eingehalten werden.

Die Ersatzmeßstellen für die Temperatur können je nach angewandeter Schaltung aus der folgenden Tabelle gewählt werden:

Ersatzmeßstelle des Trommelgaszählers für die	Schaltung			
	Saugbetrieb I	II	III	Druckbetrieb IV
Eingangstemperatur	Trommelgaszähler vor den Balgengaszählern	Trommelgaszähler hinter den Balgengaszählern	Trommelgaszähler vor den Balgengaszählern	Trommelgaszähler hinter den Balgengaszählern
Ausgangstemperatur	Raumtemperatur in der Nähe der Ansaugöffnung	Austrittstemperatur aus dem Prüfgestell	Lufttemperatur in der Druckleitung zwischen Gebläse u. Normal	Austrittstemperatur aus dem Prüfgestell
	Eintrittstemperatur in das Prüfgestell	Eintrittstemperatur in das Gebläse	Eintrittstemperatur in das Prüfgestell	Austrittstemperatur am Ausblaserrohr

Tabelle 2 Ersatzmeßstellen für die Temperatur an Trommelgaszählern in Kompakt-Prüfständen für Balgengaszähler

Folgende Bedingungen sind dabei einzuhalten:

Die Eingangstemperatur an der Ersatzmeßstelle muß während der Messungen auf $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit der Öltemperatur im Trommelgaszähler übereinstimmen.

Die Gastemperatur, gemessen am Vorderboden des Trommelgaszählers, muß auf $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit der Ausgangstemperatur der Ersatzmeßstelle übereinstimmen.

Damit keine Temperaturkorrektur vorgenommen werden muß, müssen die Austrittstemperatur des Trommelgaszählers und die maßgebliche Temperatur der Balgengaszähler auf $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ übereinstimmen.

Die zeitlichen Änderungen der Temperaturen dürfen $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ während eines Prüfungs nicht überschreiten.

Wie man aus Tabelle 2 ersieht, macht die Schaltung I (Saugbetrieb) am wenigsten Schwierigkeiten und ist deshalb vorzuziehen.

Besondere Schwierigkeiten sind beim Druckbetrieb zu erwarten, da bei den üblichen Gebläsedrücken mit einer Temperaturerhöhung von $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Gebläse zu rechnen ist. Zwischen Gebläse und Prüfstand muß deshalb in diesem Fall eine Art Wärmetauscher, z. B. eine längere, gut von Raumluft umspülte, Rohrleitung vorhanden sein.

Weiter ist darauf zu achten, daß die Prüfstände nicht zu sehr eingekapselt werden. Die von der Klimaanlage umgewälzte Raumluft muß die Normale und Leitungen umspülen können. Die durchsichtigen Manometerleitungen müssen auf eventuell eingedrungene Manometerflüssigkeit kontrollierbar sein.

Wenn sich nach der Anfangsphase gezeigt hat, daß die Temperaturbedingungen gut eingehalten werden, so kann es genügen, die Temperaturen stichprobenweise, z. B. bei jedem 5. Prüfungs, zu überprüfen.

4.3.5 Druckmessung

Der Bezugsdruck (maßgebender Druck) eines jeden an der Prüfung beteiligten Zählers ist als Druck gegen die Atmosphäre (positiver oder negativer Überdruck) an dem mit p , bezeichneten Druckmeßstutzen bzw. bei Balgengaszählern unmittelbar vor dem Eingangsstutzen der Zähler zu messen und auf $0,1\text{ mbar}$ gerundet in das Prüfprotokoll einzutragen; bei größeren Schwankungen sind die Grenzwerte mit einzutragen.

Der Druckverlust wird durch Gegeneinanderschalten der Druckmeßstellen am Eingang und Ausgang eines jeden Zählers gemessen; sein Wert ist auf $0,05\text{ mbar}$ gerundet in das Prüfprotokoll einzutragen; bei größeren Schwankungen (Resonanzbereich) sind die Grenzwerte mit einzutragen. Bei Balgengaszählern dürfen mehrere Zähler gleicher Größe bei der Prüfung hintereinandergeschaltet werden, jedoch darf der größte zwischen dem Normal (Bezugsdruck) und dem Eingang eines Prüflings der Reihe zu messende Druckunterschied nicht mehr als 12 mbar betragen.

4.4 Fehlergrenzen

Der Anzeigefehler eines Gaszählers wird prozentual als Verhältnis der Differenz zwischen dem angezeigten und dem wirklich durch den Gaszähler geflossenen Volumen zu diesem Volumen ausgedrückt.

Die Fehler gelten für Messungen mit Luft mit einer Bezugsdichte von $1,2 \text{ kg/m}^3$. Unter normalen atmosphärischen Bedingungen kann angenommen werden, daß die Luft im Prüfraum diese Voraussetzung erfüllt.

Die Fehlergrenzen der einzelnen Gaszählerbauarten sind in der Eichordnung festgesetzt und gelten für die zugelassenen Durchflußrichtungen.

Bei der amtlichen Prüfung dürfen die Fehler nicht sämtlich die Hälfte der zulässigen Fehlergrenzen überschreiten, wenn sie alle das gleiche Vorzeichen haben.

4.5 Fehlerbestimmung

4.5.1 Fehlerdefinition

Bei Gaszählern wird bei der meßtechnischen Prüfung die Richtigkeit der Anzeige des Prüflings durch Vergleich mit einem geeigneten Normalgerät (Normal) mit bekanntem Fehlerverhalten festgestellt. Für den Fehler der Anzeige des Prüflings gilt nach der Eichanweisung, Allgemeine Vorschriften [4], in Übereinstimmung mit dem Normblatt DIN 1319 [6] die Definition des relativen Fehlers in %

$$f_G = \frac{V_G - V}{V} \cdot 100 \% \quad (5)$$

V_G das vom Prüfling angezeigte Volumen

V das wirklich durch den Prüfling geströmte Volumen

Bei Verdrängungsgaszählern ist darauf zu achten, daß periodische Fehler, bedingt durch einen pulsierenden Durchfluß bei der Messung mit Meßkammern, durch Wahl eines entsprechend großen Prüfvolumens bzw. durch eine entsprechend hohe Anzahl von Arbeitsgängen ausgeglichen werden.

4.5.2 Fehlerberechnung

Der Anzeigefehler des zu prüfenden Gaszählers wird durch Vergleich mit der Anzeige eines geeigneten Normals unter Einbeziehung dessen Eigenfehlers bestimmt.

Das wirklich durch das Normal geströmte Volumen V' ergibt sich aus der Anzeige des Normals V_N mit dem relativen Fehler des Normals

$$f_N = \frac{V_N - V'}{V'} \cdot 100 \% \quad (6)$$

$$\text{zu: } V' = \frac{V_N}{1 + \frac{f_N}{100}} \quad (7)$$

Das wirklich durch den Prüfling geströmte Gasvolumen V erhält man durch Umrechnung von V' auf den Zustand am Prüfling nach der Zustandsgleichung für ein ideales Gas:

$$V = V' \cdot \frac{\rho_N \cdot T_G}{\rho_G \cdot T_N} \quad (8)$$

Aus den Gleichungen (5), (7) und (8) folgt für den relativen Fehler des Prüflings:

$$f_G = \left[\frac{V_G}{V_N} \cdot \frac{\rho_G \cdot T_N}{\rho_N \cdot T_G} \cdot \left(1 + \frac{f_N}{100}\right) - 1 \right] \cdot 100 \% \quad (9)$$

Für die Auswertung dieser exakten Gleichung empfiehlt sich die Verwendung eines programmierbaren Rechners. Wenn die Zustandsänderungen zwischen Normal und Prüfling gering sind, kann das folgende Näherungsverfahren angewendet werden.

Ohne Berücksichtigung des Fehlers des Normals und der unterschiedlichen Gaszustände in Normal und Prüfling ergibt sich der rohe Fehler des Prüflings

$$f_r = \frac{V_G - V_N}{V_N} \cdot 100 \% \quad (10)$$

V_N ist das vom Normal angezeigte Volumen.

Unter normalen atmosphärischen Bedingungen kann angenommen werden, daß die Luft im Prüfraum eine Dichte von etwa $1,2 \text{ kg/m}^3$ hat.

Infolge von Strömungswiderständen sind die thermodynamischen Zustände (Bezugsdruck und -temperatur) in Prüfling und Normal nicht gleich. Da die Änderungen von Druck und Temperatur zwischen Prüfling und Normal im allgemeinen klein sind, reicht für die Praxis häufig eine Abschätzung der Druck- und Temperaturberichtigung bei durchschnittlichen Prüfbedingungen (Druck im Normal $\rho_N \approx 1000 \text{ mbar}$, Temperatur im Normal $\vartheta_N \approx 20^\circ\text{C}$) aus.

Bei Einsetzen der Druckdifferenz $\rho_G - \rho_N$ zwischen Prüfling und Normal in mbar ergibt sich die Druckberichtigung in % zu

$$k_p \approx 0,1 \cdot (\rho_G - \rho_N) \% \quad (11) *$$

*) Ableitung der Gleichungen siehe Anhang 2

Für die Temperaturberichtigung in % gilt

$$k_t \approx 0,34 \cdot (\vartheta_N - \vartheta_G) \% \quad (12)$$

Mit den vereinfachten Beziehungen Gl. (11) und (12) und dem Fehler des Normals f_N gilt somit für den Fehler des Gaszählers näherungsweise

$$f_G \approx f_r + f_N + k_D + k_t \quad (13)$$

Bei großem rohen Fehler f_r des Prüflings kann eine zweite Druck- und Temperaturberichtigung erforderlich werden. Für den relativen Fehler des Prüflings gilt dann näherungsweise

$$f_G \approx f_r + f_N + k_D + k_t + \frac{f_r}{100} (k_D + k_t) \quad (14)$$

Gl. (9) kann noch um den Korrekturwert k_1 in % erweitert werden, der sich aus dem Justiersprung der Zähnezahlen der Justieräder ableitet (s. Anhang 3), falls bei der Prüfung noch die Nulljustierung eingebaut ist.

Die vorgenannten Auswerteformeln (13) und (14) haben nur Gültigkeit, wenn der Fehler des Normals und die Berichtigungen klein ($\leq 0,5 \cdot$ Eichfehlergrenze) sind gegenüber der jeweiligen Eichfehlergrenze. Bei größeren Abweichungen ist die exakte Gl. (9) anzuwenden.

4.6 Meßunsicherheit

In Nr. 2.5.1.1 der Eichanweisung, Allgemeine Vorschriften [4] wird allgemein gefordert, daß der Fehler von Normalgeräten höchstens 1/3 der Eichfehlergrenzen der zu prüfenden Geräte beträgt. Auf die Prüfung von Gaszählern angewendet bedeutet dies, daß die Gesamtunsicherheit des Prüfstands nur 1/3 der Eichfehlergrenze betragen darf. Die Gesamtunsicherheit ergibt sich aus den unbekannt systematischen Fehlern der Normalgeräte (Normalgaszähler, Druckmeßgeräte, Temperaturmeßgeräte usw.) und den zufälligen Fehlern (Ablesefehler, zufällige Fehler der Normale, z. B. infolge wechselnder Umgebungseinflüsse).

Die systematischen Fehler der Normale können durch präzise Kalibrierung oder Berücksichtigung des Eigenfehlers klein gehalten werden. Die Berücksichtigung des Eigenfehlers der Normalgaszähler ist wegen der engen Fehlergrenzen bei der Prüfung von Drehkolben- und Turbinenradgaszählern unbedingt erforderlich.

Die zufälligen Fehler hängen in starkem Maße vom Prüfverfahren, insbesondere von den Prüfmengen (Volumina) ab. Aufschluß über die Größe der zufälligen Fehler erhält man durch Ausführung von 20 bis 30 Wiederholungsmessungen und Berechnung der Standardabweichung. Besonders ungünstige Verhältnisse liegen bei der Q_{\min} -Prüfung von Balgengaszählern vor, da hier aus Zeitgründen

Prüfvolumina gewählt werden müssen, die im Verhältnis zum periodischen Fehler des Meßwerks klein sind. Bei Wiederholungsmessungen an Balgengaszählern empfiehlt es sich, die Zähler in ihren Einbauplätzen (Serienprüfstand) mehrfach auszutauschen, da es hier auch Abweichungen von Einbauplatz zu Einbauplatz gibt (z. B. durch nur gruppenweise ausgeführte Druckberichtigungen).

5. Prüfung der verschiedenen Gaszähler-Ausführungen

5.1 Prüfung von Balgengaszählern

5.1.1 Prüfbelastungen und Prüfvolumina

Die Zähler sind

- bei dem Durchfluß Q_{\min} ,
- bei dem Durchfluß $0,2 Q_{\max}$ und
- bei dem Durchfluß Q_{\max}

auf Einhaltung der Fehlergrenzen zu prüfen.

Die Prüfbelastungen, die Mindestwerte der erforderlichen Prüfvolumina, die zulässigen Werte des maximalen Durchflusses, die obere Grenze des entsprechenden minimalen Durchflusses und die Kleinstwerte für den Meßrauminhalt sind in den folgenden Tabellen 3a und 3b, bezogen auf die Größenbezeichnungen G bzw. NB der Gaszähler, angegeben.

Tabelle 3a: Prüfbelastungen und Prüfvolumina

Zählergröße	Q_{\min} in m^3/h	Q_{\max} in m^3/h	Meßraum- inhalt V Kleinstwert in dm^3	Q_{\min} in m^3/h	Prüfvol. in m^3	$0,2Q_{\max}$ in m^3/h	Prüfvol. in m^3	Q_{\max} in m^3/h	Prüfvol. in m^3
NB 2,4*)	0,060	5,0	2,0	0,06	0,03	1,0	0,10	5,0	0,3
NB 3*)	0,060	5,0	2,0	0,06	0,03	1,0	0,10	5,0	0,3
NB 3	0,060	6,0	2,0	0,06	0,03	1,2	0,10	6,0	0,3
NB 6*)	0,060	10	5,0	0,06	0,03	2,0	0,20	10	0,6
NB 6	0,060	12	5,0	0,06	0,03	2,4	0,20	12	0,6
NB 10*)	0,100	16	10	0,10	0,15	3,2	0,30	16	0,9
NB 10	0,100	17	10	0,10	0,15	3,4	0,30	17	0,9
NB 20	0,200	35	20	0,20	0,15	7,0	0,6	35	1,8
NB 30	0,300	50	30	0,30	0,3	10,0	1,0	50	2,5
NB 50	0,500	85	50	0,50	0,5	17,0	1,5	85	5,0
NB 100	1	170	120	1	1,5	34,0	3,0	170	8,5
NB 150	1,5	225	200	1,5	1,5	45,0	4,0	225	12,0
NB 200	2	300	300	2	2,0	60,0	5,0	300	15,0
NB 300	3	450	500	3	3,0	90,0	7,5	450	25,0
NB 500	5	675	1000	5	6,0	135,0	15,0	675	35,0

*) im Belastungsbereich eingeschränkte Zähler

Tabelle 3b: Prüfbelastungen und Prüfvolumina

Zählergröße	Q_{min}	Q_{max}	Meßraum- inhalt V Kleinstwert in dm^3	Q_{min}	Prüfvol.	$0,2Q_{max}$	Prüfvol.	Q_{max}	Prüfvol.
	Größt- wert in m^3/h	in m^3/h		in m^3/h	in m^3	in m^3/h	in m^3	in m^3/h	in m^3
G 2.5	0.025	4.0	1,2	0,025	0,02	0,8	0,10	4,0	0,2
G 4	0.040	6.0	2.0	0,04	0,03	1,2	0,10	6,0	0,3
G 6	0.060	10	3.5	0,06	0,03	2,0	0,20	10	0,5
G 10	0.100	16	6	0,10	0,15	3,2	0,30	16	0,9
G 16	0.160	25	10	0,16	0,15	5,0	0,45	25	1,3
G 25	0.250	40	18	0,25	0,2	8,0	0,7	40	2,0
G 40	0.400	65	30	0,40	0,3	13,0	1,2	65	3,5
G 65	0.650	100	55	0,65	0,5	20,0	1,8	100	5,0
G 100	1	160	100	1	1,5	32,0	3,0	160	8,0
G 160	1.6	250	200	1,6	1,5	50,0	4,5	250	13,0
G 250	2.5	400	400	2,5	3,0	80,0	7,0	400	20,0
G 400	4	650	900	4	6,0	130,0	14,0	650	35,0

5.1.2 Druckverlust

Der Druckverlust eines Balgengaszählers schwankt periodisch mit dem Füllen und Entleeren der Meßkammern. Er wird nur bei der Ersteichung des Zählers gemessen. Es wird hierbei zwischen mechanischem Druckverlust und Gesamtdruckverlust unterschieden. Der mechanische Druckverlust, d. h. der Druckverlust bei der Durchströmung mit Luft bei einem Durchfluß zwischen Q_{min} und $2 Q_{min}$, darf hierbei die in Tabelle 4 genannten Höchstwerte nicht überschreiten. Der Gesamtdruckverlust wird bei der Durchströmung mit Luft bei dem Durchfluß Q_{max} gemessen und darf die in Tabelle 4 genannten höchstzulässigen Mittelwerte nicht überschreiten.

Tabelle 4: Druckverlustwerte

Größenbezeichnung der Gaszähler	Höchstwerte des mechanischen Druckverlusts bei der Ersteichung		Höchstzulässige Druck- verlustmittelwerte bei der Ersteichung	
	in Pa	in mbar	in Pa	in mbar
G 1,6 bis G 10	60	0.6	200	2
G 16 bis G 40	60	0.6	300	3
G 65 bis G 650	100	1.0	400	4

Die Prüfung auf Einhaltung des mechanischen Druckverlusts [14] bringt die Schwierigkeit mit sich, daß kontrolliert werden muß, ob die während einer Meßwerksumdrehung viermal kurzzeitig auftretenden Spitzenwerte unterhalb der vorgeschriebenen Höchstwerte bleiben. Da bei der Q_{\min} -Prüfung eine Meßwerksumdrehung selbst bei kleineren Zählern mehrere Minuten dauert, scheidet eine visuelle Beobachtung der Manometer bei Reihenprüfständen aus. Es ist zweckmäßig, Manometer mit Maximumeinrichtung oder mit Grenzwertmelder bzw. Druckwächter mit Grenzwertmelder einzusetzen. Bei der $0,2\text{-}Q_{\max}$ -Prüfung treten die Druckspitzen zwar in gleicher Höhe auf, die Flanken der Druckspitzen sind jedoch so steil, daß ihre Messung mit Flüssigkeitsmanometern nicht möglich ist. Von **Messer** und **Eujen** [15] wurde ein besonderes Manometer entwickelt, das bis zu Drehzahlen von 5 min^{-1} geeignet ist. Dieses Manometer ist bei der $0,2\text{-}Q_{\max}$ -Prüfung bei großen Balgengaszählern etwa von der Größe G 160 ab einsetzbar. (Entwickelt wurde das Manometer für die Prüfung bei $0,2 Q_e \approx 0,1 Q_{\max}$).

5.1.3 Prüfung mit Meßglocken

Für die Prüfung mit Meßglocken gelten die Angaben der Tabelle 3.

Nach der Füllung der Meßglocken darf erst nach einer Abtropfzeit von 2 Minuten mit der Prüfung begonnen werden. Meßglocken dürfen für einen Prüfvorgang bis zu dreimal nacheinander gefüllt werden.

Bei Meßglocken mit einem Meßrauminhalt von 600 dm^3 darf der Glockendruck durch Auflegen von Gewichten so weit erhöht werden, daß 7 Balgengaszähler der Größen G 4 oder G 6 (NB 3 oder NB 6) bei der Höchstbelastung Q_{\max} gleichzeitig in Hintereinanderschaltung (vergl. aber Nummer 4.3.4) geprüft werden können. Der verbleibende nutzbare Glockeninhalte muß jedoch mindestens 500 dm^3 betragen. Von den Werten der Tabelle 3 darf dann insoweit abgewichen werden, daß das Prüfvolumen bei der Prüfung von Zählern der Größe NB 6 bei Q_{\max} und bei der Prüfung von Zählern der Größe NB 20 bei $0,2 Q_{\max}$ statt 600 dm^3 500 dm^3 betragen darf.

5.1.4 Q_{\min} -Prüfung nach besonderem Verfahren

Bei der üblichen Feststellung des Anzeigefehlers durch Ablesen des Zählwerksfortschritts kann eine ausreichende Ablesesicherheit nur durch die in der Tabelle 3 festgelegten Prüfvolumina erreicht werden. Für die Q_{\min} -Prüfung werden dadurch die Prüfzeiten sehr lang. Eine erhebliche Zeitersparnis ergibt sich, wenn der periodische Fehler des Prüflings dadurch ausgeschaltet wird, daß bei dem Durchfluß Q_{\min} volle Arbeitsgänge des Meßwerks angewendet werden und der diesen entsprechende Volumendurchgang am Normal festgestellt wird. Man erhält bei diesem Verfahren den Meßrauminhalt des Zählers. Hieraus kann unter Berücksichtigung der Justierung im Zählwerksgetriebe der am Zählwerk zur Anzeige kommende Wert berechnet werden. Seine Abweichung gegenüber dem Soll-Wert ist der Fehler des Zählers bei dem Durchfluß Q_{\min} .

Wenn die Größe des Normals und seine Empfindlichkeit es gestatten, die jeweiligen Prüfvolumina mit einer Ableseunsicherheit von weniger als 0,2% festzustellen *), genügen im allgemeinen zwei Arbeitsgänge des Meßwerks für die Fehlerfeststellung. Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist allerdings, daß die Meßwerkswelle nach Abnahme des Zählwerks soweit zugänglich ist, daß mit Hilfe einer besonders anzubringenden Vorrichtung eine genaue Einstellung von vollen Umdrehungen der Meßwerkswelle möglich ist. Ferner darf das Antriebsmoment für das Zählwerk den Fehler bei Q_{\min} nicht beeinflussen.

Um Haushalts-Balgengaszähler nach diesem Verfahren prüfen zu können, benötigt man ein Normalgerät mit sehr hoher Auflösung.

Möglichkeit A: Zylinder-Kolben-System (z. B. Pneumatik-Zylinder) mit Vorschub des Kolbens über eine Gewindespindel. Mit Hilfe eines Impulsgebers ist eine genaue Weg-Abtastung an der Spindel möglich.

Möglichkeit B: Gaszähler-Prüfgerät mit indirekter Gasvolumenmessung durch Bestimmung des Volumens einer Ölmenge mit Hilfe von Flüssigkeitszählern, z. B. Ovalradzähler, dargestellt unten rechts in Bild 15 auf Seite 22. Hierbei werden Ovalradzähler mit sehr kleinem Meßrauminhalt verwendet, die über einen Impulsgeber 1000 Impulse pro Prüfgang erzeugen.

Technisch wird die Prüfung wie folgt vorgenommen: Das Zählwerk des Prüflings wird entfernt und auf die aus dem Innern des Meßwerks kommende Welle ein ausgewuchteter, verstellbarer Zeiger von etwa 300 mm Länge aufgesetzt. Der Prüfling wird in üblicher Weise an das Normal angeschlossen. Die Schaltung richtet sich nach den jeweiligen örtlichen Verhältnissen (Art der Normale und ihres Betriebs). Sie soll nach Möglichkeit so vorgenommen werden, daß die Prüfung bei $0,2 Q_{\max}$ und bei Q_{\max} ohne Umbau des Prüflings im Prüfstand (und nochmalige Dichtheitsprüfung) erfolgen kann.

An die Ausgangsleitung des Prüflings wird mit einem Schlauch, der so steif sein soll, daß er nicht leicht abknicken kann, ein kleiner Hahn angeschlossen. Durch Öffnen des Hahns wird der Zähler in Betrieb gesetzt und festgestellt, wo im Gang des Meßwerks Totpunkte (Haltepunkte des Prüfzeigers) vorhanden sind. Bei diesen Stellungen darf mit der Q_{\min} -Prüfung nicht begonnen werden. Vielmehr wird das Meßwerk durch Öffnen des Hahns so weit bewegt, daß es etwa in der Mitte zwischen zwei Totpunkten steht. Der Prüfzeiger wird anschließend so gedreht, daß er nach unten zeigt. Diese Anfangsstellung wird durch eine dicht vor der Zeigerspitze angebrachte Marke markiert. Durch einen zwischen Normal und Prüfling angeordneten Einstellhahn wird dann das Normal in die gewünschte Anfangs-(Null-)stellung gebracht.

Durch Öffnen des Schlauchhahns in der Ausgangsleitung wird nunmehr der Prüfling bei dem Durchfluß Q_{\min} solange betrieben, bis der Prüfzeiger genau zwei volle Umläufe gemacht hat. Diesem Fortschritt der Anzeige des Prüflings entspricht der am Normal abzulesende Fortschritt. Aus diesen beiden Werten wird

*) Zweifache Standardabweichung von etwa 30 Wiederholungsmessungen

der rohe Fehler berechnet und daraus unter Berücksichtigung der Druck- und Temperaturberichtigungen und des Normalgerate-Fehlers der unjustierte Anzeigefehler des Prüflings. Aus der Zähnezahle der beiden Justieräder (oder des Justierades) des abgenommenen Zählwerks wird aus der Tabelle (Anhang 3) der Justiersprung entnommen und zu dem unjustierten Fehler algebraisch addiert; die Summe ist der Anzeigefehler des Gaszählers bei dem Durchfluß Q_{\min} . Die Q_{\min} -Prüfung nach dem vorstehend angegebenen Verfahren soll nach Möglichkeit vor den beiden anderen Prüfungen durchgeführt werden.

Zur Feststellung des mechanischen Druckverlusts ist das Zählwerk am Zähler anzubringen und ein besonderer Prüfgang zu fahren.

5.2 Prüfung von Drehkolbengaszählern

5.2.1 Prüfbelastungen

Für Drehkolbengaszähler wird eine Prüfung innerhalb des Belastungsbereichs auf Einhaltung der Fehlergrenzen bei folgenden Durchflüssen empfohlen:

Q_{\min} ; $0,05 Q_{\max}$; $0,1 Q_{\max}$; $0,25 Q_{\max}$; $0,4 Q_{\max}$; $0,7 Q_{\max}$ und Q_{\max} .

Die Durchflüsse $0,05 Q_{\max}$ oder $0,1 Q_{\max}$ können – je nach Belastungsbereich des Zählers – mit Q_{\min} identisch oder kleiner sein; sind sie kleiner, so entfällt der betreffende Prüfpunkt.

Wird die Prüfung unter anderen Bedingungen durchgeführt, so muß sie ein den vorgenannten Prüfungen gleichwertiges Ergebnis gewährleisten.

Eine Prüfung in eventuellen Resonanzbereichen der Normal-Drehkolbengaszähler oder der Prüflinge ist nach Möglichkeit durch Ausweichen auf erhöhte oder verringerte Belastungen oder durch Einstellen der Belastung an einem anderen Absperrorgan zu vermeiden. Falls notwendig, muß der Fehler bei der Soll-Belastung durch je eine Prüfung bei kleinerer und bei größerer Belastung und Interpolation der hierbei gefundenen Fehlerwerte festgestellt werden.

5.2.2 Druckverlust – Bezugsdruck

Bei allen Prüfbelastungen muß der Druckverlust gemessen werden. Der gemessene Druckverlust ist über der Belastung des Zählers aufzutragen. Soweit es nicht bereits während des Prüfgangs erkennbar ist, kann aus dem Verlauf der Druckverlustkurve festgestellt werden, ob Resonanzschwingungen vorliegen.

Der im Eingangsstutzen gemessene statische Druck gilt als Bezugsdruck p_r .

5.3 Prüfung von Drehschleusengaszählern

Die Vorschriften der Nr. 5.2 gelten analog für Drehschleusengaszähler.

5.4 Prüfung von Turbinenradgaszählern

5.4.1 Prüfbelastungen

Für Turbinenradgaszähler wird eine Prüfung innerhalb des Belastungsbereichs auf Einhaltung der Fehlergrenzen bei folgenden Durchflüssen empfohlen:

Q_{\min} ; $0,05 Q_{\max}$; $0,1 Q_{\max}$; $0,25 Q_{\max}$; $0,4 Q_{\max}$; $0,7 Q_{\max}$ und Q_{\max} .

Die Durchflüsse $0,05 Q_{\max}$ oder $0,1 Q_{\max}$ können – je nach Belastungsbereich des Zählers – mit Q_{\min} identisch oder kleiner sein; sind sie kleiner, so entfällt der betreffende Prüfpunkt.

Wird die Prüfung unter anderen Bedingungen durchgeführt, so muß sie ein den vorgenannten Prüfungen gleichwertiges Ergebnis gewährleisten.

5.4.2 Bezugsdruck

Der unmittelbar vor dem Turbinenrad gemessene statische Druck gilt als Bezugsdruck p_r , auf den das angezeigte Gasvolumen bezogen wird.

5.5 Prüfung von Wirbelgaszählern

5.5.1 Prüfbelastungen

Die Vorschriften der Nr. 5.4 gelten analog für Wirbelgaszähler.

5.5.2 Elektronisches Zählwerk

Das elektronische Zählwerk ist vor der Eichung der vollständigen Meßeinrichtung einer gesonderten Vorprüfung zu unterziehen. Diese Prüfung wird zweckmäßigerweise mit Hilfe von Simulatoren durchgeführt.

Bei der Prüfung des elektronischen Zählwerks sind die jeweils entsprechenden Hinweise in dem hierzu besonders erstellten PTB-Prüfbericht zu beachten.

6. Auswertung der Meßwerte

6.1 Fehlerfeststellung

Für die Fehlerberechnung gilt Nr. 4.5 (Fehlerbestimmung), d. h., der rohe Fehler des Gaszählers sowie eine Druckberichtigung Gl. (11) und eine Temperaturberichtigung Gl. (12) werden berechnet. Für diese Berechnung können die für die jeweiligen Gaszählerarten gültigen PTB-Formblätter mit zugehöriger Gebrauchsanleitung oder ähnliche Formblätter (Anhang 4 und 5) benutzt werden. Die den jeweils eingestellten Prüfbelastungen zugeordneten Fehler und Druckwerte der Normale sind ihren Prüfscheinen zu entnehmen.

Eine Temperaturberichtigung ist bei Balgengaszählern nicht erforderlich, wenn $|\vartheta_N - \vartheta_G| < 0,5 \text{ K}$ ist.

Eine Druckberichtigung ist bei Balgengaszählern nicht erforderlich, wenn $|\rho_G - \rho_N| < 2 \text{ mbar}$ ist.

6.2 Fehlerdarstellung

Die bei den einzelnen Prüfbelastungen gefundenen und berichtigten relativen Fehler des Prüflings werden über der Belastung bzw. dem Belastungsgrad aufgetragen. Bei großem Belastungsbereich (Balgengaszähler) ist es zweckmäßig, für den Belastungsgrad einen logarithmischen Maßstab zu wählen.

Die Fehlerwerte von Teilprüfgängen dürfen um nicht mehr als 0,3% voneinander abweichen; bei größerer Differenz muß der Prüfgang wiederholt werden. Die Fehlerkurve sollte in ihrem Verlauf der für die betreffende Gaszählerbauart und -größe charakteristischen entsprechen.

6.3 Darstellung der Druckverlustwerte

Die Auftragung der gemessenen Druckverlustwerte des Gaszählers über der Belastung bzw. dem Belastungsgrad muß einen glatten Verlauf zeigen. Zeigt sich z. B. bei Drehkolbengaszählern durch eine nach oben gehende Spitze ein Pulsationseinfluß (Resonanzschwingung), so muß der entsprechende Prüfgang wiederholt werden (s. auch Nr. 5.2.1).

7. Meßtechnische Prüfung von Gaszählern mit Hochdruckgas [16]

Je nach Meßprinzip eines Gaszählers und in Abhängigkeit von seinem inneren Aufbau läßt sich das gefundene Fehlerverhalten bei Prüfungen mit Luft mit einer Bezugsdichte von $1,2 \text{ kg/m}^3$ unter normalen atmosphärischen Bedingungen nicht immer auf den betrieblichen Einsatz bei der Messung von Gasen mit anderen thermodynamischen Eigenschaften bei höheren Drücken und den Einsatz bei anderen Temperaturen übertragen. Bei Drehkolbengaszählern pulsiert der Durchfluß bedingt durch den nicht linearen Zusammenhang von Drehwinkel und durchgeströmtem Volumen. Bei Hochdruckbetrieb können diese Pulsationen zu Betriebsstörungen führen. Ziel der meßtechnischen Prüfung von Großgaszählern mit Gas unter hohem Druck ist die Bereitstellung von Gaszählerbauarten, die unter den tatsächlichen Betriebsverhältnissen genau messen und eine ausreichende Lebensdauer unter Einhaltung der gesetzlich vorgegebenen Fehlergrenzen erwarten lassen. Zähler, die eine geringe Druckabhängigkeit aufweisen, können optimal für Luft und Hochdruckgas justiert werden.

7.1 Normalgeräte

Als Normale können Gaszähler verwendet werden, die von der PTB als Normale genehmigt sind und die mit Luft in der PTB und mit Hochdruckgas auf einem anerkannten Hochdruckprüfstand mit entsprechenden Kontrollnormalzählern geprüft worden sind. Die Fehlerkurven bei Luft und Hochdruckgas dürfen um nicht mehr als 0,5% voneinander abweichen.

Turbinenrad-, Drehkolben- und Drehschleusengaszähler können für einen Durchflußbereich von 1:5 ($Q_{\min} : Q_{\max}$) genehmigt werden.

Bei Wirbelgaszählern wird der Durchflußbereich in Abhängigkeit von den Ausleistungsdaten, d. h. von der dynamischen Viskosität und der Dichte des Gases, somit von der Reynoldszahl (Re_{\min} und Re_{\max}), festgelegt.

Anstelle der vorgenannten Normalgaszähler können auch Düsen bei überkritischer Entspannung verwendet werden. Dieses Prüfverfahren ist aber bei der Anwendung im Hochdruck mit einer größeren Meßunsicherheit als bei Atmosphärendruck behaftet, da sich bei nicht idealen Gasen bei dem Entspannungsvorgang in der Düse die Kompressibilität und der Isentropenexponent ändern. Bedingt durch die Verwendung realer Gase bei der Prüfung muß deren Abweichung vom Verhalten des idealen Gases beim Expansionsvorgang in der Düse an Hand der thermodynamischen Grundgleichungen im Enthalpie-Entropie-Diagramm des Gases verfolgt werden.

Der sich hierfür ergebende Korrekturfaktor kann für einige Gase aus den in [17] veröffentlichten Diagrammen entnommen werden.

7.2 Hilfsmeßgeräte

Für die Temperatur- und Zeitmeßgeräte gelten die unter 3.2 genannten Hinweise.

Der Betriebsdruck bzw. der statische Druck kann mittels geeigneter Kolbenmanometer gemessen werden.

Für die Druckverlustmessungen können Flüssigkeits-Manometer mit Quecksilber- oder Wasserfüllung (s. Bild 18) eingesetzt werden, aber auch Kolbenmanometer zur Messung von Differenzdrücken bei hohen statischen Drücken sind hierfür geeignet.

Welche Meßunsicherheiten bei der Druckmessung eingehalten werden müssen, kann nicht allgemeingültig festgelegt werden. Hierzu ist im Einzelfall der Einfluß einer fehlerhaften Druckmessung auf das Endergebnis, z. B. nach der Fehlerfortpflanzungsformel, zu untersuchen. Dabei ist zu beachten, daß fehlerhafte Druck- und Temperaturmessungen auch zu Fehlern bei den Kompressibilitätszahlen führen.

7.3 Hinweise für die Prüfung

Für den Einbau der Prüflinge und Normale in die Meßstrecke sowie für die Druck- und Temperaturmeßstellen gelten die unter 3.4.2 und 3.4.3 genannten Bedingungen. Für die Mindest-Prüfvolumina und die Volumenanzeige gelten die unter 4.3 genannten Bedingungen entsprechend.

Der statische Druck des Zählers oder Normals, auf den das Prüfvolumen bezogen wird, ist als Überdruck gegen den atmosphärischen Druck an der Bezugsdruckmeßstelle zu messen.

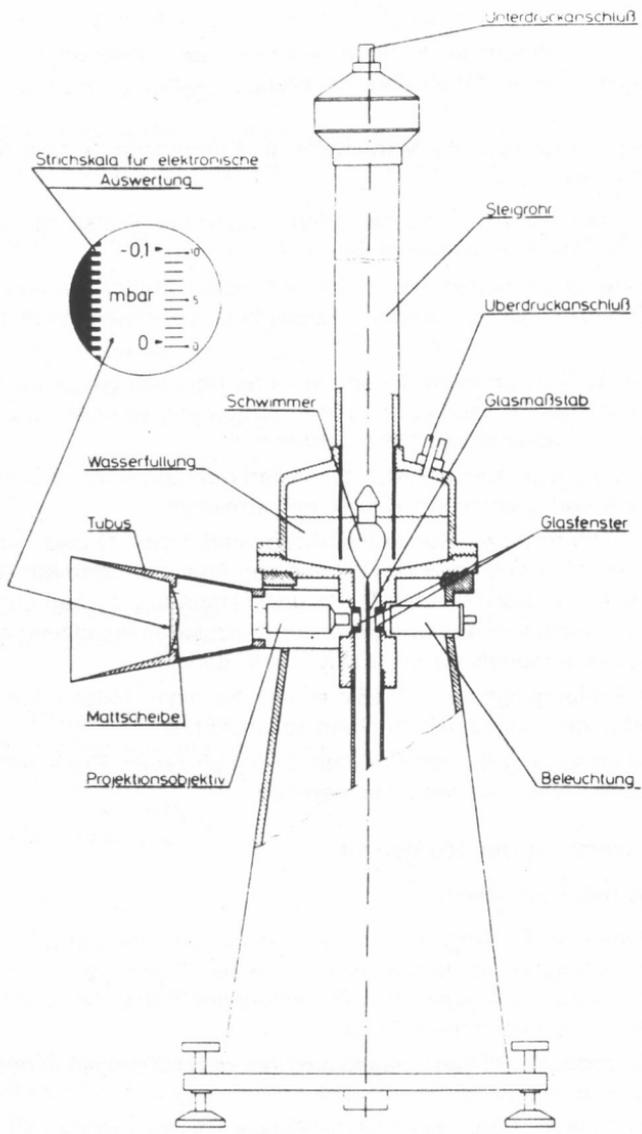


Bild 18
 Projektionsmanometer nach Betz

Der durch Strömungsverluste bedingte Differenzdruck zwischen den Bezugsdruckmeßstellen an Normal und Prüfling ist zu messen entweder

- a) mit z. B. zwei Kolbenmanometern als Differenz zweier statischer Überdrücke,
- b) mit z. B. einem Differenzdruckkolbenmanometer als statischer Überdruck an einer Druckmeßstelle und als Druckdifferenz zwischen zwei Druckmeßstellen oder
- c) mit z. B. einem Flüssigkeits-Manometer als Differenzdruck zwischen zwei Druckmeßstellen.

Der Differenzdruck darf einen bei der Anerkennung des Prüfstands durch die PTB festgelegten Wert nicht überschreiten.

Der Atmosphärendruck muß mit einem Stations- oder Gefäßheberbarometer vor Beginn der Prüfung bestimmt werden (Kuppen- und Temperaturkorrektur beachten).

Als maßgebende Temperaturen gelten die hinter dem Normal und hinter dem Prüfling gemessenen Temperaturen. Vor Durchführung einer Messung ist die Stabilisierung der Gastemperatur abzuwarten.

Der Temperaturgang an jeder der Meßstellen darf während einer Einzelmessung höchstens 0,2 K und höchstens 1 K in 10 min erreichen.

Die Realgasfaktoren bzw. Kompressibilitätszahlen des Gases sind nach Technischer Richtlinie G 9 der PTB [18] aus den Analysewerten der Gasstichprobe und aus den Zustandswerten Druck und Temperatur zu berechnen.

Sofern keine unmittelbaren Änderungen in der Gaszusammensetzung zu erwarten sind, ist nur eine monatliche Gasanalyse erforderlich.

Der gesamte Prüfungsaufbau – Meßstrecken, Normale, Hilfsmeßgeräte und Prüflinge – ist gegen Sonneneinstrahlung abzuschirmen.

Nähere Angaben für den Betrieb sind den für die einzelnen Prüfeinrichtungen herausgegebenen Anweisungen zu entnehmen.

7.4 Auswertung der Meßwerte

7.4.1 Allgemeine Hinweise

Der Anzeigefehler des Prüflings wird prozentual als Verhältnis der Differenz zwischen dem angezeigten und dem wirklich durch den Prüfling geströmten Volumen zu diesem Volumen ausgedrückt. Die ermittelten Fehler beziehen sich auf Messungen mit Gas unter hohem Druck.

Der Durchfluß, bezogen auf den Zustand am Normal, muß dessen angegebenen Belastungsbereich einhalten.

Bei der Auswertung der Messungen ist der Fehler des Normals gemäß der Fehlertabelle des Prüfscheins, gemessen mit Gas bei dem angegebenen Druck, einzusetzen.

Die Meßwerte am Normal sind:

V_N dem Zählwerksfortschritt entsprechendes Volumen

p_{eN} Gas-Überdruck an der Bezugsdruckmeßstelle

ϑ_N maßgebende Temperatur

Die Meßwerte am Prüfling sind:

V_G dem Zählwerksfortschritt entsprechendes Volumen

p_{eG} Gas-Überdruck an der Bezugsdruckmeßstelle

oder

Δp Differenzdruck zwischen den Bezugsdruckmeßstellen an Normal und Prüfling

ϑ_G maßgebende Temperatur

Zusätzliche Meßwerte bzw. Angaben sind:

p_{amb} Atmosphärendruck

g_n Norm-Fallbeschleunigung ($g_n = 9.80665 \text{ m/s}^2$)

ρ_n Dichte des Gases im Normzustand (Normdichte)

oder

d_r relative Dichte, Dichteverhältnis

ρ_b Betriebsdichte

Ergebnis der Gasanalyse

f_N Fehler des Normals lt. Prüfschein

7.4.2 Druck-Meßwerte

Aus den Meßwerten sind zu berechnen:

der Absolutdruck am Normal zu

$$p_N = p_{eN} + p_{amb} \quad (15)$$

und der Absolutdruck am Prüfling

$$p_G = p_{eG} + p_{amb} \quad (16)$$

oder

$$p_G = p_N + \Delta p \quad (17)$$

Hinweis:

Wird zur Messung des Gasüberdrucks ein Kolbenmanometer an einem Ort mit der Fallbeschleunigung g benutzt, so sind die gemessenen Werte für den Überdruck mit dem Zahlenwert g/g_n zu multiplizieren. Wird zur Differenzdruckmessung zwischen den Bezugsdruckmeßstellen ein Flüssigkeitsmanometer benutzt, so sind für die gemessenen Werte außerdem die entsprechenden Dichte- und Temperaturkorrekturen durchzuführen.

7.4.3 Realgasfaktor bzw. Kompressibilitätszahl von Erdgas

Für das bei der Prüfung verwendete Erdgas, von dem der Volumengehalt der wichtigsten Bestandteile wie CH_4 , N_2 , CO_2 , CO und höhere Kohlenwasserstoffe aus der Gasanalyse bekannt sind, ferner die Normdichte bzw. die relative Dichte d_v , werden für die Zustände (Absolutdruck und Temperatur) an Normal und Prüfling die Realgasfaktoren Z bzw. die Kompressibilitätszahlen K nach der Richtlinie G 9 der PTB, basierend auf dem Rechenverfahren nach AGA NX-19, berechnet.

$$K_N = \frac{Z_N}{Z_n} \quad \text{die Kompressibilitätszahl des Gases für den Zustand am Normal} \quad [19]$$

$$K_G = \frac{Z_G}{Z_n} \quad \text{die Kompressibilitätszahl des Gases für den Zustand am Prüfling}$$

Hinweis:

Geringe Druckunterschiede haben keinen nennenswerten Einfluß auf den Realgasfaktor und erfordern keine besondere Berücksichtigung.

7.4.4 Volumen-Meßwerte

Das wirklich durch den Prüfling geströmte Volumen V ergibt sich aus dem Meßwert V_N am Normal, berichtigt um den im Prüfschein für die jeweilige Druckstufe und Belastung angegebenen Fehler unter Berücksichtigung des Zustands am Prüfling, zu

$$V = \frac{V_N}{1+f_N/100} \cdot \frac{\rho_N}{\rho_G} \cdot \frac{T_G}{T_N} \cdot \frac{K_G}{K_N} \quad (18) *$$

7.4.5 Fehlerberechnung

Der relative Fehler des Prüflings wird wie folgt berechnet:

$$f_G = \left[\frac{V_G}{V_N} \cdot \frac{\rho_G}{\rho_N} \cdot \frac{T_N}{T_G} \cdot \frac{K_N}{K_G} \cdot (1 + f_N/100) - 1 \right] \cdot 100\% \quad (19) **$$

*) vergleiche mit Gl. (7) und (8), Seite 33.

**) vergleiche mit Gl. (9), Seite 33.

Anhang 1

Zulässige Belastungsbereiche von Drehkolben-, Turbinenrad- und Wirbelgaszählern mit den Größenbezeichnungen G und NB

G	Q_{\max} in m^3/h	Q_{\min}/Q_{\max} (Nennwert)					NB	Q_{\max} in m^3/h	Q_{\min} in m^3/h
		1/5	1/10	1/20	1/30*	1/50*			
		Q_{\min} in m^3/h							
16	25	5	2,5	1,3	0,8	0,5			
25	40	8	4	2	1,3	0,8			
40	65	13	6	3	2	1,3	50	60	
65	100	20	10	5	3	2	70	84	
100	160	32	16	8	5	3	100	120	
							150	180	
160	250	50	25	13	8	5	200	240	
250	400	80	40	20	13	8	300	360	
400	650	130	65	32	20	13	500	600	
650	1000	200	100	50	32	20	700	840	
1000	1600	320	160	80	50	32	1000	1200	

und die dezimalen Vielfachen der letzten fünf Zeilen der G-Größen bzw. der letzten 6 Zeilen der NB-Größen

*) vorbehaltlich einer Änderung der EWG-Richtlinie 71/318/EWG

Anhang 2

Ableitung des Näherungsverfahrens von Nr. 4.5.2

Verwendete Formelzeichen:

V_G vom Prüfling angezeigtes Volumen in m^3

V' wirklich durch den Prüfling geströmtes Volumen in m^3

V_N vom Normal angezeigtes Volumen in m^3

V' wirklich durch das Normal geströmtes Volumen in m^3

z Zustandsfaktor z (zur Unterscheidung zur Zustandszahl Z , mit der man den trockenen Anteil eines Gases auf den Normzustand umrechnet, wird hier ein kleines z verwendet)

p Druck (absolut) in mbar

Δp Druckunterschied zwischen Normal und Prüfling in mbar

T thermodynamische Temperatur in K

$\Delta \vartheta$ Temperaturunterschied zwischen Normal und Prüfling in K

m Masse des Gases in kg

R massenbezogene spezielle (individuelle) Gaskonstante in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

f_r roher Fehler des Prüflings in %
 f_N relativer Fehler des Normals in %
 f_G relativer Fehler des Prüflings in %

Definitionsgemäß ist der rohe Fehler des Prüflings

$$f_r = \frac{V_G - V_N}{V_N} \cdot 100\% \quad [1], (10) ^*)$$

oder

$$\frac{f_r}{100} = \frac{V_G}{V_N} - 1 \quad [2]$$

und der (bekannte) Fehler des Normals

$$f_N = \frac{V_N - V'}{V'} \cdot 100\% \quad [3], (6)$$

oder

$$\frac{f_N}{100} = \frac{V_N}{V'} - 1 \quad [4]$$

Um die durch Prüfling und Normal geströmten Volumina vergleichen zu können, muß mit Hilfe des Zustandsfaktors z eine Umrechnung auf den gleichen thermodynamischen Zustand erfolgen.

Es sei

$$z = \frac{V'}{V} \quad [5]$$

Der Fehler des Gaszählers ist definitionsgemäß

$$f_G = \frac{V_G - V}{V} \cdot 100\% \quad [6], (5)$$

oder

$$\frac{f_G}{100} = \frac{V_G}{V} - 1 \quad [7]$$

und nach Einführung der Beziehungen [2], [4] und [5]

$$\frac{f_G}{100} = \left[\left(1 + \frac{f_r}{100} \right) \left(1 + \frac{f_N}{100} \right) \cdot z \right] - 1 \quad [8]$$

*) runde Klammern bezeichnen Gleichungen in den Prüfregele, eckige Klammern Gleichungen im Anhang 2

Der Zustandsfaktor z wird aus der Zustandsgleichung für ein ideales Gas berechnet.

Zustand im Normal

$$\rho_N \cdot V' = m \cdot R \cdot T_N \quad [9]$$

Zustand im Prüfling

$$\rho_G \cdot V = m \cdot R \cdot T_G \quad [10]$$

Bei der Umrechnung des wirklichen Volumens V' vom Zustand im Normal auf den Zustand im Prüfling ist außer der individuellen Gaskonstante die Masse konstant. Druck und Temperatur können sich ändern. Aus den beiden Zustandsgleichungen ergibt sich als Zustandsfaktor

$$z = \frac{V'}{V} = \frac{\rho_G}{\rho_N} \cdot \frac{T_N}{T_G} \quad [11]$$

Da der Druckunterschied und der Temperaturunterschied zwischen Normal und Prüfling im Regelfall weniger als 0,01 von ρ_N bzw. T_N betragen, kann man für den Zustandsfaktor eine Näherungsformel entwickeln, wobei der dabei entstehende Fehler kleiner als 0,1% bleibt.

Es wird gesetzt:

$$\rho_G = \rho_N + \Delta\rho \quad [12], (17)$$

$$T_G = T_N - \Delta\vartheta \quad [13]$$

In den Ausdruck für den Zustandsfaktor eingeführt erhält man:

$$z = \frac{\rho_N + \Delta\rho}{\rho_N} \cdot \frac{T_N}{T_N - \Delta\vartheta}$$

$$z = \left(1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_N}\right) : \left(1 - \frac{\Delta\vartheta}{T_N}\right) \quad [14]$$

Durch Ausdividieren und Abbrechen nach dem quadratischen Glied erhält man:

$$z = 1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_N} + \frac{\Delta\vartheta}{T_N} + \frac{\Delta\vartheta \cdot \Delta\rho}{T_N \cdot \rho_N} + \frac{\Delta\vartheta^2}{T_N^2} + \dots \quad [15]$$

Durch Einsetzen in Gl. [8] und Ausmultiplizieren ergibt sich nach Ordnen der Veränderlichen:

$$\frac{f_G}{100} = \left[\left(1 + \frac{f_r}{100}\right) \left(1 + \frac{f_N}{100}\right) \left(1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_N} + \frac{\Delta\vartheta}{T_N} + \frac{\Delta\vartheta \cdot \Delta\rho}{T_N \rho_N} + \frac{\Delta\vartheta^2}{T_N^2}\right) \right] - 1$$

$$\frac{f_G}{100} = \frac{f_r}{100} + \frac{f_N}{100} + \frac{\Delta\rho}{\rho_N} + \frac{\Delta\vartheta}{T_N} + \frac{f_r \cdot f_N}{100 \cdot 100} + \frac{f_r \cdot \Delta\rho}{100 \cdot \rho_N} + \frac{f_N \cdot \Delta\rho}{100 \cdot \rho_N} +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{f_r \cdot \Delta\vartheta}{100 \cdot T_N} + \frac{f_r \cdot \Delta\vartheta}{100 \cdot T_N} + \frac{\Delta\rho \cdot \Delta\vartheta}{\rho_N \cdot T_N} + \frac{\Delta\vartheta^2}{T_N^2} + \frac{f_r \cdot f_N \cdot \Delta\rho}{100 \cdot 100 \cdot \rho_N} \\
& + \frac{f_r \cdot f_N \cdot \Delta\vartheta}{100 \cdot 100 \cdot T_N} + \frac{f_r \cdot \Delta\rho \cdot \Delta\vartheta}{100 \cdot \rho_N \cdot T_N} + \frac{f_N \cdot \Delta\rho \cdot \Delta\vartheta}{100 \cdot \rho_N \cdot T_N} + \frac{f_r \cdot \Delta\vartheta^2}{100 \cdot T_N^2} + \frac{f_N \cdot \Delta\vartheta^2}{100 \cdot T_N^2} \\
& + \frac{f_r \cdot f_N \cdot \Delta\rho \cdot \Delta\vartheta}{100 \cdot 100 \cdot \rho_N \cdot T_N} + \frac{f_r \cdot f_N \cdot \Delta\vartheta^2}{100 \cdot 100 \cdot T_N^2} + \dots \quad [16]
\end{aligned}$$

Die Anzahl der Glieder 3. Grades ist nicht vollständig, da beim Ausdividieren von z nach dem quadratischen Glied abgebrochen wurde. Üblicherweise wird die Fehlerberechnung nach den linearen Gliedern abgebrochen. Bei sehr hohen Druck- oder Temperaturdifferenzen können bis zu 7 quadratische Glieder wichtig werden. Unter Einbeziehung der quadratischen Glieder wird das Verfahren erheblich komplizierter als die Anwendung der idealen Gasgleichung.

Unter normalen Prüfbedingungen, d. h. bei $\rho_N \approx 1000$ mbar und $\vartheta_N \approx 20^\circ\text{C}$, können die nachfolgenden Auswerteformeln angegeben werden.

Die Umformung der Gleichungen [12] und [13] ergibt:

$$\Delta\rho = \rho_G - \rho_N \quad \text{und} \quad \Delta\vartheta = T_N - T_G = \vartheta_N - \vartheta_G$$

Für die 1. Druckberichtigung erhält man:

$$k_{p1} = \frac{1}{\rho_N} (\rho_G - \rho_N) \quad [17]$$

bzw. bei $\rho_N \approx 1000$ mbar:

$$k_p \approx 0,1 (\rho_G - \rho_N)\% \quad [18], (11)$$

ρ_G und ρ_N sind in mbar einzusetzen.

Für die 1. Temperaturberichtigung erhält man:

$$k_{\vartheta1} = \frac{1}{T_N} \cdot (\vartheta_N - \vartheta_G) \quad [19]$$

bzw. bei $T_N = 293,15$ K:

$$k_{\vartheta} \approx 0,34 (\vartheta_N - \vartheta_G)\% \quad [20], (12)$$

ϑ_N und ϑ_G sind in $^\circ\text{C}$ einzusetzen.

Mit den Gliedern 1. Grades aus Gl. [16] erhält man also die einfache Auswerteformel:

$$f_G \approx f_r + f_N + k_p + k_\theta \quad [21], (13)$$

Wie aus den Gliedern 2. Ordnung aus Gl. [16] ersichtlich, gilt für die Anwendung dieses Verfahrens, daß der Fehler des Normals klein sein muß. Außerdem wird bei großem rohen Fehler des Prüflings eine 2. Berichtigung erforderlich, die wie folgt angegeben wird für die 2. Druckberichtigung:

$$k_{p2} \approx \frac{f_r}{100} \cdot k_{p1} \quad [22]$$

und für die 2. Temperaturberichtigung:

$$k_{\theta2} \approx \frac{f_r}{100} \cdot k_{\theta1} \quad [23]$$

Unter Einbeziehung dieser 2. Berichtigungen kann somit für den unjustierten Fehler des Prüflings die vereinfachte Beziehung geschrieben werden:

$$f_G \approx f_r + f_N + k_p + k_\theta + \frac{f_r}{100} (k_p + k_\theta) \quad [24]$$

Dieser Ausdruck kann nach Abschluß der Fehlerberechnung noch um den Korrekturwert k_1 erweitert werden, der sich aus dem Justiersprung der Zähnezahlen der Justieräder ableitet, falls bei der Prüfung noch die Nulljustierung eingebaut ist.

Anmerkung: In einigen Vordrucken wird angegeben:

$$k_1 = f_N + k_p + k_\theta + k_1$$

$$k_2 = \frac{f_r}{100} \cdot k_1$$

oder

$$k_2 = \frac{f_r}{100} (f_N + k_p + k_\theta + k_1)$$

Diese Schreibweise für die 2. Berichtigung ist nicht richtig. Eine Einbeziehung des Korrekturwerts k_1 in die 2. Berichtigung führt zu einem falschen Ergebnis.

Beispiel

Prüfling:

$$V_G = 585,6 \text{ m}^3$$

$$p_G = 1018,45 \text{ mbar}$$

$$\vartheta_G = 19,10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$f_r = -2,4\%$$

Normal:

$$V_N = 600,00 \text{ m}^3$$

$$p_N = 1006,05 \text{ mbar}$$

$$\vartheta_N = 19,95 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$f_N = +0,28\%$$

1. Fehlerberechnung nach Gl. [21] mit 1. Berichtigung

$$f_G \approx f_r + f_N + k_p + k_\vartheta$$

$$k_p \approx 0,1 (p_G - p_N) \%$$

$$k_p \approx 0,1 (1018,45 - 1006,05) \%$$

$$k_p \approx +1,28\%$$

$$k_\vartheta \approx 0,34 (\vartheta_N - \vartheta_G) \%$$

$$k_\vartheta \approx 0,34 (19,95 - 19,10) \%$$

$$k_\vartheta \approx +0,289\%$$

$$f_G \approx -2,4 + 0,28 + 1,28 + 0,289$$

$$f_G \approx -0,551\%$$

2. Fehlerberechnung nach Gl. [24] mit 1. und 2. Berichtigung

$$f_G \approx f_r + f_N + k_p + k_\vartheta + \frac{f_r}{100} (k_p + k_\vartheta)$$

$$f_G \approx -2,4 + 0,28 + 1,28 + 0,289 + \frac{-2,4}{100} (1,28 + 0,289)$$

$$f_G \approx -0,589\%$$

3. Fehlerberechnung nach Gl. [16] nur mit den linearen und quadratischen Gliedern

$$\begin{aligned} \frac{f_G}{100} &\approx \frac{f_r}{100} + \frac{f_N}{100} + \frac{\Delta p}{p_N} + \frac{\Delta \vartheta}{T_N} + \frac{f_r \cdot f_N}{100 \cdot 100} + \frac{f_r \cdot \Delta p}{100 \cdot p_N} + \frac{f_N \cdot \Delta p}{100 \cdot p_N} \\ &+ \frac{f_r \cdot \Delta \vartheta}{100 \cdot T_N} + \frac{f_N \cdot \Delta \vartheta}{100 \cdot T_N} + \frac{\Delta p \cdot \Delta \vartheta}{p_N \cdot T_N} + \frac{\Delta \vartheta^2}{T_N^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{f_G}{100} &\approx -0,024 + 0,0028 + 0,012354 + 0,0029 - 0,000067 \\ &- 0,000296 + 0,000034 - 0,00007 + 0,000008 \\ &+ 0,000036 + 0,000008 \end{aligned}$$

$$f_G \approx -0,629\%$$

4. Fehlerberechnung nach Gl. [8] mit der Zustandsgleichung für ein ideales Gas

$$\frac{f_G}{100} = \left[\left(1 + \frac{f_r}{100}\right) \left(1 + \frac{f_N}{100}\right) \cdot \frac{\rho_G}{\rho_N} \cdot \frac{T_N}{T_G} \right] - 1$$

$$\frac{f_G}{100} = \left[\left(1 + \frac{-2,4}{100}\right) \left(1 + \frac{0,28}{100}\right) \frac{1018,45}{1006,05} \cdot \frac{293,1}{292,25} \right] - 1$$

$$f_G = -0,632\%$$

5. Korrektur des Fehlers f_G bei einem Balgengaszähler

Der festgestellte Fehler des Prüflings mit $f_G = -0,63\%$ kann mittels geeigneter Justierradpaarungen korrigiert werden.

Ist z. B. das Zahnradpaar 32/40 im Prüfling eingebaut, so kann es durch das Justieradpaar 37/46 ersetzt werden. Der somit bewirkte Justiersprung beträgt

$$k_1 = \left(\frac{j}{i} - 1\right) \cdot 100\%$$

Es bedeuten:

i_j Übersetzungsverhältnis des Justieradpaares

i Übersetzungsverhältnis des vorhandenen Zahnradpaares

$$k_1 = \left[\left(\frac{37 \cdot 40}{46 \cdot 32}\right) - 1 \right] \cdot 100\%$$

$$k_1 = +0,54\%$$

Somit ergibt sich für den Prüfling ein Restfehler von

$$f_G = -0,63\% + k_1$$

$$f_G = -0,09\%$$

Anhang 3

Justiersprung-Tabelle für Balgengaszähler

Zähnezahl		Korrekturwert k_j in %	Einzeljustierschritt in %
treibendes Rad	getriebenes Rad		
38	44	+7,37	0,70
30	35	+6,67	0,96
28	33	+5,71	0,95
42	50	+4,76	0,76
30	36	+4,00	0,67
24	29	+3,33	0,47
28	34	+2,86	0,36
32	39	+2,50	0,56
31	38	+1,94	0,40
26	32	+1,54	0,49
38	47	+1,05	0,51
37	46	+0,54	0,54
32	40	0	0
35	44	-0,57	0,57
38	48	-1,05	0,48
26	33	-1,54	0,49
29	37	-2,07	0,53
32	41	-2,50	0,43
38	49	-3,16	0,66
34	44	-3,53	0,37
33	43	-4,24	0,71
38	50	-5,26	1,02
24	32	-6,67	1,41
32	43	-7,50	0,83
28	38	-8,57	1,07

Beispiel:

Bei dem Prüfverfahren nach Nr. 5.1.4 ergibt sich ein relativer Fehler von $-4,1\%$. Durch Einsatz des Justieräderpaares 30/36 mit einem Korrekturwert von $k_j = +4,00\%$ wird der Fehler des Prüflings auf $-0,10\%$ berichtigt.

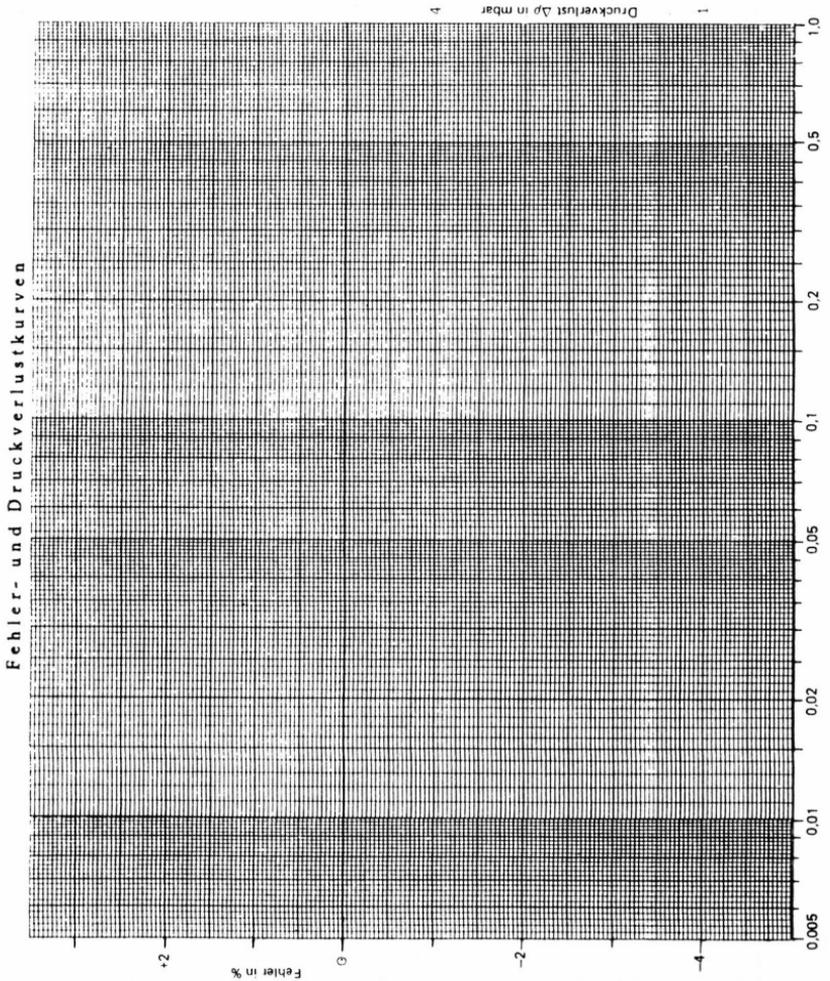
Anhang 4

Prüfsland-Nr. 2		Baigangszähler		122 137		Größe: M8 3 / G		0 : 0,06 0,2 : 1,2 0 : 6,0		3/h 3/h 3/h		
Fabrik-/Inventar-Nr.		137498		122632		156334		137546				
Prüfling	Belastung		m ³ /h	0,06	1,2	6,0	0,06	1,2	6,0	0,06	1,2	6,0
	Ablösung Ende		dm ³	521,6	622,8	925,8						
	Ablösung Anfang		dm ³	491,7	521,6	622,8						
Normal	Fortschritt	$V_{0,5}$	dm ³	29,9	107,2	303,0						
	Fortschritt	V_M	dm ³	30,0	100,0	300,0	30,0	100,0	300,0	30,0	100,0	300,0
	absolut	ΔV	dm ³	-0,1	+1,2	+3,0						
fehler	relativ	f_r	%	-0,33	+1,2	+1,0						
	Druckunterschied ($p_U - p_M$)	p	bar	-5,5	-8,0	-11,0						
Druckberichtigung	$0,1(p_U - p_M)$	b_p	%	-0,55	-0,8	-1,1						
	Temperaturunterschied ($\vartheta_M - \vartheta_U$)	ΔT	K	+0,6	+0,5	+0,5						
Temperaturberichtigung	$0,5(\vartheta_M - \vartheta_U)$	b_T	%	+0,21	+0,18	+0,18						
	fehler des Normals	f_N	%	+0,4	+0,2	+0,1						
berechnung	Berichtigungssumme	k	%	-0,06	-0,42	-1,02						
	fehler des Prüflings	f_U	%	-0,27	-0,78	-0,02						

Eidamt

Eidblatt Nr.

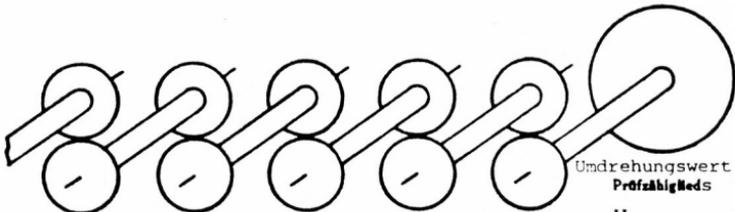
		Artung	Bauart	Größe	Meßinhalt	Hersteller	Fabrik-Nr.	Baujahr
Prüfling	G ₁				dm ³			
	N ₁							
Normalgerate	N ₂							
	N ₃							
	N ₄							
Ort der Prüfung		Datum	Beobacht.	Berechn.	Nachgerechn.			



noch Anhang 5

		Gegenstand	Zeich	Formel	Einh	Zl			
Prüf- gang	Prüfung	Ablesung Ende			m³	3	552,30	790,40	
	Normal	.. Anfang			..	4	492,90	641,60	
Volumen	Prüfung	Fortschritt	V _G		..	5	59,20	148,80	
	Normal	Ablesung Ende			..	6	8790,00	9050,00	
		.. Anfang			..	7	8730,00	8880,00	
		Fortschritt	V _N		..	8	60,00	150,00	
		Summe der Fortschritte	ΣV _N		..	9			
Rohrer Fehler	absolut	ΔV	V _G - ΣV _N	m³	10	- 0,80	- 1,20		
	relativ	f _r	100 ΔV / ΣV _N	%	11	- 1,33	- 0,80		
Drucke	Prüfung	Eingang			mbar	12			
		Ausgang			..	13			
		Druckverlust	Δp _G		..	14			
		Maßgebender Druck	p _G		..	15			
	Normal	Eingang			..	16	1,50	9,05	
		Ausgang			..	17			
		Druckverlust	Δp _G		..	18			
		" Sollwert			..	19			
		Maßgebender Druck	p _N		..	20			
		Druckberichtigung	k _p	0,1 (p _G - p _N)	%	21	2,15	12,45	
Temperaturen	Raum	ϑ _R		°C	23	19,8	19,8		
	Luftdruck	p _{amb}		mbar	24	1018,0	1018,0		
	Normal	IRZ NB 5000			°C	25			
		Eingang			..	26			
		Ausgang			..	27	19,8	19,7	
		Maßgebende Temperatur	ϑ _N		..	28	19,9	19,8	
	Prüfung	IRZ G 1600			..	29	19,85	19,75	
		Eingang			..	30			
		Ausgang			..	31	19,4	19,4	
		Maßgebende Temperatur	ϑ _G		..	32	19,4	19,4	
	Temperaturberichtigung	k _ϑ	0,3 ^h (ϑ _N - ϑ _G)	%	33	19,4	19,4		
Fehler- umrechnung	Fehler des Normals	f _N		%	34	0,157	0,122		
	Summe der Berichtigung	k	k _p + k _ϑ + f _N	%	35	0,40	0,51		
	Anteilige Berichtigung	k _a	k _p V _N / ΣV _N	%	36	0,492	0,292		
	Summe der Anteile	Σk _a		%	37				
	Ungerechneter Fehler	f _G	f _r + Σk _a	%	38	- 0,841	- 0,508		
Belastung	Normal	Meßdauer	t _v	s	41	363,72	361,08		
		Volumen	V _N	m³	42				
		Belastung	Q _N	3600 V _N /t _v	m³/h	43	593,86	1495,51	
		Belastungsgrad	B _N	Q _N /Q _{max}	l	44	0,09136	0,23007	
	Prüfung	Volumen	V _G		m³	45			
		Belastung	Q _G	3600 V _G /t _v	m³/h	46	585,94	1483,54	
		Belastungsgrad	B _G	Q _G /Q _{max}	l	47	0,24414	0,61814	
					48				
					49				
					50				

		Druckabfall durch Undichtheit der Prüfstrecke				
		Zeit	Drücke			Temperatur
Dichtheits- prüfung	bei Schließen der Prüfstrecke	0 min			mbar	°C
	bei Beginn der Dichtheitsprüfung	-			-	-
	bei Schluß der Dichtheitsprüfung	-			-	-
	Druckabfall während der Prüfdauer von	min			mbar	

		Zählerzahlen	
			
Getriebe		Umdrehungswert des Prüfzählglieds	
		$U_p = \dots \text{ m}^3$	
		$v = \dots \text{ m}^3$	

Anhang 5a

Gebrauchsanleitung für die Benutzung des Formblatts

Das Formblatt ist zur Niederschrift der Ablesungen und zur Fehlerberechnung bei der Prüfung von Gaszählern jeder Art bestimmt. Die Eintragungen und Berechnungen werden zweckmäßig in der nachstehend angegebenen Reihenfolge vorgenommen.

Zeile 1	Prüfgangs-Nummer, bei Teil-Prüfgängen mit Index, z. B. 3 a
Zeile 2	Stunde und Minute, z. B. 10 ¹⁵
Zeile 4	Ablesung des Prüfling-Zählwerks zu Beginn des (Teil-) Prüfgangs
Zeile 7	Ablesung des Normal-Zählwerks zu Beginn des (Teil-) Prüfgangs
Zeile 14	Druckverlust Prüfling
Zeile 19	Druckverlust Normal
Zeile 20	dem Prüfschein des Normals für die eingestellte Belastung zu entnehmen
Zeile 12	Eingangsdruk Prüfling
Zeile 16	Eingangsdruk Zl. 12 noch einmal
Zeile 17	Eingangsdruk Normal
Zeile 21	Eingangsdruk Zl. 17 noch einmal
Zeile 22	durch 100 dividierte Differenz der Werte von Zl. 16 u. 21
Zeile 23	Prüfraumtemperatur
Zeile 25	(nur bei Normal-Trommelgaszählern:) Sperrflüssigkeitstemperatur
Zeile 27	Eingangstemperatur an den Normalen
Zeile 28	Ausgangstemperatur an den Normalen
Zeile 29	Mittelwert aus Zl. 27 und Zl. 28 bei Normal-Drehkolbengaszählern, Wert aus Zl. 28 bei Normal-Trommelgaszählern
Zeile 32	Eingangstemperatur am Prüfling
Zeile 33	Ausgangstemperatur am Prüfling
Zeile 34	Mittelwert aus Zl. 32 und Zl. 33
Zeile 35	mit 0,34 multiplizierte Differenz der Werte von Zl. 29 und 34
Zeile 3	Ablesung des Prüfling-Zählwerks am Ende des (Teil-) Prüfgangs
Zeile 6	Ablesung des Normal-Zählwerks am Ende des (Teil-) Prüfgangs
Zeile 5	Wert aus Zl. 3 minus Wert aus Zl. 4
Zeile 8	Wert aus Zl. 6 minus Wert aus Zl. 7
Zeile 9	(nur bei Verwendung mehrerer Normale) Summe der Einzelangaben in Zl. 8 in den zwei oder drei benachbarten Spalten
Zeile 10	Wert aus Zl. 5 minus Wert aus Zl. 8 (bei einem Normal), bzw. Wert aus Zl. 5 minus Wert aus Zl. 9 (bei mehreren Normalen)
Zeile 11	Quotient der Werte aus Zl. 10 und Zl. 8 (bei einem Normal) bzw. aus Zl. 10 und Zl. 9 (bei mehreren Normalen)

Zeile 41	meistens die Dauer des Prüfgangs (Summe der Teilprüfgänge)
Zeile 42	am Normal während der Meßdauer abgelesener Zählwerksfortschritt, meistens gleich dem Wert aus Zl. 8
Zeile 43	Quotient der Werte aus Zl. 42 und Zl. 41 multipliziert mit 3600 (dieser Wert soll der Sollbelastung nahekommen)
Zeile 44	Quotient des Werts aus Zl. 43 und der Nennbelastung des Normals
Zeile 45	am Prüfling während der Meßdauer abgelesener Zählwerksfortschritt, meistens gleich dem Wert aus Zl. 5
Zeile 46	Quotient der Werte aus Zl. 45 und Zl. 41 multipliziert mit 3600
Zeile 47	Quotient des Werts aus Zl. 46 und der Nennbelastung des Prüflings; dieser Belastungsgrad ist Abszisse der Fehler- und Druckverlustkurven
Zeile 36	dem Prüfschein des Normals für die jeweilige Belastung (Belastungsgrad) zu entnehmen
Zeile 37	Summe der Werte aus Zl. 22 u. Zl. 35 u. Zl. 36
Zeile 38	Quotient der Einzelwerte aus Zl. 8 und dem Summenwert aus Zl. 9 multipliziert mit den Einzelwerten aus Zl. 37 (bei Verwendung mehrerer Normale)
Zeile 39	Summe der Einzelwerte in Zl. 38
Zeile 40	Summe der Werte aus Zl. 11 und Zl. 37 (bei einem Normal) oder Zl. 11 und Zl. 39 (bei mehreren Normalen)

Die Ausrechnung des Meßrauminhalts und der Umdrehungswerte der Ausgangstriebtriebe wird wie folgt vorgenommen:

a) Meßrauminhalt

Die Bestimmung des Meßrauminhalts erfolgt rechnerisch durch Multiplikation des einer vollen Umdrehung des Prüfzähglieds entsprechenden Volumens mit dem Übersetzungsverhältnis zwischen Meßwerk und Zählwerk.

$$V = \frac{\text{Produkt der Zähnezahlen der antreibenden Räder}}{\text{Produkt der Zähnezahlen der angetriebenen Räder}} \cdot U_p$$

b) Ausgangstrib

Der Umdrehungswert des Ausgangstriebtriebs wird rechnerisch ermittelt durch Multiplikation des Werts des einer vollen Umdrehung des Prüfzähglieds entsprechenden Volumens mit dem Übersetzungsverhältnis zwischen dem Zählwerk und der Welle des Ausgangstriebtriebs.

$$U_a = \frac{\text{Produkt der Zähnezahlen der antreibenden Räder}}{\text{Produkt der Zähnezahlen der angetriebenen Räder}} \cdot U_p$$

Anmerkung: Bei Eintragung der gegenüber dem Atmosphärendruck gemessenen Drücke ist das Vorzeichen mit einzutragen (+ bei Überdruck, – bei Unterdruck).

Literatur

- [1] Eichgesetz vom 11. Juli 1969 (BGBl. I (1969), S. 759), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20. Januar 1976 (BGBl. I (1976), S. 141).
- [2] Anlage 7 zur Eichordnung vom 15. Januar 1975, Ausgabe 1979 – Neufassung – (BGBl. I (1979), S. 2177).
- [3] Eichgültigkeitsverordnung vom 18. Juni 1970 (BGBl. I (1970), S. 802), zuletzt geändert durch Verordnung zur Änderung eichrechtlicher Vorschriften vom 14. Dezember 1979 (BGBl. I (1979), S. 2218).
- [4] Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften – vom 12. Juni 1973 (Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 117 (1973)).
- [5] Eichanweisung Volumengaszähler vom 13. Dezember 1977 (Beilage 29/77 zum Bundesanzeiger Nr. 238 (1977)).
- [6] DIN 1319 Bl. 3 – Grundbegriffe der Meßtechnik – Ausgabe Januar 1972.
- [7] Richtlinie für Gebrauchsnormalgeräte zur Prüfung von Balgengaszählern vom Juni 1978 – PTB Braunschweig 1978.
- [8] VDI/VDE-Richtlinie 2041, Entwurf (Gründruck) vom August 1975; Beuth Verlag, Berlin 1975.
- [9] *Aschenbrenner, A.*: Einsatz von „überkritischen Düsen“ zur Prüfung von Volumengaszählern. DVGW-Schriftenreihe Gas/Wasser Nr. 6 (1978), S. 29 bis 47.
- [10] *Aschenbrenner, A.*: Ein Prüfstand für Großgaszähler mit überkritischen Düsen als Normalgeräte. PTB-Bericht, PTB-Me-24, Oktober 1979.
- [11] *Krebs, H.*: Einrichtung zum Messen von Drehmomenten an Gaszählern und deren Zusatzeinrichtungen. PTB-Mitt. 87 (1977) Nr. 2, S. 103–105.
- [12] *Narjes, L.*: Physikalische Größen, deren Bedeutung und Behandlung in der Technik der Gasdurchflußmessung. PTB-Bericht, PTB-Me-18, Juni 1977.
- [13] Technische Richtlinie G 6 der PTB „Hochfrequente Impulsgeber“.
- [14] Technische Richtlinie G 5 der PTB „Messung des mechanischen Druckverlustes von Balgengaszählern“.
- [15] *Messer, G.; Eujen, E.*: Das Messen von Druckverlustspitzenwerten mit Schrägrohrmanometern. gwf Gas- u. Wasserfach (Ausgabe Gas) **109** (1968), S. 781.
- [16] Technische Richtlinie G 7 der PTB „Eichung von Gaszählern mit Hochdruckgas“.
- [17] *Johnson, Robert C.*: Real-Gas-Effect in Flow Metering. Symposium on Flow 1971, Pittsburgh (USA).
- [18] Technische Richtlinie G 9 der PTB: „Berechnung von Realgasfaktoren und Kompressibilitätszahlen für Erdgas“.

- [19] *Albrecht, A.; Krebs, H.*: PTB-Prüfregeln Band 14 „Zustands-Mengen-umwerter“. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig 1979.
- [20] *Eujen, E.*: Betrachtungen über den Einfluß von Gasart und Gasdruck auf die Anzeige von Drehkolbengaszählern gwf Gas- u. Wasserfach (Ausgabe Gas) **111** (1970), S. 657.

