

PTB-Prüfregeln

Band 30

Messgeräte für Gas
Hochdruckprüfung von Gaszählern

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964

Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 30 ist durch Digitalisierung der 2003 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. Messgeräte für Gas – Hochdruckprüfung von Gaszählern [online]. 1. Auflage 2003. Bearbeitet von Gudrun Wendt, Harald Dietrich, Hans-Jürgen Hotze, Bernhardt Jarosch, Franz-Josef Jünger, Matthias Kämpf, Rainer Kramer, Bodo Mickan, Burger Nath und Heino Polzin. Braunschweig, © 2003, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 30. ISSN 0341-7964. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/510.20200811>

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

PTB-Prüfregeln

Band 30

Messgeräte für Gas Hochdruckprüfung von Gaszählern

Bearbeitet von

Dr.-Ing. Gudrun Wendt
Dipl.-Ing. Harald Dietrich
Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Hotze
Dipl.-Ing. Bernhardt Jarosch
Dipl.-Ing. Franz-Josef Jünger
Dipl.-Ing. Matthias Kämpf
Dr.-Ing. Rainer Kramer
Dr.-Ing. Bodo Mickan
Dr.-Ing. Burger Nath
Dipl.-Ing.-Ök. Heino Polzin

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.

Redaktion: J.-U. Barz
Dr. J. Simon (verantw.)
Physikalische-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100, D-38116 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 30

Alle Rechte vorbehalten
© 2003 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

<https://doi.org/10.7795/510.202008111>

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen

1	Allgemeines	1
1.1	Geltungsbereich	1
1.2	Begriffe und Erläuterungen	2
1.2.1	Messgröße	2
1.2.2	Harmonisiertes Bezugsniveau	2
1.2.3	Gaszähler	2
1.2.4	Volumen/Masse-Durchfluss	3
1.2.5	Zählergröße	3
1.2.6	Messbereich	3
1.2.7	Trenndurchfluss	3
1.2.8	Belastungsbereich	3
1.2.9	Messabweichung	3
1.2.10	Gewichtete mittlere Messabweichung <i>WME</i>	4
1.2.11	Zyklisches Volumen und Messrauminhalt	5
1.2.12	Prüfzählglied	6
1.2.13	Umdrehungswert des Prüfzählglieds	6
1.2.14	Impulswert	6
1.2.14.1	Niederfrequente Impulsausgänge	6
1.2.14.2	Hochfrequente Impulsausgänge	7
1.2.15	Elektronische Schnittstellen	7
1.2.16	Maßgebliche Temperatur	7
1.2.17	Maßgeblicher Druck	7
1.2.18	Betriebsüberdruck	8
1.2.19	Betriebsüberdruckbereich	8
1.2.20	Druckverlust	8
1.2.21	Kompressibilitätszahl	8

1.2.22	Reynolds-Zahl	9
1.3	Formelzeichen	10
1.4	Physikalische Grundlagen und Ausgangsgleichungen	14
1.4.1	Zustandsgleichung	14
1.4.2	Berechnung der Gasdichte aus der Normdichte für beliebige Gaszustände	14
1.4.3	Berechnung der Messabweichung für Volumengaszähler	15
1.4.4	Berechnung der Messabweichung für Massezähler	18
2	Verzeichnis der Vorschriften und Regelungen	20
2.1	Eichrechtlich verbindliche Vorschriften	20
2.2	Eichrechtlich nicht verbindliche Vorschriften	21
3	Verfahrensablauf	23
4	Prüfmittel und Prüfräume	28
4.1	Allgemeine Anforderungen	28
4.2	Volumen- bzw. Durchflussnormale	28
4.3	Hilfsmessgeräte	29
4.4	Überwachung und Vergleichsmessungen	31
4.5	Prüfstände	32
4.5.1	Allgemeines	32
4.5.2	Einbau und Betrieb der Prüflinge	33
4.5.3	Elektronische Verarbeitung und Dokumentation von Prüfungsdaten	35
4.6	Prüfräume	36
5	Prüfungen an Gaszählern im Rahmen der Eichung	38
5.1	Beschaffenheitsprüfung	38
5.2	Vorbereitung zur messtechnischen Prüfung	38
5.2.1	Einbau der Prüflinge	38
5.2.2	Temperaturangleichung der Prüflinge	39

5.2.3	Dichtheitsprüfung	39
5.2.3.1	Prüfung der äußeren Dichtheit	39
5.2.3.2	Prüfung der inneren Dichtheit	39
5.3	Messtechnische Prüfung	40
5.3.1	Allgemeine Bedingungen	40
5.3.1.1	Prüfgas	40
5.3.1.2	Betriebsart	40
5.3.1.3	Auswertemethode	41
5.3.1.4	Impulszählung	41
5.3.1.5	Datenschnittstellen	43
5.3.2	Festlegung der Prüfüberdrücke	43
5.3.3	Prüfablauf	44
5.3.3.1	Allgemeines	44
5.3.3.2	Prüfdurchflüsse	45
5.3.3.3	Messabweichungen	46
5.3.4	Berechnung der mittleren Messabweichung <i>WME</i>	48
5.3.5	Justierung	48
5.3.6	Impulswert- und Zählwerkskontrolle	49
5.3.7	Festlegung des minimalen Durchflusses $Q_{\min, HD}$ für Anwendung in Hochdruckgas	51
5.4	Stempelung, Kennzeichnung und Bescheinigung	53
5.4.1	Stempelung	53
5.4.2	Bezeichnungen	54
5.4.3	Bescheinigung	55
5.5	Befundprüfung	56
5.5.1	Maßnahmen vor der Prüfung	56
5.5.2	Durchführung der Prüfung	57
5.5.3	Ergebnis der Befundprüfung und Prüfschein	58

6	Prüfung von Gebrauchsnormalen	59
6.1	Allgemeines	59
6.2	Besondere Anforderungen	59
6.3	Prüfpunkte und Prüfüberdrücke	60
6.4	Messabweichungen der Gebrauchsnormale	62
6.5	Kennzeichnung der Gebrauchsnormale	63
6.6	Stempelung	64
6.7	Prüfschein und Gültigkeitsdauer der Prüfung	64
7	Übergangsbestimmungen	67

Anhang

1	Grundlegende Anforderungen an Hochdruckprüfstände	68
2	Messunsicherheiten bei Einhaltung der Mindestanforderungen gemäß der Prüffregel (Beispiel)	76
3	Prüfungsbeispiel	83
4	Musterbescheinigungen	90

Vorbemerkungen

Messgeräte, die im geschäftlichen Verkehr (z. B. entgeltliche Abgabe von Gas) verwendet oder bereitgehalten bzw. im amtlichen Verkehr (z. B. Steuer- oder Zollrecht) verwendet werden, unterliegen nach dem Eichgesetz der Eichpflicht. Die Eichung besteht aus einer Prüfung und Stempelung durch die zuständige Eichbehörde oder eine zuständige staatlich anerkannte Prüfstelle. Bei der Prüfung wird festgestellt, ob das Gerät zur Eichung zugelassen ist und ob es die durch Anlage 7 zur Eichordnung und die durch die Bauart-Zulassung festgelegten Anforderungen erfüllt. Dies schließt auch eine individuelle messtechnische Prüfung jedes einzelnen Messgeräts ein.

Die nachfolgenden Prüfregele ersetzen u. a. die Technische Richtlinie für Messgeräte für Gas der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt G 7, Stand 01/00.

In den nachstehenden Prüfregele wurden die relevanten metrologischen Anforderungen der internationalen Empfehlungen und Normen (z. B. EN 12 261 für Turbinenradgaszähler) eingearbeitet. Die Prüfregele sind nicht nur Basis für die Eichung von Gaszählern für den innerstaatlichen Bereich, sondern in den relevanten Teilen auch Basis für international anerkannte Kalibrierungen.

Die in den Prüfregele formulierten Anforderungen und Bedingungen sind für den Fall der Eichung von im geschäftlichen und amtlichen Verkehr verwendeten Gaszählern verbindlich. Sie sollen jedoch nicht nur den Eichbehörden der Länder und den staatlich anerkannten Prüfstellen bei Gaszählerherstellern und Gasversorgungsunternehmen als Anweisung für die durchzuführenden Prüfungen dienen, sondern sie richten sich in erster Linie an den Prüfstandsbetreiber. Obwohl die Prüfregele an einigen Stellen Hinweise geben, die möglicherweise für den Planer solcher Prüfanlagen wichtig sind, reichen diese jedoch bei weitem für

eine solch komplexe Prüfeinrichtung, wie die eines Hochdruck-Gaszählerprüfstands, nicht aus. Der Bau eines solchen Prüfstands ist individuell zu planen und mit der zuständigen Behörde im Benehmen mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt abzustimmen.

1 Allgemeines

1.1 Geltungsbereich

Auf der Grundlage dieser Prüfregel können auf Antrag Prüfungen bzw. Eichungen von Gaszählern im Hochdruck durchgeführt werden. Diese Regelung gilt nur für den innerstaatlichen Bereich der Bundesrepublik Deutschland und greift einer entsprechenden EG-Regelung nicht vor. Die EWG-Richtlinien „Volumengaszähler“ 71/318/EWG werden dadurch nicht berührt.

Gaszähler, die für einen Betriebsüberdruck unter 4 bar bestimmt sind, können einer freiwilligen zusätzlichen Hochdruckprüfung unterzogen werden, falls ihr Nenndruck dies zulässt.

Die PTB-Prüfregel „Messgeräte für Gas, Hochdruckprüfung von Gaszählern“ legt die messtechnischen Anforderungen und Bedingungen für die Eichung aller derzeit in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Gaszähler-Bauarten, die unter Hochdruckbedingungen geprüft werden sollen, fest. Dies betrifft Turbinenrad-, Wirbel- und Ultraschallgaszähler als Strömungsgaszähler (nichtvolumetrische Gaszähler), die mit einem Betriebsüberdruck über 4 bar betrieben werden, sowie die als Massezähler zugelassenen Corioliszähler. Drehkolbengaszähler und Balgengaszähler als Verdrängungsgaszähler (volumetrische Gaszähler) können auf Antrag hochdruckgeprüft werden. Nicht behandelt werden die allgemein zur Eichung zugelassenen Messstrecken von Wirkdruckgaszählern.

Darüber hinaus werden die für die Eichung der genannten Zählerbauarten zu verwendenden Normale einschließlich der dafür geltenden Anforderungen und Bedingungen festgelegt.

Übergangsvorschriften zu den bisherigen Festlegungen in der TR G 7 werden in Kapitel 7 geregelt.

1.2 Begriffe und Erläuterungen

1.2.1 Messgröße

Die Gasmenge kann als Volumen V in m^3 oder als Masse m in kg gemessen werden.

1.2.2 Harmonisiertes Bezugsniveau

Auf der Basis des Abkommens zwischen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und dem Nederlands Meetinstituut (NMI) über die Harmonisierung der Hochdruckkalibrierketten für Erdgas vom 2. Juni 1999 wurde mit Wirkung vom 1.11.1999 ein gemeinsames Bezugsniveau festgelegt. Das nationale Normal der Bundesrepublik Deutschland (PIGSAR) gibt seit diesem Zeitpunkt ausschließlich diesen Wert für das Volumen strömenden Gases unter Hochdruckbedingungen weiter.

Im Harmonisierungsverfahren werden regelmäßig von PTB und NMI umfangreiche Vergleichsmessungen durchgeführt und ein gewichteter Mittelwert zur Behebung systematischer Differenzen zwischen beiden nationalen Kalibrierketten bestimmt. Der gewichtete Mittelwert ist eine Funktion der Reynolds-Zahl und wird im Zusammenhang mit dem Harmonisierungsverfahren als Bezugsniveau bezeichnet. Einzelheiten des Verfahrens sind im Annex des Vertrags vom 2. Juni 1999 veröffentlicht.

1.2.3 Gaszähler

Kontinuierlich arbeitendes Messgerät, mit dem das Volumen oder die Masse des während des Messvorgangs durchgeströmten Gases gemessen und in Volumen- oder Masseinheiten angezeigt wird.

1.2.4 Volumen/Masse-Durchfluss

Der Volumendurchfluss Q_V ergibt sich aus dem durchgeströmten Volumen pro Zeiteinheit unter Messbedingungen, der Massedurchfluss Q_m aus der Masse je Zeiteinheit.

1.2.5 Zählergröße

Die Zählergröße ist eine die Größe des Gaszählers kennzeichnende Angabe, die sich aus dem maximalen zulässigen Betriebsvolumendurchfluss ableitet. Beispielsweise wird sie durch den Buchstaben G mit einer nachfolgenden, in der Eichordnung, Anlage 7 festgesetzten Zahl gebildet.

1.2.6 Messbereich

Der Messbereich beschreibt den Durchflussbereich des Gaszählers und wird begrenzt durch den minimalen Durchfluss Q_{\min} und den maximalen Durchfluss Q_{\max} .

1.2.7 Trenndurchfluss

Der Trenndurchfluss Q_t trennt die Messbereiche mit unterschiedlichen Fehlergrenzen.

1.2.8 Belastungsbereich

Das Verhältnis von Q_{\min} zu Q_{\max} (z. B. 1:50) wird Belastungsbereich genannt.

1.2.9 Messabweichung

Unter der Messabweichung f im Sinne dieser Prüfregel wird die Differenz zwischen angezeigter Menge¹ und tatsächlich durchgeflossener

1 Der Begriff Menge wird im Zusammenhang mit dieser Prüfregel als Oberbegriff für die Messgrößen Volumen und Masse verwendet.

Menge, bezogen auf die tatsächlich durchgeflossene Menge, verstanden. Die Bestimmung der Messabweichung erfolgt für jeden Zähler individuell auf experimentellem Wege mit Hilfe eines geeigneten Normals. Die Messabweichung ist eine Funktion des Durchflusses. Ihr Verlauf wird als Fehlerkurve bezeichnet. Voraussetzung für die Eichung eines Zählers ist, dass alle Messabweichungen im zugelassenen Belastungsbereich des Zählers innerhalb der Fehlergrenzen liegen.

Für die Messgröße Volumen lautet die Bestimmungsgleichung:

$$f = \frac{V - V_{\text{ist}}}{V_{\text{ist}}} \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Für die Messgröße Masse lautet die Bestimmungsgleichung:

$$f = \frac{m - m_{\text{ist}}}{m_{\text{ist}}} \cdot 100 \% . \quad (2)$$

Im Zusammenhang mit dieser Prüfregel werden alle Messabweichungen in Prozent angegeben.

1.2.10 Gewichtete mittlere Messabweichung *WME*

Zur Justierung eines Gaszählers ist es zweckmäßig, aus n einzeln ermittelten Messabweichungen f_i bei den Prüfdurchflüssen Q_i eine gewichtete mittlere Messabweichung (*WME*, weighted mean error) zu berechnen und als Kriterium für die Justierung zu verwenden.

Die Berechnung erfolgt nach Gleichung (3), die der diesbezüglichen Gleichung aus der OIML-Empfehlung R 32 äquivalent ist:

$$WME = \frac{\sum_{i=1}^n k_i f_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad \text{mit } k_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \text{ für } Q_i \leq 0,7Q_{\max}$$

$$\text{und } k_i = 1,4 - \frac{Q_i}{Q_{\max}} \text{ für } 0,7Q_{\max} < Q_i \leq Q_{\max} \quad (3)$$

Die in der OIML-Empfehlung R 32, Abschn. 5 angegebene Formel liefert zu Gl. (3) identische Ergebnisse, sofern die in der OIML-Empfehlung R 32 vorgegebenen Prüfpunkte verwendet werden. Da bei Hochdruckprüfungen der Prüfpunkt Q_{\max} u. U. nicht geprüft werden kann, bietet Gl. (3) die Möglichkeit, im Bereich $0,7 Q_{\max}$ bis Q_{\max} auch andere Prüfpunkte zu wählen. Werden die Messabweichungen f_1 (wie in dieser Prüffregel vereinbart) in Prozent angegeben, ergibt sich die *WME* ebenfalls in Prozent.

1.2.11 Zyklisches Volumen und Messrauminhalt

Als zyklisches Volumen V_z eines Gaszählers wird im Zusammenhang mit dieser Prüffregel das einem Arbeitsgang des Zählers entsprechende Gasvolumen bezeichnet. Bei Verdrängungszählern wird das zyklische Volumen als Messrauminhalt bezeichnet.

Ein Arbeitsgang ist der Gesamtablauf der Bewegungen, durch den sämtliche bewegliche Teile des Zählers mit Ausnahme des Zählwerks und des Zählwerkgetriebes erstmals wieder in die Ausgangsstellung zurückgeführt werden.

Bei Turbinenradgaszählern wird als Arbeitsgang eine volle Umdrehung des Turbinenrads verstanden.

Das Verhältnis zwischen dem zyklischen Volumen und einer vollen Umdrehung des Prüfzählglieds (Umdrehungswert t_r) ist für jeden Zähler durch dessen Konstruktion und Justierung bestimmt.

Die Berechnung des zyklischen Volumens erfolgt für einen Zähler individuell 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 bzw. zyklisches Volumen). Der auf den Zählern angegebene Messrauminhalt ist der Nennwert.

1.2.12 Prüfzählglied

Das Prüfzählglied ist das für die messtechnische Prüfung des Zählers besonders eingerichtete niedrigste Zählglied des Zählwerks. Es dient dazu, die messtechnische Prüfung mit ausreichender Genauigkeit durchführen zu können. Wird es nicht durch das letzte Zählglied des Zählwerks gebildet, muss der Gaszähler entsprechende Einrichtungen aufweisen, die den Anschluss eines abnehmbaren Prüfzählglieds ermöglichen.

1.2.13 Umdrehungswert des Prüfzählglieds

Der Umdrehungswert t_r ist der Wert des einer vollen Umdrehung des Prüfzählglieds entsprechenden vom Zählwerk angezeigten Volumens. Der Umdrehungswert ist für einen Zähler konstruktiv festgelegt.

1.2.14 Impulswert

Der Impulswert c_{IW} beschreibt die Anzahl der vom Impulsgeber generierten Impulse Imp je Mengeneinheit und kann als

$$c_{IW} = \frac{n_{Imp}}{V} \quad (4)$$

bzw.

$$c_{IW} = \frac{n_{Imp}}{m} \quad (5)$$

oder deren Kehrwerte ausgedrückt werden.

1.2.14.1 Niederfrequente Impulsausgänge

Bei Zählern mit niederfrequenten Impulsausgängen ist die Impulswertigkeit konstruktiv mit dem Umdrehungswert des Prüfzählglieds gekoppelt. Niederfrequente Impulsausgänge sind am Zählwerk angebracht.

1.2.14.2 Hochfrequente Impulsausgänge

Bei Zählern mit hochfrequenten Impulsausgängen ist die Impulswertigkeit konstruktiv mit dem zyklischen Volumen bzw. Messrauminhalt gekoppelt. Hochfrequente Impulsausgänge sind am Messwerk angebracht. Ein Zähler kann mit mehreren hochfrequenten Impulsausgängen mit unterschiedlichen Impulswertigkeiten ausgestattet sein.

1.2.15 Elektronische Schnittstellen

Elektronische Gaszähler können über zugelassene elektronische Schnittstellen zur Übertragung von Messwerten verfügen. Hierbei handelt es sich i. Allg. um serielle Schnittstellen, die entweder als DSFG-Schnittstelle standardisierte oder herstellerspezifische Protokolle verwenden. Für die Messwertübertragung zugelassene Schnittstellen, die nicht geprüft werden, müssen bei der Eichung eichtechnisch gesichert verschlossen werden.

1.2.16 Maßgebliche Temperatur

Für die Umrechnung des von einem Gaszähler gemessenen Gasvolumens auf andere thermodynamische Gaszustände wird eine Temperatur bestimmt, die als maßgebliche Temperatur bezeichnet wird. Die maßgebliche Temperatur wird entsprechend der Zählerbauart an unterschiedlichen Stellen gemessen.

1.2.17 Maßgeblicher Druck

Für die Umrechnung des von einem Gaszähler gemessenen Gasvolumens auf andere thermodynamische Gaszustände wird ein Druck bestimmt, der als maßgeblicher Druck bezeichnet wird. Der maßgebliche Druck wird entsprechend der Zählerbauart an unterschiedlichen Stellen gemessen. Die Messstelle für den maßgeblichen Druck ist i. Allg. auf den einzelnen Zählerbauarten entsprechend gekennzeichnet und wird mit der Aufschrift p_r („Referenzdruck“) bezeichnet. In einigen internatio-

nen Dokumenten wird hierfür auch die Bezeichnung p_m („Messdruck“) verwendet.

In dieser Prüfregel werden maßgebliche Drücke als Absolutdrücke angegeben.

1.2.18 Betriebsüberdruck

Als Betriebsüberdruck p_e eines Gaszählers wird der Differenzdruck zwischen dem Gasdruck am Zählereingang und dem atmosphärischen Druck bezeichnet. Folglich ist er im Zusammenhang mit dieser Prüfregel ein Überdruck.

1.2.19 Betriebsüberdruckbereich

Bereich der Betriebsüberdrücke $p_{e, \min}$ bis $p_{e, \max}$, in dem ein Zähler nach erfolgter Hochdruckprüfung verwendet werden darf.

1.2.20 Druckverlust

Als Druckverlust Δp eines Gaszählers gilt die Differenz zwischen dem am Eingang und am Ausgang gemessenen Druck des durchströmenden Gases. Er ist eine Funktion des Durchflusses und für volumetrische Zähler begrenzt.

1.2.21 Kompressibilitätszahl

Die Kompressibilitätszahl K (K -Zahl) des Gases ist definiert als das Verhältnis der Realgasfaktoren im Betriebs- bzw. im Normzustand

$$K = \frac{Z}{Z_n} \quad (6)$$

und ist folglich im Normzustand 1,000. Sonst ist sie analog zu den Realgasfaktoren in unterschiedlichem Maß vom Druck und von der Tempe-

ratur des Gases abhängig und für jedes Erdgasgemisch nach der Technischen Richtlinie der PTB TR G 9 rechnerisch zu bestimmen.

1.2.22 Reynolds-Zahl

Die Reynolds-Zahl Re ist eine Kennzahl, die zur Charakterisierung reibungsbehafteter Strömungsvorgänge verwendet wird und das Verhältnis der Trägheits- zu den Zähigkeitskräften beschreibt. Eine für die Durchflussmessung geeignete Form lautet:

$$Re = \frac{u \cdot D \cdot \rho}{\eta} = \frac{4 \cdot Q_V \cdot \rho}{\pi \cdot D \cdot \eta} \quad (7)$$

wobei mit u die mittlere Strömungsgeschwindigkeit, Q_V der Volumendurchfluss, ρ die Dichte, η die dynamische Viskosität (Zähigkeit) und D der Rohrlitungsdurchmesser bezeichnet sind.

Strömungen, die durch gleiche Reynolds-Zahlen charakterisiert werden, haben gleiche strömungstechnische Eigenschaften. In der Praxis wird dieses Ähnlichkeitskriterium genutzt, um mess- und strömungstechnische Eigenschaften bestimmter Messgerätearten, die unter ausgewählten Bedingungen ermittelt wurden, auf andere Strömungsbedingungen gleicher Reynolds-Zahl zu übertragen.

1.3 Formelzeichen

A	Auflösung der Anzeige
c_{IW}	Impulswert
$c_{IW, NF}$	Impulswertigkeit eines niederfrequenten Impulsausgangs
$c_{IW, HF}$	Impulswertigkeit eines hochfrequenten Impulsausgangs
D	Rohrleitungsdurchmesser
f	relative Messabweichung
f_N	relative Messabweichung des Normals
f_P	relative Messabweichung des Prüflings
Δf	Änderung der relativen Messabweichung
I_G	Gesamtübersetzung des Getriebes
J_1, J_2	Justieradkonstanten
K	Kompressibilitätszahl, K -Zahl
K_N	K -Zahl am Normal
K_P	K -Zahl am Prüfling
m	Masse
m_{ist}	tatsächlich durchgeströmte Masse
$m_{ist, N}$	tatsächlich durch das Normal durchgeströmte Masse
$m_{ist, P}$	tatsächlich durch den Prüfling durchgeströmte Masse
m_N	vom Normal angezeigte Masse
m_P	vom Prüfling angezeigte Masse

n	Stoffmenge (Anzahl der Mole), Impulszahl, Anzahl der Messungen
n_{Imp}	Anzahl der Impulse eines Impulsausgangs
$n_{\text{Imp, HF}}$	Anzahl der Impulse eines hochfrequenten Impulsausgangs
$n_{\text{Imp, NF}}$	Anzahl der Impulse eines niederfrequenten Impulsausgangs
$n_{\text{Imp, tr}}$	Anzahl der Umdrehungen (Impulse) eines Prüfzählglieds
$n_{\text{Imp, } V_z}$	Anzahl der Impulse eines hochfrequenten Impulsausgangs für ein zyklisches Volumen
p	Druck
p_e	Betriebsüberdruck
$p_{e, \text{min}}$	minimaler Betriebsüberdruck
$p_{e, \text{max}}$	maximaler Betriebsüberdruck
$p_{e, \text{test}}$	Prüfüberdruck
p_m	„Messdruck“, Synonym für p_r
p_N	maßgeblicher Druck am Normal
p_n	Normdruck (1,013 25 bar)
p_P	maßgeblicher Druck am Prüfling
p_r	maßgeblicher Druck („Referenzdruck“)
Δp	Druckverlust eines Zählers, Druckdifferenz zwischen Prüfling und Normal, zeitliche Druckänderung
Q	Durchfluss
Q_m	Massedurchfluss

Q_{\max}	maximaler Durchfluss eines Gaszählers
Q_{\min}	minimaler Durchfluss eines Gaszählers
$Q_{\min, \text{HD}}$	minimaler Durchfluss eines Gaszählers unter Hochdruckbedingungen
Q_t	Trenndurchfluss
Q_V	Volumendurchfluss
ΔQ_{rel}	Änderung des relativen Durchflusses
R	spezifische Gaskonstante
Re	Reynolds-Zahl
T	Absoluttemperatur in K
T_n	Normtemperatur in K
T_N	Temperatur am Normal in K
T_P	Temperatur am Prüfling in K
t_r	Umdrehungswert des Prüfzählgliedes
ΔT	Temperaturdifferenz
U	erweiterte Messunsicherheit mit $k = 2$
u	Strömungsgeschwindigkeit
u_G	mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Prüfgases im Rohr
u_L	maximale Strömungsgeschwindigkeit der Umgebungsluft
V	Volumen
V_{ist}	tatsächlich durchgeströmtes Volumen

$V_{\text{ist, N}}$	tatsächlich durch das Normal durchgeströmtes Volumen
$V_{\text{ist, P}}$	tatsächlich durch den Prüfling durchgeströmtes Volumen
V_G	während der Impulswertkontrolle durch den Zähler geströmtes Betriebsvolumen
V_N	vom Normal angezeigtes Volumen
V_P	vom Prüfling angezeigtes Volumen
V_n	Volumen im Normzustand
V_z	zyklisches Volumen eines Zählers
<i>WME</i>	gewichtete mittlere Messabweichung
<i>Z</i>	Realgasfaktor
Z_n	Realgasfaktor im Normzustand
<i>z</i>	Zustandszahl, Z-Zahl
η	dynamische Viskosität
ρ	Dichte
ρ_n	Normdichte eines Gases
ρ_N	Gasdichte am Normal
ρ_P	Gasdichte am Prüfling

1.4 Physikalische Grundlagen und Ausgangsgleichungen

1.4.1 Zustandsgleichung

Das ideale Gas genügt der einfachsten Gasgleichung – der Clapeyron'schen Zustandsgleichung. Sie lautet

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (8)$$

wobei n die Zahl der Mole und R die Gaskonstante bedeuten.

Für ein tatsächliches, reales Gas treten Abweichungen zu dem oben formulierten, idealen Verhalten auf. Dieses Realgasverhalten lässt sich formal durch die Einführung des Realgasfaktors Z in die Zustandsgleichung berücksichtigen.

$$p \cdot V = Z \cdot n \cdot R \cdot T \quad (9)$$

Der Realgasfaktor Z ist abhängig von Druck und Temperatur und beschreibt das nicht ideale, reale Verhalten der Gase. Die Funktion $Z(p, T)$ ist spezifisch für jedes Gas.

1.4.2 Berechnung der Gasdichte aus der Normdichte für beliebige Gaszustände

Zwischen der Gasdichte bei Normzustand (Normdichte) ρ_n und der Dichte ρ bei einem beliebigen anderen thermodynamischen Zustand gilt folgende Beziehung:

$$\rho = \frac{p}{T \cdot K} \cdot \frac{T_n}{p_n} \cdot \rho_n \quad (10)$$

mit:

- ρ Dichte
- ρ_n Normdichte
- p Absolutdruck
- p_n Normdruck
- T Absoluttemperatur
- T_n Normtemperatur
- K Kompressibilitätszahl.

Zur Bestimmung der Dichte eines Gases kann ein geeignetes Betriebsdichtemessgerät verwendet werden. Die Normdichte kann ebenfalls messtechnisch mit Hilfe eines Normdichtegebers oder aber rechnerisch über die Gasbeschaffenheitswerte ermittelt werden.

1.4.3 Berechnung der Messabweichung für Volumengaszähler

Die Messabweichung f_p eines Prüflings wird wie folgt berechnet:

$$f_p = \left(\frac{V_p}{V_{\text{ist, P}}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (11)$$

mit V_p vom Prüfling angezeigtes Volumen

$V_{\text{ist, P}}$ tatsächlich durch den Prüfling geströmtes Volumen.

Das tatsächlich durch den Prüfling geströmte Volumen $V_{\text{ist, P}}$ berechnet sich aus dem tatsächlich durch das Normal geströmten Volumen $V_{\text{ist, N}}$ bezogen auf den Einbauort des Prüflings. Diese Berechnung erfolgt in zwei Schritten.

Für das Normal gilt:

$$f_N = \left(\frac{V_N}{V_{\text{ist, N}}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad \rightarrow \quad V_{\text{ist, N}} = \frac{V_N}{1 + f_N / 100} \quad (12)$$

mit V_N vom Normal angezeigtes Volumen

$V_{\text{ist}, N}$ tatsächlich durch das Normal geströmtes Volumen.

Unter Verwendung der Kontinuitätsgleichung

$$V_{\text{ist}, P} \cdot \rho_P = V_{\text{ist}, N} \cdot \rho_N = m_{\text{ist}} \quad (13)$$

ergibt sich für die prozentuale Messabweichung am Prüfling folgende endgültige Gleichung:

$$f_P = \left(\frac{V_P \rho_P (1 + f_N / 100)}{V_N \rho_N} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (14)$$

bzw. unter Verwendung der Gl. (10):

$$f_P = \left(\frac{V_P \rho_P T_N K_N}{V_N \rho_N T_P K_P} (1 + f_N / 100) - 1 \right) \cdot 100 \% . \quad (15)$$

Werden für die Ermittlung der relativen Messabweichungen des Prüflings f_p mehrere Normale i betrieben, dann muss für jedes Normal i das tatsächlich durchgeströmte Volumen separat berechnet und anschließend zu einem Gesamtvolumen unter gleichen thermodynamischen Bedingungen aufsummiert werden. Werden die Dichten zur thermodynamischen Charakterisierung des Gaszustandes verwendet, lautet die Bestimmungsgleichung:

$$f_P = \left(\frac{V_P \cdot \rho_P}{\sum_i^n \frac{V_{N, i} \cdot \rho_{N, i}}{(1 + f_{N, i} / 100)}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (16)$$

bzw. unter Verwendung von Gl. (10)

$$f_P = \left(\frac{V_P \cdot \rho_P}{T_P K_P \cdot \sum_i^n \frac{V_{N,i} \cdot \rho_{N,i}}{T_{N,i} K_{N,i} \cdot (1 + f_{N,i} / 100)}} - 1 \right) \cdot 100 \% . \quad (17)$$

Für den Fall, dass das Normal in Masseinheiten anzeigt, gilt:

$$f_N = \left(\frac{m_N}{m_{\text{ist}, N}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad \rightarrow \quad m_{\text{ist}, N} = \left(\frac{m_N}{1 + f_N / 100} \right) \cdot 100 \% \quad (18)$$

$$V_{\text{ist}, P} \cdot \rho_P = m_{\text{ist}, P} = m_{\text{ist}, N} \quad (19)$$

so dass sich für die Messabweichung am Prüfling die folgende Beziehung ergibt:

$$f_P = \left(\frac{V_P \cdot \rho_P}{m_{\text{ist}, N}} - 1 \right) \cdot 100 \% = \left(\frac{V_P \cdot \rho_P \cdot (1 + f_N / 100)}{m_N} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (20)$$

mit m_N die Masseanzeige des Normal

$m_{\text{ist}, N}$ die tatsächlich durch das Normal geströmte Masse.

Für den Fall der Verwendung mehrerer parallel betriebener Massennormale i gilt entsprechend:

$$f_P = \left(\frac{V_P \cdot \rho_P}{\sum_i^n \left(\frac{m_{N,i}}{(1 + f_{N,i} / 100)} \right)} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (21)$$

1.4.4 Berechnung der Messabweichung für Massezähler

Die Messabweichung f_P eines Massezählers wird analog der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Prozedur berechnet:

$$f_P = \left(\frac{m_P}{m_{\text{ist, P}}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (22)$$

mit m_P vom Prüfling angezeigte Masse

$m_{\text{ist, P}}$ tatsächlich durch den Prüfling geströmte Masse.

Da die tatsächlich durch den Prüfling geströmte Masse $m_{\text{ist, P}}$ gleich der tatsächlich durch das Normal geströmten Gasmasse $m_{\text{ist, N}}$ ist, ergibt sich sofort

$$f_P = \left(\frac{m_P}{m_{\text{ist, N}}} - 1 \right) \cdot 100 \% . \quad (23)$$

Unter Verwendung von Gl. (12) und Gl. (13) resultiert dann für Normale, die Volumeneinheiten anzeigen:

$$f_P = \left(\frac{m_P \cdot (1 + f_N / 100)}{V_N \cdot \rho_N} - 1 \right) \cdot 100 \% . \quad (24)$$

Werden für die Ermittlung der relativen Messabweichungen des Prüflings f_P mehrere Volumennormale i betrieben, lautet die Bestimmungsgleichung:

$$f_P = \left(\frac{m_P}{\sum_i^n \frac{V_{N,i} \cdot \rho_{N,i}}{(1 + f_{N,i} / 100)}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (25)$$

Zeigt das Normal ebenfalls in Masseinheiten an, gilt:

$$f_P = \left(\frac{m_P \cdot (1 + f_N / 100)}{m_N} - 1 \right) \cdot 100 \% . \quad (26)$$

Werden mehrere parallel betriebene Massenormale i verwendet, gilt entsprechend:

$$f_P = \left(\frac{m_P}{\sum_i^n \left(\frac{m_{N,i}}{(1 + f_{N,i} / 100)} \right)} - 1 \right) \cdot 100 \% . \quad (27)$$

2 Verzeichnis der Vorschriften und Regelungen

2.1 Eichrechtlich verbindliche Vorschriften

Eichgesetz (EichG)

Gesetz über das Mess- und Eichwesen (Eichgesetz) in der jeweils gültigen Fassung

Eichordnung (EO) – Allgemeine Vorschriften –
Eichordnung in der jeweils gültigen Fassung

Anlage 7 zur Eichordnung (EO 7) in der jeweils gültigen Fassung

7-1 Volumenzähler

7-3 Zusatzeinrichtungen (Impulsgeber, Schalteinrichtungen)

EWG-Richtlinien

71/318 Volumenzähler (09/71) 74/331

1. Änderung (07/74) 78/365

2. Änderung (04/78) 82/623

3. Änderung (08/82)

Verwaltungsvorschrift „Gesetzliches Messwesen –
Allgemeine Regelungen (GM-AR)“
vom 10. April 2002 (Banz 5/02)

PTB-Anforderungen (PTB-A)

7.1 Volumenzähler (04/88)

Normen

DIN 1319-3 Grundlagen der Messtechnik. Teil 3: Auswertung von
Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicher-
heit (05/96)

DIN 1343 Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen

DVGW-Arbeitsblätter

G 492/I Anlagen für die Gasmengenmessung ... bis 4 bar ... (06/98)

G 492/II Anlagen für die Gasmengenmessung ... über 4 bar ... (12/88)

G 685 Gasabrechnung (04/93) mit Beiblatt (4/95)

PTB-Prüfregeln

Band 25 Prüfstände mit kritisch betriebenen Düsen (1998)

Band 29 Prüfung von Volumengaszählern mit Luft bei
Atmosphärendruck (2002)

Technische Richtlinien der PTB

G 3 Eichung von Balgengaszählern \leq G 25 mit angebauten elektro-
nischen Temperatur-Mengenurwertern (12/94)

G 9 Eichung von Zustands-Mengenurwertern und Wirkdruckgas-
zählern mit Zustandserfassung für Gas mit realem Zustands-
verhalten (01/98)

G 13 Einbau und Betrieb von Turbinenradgaszählern (03/02)

Sonstiges

- PTB-Mitt. 102, Verfahren zur Stichprobenprüfung von Balgen-
gaszählern (04/92) mit Ergänzung in PTB-Mitt. 107 (02/97)

2.2 Eichrechtlich nicht verbindliche Vorschriften

Die nachfolgend aufgeführten Vorschriften und Richtlinien sind zum
Zeitpunkt des Inkrafttretens nicht eichrechtlich verbindlich.

DIN EN 1359 Balgengaszähler (05/99)

EN 12 261 Turbinenradgaszähler (2002)

DIN EN 12 480 Drehkolbengaszähler (06/02)

DIN EN ISO 2859 Annahme der Stichprobenprüfung (04/93)

OIML R 31 Diaphragm gas meters (1995)

OIML R 32 Rotary piston gas meters and turbine gas meters (1989)

- Giacomo, P.: Formel für die Bestimmung der Dichte von feuchter Luft In: PTB-Mitt. 89 (1979), Heft 4
- VDI/VDE-Richtlinie 2040, Blatt 2: Berechnungsgrundlagen für die Durchflussmessung mit Blenden, Düsen und Venturi-Rohren. Gleichungen und Gebrauchsformeln (1987)
- ISO-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (1993)

3 **Verfahrensablauf**

Die Prüfung von Gaszählern erfolgt nach den folgenden Grundschemata für die Eichung, Befundprüfung und Sonderprüfung. Das Prüfverfahren für sonstige Prüfungen wird in Absprache zwischen den Auftraggebern und dem Prüfstandsbetreiber festgelegt.

Vor Beginn der Prüfungen ist festzustellen, ob die technischen und organisatorischen Voraussetzungen eingehalten sind.

Das wesentliche Kriterium für die Auswahl des Prüfverfahrens ist die spätere Verwendung des Zählers im Betriebsüberdruckbereich (Schema 1).

1. Betriebsüberdruckbereich ≤ 4 bar:

Prüfung bei atmosphärischem Druck mit Luft (siehe PTB-Prüfregeln: Prüfung von Volumengaszählern mit Luft bei Atmosphärendruck). Freiwillige zusätzliche Prüfung mit Hochdruckgas, falls der Zählerennendruck dies zulässt. Die maßgebliche Justierung erfolgt in Anlehnung an den späteren Betriebsüberdruck.

2. Betriebsüberdruckbereich > 4 bar:

Die Prüfung erfolgt im Betriebsüberdruckbereich mit Hochdruckgas gemäß Abschn. 6.3.

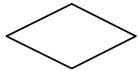
Die Regelungen bei der EWG-Ersteichung bleiben hiervon unberührt.

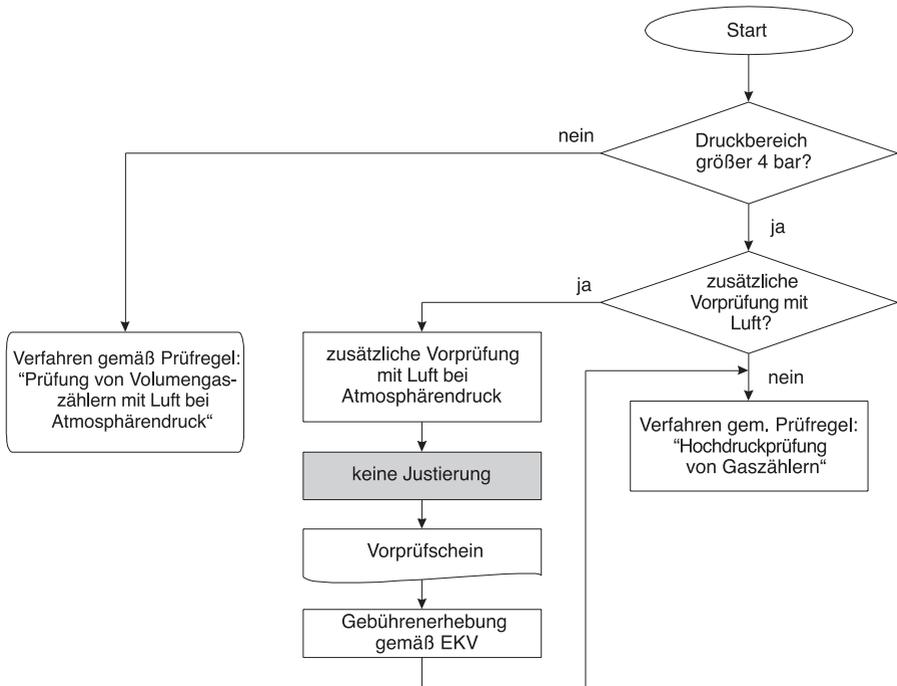
Die EWG-Ersteichung wird gemäß der geltenden Vorschriften bei Atmosphärendruck vorgenommen.

Dabei ist zu beachten, dass die ausschließliche Hochdruckeichung nur als innerstaatliche Eichung erfolgen kann. Sofern eine Eichung gemäß EWG-Richtlinien durchgeführt wird, ist die Hochdruckprüfung gegebenenfalls als zusätzliche Prüfung vorzunehmen.

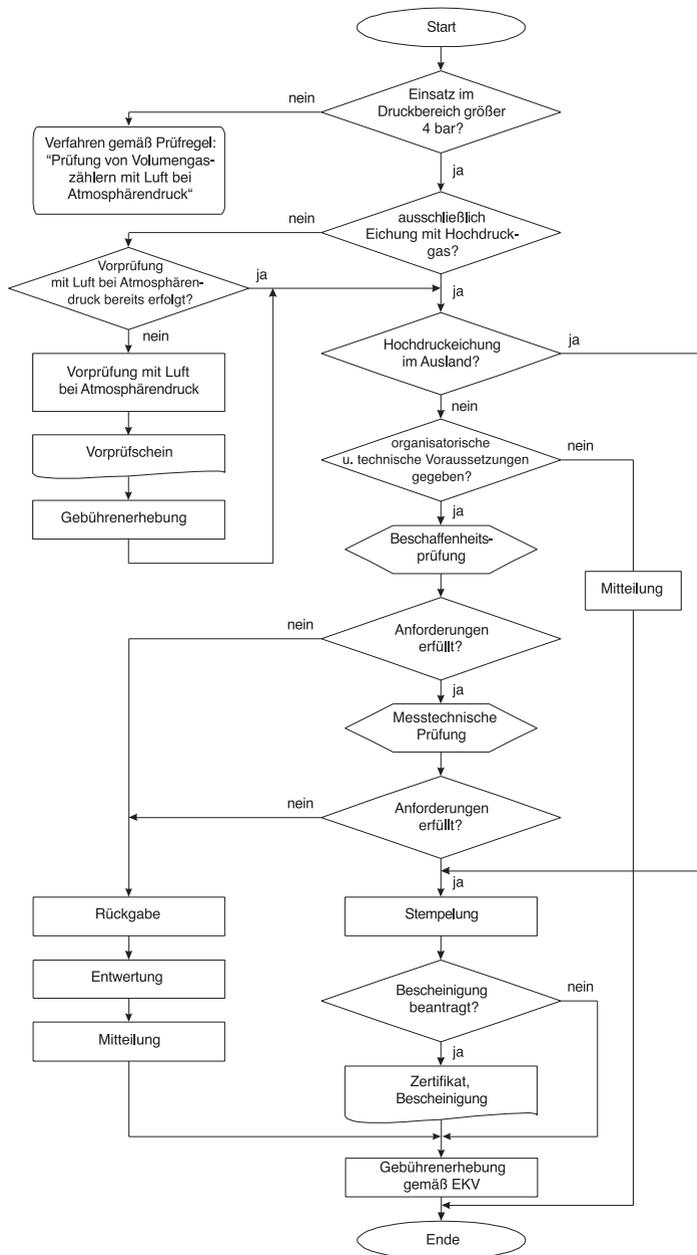
Entsprechend der Antragstellung können Prüfungen nach den EWG-Richtlinien, innerstaatlichen Eichvorschriften und geltenden Normen vorgenommen werden.

In den folgenden Schemata bedeuten die verwendeten Zeichen:

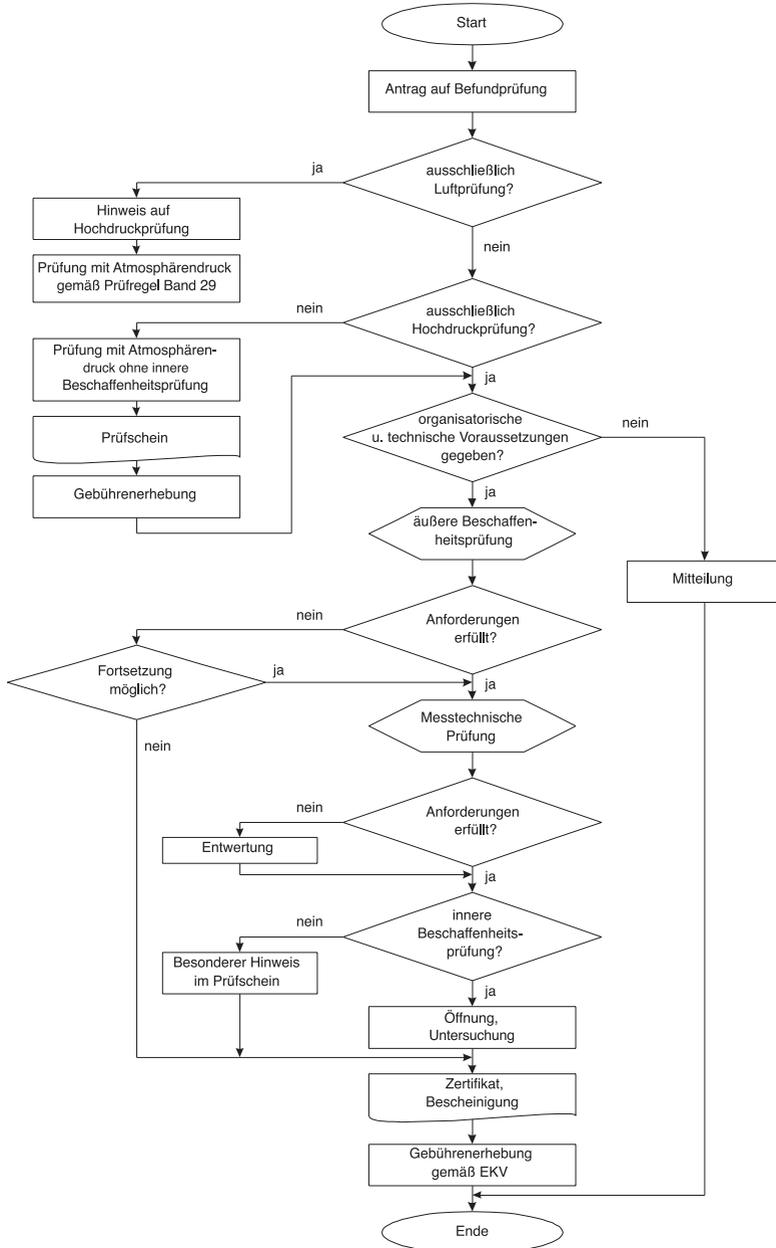
-  Beginn oder Ende des Programmflusses
-  Tätigkeit
-  Verzweigung, Entscheidung
-  Prüftätigkeit
-  Protokoll, Bescheinigung
-  alternative Bearbeitung



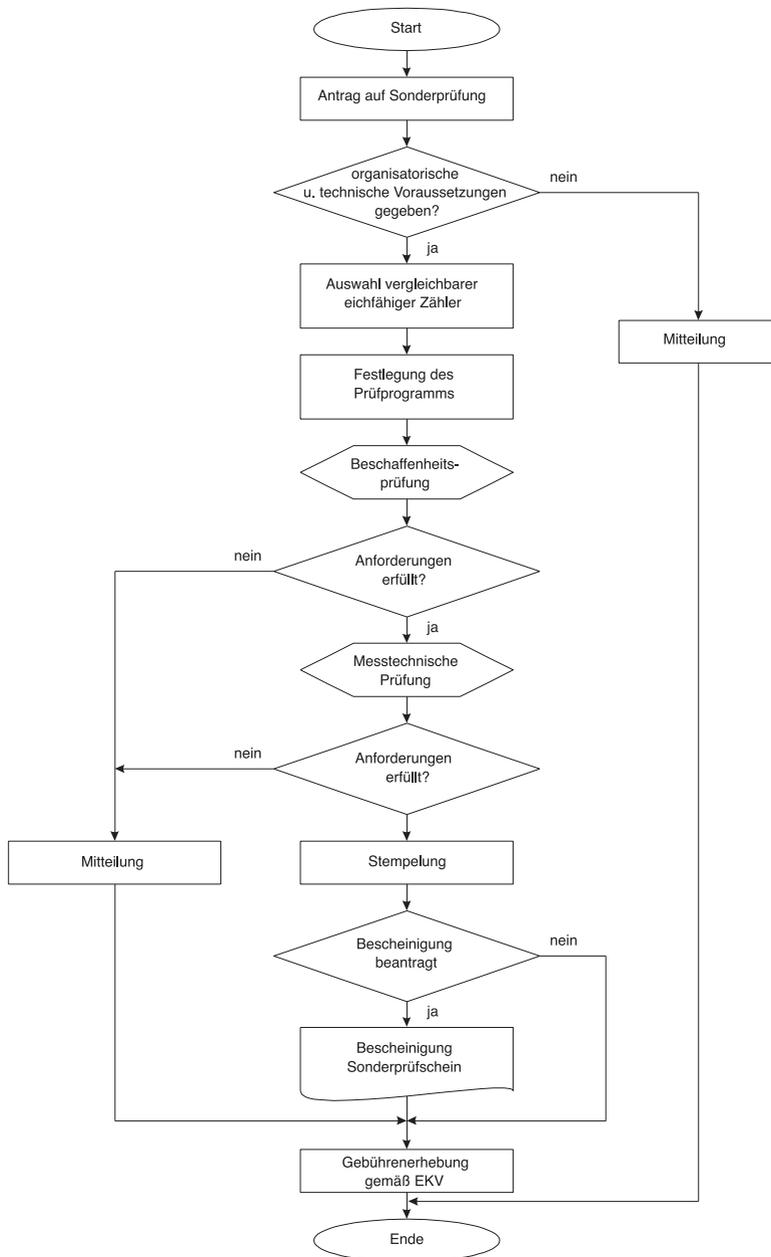
Schema 1: Auswahl des Prüfverfahrens



Schema 2: Eichung von Gaszählern



Schema 3: Befundprüfung von Gaszählern



Schema 4: Sonderprüfung von Gaszählern

4 Prüfmittel und Prüfräume

4.1 Allgemeine Anforderungen

Für Prüfmittel gelten die Anforderungen der Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften – in der jeweils gültigen Fassung.

Prüfmittel müssen von der PTB oder Eichbehörde anerkannt und amtlich geprüft sein. In den Prüfscheinen angegebene Messabweichungen oder Korrekturen sind zu berücksichtigen und die Nachprüffristen einzuhalten.

4.2 Volumen- bzw. Durchflussnormale

Als Normale kommen in Betracht:

- besonders ausgewählte und als Normal geprüfte Gaszähler mit hochauflösender Anzeige
- kritisch betriebene Düsen
- Primärverfahren nach dem volumetrischen (z. B. Kolbenmesseinrichtung) oder gravimetrischen (Wägeverfahren) Prinzip.

Darüber hinaus können Kombinationen verschiedener Normale genehmigt werden.

Die wesentlichen Kriterien für die Auswahl der Normale werden von Art, Größe und Ausstattung des Prüflings bestimmt. Dies sind im Einzelnen:

- Durchflussbereich
- erforderliches Prüfvolumen
- Bauart des Prüflings (minimale Beeinflussung)
- Art der Mengenerfassung am Prüfling.

4.3 Hilfsmessgeräte

Als Hilfsmessgeräte werden die Aufnehmer einschließlich Anzeige (ggf. mit Signalverarbeitung) für atmosphärischen Druck, Über- bzw. Differenzdruck, Temperatur, Zeit und die Gasbeschaffenheit verstanden.

Erstprüfungen sind jeweils von der zuständigen Eichbehörde bei der Abnahme der Prüfstände vorzunehmen. Regelmäßige Wiederholungsprüfungen der Hilfsmessgeräte werden der Prüfstelle bei Bedarf durch die Eichbehörde auferlegt. Empfohlen wird eine erste Nachprüfung nach spätestens zwei Jahren. Diese und erforderliche Justierungen können auch von der Prüfstellenleitung vorgenommen werden, sofern dafür geeignete Prüfmittel vorhanden sind. Die Dokumentation hat im Prüfstandshandbuch zu erfolgen.

Im Einzelnen handelt es sich um Hilfsmessgeräte zur Messung der folgenden Messgrößen:

Druck

Vorzugsweise sollten alle während der Messungen/Prüfungen erforderlichen bzw. für die Berechnungen benötigten Drücke als Differenzdrücke auf einen Referenzwert (z. B. den atmosphärischen Druck) bezogen werden, der als Absolutdruck gemessen wird. Im Falle, dass der atmosphärische Druck als Referenzwert verwendet wird, ist er laufend zu messen und in der Auswertung der Messergebnisse zu berücksichtigen.

Messgeräte, die ausschließlich zur Druckverlustmessung dienen, müssen nicht amtlich geprüft sein.

Bei Strömungsgaszählern muss die Druckentnahme zwingend an dem am Prüfling mit p_r bezeichneten Stutzen erfolgen.

Bei volumetrischen Gaszählern soll die Druckentnahme grundsätzlich ebenfalls am p_r -Stutzen erfolgen. Ersatzmessstellen im Prüfstand sind so zu gestalten, dass keine wesentlichen Unterschiede zu der Messung des maßgeblichen Drucks auftreten. Dazu soll der Abstand vom Zähler

nicht größer als ein D sein und die Rohrleitungsquerschnitte möglichst keine Veränderung in diesem Bereich aufweisen.

Die maßgeblichen Drücke der verschiedenen Zählerbauarten werden gemessen bei

- Turbinenradgaszählern unmittelbar vor dem Turbinenrad
- Drehkolben-/Dreh- im Eingangsstutzen/-flansch
 schleusengaszählern
- Wirbelgaszählern in der Nähe des Störkörpers
- Balgengaszählern im Eingangsstutzen/-flansch
- anderen Gaszählern entsprechend den Angaben in der
 Zulassung bzw. des Prüflingsherstellers.

Temperatur

Zur Messung der Temperatur sind vorzugsweise elektronische Aufnehmer vorzusehen.

Die Temperatur an Prüflingen ist vorzugsweise dort zu messen, wo bereits Temperaturmessstellen für den späteren Gebrauch vorhanden sind. Andernfalls ist bei diesen und den Normalen die Temperatur bis zu $2 D$ nach dem Auslauf zu messen, wobei die Temperaturmessstelle im Eich- bzw. Prüfschein anzugeben ist.

Werden zur Überwachung der Temperaturkonstanz im Prüfstand weitere Temperaturmessstellen verwendet, so sind bei Strömungsgaszählern zur Vermeidung von Einlaufstörungen Durchmesser der Messwertaufnehmer von $\leq 0,1 D$ und Abstände vor dem Einlauf der Zähler von $\geq 5 D$ einzuhalten.

Zeit

An die Zeitmessung werden keine besonderen Genauigkeitsanforderungen gestellt, sofern hiermit nur die Einhaltung der Durchflusseinstellung kontrolliert wird. Falls die Ermittlung der Prüflings-Messabweichungen

über den Vergleich der Durchflüsse an Prüfling und Normal erfolgt, wird gefordert, dass sie automatisch gestoppt wird und die Mindestanforderungen der Tabelle 1 eingehalten werden.

Die einzuhaltenden Mindestanforderungen der Hilfsmessgrößen hinsichtlich Teilung bzw. Auflösung A sowie der Messunsicherheiten U ($k = 2$) sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Mindestanforderungen an die Erfassung der Hilfsmessgrößen

Messgröße	Prüfung von Volumen-normalen	Prüfung von Volumengaszählern
Druck	$A \leq 10^{-4}$ vom Messwert $U \leq 10^{-3}$ vom Messwert	$A \leq 10^{-4}$ vom Messwert $U \leq 10^{-3}$ vom Messwert
Temperatur	$A < 0,01$ K $U \leq 0,1$ K	$A < 0,1$ K $U \leq 0,2$ K
Zeit	$A \leq 0,01$ s $U \leq 1 \cdot 10^{-4}$	$A \leq 0,01$ s $U \leq 2 \cdot 10^{-4}$

4.4 Überwachung und Vergleichsmessungen

Eine regelmäßige Überwachung aller Normale und Hilfsmessgeräte hat durch den Betreiber entsprechend den Festlegungen der Betriebserlaubnis zu erfolgen.

Zur Überwachung der Messbeständigkeit der Gebrauchsnormale sind Vergleichsmessungen durchzuführen.

Für die Vergleichsmessungen sind geeignete Vergleichszähler auszuwählen. Die gewünschte Messunsicherheit der Vergleichszähler einschließlich Drift und einschließlich der Unsicherheiten bei der Volumenumrechnung infolge von Messunsicherheiten bei der Druck- und Temperaturmessung soll $\leq 0,3$ % sein.

Für Vergleichszähler werden keine amtlichen Prüfscheine gefordert, sie müssen aber einer zugelassenen Bauart angehören.

Interne Vergleiche

Mindestens monatlich sind bei einer anfallenden Prüfung Vergleiche der Gebrauchsnormale in den Überlappungsbereichen ($\geq 10\%$) durchzuführen. Sofern gleich große Normalzähler vorhanden sind, sollen diese mindestens vierteljährlich indirekt miteinander verglichen werden, indem ein Prüfling mit ihnen bei den gleichen Durchflüssen geprüft wird.

Die Ergebnisse dieser Vergleichsmessungen sind zu dokumentieren. Bei Abweichungen von mehr als $0,3\%$ sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Ursachen der Abweichungen festzustellen und zu beseitigen.

Externe Vergleiche

Mindestens jährlich sollen externe Vergleichsmessungen mit anderen Prüfständen durchgeführt werden. Diese brauchen nicht den ganzen Durchflussbereich zu umfassen. Nach spätestens drei Jahren soll einmal der gesamte Durchflussbereich des Prüfstands kontrolliert sein.

4.5 Prüfstände

4.5.1 Allgemeines

Hochdruck-Prüfstände sind spezielle ortsfeste Einrichtungen, die es erlauben, Prüfungen von Zählern durch Normale mit Hochdruckgas durchzuführen. Das Prüfgas unter Hochdruck wird erforderlichenfalls durch spezielle Druck-, Temperatur- und Gasfiltereinrichtungen aufbereitet, so dass die bei der Prüfung ausgewiesene Messunsicherheit bzw. die für die jeweilige Messaufgabe vorgeschriebenen zulässigen Messunsicherheiten jederzeit eingehalten werden. Prüfungen von Gaszählern sind auf einem Prüfstand nur dann gültig, wenn der Zustand des Prüfstands den Anforderungen seiner Betriebserlaubnis entspricht. Grundlegende Anforderungen an Hochdruckprüfstände für eine Betriebserlaubnis sind im Anhang 1 genannt.

4.5.2 Einbau und Betrieb der Prüflinge

Die Prüflinge sind in einen Prüfstand so einzubauen, dass eine wechselseitige Beeinflussung der Prüflinge und Normale ausgeschlossen werden kann und die Rohrströmung am Einbauort des Prüflings als ungestört² angesehen werden kann.

Zur Vermeidung von Beeinträchtigungen, Schädigungen oder Verschmutzungen der Normale ist es zweckmäßig, die Prüflinge grundsätzlich nach den Gebrauchsnormalen anzuordnen. Dies gilt insbesondere für die Befundprüfung und die Prüfung von gebrauchten Zählern.

Soweit in der Bauartzulassung des Prüflings bzw. der Anerkennung des Prüfstands nicht anders festgelegt, gelten folgende Bestimmungen:

- Gerade Einlaufrohre vor den Prüflingen
 - Länge

Balgengaszähler	keine
Drehkolben-/Drehschleusengaszähler	keine
Turbinenradgaszähler und sonstige Gaszähler	$\geq 5 D$
 - sonstige Anforderungen
 - gleicher Nenndurchmesser wie am Prüfling,
 - entgratete Innenkante des Flanschs,
 - Dichtungen dürfen nicht in den Strömungsausschnitt hineinragen,
 - installationsbedingte Strömungsprofilstörungen sind zu vermeiden.

2 Gestörte Strömungen führen zu Installationseffekten an Prüflingen, die sich als zusätzliche Messabweichung auswirken. Als Strömungsstörungen kommen Schall-, Pulsationseinflüsse und gestörte Geschwindigkeitsprofile im Einlauf eines Gaszählers in Betracht. Hinsichtlich gestörter Geschwindigkeitsprofile sind die Anforderungen entsprechend dem Kapitel 7 der ISO 5167-95 einzuhalten.

- Auslaufrohre
 - Länge

Balgengaszähler	keine
Drehkolben-/Drehschleusengaszähler	keine ³
Turbinenradgaszähler und sonstige Gaszähler	$\geq 3 D$
 - sonstige Anforderungen
 - gleicher Nenndurchmesser wie am Prüfling,
 - entgratete Innenkante des Flanschs,
 - Dichtungen dürfen nicht in den Strömungsausschnitt hineinragen,
 - Nennweitenunterschiede durch Diffusoren bzw. Konfusoren ausgleichen
- Rohrverzweigungen in der Prüfanlage müssen absperrbar sein
- Beeinflussungen zwischen Prüfling und Normal bzw. den Normalen untereinander sind zu minimieren. Geeignet hierfür sind z. B.: großvolumige Filter, Gleichrichter. Ein Filter dient zusätzlich als Schutz des Normals gegen Verschmutzung.

Die Prüfung von mehreren Prüflingen gleichzeitig in Reihenschaltung ist zulässig, wenn nachgewiesen werden kann, dass sich die Prüflinge nicht wechselseitig beeinflussen. Bild 1 zeigt die prinzipielle Anordnung von Einlaufstrecken, Prüflingen und Auslaufstrecken am Beispiel für zwei oder mehrere in Reihe geschaltete Prüflinge. Zwischen Auslauf und Einlauf der Prüflinge können Gleichrichter zur Vermeidung von wechselseitiger Beeinflussung eingesetzt werden.

Die gleichzeitige Prüfung von parallel geschalteten Prüflingen ist nicht zulässig.

3 Drehkolbengaszähler sind problematisch hinsichtlich Pulsationen des Gasstroms. Hinweise hierzu finden sich unter Abschn. 4.4.6 sowie im Anhang 4 der PTB-Prüfregel „Prüfung von Volumengaszählern mit Luft bei Atmosphärendruck“.

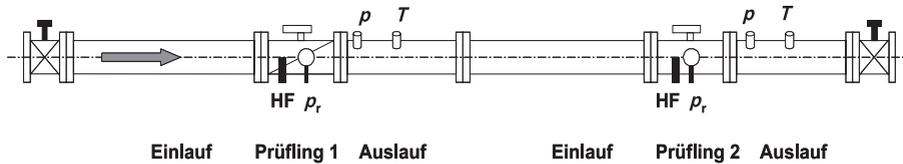


Bild 1: Prinzipskizze: Anordnung von Einlaufstrecken, Prüflingen und Auslaufstrecken

4.5.3 Elektronische Verarbeitung und Dokumentation von Prüfungsdaten

Die Messwerte werden mit elektronischen Aufnehmern erfasst und in einem Rechner verarbeitet. Alle Daten, die zum Nachvollziehen der Prüfung notwendig sind, müssen mindestens zwei Jahre vom Rechner in Dateien oder einer Datenbank gespeichert werden.

Die Berechnung der Messabweichung der Prüflinge muss nach den in dieser Prüffregel angegebenen Gleichungen erfolgen. Der Eichbehörde muss diese Berechnung mit allen Korrekturen sowie auf Verlangen die entsprechenden Programmlisten oder ein Flussplan der Berechnungen vorgelegt werden können.

Zur Überwachung durch die Eichbehörde und zur Kontrolle für den Anwender muss ein Anzeigen oder Ausdrucken aller Messwerte möglich sein, die zur Berechnung der Messabweichung verwendet werden.

Aus dem Protokoll für amtliche Prüfungen müssen mindestens folgende Angaben (eventuell auch in kodierter Form mit Legende) hervorgehen:

- Prüfstelle
- Prüfer
- Datum
- Fabrikat, Typ
- Fabriknummer
- Größe
- Baujahr

- Zulassungsnummer
- Belastung (Sollwert)
- Prüfnormal(e)
- Betriebsüberdruck
- Messabweichung, zugeordnet zur Belastung bzw. Reynolds-Zahl
- Justierung
- Impulswert
- ggf. Ergebnis der Zählwerkskontrolle.

4.6 Prüfräume

Die Prüfeinrichtungen müssen so errichtet sein, dass sie gegen Witterungseinflüsse und Sonneneinstrahlung geschützt sind. Die Umgebungsbedingungen müssen garantieren, dass

- die Prüfung der Messgeräte (Prüflinge) sowie der Normale und Prüfeinrichtungen mit der erforderlichen Zuverlässigkeit (Messunsicherheit) möglich ist
- Normale und technische Einrichtungen ordnungsgemäß betrieben werden können
- der Einfluss der Umgebungsbedingungen auf das Prüfergebnis in Übereinstimmung mit der Messunsicherheitsabschätzung des Prüfstands zu vernachlässigen ist⁴
- die Umgebungstemperatur sich nicht mehr als 2 K/h ändert.

4 Der Einfluss der Umgebungstemperatur kann vernachlässigt werden, wenn die maximale Temperaturdifferenz ΔT zwischen Umgebungs- und Prüfgastemperatur einen Grenzwert nicht überschreitet. Der Grenzwert hängt von der Dichte des Prüfgases und dessen Geschwindigkeit u_G sowie der Dichte der Umgebungsluft und deren Strömungsgeschwindigkeit u_L entsprechend der Belüftungsverhältnisse ab. Eine Abschätzung des Wärmeübergangs zwischen Umgebungs- und Prüfgas bei nicht isolierten Stahlrohren ergibt für den Grenzwert: $\Delta T = p/\text{bar} \cdot 0,5 \text{ K} \cdot u_G/u_L$. Für unbelüftete Räume kann mit einer Strömungsgeschwindigkeit der Umgebungsluft von $u_L = 0,3 \text{ m/s}$ gerechnet werden.

Hiervon abweichende Anforderungen sind von der zuständigen Behörde im Einvernehmen mit der PTB zu regeln.

Für die Zwischenablage ungeprüfter und geprüfter Messgeräte sind geeignete Lagermöglichkeiten vorzusehen.

5 Prüfungen an Gaszählern im Rahmen der Eichung

5.1 Beschaffenheitsprüfung

Die Beschaffenheitsprüfung umfasst die Prüfung darauf, ob

- das Messgerät zur Eichung zugelassen ist
- die Ausführung des Messgeräts detailliert der Bauartzulassung entspricht
- keine von außen erkennbaren Beschädigungen vorhanden sind
- bei vorgeprüften Messgeräten die Vorprüfung (Gültigkeit ein Jahr) gültig ist
- im Falle der Nacheichung oder Befundprüfung die Stempelstellen unverletzt sind.

5.2 Vorbereitung zur messtechnischen Prüfung

5.2.1 Einbau der Prüflinge

Die Prüflinge müssen entsprechend den Herstellerangaben betriebsbereit hergerichtet werden. Drehkolbengaszähler sind – sofern in der Bauartzulassungen nicht besonders geregelt – mit Getriebeöl zu füllen. Sofern Turbinenradzähler mit Schmieröleinrichtungen versehen sind, dürfen diese nicht unmittelbar vor oder während der Prüfung betätigt werden.

Der Einbau in die Prüfeinrichtung erfolgt entsprechend den Betriebsanleitungen der Messgerätehersteller. Insbesondere ist auf die Einbaulage zu achten und ein zu hoher Pressdruck auf das Zählergehäuse zu vermeiden. Im Übrigen gelten die Festlegungen in den Bedienungsanleitungen bzw. der Anerkennung der Prüfeinrichtung.

5.2.2 Temperaturangleichung der Prüflinge

Die Prüflinge müssen vor Prüfbeginn die gleiche Temperatur wie das Prüfgas haben. In der Regel ist es ausreichend, wenn die Prüflinge so lange mit Prüfgas durchströmt werden, bis sich ein Temperaturgleichgewicht in der Prüfanlage einstellt. Kann ausreichend langer Einlauf bei Q_{\max} nicht erfolgen, sind die Zähler vor der Prüfung zur Temperaturanpassung entsprechend zu lagern.

5.2.3 Dichtheitsprüfung

5.2.3.1 Prüfung der äußeren Dichtheit

Die äußere Dichtheit ist nach jedem Austausch von Prüflingen bzw. Komponenten in der Messanlage zu prüfen. Die messtechnischen Anforderungen sind i. Allg. eingehalten, wenn die Sicherheitsanforderungen des Gastransports gem. DVGW- Arbeitsblatt G 492 II „Anlagen für die Gasmengenmessung mit einem Betriebsüberdruck über 4 bar bis 100 bar“ erfüllt werden.

5.2.3.2 Prüfung der inneren Dichtheit

Es ist sicherzustellen, dass bei einem Wechsel der Prüfstrecken, in denen sich die jeweiligen Normale befinden, die nicht benutzten Prüfstrecken stets sicher abgesperrt sind. Die Dichtheit jeder dieser Strecken ist ständig durch geeignete Maßnahmen zu kontrollieren, z. B. durch Ventile mit integrierter Dichtheitskontrolle (block and bleed). Einmal pro Quartal ist eine innere Dichtheitsprüfung der gesamten Anlage, vorzugsweise in Zusammenhang mit Vergleichsmessungen, durchzuführen.

5.3 Messtechnische Prüfung

5.3.1 Allgemeine Bedingungen

Die folgenden Festlegungen bei der messtechnischen Prüfung von Turbinenradgas-, Wirbelgas-, Drall- und Ultraschallgaszählern sind grundsätzlich für alle Zähler zu beachten, sofern in den Bauartzulassungen der Prüflinge und in der Anerkennung des Prüfstands nichts anderes geregelt ist. Bei den nicht genannten Zählerbauarten wird der Umfang der messtechnischen Prüfung in den Bauartzulassungen bzw. in der Betriebsgenehmigung des Prüfstands festgelegt.

Die messtechnische Prüfung von Hochdruckgaszählern für die innerstaatliche Eichung ist auf Prüfständen, die von der zuständigen Eichbehörde im Einvernehmen mit der PTB anerkannt sind, vorzunehmen.

5.3.1.1 Prüfgas

Die Prüfung sollte möglichst mit dem Gas und unter den Betriebsbedingungen erfolgen, die den im Betrieb verwendeten entsprechen. In der Regel wird hierbei Erdgas verwendet, wobei keine Unterscheidung nach Gasfamilien erforderlich ist. Die Verwendung anderer Prüfgase kann durch die Aufsichtsbehörde genehmigt werden, wenn durch Messung unter amtlicher Aufsicht im Einvernehmen mit der PTB nachgewiesen worden ist, dass die Abweichung der Gasart ohne wesentlichen Einfluss auf das Prüfergebnis ist bzw. bei der geprüften Zählerbauart das messtechnische Verhalten nicht von der Gasart beeinflusst wird.

5.3.1.2 Betriebsart

Generell erfolgt die Messung im fliegenden Start und Stopp über hochfrequente Impulsgeber (HF-Impulsgeber). Bei der Prüfung von Zählern mit mechanischem Zählwerk ist – soweit vorhanden – auch die Verwendung niederfrequenter Impulsgeber (NF-Impulsgeber) möglich.

Es ist auch die visuelle Erfassung des Zählwerksfortschritts und die Auslösung der Impulszählung am Normal mit einem Taster zulässig.

Der exakte Durchfluss wird nach dem manuell oder automatisch ausgelösten Ende des Prüfgangs über die parallele Zeitmessung unter Berücksichtigung der Messabweichung des Normals bestimmt.

5.3.1.3 Auswertemethode

Die Messabweichungen werden durch den Vergleich der Volumina bzw. Massen oder der Volumen- bzw. Massendurchflüsse an Prüfling und Normal ermittelt.

Voraussetzung für die Durchflussvergleichsmethode ist, dass der Durchfluss konstant gehalten wird, die Zeitmessungen an Prüfling und Normal nahezu synchron erfolgen und die angegebene Messunsicherheit dadurch nachweislich nicht vergrößert wird.

Für Auswertungen mit Hilfe der ermittelten Volumina bzw. Massen sind die Ablesungen an den Zählwerken oder die Zählung der Ereignisse von verschiedenen Impulsgebern (höher-, niederfrequent bzw. deren Kombinationen) maßgeblich. Die Ermittlung der Zählwerksfortschritte, der Impulse und der Prüfzeit kann manuell oder automatisch erfolgen. Die Einhaltung der zulässigen Messunsicherheit ist durch Wiederholungsmessungen nachzuweisen.

5.3.1.4 Impulszählung

Die Mindestmesszeit von 60 s ist in aller Regel nicht zu unterschreiten. Wenn die Messwerte über höherfrequente Impulsgeber elektronisch erfasst werden, sind bei Nachweis der gleichen Messunsicherheit auch kürzere Prüfzeiten möglich.

Werden die Impulsgeber zur Prüfung verwendet, ist sicherzustellen, dass die Eigenschaften der Antriebsmechanik das Ergebnis der messtechnischen Prüfung nicht verfälschen.

Bei Prüflingen mit periodischen Fehlern sollte das Prüfvolumen einem ganzzahligen Vielfachen oder einem genügend großen Vielfachen des zyklischen Volumens entsprechen. Bei der Verwendung von magnetbetätigten niederfrequenten Impulsgebern ist darauf zu achten, dass durch entsprechende Vorwahl der Prüfmenge Start und Stopp der Messung immer von demselben Magneten ausgehen, um einen diesbezüglichen periodischen Fehler zu vermeiden.

Neben der Ermittlung des durchströmten Volumens durch Zählung der volumenproportionalen Impulse ist die Prüfung auch durch Vorwahl einer Sollimpulszahl und dem automatischen Start und Stopp des gesteuerten Zählers zulässig.

Zur Bestimmung des angezeigten Volumens bzw. des Durchflusses an einem Zähler (Normal oder Prüfling) ist grundsätzlich dessen hochfrequentester Impulsgeber auszuwerten.

Bei Prüfständen mit einem gemeinsamen Zeitfenster für Prüflingsimpuls- und Normalimpulszählung ist zur Triggerung des Zeitfensters der niederfrequenteste der auszuwertenden Impulsgeber zu nutzen. Hierdurch wird eine möglichst geringe Messunsicherheit erreicht.

Werden gleichzeitig mehrere Prüflinge mit einem oder mehreren Normalen geprüft, bestehen zwei Möglichkeiten zur Impulszählung:

- Für jeden Prüfling wird eine separate Impulserfassungseinheit vorgesehen, die ein Zeitfenster für Prüflingsimpuls- und Normalimpulszählung erzeugt.
- Es wird für einen Prüfling eine Impulserfassungseinheit vorgesehen, die das Zeitfenster für Prüflingsimpuls- und Normalimpulszählung erzeugt. Für jeden weiteren Prüfling wird durch jeweils eine Impulserfassungseinheit nur der angezeigte Durchfluss des Prüflings bestimmt. Die Bestimmung der Messabweichungen der Prüflinge erfolgt mittels der gemessenen Durchflüsse. Voraussetzung für dieses Verfahren ist ein konstanter Volumenstrom während der Messzeit.

Grundsätzlich ist jeder Impulsgeber einer Funktionskontrolle zu unterziehen.

5.3.1.5 Datenschnittstellen

Digitale Datenschnittstellen zum Auslesen bzw. zur Weitergabe der Messwerte (z. B. DSfG, Encoder-Zählwerk) dürfen bei der Eichung der Zähler verwendet werden. Diese Möglichkeit sollte gegenüber der Impulszählung bevorzugt werden, wenn z. B. bei Ultraschallgaszählern im späteren Gebrauch die Mengenübertragung mittels Datenschnittstelle erfolgen soll.

Wird die Richtigkeitsprüfung statt über die Anzeige ausschließlich über digitale Datenschnittstellen durchgeführt, so ist mindestens einmal im Rahmen der Richtigkeitsprüfung durch einen Wertevergleich sicherzustellen, dass der ausgelesene und der zugehörige angezeigte Registerinhalt mindestens in den in der Anzeige sichtbaren Stellen übereinstimmt.

Bei Zählern, die zu Prüfzwecken in einem speziellen Prüfmodus (z. B. höhere Auflösung des Displays) geschaltet werden, muss der Vergleich mindestens einmal vor Beginn und einmal nach dem Abschluss aller Prüfungen vorgenommen werden.

Es ist jede digitale Datenschnittstelle, die der Übertragung von Messwerten zur Bildung neuer Messwerte im Sinne des Eichrechts dient, einer Kontrolle (Wertevergleich) zu unterziehen oder zu verschließen.

5.3.2 Festlegung der Prüfüberdrücke

Entsprechend dem beantragten Betriebsüberdruckbereich, für den ein Zähler geeicht werden soll, sind vor der Prüfung Prüfüberdrücke festzulegen.

Der Betriebsüberdruckbereich bei einem hochdruckgeprüften Zähler ergibt sich aus den Prüfüberdrücken wie nachfolgend festgelegt:

- $0,5 \cdot p_{e, \text{test}}$ bis $2 \cdot p_{e, \text{test}}$ wenn der Zähler bei einem Prüfdruck geprüft wird
- $0,5 \cdot p_{e, \text{test, min}}$ bis $2 \cdot p_{e, \text{test, max}}$ wenn der Zähler bei mehr als einem Prüfdruck geprüft wird. Die Prüfüberdrücke $p_{e, \text{test, i}}$ sind so zu wählen, dass sich die Druckbereiche $0,5 \cdot p_{e, \text{test, i}}$ bis $2 \cdot p_{e, \text{test, i}}$ überlappen und den gesamte Betriebsüberdruckbereich überdecken.
- Erfolgte eine Prüfung mit atmosphärischer Luft und beträgt der halbe minimale Prüfüberdruck $0,5 \cdot p_{e, \text{test, min}} \leq 4$ bar, dann kann auf dem Zusatzschild nach Kapitel 5.4.2 der minimale Betriebsüberdruck $p_{e, \text{min}} = 0$ bar angegeben werden.

Der Betriebsüberdruckbereich darf jedoch weder die Festlegungen in der Zulassung noch die Druckfestigkeit des Zählergehäuses überschreiten.

Soll der Zähler bei einem maximalen Betriebsüberdruck > 50 bar eingesetzt werden, wird eine Prüfung bei ≈ 50 bar als ausreichend erachtet.

5.3.3 Prüfablauf

5.3.3.1 Allgemeines

Die Prüfung muss bei einer zulässigen Einbaulage des Zählers durchgeführt werden.

Durch eine Änderung der Temperatur oder des Drucks während der Messzeit ändert sich die Gasmasse, die im Rohrleitungsvolumen zwischen Normal und Prüfling eingeschlossen ist. Die Änderung der eingeschlossenen Masse führt zu einer Messabweichung, die als Leitungs-Pufferungs-Effekt (line pack effect) bezeichnet wird. Der Einfluss des Leitungs-Pufferungs-Effekts auf das Prüfergebnis ist umgekehrt proportional zum Durchfluss. Um den Einfluss bei der Auswertung nicht zu groß werden zu lassen und damit die Messunsicherheit nicht unnötig zu erhöhen, ist insbesondere bei kleinen Durchflüssen während des

Messvorgangs darauf zu achten, dass die zulässige Drift der Temperatur und/oder des Drucks wie nachfolgend angegeben eingehalten wird:

- Temperaturdrift $\leq 0,2 \text{ K}$
- relative Druckspanne: $\Delta p/p \cdot 100 \% \leq 0,5 \%$.

Werden die Bedingungen während eines Prüfpunkts nicht eingehalten, so ist die Messung an diesem Punkt zu wiederholen.

Während der Gesamtprüfzeit eines Prüflings darf die Temperaturdrift 2 K nicht überschreiten.

Hiervon abweichende Anforderungen sind in der Betriebserlaubnis des Prüfstands zu regeln.

5.3.3.2 Prüfdurchflüsse

Die Prüfung erfolgt mindestens bei den in Tabelle 2 angegebenen Durchflüssen.

Tabelle 2: Prüfdurchflüsse in Abhängigkeit von Q_{\max}

Belastungsbereich			
1:10	1:20	1:30	1:50
			2 %
		3 %	
	5 %	5 %	5 %
10 %	10 %	10 %	
			15 %
25 %	25 %	25 %	25 %
40 %	40 %	40 %	40 %
70 %	70 %	70 %	70 %
100 %	100 %	100 %	100 %

Da das Messverhalten durch Resonanzerscheinungen wesentlich verfälscht werden kann, dürfen beim Auftreten von Resonanzen repräsentative Ersatzprüfdurchflüsse gewählt werden. Bei schwerwiegenden Resonanzen des Prüflings kann im Einzelfall eine Prüfung abgelehnt werden.

Ist der maximale Durchfluss im Rahmen der Hochdruckprüfung aus technischen Gründen (z. B. beschränkte Abgabe des Prüfgases) nicht oder nur bei einem geringeren Prüfüberdruck zu erreichen, kann der Zähler unter folgenden Bedingungen geeicht werden:

- es müssen mindestens 70 % von Q_{\max} erreicht werden
- Messabweichungen über den gesamten Durchflussbereich aus der Prüfung bei Atmosphärendruck oder einem niedrigeren Prüfüberdruck müssen vorliegen
- der mit diesen Messergebnissen durchgeführte Vergleich der Fehlerkurven muss im Durchflussbereich von $0,2 \cdot Q_{\max}$ bis zum maximal erreichten Durchfluss erkennen lassen, welcher Verlauf für den nicht geprüften Bereich anzunehmen ist
- die über die Reynolds-Zahl extrapolierte Messabweichung bei Q_{\max} darf (nach ggf. erfolgter Justierung) die Hälfte der Eichfehlergrenze nicht überschreiten.

Der Zähler gilt unter diesen Voraussetzungen für den betreffenden Betriebsüberdruck bis Q_{\max} als geeicht.

5.3.3.3 Messabweichungen

Die Messabweichungen werden bei jedem der in Tabelle 2 angegebenen Durchflüsse bestimmt.

Die Messabweichungen des Zählers müssen unter Beachtung der Trenndurchflüsse (Tabelle 4) mindestens innerhalb der in Tabelle 3 angegebenen Fehlergrenzen liegen. Außerdem muss die zulässige Spanne der

Messabweichungen den Bedingungen der Linearitätsanforderungen (Tabelle 5) entsprechen.

Tabelle 3: Fehlergrenzen

Durchfluss Q	Fehlergrenzen
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$	$\pm 2 \%$
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$	$\pm 1 \%$

Die Messabweichungen dürfen nicht sämtlich die Hälfte der oben genannten Fehlergrenzen überschreiten, wenn sie alle das gleiche Vorzeichen haben.

Tabelle 4: Trenndurchflüsse

Belastungsbereich	Trenndurchfluss Q_t
1:10	$0,20 Q_{\max}$
1:20	$0,20 Q_{\max}$
1:30	$0,15 Q_{\max}$
1:50	$0,10 Q_{\max}$

Entsprechend der EN 12 261 sind für Turbinenradgaszähler außerdem folgende Anforderungen zu erfüllen: Bei Prüfdurchflüssen von $0,25 Q_{\max}$ bis Q_{\max} dürfen die Unterschiede zwischen der höchsten und der niedrigsten Messabweichung die in Tabelle 5 ausgewiesenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 5: Zulässige Unterschiede zwischen der höchsten und der niedrigsten Messabweichung

Durchflüsse $0,25 Q_{\max} \geq Q \geq Q_{\max}$

Nenndurchmesser	Prüfdruck	mehrere Prüfdrücke
	> 4 bar	> 4 bar
\leq DN 100	0,5 %	1 %
> DN 100	0,3 %	0,5 %

5.3.4 Berechnung der mittleren Messabweichung *WME*

Wenn der Zähler bei verschiedenen Prüfüberdrücken geprüft worden ist, müssen für alle Prüfüberdrücke die mittleren Messabweichungen *WME* nach Gl. (3) berechnet werden. Auf dem Prüfschein sind für alle Prüfüberdrücke die Werte der *WME* anzugeben, die sich nach der Justierung ergeben.

5.3.5 Justierung

Nach der Feststellung der Messabweichungen nach 5.3.3.3 muss der Gaszähler so eingestellt werden, dass die gewichtete mittlere Messabweichung (*WME*) so nahe bei Null liegt, wie es die Justierschritte und die Fehlergrenzen zulassen. Die *WME* muss einen Wert zwischen $-0,4\%$ und $+0,4\%$ haben. Wird der Zähler bei mehreren Prüfüberdrücken geprüft, ist für die Justierung der Mittelwert der *WME* für alle Prüfdrücke heranzuziehen.

Die neuen Einzelwerte der Messabweichungen f_i werden anhand der bei der Prüfung bestimmten Werte berechnet. Durch die Wiederholung einer Messung bei einem Prüfdurchfluss muss der dafür errechnete f_i -Wert überprüft werden. Er muss auf $0,05\%$ mit dem errechneten Wert übereinstimmen. Die neuen Impulswerte der Impulsgeber sind auf mindestens sieben Ziffern genau zu berechnen und gerundet auf sechs Ziffern anzugeben.

Entscheidend ist, dass nach der Justage alle Messabweichungen innerhalb der zulässigen Grenzen sind und die Einseitigkeitsklausel eingehalten wird. Bei Zählern, die sowohl für Nieder- als auch Hochdruck geeicht werden sollen, muss außerdem gewährleistet sein, dass nach der Justierung auch noch die entsprechenden Anforderungen für die Verwendung im Niederdruck eingehalten werden.

5.3.6 Impulswert- und Zählwerkskontrolle

Ziel der Impulswert- bzw. Zählwerkskontrolle ist es, die Wertigkeit aller Impulsausgänge bzw. die Richtigkeit der Zählwerksanzeige nach der Prüfung und ggf. Justierung sicherzustellen. Da sich die Impulswertigkeit aller Impulsausgänge aus mechanischen Größen des Gaszählers wie Getriebeübersetzung, Schaufelzahl sowie die Übersetzungen von Justierradpaar und Zählwerkradpaar ableitet, kann die Impulswertkontrolle nur nach Festlegung und Einbau der Zählwerk- und Justieräder durchgeführt werden. Die Impulswert- bzw. Zählwerkskontrolle ist nach jeder Änderung der Justierung erneut durchzuführen.

Zähler können über hochfrequente Impulsausgänge verfügen, die entsprechend 5.3.1.4 „Impulszählung“ für die messtechnische Prüfung zu verwenden sind. Darüber hinaus können Zähler mit mechanischem Zählwerk über einen niederfrequenten Impulsausgang oder für die messtechnische Prüfung über ein Prüfzählglied verfügen.

Für niederfrequente Impulsausgänge bzw. das Prüfzählglied sind vom Hersteller konstruktiv feste Impulswertigkeiten $c_{\text{IW, NF}}$ bzw. ein Umdrehungswert t_r festgelegt. Für hochfrequente Impulsausgänge werden Impulswertigkeiten entsprechend der Justierung bestimmt. Der Impulswert wird grundsätzlich auf sieben Stellen genau bestimmt und auf sechs Stellen gerundet angegeben (z. B. 11 264,3 Imp/m³).

Der Zusammenhang geht aus folgenden Gleichungen hervor, die verallgemeinernd gelten.

Für die niederfrequente Impulswertigkeit bzw. den Umdrehungswert gilt:

$$c_{\text{IW, NF}} = V_z(I_G \cdot J_2/J_1) \text{ bzw. } t_r = V_z(I_G \cdot J_2/J_1) \quad (28)$$

mit : V_z zyklisches Volumen
 I_G Gesamtübersetzung des Getriebes
 J_2/J_1 Justierradpaarung.

Zwischen dem zyklischen Volumen V_z und der zugehörigen Anzahl von Impulsen eines hochfrequenten Impulsgebers besteht ein konstruktiv fest vorgegebenes Verhältnis n_{Imp, V_z} .

Damit ergibt sich für die Impulswertigkeit des hochfrequenten Impulsgebers:

$$c_{\text{IW, HF}} \cdot n_{\text{Imp}, V_z} = V_z. \quad (29)$$

Hieraus resultiert zwischen den niederfrequenten Ausgängen bzw. dem Prüfzählglied die Relation:

$$c_{\text{IW, NF}} = c_{\text{IW, HF}} \cdot n_{\text{Imp}, V_z} (I_G \cdot J_2/J_1) \text{ bzw. } t_r = c_{\text{IW, HF}} \cdot n_{\text{Imp}, V_z} (I_G \cdot J_2/J_1). \quad (30)$$

Für einen zu prüfenden Zähler ist die geltende Formel aus den Zulassungsunterlagen bzw. den Herstellerangaben zu entnehmen.

Impulswertkontrolle

Die Kontrolle der niederfrequenten Impulswertigkeiten mit Hilfe von hochfrequenten Impulsausgängen erfolgt über:

$$\left(\frac{n_{\text{Imp, NF}} \cdot c_{\text{IW, NF}}}{n_{\text{Imp, HF}} \cdot c_{\text{IW, HF}}} - 1 \right) \cdot 100 \% < 0,05 \% \quad (31)$$

bzw.

$$\left(\frac{n_{\text{Imp, tr}} \cdot t_r}{n_{\text{Imp, HF}} \cdot c_{\text{IW, HF}}} - 1 \right) \cdot 100 \% < 0,05 \% . \quad (32)$$

Start und Stopp der Impulszählung wird dabei von einem niederfrequenten Impulsgeber ausgelöst. Die Zahl der niederfrequenten Impulse $n_{\text{Imp, NF}}$ bzw. die Anzahl der Umdrehungen des Prüfzählglieds soll dabei einem durchströmten Betriebsvolumen V_G von ca. acht Minuten bei Q_{max} entsprechen.

Die Anzahl der gezählten Impulse muss darüber hinaus eine Messunsicherheit von 0,05 % ermöglichen.

Wird die geforderte Genauigkeit nach Gl. (31) bzw. (32) nicht erreicht, kann möglicherweise durch eine Vergrößerung des während der Impulswertkontrolle durchströmten Betriebsvolumens V_G eine bessere Übereinstimmung erzielt werden.

Sollte der Prüfling verschiedene Impulsgeber gleichzeitig besitzen, wird die Impulswertkontrolle mit dem hochfrequentesten Impulsgeber durchgeführt. Die Impulswerte der anderen hochfrequenten Impulsgeber werden rechnerisch ermittelt. Die Plausibilitätskontrolle dieser Impulswertigkeiten muss während der Zählerprüfung messtechnisch durch Impulszählung und Vergleich der Volumina, die der Anzahl der gezählten Impulse entsprechen, erfolgen.

Zählwerkskontrolle

Wird der Zähler mit Hilfe des Prüfzählglieds oder mit einem Impulsausgang geprüft, ist eine Kontrolle des mechanischen Zählwerks erforderlich. Sie kann damit erfolgen, dass mindestens ein Prüfdurchfluss mit dem Zählwerk wiederholt wird. Hierbei wird ein Handtaster oder sonstiger Start/Stop-Geber verwendet.

$$\left(\frac{n_{\text{Imp}} \cdot c_{\text{IW}}}{V_G} - 1 \right) \cdot 100 \% < 0,2 \% \quad (33)$$

5.3.7 Festlegung des minimalen Durchflusses $Q_{\text{min, HD}}$ für Anwendung in Hochdruckgas

Abweichend von dem bei der Bauartzulassung festgesetzten Q_{min} für den minimalen Volumendurchfluss darf bei der Eichung mit Hochdruckgas ein kleinerer minimaler Volumendurchfluss $Q_{\text{min, HD}}$ festgesetzt werden. Dieser Wert gilt für die Prüfung und Verwendung des Gaszählers. Der minimale Volumendurchfluss $Q_{\text{min, HD}}$ ist dabei so festzulegen, dass

sich für den Zähler ein um eine Stufe höherer Belastungsbereich (entsprechend Tabelle 2) ergibt. Bei Zählern mit zugelassenem Belastungsbereich von 1:50 kann eine Herabsetzung des minimalen Durchflusses nur erfolgen, wenn dies in der Zulassung geregelt ist. Die Zahlenwerte sind entsprechend Tabelle 6 zu wählen.

Tabelle 6: Werte für $Q_{\min, \text{HD}}$

$Q_{\min, \text{HD}}$ in m^3/h
0,8
1,3
2
3
5
8
13
20
32
50

Die Tabelle kann mit den dezimalen Vielfachen der letzten fünf Zeilen fortgesetzt werden.

Turbinenradgaszähler

Der Durchfluss $Q_{\min, \text{HD}}$ darf bei Turbinenradgaszählern nicht kleiner sein als der nach der folgenden Gleichung berechnete Wert:

$$Q_{\min, \text{HD}} = Q_{\min} \sqrt{\frac{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\rho_{\min}}} \quad (34)$$

ρ_{\min} ist die minimale Gasdichte.

Die Gleichung (34) ist auf Zähler mit einem ursprünglichen Belastungsbereich 1:10 bei kleinen Prüfüberdrücken anzuwenden ($p_e < 8 \text{ bar}$). In

allen anderen Fällen wird der Grenzwert von Gl. (34) von vornherein eingehalten.

Wirbelgaszähler

Bei Wirbelgaszählern darf die Reynolds-Zahl, die sich für $Q_{\min, HD}$ bei der minimalen Gasdichte ρ_{\min} ergibt, nicht kleiner sein als die Reynolds-Zahl beim Durchfluss Q_{\min} mit atmosphärischer Luft.

5.4 Stempelung, Kennzeichnung und Bescheinigung

5.4.1 Stempelung

In der Regel wird der Hauptstempel (bestehend aus den nebeneinanderstehenden Eichzeichen und der Jahresbezeichnung) nach Abschluss der messtechnischen Prüfung am Datenschild des Gaszählers oder in dessen unmittelbarer Nähe angebracht.

Bestandteile der Gaszähler wie Messwerk, Zählwerk, Impulsgeber etc. werden mit Sicherungsstempeln gegen Trennung vom Messgerät und gegen Eingriffe gesichert.

Auf Sicherungsstempel gegen das Lösen von Teilen kann verzichtet werden, wenn durch die Konstruktion des Gaszählers sichergestellt ist, dass dies bleibend erkenntlich ist bzw. zur Unbrauchbarkeit des Messgeräts führt.

Angebrachte Schilder mit Aufschriften oder Bezeichnungen, die nicht unlösbar mit dem Gaszähler verbunden sind bzw. nicht beim Lösen vom Gaszähler zerstört werden, sind ebenfalls mit eichamtlichen Stempelzeichen zu sichern.

Erfolgt eine freiwillige Hochdruckprüfung, ist ein zusätzliches Schild entsprechend 5.4.2 anzubringen und mit Sicherungsstempeln zu versehen. Werden bei der Prüfung durch eine ggf. erforderliche Justierung Stempelzeichen verletzt, so sind alle Stempelstellen mit Stempeln der

durchführenden Prüfstelle zu versehen und die Hochdruckprüfung durch Aufbringen des Hauptstempels abzuschließen. Eine vorhergehende EWG-Ersteichung kann nur dann gültig bleiben, wenn bei der Hochdruckprüfung keine Stempel verletzt wurden oder die Durchführung der Hochdruckprüfung und das Aufbringen der zusätzlichen Aufschriften durch die Prüfstelle erfolgen, die die EWG-Ersteichung durchgeführt hat.

Ausschließlich hochdruckgeprüfte Gaszähler dürfen nur innerstaatlich geeicht werden. Es sind die Aufschriften nach 5.4.2 aufzubringen, alle Stempelstellen mit Stempeln der durchführenden Prüfstelle zu versehen und die Eichung durch Aufbringen des Hauptstempels abzuschließen.

Erfolgt eine Hochdruckprüfung im Ausland, so ist vor der innerstaatlichen Verwendung im amtlichen und geschäftlichen Verkehr eine Umstempelung durch eine Prüfstelle oder Eichbehörde vorzunehmen. Hierbei ist das zusätzliche Schild nach 5.4.2 anzubringen und mit Sicherungstempeln zu versehen.

Im Übrigen ist die Stempelung von Gaszählern gemäß den Festlegungen in der jeweiligen Bauartzulassung vorzunehmen.

5.4.2 Bezeichnungen

Alle nach der jeweiligen Bauartzulassung geforderten Aufschriften müssen vor Abschluss der Eichung aufgebracht sein. Nicht mehr lesbare oder beschädigte Aufschriften sind so zu ersetzen, dass sie den Festlegungen der Zulassung entsprechen.

Wird eine Hochdruckprüfung durchgeführt, ist zusätzlich zu den Aufschriften nach der Eichordnung, Anlage 7 ein besonderes, durch Stempelung zu sicherndes Schild mit folgenden Aufschriften anzubringen:

- die zulässige Gasart in der Form: „Für Erdgas“
- der Betriebsüberdruckbereich⁵ in der Form:
„Betriebsüberdruckbereich $p_{e, \min} = \dots \text{ bar}$ bis $p_{e, \max} = \dots \text{ bar}$ “
- falls ein Wert für den minimalen Durchfluss im Hochdruck $Q_{\min, \text{HD}}$ festgelegt wurde in der Form: „ $Q_{\min, \text{HD}} = \dots \text{ m}^3/\text{h}$ “
- falls eine ausschließliche Hochdruckprüfung erfolgt ist, der Hinweis:
„Nicht für Niederdruck geeicht“
- bei Justierung die neuen Impulswerte der Impulsgeber.

5.4.3 Bescheinigung

Über die Eichung mit Hochdruckgas ist ein Eichschein mit Fehlerverzeichnis und der Angabe der Messunsicherheit gemäß Anhang 4 zu erstellen, der Folgendes enthalten soll:

- die Angaben des Zähler-Hauptschildes
- den Durchflussbereich bei der Prüfung mit Hochdruckgas
- Messergebnisse der Prüfung bei min. und max. Gasdruck
- ggf. die Messergebnisse der Prüfung bei Atmosphärendruck
- die Art des verwendeten Hochdruckgases, z. B. Erdgas
- der mittlere Absolutdruck, die Temperatur und Dichte des Gases bei der Prüfung
- erforderlichenfalls die dynamische Viskosität des Prüfgases
- die nähere Bezeichnung des Prüfstands
- sonstige Angaben nach der Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften, Abs. 16
- Justierzahnräder, Impulswerte
- die Angabe der erforderlichenfalls differenzierten nach dem „*ISO guide to the expression of uncertainty in measurement*“ bestimmten Messunsicherheit.

5 s. Kapitel 5.3.2

Ergebnisse von messtechnischen Prüfungen können ohne Wiederholung der messtechnischen Prüfung zur innerstaatlichen Eichung herangezogen werden, wenn darüber Prüfzertifikate vorliegen und wenn sie mittels Normalgeräten des harmonisierten Bezugsniveaus ausländischer Eichbehörden ermittelt wurden. In diesem Fall sind von einer Eichbehörde oder einer für die Hochdruckprüfung staatlich anerkannten Prüfstelle die innerstaatlichen Stempelzeichen aufzubringen und die Ausstellung eines Eichscheins vorzunehmen.

Soll ein bei atmosphärischen Bedingungen geprüfter Zähler zusätzlich hochdruckgeprüft werden, so muss für diesen ein Vorprüfschein vorgelegt werden. Der Vorprüfschein verbleibt nach erfolgter Hochdruckprüfung und Ausstellung eines Eichscheins bei der Prüfstelle.

Über die Vorprüfung von Komponenten eines elektronischen Gaszählers (z. B. des Messwerks eines Wirbelgaszählers) ist dann ein Vorprüfschein nach Anhang 4 auszustellen, wenn die Bestandteile nicht unmittelbar nach der Einzelprüfung zusammengeführt und geeicht werden.

5.5 Befundprüfung

5.5.1 Maßnahmen vor der Prüfung

Die den Ausbau und Transport durchführenden Stellen sind anzuhalten, Messgeräte, die einer Befundprüfung unterzogen werden sollen, besonders schonend zu behandeln.

Am Gebrauchsort feststellbare ungünstige Einflüsse und Betriebsbedingungen, die einen Einfluss auf das Messergebnis des Prüflings haben können, sollten im Lieferschein vermerkt werden. Unmittelbar nach dem Ausbau aus dem Netz sind die Öffnungen des Zählers dicht zu verschließen. Die Zähler dürfen keiner übermäßigen Transportbelastung ausgesetzt werden. Eine Verletzung der Stempelzeichen ist unzulässig. Zwischen dem Ausbau und der Prüfung soll der Zähler nicht länger als zwei Wochen gelagert werden.

5.5.2 Durchführung der Prüfung

Befundprüfungen müssen mit besonderer Sorgfalt durchgeführt werden. Die besonderen Anforderungen an das Prüfpersonal nach § 60 (3) der Eichordnung für Befundprüfungen in Prüfstellen sind zu beachten. Auf Wunsch soll dem Antragsteller gestattet werden, bei der Durchführung der Prüfung am Prüfstand anwesend zu sein.

Bei der Befundprüfung geeichter Messgeräte gelten vor oder nach dem Ablauf der Eichgültigkeitsdauer die Verkehrsfehlergrenzen und die sonstigen Anforderungen, die zum Zeitpunkt der Eichung gegolten haben. Es ist nach den zum Zeitpunkt der Eichung gültigen Vorschriften zu prüfen.

Die Prüfung besteht aus der

- äußeren Beschaffenheitsprüfung
- messtechnischen Prüfung unter Hoch- und/oder Niederdruck entsprechend der Antragstellung
- inneren Beschaffenheitsprüfung.

Zuerst wird die äußere Beschaffenheitsprüfung bei ungeöffnetem Messgerät durchgeführt.

Bei der nach der messtechnischen Prüfung erfolgenden inneren Beschaffenheitsprüfung wird das Zählwerk geöffnet und dessen Zustand überprüft. Eine Zerstörung des Messgeräts sollte dabei vermieden werden.

Auf die innere Beschaffenheitsprüfung kann in Ausnahmefällen verzichtet werden, wenn der Antragsteller eine Prüfung ohne Öffnen des Messgeräts beantragt oder dieser zugestimmt hat. Damit soll die Untersuchung durch weitere Gutachter gewährleistet werden. Insbesondere bei einem schwebenden oder drohenden Gerichtsverfahren soll der Antragsteller darauf hingewiesen werden, dass ggf. eine Prüfung ohne Öffnen des Messgeräts möglich ist. Eine derartige Einschränkung des Prüfungsumfanges ist im Prüfschein anzugeben.

Für die messtechnische Prüfung sind die Regelungen im Abschn. 6.3 zu beachten. Es ist jedoch die Prüfung mit dem Prüfdurchfluss Q_{\min} in aufsteigender Reihenfolge zu beginnen.

5.5.3 Ergebnis der Befundprüfung und Prüfschein

Für die Beurteilung der Ergebnisse der messtechnischen Prüfung sind die Verkehrsfehlergrenzen nach der Eichordnung – Allgemeine Vorschriften – maßgeblich. Sie betragen für Volumengaszähler das Doppelte der Eichfehlergrenzen. Die Einseitigkeit von Messabweichungen ist dabei unbedeutend.

Die Ergebnisse der Befundprüfung sind zu protokollieren. Hieraus sind die in der Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften – angegebenen Entscheidungen hinsichtlich Weiterbehandlung bzw. -verwendung des Messgeräts zu treffen.

Über das Ergebnis einer Befundprüfung ist ein Prüfschein nach dem Muster in Anhang 4 auszustellen. Der vor der Prüfung abgelesene Zählwerkstand mit zugehöriger Einheit ist in den Prüfschein einzutragen.

6 Prüfung von Gebrauchsnormalen

6.1 Allgemeines

Die Darstellung der Volumeneinheit erfolgt in Deutschland in zwei Kalibrierketten, getrennt für Luft im Niederdruckbereich (bis 4 bar) und Erdgas unter Hochdruck (über 4 bar).

Die Hochdruck-Normale der staatlich anerkannten Prüfstellen müssen vom nationalen Normal für Hochdruck-Erdgas abgeleitet sein, das harmonisierte Bezugsniveau weitergeben und von der PTB oder der zuständigen Eichaufsichtsbehörde anerkannt und geprüft sein.

Die Weitergabe der Einheit erfolgt auf Antrag unter Zuständigkeit der PTB und wird mit für die jeweiligen Durchfluss- und Druckbereiche geeigneten Transfornormalen oder aber auf dem nationalen Normal durchgeführt.

Die Prüfung der Gebrauchsnormale soll vorzugsweise am Gebrauchsort mit transportablen Normalen (Transfornormalen) erfolgen. Werden die Gebrauchsnormale durch direkten Vergleich mit dem nationalen Normal geprüft, so ist diese Prüfung mit den zugehörigen Einlaufstrecken durchzuführen.

Die bei der Prüfung der Gebrauchsnormale sowie bei ihrer Verwendung erzielte Messunsicherheit muss auf jedem Prüfstand gesondert und in Übereinstimmung mit dem „*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*“ bestimmt werden.

6.2 Besondere Anforderungen

Die Prüfung von Gebrauchsnormalen sollte unter Umgebungsbedingungen erfolgen, welche die Messunsicherheit nicht ungünstig beeinflussen. Erforderlichenfalls ist dies durch temporäre technische und organisatorische Maßnahmen sicherzustellen.

Die für die Messung von Hochdruck-Erdgas verwendeten Transfernormale müssen durch direkten Anschluss an das nationale Normal für Hochdruck-Erdgas kalibriert werden. Ihre Messunsicherheit muss $\leq 0,25\%$ sein. Die Bestimmung und Gewährleistung einer ausreichenden Messunsicherheit der Normale höherer Ordnung (einschließlich der Transfernormale) obliegt der PTB.

Ein Transfernormal muss periodisch in der PTB oder unter Aufsicht der PTB nachgeprüft werden. Diese Aufgabe kann auch an eine Eichaufsichtsbehörde (EAB) delegiert werden. Die Fristen werden gemäß den Erfahrungen der PTB festgesetzt.

Die Temperaturen der an der Prüfung beteiligten Normale sind durch ausreichenden Vorlauf aneinander anzupassen.

Neue oder generalüberholte (neue Lager, neue Zahnräder) Turbinenradgaszähler, die als Gebrauchsnormale verwendet werden sollen, bedürfen zur Stabilisierung der Messeigenschaften eines Einlaufs von wenigstens 50 Stunden bei Q_{\max} .

Wird die Schmiereinrichtung bei Turbinenradgaszählern zur Vermeidung von Lagerschäden während der Gültigkeitsdauer der Prüfung verwendet, so ist vor und nach der Schmierung ein Vergleich mit einem Referenzzähler im Durchflussbereich bis $0,2 Q_{\max}$ vorzunehmen. Das Normal darf erst wieder verwendet werden, wenn es nach der dosierten Schmierung mindestens 10 h eingelaufen ist und sich die vor und nach der Schmierung mit dem Referenzzähler festgestellten Messabweichungen um höchstens $0,05\%$ unterscheiden.

6.3 Prüfpunkte und Prüfüberdrücke

Bei einer Prüfung eines Gebrauchsnormals ist in dem Belastungsbereich zu prüfen, der sich aus der Bauartzulassung und den Erfahrungen mit dieser Bauart ergibt, mindestens jedoch in einem Belastungsbereich 1:10. Die Prüfpunkte werden dabei entsprechend Tabelle 7 gewählt. Die

Messabweichungen des Gebrauchsnormals müssen bei steigendem Durchfluss ermittelt sowie durch Wiederholungsmessungen (u. a. mit sinkendem Durchfluss) auch die Reproduzierbarkeit festgestellt werden.

Tabelle 7: Prüfpunkte für die Prüfung von Gebrauchsnormalen

Q_{lest} in m^3/h									
Belastungsbereich 1:10					Belastungsbereich 1:20				
Q_{max} 1600	Q_{max} 1000	Q_{max} 650	Q_{max} 400	Q_{max} 250	Q_{max} 160	Q_{max} 1000	Q_{max} 650	Q_{max} 400	Q_{max} 250
1900	1200	750	480	300	1900	1200	750	480	300
1600	1000	650	400	250	1600	1000	650	400	250
1000	650	400	250	160	1000	650	400	250	160
650	400	250	160	100	650	400	250	160	100
400	250	160	100	65	400	250	160	100	65
250	160	100	65	40	250	160	100	65	40
160	100	65	40	25	160	100	65	40	25
100	65	40	25	16	100	65	40	25	16
					80	50	32	20	13
					65	40	25	16	10

Q_{lest} in m^3/h									
Belastungsbereich 1:30					Belastungsbereich 1:50				
Q_{max} 1600	Q_{max} 1000	Q_{max} 650	Q_{max} 400	Q_{max} 250	Q_{max} 160	Q_{max} 1000	Q_{max} 650	Q_{max} 400	Q_{max} 250
1900	1200	750	480	300	1900	1200	750	480	300
1600	1000	650	400	250	1600	1000	650	400	250
1000	650	400	250	160	1000	650	400	250	160
650	400	250	160	100	650	400	250	160	100
400	250	160	100	65	400	250	160	100	65
250	160	100	65	40	250	160	100	65	40
160	100	65	40	25	160	100	65	40	25
100	65	40	25	16	100	65	40	25	16
65	40	25	16	10	65	50	32	20	13
55	32	20	13	8	40	40	25	16	10
40	25	16	10	6,5	32	20	13	8	5
					25	16	10	6,5	4

Die Reihen sind entsprechend den dezimalen Vielfachen der Zähler-nenngröße fortzusetzen.

Aus den Ergebnissen wird anschließend der zulässige Belastungsbereich für die Verwendung des Gebrauchsnormals festgelegt. Falls die Ergebnisse es erfordern, kann eine Heraufsetzung von Q_{min} notwendig werden.

Der Druckbereich richtet sich nach dem Verwendungsbereich. Bei $p_{\max}/p_{\min} \leq 2,5$ genügt eine Prüfung bei zwei Drücken; ungefähr bei p_{\min} und bei p_{\max} .

Bei einem größeren Druckverhältnis ist zusätzlich eine Prüfung bei einem mittleren Druck erforderlich. Dieser Druck sollte etwa

$$p = (p_{\min} \cdot p_{\max})^{0,5}$$

betragen.

6.4 Messabweichungen der Gebrauchsnormale

Gebrauchsnormale für Hochdruck müssen gegenüber anderen Zählern besondere Anforderungen an ihre Reproduzierbarkeit und die Abhängigkeit der Messabweichungen von Durchfluss und Druck erfüllen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf einem eindeutigen Zusammenhang zwischen Messabweichungen und Arbeitspunkt des Gebrauchsnormals. Dieser Zusammenhang kann mit Hilfe einer geeigneten strömungsphysikalischen Größe dargestellt werden (bei Turbinenzählern z. B. die Reynolds-Zahl).

Die ermittelten Messabweichungen bei allen Druckstufen müssen sich durch eine geeignete Ausgleichsfunktion approximieren lassen. Innerhalb des vorgesehenen Anwendungsbereichs muss die doppelte Standardabweichung kleiner als 0,18 % sein, die sich aus den Differenzen der Messabweichung gegenüber der Ausgleichsfunktion ergibt.

Um die Anforderungen an die Messunsicherheit erreichen zu können, sind folgende Anforderungen an die Fehlerkurve der Gebrauchsnormale zweckmäßigerweise einzuhalten:

- Spanne der Messabweichungen maximal 0,5 %
- Die Änderung der Messabweichungen soll im Reynolds-Zahl-Bereich von $0,2 Re_{\max}$ bis Re_{\max} den Wert von 0,3 % nicht überschreiten.

Die Bestimmung und Gewährleistung einer ausreichenden Messunsicherheit der Normale ist im Einvernehmen mit der PTB vorzunehmen.

Bei der erstmaligen Prüfung eines Normals soll die Justierung mit einer mittleren Messabweichung von $\pm 0,2 \%$ um Null erfolgen.

Weichen die festgestellten Messabweichungen bei der Prüfung eines Gebrauchsnormals im Überlappungsbereich zweier Normale der nächst höheren Ordnung um mehr als $0,2 \%$ voneinander ab, ist die Ursache festzustellen und zu beseitigen. Bei Abweichungen bis zu $0,2 \%$ sind die Messabweichungen zu mitteln.

6.5 Kennzeichnung der Gebrauchsnormale

Gebrauchsnormale, die zur Prüfung von Gaszählern eingesetzt werden, müssen gültig geprüft sein. Die dabei festgestellten individuellen Messabweichungen werden im Prüfschein nach dem Beispiel in Anhang 4 dokumentiert und sind für den Betrieb der Normale verbindlich.

Prüfscheine und Gebrauchsnormale müssen daher durch eine eindeutige Kennzeichnung zugeordnet werden können und ohne technische Hilfsmittel für den Anwender lesbar sein.

Jedes Gebrauchsnormal muss mindestens folgende Angaben zu seiner individuellen Kennzeichnung besitzen:

- Herstellerkennung
- Herstellungsjahr
- Fabrikationsnummer
- Art des Normalgeräts
- Durchflussbereich
- ggf. Nennweite der Anschlussflansche
- höchster Betriebsüberdruck
- Durchströmungsrichtung.

Diese Angaben müssen direkt erkennbar, gut lesbar und für normale Betriebsbedingungen dauerhaft angebracht sein.

6.6 Stempelung

Die Stempelstellen sind so zu wählen, dass messtechnisch relevante Veränderungen/Umbauten nicht ohne Zerstörung der Stempelungen erfolgen können.

Es sind Stempelzeichen (Prüfzeichen) u. a. aufzubringen auf alle

- Schilder, die eine vorgeschriebene Kennzeichnung tragen
- Teile des Gehäuses, die nicht auf andere Weise gegen Eingriffe gesichert sind, durch die die Genauigkeit der Messung beeinflusst werden kann
- Verbindungsstellen zwischen dem Gebrauchsnormale und den bei der Prüfung angeschlossenen Zusatz- und Hilfseinrichtungen.

Zusätzlich sind die Gebrauchsnormale nach der Prüfung mit dem Jahr der Prüfung zu kennzeichnen (Stempelzeichen bestehend aus Prüfzeichen und Jahresbezeichnung).

6.7 Prüfschein und Gültigkeitsdauer der Prüfung

Über die Ergebnisse der erfolgten Prüfung ist ein Prüfschein nach Anhang 4 zu erstellen. Darin müssen folgende Angaben enthalten sein:

- prüfende Stelle
- zur Prüfung verwendete Normale
- Ort der Prüfung
- Prüfung im Prüfstand oder auf externem Prüfstand der prüfenden Stelle
- Antragsteller
- Art des geprüften Gebrauchsnormals

- Herstellerkennung
- Herstellungsjahr
- Fabrikationsnummer
- Durchflussbereich
- ggf. Nennweite der Anschlussflansche
- ggf. Art der Ölfüllung
- höchster Betriebsüberdruck
- Verwendungszweck (Gebrauchsnorm)
- festgelegte Werte für Q_{\min} und Q_{\max}
- festgestellte Messabweichungen bei den einzelnen Durchflusswerten
- erzielte Messunsicherheit bei der Prüfung und ggf. für die Anwendung
- Gültigkeitsdauer bzw. Zeitintervall bis zur Wiederholung der Prüfung
- ggf. Berechnungsgleichung(en) für die Messabweichungen über den Durchfluss.

Die Gültigkeitsdauer der Prüfung von HD-Gebrauchsnormen beträgt für Turbinenradgaszähler mit Q_{\max}

- $\geq 2500 \text{ m}^3/\text{h}$: 5 Jahre
- $< 2500 \text{ m}^3/\text{h}$: 3 Jahre.

Für andere Bauarten wird die Gültigkeitsdauer in den Prüfscheinen festgelegt.

In begründeten Fällen, z. B. neuer Hersteller, können auch kürzere Gültigkeitsdauern festgelegt werden.

Eine Wiederholung der Prüfung ist nach jeder Instandsetzung erforderlich und wenn bei Vergleichsmessungen mittels transportabler Normale

höherer Ordnung Abweichungen von mehr als 0,2 % festgestellt wurden oder wenn die Gültigkeit des Prüfscheins abgelaufen ist.

Wiederholungsprüfungen sind zu empfehlen, wenn die Abweichung bei den Vergleichsmessungen 0,15 % überschreiten.

7 Übergangsbestimmungen

Die in dieser Vorschrift genannten Bestimmungen gelten mit Wirkung des Zeitpunkts des Inkraftsetzens durch die zuständigen Behörden der Bundesländer.

Prüfeinrichtungen, die bis zum 31.12.01 nach der Technischen Richtlinie der PTB G 7 erstellt und in Betrieb genommen wurden, können noch bis zum 31.12.04 unverändert weiter betrieben werden, sofern die neuen Anforderungen einen Umbau der Prüfeinrichtung bedingen.

Die in dieser Vorschrift gegenüber der Technischen Richtlinie G 7 genannten Erleichterungen können für bestehende Prüfeinrichtungen nur in Anspruch genommen werden, wenn die technischen und organisatorischen Voraussetzungen dafür erfüllt sind und die Prüfeinrichtungen unter diesem Gesichtspunkt von der zuständigen Behörde abgenommen wurden.

Anhang

1 Grundlegende Anforderungen an Hochdruckprüfstände

Allgemeines

Hochdruck-Prüfstände sind spezielle ortsfeste Einrichtungen, die es erlauben, Prüfungen von Zählern durch Normale mit Hochdruckgas durchzuführen. Damit eine Prüfung ordnungsgemäß abgewickelt werden kann sowie die für die jeweilige Messaufgabe vorgeschriebenen zulässigen Messunsicherheiten jederzeit eingehalten werden können, werden an den Aufbau solcher Einrichtungen spezielle Anforderungen gestellt. Diese sind in der Betriebserlaubnis festgehalten.

Obwohl in diesem Anhang einige Hinweise gegeben werden, die für den Planer solcher Prüfanlagen wichtig sind, reichen diese jedoch bei weitem nicht für eine solch komplexe Prüfeinrichtung aus. Der Bau eines solchen Prüfstands ist individuell zu planen und mit der zuständigen Behörde im Benehmen mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt abzustimmen.

Anforderungen an den Aufbau und Betrieb der Prüfeinrichtung

Über den Aufbau jedes Prüfstands muss eine Dokumentation vorliegen, aus der u. a. alle eingesetzten Hilfsmessgeräte und deren Anschluss- bzw. Einbaustellen zu erkennen sind.

Machen es Einsatzzweck und/oder konstruktive Gestaltung des Prüfstands erforderlich, können Bestandteile innerhalb der Gültigkeitsdauer ihrer messtechnischen Prüfung regulär ausgetauscht werden. Ein solcher Austausch ist bei der Erteilung der Betriebserlaubnis gesondert zu behandeln. Entsprechende Auflagen hinsichtlich der Kennzeichnung der

im Einsatz befindlichen Bestandteile und der Sicherung der korrekten Übernahme eventueller Kalibrierungsparameter in die Prüfstandssoftware sind festzulegen. Jeder Austausch ist im Prüfstandshandbuch zu dokumentieren.

Die Normale sind fest in den Prüfständen eingebaut. Je nach Art und Größe der Prüflinge können verschiedene Normale erforderlich sein. Durch einfache Umschaltung von einem Normal auf ein anderes mit sich anschließendem Messbereich kann die Prüfung durchgeführt werden. Hierbei ist zu beachten, dass sich die Messbereiche der Normale zur gegenseitigen Kontrolle um etwa 10 % überlappen sollen. Weichen die festgestellten Messabweichungen bei der Prüfung eines Zählers im Überlappungsbereich zweier Normale um mehr als 0,2 % voneinander ab, so ist die Ursache festzustellen und zu beseitigen. Bei Differenzen bis zu 0,2 % dürfen die Messabweichungen gemittelt werden.

Der gleichzeitige Betrieb mehrerer parallelgeschalteter Normale (auch unterschiedlicher Bauart) ist zulässig, wenn sichergestellt ist, dass sich diese bei gleichzeitigem Betrieb nicht gegenseitig beeinflussen. Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass bei einem Wechsel der Prüfstrecken, in denen sich die jeweiligen Normale befinden, die nicht benutzten Prüfstrecken stets sicher abgesperrt sind.

Bild 1 zeigt beispielhaft eine Prüfeinrichtung für Hochdruck-Erdgas mit drei Gebrauchs-Normalmessstrecken und zwei Prüflingsmessstrecken.

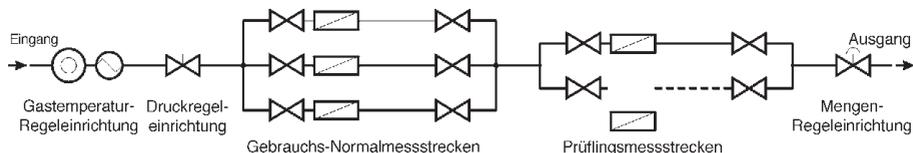


Bild A1: Prinzipskizze Beispiel eines Hochdruckprüfstands

Elektronische Datenverarbeitung und deren Dokumentation

Die Prüfstandssoftware stellt das immaterielle (gegenstandslose) Programm zur Anlagensteuerung dar. In Verbindung mit der Hardware ist sie ein wesentlicher Teil der Gesamtanlage „Prüfstand“. Das Programm hat die Aufgabe, den Anlagenprozess gemäß den Vorgaben zu organisieren, die Daten zu verwalten, neue Messwerte zu bilden und die Kommunikation mit dem Nutzer zu führen.

An die Richtigkeit der erzielten Ergebnisse werden hohe Anforderungen gestellt. Entsprechend ist der Bedarf an Kontroll-, Prüf- und Sicherheitseinrichtungen für den Anwender, der den Prüfprozess auf Richtigkeit der Ergebnisse durch Plausibilitätsvergleich überwacht, festzulegen.

Die im Prüfstand verwendete Software muss eine Versionsbezeichnung mit Erstellungsdatum tragen und diese zumindest beim Starten des Programms auf dem Bildschirm anzeigen. Die Software soll weitgehende Sicherheit gegen Bedienungsfehler und nicht genehmigte Programmänderungen bieten (s. u.). Eine menuegesteuerte Bedienerführung ohne komplizierte Gebrauchsanweisung ist anzustreben.

Die Reihenfolge der Dateneingabe von außen soll dem tatsächlichen Prüfablauf entsprechen. Die Art und Anzahl der aufgenommenen Messwerte hat den Forderungen der eichrechtlichen Vorschriften (Technische Richtlinien, Prüfregeln) zu genügen. Es muss die Möglichkeit bestehen, fehlerhaft eingegebene Werte vor der Auswertung zu korrigieren sowie einen Prüfgang zu unterbrechen und auf einfache Weise neu zu beginnen. Nach der Auswertung darf eine Änderung von Messergebnissen nicht möglich sein. Eine direkte Vergleichbarkeit der berechneten Messabweichungen mit den geltenden Fehlergrenzen muss gegeben sein. Die einschlägigen eichrechtlichen Vorschriften für amtliche Prüfungen sind einzuhalten (z. B. ist die einseitige Ausnutzung von Fehlergrenzen unzulässig).

Zugangsberechtigungen

Je nach Zugangsberechtigung des bedienenden Personals werden verschiedene Zugangsbereiche unterschieden. So muss der Zugang für das berechtigte Personal zur Bedienung des Programms, zur Änderung von prüfungsrelevanten Daten sowie von Daten, die eichamtlicher Aufsicht unterliegen, durch Einführung entsprechender Passwortebenen geschützt sein. Im Einzelnen gelten folgende Regelungen:

Bedienbereich

Hier wird der Zugang so geregelt, dass das berechtigte Bedienpersonal die Anlage betreiben kann. Alle Messdaten und Parameter, die zur sachgerechten Führung der Anlage notwendig sind, müssen während des Betriebs frei darstellbar sein und dem Bediener zu Kontrollzwecken zur Verfügung stehen (Lesefunktion). Eine Änderung der Daten darf nicht durchführbar sein.

Setzbereich

Hier erfolgt das Einstellen (Setzen) von Parametern, die auf den Ablauf und Umfang der Prüfung Einfluss nehmen, aber keine eichrechtlich relevanten Parameter verändern.

Daten im Setzbereich sind z. B. die Bezugswerte zum Ablauf und Umfang der Prüfung, die manuelle Verschiebung der errechneten Justierung und die Grenzwerteinstellung zur Beurteilung des Zählers (Qualitätsbetrachtung).

Parametrierbereich

In diesem Bereich erfolgt der Zugriff auf alle Parameter, die eine direkte Auswirkung auf die gesuchte Messgröße haben oder eichamtlicher Aufsicht unterliegen. Hier sind z. B. Änderungen der Kalibrierdaten von Messwertaufnehmer und Volumennormalen möglich.

Der Zugang zu Setz- und Parametrierbereich muss geeignet z. B. über ein Passwort o. ä. geschützt werden. Dies gilt auch für ausgelagerte Dateien.

Anzeigespflicht bei Softwareänderungen

Modifizierte Anlagensoftware ist durch eine Revision der Versionsbezeichnung in jedem Fall kenntlich zu machen. Wurden in der neuen Software die Grundlagen zur Fehlerberechnung oder auch Teilbereiche daraus modifiziert, so besteht gegenüber den Eichbehörden Anzeigespflicht. Die Zustimmung der jeweils zuständigen Eichbehörde ist vor der Inbetriebnahme der neuen Software einzuholen.

Nicht anzeigepflichtig sind Softwareänderungen, die lediglich Visualisierungs- oder Kommunikationsvorgänge, Datenverwaltungsstrukturen oder Wechsel der Betriebssysteme betreffen.

Kennzeichnung

Eindeutig identifiziert wird die Prüfstandssoftware durch ihren Namen, die Versionsnummer und das Betriebssystem, unter dem sie läuft. Der Verwaltungsaufbau der Programm- und Versionsbezeichnung (Fort-schreibung der Versionsnummer) obliegt dem Hersteller, der auch die zugehörige Programmdokumentation zur Verfügung stellt.

Durch eine geeignete Verwaltung im Prüfprogramm (z. B. Prüfstandshandbuch – Beispiel siehe Tabelle A1) muss sichergestellt sein, dass die jeweils für den Betrieb der Anlage eingesetzte Software dem Benutzer in ihrem vollständigen Revisionsstand angezeigt werden kann. Dieser Zugang muss für jeden zugelassenen Benutzer möglich sein.

Bei einem Anlagenprogramm, das aus mehr als einer Datei besteht oder in Verbindung mit Netzrechner läuft, muss ersichtlich sein, welche ausgelagerten Dateien oder Programme noch zugehörig sind.

Tabelle A1: Beispiel eines Softwareverzeichnis zum Prüfprogramm

Prüfstandssoftware						
lfd. Nr.	Programm-Name	Version	System	Rev.-Datum	Änderung	verantwortlich
1	prfstand.exe	V1.9	DOS	2.1.97	Erstinbetriebnahme, Steuerprogramm PC	Muster-mann
2	ini.dat	–	DOS	2.1.97	Erstinbetriebnahme, Voreinstellungsdaten PC	Muster-mann
3	sps_p1	V3.4	B&R SPS	2.1.97	Erstinbetriebnahme, Steuerprogramm SPS	Muster-mann
4	prfstand.exe	V2.0	DOS	1.6.97	Drucküberwachung erweitert, Protokoll und Datenspeicherung modifiziert	Muster-mann

Datensicherung

Werden die Prüfungsunterlagen gemäß § 61 der Eichordnung auf elektronische Datenträger gespeichert, so sind mindestens die Angaben zu speichern, die aus einem Protokoll für amtliche Prüfungen eines Prüflings hervorgehen müssen.

Die Organisation und Dokumentation der Speicherung ist der zuständigen Eichaufsichtsbehörde vor der Einrichtung des Systems darzulegen.

Abnahme von Prüfeinrichtungen

Vorbereitung der Abnahme

Für die Abnahme durch die überwachende Eichaufsichtsbehörde wird die Prüfeinrichtung betriebsfertig hergerichtet. Es muss sichergestellt sein, dass die verwendeten Hilfsmessgeräte den in Abschn. 4.3 definierten Anforderungen entsprechen. Die Prüfstandsdokumentation (Beschreibung der Hard- und Software, Berechnungen, Prüfstandshandbuch

und ggf. Prüfscheine) ist bereitzuhalten. Der Eichaufsichtsbehörde ist diese Dokumentation auf deren Verlangen ggf. schon vor dem Abnahmetermin zur Verfügung zu stellen.

Auf der Grundlage der Prüfergebnisse der Gebrauchsnormale, den Kalibrierungen der Hilfsmessgeräte sowie der Gesamtkonzeption des Prüfstands ist in Abstimmung mit der PTB eine Gesamtmessunsicherheit für die Darstellung der Volumen- bzw. Masseinheit am Einbauort des Prüflings zu ermitteln. Hierbei ist entsprechend dem „*ISO-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*“ (1993) vorzugehen.

Abnahme

Die Abnahme führt die zuständige Behörde in der Prüfstelle am Gebrauchsort der Prüfeinrichtung durch. Dabei werden die Dokumentationen, insbesondere Berechnungen, Spezifikationen und Nachweise gesichtet. Anlagenkennzeichnungen (z. B. Typenschild, Sensorbeschriftungen) sind zu überprüfen.

Sofern die Hilfsmessgeräte nach Abschn. 4.3 bzw. die Messwertnehmer noch nicht mit der Signalverarbeitung des Prüfstands geprüft sind, muss dies im Rahmen der Abnahme erfolgen. Wenn nötig, ist die Überlaststabilität bei Differenzdruckaufnehmern nachzuweisen.

Die Anlage ist auf Funktion sowie auf äußere und innere Dichtheit (mit Prüfstrecke) zu testen. Vorhandene Ein- und Auslaufrohre für die Volumennormale bzw. Prüflinge sind u. a. auf ihre Länge, ihren Innendurchmesser und den Radius an der Innenkante des Flanschs zu überprüfen. Die Empfindlichkeit der Einstellorgane für den Durchfluss ist zu testen.

Wird die Bestimmung des Prüfvolumens auf eine Zeitmessung zurückgeführt, ist neben der ggf. verwendeten internen Quarzfrequenz die Zeitmessung über die gesamte Messkette von der Impulserfassung am Prüfplatz bis zur Auswertung zu kontrollieren. Dazu kann z. B. an Stel-

le des Prüflings ein mit DCF77 funkgesteuerter bzw. mittelbar geprüfter Impulsgeber an einem beliebigen Prüfplatz eingesetzt und dessen von der Messsoftware ausgegebene Signale gemessen werden.

Die Software ist hinsichtlich der Prüfabläufe, Grenzwerteingaben, Messunsicherheitsberechnungen, Protokollierung, Datensicherung und Zugangsberechtigung zu verifizieren. Ist dies bereits vorher an baugleichen Prüfanlagen geschehen, kann auf diese Überprüfung verwiesen werden. Voraussetzung für die Erkennung identischer Software ist die Versionskennzeichnung. Es ist zu überprüfen, dass alle zur Berechnung der Messabweichung erforderlichen Messdaten abrufbar sind und die Protokollführung den entsprechenden Anforderungen in Abschn. 4.5.3 genügt.

Zur Überprüfung der Messrichtigkeit und Wiederholgenauigkeit der Prüfeinrichtung sind Wiederholungsprüfungen durchzuführen.

Dies sollte mit besonders messstabilen Prüflingen erfolgen, deren Messverhalten hinreichend bekannt ist. Dazu sind mindestens je zehn Wiederholungsprüfungen mit den benötigten Prüfschritten und -parametern durchzuführen.

Entsprechend ist dies für die verschiedenen Prüflingsbauarten und die jeweils ausgeführte Art der Gasmengenerfassung zu ermitteln.

Bei mehreren in Reihe geprüften Zählern ist zu überprüfen, ob sich diese gegenseitig beeinflussen. Dazu werden sie in der Prüfreihe auf den verschiedenen Prüfplätzen geprüft. Die Differenzen der Messabweichungen zu den Mittelwerten der Wiederholungsprüfungen dürfen 0,2 % nicht überschreiten.

2 Messunsicherheiten bei Einhaltung der Mindestanforderungen gemäß der Prüfregel (Beispiel)

Die Messunsicherheiten eines Prüfstands sind sehr stark von der jeweiligen technischen Ausführung abhängig, da Korrelationen (besonders bei Verwendung von parallel geschalteten Normalen) und Leitungspufferungseffekte berücksichtigt werden müssen.

Grundlage für eine Analyse der Messunsicherheiten ist der „*ISO-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*“ (1993).

Im Folgenden soll an einem einfachen Beispiel demonstriert werden, welche Messunsicherheiten bei Einhaltung der in der Prüfregel genannten Mindestanforderungen zu erwarten sind. Dabei wird in drei Schritten vorgegangen:

- Messunsicherheit $U_{V_{\text{ist}}, \text{GN}}$ der Volumenbestimmung am Gebrauchsnormal bei dessen Kalibrierung
- Messunsicherheit des Kalibrierwertes U_{GN} des Gebrauchsnormals bei Verwendung eines Ausgleichspolynoms und
- Messunsicherheit $U_{V_{\text{ist}}, \text{P}}$ der Volumenbestimmung am Prüfling bei dessen Kalibrierung unter Verwendung des mit der Unsicherheit U_{GN} kalibrierten Gebrauchsnormals.

Dabei ist die Unsicherheit $U_{V_{\text{ist}}, \text{P}}$ diejenige, die als Gesamtmessunsicherheit für den Prüfstand anzugeben ist.

Es wird von einem einfachen Prüfstand ausgegangen, der nur ein Gebrauchsnormal und eine Prüflingsstrecke besitzt. In die Messunsicherheitsbetrachtung gehen folgende Punkte ein:

- Das Gebrauchsnormale ist ein Turbinenradgaszähler der Größe G1600 mit Nennweite $D_N = 250$. Zwischen dem Normal und dem Prüfling befindet sich eine Leitungslänge von 10 m. Damit beträgt das eingeschlossene Volumen V_e zwischen Prüfling und Normal $V_e = 0,5 \text{ m}^3$.
- Das Gebrauchsnormale wird mit einem Transfornormal der Größe G1600 einkalibriert.
- Das Transfornormale wird an Stelle eines Prüflings in die Prüfstrecke eingesetzt (Gebrauchsnormale wird zu Prüfling).
- Für die Bestimmung der maßgebenden Drücke am Prüfling und Normal wird der Absolutdruck am Normal und der Differenzdruck zwischen Normal und Prüfling gemessen.
- Die Kompressibilitätszahlen am Ort des Normals und am Ort des Prüflings sind miteinander korreliert (eine Gasanalyse und gleiches Rechenverfahren). Daher ist es zweckmäßig, die Kompressibilität am Prüfling als Kompressibilität am Normal K_N zuzüglich einer Differenz ΔK anzugeben.
- Es werden stets die hochfrequenten Impulsausgänge der Zähler zur Bestimmung des Prüfvolumens herangezogen.

Messunsicherheit $U_{V_{\text{ist, GN}}}$ der Volumenbestimmung am Gebrauchsnormale bei dessen Kalibrierung

Es werden die Messabweichungen des Gebrauchsnormals für verschiedene Betriebsüberdrücke durch Vergleich der Volumina am Gebrauchsnormale und Transfornormal unter Berücksichtigung der thermodynamischen Zustände und des Leitungspufferungseffekts δ_V bestimmt. Dabei gilt für das Volumen am Gebrauchsnormale:

$$V_{\text{ist, GN}} = \frac{T_{\text{GN}} \cdot p_{\text{TN}} \cdot K_{\text{GN}}}{T_{\text{TN}} \cdot p_{\text{GN}} \cdot K_{\text{TN}}} \cdot V_{\text{ist, TN}} + \delta_V. \quad (\text{I})$$

Mit den oben genannten Voraussetzungen für die Druck- und Kompressibilitätszahlenbestimmung ergibt sich:

$$V_{\text{ist, GN}} = \frac{T_{\text{GN}} \cdot p_{\text{TN}} \cdot (K_{\text{TN}} + \Delta K)}{T_{\text{TN}} \cdot (p_{\text{TN}} + \Delta p) \cdot K_{\text{TN}}} \cdot V_{\text{ist, TN}} + \delta_V. \quad (\text{II})$$

Durch Druck- und Temperaturdrift Δp_{Drift} und ΔT_{Drift} während der Messung verändert sich die im eingeschlossenen Volumen V_e zwischen Normal und Prüfling befindliche Masse, was zu einer Volumendifferenz zwischen Normal und Prüfling führt. Für den Betrag der Größe des Leitungspufferungseffektes δ_V gilt:

$$\delta_V = V_e \left(\frac{\Delta T_{\text{Drift}}}{T} + \frac{\Delta p_{\text{Drift}}}{p} \right). \quad (\text{III})$$

Er geht als Typ B mit einer Gleichverteilung in die Messunsicherheitsabschätzung ein. Durch entsprechend große Prüfvolumina und Einhaltung der in 5.3.3.1 genannten Grenzen für die Druck- und Temperaturdriften Δp_{Drift} und ΔT_{Drift} kann dieser Wert stets ausreichend klein gehalten werden. Für die relative Unsicherheit U_{δ_V} ($k = 2$) ergibt sich:

$$U_{\delta_V} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{V_e}{V_{\text{ist, TN}}} \left(\left| \frac{\Delta T_{\text{Drift}}}{T} \right| + \left| \frac{\Delta p_{\text{Drift}}}{p} \right| \right). \quad (\text{IV})$$

Aus der Gleichung (II) sind nach den Verfahren des ISO-Guides die Sensitivitätskoeffizienten der einzelnen Eingangsgrößen für die Bestimmung der Messunsicherheit zu ermitteln.

Die Unsicherheiten der Eingangsgrößen und die zugehörigen Sensitivitätskoeffizienten sind in Tabelle 2A aufgelistet.

Tabelle A2: Messunsicherheitsbeiträge bei der Volumenbestimmung am Gebrauchsnormale sowie deren Größe und Sensitivitätskoeffizienten bei Einhaltung der Mindestanforderungen der Prüfregele bzw. Beispielwerte

Beitrag	rel. Größe	Sensitivität	Bemerkung
Messunsicherheiten für Druck und Differenzdruck U_p und $U_{\Delta p}$	je $1e-3$	$c_p = \frac{\Delta p}{(p_N + \Delta p)} \approx \frac{\Delta p}{p_N}$ für $p_N = 16 \text{ bar}$ und $\Delta p = 0,3 \text{ bar}$ $\rightarrow c_p = 0,0184$	Größe der Messunsicherheit entsprechend Anforderungen in 4.3 der Prüfregele
Messunsicherheiten für Temperatur U_T	$3,5e-4$	1	Größe entsprechend Anforderungen in 4.3 der Prüfregele bei einer Gastemperatur von $15 \text{ }^\circ\text{C}$; geht zweimal in das Ergebnis ein (Transfer- und Gebrauchsnormale)
Messunsicherheiten für Kompressibilität und deren Differenz U_K und $U_{\Delta K}$	je $3e-3$	$c_K = \frac{\Delta K}{(K_N + \Delta K)} \approx \frac{\Delta K}{K_N}$ für $K_N = 0,935$ und $\Delta K = 0,001$ $\rightarrow c_K = 0,00107$	Auf Grund der normalerweise geringen Differenz der K -Zahlen zwischen Normale und Prüfling ergibt sich ein sehr geringer Sensitivitätskoeffizient. Der Einfluss der K -Zahl auf die Messunsicherheit bleibt daher gering.
Messunsicherheit der Volumeneinheit Transfernormale U_{TN}	$2,5e-3$	1	Unsicherheit des Kalibrierwerts für das Transfernormale entsprechend 6.2 der Prüfregele
Messunsicherheiten der Volumenanzeige U_V	$2e-5$	1	kann bei Verwendung hochfrequenter Impulsgeber und genügend großer Prüfvolumina stets eingehalten werden
Line-Pack-Effekt δ_V	$1,15e-4$	1	nach Gl. (III) und (IV); der Beispielwert ergibt sich aus dem eingeschlossenen Volumen von $0,5 \text{ m}^3$ bei einer Messung von $1600 \text{ m}^3/\text{h}$ über 60 s bei Einhaltung der zulässigen Driften nach 5.3.3.1 der Prüfregele

Für die Unsicherheit des Volumens am Gebrauchsnormale ergibt sich unter der Voraussetzung nichtkorrelierter Messungen:

$$U_{V_{\text{ist}}, \text{GN}} = \sqrt{2c_p^2 U_p^2 + 2U_T^2 + 2c_K^2 U_K^2 + U_{\text{TN}}^2 + 2U_V^2 + U_{\delta_v}^2} . \quad (\text{V})$$

Für die Beispielwerte in Tabelle A2 resultiert daraus ein Wert $U_{V_{\text{ist}}, \text{GN}}$ von 0,255 %.

Messunsicherheit des Kalibrierwerts U_{GN} des Gebrauchsnormals bei Verwendung eines Ausgleichspolynoms

Da das Gebrauchsnormale in dem Beispiel ein Turbinenradgaszähler ist, ist es zweckmäßig, alle ermittelten Messabweichungen bei allen Prüfüberdrücken als Funktion der Reynolds-Zahl aufzuzeichnen. Es wird gemäß 6.4 der Prüfregel ein Ausgleichspolynom ermittelt, dass für die Bestimmung des Kalibrierwerts des Gebrauchsnormals bei Prüfungen benutzt wird.

Bild A2 zeigt ein typisches Ergebnis der Messabweichungen eines Turbinenzählers (für verschiedene Prüfüberdrücke ermittelt) mit einem zugehörigen Ausgleichspolynom. Die Differenzen zwischen dem Ausgleichspolynom und den gemessenen Messabweichungen (Residuen) besitzen eine bestimmte Streuung, die als eine zusätzliche Unsicherheit U_{Appr} des Kalibrierwerts bei Verwendung dieses Ausgleichspolynoms anzusehen ist. Im Abschnitt 6.4 der Prüfregel ist für diesen Wert die Obergrenze von $U_{\text{Appr}} = 0,18\%$ als Mindestanforderung festgelegt. Der konkrete Wert hängt stark von der Wahl der Ausgleichsfunktion und den Eigenschaften des Gebrauchsnormals (Druckabhängigkeiten) ab.

Für die Unsicherheit des Kalibrierwerts U_{GN} des Gebrauchsnormals ergibt sich:

$$U_{\text{GN}} = \sqrt{U_{V_{\text{ist}}, \text{GN}}^2 + U_{\text{Appr}}^2} . \quad (\text{VI})$$

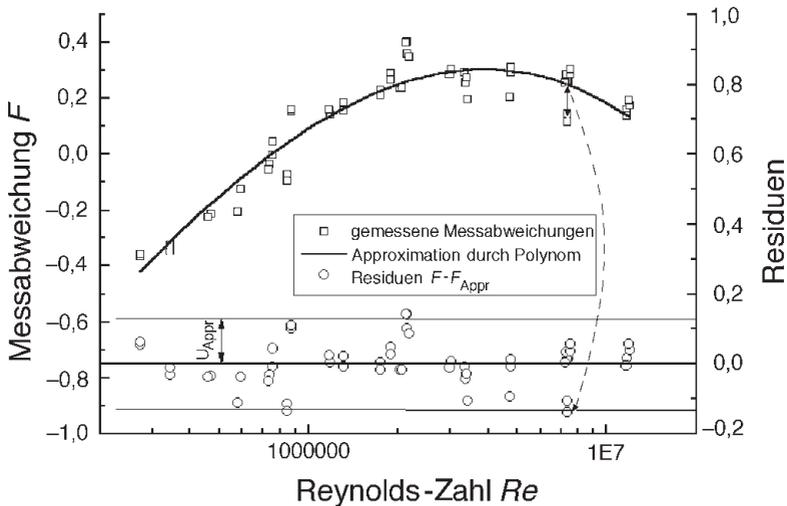


Bild A2: Messabweichungen eines Turbinenradgaszählers als Funktion der Reynolds-Zahl sowie die Residuen bei Verwendung eines Ausgleichspolynoms

Für die Zahlenwerte in dem hier verfolgten Beispiel unter Annahme der Mindestanforderungen von $U_{\text{Appr}} = 0,18 \%$ ergibt sich $U_{\text{GN}} = 0,312 \%$.

Messunsicherheit $U_{V_{\text{ist}, P}}$ der Volumenbestimmung am Prüfling bei dessen Kalibrierung unter Verwendung des mit der Unsicherheit U_{GN} kalibrierten Gebrauchsnormals

Wird ein Prüfling mit dem Gebrauchsnormal kalibriert, so gilt analog zu Gleichung (II) die Beziehung:

$$V_{\text{ist}, P} = \frac{T_P \cdot p_{\text{GN}} \cdot (K_{\text{GN}} + \Delta K)}{T_{\text{GN}} \cdot (p_{\text{GN}} + \Delta p) \cdot K_{\text{GN}}} \cdot V_{\text{ist}, \text{GN}} + \delta_V. \quad (\text{VII})$$

Für die Bestimmung der Messunsicherheiten gilt hierbei das gleiche wie bei der Bestimmung der Unsicherheit des Volumens am Gebrauchsnormal bei dessen Kalibrierung. Lediglich einige Mindestanforderun-

gen entsprechend 4.3 sind bei einer Zählerprüfung andere als bei einer Volumennormalprüfung. Entsprechend ist Tabelle A3 analog zu Tabelle A2 mit modifizierten Werten.

Tabelle A3: Messunsicherheitsbeiträge bei der Volumenbestimmung am Prüfling sowie deren Größe und Sensitivitätskoeffizienten bei Einhaltung der Mindestanforderungen der Prüfregel bzw. Beispielwerte

Beitrag	Größe	Sensitivität	Bemerkung
Messunsicherheiten für Druck und Differenzdruck U_P und $U_{\Delta p}$	1e-3	$c_p = \frac{\Delta p}{(p_N + \Delta p)} \approx \frac{\Delta p}{p_N}$	siehe Tabelle A2
Messunsicherheiten für Temperatur U_T	7e-4	1	siehe Tabelle A2
Messunsicherheiten für Kompressibilität und Differenz U_K und $U_{\Delta K}$	3e-3	$c_k = \frac{\Delta K}{(K_N + \Delta K)} \approx \frac{\Delta K}{K_N}$	siehe Tabelle A2
Messunsicherheit der Volumeneinheit Gebrauchsnormal U_{TN}	3,12e-3	1	Unsicherheit des Kalibrierwerts für das Gebrauchsnormal entsprechend obiger Beispielrechnung
Messunsicherheiten der Volumenanzeige U_V	2e-5	1	siehe Tabelle A2
Line-Pack-Effekt δ_V	1,15e-4	1	siehe Tabelle A2

Für die Unsicherheit des Volumens am Prüfling ergibt sich unter der Voraussetzung nichtkorrelierter Messungen:

$$U_{V_{ist, P}} = \sqrt{2c_p^2 U_p^2 + 2U_T^2 + 2c_k^2 U_K^2 + U_{GN}^2 + 2U_V^2 + U_{\delta_V}^2}. \quad (\text{VIII})$$

Für die Beispielwerte in Tabelle A3 resultiert daraus ein Wert $U_{V_{ist, P}} = 0,328 \% \approx 0,33 \%$.

Für den hier angenommenen einfachen Prüfstand würde sich im Endergebnis durch Einhaltung aller Mindestanforderungen eine Gesamtmessunsicherheit von 0,33 % für die in dem Beispiel angenommenen Betriebsparameter ergeben.

3 Prüfungsbeispiel

Das Bild A3 zeigt eine vereinfachte Prüfstandskonfiguration mit dem Prüfling und den drei parallelen geschalteten Normalen, von denen aber lediglich Normal 1 bei der Messung beteiligt ist.

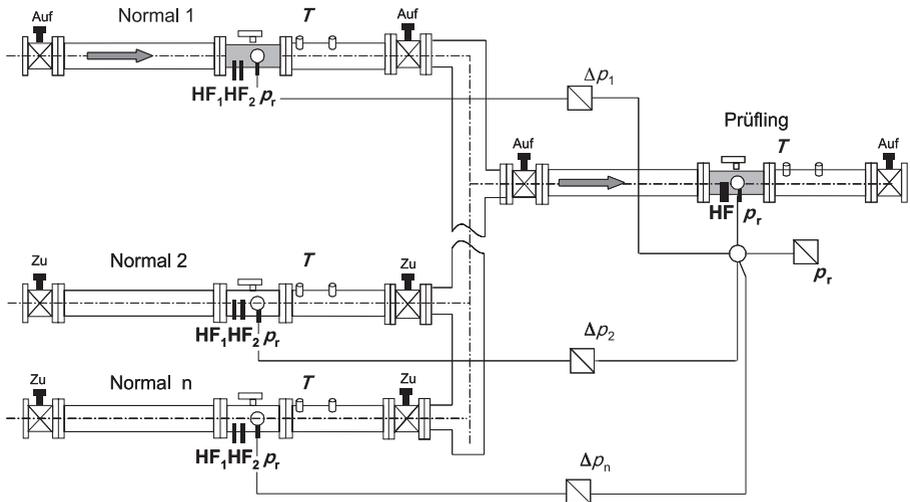


Bild A3: siehe Text

Ermittlung der Messabweichung f_p des Prüflings

Folgende Messgrößen werden erfasst:

- Druck p_r
Der unberichtigte maßgebliche Druck p_r am Prüfling wird mittels Absolutdruckmessgerät gemessen. Die Messung ist doppelt ausgeführt. Für die Ermittlung der Messabweichung wird als unberichtigter maßgeblicher Druck am Prüfling der arithmetische Mittelwert beider Messwerte angesehen.
- Differenzdruck Δp
Der Differenzdruck zwischen Prüfling p_r und jedem Normalzähler p_r (Druckbereich 0 mbar bis 3000 mbar) wird in drei separate Bereiche aufgeteilt und einzeln gemessen:
A = 64 mbar, B = 640 mbar, C = 2450 mbar.
- Temperatur T
an je einer Messstelle am Prüfling und an jedem Normal für die maßgebliche Temperatur
- Impulswert V_b und andere betriebsvolumen-proportionale Messwerte.
Je Zählernormal liegen zwei HF-Impulsschnittstellen vor, die gleichzeitig für alle beteiligten Normale mit Zeitstempel auslesbar sind. Je Prüfling können (je nach Ausstattung) bis maximal vier HF-Impulsschnittstellen und eine NF-Impulsschnittstelle vorliegen. Das digitale Zählerstandsprotokoll des Rollenzählwerks ergibt sich aus mindestens einer manuellen Messwertablesung. (Dieses Beispiel wird mit einer HF-Impulsschnittstelle durchgeführt.)
- Normdichte ρ
Stundenmittelwert aus einer repräsentativen Messstelle im Rahmen des geschäftlichen Abrechnungsverkehrs
- dynamische Viskosität
Rechenwert für die repräsentative Gasbeschaffenheit nach Herning-Zipperer

- Rohrinnendurchmesser D
der Einlaufstrecke des betrachteten Normals.

Zur Korrektur des berichtigten Messergebnisses von Druck, Differenzdruck und Temperatur wird eine lineare Interpolation zwischen den Stützstellen der Fehlerkurven durchgeführt. Die Stützstellen der Fehlerkurven sind bei der Kalibrierung der Sensoren für Druck, Differenzdruck und Temperatur in den Prüfstandsdatenbanken hinterlegt worden.

Berichtigter maßgeblicher Druck am Prüfling:

$$\bar{p}_{r_p} = \frac{p_{r_{1p, \text{kor}}}}{2} + \frac{p_{r_{2p, \text{kor}}}}{2} \quad (\text{IX})$$

Berichtigter maßgeblicher Druck am Normal:

$$p_{r_N} = \bar{p}_{r_p} + \Delta p_{i, \text{kor}} \quad (\text{X})$$

Berichtigte maßgebliche Temperatur am Prüfling: T_p

Berichtigte maßgebliche Temperatur am Normal: T_N

Berechnungen für einen Messpunkt

Während der Messung eines Prüfpunkts werden von allen beteiligten Zählernormalen die volumenproportionalen Impulsinkremente und die tatsächliche Messzeit ermittelt. Die berichtigten Messwerte zur Berechnung der maßgeblichen Drücke und Temperaturen werden über die Messzeit gemittelt.

Das gemessene Betriebsvolumen und der mittlere Betriebsdurchfluss in m^3/h ergeben sich je Normal aus Gl. (5) der Prüfregel als

$$V_{b_N} = \frac{\text{imp}}{c_{iw}}; \quad Q_{b_N} = V_{b_N} \frac{3600}{\text{Messzeit (Sekunden)}} \quad (\text{XI})$$

Für die Berechnung der Messabweichung des Prüflings zum Gebrauchsnormal ist die Messabweichung des Normal bei den strömungstechnisch äquivalenten Messbedingungen des Prüflings zu ermitteln. Die Messabweichung f_N des Normal bei dem entsprechenden Durchfluss Q_{bN} , dem entsprechenden Druck, der Temperatur des Prüflings und der dynamischen Viskosität des Prüfgases, errechnet sich aus den im Prüfprotokoll des Gebrauchsnormals angegebenen Messabweichungskoeffizienten (A_0 bis A_4 und A_T) in Abhängigkeit der Reynolds-Zahl wie folgt:

$$f_N = A_0 + A_1 \cdot x + A_2 \cdot x^2 + A_3 \cdot x^3 + A_4 \cdot x^4 + A_T(293,15 - T_N) \quad (\text{XII})$$

(Der Koeffizient A_T zur Korrektur einer Temperaturabhängigkeit ist nur anzugeben, wenn er für das jeweilige Messgerät auch bestimmt werden kann.)

$$\text{mit } x = \log\left(\frac{Re_N}{10^6}\right)$$

und aus Gl. (7)

$$Re_N = \frac{4 \cdot \rho_b \cdot Q_{bN}}{D \cdot 3600 \cdot \pi \cdot \eta} \quad (\text{XIII})$$

falls die Betriebsdichte ρ_b nicht messtechnisch bei der Prüfung vorliegt sondern nur die Normdichte ρ_n , wird diese über die Zustandsgleichung für reale Gase umgerechnet. $\rho_b = \rho_n \cdot z$, mit

$$z = \frac{p_N \cdot T_n}{p_n \cdot T_N \cdot K_N}, \text{ Gleichung (XIII) und der Kompressibilität}$$

$$K_N = \frac{Z_{p, T_N}}{Z_n}, \text{ berechnet nach der technischen Richtlinie G9 der PTB.}$$

Die Gleichung (XII) ergibt eine Messabweichung bei einem Durchfluss Q_{bN} der aufgrund der berechneten Messabweichung um diesen Wert zu korrigieren ist.

Der korrigierte Durchfluss lautet:

$$Q_{bN_{\text{korr}}} = \frac{Q_{bN}}{1 + \frac{f_N}{100}}. \quad (\text{XIV})$$

Durch Umformung der Gleichung (XI) ergibt sich das korrigierte Volumen des Normals

$$V_{bN_{\text{korr}}} = Q_{bN_{\text{korr}}} \cdot \frac{\text{Messzeit}}{3600}. \quad (\text{XV})$$

Mit Gleichung (XV) ergibt sich die Messabweichung des Prüflings wie folgt:

$$f_P = \left(\frac{V_P \cdot (1 + f_N / 100) \cdot p_P \cdot T_N \cdot Z_N}{V_{bN_{\text{korr}}} \cdot p_N \cdot T_P \cdot Z_P} - 1 \right) \cdot 100 \%. \quad (\text{XVI})$$

Berechnungen für weitere Messpunkte

Die Messpunkte für die Prüfdurchflüsse sind aus der Tabelle 2 des Kapitels 5.3.3.2 zu entnehmen. Die Messabweichungen sind nach dem gleichen Schema „Berechnungen für einen Messpunkt“ zu ermitteln.

Berechnung der *WME*

Sobald die Messabweichung für jeden Prüfdurchfluss Q_{bPj} ermittelt wurde, wird die *WME* gemäß Gleichung (3) ermittelt.

Justierung

Bei diesem Beispiel, bei einem Zähler mit einem Zählwerkskopf, erfolgt die Justierung durch Austauschen der Justierzahnräder. Durch den Austausch ändert sich die Impulsrate der HF-Geber so, dass die Fehlerkurve parallel nach plus oder minus verschoben wird. Aus der Justier radtabelle werden der zum Justier radpaar gehörige Korrekturwert f_k und der Impulswert c_{IW} entnommen.

Folgendes Beispiel soll dies verdeutlichen:

Wir setzen voraus, dass der *WME* eines Zählers mit + 0,4 % ermittelt wurde. Der Zähler wäre also um – 0,4 % zu justieren. Der geprüfte Zähler hat folgenden Daten gemäß Herstellerangaben:

Getriebeübersetzung: $I_G = 235,2$

Anzahl Schaufeln: $Z_S = 15$

Anzahl Marken (Referenzrad): $Z_M = 15$

Umdrehungswert des Prüfzählglieds: $t_r = 10$

Zwischenrad 1: $Z_A = 18$

Zwischenrad 2: $Z_B = 72$

Justier rad 1: $J_1 = 32$

Justier rad 2: $J_2 = 40$.

Laut Justier radtabelle und Angaben des Herstellers wird zur Überprüfung der Impulswertigkeit des Zählerhauptschildes die Impulswertigkeit ($1764,00 \text{ Imp/m}^3$) errechnet.

Aus der Justier radtabelle des Herstellers ist zu ersehen, welcher Justier radsatz für die Justierung in Frage kommt. $J_1 = 32$ und $J_2 = 40$ ist der Nullradsatz, das heißt, alle anderen Justier räder werden hiervon abgeleitet. Das in Frage kommende Justier rad-Paar ist $J_1 = 47$ und $J_2 = 59$

mit einer Abweichung zum Nullratsatz von $-0,426\%$ (dies ist schon der Korrekturwert f_k), d. h. dieses Paar ist für die Justierung geeignet.

Nach Einsetzen der neuen Justierräder wird ein neuer c_{IW} von $1771,51 \text{ Imp/m}^3$ errechnet.

Bei einem mittleren Durchfluss (ca. 40%) wird zur Bestätigung der Justierung und Überprüfung der neuen Justierräder ein Kontrollpunkt gefahren. Hier wird das neue errechnete Messergebnis bestätigt und eine Kontrolle der HF-Geber versus Rollenzählwerk durchgeführt. Die angezeigte Menge am Rollenzählwerk muss mit der gemessenen Menge am HF-Geber um $0,05\%$ übereinstimmen.

Berechnung der neuen Fehlerkurven aufgrund der vorgenommenen Justierung

Die korrigierte Messabweichung für die neue Fehlerkurve errechnet sich für jeden Messpunkt wie folgt:

$$f_{P_{\text{berichtigt}}} = f_{P_{\text{unberichtigt}}} + f_k.$$

Hat der Zähler eine zusätzliche Vorprüfung mit Luft bei Atmosphärendruck vor der Hochdruckprüfung erhalten, wird jeder Wert der Messabweichung der Vorprüfung mit dem gleichen Korrekturwert f_k der vorstehenden Gleichung korrigiert. Der Einfachheit halber wird dieser Vorgang in der Prüfstelle der Hochdruckprüfung durchgeführt, die auch die Hauptstempel und Sicherungszeichen setzt und die Zertifikate der Hochdruckprüfung und der korrigierten Vorprüfung ausstellt.

4 Musterbescheinigungen

Eichschein	91
Anlage zum Eichschein, Seite 1	92
Anlage zum Eichschein, Seite 2	93
Anlage zum Eichschein, Seite 3	94
Anhang 1 zum Eichschein	95
Anhang 2 zum Eichschein	96
Vorprüfschein	97
Anlage zum Vorprüfschein, Seite 1	98
Anlage zum Vorprüfschein, Seite 2	99
Anlage zum Vorprüfschein, Seite 3	100
Anlage zum Vorprüfschein, Seite 4	101

**Staatlich anerkannte Prüfstelle für Messgeräte für Gas GX 00
bei der Firma XY**

DIE BEI DEN MESSUNGEN VERWENDETEN NORMALE SIND AUF DIE NATIONALEN NORMALE BEI DER
PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT RÜCKGEFÜHRT.
THE STANDARDS USED FOR THE MEASUREMENTS ARE TRACEABLE TO THE NATIONAL STANDARDS AT THE
PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT.

Eichschein

Verification certificate



Nummer <i>Number</i>	680/2001	
Gegenstand <i>Object</i>	Turbinenradgaszähler	
Seriennummer <i>Identification</i>	123456	
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Hersteller AG	
Antragsteller <i>Applicant</i>	Stadwerke AG Musterstraße 9 45678 Musterort	
Anzahl der Seiten der Anlage <i>Number of pages of the addendum</i>	3	
Anzahl der Anhänge <i>Number of annexes</i>	2	
Ort und Datum der Eichung <i>Place and date of verification</i>	12.09.2001	
Gültigkeit der Eichung bis <i>This verification is valid until</i>	2013	Stempelzeichen GX 00 / 01 <i>Marking</i>

Eichscheine ohne Unterschrift und Dienststempel haben keine Gültigkeit. Dieser Eichschein darf nur unverändert weiterverbreitet werden.

Verification certificates without signature and official stamp are not valid. This verification certificate may only be reproduced in unchanged form.

Ort und Datum <i>Place and date</i>	Dienststempel <i>Official stamp</i>	Im Auftrag <i>On behalf of</i>
Prüfstadt, den 28.09.2001		(Name)
Staatlich anerkannte Prüfstelle GX 00 b.d. Firma XY, 13131 Prüfstadt, Normal Straße		Telefon: 000000000 Telefax: 000000000 E-Mail: xxxxxxxxx



Zusätzliche Angaben zum Gegenstand

additional comments concerning the object

Angaben entsprechend der Bauartzulassung

specifications concerning the type approval

Messgerätebezeichnung /Typ	TRZ
Größenbezeichnung	(G 1000)
Zulassungszeichen der Bauart	1.111/1111
Baujahr	1996
Nennweite	200 mm
Anschlussflanschnennweite	200 mm
Anschlussflansche	ANSI 600
Belastungsbereich	$Q_{\min} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$ bis $Q_{\max} = 1600 \text{ m}^3/\text{h}$

Angaben entsprechend den Ergebnissen der Hochdruckprüfung

specifications concerning the high pressure test results

a) Angaben auf dem Zusatzschild

Für Erdgas	
$Q_{\min,HD}$	50 m ³ /h
$p_{e,\min}$	0 bar
$p_{e,\max}$	16 bar

b) Angaben zu den Impulsgebern und Justirrädern

Impulsgeber	NF	HF	HF
Bezeichnung	NF 1	HF 1	HF 2
Impulse / m ³	1,0	1238,589	1238,589
Justirräder	J1	J2	
Zähnezahl	56	61	

Prüfverfahren

Test procedure

Der Turbinenradgaszähler wurde nach den PTB-Prüfregeln Messgeräte für Gas, Gaszähler, Hochdruckprüfung von Gaszählern, Band 30, Ausgabe 1, 2002, geprüft.

Umgebungsbedingungen am Prüfstand

Environmental conditions at the test facility

Größe	Wert	Einheit	Unsicherheit <i>U</i>
ϑ_{umg}	19,5	°C	0,15 %
p_{atm}	1011,2	hPa	0,3 %

Prüfbedingungen

Test conditions

Prüfmedium: Erdgas

Größe	Wert	Einheit	Unsicherheit <i>U</i>
p_e	8,00	bar	0,3 %
ρ_b	6,359	kg/m ³	0,9 %
ρ_n	0,841	kg/m ³	0,8 %
ϑ	16,13	°C	0,15 %
η	12,73	10 ⁻⁶ Pa·s	1,3 %
H ₂	2,00	Mol %	0,2 Mol %
H(o,n)	10,421	kWh/m ³	0,3 %
CO ₂	1,78	Mol %	0,2 Mol %
K - Zahl	0,9860		0,1 %



Ergebnisse

Results

- Die Anforderung der Eichordnung Anlage 7-1 und der auf Seite 1 der Anlage 1 genannten Bauartzulassung werden erfüllt.
- Die unten aufgeführten Messabweichungen gelten für die auf Seite 1 der Anlage 1 genannten Impulswerte und Justierräder.
- Die Messabweichungen des Zählers wurden für die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Betriebsvolumenströme bestimmt:

$\frac{Q}{Q_{\max}}$	Q	Reynolds Zahl Re	f_p	U_{fp}
	m^3/h		%	%
0,03	49,87	$0,03 \cdot 10^6$	-0,20	0,20
0,05	81,35	$0,05 \cdot 10^6$	-0,05	0,19
0,10	157,34	$0,10 \cdot 10^6$	0,07	0,19
0,25	394,12	$0,26 \cdot 10^6$	0,15	0,18
0,40	633,46	$0,42 \cdot 10^6$	-0,01	0,18
0,70	1119,17	$0,74 \cdot 10^6$	-0,14	0,18
0,99	1582,42	$1,04 \cdot 10^6$	-0,21	0,18

(Angaben der Einheiten siehe auch Anhang I)

- Die gewichtete mittlere Messabweichung WME beträgt -0,08%.

Für die Messabweichung gilt:

$$f_p = \left(\frac{V_p}{V_{ist,P}} - 1 \right) \cdot 100\%$$

Die Unsicherheit der Bestimmung des tatsächlich durch den Prüfling geströmten Volumens $V_{ist,P}$ beträgt $U = 0,15\%$ ($k=2$).

Für die gewichtete mittlere Messabweichung gilt:

$$WME = \frac{\sum_{i=1}^n k_i f_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad \text{mit } k_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \text{ für } Q_i \leq 0,7 Q_{\max}$$

und $k_i = 1,4 - \frac{Q_i}{Q_{\max}}$ für $0,7 Q_{\max} < Q_i \leq Q_{\max}$

- Die Vorprüfung in atmosphärischer Luft wurde bei der Prüfstelle für Messgeräte für Gas GY 00 bei der Firma ZZ durchgeführt. Die in Anlage 2 zum Eichschein dargestellten Messergebnisse der Vorprüfung in Luft beziehen sich auf die in Seite 1 der Anlage 1 zum Eichschein genannten Impulswerte und Justierräder.
- Die grafische Darstellung der Messabweichungen über den Durchfluss der Prüfungen mit Hochdruckerdgas und atmosphärischer Luft sind in Anlage 3 zum Eichschein aufgeführt.

Hierbei sind:

Formelzeichen	Größe	Einheit
CO_2	Kohlendioxid-Konzentration im Prüfgas	Mol %
H_2	Wasserstoff-Konzentration im Prüfgas	Mol %
$H(o,n)$	Brennwert des Prüfgases	
K	Kompressibilitätszahl, K-Zahl	
f_p	relative Messabweichung des Prüflings	%
η	dynamische Viskosität	Pa·s
p_{atm}	atmosphärischer Druck	hPa
p_o	Betriebsüberdruck	bar
$p_{c,mi}$	minimaler Betriebsüberdruck	bar
Re	Reynoldszahl	



$p_{e,max}$	maximaler Betriebsüberdruck	bar
Q	Durchfluss	m ³ /h
Q_{max}	nomineller maximaler Durchfluss des Gaszählers	m ³ /h
$Q_{min,HFD}$	minimaler Durchfluss eines Gaszählers unter Hochdruckbedingungen	m ³ /h
ρ_b	Betriebsdichte des Prüfgases am Prüfling	kg/m ³
ρ_n	Normdichte des Prüfgases	kg/m ³
ϑ	Temperatur des Prüfgases am Prüfling	°C
ϑ_{umg}^a	Umgebungstemperatur	°C
U	erweiterte Messunsicherheit mit $k = 2$	%
U_p	erweiterte Messunsicherheit ($k = 2$) der Messabweichung des Prüflings, die sich aus der quadr. Addition der Messunsicherheit des tatsächlich durchströmten Volumens $V_{ist,P}$ und der durch Wiederholungsmessungen bestimmten Unsicherheit der Prüfungsanzeige ergibt	%
V_p	vom Prüfling angezeigtes Volumen	m ³
$V_{ist,P}$	tatsächlich durch den Prüfling durchgeströmtes Volumen	m ³

Messunsicherheit

Uncertainty of measurement

Angegeben ist jeweils die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß dem „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen“ (DIN V ENV 13005) ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im Falle der Normalverteilung im zugeordneten Werteintervall.

Sonstige Angaben

other comments

keine

Hinweise

Notes

Die Gültigkeit der Eichung erlischt vorzeitig, wenn eine der in §13 Absatz 1 der Eichordnung beschriebenen Veränderungen eingetreten ist.

Die angegebenen Ergebnisse basieren auf dem vereinheitlichten deutsch-niederländischen Bezugsniveau für die Weitergabe der Volumeneinheit von Hochdruck – Erdgas, das mit dem Vertrag vom 02. Juni 1999 zwischen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und dem Nederlands Meetinstituut Van Swinden B.V. Laboratorium für die Anwendung in der Bundesrepublik Deutschland und den Niederlanden vereinbart wurde.

Ende der Anlage

End of the addendum

Prüfstadt, den 29.09.2001

(Name)



Anhang 1: Prüfergebnisse der Vorprüfung der atmosphärischen Prüfung

Annex 1: Tests results of pre-testing with atmospheric air

Anzahl der Seiten des Anhangs 1: 1

Number of pages of annex 1: 1

Die Prüfergebnisse der Vorprüfung der atmosphärischen Prüfung in Luft bei der Staatlich anerkannten Prüfstelle für Messgeräte für Gas GY 00 bei Firma ZZ werden in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet. Die Ergebnisse gelten für **die Angaben entsprechend der Ergebnisse der Hochdruckprüfung der Anlage 1 zum Eichschein Nr. 680/2001** hinsichtlich der Justierräder und Impulswertigkeiten.

$\frac{Q}{Q_{\max}}$	Q	Messabweichung
	m ³ /h	%
0,05	80,00	-0,30
0,10	160,00	-0,11
0,25	400,00	-0,09
0,40	640,00	-0,10
0,70	1120,00	-0,15
1,00	1600,00	-0,23

Ende des Anhangs 1

End of annex 1

Prüfstadt, den 29.09.2001

(Name)

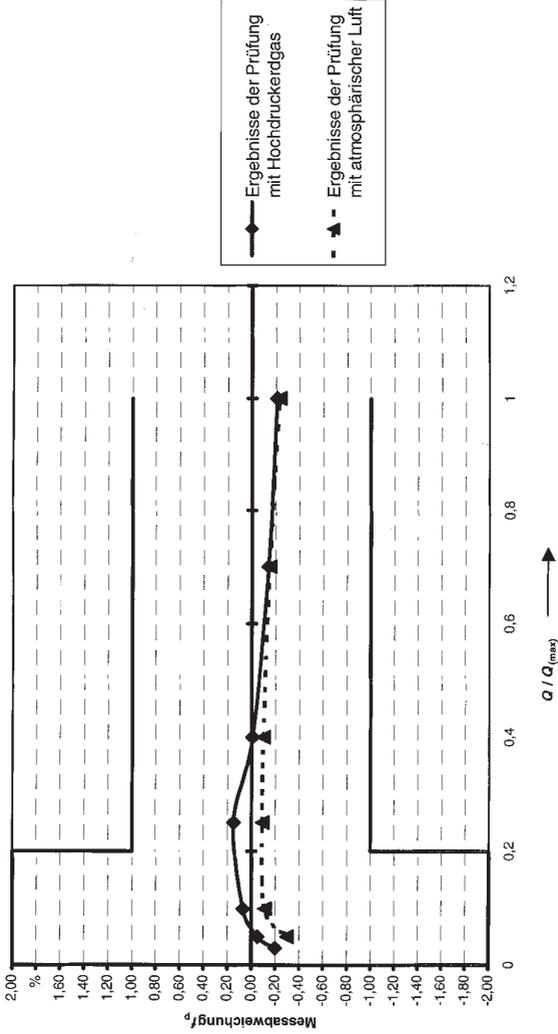


Anhang 2: Grafische Darstellung der Messabweichung in Abhängigkeit vom Durchfluss

Annex 2: Plot of error depending on flowrate

Anzahl der Seiten des Anhangs 2: 1

Number of pages of annex 2: 1



Ende des Anhangs 2
 End of annex 2
 Prüfstadt, den 29.09.2001

(Name)

**Staatlich anerkannte Prüfstelle für Messgeräte für Gas GX 00
bei der Firma XY**

DIE BEI DEN MESSUNGEN VERWENDETEN NORMALE SIND AUF DIE NATIONALEN NORMALE BEI DER PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT RÜCKGEFÜHRT
THE STANDARDS USED FOR THE MEASUREMENTS ARE TRACEABLE TO THE NATIONAL STANDARDS AT THE PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT.

Vorprüfschein

Preliminary inspection certificate



Nummer <i>Number</i>	123/2001
Gegenstand <i>Object</i>	Turbinenradgaszähler
Seriennummer <i>Identification</i>	123456
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Hersteller AG
Antragsteller <i>Applicant</i>	Stadtwerke AG Musterstraße 9 45678 Musterort
Anzahl der Seiten der Anlage <i>Number of pages of the addendum</i>	2
Ort und Datum der Vorprüfung <i>Place and date of preliminary inspection</i>	23.08.2001

Gültigkeit der Vorprüfung bis zum
This preliminary inspection is valid until

Stempelzeichen GX 00
Marking

Vorprüfscheine ohne Unterschrift und Dienststempel haben keine Gültigkeit. Dieser Vorprüfschein darf nur unverändert weiterverbreitet werden.

Preliminary inspection certificates without signature and official stamp are not valid. This preliminary inspection certificate may only be reproduced in unchanged form.

Ort und Datum
Place and date

Dienststempel
Official stamp

Im Auftrag
On behalf of

Staatlich anerkannte Prüfstelle GX 00
b.d. Firma XY,
13131 Prüfstadt, Normal Straße

Telefon: 000000000
Telefax: 000000000
E-Mail: xxxxxxxxx



Zusätzliche Angaben zum Gegenstand

Additional comments concerning the object

Angaben entsprechend der Bauartzulassung

Specifications concerning the type approval

Messgerätebezeichnung /Typ	TRZ
Größenbezeichnung	(G 1000)
Zulassungszeichen der Bauart	1.111/1111
Baujahr	1996
Nennweite	200 mm
Anschlussflanschnennweite	200 mm
Anschlussflansche	ANSI 600
Durchflussbereich	$Q_{\min} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$ bis $Q_{\max} = 1600 \text{ m}^3/\text{h}$

Angaben entsprechend den Ergebnissen der atmosphärischen Prüfung

Specifications concerning the atmospheric air test results

Angaben zu den Impulsgebern und Justierrädern

Impulsgeber	NF	HF	HF
Bezeichnung	NF 1	HF 1	HF 2
Impulse / m ³	1,0	1238,589	1238,589
Justierräder	J1	J2	
Zähnezahl	56	61	

Prüfverfahren

Test procedure

Der Turbinenradgaszähler wurde nach den PTB-Prüfregeln Messgeräte für Gas, Gaszähler, Prüfung von Volumengaszählern mit Luft bei Atmosphärendruck, Band 29, Ausgabe 1, 2002, geprüft.

Umgebungsbedingungen am Prüfstand

Environmental conditions at the test facility

Raumtemperatur:	19,5 °C
Luftdruck:	1010 hPa

Ergebnisse der Vorprüfung der atmosphärischen Prüfung

Results of preliminary inspection with atmospheric air

1. Die Anforderung der Eichordnung Anlage 7-1 und der auf Seite 1 der Anlage 1 genannten Bauartzulassung werden erfüllt.
2. Die unten aufgeführten Messabweichungen gelten für die vorgenannten Impulswerte und Justierräder.



3. Die Messabweichungen des Zählers wurden für die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Betriebsvolumenströme bestimmt:



$\frac{Q}{Q_{\max}}$	Q	Messabweichung f_P	U_P
	m ³ /h	%	%
0,05	80,00	-0,30	0,25
0,10	160,00	-0,11	0,25
0,25	400,00	-0,09	0,24
0,40	640,00	-0,10	0,24
0,70	1120,00	-0,15	0,23
1,00	1600,00	-0,23	0,23

4. Für die Messabweichung gilt:

$$f_P = \left(\frac{V_P}{V_{ist,P}} - 1 \right) \cdot 100\%$$

5. Die Unsicherheit der Bestimmung des tatsächlich durch den Prüfling geströmten Volumens $V_{ist,P}$ beträgt $U = 0,2\%$ ($k=2$).

Hierbei sind:

Formelzeichen	Größe	Einheit
f_P	Relative Messabweichung des Prüflings	%
Q	Durchfluss	m ³ /h
Q_{\max}	Nominaler maximaler Durchfluss des Gaszählers	m ³ /h
V_P	vom Prüfling angezeigtes Volumen	m ³
$V_{ist,P}$	Tatsächlich durch den Prüfling durchgeströmtes Volumen	m ³
U	Erweiterte Messunsicherheit mit $k = 2$	%
U_P	Erweiterte Messunsicherheit ($k = 2$) der Messabweichung des Prüflings, die sich aus der quadratischen Addition der Messunsicherheit des tatsächlich durchströmten Volumens $V_{ist,P}$ und der durch Wiederholungsmessungen bestimmten Unsicherheit der Prüflingsanzeige ergibt	%

Messunsicherheit

Uncertainty of measurement

Angegeben ist jeweils die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß dem „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen“ (DIN V ENV 13005) ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im Falle der Normalverteilung im zugeordneten Werteintervall.

Hinweise

Notes

Der Turbinenradgaszähler ist nicht geeicht. Der mit Atmosphärendruck vorgeprüfte Zähler kann abschließend mit Hochdruck geeicht werden. Der Hauptstempel wird nach der Hochdruckprüfung auf den Zähler aufgebracht. Die Gültigkeit der Vorprüfung erlischt vorzeitig, wenn eine der in §13 Absatz 1 der Eichordnung beschriebenen Veränderungen eingetreten ist.

Ende der Anlage

End of addendum

Seite 4 der Anlage zum Vorprüfschein Nr. 123/2001
Page 4 of the addendum to preliminary inspection certificate number



Prüfstadt, den 24.08.2001

(Name)

Staatlich anerkannte Prüfstelle GX 00
b.d. Firma XY,
13131 Prüfstadt, Normal Straße

Telefon: 00000000
Telefax: 00000000
E-Mail: xxxxxxxx

