389.1
PTB-Prüfregeln 14

PTB-Prüfregeln

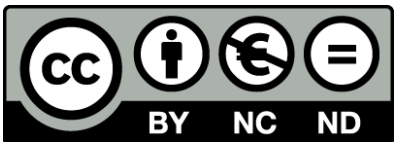
Zustands-Mengenumwerter

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin
ISSN 0341-7964

389.1 PTB – Prüfregeln 14

Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 14 ist durch Digitalisierung der 1979 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. Zustands-Mengenumwerter [online]. Bearbeitet von Adalbert Albrecht. Braunschweig, © 1979, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 14. ISSN 0341-7964. Verfügbar unter: https://doi.org/10.7795/510.20200716H

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

8.34

PTB-Prüfregeln

Zustands-Mengenumwerter

Bearbeitet von Dipl.-Ing. Adalbert Albrecht
unter Mitarbeit von Ing. (grad.) Harald Krebs

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

PTB-Bibliothek BS

2018.0183

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin ISSN 0341-7964

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

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

Schriftleitung: Dipl.-Phys. *H. Klages,* Bundesallee 100, 3300 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 14

Alle Rechte vorbehalten

Copyright © 1979 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig
Satz und Druck: Maul-Druck, Braunschweig
Printed in Germany

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Vorbemerkungen		1
Erster Teil: Begriffbestimmungen und Erläuterungen		2
1.	*Physikalische Grundlagen und meßtechnische Begriffe*	2
1.1	*Aufgabe*	2
1.1.1.	Grundaufgabe	2
1.1.2.	Gaszustand	3
1.1.3.	Zusätzliche Aufgabe	4
1.1.4.	Masse-Anzeige	4
1.1.5.	Dichte-Mengenumwerter	4
1.1.6.	Verwendung	4
1.2.	*Zustandszahl*	5
1.2.1.	Ideale und reale Gase	5
1.2.2.	Kompressibilitätszahl	6
1.2.3.	Feuchteeinfluß	8
1.2.4.	Umwertung	8
1.3.	*Meß- und Arbeitsbereiche*	9
1.3.1.	Meßbereiche	9
1.3.2.	Arbeitsbereiche	10
1.4.	*Aufbau, Einrichtungen, Anschluß*	11
1.4.1.	Umwertungsmeßwerk	11
1.4.2.	Umwertungsgetriebe	12
1.4.3.	Berücksichtigung der Kompressibilität	13
1.4.4.	Vergleichende Übersicht	14
1.4.5.	Berücksichtigung der Feuchte	17
1.4.6.	Umwerterzählwerk	18
1.4.7.	Anzeigeeinrichtungen	18
1.4.8.	Antrieb und Anschlußarten	19
1.5.	*Fehler*	19
1.5.1.	Fehler der Umwertung	19
1.5.2.	Geltungsbereich der Eichung	20
1.5.3.	Fehler der Anzeige	21
1.5.4.	Fehlergrenzen für die Anzeige	21

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

1.6. *Gesetzliche Verpflichtungen* ... 22

1.7. *Eichtechnische Behandlung* ... 23
1.7.1. Geschichtliche Entwicklung ... 23
1.7.2. Neue Regelung ... 23
1.7.3. Amtliche Maßnahmen ... 24

2. *Mengenumwerter – Beschreibung* ... 24

2.1. *Umwertungsmeßwerke* ... 25
2.1.1. Einteilige Geber ... 25
2.1.2. Zweiteilige Geber ... 27

2.2. *Quotientenbildner* ... 27

2.3. *Umwertungsgetriebe* ... 27

2.4. *Abtastkurven und Kompressibilität* ... 28

2.5. *Antriebselemente* ... 30

2.6. *Sonstige Einrichtungen* ... 31

3. *Mengenumwerter – Fehlerquellen* ... 32

3.1. *Druck* ... 32
3.2. *Temperatur* ... 33

3.3. *Feuchte* ... 34

3.4. *Kompressibilität* ... 35

3.5. *Hochdruck-Umwerter* ... 35

Zweiter Teil: Prüfung und Stempelung ... 36

4. *Ersteichung* ... 36

4.1. *Beschaffenheitsprüfung* ... 36
4.1.1. Umfang ... 36
4.1.2. Stückprüfung ... 36
4.1.3. Herausgreifende Prüfung ... 37

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

4.2. *Meßtechnische Prüfung – Umfang* 38
4.2.1. Richtigkeitsprüfung 38
4.2.2. Umwerter mit einfacher Umwertung 38
4.2.3. Umwerter mit gestaffelter Umwertung 39
4.2.4. Sonderfälle 40

4.3. *Richtigkeitsprüfung – Ablauf* 40
4.3.1. Vorbereitungen 40
4.3.2. Prüfgänge 41
4.3.3. Abschluß 42

4.4. *Richtigkeitsprüfung – Messungen* 42
4.4.1. Temperaturmessung 42
4.4.2. Druckmessung 43
4.4.3. Berichtigung der Druckwerte 44
4.4.4. Berücksichtigung der Feuchte 45
4.4.5. Maßgebender Druck 45

4.5. *Richtigkeitsprüfung – Fehlerfeststellung* 46
4.5.1. Niederschrift 46
4.5.2. Einsatz der Kompressibilitätszahlen 46
4.5.3. Beurteilung der Umwertung 47
4.5.4. Beurteilung der Anzeige 47

4.6. *Fehlerkurve* 48

4.7. *Umwerter mit zusätzlichen Einrichtungen* 48
4.7.1. Umwerter mit Doppelzählwerk 48
4.7.2. Umwerter mit Ausgangswelle 49
4.7.3. Umwerter mit vorgebautem Antriebsgerät 49
4.7.4. Umwerter mit eingebautem Impulsgeber 50

4.8. *Stempelung* 50

5. *Amtliche Aufsicht*

5.1. *Anschluß an Gaszähler* 51
5.1.1. Rechtliche Voraussetzungen 51
5.1.2. Technische Voraussetzungen 51
5.1.3. Ausschließungsgründe 52
5.1.4. Anbau 52

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

5.1.5. Zusammenbau ... 54
5.1.6. Erstfüllung des Gebers ... 54
5.1.7. Funktionsprüfung ... 54
5.1.8. Stempelung ... 55

5.2. *Abnahme vom Gaszähler* ... 56
5.2.1. Maßnahmen am Umwerter ... 56
5.2.2. Maßnahmen am Zähler ... 56

5.3. *Neufüllung des Gebers* ... 57

5.4. *Anschluß von Zusatzeinrichtungen* ... 57

5.5. *Wartung und Instandhaltung* ... 58
5.5.1. Wartungsarbeiten ... 58
5.5.2. Instandhaltungsarbeiten ... 58
5.5.3. Beaufsichtigung der Arbeiten ... 59
5.5.4. Nachträgliche Erneuerung von Stempeln ... 59

5.6. *Berichtigung am Gebrauchsort* ... 60

6. *Nacheichung (und Befundprüfung)* ... 61

6.1. *Möglichkeiten und Voraussetzungen* ... 61

6.2. *Prüfung auf dem Prüfstand* ... 62

6.3. *Prüfung am Gebrauchsort* ... 62
6.3.1. Vorbemerkungen ... 62
6.3.2. Prüftemperatur ... 63
6.3.3. Prüfbetrieb ... 64

6.4. *Stempelung* ... 65

Dritter Teil: Prüfstände und Prüfmittel

7. *Prüfstände* ... 66

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

8. *Prüfmittel* 66

8.1. *Normalgeräte und Hilfsmeßgeräte* 66
8.1.1. Aufzählung 66
8.1.2. Barometer 67
8.1.3. Manometer 67
8.1.4. Thermometer 68
8.1.5. Rachenlehre 69

8.2. *Hilfseinrichtungen* 69
8.2.1. Aufzählung 69
8.2.2. Vergleichszählwerke 69
8.2.3. Thermostaten 70
8.2.4. Sonstiges 70

8.3. *Auswertungsmittel* 70
8.3.1. Aufzählung 70
8.3.2. Tafeln 71

Vierter Teil: Mengenumwerter – Anwendung

9. *Mengenumwerter – Anwendung* 72

9.1. *Anzeige des Normvolumens* 72

9.2. *Anzeige der Masse* 72

9.3. *Anzeige der Wärmemenge* 73

Literaturverzeichnis 74

Anhang 75

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Vorbemerkungen

Die vorliegende Schrift enthält die Regeln für die meßtechnische Prüfung von Zustands-Mengenumwertern, wie sie vorwiegend bei der Ferngasversorgung und bei der industriellen Gasmessung verwendet werden. Sie soll darüber hinaus die Wirkungsweise und meßtechnischen Eigenschaften der in Frage kommenden Umwerter-Fabrikate darlegen, Herstellerbetrieben und Gasversorgungsunternehmen Hinweise auf geeignete Prüfmethoden geben. Die Besonderheit der Dichte-Mengenumwerter wird kurz erläutert.

Meßgeräte, die im geschäftlichen Verkehr bei der entgeltlichen Abgabe von Gas angewendet oder bereitgehalten werden, unterliegen nach dem Eichgesetz vom 11. Juli 1969 [1] der Eich- oder Beglaubigungspflicht. Die Eichung oder Beglaubigung besteht in einer Prüfung und Stempelung durch die zuständige Eichbehörde oder die zuständige Prüfstelle. Bei der Prüfung wird festgestellt, ob das Gerät zur Eichung zugelassen ist und ob es die durch Anlage 7 zur Eichordnung vom 15. Januar 1975 [2] und durch die Zulassung festgelegten Anforderungen erfüllt.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Erster Teil

Begriffsbestimmungen und Erläuterungen

1. Physikalische Grundlagen und meßtechnische Begriffe

1.1. Aufgaben

1.1.1. Grundaufgabe

Die Grundaufgabe eines Zustands-Mengenumwerters besteht darin, das von einem Gaszähler in einem beliebigen Zustand, dem Betriebszustand, gemessene Volumen V einer Gasmenge auf das im Normzustand gedachte Volumen dieser Gasmenge, das Normvolumen V_n, selbsttätig umzuwerten und damit Mengenangaben in Volumeneinheiten zu schaffen, die vom jeweiligen Betriebszustand unabhängig und damit vergleichbar sind.*)

Das Volumen im Normzustand, das Normvolumen, ist die Bezeichnung eines zunächst im Betriebszustand gemessenen Volumens, dessen Betrag nach der Umwertung nur vom vereinbarten Zustand, dem Normzustand, abhängt. Bei einer gedanklichen Wiederholung einer Volumenmessung an einem anderen Ort (an einer anderen Stelle der Gasleitung mit einem anderen Betriebszustand, wodurch sich eine Änderung der Menge im Betriebszustand ergibt) mit erneuter Umwertung ergibt sich die gleiche Menge, das gleiche Normvolumen wie zuerst. Das Normvolumen vertritt damit für den geschäftlichen Verkehr in erster Annäherung die Masse des gehandelten Gases, ohne daß man über seinen Zustand oder gar über seine stofflichen Eigenschaften (Dichte und auch Brennwert) nähere Kenntnisse zu haben braucht.

Zustands-Mengenumwerter sind in der EO vom 24. Januar 1942 als Umwerter Gattung 741 bezeichnet gewesen.

---

*) Das Normvolumen wurde früher mit V_0 bezeichnet. Das Formelzeichen V_0 hat heute eine andere Bedeutung.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

1.1.2. Gaszustand

Als Zustand eines Gases gilt die Gesamtheit von Druck und Temperatur, von denen seine jeweilige Dichte abhängt: hoher Druck und niedrige Temperatur vergrößern die Dichte.

Als B e t r i e b s zustand (wirklicher Meßzustand) eines Gases gilt sein Zustand im Meßwerk des Gaszählers im Augenblick der Volumenmessung. Da dieser Zustand, bedingt durch den unterschiedlichen Aufbau der Gaszähler der verschiedenen Gattungen generell nicht genau erfaßt werden kann, muß für die praktische Umwertung ein anderer Zustand als Ausgangspunkt benutzt werden. In der für die Bundesrepublik Deutschland geltenden Eichordnung sind die Zustände, die dem wirklichen Meßzustand am nächsten kommen, in Anlage 7 vom 15. 1. 1975, Abschn. 1, Teil 1 Nr. 3.3.2 bzw. Teil 3 Nr. 3.1.1 und 3.2.1 angegeben. Es sind die gleichen, auf die sich auch die Fehlerbestimmung bei der Eichung der Zähler bezieht, nämlich

bei Balgengaszählern und bei Drehkolbengaszählern	der Zustand am Eingang des Zählers,
bei Turbinenradgaszählern	der Zustand unmittelbar vor dem Turbinenrad.

Als N o r m zustand eines Gases gilt in Deutschland der Bezugszustand, der gekennzeichnet ist (EO Anl. 7, Abschn. 2, Nr. 2.1.3.1 – vgl. auch DIN 1343 „Normzustand, Normvolumen" Ausg. November 1975) durch

den Normwert des Druckes	$p_n = 1{,}01325$ bar und
den Normwert der Temperatur	$T_n = 273{,}15$ K ($\vartheta_n = 0$ °C). *)

Der Normzustand ist ein konventioneller Bezugszustand, der für Verrechnungszwecke brauchbar ist, der aber keinen Zusammenhang mit charakteristischen Werten der Praxis hat. Er ist nicht in allen Staaten gleich.

---

*) Die Normwerte haben nach der EO vom 24. 1. 42 – und den früheren Ausgaben des Normblattes – geheißen

$p_0 = 760$ Torr und
$T_0 = 273$ °C).

Der Wert 1,01325 bar entspricht in den angegebenen Stellen dem Wert 760 Torr. Der bisher gerundet angegebene Wert für die Temperatur ist nunmehr genau angegeben worden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

1.1.3. Zusätzliche Aufgabe

Aus Gründen eines gerechten Entgelts für die gehandelte Ware Brenngas wird in dem Bereich, in dem Zustands-Mengenmwerter bei der Gas-Messung benutzt werden, nicht das Gesamtvolumen des Gases angezeigt, das Wasserdampf in wechseldem Umfang als Ballast enthalten kann (Befeuchtung in „nassen Behältern", Trocknung in langen Leitungsstrecken oder in Kompressor-Anlagen), sondern nach zusätzlicher Vereinbarung immer nur sein trockener Anteil im Normzustand (zutreffende Bezeichnung: ... m^3 trockenes Gas im Normzustand).

1.1.4. Masse-Anzeige

Eine besondere Art der Zustands-Mengenumwerter innerhalb derselben Gattung bilden die Zustands-Mengenumwerter mit Masse-Anzeige. Bei ihnen werden die (an sich schon vergleichbaren) Raum-Mengen, die Normvolumina, durch eine Multiplikation, die gleich innerhalb des Umwerters durchgeführt wird, mit der als konstant vorausgesetzten Dichte des an dem jeweiligen Meßplatz zu messenden Gases im Normzustand (ϱ_n = ... kg/m^3) in Masse-Mengen umgerechnet (Bezeichnung: ... kg trockenes Gas oder ggf. ... kg Propan oder dergl.).

1.1.5. Dichte-Mengenumwerter

Von den Zustands-Mengenumwertern mit Masse-Anzeige sind zu unterscheiden die Dichte-Mengenumwerter. Von ihnen wird das Volumen V einer Gasmenge im Betriebszustand unter fortlaufender Messung des infolge des Gasdruckes, der Gastemperatur und der Gaszusammensetzung veränderlichen Wertes der Dichte ϱ unmittelbar in Masse-Mengen m umgewertet. Sie gehören einer besonderen Gattung, nämlich 742 (nach der EO Anlage 7), an.
Über diese Umwerter kann z. Z. noch nichts ausgesagt werden.

1.1.6. Verwendung

Zustands-Mengenumwerter (im folgenden kurz Umwerter genannt) sind zusätzliche Meßgeräte (EO Anl. 7 Abschn. 2 Nr. 2.1), die zum Anschluß an Großgaszähler (Drehkolben- und Turbinenradgaszähler, in seltenen Fällen Balgengaszähler) bestimmt sind (vergl. auch EO Anl. 7 Abschn. 1 Nr. 3.1.).

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Die Gerätezusammenstellung „Gaszähler und Zustands-Mengenumwerter" ist zu unterscheiden von Gaszählern mit eingebauten (oder ggf. angeschlossenen) sogenannten thermomanometrischen Einrichtungen; bei Zählern mit solchen Einrichtungen gibt es kein Zählwerk für die Menge im Betriebszustand, sondern nur eins für die Menge im Normzustand.

1.2. Zustandszahl

1.2.1. Ideale und reale Gase

Das Verhältnis $V_n/V = Z$ heißt Zustandszahl. Die Zustandszahl ist vom jeweiligen Zustand des Gases abhängig, und zwar ist für ein ideales Gas

$$Z = \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{p}{T} \quad . \tag{1}$$

Aus Gl. (1) ergibt sich, daß die Zustandszahl Z z. B. bei dem in einigen Staaten benutzten Verrechungszustand 1,01325 bar, 15 °C immer um rund 5,5 vH größer als bei dem deutschen Normzustand ist.

Ein ideales Gas gehorcht der Zustandsgleichung

$$p \cdot v = R \cdot T, \tag{2}$$

die für den Fall des Normzustandes die Form

$$p_n \cdot v_n = R \cdot T_n \tag{2a}$$

annimmt.

In Gl. (1) und (2) bezeichnet

p den maßgebenden Druck,
T die Kelvin-Temperatur des Gases,
R die Gaskonstante und
v das spezifische Volumen.

Die Gleichungen (1) und (2) beruhen auf einer Annahme. In Wirklichkeit weichen alle Gase einschließlich der einfachen 2-atomigen Gase O_2 und N_2 und sogar der Edelgase bis hin zu den hochatomigen Gasen CH_4, C_2H_6 usw. mehr oder weniger vom Verhalten des idealen Gases ab; sie sind reale Gase, für die die Zustandsgleichung die Form

$$p \cdot v = z \cdot R \cdot T \tag{3}$$

$$\text{bzw. } p_n \cdot v_n = z_n \cdot R \cdot T_n \tag{3a}$$

annimmt. Darin ist z bzw. z_n der Realgasfaktor des Gases, der auch wieder vom jeweiligen Zustand abhängt. Er ist beim idealen Gas

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

nach Definition bei allen Zuständen gleich 1,000. Bei den realen Gasen nimmt er nur beim Druck 0, d. h. im vollständigen Vakuum mit $T = 0$ K – nicht im Normzustand – den Wert 1,000 an, außerdem nur bei bestimmten Wertepaaren von Druck und Temperatur.

1.2.2. Kompressibilitätszahl

Für reale Gase lautet die Zustandszahl Z unter Berücksichtigung der Realgasfaktoren im Betriebs- bzw. im Normzustand

$$Z = \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{p}{T} \cdot \frac{z_n}{z} \qquad (4)$$

oder mit $\frac{z}{z_n} = K$

$$Z = \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{p}{T} \cdot \frac{1}{K} \qquad (4a)$$

Der Wert K wird als Kompressibilitätszahl des Gases bezeichnet. Diese ist nach Definition im Normzustand gleich 1,000. Sonst ist sie in unterschiedlichem Maß vom Druck und von der Temperatur des Gases abhängig; sie muß – wie auch der Realgasfaktor – für jede Gasart und für jedes Gasgemisch empirisch bestimmt werden. Weil z_n im allgemeinen nicht gleich 1,000 ist, stimmen Realgasfaktor und Kompressibilitätszahl zahlenmäßig nur ungefähr überein.

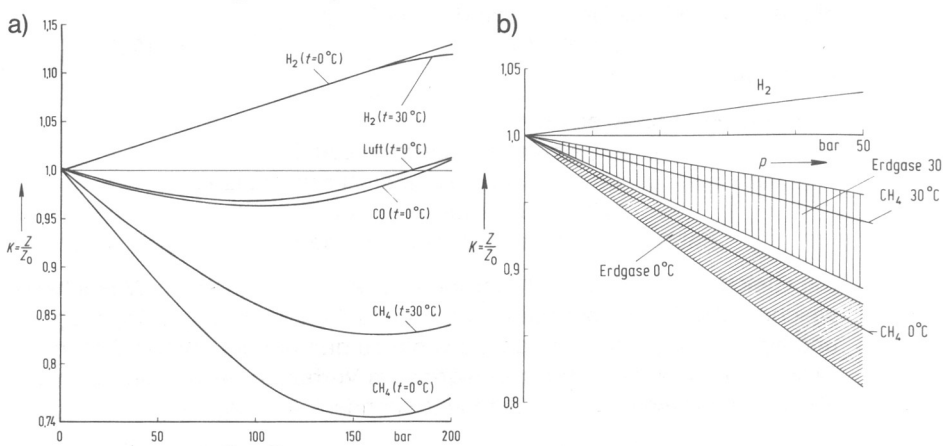


Abb. 1
Kurven von Kompressibilitätszahlen K
a) Wasserstoff, Luft, Kohlenoxid und Methan (hohe Drücke)
b) Wasserstoff, Methan und Erdgase (niedrige Drücke)

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Die Kurven für die Kompressibilitätszahlen der realen Gase haben bei höheren Drücken und bei höheren Temperaturen (vor allem für die höher-atomigen Gase) die in Abb. 1a und 1b wiedergegebenen charakteristischen Formen. Bemerkenswert ist

a) daß die Kurven für Wasserstoff oberhalb von $K = 1$ verlaufen,
b) daß die Kurven für Luft und auch für Kohlenoxid nur wenig abfallen; aus a) und b) folgt, daß die Kurven für Stadt- und für Kokereigase – weitgehend Gemische von H_2 und CO – etwas oberhalb von $K = 1{,}00$ verlaufen müssen,
c) daß die Kurven für Methan (CH_4) stark abfallen,
d) daß die Kurven für Erdgase (Gemische aus Methan und gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen, aber mitunter auch mit beträchtlichen Anteilen z. B. von Stickstoff) unterhalb und oberhalb der für Methan liegen und dabei entsprechend der oft stark voneinander abweichenden Zusammensetzungen stark streuen,
e) daß – im hier betrachteten Druck- und Temperaturbereich – das Verhalten der realen Gase sich mit steigender Temperatur dem der idealen Gase nähert (vgl. Wasserstoff, Methan und die Erdgase),
f) daß alle zunächst abfallenden Kurven (nicht nur die für Methan und Luft) bei hohen Temperaturen und (sehr) hohen Drücken wieder ansteigen (hierbei spielt der sogenannte „kritische Punkt" – gekennzeichnet durch Druck und Temperatur – eine Rolle); dieser Wieder-Anstieg ist jedoch im Bereich der gewöhnlichen Verwendung der Zustands-Mengenumwerter nicht von Bedeutung.

Kompressibilitätszahlen (streng genommen: Realgasfaktoren) kleiner als 1 bedeuten, daß das betreffende Gas bei dem betreffenden Zustand stärker kompressibel als ein ideales Gas ist. Bei sehr hohen Drücken sind alle realen Gase weniger kompressibel als ein ideales Gas.

Im Rahmen von technischen Rechnungen kann die Kompressibilitätszahl für viele Gasarten und viele Gasgemische bei kleinen Werten der Zustandszahl gleich der für das ideale Gas gesetzt, d. h. gleich 1 angenommen und somit vernachlässigt werden; in der Anfangszeit der Benutzung von Zustands-Mengenumwertern ist immer so verfahren worden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

1.2.3. Feuchteeinfluß

Der für die Feststellung der Zustandszahl maßgebende Druck (Gesamtdruck) setzt sich zusammen aus dem Atmosphärendruck b und dem Überdruck des Gases (statischen Druck) p_e. Diese Aussage gilt jedoch nur für Umwerter, die das Gesamtvolumen (Volumen des feuchten Gases) umwerten sollen.

Für Umwerter nach Abschn. 1.1.3 gilt als maßgebender Druck die Summe von Atmosphärendruck b und Überdruck p_e abzüglich Teildruck p_d des im Gas enthaltenen Wasserdampfes. Dieser Teildruck beträgt $\varphi \cdot p_s$, worin p_s den Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei der Temperatur des gemessenen Gases und und φ seine relative Feuchte ist. Im ganzen gilt für den Partialdruck des trocken gedachten Gases.

$$p_{tr} = b + p_e - \varphi \cdot p_s = p - \varphi \cdot p_s \cdot \qquad (5)$$

Bei dem Volumen des trocken gedachten Gases im Normzustand ist $\varphi_n = 0$. Dieser Wert ist früher (zuletzt noch in DIN 1343 Ausgabe Juni 1955 und in der EO vom 24. 1. 42 bis zur Herausgabe der 11. Änderungsverordnung) neben den Normwerten von Druck und Temperatur als ein drittes Merkmal des Normzustandes angesehen worden; dementsprechend lauteten bis zum Sommer 1967 die Bezeichnungen auf den Hauptschildern der Umwerter anders als jetzt.

1.2.4. Umwertung

Nach Definition ist das Volumen im Normzustand $V_n = Z \cdot V$. Da einerseits ein Meßvorgang zwischen zwei Ablesungen der Zählwerkstände entsprechend lange dauert, anderseits die Zustandszahl und die Belastung der Zähler sich während des Betriebes des Zählers dauernd ändern können, reicht eine einmalige Multiplikation für die Umwertung nicht aus, sondern ein Zustands-Mengenumwerter muß streng genommen entsprechend der (schon vereinfachten) mathematischen Formel

$$V_n = \int_{V_1}^{V_2} Z \cdot dV = \int_{t1}^{t2} Z \cdot Q \cdot dt \qquad (6)$$

laufend integrieren. Anstelle einer Integration kann auch eine Summenbildung über die Produkte von Z und ΔV innerhalb hinlänglich kleiner Zeitabstände (Dauer der Arbeitsspiele) nach der Formel

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

$$V_n = \Sigma Z \cdot \Delta V = \Sigma Z \cdot Q \cdot \Delta t \qquad (7)$$

vorgenommen werden. Diese beiden Arbeitsweisen gelten als einfache Umwertung.

Anstatt nach der letzten Formel kann ein Umwerter auch nach der aufgespaltenen Formel

$$V_n = \Sigma \frac{T_n}{T} \cdot \left(\frac{p}{p_n} \Delta V\right) \qquad (8)$$

stufenweise arbeiten; diese Arbeitsweise gilt als gestaffelte Umwertung. Der hier zwischen die Klammern gesetzte Ausdruck bedeutet den Teil der Umwertung, der – aus praktischen Gründen – zuerst bewerkstelligt wird.

1.3. Meß- und Arbeitsbereiche

1.3.1. Meßbereiche

Der Meßbereich eines Zustands-Mengenumwerters ist durch die Grenzwerte der Zustandszahl Z_{min} und Z_{max} gegeben. Bei den bekannten Fabrikaten reicht das Verhältnis $\zeta = Z_{max} : Z_{min}$ (von 2:1) bis 7:1.

Der Grenzwert Z_{max} bezeichnet den Umwerter-Typ (bei Umwertern ist es unzweckmäßig, von „Größen" zu sprechen). Die Reihe dieser Nenn-Zustandszahlen lehnt sich im unteren Bereich an die Werte der Druckstufen für Gasleitungen und Gaszähler an; zu den Werten der Druckstufen (Überdrücke) ist der Luftdruck zuzuzählen. Früher waren die Werte 2,2 3,5 5 7 9 11 14 17 21 25 vorgeschrieben; sie werden auch noch im allgemeinen bei den Umwertern ohne Berücksichtigung der Kompressibilität angewendet.

Der kleinste zulässige Wert Z_{min} der Umwerter jeden Typs einer Bauart wird bei der Zulassung festgelegt. Der Wert $Z_{min} = 0{,}8$ wird für Niederdruck-Umwerter bei großer Höhenlage des Gebrauchsortes benötigt. Der tatsächlich kleinste Wert Z_{min} eines einzelnen Umwerters kann größer sein, wenn es die technischen Daten am Meßplatz zulassen. Damit kann man z. B. den zugelassenen Meßbereich eines Umwerters (etwa bei starker Veränderlichkeit der Kompressibilität des Gases) auf die Hälfte oder weniger verkleinern, jedoch nur bis $\zeta = 2:1$.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

1.3.2. Arbeitsbereiche

Als Arbeitsbereich eines Umwerters gilt die Beschränkung des Meßbereichs in dem Sinne, daß für die (rechnerische) Bildung einer Zustandszahl nur die für diesen Meßbereich angegebenen (Druck- und) Temperaturwerte eingesetzt werden dürfen. Beliebige (Druck- und) Temperaturwerte wären betriebstechnisch ohne Bedeutung; jedoch würde der Umwerter-Fehler in einem großen Arbeitsbereich stark ansteigen.

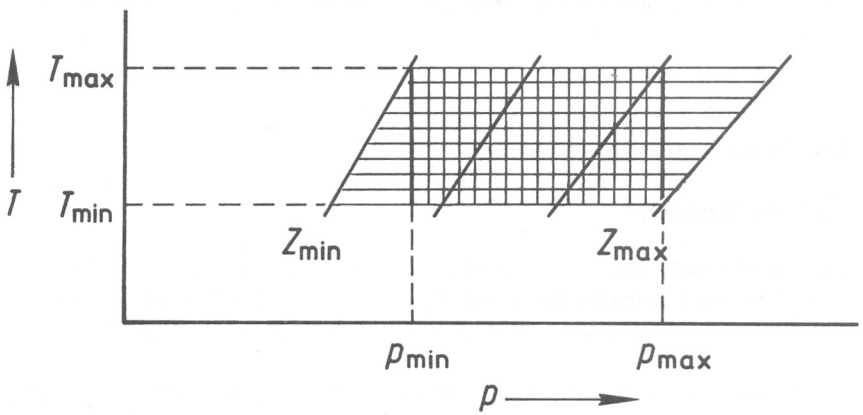


Abb. 2
Arbeitsbereiche von Zustands-Mengenumwertern

Bei Umwertern mit einfacher Umwertung wird immer der Temperaturbereich begrenzt, z. B. auf 0 °C bis 30 °C, und damit in gleitender Form der Bereich der eichtechnisch zulässigen Drücke (Abb. 2). Bei Umwertern mit gestaffelter Umwertung kann anstelle des Zustandszahlbereichs der Temperatur- und der Druckbereich beschränkt werden; bei einer solchen Beschränkung entfallen die beiden dreieckähnlichen Flächen als einsetzbarer Teil des Meßbereichs des Umwerters; nur 2 Wertepaare von Druck und Temperatur liegen dann noch auf den beiden sonst üblichen Grenzlinien des Meßbereichs.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

1.4. Aufbau, Einrichtungen, Anschluß

1.4.1. Umwertungsmeßwerk

Der meßtechnisch bedeutsame Teil eines Umwerters ist das Umwertungsmeßwerk, das ein einteiliger Geber für den Wert p/T bzw. $\frac{p}{T \cdot K}$ oder ein zweiteiliger Geber (Geber mit 2 Fühlern) für die Werte p und T sein kann.

Ein einteiliger Geber besteht im wesentlichen aus einem Gefäß von (ganz oder nahezu) widerstandslos veränderlichem Rauminhalt, in dem eine Gasmenge, das Gebergas, eingeschlossen ist. Das Gefäß kann z. B. ein weiches, beiderseits geschlossenes Wellrohr (mit geringer Eigenfederung) oder eine Tauchglocke sein. Das Gebergas kann ein dem idealen Gas annähernd gleichwertiges Gas sein; oft wird reiner Stickstoff, neuerdings auch Helium, verwendet.

Das Gefäß wird von außen dem Druck und gleichzeitig der Temperatur des zu messenden Gases – des Betriebsgases – ausgesetzt. Nach Druck- und Temperaturausgleich hat das Gebergas den gleichen Zustand wie das Betriebsgas. Die Höhen-Einstellung des Wellrohrdeckels oder der Tauchglocke ist danach ein Maß für die Zustandszahl (Abb. 3 und 4). Bei Umwertern mit einteiligem Geber wird das Ergebnis unmittelbar, d. h. nach Gl. (6) oder (7) gewonnen.

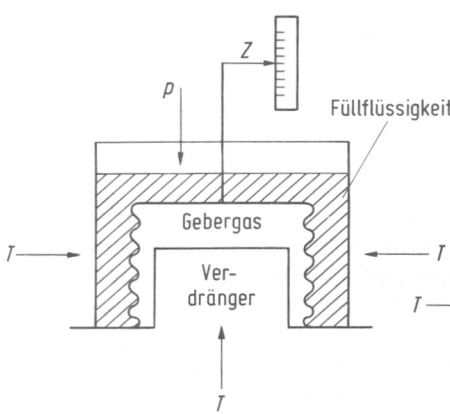


Abb. 3
Umwerter mit Wellrohr-Geber (Schema)

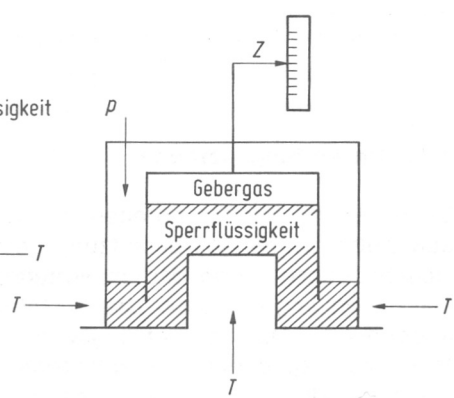


Abb. 4
Umwerter mit Tauchglocken-Geber (Schema)

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Ein zweiteiliger Geber besteht im wesentlichen aus einem (Flüssigkeits-) Thermometer zur Erfassung der Temperatur des Betriebsgases und einer Druckmeßeinrichtung zur Erfassung seines absoluten Druckes (oder – nur bei Hochdruck-Umwertern – seines Überdruckes).

Bei Umwertern mit zweiteiligem Geber ist eine unmittelbare (eine einfache) Umwertung möglich, wenn z. B. in einer besonderen Einrichtung aus den Einzelwerten p und T der Quotient $p/T \triangleq Z$ (bei quasi-idealem Gas) gebildet wird (Quotientenbildner-Abb. 5). Durch Einjustieren von Nicht-Linearitäten kann auch der Quotient $Z \triangleq \frac{p}{T} \frac{1}{K(T)}$ oder $Z \triangleq \frac{p}{T} \frac{1}{K(p;T)}$ nachgebildet werden.

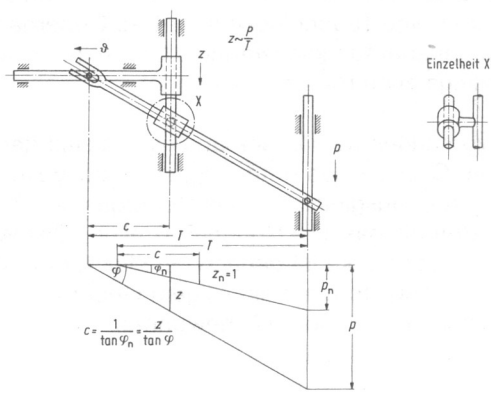


Abb. 5
Quotientenbildner für Umwerter mit zweiteiligem Geber (Schema)

1.4.2. Umwertungsgetriebe

Bei einem mechanisch arbeitenden Umwerter ist das Umwerterzählwerk außer über ein festes Übersetzungsgetriebe über ein veränderliches Übersetzungsgetriebe, das Umwertungsgetriebe, an das Zählwerk des Gaszählers angeschlossen; beide Getriebe zusammen bilden das Integrierwerk. Das Übersetzungsverhältnis wird (ggf. über den Quotientenbildner) von dem Geber entsprechend der Zustandszahl eingestellt. Wenn das Umwerterzählwerk den Z-fachen Fortschritt des Gaszählerzählwerks hat, zeigt es das von dem Meßwerk des Gaszählers im Betriebszustand gemessene Volumen im Normzustand an.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Das Umwertungsgetriebe kann stetig arbeiten (z. B. mit Hilfe von Reibradgetrieben) oder unstetig (z. B. über verschiedene Übersetzungen, die abwechselnd eingeschaltet werden und zwar mit veränderlichem Verhältnis der Wirkungsdauer der beiden Übersetzungen zueinander) oder diskontinuierlich (z. B. Stillstand während der jeweiligen Abtastung des Quotientenbildners).

Bei elektromechanisch oder rein elektrisch arbeitenden Umwertern wird die Umwertung in anderer geeigneter Weise vorgenommen; die Besonderheiten solcher Einrichtungen sind in den Beschreibungen der zugelassenen Bauarten erläutert.

1.4.3. Berücksichtigung der Kompressibilität

Muß bei einem Umwerter die Kompressibilitätszahl des Betriebsgases K ($= K_G$) berücksichtigt werden, weil ihre Abweichung von 1,000 in Anbetracht der Umwerter-Fehlergrenze von ± 1 vH nicht mehr vernachlässigt werden kann, so gibt es dafür folgende Möglichkeiten:

bei Umwertern mit einem praktisch idealen Gas als Gebergas und bei Umwertern mit zweiteiligem Geber entweder,

a) wenn die Zahl K_G in dem Meßbereich des Umwerters praktisch konstant ist: Änderung der Übersetzung in dem festen Übersetzungsgetriebe oder
b) wenn sie in dem (u. U. verkleinerten) Meßbereich des Umwerters nicht konstant ist: Änderung des Umwertungsgetriebes in Abhängigkeit von K_G als Funktion der Zustandszahl Z oder des Druckes p (und der Temperatur T) oder
c) wenn sie im Meßbereich des Umwerters nicht konstant ist und ein besonderes Meßwerk (Meßgerät) für die Kompressibilitätszahl zur Verfügung steht: Verwendung einer nachgeschalteten Integrierung;

bei Umwertern mit einem realen Gas als Gebergas entweder:

d) Verwendung eines Gebergases mit thermodynamischen Eigenschaften gleichwertig denen des Betriebsgases oder
e) Verwendung des Betriebsgases als Gebergas.

Vorteilhaft sind Umwerter, die – ausgehend von e) – so eingerichtet sind, daß das Betriebsgas am Gebrauchsort in den Geber (Tauchglocke) jederzeit, z. B. auch bei Wechsel der Gasart, neu eingefüllt werden kann (Fall f).

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

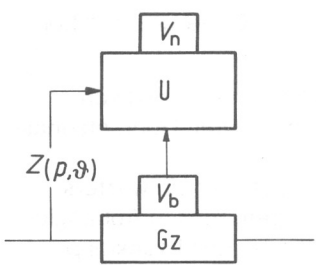
Die nachgeschaltete Integrierung (c) kann man als eine zusätzliche Kompressibilitäts-Umwertung zum Zweck einer vollständigen Zustands-Umwertung auffassen (Zusatz-Mengenumwerter).

1.4.4. Vergleichende Übersicht

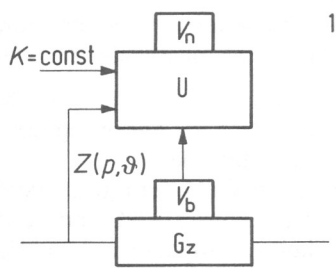
Wieweit die Art der Umwertung, die Art des Gebers und die Art der Kompressibilitäts-Berücksichtigung den Aufbau der Umwerter beeinflußt, läßt sich anhand der in Abb. 6 bis 8 schematisch zusammengestellten Schaltbilder erkennen*). Dort sind für die Kennzeichnung Zählwerk Zähler und Zählwerk Umwerter die Bezeichnungen V_b für Kubikmeter Gas vom Betriebszustand und V_n für Kubikmeter (trockenes) Gas im Normzustand verwendet worden.

Aus der Übersicht ist zu erkenen, daß die Umwerter, die die Kompressibilität durch Verarbeiten der gesondert gemessenen Kompressibilitätszahl berücksichtigen, auch eine „gestaffelte" Umwertung aufweisen.

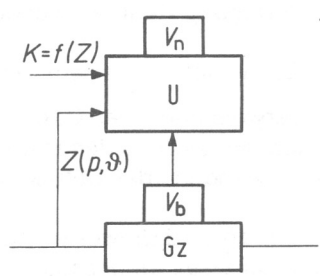
11



13

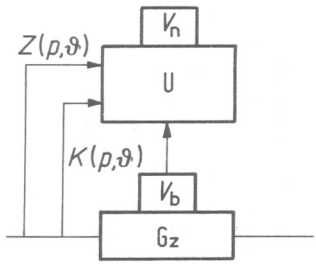


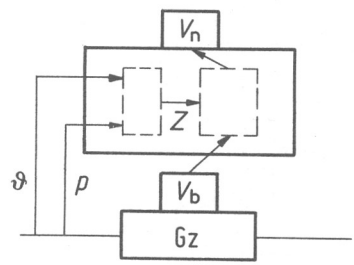
14

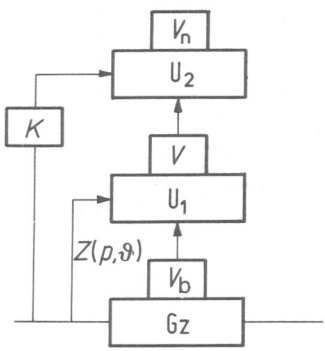


*) Die Kennummern dieser Schaltbilder lassen sich z. B. bei Beschreibungen von Umwerter-Bauarten zur kurzen Charakterisierung verwenden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H







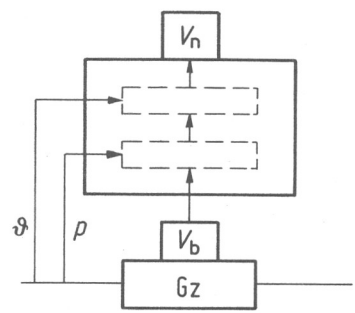
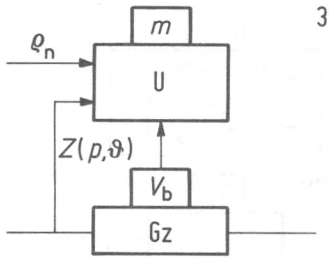
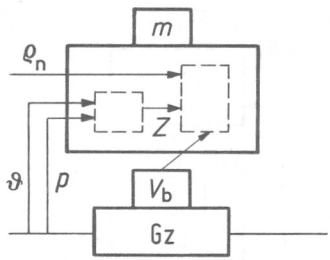


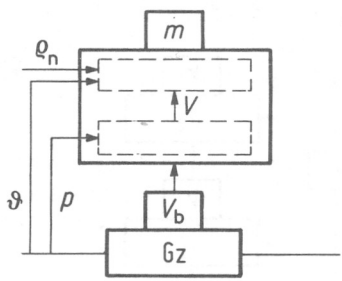
Abb. 6
Wirkungsweise der Zustands-Mengenumwerter

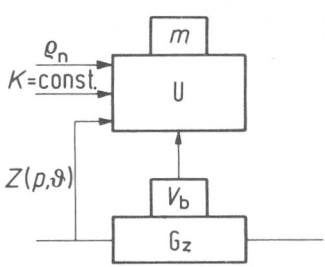
Kennnummer	
11	einfacher ZMU
12	– – –
13	ZMU mit eingegebener konstanter Kompressibilitätszahl
14	ZMU mit eingegebener variabler Kompressibilitätszahl
15	ZMU mit Betriebsgas als Gebergas
16	ZMU mit gesonderter Messung der Kompressibilitätszahl
21	ZMU mit zweiteil. Geber mit Quotientenbildner
22	ZMU mit zweiteil. Geber mit gestaffelter Umwertung

https://doi.org/10.7795/510.20200716H









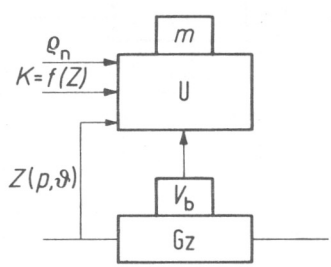


Abb. 7
Wirkungsweise der Zustands-Mengenumwerter mit Masse-Anzeige

Kenn-nummer	
31	einfacher ZMU mit Masse-Anzeige
32	– – –
33	ZMU mit Masse-Anzeige (vgl. Kenn-Nr. 13)
34	ZMU mit Masse-Anzeige (vgl. Kenn-Nr. 14)
41	ZMU mit Masse-Anzeige (vgl. Kenn-Nr. 21)
42	ZMU mit Masse-Anzeige (vgl. Kenn-Nr. 22)

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

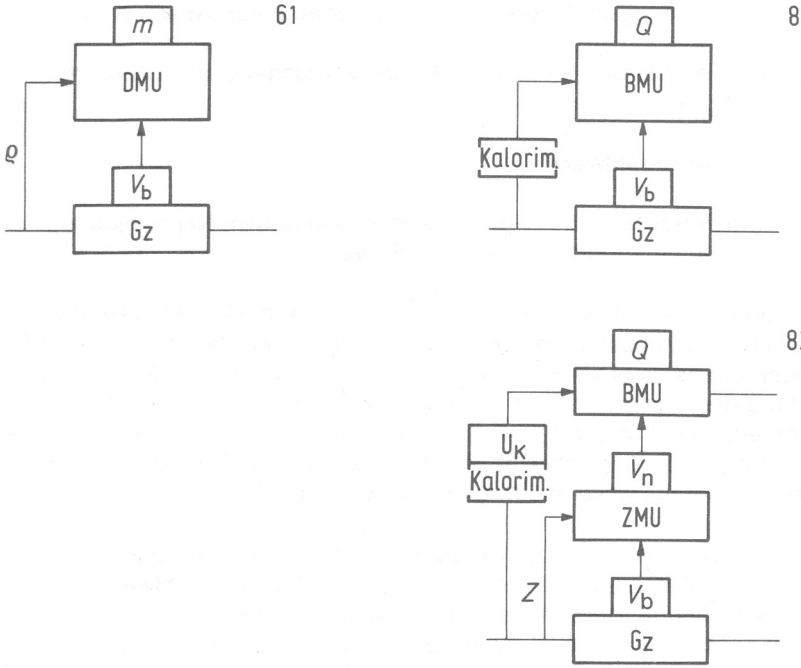


Abb. 8
Wirkungsweise der Dichte- und der Brennwert-Mengenumwerter

Kennnummer	
61	Dichte-MU
81	Brennwert-MU mit einfachem Kalorimeter
82	Brennwert-MU mit Kalorimeter mit Umwertung (und mit ZMU)

Bei den Kennummern 61, 81 und 82 bedeuten
DMU Dichte-MU
BMU Brennwert-MU
U_K Kalorimeter-Umwerter

1.4.5. Berücksichtigung der Feuchte

Die tatsächliche relative Feuchte des Gases wird von den üblichen Umwertungsmeßwerken nicht gemessen. Anstelle von Meßwerten wird im allgemeinen ein angenommener Festwert (gewöhnlich 0,0 oder 1 – als Zwischenwerte könnten die Werte 0,5 oder 0,2 0,4 0,6 0,8 gelten), sonst allenfalls ein angenommener, hinreichend kleiner Bereich der relativen Feuchte verwendet. Zur Berücksichtigung wird entweder

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

a) das Umwertungsmeßwerk besonders hergerichtet (Abschn. 2.2.1) oder
b) es wird eine Reserve in der Fehlergrenze ausgenutzt (Abschn. 3.3).

1.4.6. Umwerterzählwerk

Jeder Umwerter hat ein Zählwerk für das Volumen im Normzustand, das (Normvolumen- oder) Umwerterzählwerk.

Daneben ist ein Zählwerk für das Volumen im Betriebszustand zulässig (Betriebsvolumenzählwerk), das den Fortschritt des Gaszähler-Zählwerks wiederholt; es dient zur Erleichterung der Ablesungen vor allem bei der Prüfung des Umwerters. Bei Umwertern mit mittelbarem Antrieb (nicht durch eine mechanische Welle) oder bei Entlastung eines mechanischen Antriebes durch eine Hilfseinrichtung ist ein solches Zählwerk zur Kontrolle der Arbeitsweise des Antriebs notwendig.

Bei Umwertern, die nach Gl. (8) arbeiten, ist das Umwerterzählwerk hinter der zweiten Operationsstufe angeordnet. Einem Zählwerk hinter der ersten Operationsstufe kann keine definierte Einheit (etwa m^3 mit einem besonderen Zusatz) zugeordnet werden. Ein solches Zählwerk wird gleichwohl für Prüfzwecke benötigt (Zwischenzählwerk). Eine Verwechslung mit dem Betriebsvolumen- oder dem Normvolumenzählwerk muß unmöglich sein; das wird bei einem eingebauten Zwischenzählwerk*) dadurch erreicht, daß es im Gebrauchszustand des Umwerters in geeigneter Weise abgedeckt wird.

Umwerter mit großer Nenn-Zustandszahl bedingen einen Stellenwert des Umwerterzählwerks, der von dem des zugehörigen Gaszählerzählwerks (gestuft nach Zählergrößen) um eine oder zwei Stellen (Dekaden) verschoben ist. Die Stellenwerte für die einzelnen Umwerter-Typen und Zählergrößen werden bei der Zulassung festgelegt.

1.4.7. Anzeigeeinrichtungen

Die Anzeige der Zustandszahl Z ist für die betriebliche Überwachung des Umwerters auf Einhaltung des Meßbereichs erforderlich. Sie wird von der Einstellung des Übersetzungsverhältnisses im Umwertungsgetriebe abgeleitet.

*) In Abb. 6 bei Kennummer 22 nicht eingetragen.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anstelle der Anzeigeeinrichtung für die Zustandszahl Z sind bei den Umwertern mit zweiteiligem Geber ohne einen Quotientenbildner besondere Anzeigeeinrichtungen für die beiden Meßgrößen Gasdruck p und Gastemperatur T bzw. ϑ erforderlich. Sie stehen unmittelbar mit dem Druck- und dem Temperaturfühler in Verbindung.

1.4.8. Antrieb und Anschlußarten

Der Antrieb der Umwerter kann rein mechanisch, mechanisch mit Hilfseinrichtung (Entlastungsmotor) oder durch vom Zähler angesteuerte Servoantriebsgeräte erfolgen. Die Servoantriebsgeräte können durch pneumatische, hydrauliche oder elektrische Impulse gesteuert werden.

Einteilige Geber werden an geeigneter Stelle so in den Gasstrom eingesetzt, daß ein guter Wärmeübergang vom Gas an den Geber gewährleistet ist. Bei Umwertern mit zweiteiligem Geber ist das in den Gaszähler (die Gasleitung) eingesetzte Flüssigkeits-Thermometer durch eine Meßleitung mit Temperatur-Kompensation mit dem eigentlichen Umwerter verbunden.

1.5. Fehler

1.5.1. Fehler der Umwertung

Der Fehler der Umwertung ergibt sich (nach DIN 1319) daraus, daß man von dem Fortschritt V_{nG} des Umwerterzählwerks den anhand der beobachteten Drücke und Temperaturen umgewerteten Fortschritt eines Vergleichszählwerks für das nicht umgewertete Volumen abzieht. Der rechnerischen Umwertung liegt die Gleichung

$$V_{nN} = Z_N \cdot V \qquad (9)$$

zugrunde. Darin bedeutet

V_{nN} den Sollwert des umgerechneten Volumens,

Z_N die Zustandszahl, die zu berechnen ist aus den Druck- und Temperaturablesungen und ggf. aus der auf dem Hauptschild des Umwerters angegebenen Feuchte oder ggf. aus der auf dem Hauptschild angegebenen oder in Tabellen- oder Kurvenform vorliegenden Kompressibilitätszahl

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

des Gases, dessen gemessene Menge umgewertet werden soll, und

V das aus dem Fortschritt des Vergleichszählwerks ermittelte, nicht umgewertete Volumen.

Für Zustands-Mengenumwerter mit Masse-Anzeige gilt grundsätzlich das gleiche mit der Besonderheit, daß anstelle Gl. (9) die Gleichung

$$m_N = \varrho \cdot V = Z_N \cdot \varrho_n \cdot V \qquad (10)$$

gilt, worin

m_N den Sollwert des umgewerteten, auf Masse umgerechneten Volumens

ϱ bzw. ϱ_n die Dichte des Gases im Betriebs- bzw. im Normzustand bedeuten.

Für den relativen Fehler gilt

$$f = \frac{V_{nG} - V_{nN}}{V_{nN}} \quad \text{bzw.} \qquad (11)$$

$$f = \frac{G_G - G_N}{G_N} \qquad (12)$$

1.5.2. Geltungsbereich der Eichung

Die laut Eichordnung auf den Umwertern geforderten Bezeichnungen „Richtig bei . . ." bedeuten, daß die vollzogene Eichung eine konkrete Aussage über die Einhaltung der Fehlergrenze im Rahmen der Richtigkeits-Einschränkungen gibt. Darüber hinaus – außerhalb des angegebenen (Temperatur-)Arbeitsbereichs, außerhalb des angegebenen Feuchtebereichs, bei abweichenden Werten der Feuchte und der Kompressibilität – ist das Meßgerät nur beschränkt richtig, und zwar außerhalb des Temperaturbereichs u. U. stark angenähert, bei abweichender Feuchte und bei abweichender Kompressibilität in einem der Rechnung zugänglichen Ausmaß.

Ein Umwerter mit angegebenem Feuchtewert $\varphi = 0$ wird kaum allein bei der Feuchte $\varphi = 0$ betrieben; Abweichungen um $\triangle\varphi$ von etwa 0,2 bis 0,3 liegen im Rahmen der üblichen Verwendung.

Werden die Grenzen des Temperatur- oder des Feuchtebereichs nicht nur gelegentlich kurzzeitig und geringfügig überschritten, so muß der

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Umwerter neu ausgelegt werden.

Auf die Schwierigkeit der zutreffenden Angabe Kompressibilitätszahl und die Forderungen wird in anderem Zusammenhang (Abschn. 3.4 und 9.1) eingegangen.

Wichtig ist es, daß im normalen Betrieb die Grenzen des Meßbereichs eingehalten werden. Aus konstruktiven Gründen gibt es weder im Geber noch im Umwertungsgetriebe eine nennenswerte Reserve; die Stellorgane kommen an einen Anschlag, und es entsteht ein Fehler der Umwertung im Ausmaß des Verhältnisses zwischen dem Istwert der Zustandszahl und dem Grenzwert des Meßbereichs.

1.5.3. Fehler der Anzeige

Zusätzlich zu dem Fehler der Umwertung wird bei den Umwertern mit einfacher Umwertung der Fehler der Anzeige der Zustandszahl festgestellt. Dieser Fehler ist

$$f_Z = \frac{Z_G - Z_N}{Z_N} \quad . \tag{13}$$

Bei den Umwertern mit gestaffelter Umwertung werden die Fehler der beiden Anzeigen festgestellt. Es ist

$$f_p = \frac{p_G - p_N}{p_N} \quad \text{und} \tag{13a}$$

$$f_\vartheta = \frac{\vartheta_G - \vartheta_N}{\vartheta_N} \quad . \tag{13b}$$

1.5.4. Fehlergrenzen für die Anzeige

Fehlergrenzen für die Anzeige der Zustandszahl Z (des Druckes p und der Temperatur T) sind in der Eichordnung nicht angegeben. Bei den Zulassungen sind bisher (in anderer Formulierung) folgende Fehlergrenzen festgesetzt worden:

a) bei Zustands-Mengenumwertern mit einer linear geteilten Skale für die Zustandszahl

bei der Ersteichung/Nacheichung	2 vH	des Skalen-
bei der Befundprüfung	3 vH	endwertes,

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

b) bei Zustands-Mengenumwertern mit einer nicht linear geteilten Skale für die Zustandszahl

bei der Ersteichung/Nacheichung	2 vH	des jeweiligen
bei der Befundprüfung	3 vH	Wertes.

1.6. Gesetzliche Verpflichtungen

Eine Verpflichtung, in bestimmten Fällen Gaszähler mit einem Zustands-Mengenumwerter auszurüsten, kann aus einleuchtenden Gründen gesetzlich nicht ausgesprochen werden. Es ist weder möglich, von einer bestimmten Gaszählergröße an, noch von einem bestimmten Betriebsdruck an, noch von einem bestimmten Produkt aus Gaszähler-Größe und Betriebsdruck an eine solche Verpflichtung auszusprechen. Ein Gaszähler kann unabhängig davon, ob (Temperatur und) Druck nahezu konstant bleibt oder starken Schwankungen unterliegt, rechtlich gesehen mit einem Umwerter ausgerüstet oder ohne einen solchen betrieben werden. Eine Verrechnung nach Mengen im Normzustand allein aufgrund einer vertraglichen Festlegung – z. B. in Form einer schriftlichen Vereinbarung über die wahrscheinlich im Mittel vorkommende Zustandszahl – ohne den Einsatz von Meßgeräten ist heutzutage jedoch allenfalls bei kleinen Anlagen zu rechtfertigen.

Ein Zustands-Mengenumwerter, der an einen geeichten (beglaubigten) und im geschäftlichen Verkehr benutzten Gaszähler angeschlossen ist, muß jedoch immer, auch bei Betrieb mit konstantem Druck (und konstanter Temperatur) als bereitgehalten gelten und deshalb geeicht (beglaubigt) sein, da ein Tarif auf der Basis der Verrechnung nach dem verbrauchten Normvolumen für Großabnehmer bei praktisch allen Versorgungsunternehmen vorhanden ist bzw. der Umwerter könnte ohne besondere Vorbereitung in Gebrauch genommen werden, wenn ein solcher Tarif später eingeführt wird.

Die Verwendung (im geschäftlichen Verkehr) der Aufzeichnungen der für betriebliche Zwecke vorhandenen (amtlich nicht geprüften) Druck- und Temperaturschreiber mit Zeitvorschub zur Hand-Umwertung der am Gaszähler abgelesenen Mengen im Betriebszustand auf dem Wege des Ausplanimetrierens kann allenfalls für die Dauer der Instandsetzung eines geeichten (beglaubigten) Umwerters kurzfristig geduldet werden. Für eine solche Aufgabe besser geeignet wären Druck- und Temperatur-

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

schreiber mit Mengenvorschub, die allerdings auch nur die beiden Einzel-Mittelwerte zu bilden gestatten.

1.7. Eichtechnische Behandlung

1.7.1. Geschichtliche Entwicklung

Zustands-Mengenumwerter wurden ursprünglich geeicht; sie erhielten nach der eichamtlichen Prüfung auf einem Prüfstand jedoch zunächst nur Sicherungsstempel; der Hauptstempel wurde erst von dem den Anbau überwachenden Eichamt auf dem Hauptschild aufgebracht.

Vom 1. 1. 1940 ab wurden die Umwerter als Zusatzeinrichtungen (EO vom 24. 1. 1942, § 376 Nrn. 1 und 6) zur Verrechnung eichamtlich vorgeprüft, d. h. sie erhielten nach der eichamtlichen Prüfung auf dem Prüfstand (außer den Transportsicherungen) einen Vorprüfstempel. Bei der eichamtlichen Aufsicht über den Anbau der vorgeprüften Umwerter an geeichte Gaszähler wurde die Verbindung zwischen dem Gaszähler und dem Umwerter eichamtlich gesichert. Danach konnte der Umwerter im geschäftlichen Verkehr angewendet werden, d. h. der Hauptstempel des Gaszählers war nunmehr auch für den Umwerter maßgebend. Instandgesetzte Umwerter wurden einer Wiederholung der Vorprüfung auf einem Prüfstand unterzogen; berichtigte Umwerter wurden in der Regel am Gebrauchsort eichamtlich geprüft (Abschn. 5.6).

1.7.2. Neue Regelung

Durch die 11. Änderungsverordnung zur EO vom 7. 6. 1967 (§ 431) sind die Zustands-Mengenumwerter zu Zusätzlichen Meßgeräten für Gaszähler erklärt worden. Die Umwerter werden deshalb seit dem Sommer 1967 geeicht, d. h. sie erhalten ihren eigenen Hauptstempel, jetzt jedoch gleich nach der eichamtlichen Prüfung auf dem Prüfstand. Die Notwendigkeit der eichamtlichen Beaufsichtigung der Anschlußarbeiten ist bestehen geblieben.

Gleichzeitig wurde eine Gültigkeitsdauer der Eichung der Mengenumwerter eingeführt, die praktisch einer Nacheichfrist entspricht. Für

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Umwerter beträgt die Gültigkeitsdauer 5 Jahre; nach Ablauf dieser Zeit müssen die Umwerter nachgeeicht werden.

1.7.3. Amtliche Maßnahmen

Als amtliche Maßnahmen im Sinne der nachstehenden Übersicht gelten die Eichung (Befundprüfung) und die Beglaubigung neuer oder an Gaszähler angeschlossener oder instandgesetzter Zustands-Mengenumwerter sowie die amtliche Aufsicht über Maßnahmen an geeichten oder beglaubigten Umwertern durch Eichbehörden oder Prüfstellen.

Die Ersteichung und die Nacheichung der Mengenumwerter werden auf einem Prüfstand (in einer Eichabfertigungsstelle oder in einer Prüfstelle) vorgenommen, und zwar getrennt von dem zugehörigen Gaszähler unabhängig von seiner Eichung; hierfür gelten die Regeln in Abschn. 4.

Das Anschließen der geeichten Umwerter an geeichte Gaszähler bedarf der amtlichen Aufsicht hinsichtlich der Zulässigkeit des Anschlusses und der Ordnungsmäßigkeit der Anschluß-Arbeiten; nach dem Anschließen werden alle Verbindungen amtlich gesichert; hierfür und für die Abnahme gelten die Regeln in Abschn. 5.1. und 5.2.

Wenn bestimmte Maßnahmen an angeschlossenen Umwertern zwar unter Verletzen von Sicherungsstempeln, jedoch unter amtlicher Aufsicht nach besonderen Gesichtspunkten vorgenommen werden, wird eine Nacheichung nicht notwendig; hierfür gelten die Regeln in Abschn. 5.3. bis 5.5. Für Berichtigungen am Gebrauchsort gelten die Regeln in Abschn. 5.6.

Die Nacheichung und die Befundprüfung angeschlossener Umwerter können am Gebrauchsort oder auf einem Prüfstand vorgenommen werden; hierfür gelten die Regeln in Abschn. 6.

2. Mengenumwerter – Beschreibung

Nachstehend werden in Ergänzung zu der Beschreibung des grundsätzlichen Aufbaues der Umwerter (Abschn. 1.4.) die technischen Einrichtungen im einzelnen beschrieben, die für das Verständnis der Wirkungs-

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

weise und insbesondere der Fehler- und Störungsquellen der Umwerter der bekannten Fabrikate erforderlich sind [4] [5].

2.1. Umwertungsmeßwerke

2.1.1. Einteilige Geber

Einteilige Geber enthalten in der Regel einen Verdränger, so daß das Gebergas-Volumen auf einen Kleinstwert reduziert wird; dadurch wird die Arbeitsweise des Gebers verbessert.

Wellrohr-Geber (Abb. 3), die für „Mitteldruck"-Umwerter bestimmt sind (d. h. für Umwerter, deren kleinste Zustandszahl nennenswert über 1,0 liegt) müssen – sollen im Wellrohrkörper möglichst kleine Federkräfte auftreten (Abschn. 1.4.1) – soweit mit Gebergas gefüllt werden, daß sie sich im überdrucklosen Zustand (der schon während der Fertigung und beim Transport herrscht) über den betrieblichen Ausdehnungsbereich hinaus ausdehnen könnten. Man verhindert diese Überdehnung durch einen Anschlag für den Wellrohrdeckel (Nullpunkts-Unterdrückung von $Z \sim 1$).

Wellrohr-Geber, die für „Hochdruck"-Umwerter bestimmt sind, würden bei Anliegen des Wellrohrdeckels am Anschlag im überdrucklosen Zustand einem so starken Druckunterschied zwischen den beiden Seiten des Wellrohres ausgesetzt werden, daß das Wellrohr überbeansprucht wird. Man begegnet dieser Gefahr dadurch, daß man den Druck außerhalb des Wellrohres vor dem Einfüllen des Gebergases so stark erhöht und ihn durch geeignete Maßnahmen (z. B. durch ein Druckhalteventil) so hoch hält (Zwischendruck), daß der Druckunterschied unterhalb der zulässigen Grenze bleibt. Ist bei Ablassen des Gasdruckes der erforderliche Zwischendruck durch ein Versagen nicht gehalten worden, muß der Umwerter instandgesetzt werden.

Wenn das Gehäuse des Gebers von dem Leitungsdruck beaufschlagt wird, muß es so steif sein, daß seine Form und damit das Volumen des Geberraumes von dem Druckunterschied innen gegen außen unabhängig bleibt; sonst könnten bei der Prüfung des in ein druckloses Aufnahmegefäß (s. Abschn. 8.2.1 Buchst. f) eingesetzten Umwerters Fehler gegenüber dem Einbauzustand auftreten.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Die Sperrflüssigkeiten, in die die Tauchglocken (Abb. 4) eintauchen, müssen gegen alle Bestandteile des Gases undurchlässig sein; es darf kein Bestandteil des Meßgutes in das Gebergas hineindiffundieren (ad- bzw. absorbiert werden). Deshalb kommt als Sperrflüssigkeit praktisch nur Quecksilber in Betracht.

Es müssen Vorkehrungen getroffen sein, durch die ein zu geringer und ein zu hoher Betriebsdruck von der Tauchglocke ferngehalten werden, weil sonst ein Teil der Gebergasmenge entweicht oder zusätzlich Betriebsgas unter die Tauchglocke tritt, oder es muß ein (optisches) Alarmzeichen gegeben werden, wenn durch eine betriebliche Störung eine Veränderung der Gebergasmenge eingetreten ist – zweckmäßig zusätzlich ein (akustisches) Alarmzeichen zur Vorwarnung.

Das Übertragungsglied, das aus einem (einteiligen) Geber herausragt und das Integrierwerk beeinflußt, ist sehr empfindlich. Es darf daher nicht versehentlich von außen verstellt werden können; eine zugehörige Schutzhaube soll daher immer aufgesetzt sein, solange das Integrierwerk entfernt ist.

Alle Umwerter neigen mehr oder weniger dazu, daß die Fehlerkurve des Umwerters einen Hysterese-Charakter erhält. Außerdem sind die Fehlerkurven mitunter in der Weise temperaturabhängig, daß an der Lage der Fehlerkurven für verschiedene Gastemperaturen ein (positiver oder negativer) Temperatureinfluß zu erkennen ist (positiv, wenn die Kurve für die höhere Temperatur höher liegt).

Der Einfluß der Feuchte des zu messenden Gases auf die Zustandszahl kann in den Gebern dadurch nachgeahmt werden, daß man dem Gebergas eine kleine Menge einer (chemisch neutralen) Flüssigkeit (also nicht Wasser) zugibt, deren Dampfdruckkurve in dem angegebenen Temperaturbereich der Dampfdruckkurve des Wasserdampfes bzw. (bei Teilbeträgen der Feuchte) den entsprechenden Teilbeträgen der Dampfdruckkurve des Wasserdampfes nahekommt. Der Umwerter arbeitet dann so, als ob die Gasfeuchte so stark wäre, wie sich die Dampfdruckkurve der verwendeten Flüssigkeit zu der von Wasser verhält; der Restfehler, der sich aus der Verwendung der Ersatzflüssigkeit ergibt, muß vernachlässigbar klein sein.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

2.1.2. Zweiteilige Geber

Bei Umwertern mit einem zweiteiligen Geber werden der Gasdruck durch einen Druckaufnehmer (z. B. mit Wellrohrfeder) mit zwei Meßsystemen zur Messung des – absoluten – Druckes und die Gastemperatur durch ein Flüssigkeitsthermometer gemessen. Die Verformung und die Ausdehnung können in verschiedener Weise weiterverarbeitet werden, z. B. außer über einen Quotientenbildner elektromechanisch über zwei sogenannte Wert-Zeit-Getriebe.

Umwerter mit einem zweiteiligen Geber und mit einem Wert-Zeit-Getriebe sind auch geeignet als Zusatz-Mengenumwerter im Sinne von Abschn. 1.4.3. Buchst. c). Dabei können z. B. (anstelle von p und ϑ) unter Benutzung der gemessenen Werte p und ϑ die Unterschiede von K_p und K_ϑ gegenüber $K = 1{,}000$ in einer dritten und einer vierten Integrationsstufe verarbeitet werden; der so gewonnene Teilbetrag ΔV_n wird der ursprünglich ($K = 1{,}000$) unvollständig ermittelten Menge V_n aufaddiert.

2.2. Quotientenbilder

Vor dem Quotientenbildner werden die Kräfte, die an der Druckmeßeinrichtung auftreten, entweder durch ein Gegengewicht wie bei einer Neigungswaage oder durch eine Feder wie bei einer Federwaage ausgeglichen. Die Lageänderung der Übertragungsglieder der Druck- und der Temperaturmeßeinrichtung werden zur Einstellung des Quotientenbildners (Abb. 5) benutzt.

Umwerter, die eine Neigungsgewichtseinrichtung besitzen, müssen nach einer Libelle ausgerichtet werden.

2.3. Umwertungsgetriebe

Als Umwertungsgetriebe kommen grundsätzlich alle Einrichtungen in Betracht, die in irgendeinem Zusammenhang schon für eine Integrierung benutzt worden sind.

Oft wird ein Reibradgetriebe benutzt, und zwar mit geradem Kegel, mit einem globoid-förmigen Kegel oder mit einem ebenen Teller; bei Ver-

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

wendung von globoid-förmigen Kegeln muß das Reibrad in einem Kreisbogen, sonst parallel geführt werden. Zur richtigen Einstellung des Reibrades wird eine Abtastkurve (Abtastkulisse) benutzt, die von einer Abtastrolle verstellt wird, welche ihrerseits von dem Übertragungsglied des Gebers (s. Abschn. 2.1.1) beeinflußt wird. An der Abtastkurve werden u. a. die bei den verschiedenen Übertragungsgliedern auftretenden Winkelfunktionen ausgeglichen; von der Vollständigkeit dieses Ausgleichs hängt es ab, ob die Fehlerkurve gestreckt verläuft.

Bei Umwertern mit globoid-förmigem Kegel ergibt sich eine nichtlineare Skale für die Zustandszahl.

2.4. Abtastkurven und Kompressibilität

Die Grundformen der Abtastkurve, die sich für die Kompressibilitätszahl $K = 1{,}000$ lediglich aus der gewählten Form des Umwertungsgetriebes ergeben, müssen abgewandelt werden, wenn das Gebergas mit dem Betriebsgas nicht identisch ist. Zum Verständnis der Berücksichtigung von K bei Vorhandensein solcher Formen (und im Zusammenhang damit bei den übrigen in Abschn. 1.4.4. angegebenen Verfahren) wird nachstehend (Abb. 9 und 10) eine Übersicht über die jeweils notwendige Form der Abtastkurve und ihren Einfluß auf den Rechnungsgang gebracht. (In diesen Abbildungen sind der Deutlichkeit halber die Drücke und die Zustandszahlen nicht maßstäblich eingetragen; die Temperatur soll der Einfachheit halber konstant angenommen sein).

Die Darstellung ist dabei so weit schematisiert, daß der Geber durch einen Wellrohrkörper dargestellt ist, an dem eine geeignete, im Normalfall ($K = 1{,}000$) gerade Abtastkurve angeschlossen ist; ein schematisierter Taster tastet den Hub in waagerechter Richtung ab von Z_{min} bis Z_{max}. K_G berücksichtigt den Einfluß der Kompressibilität des Meßgutes, K_N den Einfluß der Kompressibilität des Gebergases.

Im einfachsten Fall (Abb. 9a) drückt der Gasdruck den Deckel des Gebers und damit den Befestigungspunkt der Abtast g e r a d e n herunter; der kleinste Abtastweg vergrößert sich entsprechend $p - p_{min}$ von Z_{min} auf ein Z.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

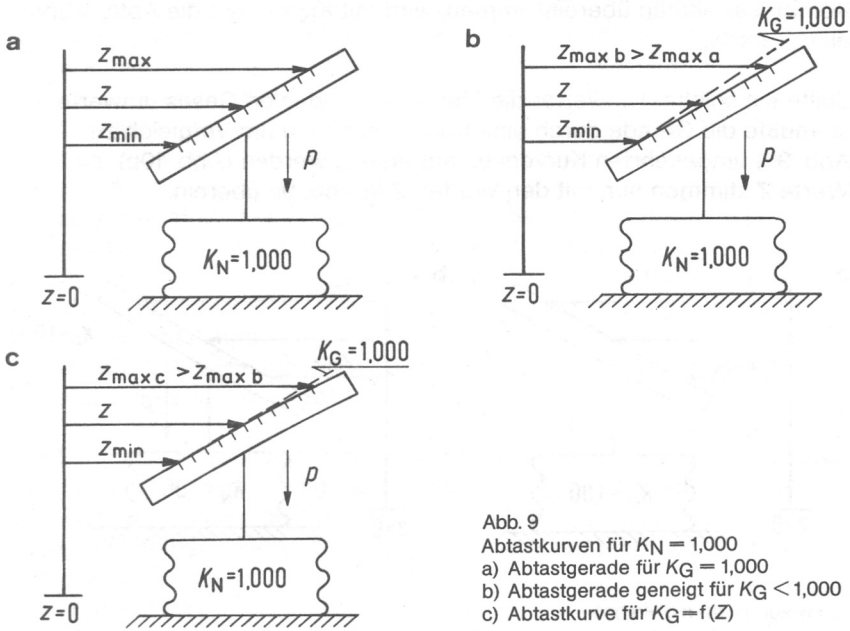


Abb. 9
Abtastkurven für $K_N = 1{,}000$
a) Abtastgerade für $K_G = 1{,}000$
b) Abtastgerade geneigt für $K_G < 1{,}000$
c) Abtastkurve für $K_G = f(Z)$

Im Falle eines quasi-idealen Betriebsgases, bei dem die von 1,000 abweichende Zahl im Meßbereich des Umwerters zwar veränderlich ist, aber praktisch als konstant angesehen werden kann, wird die Abtastgerade gegenüber dem ersten Fall etwas geschwenkt sein (Abb. 9b); bei gleichem p und $K < 1{,}000$ ergibt sich ein etwas größeres Z. Wird der Festwert von K im festen Übersetzungsgetriebe berücksichtigt, gilt wieder die Grundform (Abb. 9a).

Im Fall eines realen (technischen) Betriebsgases mit einer nennenswert veränderlichen Zustandszahl muß eine Abtastkurve verwendet werden (Abb. 9c); der Abtastweg vergrößert sich bei gleichem Hub auf ein größeres Z als im Fall der Abb. 9b.

Wird der Geber anstatt mit quasi-idealem mit realem Gas gefüllt, ergeben sich andere Zusammenhänge.

Im charakteristischen Falle der Einfüllung des Betriebsgases in den Geber wird bei gleichem p wie in den vorangegangenen Beispielen der Geberarm auf $K \cdot p$ verkleinert ($K_N < 1$) bzw. vergrößert ($K_N > 1$); im Schema (Abb. 10a) wurde eine Verkleinerung angenommen. Da beide

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Kompressibilitäten übereinstimmen, wird mit $K_N/K_G = 1$ die Abtastkurve eine Gerade.

Sollte ein solcher Umwerter die Menge eines idealen Gases umwerten, so müßte die Gerade durch eine Kurve mit einem (im Vergleich zu Abb. 9c) umgekehrten Kurvenverkauf ersetzt werden (Abb. 10b); die Werte Z stimmen nun mit den Werten Z in Abb. 9a überein.

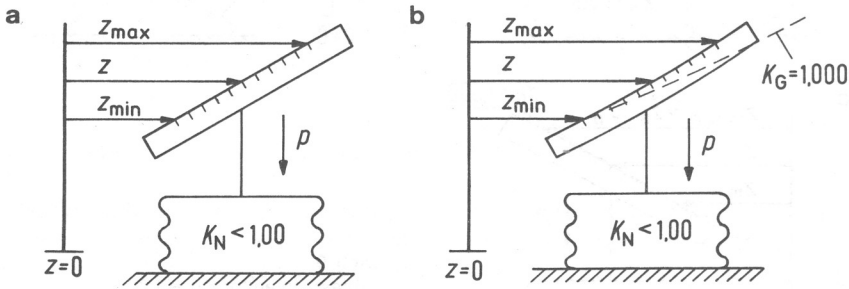


Abb. 10
Abtastkurven für $K_N = 1{,}000$
a) Abtastgerade für $K_G = K_N$
b) Abtastkurve für $K_G = 1{,}000$

2.5. Antriebselemente

Bei mechanischen Antrieben kann eine starre Kupplung oder eine – ausreichend kräftige – Gliedergelenkwelle benutzt werden; in jedem Falle muß für die Strecke zwischen Zähler und Umwerter ein Schutzrohr oder ein Schutzschlauch verwendet sein. Für den Schutzschlauch wird vielfach der Zapfen-Muffen-Anschluß (mit Nut und Feder) verwendet.

Es gibt in der Anlage 7 „Meßgeräte für Gase" der Eichordnung keine besondere Zulassungspflicht für die Gliedergelenkwellen als Zusatzeinrichtung und auch keine Bauvorschrift für diese Wellen. Es bleibt, wenn bei älteren Zulassungen von Umwertern noch keine Zulassungsunterlagen für die Antriebselemente festgesetzt worden sind, Sache der eichamtlichen Aufsicht beim Anschließen der Umwerter, je nach Lage des Falles die Verwendung von offensichtlich unzureichenden Antriebselementen zu unterbinden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Ist das Drehmoment, das von dem Gaszähler her zur Verfügung steht, so gering, daß bei rein mechanischem Antrieb des Umwerters die Fehlerkurve des Gaszählers unzulässig beeinflußt werden könnte, so wird es im wesentlichen nur zur Unterhaltung der Drehbewegung der Antriebselemente benutzt. Im übrigen wird das zum Betrieb des Umwertungsgetriebes (und nachgeschalteter Einrichtungen wie z. B. Impulsgeber) erforderliche Drehmoment von einer eingebauten Antriebseinrichtung, einem kontinuierlich laufenden Entlastungsmotor aufgebracht, der das zur Verfügung stehende Drehmoment des Zählers schont und dessen Drehfrequenz von der Drehfrequenz der Eingangswelle gesteuert wird. Um auch für die Dauer eines Spannungs-Ausfalles den Zähler von dem Umwerter-Antrieb zu entlasten, wird in die „Antriebs"-welle eine Trennstelle mit Kupplung eingebaut; bei Spannungsausfall wird der Kupplungs-Zustand beendet.

Die Servoantriebsgeräte mit diskontinuierlicher Steuerung durch Impulse sind bei ungünstiger Auslegung nicht frei von Einflüssen auf das meßtechnische Verhalten der Umwerter. Bei der Richtigkeitsprüfung sind deswegen immer mindestens stichprobenartige Ergänzungsmessungen notwendig, die den ordnungsgemäßen Betrieb der ganzen Anlage bei allen möglichen Betriebszuständen erkennen lassen sollen und die zusammen mit der Prüfung der Antriebsgeräte durchgeführt werden können.

2.6. Sonstige Einrichtungen

Umwerter können – ebenso wie Großgaszähler – ausgerüstet sein

a) mit einem Doppelzählwerk für 2 Strömungsrichtungen,
b) mit einer Ausgangswelle z. B. zum Anschluß von Impulsgebern.

Darüber hinaus besitzen einige Bauarten besondere Prüfwellen (zum zeitweiligen Anschluß eines Vergleichszählwerks, das den Fortgang des Gaszählerzählwerks wiederholt) oder besondere innere Anschlußwellen (z. B. zum Antrieb von unmittelbar an das Integrierwerk anzubauenden Impulsgebern). Wenn zu befürchten ist, daß der zugehörige Gaszähler z. B. beim Einschalten kurzzeitig rückwärts läuft, empfiehlt sich der Einbau einer Rücklaufsperre am Eingang des Antriebes, damit das Reibrad vor einem Rückwärtslauf und Abrutschen vom Kegel bewahrt bleibt.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Das Umwertungsgetriebe und das Umwerterzählwerk liegen gewöhnlich unter einer Haube, die durchsichtig sein sollte; dadurch wird das Auffinden von Störungs- und Schadensstellen erleichtert.

Der Druckeinführungsstutzen am Umwerter ist über eine Druckmeßleitung mit dem Gaszähler (der Gasleitung) verbunden. Bei Umwertern mit einteiligem Geber verläuft diese Leitung unter der Haube. In der Druckmeßleitung für Hochdruck-Mengenumwerter ist oft anstelle von Absperrvorrichtungen ein Dreiwegehahn für folgende Schaltstellungen vorhanden:

a) Betriebsstellung
b) Prüfen mit Betriebsdruck (Anschluß Manometer),
c) Prüfen mit Fremddruck (Abschaltung Leitungsdruck).

Die Grundplatten der Umwerter enthalten gewöhnlich vorbereitete Durchbrüche zum Herausführen der Impulsleitungen von Impulsgebern, die u. U. erst nachträglich eingebaut werden (vgl. Abschn. 4.6.4 Abs. 3). Zweckmäßig werden unterhalb der Grundplatte besondere Anschlußkästen für die Impulsleitungen angebracht; dadurch entfällt die Notwendigkeit der amtlichen Überwachung von Arbeiten an den Anschlüssen unter der Haube.

3. Mengenumwerter – Fehlerquellen

Nachstehend werden die Fehlerquellen behandelt, die sich aus der Konstruktion der Mengenumwerter im Zusammenhang mit ihrer betrieblichen Anwendung ergeben können.

3.1. Druck

Der Fehler, der durch einen nicht einwandfreien Einbau des einteiligen Gebers im Gaszählergehäuse (in der Gasleitung) oder (bei zweiteiligen Gebern) durch den für die Messung des statischen Gasdruckes nicht einwandfrei angeordneten Stutzen hervorgerufen wird (unerwünschte Erfassung eines dynamischen Druckanteils), kann erheblich sein; deshalb sollen bei dem Einbau bzw. bei der Anordnung des Stutzens offensichtliche Verstöße gegen die Grundregel der Messung statischer Drücke vermieden werden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Eine besondere Betrachtung erfordert der Anschluß eines gemeinsamen Umwerters an die Einzelzähler von Verbund-Turbinenradgaszählern. Die Angabe in der Eichordnung, daß als der für die Umwertung maßgebende Druck p_r im Falle der Turbinenradgaszähler der Druck vor dem Flügelrad im sog. Meßraum anzusehen ist, ist dahin zu verstehen, daß bei Verbundgaszählern ersatzweise auch ein weiter hinten im Gasweg abgegriffener Gasdruck für die Umwertung benutzt werden darf, wenn es sich nicht um Turbinenradgaszähler handelt, bei denen durch besondere Formgebung des Gasweges (Einbau eines Verdrängers im Ausgang) ein Druck-Rückgewinn erzielt wird. Gegebenenfalls ist bei der Zulassung von Verbundgaszählern bestimmt, wo ein maßgebender Druckmeßstutzen angebracht werden darf. Entschieden falsch wäre es, den Druck bei Turbinenradgaszählern wie bei den Drehkolbengaszählern am Eingang abzunehmen, also vor der dem Turbinenrad vorgelagerten Einschnürung.

Bei Drehkolbengaszählern für 2 Strömungsrichtungen wird ein einzelner Umwerter – sei es einer mit einteiligem Geber oder einer mit zweiteiligen Geber – gewöhnlich so angeschlossen, daß der Eingangsdruck im Sinne der Hauptströmungsrichtung für die Umwertung benutzt wird; der Fehler, der bei der „Gegenströmungs"-Richtung entsteht, ist im allgemeinen auch bei großen Belastungen (hoher Druckverlust) und hohem statischem Druck insgesamt von untergeordneter Bedeutung. Ist ein größerer Fehler zu erwarten, so ist eine Umschaltung der Referenzdruck-Entnahme (p_r) notwendig.

3.2. Temperatur

Die Fehler der Umwertung können groß werden, wenn der einteilige Geber oder der Temperaturfühler der zweiteiligen Geber nicht so in das Gaszählergehäuse (in die Gasleitung) eingesetzt ist, daß die Temperatur des zu messenden Gases erfaßt wird.

Einteilige Geber sind infolge ihrer kompakten Konstruktion (große Abmessungen und Metallmassen) grundsätzlich träger gegenüber Änderungen der Gastemperatur als Temperaturfühler. Ein gewisser Fehlerausgleich ist aber über lange Zeiträume dadurch gegeben, daß einem Fehler in der einen Richtung zu einem anderen Zeitpunkt ein etwa gleich großer Fehler in der anderen Richtung gegenübersteht.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Von einschneidender Bedeutung können jedoch die Fehler dann sein, wenn die Raumtemperatur im Sommer und im Winter höher als die Gastemperatur ist. Dann kann die Wärme, die von den Metallmassen des Umwerters oder von der Halterung des Temperaturfühlers aus dem Raum aufgenommen wird, unvermindert bis an das Meßglied herankommen; es entsteht ein dauernd einseitiger Fehler. Bei Meßplätzen mit großen Unterschieden zwischen Raum- und Gastemperatur müssen die einteiligen Geber gegen den Raum hin thermisch isoliert bzw. aufwendigere Halterungen als im Normalfall für Temperaturfühler benutzt werden.

Es gibt Meßplätze, die in der Regel nur kurzzeitig betrieben werden, z. B. Füllstationen für Hochdruckbehälter. Wenn die Betriebsdauer klein gegenüber der Dauer der Temperaturangleichung für Umwerter mit einteiligem Geber ist (etwa 1 Stunde für einen Temperatur-Unterschied von 10 K zwischen Betriebsgas und Geber mitsamt Gebergas), so kann ein solcher Umwerter seine Aufgabe nicht ordnungsgemäß erfüllen.

3.3. Feuchte

Wenn Geber für Umwerter zur Umwertung feuchter Gase nicht besonders hergerichtet werden, tritt ebenfalls ein Fehler auf, der in gewissen Fällen dem Betrage nach in Kauf genommen werden kann, ohne daß deshalb die Einhaltung der Fehlergrenze in Frage gestellt ist. Die Annahme eines Festwertes der Feuchte (außer $\varphi = 0{,}0$) bedeutet infolge der Abhängigkeit der Feuchte von der Temperatur eine erste Verkleinerung der Fehlergrenze für die eigentlichen Funktionen des Umwerters, und zwar umso mehr, je höher die obere Temperaturgrenze des Arbeitsbereichs liegt. Die Annahme eines Bereichs der relativen Feuchte würde eine weitere Verkleinerung dieser Fehlergrenze bedeuten.

In der Anfangszeit der Verwendung von Umwertern wurde der wirklich auftretende Fehler lediglich durch die Auswahl aus den beiden extremen Werten $\varphi = 0$ und $\varphi = 1$ gering gehalten. Da (Niederdruck-)Gasbehälter mit Wasser als Sperrflüssigkeit (nasse Gasbehälter) heutzutage nur noch in geringem Umfang verwendet werden, andererseits das Gas oft in besonderen Anlagen getrocknet wird, ist es verständlich, wenn bei der Auslegung der Umwerter jetzt bis auf wenige Ausnahmen auch bei Niederdruck-Umwertern volle Trockenheit des Gases angenommen wird. Nur bei höheren Temperaturen als den normalen ist es notwendig,

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

festzustellen, ob das Gas feucht ist und wie feucht es ist ($\varphi = 1$ oder etwa 0,6 oder 0,4 oder 0,4 . . . 0,6).

3.4. Kompressibilität

Von der genauen Ermittlung der Kompressibilitätszahl wurde früher vielfach abgesehen, weil die Drücke oft noch nicht in den kritischen Bereich (etwa über 10 bar) angestiegen waren, die bislang vorzugsweise gemessenen Gase (die sog. Stadt- und Ferngase) in dieser Beziehung wenig Anlaß zu weitergehenden Überlegungen gaben und im übrigen die möglichen und tatsächlichen Schwankungen der Gaszusammensetzungen den Entschluß, Umwerter für eine bestimmte Kompressibilitätszahl auszulegen, erschwerten. In diesem Sinne sind die von den Umwertern angezeigten Mengen nicht immer Mengen vom Normzustand gewesen. Bei Ersatz eines alten Umwerters muß die Notwendigkeit, in Zukunft die Kompressibilität zu berücksichtigen, beachtet werden.

Die Verwendung von Erdgasen mit ihrem großen Anteil an Methan erfordert eine viel stärkere Beachtung der Kompressibilität als sie früher zu verzeichnen war.

3.5. Hochdruck-Umwerter

Als Hochdruck-Umwerter im Sinne dieses Abschnittes sollen die Umwerter mit zweiteiligem Geber gelten, die nur einen Druckfühler für den Überdruck besitzen. Von dem Druckfühler dieser Umwerter werden weder

a) der tatsächliche mittlere Luftdruck entsprechend der Höhenlage des Gebrauchsortes noch
b) die Schwankungen des Luftdruckes um den mittleren Wert erfaßt.

Der mittlere Luftdruck im Bereich der Bundesrepublik Deutschland wird mit 0,98 bar in dem Übersetzungsgetriebe des Umwerters als additives Glied zum Überdruck berücksichtigt. Die möglichen Grenzwerte des Luftdruckes (Hoch – Tief) werden mit $\pm 0{,}05$ bar angesetzt. Bei einem Wert $Z_{min} = 25$ ergibt sich dann ein durch die Vereinfachung der Druckmessung möglicher Fehler von etwa $\pm 0{,}2$ vH; um diesen Betrag muß die Prüffehlergrenze gegenüber der Eichfehlergrenze vermindert werden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Zweiter Teil

Prüfung und Stempelung

4. Ersteichung

4.1. Beschaffenheitsprüfung

4.1.1. Umfang

Die Beschaffenheit der zur Eichung gestellten Umwerter ist, soweit die Teile ohne weiteres zugänglich sind, in jedem Falle, im übrigen stichprobenweise zu prüfen (herausgreifende Prüfung). Die Beschaffenheitsprüfung sollte, soweit möglich, vor Eintritt in die Richtigkeitsprüfung des in üblicher Weise zur Prüfung vorbereiteten Umwerters vorgenommen werden. Die bei der Zulassung der Bauart getroffenen besonderen Festlegungen sind dabei zu beachten.

Außerdem ist durch Beobachten des Montage- und des Arbeitsablaufs die Ordnungsmäßigkeit der Geräte entsprechend der Zulassung zu überprüfen.

4.1.2. Stückprüfung

Regelmäßig sind zu prüfen bei den Umwertern aller Bauarten

a) die Übereinstimmung der Fabriknummer auf allen Einzelteilen,
b) der Stellenwert des Umwerterzählwerks,
c) die Sicherung von Justierelementen durch Lacktropfen o. ä.,

bei den Umwertern der in Betracht kommenden Bauarten u. a.

d) die Beschaffenheit des Reibrades,
e) die Beschaffenheit der Auflageflächen der Einzelteile,
f) die Empfindlichkeit der Libelle,
g) die Betriebssicherheit des Dreiwegehahnes,
h) die Beschaffenheit und Vollständigkeit der Hilfsmittel zum Festlegen der beweglichen Teile für den Transport,
i) bei Umwertern ohne Anzeige der Zustandszahl die vorgeschriebene Begrenzung der Anzeigebereiche für Druck und Temperatur,

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

in Sonderfällen
k) die Bezeichnungen an den Einzelzählwerken von Doppelzählwerken.

Reibräder müssen kreisrund und leichtgängig sein.

Die Auflageflächen für das Integrierwerk usw. müssen gratfrei und sauber sein; außerdem dürfen sie sich bei dem Anziehen der Schrauben für die Befestigung des Umwerters nicht verziehen.

Die Empfindlichkeit der Libelle ist ggf. bei der Zulassung der Bauart festgelegt.

Bei Umwertern mit einem Doppelzählwerk müssen die Bezeichnungen an jedem Richtungszählwerk mit den Bezeichnungen der beiden Drehrichtungen an der Eingangswelle im Wortlaut übereinstimmen.

Bei Umwertern, die aus besonderen Gründen einen gegenüber der Zulassung erheblich eingeschränkten Meßbereich aufweisen, soll der heraufgesetzte Kleinstwert der Zustandszahl in geeigneter Weise auf der Anzeigeskale gekennzeichnet sein.

4.1.3. Herausgreifende Prüfung

Herausgreifende Prüfungen sollen in unregelmäßigen Abständen etwa an jedem zwanzigsten zur Eichung bereitstehenden Umwerter einer Bauart (einer Gruppe einander ähnlicher Bauarten), mindestens jedoch jährlich zweimal durchgeführt werden.

Stichprobenweise sind dabei u. a. zu prüfen
a) der Durchmesser des Reibrades,
b) der Umdrehungswert der Prüfwelle,
c) der gegenseitige Eingriff der Zahnräder und ihre Befestigung,
d) bei diskontinuierlicher Arbeitsweise (s. Abschn. 1.4.3) die Ordnungsmäßigkeit des Ablaufs der einzelnen Arbeitsgänge während eines Abtastvorganges anhand eines Arbeitsdiagramms,
e) die Beschaffenheit von Schneiden und Pfannen.

Der Durchmesser der Reibräder ist nur zu prüfen, wenn er bei der Zulassung der Umwerter-Bauart zusammen mit einer Toleranz festgelegt worden ist (auch nur dann kann ein Reibrad am Gebrauchsort ohne neue Richtigkeitsprüfung ausgewechselt werden).

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Die Arbeitsgänge während eines Abtastvorganges müssen sich eindeutig und sicher in der im Arbeitsdiagramm angegebenen Weise abspielen.

Schneiden und Pfannen müssen den Prüfregeln für Handelswaagen entsprechen.

4.2. Meßtechnische Prüfung – Umfang

4.2.1. Richtigkeitsprüfung

Die meßtechnische Prüfung der Umwerter beschränkt sich auf eine Richtigkeitsprüfung. Sie umfaßt

a) die Prüfung auf Richtigkeit der Umwertung und – zusätzlich –
b) die Prüfung auf Richtigkeit der Anzeige der Zustandszahl (oder ihrer Ersatzwerte).

Die Richtigkeitsprüfung der Umwertung besteht im Vergleich des Fortschrittes des Umwerterzählwerks V_{nG} (oder m_G) mit dem nach Gl. (9) bzw. (10) berechneten Wert V_{nN} (bzw. m_N). Bei dem Ablauf der Richtigkeitsprüfung ist zu unterscheiden zwischen der Prüfung der Umwerter mit einfacher Umwertung und der der Umwerter mit gestaffelter Umwertung.

Die im Zusammenhang mit der Richtigkeitsprüfung der Umwertung vorgenommene Richtigkeitsprüfung der Anzeige besteht im Vergleich der Anzeige Z_G mit dem berechneten Wert Z_N (bzw. im Vergleich der beiden Anzeigen p_G und ϑ_G mit den an den Normalgeräten abgelesenen und anschließend berichtigten Werten) oder im Vergleich der Anzeige ϱ_G mit dem berechneten Wert $\varrho_N = Z_N \cdot \varrho_n$.

4.2.2. Umwerter mit einfacher Umwertung

Umwerter mit einfacher Umwertung sind über den ganzen Meßbereich in der Regel in 2 gleichen Prüfreihen bei 2 Temperaturen zu prüfen. Die eine Prüftemperatur darf höchstens 5 K oberhalb der unteren Temperaturgrenze, die andere höchstens 5 K unterhalb der oberen Temperaturgrenze liegen.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Beträgt der Temperaturbereich höchstens 20 K, so genügt eine Prüfung des Umwerters in einer Prüfreihe bei einer Temperatur, die etwa in der Mitte dieses Bereichs liegen soll; bei einem Temperaturbereich von 15 oder 20 K gilt jedoch eine um 0,2 vH gegenüber der Eichfehlergrenze verminderte Prüffehlergrenze. Beträgt dagegen der Temperaturbereich mehr als 40 (bis zu 60) K, so ist eine dritte Prüfreihe bei einer Temperatur etwa in der Mitte des Temperaturbereichs notwendig.

Die Prüfung der Umwerter soll für jede Temperatur bei normaler Größe des Meßbereichs ($\zeta = Z_{max} : Z_{min} = 3 : 1$ bis $5 : 1$) bei etwa 8 bis 12 über den ganzen Meßbereich verteilten Werten der Zustandszahl vorgenommen werden (Prüfpunkte).

4.2.3. Umwerter mit gestaffelter Umwertung

Umwerter mit gestaffelter Umwertung können abweichend von dem vorbeschriebenen allgemeinen Verfahren nach einem besonderen Verfahren geprüft werden und zwar in einer ersten Prüfreihe (bei einer beliebigen Temperatur des Temperaturfühlers) über den ganzen Druckbereich, ferner in einer zweiten Prüfreihe (bei einem beliebigen Druck des Druckfühlers) über den ganzen Temperaturbereich. Bei den Prüfreihen wird f_p und zusätzlich f_ϑ festgestellt. Ob dieses Verfahren angewendet werden kann, wird bei der Zulassung der Bauart festgelegt.

Für die Durchführung dieses besonderen Prüfverfahrens müssen die Umwerter hinter der ersten Umwertungsstufe das Zwischenzählwerk besitzen. Dieses Zählwerk zeigt zunächst die Ausgangsmenge der ersten Umwertungsstufe an und später die Eingangsmenge der zweiten Umwertungsstufe. Außerdem muß der Antrieb auch hinter der ersten Umwertungsstufe unmittelbar auf die zweite Umwertungsstufe einwirken können.

Die eine Prüfreihe erfolgt bei normaler Größe des Druckbereichs bei 6 bis 10 über den ganzen Arbeitsbereich verteilten Werten des Druckes (Überdruckes), die andere Prüfreihe bei je einem Wert der Temperatur für je 5 K des Temperaturbereichs.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

4.2.4. Sonderfälle

Beträgt die untere angegebene Gastemperatur –10 °C, so darf die unterste Prüftemperatur auf 0 °C angehoben werden; dann gilt jedoch für die Prüfreihe mit der erhöhten Temperatur eine um 0,2 vH gegenüber der Eichfehlergrenze verminderte Prüffehlergrenze.

4.3. Richtigkeitsprüfung – Ablauf

4.3.1. Vorbereitungen

Der Umwerter ist für die Prüfung gerade (waagerecht) aufzustellen bzw. spannungsfrei in das Aufnahmegefäß einzusetzen. Ggf. muß er nach der angebrachten Libelle ausgerichtet werden. Das Aufnahmegefäß muß vollständig mit der Badflüssigkeit gefüllt sein.

Bei Prüftemperaturen, die 20 K und mehr von der Raumtemperatur abweichen, ist der aus dem Aufnahmegefäß herausragende Kopf einteiliger Geber unbedingt gegen Temperatur-Einflüsse von außen zu schützen.

Bei Umwertern, die ein Betriebsvolumenzählwerk enthalten, ist die Übereinstimmung des Umdrehungswertes der Eingangswelle und des Umdrehungswertes des letzten Gliedes dieses Zählwerks zu prüfen. Bei Umwertern, bei deren Prüfung das Vergleichszählwerk an eine besondere Prüfwelle angeschlossen wird, ist die Übersetzung zwischen der Eingangswelle (mit dem Umdrehungswert U_a) und der Prüfwelle (mit dem Umdrehungswert U_i) – durch Auszählen der Zähnezahlen – zu prüfen.

Die Antriebsfrequenz darf nicht so groß gewählt werden, daß bei der Umwertung zusätzliche Fehler entstehen können. Sie kann, wenn bei der Zulassung der Bauart keine anderslautende Festlegung getroffen ist, dem Doppelten der Nennbelastung der größten zugehörigen Zählergröße entsprechen.

Bei Beginn der Prüfung muß sich die Temperatur des Gebers an die des Thermostaten genügend angeglichen haben (der Fehler darf sich bei

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

einer Wiederholung des ersten Prüfganges nicht stärker als im Rahmen der üblichen Streuungen ändern, d. h. um etwa 0,1 vH); dafür wird vor allem bei einteiligen Gebern eine längere Wartezeit gebraucht.

Umwerter, deren Geber später mit Betriebsgas gefüllt werden, werden mit reinem Stickstoff (oder Luft) als Geberfüllung geprüft. Die Füllmenge (Masse) muß genau nach Anweisung eingehalten sein.

4.3.2. Prüfgänge

Die zeitliche Reihenfolge der Prüfgänge soll bei Umwertern solcher Bauarten, deren Fehlerkurven Hysterese aufweisen, so sein, daß sowohl bei steigender wie auch bei fallender Zustandszahl geprüft wird; im übrigen ist der Ablauf der Prüfgänge unabhängig davon, ob der Antrieb rein mechanisch erfolgt oder ob ein Entlastungsmotor eingebaut ist. Die geforderten Prüfpunkte sind, wie bei der Zulassung der Bauart angegeben, auf die beiden Teile der Prüfreihe aufzuteilen. Bei gelegentlich starker Hysterese ist im Zweifelsfall die Zahl der Prüfpunkte zu erhöhen, oder es sind einzelne Prüfgänge zu wiederholen.

Vor jedem Prüfgang wird die gewünschte Zustandszahl während eines Vorlaufes des Umwertungsgetriebes durch Verändern des Überdruckes (oder – bei der Prüfung der Umwerter mit gestaffelter Umwertung bei konstantem Druck – durch Verändern der Temperatur) langsam eingestellt. Bei Umwertern solcher Bauarten, deren Fehlerkurve Hysterese aufweisen, darf die Zustandszahl immer nur in der jeweiligen Richtung (aufwärts oder abwärts) geändert werden; da es nicht erforderlich ist, die Zustandszahl genau einzustellen, soll bei Überschreiten des vorgesehen Wertes der erreichte Wert beibehalten werden.

Die Zählwerksstände werden immer im Stillstand abgelesen. Die Fortschritte sollen an jedem Zählwerk (Vergleichszählwerk und Umwerterzählwerk) so groß sein, daß 1/5000 des jeweiligen Betrages abgelesen werden kann; entscheidend ist in manchen Fällen bei einigen Prüfgängen das Auflösungsvermögen am Umwerterzählwerk, bei anderen das am Vergleichszählwerk.

Bei Umwertern, deren Zählwerke z. B. infolge der ungleichmäßigen Arbeitsweise von Klinkenantrieben springend fortschreiten, müssen die runden Zählwerksstände zur Erzeugung des Soll-Fortschrittes am Umwerterzählwerk bei jeweils übereinstimmender Stellung des Klinkenrades

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

hergestellt werden; dann muß das Vergleichszählwerk eine als Prüfzählglied ausgebildete Rolle besitzen. In den anderen Fällen können die Soll-Fortschritte am Vergleichszählwerk abgelesen werden. Bei Umwertern mit unstetig arbeitendem Übersetzungsgetriebe (s. Abschn. 1.4.2.) dürfen nur volle Arbeitsspiele (zyklisches Volumen) angewendet werden. Zusätzliche Festsetzungen sind ggf. bei der Zulassung der Bauart getroffen.

Jeder Prüfgang darf bei Umwertern mit einteiligem Geber erst begonnen werden, wenn sich im Innern des Gebers der neue Beharrungszustand eingestellt hat; die notwendige Wartezeit hängt von der Größe der vorangegangenen Veränderung ab.

Während jedes Prüfganges werden Druck und Temperatur, außerdem der am Umwerter angezeigte Wert der Zustandszahl (oder der Dichte oder die am Umwerter angezeigten Werte von Druck und Temperatur) abgelesen.

Im übrigen sind die ggf. für die Bauart getroffenen Sonderregelungen zu beachten.

4.3.3. Abschluß

Nach der Richtigkeitsprüfung und nach dem Abschluß der Beschaffenheitsprüfung ist der Umwerter ggf. entsprechend der bei der Zulassung der Bauart genehmigten Anleitung in Einzelteile zu zerlegen und zu verpacken; in jedem Falle sind die beweglichen Teile nach Anweisung unter Benutzung der Transport-Hilfsmittel festzulegen (vgl. auch Abschn. 4.8. Abs. 2 und 3).

4.4. Richtigkeitsprüfung – Messungen

4.4.1. Temperaturmessung

Die Umwerter sollen vor dem Einbau in die Prüfeinrichtung die Raumtemperatur angenommen haben.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Die an dem Geber herrschende Temperatur soll zunächst bei Beginn und gegen Ende jedes Prüfganges abgelesen werden. Die Temperatur darf sich während der ersten Prüfgänge um höchstens 0,2 K ändern; ergibt sich nach mehrere Prüfgängen, daß die Temperatur konstant bleibt, so genügt für die folgenden eine Ablesung in der Mitte jedes Prüfganges.

Als maßgebender Wert gilt die auf 0,1 K gerundete, ggf. nach dem Eichschein (Prüfschein) des Thermometers berichtigte erste Ablesung eines jeden Prüfganges.

4.4.2. Druckmessung

Für die Berechnung der Umwerterfehler wird die Einheit bar benutzt.*)

Der Luftdruck wird mit dem Quecksilberbarometer, der Überdruck vielfach mit einem Flüssigkeitssäulenmanometer mit Quecksilberfüllung, sonst mit einem (Feder- oder) Kolbenmanometer (Druckwaage) gemessen. Statt eines Überdruckes muß zur Nachahmung niedriger atmosphärischer Drücke beim Prüfbetrieb u. U. Unterdruck angewendet werden.

Bei Verwendung von Gefäßheberbarometern ist vor der Prüfung der untere Meniskus auf den Skalen-Nullpunkt zu bringen; nach Abschluß der Prüfung ist er wieder abzusenken.

Der Barometerstand soll im allgemeinen bei jedem Prüfgang abgelesen und in der Niederschrift eingetragen werden; ergeben sich in der Folge keine Änderungen des Barometerstandes, so können die weiteren Eintragungen unterbleiben.

---

*) Als Druckeinheit für die Umwerter-Prüfungen wurde früher, ausgehend von der Messung der Drücke mit Quecksilbersäulen und in Anbetracht der früher gültigen Festlegung des Normdruckes „760 Torr", bei den notwendigen Rechnungen ausnahmslos die Einheit Torr angewendet. Für Umrechnungen gelten folgende Beziehungen:

735,560 Torr = 1 at = 1 kp/cm² (technische Atmosphäre)
750,062 Torr = 1 bar = 10^5 Pa = 10^5 N/m²
760,000 Torr = 1 atm (physikalische Atmosphäre)

0,98692 atm = 1 bar = 1,01911 at.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Bei Flüssigkeitssäulenmanometern werden die Stände der Quecksilberkuppen an dem zwischen den Schenkeln befindlichen Maßstab abgelesen, und zwar, wenn der Druck nicht konstant bleibt, bei Beginn und gegen Ende jedes Prüfganges; als maßgebender Druck gilt der Mittelwert. Bei einem Unterschied von 0,2 vH oder mehr zwischen den beiden Ablesungen ist die Undichtheit in der Meßeinrichtung oder im Anschluß zu beseitigen.

Für die Benutzung von Quecksilbermanometern in Kaskadenform und von Kolbenmanometern gelten besondere Anweisungen.

4.4.3. Berichtigung der Druckwerte

An der Anzeige des Barometers sind eine Skalen- und eine Temperaturberichtigung anzubringen, ferner eine Temperaturberichtigung an dem abgelesenen Wert des Überdruckes.

Als Skalenberichtigung gilt die Summe aus
a) dem Fehler des Barometers und
b) der Schwereberichtigung.

Der Fehler des Barometers ist dem Eichschein zu entnehmen; die Schwereberichtigung beträgt in Deutschland im Mittel + 0,6 mbar.

Die Formel für die Temperaturberichtigung k lautet (sie gilt unter der Voraussetzung, daß der Maßstab bei 20 °C richtig ist):

$$k = l\,[\beta \cdot \vartheta_F - \alpha(\vartheta_F - 20)] \cdot$$

Darin bedeuten

l [mm] die abgelesene Länge der Quecksilbersäule,
β [K^{-1}] der räumliche Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers ($\beta_{Hg} = 182 \cdot 10^{-6}$
α [K^{-1}] der lineare Ausdehnungskoeffizient des Maßstabes ($\alpha_{St} = 12 \cdot 10^{-6}$ für Stahl), ($\alpha_{Ms} = 18 \cdot 10^{-6}$ für Messing),
ϑ_F[°C] die Temperatur des Quecksilbers und des Maßstabes.

Die Temperatur ϑ_F ist bei Manometern an dem dicht am Maßstab in mittlerer Höhe befindlichen Thermometern abzulesen; bei Barometern ist ein solches fest angebracht. Die Temperaturberichtigungen können

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

mit Hilfe der Werte in Anlage 4, in der die Berichtigungen in Abhängigkeit von der Temperatur für eine Ablesung von 1000 mm angegeben sind, errechnet werden. In Prüfräumen für Umwerter soll die Raumtemperatur zwischen 18 °C und 22 °C liegen.

Ist am Barometer neben der Temperaturskale noch eine Skale für die Temperaturberichtigung angebracht oder ist eine Tabelle für die Temperaturberichtigung mit dem Barometer mitgeliefert, so kann diese Berichtigung gleich daran abgelesen werden. Mitunter ist in einer mitgelieferten Tabelle die Schwerberichtigung (+ 0,6 mbar) berücksichtigt; dann gilt als Skalenberichtigung nur der negative Wert des Barometerfehlers.

Für den Rechengang bei der Benutzung von Kaskadenmanometern sind die besonderen, von der Betriebsart abhängigen Anweisungen zu beachten. Der an dem Kolbenmanometer abgelesene Wert ist unter Berücksichtigung seines Fehlers ggf. in die Einheit bar umzurechnen.

4.4.4. Berücksichtigung der Feuchte

Ist der Umwerter nach der Angabe auf dem Hauptschild für eine von Null abweichende relative Feuchte φ des zu messenden Gases bestimmt, so muß zur Feststellung des maßgebenden Druckes p_{tr} der Teildruck des Wasserdampfes $\varphi \cdot p_S$ von der Summe aus dem Luftdruck und dem Überdruck abgezogen werden. Eine Dampfdrucktabelle (Wasserdampf) ist in Anlage 5 enthalten; ihr ist der Druck p_S in Abhängigkeit von der Temperatur ϑ am Geber zu entnehmen.

Ist auf dem Hauptschild für die relative Feuchte ein Bereich angegeben, so ist es zweckmäßig, den Fehler zunächst für einen der Grenzwerte der Feuchte zu berechnen und ggf. bei den in Betracht kommenden Prüfgängen – vorzugsweise für kleine Werte der Zustandszahl – nachzurechnen, ob die Fehlergrenze bei dem anderen Grenzwert der Feuchte überschritten ist.

4.4.5. Maßgebender Druck

Der Druck p_{tr} darf für die Niederschrift höchstens auf 1/5000 seines Wertes gerundet werden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

4.5. Richtigkeitsprüfung – Fehlerfeststellung

4.5.1. Niederschrift

Für die Niederschrift der Ablesungen, die Auswertung und die Fehlerberechnung ist bei der Prüfung von Umwertern mit einfacher Umwertung ein Formblatt nach dem Schema Anlage 1 geeignet. Zu diesem Schema gehört die Gebrauchsanleitung Anlage 2 und die Hilfstafel Anlage 3. In dem Schema sind für Sonderrechnungen Freizeilen vorgesehen. Das Schema nach Anlage 1 ist ggf. sinngemäß abzuwandeln.

4.5.2. Einsatz der Kompressibilitätszahlen

Die Kompressibilität des Gases muß in den Fällen a), b), d), e) und f) (vgl. Abschn. 1.4.4.) mit genügender Genauigkeit bekannt sein.

Die Gültigkeit der bei den Umwerter-Prüfungen benutzen Tabellen oder Kurven für die Kompressibilität reiner Gase oder einfacher Gasgemische für amtliche Prüfungen als Auswertungsmittel muß von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) bescheinigt sein.

Für die Kompressibilitätszahlen einiger Brenngase (Stadtgas, Ferngas, Erdgas) oder anderer Gasgemische liegen Meßergebnisse amtlicher und anderer Stellen vor [5]. Die Gültigkeit dieser Werte wird ggf. von der PTB ebenfalls bescheinigt. Das gilt auch dann, wenn die Zusammensetzung dieser Gasgemische während der Benutzungsdauer der Umwerter um einen vertretbaren Mittelwert – geringfügig – schwankt und die dabei auftretenden Ungenauigkeiten dann schon in Kauf genommen werden müssen.

Für manche Gasgemische (z. B. Erdgase) gibt es empirische Formeln zur Berechnung ihrer Kompressibilitätszahlen. Die so gefundenen Rechenwerte haben sicher nicht die Genauigkeit von Meßwerten. Die Verwendbarkeit der errechneten Werte für amtliche Prüfungen kann ggf., d. h. nach kritischer Würdigung für jeden Einzelfall (Leitungsnetz, Gasart, Herkunft), auf Tabellen- oder Kurvenblättern anerkannt werden.

Umwerter, die nach dem Anschluß mit dem Betriebsgas gefüllt werden sollen, werden bei der Prüfung auf dem Prüfstand mit Stickstoff (oder mit Luft) gefüllt. Bei diesen Prüfgängen, die sich im allgemeinen bei hohen Drücken abspielen, ist zu beachten, daß sich auch das Prüf-

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

medium bei diesen hohen Drücken nicht mit genügender Annäherung wie ein ideales Gas verhält. Die Kompressibilitätszahlen $K_N = K_{Stickstoff}$ sind in Anlage 6 für den Druckbereich von 10 bar bis 100 bar und den Temperaturbereich von 0 °C bis 50 °C aufgeführt.

4.5.3. Beurteilung der Umwertung

Der Umwerter soll bei der Ersteichung und bei der Nacheichung auf einem Prüfstand in dem ganzen Meßbereich die Eichfehlergrenzen von ±1 vH bzw. (in den oben angegebenen Fällen) die besonderen Prüffehlergrenzen von ±0,8 vH einhalten. Werden diese Werte bei einem Prüfgang überschritten, so wird der Prüfgang – zweckmäßig unmittelbar anschließend – wiederholt; liegt der Fehler auch dann außerhalb der Fehlergrenzen, so erfolgt Rückgabe.

Wenn Umwerter mit gestaffelter Umwertung nach dem besonderen Verfahren von Abschn. 4.2.3. geprüft wurden, sind die beiden für die Beurteilung maßgebenden Fehler die Summe aus den beiden größten positiven und die aus den beiden (absolut) größten negativen Fehlern, die bei der Prüfreihe bei einer konstanten Temperatur und die bei der Prüfreihe bei einem konstanten Druck gefunden wurden. Ggf. sind 2 Prüfgänge (je einer der beiden Prüfreihen) zu wiederholen.

Wegen der Umwerter mit angegebenem Feuchtebereich vgl. Abschn. 4.4.4.

Bei Hochdruck-Umwertern, deren Geber nur für die Messung des Überdruckes eingerichtet ist, sind bei der Beurteilung, ob die Richtigkeitsprüfung ein befriedigendes Ergebnis hatte, die bei der Zulassung dieser Umwerter-Bauart getroffenen Festsetzungen zu beachten.

4.5.4. Beurteilung der Anzeige

Für die zulässige Abweichung der angezeigten Werte Z_G bzw. p_G und ϑ_G von dem Sollwert Z_N bzw. den Sollwerten p_N und ϑ_N sind bei der Zulassung der einzelnen Bauarten Grenzwerte festgesetzt. Werden diese überschritten, so erfolgt Rückgabe, wenn der Fehler nicht sofort mit einfachen Mitteln behoben werden kann.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

4.6. Fehlerkurven

Bei Umwertern, die auf dem Prüfstand mit einem anderen Gebergas gefüllt sind als dem, mit dem sie am Gebrauchsort betrieben werden sollen, (z. B. Umwerter mit Tauchglocken), wird das Gebergas nach der Prüfung aus dem Geber entleert. Die bei der Prüfung auf dem Prüfstand gefundene Fehlerkurve gilt für den Betrieb am Gebrauchsort nur dann, wenn dort die Füllung mit Gebergas (dem Betriebsgas) mit der gleichen Genauigkeit erfolgt wir vor der Prüfung auf dem Prüfstand.

Zum Nachweis der ordnungsmäßigen Füllung am Gebrauchsort müssen dort eine oder mehrere Wiederholungsprüfungen vorgenommen werden. Theoretisch müssen die jeweiligen Fehlerwerte übereinstimmen. Aus praktischen Gründen

- Abweichung der Temperatur des Betriebsgases bei Umwerter-Anschluß von den Prüftemperaturen am Prüfstand,
- Abweichung der Ist-Füllung des Gebers von der Soll-Füllung,
- allgemeine Streuung der Meßergebnisse bei Wiederholungs messungen,
- Abweichungen der tatsächlichen Kompressibilitätszahlen von dem für das Betriebsgas als zutreffend angenommenen Werten

wird bei der Zulassung der entsprechenden Umwerter-Bauarten eine Toleranz eingeräumt. Um die Einhaltung der Toleranz überprüfen zu können, müssen die bei der Ersteichung bzw. Nacheichung gefundenen Fehlerkurven der Stelle zur Verfügung stehen, die den Anschluß des Umwerters und die damit verbundene Einfüllung und späterhin bei einer Änderung der Gasart (vgl. Abschn. 5.5.) die Neufüllung überwacht.

4.7. Umwerter mit zusätzlichen Einrichtungen

4.7.1. Umwerter mit Doppelzählwerk

Bei einem Umwerter mit einem Doppelzählwerk ist zusätzlich zu der Richtigkeitsprüfung bei e i n e r Drehrichtung der Eingangswelle eine Prüfung auf richtiges und ordnungsmäßiges Arbeiten der Umschalteinrichtung für die beiden Richtungszählwerke sowie auf richtige Übersetzung zum zweiten Zählwerk und auf sein einwandfreies Arbeiten erforderlich.
In der Niederschrift ist hierüber ein Vermerk aufzunehmen.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

4.7.2. Umwerter mit Ausgangswelle

Der Umdrehungswert der Ausgangswelle ist ähnlich wie der einer Prüfwelle zu prüfen (vgl. EO Anl. 7 Abschn. 4.1.3. Buchst. b). In der Niederschrift ist dieser Umdrehungswert einzutragen.

An die Ausgangswelle kann eine Zusatzeinrichtung nach Maßgabe der Zulassungen (des Umwerters und der Zusatzeinrichtung) angeschlossen sein oder ggf. nach der Eichung des Umwerters angeschlossen werden Ihre eichamtliche Prüfung erfolgt – im allgemeinen unabhängig von der Eichung des Umwerters – auf besonderen Antrag.

4.7.3. Umwerter mit vorgebautem Antriebsgerät

Umwerter, die mit Servoantrieb betrieben werden sollen, müssen zusammen mit dem vorgebauten Antriebsgerät zur Eichung gestellt werden. Das Antriebsgerät muß zur eichamtlichen Prüfung und zum Vorbau vor den Umwerter der jeweiligen Bauart zugelassen sein.

Die Prüfung erfolgt zunächst mit mechanischem und anschließend mit Servoantrieb. Die Prüfung mit mechanischem Antrieb umfaßt die üblichen Prüfgänge.

Für die Prüfung mit Servoantrieb müssen die Impulse von einem Geber, wie er ähnlich am Gebrauchsort verwendet wird, erzeugt werden. Als Vergleichszählwerk für die Prüfung dient ein Zählwerk, das von dem Antriebsmotor des Impulsgebers angetrieben wird und dessen Fortschritt mit dem Impulswert des Gebers zu multiplizieren ist. Die Impulsfrequenz muß nach Angabe der Zulassung so bemessen sein, daß die einzelnen Arbeitsgänge des Antriebes und der Umwertung ordnungsgemäß ablaufen.

Die Prüfung mit Servoantrieb ist bei 3 bis 6 Prüfpunkten (einschließlich Z_{min} und Z_{max}) bei an sich beliebiger Temperatur vorzunehmen; jedoch kann die Lage einer der beiden zuvor gefundenen Fehlerkurven in der Nähe der Fehlergrenze von Bedeutung sein. Die Zahl und Lage der Prüfpunkte soll so gewählt werden, daß die Einhaltung der Fehlergrenzen auch bei dieser Prüfung sicher zu erkennen ist.

Ggf. ist nur das Antriebsgerät oder auch der Umwerter zurückzugeben.

In der Niederschrift sind Angaben über die Umdrehungswerte usw. und die Fortschritte des Zählwerks im Antriebsgerät aufzunehmen.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

4.7.4. Umwerter mit eingebautem Impulsgeber

Der Einbau von Impulsgebern der jeweiligen Bauart (der Anschluß an das Integrierwerk) muß zugelassen sein. Die Zulassung schließt die Beschränkung auf bestimmte Impulsfrequenz-Bereiche ein.

Das Hauptschild des Impulsgebers soll auf der Haube des Umwerters so angebacht sein, daß die Zusammengehörigkeit der Angabe(n) des (der) Impulswerte(s) und der herausgeführten Impulsleitung(en) einwandfrei zu erkennen ist.

Im Umwerter eingebaute Impulsgeber können auf Antrag durch Anschluß z. B. von Fernzählwerken nach Maßgabe besonderer Regeln eichamtlich geprüft werden. Das Hauptschild eines so geprüften Impulsgebers erhält einen Hauptstempel. Ist der Impulsgeber eichamtlich nicht geprüft, erhält sein Hauptschild keine Stempelung.

In der Niederschrift ist ein Vermerk über den Impulsgeber (und seine Prüfung) aufzunehmen.

Zweckmäßig werden für eingebaute Impulsgeber außen an der Umwerter-Grundplatte an vorbereiteter Stelle Kabel-Anschlußkästen angebracht; dadurch wird der Umfang der unter eichamtlicher Überwachung vorzunehmenden Arbeiten verkleinert.

4.8. Stempelung

Bei der Ersteichung wird der Hauptstempel auf dem Hauptschild, das die Überschrift „Mengenumwerter" trägt, aufgebracht.

Sicherungsstempel sind nach den bei der Zulassung der Bauart getroffenen Festsetzungen als dauernde Sicherungen des gesamten Umwerters und als Transportsicherungen des zerlegten Geräts anzubringen; für Transportsicherungen kommen auch Drahtplomben in Betracht. An einer Ausgangswelle ist ihr Verschluß oder das angeschlossene Gerät (gegen Lösen) zu sichern.

Wird ein Umwerter mit aufgesetzter Haube für den Transport in einer Kiste verwahrt, kann die Haube für die Transportdauer statt durch einen Stempel durch eine Drahtplombe gegen Lösen (Abheben) gesichert werden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Ist ein Umwerter nicht für einen Festwert der Kompressibilitätszahl eingerichtet, so muß die Umwerter-Haube (ein Schild oder) ein Blatt mit den Werten der Kompressibilitätszahl – mit der gleichen Ablesegenauigkeit wie auf dem Auswertungsmittel – bekommen. Auf dem Blatt muß die Fabriknummer, außerdem soll nach Möglichkeit die Quelle der Werte angegeben sein.

Für die Stempelung der Antriebsgeräte gelten besondere Bestimmungen.

5. Amtliche Aufsicht

5.1. Anschluß an Gaszähler

5.1.1. Rechtliche Voraussetzungen

Die Zulassung des Anschlusses an Gaszähler der jeweiligen Gattung, Bauart und Größe sowie die Art des Antriebs (EO Anl. 7 Teil 1 Abschn. 3.1) werden im Rahmen der Zulassung der Gaszähler zur Eichung ausgesprochen.

Wenn die Überwachung des Anschließens nicht von einer Prüfstelle vorgenommen wird, muß sie bei der für den Gebrauchsort zuständigen Eichbehörde beantragt werden.

5.1.2. Technische Voraussetzungen

An dem Gaszähler sollen die Sicherungen an der Abdeckung der Ausgangswelle und ggf. der Einstecköffnung für den Temperaturgeber unverletzt sein. An dem vorgelegten Umwerter müssen der Hauptstempel und alle Sicherungsstempel (als dauernde Sicherungen für den gesamten Umwerter und als Transportsicherungen des zerlegten Geräts) unverletzt sein.

Die Angaben über den Gaszähler auf dem Hauptschild des Umwerters müssen mit den entsprechenden Angaben auf dem Hauptschild des Gaszählers übereinstimmen. Alle Einzelteile eines Umwerters, der aus mehreren, getrennt verpackten Teilen besteht, müssen die auf dem Hauptschild des Umwerters eingetragene Fabriknummer aufweisen.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Die Umdrehungswerte U_a aller Antriebswellen von der Ausgangswelle am Gaszähler (am Gaszählergetriebe) ab über alle etwa vorhandenen Zwischengetriebe bis zur Eingangswelle am Umwerter und ggf. die Impulswerte aller Impulsgeräte (Impulsgeber, ggf. – bei Verbundzählern – Impulssummiergerät und Impuls-Servoantriebsgerät) müssen paarweise auf allen angegebenen Stellen übereinstimmen.

Der Drehsinn aller Antriebswellen, bei Umwertern mit Doppelzählwerk auch die Bezeichnungen der Antriebsrichtungen, müssen vom Gaszähler bis zum Umwerter paarweise übereinstimmen.

Die für den Antrieb verwendeten Impulsgeräte müssen – zusammen mit dem Umwerter – eichamtlich geprüft sein. Ihre technischen Daten müssen der Zulassung entsprechen.

5.1.3. Ausschließungsgründe

Die Überwachung ist abzulehnen bei Vorliegen begründeter Bedenken hinsichtlich der Arbeitsweise der Umwerter nach dem Anschließen, sei es z. B. wegen starker Erschütterungen (Gefahr von Rillenbildungen unter dem Reibrad, vor allem bei Betrieb mit nur geringfügig schwankender Zustandszahl) oder wegen starken Gehalts der Raumluft an Staub und Schwefel (Einwirkung auf das Umwertungsgetriebe), sei es wegen extremer thermischer Beanspruchungen (z. B. Anschluß an einen im Freien stehenden Gaszähler ohne ausreichende Überdachung) oder Verwendung in einer Behälter-Füllstation mit kurzzeitigem Betrieb bei häufig großem Unterschied zwischen Gastemperatur und Raumtemperatur (unzureichende Möglichkeit der Temperatur-Angleichung), ferner wenn der Zugang nicht gefahrlos ist.

Die Überwachung kann auch abgelehnt werden, wenn Geräte mit elektrischen Einrichtungen, die nicht zu den explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln gehören, in explosionsgefährdeten Räumen (Meßstationen für brennbare Gase) verwendet werden und Gefahr für das prüfende Personal nicht auszuschließen ist.

5.1.4. Anbau

Wird ein Geber oder ein Geberteil (Druckfühler, Temperaturfühler) wegen Fehlens einer Einstecköffnung am Gaszählers in ein besonderes

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anbauformstück oder in ein Rohrstück eingesetzt, so muß dieses den besonderen Bedingungen der Zulassung entsprechen (Steifigkeit, Dichtheit und Ebenheit der Flansche, Vorhandensein von Sicherungsmöglichkeiten und eines zusätzlichen Temperaturmeßstutzens). Das Stück selber muß durch Sicherung der Verbindung mit dem Zähler ein Bestandteil der Meßeinrichtung werden, wenn sonst die Möglichkeit einer unkontrollierbaren Außer-Betrieb-Setzung des Umwerters besteht.

Sind Angaben der Umdrehungswerte von Umwerter-Anschlußwellen (Eingangs- und Ausgangswellen) nicht gestempelt, so muß ihre Richtigkeit durch Auszählen der Übersetzung geprüft werden. Erforderlichenfalls kann der Drehsinn der Eingangswelle (mitsamt seiner angegebenen Bezeichnung) geändert werden.

Ein Umwerter darf nicht an Ausgangswellen angeschlossen werden, die nur zum Antrieb von Zusatzeinrichtungen für betriebliche Zwecke geeignet sind. Als solche gelten die Ausgangswellen der Einzelzähler im Falle von Verbundzählern mit gemeinsamem Zählwerk und die Ausgangswellen z. B. zum Antrieb von Spannungsgebern, deren nicht dekadischer Umdrehungswert im allgemeinen auch nicht angegeben ist. Im übrigen ist der Anschluß einzelner Umwerter an Verbundgaszähler über geeignete mechanische Summiergetriebe entsprechend der Zählerzulassung möglich.

Gestelle für Mengenumwerter sollen so hoch sein, daß die Zählwerke bequem abgelesen werden können. Es ist anzustreben, Zähler in senkrechten Leitungen vorweg in einer solchen Höhe einzubauen, daß die bequeme Ablesbarkeit der Umwerterzählwerke ohne Kröpfung der Antriebswelle erreicht wird.

Der Umwerter ist gerade aufzustellen bzw. einzusetzen und ggf. nach der angebrachten Libelle auszurichten. Er darf bei dem Befestigen nicht verspannt werden. Der aus dem Zähler bzw. aus dem Anbauformstück herausragende Teil des Gebers ist bei Verwendung im Freien gegen äußere Temperatureinflüsse zu schützen, ferner wenn größere Unterschiede als 20 K zwischen Raumtemperatur und Gastemperatur zu erwarten sind.

Alle Anschlüsse müssen ordnungsmäßig vorgenommen sein (s. Abschn. 2.4., 3.1. und 3.2.). Gliedergelenkwellen müssen in genügend weitem Bogen geführt und ausreichend geschmiert sein.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Ein Dreiwegehahn muß betriebssicher arbeiten (bei Umwertern für Gase mit feuchten, klebrigen Bestandteilen haben sich Dreiwegehähne nicht bewährt). Impulsleitungen für Servoantrieb müssen durchgehend verlegt sein.

5.1.5. Zusammenbau

Die Auflageflächen aller Einzelteile müssen sauber sein. Die für den Transport festgelegten Teile müssen sorgfältig gelöst und sorgfältig in ihre Betriebslage gebracht werden.

Die – farbigen – Hilfsmittel zum Festlegen der beweglichen Teile für die Transportdauer sind unter der Haube an den dafür vorgesehenen (in einer Firmen-Beschreibung aufgeführten) Plätzen zur späteren Wiederverwendung (s. Abschn. 5.3.2.) aufzubewahren.

5.1.6. Erstfüllung des Gebers

Bei Umwertern, deren Geber so eingerichtet sind, daß sie am Gebrauchsort mit dem Betriebsgas gefüllt werden, ist die Füllung nach den bei der Zulassung getroffenen Festsetzungen vorzunehmen. Die Füllung ist in geeigneter Weise, z. B. auch durch Angabe des Fülltages, auf einem zusätzlichen Schild zu bezeichnen; die Besonderheit des Füllgases mitsamt den Bezeichnungen des Meßplatzes und des Fülltages ist dann von allen Beteiligten (Gaslieferer, Gasbezieher, Eichbehörde bzw. Prüfstelle) aktenkundig zu machen.

Für die Erstfüllung und für jede Neufüllung müssen mindestens vierstellige Kompressibilitätszahlen wenigstens für den für den Füllvorgang vorgeschriebenen Zustand und für den gerade herrschenden Betriebszustand verwendet werden.

5.1.7. Funktionsprüfung

Nach dem Anschließen ist durch eine Funktionsprüfung festzustellen, ob der Umwerter (einschl. Vergleichszählwerk) ordnungsmäßig arbeitet und ob der Druckanschluß dicht ist.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anschließend soll bei Ausgeglichenheit der Temperaturen (Betriebsgas, Gebergas bzw. Betriebsgas – Temperaturfühler) eine Richtigkeitsprüfung bei dem geraden herrschenden Zustand vorgenommen werden (vgl. auch Abschn. 6.3.1 letzter Absatz). Sind die Temperaturen nach dem Anschließen nicht ausgeglichen, soll eine solche Prüfung nach Möglichkeit alsbald nachgeholt werden, auf jeden Fall dann, wenn Zweifel an der fehlerfreien Arbeitsweise des Umwerters bestehen.

5.1.8. Stempelung

Durch Eichstempel bzw. Beglaubigungsstempel sind zu sichern
a) die Verbindung des Umwertes mit dem Gaszähler (mit dem Anbauformstück), wenn die Befestigungsschrauben nicht unter der Haube der Umwerter liegen,
b) der Antrieb des Umwerters,
c) die Befestigung der Haube (bei einigen Bauarten werden hierbei auch Drahtplomben verwendet),
d) ggf. die Anschlüsse der Druck- und Temperaturmeßleitungen (bei den Anschlüssen der Temperaturmeßleitungen werden auch Drahtplomben verwendet),
e) ggf. die Schilder mit den Bezeichnungen der nachträglich geprüften Umdrehungswerte,
f) ggf. das Schild mit der Angabe des Fülldatums oder entsprechender anderer Bezeichnungen.

Die Sicherung des Antriebes kann im Fall des Zapfen-Muffen-Anschlusses durch Stempelung der die Zapfen in den Muffen haltenden versenkten Schrauben vorgenommen werden.

Die Sicherung eines Dreiwegehahnes in der Druckmeßleitung (in der Stellung „Betrieb") übernehmen die Benutzer.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

5.2. Abnahme vom Gaszähler

5.2.1. Maßnahmen am Umwerter

Soll ein Umwerter von dem Gaszähler zum Zwecke einer Nacheichung oder einer Befundprüfung auf einem Prüfstand abgenommen werden, so ist (vgl. Abschn. 5.1.2. Abs. 1) die Überwachung der Abnahme bei der in Betracht kommenden Eichbehörde bzw. bei einer Prüfstelle zu beantragen.

Die Sicherungsstempel des Umwerters müssen vor dem Abnehmen noch unverletzt sein.

Der Umwerter ist nach dem Lösen vom Gaszähler (ggf. genau umgekehrt im Vergleich zum Anschließen in Einzelteile zu zerlegen) und nach dem Festlegen der beweglichen Teile in (Original-) Transportkisten zu verpacken; außerdem sind wieder die Sicherungsstempel für den Transport anzubringen.

5.2.2. Maßnahmen am Zähler

Nach der Abnahme eines Umwerters ist am Gaszähler der ursprüngliche Zustand wiederherzustellen, d. h. der Deckel der Einstecköffnung für den Geber und die Kappe oder der Stopfen an der Ausgangswelle sind amtlich wieder zu sichern. Ist ein Umwerter ausnahmsweise ohne amtliche Aufsicht abgenommen worden, so sind die Sicherungen alsbald danach zu erneuern, wenn der Zähler voraussichtlich längere Zeit ohne Umwerter bleiben wird. Die nachträgliche Sicherung ist abzulehnen, wenn etwa Vermutungen bestehen, daß unbefugte Eingriffe in das Innere des Zählers vorgenommen sind; bei Verdacht ist der Zähler auf weitere Verwendbarkeit im geschäftlichen Verkehr zu prüfen.

Die zwischenzeitliche Sicherung soll auch aus einem weiteren Grunde vorgenommen werden. Wenn die Ausgangswelle (z. B. eines Turbinenradgaszählers) längere Zeit nicht abgedeckt und gesichert war, kann der Verdacht aufkommen, daß inzwischen an die Welle eine Zusatzeinrichtung oder sonst ein Gerät angeschlossen war, das den Gaszähler unzulässig beeinflussen konnte. Ein solcher Verdacht läßt sich außer durch eine amtliche Sicherung auch durch eine für die Dauer bis zum Wiederanschließen des Umwerters angebrachte Benutzersicherung vermeiden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

5.3. Neufüllung des Gebers

Die für eine Neufüllung geeigneten Umwerter-Geber (z. B. mit Tauchglocke) sollen im Bedarfsfall (bei wesentlicher Änderung der Gas-Zusammensetzung oder bei Veränderung der Gebergas-Menge) unter amtlicher Aufsicht nach den bei der Zulassung getroffenen Festsetzungen von neuem mit Betriebsgas gefüllt werden. Als wesentliche Änderung der Gas-Zusammensetzung soll die berechtigte Vermutung einer bleibenden Änderung der Kompressibilitätszahl beim mittleren Betriebszustand um mindestens 0,5 vH ihres Betrages gelten.

Die Tatsache der Neufüllung ist wieder in geeigneter Weise, z. B. durch Angabe des neuen Fülltages, zu bezeichnen; im übrigen sind die Sicherungsstempel zu erneuern.

5.4. Anschluß von Zusatzeinrichtungen

Impulsgeber und andere Zusatzeinrichtungen dürfen an angeschlossene Umwerter nachträglich angebaut oder in angeschlossene Umwerter nachträglich eingebaut (an das Integrierwerk angeschlossen) werden, ohne daß eine Nacheichung notwendig wird, wenn der Anbau bzw. der Einbau zugelassen ist (die Zusatzeinrichtung in diesem Fall als „anbaufähig" gilt). Ist eine Zusatzeinrichtung für die vorgesehene Kombination nicht als anbaufähig erklärt, gibt es keine Möglichkeit des nachträglichen Anschlusses.

Bei einem Einbau müssen die Anschlußarbeiten wegen der notwendigen Öffnung des Umwerters amtlich beaufsichtigt werden; für eine Auswechslung gilt Entsprechendes. Das Hauptschild der Zusatzeinrichtung, das auf dem Umwerter (auf seiner Haube) angebracht ist, ist gegen Lösen zu sichern; ebenso ist die angebaute Zusatzeinrichtung nach dem Anbau gegen Lösen zu sichern.

Ein Impulsgeber braucht nicht amtlich vorgeprüft zu sein. Eine amtliche Vorprüfung kann aber z. B. auf Veranlassung eines der beiden Partner vorgenommen werden, wenn an diesen Impulsgeber etwa ein Belastungsschreiber oder -drucker zur Verrechnung (bei Vorhandensein eines kombinierten Arbeits- und Leistungstarifs nach Mengen im Normzustand) angeschlossen werden soll.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Wird ein neuer Impulsgeber eingebaut, muß sein Hauptschild gegen eins mit neuen Angaben ausgewechselt werden. Wird ein Impulsgeber nicht nur vorübergehend ausgebaut, muß sein Hauptschild entfernt werden.

5.5. Wartung und Instandhaltung

5.5.1. Wartungsarbeiten

Als Wartungsarbeiten im Zusammenhang mit der amtlichen Aufsicht gelten u. a.

a) Reinigung und Ölung von Lagerstellen der Getriebeteile und von Rücklaufsperren,
b) Reinigung und Schmierung von Gliedergelenkwellen,
c) Überholung eingebauter Impulsgeber.

Den Zeitpunkt wiederkehrender Wartungsarbeiten wird man jetzt zweckmäßig in Einklang mit dem Termin der Nacheichung bringen.

Zu den Wartungsarbeiten können auch gerechnet werden:

d) die Änderung des Drehsinns der Eingangswelle (mitsamt der Bezeichnung) durch Einfügen oder Herausnehmen einer Zwischenwelle,
e) der nachträgliche Einbau einer Rücklaufsperre,
f) das Wiederaufsetzen abgeglittener Reibräder und
g) die Feststellung der Ursache einer Störung zwecks späterer Beseitigung,
h) die Instandsetzung eingebauter Impulsgeber.

5.5.2. Instandhaltungsarbeiten

Als (einfache) Instandhaltungsarbeiten im Zusammenhang mit der amtlichen Aufsicht gelten Arbeiten, die keinen wesentlichen Eingriff bedeuten, nämlich z. B.

a) Austausch von abgenutzten Getriebeteilen, Hilfsmotoren, Klinkenräder und -federn, Rücklaufsperren, Zählwerken u. ä.,
b) Ersatz auswechselbarer Reibräder (Reibräder, deren Durchmesser mit Toleranz bei der Zulassung festgelegt wurde) nach besonderer Anweisung,
c) Erneuerung von Gelenkwellen.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Arbeiten, die einen wesentlichen Eingriff bedeuten oder bedeuten können, gelten als Instandsetzungsarbeiten; sie erfordern eine Nacheichung auf dem Prüfstand.

Ist ein Antriebsgerät ausgefallen und muß es durch ein neues ersetzt werden, so soll dieses, wenn Abschn. 4.7.3. Abs. 1 Satz 1 nicht zutrifft, am Gebrauchsort im Verbund mit dem Umwerter amtlich vorgeprüft werden. In diesem Fall gilt Abschn. 4.7.3. Abs. 3 sinngemäß.

5.5.3. Beaufsichtigung der Arbeiten

Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten der genannten Art dürfen bei angeschlossenen geeichten Umwertern innerhalb der Gültigkeitsdauer der Eichung unter Verletzung von Sicherungsstempeln vorgenommen werden, ohne daß sofort eine Nacheichung notwendig wird, wenn sie amtlich beaufsichtigt werden und dabei keine Maßnahme erfolgt, die eine Veränderung des meßtechnischen Verhaltens des Umwerters hervorrufen kann oder eine Vergrößerung des erforderlichen Antriebs-Drehmoments bewirkt; die Sicherungsstempel können dann anschließend erneuert werden. Oft wird es jedoch zweckmäßig sein, im Anschluß an Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten eine Nacheichung auch schon vor Ablauf der Gültigkeitsdauer der Eichung vorzunehmen.

Die bei der Zulassung der Bauart getroffenen Festsetzungen über die bei diesen Arbeiten notwendigen und zulässigen Maßnahmen sind zu beachten. Inwieweit die eichamtliche Aufsicht die ständige Anwesenheit eines Eichbediensteten erfordert, hängt von den jeweiligen Verhältnissen ab. Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten sollen in Anbetracht ihres Charakters von der Eichbehörde bzw. der Prüfstelle aktenkundig gemacht werden.

5.5.4. Nachträgliche Erneuerung von Stempeln

Sind Arbeiten in Anbetracht ihrer Dringlichkeit in Ausnahmefällen ohne eichamtliche Aufsicht durchgeführt worden (z. B. abgeglittene Reibräder wieder aufgesetzt oder Gelenkwellen erneuert worden), so ist – falls ein Instandsetzerkennzeichen nicht in Betracht kommt – unter Würdigung der Umstände eine weitere Anwendung des Umwerters im geschäftlichen Verkehr zu rechtferigen, wenn die Benutzer unmittelbar anschließend eine eigene Sicherung des Umwerters an den verletzten

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Stempelstellen vorgenommen und die Tatsache der Arbeit und der Benutzersicherung innerhalb von 10 Tagen der zuständigen Eichbehörde schriftlich mitgeteilt haben. Vor dem Ersatz der Benutzersicherung durch eine eichamtliche Sicherung erfolgt in der Regel eine Prüfung des Umwerters über den ganzen Meßbereich bei der während der Prüfung herrschenden Gastemperatur (s. Abschn. 6.3.1.); die Zahl der Prüfpunkte kann hierbei verringert werden.

Nach dem Ermessen der Eichbediensteten kann jedoch anstelle dieser Prüfung eine Prüfung bei dem herrschenden Zustand oder eine Überprüfung der ordnungsmäßigen Arbeitsweise zusammen mit einer Beschaffenheitsprüfung genügen, wenn bei den Arbeiten sachverständige Beauftragte des Gaslieferers und des Gasbeziehers zugegen waren und beide Partner der Eichbehörde glaubhaft versichern, daß weder an der Justierung noch an der Leichtgängigkeit des Umwerters eine Veränderung vorgenommen worden ist.

5.6. Berichtigung am Gebrauchsort

Umwerter dürfen nur dann am Gebrauchsort berichtigt werden, wenn die vorgesehene Maßnahme eine sichere Parallelverschiebung oder Schwenkung der Fehlerkurve bewirkt. Das ist z. B. der Fall bei

a) einem Austausch einer Abtastrolle mit einem bestimmten Durchmesser gegen eine mit entsprechend abweichendem Durchmesser oder bei
b) einem Verschwenken eines Hebels durch eine Einstellschraube mit passendem Feingewinde, sofern die Wirkung der Drehung dieser Schraube dem Ausmaß nach bekannt ist.

Andere Maßnahmen dürfen am Gebrauchsort nur nach besonderer in der Zulassung der Bauart getroffener Anweisung vorgenommen werden. Abtastkurven dürfen wegen der damit verknüpften Unsicherheit nicht am Gebrauchsort bearbeitet oder ausgewechselt werden.

Nach der Berichtigung ist eine Prüfung des Umwerters über den ganzen Meßbereich wenigstens bei der während der Prüfung herrschenden Gastemperatur vorzunehmen (s. Abschn. 6.3.1.); die Zahl der Prüfpunkte kann hierbei verringert werden.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Eine Berichtigung soll am Umwerter etwa durch Anbringen einer Schiebemarke unter (und auf) einer Blechhaube oder unter einer durchsichtigen Haube kenntlich gemacht werden („Berichtigung am ..... in Gegenwart der Eichbehörde ..... /von der Prüfstelle .....“); die Art der Maßnahme soll dabei deutlich bezeichnet sein.

6. Nacheichung (und Befundprüfung)

6.1. Möglichkeiten und Voraussetzungen

Nacheichungen und Befundprüfungen können außer auf einem Prüfstand unter bestimmten Voraussetzungen auch am Gebrauchsort – am angeschlossenen oder kurzzeitig abgenommenen Umwerter – vorgenommen werden; die gleichen Voraussetzungen müssen bei Prüfungen im Anschluß an Wartungs-, Instandhaltungs- und Berichtigungsarbeiten erfüllt sein.

Für eine Prüfung eines Umwerters am Gebrauchsort im angeschlossenen Zustand müssen die Umstände angemessen sein. Das ist nicht der Fall, wenn z. B.

a) die Temperaturverhältnisse ungünstig sind (starke Temperaturschwankungen oder extreme Temperaturwerte),
b) der Gasdruck wegen starker Schwankungen nicht mit genügender Sicherheit gemessen werden kann (Ausweg: Fremddruck – dann auch Prüfung bei mehreren Prüfpunkten, selbst wenn sonst nur Prüfung bei Betriebszustand notwendig wäre),
c) Erschütterungen die Messungen beeinträchtigen,
d) die Beleuchtung ungenügend ist,
e) der Zugang zu den einzelnen Meßstellen nicht gefahrlos ist.

Bei den Prüfungen von Umwertern, die für eine kurze Zeit abgenommen sind, handelt es sich um Prüfungen auf einem fahrbaren Prüfstand, z. B. einer Prüfstelle; für sie gelten die Regeln für die Ersteichung.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

6.2. Prüfung auf dem Prüfstand

Für die Nacheichung und die Befundprüfung eines Umwerters auf einem festen Prüfstand gelten die Regeln für die Ersteichung mit folgendem Zusatz.

Der Umwerter muß unter eichamtlicher Aufsicht abgenommen und – wie ein frisch geeichter Umwerter – transportfertig hergerichtet worden sein. Vor Beginn der Prüfung auf dem Prüfstand ist festzustellen, ob alle Stempel (Hauptstempel, Sicherungsstempel einschl. der Transportsicherungsstempel) unverletzt sind.

6.3. Prüfung am Gebrauchsort

6.3.1. Vorbemerkungen

Prüfungen von Umwertern am Gebrauchsort kommen in folgenden Fällen in Betracht:

a) Nacheichung,
b) Befundprüfung,
c) Prüfung nach Wartungs-, Instandsetzungs- und Berichtigungsarbeiten.

Bei Prüfungen nach c) genügt die Prüfung bei einer Temperatur; sonst gelten grundsätzlich die Regeln für die Neueichung (einschl. einiger Punkte der Beschaffenheitsprüfung), jedoch mit dem Zusatz nach Abschn. 6.3.2.

Anstelle einer Prüfung bei Unterdruck genügt eine Prüfung bei dem Überdruck Null.

Als Manometer kommt aus Transportgründen vorzugsweise ein Verbund-Manometer in Betracht, als Barometer in Ermangelung eines Quecksilberbarometers auch ein Aneroid-Barometer (s. Abschn. 8.1.2). Kann ein Quecksilberbarometer in der Nähe des Aufstellungsplatzes benutzt werden, so ist für je 10 m Höhenunterschied eine zusätzliche Druckberichtigung von 1,3 mbar anzubringen.

Die Prüfung eines (älteren) Umwerters im angeschlossenen Zustand ist einer Prüfung auf einem fahrbaren Prüfstand vorzuziehen, wenn etwa

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

von der Anschluß-Überwachung her bekannt ist, daß das Anbauformstück einen Aufnahmeflansch hat, der durch nachträgliches Anschweißen verzogen ist, und wenn aus diesem Grunde zu befürchten ist, daß ein frisch justierter Umwerter nach neuem Anschluß von neuem zu Beanstandungen Anlaß gibt. – Derart ungeeignete Anbauformstücke sollen bei Überholen der ganzen Anlage durch vorschriftsmäßige ersetzt werden.

Jede Nacheichung soll in geeigneter Weise, z. B. durch einen Vermerk unter der Haube aktenkundig gemacht werden.

6.3.2. Prüftemperatur

Umwerter mit einteiligem Geber mit einem auf dem Hauptschild angegebenen Arbeitsbereich von 20 K brauchen nur bei der gerade herrschenden Gastemperatur geprüft zu werden. Dann gilt,

a) wenn die Gastemperatur weniger als ±5 K von dem Mittelwert des Temperaturbereiches entfernt ist, eine um 0,2 vH und
b) wenn die Gastemperatur mehr als ±5 K von dem Mittelwert des Temperaturbereiches entfernt ist, eine um 0,4 vH

gegenüber der Fehlergrenze für die Nacheichung bzw. der Verkehrsfehlergrenze verminderte Prüffehlergrenze.

Umwerter mit einteiligem Geber mit einem Arbeitsbereich von 25 K oder 30 K können bei der gerade herrschenden Gastemperatur allein nur geprüft werden, wenn diese weniger als ±5 K von dem Mittelwert des Temperaturbereichs entfernt ist; es gilt dann eine um 0,4 vH gegenüber der Eich- bzw. Verkehrsfehlergrenze verminderte Prüffehlergrenze. Bei dem üblichen Arbeitsbereich von 0 °C bis 30 °C wären die Prüfungen also bei Gastemperaturen zwischen 10 °C und 20 °C vorzunehmen.

Bei Umwertern mit einem ursprünglichen Arbeitsbereich von mehr als 20 K kann anläßlich einer Prüfung am Gebrauchsort nach Löschen der Angabe des Arbeitsbereichs auf dem Hauptschild der Bereich durch Anbringen eines zusätzlichen durch Stempelung zu sichernden Schildes mit der Aufschrift

„Neuer Arbeitsbereich: ..... °C bis ..... °C“

auf 20 K verkleinert werden. Die Prüftemperatur darf dann um nicht mehr als ±5 K von der Mitte des Arbeitsbereichs entfernt sein; im

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

übrigen gelten die Angaben betreffend die Einschränkung der Fehlergrenzen auch in diesem Fall.

Dieses Verfahren empfiehlt sich vorzugsweise für Umwerter mit einteiligem Geber mit einem Arbeitsbereich von mehr als 30 K. Andererseits ist es offensichtlich nicht angebracht, Umwerter mit einem Arbeitsbereich von nur 20 K bei extremen Gastemperaturen (z. B. im Januar oder im Juli) zu prüfen.

6.3.3. Prüfbetrieb

Die Zählwerkstände werden bei ausreichender Belastung des Gaszählers bei fortlaufendem Betrieb des Gaszählers abgelesen; dabei ist eine Hilfskraft erforderlich. Ist die Belastung jedoch so gering, daß die Prüfgänge zu lange dauern würden, so kann der Antrieb des Umwerters vom Gaszähler getrennt und ein Hilfsantrieb (z. B. von Hand, ggf. mit einem besonderen Vergleichszählwerk) verwendet werden; dann können die Zählwerksstände wieder bei Stillstand abgelesen werden. Auch bei Verwendung eines Hilfsantriebes soll der Gaszähler für die Prüfung von Umwertern mit einteiligem Geber im Betrieb bleiben (weil sonst die Temperaturmessung infolge langsamer Temperaturangleichung am Geber unsicher wird), wenn nicht der Gaszähler schon mindestens einen Tag zuvor stillgesetzt worden ist.

Wird bei dieser Prüfung ein Vergleichszählwerk neu angeschlossen, so ist der Umdrehungswert der Anschlußwelle (Prüfwelle) im Zweifelsfalle nachzuprüfen.

Zu Beginn einer Prüfung mit Gastemperaturen muß sicher sein, daß sich die Gastemperatur während jedes Prüfganges um nicht mehr als 0,1 K und während der ganzen Prüfreihe nur um 0,3 K ändert (der Wärmeübergang ist bei Gebern, die im Betrieb von Gas umströmt werden, schlechter als der bei Gebern, die im Prüfstand von einer Flüssigkeit umspült werden).

Umwerter mit einem zweiteiligen Geber mit einem Arbeitsbereich von mehr als 20 K müssen am Gebrauchsort immer bei den für die Neueichung verlangten Temperaturen geprüft werden werden. Auf die Verwendung eines geregelten Thermostaten kann verzichtet werden, wenn in anderer geeigneter Weise für eine ausreichende Temperaturkonstanz während der Prüfgänge gesorgt wird. Als ausreichend kann gelten, daß

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

die Änderung der Flüssigkeitstemperatur, in die der Temperaturfühler taucht, während jedes Prüfganges nicht größer als 0,2 K und während einer Prüfreihe insgesamt nicht größer als 0,5 K ist.

6.4. Stempelung

Bei Überschreiten der Fehlergrenze bzw. bei Beginn einer Instandsetzungsarbeit soll der Hauptstempel eines Umwerters nicht beseitigt, sondern nur – noch erkennbar – ungültig gemacht werden. Dadurch wird die bei einer Nacheichung notwendige Feststellung, ob es sich um einen zur Eichung zugelassenen Umwerter handelt, erleichtert.

Nach einer Nacheichung ist nach Beseitigen des ungültig gemachten Hauptstempels ein neuer Hauptstempel auf dem Hauptschild anzubringen.

Es empfiehlt sich, bei instandgesetzten Umwertern, falls ein Instandsetzerkennzeichen nicht in Betracht kommt, ein Instandsetzungsschild anzubringen. Auch dieses Schild ist durch Stempelung zu sichern.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Dritter Teil

Prüfstände und Prüfmittel

7. Prüfstände

Prüfstände für die Prüfung von Zustands-Mengenumwertern in Eichabfertigungsstellen und Prüfstellen sollen zweckmäßigerweise so eingerichtet und ausgerüstet sein, daß auch mehrere Geräte gleichen Typs gleichzeitig bei allen in Betracht kommenden Drücken und Temperaturen einwandfrei und sicher geprüft werden können. Es ist ferner zweckmäßig, sie auch für die Prüfung von Impulsgeräten auszurüsten. Der Aufstellungsraum soll eine zeitlich und räumlich möglichst gleichmäßige Temperatur besitzen; die in der Nähe von Quecksilbermanometern gemessene Raumtemperatur darf sich in einer Stunde um nicht mehr als 1 K ändern. Sonneneinstrahlung muß entweder durch die Lage des Raumes im Gebäude oder durch besondere Schutzmaßnahmen ausgeschlossen sein. Der Raum darf aus dem Freien nicht direkt zugänglich sein. Der Fußboden muß in Anbetracht des Arbeitens mit Quecksilber fugenlos sein.

8. Prüfmittel

8.1. Normalgeräte und Hilfsmeßgeräte

8.1.1. Aufzählung

Für die Prüfung sind folgende Normalgeräte erforderlich:

a) ein Quecksilberbarometer,
b) ein oder mehrere, passend gestufte Manometer (Flüssigkeitssäulenmanometer mit Quecksilberfüllung oder Kolbenmanometer),
c) je Umwerter ein in 1/10 K geteiltes Thermometer.

Sowohl das Barometer wie die Manometer mit Quecksilberfüllung müssen mit je einem in 1/1 K geteilten Thermometer als Hilfsgerät versehen sein.

Außerdem wird ggf. für die Prüfung des Reibrad-Durchmessers eine Rachenlehre als Hilfsmeßgerät gebraucht.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

8.1.2. Barometer

Für die Prüfung von Umwertern auf dem Prüfstand kommt als Barometer nur ein Stations-, ein Gefäß- oder Gefäßheberbarometer in Betracht. Die in Umwerter-Prüfständen bisher benutzten Barometer haben eine Einteilung in Torr, bezogen auf Normal-Bedingungen (diese Aussage ist zutreffend, auch wenn die Skalen die Aufschrift „mm" tragen). Für neue Prüfstände müssen Barometer mit einer Einteilung in mbar genommen werden. Die Barometer müssen als Normalgerät gültig geprüft sein. Fehlergrenzen sind nicht festgesetzt; die in den Prüfscheinen angegebenen Fehler sind zu berücksichtigen. Das Barometer soll im Prüfraum selbst aufgehängt sein.

Bei der Prüfung von Umwertern am Gebrauchsort kann ein hysteresearmes, temperatur-kompensiertes Aneroid-Barometer (Wert eines Skalenteils kleiner als 1 mbar) benutzt werden. Es muß am Tage vor der Benutzung von dem Eichbediensteten mit einem geeichten Quecksilberbarometer verglichen worden sein; der dabei gefundene Fehler ist zu berücksichtigen.

8.1.3. Manometer

Die für die Flüssigkeitssäulen-Manometer bestimmten Maßstäbe*) müssen in Millimeter geteilt sein. Sie müssen als Normalgerät gültig geprüft sein. Als Fehlergrenze gilt hierbei die Fehlergrenze der Gebrauchsnormalgeräte für Handelsmaße aus Metall.

Die zur Messung von Überdrücken bis 2 bar bestimmten Manometer müssen eine Noniuseinrichtung tragen. Die Noniuseinrichtung muß nach Augenschein fehlerfrei sein.

Die zur Messung von großen Überdrücken (3 bis 10 bar) bestimmten Manometer sollen die Raumhöhe weitgehend ausnutzen; im übrigen können sie als Kaskadenmanometer eingerichtet sein. Deren Betriebsart ist unterschiedlich; bei der Ausführung nach Abb. 11**) befindet sich auch über den Außenschenkeln Flüssigkeit.

---

*) (Güteklasse II nach DIN 866)

**) Nur für diese Ausführung gilt der Berechnungsgang nach Anlage 2 Zeile 17.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Die Manometerrohre müssen mindestens 10 mm weit sein. Die Glasrohre müssen sauber und fettfrei, das Quecksilber muß chemisch rein sein. Am Aufstellungsplatz der Manometer muß eine Temperatur-Schichtung der Luft vermeiden werden.

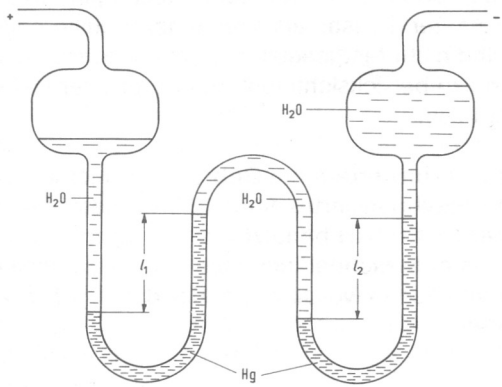


Abb. 11 Kaskaden-Manometer

Kolbenmanometer müssen als Normalgeräte gültig geprüft sein. Ein Kolbenmanometer kann mit einem kleinen Flüssigkeitssäulenmanometer zu einem Verbund-Manometer vereinigt sein. Der Kolbenmanometer-Teil dieser Geräte hat zweckmäßigerweise Auflagen in der Stufung 0,25 bar; der Flüssigkeitssäulen-Teil, an dem die Teilbeträge des Druckes zwischen den Auflagen-Abstufungen abgelesen werden, muß dann einen Meßbereich von 0,4 bar haben. Der Meßbereich des Kolbenmanometer-Teils beginnt bei dem Überdruck 0,5 bar. Bei Benutzung am Gebrauchsort können mit Verbund-Manometern Prüfgänge bei Überdrücken etwa zwischen 0,4 bar und 0,5 bar nicht ausgeführt werden; sie werden durch solche mit benachbarten Werten der Zustandszahl ersetzt.

8.1.4. Thermometer

Als Fehlergrenze für die Normal-Thermometer gilt ihre Eichfehlergrenze.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

8.1.5. Rachenlehren

Für die Prüfung des Reibrad-Durchmessers (s. Abschn. 4.1.3.) werden amtlich geprüfte Rachenlehren benutzt. Mit Rücksicht auf die geringe Stärke der Reibräder müssen auf beiden Seiten der Lehre je ein Führungsbackenpaar angebracht sein; der Zwischenraum darf nur wenig größer sein, als die Räder stark sind. Im übrigen sind die bei der Zulassung der Umwerter der jeweiligen Bauarten getroffenen Festsetzungen zu beachten.

8.2. Hilfseinrichtungen

8.2.1. Aufzählung

Für die Prüfung sind folgende Hilfseinrichtungen erforderlich:

a) ein regelbarer Motor mit Getriebe und Verbindungen zum Antrieb des Umwerters oder – bei Umwertern mit vorgebautem Impuls-Servoantriebsgerät – des Impulsgebers,
b) ggf. ein Impulsgeber,
c) ggf. ein Vergleichszählwerk,
d) Einrichtungen zum Erzeugen und Regeln von Unterdruck und Überdruck,
e) eine Einrichtung zum Erzeugen von konstanten Temperaturen,
f) ggf. ein Aufnahmegefäß,
g) ggf. ein Prüfzahnrad.

8.2.2. Vergleichszählwerk

Ein besonderes Vergleichszählwerk wird gebraucht, wenn im Umwerter kein Betriebsvolumenzählwerk eingebaut ist oder wenn zur Verringerung der Prüfdauer eine höhere Auflösung erwünscht ist. Es wird an die Eingangswelle oder die besondere Prüfwelle (mit angegebenem Umdrehungswert U_a bzw. U_i) angeschlossen und zählt die (Teil-) Umdrehungen dieser Welle. Bei Prüfungen am Gebrauchsort kann das Zählwerk des Gaszählers als Vergleichszählwerk dienen. Ein Vergleichszählwerk wird ggf. auch als Zwischenzählwerk gebraucht (Abschn. 1.4.6.).

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

8.2.3. Thermostat

Die Einrichtung zum Erzeugen konstanter Temperatur muß einen abgeschlossenen, wärme-isolierten Raum (Thermostaten) genügender Größe besitzen, dessen Temperatur mit einer Unsicherheit von höchstens 0,2 K auf den eingestellten Wert gehalten werden kann. Als Medium für die Wärmeübertragung muß eine Flüssigkeit (Wasser oder ggf. eine geeignete Kälteflüssigkeit) verwendet werden.
Für Umwerter mit einteiligem Geber wird in der Regel ein Aufnahmegefäß gebraucht, das über Leitungen mit dem Thermostaten verbunden ist und selber vor Temperatur-Einflüssen geschützt sein muß. Das Normal-Thermometer wird dann in dieses Gefäß getaucht.

8.2.4. Sonstiges

Der Überdruck wird gewöhnlich Stickstoffflaschen entnommen. Der Wert muß im Aufwärts- und Abwärtsgang feinstufig eingestellt und über die Dauer der Prüfgänge durch sicher wirkende Absperrventile in der eingestellten Höhe gehalten werden können. Unterdruck wird gewöhnlich durch eine Wasserstrahlpumpe erzeugt.

Als Prüfzahnrad dient ein Zahnrad mit 100 Zähnen, das mit einer Fünfer- und Zehnerteilung versehen ist.

8.3. Auswertungsmittel

8.3.1. Aufzählung

Für die Prüfung sind folgende Auswertungsmittel erforderlich:

a) ein Formblatt nach dem Schema Anlage 1 mit der Hilfstafel Zwischenwert für die Berechnung der Zustandszahlen (Anlage 2),
b) eine Rechenmaschine für die 4 Grundrechenarten möglichst mit 3 Konstantenspeichern und Programmierspeichern,
c) eine Tafel für die Temperaturberichtigung,
d) ggf. eine Dampfdrucktafel,
e) ggf. eine Tafel der Kompressibilitätszahl.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

8.3.2. Tafeln

Die Hilfstafel (Anlage 3) liefert den Zwischenwert X für den Bereich von −10 °C bis +60 °C (unterteilt in 0,1 °C). Die abgelesenen Skalenlängen der Quecksilbermanometer können mit Hilfe der Tafeln Anlage 4 berichtigt werden. Die Dampfdrucktafel (Anlage 5) gibt den Sättigungsdruck von Wasserdampf (auf 1/10 mbar gerundet) im gleichen Temperaturbereich wie Anlage 3 an. Die Tafel 6 liefert die Kompressibilitätszahlen von Stickstoff, mit dem die Geber von Umwertern mit K = const. oder die von Umwertern, die für Füllung am Gebrauchsort mit Betriebsgas bestimmt sind, gefüllt sind.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

9. Mengenumwerter – Anwendung

9.1. Anzeige des Normvolumens

Wie schon in Abschn. 3.4. kurz ausgeführt, besteht praktisch eine Schwierigkeit, die gelieferte Gasmenge fehlerfrei im Normzustand anzuzeigen.

Dieser Schwierigkeit kann man dadurch begegnen, daß man im Gaslieferungsvertrag eine Bestimmung aufnimmt, wie die Kompressibilität des Gases nachträglich berücksichtigt werden soll. Man nimmt davon Abstand, den oder die Umwerter für einen speziellen, u. U. nur kurzfristig herrschenden Betriebsfall (Gaszusammensetzung) auszulegen; man kommt vielmehr überein, an den an den Umwerterzählwerken (Umwerter mit $K_G = 1{,}00$ – unvollständige Umwertung) abgelesenen Verbrauchszahlen bei Rechnungslegung eine Korrektur anzubringen, die bei jeder Änderung des Betriebsfalles neu festgelegt wird. Eine solche Anpassung kann man mit einer Anpassung des Gaspreises an eine Änderung des Brennwertes bei Änderung der Gaszusammensetzung vergleichen.

Wenn derartige Verträge z. B. zwischen Ferngasgesellschaften einerseits und Gasversorgungsunternehmen im kommunalen Bereich oder großen Industrieunternehmen andererseits abgeschlossen werden, bei denen eine Kenntnis der physikalischen Zusammenhänge angenommen werden kann und wo Gase vorzugsweise bei nahezu konstanten Drücken zu messen sind, ist das Verfahren nicht zu beanstanden.

Liegen diese Voraussetzungen nicht vor, so muß die Kompressibilität bei der Umwertung in geeigneter Weise berücksichtigt, die Umwertung vervollständigt werden.

9.2. Anzeige der Masse

Die Masse eines gelieferten Gases ist bisher nur dann von Zustands-Mengenumwertern angezeigt worden, wenn es sich um Gase handelt, bei denen der Energieinhalt nicht durch Verbrennung genutzt werden sollte, sondern um Gase, die als Rohstoff für die chemische Industrie

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

dienten (z. B. Anzeige: kg Äthylen), oder um Umwerter, die für Zähler für Motoren-Prüfstände bestimmt waren (Anzeige: kg Luft). Diese Einschränkung ist aber nicht zwingend; bei allen Gasen mit gleichbleibend hohem Reinheitsgrad (konstanter Dichte) könnte die Masse angezeigt werden.

9.3. Anzeige der Verbrennungswärme

Eine vollkommene Verrechnung von (Brenn-)Gasen mit einem nicht garantierten konstanten Brennwert (früher oberer Heizwert genannt) liegt letzten Endes erst dann vor, wenn nicht die Menge des gelieferten Gases in Volumen- oder Masse-Einheiten, sondern die Menge der im Gas gelieferten Verbrennungsenergie über B r e n n w e r t-Mengenumwerter angezeigt wird. Von den in Abb. 8 gezeigten beiden theoretisch vorstellbaren Brennwert-Mengenumwertern hat die Schaltung 81 keine Bedeutung, weil sie voraussetzt, daß das Gasvolumen und der Brennwert beim gleichen Gaszustand gemessen werden, was praktisch nicht erfüllbar ist.*)

*) Zulassungen von Brennwert-Mengenumwertern (Mengenumwerter Gattung 743) liegen bisher nicht vor (als Gattungsnummer für die Brennwert-Mengenumwerter war in der EO vom 14. 4. 1965 die Zahl 742 angegeben).

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Literaturverzeichnis

[1] Eichgesetz vom 11. Juli 1960
(Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 58 oder
Deutscher Eichverlag, Braunschweig).

[2] Eichordnung (EO) vom 15. Januar 1975 – Allgemeine Vorschriften und Anlage 7 (Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 6 vom 21. Januar 1975 oder Deutscher Eichverlag, Braunschweig, EO: Band 4).

[3] Verordnung über die Gültigkeit der Eichung (Eichgültigkeitsverordnung) vom 18. Juni 1970 (Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 57 vom 24. Juni 1970 oder Deutscher Eichverlag, Braunschweig).

[4] *Hecking, J.; Guntermann, W.:* Neuere Entwicklungsarbeiten an Mengenumwertern. Gas- und Wasserfach **99** (1958) H. 14, S. 225.

[5] *Herning, F.; Lugt, H.:* Ein neuer Mengenumwerter für die volumetrische Gasmessung. Gas- und Wasserfach **100** (1959) H. 25, S. 633.

[6] *Meckel, H.:* Gerät zur Bestimmung der Kompressibilitätszahl K von Gasen bei Drücken zwischen 5 und 150 kp/cm^2. Gas- und Wasserfach – gas-erdgas **112** (1971) H. 11, S. 543.

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anhang

Anlage 1 Schema für den Ablauf der Prüfung von Zustands-Mengenumwertern mit einfacher Umwertung

Anlage 2 Gebrauchsanleitung zum Ausfüllen eines Formblattes nach dem Schema Anl. 1

Anlage 3 Hilfstafel Zwischenwerte für die Berechnung der Zustandszahlen nach dem Schema Anl. 1

Anlage 4 Relative Temperaturberichtigung für Quecksilbermanometer

Anlage 5 Dampfdrucktafel

Anlage 6 Kompressibilitätszahlen von Stickstoff

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anlage 1

Schema für den Ablauf der Prüfung von Zustands-Mengenumwertern

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anlage 1

Schema für den Ablauf der Prüfung von Zustands-Mengenumwertern

Prüfling	Gattung	Bauart	Hersteller	Fabr. Nr.	Baujahr	U_a U_z U_i U_p	Impulsgeber	Normalgeräte	Manometer	Barometer	Thermometer
	Meßbereich	Arbeitsbereich	Feuchte	Kompressibilitätszahl			Gaszähler Gattung Größe	Ort der Prüfung	Datum	Beobacht.	Berechn.	Nachrechn.
	$Z =$	$\vartheta =$	$\varphi =$	$K =$								

Gegenstand		Zeich.	Formel	Einheit	Zl.
Prüfgang	Nummer				1
	Uhrzeit				2
Gastemperatur		ϑ		°C	3
Zwischenwert		X	$\frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{1}{T_n + \vartheta}$	bar^{-1}	4
Luftdruck Barometer	Temperatur	ϑ_F		°C	5
	Stand unberichtigt			Skt	6
	Skalenberichtigung			Skt	7
	Temperaturberichtigung			Skt	8
	Stand berichtigt			Skt	9
	Luftdruck	b		bar	10
Gasdruck Quecksilbersäule	Temperatur	l		°C	11
	Ablesung oben			mm	12
	Ablesung unten			mm	13
	Länge Säule unberichtigt			mm	14
	Temperaturberichtigung			mm	15
	Länge Säule berichtigt			mm	16
	Berücksichtigung Wassersäule		1/13,595	mm	17
	Überdruck Quecksilbersäule			mm	18
	Überdruck Quecksilbersäule			bar	19
Gasdruck Druckwaage	Überdruck Druckwaage	p_e		Skt	20
	Überdruck Druckwaage			bar	21
	Überdruck gesamt			bar	22
Gesamtdruck	Luftdruck	b		bar	23
	Gesamtdruck	p	$b + p_e$	bar	24
	Dampfdruck	p_d	$\varphi \cdot p_s$	bar	25
	Maßgebender Druck	p_{tr}	$p - p_d$	bar	26
Kompressibilitätszahl		K		1	27
Zustandszahl	Istwert	Z_G		1	28
	Sollwert	Z_N	$X \cdot p_{tr}/K$	1	29
	Abweichung absolut	ΔZ	$Z_G - Z_N$	1	30
	Anzeige prozentual	f_Z	$100\ \Delta Z/Z_N$	vH	31
Menge im Betr.-zust.	Ablesung Ende			Skt	32
	Ablesung Anfang			Skt	33
	Fortschritt	V		m^3	34
Menge im Norm.-zust.	Ablesung Ende			m^3	35
	Ablesung Anfang			m^3	36
	Istwert	V_{nG}	$Z_N \cdot V$	m^3	37
Fehler des Umwerters	absolut	ΔV_n	$V_{nG} - V_{nN}$	m^3	39
	prozentual	f	$100\ \Delta V_n/V_{nN}$	vH	40
Antriebsfrequenz		n		min^{-1}	41
					42
					48

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anlage 2

Gebrauchsanleitung zum Ausfüllen eines Formblattes nach dem Schema Anl. 1

Das Schema in Anl. 1 ist geeignet zur Niederschrift der Ablesungen und zur Fehlerberechnung bei der Prüfung von Zustands-Mengenumwertern, die die Übersetzung zwischen Gaszähler-Meßwerk und Umwerterzählwerk ändern.

Im Kopf des Schemas bedeuten:

U_a Umdrehungswert der Eingangswelle,
U_i Umdrehungswert einer Prüfwelle,
U_z Umdrehungswert einer Ausgangswelle,
U_p Umdrehungswert des Prüfzählgliedes.

Unter „Meßbereich" sind jeweils der Bereich der Zustandszahl oder der Druckbereich einzutragen.

Die Eintragungen und Rechnungen werden zweckmäßig in der nachstehend angegebenen Reihenfolge vorgenommen. Dabei bleiben jeweils folgende Zeilen frei:

Zl. 11 bis Zl. 19, wenn kein Quecksilbermanometer verwendet wird,
Zl. 17 bis Zl. 18, wenn kein Kaskaden-Manometer verwendet wird,
Zl. 20 bis Zl. 22, wenn kein Kolbenmanometer (Druckwaage) verwendet wird,
Zl. 22, wenn kein Verbund-Manometer verwendet wird,
Zl. 25, wenn der Umwerter auf $\varphi = 0$ eingerichtet ist,
Zl. 27, wenn der Umwerter auf $K = 1$ eingerichtet ist,
Zl. 31, wenn in der Zulassung die relative Abweichung der Anzeige der Zustandszahl nicht begrenzt ist
Zl. 41, wenn der Umwerter gegen überhöhte Belastung (etwa durch Servoantrieb) nicht empfindlich ist

Die Freizeilen können für Hilfsrechnungen benutzt werden oder, wenn bei Umwertern mit zweiteiligem Geber nicht die Zustandszahl Z, sondern statt ihrer die Temperatur ϑ und der Druck p angezeigt werden (s. Angaben in der Zulassung).

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Zeile 1 Prüfgangsnummer, bei Wiederholung mit Index, z. B. 3a
Zeile 2 Stunde und Minute beim ersten und letzten Prüfgang und bei Unterbrechung
Zeile 33 Ablesung Vergleichszählwerk[1]) zu Beginn eines Prüfganges
Zeile 36 Ablesung Umwerterzählwerk zu Beginn eines Prüfganges
Zeile 3 Temperatur ϑ Geber (berichtigter Wert)
Zeile 4 temperatur-abhängiger Zwischenwert für die Berechnung der Zustandszahl[2]) $X = \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{1}{T_n + \vartheta}$
Zeile 5 Ablesung Barometer-Temperatur
Zeile 6 Ablesung Barometerstand (in der angezeigten Einheit)
Zeile 7 Skalenberichtigung = Schwereberichtigung + Barometerfehler[3])
Zeile 8 Temperaturberichtigung bei der Temperatur nach Zl. 5[4])
Zeile 9 Summe der Werte aus Zl. 6, Zl. 7 und Zl. 8, auf 0 °C zurückgeführter Luftdruck in der Einheit der Barometer-Anzeige
Zeile 10 auf 0 °C zurückgeführter Luftdruck in bar umgerechnet (bei Barometer mit Torr-Einteilung Bruch des Wertes aus Zl. 9 und dem Wert 750,06)
Zeile 23 Wiederholung des Wertes von Zl. 10
Zeile 11 Ablesung Quecksilbersäulen-Temperatur
Zeile 12 Ablesung Stand obere Quecksilberkuppe
Zeile 12 Ablesung Stand untere Quecksilberkuppe
Zeile 14 Länge der verdrängten Quecksilbersäule (bei Kaskaden-Manometern Länge aller verdrängten Säulen)
Zeile 15 Temperaturberichtigungen der Quecksilbersäulen-Länge(n) unter Verwendung des Wertes aus Zl. 14 und der Temperaturberichtigung für Quecksilbersäulen-Manometer[5]) bei der Temperatur nach Zl. 11
Zeile 16 Unterschied der Werte aus Zl. 14 und Zl. 15 (berichtigte Länge der verdrängten Quecksilbersäule(n)
Zeile 17 Bruch des Wertes aus Zl. 16 und dem Wert 13,595 (zur Berücksichtigung der wasser-gefüllten Schenkel des Kaskaden-Manometers)
Zeile 18 Unterschied der Werte aus Zl. 16 und Zl. 17
Zeile 19 Bruch der Werte aus Zl. 16 bzw. 18 und dem Wert 750,06

---

1) ggf. Betriebsvolumenzählwerk
2) der Anlage 2 als Funktion von ϑ zu entnehmen
3) dem Prüfschein des Barometers zu entnehmen
4) Vorsicht: In manchen Tabellen ist in der Temperaturberichtigung Barometer auch die Schwereberichtigung enthalten; dann in Zl. 7 nur den Barometerfehler einsetzen
5) der Anlage 3 zu entnehmen

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Zeile 20 der der Gewichtsauflage auf der Druckwaage (Kolbenmanometer) entsprechende Wert oder der von dem Federmanometer angezeigte und berichtigte Wert des Überdruckes bzw. des Anteils des Überdruckes in der angezeigten Einheit
Zeile 21 Überdruck Druckwaage (Federmanometer) in bar umgerechnet
Zeile 22 Summe der Werte aus Zl. 19 und Zl. 21
Zeile 24 Summe der Werte aus Zl. 19 bzw. Zl. 22 und Zl. 23
Zeile 25 Errechneter Bruch des Wasserdampfes (Dampfdruck) [6]
$p_d = \varphi \cdot p_s$ für die Temperatur ϑ nach Zl. 3
Zeile 26 Unterschied der Werte aus Zl. 24 und Zl. 25
Zeile 27 Kompressibilitätszahl des Gases, für dessen Messung der Umwerter bestimmt ist[7]), oder des Gases, mit dem der Geber eines Umwerters für Füllung mit Betriebsgas am Gebrauchsort bei der Prüfung auf dem Prüfstand gefüllt ist[8])
Zeile 28 Ablesung Anzeige Zustandszahl
Zeile 29 Produkt der Werte aus Zl. 4 und Zl. 26, dividiert durch den Wert aus Zl. 27
Zeile 30 Unterschied der Werte aus Zl. 28 und Zl. 29
Zeile 31 Bruch der Werte aus Zl. 29 und Zl. 30
Zeile 32 Ablesung Vergleichszählwerk[1]) am Ende des Prüfganges
Zeile 35 Ablesung Umwerterzählwerk am Ende des Prüfganges
Zeile 34 Unterschied der Werte aus Zl. 32 und Zl. 35[9])
Zeile 37 Unterschied der Werte aus Zl. 35 und Zl. 36
Zeile 38 Produkt der Werte aus Zl. 29 und Zl. 34
Zeile 39 Unterschied der Werte aus Zl. 37 und Zl. 38
Zeile 40 Bruch der Werte aus Zl. 39 und Zl. 38
Zeile 41 Bruch aus scheinbarer Belastung des Umwerters (Fortschritt am Vergleichszählwerk) und Prüfdauer

---

6) der Wert φ ist dem Hauptschild des Umwerters, der Sättigungsdruck p_s der Dampfdrucktafel Anlage 4 zu entnehmen. (Ist für die Feuchte ein Bereich angegeben, so ist es zweckmäßig, zunächst den Fehler durchweg für einen der Grenzwerte zu berechnen und ggf. bei einzelnen Prüfgängen nachträglich festzustellen, ob die Fehlergrenze bei dem anderen Grenzwert auch noch eingehalten ist).
7) als Festwert dem Hauptschild des Umwerters oder als Funktion von Druck und Temperatur der für das betreffende Gas anerkannte Tabelle (Kurvenblatt) zu entnehmen.
8) für Stickstoff der Anlage 5 zu entnehmen.
9) wenn Vergleichszählwerk an Prüfwelle mit nicht dekadischem Umdrehungswert U_i angeschlossen, unter Berücksichtigung dieses Wertes (im übrigen Stellenwert beachten).

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Handelt es sich um Zustands-Mengenumwerter mit Masse-Anzeige, so ändern sich die Eintragungen im wesentlichen wie folgt:

Zl. 28 bis Zl. 31 Dichte ϱ (statt Zustandszahl Z) in kg/m³

Zl. 29 $$\varrho_N = \frac{X \cdot \varrho_{tr}}{K} \cdot \varrho_n$$

Zl. 35 bis Zl. 38 Masse m (statt Volumen V_n) in kg

Zl. 38 $$m = \varrho_N \cdot V$$

Die Ausrechnung der Umdrehungswerte der Prüfwelle oder der Ausgangswelle wird nach folgenden Beziehungen vorgenommen:

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

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

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anlage 3

Hilfstafel

$$\text{Zwischenwerte } X = \frac{273{,}15}{1{,}01325\,(273{,}15 + \vartheta)}$$

für die Berechnung der Zustandszahlen
(vgl. Schema in Anl. 1 Zeile 4)

ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}
−10,0	1,0244	− 8,0	1,0167	− 6,0	1,0091	− 4,0	1,0016
− 9,9	1,0240	− 7,9	1,0163	− 5,9	1,0087	− 3,9	1.0012
− 9,8	1,0236	− 7,8	1,0159	− 5,8	1,0083	− 3,8	1.0008
− 9,7	1,0233	− 7,7	1,0156	− 5,7	1,0080	− 3,7	1.0005
− 9,6	1,0229	− 7,6	1,0152	− 5,6	1,0076	− 3,6	1.0001
− 9,5	1,0225	− 7,5	1,0148	− 5,5	1,0072	− 3,5	1.9997
− 9,4	1,0221	− 7,4	1,0144	− 5,4	1,0068	− 3,4	1.9994
− 9,3	1,0217	− 7,3	1,0140	− 5,3	1,0065	− 3,3	1.9990
− 9,2	1,0213	− 7,2	1,0136	− 5,2	1,0061	− 3,2	1.9986
− 9,1	1,0209	− 7,1	1,0133	− 5,1	1,0057	− 3,1	1.9983
− 9,0	1,0205	− 7,0	1,0129	− 5,0	1,0053	− 3,0	1.9979
− 8,9	1,0202	− 6,9	1,0125	− 4,9	1,0050	− 2,9	0,9975
− 8,8	1,0198	− 6,8	1,0121	− 4,8	1,0046	− 2,8	0,9971
− 8,7	1,0194	− 6,7	1,0117	− 4,7	1,0042	− 2,7	0,9968
− 8,6	1,0190	− 6,6	1,0114	− 4,6	1,0038	− 2,6	0,9964
− 8,5	1,0186	− 6,5	1,0110	− 4,5	1,0035	− 2,5	0,9960
− 8,4	1,0182	− 6,4	1,0106	− 4,4	1,0031	− 2,4	0,9957
− 8,3	1,0179	− 6,3	1,0102	− 4,3	1,0027	− 2,3	0,9953
− 8,2	1,0175	− 6,2	1,0098	− 4,2	1,0023	− 2,2	0,9949
− 8,1	1,0171	− 6,1	1,0095	− 4,1	1,0020	− 2,1	0,9946

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}
− 2,0	0,9942	1,0	0,9833	4,0	0,9727	7,0	0,9623
− 1,9	0,9938	1,1	0,9830	4,1	0,9723	7,1	0,9619
− 1,8	0,9935	1,2	0,9826	4,2	0,9720	7,2	0,9616
− 1,7	0,9931	1,3	0,9822	4,3	0,9716	7,3	0,9612
− 1,6	0,9927	1,4	0,9819	4,4	0,9713	7,4	0,9609
− 1,5	0,9924	1,5	0,9815	4,5	0,9709	7,5	0,9605
− 1,4	0,9920	1,6	0,9812	4,6	0,9706	7,6	0,9602
− 1,3	0,9916	1,7	0,9808	4,7	0,9702	7,7	0,9599
− 1,2	0,9913	1,8	0,9805	4,8	0,9699	7,8	0,9595
− 1,1	0,9909	1,9	0,9801	4,9	0,9695	7,9	0,9592
− 1,0	0,9905	2,0	0,9797	5,0	0,9692	8,0	0,9588
− 0,9	0,9902	2,1	0,9794	5,1	0,9688	8,1	0,9585
− 0,8	0,9898	2,2	0,9790	5,2	0,9685	8,2	0,9582
− 0,7	0,9895	2,3	0,9787	5,3	0,9681	8,3	0,9578
− 0,6	0,9891	2,4	0,9783	5,4	0,9678	8,4	0,9575
− 0,5	0,9887	2,5	0,9780	5,5	0,9674	8,5	0,9571
− 0,4	0,9884	2,6	0,9776	5,6	0,9671	8,6	0,9568
− 0,3	0,9880	2,7	0,9773	5,7	0,9667	8,7	0,9565
− 0,2	0,9876	2,8	0,9769	5,8	0,9664	8,8	0,9561
− 0,1	0,9873	2,9	0,9766	5,9	0,9661	8,9	0,9558
0,0	0,9869	3,0	0,9762	6,0	0,9657	9,0	0,9554
0,1	0,9866	3,1	0,9758	6,1	0,9654	9,1	0,9551
0,2	0,9862	3,2	0,9755	6,2	0,9650	9,2	0,9548
0,3	0,9858	3,3	0,9751	6,3	0,9647	9,3	0,9544
0,4	0,9855	3,4	0,9748	6,4	0,9643	9,4	0,9541
0,5	0,9851	3,5	0,9744	6,5	0,9640	9,5	0,9538
0,6	0,9848	3,6	0,9741	6,6	0,9636	9,6	0,9534
0,7	0,9844	3,7	0,9737	6,7	0,9633	9,7	0,9531
0,8	0,9840	3,8	0,9734	6,8	0,9630	9,8	0,9527
0,9	0,9837	3,9	0,9730	6,9	0,9626	9,9	0,9524

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}
10,0	0,9521	13,0	0,9421	16,0	0,9323	19,0	0,9227
10,1	0,9517	13,1	0,9418	16,1	0,9320	19,1	0,9224
10,2	0,9514	13,2	0,9414	16,2	0,9317	19,2	0,9221
10,3	0,9511	13,3	0,9411	16,3	0,9313	19,3	0,9218
10,4	0,9507	13,4	0,9408	16,4	0,9310	19,4	0,9215
10,5	0,9504	13,5	0,9404	16,5	0,9307	19,5	0,9212
10,6	0,9501	13,6	0,9401	16,6	0,9304	19,6	0,9208
10,7	0,9497	13,7	0,9398	16,7	0,9301	19,7	0,9205
10,8	0,9494	13,8	0,9395	16,8	0,9297	19,8	0,9202
10,9	0,9491	13,9	0,9391	16,9	0,9294	19,9	0,9199
11,0	0,9487	14,0	0,9388	17,0	0,9291	20,0	0,9196
11,1	0,9484	14,1	0,9385	17,1	0,9288	20,1	0,9193
11,2	0,9481	14,2	0,9382	17,2	0,9285	20,2	0,9190
11,3	0,9477	14,3	0,9378	17,3	0,9281	20,3	0,9187
11,4	0,9474	14,4	0,9375	17,4	0,9278	20,4	0,9183
11,5	0,9471	14,5	0,9372	17,5	0,9275	20,5	0,9180
11,6	0,9467	14,6	0,9368	17,6	0,9272	20,6	0,9177
11,7	0,9464	14,7	0,9365	17,7	0,9269	20,7	0,9174
11,8	0,9461	14,8	0,9362	17,8	0,9265	20,8	0,9171
11,9	0,9457	14,9	0,9359	17,9	0,9262	20,9	0,9168
12,0	0,9454	15,0	0,9355	18,0	0,9259	21,0	0,9165
12,1	0,9451	15,1	0,9352	18,1	0,9256	21,1	0,9162
12,2	0,9447	15,2	0,9349	18,2	0,9253	21,2	0,9158
12,3	0,9444	15,3	0,9346	18,3	0,9250	21,3	0,9155
12,4	0,9441	15,4	0,9343	18,4	0,9246	21,4	0,9152
12,5	0,9437	15,5	0,9339	18,5	0,9243	21,5	0,9149
12,6	0,9434	15,6	0,9336	18,6	0,9240	21,6	0,9146
12,7	0,9431	15,7	0,9333	18,7	0,9237	21,7	0,9143
12,8	0,9427	15,8	0,9330	18,8	0,9234	21,8	0,9140
12,9	0,9424	15,9	0,9326	18,9	0,9231	21,9	0,9137

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}
22,0	0,9134	25,0	0,9042	28,0	0,8952	31,0	0,8863
22,1	0,9131	25,1	0,9039	28,1	0,8949	31,1	0,8860
22,2	0,9127	25,2	0,9036	28,2	0,8946	31,2	0,8858
22,3	0,9124	25,3	0,9033	28,3	0,8943	31,3	0,8855
22,4	0,9121	25,4	0,9030	28,4	0,8940	31,4	0,8852
22,5	0,9118	25,5	0,9027	28,5	0,8937	31,5	0,8849
22,6	0,9115	25,6	0,9024	28,6	0,8934	31,6	0,8846
22,7	0,9112	25,7	0,9021	28,7	0,8931	31,7	0,8843
22,8	0,9109	25,8	0,9017	28,8	0,8928	31,8	0,8840
22,9	0,9106	25,9	0,9014	28,9	0,8925	31,9	0,8837
23,0	0,9103	26,0	0,9011	29,0	0,8922	32,0	0,8834
23,1	0,9100	26,1	0,9008	29,1	0,8919	32,1	0,8831
23,2	0,9097	26,2	0,9005	29,2	0,8916	32,2	0,8828
23,3	0,9094	26,3	0,9002	29,3	0,8913	32,3	0,8826
23,4	0,9090	26,4	0,8999	29,4	0,8910	32,4	0,8823
23,5	0,9087	26,5	0,8996	29,5	0,8907	32,5	0,8820
23,6	0,9084	26,6	0,8993	29,6	0,8904	32,6	0,8817
23,7	0,9081	26,7	0,8990	29,7	0,8901	32,7	0,8814
23,8	0,9078	26,8	0,8987	29,8	0,8898	32,8	0,8811
23,9	0,9075	26,9	0,8984	29,9	0,8895	32,9	0,8808
24,0	0,9072	27,0	0,8981	30,0	0,8893	33,0	0,8805
24,1	0,9069	27,1	0,8978	30,1	0,8890	33,1	0,8803
24,2	0,9066	27,2	0,8975	30,2	0,8887	33,2	0,8800
24,3	0,9063	27,3	0,8972	30,3	0,8884	33,3	0,8797
24,4	0,9060	27,4	0,8969	30,4	0,8881	33,4	0,8794
24,5	0,9057	27,5	0,8967	30,5	0,8878	33,5	0,8791
24,6	0,9054	27,6	0,8964	30,6	0,8875	33,6	0,8788
24,7	0,9051	27,7	0,8961	30,7	0,8872	33,7	0,8785
24,8	0,9048	27,8	0,8958	30,8	0,8869	33,8	0,8782
24,9	0,9045	27,9	0,8955	30,9	0,8866	33,9	0,8780

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}
34,0	0,8777	37,0	0,8692	40,0	0,8609	43,0	0,8527
34,1	0,8774	37,1	0,8689	40,1	0,8606	43,1	0,8524
34,2	0,8771	37,2	0,8686	40,2	0,8603	43,2	0,8522
34,3	0,8768	37,3	0,8683	40,3	0,8600	43,3	0,8519
34,4	0,8765	37,4	0,8681	40,4	0,8598	43,4	0,8516
34,5	0,8762	37,5	0,8678	40,5	0,8595	43,5	0,8513
34,6	0,8760	37,6	0,8675	40,6	0,8592	43,6	0,8511
34,7	0,8757	37,7	0,8672	40,7	0,8589	43,7	0,8508
34,8	0,8754	37,8	0,8669	40,8	0,8587	43,8	0,8505
34,9	0,8751	37,9	0,8667	40,9	0,8584	43,9	0,8503
35,0	0,8748	38,0	0,8664	41,0	0,8581	44,0	0,8500
35,1	0,8745	38,1	0,8661	41,1	0,8578	44,1	0,8497
35,2	0,8743	38,2	0,8658	41,2	0,8576	44,2	0,8495
35,3	0,8740	38,3	0,8656	41,3	0,8573	44,3	0,8492
35,4	0,8737	38,4	0,8653	41,4	0,8570	44,4	0,8489
35,5	0,8734	38,5	0,8650	41,5	0,8568	44,5	0,8487
35,6	0,8731	38,6	0,8647	41,6	0,8565	44,6	0,8484
35,7	0,8728	38,7	0,8644	41,7	0,8562	44,7	0,8481
35,8	0,8726	38,8	0,8642	41,8	0,8559	44,8	0,8479
35,9	0,8723	38,9	0,8639	41,9	0,8557	44,9	0,8476
36,0	0,8720	39,0	0,8636	42,0	0,8554	45,0	0,8473
36,1	0,8717	39,1	0,8633	42,1	0,8551	45,1	0,8471
36,2	0,8714	39,2	0,8631	42,2	0,8549	45,2	0,8468
36,3	0,8712	39,3	0,8628	42,3	0,8546	45,3	0,8465
36,4	0,8709	39,4	0,8625	42,4	0,8543	45,4	0,8463
36,5	0,8706	39,5	0,8622	42,5	0,8540	45,5	0,8460
36,6	0,8703	39,6	0,8620	42,6	0,8538	45,6	0,8457
36,7	0,8700	39,7	0,8617	42,7	0,8535	45,7	0,8455
36,8	0,8697	39,8	0,8614	42,8	0,8532	45,8	0,8452
36,9	0,8695	39,9	0,8611	42,9	0,8530	45,9	0,8449

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}
46,0	0,8447	49,0	0,8368	52,0	0,8291	55,0	0,8215
46,1	0,8444	49,1	0,8365	52,1	0,8288	55,1	0,8213
46,2	0,8441	49,2	0,8363	52,2	0,8286	55,2	0,8210
46,3	0,8439	49,3	0,8360	52,3	0,8283	55,3	0,8208
46,4	0,8436	49,4	0,8358	52,4	0,8281	55,4	0,8205
46,5	0,8434	49,5	0,8355	52,5	0,8278	55,5	0,8203
46,6	0,8431	49,6	0,8353	52,6	0,8276	55,6	0,8200
46,7	0,8428	49,7	0,8350	52,7	0,8273	55,7	0,8198
46,8	0,8426	49,8	0,8347	52,8	0,8271	55,8	0,8195
46,9	0,8423	49,9	0,8345	52,9	0,8268	55,9	0,8193
47,0	0,8420	50,0	0,8342	53,0	0,8265	56,0	0,8190
47,1	0,8418	50,1	0,8340	53,1	0,8263	56,1	0,8188
47,2	0,8415	50,2	0,8337	53,2	0,8260	56,2	0,8185
47,3	0,8412	50,3	0,8334	53,3	0,8258	56,3	0,8183
47,4	0,8410	50,4	0,8332	53,4	0,8255	56,4	0,8180
47,5	0,8407	50,5	0,8329	53,5	0,8253	56,5	0,8178
47,6	0,8405	50,6	0,8327	53,6	0,8250	56,6	0,8175
47,7	0,8402	50,7	0,8324	53,7	0,8248	56,7	0,8173
47,8	0,8399	50,8	0,8322	53,8	0,8245	56,8	0,8170
47,9	0,8397	50,9	0,8318	53,9	0,8243	56,9	0,8168
48,0	0,8394	51,0	0,8316	54,0	0,8240	57,0	0,8165
48,1	0,8392	51,1	0,8314	54,1	0,8238	57,1	0,8163
48,2	0,8389	51,2	0,8311	54,2	0,8235	57,2	0,8160
48,3	0,8386	51,3	0,8309	54,3	0,8233	57,3	0,8158
48,4	0,8384	51,4	0,8306	54,4	0,8230	57,4	0,8155
48,5	0,8381	51,5	0,8304	54,5	0,8228	57,5	0,8153
48,6	0,8378	51,6	0,8301	54,6	0,8225	57,6	0,8151
48,7	0,8376	51,7	0,8299	54,7	0,8223	57,7	0,8148
48,8	0,8373	51,8	0,8296	54,8	0,8220	57,8	0,8146
48,9	0,8371	51,9	0,8293	54,9	0,8218	57,9	0,8143

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anlage 4

Relative Temperaturberichtigung
für Quecksilbermanometer
(Bezugstemperatur 20 °C)
(vgl. Schema Anl. 1 Zeile 15)

Temperatur des Manometers	Temperaturberichtigung	
	bei Stahl-maßstäben	bei Messing-maßstäben
ϑ_F °C	$-k/l$ vT	
10	1,94	2,00
11	2,11	2,16
12	2,28	2,33
13	2,45	2,49
14	2,62	2,66
15	2,79	2,82
16	2,96	2,98
17	3,13	3,15
18	3,30	3,31
19	3,47	3,48
20	3,64	3,64
21	3,81	3,80
22	3,98	3,97
23	4,15	4,13
24	4,32	4,30
25	4,49	4,46
26	4,66	4,62
27	4,83	4,79
28	5,00	4,95
29	5,17	5,12
30	5,34	5,28

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}	ϑ in °C	X in bar^{-1}
58,0	0,8141						
58,1	0,8138						
58,2	0,8136						
58,3	0,8133						
58,4	0,8131						
58,5	0,8128						
58,6	0,8126						
58,7	0,8123						
58,8	0,8121						
58,9	0,8119						
59,0	0,8116						
59,1	0,8114						
59,2	0,8111						
59,3	0,8109						
59,4	0,8106						
59,5	0,8104						
59,6	0,8102						
59,7	0,8099						
59,8	0,8097						
59,9	0,8094						
60,0	0,8092						

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anlage 5

Dampfdrucktafel

(vgl. Schema Anl. 1 Zeile 25)
Sättigungsdruck des Wasserdampfes p_S in mbar bei der Gastemperatur ϑ

Zehntelgrade

	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
−10	2,8									
− 9	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9
− 8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1
− 7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4
− 6	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,6
− 5	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9
− 4	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2
− 3	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,6	4,6
− 2	5,3	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0	4,9
− 1	5,7	5,6	5,6	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,4	5,3
− 0	6,1	6,1	6,0	6,0	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7
0	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5
1	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,9	6,9	7,0	7,0
2	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,5	7,5
3	7,6	7,6	7,7	7,7	7,8	7,9	7,9	8,0	8,0	8,1
4	8,1	8,2	8,3	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7
5	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0	9,0	9,1	9,2	9,2	9,3
6	9,4	9,4	9,5	9,6	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	10,0
7	10,0	10,1	10,2	10,2	10,3	10,4	10,4	10,5	10,6	10,7
8	10,7	10,8	10,4	11,0	11,0	11,1	11,2	11,3	11,3	11,4
9	11,5	11,6	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,0	12,1	12,2
10	12,3	12,4	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0	13,0
11	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,8	13,8	13,9
12	14,0	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9
13	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9
14	16,0	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9
15	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,1
16	18,2	18,3	18,4	18,5	18,6	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2
17	19,4	19,5	19,6	19,7	19,9	20,0	20,1	20,2	20,4	20,5
18	20,6	20,7	20,9	21,0	21,2	21,3	21,4	21,6	21,7	21,8
19	22,0	22,1	22,2	22,4	22,5	22,7	22,8	22,9	23,1	23,3
20	23,4	23,5	23,7	23,8	24,0	24,1	24,3	24,4	24,6	24,7

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
21	24,9	25,1	25,2	25,3	25,5	25,6	25,8	26,0	26,1	26,3
22	26,4	26,6	26,8	26,9	27,1	27,2	27,4	27,6	27,7	27,9
23	28,1	28,3	28,4	28,6	28,8	29,0	29,1	29,3	29,5	29,7
24	29,8	30,0	30,2	30,4	30,6	30,7	30,9	31,1	31,3	31,5
25	31,7	31,9	32,0	32,2	32,4	32,6	32,8	33,0	33,2	33,4
26	33,6	33,8	34,0	34,2	34,4	34,6	34,8	35,0	35,2	35,4
27	35,6	35,9	36,1	36,3	36,5	36,7	36,9	37,1	37,3	37,6
28	37,8	38,0	38,2	38,5	38,7	38,9	39,1	39,4	39,6	39,8
29	40,0	40,3	40,5	40,7	41,0	41,2	41,5	41,7	41,9	42,2
30	42,4	42,7	42,9	43,2	43,4	43,7	43,9	44,2	44,4	44,7
31	44,9	45,2	45,4	45,7	46,0	46,2	46,5	46,7	47,1	47,3
32	47,5	47,8	48,1	48,3	48,6	48,9	49,2	49,4	49,7	50,0
33	50,3	50,6	50,9	51,1	51,4	51,7	52,1	52,3	52,6	52,9
34	53,2	53,5	53,8	54,1	54,4	54,7	55,0	55,3	55,6	55,9
35	56,2	56,5	56,8	57,2	57,5	57,8	58,1	58,4	58,7	59,1
36	59,4	59,7	60,1	60,4	60,7	61,0	61,4	61,7	62,1	62,4
37	62,7	63,1	63,4	63,8	64,1	64,5	64,8	65,2	65,5	65,9
38	66,2	66,6	67,0	67,3	67,7	68,0	68,4	68,8	69,2	69,5
39	69,4	70,3	70,7	71,0	71,4	71,8	72,2	72,6	73,0	73,4
40	73,7	74,1	74,5	74,9	75,3	75,7	76,1	76,5	76,9	77,4
41	77,8	78,2	78,6	79,0	79,4	79,8	80,3	80,7	81,1	81,5
42	82,0	82,4	82,8	83,3	83,7	84,1	84,6	85,0	85,5	85,9
43	86,4	86,8	87,3	87,7	88,2	88,7	89,1	89,6	90,1	90,5
44	91,0	91,5	91,9	92,4	92,9	93,4	93,9	94,3	94,8	95,3
45	95,8	96,3	96,8	97,3	97,8	98,3	98,8	99,3	99,8	100,3
46	100,8	101,4	101,9	102,4	102,9	103,5	104,0	104,5	105,0	105,6
47	106,1	106,7	107,2	107,7	108,3	108,8	109,4	109,9	110,5	111,0
48	111,6	112,2	112,7	113,3	113,9	114,4	115,0	115,6	116,2	116,8
49	117,4	117,9	118,5	119,1	119,7	120,3	120,9	121,5	122,1	122,7
50	123,3	124,0	124,6	125,2	125,8	126,4	127,1	127,7	128,3	129,0
51	129,6	130,2	130,9	131,5	132,2	132,8	133,5	134,1	134,8	135,5
52	136,1	136,8	137,5	138,1	138,8	139,5	140,2	140,8	141,5	142,2
53	142,9	143,6	144,3	145,0	145,7	146,4	147,1	147,8	148,6	149,3
54	150,0	150,7	151,5	152,2	152,9	153,7	154,4	155,2	155,9	156,6
55	157,4	158,2	158,9	159,7	160,4	161,2	162,0	162,8	163,5	164,3
56	165,1	165,4	166,7	167,5	168,3	169,1	169,9	170,7	171,5	173,3
57	173,1	173,9	174,8	175,6	176,4	177,2	178,1	178,9	179,8	180,6
58	181,5	182,3	183,2	184,0	184,9	185,8	186,6	187,5	188,4	189,3
59	190,2	191,0	191,9	192,8	193,7	194,6	195,5	196,4	197,4	198,3
60	199,2									

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Anlage 6

Kompressibilitätszahlen *K* von reinem Stickstoff

https://doi.org/10.7795/510.20200716H

Kompressibilitätszahlen *K* von reinem Stickstoff

Druck in bar	0 °C	2 °C	4 °C	6 °C	8 °C	10 °C	12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C	32 °C
0	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005	1,0005
1	1,0000	1,0001	1,0001	1,0001	1,0001	1,0002	1,0002	1,0002	1,0002	1,0002	1,0003	1,0003	1,0003	1,0003	1,0003	1,0003	1,0004
5	0,9983	0,9984	0,9985	0,9986	0,9987	0,9988	0,9989	0,9990	0,9991	0,9992	0,9993	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9998	0,9998
10	0,9963	0,9965	0,9967	0,9969	0,9971	0,9973	0,9975	0,9977	0,9979	0,9981	0,9983	0,9985	0,9986	0,9988	0,9990	0,9991	0,9993
15	0,9944	0,9947	0,9950	0,9953	0,9956	0,9959	0,9962	0,9965	0,9968	0,9971	0,9974	0,9976	0,9979	0,9982	0,9984	0,9986	0,9989
20	0,9926	0,9930	0,9935	0,9939	0,9943	0,9947	0,9951	0,9955	0,9959	0,9962	0,9966	0,9969	0,9973	0,9976	0,9979	0,9983	0,9986
25	0,9910	0,9915	0,9921	0,9926	0,9931	0,9936	0,9941	0,9946	0,9950	0,9955	0,9959	0,9964	0,9968	0,9972	0,9976	0,9980	0,9984
30	0,9895	0,9902	0,9908	0,9914	0,9920	0,9926	0,9932	0,9938	0,9943	0,9949	0,9964	0,9959	0,9964	0,9969	0,9974	0,9978	0,9983
35	0,9882	0,9890	0,9897	0,9804	0,9911	0,9918	0.9925	0,9931	0,9938	0,9944	0,9950	0,9956	0,9961	0,9967	0,9972	0,9978	0,9983
40	0,9871	0,9879	0,9887	0,9895	0,9903	0,9911	0,9919	0,9926	0,9933	0,9940	0,9947	0,9954	0,9960	0,9966	0,9973	0,9978	0,9984
45	0,9861	0,9870	0,9879	0,9888	0,9897	0,9905	0,9914	0,9922	0,9930	0,9938	0,9945	0,9953	0,9960	0,9967	0,9974	0,9980	0,9987
50	0,9852	0,9862	0,9872	0,9882	0,9892	0,9901	0,9910	0,9919	0,9928	0,9937	0,9945	0,9953	0,9961	0,9969	0,9976	0,9983	0,9990
55	0,9845	0,9856	0,9867	0,9878	0,9888	0,9898	0,9908	0,9918	0,9928	0,9937	0,9946	0,9955	0,9963	0,9972	0,9980	0,9987	0,9995
60	0,9839	0,9851	0,9863	0,9875	0,9886	0,9897	0,9908	0,9918	0,9928	0,9938	0,9948	0,9957	0,9967	0,9976	0,9984	0,9993	1,0001
65	0,9835	0,9848	0,9860	0,9873	0,9885	0,9897	0,9908	0,9919	0,9930	0,9941	0,9951	0,9962	0,9971	0,9981	0,9990	0,9999	1,0008
70	0,9832	0,9846	0,9859	0,9873	0,9885	0,9898	0,9910	0,9922	0,9934	0,9945	0,9956	0,9967	0,9977	0,9987	0,9997	1,0007	1,0016
75	0,9831	0,9846	0,9860	0,9874	0,9887	0,9901	0,9914	0,9926	0,9938	0,9950	0,9962	0,9973	0,9984	0,9995	1,0005	1,0015	1,0025
80	0,9831	0,9847	0,9862	0,9876	0,9891	0,9905	0,9918	0,9931	0,9944	0,9957	0,9969	0,9981	0,9993	1,0004	1,0015	1,0025	1,0035
85	0,9833	0,9849	0,9865	0,9880	0,9895	0,9910	0,9924	0,9938	0,9952	0,9965	0,9978	0,9990	1,0002	1,0014	1,0025	1,0036	1,0047
90	0,9836	0,9853	0,9870	0,9886	0,9901	0,9917	0,9932	0,9946	0,9960	0,9974	0,9987	1,0000	1,0013	1,0025	1,0037	1,0048	1,0060
95	0,9841	0,9858	0,9876	0,9892	0,9909	0,9925	0,9940	0,9955	0,9970	0,9984	0,9998	1,0012	1,0025	1,0038	1,0050	1,0062	1,0073
100	0,9847	0,9865	0,9883	0,9901	0,9918	0,9934	0,9950	0,9966	0,9981	0,9996	1,0011	1,0025	1,0038	1,0051	1,0064	1,0076	1,0088
105	0,9855	0,9874	0,9892	0,9910	0,9928	0,9945	0,9962	0,9978	0,9994	1,0009	1,0024	1,0038	1,0052	1,0066	1,0079	1,0092	1,0104

https://doi.org/10.7795/510.20200716H