

# PTB-Prüfregeln

## Band 20

Elektronische Mengenumwerter für Gas

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

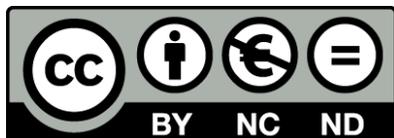
Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964



Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 20 ist durch Digitalisierung der 1993 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. Elektronische Mengenumwerter für Gas [online]. 1. Auflage 1993. Bearbeitet von Willi Feuerbach, Horst Hauser, Bernhardt Jarosch, Reiner Joest, Harald Krebs, Gert Krüger, Wolfgang Märkl und Werner Müller. Braunschweig, © 1993, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 20. ISSN 0341-7964.

Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/510.20200811D>

**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](http://www.ptb.de)

# PTB-Prüfregeln

**Band 20**

## **Elektronische Mengenumwerter für Gas**

Bearbeitet von

Willi Feuerbach (Eichdirektion Hessen)

Horst Hauser (Eichdirektion Hessen)

Bernhardt Jarosch (Eichdirektion Baden-Württemberg)

Reiner Joest (Eichdirektion Nordrhein-Westfalen)

Harald Krebs (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

Gert Krüger (Eichdirektion Nordrhein-Westfalen)

Wolfgang Märkl (Eichdirektion Bayern)

Werner Müller (Eichdirektion Baden-Württemberg)

Herausgegeben von der

Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)

in Zusammenarbeit mit den Eichaufsichtsbehörden

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964

<https://doi.org/10.7795/510.20200811D>

---

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

Schriftleitung: Dipl.-Phys. H. Klages  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Bundesallee 100  
3300 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 20

Alle Rechte vorbehalten

Copyright © 1993 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Begriffsbestimmungen</b>	<b>1</b>
1.1	Aufgabe	1
1.2	Gaszustand	2
1.3	Umwertung	3
1.3.1	Zustandszahl	3
1.3.2	Umwertung über Druck und Temperatur	4
1.3.3	Umwertung über Norm- und Betriebsdichte	5
1.3.4	Brennwert	6
1.3.5	Kompressibilität	6
1.3.6	Feuchteinfluß	7
1.4	Meßbereiche	8
1.5	Aufbau (Blockschaltbilder)	9
1.5.1	Temperatur-Mengenumberter	9
1.5.2	Zustands-Mengenumberter	10
1.5.3	Dichte-Mengenumberter	11
1.5.4	Brennwert-Mengenumberter	11
1.6	Amtliche Maßnahmen	12
<b>2</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>13</b>
2.1	Rechner	13
2.1.1	Zentraleinheit	14
2.1.2	Ein- und Ausgänge	15
2.1.3	Anzeige	16
2.1.4	Software	16
2.2	Aufnehmer	16
2.2.1	Temperatur	17
2.2.2	Druck	17
2.2.3	Betriebsdichte	21
2.2.4	Normdichte	22
2.2.5	Brennwert	27
2.3	Korrekturverfahren	28
2.3.1	Korrektur des Schallgeschwindigkeitseinflusses	28

---

2.3.2	Korrektur der Normdichte- und Brennwertmessung	31
2.3.3	Fehlerkorrektur der Volumenmessung	31
<b>3</b>	<b>Prüfräume und Prüfmittel</b>	<b>33</b>
3.1	Prüfräume	33
3.2	Prüfmittel für Zustands-Mengenurwerter	33
3.2.1	Druckmessung	33
3.2.2	Temperaturmessung	34
3.2.3	Zusätzliche Prüfmittel für Komponentenprüfungen	34
3.2.4	Prüfungshilfs- und Auswertungsmittel	35
3.3	Prüfmittel für Dichte-Mengenurwerter	35
3.4	Prüfmittel für Brennwert-Mengenurwerter	36
3.5	Nachprüffristen für Normalgeräte	36
<b>4</b>	<b>Prüfung und Stempelung</b>	<b>37</b>
4.1	Beschaffenheitsprüfung	37
4.2	Meßtechnische Prüfung von Temperatur- und Zustands-Mengenurwertern	38
4.2.1	Ersteichung	38
4.2.1.1	Prüfung als Gesamtsystem	38
4.2.1.2	Vorprüfung der Komponenten	41
4.2.2	Nacheichung	45
4.2.2.1	Nacheichung am Gebrauchsort (mit verringertem Prüfumfang)	46
4.2.3	Fehlergrenzen	47
4.3	Meßtechnische Prüfung von Dichte-Mengenurwertern	48
4.3.1	Ersteichung	48
4.3.1.1	Vorprüfung der Normdichteaufnehmer	48
4.3.1.2	Vorprüfung der Betriebsdichteaufnehmer	52
4.3.1.3	Korrektur des Gasarteneinflusses auf Schwingkörpersysteme	55
4.3.1.4	Vorprüfung der Rechner	57
4.3.2	Nacheichung	63
4.3.3	Fehlergrenzen	63
4.4	Meßtechnische Prüfung von Brennwert-Mengenurwertern	64
4.5	Betriebsprüfungen (am Gebrauchsort)	64

---

4.5.1	Zustands-Mengenumberter	65
4.5.2	Dichte-Mengenumberter	66
4.6	Stempelung und Bescheinigungen	68
4.6.1	Stempelung	68
4.6.2	Bescheinigungen	68
<b>5</b>	<b>Maßnahmen am Gebrauchsort</b>	<b>70</b>
5.1	Allgemeines	70
5.1.1	Maßnahmen unter amtlicher Aufsicht	70
5.1.2	Maßnahmen ohne amtliche Aufsicht	70
5.2	Anbau und Anschluß an Gaszähler	71
5.2.1	Vorschriften	71
5.2.2	Voraussetzungen	71
5.2.3	Ausschließungsgründe	71
5.2.4	Anbau	71
5.2.5	Maßnahmen nach Anbau	76
5.2.6	Befundprüfung	76
5.3	Dokumentation der Betriebsdaten	77
5.4	Maßnahmen bei Stempelverletzung	78
5.4.1	Prozeßrechner	78
5.4.2	Temperaturaufnehmer	78
5.4.3	Druckaufnehmer	78
5.4.4	Betriebsdichteaufnehmer	78
5.4.5	Normdichteaufnehmer	79
5.4.6	Schallgeschwindigkeits-Meßgerät	79
5.4.7	Nachkalibriereinrichtung	79
5.4.8	Halte- und Trennverstärker	79

---

# Anhang

<b>1</b>	<b>Vorschriften und Literaturverzeichnis</b>	<b>80</b>
<b>2</b>	<b>Verwendete Formelzeichen und Indizes</b>	<b>81</b>
<b>3</b>	<b>Beispiele für Prüfprotokolle</b>	<b>83</b>
3.1	Prüfung eines Zustands-Mengenwerters als Gesamtsystem	83
3.2	Temperaturaufnehmer	84
3.3	Druckaufnehmer	85
3.4	Rechner für Zustands-Mengenwerter	86
3.5	Schwingkörper-Normdichteaufnehmer	87
3.6	Schwingkörper-Betriebsdichteaufnehmer	88
3.7	Rechner für Dichte-/Brennwert-Mengenwerter	89
<b>4</b>	<b>Beispiele für Vorprüfscheine</b>	<b>90</b>
4.1	Druckaufnehmer	90
4.2	Schwinggabel-Normdichteaufnehmer	91
4.3	Schwinggabel-Betriebsdichteaufnehmer	92
<b>5</b>	<b>Beispiele für die Durchführung von Betriebsprüfungen</b>	<b>93</b>
5.1	Zustands-Mengenwerter	93
5.2	Dichte-Mengenwerter	94
<b>6</b>	<b>Vorschlag für Datenbuch</b>	<b>95</b>
6.1	Blatt 1: Bestandteile	95
6.2	Blatt 2: Belegung der veränderbaren Rechnerkanäle	96
6.3	Blatt 3: Nachweis über amtliche Maßnahmen	97



---

## Vorbemerkungen

Die vorliegende Schrift trägt der technischen Entwicklung von Mengenumwertern für Gas Rechnung.

Die PTB-Prüfregel Band 14 behandelte seinerzeit nur mechanische Zustands-Mengenumwerter und gab lediglich einen kurzen Ausblick auf zukünftige Dichte- und Brennwert-Mengenumwerter.

Inzwischen hat jedoch die Elektronik auch bei diesen Meßgeräten Einzug gehalten. Außer wenigen Bauarten von sogenannten „Kompakt-Mengenumwertern“ werden keine mechanischen Mengenumwerter mehr gefertigt.

Um unterschiedliche Verfahrensweisen bei der Prüfung und Eichung zu vermeiden, ist diese Prüfregel abgefaßt worden. Sie soll es ermöglichen, elektronische Zustands-, Dichte- und Brennwert-Mengenumwerter sowohl in Eichabfertigungsstellen als auch in Prüfstellen und am Gebrauchsort richtig und möglichst gleich zu behandeln.

# 1 Begriffsbestimmungen

## 1.1 Aufgabe

Die Grundaufgabe eines Mengenumwerter besteht darin, das von einem Gaszähler im Betriebszustand gemessene Volumen  $V_b$  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.

Weiterführend wird in einem Brennwert-Mengenumwerter die Energie durch Multiplikation des Normvolumens mit dem Brennwert, bezogen auf den Normzustand, berechnet. Hier gibt der Brennwert an, welche Energie bei der Verbrennung von einem Kubikmeter Gas im Normzustand frei wird.

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

Aus Gründen eines gerechten Entgelts für die gehandelte Ware Brenngas wird in dem Bereich, in dem Mengenumwerter bei der Gas-Messung benutzt werden, nicht das Gesamtvolumen des Gases angezeigt, das Wasserdampf in wechselndem Anteil 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<sup>3</sup> trockenes Gas im Normzustand).

## 1.2 Gaszustand

Als Zustand eines Gases gelten die Werte von Druck und Temperatur, von denen seine jeweilige Dichte abhängt: Hoher Druck und niedrige Temperatur vergrößern die Dichte.

Als Betriebszustand (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 Zustand, der dem Meßzustand möglichst nahe kommt, als Ausgangspunkt benutzt werden, also bei

Balgengaszählern	→	Eingangsdruck und Ausgangstemperatur
Drehkolbengaszählern	→	Eingangsdruck und Eingangstemperatur
Turbinenradgaszählern	→	Druck unmittelbar vor dem Turbinenrad und Ausgangstemperatur
Wirbelgaszählern	→	Druck in der Nähe des Störkörpers und Ausgangstemperatur.

Als Normzustand eines Gases gilt in Deutschland der Bezugszustand, der gekennzeichnet ist (DIN 1343 „Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen“, Ausgabe Januar 1990) durch den Normwert

des Druckes  $p_n = 1,01325$  bar und  
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.

## 1.3 Umwertung

### 1.3.1 Zustandszahl

Das Verhältnis  $V_n/V_b = Z$  heißt Zustandszahl. Sie ist vom jeweiligen Zustand des Gases abhängig. Für ein ideales Gas gilt

$$Z = \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{p}{T} \quad (1.1)$$

Aus Gl. 1.1 ergibt sich, daß die Zustandszahl  $Z$  bei dem in einigen Staaten benutzten Verrechnungszustand 1,01325 bar, 15 °C immer um rund 5,5 % größer als bei dem deutschen Normzustand ist.

Ein ideales Gas gehorcht der Zustandsgleichung

$$p \cdot v = R \cdot T \quad (1.2)$$

die für den Fall des Normzustandes die Form

$$p_n \cdot v_n = R \cdot T_n \quad (1.3)$$

annimmt.

In Gl. 1.1, 1.2 und 1.3 bezeichnet

- $p$  den maßgebenden Druck (Absolutdruck)
- $T$  die Kelvin-Temperatur des Gases
- $R$  die Gaskonstante
- $v$  das spezifische Volumen.

Die Gleichungen 1.1 und 1.3 beruhen auf einer Annahme. In Wirklichkeit weichen alle Gase einschließlich der einfachen zweiatomigen 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

$$p \cdot v = z \cdot R \cdot T \quad (1.4)$$

$$p_n \cdot v_n = z_n \cdot R \cdot T_n \quad (1.5)$$

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

### 1.3.2 Umwertung über Druck und Temperatur

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

$$V_n = \int_{V_1}^{V_2} Z \cdot dV = \int_{t_1}^{t_2} Z \cdot Q_b \cdot dt \quad (1.6)$$

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

$$V_n = \sum Z \cdot \Delta V = \sum Z \cdot Q_b \cdot \Delta t \quad (1.7)$$

vorgenommen werden. Diese beiden Arbeitsweisen gelten als einfache Umwertung.

In Gl. 1.6 und 1.7 bezeichnet

- $V$  das Volumen
- $Q_b$  den Durchfluß
- $t$  die Zeit.

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

$$V_n = \sum \frac{T_n}{T} \left( \frac{p}{p_n} \Delta V_b \right) \quad (1.8)$$

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.

### 1.3.3 Umwertung über Norm- und Betriebsdichte

Von den Dichte-Mengenumwertern wird das Volumen  $V$  im Betriebszustand unter fortlaufender Messung der Dichte  $\rho_b$  und der Normdichte  $\rho_n$  in das Normvolumen umgewertet.

Die Betriebsdichte  $\rho_b$  ändert sich mit Gasdruck, -temperatur und -zusammensetzung.

Die Normdichte  $\rho_n$  ändert sich mit der Gaszusammensetzung.

Die Umwertung erfolgt nach der Gleichung

$$V_n = \int_{t_1}^{t_2} Q_b \frac{\rho_b}{\rho_n} \cdot dt \quad (1.9)$$

Die vereinfachte Summenbildung geschieht analog Abschnitt 1.2.1 Gl. 1.7

$$V_n = \sum \frac{\rho_b}{\rho_n} \cdot Q_b \cdot \Delta t \quad (1.10)$$

bzw. Gl. 1.8

$$V_n = \sum \frac{\rho_b}{\rho_n} \cdot \Delta V_b \quad (1.11)$$

Bei technisch reinen Gasen oder Gasgemischen gleichbleibender Zusammensetzung kann die Normdichte  $\rho_n$  als Konstante eingesetzt werden.

Ein Sonderfall ist die Umwertung des Volumens im Betriebszustand  $V_b$  unter fortlaufender Messung der Dichte  $\rho_b$  unmittelbar in Masse  $m$  nach der (schon vereinfachten) Formel

$$m = V_b \cdot \rho_b \quad (1.12)$$

In Gl. 1.9 bis 1.12 bezeichnet

- $\rho_b$  die Dichte des Betriebsgases,
- $\rho_n$  die Normdichte
- $m$  die Masse.

### 1.3.4 Brennwert

Bei den Brennwert-Mengenwertern erfolgt zuerst eine Umwertung nach Abschnitt 1.3.2 über Druck und Temperatur oder nach Abschnitt 1.3.3 über Norm- und Betriebsdichte auf das Volumen im Normzustand  $V_n$ .

In einem weiteren Schritt wird die Energie nach der Gleichung

$$E = V_n \cdot H_{o,n} \quad (1.13)$$

mit dem durch ein Brennwertmeßgerät ermittelten Brennwert des Gases  $H_{o,n}$  berechnet.

In Gl. 1.13 bezeichnet

- $E$  die Energie und
- $H_{o,n}$  den Brennwert.

### 1.3.5 Kompressibilität

Die Zustandszahl  $Z$  ist unter Berücksichtigung der Realgasfaktoren im Betriebs- bzw. im Normzustand

$$Z = \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{p}{T} \cdot \frac{z_n}{z} \quad (1.14)$$

oder mit

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

$$Z = \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{p}{T} \cdot \frac{1}{K} \quad (1.15)$$

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. Da  $z_n$  bei Brenngasen sehr nahe bei 1,000 liegt, weichen Realgasfaktor und Kompressibilitätszahl nur sehr wenig voneinander ab.

Kompressibilitätszahlen kleiner als 1 bedeuten, daß das betreffende Gas bei dem betreffenden Zustand stärker kompressibel als ein ideales Gas ist. Bei extrem 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. Kokereigase sind wegen des hohen Wasserstoffgehaltes selbst bei hohen Drücken noch fast ideal (idealer als Luft).

Muß bei einem Umwerter die Kompressibilitätszahl des Betriebsgases  $K$  berücksichtigt werden, weil ihre Abweichung von 1,000 in Anbetracht der Umwerter-Fehlergrenze von  $\pm 1\%$  nicht mehr vernachlässigt werden kann (in der Regel bei Umwertern mit einem Absolutdruck  $p_{\max} > 5$  bar), so gibt es dafür folgende Mindestanforderungen:

Liegt der Absolutdruck des Betriebsgases zwischen  $p_{\max} = 5$  bar und  $p_{\max} = 11$  bar, so kann die Kompressibilität noch durch einen von 1 abweichenden, jedoch festen Wert im Umwerter berücksichtigt werden.

Bei einem Absolutdruck von  $p_{\max} > 11$  bar muß auf jeden Fall eine veränderliche, vom Gasdruck, von der Gastemperatur und von der Gaszusammensetzung abhängige Kompressibilitätszahl im Umwerter berücksichtigt werden.

Dies gilt für alle Erdgase (Naturgase). Verbindlich hierfür sind die DVGW-Arbeitsblätter G 685, G 492 II und G 486, auch bezüglich der Übergangsvorschriften für Altanlagen.

### 1.3.6 Feuchteinfluß

Für Umwerter nach Abschnitt 1.3.2 gilt als maßgebender Druck die Summe von Atmosphärendruck  $p_{\text{amb}}$  und Überdruck  $p_e$  abzüglich Teildruck  $p_d$  des im Gas

enthaltenen Wasserdampfes. Dieser Teildruck beträgt  $\varphi \cdot p_s$ , worin  $p_s$  der Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei der Temperatur des gemessenen Gases und seine relative Feuchte ist. Nebel oder flüssige Kondensate dürfen nicht auftreten, da bei Zweiphasengemischen keine exakte Messung möglich ist. Im ganzen gilt für den Partialdruck des trocken gedachten Gases:

$$p_{tr} = p_{amb} + p_e - \varphi \cdot p_s = p - \varphi \cdot p_s \quad (1.16)$$

Bei dem Volumen des trocken gedachten Gases im Normzustand ist  $\varphi = 0$  (gilt im allgemeinen für Erdgas).

Die tatsächliche relative Feuchte des Gases wird von den üblichen Umwertern nicht gemessen. Anstelle von Meßwerten wird im allgemeinen ein angenommener Festwert, sonst allenfalls ein angenommener, hinreichend kleiner Bereich der relativen Feuchte verwendet. Zur Berücksichtigung wird entweder der Rechner entsprechend programmiert, oder es wird eine Reserve in der Fehlergrenze ausgenutzt.

## 1.4 Meßbereiche

Bei elektronischen Zustands-Mengenurwertern werden die Grenzwerte durch den zugelassenen Bereich des Absolutdruckes  $p_{min}$  bis  $p_{max}$  und der Gastemperatur  $\vartheta_{min}$  bis  $\vartheta_{max}$  bestimmt. Hierbei ist unbedingt zu beachten, daß mit dem Gasdruck der Absolutdruck gemeint ist. Beim Einsatz von Meßaufnehmern für den Überdruck muß  $p_{min}$  mindestens 20 bar betragen. Im Rechner des Umwerterns muß dann ein mittlerer Wert für den Atmosphärendruck berücksichtigt werden. Es gilt für diese Geräte eine eingeschränkte Prüffehlergrenze.

Ein Sonderfall ist der Temperatur-Mengenurwerner, bei dem der Meßbereich durch die Temperaturgrenzen  $\vartheta_{min}$  und  $\vartheta_{max}$  festgelegt ist und als Druck ein Festwert im Rechner einprogrammiert sein kann.

Um die Meßgenauigkeit bei wechselnden Gasqualitäten noch weiter zu verbessern, wurde der Dichte-Mengenurwerner entwickelt. Anstelle der Größen Druck und Temperatur werden Betriebs- und Normdichte gemessen. Damit entfällt die aufwendige Erfassung der gasabhängigen Kompressibilitätszahl. Beim Dichte-Mengenurwerner wird als Meßbereich der Bereich zwischen den Grenzen der Betriebsdichte  $\rho_{bmin}$  und  $\rho_{bmax}$  verwendet. Bei Anschluß eines Normdichteaufnehmers sind auch dessen zugelassene Meßbereichsgrenzen  $\rho_{nmin}$  und  $\rho_{nmax}$  zu beachten.

Für die Brennwert-Mengenurwerter gilt das vorstehend beschriebene, je nachdem, ob es sich um einen Zustands- oder Dichte-Mengenurwerter mit einem angeschlossenen Brennwertmeßgerät handelt. Da das jeweilige geeichte Brennwertmeßgerät eine eigene Zulassung zur Eichung besitzt, braucht über seinen Meßbereich an dieser Stelle nichts gesagt zu werden.

Die zugelassenen maximalen Meßbereiche der elektronischen Umwerter dürfen bei Bedarf auch entsprechend verkleinert werden; dies gemäß Eichordnung jedoch bei Zustands-Mengenurwertern nur bis  $p_{\max}/p_{\min} \geq 2,4$  und bei Dichte-Mengenurwertern nur bis  $\rho_{b \max}/\rho_{b \min} \geq 2$ , wobei für die maximale Gasdichte ein ganzzahliger Zahlenwert angegeben werden muß und eine gröbere Stufung von z. B.  $5 \text{ kg/m}^3$  empfohlen wird.

## 1.5 Aufbau (Blockschaltbilder)

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 den folgenden Abbildungen schematisch zusammengestellten Schaltbilder erkennen. Dort sind für die Kennzeichnung der Zählwerke die Bezeichnungen  $V_b$  für Kubikmeter Gas vom Betriebszustand und  $V_n$  für Kubikmeter (trockenes) Gas im Normzustand verwendet worden, sowie  $m$  für die Masse und  $E$  für die Energie.

### 1.5.1 Temperatur-Mengenurwerter

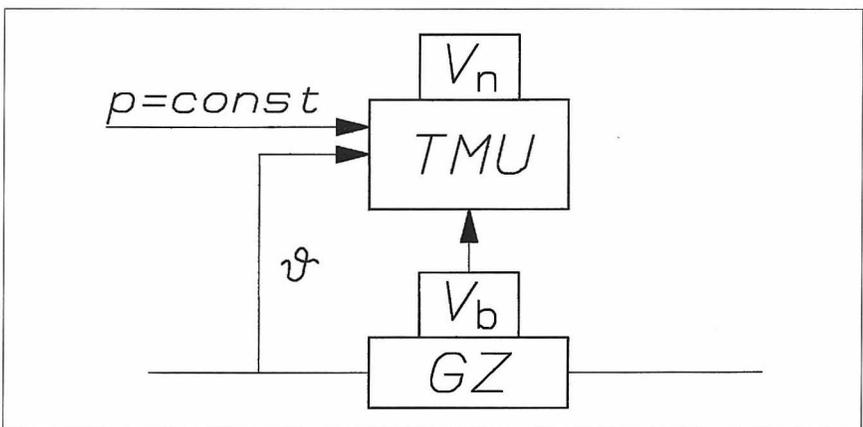


Bild 1.1: Temperatur-Mengenurwerter

### 1.5.2 Zustands-Mengennumwerter

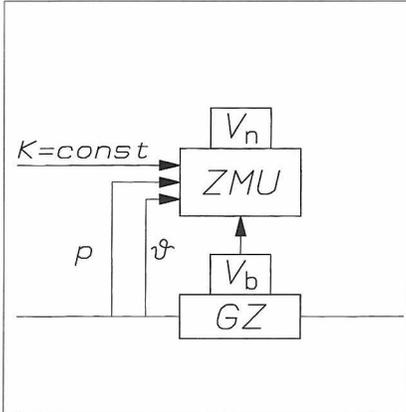


Bild 1.2:  
ZMU mit konstanter Kompressibilitätszahl

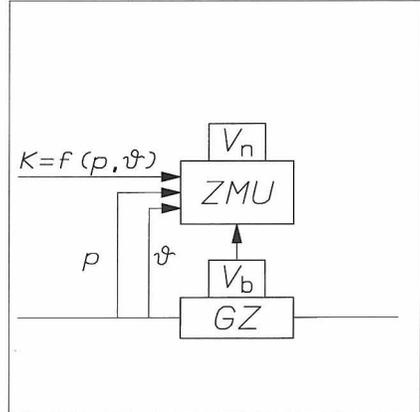


Bild 1.3:  
ZMU mit variabler Kompressibilitätszahl

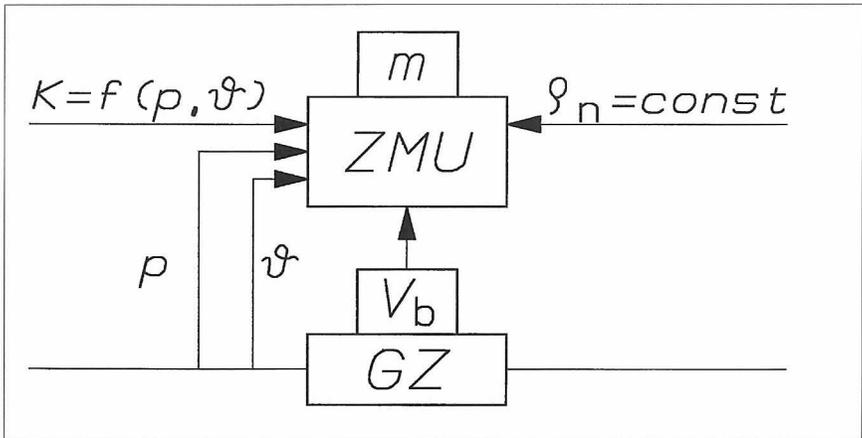


Bild 1.4: ZMU mit konstanter Normdichte und Masseanzeige

### 1.5.3 Dichte-Mengenurwerter

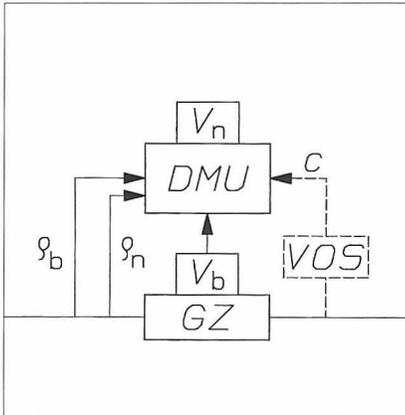


Bild 1.5: DMU mit Normdichteaufnehmer

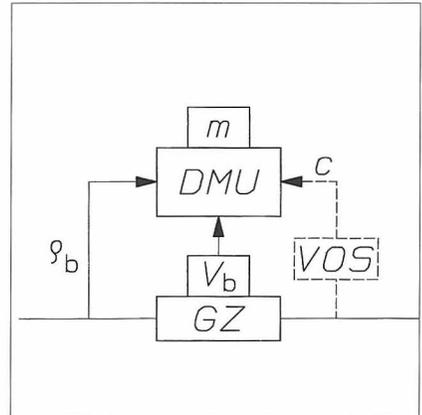
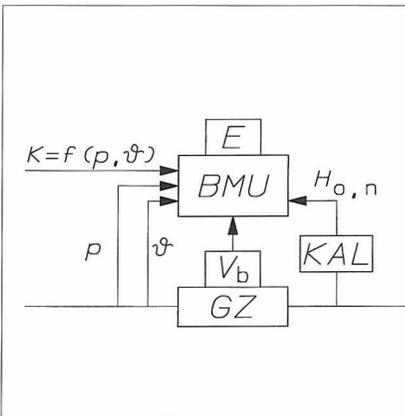
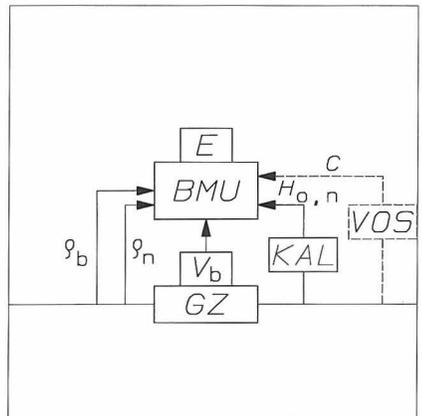


Bild 1.6: DMU mit Masseanzeige

### 1.5.4 Brennwert-Mengenurwerter

Bild 1.7:  
BMU aus einem Zustands-MengenurwerterBild 1.8:  
BMU aus einem Dichte-Mengenurwerter

In den Bildern 1.1 bis 1.8 bezeichnet

GZ	den Gaszähler
ZMU	den Zustands-Mengenumwerter
DMU	den Dichte-Mengenumwerter
BMU	den Brennwertumwerter
KAL	das Brennwertmeßgerät
VOS	das Schallgeschwindigkeitsmeßgerät.

## **1.6 Amtliche Maßnahmen**

Amtliche Maßnahmen sind Eichung, Befundprüfung und Prüfungen nach Arbeiten an geeichten angeschlossenen Umwertern. Eine Eichung ist erst dann abgeschlossen, wenn am Gebrauchsort nach Zusammenschalten aller Komponenten die meßtechnische Prüfung beim gerade herrschenden Betriebszustand mit Richtigkeitsprüfung der Signalübertragung stattgefunden hat. Für diese Prüfungen gelten die Regelungen in Abschnitt 4.

Wenn bestimmte Maßnahmen an angeschlossenen Umwertern zwar unter Verletzen von Sicherungsstempeln, jedoch unter Aufsicht einer Eichbehörde oder Prüfstelle nach besonderen Gesichtspunkten vorgenommen werden, wird eine Nacheichung bzw. -beglaubigung nicht notwendig. In diesem Fall gelten die Regelungen in Abschnitt 5.

Zu diesen Maßnahmen zählt auch der Austausch von vorgeprüften Komponenten eines Umwerter (z. B. Aufnehmer) oder der Austausch von vorgeprüften elektronischen Steckkarten eines Rechners. Es muß sichergestellt sein, daß die Fehlergrenzen des Umwerter nicht überschritten werden.

## 2 Beschreibung

Nachstehend werden in Ergänzung zu den Beschreibungen des Abschnitts 1.5 die verschiedenen Mengenumwerter mit ihren Komponenten im einzelnen beschrieben.

Mengenumwerter bestehen aus Rechner und einem oder mehreren Aufnehmern. Die in den folgenden Abschnitten genannten zulässigen Verwendungsbereiche sind üblich für Mengenumwerter. Abweichende Regelungen für einzelne Bauarten können in den Zulassungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) enthalten sein.

### 2.1 Rechner

Der Rechner eines elektronischen Mengenumwerter wird in Zentraleinheit, Ein- und Ausgänge, Anzeige und Software unterteilt. Er ist entweder in einem eigenen Gehäuse (auf dem Gaszähler oder als Wandgerät) oder in einem Einschub untergebracht.

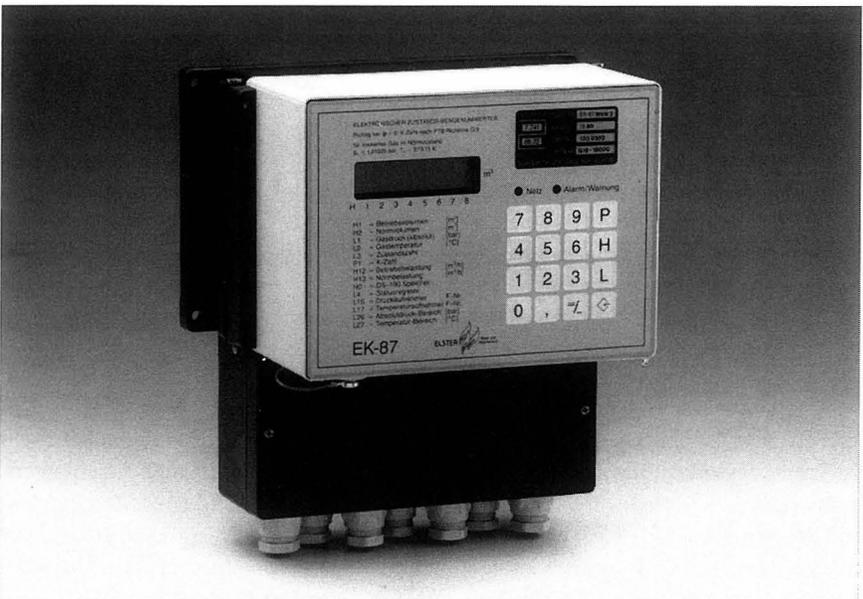


Bild 2.1 a: ZMU-Rechner (Werkbild Elster)

Die Aufnehmer werden über eine Klemmleiste an den Rechner angeschlossen (vergl. 4.6). Der Rechner ist üblicherweise für eine Umgebungstemperatur von  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  zugelassen. Die zulässigen Abweichungen für die Netzspannung von 230 V betragen  $+10\%$  und  $-15\%$ . Je nach Typ ist auch eine Spannungsversorgung von 24 V Gleichspannung (Schwankungsbreite 20 V bis 30 V) oder ein Batteriebetrieb mit Zellen hoher Lebensdauer (z. B. Lithium-Batterie) möglich.

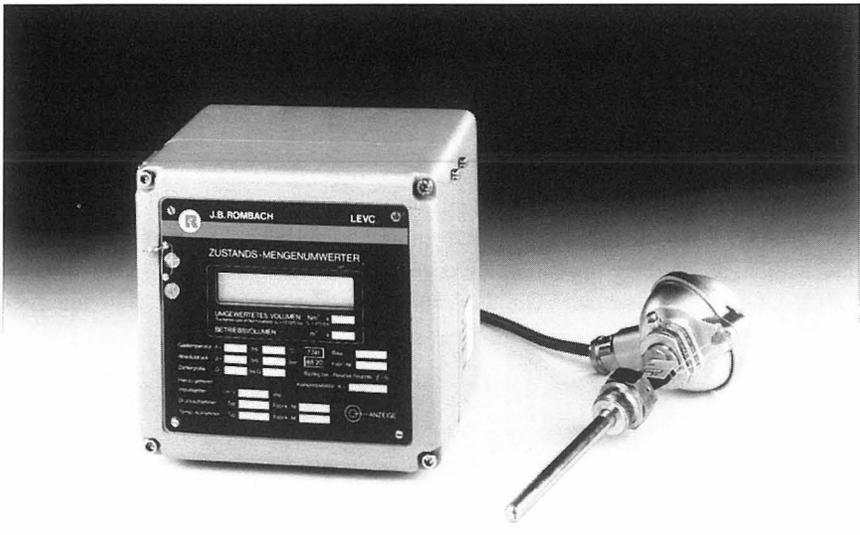


Bild 2.1 b: Kompakt-ZMU (mit Temperaturlaufnehmer und eingebautem Druckaufnehmer (Werkbild Rombach))

### 2.1.1 Zentraleinheit

Der Rechner ist überwiegend ein Prozessrechner. Er besitzt als Zentraleinheit einen Mikroprozessor, der nicht frei programmierbar ist. Im Rechner werden die volumenproportionalen Impulse des Gaszählers gespeichert und in kurzen Zeitintervallen, mit den jeweils anliegenden Meßwerten der Aufnehmer, das Normvolumen oder der Wärmeinhalt des Gases errechnet. Die Zentraleinheit ist eigenfehlersicher und kontrolliert sich selbst sowie alle eingehenden Meßwerte. Bei Unstimmigkeiten löst sie Alarm aus und zeigt die Art des Alarms an. Die Abrechnungszählwerke werden bei

Auftreten eines Alarms stillgesetzt. Einige Rechner besitzen besondere Zählwerke für sogenannte „Störmengen“. Diese Mengen werden mit vorprogrammierten Festwerten oder den letzten richtigen Meßwerten umgewertet.

### 2.1.2 Ein- und Ausgänge

Die Eingänge in den Rechner sind von der Auslegung des Mengenumwerters abhängig. Wie bereits im Abschnitt 1.5 dargestellt, kann ein Rechner mit unterschiedlichen Aufnehmern und der entsprechenden Software ausgestattet sein. Es sind sowohl digitale als auch analoge Eingänge üblich. Digitale Signale können direkt von der Zentraleinheit verarbeitet werden. Für analoge Signale (0 mA bis 20 mA oder 4 mA bis 20 mA bzw. 1 V bis 5 V) ist im Eingang ein A/D-Wandler vorhanden.

An die Ausgänge (analog oder digital) können je nach Wunsch noch Fernübertragungsanlagen, Drucker, Schreiber, Odorieranlagen und andere nichteichpflichtige Einrichtungen angeschlossen werden. Alle Ausgänge müssen rückwirkungsfrei sein. Auf die Anforderungen der PTB an Schnittstellen wird verwiesen.



Bild 2.2: DMU-Rechner (Werkbild Bopp & Reuther)

### 2.1.3 Anzeige

Die Anzeige der Mengenumwerter erfolgt über elektromechanische oder elektronische Zählwerke. Bei letzteren muß eine Pufferbatterie vorhanden sein, die die Daten gegen Verlust bei Stromausfall sichert. Lithiumbatterien sind spätestens alle fünf Jahre zu wechseln, Akkus nach zweieinhalb Jahren. Über ein Display können alle im Rechner vorhandenen Daten sichtbar gemacht und zum Teil über eine Tastatur eingegeben werden. Die Eingabedaten mit besonderer eichtechnischer Bedeutung sind dabei mit einem „Schalter“ amtlich gesichert, die anderen Daten werden unter Benutzersicherung gehalten.

### 2.1.4 Software

Die Software eines Mengenumwerters kann in einem programmierbaren Halbleiterspeicher z. B. PROM oder EPROM abgelegt sein. Sie wird je nach Aufgabe des Rechners als Zustands-, Dichte- oder als Brennwert-Mengenumwerter programmiert und ist Bestandteil der Zulassung des Mengenumwerters durch die PTB. Die Kompressibilität des Gases kann je nach Art des Rechners als Festwert, als Tabelle in einem EPROM oder als Gleichung aus der Technischen Richtlinie G 9 (TR G 9) der PTB berücksichtigt werden. Wie in 1.3.5 dargestellt, ist eine fest vorgegebene K-Zahl nur für ein bestimmtes Gas bei einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur, eine K-Zahlentabelle nur für ein bestimmtes Gas im gesamten Druck- und Temperaturbereich des Mengenumwerters richtig. Bei einer Änderung der K-Zahl ist eine Umprogrammierung, ggf. auch ein Eingriff in den Rechner erforderlich (vergl. 5.4.1). Bei einigen Rechnern besteht die Möglichkeit, mehrere Tabellen für die verschiedenen Gasarten zu speichern und nach Bedarf anzuwählen.

Bei Mengenumwertern, die die K-Zahl nach der TR G 9 aus der Analyse des Erdgases berechnen, werden bei einer Änderung der Gasqualität neue Werte der Gasanalyse in den Rechner eingegeben. Eine Änderung der Hardware ist nicht erforderlich.

## 2.2 Aufnehmer

Welche Meßwertaufnehmer an einen Mengenumwerter angebaut werden dürfen, ist in der PTB-Zulassung festgelegt. Im einzelnen sind Aufnehmer für folgende Meßgrößen möglich:

### 2.2.1 Temperatur

Bei den bisher zugelassenen Mengenumwerter-Bauarten sind die gebräuchlichsten Temperaturenfnehmer Platin-Widerstandsgeber der Bauform Pt 100. Deren Widerstandsänderung wird entweder im Rechner direkt ausgewertet oder in einen temperaturproportionalen Strom von 4 mA bis 20 mA umgesetzt. Es besteht auch die Möglichkeit, den Analog-Digitalwandler in den Anschlußkopf des Meßfühlers einzubauen, der dann eine der Temperatur entsprechende Frequenz dem Rechner zuführt. Eine solche Anordnung ist insbesondere bei längeren Signalleitungen vorteilhaft. Sie erfordert jedoch wegen des Exschutzes für den A/D-Wandler im Fühlerkopf einen erheblich größeren Aufwand. Andere Temperaturenfnehmer wie z. B. Halbleiterelemente sind ebenfalls möglich.

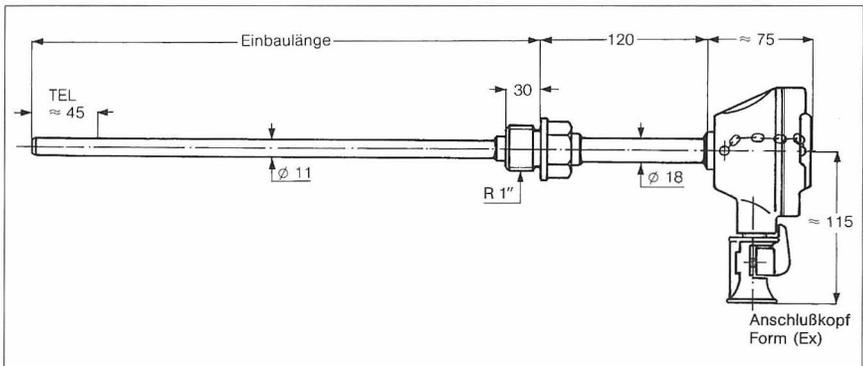


Bild 2.3: Beispiel für Temperatur-Aufnehmer (Pt 100 Fabrikat Degussa)  
TEL temperaturempfindliche Länge

### 2.2.2 Druck

Als Druckaufnehmer sind Absolutdruckaufnehmer und für den Druck  $p_{\min} \geq 20$  bar auch Überdruckaufnehmer zugelassen. Bei der Verwendung von Überdruckaufnehmern wird dem Rechner ein mittlerer Wert für den Atmosphärendruck am Gebrauchsort als Konstante vorgegeben.

In den Mengenumwerterzulassungen der PTB sind die Druckaufnehmer aufgeführt, die an die jeweiligen Rechner angeschlossen werden dürfen. Als Meßsignale sind Ströme von 4 mA bis 20 mA oder druckproportionale Frequenzen üblich.

Einige Beispiele für zugelassene Systeme werden im folgenden beschrieben:

- Absolutdruckaufnehmer als Vakuumdose mit Bourdonrohr, an dessen freiem Ende der Kern eines Differentialtransformators angebracht ist. Die Verschiebung des Kerns in den Spulen verursacht eine Änderung des Magnetfeldes und damit eine druckproportionale Änderung der Stromstärke im Sekundärkreis des Transformators.
- Absolutdruckaufnehmer mit Schwingsaite, die einseitig an einer Vakuumdose befestigt ist und bei steigendem Druck stärker gespannt wird. Mit steigender Saitenspannung erhöht sich die Resonanzfrequenz, die als druckproportionales Signal auf den Rechner gegeben wird.
- Druckaufnehmer mit Differentialkondensator. Diese werden z. Z. am häufigsten verwendet. Der Differentialkondensator besteht aus einer Zweikammermeßzelle mit zwei Trennmembranen und einer zwischen zwei festen Kondensatorplatten angebrachten Meßmembran. Wird diese aufgrund einer Druckänderung verschoben, ändert sich der Abstand von den Kondensatorplatten. Die dadurch erfolgten Kapazitätsänderungen werden elektronisch in einen druckproportionalen Strom umgeformt.

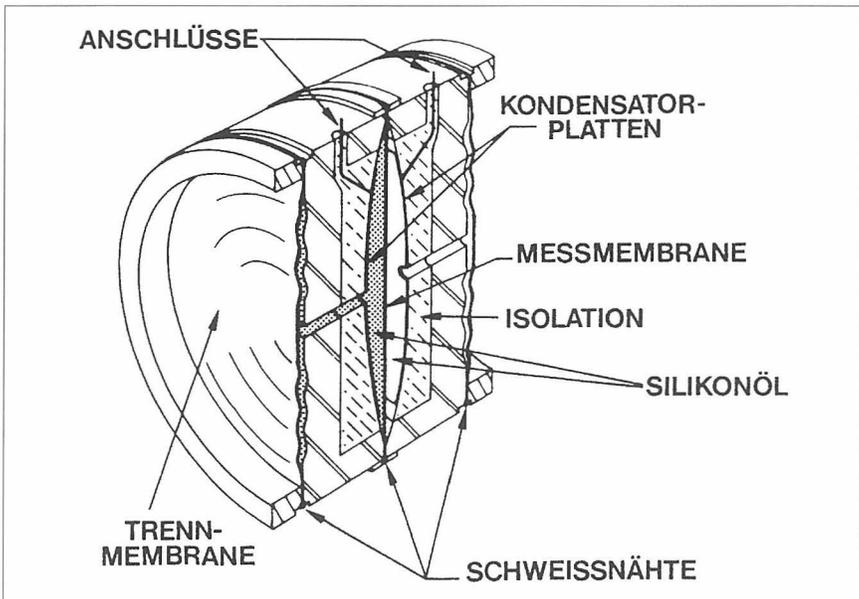


Bild 2.4 a: Prinzip des Druckaufnehmers mit Differentialkondensator  
(Werkbild Rosemount)

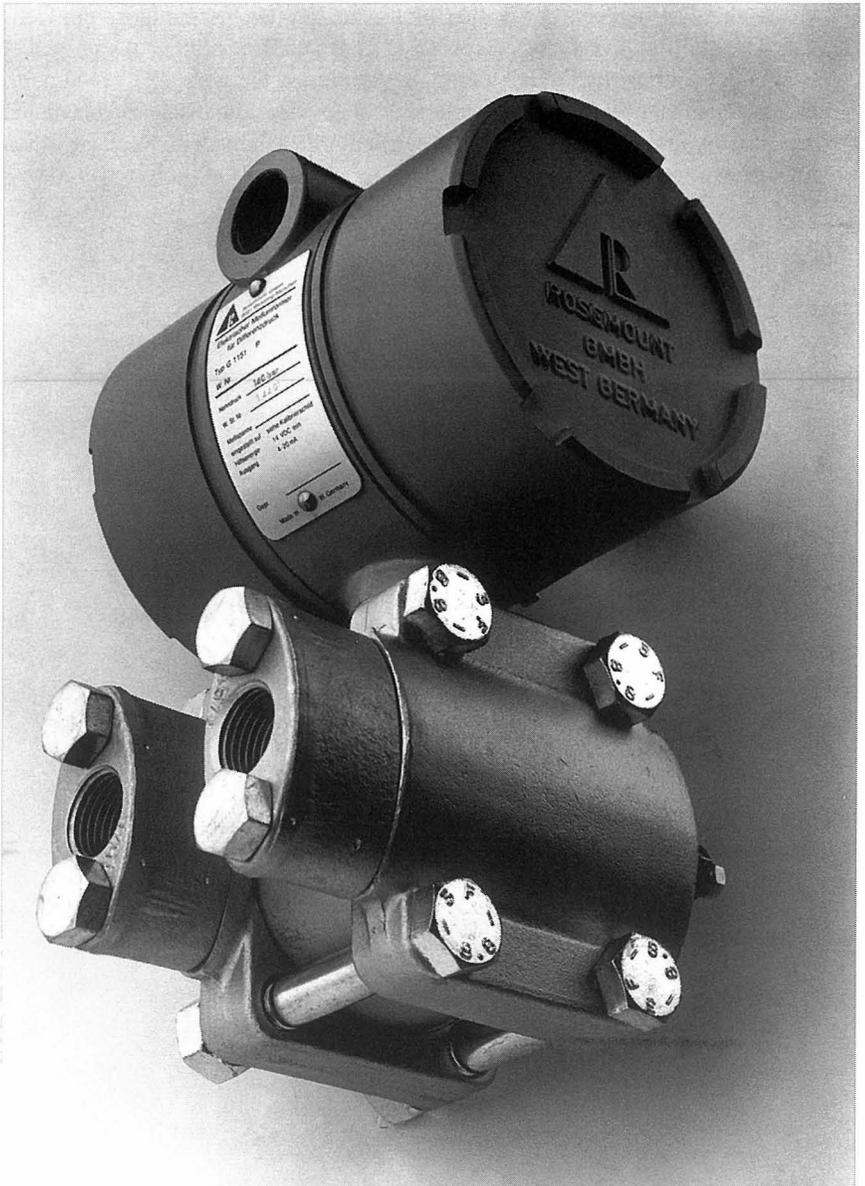


Bild 2.4 b: Druckaufnehmer (Werkbild Rosemount)

- Absolutdruckaufnehmer, auf dessen Meßmembran der Vakuumdose ein Dehnungsmeßstreifen (DMS) aufgebracht ist. Dem Druckaufnehmer vorgeschaltet ist eine mit Silikonöl gefüllte Übertragungskammer, die über eine Trennmembran mit dem zu messenden Druck beaufschlagt wird. Die bisher zugelassenen Druckmeßdosen sind temperaturkompensiert. Sie leiten dem Rechner einen druckproportionalen Strom zu.



Bild 2.4 c: Druckaufnehmer mit DMS-Element (Werkbild Druck)

### 2.2.3 Betriebsdichte

Zur Messung der Betriebsdichte haben sich Schwingssysteme bewährt. Hierbei besteht das Fühlerelement aus einem Metallkörper, der elektromagnetisch zu Schwingungen angeregt wird. Das Gas strömt mit dem Druck der Gasleitung über die Flächen des Schwingkörpers. Eine Druckänderung bedeutet eine Änderung der Dichte des Gases und damit eine Änderung der schwingenden Masse. Die Eigenfrequenz des gesamten schwingenden Systems sinkt mit dem Ansteigen der Gasmasse. Der mit dem Fühlerelement gekoppelte Verstärker hält die Schwingbedingungen (Resonanz) aufrecht und liefert gleichzeitig das Signal für den Rechner.

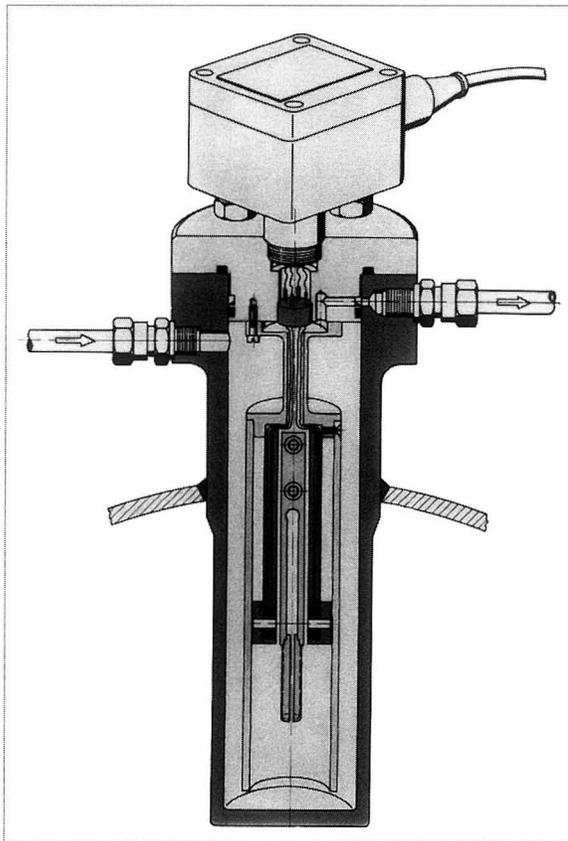


Bild 2.5 a: Schwinggabel-Dichteaufnehmer (Schnitt)



Bild 2.5 b: Dichteaufnehmer (Werkbild Bopp & Reuther)

## 2.2.4 Normdichte

Die Normdichteaufnehmer der verschiedenen zugelassenen Fabrikate unterscheiden sich in ihrem Aufbau so grundlegend, daß es erforderlich erscheint, die Systeme einzeln zu beschreiben. Die Reihenfolge der Beschreibungen enthält keine Wertung.

*Normdichteaufnehmer mit einfachen Schwingkörpersystemen* verwenden als Geber-element einen Schwingzylinder zur Bestimmung der Dichte einer Gasprobe unter

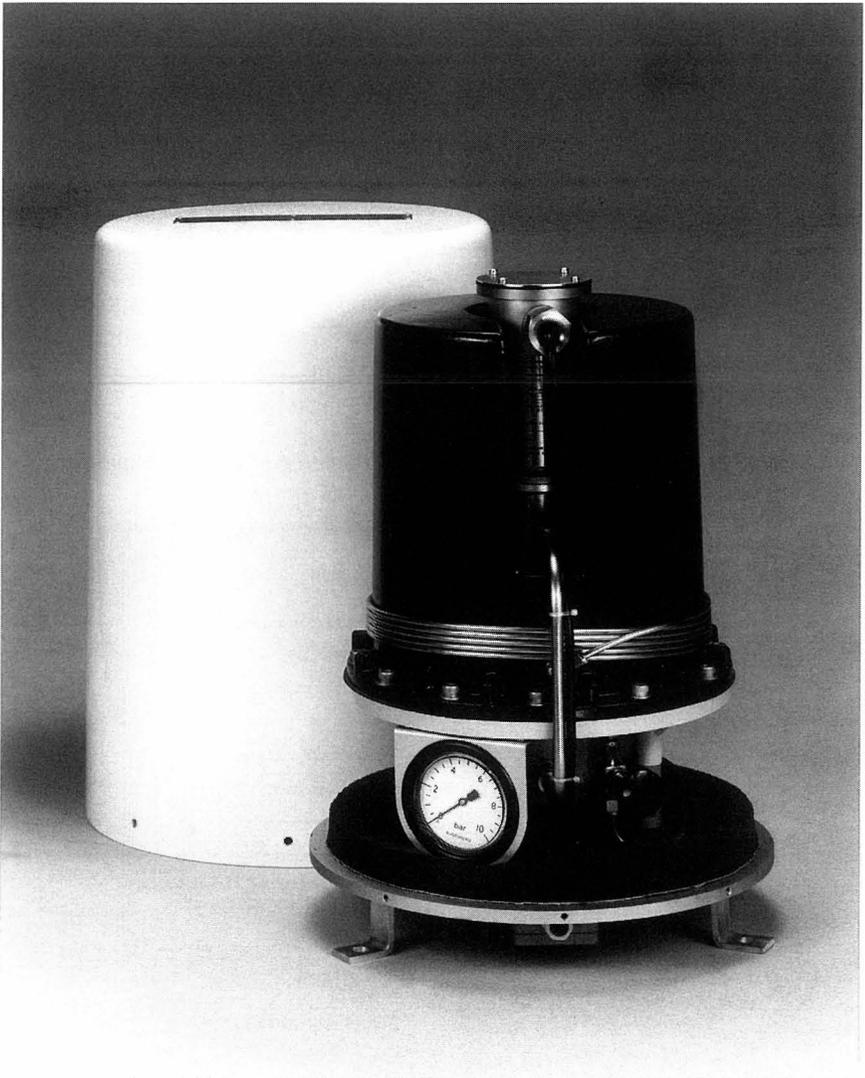
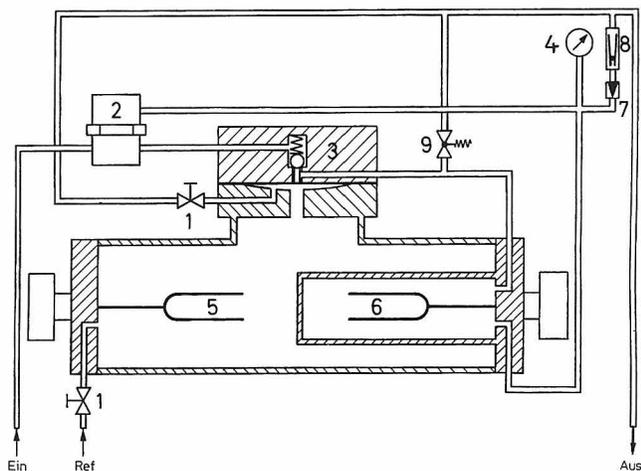


Bild 2.6: Normdichteaufnehmer mit einfachem Schwingkörpersystem  
(Werkbild Solartron)

definierten Bedingungen. Bei dieser Meßmethode wird ein Gas unbekannter Dichte mit einem Normgas, dessen Dichte im Labor bestimmt wurde, in direkte Beziehung gesetzt.

Der Normdichteaufnehmer besteht aus zwei Kammern, einer Referenzgas- und einer Probengaskammer, in der sich das zu messende Gas befindet. Die Referenzgaskammer hat ein definiertes Volumen und ist mit einem bekannten Referenzgas gefüllt. Der Schwingzylinder sitzt in der Meßkammer und ist vom Probengas umgeben. Der Druck des Probengases wird über eine Regelmembran auf den Druck des Referenzgases geregelt. Durch konstruktive Maßnahmen ist sichergestellt, daß die Temperaturen von Proben- und Referenzgas übereinstimmen. Sollten Temperaturschwankungen auftreten (max. 2 K/h), so bewirken sie eine Druckänderung im gesamten System entsprechend den Gasgesetzen. Unter der Annahme, daß die Kompressibilitätszahlen von Referenz- und Probengas gleich sind, stimmen ihre Zustandszahlen überein. Damit ist die Dichte des Probengases unabhängig von der Temperatur immer proportional zu seiner Normdichte. Der Schwingzylinder liefert somit ein der Normdichte proportionales Signal an den Rechner.

*Systeme mit Meß- und Referenzschwingkörpern haben getrennte Meßkammern*



- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 1 Absperrentil         | 2 Differenzdruckregler         |
| 3 Druckausgleich       | 4 Druckanzeige                 |
| 5 Referenzschwinggabel | 6 Meßgabel                     |
| 7 Einstellventil       | 8 Schwebekörperdurchflußmesser |
| 9 Überdruckventil      |                                |

Bild 2.7 a: Normdichteaufnehmer mit Meß- und Referenzschwinggabel (Prinzip-Schaubild)

Die erste Kammer ist mit einem dem Meßgas ähnlichen Referenzgas gefüllt und nach außen verschlossen. Für Erdgasmessungen wird in der Regel Methan verwendet. Die Referenzgaskammer umschließt die zweite Kammer, durch die kontinuierlich eine bestimmte Menge Meßgas fließt. Über einen Druckausgleichsregler wird Druckgleichgewicht in Proben- und Referenzgaskammer hergestellt, um eine Messung unter gleichen Druck- und Temperaturbedingungen in beiden Kammern zu gewährleisten.

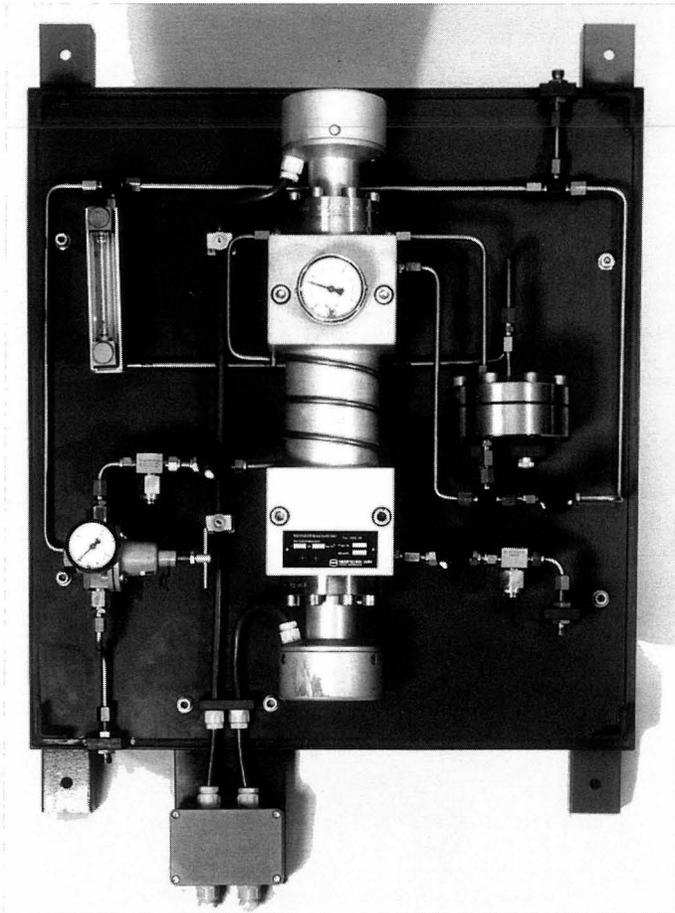


Bild 2.7 b: Normdichteaufnehmer mit Meß- und Referenzschwinggabel  
(Werkbild RMG-Meßtechnik)

Als weiteres Meßsystem für die Normdichtemessung wird die *Gasdichtewaage* verwendet. Sie arbeitet nach dem Auftriebsverfahren und benutzt dazu das mechanische System der Balkenwaage.

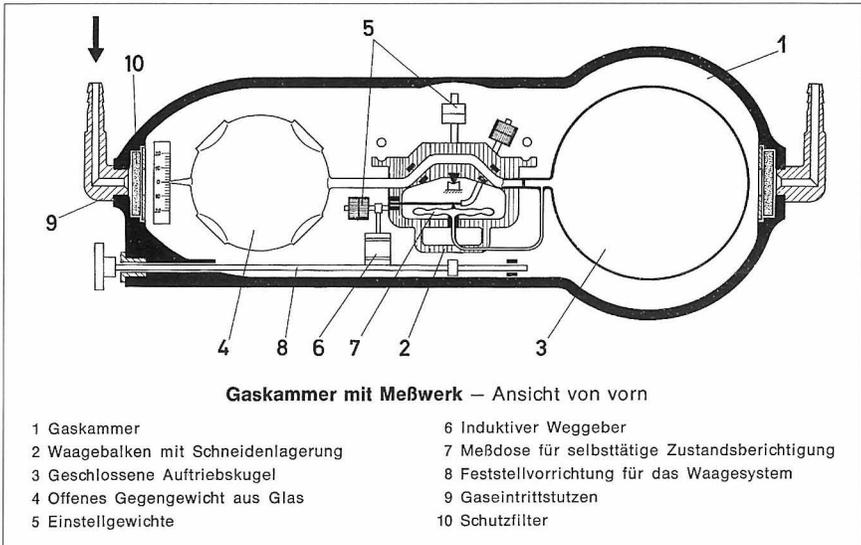


Bild 2.8 a: Normdichte-Waage (Prinzip Schaubild)

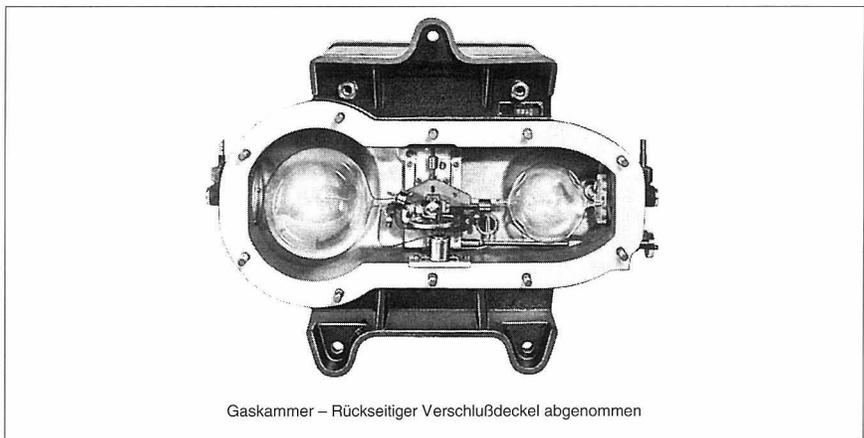


Bild 2.8 b: Normdichte-Waage (Werkbild Spanner-Pollux)

In einem gasdichten Gehäuse ist ein Wägesystem eingebaut, das vom Meßgas ständig umspült wird. An beiden Seiten des Waagebalkens befindet sich eine Glaskugel. Die kleinere Kugel ist offen und dient als oberflächengleiches Gegengewicht zur größeren Auftriebskugel. Diese Auftriebskugel wird mit einem Gas von bekannter Dichte gefüllt. Sie ist an eine Meßdose angeschlossen, die auf dem Waagebalken sitzt und einen Ausgleich zwischen dem Druck im Gesamtraum und dem Druck in der Kugel herstellt. Über zwei Stellgewichte kann die Nulllage und die Empfindlichkeit des Wägesystems eingestellt werden. Zur Verringerung der Haftreibung ist ein Vibrator in das System eingebaut.

Aufgrund der unterschiedlichen Dichten im Gehäuse (Meßgas) und in der Auftriebskugel (Sauerstoff oder Stickstoff) wird eine der Dichtedifferenz entsprechende Auftriebskraft wirksam.

In dem älteren System wird der Ausschlag des Waagebalkens über einen induktiven Wegaufnehmer in einer nachgeschalteten Elektronik in einen dichteproportionalen Strom umgesetzt. Um bei gleichem Meßbereich eine größere Empfindlichkeit zu erreichen, sind die neueren Geräte mit einer Kraftkompensation ausgestattet worden. Bei diesen Normdichtewaagen wird der Waagebalken immer in der Nulllage gehalten und die dazu erforderliche Kraft als Maß für die Normdichte benutzt. Der Gasaustausch wird durch frisches Gas, das trotz möglichst kurzer Leitungen auf Raumtemperatur gebracht wird, sichergestellt. Die Gasdichtewaage ist temperaturkompensiert. Eine rechnerische Korrektur auf die Normtemperatur ist nicht erforderlich.

Weitere Bedingungen und Auflagen über den Betrieb aller Dichte- und Normdichtemeßgeräte sind in den Zulassungen der PTB enthalten.

### 2.2.5 Brennwert

Die Brennwert-Mengennummerer auf der Basis der Zustands- und der Dichte-Mengennummerer (Blockschaltbilder in 1.5.4) benötigen als zusätzliche Eingangsgröße den Brennwert  $H_{0,n}$  des Gases, um den Wärmehalt zu errechnen.

Als Brennwertmeßgeräte werden bisher Gaskalorimeter oder Prozessgaschromatographen eingesetzt. Der Brennwert muß in einem Gaskalorimeter kontinuierlich oder intermittierend mit mindestens 12 Meßzyklen pro Stunde gemessen werden. Andere Brennwertmeßgeräte müssen mit mindestens vier Meßzyklen pro Stunde

arbeiten. Der Meßwert wird gegebenenfalls über Trenn- und Halteverstärker dem Rechner zugeführt.

Brennwertmeßgeräte sind eigenständige Meßgeräte, die in einer besonderen Prüfmethode behandelt werden.

## **2.3 Korrekturverfahren**

### **2.3.1 Korrektur des Schallgeschwindigkeitseinflusses**

Für die Kalibrierung der Schwingkörpersysteme sind Gase erforderlich, die gleiche oder sehr ähnliche thermodynamische Eigenschaften haben wie das zu messende Gas. Als Kalibriergas wird üblicherweise Reinstmethan verwendet. In diesem herrscht jedoch eine andere Schallgeschwindigkeit (Velocity of Sound, VOS) als in Erdgas. Außerdem ist die Schallgeschwindigkeit temperatur- und druckabhängig.

Bei Dichtemeßgeräten nach dem Schwingkörperprinzip werden durch die vom Schwingkörper auf das Gas übertragenen Schwingungen Druck- und Geschwindigkeitsschwankungen erzeugt, die sich mit Schallgeschwindigkeit im Gas ausbreiten. Die vom Schwingkörper abgegebene Energie wird dabei in kinetische Energie der Gasmoleküle umgewandelt. Die übertragene Energie ist dabei sowohl von der Dichte des Gases als auch von der Schallgeschwindigkeit abhängig.

Da bei der Kalibrierung nur die Abhängigkeit zwischen der Dichte des Gases und der Frequenz, nicht aber die Abhängigkeit der Frequenz von der Schallgeschwindigkeit berücksichtigt wird, weicht die angezeigte Dichte eines Prüfgases von der tatsächlichen Dichte ab, wenn die Schallgeschwindigkeiten in Kalibriergas und Prüfgas verschieden sind.

Es wurde nachgewiesen, daß die Abweichung zwischen tatsächlicher und angezeigter Dichte gleich dem Verhältnis aus der kinetischen Energie, die bei der Kalibrierung mit dem Kalibriergas (z. B. Methan) aufgenommen wird, zu der kinetischen Energie im Prüfgas ist (VDI-Fortschrittsbericht Nr. 162, 1985, Reihe 6).

Der beschriebene Effekt kann bei der Dichtebestimmung durch Einführung eines Korrekturfaktors berücksichtigt werden. Der relative Fehler bei der Dichtemessung kann bis zu 0,5 % betragen, wenn keine Schallgeschwindigkeitskorrektur durchgeführt wird.

In der Praxis sind in der Zwischenzeit verschiedene Verfahren entwickelt worden, die je nach Art der Mengenumwerter angewandt werden.

Bei älteren, d. h. analog oder inkremental arbeitenden Mengenumwertern wird die Schallgeschwindigkeitskorrektur bereits in die Konstanten der Schwingkörper (siehe 4.3) eingerechnet. Dieses Verfahren berücksichtigt naturgemäß nur einen Druck bei einer Temperatur und einer bestimmten Gaszusammensetzung. Weil durch diese Art der Korrektur nur eine unzureichende Verbesserung der Meßgenauigkeit erzielt wird, darf es nur auf die o. g. älteren Anlagen angewandt werden, wenn in der Software der Rechner keine Möglichkeit besteht, eines der nachfolgend beschriebenen Verfahren einzubinden.

Bei digital arbeitenden Mengenumwertern kann ein Schallgeschwindigkeitsmeßgerät eingesetzt werden, das nach dem Prinzip der Wirbelpfeife arbeitet.

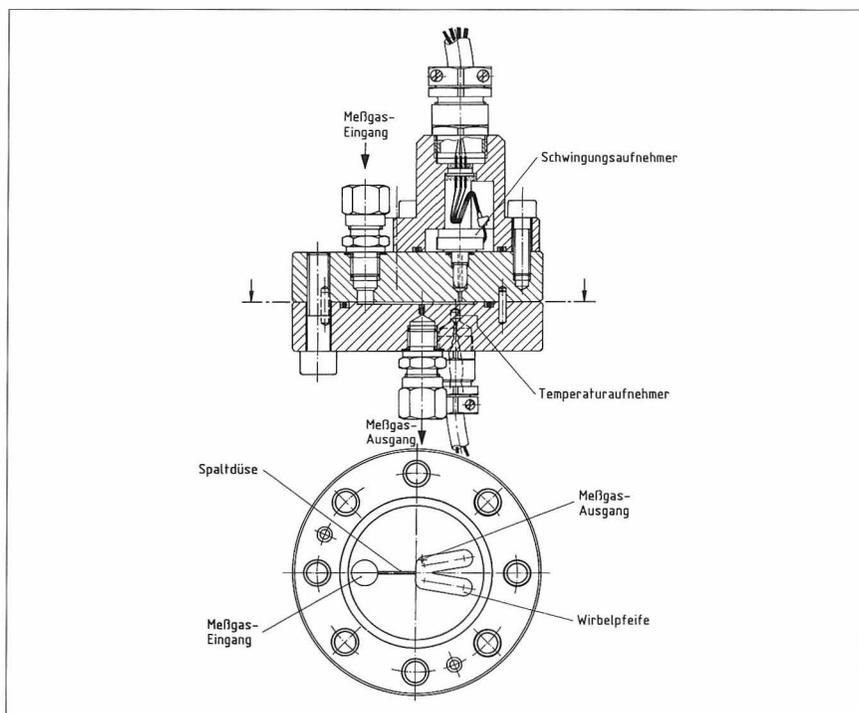


Bild 2.9 a: Schallgeschwindigkeits-Meßgerät (Aufbau)

Das zu messende Gas strömt dabei über einen Druckregler in das Schallgeschwindigkeitsmeßgerät. In einer Spaltdüse wird das Gas auf Schallgeschwindigkeit beschleunigt und oszilliert in der Wirbelkammer an einer der Düse gegenüberliegenden Schneide mit einer der Schallgeschwindigkeit des Meßgases proportionalen Frequenz. Die einzelnen Wirbel werden mit einem piezoresistiven Druckwandler erfaßt.

Der Gasdruck wird in dem Druckregler so eingestellt, daß sich in der Wirbelkammer Atmosphärendruck einstellt. Die Gastemperatur wird mit einem Temperaturfühler gemessen und mit der Wirbelfrequenz dem Rechner als Eingangssignal für die Schallgeschwindigkeitskorrektur zugeführt.

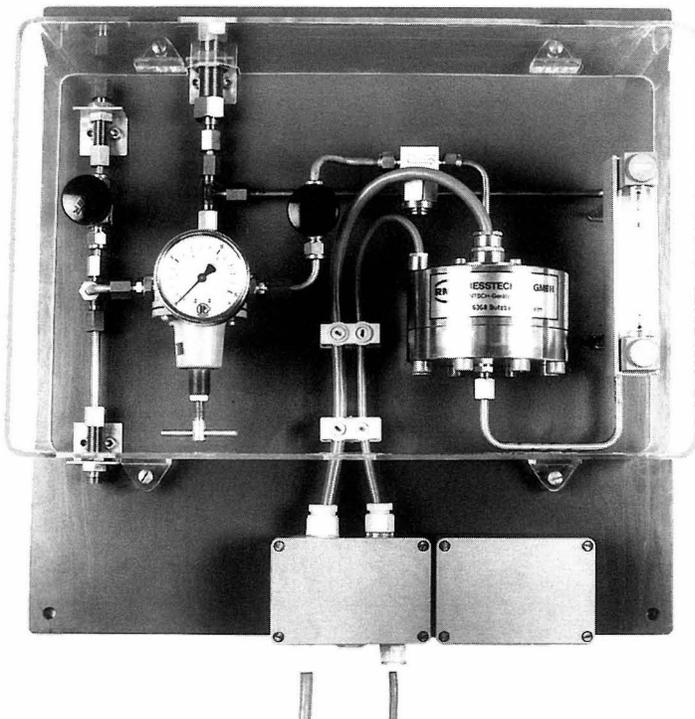


Bild 2.9 b: Schallgeschwindigkeits-Meßgerät (Werkbild RMG-Meßtechnik)

Anerkannt sind jedoch auch Rechenverfahren auf der Grundlage empirischer Gleichungen. Diese Verfahren wurden für Gasstationen entwickelt, in denen alle erforderlichen Meßwerte für die rechnerische Korrektur vorhanden sind. In diesen Fällen kann somit auf die zusätzliche Messung der Schallgeschwindigkeit verzichtet werden.

Die empirischen Gleichungen wurden im Labor an einer größeren Anzahl sehr unterschiedlicher Gase bei unterschiedlichen Temperaturen und Drücken überprüft und stimmten dabei mit den im Labor ermittelten Werten der Schallgeschwindigkeit der Erdgase besser als 2 % überein.

Ein Fehler von 1 % bei der Messung der Schallgeschwindigkeit ergibt einen Fehler von 0,05 % bei der Dichte. Damit liegt die Genauigkeit der beiden Korrekturverfahren in der gleichen Größenordnung wie die labormäßige Überprüfung der Schallgeschwindigkeit.

### **2.3.2 Korrektur der Normdichte- und Brennwertmessung**

An einigen Dichte- bzw. Brennwert-Mengennummern können Normdichteaufnehmer und Brennwertmeßgeräte am Aufstellungsort jederzeit nachkalibriert werden. Grundlage hierfür sind die Analysedaten eines beglaubigten Prüfgases, das in der Station bereitgehalten wird. Der Rechner dieser Umwerter hat dafür eine zusätzliche Einrichtung mit den Tasten „Messen“, „Prüfen“ und „Kalibrieren“. Der Schalter zur Freigabe dieser Tasten hat eine Benutzersicherung.

Beim Anbau des Umwerter oder bei einem Wechsel der Prüfgasflasche wird der Sollwert des Prüfgases unter amtlicher Aufsicht in den Rechner eingegeben.

### **2.3.3 Fehlerkorrektur der Volumenmessung**

Bei einigen Bauarten von Umwertern hat die PTB die Korrektur der Fehler der Volumengaszähler im Mengennummern zugelassen. Voraussetzung für eine solche Korrektur ist es, daß an dem Gaszähler die freiwillige Hochdruckprüfung nach der Technischen Richtlinie G 7 der PTB durchgeführt wurde und folgende weiteren Bedingungen eingehalten werden:

- Der Prüfdruck muß dem späteren Betriebsdruck bzw. die Prüfdichte der späteren Betriebsdichte entsprechen. Nur dadurch ist sichergestellt, daß die korrigier-

ten Fehler auch tatsächlich in der richtigen Größe berücksichtigt werden und nicht durch Hochdruckversatz oder andere Einflüsse der Fehler noch größer wird.

- Der Gaszähler muß mit dem Medium geprüft werden, für das er bestimmt ist. Ausnahmen bedürfen der besonderen Genehmigung durch die PTB oder die Eichaufsichtsbehörden.
- Wird ein Gaszähler bei zwei Drücken (oder Dichten) geprüft, so ist der arithmetische Mittelwert der beiden Fehler gleicher Belastung zu bilden.
- Die Fehlerkorrektur darf nur bei Gaszählern angewendet werden, deren Hochdruckfehlerkurve innerhalb der Eichfehlergrenze liegt.
- Dem Mengenumwerter dürfen nur die gemessenen Fehlerwerte aus dem Eichschein bzw. die daraus errechneten Mittelwerte eingegeben werden. Eine Extrapolation in nicht geprüfte Durchflußbereiche ist nicht zulässig.
- Das Hauptschild des Mengenumwerter ist durch entsprechende Hinweise zu ergänzen. In das neue Schild sind zusätzlich Typ und Fabriknummer des zugehörigen Gaszählers dauerhaft einzutragen.

## 3 Prüfräume und Prüfmittel

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

Prüfmittel müssen von der PTB oder Eichbehörde anerkannt und geprüft sein. In den Prüfscheinen angegebene Fehler sind zu berücksichtigen.

### 3.1 Prüfräume

Die Prüfräume sollen eine zeitlich und räumlich möglichst gleichmäßige Temperatur besitzen und dürfen aus dem Freien nicht direkt zugänglich sein. Tägliche Temperaturschwankungen sollen nicht größer als 2 K sein. Die in der Nähe von Quecksilbermanometern gemessene Raumtemperatur darf sich um nicht mehr als 1 K/h ändern. Bei der Prüfung von Normdichteaufnehmern darf sich deren Umgebungstemperatur um nicht mehr als 1K/h ändern. Sonneneinstrahlung auf Normalgeräte und zu prüfende Meßgeräte muß ausgeschlossen sein.

Bei Prüfungen am Gebrauchsort müssen die in den Zulassungen für die jeweiligen Meßgeräte festgelegten Anforderungen hinsichtlich der Umgebungstemperaturen eingehalten werden. Ebenso muß die einwandfreie Funktion der Prüfmittel gewährleistet sein.

### 3.2 Prüfmittel für Zustands-Mengenurwerter

#### 3.2.1 Druckmessung

##### Barometer

Bei Prüfungen von Umwertern in der Amtsstelle kommen Stations-, Gefäßheberbarometer oder hierfür anerkannte elektronische Geräte in Betracht. Neu zu beschaffende Geräte müssen eine Einteilung in Hektopascal oder Millibar besitzen.

Quecksilberbarometer müssen mit einem in 1 K geteilten Thermometer versehen sein.

Bei der Prüfung von Umwertern am Gebrauchsort kann ein hysteresearmes, temperaturkompensiertes Aneroid-Barometer (Wert eines Skalenteiles kleiner als 1 mbar)

verwendet werden. Es muß vor der Benutzung mit einem amtlich geprüften Barometer verglichen worden sein; der dabei gefundene Fehler ist zu berücksichtigen.

### **Manometer**

Zur Druckmessung sind passend gestufte Flüssigkeitssäulenmanometer mit Quecksilberfüllung, Kolbenmanometer oder andere Manometer erforderlich.

Flüssigkeitssäulenmanometer müssen mit einem in 1 K geteilten Thermometer versehen sein. Angebrachte Maßstäbe müssen der Genauigkeitsklasse I entsprechen.

Die maximale Meßunsicherheit der Manometer darf bei der

- Vorprüfung von Druckaufnehmern 0,05 %
- Prüfung von Umwertern als Gesamtsystem 0,1 %
- Betriebsprüfung von Umwertern 0,2 %

vom jeweiligen Meßwert betragen.

### **3.2.2 Temperaturmessung**

Zur Temperaturmessung sind Flüssigkeits-Glasthermometer oder Elektrothermometer erforderlich.

Flüssigkeits-Glasthermometer müssen bei der

- Vorprüfung von Temperaturlaufnehmern in 0,05 K
- Prüfung des Gesamtsystems und bei der Betriebsprüfung von Umwertern in 0,1 K

geteilt sein.

Elektrothermometer müssen eine Auflösung bei der

- Vorprüfung von Temperaturlaufnehmern und der Prüfung des Gesamtsystems von 0,01 K
- Betriebsprüfung von Umwertern von 0,1 K

besitzen.

### **3.2.3 Zusätzliche Prüfmittel für Komponentenprüfungen**

Sofern die Prüfung der einzelnen Komponenten (Rechner, Druck- und Temperatur-aufnehmer) getrennt erfolgen soll, sind zusätzlich Digitalmeßgeräte zur Messung

der Ausgangssignale der Aufnehmer sowie der Geräte zur Simulation der Eingangsgrößen des Rechners erforderlich.

Die Meßgeräte zur Prüfung von Temperaturlaufnehmern ohne Meßumformer müssen einen Anzeigebereich von 5 1/2 Stellen aufweisen. Bei den sonstigen Meßgeräten genügt ein Anzeigebereich von 4 1/2 Stellen.

Bei der Rechnerprüfung dürfen die Geräte zur Simulation der Eingangsgrößen insgesamt keine größere Unsicherheit verursachen, als es einem Drittel der festgelegten Prüffehlergrenze des Rechners entspricht. Gebergeräte müssen nicht geprüft sein, wenn ihre Ausgangswerte mit geprüften Meßgeräten kontrolliert werden.

Prüfgeräte, die zur Verwendung am Gebrauchsort vorgesehen sind, müssen hinsichtlich der Umgebungseinflüsse hierzu geeignet sein.

### **3.2.4 Prüfungshilfs- und Auswertungsmittel**

Es sind erforderlich:

- ein thermostatisiertes Prüfbad mit Flüssigkeitsfüllung, dessen Temperatur mit einer Unsicherheit von höchstens 0,2 K räumlich und zeitlich auf dem eingestellten Wert gehalten werden kann  
Sollen Prüfungen von Temperaturlaufnehmern als Komponente durchgeführt werden, darf die Unsicherheit 0,05 K nicht überschreiten.
- Impulsgeber mit Zähler zur Simulation des Betriebsvolumenfortschrittes
- ein geeigneter Rechner, der es gestattet, Kompressibilitätszahlen nach der Technischen Richtlinie G 9 zu berechnen
- ggf. Tafeln der Kompressibilitätszahlen
- ggf. eine Dampfdrucktafel für den Sättigungsdruck des Wasserdampfes in Abhängigkeit von der Temperatur (gerundet auf 1 mbar)
- Vordrucke für Prüfungsniederschriften, sofern Niederschriften nicht von einem Computer erstellt werden (Beispiele: siehe Anlage)

### **3.3 Prüfmittel für Dichte-Mengenwert**

Für die Prüfung der Dichte-Mengenwert sind zusätzlich zu den Geräten nach 3.2 erforderlich:

- Frequenzmeßgerät umschaltbar auf Periodendaueranzeige zur Messung der Ausgangssignale von Schwingkörper-Aufnehmern mit einer Unsicherheit von höchstens  $2 \cdot 10^{-6}$
- Frequenzgeber zur Simulation der Ausgangssignale von Schwingkörper-Aufnehmern mit einer Unsicherheit von höchstens  $3 \cdot 10^{-6}$
- Prüfgase als Reinstmethan, Reinststickstoff, Reinstäthylen sowie Gasgemische im erforderlichen Umfang je nach Art der zu prüfenden Geräte. Sie müssen von einer anerkannten Stelle zertifiziert sein.

### 3.4 Prüfmittel für Brennwert-Mengenurwerter

Es sind zusätzlich zu den Prüfmitteln nach Nr. 3.2 bzw. 3.3 geprüfte Geber zur Simulation des Brennwertaufnehmers erforderlich.

### 3.5 Nachprüffristen für Normalgeräte

Es gelten die Nachprüffristen der Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften. Für dort nicht aufgeführte Gebrauchsnormale gelten die folgenden Nachprüffristen:

	Jahre
Elektrothermometer	2
Digitalmeßgeräte für Strom, Spannung, Widerstand	3
Gebergeräte für Strom und Spannung	3
Gebergeräte für Widerstand	5
Frequenzgeber	3
Frequenzmeßgerät	3

Zuständig für die Prüfung ist die PTB oder die Eichbehörde.

Frequenzmeßgeräte und Frequenzgeber können auch vom Anwender geprüft werden, wenn ein geeignetes Empfangsgerät für die von der PTB über den Sender DCF 77 ausgestrahlten Zeitsignale zur Verfügung steht.

Zur Gewährleistung der Meßsicherheit sollten alle Normalgeräte innerhalb der Nachprüffristen regelmäßig vom Anwender überprüft werden. Die Ergebnisse der Überprüfungen sind aufzuzeichnen.

---

## 4 Prüfung und Stempelung

### 4.1 Beschaffenheitsprüfung

Die Beschaffenheitsprüfung der Umwelter wird hier ohne die unter Abschn. 5 beschriebenen Maßnahmen am Gebrauchsort behandelt.

Bei der *Ersteichung* des Umwelters wird die Übereinstimmung des Meßgerätes mit den Zulassungsunterlagen geprüft, insbesondere hinsichtlich

- Zulassungsbezeichnung und vorgeschriebener Angaben auf dem Hauptschild
- Einhaltung der zulässigen Meßbereiche der Komponenten
- Übereinstimmung der Komponentendaten mit den Angaben auf dem Hauptschild bzw. Speicherstellen des Rechners.

Weiter ist zu untersuchen, ob

- bei Störungen entsprechende Warnanzeigen und ggf. Umschaltung auf Störmengezahlwerke erfolgt
- Berechnungsverfahren nur innerhalb der zulässigen Grenzen arbeiten.

Bei programmierbaren Rechnern ist außerdem zu prüfen, ob

- nur Berechnungsverfahren aktiviert sind, die für den eichpflichtigen Verkehr zugelassen sind
- die Speicherinhalte der programmierbaren Kanäle mit den Angaben im Betriebsdatenbuch übereinstimmen
- die Wertigkeiten der Zählwerke richtig eingegeben sind
- die amtlich zu sichernden Daten nicht ohne Stempelverletzung geändert werden können.

Werden vor der *Nacheichung* bzw. bei einer Instandsetzungsmaßnahme in Abwesenheit des Eichbeamten Sicherungsstempel am Rechner verletzt, sind die o. a. Prüfungen, soweit erforderlich, erneut vorzunehmen.

## 4.2 Meßtechnische Prüfung von Temperatur- und Zustands- Mengenumwertern

Im folgenden werden Temperatur-Mengenumwerter, die als Zustands-Mengenumwerter ohne Druckaufnehmer aufgefaßt werden können, nicht gesondert behandelt.

### 4.2.1 Ersteichung

Die Ersteichung von Zustands-Mengenumwertern kann am Gesamtsystem oder in Stufen mit Vorprüfung der Komponenten erfolgen. Sie ist erst mit einer Prüfung des Gesamtsystems am Gebrauchsort unter den dort herrschenden Bedingungen nach 4.5 abgeschlossen.

Bei der Eichung in Stufen muß die abschließende Prüfung innerhalb eines Jahres nach der Vorprüfung der Komponenten erfolgen, um sicherzustellen, daß sich deren meßtechnische Eigenschaften nicht wesentlich verändert haben.

#### 4.2.1.1 Prüfung als Gesamtsystem

Der Rechner wird zusammen mit den angeschlossenen Gebern nach der in Bild 4.1 skizzierten Anordnung auf richtiges Umwerten geprüft.

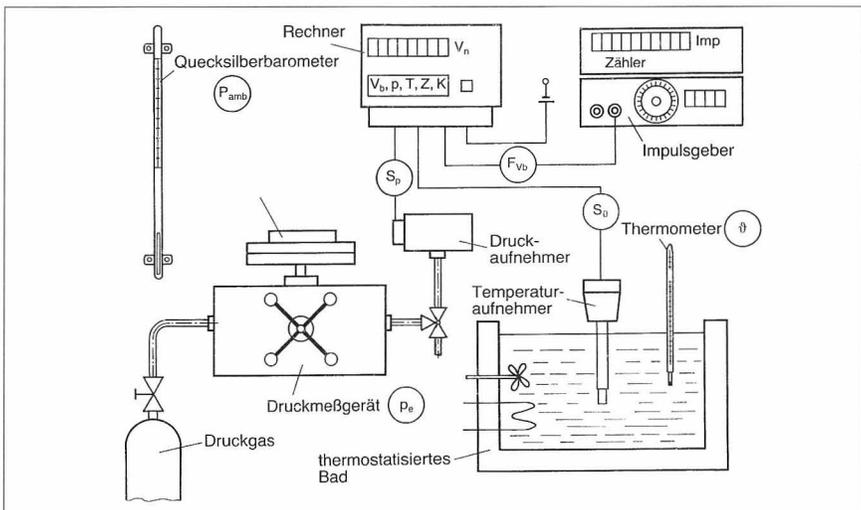


Bild 4.1: Anordnung für die Prüfung eines ZMU als Gesamtsystem

Dazu wird der Temperaturfühler in ein konstant gehaltenes, mit geeichtem Thermometer kontrolliertes Bad gebracht.

Für die im allgemeinen mit einem Temperaturbereich  $> 40$  K zugelassenen Umwelter sind drei Meßreihen erforderlich und zwar jeweils bei einer Temperatur

- an der unteren Meßbereichsgrenze bis 5 K darüber
- an der oberen Meßbereichsgrenze bis 5 K darunter
- etwa in der Mitte des Meßbereichs.

Ist der Temperaturmeßbereich auf  $\leq 40$  K eingeschränkt, genügen die ersten zwei Meßreihen.

Kontrolliert mit einem geeigneten Druck-Normalgerät, wird der Druckaufnehmer an Druckgas angeschlossen. Er ist über seinen gesamten Meßbereich mit steigendem und fallendem Druck an jeweils mindestens fünf Punkten zu prüfen. Dabei kann die Aufwärtsprüfung bei der einen, die Abwärtsprüfung bei einer anderen Temperatur durchgeführt werden. Vor der Abwärtsprüfung ist der Aufnehmer mit einem Druck von  $1,3 p_{\max}$  etwa 15 Minuten lang zu beaufschlagen.

Der Sollwert der Zustandszahl  $Z$  wird bei trockenem Gas errechnet aus

$$Z = \frac{p \cdot T_n}{p_n \cdot T \cdot K} \quad (4.1)$$

wobei gilt:

$p_n$  1,01325 bar (Normdruck)

$T_n$  273,15 K (Normtemperatur)

$p$  Absolutdruck aus Effektivdruck + atmosphärischem Druck

$T$  Absoluttemperatur aus Badtemperatur in  $^{\circ}\text{C} + T_n$

$K$  K-Zahl nach der Technischen Richtlinie der PTB G 9

Soweit der Rechner über eine  $Z$ -Anzeige mit ausreichender Auflösung (0,02 % von  $Z$ ) verfügt, können die Fehler des Umwelters  $f_z$  aus den abgelesenen Werten  $Z_i$  und den errechneten Sollwerten von  $Z$  ermittelt werden nach

$$f_z = \left( \frac{Z_i}{Z} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (4.2)$$

An Prüfpunkten, an denen die Z-Anzeige der Anforderung nicht genügt, und in jedem Fall mindestens einmal zur Kontrolle der Zählwerksfunktion, muß die Prüfung über die Zählwerke des Umwerters erfolgen. Dazu wird dieser zusätzlich an ein Gebergerät, das Impulse vom Zähler simuliert, angeschlossen. Unter Beachtung der höchstzulässigen Eingangsimpulsfrequenz ist ein Zählwerksfortschritt abzuwarten, der die Ablesung sowohl des Volumens im Betriebszustand als auch des Volumens im Normzustand mit einer Unsicherheit  $\leq 0,02\%$  erlaubt.

Beispiel:

Ablesegenauigkeit von  $V_b$  und  $V_n$ :  $0,01\text{ m}^3$

Impulswert:  $IW = 10\text{ imp/m}^3$

höchstzulässige Eingangsimpulsfrequenz:  $f = 2\text{ Hz}$

Mindestprüfvolumen:  $V = 0,01\text{ m}^3 / 0,0002 = 50\text{ m}^3$

Mindestprüfdauer:  $t = (50\text{ m}^3 \cdot 10\text{ m}^{-3}) / 2\text{ Hz} = 250\text{ s}$ .

Der Sollwert des Zählwerksfortschrittes nach der Meßzeit  $t$  wird errechnet nach

$$V_n = \frac{f \cdot t \cdot Z}{IW} \quad (4.3)$$

wobei gilt:

$Z$  Zustandszahl nach Gl. 4.1

$f$  Impulsfrequenz in Hz

$t$  Meßzeit in s

$IW$  Impulswert in  $\text{imp/m}^3$ , ggf. korrigiert nach den im Prüfschein eines hochdruckgeprüften Zählers angegebenen Fehlerwerten.

Der relative Gesamtfehler ergibt sich mit dem am Umwarter angezeigten Normvolumen-Zählwerksfortschritt  $V_{ni}$  aus

$$f_Z = \left( \frac{V_{ni}}{V_n} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (4.4)$$

Prüfprotokollbeispiel: Siehe Anhang 3.1

#### 4.2.1.2 Vorprüfung der Komponenten

##### Temperaturaufnehmer

Temperaturaufnehmer werden in ein konstant gehaltenes Bad eingetaucht, dessen Temperatur mit einem Thermometer gem. 3.2.2 gemessen wird. Zur Fehlerbestimmung genügen drei gleichmäßig über den Meßbereich verteilte Prüfpunkte.

*Aufnehmer mit Widerstandsgeber* werden mit Vierleiterschaltung (zur Eliminierung des Widerstandes der Anschlußkabel) an ein Digitalmultimeter gemäß 3.2.3 oder ein geprüftes Temperaturanzeigergerät angeschlossen. Dabei sind die Meßströme so klein zu halten, daß eine Verlustleistung von 1 mW nicht überschritten wird (bei Pt-100-Fühlern max. 3 mA), damit keine Selbstaufwärmung entsteht.

Der dem gemessenen Widerstand entsprechende Temperatur-Istwert  $\vartheta_i$  wird aus Tabellen nach DIN 43 760/IEC 751 interpoliert oder nach den dort angegebenen Gleichungen berechnet. Bei Verwendung eines speziellen Widerstands-Prüfgerätes kann der Istwert  $\vartheta_i$  direkt abgelesen werden. Die Fehlerberechnung erfolgt nach Gl. 4.6.

*Aufnehmer mit eingebauten Meßwertumformern* liefern bei Anschluß an die erforderliche Spannungsquelle Ausgangssignale in Form von Strömen, Spannungen oder Frequenzen. Sie werden komplett an entsprechende amtlich geprüfte Anzeigergeräte angeschlossen.

Aufgrund der linearen Beziehung zwischen Temperatur und Ausgangssignal des Aufnehmers (z. B. Strom) wird der mit dem Sollwert  $\vartheta$  zu vergleichende Istwert  $\vartheta_i$  hierbei errechnet aus

$$\vartheta_i = \frac{S_{\vartheta_i} - S_{\vartheta_{\min}}}{S_{\vartheta_{\max}} - S_{\vartheta_{\min}}} (\vartheta_{\max} - \vartheta_{\min}) + \vartheta_{\min} \quad (4.5)$$

Beispiel:

Temperaturmeßbereich:	$\vartheta_{\min} = -10\text{ °C}$	$\vartheta_{\max} = +50\text{ °C}$
Ausgangssignalbereich:	$S_{\vartheta_{\min}} = 4\text{ mA}$	$S_{\vartheta_{\max}} = 20\text{ mA}$
Badtemperatur:	$\vartheta = 20\text{ °C}$	
angezeigtes Signal:	$S_{\vartheta_i} = 12,012\text{ mA}$	

$$\vartheta_i = \frac{12,012\text{ mA} - 4\text{ mA}}{20\text{ mA} - 4\text{ mA}} (50\text{ °C} - (-10\text{ °C})) + (-10\text{ °C}) = 20,045\text{ °C}$$

Der Fehler ist aus dem Vergleich mit dem angezeigten ggf. korrigierten Wert des Prüfmeßgerätes zu errechnen aus

$$f_{\vartheta} = \frac{\vartheta_i - \vartheta}{\vartheta + T_n} \cdot 100 \% \quad (4.6)$$

Prüfprotokollbeispiel: Siehe Anhang 3.2

### Druckaufnehmer

Druckaufnehmer werden in der vorgeschriebenen Gebrauchslage an die erforderliche Hilfsenergiequelle und an Druckgas angeschlossen. Mit einem entsprechend dem Meßbereich des Aufnehmers geeigneten Druckmeßgerät wird das Ausgangssignal gemessen. Die Prüfung soll mit steigendem und fallendem Druck über den gesamten Meßbereich an jeweils fünf Punkten erfolgen. Vor der Abwärtsprüfung ist der Aufnehmer mit einem Druck von  $1,3 \cdot p_{\max}$  etwa 15 min lang zu beaufschlagen.

Aufgrund der linearen Beziehung zwischen Druck und Ausgangssignal des Aufnehmers (Strom, Spannung, Frequenz ggf. nach Umformung) wird der mit dem Sollwert  $p$  zu vergleichende Istwert  $p_i$  errechnet aus

$$p_i = \frac{S_{p_i} - S_{p_{\min}}}{S_{p_{\max}} - S_{p_{\min}}} (p_{\max} - p_{\min}) + p_{\min} \quad (4.7)$$

Beispiel:

Druckmeßbereich:  $p_{\min} = 1,5 \text{ bar}$   $p_{\max} = 5 \text{ bar}$   
 Ausgangssignalbereich:  $S_{p_{\min}} = 4 \text{ mA}$   $S_{p_{\max}} = 20 \text{ mA}$   
 Meßdruck:  $p = 4,008 \text{ bar}$   
 angezeigtes Signal:  $S_{p_i} = 15,460 \text{ mA}$

$$p_i = \frac{15,46 \text{ mA} - 4 \text{ mA}}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} \cdot (5 \text{ bar} - 1,5 \text{ bar}) + 1,5 \text{ bar} = 4,0069 \text{ bar}$$

Die Fehlerkurve und Hysterese des Aufnehmers wird aus dem Vergleich mit den angezeigten, ggf. nach Prüfschein korrigierten Werten des Prüfmeßgerätes ermittelt aus:

$$f_p = \left( \frac{p_i}{p} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (4.8)$$

Bei Aufnehmern für Überdrücke ist der relative Fehler aus den entsprechenden Absolutdrücken zu berechnen.

Prüfprotokollbeispiel: Siehe Anhang 3.3

## Rechner

Bei der Prüfung der Rechner ist auf die Einhaltung der vorgeschriebenen Versorgungsspannung zu achten. Nach Ablauf einer ggf. erforderlichen Anwärmzeit wird bei Rechnern mit entsprechender Ausstattung die interne Quarzfrequenz gemessen und gespeichert. Je nach Bauart ist ein ggf. erforderlicher Abgleich der Analog-/Digitalwandlung auch ohne Einstellung von Potentiometern an den Steckkarten durch verschiedene Verfahren möglich, z. B. durch

- Bestimmung des exakten Geberwertes einer internen Referenzstromquelle und Eingabe des Meßwertes in den Korrekturprogramm Speicher des Rechners, mit dem Stromeingänge automatisch abgeglichen werden
- Bestimmung von Korrekturfaktoren aus dem Vergleich von eingegebenen mit den am Rechner angezeigten Signalen und Eingabe dieser Faktoren in die entsprechenden Rechnerspeicherplätze
- Anpassung der in den Rechner zur Bestimmung von Druck und Temperatur eingegebenen Konstanten, so daß die errechneten Werte die eingegebenen Sollwerte wiedergeben.

Die Signale der für den Anschluß an den Rechner vorgesehenen Aufnehmer und des Volumengaszählers werden mit geeigneten Präzisionsgebergeräten (für Strom, Spannung, Widerstand und Frequenz) simuliert. An Rechner, die Hilfsenergie für Meßwertgeber bereitstellen, können aktive Stromgeber nur über entsprechende Zwischenschaltungen angeschlossen werden.

Die Richtigkeit der Umwertungsanzeige einschließlich Analog-/Digitalwandlung der eingegebenen Signale im Rechner soll entsprechend den Angaben am Hauptschild mindestens an den Eckpunkten  $p_{\min}/\vartheta_{\max}$ ,  $p_{\max}/\vartheta_{\min}$  und drei weiteren im Druck- und Temperaturbereich liegenden Punkten geprüft werden.

Bei geeigneter Auflösung der Z-Anzeige des Rechners ( $\leq 0,02\%$  von Z) kann der abgelesene Wert  $Z_i$  nach einer Einstellzeit von jeweils etwa 1 min direkt mit dem aus nachstehender Gleichung errechneten Sollwert von Z entsprechend der üblichen Fehlerberechnung verglichen werden

$$Z = \frac{p \cdot T_n}{p_n \cdot (\vartheta + T_n)} \cdot K \quad (4.9)$$

wobei gilt:

- $p_n$  1,01325 bar (Normdruck)  
 $T_n$  273,15 K (Normtemperatur)  
 $p$  der mit dem Gebergerät simulierte Gesamtdruck in bar nach

$$p = \frac{S_p - S_{p \min}}{S_{p \max} - S_{p \min}} (p_{\max} - p_{\min}) + p_{\min} \quad (4.10)$$

- $\vartheta$  die mit dem Gebergerät simulierte Gastemperatur in °C.

Bei Verwendung von Widerstandsdekaden eingestellt gemäß Tabellen nach DIN 43 760/IEC 751, bei anderen Gebern berechnet nach

$$\vartheta = \frac{S_\vartheta - S_{\vartheta \min}}{S_{\vartheta \max} - S_{\vartheta \min}} (\vartheta_{\max} - \vartheta_{\min}) + \vartheta_{\min} \quad (4.11)$$

- $K$  Kompressibilitätszahl nach TR G9 unter Verwendung der vorgegebenen Gasanalysenwerte.

Die im Prüfschein der Gebergeräte angegebenen Fehler sind zu berücksichtigen.

Beispiel:

- |                            |                                     |                                      |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Druckbereich:              | $p_{\min} = 5 \text{ bar}$          | $p_{\max} = 20 \text{ bar}$          |
| Ausgangssignalbereich:     | $S_{p \min} = 4 \text{ mA}$         | $S_{p \max} = 20 \text{ mA}$         |
| eingestelltes Drucksignal: | $S_p = 10 \text{ mA}$               |                                      |
| Temperaturbereich:         | $\vartheta_{\min} = -10 \text{ °C}$ | $\vartheta_{\max} = 50 \text{ °C}$   |
| Ausgangssignalbereich:     | $S_{\vartheta \min} = 4 \text{ mA}$ | $S_{\vartheta \max} = 20 \text{ mA}$ |
| eingest. Temperatursignal: | $S_\vartheta = 8 \text{ mA}$        |                                      |

$$p = \frac{(10 \text{ mA} - 4 \text{ mA})(20 \text{ bar} - 5 \text{ bar})}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} + 5 \text{ bar} = 10,625 \text{ bar}$$

$$\vartheta = \frac{(8 \text{ mA} - 4 \text{ mA})(50 \text{ °C} - (-10 \text{ °C}))}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} + (-10 \text{ °C}) = 5 \text{ °C}$$

Zusätzlich zu der vorstehenden Überprüfung der Umwertung über die Z-Anzeige des Rechners ist mindestens eine Prüfung der Zählwerke zu deren Kontrolle durchzuführen.

Dabei kann auf die Eingabe von Gebersignalen mit Ausnahme von Volumenimpulsen verzichtet werden, sofern im Rechner konstante Werte zu Prüfzwecken programmierbar sind. Damit werden eventuelle Fehler und Schwankungen der Gebergeräte während der Meßzeit von ca. 30 min eliminiert.

Verfügt der Rechner nicht über eine ausreichende Auflösung der Z-Anzeige, müssen die Fehler an allen Prüfpunkten mit Hilfe der Zählwerke ermittelt werden. Für entsprechende Genauigkeit genügt jeweils ein Normvolumen-Zählwerksfortschritt, der keinen größeren Ablesefehler als 0,02 % bewirkt.

Der Sollwert des Normvolumen-Zählwerksfortschrittes ergibt sich aus

$$V_n = \frac{f \cdot t \cdot Z}{IW} \quad (4.12)$$

wobei gilt:

$Z$  Zustandszahl nach Gl. 4.9

$f$  Impulsfrequenz in Hz

$t$  Meßzeit in s

$IW$  Impulswert in  $\text{imp}/\text{m}^3$ , ggf. korrigiert nach den im Prüfschein eines hochdruckgeprüften Zählers angegebenen Fehlerwerten.

Der Fehler des Rechners wird bei der Messung über den Zählwerksfortschritt des Normvolumens  $V_{ni}$  errechnet aus

$$f_z = \left( \frac{V_{ni}}{V_n} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (4.13)$$

Prüfprotokollbeispiel: Siehe Anhang 3.4

#### 4.2.2 Nacheichung

Die Nacheichung wird grundsätzlich ebenso wie unter 4.2.1 beschrieben durchgeführt. Am Gebrauchsort kann die Nacheichung des Umwerters als Gesamtsystem auch mit verringertem Prüfumfang erfolgen.

#### 4.2.2.1 Nacheichung am Gebrauchsort (mit verringertem Prüfumfang)

Der Temperaturlaufnehmer wird ausgebaut und in ein transportables Bad getaucht. Wird ersatzweise ein Thermogefäß verwendet, so ist auf ausreichende Durchmischung der Flüssigkeit zu achten. Die Temperatur wird mit einem geeichten Thermometer (Teilung  $\leq 0,1$  K) gemessen. Während einer Prüfreihe darf die Temperatur um nicht mehr als 0,3 K schwanken.

Unabhängig von dem am Mengenumwerter angegebenen Temperaturmeßbereich sind zwei Meßreihen erforderlich bei

- ca. 0 °C (z. B. mit Eis/Wasser-Gemisch realisierbar)
- einer Temperatur, die 5 K über der höchstens in der Station vorkommenden Gastemperatur liegt (nicht höher als  $\vartheta_{\max}$ ).

Der Druckaufnehmer wird über ein 3-Wege-Ventil und ein geeignetes Druckmeßgerät mit Hilfe von Flaschengas (z. B. Stickstoff) aufwärts und abwärts geprüft, und zwar bei

- $p_{\min}$  (nicht kleiner als atmosphärischer Druck)
- $p_{\max}$
- drei weiteren gleichmäßig über den Meßbereich verteilten Punkten.

Dabei kann mit steigendem Druck bei der einen und mit fallendem Druck bei der anderen Temperatur gemessen werden.

Die Umwertungsfehler werden bei geeigneter Z-Anzeige des Umwerters (Auflösung  $\leq 0,02$  %) direkt aus dem Vergleich mit dem gemäß Gl. 4.9 errechneten Sollwert bestimmt. Andernfalls ist der Fehler aus dem Zählwerkfortschritt zu ermitteln.

Falls ein genügend großer Durchfluß in dem zum Umwerter gehörigen Gaszähler vorhanden ist, kann mit dessen Zählwerk das Soll-Betriebsvolumen am Umwerter bestimmt werden. Der Prüfablauf wird vereinfacht und beschleunigt, wenn stattdessen ein Impulsgeber mit Zähler verwendet wird. Der Fortschritt an den Zählwerken muß so groß sein, daß die Volumina jeweils auf 0,02 % abgelesen werden können.

Überschreitungen der Fehlergrenze werden meist vom Druckaufnehmer verursacht. Falls dieser nachjustiert werden muß, ist eine Wiederholung der Vorprüfung des Aufnehmers nach 4.2.1.2 bzw. aller o. a. Prüfpunkte erforderlich.

Die Nacheichung wird mit einer weiteren Prüfung nach 4.5 bei wieder betriebsfähig angeschlossener Umwerter unter den am Gebrauchsort herrschenden Zustandsbedingungen abgeschlossen.

### 4.2.3 Fehlergrenzen

Bei der Eichung des Gesamtsystems gelten folgende Eichfehlergrenzen:

Bei vollem Prüfumfang mit

- Absolutdruckaufnehmer: 1 %
- Überdruckaufnehmer: 0,8 %.

Bei verringertem Prüfumfang (nur Nacheichung) mit

- Absolutdruckaufnehmer: 0,8 %
- Überdruckaufnehmer: 0,65 %.

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

Bei der Vorprüfung der Einzelkomponenten sind zur Einhaltung der Eichfehlergrenzen folgende Prüffehlergrenzen für diese anzuwenden:

Temperaturaufnehmer (ggf. einschl. Meßwertumformer):

0,1 % der mittl. Absoluttemperatur ( $\hat{=}$  0,3 K)

Druckaufnehmer (ggf. einschl. Meßwertumformer):

0,4 % des jeweiligen Meßwertes

Rechner (einschließlich A/D-Wandler):

bei Festwerten der K-Zahl: 0,1 % des Sollwertes von Z

bei variabler K-Zahl: 0,3 % des Sollwertes von Z.

### 4.3 Meßtechnische Prüfung von Dichte-Mengenurwertern

Die meßtechnische Prüfung der Dichte-Mengenurwerter erfolgt sowohl bei der Ersteichung als auch bei der Nacheichung in Stufen mit Vorprüfung der Komponenten.

#### 4.3.1 Ersteichung

Die Vorprüfung der Komponenten wird in der Regel in Prüfräumen nach 3.1 vorgenommen. Normdichteaufnehmer und Schallgeschwindigkeitsmeßgeräte können auch am Gebrauchsort vorgeprüft werden. Die Eichung wird mit der Durchführung einer Betriebsprüfung nach 4.5 abgeschlossen. Dabei ist zu beachten, daß dies innerhalb eines Jahres nach der Vorprüfung der Komponenten erfolgt, um sicherzustellen, daß sich deren meßtechnische Eigenschaften nicht wesentlich verändert haben.

##### 4.3.1.1 Vorprüfung von Normdichteaufnehmern

Bei der folgenden Beschreibung des Ablaufs der meßtechnischen Prüfung von Normdichteaufnehmern ist zwischen Aufnehmern nach dem Schwingkörperprinzip und nach dem Wägeverfahren zu unterscheiden.

Bei den hier beschriebenen Prüfungen wird bezüglich der verwendeten Prüfgase von der Anwendung in der Erdgasmessung ausgegangen. In anderen Einsatzbereichen können andere als die angegebenen Reinstgase und Gemische sinnvoller sein.

#### Schwingkörper-Normdichteaufnehmer

Vor der Kalibrierung oder Nachprüfung muß die Referenzgaskammer mit einem geeigneten Reinstgas (Stickstoff oder Methan) auf den vom Hersteller empfohlenen Fülldruck (1,5 bar bis 3 bar) gebracht sein. Ein ungehinderter Fluß des Meßgases ist nur gewährleistet, wenn der eingestellte Meßgasdruck über dem der Referenzkammer liegt. Bis zur Ablesung von Meßwerten sind etwa 15 min abzuwarten, damit das Prüfgas sich an Druck und Temperatur der Referenzkammer anpassen und anderes Gas aus der Meßkammer verdrängen kann.

Für den gebräuchlichen Meßbereich von  $0,65 \text{ kg/m}^3$  bis  $1,3 \text{ kg/m}^3$  sind zur Kalibrierung Reinstgase von Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Stickstoff ( $\text{N}_2$ ), zur Nachprüfung zertifizierte Gemische aus beiden Komponenten mit einer Normdichte von ca.  $0,85 \text{ kg/m}^3$  bzw.  $1,0 \text{ kg/m}^3$  zu verwenden.

Im folgenden finden die nachstehenden Formelzeichen Verwendung:

$\rho_n$	Normdichte
$\rho_{nC}$	Normdichte von Reinstmethan (0,7175 kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{nN}$	Normdichte von Stickstoff (1,2504 kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{M 1,2,3}$	Periodendauer des Meßgebersignals bei Messung 1, 2, 3
$\rho_{R 1,2,3}$	Periodendauer des Referenzgebersignals bei Messung 1, 2, 3
$\tau_c$	Periodendauer bei Messung in CH <sub>4</sub>
$\tau_n$	Periodendauer bei Messung in N <sub>2</sub>
$K_c, K_{n0,1,2}$	Konstanten.

Die Periodendauer ist jeweils in der vom Hersteller angegebenen Größe in die Gleichungen einzusetzen.

*Einfache Schwingkörpersysteme* erfassen die Normdichte nach der Gleichung

$$\rho_n = K_c + K_{n0} \cdot \tau_M^2 \quad (4.14)$$

Zur Kalibrierung genügt je eine Messung mit den o. a. Prüfgasen, dann können die Konstanten wie folgt errechnet werden:

$$K_{n0} = \frac{\rho_{nN} - \rho_{nC}}{\tau_n^2 - \tau_c^2} \quad (4.15)$$

$$K_c = \rho_{nC} - K_{n0} \cdot \tau_c^2 \quad (4.16)$$

*Systeme mit Meß- und Referenzschwingkörpern* erfassen die Normdichte nach der Gleichung

$$\rho_n = K_{n0} \frac{K_{n1} + \tau_M^2}{K_{n2} + \tau_R^2} + K_c \quad (4.17)$$

Im Unterschied zur Kalibrierung einfacher Schwingkörpersysteme ist hier neben Messungen mit CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub> eine dritte Messung erforderlich, um eine weitere Konstanten-Bestimmungsgleichung zu erhalten. Dies kann z. B. durch Variieren des Referenzkammerdruckes und dann erneuter Messung mit einem der Kalibriergase (z. B. Methan) erreicht werden.

Die Konstante  $K_c$  ermöglicht eine nachträgliche Parallelverschiebung und kann zunächst außer Betracht bleiben.

Mit den Ergebnissen aus drei Messungen können errechnet werden:

$$K_{n1} = \frac{\rho_{nN} \cdot \tau_{M1}^2 - \rho_{nC} \cdot \tau_{M2}^2}{\rho_{nC} - \rho_{nN}} \quad (4.18)$$

$$K_{n2} = \frac{\tau_{M3}^2 \cdot \tau_{R1}^2 + K_{n1}(\tau_{R1}^2 - \tau_{R3}^2) - \tau_{M1}^2 \cdot \tau_{R3}^2}{\tau_{M1}^2 - \tau_{M3}^2} \quad (4.19)$$

$$K_{n0} = \rho_{nC} \frac{K_{n2} + \tau_{R1}^2}{K_{n1} + \tau_{M1}^2} \quad (4.20)$$

Durch die in den verschiedenen Rechnerfabrikaten unterschiedlich verarbeiteten Meßwerte können dezimale Abweichungen zwischen ermittelten und auf Prüfscheinen angegebenden Konstanten auftreten.

Die errechneten Konstanten werden bei allen Schwingkörpersystemen mit mindestens zwei unterschiedlichen zertifizierten  $\text{CH}_4/\text{N}_2$ -Gemischen nachgeprüft.

Ergeben sich beim Vergleich des aus der Arbeitsgleichung des Aufnehmers ermittelten Istwertes mit dem im Prüfgaszertifikat angegebenen Sollwert geringe Abweichungen, so können Korrekturen entweder über die lineare Konstante  $K_{n0}$  oder bei parallelen Abweichungen und entsprechender Verarbeitung im vorgesehenen Rechnerfabrikat über  $K_c$  vorgenommen werden.

Prüfprotokollbeispiel: Siehe Anhang 3.5

### Normdichtewaagen

Normdichtewaagen müssen vor der Prüfung stabil montiert, nach der Libelle ausgerichtet und ausreichend an die Prüfraumtemperatur angepaßt sein.

Neben  $\text{CH}_4$  ist für die Prüfung Reinst-Neon (Ne) mit einer Normdichte von 0,8999  $\text{kg}/\text{m}^3$  und ein  $\text{CH}_4/\text{N}_2$ -Gemisch von ca. 0,8  $\text{kg}/\text{m}^3$  geeignet.

Zu unterscheiden ist hinsichtlich Prüfablauf und -umfang zwischen Normdichtewaagen, deren Waagebalkenausschlag mit einem induktiven Geber erfaßt wird, und solchen, bei denen der Waagebalken durch elektromagnetische Kraftkompensation in Referenzlage gehalten wird.

Normdichtewaagen mit induktivem Weggeber sind aufgrund der nur am Rechner möglichen Meßwertanzeige keine eigenständigen Meßgeräte.

Bei Vorprüfungen des nicht angeschlossenen Meßgerätes ist der Ausgangsstromkreis mit der vorgeschriebenen Gesamtbürde zu belasten. Bei Prüfungen am Gebrauchsort muß die im Betrieb vorhandene Bürde nicht auf den vorgeschriebenen Wert ergänzt werden.

In das Meßgerät werden nach ausreichendem Temperaturangleich die drei o. a. Prüfgase mit einem Durchfluß von maximal 150 l/h eingespeist und nach einer jeweiligen Wartezeit von 20 min die Ausgangssignale (Ströme) gemessen.

Aufgrund der linearen Beziehung zwischen Normdichte und Ausgangssignal ist der Normdichte-Istwert  $\rho_{ni}$  mit dem gemessenen Strom  $I_a$  zu berechnen aus

$$\rho_{ni} = \frac{I_a - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} (\rho_{n \max} - \rho_{n \min}) + \rho_{n \min} \quad (4.21)$$

wobei gilt:

$I_{\max}$	Höchstwert des Ausgangssignals in mA
$I_{\min}$	Kleinstwert des Ausgangssignals in mA
$\rho_{n \max}$	oberer Meßbereichsendwert in kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{n \min}$	unterer Meßbereichsendwert in kg/m <sup>3</sup> .

Der jeweilige Fehler gegenüber der zertifizierten Normdichte des Prüfgases  $\rho_n$  wird ermittelt aus

$$f_{\rho_n} = \left( \frac{\rho_{ni}}{\rho_n} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (4.22)$$

Erforderliche Justierungen der Normdichtewaage können ggf. mit den unter dem Gehäusedeckel vorhandenen Potentiometern vorgenommen werden. Dabei ist der Nullpunkt bei der Beaufschlagung mit Methan, die Meßspanne mit Neon einzustellen. Nach z. T. erforderlicher Wiederholung wird die Justierung mit einem Prüfgas mittlerer Normdichte überprüft.

Gasdichtewaagen mit elektromagnetischer Kraftkompensation verfügen sowohl über eine Druck- und Temperaturkompensation als auch über ein zugehöriges Anzeigeteil. Sie sind demnach wie ein eigenständiges Meßgerät zu behandeln.

Ihre meßtechnische Prüfung umfaßt die

- Vorprüfung der Digitalanzeige
- Überprüfung der Druck- und Temperaturkompensationseinrichtung
- Richtigkeitsprüfung der Meßeinrichtung.

Der Prüfungsablauf ist in der Bauartzulassung und Bedienungsanweisung des Gerätes umfassend beschrieben.

#### 4.3.1.2 Vorprüfung von Betriebsdichteaufnehmern

Schwingkörper-Betriebsdichteaufnehmer werden nach der in Bild 4.2 skizzierten Anordnung im allgemeinen mit Reinstmethan kalibriert bzw. vorgeprüft.

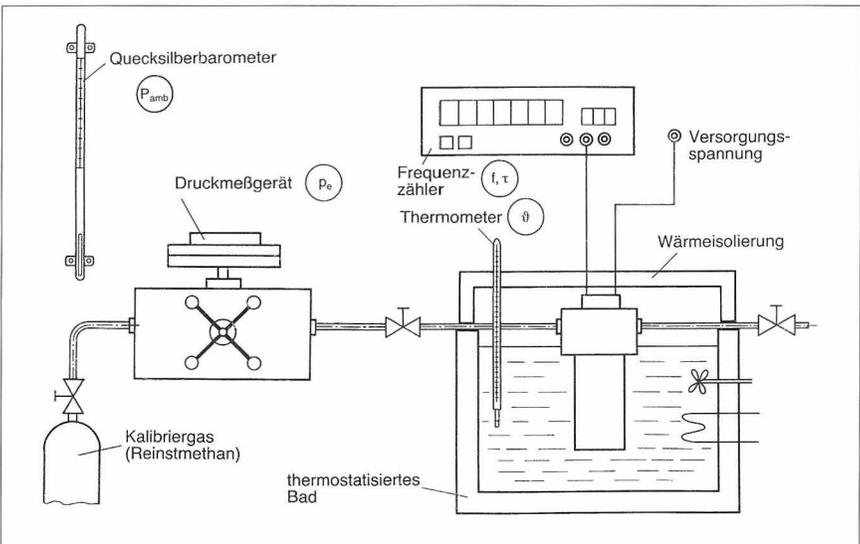


Bild 4.2: Anordnung für die Prüfung eines Betriebsdichteaufnehmers

Das Schwingkörpersystem wird in ein druckfestes Gehäuse eingebaut. Dieses wird in ein Bad mit konstant gehaltener Temperatur getaucht und an das Prüfgas angeschlossen.

Durch eine sorgfältige Spülung, ggf. mit Hilfe einer Saugpumpe, ist sicherzustellen, daß andere Gase restlos aus dem System entfernt sind. Der Druck des eingeschlossenen Gases wird mit einem Druck-Normalgerät gemessen. Als dessen Temperatur gilt nach genügend langer Anpassungszeit die Badtemperatur, welche mit einem Thermometer bestimmt wird.

Die Gastemperatur kann ggf. auch mit einem in den Aufnehmer eingebauten Temperaturfühler ermittelt werden. Dann ist der Fehler des Temperaturfühlers unmittelbar vor der Prüfung zu ermitteln und zu berücksichtigen.

Der Aufnehmer wird mit der Versorgungsspannungsquelle und dem Frequenzzähler nach 3.3 verbunden.

Schwingkörper-Dichteaufnehmer erfassen die Betriebsdichte  $\rho_b$  nach folgender Funktionsgleichung:

$$\rho_b = K_{b0} + K_{b1} \cdot \tau + K_{b2} \cdot \tau^2 \quad (4.23)$$

Sind die darin enthaltenen Konstanten  $K_{b0}$ ,  $K_{b1}$  und  $K_{b2}$  noch zu bestimmen, sind Prüfungen an mindestens drei Meßpunkten erforderlich.

Der dazu jeweils einzustellende Gesamtdruck  $p$  (Effektivdruck  $p_e$  + Luftdruck  $p_{amb}$ ) soll der Dichte am unteren und oberen Ende des Meßbereiches und einem mittleren Wert entsprechen. Mit der gemessenen Temperatur wird die jeweilige Solldichte berechnet nach

$$Z = \frac{\rho_b}{\rho_n} = \frac{p}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T} \cdot \frac{1}{K} \quad (4.24)$$

umgeformt:

$$\rho_b = \frac{p \cdot T_n \cdot \rho_n}{p_n \cdot T \cdot K} \quad (4.25)$$

wobei gilt:

$p_n$	Normdruck (1,01325 bar)
$T_n$	Normtemperatur (273,15 K)
$p$	Gesamtdruck in bar
$T$	Absoluttemperatur des Bades bzw. eingeschlossenen Gases in K
$\rho_n$	Normdichte des Prüfgases in $\text{kg/m}^3$
$K$	K-Zahl des Prüfgases aus Tabellen bzw. nach TR G9.

Bei der Einstellung der Meßpunkte treten infolge der Druckänderungen auch Temperaturänderungen im System auf. Diese können nur bei der Messung der Temperatur des eingeschlossenen Gases, nicht aber bei der Messung der Badtemperatur erfaßt werden. Daher ist im letzteren Fall eine Anpassungszeit von bis zu 1 h erforderlich, bevor die Meßwerte verwertbar sind.

Danach erhält man mit der jeweils gemessenen Frequenz  $f$  des Schwingkörpers bzw. ihrem Kehrwert, der Periodendauer  $\tau$ , die drei Gleichungen

$$\rho_1 = K_{b0} + K_{b1} \cdot \tau_1 + K_{b2} \cdot \tau_1^2 \quad (4.26)$$

$$\rho_2 = K_{b0} + K_{b1} \cdot \tau_2 + K_{b2} \cdot \tau_2^2 \quad (4.27)$$

$$\rho_3 = K_{b0} + K_{b1} \cdot \tau_3 + K_{b2} \cdot \tau_3^2 \quad (4.28)$$

Umgeformt bzw. verknüpft ergeben sich daraus folgende Bestimmungsgleichungen für die Konstanten:

$$K_{b2} = \frac{\frac{\rho_1 - \rho_2}{\tau_1 - \tau_2} - \frac{\rho_2 - \rho_3}{\tau_2 - \tau_3}}{\frac{\tau_1^2 - \tau_2^2}{\tau_1 - \tau_2} - \frac{\tau_2^2 - \tau_3^2}{\tau_2 - \tau_3}} \quad (4.29)$$

$$K_{b1} = \frac{\rho_1 - \rho_2 - K_{b2}(\tau_1^2 - \tau_2^2)}{\tau_1 - \tau_2} \quad (4.30)$$

$$K_{b0} = \rho_1 - K_{b1} \cdot \tau_1 - K_{b2} \cdot \tau_1^2 \quad (4.31)$$

Die ermittelten Konstanten werden an mindestens zwei weiteren zwischen den Kalibrierpunkten liegenden Meßwerten nachgeprüft. Die Sollwerte für  $\rho_b$  werden nach Gl. 4.25 ermittelt, die Einzelfehler durch Vergleich mit den nach Gl. 4.23 errechneten Istwerten.

Eine Optimierung des Kalibriervorganges kann durch weitere Messungen, bei denen die o. a. Druckwerte schrittweise verändert und die Abweichungen minimiert werden, erfolgen.

Werden ohnehin mindestens fünf gleichmäßig über den Meßbereich verteilte Kalibriermessungen ausgeführt, kann es vorteilhafter sein, die drei Konstanten über eine Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate zu bestimmen. Hierzu ist folgendes Gleichungssystem (mit Software für PC oder andere programmierbare Rechner) zu lösen:

$$\sum \rho_i = K_{b0} \cdot \sum \tau_i^0 + K_{b1} \cdot \sum \tau_i^1 + K_{b2} \cdot \sum \tau_i^2 \quad (4.32)$$

$$\sum(\rho_i \cdot \tau_i) = K_{b0} \cdot \sum \tau_i^1 + K_{b1} \cdot \sum \tau_i^2 + K_{b2} \cdot \sum \tau_i^3 \quad (4.33)$$

$$\sum(\rho_i \cdot \tau_i^2) = K_{b0} \cdot \sum \tau_i^2 + K_{b1} \cdot \sum \tau_i^3 + K_{b2} \cdot \sum \tau_i^4 \quad (4.34)$$

Die Kalibrierung ist hinreichend genau, wenn die einzelnen Kalibrierpunkte nicht mehr als 0,15 % von der ermittelten Ausgleichskurve abweichen.

Zur Kontrolle auf Transportschäden kann die Schwingkörperfrequenz bei Atmosphärendruck in Luft ermittelt und im Prüfschein angegeben werden. Durch andere Luftdruck- und Temperaturverhältnisse am Gebrauchsort wird die Frequenz verändert.

Prüfprotokollbeispiel: Siehe Anhang 3.6

#### 4.3.1.3 Korrektur des Gasarteneinflusses auf Schwingkörpersysteme

Die durch das unterschiedliche Verhalten von Kalibrier- und Meßgas auftretenden systematischen Abweichungen sind korrigierbar. Dazu ist es erforderlich, Temperatur und Schallgeschwindigkeit des Gases zu messen. Die Schallgeschwindigkeit kann auch nach einer empirischen Näherungsgleichung berechnet werden.

Ein möglicher Ansatz für die korrigierte Betriebsdichte  $\rho_{bV}$  lautet:

$$\rho_{bV} = \rho_b \frac{1 + (L/c_M)^2}{1 + (L/c)^2} \quad (4.35)$$

wobei gilt:

- $L$  fabrikatspezifische Aufnehmerkonstante
- $c_M$  Schallgeschwindigkeit in Methan in m/s
- $c$  Schallgeschwindigkeit im Meßgas (Erdgasqualität) in m/s.

Die Berechnung der Schallgeschwindigkeit im Kalibrier gas und ggf. im Meßgas erfolgt nach verschiedenen, von der PTB in den Bauartzulassungen genannten Verfahren. Dabei müssen die jeweiligen Anwendungsgrenzen beachtet werden.

*Schallgeschwindigkeitsmeßgeräte* ermitteln die auf die Normtemperatur bezogene Schallgeschwindigkeit  $c_n$  im gemessenen Gas nach

$$c_n = f \cdot K_a \cdot \sqrt{T_n / T} + K_b \quad (4.36)$$

wobei gilt:

- $f$  am Geräteausgang gemessene Frequenz
- $K_a, K_b$  Gerätekonstanten
- $T_n$  Normtemperatur (273,15 K)
- $T$  Meßgastemperatur in K.

Zur Kalibrierung (Bestimmung der Gerätekonstanten) wird das Meßgerät mit Reinstgas, in der Regel Methan, beaufschlagt. Die Gastemperatur im Gerät und das Ausgangssignal werden gemessen. Mit der auf Normzustand bezogenen Schallgeschwindigkeit des Prüfgases  $c_n$  (Methan:  $c_n = 431,1$  m/s) und dem zunächst gleich 0 gesetzten  $K_b$  wird die Konstante  $K_a$  berechnet nach

$$K_a = \frac{c_n}{f \cdot \sqrt{T_n / T}} \quad (4.37)$$

Mit weiteren Prüfgasen kann ein Mittelwert von  $K_a$  bestimmt, mit  $K_b$  der Restfehler minimiert werden.

Die Nachprüfung des Gerätes erfolgt mit mindestens einem zertifizierten Prüfgasgemisch oder Reinstgas. Da das Meßgerät nahe bei atmosphärischem Druck betrieben wird und hier die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit vom Druck vernachlässigbar ist, kann der Sollwert von  $c_n$  berechnet werden nach

$$c_n = \sqrt{\frac{x_n \cdot p_n}{\rho_n}} \quad (4.38)$$

wobei gilt:

$x_n$  Isentropenexponent bezogen auf den Normzustand

$\rho_n$  Normdichte in  $\text{kg/m}^3$

$p_n$  Normdruck ( $1,01325 \text{ bar} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ).

Für Gasgemische gilt mit den Anteilen  $\Pi$  in Vol% bei niedrigen Drücken (ideales Gas) genügend genau:

$$x_{n1,2} = x_1 \cdot x_{n1} + x_2 \cdot x_{n2} \quad (4.39)$$

$$\rho_{n1,2} = x_1 \cdot \rho_{n1} + x_2 \cdot \rho_{n2} \quad (4.40)$$

Beispiel:

Prüfgasgemisch aus Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Stickstoff ( $\text{N}_2$ )

86 Vol%

14 Vol%

$$x_{n1} = 1,313$$

$$x_{n2} = 1,401$$

$$\rho_{n1} = 0,7175 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{n2} = 1,2504 \text{ kg/m}^3$$

$$x_{n1,2} = 0,86 \cdot 1,313 + 0,14 \cdot 1,401 = 1,3253$$

$$\rho_{n1,2} = (0,86 \cdot 0,7175 + 0,14 \cdot 1,2504) \text{ kg/m}^3 = 0,7921 \text{ kg/m}^3$$

$$c_n = \sqrt{\frac{1,3253 \cdot 101325}{0,7921}} \text{ m/s} = 411,7 \text{ m/s}$$

#### 4.3.1.4 Vorprüfung der Rechner

Nach Anschluß an die vorgesehene Versorgungsspannung und Einhaltung einer ggf. erforderlichen Anwärmzeit wird die Quarzfrequenz der Zentraleinheit (CPU) des Rechners gemessen und in den Speicher programmiert. Die Signale von den vorgesehenen Aufnehmern und vom Volumengaszähler werden mit entsprechenden Präzisionsgebergeräten (für Strom, Spannung, Widerstand und Frequenz) simuliert. Der Abgleich von Analogeingangskarten wird mit einem Multimeter geprüft.

Die Richtigkeit der Umwertung soll entsprechend den Angaben im Hauptschild mindestens an den Eckpunkten  $\rho_{b \max}/\rho_{n \min}$ ,  $\rho_{b \min}/\rho_{n \max}$  und drei weiteren über den Meßbereich des Betriebs- und Normdichtaufnehmers verteilten Punkten geprüft werden. Die Frequenz der Volumenimpulse wird ebenfalls entsprechend dem Meßbereich des vorgesehenen Gaszählers variiert.

Es wird jeweils die Verarbeitung der simulierten Signale für die einzelnen Aufnehmer untersucht. Da keine Z-Anzeige wie beim ZMU vorhanden ist, wird der angezeigte Normvolumendurchfluß, in dem das Umwertungsergebnis zusammengefaßt ist, zur Ermittlung des Gesamtfehlers verwendet.

Im einzelnen wird je *Prüfpunkt* wie folgt verfahren:

- Normdichte
  - Bei Aufnehmern mit Referenzschwingsystem: Referenzsignal (gleich für alle Prüfpunkte) gem. Angaben im Prüfschein festlegen
  - Festlegen des vorgesehenen Prüfwertes
  - Berechnung des entsprechenden Signals bzw. Simulatoreinstellwertes bei einfachen Schwingsystemen aus

$$\tau_n = \sqrt{\frac{\rho_n - K_c}{K_{n0}}} \quad (4.41)$$

bei Meß- und Referenzsystemen aus

$$\tau_n = \sqrt{\frac{(\rho_n - K_c)(K_{n2} + \tau_R^2)}{K_{n0}}} - K_{n1} \quad (4.42)$$

bei Normdichte-Waagen aus

$$I_n = \frac{\rho_n - \rho_{n \min}}{\rho_{n \max} - \rho_{n \min}} (I_{\max} - I_{\min}) + I_{\min} \quad (4.43)$$

- Sollwert-Bestimmung mit den tatsächlich am Gebergerät eingestellten und gemessenen Signalen entsprechend den Arbeitsgleichungen der Aufnehmer in 4.3.1.1
- Fehlerberechnung zwischen am Rechner angezeigtem (Istwert) und o. a. Sollwert

- Betriebsdichte
  - Festlegen des vorgesehenen Prüfwertes
  - Berechnen der entsprechenden Periodendauer aus

$$\tau_b = \frac{-K_{b1} + \sqrt{K_{b1}^2 - 4 \cdot K_{b2}(K_{b0} - \rho_b)}}{2 \cdot K_{b2}} \quad (4.44)$$

- Umrechnung in die Frequenz (Simulatoreinstellwert)
- Sollwert-Bestimmung mit dem tatsächlich am Gebergerät eingestellten und gemessenen Signal nach Gl. 4.2.3
- Fehlerberechnung zwischen am Rechner angezeigtem (Istwert) und o. a. Sollwert
- ggf. Berechnung der mit dem Gasarteneinfluß korrigierten Betriebsdichte und Vergleich mit dem angezeigten Wert

- Betriebsvolumendurchfluß
  - Festlegen des vorgesehenen Prüfwertes  $Q_b$  in  $\text{m}^3/\text{h}$
  - Berechnen des entsprechenden Simulatoreinstellwertes  $S_{Q_b}$  in Hz aus

$$S_{Q_b} = \frac{Q_b \cdot IW}{3600} \quad (4.45)$$

- Sollwert-Bestimmung mit dem tatsächlich am Gebergerät eingestellten und gemessenen Signal, wobei der Impulswert  $IW$  ggf. nach der im Prüfschein eines hochdruckgeprüften Zählers zu korrigieren ist, nach

$$Q_b = \frac{S_{Q_b} \cdot 3600}{IW} \quad (4.46)$$

- Fehlerberechnung zwischen am Rechner angezeigtem (Istwert) und o. a. Sollwert
- Normvolumendurchfluß
  - Sollwertbestimmung aus

$$Q_n = Q_b \cdot \rho_b / \rho_n \quad (4.47)$$

- Fehlerberechnung zwischen am Rechner angezeigten Wert (Istwert) und o. a. Sollwert

Zusätzlich zu der punktförmigen Überprüfung der Umwertung ist eine Kontrolle der *Funktion der Zählwerke* des Rechners vorzunehmen. Dabei können die eingegebenen Signale – außer Volumenimpulsen – wenn möglich als Konstanten in den Rechner eingegeben werden, um Fehler und Schwankungen der Gebergeräte während der Meßzeit von ca. 30 min auszuschließen.

Die Sollwerte des Fortschrittes der Zählwerke nach der Meßzeit  $t$  ergeben sich aus

$$V_b = Q_b \cdot t \quad (4.48)$$

$$V_n = Q_n \cdot t \quad (4.49)$$

### Berechnungsbeispiel

DMU-Rechner mit folgenden Komponentendaten:

- Turbinenradgaszähler G 2500,  $IW = 988 \text{ imp/m}^3$
- Normdichteaufnehmer mit Meß- und Referenzschwingsystem

$$\rho_{n \min} = 0,65 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{n \max} = 1,30 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Prüfscheinangaben: } K_{n0} = 0,6977 \quad K_{n1} = -92,6368 \quad K_{n2} = -91,9637$$

$$K_c = 0,0152 \quad \tau_n = 10^4/f \text{ (Hz)}$$

- Betriebsdichteaufnehmer

$$\rho_{b \min} = 10 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{b \max} = 60 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Prüfscheinangaben: } K_{b0} = -334,138 \quad K_{b1} = -6,1802 \cdot 10^{-2}$$

$$K_{b2} = 4,1321 \cdot 10^{-4} \quad \tau_b = 10^6/f \text{ (Hz)}$$

- Normdichte

Frequenz des Referenzsignals  $f_R = 1039 \text{ Hz}$

Periodendauer  $\tau_R = (10^4/1039) \cdot 10^{-4} \text{ s} = 9,62464 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

vorgesehene Normdichte:  $0,85 \text{ kg/m}^3$

entsprechende Periodendauer (nach Gl. 4.42):

$$\tau_n = \sqrt{\frac{(0,85 - 0,0152)(-91,9637 + 9,62464^2)}{0,6977}} - (-92,6368) \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$= 9,66636 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$S_n = (10000/9,66636) \text{ Hz} = 1034,516 \text{ Hz}$$

eingestellte bzw. gemessene Frequenz:  $f_M = 1034,5 \text{ Hz}$

$$\text{damit } \tau_M = (10^4/1034,5) \cdot 10^{-4} \text{ s} = 9,6665 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

Sollwert der Normdichte (nach Gl. 4.17):

$$\rho_n = \left( 0,6977 \cdot \frac{-92,6368 + 9,6665^2}{-91,9637 + 9,62464^2} + 0,0152 \right) \text{ kg/m}^3 = 0,8530 \text{ kg/m}^3$$

angezeigt am Rechner:  $\rho_{n,i} = 0,8529 \text{ kg/m}^3$

Fehler der Normdichteanzeige:

$$f_{\rho_n} = (0,8530/0,8529 - 1) \cdot 100 \% = -0,01 \%$$

- Betriebsdichte

vorgesehene Betriebsdichte:  $\rho_b = 30 \text{ kg/m}^3$

entsprechende Periodendauer (nach Gl. 4.44):

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{-(-0,016802) + \sqrt{(-0,061802)^2 - 4 \cdot 0,00041321(-334,138 - 30)}}{2 \cdot 0,00041321} \mu\text{s} \\ &= 1016,502 \mu\text{s} \end{aligned}$$

$$S_b = (10^6/1016,502) \text{ Hz} = 983,766 \text{ Hz}$$

eingestellte bzw. gemessene Frequenz:  $S_b = 983,750 \text{ Hz}$

Sollwert der Betriebsdichte (nach Gl. 4.23):

$$\begin{aligned} \rho_b &= (-334,138 - 0,061802 \cdot 1016,518 + 0,00041321 \cdot 1016,518^2) \text{ kg/m}^3 \\ &= 30,013 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

angezeigt am Rechner:  $\rho_{b,i} = 30,0190 \text{ kg/m}^3$

Fehler der Betriebsdichteanzeige:

$$f_{\rho_b} = (30,019/30,013 - 1) \cdot 100 \% = 0,02 \%$$

- Betriebsvolumendurchfluß

vorgesehener Durchfluß:  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$

entsprechender Signal-Einstellwert (nach Gl. 4.45):

$$S_{Q_b} = \frac{2000 \cdot 988}{3600} \text{ Hz} = 548,889 \text{ Hz}$$

eingestellte bzw. gemessene Frequenz: 550 Hz

Sollwert des Betriebsvolumendurchflusses (nach Gl. 4.46):

$$Q_b = \frac{550 \cdot 3600}{988} \text{ m}^3/\text{h} = 2004,05 \text{ m}^3/\text{h}$$

angezeigt am Rechner:  $Q_{b_i} = 2004,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Fehler der  $Q_b$ -Anzeige:

$$f_{Q_b} = (2004,5/2004,05 - 1) \cdot 100 \% = 0,02 \%$$

- Normvolumendurchfluß

Sollwert des Normvolumendurchflusses (nach Gl. 4.47):

$$Q_n = \frac{2004,05 \cdot 30,013}{0,8531} \text{ m}^3/\text{h} = 70504,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

angezeigt am Rechner:  $Q_{n_i} = 70500 \text{ m}^3/\text{h}$

Fehler der  $Q_n$ -Anzeige (Gesamtfehler):

$$f_{Q_n} = (70500/70504,7 - 1) \cdot 100 \% = -0,01 \%$$

- Zählwerkprüfung zu obigem Prüfpunkt

Meßzeit  $t = 1800 \text{ s}$

Sollwert des Betriebsvolumenfortschrittes (Gl. 4.48):

$$V_b = 2004,05 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1800 \text{ s} = \frac{2004,05 \text{ m}^3 \cdot 1800 \text{ s}}{3600 \text{ s}} = 1002,025 \text{ m}^3$$

am Rechner angezeigt:  $V_{b_i} = 1002,2 \text{ m}^3$

Fehler der  $V_b$ -Anzeige:

$$f_{V_b} = (1002,2/1002,025 - 1) \cdot 100 \% = 0,02 \%$$

Sollwert des Normvolumenforschrittes (Gl. 4.49):

$$V_n = 70504,7 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1800 \text{ s} = \frac{70504,7 \text{ m}^3 \cdot 1800 \text{ s}}{3600 \text{ s}} = 35252,35 \text{ m}^3$$

am Rechner angezeigt:  $V_{ni} = 35249,24 \text{ m}^3$

Fehler der  $V_n$ -Anzeige (Gesamtfehler):

$$f_{V_n} = (35249,24/35252,35 - 1) \cdot 100 \% = -0,01 \%$$

Prüfprotokollbeispiel: Siehe Anhang 3.7

### 4.3.2 Nacheichung

Bei der Nacheichung werden wie bei der Ersteichung alle Komponenten einer Vorprüfung in vollem Prüfumfang unterzogen. Die Wiederholung der Vorprüfung des Rechners, des Normdichteaufnehmers und ggf. eines Schallgeschwindigkeits-Meßgerätes kann auch am Gebrauchsort erfolgen.

Der Betriebsdichteaufnehmer kann nur dann am Gebrauchsort vorgeprüft werden, wenn die Temperatur des Systems über einen in die Tasche eingebauten Fühler gemessen werden kann. Zur Festsetzung neuer Konstanten (Nachkalibrierung) muß der Fehler des Temperaturlaufnehmers zuvor im Prüfbad festgestellt und berücksichtigt werden.

Werden bei der Wiederholung der Vorprüfung des Betriebsdichteaufnehmers die Konstanten nicht neu bestimmt, genügt die Nachprüfung an drei über dessen Meßbereich verteilten Prüfpunkten.

Abgeschlossen wird die Nacheichung mit einer Betriebsprüfung nach 4.5, nachdem alle Bestandteile wieder zusammengefügt sind.

### 4.3.3 Fehlergrenzen

Damit die Eichfehlergrenze des Dichte-Mengenwerters von 1% nicht überschritten wird, müssen bei der Vorprüfung der Komponenten folgende Prüffehlergrenzen eingehalten werden:

Normdichteaufnehmer	0,3 % vom jeweiligen Meßwert
Betriebsdichteaufnehmer	0,3 % vom jeweiligen Meßwert
Rechner, ggf. mit A/D-Wandler	0,1 % vom jeweiligen Meßwert
Schallgeschwindigkeits-Meßgeräte	0,5 % vom jeweiligen Meßwert.

Der Fehler eines Schallgeschwindigkeits-Meßgerätes von 1 % bewirkt etwa einen Fehler von 0,05 % bei der Betriebsdichte.

#### 4.4 Meßtechnische Prüfung von Brennwert-Mengenurwertern

Die meßtechnische Prüfung von Brennwert-Mengenurwertern lehnt sich je nach Kombination des angeschlossenen Brennwertmeßgerätes mit Zustands- oder Dichtemessung an die Prüfung nach 4.2 bzw. 4.3 an.

Brennwertmeßgeräte werden am Gebrauchsort unabhängig vom nachgeschalteten Umwerter geeicht. Daher ist die Eichung des Brennwert-Mengenurwertern nur in Stufen mit Abschluß am Gebrauchsort möglich.

Die Vorprüfung der Komponenten erfolgt nach den in den Abschnitten 4.2 bzw. 4.3 beschriebenen Prüfabläufen.

Die am Rechner angezeigten Werte des Energiedurchflusses  $Q_{e,i}$ , bei der Zählwerkprüfung der Energie  $E_i$ , werden zur Fehlerbestimmung mit den nach

$$Q_e = Q_n \cdot H_{o,n} \quad (4.50)$$

$$E = V_n \cdot H_{o,n} \quad (4.51)$$

berechneten Sollwerten verglichen.

#### 4.5 Betriebsprüfungen (am Gebrauchsort)

Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Prüfung unter Betriebsbedingungen ist, daß

- sich Zähler und Aufnehmer in einer bis mehreren Stunden ausreichend an die Betriebsverhältnisse angepaßt haben
- während der Messungen keine großen Schwankungen der Zustände bzw. der Gasqualität auftreten

- Durchfluß wenigstens solange hergestellt werden kann, daß die Impulsübertragung vom Zähler zum Umwerter überprüft werden kann.

Die Betriebsprüfung umfaßt einen Funktionstest der Aufnehmer, die Kontrolle der Signalübertragung von Aufnehmern und Gaszähler zum Rechner und eine Richtigkeitsprüfung der Umwertung.

Bei allen Umwerterarten ist zu messen:

- der Luftdruck  $p_{\text{amb}}$
- der Effektivdruck (Überdruck) in der Gasleitung  $p_e$
- die Gastemperatur  $\vartheta$ .

Zusätzlich muß bei Dichte-Mengenumwertern eine Gasprobe zur Analyse entnommen werden, sofern die zur K-Zahl-Berechnung erforderlichen Werte nicht von Meßgeräten am Gebrauchsort zur Verfügung stehen.

#### 4.5.1 Zustands-Mengenumwerter

Die Funktion der Aufnehmer und die Übertragung ihrer Signale zum Rechner wird durch Vergleich der angezeigten mit den in der Gasleitung gemessenen Zustandsgrößen geprüft.

Ggf. wird die K-Zahl-Berechnung mit den im Rechner gespeicherten Gasanalysewerten nachvollzogen.

Mit den Meßwerten und dem Sollwert der K-Zahl wird die Soll-Zustandszahl errechnet nach

$$Z = \frac{(p_e + p_{\text{amb}}) \cdot T_n}{p_n \cdot (\vartheta + T_n) \cdot K} \quad (4.52)$$

und der Umwertungsfehler durch Vergleich mit der angezeigten Z-Zahl ermittelt.

Für die Überprüfung der Impulsübertragung vom Gaszähler sind dessen Zählwerk und zeitgleich das  $V_b$ -Zählwerk des Umwerters abzulesen. Dabei ist ein Volumenschritt abzuwarten, der so groß sein sollte, daß beide Zählwerke auf 0,1 % genau abgelesen werden können.

Ist kein ausreichender Durchfluß vorhanden, genügt notfalls auch ein Volumen, das einem vollen Umlauf der Ziffernrolle mit dem kleinsten Umlaufwert des Gaszählers entspricht.

Beim Vergleich der Zählwerksfortschritte darf kein größerer Fehler als durch die Unsicherheit der Ablesung bedingt auftreten.

Für die Berechnung der Z-Zahl nach Gl. 4.52 werden über die Beobachtungszeit Mittelwerte der Meßwerte gebildet.

Der Sollwert des Normvolumenfortschrittes wird durch Multiplikation von Z mit dem  $V_b$ -Zählwerkfortschritt am Rechner bestimmt. Der Gesamtfehler wird durch Vergleich des während der Meßzeit fortgeschrittenen  $V_n$ -Zählwerk des Umwerterers mit dem errechneten Sollwert ermittelt.

Beispiel für den Computer-Ausdruck einer ZMU-Betriebsprüfung: Siehe Anhang 5.1

#### 4.5.2 Dichte-Mengenumberter

Zur Überprüfung der Aufnehmerfunktionen und ihrer Signalübertragung zum Rechner wird zuerst der *Normdichteaufnehmer* mit Reinstgas oder einem zertifizierten Prüfgas beaufschlagt. Die Normdichteanzeige am Rechner darf von der zertifizierten Normdichte um nicht mehr als dem zulässigen Fehler bei der Vorprüfung abweichen.

Bis zu einem Fehler von 0,5 % kann die Anpassung auf den Sollwert ggf. mit einer Nachkalibriereinrichtung gemäß 2.3.2 oder der Konstanten  $K_c$  durch Parallelverschiebung der Fehlerkurve erfolgen. Eine weitere Korrekturmöglichkeit besteht bei nicht parallelem Versatz durch Änderung von  $K_{n0}$  und damit geänderter Neigung der Fehlerkurve, ggf. auch kombiniert mit Parallelverschiebung durch  $K_c$ .

Bei vorhandenem *Schallgeschwindigkeits-Meßgerät* kann dessen Nachprüfung gleichzeitig mit der des Normdichteaufnehmers vorgenommen werden. Dazu wird die angezeigte Norm-Schallgeschwindigkeit mit der bekannten, zertifizierten oder nach den Gleichungen in 4.3.1.3 berechneten Schallgeschwindigkeit verglichen. Nachkalibrierungen sind über die Gerätekonstanten möglich.

Dann kann der Fehler des *Betriebsdichteaufnehmers* festgestellt werden. Dazu werden hilfsweise die Zustandsgrößen Druck und Temperatur sowie die nach der

Technischen Richtlinie G 9 errechnete K-Zahl herangezogen und die Zustandszahl nach Gl. 4.52 ermittelt.

Werden für die K-Zahl-Berechnung vorläufige Gasanalyswerte verwendet, so ist eine Nachrechnung mit den aus der aktuellen Gasprobe gewonnenen Daten zu einem späteren Zeitpunkt erforderlich.

Der Sollwert der Dichte im Betriebszustand ergibt sich durch Multiplikation der Zustandszahl  $Z$  mit der ggf. um den Restfehler korrigierten Normdichte  $\rho_n$ .

Zur Fehlerermittlung des Betriebsdichteaufnehmers wird die angezeigte evtl. noch gasarteneinflußkorrigierte Betriebsdichte  $\rho_{bi}$  mit dem Sollwert verglichen.

Zur Kontrolle der *Impulsübertragung vom Gaszähler* ist im Regelfall eine Messung mit kontinuierlichem Durchfluß über einen längeren Zeitraum (etwa 30 min) durchzuführen. Unter Nutzung der Rechnerkanäle, die ein Einfrieren der Zählwerkstände ermöglichen („Eichschaltung“/„Freezefunktion“), können Anfangs- und Endstände problemlos ermittelt werden. Bei gleichzeitigem Ablesen des Zählwerkes am Gaszähler durch eine weitere Person erhält man einen sicheren Vergleich der Betriebsvolumina.

Bei konstantem Durchfluß können die Zählwerkstände ohne Hilfe auch jeweils zeitversetzt erfaßt werden.

Bei ungenügendem Durchfluß (z. B. Sommerbetrieb) sollte mindestens ein Volumen, das dem vollen Umlaufwert der Ziffernrolle mit dem kleinen Umlaufwert des Gaszählers entspricht, durch die Meßanlage strömen.

Der *Gesamtfehler des Umwerters* wird wie folgt bestimmt:

Während der vorstehenden Prüfung werden in regelmäßigen Abständen Druck und Temperatur des Gasstromes gemessen. Mit den gemittelten Werten, dem Luftdruck und (vorläufigen) Gasanalysewerten wird der Mittelwert der Z-Zahl nach Gl. 4.52 berechnet.

Der Zählwerksfortschritt am Rechner für  $V_b$  multipliziert mit  $Z$  ergibt den Sollwert des Normvolumens. Er wird mit dem angezeigten Zählwerksfortschritt des Rechners für  $V_n$  (Istwert) verglichen.

Beispiel für den Computerausdruck einer DMU-Betriebsprüfung: Siehe Anhang 5.2

## 4.6 Stempelung und Bescheinigungen

### 4.6.1 Stempelung

Der *Hauptstempel* (in diesem Fall mit Jahresbezeichnung) wird an der Frontseite des Umwerter-Rechners an der vorgesehenen Stempelstelle (möglichst auf dem Hauptschild) angebracht.

Alle Mengenumwerterarten, bei denen die Komponenten erstmals am Gebrauchsort zusammengesaltet werden, erhalten den Hauptstempel erst am Gebrauchsort. Einen Hauptstempel erhalten auch Komponenten, sofern sie eigenständige Meßgeräte sind.

*Sicherungsstempel* können in Verbindung mit einem Aufkleber, z. B. in der Form „geprüft 10/90“, zur Bestätigung der Durchführung und des Zeitpunktes einer Komponenten-Vorprüfung verwendet werden. Zudem verschließen sie sowohl am Rechner als auch an den Aufnehmern den Zugang zu meßtechnisch bedeutsamen Stellen. Insbesondere muß damit verhindert werden, daß eine Änderung eingegeben amtlich zu sichernder Daten ohne Verletzung von Stempelzeichen erfolgen kann. Einzelheiten zur Stempelung sind den Bauartzulassungen zu entnehmen.

Bei der erstmaligen Inbetriebnahme sind die Signalleitungen der angeschlossenen Gebergeräte sowohl am Rechner als auch an den Gebern zu sichern. Bei der Aufstellung in getrennten Räumen und bei Verdrahtungen mit mehrfachen Unterbrechungen durch Schaltschränke, Ex-Interfaces, zwischengeschaltete Meßwertwandler usw. dürfte eine konsequente Sicherung aller Verbindungen nicht immer möglich sein.

### 4.6.2 Bescheinigungen

Die Vorprüfung eines Rechners für Mengenumwerter wird im Datenbuch bzw. im zugehörigen Nachweisblatt für Maßnahmen am Umwerter gemäß Anhang 6 vermerkt.

Die Durchführung der Vorprüfung ist bei anderen Komponenten mit einem Vorprüfschein zu bestätigen, wenn die Vorprüfung nicht am Gebrauchsort erfolgt oder kein Aufkleber in der Form „geprüft Monat/Jahr“ aufgebracht wird.

---

Vorprüfscheine müssen mindestens die in den Beispielen des Anhanges 4 aufgeführten Angaben enthalten.

Die Wiederholung von Komponenten-Vorprüfungen am Gebrauchsort wird im Nachweisblatt für Maßnahmen am Mengenumwerter gemäß Anhang 6.3 dokumentiert.

## 5 Maßnahmen am Gebrauchsort

### 5.1 Allgemeines

#### 5.1.1 Maßnahmen unter amtlicher Aufsicht

Die Gültigkeit der Eichung oder Beglaubigung bleibt bei Maßnahmen an Mengenumwertern, bei denen amtliche Stempelzeichen verletzt werden, erhalten, wenn diese unter Aufsicht der Eichbehörde oder einer Prüfstelle erfolgen. Nach Überprüfung auf ordnungsgemäße Arbeitsweise des Umwerters sowie ggf. auf Einhaltung der Fehlergrenzen sind Stempelzeichen zu erneuern. Die bei der Zulassung der Bauart und in dieser Prüffregel getroffenen Festlegungen bezüglich der zulässigen Maßnahmen nach 5.4 ohne erneute Eichung sind zu beachten.

#### 5.1.2 Maßnahmen ohne amtliche Aufsicht

Müssen in Notfällen zur Sicherung der Energieversorgung Arbeiten ohne Genehmigung und Aufsicht durchgeführt werden, so ist eine weitere Verwendung des Umwerters nur dann gestattet, wenn unmittelbar nach dem Eingriff amtliche Stempelzeichen durch Benutzerzeichen ersetzt werden. Die Art der Tätigkeit und die Verschleißung ist unverzüglich der zuständigen Eichbehörde mitzuteilen.

Bevor die Plomben des Benutzers wieder durch amtliche Stempelzeichen ersetzt werden, entscheidet der Eichbedienstete nach pflichtgemäßem Ermessen, ob eine Prüfung des Umwerters über den gesamten Meßbereich – wobei die Zahl der Prüfpunkte verringert werden kann – oder eine Nacheichung nach 4.2.2 zu erfolgen hat.

Verschiedene Betriebsdaten und Betriebsfunktionen können gegen Änderung durch Unbefugte mit einer Benutzersicherung, z. B. Schlüsselschalter oder Eingabecode (siehe Beschreibungen der Hersteller) geschützt sein. Über diese können z. B. die Daten der Gaszusammensetzung und damit die Berechnung der Kompressibilitätszahl im gegenseitigem Einverständnis der Handelspartner ohne Hinzuziehung der Eichbehörde aktualisiert werden.

Änderungen der Daten sind gemäß 5.3 zu dokumentieren.

---

## **5.2 Anbau und Anschluß am Gaszähler**

### **5.2.1 Vorschriften**

Beim Anschluß des Umwerters an den Impulsgeber des Gaszählers sind neben dieser Prüffregel die einschlägigen Bestimmungen des Anhanges 1 zu beachten.

### **5.2.2 Voraussetzungen**

Bei einer Eichung in Stufen ist vor Beginn der Anschlußarbeiten zu prüfen, ob alle amtlichen Stempelzeichen der Vorprüfung unverletzt sind.

Die Angaben auf dem Hauptschild des Umwerters über den Gaszähler und die Teilkomponenten des Umwerters müssen übereinstimmen. Sind Angaben bei der Vorprüfung noch nicht bekannt (z. B. Fabriknummern oder Impulswertigkeit des Gaszählers), so sind diese beim Anschluß aufzubringen bzw. einzugeben. Impulswerte am Gaszähler und Umwerter-Eingang müssen übereinstimmen. Die Richtigkeit der amtlich gesicherten Daten ist zu überprüfen.

### **5.2.3 Ausschließungsgründe**

Der Anschluß und die Überwachung eines Umwerters sind abzulehnen, wenn Vorschriften und Voraussetzungen nicht eingehalten werden (z. B. unzureichende bauliche Gegebenheiten, ungünstige Temperaturverhältnisse, kein gefahrloser Zugang) oder die meßtechnische Prüfung nicht mit genügender Sicherheit durchgeführt werden kann. Ferner sind Anschluß und Überwachung abzulehnen, wenn nicht explosionsgeschützte Prüfmittel in explosionsgefährdeten Räumen verwendet werden sollen, es sei denn, wenn durch Messungen der Gaskonzentration eine Gefahr für das Prüfpersonal auszuschließen ist.

### **5.2.4 Anbau**

Um Meßfehler zu vermeiden, sind die einzelnen Komponenten des Umwerters entsprechend den nachstehenden Erläuterungen und den Einbauvorschriften der Hersteller zu installieren.

## Rechner

Der Prozeßrechner mit Eingabe- und Anzeigeeinheit sowie die Eingangs- und Ausgabetrennstufen müssen im ex-freien Bereich eingerichtet werden, sofern sie nicht ex-geschützt ausgeführt sind. Unter normalen Umgebungsbedingungen bestehen keine besonderen Lüftungsanforderungen.

## Temperaturaufnehmer

Der Temperaturaufnehmer ist in eine eventuell am Gaszähler angebrachte Thermometer-Tasche einzubauen. Ist keine solche Tasche vorhanden, muß der Einbau des Temperaturaufnehmers bei Strömungsgaszählern und Balgengaszählern im Abstand von bis  $3 D$  ( $D =$  Rohrdurchmesser), jedoch nicht weiter als 600 mm, auf der Ausgangsseite des Gaszählers erfolgen. Bei Drehkolbengaszählern ist der Temperaturaufnehmer in einem Abstand bis  $2 D$  vor dem Eingangsflansch des Gaszählers einzubauen. Die Temperaturtasche für die Betriebsprüfung soll sich in unmittelbarer Nähe des Temperaturfühlers des Umwerters befinden.

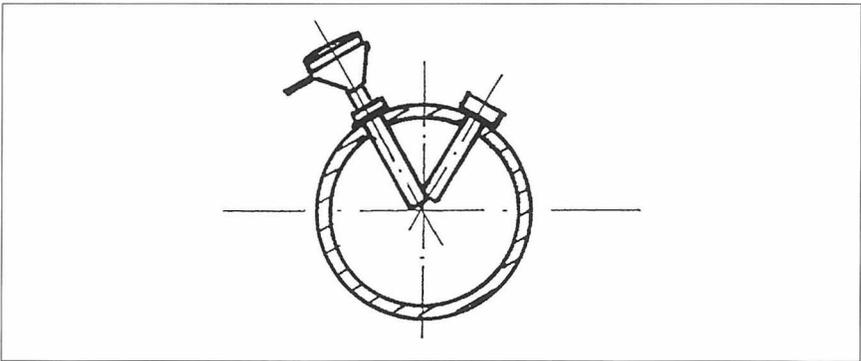


Bild 5.1: Einbau der Kontrolltasche

Beim Einbau der Temperaturfühler in die Gasleitungen ist besondere Sorgfalt notwendig. Der in eine Schutzhülse eingebaute Fühler muß mit seiner ganzen temperaturempfindlichen Länge (TEL) in Wärmeleitpaste oder Öl eintauchen. Andererseits darf das Wärmeleitmittel bei eingebautem Temperaturfühler nicht wesentlich höher als die TEL eingefüllt werden, um einen Wärmeübergang von der Umgebung zu vermeiden. Der Einbau der Temperaturfühler muß so erfolgen, daß deren TEL etwa in der Mitte der Rohrleitung liegt. Bei Rohren größer als DN 300 ist ein Abstand der TEL von der Rohrwand  $\geq 150$  mm ausreichend.

Bei zu kurz eingebautem Fühler kann die Umgebungstemperatur über den Fühlermantel die Messung beeinflussen. Fehlt Wärmeleitmittel in der Tasche, ist der Wärmeübergang vom Gas auf den Temperaturfühler stark verzögert und führt insbesondere bei intermittierendem Betrieb oder hinter einer Vorwärmung zu erheblichen Meßfehlern.

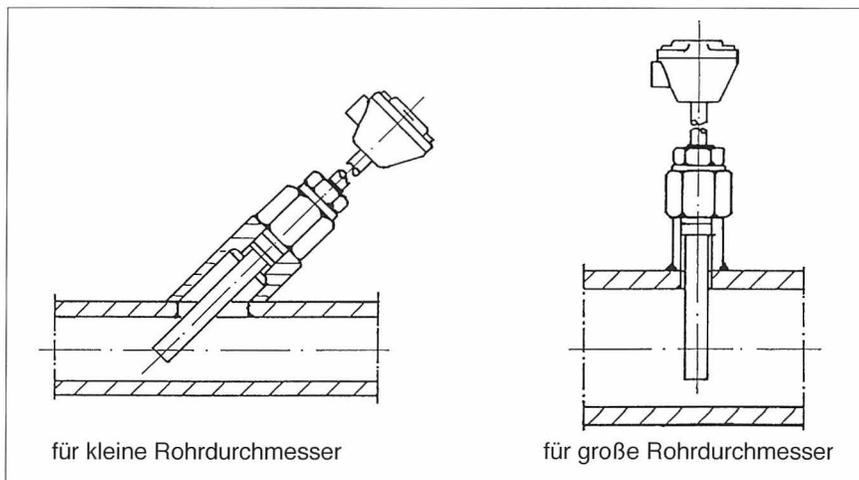


Bild 5.2: Einbau der Temperaturfühler

Die Fehler, die durch Temperaturschwankungen im Gasstrom hinter Reglern und Vorwärmern durch die Trägheit der Temperaturfühler entstehen, können sich über längere Zeiträume ausgleichen.

Dieser Ausgleich ist jedoch bei Meßanlagen mit großen Unterschieden zwischen Raum- und Gastemperatur nicht gegeben. Daher ist bei großen Differenzen zwischen Gastemperatur und Umgebungstemperatur eine thermische Isolierung des Zählers und der Rohrleitung vom Zähler bis einschließlich Temperaturfühlerkopf notwendig.

### Druckaufnehmer

Meßwertaufnehmer für den Gasdruck sind an der hierfür maßgebenden Stelle ( $p_r$ -Stutzen) des Gaszählers anzuschließen; bei Balgengaszählern erfolgt die Druckentnahme an der Eingangsseite des Zählers.

Die Druckleitung ist möglichst kurz zu halten und in Richtung des Druckaufnehmers steigend zu verlegen, damit auftretendes Kondensat zurücklaufen kann. Die Montage des Druckaufnehmers auf der Gasleitung ist nicht zulässig, wenn Vibrationen die Messung beeinflussen.

Bei einigen Druckaufnehmerbauarten ist besonders auf die senkrechte Anordnung der Meßmembrane zu achten, da sonst der Füllstoff des Meßwerkes (z. B. Silikonöl) auf die Meßmembrane drückt und die Meßergebnisse verfälschen kann.

In die Druckleitung zwischen Gaszähler und Druckaufnehmer wird üblicherweise ein Dreiwegehahn eingebaut, der die Prüfung des Druckaufnehmers im eingebauten Zustand erlaubt. Auf betriebssichere Arbeitsweise des Dreiwegehahnes ist zu achten. Alle Anschlüsse müssen dicht sein. Der Dreiwegehahn erhält eine Benutzersicherung.

### **Betriebsdichteaufnehmer**

Der dem Betriebsdichteaufnehmer zugeführte Meßdruck muß dem maßgebenden Druck  $p_r$  entsprechen ( $p_r$ -Stutzen).

Die Zuführungsleitung soll möglichst kurz sein und ist in Richtung des Dichteaufnehmers steigend anzubringen. Wegen des Temperaturangleiches ist sie am Zählergehäuse und am Hauptleitungsrohr anliegend zu verlegen. Sie ist zusammen mit der Rohrleitung gegen die Umgebung thermisch zu isolieren.

Der Dichteaufnehmer ist bei Turbinenradgaszählern in einem Abstand von  $2 D$  bis  $3 D$  ( $D =$  Rohrdurchmesser) hinter dem Zähler in die Rohrleitung einzubauen. Bei Drehkolbengaszählern soll der Dichteaufnehmer ohne nennenswerte Störung der Strömung durch den Einbau, d. h. bei großen Rohrleitungen  $1$  bis  $2 D$  vor dem Gaszähler installiert werden. Bei stärkerer Störung der Strömung durch den Einbau, d. h. bei kleineren Rohrdurchmessern ist der Dichteaufnehmer  $3 D$  vor dem Gaszähler einzubauen.

Bei Wirbelgaszählern sind die Einbaubestimmungen der Bauartzulassung der PTB zu entnehmen.

Beim Betriebsdichteaufnehmer wird der Schwingkörper mit Schutzrohr direkt in die Gasleitung eingebaut und thermisch isoliert, damit keine Temperaturfehler auftreten.

Die stoffabhängigen Änderungen der Dichte werden durch den kontinuierlichen Gasstrom über die Zuflußleitung erfaßt. Der erforderliche Durchfluß beträgt üblicherweise  $50 \text{ dm}^3/\text{h}$  und ist am Schwebekörperdurchflußmesser einzustellen. Um bei stark schwankender Gasqualität den zeitlichen Versatz zwischen Messung der Norm- und Betriebsdichte möglichst klein zu halten, kann der Durchfluß auch erhöht werden.

In die Zuleitung zum Meßaufnehmer sind zusätzliche Filter und Kondensatabscheider einzubauen. Dadurch soll vermieden werden, daß sich ein Belag auf dem Schwingelement bildet, da selbst kleinste Verunreinigungen zu erheblichen Meßfehlern führen. Die Einbaulage soll bei allen Schwingkörperdichtegebern hängend sein. Filter und Leitungen sind so anzulegen, daß kein Druckverlust auftritt, der das Meßergebnis verfälschen könnte. Druckentnahmestutzen vor und hinter dem Filter zur Messung des Druckverlustes bei Verschmutzung sind zweckmäßig. Alle Anschlüsse sind auf Dichtheit zu prüfen.

### **Normdichteaufnehmer**

Die Entnahmestelle für den Normdichteaufnehmer ist so anzuordnen, daß die Probe immer aus dem fließenden Gasstrom entnommen wird.

Bei Verwendung eines Normdichteaufnehmers für mehrere Meßstrecken muß die Gasentnahme aus der Sammelleitung erfolgen.

Die erforderliche Druckreduzierung soll unmittelbar hinter der Gasentnahmestelle erfolgen und das entspannte Gas in einer Rohrleitung mit einem Durchmesser  $\leq 8 \text{ mm}$  auf kurzem Wege dem Normdichteaufnehmer zugeführt werden, damit eine Änderung der Gasart schnell wirksam wird. Es ist darauf zu achten, daß nur sauberes und trockenes Gas in das Meßsystem gelangt. Auch sind die gerätespezifischen Temperaturbedingungen einzuhalten.

Voraussetzung für eine genaue Messung ist die Einhaltung der konstanten Bedingungen im gesamten System. Dazu gehört vor allen Dingen ein richtig eingestellter Durchfluß des Probegases. Die Einstellung kann z. B. über einen Schwebekörperdurchflußmesser erfolgen.

Ist der Durchfluß bei Schwingkörpersystemen nicht richtig eingestellt, oder stimmt die Einstellung der Reduzier- bzw. Entlastungsventile nicht, so kann es zu Druckunterschieden in den Kammern kommen. Differenzen dieser Art führen zu Fehlmessungen, die das System nicht ausgleichen kann.

Normdichtewaagen sind an einem stabilen Gestell so festzuschrauben, daß die angebaute Libelle korrekt nivelliert ist. Das Probegas ist an einer geeigneten Stelle der Rohrleitung zu entnehmen und erforderlichenfalls der Raumtemperatur anzupassen. Vor dem Eingang des Gases in das Meßgerät ist der Gasdruck auf etwa 6 mbar zu reduzieren und ein geeigneter Durchfluß, der etwa zwischen 90 dm<sup>3</sup>/h und 150 dm<sup>3</sup>/h liegt, einzustellen. Bei einem Durchfluß in diesem Bereich stabilisiert sich das Ausgangssignal erfahrungsgemäß nach 20 Minuten.

Die Eingangsleitung muß außerdem einen Anschluß zur Einspeisung von Prüfgasen besitzen.

Die Ausgangsleitung muß eine Ableitung des Probegases ohne nennenswerten Druckverlust ermöglichen.

### **5.2.5 Maßnahmen nach Anbau**

Nach dem Anbau ist durch eine Funktionsprüfung zuerst festzustellen, ob der Umwelter ordnungsgemäß arbeitet.

Bei Gasdurchfluß und nach Angleich der Temperaturen erfolgt eine Betriebsprüfung nach 4.5, um die Richtigkeit der Messung des Umwerters sicherzustellen. Anschließend sind die Sicherungstempel und ggf. der Hauptstempel aufzubringen.

### **5.2.6 Befundprüfung**

Wird eine Befundprüfung durchgeführt, ist es zweckmäßig, im Rahmen der Beschaffenheitsprüfung auch die Einhaltung der Einbaubedingungen zu überprüfen und eine Betriebsprüfung vorzunehmen.

Bei Zustands-Mengenumwertern folgt dann eine Prüfung über den gesamten Meßbereich, wobei auch der vorher geprüfte Betriebszustand ein Meßpunkt sein soll. Die Prüfung kann am Gebrauchsort oder auf einem Prüfstand erfolgen.

Bei Dichte-Mengenumwertern sind Normdichtewaagen am Gebrauchsort zu prüfen. Rechner und Normdichteaufnehmer mit Schwingkörpersystem können am Gebrauchsort oder auf einem Prüfstand nachgeprüft werden. Betriebsdichteaufnehmer können nur unter Laboratoriumsbedingungen geprüft werden, sofern die Temperatur des Systems nicht mit einem eingebauten Fühler gemessen werden kann.

---

### 5.3 Dokumentation der Betriebsdaten

Zur Dokumentation der Maßnahmen dienen Betriebsdatenbücher, die mindestens die Daten nach Anhang 6 enthalten sollen.

Für Umwelter mit Prozessrechnern, deren Programmabläufe oder Speicherinhalte vor Ort verändert werden können, sind vom Hersteller Unterlagen bereitzustellen, die eine Überprüfung der veränderbaren Speicherdaten ermöglichen.

Die Betriebsdatenbücher müssen bei amtlichen Maßnahmen am Gebrauchsort der Umwelter zur Verfügung stehen. Sie sind durch den Eichbeamten zu kontrollieren und mit Namenszeichen im Betriebsdatenbuch zu bestätigen. Änderungen und Austausch von Bauteilen sind zu vermerken und ebenfalls zu bestätigen.

## 5.4 Maßnahmen bei Stempelverletzung

Die Eichgültigkeit von Umwertern bleibt bei folgenden Tätigkeiten bestehen, wenn

- bei den Teilgeräten nach 5.4.2 bis 5.4.7 die Prüfung des Umwelters in Komponenten erfolgte und die neuen Teilgeräte gültig vorgeprüft sind
- die nachstehend erforderlichen Maßnahmen vorgenommen werden.

Tätigkeiten	erforderliche Maßnahmen
<b>5.4.1 Prozessrechner</b>	
Austausch von	
– vorgeprüften elektronischen Bauteilen (z. B. Digitalkarte)	Betriebsprüfung nach 4.5
– geprüften elektrischen Bauteilen (Netzteil, Stromausgangskarte o. ä.)	Funktionsprüfung (Alarmmeldung darf nicht erscheinen)
– Zählwerken	Kontrolle der Zählwerksfortschaltung
– Speicherbatterien	Kontrolle der Programmspeicherinhalte
<b>5.4.2 Temperaturlaufnehmer</b>	
– Austausch von vorgeprüften Temperaturlaufnehmern	Kontrolle der Temperaturanzeige
– Justierung der Temperaturanzeige am Betriebsort	Prüfung der Temperaturanzeige nach 4.2.1.2
<b>5.4.3 Druckaufnehmer</b>	
– Austausch von vorgeprüften Druckaufnehmern	Kontrolle der Druckanzeige
– Justierung der Druckanzeige bzw. des Druckaufnehmers am Betriebsort	Prüfung nach 4.2.1.2
<b>5.4.4 Betriebsdichteaufnehmer</b>	
Austausch von vorgeprüften Betriebsdichteaufnehmern	Betriebsprüfung nach 4.5.2

#### 5.4.5 Normdichteaufnehmer

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Austausch von vorgeprüften Normdichteaufnehmern</li> <li>– Justierung der Normdichtewaage am Betriebsort</li> <li>– Kalibrierung des Normdichteaufnehmers nach dem Schwingkörperprinzip           <ul style="list-style-type: none"> <li>• bei Parallelverschiebung bis maximal 0,5 % der Normdichte</li> <li>• bei Neigung der Fehlerkurve</li> </ul> </li> </ul> | <p>Richtigkeitsprüfung mit mind. einem Prüfgas<br/>Prüfung nach 4.3.1.1</p> <p>Änderung der Konstanten im Rechner nach Prüfung mit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mind. einem Prüfgas</li> <li>• mind. 2 Prüfgasen, deren Normdichte sich um mind. <math>0,25 \text{ kg/m}^3</math> unterscheidet</li> </ul> |
|---|--|

#### 5.4.6 Schallgeschwindigkeits-Meßgerät

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <p>Austausch vorgeprüfter Geräte</p> | <p>Richtigkeitsprüfung mit einem Prüfgas</p> |
|--------------------------------------|--|

#### 5.4.7 Nachkalibriereinrichtung

- |                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| <p>Austausch vorgeprüfter Geräte</p> | <p>Funktionsprüfung</p> |
|--------------------------------------|-------------------------|

#### 5.4.8 Halte- und Trennverstärker

- |  |   |
|--|---|
| <p>Austausch von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vorgeprüften Halteverstärkern</li> <li>– vorgeprüfter Trennverstärker</li> </ul> | <p>Prüfung, ob letzter Meßwert gehalten und angezeigt wird</p> <p>Prüfung der richtigen Übertragung des Meßwertes</p> |
|--|---|

## Anhang 1

### Vorschriften und Literaturverzeichnis

Eichordnung – Allgemeine Vorschriften – (EO) in der Änderung vom 24.9.1992 mit Anlage 7 – Meßgeräte für Gas –

Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften – vom 11.1.1989

PTB-Anforderungen

PTB-A 7.4 Meßgeräte für Gas-Mengenurwerter

PTB-A 50.1 Schnittstellen an Meßgeräten und Zusatzeinrichtungen

Technische Richtlinien der PTB

G 7 Eichung bzw. Beglaubigung von Gaszählern mit Hochdruckgas

G 9 Berechnung von Realgasfaktoren und Kompressibilitätszahlen

DVGW - Regelwerk

G 486 Realgasfaktoren und Kompressibilitätszahlen von Erdgasen

G 492/II Anlagen für die Gasmengenmessung mit einem Betriebsdruck über 4 bar bis 100 bar

G 685 Durchführung der thermischen Abrechnung von Gas

Normen

DIN 1343 Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen,  
Ausgabe Januar 1990

DIN 43760/IEC 751 Elektrische Thermometer, Ausgabe Oktober 1980

VDI-Fortschrittsbericht Nr. 162/1985

## Anhang 2

### Verwendete Formelzeichen und Indizes

#### Formelzeichen

$c$	Schallgeschwindigkeit im Meßgas
$c_M$	Schallgeschwindigkeit im Kalibrier gas (Methan)
$D$	Rohrdurchmesser
$E$	(Wärme-)Energie
$I_a$	Ausgangssignal der Normdichtewaage (Strom)
$IW$	Impulswert in imp/m <sup>3</sup>
$K$	Kompressibilitätszahl
$K_{a,b,c,1,2,3}$	Gerätekonstanten
$L$	Schallgeschwindigkeits-Aufnehmerkonstante
$R$	Gaskonstante
$Q$	Volumendurchfluß
$Q_e$	(Wärme-)Energiedurchfluß
$S_Q$	Volumendurchfluß-Signal
$S_b$	Betriebsdichte-Signal
$S_p$	Druckaufnehmer-Signal
$S_\vartheta$	Temperaturaufnehmer-Signal
$T$	Absoluttemperatur
$V$	Volumen
$V_p$	Prüfvolumen
$Z$	Zustandszahl
$f$	Frequenz in Hz
$f_V$	Fehler des Volumens
$f_Q$	Fehler des Volumendurchflusses
$f_p$	Fehler des Druckaufnehmers
$f_z$	Fehler der Umwertung
$f_\vartheta$	Fehler des Temperaturaufnehmers
$f_{\rho b}$	Fehler der Betriebsdichte

$f_{p n}$	Fehler der Normdichte
$m$	Masse
$p$	Gesamt-, Absolutdruck
$p_{amb}$	Atmosphärendruck
$p_d$	Partialdruck des im Gas enthaltenen Wasserdampfes
$p_e$	Über-, Effektivdruck
$p_s$	Sättigungsdruck des Wasserdampfes
$t$	Meßzeit in s
$v$	Spezifisches Volumen
$x$	Gasgemischanteil
$z$	Realgasfaktor
$\tau$	Periodendauer = $1/f$
$x$	Isentropenexponent
$\rho$	Gasdichte
$\vartheta$	Celsiustemperatur

### **Bedeutung weiterer Indizes und Indexzusätze**

ohne Index/Zusatz	Sollwert
Index b	Betriebszustand
Index i	Istwert
Index max	oberer Grenzwert
Index min	unterer Grenzwert
Index n	Normwert, Normzustand





### 3.3 Druckaufnehmer

#### Prüfprotokoll

##### Druckaufnehmer für ZMU

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_

Transmitter Typ: \_\_\_\_\_ Fabrik Nr.: \_\_\_\_\_

Meßbereich: \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ bar Über-/Absolutdruck\*

Ausgangssignal: \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ mA / mV / Hz\*

Prüflage: \_\_\_\_\_ Prüftemperatur: \_\_\_\_\_ °C

Prüfung mit zunehmendem Druck		1	2	3	4	5	6
Druck-Sollwert p	bar						
Ausgangssignal-Sollwert Sp	mA/mV/Hz*						
Ausgangssignal-Istwert Spi	mA/mV/Hz*						
± Druck-Istwert pi	bar						
rel. Fehler fp = 100 · (pi/p-1)	%						

Prüfung mit abnehmendem Druck		1	2	3	4	5	6
Druck-Sollwert p	bar						
Ausgangssignal-Sollwert Sp	mA/mV/Hz*						
Ausgangssignal-Istwert Spi	mA/mV/Hz*						
± Druck-Istwert pi	bar						
rel. Fehler fp = 100 · (pi/p-1)	%						

\*nichtzutreffendes streichen

Sicherungsstempel  am Typenschild  
 über der Justiereinrichtung  
 \_\_\_\_\_

Ort, Datum

Eichamt

Unterschrift

### 3.4 Rechner für Zustands-Mengenumwerter

#### Prüfprotokoll

**Elektronischer Zustands-Mengenumwerter  
Rechner - Vorprüfung**



Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fabr.Nr.: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_  
 Gaszähler: Typ: \_\_\_\_\_ Größe: \_\_\_\_\_ IW = \_\_\_\_\_ imp/m3 Fehlerkorrektur: ja/nein\*  
 Temperatur  $\vartheta_{\min}$  \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ (Signal)  $\vartheta_{\max}$  \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ (Signal)  
 Absolutdruck  $p_{\min}$  \_\_\_\_\_ bar = \_\_\_\_\_ (Signal)  $p_{\max}$  \_\_\_\_\_ bar = \_\_\_\_\_ (Signal)  
 K-Zahl: konstant / nach TR G9\*  
 Gasanalyse: Ho,n = \_\_\_\_\_ kWh/m3 d = \_\_\_\_\_ CO2 = \_\_\_\_\_ % N2 = \_\_\_\_\_ %

Einstelldaten		Einheit	$p_{\min}/\vartheta_{\max}$	$p_{\max}/\vartheta_{\min}$		
Temperatur	$\vartheta$	°C				
Signal	Signal	Ω/mA/mV/Hz*				
Absolutdruck	p	bar				
Signal	Signal	mA/mV/Hz*				
$Z = \frac{P \cdot T_n \cdot 1}{p_n \cdot T \cdot K}$		$p_n = 1,01325 \text{ bar}$ $T_n = 273,15 \text{ K}$ $T = \vartheta + 273,15 \text{ K}$				
Prüfergebnisse über Z-Anzeige						
Temperatur	$\vartheta_i$	°C				
Signal	$f\vartheta = \vartheta_i - \vartheta$	K				
Absolutdruck	$p_i$	bar				
Signal	$f_p = 100 \cdot (p_i/p - 1)$	%				
K-Zahl	K (nach TR G9)	-				
Zahl	Ki	-				
Z-Zahl	Zi	-				
Z-Zahl	$f_z = 100 \cdot (Z_i/Z - 1)$	%				
Prüfergebnisse über Zählwerke						
Meßzeit	t	s				
Frequenz	f	Hz				
Be-triebs-vo-lumen	VbE	m3				
	VbA	m3				
	$V_{bi} = V_{bE} - V_{bA}$	m3				
	$V_b = f \cdot t / IW$	m3				
	$fV_b = 100 \cdot (V_{bi}/V_b - 1)$	%				
Norm-lu-men	VnE	m3				
	VnA	m3				
	$V_{ni} = V_{nE} - V_{nA}$	m3				
	$V_n = V_b \cdot Z$	m3				
	$fV_n = 100 \cdot (V_{ni}/V_n - 1)$	%				

\*nichtzutreffendes streichen

Sicherungsstempel  an Programmsicherung  am Gehäuse  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Ort, Datum \_\_\_\_\_ Eichamt \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_



## 3.6 Schwingkörper-Betriebsdichteaufnehmer

PrüfprotokollSchwinggabel - Betriebsdichteaufnehmer

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fert-Nr.: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_

Arbeitsgleichung: \_\_\_\_\_ Meßbereich: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> bis \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

Meßgas: \_\_\_\_\_ Kalibriergas: \_\_\_\_\_ Kalibriertemperatur: \_\_\_\_\_ °C

Kalibrierung	Einheit	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	ermittelte Konstanten
Effektivdruck	pe	bar			
Luftdruck	pamb	bar			
Absolutdruck	p	bar			
Temperatur	$\vartheta$	°C			
Schwingfrequenz	f	Hz			
Periodendauer	$\tau$	$\mu$ s			
Dichte	$\rho_b$	kg/m <sup>3</sup>			

Nachprüfung:	Einheit	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	Punkt 5
Effektivdruck	pe	bar				
Luftdruck	pamb	bar				
Absolutdruck	p	bar				
Temperatur	$\vartheta$	°C				
Schwingfrequenz	f	Hz				
Periodendauer	$\tau$	$\mu$ s				
Solldichte	$\rho_b$	kg/m <sup>3</sup>				
Istdichte	$\rho_{bi}$	kg/m <sup>3</sup>				
Fehler	f $\rho_b$	%				

Schwingfrequenz in Luft bei pamb = \_\_\_\_\_ hPa/mbar und  $\vartheta^L$  = \_\_\_\_\_ °C: \_\_\_\_\_ HzSicherungsstempel  am Typenschild \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
Ort, Datum\_\_\_\_\_  
Eichamt\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## 3.7 Rechner für Dichte-/Brennwert-Mengenwerter

PrüfprotokollElektronischer Dichte-/Brennwert-Mengenwerter\*  
Rechner - Vorprüfung

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fert.Nr.: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_  
 Gaszähler: Typ: \_\_\_\_\_ Größe: \_\_\_\_\_ IW = \_\_\_\_\_ imp/m<sup>3</sup> Fehlerkorrektur: ja/nein\*  
 Normdichte  $n_{min}$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> = \_\_\_\_\_ (Signal)  $n_{max}$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> = \_\_\_\_\_ (Signal)  
 $Kn0$  = \_\_\_\_\_  $Kn1$  = \_\_\_\_\_  $Kn2$  = \_\_\_\_\_  $Kc$  = \_\_\_\_\_  
 Betriebsdichte  $\varphi_{bmin}$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> = \_\_\_\_\_ (Signal)  $\varphi_{bmax}$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> = \_\_\_\_\_ (Signal)  
 $Kb0$  = \_\_\_\_\_  $Kb1$  = \_\_\_\_\_  $Kb2$  = \_\_\_\_\_  
 VOS-Korrektur / rechnerisch / mit Meßgerät\*  $Ka$  = \_\_\_\_\_  $Kb$  = \_\_\_\_\_

GeberEinstellwerte			Ein-	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Prüfung 4	Prüfung 5
Meßgrößen			heiten*					
Normdichte	Meßsignal	$M\phi n$	Hz/ $\mu$ s/mA					
	Referenzsignal	$R\phi n$	Hz/ $\mu$ s					
	Sollwert	$\phi n$	kg/m <sup>3</sup>					
	Istwert	$\phi ni$	kg/m <sup>3</sup>					
Betriebsdichte	Fehler	$f\phi n$	%					
	Signal	$S\phi b$	Hz/ $\mu$ s					
	Sollwert	$\phi b$	kg/m <sup>3</sup>					
	Istwert	$\phi bi$	kg/m <sup>3</sup>					
VOS-Korrektur	Fehler	$f\phi b$	%					
	Temperatur	$\varnothing$	°C					
	Sollwert	$\phi bV$	kg/m <sup>3</sup>					
	Istwert	$\phi bVi$	kg/m <sup>3</sup>					
Brennwert	Fehler	$f\phi bV$	%					
	Signal	$SHon$	Hz/mA					
	Sollwert	$Hon$	kWh/m <sup>3</sup>					
	Istwert	$Honi$	kWh/m <sup>3</sup>					
Betriebsvolumen	Fehler	$fHon$	%					
	Geberfrequenz	$Qbf$	Hz					
	Solldurchfluß	$Qb$	m <sup>3</sup> /h					
	Istdurchfluß	$Qbi$	m <sup>3</sup> /h					
Normvolumen	Fehler	$fQb$	%					
	Solldurchfluß	$Qn$	m <sup>3</sup> /h					
	Istdurchfluß	$Qni$	m <sup>3</sup> /h					
Wärmeenergie	Fehler	$fQn$	%					
	Solldurchfluß	$QE$	kW					
	Istdurchfluß	$QEI$	kW					
Fehler	$fQE$	%						

Zählwerkprüfung zu Prüfung				Meßzeit t	s
Betriebsvolumen	Endstand	VnE	m <sup>3</sup>		
	Sollwert	Vb	m <sup>3</sup>		
	Istwert	Vni	m <sup>3</sup>		
	Fehler fVn = fz		%		
Wärmeenergie	Endstand	EA	kWh		
	Sollwert	E	kWh		
	Istwert	Ei	kWh		
	Fehler fE		%		
Normvolumen	Endstand	EE	kWh		
	Sollwert	Vn	m <sup>3</sup>		
	Istwert	VnA	m <sup>3</sup>		

\*nichtzutreffendes streichen

Sicherungsstempel  am Programmierschalter  am Gehäuse  \_\_\_\_\_

Ort, Datum

Eichamt

Unterschrift

# Anlage 4 – Beispiele für Vorprüfscheine

## 4.1 Druckaufnehmer

Vorprüfschein-Nr.: \_\_\_\_\_  
Druckaufnehmer für \_\_\_\_\_

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_  
Fabr.-Nr.: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_

Absolutdruck       Überdruck       Differenzdruck

Meßbereich: \_\_\_\_\_ bar      bis      \_\_\_\_\_ bar

Ausgangssignal: \_\_\_\_\_ mA      bis      \_\_\_\_\_ mA

Prüflage:              aufrecht stehend

Anschlußgehäuse:      oben

Prüftemperatur:      \_\_\_\_\_ °C

Bei der Prüfung wurden die Fehlergrenzen von 0,4% vom jeweiligen Meßwert eingehalten. Der Aufnehmer ist durch Stempelung mit dem Eichzeichen als vorgeprüft gekennzeichnet und gegen Öffnen gesichert worden. Der Aufnehmer ist nicht geeicht. Er kann aber mit einer Zulassung entsprechenden Meßanlage zur Eichung gestellt werden. Der Vorprüfschein ist sorgfältig aufzubewahren und mit dem Antrag auf Eichung dem zuständigen Eichamt vorzulegen.

Dienstsiegel

Sicherungsstempel     am Typenschild  
                                   über die Justiereinrichtung  
                                   Flansch-Membrangehäuse

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Eichamt

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

Prüfscheine ohne Unterschrift und ohne Dienstsiegel haben keine Gültigkeit. Die Prüfscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Eichaufsichtsstelle.

4.2 Schwinggabel-Normdichteaufnehmer

Vorprüfschein-Nr.: \_\_\_\_\_  
Schwinggabel – Normdichteaufnehmer

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_  
Fabr.-Nr.: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_

Meßgabel-Nr.: \_\_\_\_\_ Referenzgabel-Nr.: \_\_\_\_\_  
Meßgas: \_\_\_\_\_ Referenzgas: N<sub>2</sub>  
Eingangsdruck: \_\_\_\_\_ bar Referenzdruck: \_\_\_\_\_ bar  
Meßbereich: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> bis \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  
Kalibriertemperatur: \_\_\_\_\_ °C bis \_\_\_\_\_ °C  
Kalibriergase: CH<sub>4</sub> = 0.7175 kg/m<sup>3</sup>  
N<sub>2</sub> = 1.2504 kg/m<sup>3</sup>  
CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>-Gemisch = \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  
CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>-Gemisch = \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

Arbeitsgleichung:

$$\rho_n = K_{n0} \frac{1000 K_{n1} + \tau_M^2}{1000 K_{n2} + \tau_R^2}$$

$\rho_n$  : Normdichte  
 $K_{n0}, K_{n1}, K_{n2}$  : Konstanten  
 $\tau_M, \tau_R$  : gültige Periodendauer in  $\mu s$

ermittelte Konstanten:  $K_{n0} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  
 $K_{n1} =$  \_\_\_\_\_ s<sup>2</sup>  
 $K_{n2} =$  \_\_\_\_\_ s<sup>2</sup>

$\rho_{nmax} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  $\hat{=}$   $f_{Mmin} =$  \_\_\_\_\_ Hz  
 $f_{Rmin} =$  \_\_\_\_\_ Hz  
 $\rho_{nmin} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  $\hat{=}$   $f_{Mmax} =$  \_\_\_\_\_ Hz  
 $f_{Rmax} =$  \_\_\_\_\_ Hz

Bei der Prüfung wurden die Fehlergrenzen von 0,3% vom jeweiligen Meßwert eingehalten. Der Aufnehmer ist durch Stempelung mit dem Eichzeichen als vorgeprüft gekennzeichnet und gegen Öffnen gesichert worden. Der Aufnehmer ist nicht geeicht. Er kann aber mit einer Zulassung entsprechender Meßanlage zur Eichung gestellt werden. Der Vorprüfschein ist sorgfältig aufzubewahren und mit dem Antrag auf Eichung dem zuständigen Eichamt vorzulegen.

Dienststempel

Sicherungsstempel  am Typenschild  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum Eichamt Unterschrift

Prüfscheine ohne Unterschrift und ohne Dienststempel haben keine Gültigkeit. Die Prüfscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Eichaufsichtsbehörde.

### 4.3 Schwinggabel-Betriebsdichteaufnehmer

**Vorprüfschein-Nr.: \_\_\_\_\_**  
**Schwinggabel – Betriebsdichteaufnehmer**

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_  
 Fabr.-Nr.: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_

Schwinggabel-Nr.: \_\_\_\_\_ Verstärker: \_\_\_\_\_  
 Druckstufe: \_\_\_\_\_ bar  
 Druckbereich: \_\_\_\_\_ bar bis \_\_\_\_\_ bar  
 Temperaturbereich: \_\_\_\_\_ °C bis \_\_\_\_\_ °C  
 Meßbereich: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> bis \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  
 Kalibriergas: \_\_\_\_\_ Kalibriertemperatur: \_\_\_\_\_ °C  
 Meßgas: \_\_\_\_\_

Arbeitsgleichung:

$$\rho_b = K_{b0} + K_{b1} \cdot \tau_{pb} + K_{b2} \cdot \tau_{pb}^2$$

$\rho_b$  : Betriebsdichte  
 $K_{b0}, K_{b1}, K_{b2}$  : Konstanten  
 $\tau_{pb} = 10^4/f$  : gültige Periodendauer

ermittelte Konstanten:  $K_{b0} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  
 $K_{b1} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>s  
 $K_{b2} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>s<sup>2</sup>

$\rho_{bmax} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  $\hat{=}$   $f_{min} =$  \_\_\_\_\_ Hz  
 $\rho_{bmin} =$  \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>  $\hat{=}$   $f_{max} =$  \_\_\_\_\_ Hz

Schwingfrequenz in Luft  $f_L =$  \_\_\_\_\_ Hz bei  $p_{amb} =$  \_\_\_\_\_ mbar und  $t_L =$  \_\_\_\_\_ °C

Bei der Prüfung wurden die Fehlergrenzen von 0,3% vom jeweiligen Meßwert eingehalten. Der Aufnehmer ist durch Stempelung mit dem Eichzeichen als vorgeprüft gekennzeichnet und gegen Öffnen gesichert worden. Der Aufnehmer ist nicht geeicht. Er kann aber mit einer Zulassung entsprechender Meßanlage zur Eichung gestellt werden. Der Vorprüfschein ist sorgfältig aufzubewahren und mit dem Antrag auf Eichung dem zuständigen Eichamt vorzulegen.

Dienststempel

Sicherungsstempel  am Typenschild  
 \_\_\_\_\_

Ort, Datum

Eichamt

Unterschrift

Prüfscheine ohne Unterschrift und ohne Dienststempel haben keine Gültigkeit. Die Prüfscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Eichaufsichtsbehörde.

## Anhang 5 – Beispiele für die Durchführung von Betriebsprüfungen

### 5.1 Zustands-Mengenumberter

Beispiel eines Computerausdruckes

#### B e t r i e b s p r ü f u n g Z u s t a n d s - M e n g e n u m w e r t e r

Meßanlage:		Schiene-Nr.:	
Besitzer:		Eigen-Nr.:	
Gaszähler-Hersteller:			
Typbezeichnung:	Nr.:	Größe:	
Umwertter-Hersteller:		Zulassungs-Nr.:	
Typbezeichnung:	Nr.:	Baujahr:	
Druckaufn.-Typ:	Nr.:	Bereich: 15 bis 60	bar
Temp.aufn.-Typ:	Nr.:	Bereich: -10 bis 40	°C

K-Zahl-Berücksichtigung nach GERG

Gasanalyse: Hon=11.134 kWh/m<sup>3</sup> dv=0.6145 CO<sub>2</sub>= 0.97 Vol%

Anlaß der Prüfung: Austausch der Programmkarte am Rechner

#### A u f n e h m e r u n d U m w e r t u n g

	Sollwert	Anzeige ZMU	Fehler
Temperatur:	14.20 °C	14.27 °C	0.02 %
Absolutdruck:	44.131 bar	44.080 bar	-0.12 %
K-Zahl:	0.9065	0.9066	0.02 %
Zustandszahl:	45.6741	45.6300	-0.10 %

#### G e s a m t s y s t e m m i t Z ä h l e r

Luftdruck:	0.9800 bar	Vb am Gaszähler:	40.70 m <sup>3</sup>
Effektivdruck:	43.1090 bar	Vb-Anzeige am ZMU:	40.76 m <sup>3</sup>
Gesamtdruck:	44.0890 bar	Vb-Fehler:	0.15 %
Temperatur:	14.18 °C	Normvolumen-Soll:	1861.68 m <sup>3</sup>
K-Zahl:	0.9064	Normvolumen-Ist:	1859.59 m <sup>3</sup>
Zustandszahl:	45.6351	Gesamtfehler:	-0.11 %

#### S t e m p e l u n g

Hauptstempel 90 (vorhanden)

Sicherungsstempel

am Druckaufnehmer (vorhanden)

am Temperaturaufnehmer (vorhanden)

an der Rechnerfront (angebracht)

an der Programmsicherung (angebracht)

an der Rechnerrückseite (vorhanden)

Prüfort, Datum

Bezeichnung der amtlichen Stelle

Unterschrift, Name

## 5.2 Dichte-Mengennumwerter

## Beispiel eines Computerausdruckes

D i c h t e - M e n g e n u m w e r t e r  
a m G e b r a u c h s o r t

Meßanlage:	Schiene-Nr.:
Besitzer:	Zulassungs-Nr.:
Hersteller:	Fert.-Nr.:
Typenbez.:	Baujahr:

Anlaß der Prüfung: Erstmalige Inbetriebnahme der Anlage

N o r m d i c h t e a u f n e h m e r			
Prüfgas	Anzeige	Abweichung	Fehler
kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	%

0.7175	0.7199	0.0024	0.33
0.7317	0.7340	0.0023	0.31
0.7950	0.7972	0.0022	0.28
0.7950	0.7949	-0.0001	-0.01 *)

\*) nach Kalibrierung durch Änderung von  
KC, bisher: 0.0152 neu: 0.0129

V O S - M e ß g e r ä t		
Norm-VOS	Anzeige	Fehler
m/s	m/s	%
403.31	403.10	-0.05

## B e t r i e b s d i c h t e a u f n e h m e r

Gesamtdruck:	46.2850 bar	Normdichte:	0.7385 kg/m <sup>3</sup>
Temperatur:	13.20 °C	Betriebsdichte:	35.4166 kg/m <sup>3</sup>
K-Zahl:	0.9087	Ist-Betr.dichte:	35.3800 kg/m <sup>3</sup>
Zustandszahl:	47.9509	Fehler:	-0.10 %

lineare Abweichung des Normdichteaufnehmers berücksichtigt!

## G e s a m t s y s t e m

Luftdruck:	0.9950 bar	Vb am Gaszähler:	45.10 m <sup>3</sup>
Effektivdruck:	45.3030 bar	Vb-Anzeige am DMU:	45.13 m <sup>3</sup>
Gesamtdruck:	46.2980 bar	Vb-Fehler:	0.07 %
Temperatur:	13.18 °C	Normvolumen-Soll:	2164.91 m <sup>3</sup>
K-Zahl:	0.9087	Normvolumen-Ist:	2162.44 m <sup>3</sup>
Zustandszahl:	47.9704	Gesamtfehler:	-0.11 %

G a s a n a l y s e  
 Hon = 11.112 kWh/m<sup>3</sup>  
 rhon = 0.7383 kg/m<sup>3</sup>  
 dv = 0.5710  
 CO<sub>2</sub> = 0.160 Vol%

## S t e m p e l u n g

Hauptstempel 92 (angebracht)  
 Sicherungsstempel  
 am Normdichteaufnehmer (vorhanden)  
 am Betriebsdichteaufnehmer (angebracht)  
 an der Programmsicherung (angebracht)  
 an der Rechnerfront (vorhanden)  
 an der Rechnerrückseite (vorhanden)

Prüfört, Datum

Bezeichnung der amtlichen Stelle

Unterschrift, Name

## Anhang 6 – Vorschlag für Datenbuch

### 6.1 Blatt 1: Bestandteile

**D a t e n b u c h**  
**- M e n g e n u m w e r t e r**  
 \_\_\_\_\_  
 Art  
 - Blatt 1 -  
**B e s t a n d t e i l e**

#### Rechner

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fabr.Nr.: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_

Kartenbestückung:

Bezeichnung	Typ	Anzahl	Bemerkungen*

\* z.B. Angabe über Austauschbarkeit gemäß Bauartzulassung

#### Meßwertaufnehmer und ergänzende Geräte

\_\_\_\_\_-Aufnehmer Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fabr.Nr. \_\_\_\_\_ B.j. \_\_\_\_\_  
 Art

Meßbereich: \_\_\_\_\_ = Ausgangssignal: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_-Aufnehmer Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fabr.Nr. \_\_\_\_\_ B.j. \_\_\_\_\_  
 Art

Meßbereich: \_\_\_\_\_ = Ausgangssignal: \_\_\_\_\_

Ergänzendes Gerät (z.B. Nachkalibriereinrichtung)

Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fabr.Nr. \_\_\_\_\_ B.j. \_\_\_\_\_

#### Angeschlossener Gaszähler

Bauart: \_\_\_\_\_ Hersteller: \_\_\_\_\_ Typ: \_\_\_\_\_ Fabr.Nr. \_\_\_\_\_ B.j. \_\_\_\_\_

Größe: \_\_\_\_\_ Qmin: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h Qmax: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h

Impulsübertragung:  einkanalig  zweikanalig

Impulswert 1: \_\_\_\_\_ imp/m<sup>3</sup> Impulswert 2: \_\_\_\_\_ imp/m<sup>3</sup>

Hochdruckprüfung:  ja  nein Qmin HD: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h

#### Korrekturverfahren

z.B. Fehlerkorrektur der Volumenmessung

## 6.2 Blatt 2: Belegung der veränderbaren Rechnerkanäle

### D a t e n b u c h

#### - M e n g e n u m w e r t e r

Art

- Blatt 2 -

#### Belegung der veränderbaren Rechnerkanäle

Nr.	E/B*	Bezeichnung	Einheit	Wert	geänd.Wert**	geänd.Wert**

\* Angabe der Sicherung vor Änderung (kann auch auf andere Weise kenntl.gemacht werden)  
 E - unter eichamtlicher Sicherung (z.B. Impulswert, Zählwerksfaktor etc.)  
 B - unter Benutzersicherung (z.B. Gaszusammensetzung)

\*\* hier sind geänderte Werte mit Datum und Namenszeichen einzutragen

## 6.3 Blatt 3: Nachweis über amtliche Maßnahmen

**D a t e n b u c h****- M e n g e n u m w e r t e r**

Art

- Blatt 3 -

**Nachweis über amtliche Maßnahmen**

Datum	Art der Tätigkeit*	amtl.Stelle	Unterschrift

\* Neben der Art der Tätigkeit, z.B. erstmalige Inbetriebnahme, Nacheichung, Austausch von Bestandteilen etc. ist einzutragen, welche Sicherungsstempel verletzt bzw. ersetzt wurden und welche Rechnerkanäle im Blatt 2 verändert wurden. Außer bei der Eichung ist anzugeben, in welchem Umfang Prüfungen gemäß 5.4 der Prüfregel vorgenommen wurden.







