

# **PTB-Prüfregeln**

**Band 27**

**Messgeräte für Gas  
Prüfung eichfähiger  
und nichteichfähiger  
Brennwertmessgeräte**

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

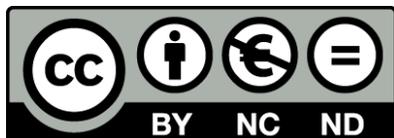
Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964



Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 27 ist durch Digitalisierung der 2001 erschienenen Druckversion erzeugt worden. Die folgenden Seiten sind Bilddateien.

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



### **Empfohlene Zitierweise:**

Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Messgeräte für Gas – Brennwertmessgeräte: Prüfung eichfähiger und nichteichfähiger Brennwertmessgeräte [online]. 1. Auflage 2001. Bearbeitet von Below, L.; Groth, H.; Hauser, H.; Hoburg, D.; Jarosch, B.; Lueg, F und Prausse, W.. Braunschweig, © 2001, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 27. ISSN 0341-7964.

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

**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 27

### **Messgeräte für Gas Prüfung eichfähiger und nichteichfähiger Brennwertmessgeräte**

Bearbeitet von

Dipl.-Ing. L. Below (Staatlich anerkannte Prüfstelle, Ruhrgas AG)

Dipl.-Ing. H. Hauser (Hessische Eichdirektion)

Dipl.-Ing. H. Groth (Eichamt Düsseldorf)

Dipl.-Ing. D. Hoburg (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

Dipl.-Ing. B. Jarosch (Eichdirektion Baden-Württemberg)

Dipl.-Ing. F. Lueg (Staatlich anerkannte Prüfstelle, Thyssengas GmbH)

Ing. (grad.) W. Prausse (Eichdirektion Bayern)

Herausgegeben von der  
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)  
in Zusammenarbeit mit Eichaufsichtsbehörden und  
Staatlich anerkannten Prüfstellen

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964

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

---

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

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

PTB-Prüfregeln Band 27

Alle Rechte vorbehalten  
© 2001 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig  
Druck: Limbach Druck und Verlag GmbH, Braunschweig

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Begriffsbestimmungen und Erläuterungen</b>	<b>1</b>
1.1	Bezugszustände	1
1.2	Brennwertmessgeräte	2
1.2.1	Gaskalorimeter	2
1.2.2	Gaschromatografen	3
1.2.3	Sonstige Brennwertmessgeräte	3
1.3	Gasarten	3
1.4	Messbereiche	4
1.5	Kalibriergase	4
<b>2</b>	<b>Brennwertmessverfahren</b>	<b>5</b>
2.1	Gaskalorimeter	5
2.2	Gaschromatografische (analytische) Verfahren	7
2.3	Messung des Sauerstoffgehaltes im Abgas	9
2.4	Ermittlung der zur stöchiometrischen Verbrennung nötigen Gasmenge	10
2.5	Nicht eichfähige Messverfahren	12
<b>3</b>	<b>Beschreibung der Messgeräte</b>	<b>13</b>
3.1	Gaskalorimeter	13
3.1.1	Junkers-Kalorimeter	13
3.1.2	Reineke-Kalorimeter	13
3.1.3	Cutler-Hammer- bzw. Thomas-(Foster-) Cambridge-Kalorimeter	15
3.2	Prozess-Gaschromatografen	17
3.3	AMS Rhadox	20
3.4	Instromet Tru-Therm	22
3.5	Nicht eichfähige Messgeräte	24

---

3.5.1	Handkalorimeter (Verbrennungskalorimeter)	24
3.5.1.1	Junkers-Handkalorimeter	24
3.5.1.2	Reineke-Handkalorimeter	24
3.5.2	Probenehmer	24
3.6	Komponenten und Zusatzeinrichtungen	25
3.6.1	Messwertumformer	25
3.6.2	Brennwertschreiber	26
3.6.3	Messwertdrucker	26
3.6.4	Messwertspeicher	27
3.6.5	Zusätzliche Anzeigen	27
3.6.6	Trennverstärker/Trennverteiler	27
3.6.7	Halteverstärker	28
3.6.8	Analog/Digital-Wandler	28
3.7	Schnittstellen	28
<b>4</b>	<b>Prüfräume und Prüfmittel</b>	<b>29</b>
4.1	Prüfräume für Komponenten und Zusatzeinrichtungen	29
4.1.1	Aufstellungsräume von Brennmessgeräten	29
4.2	Prüfmittel	29
4.2.1	Prüfmittel für die Vorprüfung	29
4.2.1.1	Komponenten von Gaskalorimetern	29
4.2.1.2	Prüfmittel für elektronische Komponenten und Zusatzeinrichtungen	31
4.2.2	Prüfmittel für die Prüfung des Gesamtsystems	32
4.2.2.1	Prüfmittel für Gaskalorimeter	32
4.2.2.2	Prüfmittel für Gaschromatografen	33
4.2.2.3	Prüfmittel für AMS Rhadox	33
4.2.2.4	Prüfmittel für Instromet Tru-Therm	34
4.2.3	Nachprüffristen von Normalgeräten	34

---

<b>5</b>	<b>Prüfung und Stempelung</b>	35
5.1	Beschaffenheitsprüfung	35
5.2	Messtechnische Prüfung	37
5.2.1	Vorprüfung von Komponenten und Zusatzeinrichtungen	37
5.2.1.1	Gaskalorimeter mit intermittierender Messung	38
5.2.1.2	Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung	41
5.2.1.3	Vorprüfung von Zusatzeinrichtungen	43
5.2.2	Prüfung des Gesamtsystems	45
5.2.2.1	Gaskalorimeter mit intermitterender Messung	45
5.2.2.2	Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung	50
5.2.2.3	Prozessgaschromatografen	52
5.2.2.4	AMS Rhadox	54
5.2.2.5	Instromet Tru-Therm	55
5.2.2.6	Zusatzeinrichtungen	56
5.2.2.7	Schnittstellen	56
5.3	Fehlergrenzen	58
5.3.1	Gaskalorimeter mit intermittierender Messung	58
5.3.2	Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung	58
5.3.3	Prozessgaschromatografen (PGC)	59
5.3.4	AMS Rhadox	59
5.3.5	Instromet Tru-Therm	60
5.3.6	Zusatzeinrichtungen	60
5.4	Stempelung, Prüfbescheinigungen, Gültigkeitsdauer	60
<b>6</b>	<b>Einzelprüfung von nicht eichpflichtigen Messgeräten</b>	64
6.1	Laborgaschromatografen	64
6.2	Gasprobenehmer	64

---

<b>7</b>	<b>Bedingungen und Auflagen für den Betrieb</b>	65
7.1	Allgemeines	65
7.2	Erstmalige Inbetriebnahme	65
7.3	Wartung	66
7.3.1	Wartungsarbeiten an Gaskalorimetern	67
7.3.2	Wartungsarbeiten an Prozessgaschromatografen	70
7.3.3	Wartungsarbeiten am AMS Rhadox	71
7.3.4	Wartungsarbeiten am Instromet Tru-Therm	71
7.4	Instandsetzungsarbeiten	72
7.4.1	Instandsetzungsarbeiten an Kalorimetern	72
7.4.2	Instandsetzungsarbeiten an Prozessgaschromatografen	73
7.4.3	Instandsetzungsarbeiten am AMS Rhadox	73
7.4.4	Instandsetzungsarbeiten am Instromet Tru-Therm	73

---

<b>Anhang A – Vorschriften und Literaturverzeichnis</b>	74
<b>Anhang B – Beispiele für Prüfprotokolle</b>	
B 01 Prüfungsbeispiel Gaskalorimeter mit intermittierender Messung	78
B 02 Übersichtsblatt Prüfung Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung	79
B 03 Vorprüfung Brennwertschreiber für Gaskalorimeter	80
B 04 Vorprüfung Temperatur-Messwertumformer für Gaskalorimeter	81
B 05 Vorprüfung Digitalanzeige für Brennwertmessgeräte	82
B 06 Vorprüfung Halte-/Trennverstärker für Brennwertmessgeräte	83
B 07 Gas/Luft-Verhältnismessung für Gaskalorimeter	84
B 08 Übersichtsblatt Prüfung PGC	85
B 09 Prüfung mit Kalibriergasen für PGC	86
B 10 Vorprüfung Digitalanzeige für die Normdichte für PGC	87
B 11 Vorprüfung analoge Ausgangskarte für den Brennwert für PGC	88
B 12 Vorprüfung analoge Ausgangskarte für die Normdichte für PGC	89
B 13 Vorprüfung analoge Ausgangskarte für den CO <sub>2</sub> -Gehalt für PGC	90
B 14 Prüfung der DSfG-Schnittstelle für PGC	91



---

## Vorwort

Mit zunehmendem Anteil von Gas an der Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland hat dessen Brennwert für die richtige Erfassung der verkauften Energie in der öffentlichen Gasversorgung den gleichen Stellenwert erhalten wie das Gasvolumen. Zur Ermittlung des Brennwertes sind geeignete Messgeräte erforderlich.

Brennwertmessgeräte sind in der Regel relativ messende Geräte. Sie bestimmen den Brennwert gasförmiger Brennstoffe in Bezug auf den bekannten Brennwert bzw. die Zusammensetzung eines Kalibriergases. Die Genauigkeit der Brennwertmessung hängt somit direkt von der Genauigkeit ab, mit der dieses Kalibriergas bestimmt wurde.

Einige der verwendeten Messgeräte bestimmen außer dem Brennwert weitere eichpflichtige Größen, wie die Normdichte und den CO<sub>2</sub>-Gehalt.

Die vorliegende Prüffregel soll helfen, die eichtechnische Prüfung von Brennwertmessgeräten und deren Zusatzeinrichtungen richtig und einheitlich durchzuführen. Die bisher auf unterschiedliche Quellen verteilten Prüfvorschriften wurden zusammengefaßt.

Darüber hinaus wurden Hinweise auf nicht eichfähige Geräte aufgenommen, die in Sonderfällen für die Abschätzung des Brennwertes von Gasen verwendet werden können.



# 1 Begriffsbestimmungen und Erläuterungen

Die Beschaffenheit von Brenngasen hat wirtschaftliche und anwendungstechnische Aspekte. Brenn- und Heizwert eines Gases sind Maße für die in diesem Gas mittelbar enthaltene spezifische Energie. Gasgemische gleichen Brennwertes (oder Heizwertes) können aber sehr unterschiedliche Dichten haben. Dies führt bei gleichem Vordruck zu unterschiedlichen Wärmeleistungen am Gasbrenner; ebenso sind Auswirkungen auf Messgeräte möglich. Neben Brennwert und Heizwert hat sich daher für die Versorgungspraxis der sogenannte „Wobbe-Index“ als Kennwert für die Wärmebelastung des Brenners eingeführt.

Für die Genauigkeit der Volumenmessung von Gas bei höheren Drücken ist die Kompressibilität des Gases von großer Bedeutung. Verfahren zur Berechnung von Realgasfaktoren und Kompressibilitätszahlen für Erdgas, auf die in der Technischen Richtlinie G 9 verwiesen wird, erfordern neben der Kenntnis des Brennwertes z. B. auch Angaben über den molaren Anteil (Stoffmengenanteil) der Komponenten Kohlenstoffdioxid und Stickstoff. Für diese Bestimmungen sind analytische Verfahren, wie z. B. die Gaschromatografie, notwendig.

Die in der Prüffregel verwendeten Begriffe: Brennwert, Heizwert, Dichte, Normdichte, relative Dichte (früher Dichteverhältnis) und Wobbe-Index sind in DIN 51 857/ISO 6976 definiert bzw. erklärt.

## 1.1 Bezugszustände

Für die Ermittlung des Brennwertes und die Errechnung des Heizwertes sind identische Bezugsbedingungen (Temperatur  $T_b$  und Druck  $p_b$ ) für das Gas vor der Verbrennung sowie für die Verbrennungsprodukte festgelegt.

Außer dem so definierten Bezugszustand ( $T_b, p_b$ ) für die Verbrennung, muss für die volumenbezogenen Größen zusätzlich der Bezugszustand ( $T_v, p_v$ ) für das Gasvolumen angegeben werden. Dieser zuletzt genannte

Zustand  $(T_v, p_v)$  muss nicht notwendigerweise mit dem Bezugszustand  $(T_b, p_b)$  für die Verbrennung übereinstimmen.

In DIN 51 857/ISO 6976 sind die national und international verwendeten Kombinationen aufgeführt.

In dieser Prüffregel wird folgende Kombination verwendet:

Die Bezugstemperatur für die Verbrennung ist

$$T_b = 298,15 \text{ K } (t_b = 25 \text{ °C}).$$

Die Verbrennung findet bei einem Bezugsdruck von

$$p_b = 1013,25 \text{ hPa} \text{ statt.}$$

Unter dem Gasvolumen ist hier das Volumen des trockenen Gases bei der Temperatur

$$T_v = T_n = 273,15 \text{ K } (t_n = 0 \text{ °C})$$

und dem Druck

$$p_v = p_n = 1013,25 \text{ hPa} \text{ zu verstehen.}$$

Der so definierte Gaszustand  $(T_n, p_n)$  wird Normzustand genannt.

## **1.2 Brennwertmessgeräte**

Die Geräte zur Bestimmung des Brennwertes von Gasen lassen sich in drei Klassen unterteilen:

### **1.2.1 Gaskalorimeter**

Gaskalorimeter verbrennen eine konstante, abgemessene Menge Gas. Die bei der Verbrennung entstehende Wärme wird auf eine ebenfalls konstante, abgemessene Menge Luft oder Wasser (Wärmeträger) übertragen. Die daraus resultierende Temperaturerhöhung der Luft- bzw. Wassermenge und der Brennwert des Gases verhalten sich direkt proportional.

### 1.2.2 Gaschromatografen

Gaschromatografen bestimmen die quantitative Zusammensetzung des Gases und berechnen mit den Stoffdaten der einzelnen Komponenten dessen Brennwert und andere Größen (Normdichte, relative Dichte, Wobbe-Index usw.).

### 1.2.3 Sonstige Brennwertmessgeräte

Die derzeit zur Eichung zugelassenen sonstigen Messgeräte ermitteln den Brennwert mit Hilfe einer vorhandenen Beziehung zwischen dem Brennwert und einer oder mehreren physikalischen oder chemischen Eigenschaften (z. B. der Luftmenge, die für eine stöchiometrische Verbrennung einer bestimmten Menge Gas nötig ist, oder dem Sauerstoffgehalt des Abgases).

## 1.3 Gasarten

Das DVGW-Arbeitsblatt G 260 beschreibt die in der öffentlichen Gasversorgung vorkommenden Gasarten. Die nachstehenden Erläuterungen der Begriffe sind diesem Arbeitsblatt entnommen.

### *Brenngase*

- Brenngase sind gasförmige Brennstoffe (s. DIN 1340).
- Brenngase der öffentlichen Gasversorgung sind Gase, die an Haushalte, Gewerbebetriebe, öffentliche Einrichtungen und Industrieunternehmen zur allgemeinen Verwendung, überwiegend zur Wärmeerzeugung, geliefert werden.

### *Gasfamilien, Gruppen*

In der öffentlichen Gasversorgung werden Brenngase mit weitgehend übereinstimmenden Brenneigenschaften in Gasfamilien zusammengefasst. Soweit aus gerätetechnischen Gründen erforderlich, werden Gasfamilien zusätzlich in Gruppen unterteilt.

- Die 1. Gasfamilie umfasst wasserstoffreiche Gase. Sie ist nach Wobbe-Indizes unterteilt in Gruppe A „Stadtgas“ und Gruppe B „Ferngas“.
- Die 2. Gasfamilie umfasst methanreiche Gase. Das sind die aus natürlichen Vorkommen stammenden Erdgase, synthetische Erdgase (SNG) sowie deren Austauschgase. Sie sind entsprechend den Wobbe-Indizes in die Gruppen L (low) und H (high) unterteilt.
- Die 3. Gasfamilie umfasst Flüssiggase nach DIN 51 622.
- Die 4. Gasfamilie umfasst Kohlenwasserstoff/Luft-Gemische, die aus Flüssiggasen bzw. Erdgasen und Luft hergestellt werden.

## **1.4 Messbereiche**

Die Messbereiche von Brennwertmessgeräten werden bei der Zulassung festgelegt. Aus praktischen Erwägungen haben die Messbereiche in der Regel einen Umfang von 50 % bis 100 % des jeweiligen Messbereichsendwertes.

## **1.5 Kalibriergase**

Die Anforderungen an Kalibriergase für Brennwertmessgeräte sind den PTB-Anforderungen 7.63 zu entnehmen.

## 2 Brennwertmessverfahren

### 2.1 Gaskalorimeter

Das Grundprinzip der Brennwertmessung ist bei allen Gaskalorimetern gleich: Eine Gasmenge wird abgemessen und vollständig verbrannt. Die entstehende Verbrennungswärme wird von einem ebenfalls abgemessenen Wärmeträger aufgenommen. Die Temperaturerhöhung des Wärmeträgers ist ein Maß für den Brennwert des gemessenen Gases (absolutes Messverfahren).

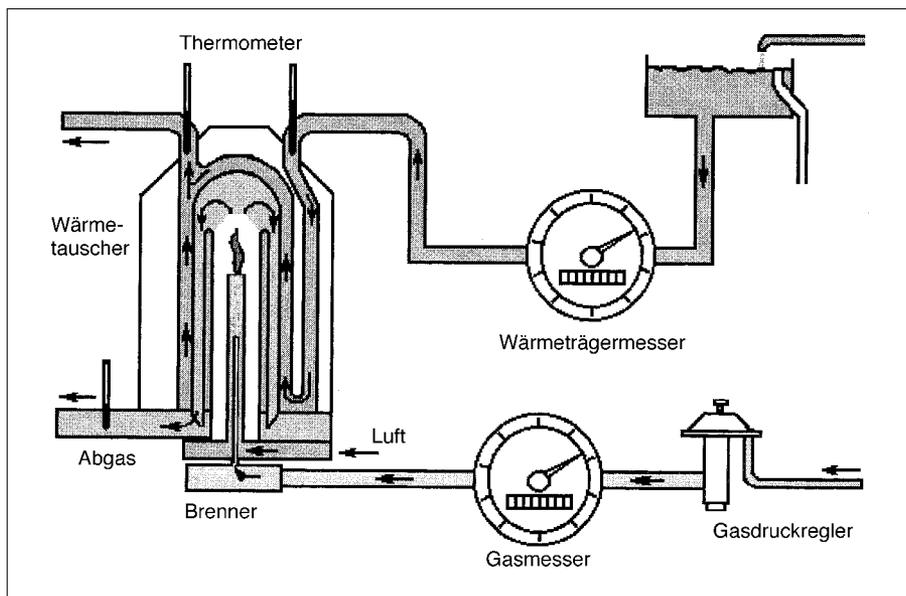


Bild 1: Kalorimeter-Messprinzip

## Berechnung des Brennwertes in der Verbrennungskalorimetrie

Die Formel für die Berechnung des Brennwertes lautet:

$$H_{s,b} = \frac{V_W}{V_G} \cdot c_w \cdot \Delta t \quad (1)$$

$H_{s,b}$	Brennwert im Betriebszustand
$V_W$	Wärmeträgervolumen
$V_G$	Gasvolumen
$c_w$	Wärmekapazität des Wärmeträgers
$\Delta t$	Temperaturerhöhung des Wärmeträgers.

Der Brennwert im Normzustand  $H_{s,n}$  berechnet sich nach der Formel:

$$H_{s,n} = H_{s,b} \cdot \frac{p_n}{(p_{amb} + p_e - \varphi \cdot p_s)} \cdot \frac{T}{T_n} \cdot K \quad (2)$$

$T$	Gastemperatur
$T_n$	Normtemperatur
$p_{amb}$	Luftdruck
$p_n$	Normdruck
$p_e$	Gasüberdruck, Effektivdruck
$p_s$	Sättigungsdruck des Wasserdampfes
$\varphi$	relative Feuchte
$K$	Kompressibilität des Gases.

In der Praxis wird der Brennwert im Normzustand oft durch Multiplikation des Brennwertes im Betriebszustand mit einem Umwertungsfaktor (Kehrwert der Zustandszahl  $Z$ ) folgendermaßen errechnet:

$$\frac{1}{Z} = \frac{p_n}{(p_{\text{amb}} + p_e - \phi \cdot p_s)} \cdot \frac{T}{T_n} \cdot K \quad (3)$$

$$H_{s,n} = H_{s,b} \cdot \frac{1}{Z} \quad (4)$$

## 2.2 Gaschromatografische (analytische) Verfahren

Bei der Gaschromatografie wird eine Probe des zu untersuchenden Gasgemisches abgemessen und mit Hilfe eines inerten Trägergases einer oder mehreren Trennsäulen zugeführt. Diese zerlegen die Gasprobe in ihre Bestandteile (Komponenten).

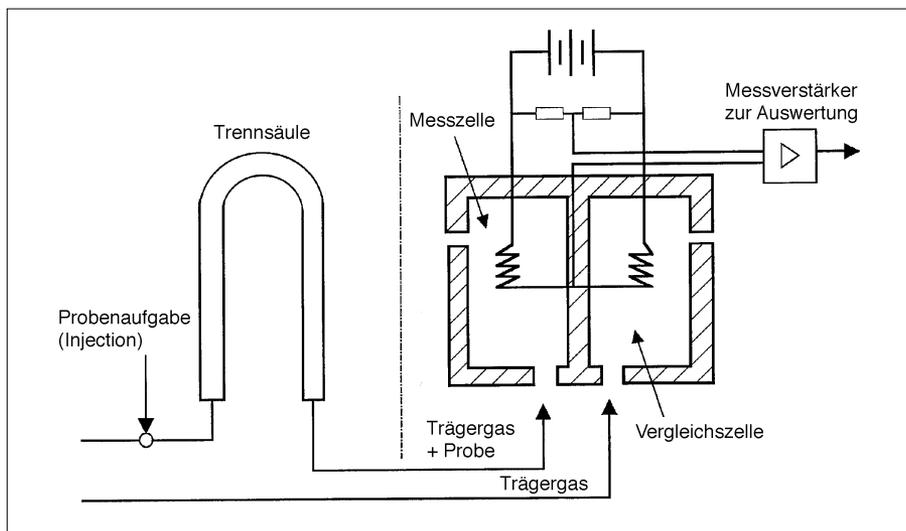


Bild 2: Messprinzip eines Gaschromatografen

Am Ausgang der Trennsäulen erfassen Wärmeleitfähigkeitsdetektoren die einzeln, nacheinander zu unterschiedlichen Zeiten (Retentionszeiten) aus den jeweiligen Trennsäulen austretenden Komponenten. Für jede

Komponente wird ein unterschiedlich breites und hohes Signal erzeugt (Peak). Die Fläche unter den einzelnen Peaks der Signalkurve des Detektors (dem Chromatogramm) ist abhängig von der Art und Menge des Stoffes der entsprechenden Komponente. Die Festlegung der Integrationsgrenzen der Peakflächen erfolgt automatisch durch den Steuerrechner und/oder innerhalb fest vorgegebener Grenzen.

Die Konzentration der einzelnen Komponenten berechnet der Steuerrechner aus den Flächeninhalten der zugehörigen Peaks dividiert durch den Responsefaktor der jeweiligen Komponenten.

Der Responsefaktor ist das Verhältnis aus der bei der letzten Analyse des Kalibrierungsgases für eine Komponente gefundenen Peakfläche und der bekannten Konzentration dieser Komponente im Kalibrierungsgas.

Der Chromatograf wird in regelmäßigen Intervallen mit einem Kalibrierungsgas bekannter Zusammensetzung automatisch kalibriert. Dabei wird der Responsefaktor für jede detektierte Komponente neu ermittelt.

Voraussetzung für die qualitativ und quantitativ richtige Erfassung der Bestandteile der Probe ist eine Kalibrierung des Systems in regelmäßigen Abständen mit geeigneten Kalibrierungsgasen.

Das Kalibrierungsgas muss in der Regel alle relevanten Komponenten in ähnlicher Konzentration enthalten, wie sie in der Probe zu erwarten sind.

Das jeweilige Trägergas, in der Regel Helium, wird im Probengas nicht erkannt. Vorhandene Anteile von Helium und Wasserstoff im Probengas lassen sich nur durch den zusätzlichen Einsatz von Stickstoff als Trägergas bestimmen.

Prozess-Gaschromatografen (PGC) sind modifizierte Labor-Gaschromatografen. Alle Arbeitsgänge von der Kalibrierung über die Probenahme bis zur Auswertung und Anzeige des Ergebnisses werden von einem Rechner gesteuert und laufen vollautomatisch nach einem vorher festgelegten Programm ab. Der analytische Teil des Gaschromatografen ist

speziell auf eine bestimmte Aufgabe (die Analyse von Brenngasen) zugeschnitten.

Moderne PGC detektiert im allgemeinen folgende elf Komponenten:

Methan, Ethan, Propan, iso-Butan, n-Butan, 2,2-Dimethylpropan (Neopentan), 2-Methylbutan (iso-Pentan), n-Pentan und Kohlenstoffdioxid; Stickstoff und Sauerstoff gemeinsam als Summe beider Komponenten als Stickstoff; Hexan und höhere Kohlenwasserstoffe ebenfalls gemeinsam als Summe dieser Komponenten als Hexan+.

### *Berechnung des Brennwertes in der Gaschromatografie*

Gaschromatografen liefern als Messergebnis die Volumen- oder Stoffmengenanteile  $x_j$  der einzelnen, relevanten Gasbestandteile. Die Berechnung des Brennwertes, des Heizwertes und der Dichte von Gasgemischen erfolgt nach DIN 51 857 bzw. ISO 6976. Die hierzu benötigten Stoffwerte (z. B. Brennwerte  $H_{s,j}$  der einzelnen, reinen Komponenten) sind ebenfalls DIN 51 857 bzw. ISO 6976 zu entnehmen.

Beispiel für elf Komponenten 
$$H_s = \sum_{j=1}^{11} x_j \cdot H_{s,j}$$

$H_s$       Brennwert

## **2.3 Messung des Sauerstoffgehaltes im Abgas**

In einer Mischkammer wird Erdgas mit Luft in einem konstanten Verhältnis vermischt und anschließend verbrannt. Bei einem ausreichenden Luftüberschuss ist sichergestellt, dass eine vollständige Verbrennung stattfindet. Nach der Verbrennung wird mit einer Lambda-Sonde der Sauerstoffanteil im Abgas ermittelt.

Der Restsauerstoffgehalt zeigt die für die Verbrennung benötigte Menge Luft an und ergibt als Messergebnis den stöchiometrischen Luftbedarf. Bei der Verbrennung von Erdgas besteht eine lineare Beziehung zwischen diesem Luftbedarf und dem Wobbe-Index bzw. dem Brennwert.

Derartige Messgeräte müssen in regelmäßigen Abständen mit mehreren internen Kalibriergasen (zwei bis drei Kalibriergasgemische, je nach Messaufgabe) automatisch kalibriert und justiert werden.

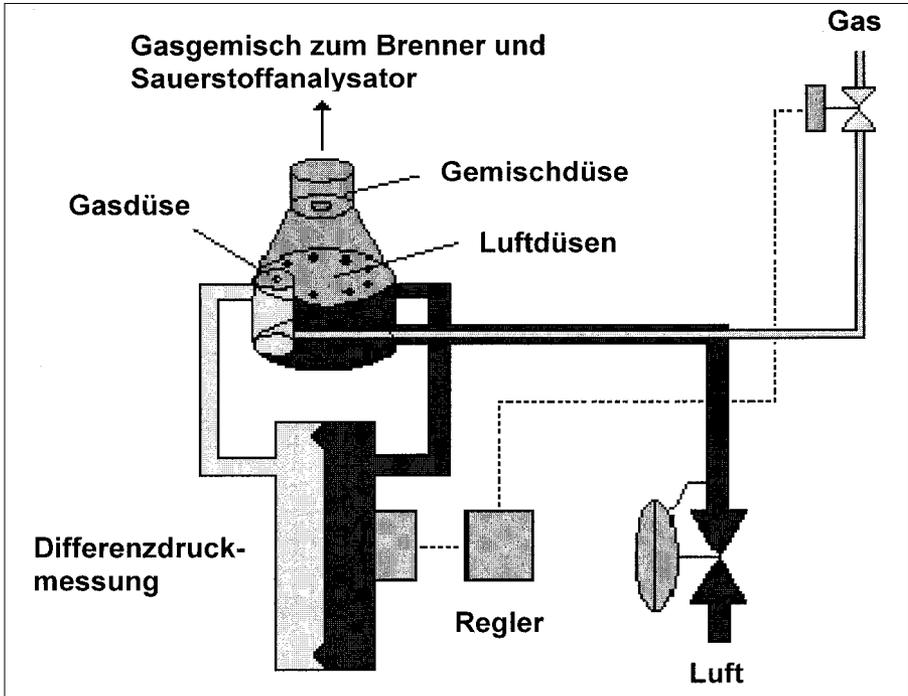


Bild 3: Prinzip Sauerstoffgehaltsmessung

## 2.4 Ermittlung der zur stöchiometrischen Verbrennung nötigen Gasmenge

Das Probengas wird mit einer konstanten Luftmenge gemischt und verbrannt. Die Luftmenge wird über eine kritisch betriebene Düse konstant gehalten. Die Gasmenge wird über einen Durchflussregler so eingestellt, dass sich die maximal mögliche Flammentemperatur für das aktuell gemessene Gasgemisch einstellt (s. Bild 4).

Das ist genau dann der Fall, wenn stöchiometrische Bedingungen vorliegen. An diesem Punkt ist der Brennwert dem Gas/Luft-Verhältnis direkt proportional.

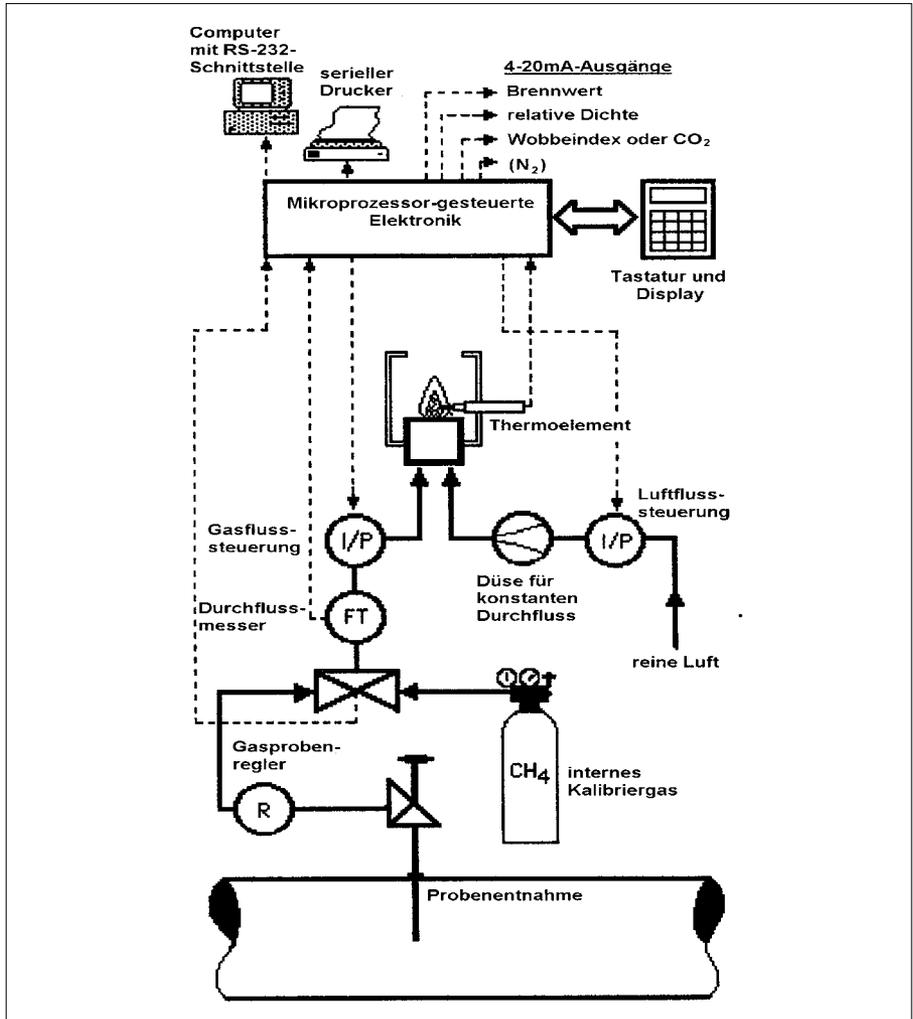


Bild 4: Messprinzip Ermittlung Gasmenge zur stöchiometrischen Verbrennung

Das Brennwertmessgerät muss in regelmäßigen Abständen mit einem internen Kalibriergas (Methan) automatisch kalibriert und justiert werden.

## **2.5 Nicht eichfähige Messverfahren**

Nicht eichfähige Verfahren zur Bestimmung des Brennwertes können mit Zustimmung der Eichbehörde in Sonderfällen anstelle von geeichten Brennwertmessgeräten eingesetzt werden, sofern sie von der PTB anerkannt sind.

## **3 Beschreibung der Messgeräte**

Nachstehend werden die verschiedenen zur Eichung zugelassenen Brennwertmessgeräte mit ihren Komponenten beschrieben.

### **3.1 Gaskalorimeter**

#### **3.1.1 Junkers-Kalorimeter**

Ein Trommelgasmesser und ein Wassermesser messen kontinuierlich die Gasmenge und die zu erwärmende Wassermenge. Das Gas wird dem Brenner im Wärmetauscher zugeführt (s. Bild 5).

Die Temperaturerhöhung des Wassers im Wärmetauscher wird mittels einer Thermosäule in eine elektrische Spannung umgewandelt, die dem Brennwertschreiber zugeführt wird.

Da das Gas vom Gasmesser im Betriebszustand gemessen wird, der Brennwert des Gases sich aber auf dessen Normzustand bezieht, ist zwischen Thermosäule und Brennwertschreiber ein Umwerter geschaltet.

Der Umwerter besteht aus einem Widerstandsgeber, dessen Stellung von der Gastemperatur und dem Luftdruck abhängt.



Bild 5:  
Junkers-Kalorimeter

### 3.1.2 Reineke-Kalorimeter

Ein Messrohrpaar für das Gas und das Wärmeträgerwasser wird über ein Hebersystem periodisch gefüllt und entleert.

Beim Ausschieben des abgemessenen Gases aus dem Gasmessrohr zum Brenner im Wärmetauscher wird das gleichzeitig durch den Wärmetauscher zum Wassermessrohr fließende Wasser im Wärmetauscher erwärmt.

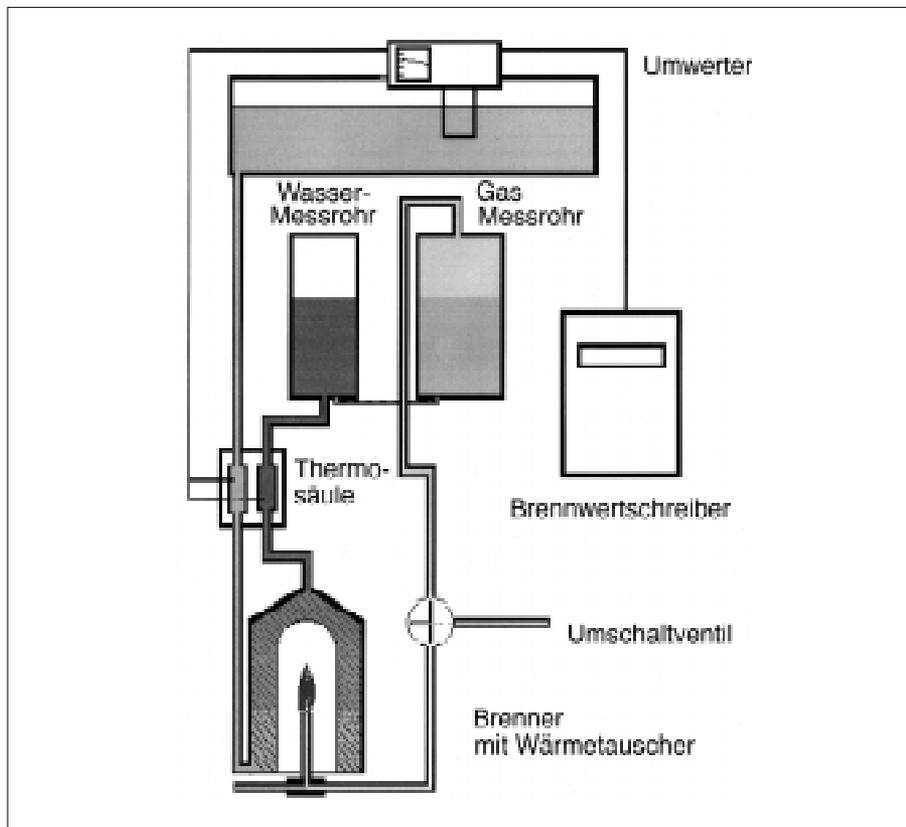


Bild 6: Funktionsprinzip Reineke-Kalorimeter

Gegen Ende der Messperiode, wenn die Temperaturen am Wärmetauscher konstant sind, wird der Messwert von einer Thermosäule erfasst und bis zur nächsten Messung vom Brennwertschreiber angezeigt und von einem Halteverstärker gespeichert.

Zur Umrechnung des im Betriebszustand gemessenen Gases ist ein Umwerter zwischen Thermosäule und Brennwertschreiber erforderlich (s. Bilder 6 und 7).



Bild 7:  
Reineke-  
Kalorimeter

### 3.1.3 Cutler-Hammer- bzw. Thomas-(Foster-)Cambridge-Kalorimeter

Bei diesem System tauchen die Gasesstrommel und die Wärmeträgermesstrommel (der Wärmeträger ist hier Luft) in ein gemeinsames Wasserbad ein. Beide Trommeln sowie die Trommel zur Abmessung der Verbrennungsluft werden über Getriebe von einem gemeinsamen Elektromotor angetrieben (s. Bilder 8 und 9).

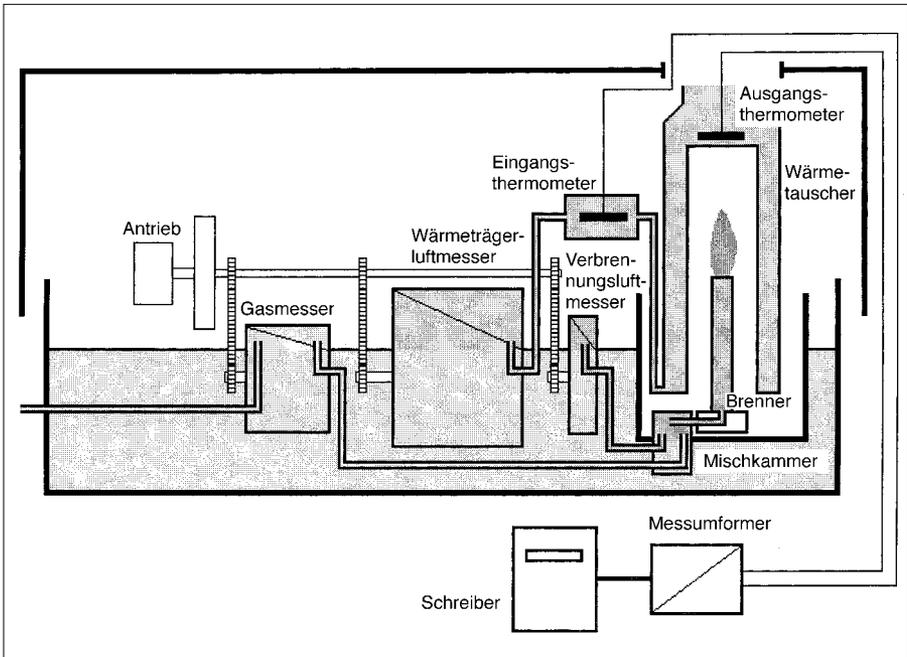


Bild 8: Prinzip Cutler-Hammer-/Thomas-Cambridge-(Foster-)Kalorimeter

Der Füllstand des Wasserbades wird mittels eines Schöpfwerks und eines Überlaufwehrs konstant gehalten. Gas- und Wärmeträgerdurchfluss stehen ständig in einem festen Verhältnis zueinander. Die Temperaturerhöhung der Wärmeträgerluft wird von zwei Widerstandsthermometern erfasst und nach Umwandlung durch einen Messumformer von einem Brennwertschreiber oder einer Digitalanzeige als Brennwert angezeigt. Die Volumina von Gas und Wärmeträgerluft werden von der Temperatur des Wasserbades und vom Luftdruck gleichartig beeinflusst, ihr Verhältnis ist daher immer praktisch gleich. Ein Umwerter wie bei den Verfahren von Junkers oder Reineke ist nicht erforderlich. Die Umwertung auf Normzustand erfolgt implizit bei der Kalibrierung durch Verwendung der Brennwerte bezogen auf den Normzustand.



Bild 9: Cutler-Hammer-Kalorimeter mit geöffneter Abdeckung

### **3.2 Prozess-Gaschromatografen**

Prozess-Gaschromatografen (PGC) sind eine Weiterentwicklung des Labor-Gaschromatografen (s. Abschnitt 2.2, Bild 10). Die folgenden Bauarten von PGC sind derzeit zur Eichung zugelassen:

Tabelle 1: Zugelassene Bauarten von Prozess-Gaschromatografen

Zulassungsnummer/ -inhaber	Typ	Messbereiche			Analysezeit min	Bemerkungen: zusätzlich detektierte Komponenten, Besonderheiten
		Brennwert kWh/m <sup>3</sup>	Normdichte kg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> %		
7.614/ 88.10 Marquis	Optichrom Advance 16 Komponenten	7,0 – 14,0	0,7 – 1,0	0 – 16	15	Wasserstoff, Helium, Ethen, Propen, Sauerstoff, Kohlenstoffmonoxid, kein Neopentan
7.614/ 91.17 Marquis	Optichrom Advance 11 Komponenten	7,0 – 14,0	0,7 – 1,0	0 – 16	15	Sauerstoff, kein neo-Pentan
7.614/ 93.22 Daniel/ Vemm tec	Danalyzer 2551P/500 11 Komponenten	7,0 – 14,0	0,7 – 1,0	0 – 16	3 5 15	optionale Mehrpunkt- kalibrierung durch den Hersteller
7.614/ 95.26 RMG	GC 9000 11 Komponenten	7,0 – 14,0	0,7 – 1,0	0 – 16	3	Mehrpunktkalibrierung durch den Hersteller
7.614/ 97.29 Marquis	GBT 01 11 Komponenten	7,0 – 14,0	0,7 – 1,0	0 – 10	3	Hauptanzeige auf externem PC
7.614/ 97.30 Instromet	ENCAL 2000 11 Komponenten	7,0 – 14,0	0,7 – 1,0	0 – 16	7,5	

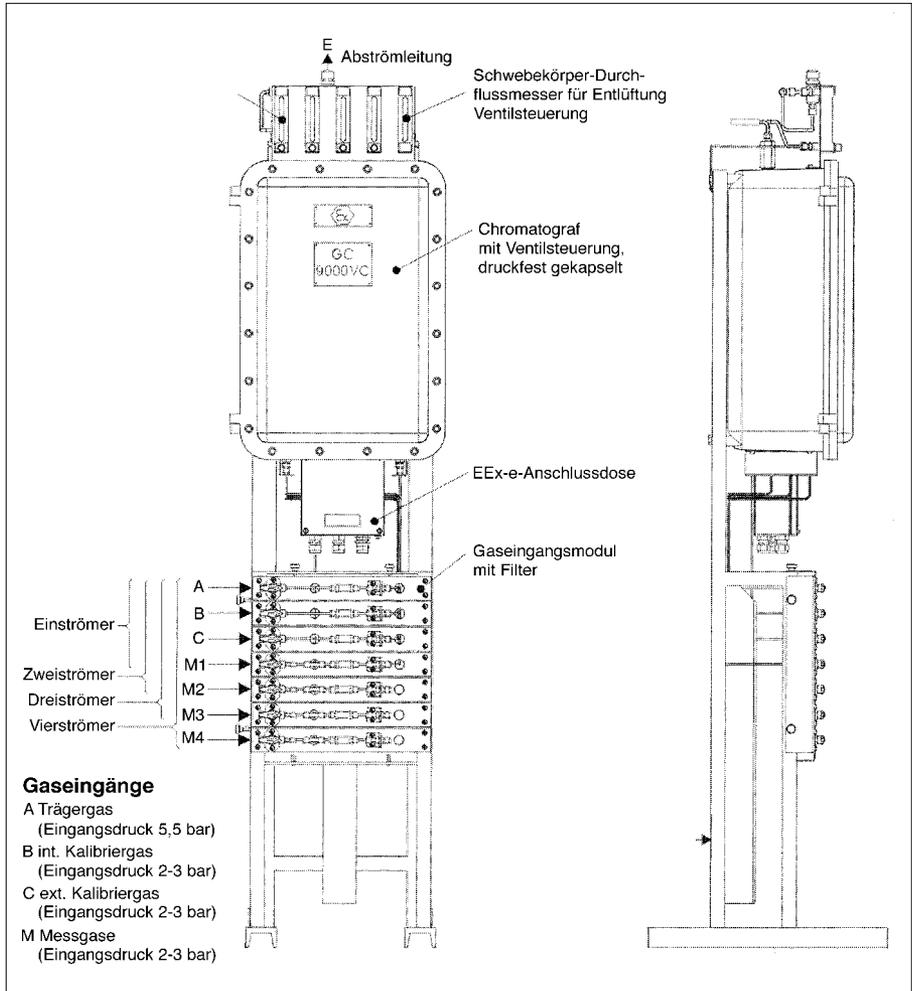


Bild 10: Beispiel eines PGC

### 3.3 AMS Rhadox

Das Brennwertmessgerät AMS Rhadox 2000 (s. Bild 11) ist zugelassen zur Messung des Brennwertes und der Normdichte von Erdgasen der 2. Gasfamilie gemäß DVGW-Arbeitsblatt G260 oder von Erdgasen mit hohen Inertgas-Anteilen.

Das Messgerät besteht aus folgenden Baugruppen:

- Wobbemessgerät mit Lambda-Sonde
- Dichteaufnehmer
- Standard Personal Computer (PC)

eingebaut in einen Schrank.

Der Brennwert ergibt sich aus dem gemessenen Wobbe-Index des Messgases multipliziert mit der Quadratwurzel der relativen Dichte (Quotient aus der gemessenen Normdichte und der Luftdichte). Diese Berechnungen werden vom Wobbemessgerät durchgeführt. Der Standard-PC übernimmt die Speicherung der eichpflichtigen Daten und die Kommunikation mit der Umgebung.

Das Gerät verfügt über einen Anschluss für das zu messende Betriebsgas und Anschlüsse für drei Kalibriergase sowie einen über einen Schlüsselschalter aufschaltbaren Eingang für externe Prüfgase.

Zum Betrieb wird saubere, trockene, von brennbaren Bestandteilen freie Druckluft benötigt.



Bild 11: AMS Rhadox 2000

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

Das Messgerät ist für folgende Messbereiche zugelassen:

*Messbereich 1:* Erdgase (2. Gasfamilie, L- und H-Gas)

Brennwert: 7,0 kWh/m<sup>3</sup> bis 14,0 kWh/m<sup>3</sup> Gas im Normzustand

Normdichte: 0,7 kg/m<sup>3</sup> bis 1,0 kg/m<sup>3</sup>

oder

*Messbereich 2:* Erdgas mit hohen Inertgas-Anteilen

Brennwert: 2,5 kWh/m<sup>3</sup> bis 5,0 kWh/m<sup>3</sup> Gas im Normzustand

Normdichte: 0,9 kg/m<sup>3</sup> bis 1,2 kg/m<sup>3</sup>.

### **3.4 Instromet Tru-Therm**

Das Brennwertmessgerät Tru-Therm (s. Bild 12) besteht aus dem Messgerät und einer Zusatzeinrichtung zur Registrierung des eichpflichtigen Messwertes.

Das Gehäuse des Messgerätes enthält die elektronischen Bauteile und einen Gasbrenner mit den zur Gasaufschaltung nötigen Bauteilen. Auf der Frontseite befindet sich die Hauptanzeige (LCD-Display) und eine Bedientastatur. In der eichfähigen Ausführung ist die Bedientastatur durch eine Abdeckplatte verschlossen.

Das Gerät ermittelt die höchste Flammentemperatur durch Veränderung des Gas/Luftverhältnisses. Die maximale Flammentemperatur (bei stöchiometrischer Verbrennung) wird mittels eines Thermoelements direkt in der Flamme festgestellt.

Weiterhin werden ein ständig angeschlossenes Kalibriergas und ein Kompressor mit Luftaufbereitung (Filter etc.) zur Versorgung des Gerätes mit sauberer, trockener Druckluft, frei von brennbaren Bestandteilen, benötigt.

Sind im Probengas Sauerstoff und Wasserstoff vorhanden, so verändert dies das Ergebnis der Brennwertmessung (1 % Sauerstoff verändert das Ergebnis um ca. 50 Wh/m<sup>3</sup>).

Anteile von Kohlenstoffdioxid, die größer sind als 3 %, führen zu Abweichungen bei der nicht zugelassenen Normdichtemessung.

Das Brennwertmessgerät wird in regelmäßigen Abständen mit einem festangeschlossenen internen Kalibriergas (Methan) automatisch kalibriert und justiert.

Der Messbereich für den Brennwert beträgt  $7,0 \text{ kWh/m}^3$  bis  $14,0 \text{ kWh/m}^3$  Gas im Normzustand.

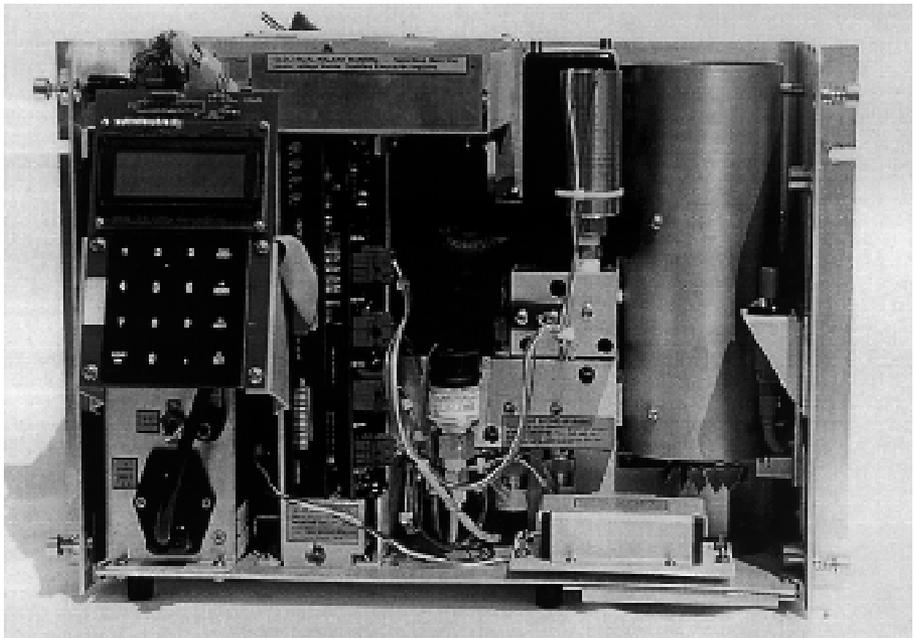


Bild 12: Instromet Tru-Therm

## **3.5 Nicht eichfähige Messgeräte**

### **3.5.1 Handkalorimeter (Verbrennungskalorimeter)**

#### **3.5.1.1 Junkers-Handkalorimeter**

Das Handkalorimeter nach Junkers hat zur Messung des Gasvolumens einen Trommelgasmesser. Das als Wärmeträger dienende Wasser wird aufgefangen und gewogen.

#### **3.5.1.2 Reineke-Handkalorimeter**

Das Reineke-Handkalorimeter arbeitet für die Volumenmessung des Probengases mit einem gläsernen Messzylinder, der periodisch mit Gas gefüllt und zum Brenner hin entleert wird. Auch hier ist das als Wärmeträger dienende Wasser aufzufangen und zu wägen.

### **3.5.2 Probenehmer**

Mit automatischen Probenehmern können an repräsentativen Stellen des Versorgungsnetzes während eines bestimmten Zeitraumes (z. B. ein Monat) Gasproben in einem Druckbehälter gesammelt werden. Die Auswertung der Proben am Schluss der Sammelperiode mit einem Brennwertmessgerät ergibt den mittleren Brennwert des Gases am Ort der Probennahme. Bei ungleichmäßigem Gasdurchfluss kann die Probennahme durchflussabhängig gesteuert werden; bei gleichmäßigem Durchfluss genügt auch eine zeitgetaktete Probennahme.

Probenehmer können mit Zustimmung der Eichbehörde in Sonderfällen anstelle von Brennwertmessgeräten eingesetzt werden. Die hierzu verwendeten Geräte und Verfahren müssen von der PTB anerkannt sein.

### 3.6 Komponenten und Zusatzeinrichtungen

Im Folgenden werden die bisher nicht behandelten Bestandteile von Messgeräten und ergänzende Geräte beschrieben. Zusatzeinrichtungen sind Geräte, die erforderlich sind, um die vom Brennwertmessgerät gelieferten Signale umzuformen, über eine Zeitspanne zu halten, anzuzeigen oder aufzuzeichnen. Anwendungsbeispiele zeigt das folgende Blockschaltbild:

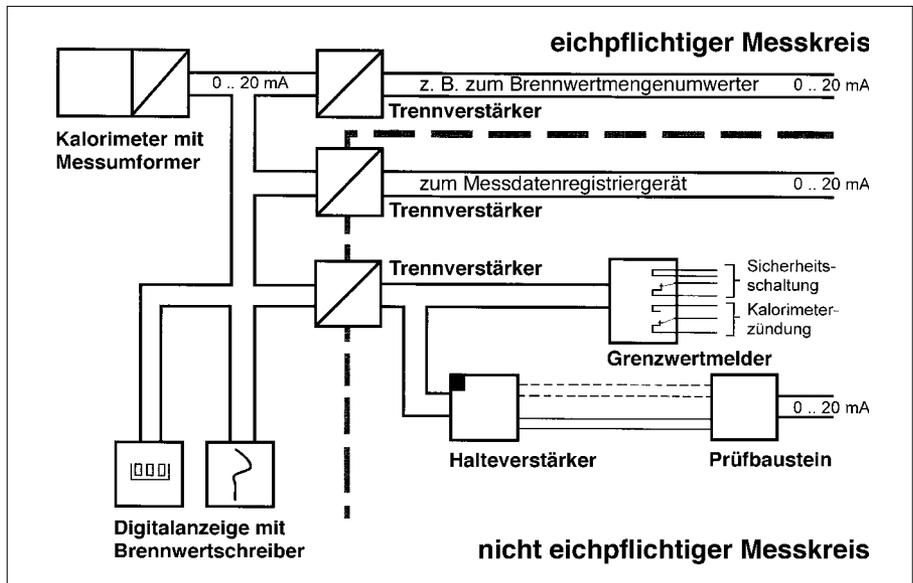


Bild 13: Blockschartbild Zusatzeinrichtungen

#### 3.6.1 Messwertumformer

Messwertumformer dienen allgemein dazu, eine physikalische Größe (Druck, Temperatur etc.) mittels geeigneter Aufnehmer in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Auch die Umformung eines elektrischen Signals in ein anderes ist möglich.

Für Brennwertmessgeräte sind bisher nur solche Messwertumformer zugelassen, die eine Temperaturdifferenz erfassen. Die Temperaturdifferenz kann als Spannung bei Thermoelementen oder als Widerstandsdifferenz bei Widerstandsthermometern vorliegen. Diese Signale werden in einen proportionalen Ausgangsstrom (0 mA bis 20 mA oder 4 mA bis 20 mA) umgeformt.

### **3.6.2 Brennwertschreiber**

Brennwertschreiber zeigen das als Strom vom Kalorimeter vorgelegte Signal als Brennwert auf einer Skala an und registrieren es auswertbar auf einem Papierstreifen mit mindestens 120 mm Schreibbreite und einem Vorschub von mindestens 20 mm/h.

Die zugelassenen Bauarten der Brennwertschreiber sind durchweg Kompensationslinienschreiber. Das Verhältnis zwischen dem Höchst- und Kleinstwert der Anzeige ist auf 2:1 festgelegt und der Messbereich entsprechend der Gasart wählbar. Zur einfachen Überprüfung verfügen die Geräte entweder über einen Signalgeber (z. B. Konstantstromquelle), der über einen Taster unter Abschaltung des von außen angelegten Signals betätigt werden kann, oder am zugehörigen Messwertumformer (bei Widerstandsthermometern als Temperaturaufnehmer) wird bei abgeschalteter Gaszufuhr der Prüfstecker in Stellung „Symmetrie“ gebracht. Damit wird ein in der Mitte des Messbereichs liegender Prüfpunkt angefahren. Der Kompensationsmechanismus ist zur Optimierung des Einstellverhaltens in seiner Empfindlichkeit regulierbar. Teilweise verfügen die Geräte über potentialfreie Messwertausgänge (0 mA bis 20 mA oder 4 mA bis 20 mA).

### **3.6.3 Messwertdrucker**

Anstelle von Schreibern können zur Registrierung von Ausgangssignalen von Brennwertmessgeräten auch Messwertdrucker verwendet werden. In Verbindung mit Verbrennungskalorimetern ist dann allerdings ein

---

weiterer, nicht eichpflichtiger Schreiber zur Überwachung des Betriebsverhaltens vorgeschrieben.

Die Aufzeichnung des Brennwertes erfolgt jeweils mit zugehörigem Datum und Uhrzeit. Werden weitere Daten ausgedruckt, sind die eichpflichtigen Messwerte besonders gekennzeichnet. Zusätzlich können weiterhin Alarmer, Fehlermeldungen, Betriebsstörungen etc. nach Zeitpunkt und Dauer registriert werden.

### **3.6.4 Messwertspeicher**

Messwertspeicher sind Zusatzeinrichtungen oder Teile einer Zusatzeinrichtung oder Teile eines Messgerätes zur Speicherung eichtechnisch relevanter und anderer Daten. Die Anforderungen an Messwertspeicher und die Behandlung bei der eichtechnischen Prüfung sind in den PTB-A 50.6 geregelt.

### **3.6.5 Zusätzliche Anzeigen**

Zur einfacheren Ablesung des auf dem Schreiber analog angezeigten Brennwertes dienen zusätzliche digitale Anzeigen. Sie finden auch als Fernanzeigen Verwendung. Ein am Gerät oder in der Nähe des Gerätes angebrachter externer Schalter ermöglicht einen Segmenttest und die Hell-/Dunkel-Steuerung der Anzeige.

Nicht eichpflichtige Schreiber werden auch, wie in PTB-A 7.62 vorgeschrieben, zur Aufzeichnung der Raumluft- und der Umlaufwassertemperatur sowie zur qualitativen Kontrolle des Messverhaltens von Messgeräten eingesetzt.

### **3.6.6 Trennverstärker/Trennverteiler**

Trennverstärker dienen zur galvanischen Trennung von Ausgangssignalen geeichter Geräte zu nachfolgenden Auswertegeräten (Rückwirkungsfreiheit). Gewöhnlich wird der Eingangsstrom einem Strom-/

Spannungswandler oder einem Strom-/Frequenzwandler zugeführt. Nach der galvanischen Trennung (z. B. durch Optokoppler nach Frequenzwandlung) erfolgt wieder eine Umwandlung in Größe und Art des Eingangssignals. Bei Trennverteiltern wird das Eingangssignal zusätzlich vervielfacht, so dass es an mehreren voneinander unabhängigen und rückwirkungsfreien Ausgängen zur Verfügung steht.

### **3.6.7 Halteverstärker**

Halteverstärker werden eingesetzt, wenn Ausgangssignale von Brennwertmessgeräten über eine gewisse Zeit unverändert zur Verfügung stehen sollen. Das ist erforderlich bei intermittierend messenden Geräten (sonst würde der Brennwertschreiber nach dem jeweilig kurz anliegenden Ausgangssignal abfallen) oder wenn bei Prüf- und Wartungsarbeiten der letzte gültige Messwert ersatzweise zur Weiterverarbeitung verwendet werden soll. Die Speicherung erfolgt entweder analog mit einem Kondensator oder digital. Der gespeicherte Wert wird von einer Ausgangsstufe wieder in das dem Eingangssignal entsprechende Signal umgeformt.

### **3.6.8 Analog/Digital-Wandler**

Messfühler liefern im Allgemeinen analoge Signale, deren Größe mit der zu messenden physikalischen Größe zusammenhängt. Diese analogen Signale müssen häufig durch Digitalrechner oder andere elektronische Geräte verarbeitet werden. Analog/Digital-Wandler setzen diese analogen Signale in entsprechende digitale Werte um, so dass eine Abspeicherung oder Weiterverarbeitung möglich ist.

## **3.7 Schnittstellen**

Die Behandlung von Schnittstellen ist in den PTB-Anforderungen 50.1 geregelt.

---

## **4 Prüfräume und Prüfmittel**

### **4.1 Prüfräume für Komponenten und Zusatzeinrichtungen**

Es gelten die Anforderungen der Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften.

Komponenten von Brennwertmessgeräten müssen unter Gebrauchsbedingungen geprüft werden können.

Die Temperatur im Prüfraum soll  $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  betragen.

#### **4.1.1 Aufstellungsräume von Brennwertmessgeräten**

Es gelten die Anforderungen der PTB an die Aufstellungsräume für Brennwertmessgeräte nach PTB-A 7.62.

## **4.2 Prüfmittel**

Prüfmittel müssen von der PTB oder der Eichbehörde anerkannt und geprüft sein. Sie bedürfen der regelmäßigen Nachprüfung.

Werden bei der amtlichen Prüfung der Prüfmittel Prüfscheine ausgestellt, so sind die darin angegebenen Messabweichungen bei der Eichung zu berücksichtigen.

### **4.2.1 Prüfmittel für die Vorprüfung**

#### **4.2.1.1 Komponenten von Gaskalorimetern**

In der Zulassung von Gaskalorimetern kann die Vorprüfung von Komponenten der Messgeräte vorgeschrieben bzw. erlaubt sein. Die Komponenten müssen auf einem von der PTB anerkannten Prüfstand mit einem von der PTB anerkannten Verfahren vorgeprüft werden.

An die dazu verwendeten Prüfmittel werden folgende Anforderungen gestellt:

- Präzisionswaage mit einer Teilung von 100 mg bei einer Höchstlast von mindestens 5 kg  
Auf die Nachprüfung kann verzichtet werden, wenn zu der Waage ein Kalibriergewicht gehört. Vor jeder Verwendung muss die Waage mit diesem Gewicht neu kalibriert werden.
- Stoppuhr ohne besondere Anforderungen
- Flüssigkeits-Säulenbarometer oder ein gleichwertiges Messgerät  
Zum Barometer gehört ein Flüssigkeitsglasthermometer mit einer Teilung von 1 °C.
- U-Rohrmanometer mit Wasserfüllung und mit Metallmaßstab  
Die lichte Weite der Schenkel muss mindestens 12 mm betragen. Die Ablesung muss parallaxefrei möglich sein. Sollen andere Druckmessgeräte verwendet werden, so müssen sie gleichwertige Ergebnisse gewährleisten.
- Thermostatbad, das die Temperatur in der Badflüssigkeit räumlich und zeitlich auf 0,05 K konstant halten kann  
Als Kontrollthermometer ist ein Thermometer mit einer Teilung 0,02 °C oder ein gleichwertiges elektronisches Messgerät zu verwenden.
- Umwerterprüfeinrichtung mit Druckgeber  
(Arbeitsbereich: ca. 800 mbar bis 1150 mbar)
- weitere Thermometer, je nach Verwendung mit folgender Teilung:  
zur Messung der Raumluft: 0,1 °C  
zur Messung der Abgastemperatur: 0,1 °C  
zur Messung der Temperaturdifferenz am Wärmetauscher: 0,05 °C
- Feindruckmessgerät (Messbereich 0 mbar bis 10 mbar oder  $\pm 10$  mbar) mit dazugehörigem schnellen Schreiber, der einen Papiervorschub von ca. 10 mm/s bis 15 mm/s ermöglichen soll  
Eine amtliche Prüfung ist bei diesem Gerät nicht erforderlich.

#### **4.2.1.2 Prüfmittel für elektronische Komponenten und Zusatzeinrichtungen**

Die nachstehenden Prüfmittel werden teilweise auch bei der Prüfung des Gesamtsystems am Gebrauchsort benötigt.

##### *Mess- und Gebergeräte für Strom, Spannung und Widerstand*

Die elektronischen Prüfmittel besitzen in der Regel erheblich umfangreichere Messbereiche, als für die Prüfung der elektronischen Einrichtungen eines Kalorimeters erforderlich sind. Aus diesem Grund brauchen nur die Messbereiche eines Messgerätes geprüft zu werden, die bei der Eichung verwendet werden.

Der Anzeigebereich der Messgeräte soll mindestens 4 1/2 Stellen betragen. Die Messunsicherheit der Messgeräte darf das 0,2-fache der Fehlergrenze der zu prüfenden Geräte nicht überschreiten.

Werden Gebergeräte für Strom, Spannung und Widerstand verwendet, so gelten die gleichen Anforderungen. Die Gebergeräte brauchen nicht geprüft zu sein, wenn die entsprechenden Werte mit einem geprüften Multimeter festgestellt werden.

##### *Mess- und Gebergeräte für Frequenz*

Frequenzmessgeräte müssen mit einer Funktion für Ereigniszählung ausgestattet sein. Diese Geräte können vom Anwender geprüft werden, wenn ein geeignetes Empfangsgerät für die von der PTB über den Sender DCF77 ausgestrahlten Zeitsignale zur Verfügung steht.

Frequenzgeber brauchen nicht geprüft zu sein, wenn die Signale von geprüften Frequenzmessgeräten gemessen werden.

## 4.2.2 Prüfmittel für die Prüfung des Gesamtsystems

Für die Prüfung des Gesamtsystems am Gebrauchsort sind allgemein erforderlich:

- Kalibriergase (Referenzmaterialien, deren Stabilität für die Dauer der Verwendung gesichert sein muss)  
Die Anforderungen an Kalibriergase für Brennwertmessgeräte sind in den PTB-A 7.63 festgelegt.
- schriftliche Unterlagen, wie die zum Brennwertmessgerät gehörende Bedienungsanleitung, das vorgeschriebene Wartungsbuch und Vordrucke für Prüfungsniederschriften, sofern die Niederschriften nicht von einem Computer erstellt werden.

### 4.2.2.1 Prüfmittel für Gaskalorimeter

Für die Prüfung der Gaskalorimeter als Gesamtsystem werden weitgehend die gleichen Prüfmittel wie bei der Vorprüfung verwendet.

Im Einzelnen sind dieses die beschriebenen Prüfmittel für Strom, Spannung, Frequenz, Widerstand und der schnelle Schreiber. Sie werden durch Kalibriergase gemäß den PTB-A 7.63 und durch ein Gasspürgerät, das als Flammenionisationsdetektor (FID) arbeitet, ergänzt. Dieses wird für die Untersuchung der Raumluft auf brennbare Verunreinigungen (Kohlenwasserstoffe) und zur Dichtheitsprüfung benötigt. Vor der Verwendung ist der Nullpunkt abzugleichen.

Der Umfang der benötigten Prüfmittel richtet sich nach den erforderlichen Prüfungen. Sind alle Komponenten und Zusatzeinrichtungen vorgeprüft, so ist die Prüfung mit Kalibriergas ausreichend.

Werden bei einer Nacheichung oder nach einer Reparatur weitere Prüfungen notwendig, so müssen vorhanden sein:

*bei Gaskalorimetern mit intermittierender Messung*

- ein in  $\leq 0,1$  °C geteiltes Thermometer zum Messen der Raumtemperatur

- ein amtlich geprüftes Barometer zum Messen des Luftdruckes
- eine Dampfdrucktafel zur Ermittlung des Sättigungsdruckes des Wasserdampfes  $p_s$  (gerundet auf 0,1 mbar).

In Abhängigkeit von der Absoluttemperatur  $T$  (eingesetzt in Kelvin) kann  $p_s$  (in Pascal) auch wie folgt berechnet werden:

$$p_s = 1 \text{ Pa} \cdot \exp(AT^2 + BT + C + D/T) \quad (5)$$

$$A: 1,278\,847 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-2}$$

$$C: 33,937\,110\,47$$

$$B: -1,912\,131\,6 \cdot 10^{-2} \text{ K}^{-1}$$

$$D: -6,343\,164\,5 \cdot 10^3 \text{ K}$$

Quelle: Davis, R. S.: Equation for the Determination of the Density of Moist Air (1981/91). *Metrologia* **29** (1992), 67–70

*bei Gaskalorimetern mit kontinuierlicher Messung*

- eine Stoppuhr zum Messen der zeitlichen Abstände zwischen den Markierungen auf der Wärmeträgerluft-Messtrommel
- eine Prüfglockeneinrichtung (Tauchglocke) zur Bestimmung des Gas-/Luftverhältnisses und zur Dichtheitsprüfung.

#### 4.2.2.2 Prüfmittel für Gaschromatografen

Neben Kalibriergasen mit Zertifikat (s. PTB-A 7.63) wird ein von der PTB anerkanntes Programm zur Berechnung des Brennwertes nach DIN 51 857 bzw. ISO 6976 benötigt.

#### 4.2.2.3 Prüfmittel für AMS Rhadox

Als besondere Prüfmittel sind erforderlich:

- eine Messvorrichtung zur Bestimmung des Wassertaupunktes in der verwendeten Verbrennungsluft, geeignet zur Messung eines Taupunktes von ca.  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  bei atmosphärischem Druck (z. B. Messröhrchen Fa. Dräger)

- ein Gasspürgerät mit Flammenionisationsdetektor zur Bestimmung des Anteils von brennbaren Bestandteilen in der verwendeten Verbrennungsluft
- ein Standard VGA-Farbmonitor, eine Standard PC-Tastatur und eine Standard PC-Maus.

#### 4.2.2.4 Prüfmittel für Instromet Tru-Therm

Mit Ausnahme von Kalibriergasen werden keine besonderen Prüfmittel benötigt.

#### 4.2.3 Nachprüffristen von Normalgeräten

Die Nachprüffristen in Jahren für in der Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften – Anhang 1 nicht besonders aufgeführte Gebrauchsnormale betragen:

<i>Art</i>	<i>Nachprüffrist (in Jahren)</i>
Präzisionswaagen	2
Manometer	10
Elektrothermometer	2
Digitalmessgeräte für Strom, Spannung und Widerstand	3
Gebergeräte für Strom und Spannung	3
Gebergeräte für Widerstand	5
Frequenzmessgeräte und Frequenzgeber	3

Abweichend von den oben genannten Nachprüffristen kann die Eichbehörde kürzere Fristen festsetzen, wenn die erforderliche Langzeitstabilität der Geräte nicht nachgewiesen ist.

## 5 Prüfung und Stempelung

### 5.1 Beschaffenheitsprüfung

Brennwertmessgeräte, Zusatzeinrichtungen und Komponenten sind vollständig und in gebrauchsfähigem Zustand zur Eichung bzw. Vorprüfung zu stellen.

Die vorgeschriebenen Stempelstellen müssen zur Stempelung vorbereitet sein.

Der Gebrauchsort, wozu auch der Standort der Träger- bzw. Kalibriergase gehört, muss den PTB-A 7.62 und die verwendeten Träger- und Kalibriergase den PTB-A 7.63 entsprechen.

Die Übereinstimmung des Messgerätes und der einzelnen Komponenten und Zusatzeinrichtungen (z. B. Brennwertschreiber, Messwertumformer) mit den Zulassungsunterlagen wird überprüft, insbesondere ob die

- Zulassungsbezeichnung und die vorgeschriebenen Angaben auf dem Hauptschild vorhanden sind
- Zuordnung der Komponenten und Zusatzeinrichtungen zum Messgerät eingehalten ist.

Die Leitungen für die Mess- und Kalibriergase müssen möglichst kurz und übersichtlich verlegt sein. Die Zuordnung Probenahme, Messgerät und zugehörige Gasflaschen muss eindeutig erkennbar sein. In den Zuleitungen vorhandene zusätzliche Einspeisestellen sind verschließend zu sichern.

Bei rechnergesteuerten Brennwertmessgeräten und Zusatzeinrichtungen ist zu untersuchen, ob

- alle Konstanten und Parameter des Datenspeichers mit den Angaben in der Zulassung übereinstimmen

- die verwendete Programmversion der Bauartzulassung entspricht
- die Berechnung nach den zugelassenen Berechnungsverfahren erfolgt.

Für die einzelnen Messgeräte gelten folgende Besonderheiten:

#### *Reineke-Kalorimeter*

Es ist zu kontrollieren, dass

- an den Umwertern die Transportsicherung deaktiviert ist
- die Messrohre unbeschädigt sind und keine mit bloßem Auge erkennbaren Korrosionserscheinungen aufweisen.

#### *Prozessgaschromatografen*

Zusätzlich zu prüfen sind die:

- Funktion der Beheizung der Kalibriergasflasche
- Funktion des Protokolldruckers bzw. Datenspeichers
- geforderte Reinheit des Trägergases entsprechend PTB-A 7.63 Punkt 9.4.

#### *AMS Rhadox*

Es ist zu überprüfen, ob die

- angesaugte Verbrennungsluft die Bedingungen (gemäß Punkt 5.4 der „Prüfanweisung für die eichtechnische Prüfung“ des Herstellers) einhält
- Geräteteile (Schnittstellenanschlussblock, Gasaufschaltung, Prozessorkarte mit EPROM Version 2.1, Analogkarte, Sauerstoffkarte), mit den Zulassungsunterlagen übereinstimmen.

Bei der Kontrolle der Softwareversion erscheint beim Anwählen der „SYSTEM CHECK“-Taste des Betriebsprogrammes die Systembeschreibung des Rechners und eine Liste der installierten Software.

---

Nach Anwählen der „AUTHENTICITY CHECK“-Taste wird eine Prüfsumme berechnet. Dieses Kontrollwort muss mit dem vom Hersteller in der technischen Spezifikation des Messgeräts genannten Kontrollwort übereinstimmen.

### *Instromet Tru-Therm*

Die Kontrolle der Softwareversion erfolgt nach dem Bedienhandbuch Nr. 7.5.8 (Version Menü) und die Kontrolle der gespeicherten Konstanten und Parameter nach dem Bedienhandbuch Nr. 7.5.1.1 (Reference Data).

Die Messgeschwindigkeit (Speed) muss auf den geforderten Wert eingestellt sein.

Als Protokolldrucker dürfen Druckermodelle entsprechend 3.2 der Bauartzulassung verwendet werden.

## **5.2 Messtechnische Prüfung**

Die Vorbereitungen für die Prüfung sind vom Antragsteller zu treffen. Dazu gehört, dass die Messgerätekomponenten, deren Prüfung nicht am Gebrauchsort möglich ist, vorgeprüft sind und die Vorprüfung innerhalb der letzten 12 Monate erfolgte. Die für die Prüfung notwendigen Prüfmittel müssen bereitstehen.

### **5.2.1 Vorprüfung von Komponenten und Zusatzeinrichtungen**

Die Vorprüfung von Komponenten und Zusatzeinrichtungen kann entweder in Eichabfertigungsstellen der Hersteller, in Prüfstellen oder – falls die Anforderungen an Prüfräume am Gebrauchsort eingehalten sind – auch am Gebrauchsort vorgenommen werden.

### 5.2.1.1 Gaskalorimeter mit intermittierender Messung

Bei Gaskalorimetern mit intermittierender Messung werden folgende Komponenten einer Vorprüfung unterzogen:

- Gas- und Wassermessrohre
- Umwerter
- Brennwertschreiber und Zubehör (z. B. Halteverstärker).

Die Prüfung dieser Komponenten muss mit von der PTB anerkannten Prüfeinrichtungen erfolgen.

#### *Prüfung der Messrohre*

Die Prüfung der Messrohre auf Richtigkeit des Verhältnisses Wasservolumen zu Gasvolumen ( $W/G$ ) wird durch Auswiegen der Wasservolumina mit einer Präzisionswaage bestimmt.

Beispiele:

Wassermessrohr:		Gasmessrohr:	
Brutto	1518,5 g	Brutto	1891,8 g
– Tara	– 758,0 g	– Tara	– 758,0 g
<u>        </u>	<u>        </u>	<u>        </u>	<u>        </u>
$W$	760,5 g	$G$	1133,8 g

$$\text{Verhältnis } W/G = 760,5 \text{ g} / 1133,8 \text{ g} = 0,6708$$

Der bei der Prüfung bestimmte Wert für das Verhältnis  $W/G$  muss mit dem auf dem Typenschild angegebenen Wert auf vier Nachkommastellen übereinstimmen.

#### *Prüfung des Umwerters*

Bei der Prüfung des Umwerters wird die Richtigkeit des Widerstandsverlaufes kontrolliert. Dazu ist die Gebertemperatur des Umwerters auf etwa 22 °C einzustellen.

Der Umwerter wird über den ganzen auf der Skale angegebenen  $1/Z$ -Bereich durch Ändern des Druckes bei etwa zehn gleichmäßig verteilten Punkten geprüft. Skalenanfangs- und -endpunkt können bei der Prüfung ausgelassen werden. Etwa die Hälfte der Prüfung soll im Aufwärtsgang, die andere im Abwärtsgang erfolgen, wobei der Umwerter nicht erschüttert werden darf.

Bei doppelten Widerstandsgebern sind beide Wicklungen zu prüfen.

Der mit dem gemessenen Widerstandswert zu vergleichende Sollwert  $R_x$  für den Widerstand des Gebers wird wie folgt berechnet:

a) für Umwerter mit dem Messbereich  $1/Z = 1,00$  bis  $1,20$  nach

$$R_x = \frac{168 \Omega}{1/Z} - 140 \Omega \quad (6)$$

Entsprechend der zulässigen Fehlergrenze von 0,4 %, bezogen auf den jeweiligen Gesamtwiderstand  $R_{\text{ges}}$  (Widerstand des Schreibers plus Widerstand des Umwerter) für die durch den Umwerter zur Wirkung gebrachte Zustandszahl, darf die Abweichung des Widerstands-Istwertes von seinem Sollwert maximal

$$\begin{array}{ll} 0,56 \Omega \text{ bei } R_x = 0 \Omega & (1/Z = 1,20) \text{ und} \\ 0,67 \Omega \text{ bei } R_x = 28 \Omega & (1/Z = 1,00) \end{array}$$

betragen.

In Stellung „B“ des Umschalters muss der Widerstand  $28 \Omega \pm 0,67 \Omega$  betragen.

b) für Umwerter mit dem Messbereich  $1/Z = 1,05$  bis  $1,25$  nach

$$R_x = \frac{175 \Omega}{1/Z} - 140 \Omega \quad (7)$$

Entsprechend der zulässigen Fehlergrenze von 0,4 % bezogen auf den jeweiligen Gesamtwiderstand  $R_{\text{ges}}$  (Widerstand des Schreibers plus Widerstand des Umwerter) für die durch den Umwerter zur Wirkung gebrachte Zustandszahl, darf die Abweichung des Widerstands-Istwertes von seinem Sollwert maximal

$$0,56 \, \Omega \text{ bei } R_x = 0 \, \Omega \quad (1/Z = 1,25) \text{ und}$$

$$0,67 \, \Omega \text{ bei } R_x = 26,67 \, \Omega \quad (1/Z = 1,05)$$

betragen.

In Stellung „B“ des Umschalters muss der Widerstand  $35 \, \Omega \pm 0,67 \, \Omega$  betragen.

### *Prüfung des Brennwertschreibers*

Die Versorgungsleitungen und der Messkreis sind gemäß Anschlusschema des Herstellers und unter Beachtung der Zulassungsbedingungen anzuschließen. Die Aufwärmzeit (i. Allg. 15 min) des Prüflings und der Normalgeräte ist abzuwarten.

Die Vorprüfung des Brennwertschreibers umfasst

- die Kontrolle des Null- und Prüfpunktes
- die Messung des Innenwiderstandes
- bei Kompensationsschreibern die Kontrolle der Verstärkerausgangsspannung im abgeglichenen Zustand
- die Prüfung des Ansprechverhaltens auf kleine Eingangssignaländerungen
- die Prüfung der Proportionalität der Anzeige zum Eingangssignal.

Zur Kontrolle des Nullpunktes wird das dem Nullpunkt entsprechende Signal auf den Eingang des Messgerätes gegeben. Bei selbstabgleichenden Kompensationsschreibern ist eine Abweichung von 0,5 % bezogen auf den Messbereichsendwert zulässig. Diese Fehlergrenze gilt auch für die Abweichung vom Prüfpunkt, zu dessen Kontrolle die entsprechende Einrichtung betätigt wird.

Der Innenwiderstand des Schreibers ist zwischen den Anschlussklemmen des Schreibers bei abgeschalteter Versorgungsspannung zu messen. Der Widerstand der Messleitungen hat Einfluss auf das Messergebnis und muss daher berücksichtigt werden.

Ohne Leitungsabgleichswiderstand am Gaskalorimeter muss der Innenwiderstand  $140 \Omega \pm 0,5 \Omega$  betragen. Auf die Messung des Innenwiderstandes kann bei der Wiederholung der Vorprüfung verzichtet werden, wenn bei der Prüfung der Proportionalität der Anzeige ein dem Umwerter entsprechender Widerstand  $28 \Omega \pm 0,67 \Omega$  ( $35 \Omega \pm 0,67 \Omega$ ) anstelle des Umwerter in den Messkreis geschaltet wird.

Die Kontrolle der Restspannung des Verstärkers am Nullmotor sollte am Prüfpunkt vorgenommen werden. Zur Messung sind die dafür besonders vorhandenen Anschlussklemmen zu verwenden. Die Restspannung darf die in der Zulassung angegebene Ruhespannung um höchstens 50 % überschreiten.

Bei einem etwa in der Mitte des Messbereiches liegenden Prüfpunkt wird die Empfindlichkeit der Anzeige durch kleine Änderungen des Eingangssignals getestet. Ergibt sich bei einer der Fehlergrenze entsprechenden Variation kein deutlich sichtbarer Ausschlag, so muss die Dämpfung des Zeigereinlaufes verringert werden.

Die Proportionalität der Anzeige wird an jeweils fünf gleichmäßig über den Messbereich verteilten Prüfpunkten bei steigender und fallender Eingangssignalgröße geprüft. Die zulässige Abweichung für jeden Messpunkt beträgt 0,5 % bezogen auf den Messbereichsendwert.

### **5.2.1.2 Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung**

Bei Gaskalorimetern mit kontinuierlicher Messung werden Brennwertschreiber und Messwertumformer mit Widerstandsthermometern einer Vorprüfung unterzogen.

Es wird empfohlen, diese Komponenten gemeinsam zu prüfen, sie ist aber auch getrennt möglich. Bei der Vorprüfung ist festzustellen, ob die Auslenkung des Brennwertschreibers über den ganzen Messbereich der vorgeschriebenen Temperaturspanne entspricht.

#### *Gemeinsame Prüfung von Messwertumformer und Brennwertschreiber*

Zunächst ist der Brennwertschreiber mittels eines Stromgebers an je fünf Punkten aufwärts und abwärts auf Proportionalität der Skala zu prüfen. Die Abweichung vom Sollwert darf maximal 0,5 % bezogen auf den Messbereichsendwert von 20 mA betragen.

In der Zulassung des Gaskalorimeters sind für den jeweiligen Messbereich drei Temperaturen angegeben. Die erste entspricht der Wassertemperatur (Eingangstemperatur am Wärmetauscher), die beiden anderen (Ausgangstemperaturen am Wärmetauscher) entsprechen dem Messbereichsanfangs- bzw. -endwert. Die beiden Temperaturnehmern werden jeweils in ein mit einem geeichten Thermometer kontrolliertes thermostatisiertes Bad getaucht. Die zur Erzeugung des maximalen Ausgangssignales von 20 mA erforderliche Temperaturspanne darf nicht mehr als 0,2 K vom Sollwert abweichen. Bei einem notwendigen Abgleich ist nach den Zulassungsunterlagen zu verfahren.

#### *Getrennte Prüfungen von Messwertumformer und Brennwertschreiber*

Der Brennwertschreiber ist mittels eines Stromgebers an je fünf Punkten aufwärts und abwärts auf Proportionalität der Skala zu prüfen. Die Abweichung vom Sollwert darf höchstens 0,5 % bezogen auf den Messbereichsendwert von 20 mA betragen.

Bei der Prüfung des Messwertumformers mit den Widerstandsthermometern wird anstelle des Brennwertschreibers ein geeignetes Strommessgerät angeschlossen. Der Ausgangsstrom des Messwertumformers beträgt 0 mA bis 20 mA. Die zulässige Abweichung darf 0,2 % bezogen auf den Messbereichsendwert nicht überschreiten.

Prüfprotokollmuster sind dem Anhang B 03 bzw. B 04 zu entnehmen.

### 5.2.1.3 Vorprüfung von Zusatzeinrichtungen

Die Prüfung am Gebrauchsort ist vor allem bei der Wiederholung der Vorprüfung, die vor jeder Nacheichung des zugehörigen Brennwertmessgerätes erforderlich ist, vorteilhaft. Zur Vorbereitung sind die Versorgungsleitungen und der Messkreis entsprechend der in den einzelnen Zulassungsunterlagen angegebenen Form anzuschließen. Erforderliche Anwärmzeiten des Prüflings und der Normalgeräte (i. Allg. 15 min) sind abzuwarten.

#### *Messwertdrucker*

Nach der Kontrolle des Druckziffernsatzes erfolgt eine Prüfung der Proportionalität des Ausdruckes zum angelegten Signal an jeweils fünf über den zulässigen Eingangssignalebereich verteilten Messpunkten im Auf- und Abwärtsgang. Dabei darf höchstens eine Abweichung von 0,3 % bezogen auf den Messbereichsendwert auftreten.

#### *Zusätzliche Anzeigen*

Die Vorprüfung dieser Geräte beschränkt sich auf einen Test aller Anzeige-Ziffernsegmente und auf die Proportionalität der Anzeige zum angelegten Signal an jeweils fünf über den zulässigen Bereich verteilten Messpunkten im Auf- und Abwärtsgang. Bei analog angesteuerten Anzeigen beträgt die zulässige Abweichung 0,3 % bezogen auf den Messbereichsendwert. Digital angesteuerte Anzeigen müssen den Messwert fehlerfrei wiedergeben.

Ein Prüfprotollbeispiel ist aus Anhang B 05 ersichtlich.

#### *Trenn-/Halteverstärker*

Die Prüfung umfasst:

- den Vergleich des Ausgangssignals mit dem angelegten Signal an jeweils fünf Punkten auf- und abwärts (Fehlergrenze: 0,2 % vom Messbereichsendwert)

- die Kontrolle auf Rückwirkungsfreiheit (nur bei erstmaliger Vorprüfung). Diese gilt als gegeben, wenn bei maximalem Eingangssignal und einem Bürdenwiderstand von  $500\ \Omega$  im Ausgangskreis keine größere Änderung des Ausgangssignal als 0,05 % erfolgt.
- zusätzlich bei Halteverstärkern einen Test der Haltefunktion: Bei einem Eingangssignal von ca. 60 % des Maximalwertes ist auf „Speichern“ zu schalten. Der Ausgangsstrom ist bei abgeschaltetem Eingangssignal mindestens 30 min lang zu beobachten. Die Änderung des Ausgangssignals, bezogen auf 2 h, darf höchstens 0,1 % betragen.

Beispiele für Prüfprotokollmuster: s. Anhang B 06.

### *Analog-/Digitalwandler*

Bei diesen Geräten ist die Proportionalität des Ausgangssignals zum eingangsseitig angelegten analogen Signal auf eine maximal zulässige Abweichung von 0,2 % bezogen auf den Messbereichsendwert zu prüfen.

### *Datenspeicher*

Zur Durchführung der Prüfung werden die Zulassungsunterlagen und die Bedienhandbücher der beteiligten Messgeräte und Zusatzeinrichtungen benötigt.

Die eichtechnische Prüfung der Zusatzeinrichtung erfolgt zusammen mit dem Messgerät als Gesamtgerät am Aufstellungsort beim Betreiber. Die Geräte müssen betriebsbereit und kalibriert sein.

Die Richtigkeit der im Datensicherungsgerät gespeicherten eichpflichtigen Messdaten ist durch Sichtvergleich mit den in der Hauptanzeige des Brennwertmessgerätes angezeigten Ergebnissen der letzten Analysen zu prüfen. Die Daten müssen übereinstimmen. Welche Messwerte eichpflichtig gemessen werden, ist in der Zulassung und auf dem Hauptschild des Brennwertmessgerätes angegeben.

Der Sichtvergleich geschieht am einfachsten im Anschluss an eine Eichung des Brennwertmessgerätes. Die Ergebnisse aller dabei vorgenommenen Prüfungen müssen unverändert abgespeichert sein.

Die Prüfung kann auch während des normalen Messbetriebes geschehen. Dabei sind stichprobenartig einige (drei bis fünf) der in der Hauptanzeige angezeigten eichpflichtigen Messwerte zu notieren (Wert, Datum und Uhrzeit).

Anschließend können diese Daten im Datenspeicher gesucht (s. Handbuch) und betrachtet werden. Die notierten und die gespeicherten Werte müssen übereinstimmen. Dies ist stichprobenartig für alle angeschlossenen Brennwertmessgeräte bzw. Probestrome zu wiederholen.

## **5.2.2 Prüfung des Gesamtsystems**

### **5.2.2.1 Gaskalorimeter mit intermittierender Messung**

Während der eichtechnischen Prüfung ist die Luft im Aufstellungsraum des Gaskalorimeters mit Hilfe eines Gasspürgerätes auf brennbare Verunreinigungen zu untersuchen. Zuvor ist das Gasspürgerät z. B. mit reiner Außenluft auf Null abzugleichen. Die Luft im Aufstellungsraum des Gaskalorimeters darf während der Messungen höchstens 50 ppm an brennbaren Bestandteilen enthalten. Der festgestellte Grundpegel soll während der Messungen am Gaskalorimeter räumlich und zeitlich konstant sein.

Vor Beginn der Messungen sind folgende Arbeiten auszuführen:

- **Dichtheitsprüfung**

Bei Gaskalorimetern mit intermittierender Messung kann die Dichtheitsprüfung dadurch erfolgen, dass das Gaskalorimeter und die Leitungen mit dem Gasspürgerät auf austretende brennbare Gase untersucht werden. Die Dichtheitsprüfung im Wasser ist nach Augenschein vorzunehmen.

- Während einer Messperiode ist zu prüfen, ob die Wasserspiegel in den Schaugläsern des Rückschlagventils auf gleicher Höhe stehen und ob die Messwertübernahme am Brennwertschreiber erfolgt, wenn das Gasmessrohr nahezu mit Wasser gefüllt ist. Durch Beobachten der Temperaturen am Wärmetauscher ist zu kontrollieren, ob beim Messpunkt der Beharrungszustand erreicht ist, ggf. ist der Messpunkt durch Veränderungen am Druckschalter zu verschieben. Ist auch dadurch der Beharrungszustand nicht zu erreichen, so ist die Prüfung zu beenden und zu wiederholen.
- Überprüfung des Schreiber-Null- oder Prüfpunktes
- Bei selbstabgleichenden Kompensationsschreibern ist die Ruhespannung des Verstärkerausganges auf Übereinstimmung mit dem in der Zulassung des Schreibers angegebenen Wert zu überprüfen. Abweichungen deuten auf das Vorhandensein von Störspannungen oder Störfeldern hin, die durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen sind.

Bei der messtechnischen Prüfung wird die Differenz der Anzeige des Brennwertes am Brennwertschreiber zum

- amtlich bestätigten Brennwert des Kalibriergases
- errechneten Brennwert aus der Handbestimmung bezogen auf den Betriebs- und Normzustand des Gases

festgestellt.

Mit der ersten Messung des selbsttätigen Gaskalorimeters ist erst dann zu beginnen, wenn die Temperaturen am Wärmetauscher hinreichend konstant sind.

Die Temperatur des Umlaufwassers (Eintrittstemperatur am Wärmetauscher) soll höchstens 1 K bis 2 K unter der Raumtemperatur liegen; die Abgastemperatur darf um nicht mehr als 2 K über der Raumtemperatur liegen.

### *Durchführung der Messungen*

Zunächst erfolgt die Prüfung der Anzeige des Brennwertes bezogen auf den Normzustand des Gases. Aus praktischen Gründen sollte diese Prüfung mit Kalibriergas erfolgen.

Der Umschalter des Umwerters ist in Stellung „N“ zu bringen. Die Messung erfolgt gegen Ende einer Messperiode, wenn der Beharrungszustand eingetreten ist und das Messwerk am Brennwertschreiber freigegeben ist (auch am Aufleuchten der Lampe im Gaskalorimeter erkennbar). Dann sind Eintritts- und Austrittstemperatur am Wärmetauscher und die Anzeige des Brennwertschreibers abzulesen. Die Temperaturablesungen sind mit den in den Thermometer-Prüfscheinen angegebenen Korrekturen zu berichtigen. Die Multiplikation der aus den beiden Temperaturen berechneten Temperatur-Differenz mit dem Wasser/Gas-Verhältnis (laut Vorprüfung der Messrohre) ergibt den Brennwert des Gases bezogen auf den Betriebszustand.

Beispiel:

Eintrittstemperatur  $t_e = 20,55 \text{ °C}$

Austrittstemperatur  $t_a = 31,73 \text{ °C}$

Temperatur-Differenz  $\Delta t$

$\Delta t = 31,75 - 20,55 = 11,18 \text{ K}$

Wasser/Gas-Verhältnis  $W/G = 0,6682$

Wärmekapazität des Wärmeträgers (Wasser)\*  $c_w$  bei der mittleren Temperatur  $t$  zwischen Eintritts- und Austrittstemperatur

---

\* Im Gegensatz zu den in der Betriebsanweisung verwendeten Wert wird hier für die Wärmekapazität des Wassers ein temperaturabhängiger Wert verwendet.

$$t = (20,55 + 31,73)/2 = 26,14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c_w = (A \cdot t^3 + B \cdot t^2 + C \cdot t + D) \cdot 1 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$A: -3,205\,202\,3 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$$

$$B: 4,631\,985\,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C: -2,087\,371\,5 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$D: 4,208\,684\,7$$

gültig für  $20 \text{ } ^\circ\text{C} \leq t \leq 40 \text{ } ^\circ\text{C}$  bei 0,1 MPa.

(lt. Kohlrausch: Praktische Physik Bd. 3, 24. Auflage, Stuttgart: Teubner, 1996, S. 355)

$$c_w = 4,1800 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Unter Verwendung der Gleichung (1) ergeben sich die folgenden Werte für den Brennwert im Normzustand:

$$\begin{aligned} \text{Brennwert } H_{s,b} &= 4,1800 \cdot 0,6682 \cdot 11,18 \\ &= 31,227 \text{ MJ/m}^3 \end{aligned}$$

oder

$$\begin{aligned} \text{Brennwert } H_{s,b} &= 31,227/3,6 \\ &= 8,674 \text{ kWh/m}^3. \end{aligned}$$

Die Berechnung des Brennwertes des Gases bezogen auf den Normzustand erfolgt durch Multiplikation von  $H_{s,b}$  mit dem Umwertungsfaktor  $1/Z$ , Gleichung (4).

Beispiel:

$$\text{Luftdruck } p_{\text{amb}} = 1006,05 \text{ hPa (mbar);}$$

$$\text{Gastemperatur } T = \text{Wassereintrittstemperatur} = 293,70 \text{ K}$$

$$\text{Gasüberdruck } p_e = 34 \text{ mm WS} = 3,33 \text{ hPa (mbar)}$$

Wasserdampf-sättigungsdruck  $p_s$  bei (293,70 K) = 24,40 mbar

relative Feuchte des Gases (gemäß der Sättigung des Gases im Gasbefeuchter ist  $\varphi = 1$  zu setzen)

Kompressibilität des Gases (wird bei den hier anzutreffenden Drücken gleich 1 gesetzt)

$$\frac{1}{Z} = \frac{1013,25 \text{ hPa} \cdot 293,70 \text{ K} \cdot 1}{(1006,05 \text{ hPa} + 3,33 \text{ hPa} - 1 \cdot 24,40 \text{ hPa}) \cdot 273,15 \text{ K}} = 1,1061$$

Der Brennwert  $H_{s,n}$  (bezogen auf den Normzustand des Gases) errechnet sich dann nach Gleichung (4) wie folgt:

$$H_{s,n} = 8,688 \text{ kWh/m}^3 \cdot 1,1061 = 9,610 \text{ kWh/m}^3.$$

Die Messung ist fünfmal durchzuführen, wobei die Einzelwerte um nicht mehr als 0,2 % vom Mittelwert abweichen dürfen. Die Abweichung zum Brennwert des Kalibrierungsgases ist festzustellen. Eine Justierung der Anzeige des Brennwertschreibers kann durch Verändern des Abgleichwiderstandes am Thermoelement vorgenommen werden. Nach einem Abgleich ist ein konstanter Betriebszustand abzuwarten und die Messungen sind zu wiederholen.

Zur Überprüfung der Funktion des Umwerters ist zusätzlich eine Prüfung des Brennwertmessgerätes bezogen auf den Betriebszustand durchzuführen. Hierzu ist der Umschalter des Umwerters in Stellung „B“ (Betriebszustand) zu bringen. Der jeweils errechnete Brennwert im Betriebszustand muss mit den angezeigten Werten im Rahmen der Eichfehlergrenzen übereinstimmen.

Die Protokollführung bei der Prüfung des Gesamtsystems ist aus dem Beispiel in Anhang B 01 ersichtlich.

### 5.2.2.2 Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung

Während der eichtechnischen Prüfung ist die Luft im Aufstellungsraum des Gaskalorimeters mit Hilfe eines Gasspürgerätes auf brennbare Verunreinigungen zu untersuchen. Zuvor ist das Gasspürgerät z. B. mit reiner Außenluft auf Null abzugleichen. Die Luft im Gaskalorimeterraum darf höchstens 50 ppm an brennbaren Bestandteilen enthalten. Der festgestellte Grundpegel soll während der Messung am Gaskalorimeter räumlich und zeitlich konstant sein.

Vor Beginn der Messungen sind folgende Arbeiten auszuführen:

- Dichtheitsprüfungen, wobei die Dichtheitsprüfung mit dem Gasspürgerät erfolgen kann, während die Dichtheitsprüfung im Wasser nach Augenschein vorzunehmen ist
- Kontrolle der Ausrichtung des Gaskalorimeters mit Hilfe der dafür vorhandenen Vorrichtungen
- Überprüfung der Messleitung zwischen dem Gaskalorimeter und dem Brennwertschreiber. Sie muss abgeschirmt, möglichst kurz, überschaubar und ohne weitere Verbindungsstellen zwischen den Geräten verlegt sein.
- Am Brennwertschreiber ist die Ruhespannung des Verstärkerausganges auf Übereinstimmung mit dem in der Zulassung des Schreibers angegebenen Wert zu prüfen. Abweichungen deuten auf das Vorhandensein von Störspannungen oder Störfeldern hin, die vom Betreiber durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen sind.

Bei der Eichung des Gaskalorimeters ist das Gas/Luft-Verhältnis nach dem Beispielprotokoll in Anhang B 07 zu prüfen. Diese Prüfung erfolgt entsprechend der Bedienungsanleitung des Gaskalorimeters mittels einer mitgelieferten Prüfeinrichtung (Tauchglocke mit Anzeige). Es sind mindestens drei Umdrehungen der Luftmesstrommel auszuwerten. Die von der Tauchglockeneinrichtung angezeigte Abweichung darf dabei 0,1 % pro Umdrehung nicht übersteigen. Bei Cutler-Hammer-Gas-

---

kalorimetern muss diese Prüfung bei geschlossener Haube vorgenommen werden.

Zusätzlich sind bei der Ersteichung und nach Austausch von Gas- oder Wärmeträgerluftmesser die geeigneten Trommelmarkierungen auszuwählen, deren zeitliche Abstände sich um nicht mehr als 1 Sekunde unterscheiden und die nicht in der Nähe einer Kammeröffnung liegen dürfen. Hierzu ist die Messung der zeitlichen Abstände zwischen den Trommelmarkierungen während zweier Trommelumdrehungen auf volle Sekunden genau vorzunehmen.

Außerdem ist mit Hilfe eines geeigneten Druckaufnehmers und eines Schreibers die Druckschwankungskurve für eine volle Trommelumdrehung aufzunehmen. Hierbei muss die Lage der vier Kammeröffnungen erkennbar sein. Die gewählten Markierungspunkte sind im Wartungsbuch zu vermerken und bei allen Gas/Luft-Vergleichsmessungen zu benutzen.

Zur Prüfung der Symmetrie der Messbrücke (Zeiger des Brennwertschreibers auf der Prüfmarke in der Skalenmitte) muss die Gaszufuhr geschlossen und die automatische Zündung ausgeschaltet sein. Der vorhandene Kurzschlussbügel ist in Stellung „Symmetrie“ zu bringen. Stellt sich der Zeiger des Brennwertschreibers nicht auf die Prüfmarke ein, so ist ein Abgleich nach den Herstellerangaben vorzunehmen.

Die Prüfung des Gaskalorimeters erfolgt mit Hilfe eines Kalibriergases, dessen Brennwert amtlich bescheinigt sein muss. Das Kalibriergas ist über die am Gaskalorimeter angebaute Hahnkombination anzuschließen; an dem zwischen den Doppelabsperrhähnen liegenden Entlüftungshahn ist eine Dichtheitsprüfung vorzunehmen. Der Druckregler ist auf den richtigen Vordruck gemäß der Zulassung einzustellen.

Bei Anschluss der Armaturen an die Kalibriergasflasche ist nach den anerkannten Regeln der Technik für den Umgang mit Reinstgasen vorzugehen.

Differenzen zwischen der Brennwertanzeige und dem Brennwert des Kalibrierergases dürfen nach den Angaben in der Zulassung angeglichen werden.

### **5.2.2.3 Prozessgaschromatografen**

Die eichtechnische Prüfung des Prozessgaschromatografen und den Zusatzeinrichtungen erfolgt als Gesamtgerät am Aufstellungsort beim Betreiber. Zur Durchführung der Prüfung werden die Zulassungsunterlagen benötigt.

Die interne Kalibrierergasflasche muss entsprechend PTB-A 7.63 Punkt 9.3 angeschlossen sein. Das Gerät muss betriebsbereit und kalibriert sein.

In der Regel ist die Richtigkeit der Messergebnisse an zwei Punkten im Messbereich zu überprüfen.

Dabei ist der Prüfablauf nach dem Musterprotokoll gemäß Anhang B 09 wie folgt vorgegeben:

#### *Kalibrierung mit internem Kalibrierergas*

Die PTB-Bauartzulassung regelt, welches Kalibrierergas angewendet werden darf und legt die aus der Anwendung des jeweiligen Kalibrierergases resultierenden Messbereiche für die eichpflichtigen Messgrößen fest. Ist in der Zulassung festgelegt, dass sogenannte „betriebspunktnahe Kalibrierergase“ verwendet werden dürfen, so bedeutet dies, dass zur Kalibrierung des Gaschromatografen Kalibrierergase aus einer Palette von ca. fünf solcher Gase ausgewählt werden können. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass die üblichen Messbereiche eingeschränkt sind.

Das bei der Eichung des Messgerätes erhaltene Chromatogramm des Kalibriergases muss alle Komponenten des Kalibriergases enthalten und frei sein von Fehlern. Es ist ein Vergleich zwischen dem aktuellen Chromatogramm und dem der Zulassung beiliegenden Muster-Chromatogramm durchzuführen (gleiche Peakanzahl, keine überlappenden Peaks, ähnliche Peakformen (Symmetrie), keine zusätzlichen Peaks, kein Rauschen auf der Signalkurve).

#### *Prüfung mit zwei externen Kalibriergasen*

Es sind nacheinander zwei weitere Kalibriergase an den Prozessgaschromatografen anzuschließen. Dazu können die im Anhang der PTB-A 7.63 aufgeführten Kalibriergase für Prozessgaschromatografen mit sechs oder acht Komponenten verwendet werden. Welche Kalibriergase zur Richtigkeitsprüfung zu verwenden sind, wird stets in der Bauartzulassung des Messgerätes geregelt.

Der Brennwert des ersten Gases muss in der unteren Hälfte, der Brennwert des zweiten Gases in der oberen Hälfte des Messbereichs für den Brennwert liegen.

Nach Anschluss der Gase sind je zwei Analysen durchzuführen. Die Ergebnisse der zweiten Analyse sind die gültigen Messergebnisse. Von dieser Analyse ist ein Chromatogramm zu drucken oder anzuzeigen und zu überprüfen.

Sollte der Messbereich durch die Anwendung eines betriebspunktnahen Kalibriergases eingeschränkt sein, kann in der Bauartzulassung die Prüfung mit nur einem Kalibriergas gefordert sein.

Die vom PGC in der Hauptanzeige angezeigten Werte für Brennwert, Normdichte und CO<sub>2</sub>-Anteil müssen innerhalb der Eichfehlergrenzen mit den auf dem Zertifikat des Kalibriergases angegebenen Werten übereinstimmen.

### *Prüfung der analogen Messwertausgänge*

Der PGC ist auf Betriebsgas zu schalten. Nach Vorliegen einer gültigen Analyse ist die Richtigkeit der ausgegebenen eichpflichtigen Größen mittels eines geeigneten Messgerätes zu prüfen. Die ausgegebenen Werte müssen mit denen in der Hauptanzeige angezeigten auf 0,2 % übereinstimmen.

Ausnahmen zu der Richtigkeitsprüfung werden in den Bauartzulassungen festgelegt.

Beispiele für Musterprotokolle sind den Anhängen B 08 bis B 14 zu entnehmen.

#### **5.2.2.4 AMS Rhadox**

Die eichtechnische Prüfung des Gesamtgerätes erfolgt am Aufstellungs-ort beim Betreiber. Die internen Kalibriergasflaschen müssen entsprechend PTB-A 7.63 Punkt 9.3 angeschlossen sein. Das Gerät muss betriebsbereit und kalibriert sein.

Für die Eichung werden die Zulassung und die „Prüfanweisung für die eichtechnische Prüfung“ des Herstellers benötigt.

Die Kalibrierung erfolgt mit internen Kalibriergasen entsprechend Punkt 3.2 der Zulassung und Freigabe des „geeichten Messbetriebes“ im Betriebsprogramm.

Die Kalibrierung soll frühestens nach zwölf Stunden Dauerbetrieb durchgeführt werden. Sie wird durch „Anklicken“ der „CALIBRATE Cv“-Taste auf der Tafel „CALIBRATION“ gestartet. Danach führt der Analysator eine Kalibrierung durch. Die Richtigkeit der Kalibrierung wird durch Aufschalten der Kalibriergase als Messgas und Vergleich des gemessenen Brennwertes und der gemessenen Normdichte mit den in den Kalbrierscheinen der Kalibriergase angegebenen Werten überprüft. Die Messwerte müssen besser als 0,3 % vom Messwert mit den Angaben im Kalbrierschein übereinstimmen.

Während der Aufschaltung der Kalibriergase ist die Richtigkeit der angezeigten eichpflichtigen Größen mittels eines geeigneten Messgerätes zu prüfen. Nach Vorliegen eines gültigen Messwerts müssen die ausgegebenen Messwerte mit denen in der Hauptanzeige angezeigten auf 0,2 % übereinstimmen.

Welche Größen ausgegeben werden, kann der Betreiber vor der eichtechnischen Prüfung wählen. Die Ausgänge müssen gekennzeichnet sein.

#### **5.2.2.5 Instromet Tru-Therm**

Die eichtechnische Prüfung von Messgerät und Zusatzeinrichtungen erfolgt als Gesamtgerät am Gebrauchsort. Die interne Kalibriergasflasche muss entsprechend PTB-A 7.63 Punkt 9.3 angeschlossen sein. Das Gerät muss betriebsbereit und kalibriert sein.

Zur Durchführung der Prüfung werden die Zulassungsunterlagen (s. 2.1.1 der Bauartzulassung) und das Bedienhandbuch benötigt.

Die Richtigkeit der Messergebnisse ist an zwei Punkten im Messbereich zu überprüfen (s. Bedienhandbuch Nr. 7.5.6 Inspector Test Mode).

Dabei ist folgender Prüfablauf einzuhalten:

Im Anschluss an eine automatische Kalibrierung ist das Gerät mit zwei externen Kalibriergasen zu prüfen:

Es sind nacheinander zwei Kalibriergase 3.Ordnung entsprechend PTB-A 7.63 an das Messgerät anzuschließen.

Der Brennwert des ersten Gases muss in der unteren Hälfte, der Brennwert des zweiten Gases in der oberen Hälfte des Messbereichs für den Brennwert liegen.

Nach Anschluss der Gase sind zehn Minuten abzuwarten. Anschließend können die Messergebnisse abgelesen werden.

Der auf der Hauptanzeige angezeigte Wert für den Brennwert muss innerhalb der Eichfehlergrenzen mit dem Wert im Zertifikat des jeweiligen Kalibrierergases übereinstimmen.

Während der Messung der externen Kalibrierergase ist die Richtigkeit der über die Anlogschnittstellen ausgegebenen eichpflichtigen Größen mittels eines geeigneten Messgerätes zu prüfen. Die ausgegebenen Werte müssen mit den in der Hauptanzeige angezeigten auf 0,2 % übereinstimmen.

Folgende Einstellungen des Protokolldruckers müssen verwendet werden:

- Auto Report Control (s. Bedienhandbuch 7.5.4.2):  
5 Minuten oder häufiger
- Parity Prüfung (Bits and Baud Rates) even oder odd.

### **5.2.2.6 Zusatzeinrichtungen**

Die eichtechnische Prüfung eines ergänzenden Gerätes ist mit dessen Vorprüfung noch nicht abgeschlossen. Dies ist erst der Fall, wenn es nach Anschluss an das Brennwertmessgerät im Betrieb alle Funktionen einwandfrei erfüllt. Die eichtechnische Behandlung von Zusatzeinrichtungen ist auch in den PTB-Anforderungen 50.6 beschrieben.

### **5.2.2.7 Schnittstellen**

#### *Unbelegte Schnittstellen*

Bei der Eichung eines Messgerätes, an das zum Zeitpunkt der Eichung keine Zusatzeinrichtung angeschlossen ist, gilt folgendes:

Wenn nach den Angaben im Zulassungsschein die Schnittstelle bzw. die Verbindung zu sichern ist, muss durch einen Sicherungsstempel ein nachträglicher Anschluss von Zusatzeinrichtungen an der unbelegten Schnittstelle verhindert werden.

---

Wenn nach den Angaben in der Zulassung die Schnittstelle nicht zu sichern ist, bleibt sie offen.

### *Schnittstellen mit angeschlossenen Geräten*

Bei der Eichung eines Messgerätes mit angeschlossener Zusatzeinrichtung ist zunächst festzustellen, ob die Zusatzeinrichtung nach § 9 der Eichordnung von der Eichpflicht ausgenommen ist.

Bei der eichpflichtigen Verwendung ist anhand der Zulassungsscheine zu prüfen, ob die Verbindung der beiden vorliegenden Geräte an den verwendeten Schnittstellen zulässig ist. Beide Schnittstellen müssen für die eichpflichtige Verwendung zugelassen sein.

Bei Schnittstellen, die zu sichern sind, wird das Steckergehäuse mit dem Gerätegehäuse der Zusatzeinrichtung bzw. dem Messgerät durch einen Sicherungsstempel gegen Veränderung der Verbindung gesichert.

Wenn die angeschlossene Zusatzeinrichtung von der Eichpflicht ausgenommen ist oder für Zwecke verwendet wird, die nicht der Eichpflicht unterliegen, muss im Zulassungsschein des Messgerätes die Schnittstelle als „nicht zu sichern“ zugelassen sein. In diesen Fällen bleibt bei Messgeräten mit angeschlossener Zusatzeinrichtung die Verbindung ungesichert und die Zusatzeinrichtung austauschbar.

Die eichtechnische Behandlung von Schnittstellen an Messgeräten und Zusatzeinrichtungen ist detailliert in den PTB-Anforderungen 50.1 beschrieben.

## 5.3 Fehlergrenzen

### 5.3.1 Gaskalorimeter mit intermittierender Messung

Nach der Eichordnung (EO 7-6, Nr. 4) betragen die Fehlergrenzen für die Vorprüfung der einzelnen Komponenten

- für die durch den Umwerter zur Wirkung gebrachte Zustandszahl 0,4 %
- für die Anzeige des Brennwertschreibers bezogen auf den Messbereichsendwert 0,5 %
- für Messumformer (soweit in der Zulassung nichts anderes festgelegt ist) bezogen auf den Messbereichsendwert 0,2 %

Die Eichfehlergrenzen des Gesamtsystems bezogen auf den Messbereichsendwert betragen:

- für die Abweichung des vom Gaskalorimeter angezeigten Brennwertes vom amtlich bestätigten Brennwert eines kalorimetrischen Kalibriergases 0,8 %
- für die Abweichung des errechneten Brennwertes (Handbestimmung) vom amtlich bestätigten Brennwert eines kalorimetrischen Kalibriergases 0,8 %
- für die Abweichung zwischen den Fehlern der Anzeigen mit ein- und abgeschaltetem Umwerter 1,0 %

### 5.3.2 Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung

Nach der Eichordnung (EO 7-6, Nr. 4) betragen die Fehlergrenzen für die Vorprüfung der einzelnen Komponenten:

- für das Verhältnis des Volumens des Wärmeträgers zum Volumen des Gases (je Umdrehung) 0,1 %

- für die Anzeige des Brennwertschreibers bezogen auf den Messbereichsendwert 0,5 %
- für Messumformer (soweit in der Zulassung nichts anderes festgelegt ist) bezogen auf den Messbereichsendwert 0,2 %

Die Eichfehlergrenzen des Gesamtsystems bezogen auf den Messbereichsendwert betragen:

- für die Abweichung des vom Gaskalorimeter angezeigten Brennwertes vom amtlich bestätigten Brennwert eines kalorimetrischen Kalibriergases 0,8 %

### 5.3.3 Prozessgaschromatografen (PGC)

Die Fehlergrenzen für Prozessgaschromatografen betragen

- a) als Brennwertmessgeräte (bezogen auf den Messbereichsendwert) für die Abweichung des vom PGC angezeigten Brennwertes vom amtlich bestätigten Brennwert des externen Kalibriergases 0,8 %
- b) als Normdichtemessgeräte (bezogen auf den Messwert) für die Abweichung der vom PGC angezeigten Normdichte von der amtlich bestätigten Normdichte des externen Kalibriergases 0,5 %
- c) als Messgeräte zur Bestimmung des Kohlenstoffdioxidgehalts (bezogen auf den Absolutwert) für die Abweichung des vom PGC angezeigten CO<sub>2</sub>-Gehalts von dem amtlich bestätigten CO<sub>2</sub>-Gehalt des externen Kalibriergases 0,5 %

### 5.3.4 AMS Rhadox

Die Fehlergrenzen sind in der Zulassung festgelegt.

### 5.3.5 Instromet Tru-Therm

Die Fehlergrenzen sind in der Zulassung festgelegt.

### 5.3.6 Zusatzeinrichtungen

Für die Vorprüfung der Zusatzeinrichtungen gelten folgende Fehlergrenzen:

- a) bei Messwertdruckern und zusätzlichen Anzeigen mit Analog-/Digitalwandlern
  - für die Proportionalität des Ausdruckes bzw. der Anzeige zum angelegten Signal bezogen auf den Messbereichsendwert 0,3%
- b) bei Trennverstärkern, Halteverstärkern und Analog-/Digitalwandlern
  - für die Proportionalität des Ausgangssignals zum angelegten Signal bezogen auf den Messbereichsendwert 0,2%
  - für die Änderung des Ausgangssignals nach 2 h in der Haltefunktion (nur bei Halteverstärkern) bezogen auf den Anfangswert des Ausgangssignales 0,1%

## 5.4 Stempelung, Prüfbescheinigungen, Gültigkeitsdauer

### *Hauptstempel*

Einen Hauptstempel (Eich- bzw. Beglaubigungszeichen mit Jahresbezeichnung) erhält nur das Brennwertmessgerät. Er wird erst nach Abschluss der messtechnischen Prüfung des Gesamtsystems am Gebrauchsort mit allen Komponenten an der am Hauptschild vorgesehenen Stempelstelle aufgebracht.

### *Sicherungsstempel*

Sicherungsstempel verschließen am Brennwertmessgerät und an den Zusatzeinrichtungen den Zugang zu messtechnisch bedeutsamen Stellen. Einzelheiten hierzu sind den Bauartzulassungen bzw. den folgenden Ausführungen zu entnehmen.

Sofern die Vorprüfung von Komponenten und Zusatzeinrichtungen nicht am Gebrauchsort erfolgt, ist ein Sicherungsstempelzeichen anzubringen und das Datum der Vorprüfung durch einen Vorprüfschein oder mit der zusätzlichen Angabe des Monats und des Jahres der Prüfung, z. B. „geprüft 10/99“ zu bestätigen.

Vorprüfungen am Gebrauchsort können auch durch einen Vermerk im Wartungsbuch bestätigt werden.

Die Vorprüfung der Komponenten und der Zusatzeinrichtungen eines Brennwertmessgerätes ist vor jeder Nacheichung zu wiederholen. Die Prüfgültigkeit dieser Komponenten und Zusatzeinrichtungen läuft daher mit der des zugehörigen Brennwertmessgerätes ab.

Die Gültigkeitsdauer der Vorprüfung nicht eingebauter Komponenten beträgt ein Jahr.

Die Gültigkeitsdauer einer Eichung bzw. Vorprüfung wird nach der Eichordnung § 13 u. a. dann vorzeitig beendet, wenn angebrachte Stempelzeichen verletzt bzw. vom Gerät entfernt wurden und Eingriffe vorgenommen werden, die Einfluss auf die messtechnischen Eigenschaften des Gerätes haben.

Im einzelnen gilt für

### *Gaskalorimeter mit intermittierender Messung*

Bei der Vorprüfung werden die Messrohre an den Spannschraubenmuttern und das Gehäuse des Umwelters gegen Abnahme gesichert. Den Messrohren ist ein im Gaskalorimeter zu montierendes Schild mit Wie-

derholung der Fabrik-Nr. und Angabe des Wasser-/Gasverhältnisses beizugeben.

Die Stempelung des Brennwertschreibers erfolgt entsprechend den Zulassungsunterlagen.

Sicherungsstempel am Gaskalorimeter werden angebracht an:

- Thermoelement mit Abgleichpotentiometer
- Anschlusskasten für Thermoelement und Brennwertschreiber
- Hauptschild
- Zusatzschild für Wasser-/Gasverhältnis
- Umwerter
- Druckschalter zur Einstellung des Messzeitpunktes.

#### *Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung*

Sicherungsstempel werden angebracht an:

- Hauptschild (sofern nicht durch den Hauptstempel gesichert)
- Brennermantel (Verstellhülse)
- Kreuzlibelle
- Gasmesserwippe
- Verbindung Messumformer-Schreiber.

#### *Datenspeicher*

Die Stempelstellen sind den der Bauartzulassung anliegenden Zeichnungen und Plombenplänen zu entnehmen. Zusätzlich beidseitig zu sichern sind die Verbindungsleitungen zwischen dem Datensicherungsgerät und dem Brennwertmessgerät.

*PGC, andere Messgeräte und Zusatzeinrichtungen*

Sicherungsstempel werden entsprechend den Stempelplänen der Bauartzulassung angebracht.

## **6 Einzelprüfung von nicht eichpflichtigen Messgeräten**

### **6.1 Laborgaschromatografen**

Bei Laborgaschromatografen ist das Analysenergebnis sowohl vom ordnungsgemäßen Arbeiten des Gerätes als auch von der Sachkunde des Bedienungspersonals abhängig. Eine eichtechnische Prüfung mit nachfolgender „verschließender Sicherung“ lässt sich bei Laborgaschromatografen nicht durchführen. Die Messungen sind unter Aufsicht einer Eichbehörde oder einer staatlich anerkannten Prüfstelle vorzunehmen. Der benutzte Laborgaschromatograf mit dem zugehörigen Analyseverfahren muss von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) oder der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) als geeignet anerkannt sein.

Die Sachkunde des Prüfpersonals ist nachzuweisen und es muss eine schriftliche Arbeitsanweisung vorliegen.

Die Verwendung von Laborgaschromatografen bei amtlichen Prüfungen ist derzeit auf einzeln genehmigte Anwendungen in staatlich anerkannten Prüfstellen wie die Untersuchung des Reinheitsgrades von Gasen oder die Bestimmung des Neopentan-Anteils in Kalibriergasen beschränkt.

### **6.2 Gasprobenehmer**

Die Prüfung bzw. Handhabung von Gasprobenehmern ist nach den Bestimmungen des PTB-Prüfberichts für das Messgerät vorzunehmen.

## **7 Bedingungen und Auflagen für den Betrieb**

### **7.1 Allgemeines**

Die Eichung eines Brennwertmessgerätes ist abzulehnen, wenn Vorschriften nicht eingehalten oder Voraussetzungen nicht gegeben sind (z. B. unzureichende bauliche Gegebenheiten, ungünstige Temperaturverhältnisse, kein gefahrloser Zugang etc.) oder die messtechnische Prüfung nicht mit genügender Sicherheit durchgeführt werden kann.

Die Gültigkeit der Eichung oder Beglaubigung bleibt bei Maßnahmen an Brennwertmessgeräten erhalten, wenn diese unter Aufsicht der Eichbehörde oder einer Prüfstelle erfolgen.

Müssen in Ausnahmefällen Arbeiten nach vorheriger Genehmigung ohne amtliche Aufsicht durchgeführt werden, so ist eine weitere Verwendung des Brennwertmessgerätes nur dann gestattet, wenn unmittelbar nach dem Eingriff die amtliche Sicherungsstelle durch eine Benutzersicherung ersetzt wird.

Die Art der Tätigkeit und der Verschleißung ist unverzüglich der zuständigen Eichbehörde mitzuteilen.

Vor dem Ersatz der Benutzersicherungen durch amtliche Sicherungen liegt es im pflichtgemäßen Ermessen des Eichbediensteten, ob eine Prüfung des Brennwertmessgerätes mit verringertem Umfang oder eine Nacheichung zu erfolgen hat.

### **7.2 Erstmalige Inbetriebnahme**

Bei der erstmaligen Inbetriebnahme ist neben den üblichen in dieser Prüfregele genannten Bestimmungen und den im Anhang aufgeführten Vorschriften folgendes zu beachten:

Die Gasentnahme für die Brennwertbestimmung muss an einer repräsentativen Messstelle des Leitungssystems gemäß DVGW G 488 erfolgen.

Das Brennwertmessgerät muss vor Beginn der Prüfung des Gesamtsystems ausreichend lange (bei Gaskalorimetern mindestens eine Woche) in Betrieb sein.

Fernanzeigen und andere Messgeräte zur Verwendung im eichpflichtigen Messkreis von Brennwertmessgeräten müssen zugelassen sein.

Die Auskopplung von Messwerten aus dem eichpflichtigen Messkreis darf nur unter Zwischenschaltung eines zugelassenen Messumformers mit galvanischer Trennung (Trennverstärker, ggf. in der Zusatzeinrichtung integriert) erfolgen.

### **7.3   Wartung**

Brennwertmessgeräte bedürfen einer regelmäßigen Wartung. In den Zulassungen der Brennwertmessgeräte sind die von den Betreibern oder ihren Beauftragten auszuführenden Wartungsarbeiten festgelegt. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen wöchentlicher, monatlicher und jährlicher Wartung, außerdem zwischen den Mindestanforderungen der PTB und weiteren aus betrieblicher Sicht notwendigen Maßnahmen.

Am Gebrauchsort des Brennwertmessgerätes muss ein Wartungsbuch vorliegen.

Alle vorgenommenen Wartungs-, Reparatur- und Prüfungsarbeiten sind darin mit allen erforderlichen Angaben einzutragen und vom Ausführenden durch Unterschrift zu bestätigen.

Wartungsarbeiten dürfen nur von sachkundigem Personal (s. PTB-A 7.63 Nr. 9.1) vorgenommen werden.

Bei störungsfreiem Betrieb der Messgeräte sind Arbeiten ohne die Verletzung von Sicherheitsstempeln möglich. Nur bei der bei der Behebung von Störungen oder vor der Nacheichung generell geforderten Jahreswartung werden Stempelstellen verletzt.

Führt ein anerkannter Instandsetzer (Eichordnung § 72) Arbeiten aus, bei denen Stempelstellen verletzt werden, so bleibt die Gültigkeit der Eichung bestehen, wenn er die entfernten Stempelzeichen durch das Instandsetzerkennzeichen ersetzt und die Nacheichung des Gerätes unverzüglich beantragt wird. Die Ausfallzeiten beschränken sich dann lediglich auf den Zeitaufwand für die Wartungs- und Reparaturarbeiten und die Prüfzeiten.

Werden die entsprechenden Arbeiten von einer Firma ausgeführt, die nicht als Instandsetzer anerkannt ist, so wird die Eichung ungültig und das Messgerät darf im geschäftlichen und amtlichen Verkehr nicht mehr verwendet werden und die Ausfallzeiten des Messgerätes dauern bis zur erfolgten Nacheichung, es sei denn, die zuständige Stelle – das Eichamt oder die staatlich anerkannte Prüfstelle – überwacht den Einbau amtlich vorgeprüfter Komponenten.

Für die Kontrolle seiner Arbeiten benötigt der Instandsetzer geeignete Prüfgase, die dem jeweiligen Betriebsgas ähnlich sind und deren Brennwert durch Vergleich mit einem Kalibriergas bekannt sind. Ein solches Prüfgas muss auch für die vorgeschriebenen Wartungsarbeiten am Gebrauchsort zur Verfügung stehen.

### **7.3.1 Wartungsarbeiten an Gaskalorimetern**

Die wöchentlichen Wartungsarbeiten beinhalten generell

- Ablesung des Brennwertes und des Messgasdruckes
- Kontrolle des Wasserstandes
- Reinigung des Wasserüberlaufes
- Kontrolle des Schreibernull- und des Kontrollpunktes
- Kontrolle auf Übereinstimmung der Hauptanzeige mit nachgeschalteten Geräten
- Kontrolle der Temperaturaufzeichnungen auf Einhaltung der PTB-A 7.62.

Die monatlichen Wartungsarbeiten umfassen zusätzlich

- Überprüfung der Raumlufte auf brennbare Bestandteile
- Überprüfung mit einem Kalibriergas
- Kontrolle des Flammenbildes am Brenner und ggf. des Wärmetauschers auf Ruß und andere Verunreinigungen  
und je nach Messgerätetyp im einzelnen:
- Kontrolle des Rückschlagventils bei Reineke-Kalorimetern
- Funktionskontrolle der Wiederzündeinrichtung beim Thomas-Cambridge- und Cutler-Hammer-Kalorimeter
- Kontrolle der Sicherheitsschaltung und Grenzwertmelder zur sicherheitstechnischen Überwachung des Kalorimeterraumes.

Die jährlichen Wartungsarbeiten beinhalten zusätzlich die Reinigung des Gaskalorimeters und des Brennwertregistriergerätes vor der Nacheichung.

Die Reinigungs- und Wartungsarbeiten sowie etwaige Reparaturen einschließlich der erforderlichen Funktionsprüfung des Gaskalorimeters können in der Regel innerhalb einer Woche ausgeführt werden. Die Nacheichung soll spätestens in der vierten Woche nach der Instandsetzung erfolgen.

#### *Jahreswartung bei Kalorimetern mit kontinuierlicher Messung*

Beim Ablauf der Jahreswartung ist wie folgt zu verfahren:

- Reinigen des Gaskalorimeters
- Austausch des Brennwertschreibers: Ist es nicht möglich die Geräte am Gebrauchsort vorzuprüfen, so müssen der Brennwertschreiber und der Messumformer mit dem dazugehörigen Thermometerpaar gegen amtlich vorgeprüfte Komponenten ausgetauscht werden.
- Prüfung des Gaskalorimeters nach der Reinigung mit Ergebnisniederschrift in den Prüfbericht

- Überprüfen des Gas/Luft-Verhältnisses mit Hilfe der Tauchglockeneinrichtung und ggf. Einstellen auf eine Abweichung  $< 0,3 \%$ . Diese Arbeiten sind frühestens am Tag nach der Befüllung des Gaskalorimeters mit Wasser auszuführen.
- Prüfen (nicht Einstellen) der Symmetrie
- Aufschalten eines Prüfgases, dessen Brennwert dem mittleren Brennwert des Betriebsgases nahekommt. Weicht die Brennwertanzeige des Gaskalorimeters um mehr als  $30 \text{ Wh/m}^3$  vom Prüfgaswert ab, so ist mit Hilfe der Umlenkplatte im Wärmetauscher die Abweichung zu minimieren. Der Schlitz zum Verstellen der Umlenkplatte soll so ausgelegt sein, dass nach beiden Seiten eine Reserve verbleibt.

Nach Abschluss der Prüfungen entwertet der Instandsetzer das Eichzeichen auf dem Hauptschild des Gaskalorimeters so, dass die Jahreszahl noch lesbar ist. Die verletzten Sicherheitsstempel werden durch sein Stempelzeichen ersetzt. Das Instandsetzerkennzeichen (mit Datum und Kennbuchstaben) ist in der Nähe des Hauptstempels aufzubringen.

Danach ist die Instandsetzungsmeldung – möglichst vor Ort vom Auftraggeber unterschrieben – umgehend der zuständigen Stelle zuzuleiten. Entsprechende Eintragungen sind im Wartungsbuch vorzunehmen.

Die Prüfberichte verbleiben bis zur Nacheichung im Wartungsbuch des Gaskalorimeters.

Bis zur Nacheichung ist das Gaskalorimeter vom Betreiber oder seinem Beauftragten wöchentlich mit einem Prüfgas zu prüfen; die Ergebnisse sind in das Wartungsbuch einzutragen.

Nach der Nacheichung sind die Prüfberichte des Instandsetzers den amtlichen Prüfprotokollen beizufügen.

### 7.3.2 Wartungsarbeiten an Prozessgaschromatografen

Die Wartungsintervalle für die unterschiedlichen PGC-Typen sind in den jeweiligen Bauartzulassungen individuell festgelegt. Grundsätzlich wird darin unterschieden in

- wöchentliche
- monatliche
- jährliche Wartungsintervalle.

Der Umfang der Wartungsarbeiten zu den Intervallen ist ebenfalls geräte-spezifisch. Sie bestehen aus folgenden Einzelmaßnahmen:

- Sichtkontrolle des Analysators
- Kontrolle des Träger-, Betriebsgas- und Kalibriergasventilschalt-druckes
- Kontrolle der Abgas- und Abströmmenge
- Kontrolle der Flaschendrucke
- Analysenlauf mit einem internen Kalibriergas
- Analysenlauf mit einem externen Kalibriergas
- Dichtheitsprüfung der gasführenden Bauteile
- Kontrolle auf Übereinstimmung von Messwerten mit nachgeschalteten Geräten
- Kontrolle der Temperaturaufzeichnung auf Einhaltung der PTB-A 7.62
- Kontrolle des Datenregistriergerätes.

Die jährliche Wartungsarbeit beinhaltet zusätzlich die Kontrolle

- der Trennleistung der Säulen
- auf zugelassene Software
- der physikalischen Stoffwerte
- des Rechenverfahrens auf PTB-Zulassung.

### 7.3.3 Wartungsarbeiten am AMS Rhadox

Die Wartung ist auf die monatliche Überprüfung der Betriebsbedingungen des Messgerätes im Prüfraum beschränkt. Diese beinhaltet die

- Messung der Raumtemperatur durch Ablesung der Grenzwerte eines im Prüfraum angebrachten Min-/Max-Thermometers
- Überprüfung der Luftqualität hinsichtlich
  - a) Staubpartikeln durch Sichtprüfung am Filter  
Dieser darf nur Partikel  $< 10 \mu\text{m}$  passieren lassen.
  - b) Luftfeuchte mit einer geeigneten Vorrichtung für die Taupunktmessung (z. B. Drägerröhrchen)  
Der Wassertaupunkt muss unter  $- 15 \text{ }^\circ\text{C}$  bei einem Absolutdruck von 1 bar liegen.
  - c) Anteil der brennbaren Bestandteile mit einem Gasspürgerät, welches als Flammenionisationsdetektor arbeitet.  
Dieser darf 50 ppm nicht überschreiten.

Die Messergebnisse sind auf Formblättern nach einem vom Hersteller mitgelieferten Muster zu protokollieren und beim Messgerät zu sammeln.

### 7.3.4 Wartungsarbeiten am Instromet Tru-Therm

Die Wartung beschränkt sich auf die monatlichen Überprüfungen der Gasdrücke und der Verschraubungen auf Undichtigkeiten.

Vierteljährlich sind zusätzlich das Gasfilter zu überprüfen und das Luftfilter zu wechseln sowie generelle Funktionsprüfungen durchzuführen.

## 7.4 Instandsetzungsarbeiten

### 7.4.1 Instandsetzungsarbeiten an Kalorimetern

Wird während der Eichgültigkeitsdauer an Gaskalorimetern der Austausch

- des Brennwertregistriergerätes
- von Fernanzeigen
- oder des Halte- oder Trennverstärkers

gegen amtlich vorgeprüfte Teile vorgenommen, so ist nur eine vereinfachte Prüfung erforderlich. Der Instandsetzer kontrolliert das instandgesetzte Kalorimeter mit einem geeigneten Prüfgas.

Bei Instandsetzungsarbeiten mit

- Austausch des Messumformers mit Thermometerpaar
- Austausch des Wärmetauschers
- Arbeiten am Gasmesser und am Wärmeträgerluftmesser oder deren Austausch

ist eine Nacheichung mit Wiederholung der vollständigen Prüfung erforderlich.

Die Gültigkeit der Eichung bleibt beim Austausch von amtlich vorgeprüften

- Brennwertregistriergeräten
- Digitalanzeigen
- Halte- und Trennverstärkern

bestehen, wenn die Festlegungen in der Zulassung beachtet werden und eine anschließende Funktionsprüfung erfolgt.

Beim Austausch von in der Zulassung angegebenen messenden Einrichtungen ist eine Nacheichung erforderlich.

### **7.4.2 Instandsetzungsarbeiten an Prozessgaschromatografen**

Wird während der Eichgültigkeitsdauer am PGC der Austausch von

- Detektor
- Säulen
- Software
- Kalibriergas

vorgenommen, so ist eine Nacheichung mit Wiederholung der eichtechnischen Prüfung erforderlich.

Bei Instandsetzungsarbeiten an oder Austausch von

- Ofentemperaturregelung
- Druckreglern
- Datenspeicher oder Drucker
- Schaltventilen
- Probeschleife
- Probeaufbereitung
- Trägergas
- Änderung von Gate on/off

ist nur eine vereinfachte Funktionsprüfung erforderlich.

Bei diesen Maßnahmen bleibt die Eichgültigkeitsdauer erhalten.

### **7.4.3 Instandsetzungsarbeiten am AMS Rhadox**

Es sind keine besonderen Abläufe festgelegt.

### **7.4.4 Instandsetzungsarbeiten am Instromet Tru-Therm**

Es sind keine besonderen Abläufe festgelegt.

## **Anhang A – Vorschriften und Literaturverzeichnis**

### **Begriffsbestimmungen:**

DIN, Internationales Wörterbuch der Metrologie, 2. Auflage, Berlin 1994

### **Rechtsvorschriften:**

Allgemeine Vorschriften der Eichordnung (EO-AV) vom 12. August 1988, Ausgabe 1998

Anlage 7 zur Eichordnung vom 12. August 1988, letzte Änderung vom 18.8.2000

Richtlinie für die Prüfung und Überwachung nach dem Eichgesetz und nach der Eichordnung, (Eichanweisung – Allgemeine Vorschriften) vom 11. Januar 1989, letzte Änderung vom 8.3.1995

### **PTB-Anforderungen/Technische Regeln**

PTB-A 7.61      Messgeräte für Gas – Brennwertmessgeräte  
Januar 1998

PTB-A 7.62      Messgeräte für Gas – Brennwertmessgeräte  
Anforderungen an den Gebrauchsort  
Januar 1998

PTB-A 7.63      Messgeräte für Gas – Brennwertmessgeräte  
Anforderungen an Kalibriergase für  
Brennwertmessgeräte  
Januar 1998

PTB-A 50.1      Schnittstellen an Messgeräten und Zusatzein-  
richtungen  
Dezember 1989

PTB-A 50.6      Anforderungen an elektronische Zusatzeinrichtungen  
zu Elektrizitäts-, Gas-, Wasser- und Wärmezählern  
PTB-Mitt. 1/1996

- 
- PTB TRG 9 Messgeräte für Gas; Eichung von Zustands-Mengen-  
umwertern und Wirkdruckgaszählern mit Zustands-  
erfassung für Gas mit realem Zustandsverhalten  
Januar 1998
- PTB TRG 12 Messgeräte für Gas; Korrektur der Messwerte von  
Brennwertmessgeräten (Gaskalorimeter) und Norm-  
dichtemessgeräten für Gas  
Dezember 1993

### **Normen**

- DIN 1319-1 Grundlagen der Messtechnik; Teil 1: Grundbegriffe,  
Januar 1995
- DIN 1340 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase;  
Arten, Bestandteile, Verwendung, Dezember 1990
- DIN 1871 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase;  
Dichte und andere volumetrische Größen, Mai 1999
- DIN 51 850 Brennwerte und Heizwerte gasförmiger Brennstoffe,  
April 1980 (zurückgezogen, ersetzt durch DIN 51 857)
- DIN 51 858 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase;  
Berechnung des Brennwertes, Heizwertes und der  
relativen Dichte von Gasgemischen, November  
1982 (zurückgezogen, ersetzt durch DIN 51 857)
- DIN 51 857 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase;  
Berechnung von Brennwert, Heizwert, Dichte,  
relativer Dichte und Wobbeindex von Gasen und  
Gasgemischen, März 1997
- DIN 51 896-1 Gasanalyse; Zusammensetzungsgrößen, Realgas-  
faktor; Grundlagen, Oktober 1991

- DIN 51 896-2 Gasanalyse; Zusammensetzungsgrößen, Realgasfaktor; Anwendung, September 1994
- ISO 6976 Natural gas; Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition, 1995(E)

### **DVGW-Arbeitsblätter**

- G 260 Gasbeschaffenheit, Januar 2000
- G 488 Anlagen für die Gasbeschaffenheitsmessung, April 1999

### **Bezugsquellen**

- Eichordnung,  
PTB-Anforderungen* Buch-Express  
Geranienweg 53a  
22549 Hamburg
- PTB-Prüfregeln,  
Technische Richtlinien der PTB,  
Merkblätter* Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Postfach 33 45  
38023 Braunschweig
- PTB-Mitteilungen* Wirtschaftsverlag NW Verlag für Neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
27511 Bremerhaven
- Normen  
(ISO, CEN, DIN ...)* Beuth Verlag GmbH  
Postfach 11 45  
10787 Berlin

---

*DVGW-Arbeitsblätter* Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und  
Wasser mbH  
Josef-Wirmer-Straße 3  
53123 Bonn  
oder unter  
[www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

# Anhang B – Beispiele für Prüfprotokolle

## B 01 Prüfungsbeispiel Gaskalorimeter mit intermittierender Messung

Hersteller	Reineke	Typ	66	Fabrik-Nr.	NK 1234	Baujahr	1980
Messbereich	7	kWh/m <sup>3</sup> bis	14				
Besitzer	GVU	Station	Übergabe	Prüfart	Irgendwo		
Prüfamt	Eichamt	Prüfer	Expert	Datum	15.09.2001		
Prüfanlass	Nacheichung nach Jahreswartung						
Gas-/Wasserverhältnis:	0,6665	Prüfgas:	Reinstmethan (4,5)	Brennwert (kWh/m <sup>3</sup> ):	11,064		

Prüfung der Anforderungen an die Bedingungen im Prüfraum

Raumtemperatur $t_R$ (°C)	22,0	Soll: $20^\circ\text{C} < t_R < 26^\circ\text{C}$	erfüllt
Abgastemperatur $t_G$ (°C)	21,0	Soll: $t_R - t_G \leq 2 \text{ K}$	erfüllt
Umlaufwassertemp. $t_W$ (°C)	20,4	Soll: $t_R - t_W \leq 2 \text{ K}$	erfüllt
Anteilekonzentration (ppm)	20	< 50 ppm brennbare Teile	erfüllt

Prüfung des Zustands-Umwerter

Prüfpunkt ohne Zustands-Umwerter

$t_E$ Wärmetauscher	°C	20,38	Eintrittstemperatur $t_E$	°C	20,37
Luftdruck $p_{amb}$	mbar	984,81	Austrittstemperatur $t_A$	°C	32,99
Effektivdruck $p_e$	mbar	3,43	Temperaturdifferenz $\Delta t$	K	12,62
Sättigungsdampfdruck $p_s$	mbar	23,94			
Gesamtdruck $p$	mbar	984,30	Soll-Brennwert $H_{s,b \text{ soll}}$	kWh/m <sup>3</sup>	9,782
1/2 - Sollwert	J.	1,1292	Brennwertanzeige $H_{s,b \text{ ist}}$	kWh/m <sup>3</sup>	9,800
1/2 - Anzeige	J.	1,1310	Messabweichung $f_{H_{s,b}}$	%	0,18
Messabweichung	%	0,16			

Prüfpunkte mit Zustands-Umwerter an 5 aufeinanderfolgenden Messungen

Prüfpunkt-Nr.	1	2	3	4	5	
Eintrittstemperatur $t_E$	°C	20,38	20,41	20,40	20,38	20,37
Austrittstemperatur $t_A$	°C	32,99	33,01	33,01	33,00	33,00
Temperaturdifferenz $\Delta t$	K	12,61	12,60	12,61	12,62	12,63
Soll-Brennwert $H_{s,b \text{ soll}}$	kWh/m <sup>3</sup>	11,037	11,029	11,038	11,046	11,054
Brennwertanzeige $H_{s,b \text{ ist}}$	kWh/m <sup>3</sup>	11,040	11,040	11,040	11,050	11,060
Messabweichung $f_{H_{s,b}}$	%	0,03	0,10	0,02	0,04	0,05

Auswertung der Messergebnisse

Mittelwert der $H_{s,b}$ - Anzeige MW $H_{s,b \text{ ist}}$ in kWh/m <sup>3</sup> 11,046	Einzelabweichungen vom Mittelwert (zulässig: 0,20 %)				
	1	2	3	4	5
	-0,05%	-0,05%	-0,05%	0,04%	0,13%
mittlere Messabweichung der $H_{s,b}$ -Anzeige MW $f_{H_{s,b}}$ 0,05%	Messabweichung der $H_{s,b}$ - Anzeige $f_{H_{s,b}}$ 0,18%			Differenz $f_{H_{s,b}}$ und $f_{H_{s,b}}$ (zulässig: 1,0 %) 0,13%	
Abweichung des MW $H_{s,b \text{ ist}}$ zum Prüfgas-Brennwert -0,16%	Abweichung des berechneten $H_{s,b \text{ soll}}$ -Mittelwerts zum Prüfgas-Brennwert -0,21%			zul. Abweichung 0,8 % von 14 kWh/m <sup>3</sup> 0,112 kWh/m <sup>3</sup> oder 1,01% von 11,064 kWh/m <sup>3</sup>	

- Hauptstempel: am Hauptschild (Jahresbezeichnung):  
 Sicherungsstempel: Klebmarke am W/G-Schild  
 Hängeplombe am Potentiometer des Wärmetauschers  
 Hängeplombe am Anschlußkasten des Wärmetauschers  
 Hängeplombe am Hauptanschlußkasten  
 Klebmarke am Zeitrelais

11/19/2008/11:11

# B 02 Übersichtsblatt Prüfung Gaskalorimeter mit kontinuierlicher Messung

**Eichamt / Prüfstelle**

**Thomas - Cambridge**  
 **021**  
 **301**

**Cutler - Hammer**  
 **7621**  
 **80.02**

**Ort**

**Antragsteller**

**Betreiber**

**Messbereich des Kalorimeters**

**kWh/m<sup>3</sup>**

**Herstellernummer:**

**Aufstellungsraum** Brennbare Bestandteile ppm: \_\_\_\_\_  
 Raumtemperatur °C: \_\_\_\_\_  
 Entspricht den PTB-Anforderungen (A 7.62):

ja nein

**Kalibriergas**

H<sub>s,n</sub> in kWh/m<sup>3</sup>:

Flaschen-Nr.:

Prüfschein-Nr.:

Prüfende Stelle:

Abweichung des Kalibriergases

von der Digitalanzeige  \_\_\_\_\_ Wh/m<sup>3</sup>

von dem Schreiber  \_\_\_\_\_ Wh/m<sup>3</sup>

**Hauptstempel**

Eich-/Beglaubigungszeichen



**Bemerkungen**

Kalorimeter wurde beglaubigt

ja nein

Grund:

Anwesend:

**Anlagen**

(bitte ankreuzen)

- Protokoll(e) der Wartungsarbeit(en)
- Protokoll der Vorprüfung des Brennwertschreibers
- Protokoll der Vorprüfung des Messumformers
- Protokoll der Vorprüfung der Digitalanzeige
- Protokoll der Vorprüfung des Halteverstärkers
- Protokoll der Vorprüfung des (der) Trennverstärker(s)
- Protokoll der Messung des Gas/Luft-Verhältnisses
- Protokoll(e) weiterer Vorprüfung(en)

**Datum**

**Unterschrift**

## B 03 Vorprüfung Brennwertschreiber für Gaskalorimeter

<b>Eichamt / Prüfstelle</b>
-----------------------------

**Vorprüfung Brennwertschreiber**

Ort


**Zum Kalorimeter mit Hersteller Nummer:**

Hersteller:

Typ:

Herstellernummer:

Baujahr:

Messbereich: 7,0 - 14,0 kWh/m<sup>3</sup>

Eingangsstrom: 0 bis 20 mA

\* Prüfpunkt kWh/m<sup>3</sup> bei 10 mA:

Messabweichung %

Verstärkeruhespannung bei 10 mA:

Volt

Nullpunkt Papier:

kWh/m<sup>3</sup>

\* Innenwiderstand:

Ohm

\* falls erforderlich

Messrichtung		1	2	3	4
		Vorgabe mA	Anzeige Soll kWh/m <sup>3</sup>	Anzeige Ist kWh/m <sup>3</sup>	Diff. Anzeige Wh/m <sup>3</sup>
aufwärts	abwärts				
	X	0,000	7,000		
X		0,000	7,000		
	X	2,857	8,000		
X		5,714	9,000		
	X	8,571	10,000		
X		11,429	11,000		
	X	14,286	12,000		
X		17,143	13,000		
	X	20,000	14,000		
X		20,000	14,000		

zulässige Messabweichung:

0,5% vom Endwert = 70 Wh/m<sup>3</sup>

Bemerkungen:

Datum

Unterschrift

## B 04 Vorprüfung Temperatur-Messwertumformer für Gaskalorimeter

Eichamt / Prüfstelle

## Vorprüfung eines Temperatur-Messumformers für Kalorimeter

Thomas - Cambridge

<input type="checkbox"/>	7.690
<input type="checkbox"/>	88.09

Cutler - Hammer

<input type="checkbox"/>	7.690
<input type="checkbox"/>	86.07

Fabrik - Nr.

vorgeprüft am :

Prüfer:

Thermometer : R-kalt

Thermometer : R-warm

Messbereich: 7,0 - 14,0 kWh/m<sup>3</sup>

Temperatur im Wasserbad °C (Cutler-Hammer)			
	Soll	Ist	Differenz Ist - Soll
T 1	22,00		
T 2	34,25		
T 3	46,31		
Temperatur im Wasserbad °C (Thomas-Cambridge)			
	Soll	Ist	Differenz Ist - Soll
T 1	22,00		
T 2	39,22		
T 3	56,03		
Anzeige mA am geeichtem DMM bei der Temperatur:			
	Soll	Ist	Differenz Ist - Soll
T 1	10,000		
T 2	0,000		
T 3	20,000		
Anzeige kWh/m <sup>3</sup> am Schreiber/Digitalanzeige bei der Temperatur:			
	Soll	Ist	Differenz Ist - Soll
T 1	10,500		
T 2	7,000		
T 3	14,000		

zulässige Messabweichung:

± 0,2 K

± 0,3 % bei 20 mA

Temperaturspanne T2 nach T3 = 16,81 K beim T.C.

Temperaturspanne T2 nach T3 = 12,06 K beim C.H.

Sicherungsstempel

Datum

Unterschrift

## B 05 Vorprüfung Digitalanzeige für Brennwertmessgeräte

<b>Eichamt / Prüfstelle</b>
-----------------------------

**Vorprüfung Digitalanzeige  
für den Brennwert**

Ort


Zum Brennwertmesgerät mit Hersteller Nummer:

---

Hersteller:

Baujahr:

Herstellernummer:

Eingangsstrom: 0 - 20mA

Messbereich: 7,0 - 14,0 kWh/m<sup>3</sup>

Messrichtung aufwärts      abwärts		1	2	3	4
		Vorgabe mA	Soll kWh/m <sup>3</sup>	Anzeige kWh/m <sup>3</sup>	Messabw. %
	X	0,000	7,000		
X		0,000	7,000		
	X	2,857	8,000		
X		5,714	9,000		
	X	8,571	10,000		
X		11,429	11,000		
	X	14,286	12,000		
X		17,143	13,000		
	X	20,000	14,000		
X		20,000	14,000		

Messabweichung:

0,3% vom Endwert = 42 Wh/m<sup>3</sup>

Bemerkungen:

Datum

Unterschrift

## B 06 Vorprüfung Halte-/Trennverstärker für Brennwertmessgeräte

<b>Eichamt / Prüfstelle</b>
-----------------------------

**Vorprüfung Halteverstärker / Trennverstärker**

Ort


**Zum Brennwertmessgerät mit Hersteller Nummer:**

Hersteller:

Herstellernummer:

Messbereich: 7,0 - 14,0 kWh/m<sup>3</sup>

0,700 - 1,000 kg/m<sup>3</sup>

Typ:

Baujahr:

Eingangsstrom: 0 - 20 mA

Ausgangsstrom: 0 / 4 - 20 mA

Messrichtung		1	2	3
		Vorgabe Soll mA	Anzeige Ist mA	Meßabw. %
aufwärts	abwärts			
	X	0,000		
X		0,000		
	X	2,000		
X		4,000		
	X	6,000		
X		8,000		
	X	10,000		
X		12,000		
	X	14,000		
X		16,000		
	X	18,000		
X		20,000		
	X	20,000		

**Prüfung der Speicherfunktion (nur bei Halteverstärker)**

- [1] Eingang mA: 10,000
- [2] Ausgang mA nach 30 Min.:
- [3] Differenz mA [1-2]:
- [4] Ausgang mA nach 120 Min.:
- [5] Differenz mA [1-4]:
- [6] Differenz in % [5]:

(zul. Messabweichung 0,1% nach 120 Min. = 0,01 mA)

Datum

Unterschrift



## B 08 Übersichtsblatt Prüfung PGC

Eichamt / Prüfstelle
----------------------

Prozess-Gaschromatograf (PGC)


Ort

**Antragsteller****Betreiber****PGC**

Typ:

Herstellernummer:

Meßbereich : 7,0 - 14,0 kWh/m<sup>3</sup> ; 0,7 - 1,0 kg/m<sup>3</sup> und \_\_\_\_\_ Mol-% CO<sub>2</sub>

Trägergasvordruck ( He ), bar:

Trägergasvordruck ( N<sub>2</sub> ), bar:

Funktionssicherheitsprüfungs erfolgreich ja / nein

**Messwert-  
ausgabe**

Drucker:

Hersteller :

Datenspeicher:

Herstellernummer :

**Aufstellungsort**

Entspricht den PTB-Anforderungen (A 7.62): ja nein

Temperatur am Aufstellungsort in ° C:

**Kalibriergas**

Prüfscheinnummer des internen Kalibriergases :

Prüfende Stelle:

Brennwert:

kWh/m<sup>3</sup>

Normdichte:

kg/m<sup>3</sup>

Kohlenstoffdioxidgehalt:

Mol-%

a) Prüfscheinnummer des externen Kalibriergases :

b) Prüfscheinnummer des externen Kalibriergases :

a1) Abweichung des externen Kalibriergases:

Wh/m<sup>3</sup>

b1) Abweichung des externen Kalibriergases:

Wh/m<sup>3</sup>**Hauptstempel** Eich/- Beglaubigungszeichen**Bemerkungen** PGC wurde beglaubigt: ja / nein  
Grund:

Anwesend:

**Anlagen** (bitte ankreuzen)

- Protokoll(e) der Richtigkeitsprüfung(en) anhand der externen Kalibriergase
- Protokoll der gerätespezifischen Prüfungen lt. Zulassung
- Protokoll der Vorprüfung der Digitalanzeige
- Protokoll der Vorprüfung des Halteverstärkers
- Protokoll der Vorprüfung des (der) Trennverstärker(s)
- Protokoll(e) weiterer Vorprüfung(en)
- Protokoll(e) der Prüfung(en) der DSIG-Schnittstelle(n)

Datum

Unterschrift

## B 09 Prüfung mit Kalibriergasen für PGC

<b>Eichamt / Prüfstelle</b>
-----------------------------

**Prozess-Gaschromatograf (PGC)**

Ort

Antragsteller

Betreiber

**Prüfung mit Kalibriergasen**

Zum PGC mit Herstellernummer:

**Internes Kalibriergas**Kalibrierschein-  
nummer:

	1	2	3
	soll	ist	Abw. in % (2-1)
$H_{s,n}$ kWh/m <sup>3</sup>			
$\rho_{O_2}$ kg/m <sup>3</sup>			
Mol-% CO <sub>2</sub>			

**1. Externes Kalibriergas**Kalibrierschein-  
nummer:

	1	2	3
	soll	ist	Abw. in % (2-1)
$H_{s,n}$ kWh/m <sup>3</sup>			
$\rho_{O_2}$ kg/m <sup>3</sup>			
Mol-% CO <sub>2</sub>			

**2. Externes Kalibriergas**Kalibrierschein-  
nummer:

	1	2	3
	soll	ist	Abw. in % (2-1)
$H_{s,n}$ kWh/m <sup>3</sup>			
$\rho_{O_2}$ kg/m <sup>3</sup>			
Mol-% CO <sub>2</sub>			

**Eragas als Prüfgas**

(nicht zur eichtechnischen Prüfung erforderlich)

Flaschennummer:

	1	2	3
	soll	ist	Abw. in % (2-1)
$H_{s,n}$ kWh/m <sup>3</sup>			
$\rho_{O_2}$ kg/m <sup>3</sup>			
Mol-% CO <sub>2</sub>			

Datum

Unterschrift

## B 10 Vorprüfung Digitalanzeige für die Normdichte für PGC

**Eichamt / Prüfstelle**

**Vorprüfung Digitalanzeige  
für die Normdichte**

Ort


Zum PGC mit Hersteller Nummer:

Hersteller:

Baujahr:

Hersteller Nummer:

Eingangsstrom: 4 - 20 mA

Messbereich: 0,700 - 1,000 kg/m<sup>3</sup>

		1	2	3	4
Messrichtung		Vorgabe	Anzeige Soll	Anzeige Ist	Messabw.
aufwärts	abwärts	mA	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	%
	X	4,000	0,7000		
X		4,000	0,7000		
	X	6,667	0,7500		
X		9,333	0,8000		
	X	12,000	0,8500		
X		14,666	0,9000		
	X	17,333	0,9500		
X		20,000	1,0000		
	X	20,000	1,0000		

zulässige Messabweichung:

0,5 % vom Messwert

Datum

Unterschrift

## B 11 Vorprüfung analoge Ausgangskarte für den Brennwert für PGC

<b>Eichamt / Prüfstelle</b>
-----------------------------

**Vorprüfung einer analogen Ausgangskarte  
für den Brennwert**

Ort

Zum PGC mit Herstellernummer:

Hersteller:

Typ:

Herstellernummer:

Messbereich: 7,0 - 14,0 kWh/m<sup>3</sup>

Eingangsstrom: 0 / 4 bis 20 mA

Messrichtung		1	2	3	4
		Strom soll mA	Vorgabe Soll kWh/m <sup>3</sup>	Strom Ist mA	Diff. Ist-Soll mA
aufwärts	abwärts				
	X	0,000	7,000		
X		0,000	7,000		
	X	2,857	8,000		
X		5,714	9,000		
	X	8,571	10,000		
X		11,429	11,000		
	X	14,286	12,000		
X		17,143	13,000		
	X	20,000	14,000		
X		20,000	14,000		

**Betriebspunktprüfung**

Brennwertanzeige

in kWh/m<sup>3</sup>:

=

mA

(ist)

-----

=

mA

(soll)

Messwertabweichung:

-----

=

%

Bemerkungen:

Datum

Unterschrift

## B 12 Vorprüfung analoge Ausgangskarte für die Normdichte für PGC

<b>Eichamt / Prüfstelle</b>
-----------------------------

**Vorprüfung einer analogen Ausgangskarte  
für die Normdichte**

Ort

Zum PGC mit Hersteller Nummer:

Hersteller:

Typ:

Hersteller Nummer:

Messbereich: 0,700 - 1,000 kg/m<sup>3</sup>

Eingangsstrom: 4 bis 20 mA

Messrichtung aufwärts      abwärts		1	2	3	4
		Strom soll mA	Vorgabe Soll kg/m <sup>3</sup>	Strom Ist mA	Diff. Ist-Soll mA
	X	4,000	0,700		
X		4,000	0,700		
	X	6,667	0,750		
X		9,333	0,800		
	X	12,000	0,850		
X		14,667	0,900		
	X	17,333	0,950		
X		20,000	1,000		
	X	20,000	1,000		

**Betriebspunktprüfung**

Normdichteanzeige

in kg/m<sup>3</sup>:

=

mA (ist)

-----

=

mA (soll)

Messwertabweichung:

-----

=

%

Bemerkungen:

Datum

Unterschrift

B 13 Vorprüfung analoge Ausgangskarte für den CO<sub>2</sub>-Gehalt für PGC

**Eichamt / Prüfstelle**

**Vorprüfung einer analogen Ausgangskarte  
für den Kohlenstoffdioxidgehalt**

Ort

Zum PGC mit Herstellernummer:

---

Hersteller:

Typ:

Herstellernummer:

Messbereich: 0,0 - \_\_\_\_ Mol-%

Eingangsstrom: 0 / 4 bis 20 mA

Messrichtung aufwärts    abwärts		1	2	3	4
		Strom soll mA	Vorgabe Soll CO <sub>2</sub>	Strom Ist mA	Diff. Ist-Soll mA
	X	0,000			
X		0,000			
	X	2,857			
X		5,714			
	X	8,571			
X		11,429			
	X	14,286			
X		17,143			
	X	20,000			
X		20,000			

**Betriebspunktprüfung**

Kohlenstoffdioxidgehalt

in Mol-%:

=

mA (Ist)

-----

=

mA (Soll)

Messwertabweichung:

-----

=

% abs.

Bemerkungen:

Datum

Unterschrift

## B 14 Prüfung der DSfG-Schnittstelle für PGC

Eichamt / Prüfstelle
----------------------

**Prozess-Gaschromatograf (PGC)**

Ort

Antragsteller

Betreiber

**Prüfung der DSfG-Schnittstelle**

Zum PGC mit Hersteller Nummer:

(bei Mehrstrom-PGC Nummer des Messstroms angeben)

Strom-Nr:

Hersteller der DSfG:

Typ:

Herstellernummer:

Baujahr:

Komponente			PGC-Anzeige	MRG
Brennwert	[H <sub>s,n</sub> ]	kWh/m <sup>3</sup>		
Normdichte	[rho <sub>n</sub> ]	kg/m <sup>3</sup>		
CO <sub>2</sub> -Gehalt		Mol-%		

Komponente			MU 1	MU2	MU 3
Brennwert	[H <sub>s,n</sub> ]	kWh/m <sup>3</sup>			
Normdichte	[rho <sub>n</sub> ]	kg/m <sup>3</sup>			
CO <sub>2</sub> -Gehalt		Mol-%			

Komponente			MU 4	MU 5	MU 6
Brennwert	[H <sub>s,n</sub> ]	kWh/m <sup>3</sup>			
Normdichte	[rho <sub>n</sub> ]	kg/m <sup>3</sup>			
CO <sub>2</sub> -Gehalt		Mol-%			

Prüfung am:

Uhrzeit:

Datum

Unterschrift





