



## Vorwort

Dieser Leitfaden stellt eine Übersicht über Messgrößen, Messaufgaben und Messtechniken in der Heizungsbranche dar. Er enthält kompetente Antworten auf häufig gestellte Fragen aus der Praxis. Sie basieren auf den weltweiten Erfahrungen der Anwender von Testo-Geräten.

Der engagierte Einsteiger erhält damit einen Überblick über die entsprechende Gesetzgebung in Deutschland und über Grenzwerte, die bei der Emissionsmessung eingehalten werden müssen. Für den erfahrenen Rauchgas-Messprofi ist er ein wertvolles Nachschlagewerk über aktuelle Bestimmungen. Tipps und Tricks aus der Praxis für die Praxis bieten wertvolle Ratschläge für die Anwendung portabler Abgasmessgeräte.

Der Leitfaden erspart Ihnen somit das mühsame und zeitaufwändige Suchen in unterschiedlichen Quellen.

Zusätzliche Anregungen und Verbesserungsvorschläge von Ihrer Seite sind uns stets willkommen. Füllen Sie einfach die letzte Seite dieses Leitfadens aus und faxen Sie diese an die dort stehende Nummer.

In der nächsten Auflage werden wir auf Ihre Anregungen eingehen.

Der Vorstand

Handwritten signature of Burkart Knospe in black ink.

Burkart Knospe

Handwritten signature of Wolfgang Hessler in black ink.

Wolfgang Hessler

Handwritten signature of Martin Schulz in black ink.

Martin Schulz

Kapitel	Inhalt	Seite	Seite	Inhalt	Seite
I.	<b>Was ist Rauchgas?</b> - Die Messeinheiten - Die Rauchgas-Bestandteile	6	XI.	<b>Dichtigkeitsprüfung an Gas- und Wasserleitungen nach DVGW</b> - Vorprüfung - Hauptprüfung - Leckmengen-Messung - Druckprüfung an Wasserleitungen - Suchen von Gaslecks	50
II.	<b>Brennstoff-Zusammensetzung</b>	12	XII.	<b>Messgeräte</b> - Die Sensoren - Funktionsweise eines chemischen Zwei-Elektroden-Sensors - Funktionsweise eines chemischen Drei-Elektroden-Sensors für toxische Gase - Funktionsweise eines Halbleitersensors für brennbare Gase - Die Elektronik - Die Konstruktion	55
III.	<b>Feuerstätten</b>	15	XIII.	<b>Anhang</b> - Berechnungsformeln - Vorstellung der Testo-Geräte - Adressen - Verbesserungsvorschlag/Info-Anforderung	62
IV.	<b>Messgrößen</b> - Direkt gemessene Größen - Berechnete Größen	19			
V.	<b>Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)</b> - Verordnung über Kleinfeuerungsanlagen (1. BImSchV) - Öl- und Gasfeuerungsanlagen - Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe	24			
VI.	<b>CO-Messung an Gasfeuerungsanlagen</b> - CO-Umgebungsmessung	36			
VII.	<b>Berechnung des Wirkungsgrads</b> - Bei konventionellen Heizungsanlagen - Bei Brennwertanlagen	39			
VIII.	<b>NO<sub>2</sub>-Messung an Gasfeuerungsanlagen</b>	42			
IX.	<b>Funktionsüberprüfung an Heizungsanlagen</b> - Dichtigkeitsprüfung der Abgaswege - Strömungssicherheit durch Rückstauemelder - Problemdiagnose mittels Endoskop	43			
X.	<b>Einstellung von Feuerungsanlagen</b> - Kleinfeuerungsanlagen - Niedertemperatur- und Brennwertkessel - Gasthermen	46			

## I. Was ist Rauchgas ?

Aufgrund der steigenden Zahl von Verbrennungen jeglicher Art wird die Umwelt mit immer höheren Schadstoffkonzentrationen belastet. Die Bildung von Smog, die Entstehung von saurem Regen und die ansteigende Zahl von Allergien sind direkte Folgen dieser Entwicklung. Der Weg zur umweltgerechten Energiegewinnung muss daher über die Schadstoffbegrenzung gehen. Die Abgas-schadstoffe lassen sich nur wirksam begrenzen, wenn bestehende Anlagen optimal arbeiten oder schadhafte Feuerungen stillgelegt werden. Mit Hilfe der Rauchgasanalyse werden die Schadstoffkonzentrationen ermittelt und die Heizanlagen optimal eingestellt.

### Die Messeinheiten

Eine Aussage über das Vorhandensein von Schadstoffen im Rauchgas lässt sich über die Konzentration der Gasbestandteile machen. Folgende Einheiten sind allgemein gebräuchlich:

#### ppm (parts per million)

Die Einheit ppm stellt wie die Angabe „Prozent (%)“ ein Verhältnis dar. Prozent heißt „Einige Teile von Hundert Teilen“. ppm heißt „Einige Teile von einer Million Teilen“. Sind beispielsweise in einer Gasflasche 250 ppm Kohlenmonoxid (CO) vorhanden, dann bedeutet dies, dass, wenn eine Million Gasteilchen aus dieser Flasche entnommen werden, davon 250 Kohlenmonoxid-Teilchen sind. Die restlichen 999750 Teilchen sind Stickstoffdioxid- (N<sub>2</sub>) und Sauerstoff-Teilchen (O<sub>2</sub>). Die Einheit ppm ist unabhängig von Druck und Temperatur und wird bei geringen Konzentrationen verwendet. Sind größere Konzentrationen vorhanden, werden diese in Prozent (%) angegeben. Die Umrechnung lautet wie folgt:

10 000 ppm	= 1 %
1 000 ppm	= 0,1 %
100 ppm	= 0,01 %
10 ppm	= 0,001 %
1 ppm	= 0,0001 %

Messeinheit ppm

Eine Sauerstoffkonzentration von 21 Vol.% würde einer Konzentration von 210 000 ppm O<sub>2</sub> entsprechen.

#### mg/Nm<sup>3</sup> (Milligramm pro Kubikmeter)

Bei der Einheit mg/Nm<sup>3</sup> wird das Normvolumen (Normkubikmeter, Nm<sup>3</sup>) als Bezugsgröße herangezogen und die Masse des Schadgases in Milligramm (mg) angegeben. Da diese Einheit druck- und temperaturabhängig ist, bezieht man sich auf das Volumen bei Normalbedingungen, die wie folgt festgelegt sind:

Temperatur: 0 °C

Druck: 1013 mbar (hPa)

Diese Angabe allein ist jedoch noch nicht maßgebend, da sich je nach Sauerstoffanteil (Verdünnung des Abgases mit Umgebungsluft) die Volumenverhältnisse im Abgas ändern. Deshalb müssen die Messwerte auf einen bestimmten Sauerstoffvolumen, den Bezugs-Sauerstoffanteil (O<sub>2</sub>-Bezug), umgerechnet werden. Nur Angaben mit gleichem Bezugs-Sauerstoffanteil sind direkt vergleichbar. Der gemessene Sauerstoffanteil (O<sub>2</sub>) im Abgas wird ebenfalls bei der Umrechnung von ppm in mg/Nm<sup>3</sup> benötigt. Im folgenden sind die Umrechnungen für Kohlenmonoxid (CO) Stickoxid (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) beschrieben.

$$\text{CO (mg/m}^3\text{)} = \left[ \frac{21 - \text{O}_2\text{-Bezug}}{(21 - \text{O}_2)} \right] \times \text{CO (ppm)} \times 1,25$$

$$\text{NO}_x\text{(mg/m}^3\text{)} = \left[ \frac{21 - \text{O}_2\text{-Bezug}}{(21 - \text{O}_2)} \right] \times 2,05 \times (\text{NO (ppm)} + \text{NO}_2\text{ (ppm)})$$

Umrechnung in mg/Nm<sup>3</sup>

Die in den Formeln enthaltenen Faktoren entsprechen der Normdichte der Gase in mg/m<sup>3</sup>.

Messeinheit mg/Nm<sup>3</sup>

## Messeinheit mg/kWh

**mg/kWh (Milligramm je eingesetzte Kilowattstunde Energie)**

Zur Ermittlung der Schadgaskonzentrationen in der energiebezogenen Einheit mg/kWh werden Berechnungen mit brennstoffspezifischen Daten durchgeführt. Je Brennstoff ergeben sich deshalb unterschiedliche Umrechnungsfaktoren. Im folgenden sind die Umrechnungsfaktoren von ppm und mg/m<sup>3</sup> in die energiebezogene Einheit mg/kWh dargestellt. Vor der Umrechnung in mg/kWh müssen die Konzentrationen der gemessenen Emissionswerte jedoch auf unverdünntes Abgas (0 % Bezugs-Sauerstoffgehalt) umgerechnet werden.

Bei Festbrennstoffen sind die Umrechnungsfaktoren zusätzlich abhängig von der Art, wie der Brennstoff vorliegt (am Stück, Späne, Pulver, Schnitzel usw.). Deshalb sollte bei diesen Brennstoffen gesondert nachgeschlagen werden.

Heizöl EL			
CO	1 ppm	= 1,110 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,900 ppm
	1 mg/m <sup>3</sup>	= 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	1 ppm	= 1,822 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,549 ppm
	1 mg/m <sup>3</sup>	= 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/m <sup>3</sup>
Erdgas H (G20)			
CO	1 ppm	= 1,074 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,931 ppm
	1 mg/m <sup>3</sup>	= 0,859 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,164 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	1 ppm	= 1,759 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,569 ppm
	1 mg/m <sup>3</sup>	= 0,859 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,164 mg/m <sup>3</sup>

Abb. 1: Umrechnungsfaktoren für energiebezogene Einheiten

**Die Rauchgas-Bestandteile**

Die im Rauchgas enthaltenen Elemente sind im folgenden in der Reihenfolge ihrer im Abgas vorkommenden Konzentrationen aufgeführt.

**Stickstoff (N<sub>2</sub>)**

Stickstoff (N<sub>2</sub>) ist das Hauptelement der Atemluft (79 Vol.%). Das farb-, geruch- und geschmacklose Gas nimmt an der Verbrennung nicht teil. Es wird in die Feuerung als Ballast mitgeschleppt und erwärmt in den Schornstein geleitet.

*Typische Werte im Abgas:* Öl- / Gasfeuerungen: 78 % - 80 %

**Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)**

Kohlendioxid ist ein farb- und geruchloses Gas mit einem leicht sauren Geschmack. Unter Einfluss des Sonnenlichtes und des grünen Blattfarbstoffes Chlorophyll wandelt die Pflanzenwelt Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu Sauerstoff (O<sub>2</sub>) um. Durch die Atmung von Mensch und Tier wird der Sauerstoff (O<sub>2</sub>) wiederum zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) umgewandelt. So würde ein Gleichgewicht entstehen, das jedoch durch Verbrennungsabgase gestört wird. Diese Störung unterstützt den Treibhauseffekt. Die zulässige maximale Arbeitsplatzkonzentration beträgt 5000 ppm. Bei Konzentrationen über 15 Vol.% (150000 ppm) in der Atemluft tritt sofort eine Bewusstlosigkeit ein.

*Typische Werte im Abgas:* Ölfeuerungen: 12,5 % - 14 %  
Gasfeuerungen: 8 % - 11 %

**Wasserdampf (Feuchte)**

Der im Brennstoff enthaltene Wasserstoff verbindet sich mit Sauerstoff zu Wasser (H<sub>2</sub>O). Dieses tritt zusammen mit dem Wasser aus dem Brennstoff und der Brennluft je nach Abgastemperatur (AT) als Rauchgasfeuchte (bei hoher AT) oder als Kondensat (bei niedriger AT) in Erscheinung.

**Sauerstoff (O<sub>2</sub>)**

Der restliche, bei der Verbrennung im Falle von Luftüberschuss nicht verbrauchte Sauerstoff tritt als gasförmiger Abgasanteil in Erscheinung und ist ein Maß für den Wirkungsgrad der Verbrennung. Er wird zur Berechnung des Abgasverlusts und des Kohlen-

Stickstoff

Kohlendioxid

Wasserdampf

Sauerstoff

dioxidgehalts herangezogen.

*Typische Werte im Abgas:* Ölf Feuerungen: 2% - 5%  
Gasfeuerungen: 2% - 6%  
(Durchlauferhitzer beachten)

#### Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid ist ein farb- und geruchloses Atemgift und das Produkt einer unvollständigen Verbrennung. Es verhindert bei zu hoher Konzentration die Sauerstoffaufnahme des Blutes. Befindet sich in einem Raum beispielsweise Atemluft mit 700 ppm CO, würde dies bei einem Menschen, der diese Luft einatmet, nach 3 Stunden zum Tod führen. Die zulässige maximale Arbeitsplatzkonzentration beträgt 50 ppm.

*Typische Werte im Abgas:* Ölf Feuerungen: 80 ppm - 150 ppm  
Gasfeuerungen: 80 ppm - 100 ppm

#### Stickoxide (NO<sub>x</sub>)

Bei hohen Temperaturen (Verbrennung) verbindet sich der im Brennstoff und in der Umgebungsluft vorkommende Stickstoff (N<sub>2</sub>) mit dem Luftsauerstoff (O<sub>2</sub>) zu Stickoxid (NO). Dieses farblose Gas oxidiert in Verbindung mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>) nach einer gewissen Zeit zu Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>). NO<sub>2</sub> ist ein wasserlösliches Lungengift, welches beim Einatmen zu schweren Lungenschäden führt und in Verbindung mit ultravioletten Strahlen (Sonnenlicht) zur Ozonbildung beiträgt. Die Summe der NO- und NO<sub>2</sub>-Anteile werden als Stickoxide (NO<sub>x</sub>) bezeichnet.

*Typische Werte im Abgas: Öl-/Gasfeuerungen: 50 ppm - 100 ppm*

#### Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) ist ein farbloses und giftiges Gas mit stechendem Geruch. Es entsteht durch den im Brennstoff vorhandenen Schwefel. Die zulässige maximale Arbeitsplatzkonzentration beträgt 5 ppm. In Verbindung mit Wasser (H<sub>2</sub>O) oder Kondensat entsteht schwefelige Säure (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>).

Typischer Wert im Abgas von Ölf Feuerungen: 180 ppm - 220 ppm

**Einzelheiten zur SO<sub>2</sub>-Messung finden Sie im Testo-Leitfaden für industrielle Abgasanalyse (Best.-Nr. 0980 2773).**

#### Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)

Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) entstehen bei unvollständiger Verbrennung und tragen zum Treibhauseffekt bei. Zu dieser Stoffgruppe gehören unter anderem Methan (CH<sub>4</sub>), Butan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) und Benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

*Typischer Wert im Abgas von Ölf Feuerungen: kleiner 50 ppm*

#### Ruß

Ruß besteht fast nur aus reinem Kohlenstoff (C) und entsteht bei unvollständiger Verbrennung.

*Typischer Wert im Abgas von Ölf Feuerungen: Rußzahl 0 oder 1*

#### Staub

Als Staub werden kleinste, in der Luft verteilte Feststoffe bezeichnet, die in beliebiger Form und Dichte vorhanden sein können. Staub entsteht durch Asche- und Mineralbestandteile von festen Brennstoffen.

Unverbrannte  
Kohlenwasserstoffe

Ruß

Staub

Kohlenmonoxid

Stickoxid

Schwefeldioxid

Hinweis

## II. Brennstoff-Zusammensetzung

Der Brennstoff enthält im wesentlichen Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>). Bei der Verbrennung dieser Stoffe an der Luft wird Sauerstoff (O<sub>2</sub>) verbraucht. Diesen Vorgang bezeichnet man als Oxidation. Die Elemente aus Verbrennungsluft und Brennstoff gehen neue Bindungen ein.

Luft	+	Brennstoff	→	Verbrennungsprodukte
Sauerstoff		Kohlenstoff		Kohlendioxid Kohlenmonoxid Schwefeldioxid Rest-O <sub>2</sub> Stickoxid NO <sub>x</sub> Wasserdampf
Stickstoff		Wasserstoff Schwefel Sauerstoff Stickstoff Asche		Abgas
Wasserdampf		Wasser		----- Brennstoff-Rest Asche
				Rest

Abb. 2: Brennstoff-Abgaszusammensetzung

Die Verbrennungsluft setzt sich aus Sauerstoff (O<sub>2</sub>), Stickstoff (N<sub>2</sub>) und einem geringen Anteil von Restgasen und Wasserdampf zusammen. Der theoretisch für eine vollständige Verbrennung notwendige Luftbedarf  $L_{\min}$  reicht in der Praxis nicht aus. Um eine optimale und vollständige Verbrennung zu erreichen, muss dem Wärmeerzeuger mehr Luft als theoretisch erforderlich ist, zugeführt werden. Das Verhältnis der tatsächlichen Luftmenge zum theoretischen Luftbedarf bezeichnet man als Luftverhältniszahl  $\lambda$  (Lambda). Der maximale Verbrennungswirkungsgrad stellt sich bei einem leichten Luftüberschuss ein. Dabei erreichen der Anteil des unverbrannten Brennstoffes und der Abgasverlust minimale Werte. Folgendes Verbrennungsmodell stellt diesen Sachverhalt dar:



Abb. 3: Ideale Verbrennung

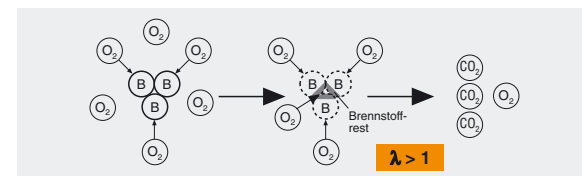


Abb. 4: Tatsächliche Verbrennung

### Feste Brennstoffe

Feste Brennstoffe sind Steinkohle, Braunkohle, Torf, Holz und Stroh. Hauptbestandteil dieser Brennstoffe sind Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und geringe Mengen an Schwefel (S) und Wasser (H<sub>2</sub>O). Die festen Brennstoffe unterscheiden sich im wesentlichen in ihrem Heizwert. Hierbei hat Steinkohle den höchsten Heizwert, gefolgt von Braunkohle, Torf und Holz. Ein großes Problem in der Handhabung dieser Brennstoffe ist die Entstehung von Asche, Staub und Ruß in großem Maße. Hierfür müssen am Verbrennungsort geeignete mechanische Vorrichtungen geschaffen werden, die diese „Abfallstoffe“ abtransportieren (z. B. Schüttelrost).

### Flüssige Brennstoffe

Flüssige Brennstoffe haben ihren Ursprung im Erdöl. Durch Weiterverarbeitung in Raffinerien entstehen extraleichte (EL), leichte (L), mittel- (M) und schwerflüssige (S) Heizöle. Für Kesselfeuerungen kommen hauptsächlich die Heizöle EL und S zur Anwendung. Heizöl EL ist besonders im Kleinfeuerungsgebiet verbreitet und identisch mit Dieselmotortreibstoff (Dieselmotortreibstoff gefärbt). Bei der Verwendung von Heizöl S ist eine Vorwärmung notwendig, um die Fließfähigkeit zu erhalten. Diese Maßnahme ist bei Heizöl EL nicht erforderlich.

Feste Brennstoffe

Flüssige Brennstoffe

### Gasförmige Brennstoffe

#### Gasförmige Brennstoffe

Gasförmige Brennstoffe sind ein Gemisch aus brennbaren und unbrennbaren Gasen. Die brennbaren Bestandteile des Gases sind Kohlenwasserstoffe (z. B. Methan, Butan), Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>). Für Heizzwecke wird heute hauptsächlich Erdgas verwendet, dessen Hauptbestandteil Methan (CH<sub>4</sub>) ist. Ein geringer Teil der Haushalte (10 %) wird noch mit Stadtgas versorgt, dessen Bestandteile hauptsächlich Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO) und Methan (CH<sub>4</sub>) sind. Der Heizwert von Stadtgas ist jedoch nur halb so groß wie der von Erdgas.

### III. Feuerstätten

#### Prinzip einer Feuerstätte

Die Feuerstätte in Verbindung mit einem Wärmetauscher zur Erzeugung von Wärme. D. h. die durch die Flamme eines Brenners erzeugten heißen Abgase erhitzen in einer Heizschlange das Wasser, das als „Wärmetransporter“ (Wärmeträger) in Rohrleitungen zu den verschiedenen Verbrauchern (z. B. Heizkörper) geleitet wird.

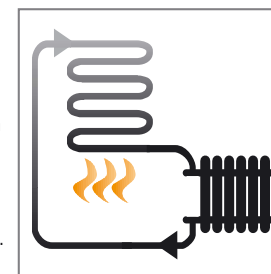


Abb. 5: Skizze Brenner und Kessel

#### Heizkessel für feste Brennstoffe

Bei Heizanlagen für feste Brennstoffe unterscheidet man zwischen Holzfeuerungen und den Kesseln, in denen Kohle, Koks oder Briquettes verbrannt werden. Bei Feststoffanlagen wird 80 % der Verbrennungsluft für den eigentlichen Verbrennungsvorgang benötigt. 20 % der Verbrennungsluft (Zweitluft) wird den bei der Verbrennung entstandenen Abgasen zugeführt. So ist eine vollständige Ausbrennung gewährleistet. Damit diese Zweitluft das Abgas nicht abkühlt (unvollständige Verbrennung) sollte eine Vorwärmung durchgeführt werden.

#### Heizkessel für feste Brennstoffe

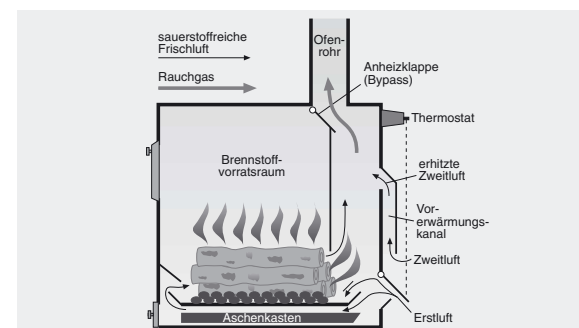


Abb. 6: Einfache Rostfeuerung

### Atmosphärische Gasanlagen

#### Atmosphärische Gasheizanlagen

Der Hauptvorteil bei Gasanlagen liegt in der rückstandsfreien Verbrennung und der Rausersparnis für den Brennstoffvorrat. Speziell bei atmosphärischen Gasbrennern wird die Verbrennungsluft durch den Auftrieb der Abgase angesaugt und gelangt unter Beimischung von Gas in den Brennraum. Das dort verbrannte Brennstoff-/Luftgemisch gibt seine Wärme geräuscharm an die Heizflächen ab und das abziehende Rauchgas gelangt über eine Strömungssicherung in den Schornstein. Dabei soll die Strömungssicherung verhindern, dass sich zu großer Kaminzug oder ein Rückstau im Abgasweg auf die Verbrennung in der Feuerstätte auswirkt.

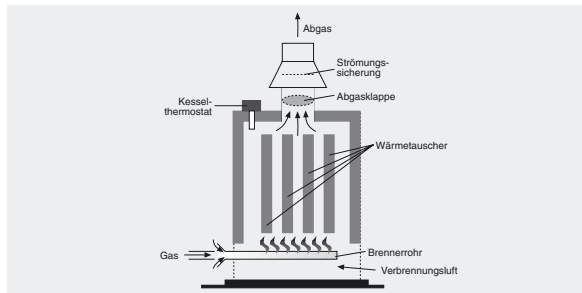


Abb. 7: Heizkessel mit atmosphärischem Brenner

#### Heizkessel mit Öl- oder Gasgebläseburnern

Hier wird die Verbrennungsluft mit einem Gebläse der Brennerflamme zugeführt. Da sich die heutigen Öl- und Gaskessel in ihrer Bauart kaum mehr unterscheiden, kann beispielsweise ein Gasheizkessel mit einem Ölgebläseburner kombiniert werden. Die Vorteile dieser Gebläseburner liegen in der Unabhängigkeit vom Schornsteinzug, dem geringeren Schornsteinquerschnitt, einer stabilen Verbrennung und dem höheren Wirkungsgrad. Als Nachteil muss jedoch der höhere Energieaufwand des Brenners in Kauf genommen werden.

### Gebläseburner

#### Brennwertkessel

Der Brennwert (früher: oberer Heizwert) bezeichnet im Gegensatz zum Heizwert (früher: unterer Heizwert) die auf die Brennstoffmenge bezogene Energie, die bei vollkommener Verbrennung freigesetzt wird. Beim Heizwert wird dagegen die Verdampfungswärme des bei der Verbrennung entstehenden Wasserdampfes abgezogen, weshalb der Heizwert immer geringer ist als der Brennwert. Diese Verdampfungswärme wird bei Brennwertkessel zusätzlich zur Verbrennungswärme durch entsprechende Rückkühlung an einem zweiten Wärmetauscher nutzbar gemacht. Bei Brennwertgeräten werden dadurch die üblichen Abgastemperaturen der konventioneller Kessel unterschritten. Der in den Abgasen enthaltene Wasserdampf kondensiert und zusätzliche Wärme (latente Wärme) wird frei. Die Temperatur, bei deren Unterschreitung die im Abgas enthaltene Feuchtigkeit als Kondensat ausfällt, wird als Kondensationstemperatur oder Taupunkt bezeichnet. Die Kondensationstemperatur ist brennstoffspezifisch unterschiedlich und beträgt bei Erdgas ca. +58 °C und bei Heizöl ca. +48 °C. Bei einer Abkühlung der Abgase wird die Kondensationstemperatur bei Erdgas früher erreicht. Das bedeutet, daß die Kondensationswärme früher frei wird. Der Energiezugewinn ist somit bei Gas höher als bei Öl. Da bei der Ölverbrennung Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) entsteht, das im Kondensat zum Teil in schwefelige Säure übergeht, wird in der Brennwerttechnik überwiegend Gas eingesetzt. Aufgrund des Kondensat-Anfalls müssen die Abgaswege feuchtigkeitsunempfindlich und säurefest ausgeführt sein.

### Brennwertanlagen



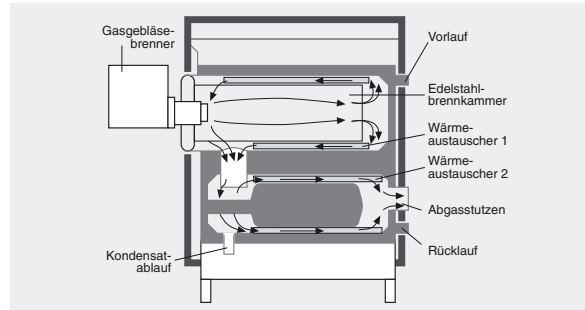


Abb. 8: Aufbau eines Brennwertkessels für Gas

- **Brennwertanlagen müssen keinen Mindestwirkungsgrad einhalten. Grenzwerte sind nicht in der 1. BImSchV vorgegeben.**
- **Wirkungsgrade über 100 % sind möglich, da die eingebrachte Energie auf den unteren Heizwert (Hu) bezogen wird.**
- **Vorsicht bei NO<sub>x</sub>-Messungen: Verhältnis von NO zu NO<sub>2</sub> kann bis zu 50:50 betragen. D. h. für die NO<sub>x</sub>-Messung müssen die NO- und NO<sub>2</sub>-Konzentrationen getrennt gemessen werden.**

Praxistipps

## IV. Messgrößen

### Direkt gemessene Größen

#### Rußzahl

Zur Bestimmung der Rußzahl wird mit einem fahrradpumpenähnlichen Gerät durch eine bestimmte Anzahl von Pumpenhüben eine bestimmte Abgasmenge durch ein Filterpapier angesaugt. Der Schwärzungsgrad des entstandenen Flecks auf dem Filterpapier wird mit einer Skala verschieden numerierter Grautöne verglichen. Die so ermittelte Rußzahl (nach Bacharach) liegt zwischen 0 und 9. Bei Gasbrennern wird die Rußzahlermittlung nicht durchgeführt.

Rußzahl

#### Ölderivate (Ölrückstände)

Bei unvollständiger Verbrennung durch mangelnde Zerstäubung lagern sich die unverbrannten Kohlenwasserstoffe (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) auf dem Filterpapier, das zur Rußmessung verwendet wird, ab. Diese können durch Betrachtung erkannt und durch ein Fließmittel (Azeton) nachgewiesen werden.

Derivate

#### Verbrennungslufttemperatur (VT)

Die Verbrennungslufttemperatur wird an der Ansaugöffnung des Brenners gemessen. Bei raumlufunabhängigen Feuerungsanlagen muss an geeigneter Stelle im Zuführrohr die Temperatur gemessen werden (möglichst gleichzeitig mit AT).



Abb. 9: Temperaturmessung an einem LAS-Kamin

Verbrennungslufttemperatur

#### Abgastemperatur (AT) im Kernstrom

Die Abgastemperatur wird im Kern des Abgasstroms (Kernstrom) gemessen. Dort ist die Temperatur und die Kohlendioxid-Konzentration (CO<sub>2</sub>) am höchsten und der Sauerstoffgehalt (O<sub>2</sub>) am geringsten.

Abgastemperatur

#### Auftrieb/Kaminzug

Der Auftrieb oder Kaminzug ist bei Naturzugkesseln die Grundvoraussetzung für die Ableitung der Abgase durch den Schornstein. Aufgrund der geringeren Dichte der heißen Abgase gegenüber der

Zug

kälteren Außenluft entsteht im Schornstein ein Unterdruck, der auch Kaminzug genannt wird. Durch diesen Unterdruck wird die Verbrennungsluft angesaugt und alle Widerstände des Kessels und des Abgasrohres überwunden. Bei Überdruckkesseln braucht auf die Druckverhältnisse im Schornstein nicht geachtet zu werden, da dort ein Gebläsebrenner den zum Ableiten der Abgase notwendigen Überdruck erzeugt. Bei diesen Anlagen kann ein kleinerer Schornsteindurchmesser verwendet werden.

#### Kohlenmonoxid-Konzentration (CO)

Die Kohlenmonoxid-Konzentration wird bei atmosphärischen Gasanlagen mit einer Mehrlochsonde gemessen. Im Abgas dieser Anlagen ist die CO-Konzentration nicht überall gleich, sondern kann in einzelnen Strahlen ein hohe Konzentration aufweisen. Deshalb wird eine Mehrlochsonde verwendet, die die Kohlenmonoxid-Konzentration (CO) über den ganzen Durchmesser des Abgasrohres aufnimmt und mittelt. Die gemessenen CO-Werte werden dann auf unverdünntes Abgas umgerechnet und als  $CO_{unverdünnt}$  (puCO) ausgegeben.

#### Stickoxide (NO<sub>x</sub>)

Durch die Messung der Stickoxide können die feuerungstechnischen Maßnahmen zur Verminderung des Stickoxid-Ausstoßes an Feuerungsanlagen überprüft werden. Als Stickoxide (NO<sub>x</sub>) wird die Summe aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) bezeichnet. Das Verhältnis von NO und NO<sub>2</sub> ist im Kleinf Feuerungsbereich (außer Brennwertanlagen) immer gleich (97 % NO, 3 % NO<sub>2</sub>). Deshalb werden normalerweise die Stickoxide NO<sub>x</sub> nach Messung von Stickstoffmonoxid NO berechnet. Sind genaue NO<sub>x</sub>-Messungen erforderlich müssen die Stickstoffmonoxid- (NO) und Stickstoffdioxid-Anteile (NO<sub>2</sub>) gemessen und addiert werden.

#### Fließdruck

Zu Überprüfung von Gasthermen muss der Gasfließdruck an der zuführenden Leitung gemessen und auf den vom Hersteller vorgegebenen Wert kontrolliert werden. Das geschieht mittels einer Differenzdruckmessung. Die Differenzdruckmessung wird auch zur Einstellung des Düsendrucks an Gasthermen benötigt, wodurch die Anpassung der Geräteleistung an den erforderlichen Wärmebedarf erfolgt.

#### Berechnete Messgrößen

Die Formeln, die der Berechnung folgender Messgrößen zu Grunde liegen, finden Sie im Anhang dieses Leitfadens aufgelistet und kurz erläutert.

#### Abgasverlust (qA)

Der Abgasverlust ist die Differenz zwischen dem Wärmeinhalt des Abgases und de Wärmeinhalt der Verbrennungsluft, bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes. Er damit ist ein Maß für den Wärmeinhalt, der über den Schornstein abgeleiteten Abgase. Je höher der Abgasverlust ist, desto schlechter ist der Wirkungsgrad und damit die Energieausnutzung und umso höher sind die Emissionen einer Heizungsanlage. Aus diesem Grund ist der zulässige Abgasverlust von Feuerungsanlagen begrenzt. Nach Ermittlung des Sauerstoffgehaltes und der Differenz zwischen Abgas- und Verbrennungslufttemperatur kann mit den brennstoffspezifischen Faktoren der Abgasverlust berechnet werden. Statt des Sauerstoffgehaltes kann auch die Kohlendioxidkonzentration (CO<sub>2</sub>) zur Berechnung herangezogen werden. Die Abgastemperatur (AT) und der Sauerstoff- beziehungsweise der Kohlendioxidgehalt (CO<sub>2</sub>) muss bei der Messung gleichzeitig in einem Punkt gemessen werden. Die VT sollte ebenfalls gleichzeitig gemessen werden.

Die optimale Einstellung der Heizungsanlage über die Berechnung des Abgasverlusts zahlt sich aus:

$$1 \% \text{ Abgasverlust} = 1 \% \text{ Mehrverbrauch an Brennstoff oder Energieverlust/Jahr} = \frac{\text{Abgasverlust} \times \text{Verbrauch an Brennstoff/Jahr}}$$

Anhand folgendem Fallbeispiel wird dies verdeutlicht:

$$\begin{aligned} \text{Berechneter Abgasverlust} &= 10 \% \\ \text{Verbrauch an Brennstoff/Jahr} &= 3000 \text{ l Heizöl} \end{aligned}$$

Demnach entspricht der Energieverlust ca. 300 l Heizöl/Jahr

Kohlenmonoxid

Stickoxid

Druck

Abgasverlust

## Kohlendioxid

**Kohlendioxid-Konzentration (CO<sub>2</sub>)**

Aus dem Kohlendioxidgehalt des Abgases kann die Güte der Feuerung (Wirkungsgrad) ersehen werden. Ist bei geringem Luftüberschuss (vollkommene Verbrennung) ein möglichst hoher CO<sub>2</sub>-Anteil vorhanden, dann sind die Abgasverluste am geringsten.

Für jeden Brennstoff gibt es einen maximal erreichbaren CO<sub>2</sub>-Gehalt (CO<sub>2 max</sub>) im Abgas, der durch die chemische Zusammensetzung des Brennstoffes gegeben ist. Dieser Wert lässt sich in der Praxis jedoch nicht erreichen.

CO<sub>2 max</sub> - Werte für verschiedene Brennstoffe:

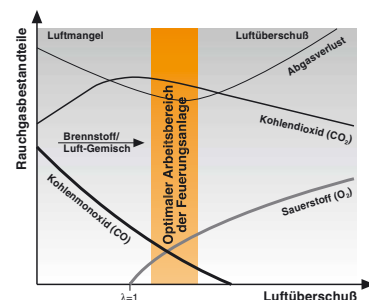
- Heizöl EL	15,4 Vol.% CO <sub>2</sub>
- Erdgas	11,8 Vol.% CO <sub>2</sub>
- Kohle	18,5 Vol.% CO <sub>2</sub>

Mit Hilfe der CO<sub>2 max</sub>-Werte und des Abgassauerstoffgehalts werden die CO<sub>2</sub>-Werte im Abgas berechnet.

**Luftverhältniszahl λ**

Der für die Verbrennung notwendige Sauerstoff wird der Heizanlage über die Verbrennungsluft zugeführt. Um eine vollkommene Verbrennung zu erreichen, ist es notwendig, mehr als die theoretisch erforderliche Luftmenge der Verbrennung zuzuführen. Das Verhältnis der überschüssigen Verbrennungsluft zum theoretischen Luftbedarf nennt man Luftzahl oder Luftverhältniszahl λ (Lambda).

Die Luftzahl wird in Abhängigkeit der Konzentration der Abgasbestandteile CO, CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> bestimmt. Die Zusammenhänge



zeigt das sog. Verbrennungsdiagramm, (vgl. Abb. 10). Bei der Verbrennung gehört zu jedem CO<sub>2</sub>-Gehalt ein bestimmter CO- (bei Luftmangel/λ<1) bzw.

Abb. 10: Verbrennungsdiagramm

O<sub>2</sub>-Gehalt (bei Luftüberschuss/λ>1). Da der CO<sub>2</sub>-Wert über ein Maximum verläuft, ist er allein nicht eindeutig, so dass zusätzlich eine CO- oder O<sub>2</sub>-Messung erforderlich ist. Bei Betrieb mit Luftüberschuss (Normalfall) wird heute in der Regel die O<sub>2</sub>-Bestimmung vorgezogen. Für jeden Brennstoff ergibt sich ein spezifisches Diagramm und ein eigener Wert für CO<sub>2 max</sub> (vgl. Anhang).

**Wirkungsgrad**

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad bezieht sich auf die eingebrachte Energie und somit auf den unteren Heizwert Hu. Man erhält den Wirkungsgrad dadurch, daß der untere Heizwert Hu zu 100 % gesetzt wird und die Abgasverluste in Prozent davon abgezogen werden. Eine Verbesserung des Wirkungsgrades und damit eine Senkung der Abgasverluste kann durch eine Vorwärmung der Verbrennungsluft und des Brennstoffes erreicht werden.

**Taupunkttemperatur**

Der Taupunkt eines Gases liegt bei der Temperatur, bei welcher die in dem Gas enthaltene Feuchte aus dem gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht. Diesen Übergang nennt man Kondensation, die dabei entstehende Flüssigkeit wird als Kondensat bezeichnet. Unterhalb des Taupunktes tritt die Feuchte in flüssigem, oberhalb des Taupunktes in gasförmigem Zustand auf. Ein Beispiel hierfür ist die Bildung und die Auflösung von Nebel oder Tau in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Feuchtegehalt bestimmt die Taupunkttemperatur: Luft mit 30 % Feuchtegehalt hat ihren Taupunkt bei ca. 70 °C, trockenere Luft mit nur 5 % Feuchtegehalt dagegen bei ca. 35 °C.

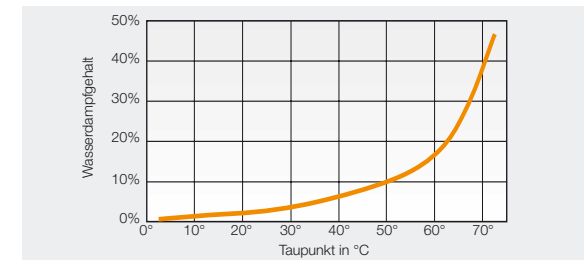


Abb. 11: Wasserdampfgehalt in Abhängigkeit vom Taupunkt (Luftdruck: 1013 mbar)

## Wirkungsgrad

## Taupunkttemperatur

## V. Bundes-Immissionsschutzgesetz (BlmSchG)

In der Bundesrepublik Deutschland wurde 1974 das Bundes-Immissionsschutzgesetz zum Schutz der Umwelt verabschiedet. Aufgrund der verschiedenartigen Umweltbelastungen wurden in 18 Bundes-Immissionsschutzverordnungen (BlmSchV) der gesetzliche Rahmen für den Umweltschutz verankert. Für den Bereich der Wärmegewinnung durch Heizanlagen gibt es 4 Bundes-Immissionsschutzverordnungen, die je nach Anlagenleistung und verwendetem Brennstoff den umweltgerechten Betrieb vorschreiben. Die 1. BlmSchV gilt für die Beschaffenheit und den Betrieb von Kleinf Feuerungsanlagen. Der Schornsteinfeger ist offiziell Beauftragter zur Überwachung der 1. BlmSchV. Er leitet die Messungen ein und führt sie turnusmäßig durch. Die Ergebnisse werden ausgewertet und an das Umweltbundesamt weitergeleitet. Für mittlere Leistungen im unteren Megawatt-Bereich gilt die 4. BlmSchV, die den Betrieb von genehmigungsbedürftigen Anlagen vorschreibt. Für Großanlagen über 50 MW gilt die 13. BlmSchV. Der Betrieb von Anlagen, die Abfälle oder ähnliche brennbare Stoffe verbrennen, wird von der 17. BlmSchV vorgeschrieben.

Die Zuordnung der Verordnungen nach Anlagengröße und Brennstoff ist in Abb. 12 dargestellt.

Brennstoffe	Leistung MW					
	0...1*	1...5	5...10	10...50	50...100	>100
Feste Brennstoffe						
Heizöl EL	1. BlmSchV		4. BlmSchV		13. BlmSchV	
andere Heizöle			TA Luft			
gasförmige Brennstoffe						

Abb. 12: Zuordnung der BlmSchV nach Anlagengröße und Brennstoff

Einzelheiten zu Messungen an genehmigungsbedürftigen Anlagen nach der 4. BlmSchV bzw. der TA Luft sowie an Großfeuerungsanlagen nach der 13. BlmSchV und an Abfallverbrennungsanlagen nach der 17. BlmSchV finden Sie im Testo-Leitfaden für industrielle Abgasanalyse (Best.-Nr. 0980 2773).

Hinweis

### Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen (1. BlmSchV)

Da die Kleinf Feuerungsanlagen in Ballungsgebieten ganz erheblich zur Schadstoffbelastung beitragen, werden im Zuge der Luftreinhaltung strengere Anforderungen an die technische Ausstattung von Heizanlagen gestellt. Gerade im Bereich der nicht genehmigungspflichtigen Anlagen soll eine Minimierung der Schadstoffemission und die Schonung der Brennstoffvorräte angestrebt werden. Zur optimalen Einstellung der Kleinf Feuerungsanlagen müssen anlagenspezifische Daten erfasst und die Konzentrationen der Schadstoffe ermittelt werden.

Folgende Messungen müssen durchgeführt werden:

Brennstoffe	Durchzuführende Messung
Öl/Gas	- Abgasverluste - Rußzahl - Kaminzug
Holz	- CO-Einstufungsmessung - Staubbestimmung

Die zur Messung verwendeten Geräte müssen eine Eignungsprüfung (TÜV-Prüfung) bestanden haben. Der ZIV (Zentralinnungsverband, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks) empfiehlt die im folgenden beschriebene Reihenfolge der Messungen.

## 1. Schritt

**Öl- und Gasfeuerungsanlagen****Messen der Verbrennungslufttemperatur (VT)**

Die Rauchgassonde wird an die Ansaugstelle des Brenners gehalten und die Temperatur der Verbrennungsluft gemessen. Dieser Temperaturwert wird gespeichert oder mit einem speziellen Temperaturfühler ständig gemessen. Die Temperatur wird zur Berechnung des Abgasverlustes benötigt.

**Für alle Anlagen muss laut BImSchV ein separater Temperaturfühler zur Ermittlung der Verbrennungslufttemperatur verwendet werden, da sich die Verbrennungslufttemperatur während der Messung ändern kann.**

## Praxistipps



Abb. 13: Messen der Verbrennungslufttemperatur

## 2. Schritt

**Ermittlung des Abgasverlustes (qA)**

Die Rauchgassonde wird durch die Messöffnung in den Abgaskanal geführt. Durch ständige Temperaturmessung wird im Abgas der Kernstrom, also der Punkt mit der höchsten Temperatur, gesucht. Mechanische Vorrichtungen helfen, die Rauchgassonde dort zu fixieren. An der Rauchgassondenspitze wird die Abgastemperatur (AT) gemessen. Das Abgas wird über die Rauchgassonde mit einer Membranpumpe angesaugt und gelangt ins Messgerät. Es wird die Sauerstoffkonzentration ( $O_2$ ) in einem Punkt gemessen und

daraus die Kohlendioxidkonzentration ( $CO_2$ ) berechnet. Aus diesen gemessenen Werten (VT, AT,  $O_2$  bzw.  $CO_2$ ) wird der Abgasverlust (qA) im Messgerät berechnet. Der errechnete Wert des Abgasverlustes ist zu runden. Dezimalwerte bis 0,50 werden abgerundet, höhere Dezimalwerte aufgerundet.



Abb. 14: Ermittlung des Abgasverlustes

**Ein schlagartiges Absinken der Abgastemperatur kann folgende Ursachen haben:**

- Ein Tropfen Kondensat befindet sich auf dem Thermoelement (Temperatursensor) bei senkrechter Lage der Rauchgassonde.

**Abhilfe:** Rauchgassonde waagrecht oder nach unten montieren, damit das Kondensat abgasaugt wird bzw. abtropfen kann.

**Ein zu hoher Abgasverlust kann folgende Ursachen haben:**

- Falsche Verbrennungslufttemperatur durch Kalibrierung mit heißer Rauchgassonde. **Empfehlung:** mit separatem VT-Fühler messen.
- Falscher Brennstoff eingestellt.
- Bei atomosphärischen Gasfeuerungen schwankt die Kernstromtemperatur. Deshalb ist in diesem Fall eine Vergleichsmessung schwierig.

## Praxistipps

Die Grenzwerte der Abgasverluste für Messungen ab dem 1. Oktober 1993 sind in folgender Tabelle dargestellt.

Nennwärmeleistung in kW	Tag der Errichtung oder wesentlichen Änderung			
	bis 31.12.1982	ab 1.1.1983 bis 30.9.1988	ab 1.10.1988	ab 1.1.1998
über 4 bis 25	15	14	12	11
über 25 bis 50	14	13	11	10
über 50	13	12	10	9

Abb. 15: Grenzwerte für Abgasverluste

Aufgrund von Messunsicherheiten bei unterschiedlicher Verbrennungseinstellung können zu den Grenzwerten bestimmte Toleranzpunkte hinzuaddiert werden. Der Grenzwert plus die zulässigen Toleranzprozente ergibt den Beurteilungswert. Das gerundete Messergebnis des Abgasverlustes muss gleich dem oder kleiner als der Beurteilungswert sein. Dieser maßgebende Beurteilungswert wird nach folgendem Schema ermittelt.

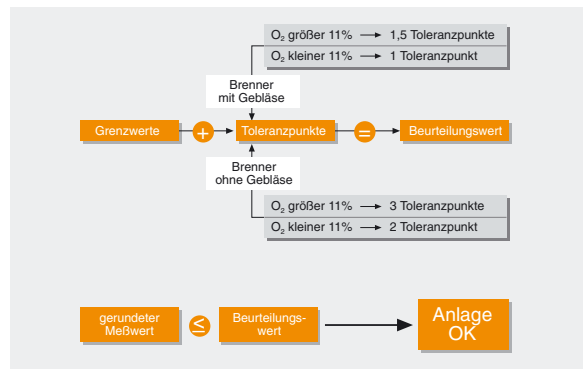


Abb. 16: Schema zur Ermittlung des Beurteilungswertes

Zur Überwachung müssen die Abgasverluste von Öl- und Gasfeuerungen je nach Nennwärmeleistung und Verwendung regelmäßig überprüft werden. Dabei wird zwischen „Erstmessung“ und „Wiederkehrender Messung“ und „Keiner Messung“ unterschieden. Es gelten folgende Bestimmungen.

#### Erstmessung:

Die Erstmessung wird innerhalb von 4 Wochen nach der Inbetriebnahme der Anlage durchgeführt. Bei folgenden Ölf Feuerungsanlagen wird eine Erstmessung durchgeführt:

- Neue oder wesentlich geänderte Feuerungen mit einer Nennwärmeleistung über 4 kW.
- Feuerungsanlagen zur Beheizung eines Einzelraumes mit einer Leistung über 11 kW.
- Anlagen, die nur zur Brauchwassererwärmung verwendet werden und eine Nennwärmeleistung von 28 kW überschreiten.
- Anlagen, die fossile Brennstoffe einsetzen, und in Kombination mit Wärmepumpen und Solarkollektoren Heizwärme produzieren (Bivalente Heizung).

#### Wiederkehrende Messung:

Die wiederkehrende Messung der Abgasverluste wird einmal im Kalenderjahr durchgeführt. Bei folgenden Feuerungen dient diese Messung zur Gewährleistung des optimalen Anlagenbetriebs.

- Feuerungsanlagen, die eine Nennwärmeleistung über 11 kW haben.
- Anlagen, die nur zur Brauchwassererwärmung verwendet werden und eine Nennwärmeleistung von 28 kW überschreiten.

Keiner wiederkehrender Messung unterliegen bivalente Heizungen und Außenwandgasfeuerungsanlagen, die vor dem 1. Januar 1985 errichtet wurden.

#### Keine Messung der Abgasverluste:

Bei Brennwertgeräten und Feuerungsanlagen, in denen Methanol, Äthanol, Wasserstoff, Biogas, Klärgas, Grubengas, Stahlgas, Hochofengas oder Raffineriegas eingesetzt werden, müssen keine Abgasverluste gemessen werden.

### 3. Schritt

#### Ermittlung der Rußzahl bei Ölfeuerungen

Bei Messung der Rußzahl wird die Rußpumpe mit eingelegtem Filterpapier in den Abgaskanal eingeführt und das Abgas durch gleichmäßige Pumpbewegungen angesaugt. Anschließend wird das Filterblättchen entnommen und auf das Vorhandensein von Ölderivaten untersucht. Wird eine Verfärbung des Filters durch Ölderivate festgestellt, so ist der Filter nicht für die Rußzahlbestimmung zu verwenden. Es müssen drei Einzelmessungen durchgeführt werden. Die Schwärzungen der Filter werden mit der Bacharach-Skala verglichen und somit die Rußzahl ermittelt. Falls bei einer Messung der Filter durch Kondensatbildung feucht geworden ist, muss die Messung wiederholt werden. Durch Bildung des arithmetischen Mittelwertes aus den drei Einzelmessungen wird der endgültige Wert der Rußzahl bestimmt. Bei Gasfeuerungsanlagen wird die Rußzahlermittlung nicht durchgeführt.

Nennwärmeleistung in kW	Brennerart	Rußzahl		
		Anlage errichtet oder wesentlich geändert bis 30.9.1988	ab 1.10.1988	ab 1.11.1996
über 4	Gebälsebrenner	2	1	1
bis 11	Verdampfungsbrenner	3	3	3
über 11	Gebälsebrenner	2	1	1
	Verdampfungsbrenner	2	2	2

Abb.: 17: Grenzwerte der Rußzahl bei flüssigen Brennstoffen

Bei unbekanntem Anlagen soll zuerst eine Rußmessung vorgenommen werden, damit die Messgeräte nicht unnötig belastet werden.

#### Messung des Kaminzugs

Zur Ermittlung des Kaminzugs (Auftrieb), der zur Ableitung der Abgase bei atmosphärischen Feuerungen notwendig ist, wird die Rauchgassonde wieder durch die Messöffnung in den Abgaskanal eingeführt. In dieser Position wird die Zugmessung bzw. Druckmessung gestartet indem zuerst der Drucksensor genullt wird. Die Rauchgassonde wird herausgezogen und der Luftdruck in der Feuerstättenumgebung gemessen. Das Messgerät zeigt dann automatisch den Differenzdruck zwischen Umgebung und Schornstein mit negativem Vorzeichen an. Um Druckschwankungen zu erkennen, kann auch außerhalb des Abgasrohres der Nullpunkt

gesetzt werden. Für diese Art der Messung wird kein Rauchgas angesaugt.

Typische Werte des Kaminzuges:

Überdruckkessel mit  
Gebälsebrenner + Brennwert: 0,12...0,20 hPa (mbar) Überdruck  
Ölverdampfungsbrenner und  
atmosphärische Gasfeuerung: 0,03...0,10 hPa (mbar) Unterdruck

**Zu niedrige Werte bei der Zugmessung können folgende Ursachen haben:**

- Wert des Drucksensors nicht richtig genullt.
- Der Zugweg im Messgerät ist undicht.
- Ein zu großer Zug bei atmosphärischen Gasfeuerungen kann zu erhöhten CO-Werten führen. Ein Zugklappenregler kann dies abwenden.

Praxistipps

#### Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe

Momentan besteht ein wachsender Markt für mechanisch beschickte Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe insbesondere Holz bzw. Pellets). Gemäß § 14 der 1. BImSchV unterliegen Heizungsanlagen für Festbrennstoffe mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 15 kW einer Erstabnahme, die innerhalb von 4 Wochen nach der Inbetriebnahme durchgeführt werden muss. Ihr unterliegen:

- mechanisch beschickte und handbeschickte Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 15 kW
  - handbeschickte Feuerungsanlagen bei Befuerung mit behandeltem oder beschichtetem Holz ab einer Nennwärmeleistung von 50 kW.
- Einer zusätzlichen jährlich wiederkehrenden Messung unterliegen
- mechanisch beschickte Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 15 kW
  - handbeschickte Feuerungsanlagen bei Befuerung mit behan-

deltem oder beschichtetem Holz

- alle Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe ab einer Nennwärmeleistung von 50 kW.

Feuerungsanlagen bis einschließlich 15 kW Nennwärmeleistung unterliegen keiner Messung.

#### Messaufgabe bei Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen

CO-Messung:

- Der Messwert soll als Viertelstundenmittelwert der Abgaskonzentration ausgegeben werden.
- Messbereich 0-10 g/m<sup>3</sup> (8000 ppm)
- Auflösung der Anzeige mindestens 10 mg/m<sup>3</sup> (8 ppm)
- Nachweisgrenze des Messgeräts < 25mg/m<sup>3</sup> (20 ppm)
- Die Messunsicherheit der gesamten Messeinrichtung soll nach DIN 1319 Teil 3 den Wert 1 g/m<sup>3</sup> (800 ppm) und im Bereich bis 1,25 g/m<sup>3</sup> (1000 ppm) den Wert 0,13 g/m<sup>3</sup> (104 ppm) nicht übersteigen.

Das testo 300 XXL wird für die O<sub>2</sub>-, CO<sub>2</sub>- und CO-Messungen im Abgas eingesetzt.



Abb. 18: testo 300 XXL

Staubmessung (nicht im Lieferprogramm von Testo):

- Über einen Probenahmezeitraum von 15 min. soll ein Abgasvolumen von 135 ±6,75 l entnommen werden.
- Abgastemperatur 325 °C, Abgasgeschwindigkeit 4 m/s bei 1013 hPa.
- Filter darf nicht beschädigt werden, Staubdurchtritt in die Pumpeneinheit muss ausgeschlossen werden.
- Temperatur im Hülsenraum der Filterhülse soll auf 70 °C stabil gehalten werden.
- Auflösung des Messergebnisses von ±0,03 g/m<sup>3</sup>
- Mechanische Stabilität der Staubsammelhülsen soll auch bei 160 °C erhalten bleiben.

Alternativ zur Messung mit einem CO-/Staubmessgerät ist folgende Vorgehensweise möglich:

Mit einem Staubprobeabnahmegesetz wird dem Abgasstrom eine Probe entnommen. Solche Geräte werden i. d. R. von den Innungen zur Verfügung gestellt. Die Messung des Staubgehaltes wird gravimetrisch bestimmt. Ein Filter wird jeweils vor einer Messung und nach einer Messung gewogen, die Differenz der beiden Filtergewichte ist die Masse des Staubes. Die entnommene Probe wird zum Abwiegen und zur Bestimmung des anteiligen Staubgehaltes an den ZIV (Zentralinnungsverband des Schornsteinfeger-Handwerks) gesandt.



**Messablauf**

1. Anlage auf mind. 60°C hochheizen.
2. Anlage auf Vollastbetrieb stellen.
3. Messgeräte aufbauen und vorbereiten.
4. Auf Rauchgasreinigung achten.
5. Messöffnung möglichst waagrecht erstellen bzw. vorhandene Messöffnungen von Schmutzablagerungen säubern.
6. Auf Abgasventilatoren achten.
7. Einstellungen der Feuerstätte festhalten.
8. Abgastemperatur feststellen.
9. Filter in den Messkopf einsetzen.
10. Filterdose wieder verschließen.
11. Messgeräte auf Dichtheit prüfen und justieren.
12. Sondenheizung einschalten und auf Betriebstemperatur achten.
13. Betriebszustand der Anlage ermitteln.
14. Messsonde in richtiger Stellung einbringen.
15. Messprogramme starten (15 min).
16. Durchfluss der Abgasströme überwachen.
17. Nach Ablauf der Messprogramme die Gasprobe im Gassammelsack gut durchmischen.
18. CO-Messgerät kalibrieren.
19. Nach Ablauf der Messprogramme Sauerstoffgehalt bzw. Kohlendioxidgehalt und CO-Gehalt ermitteln.
20. Filterhülse aus dem Messkopf entfernen und zur Auswertung weitergeben.
21. Feuerungsanlage wieder in den Ursprungszustand versetzen.
22. Messöffnung wieder verschließen.
23. Messgeräte spülen und reinigen.
24. Mess- und Anlagendaten protokollieren.

**Praxistipps**

**Bevor die Kohlenmonoxid-Konzentration (CO) mit dem Abgassammler gemessen wird, sollte die Feuerung länger als 5 min in Betrieb sein.**

Die Grenzwerte für die Staub- und Kohlenmonoxid-Emissionen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Brennstoff	Nennwärteleistung in kW	CO in g/m <sup>3</sup> Abgas	Staub in g/m <sup>3</sup> Abgas
Steinkohlen, nicht pechgebundene Steinkohlenbriketts, Steinkohlenkoks Braunkohlen, Braunkohlenbriketts, Braunkohlenkoks Grill-Holzkohlen, Grill-Holzkohlenbriketts Torfbriketts, Brenntorf naturbelassenes stückiges Holz	bis 15	keine Grenzwerte	keine Grenzwerte
Steinkohlen, nicht pechgebundene Steinkohlenbriketts, Steinkohlenkoks Braunkohlen, Braunkohlenbriketts, Braunkohlenkoks Grill-Holzkohlen, Grill-Holzkohlenbriketts Torfbriketts, Brenntorf Naturbelassenes Holz	über 15	keine Grenzwerte	0,15
Presslinge aus naturbelassenem Holz in Form von Bricketts oder Pellets entsprechend DIN 51731 oder vergleichbare Holzpellets	über 15...50	4,0	0,15
oder andere Presslinge aus naturbelassenem Holz mit gleichwertiger Qualität	über 50...150	2,0	
	über 150...500	1,0	
Gestrichenes, lackiertes oder beschichtetes Holz, Sperrholz, Spanplatten und Faserplatten sowie daraus anfallende Reste, soweit keine Holzschutzmittel aufgetragen und Beschichtungen aus halogenorganischen Verbindungen verwendet wurden	über 500	0,5	0,15
	über 15...100	0,8	
	über 100...500	0,5	
Stroh oder ähnliche pflanzliche Stoffe	über 500	0,3	0,15
	über 15	4	

Abb. 19: Grenzwerte der Kohlenmonoxid- und Staub-Emissionen bei Feuerungen für feste Brennstoffe

## VI. CO-Messung an Gasteuerungsanlagen

Die Überprüfung von Gasfeuerungsanlagen dient der Sicherheit des Anlagenbetreibers. Dadurch wird sichergestellt, dass die Abgase einwandfrei abziehen. Dies ist besonders bei raumluftunabhängigen Gasanlagen mit Strömungssicherung wichtig, da dort die Abgase nur durch den Kaminzug abgeleitet werden. Bei Verstopfung der Abgaswege würden die Abgase über die Strömungssicherung in den Heizraum gelangen und dies zu einer Gefährdung des Betreibers führen. Um dies zu verhindern, werden bei Gasfeuerstätten mit offener Verbrennungskammer und Brenner ohne Gebläse die Kohlenmonoxid-Konzentration (CO) gemessen und die Abgaswege überprüft. Bei Gasbrennern mit Gebläse ist diese Sicherheitsmaßnahme nicht notwendig, da dort die Abgase in den Schornstein gedrückt werden. Die Bestimmung des CO-Gehaltes im Abgas und die Abgaswegeüberprüfung sind größtenteils in den Kehr- und Überprüfungsordnungen der einzelnen Bundesländer festgelegt und nicht Bestandteil der 1. BImSchV.

### Sicherheitstechnische Überprüfung an Gasfeuerstätten mit offener Verbrennungskammer und Brenner ohne Gebläse

Durch die nachfolgende Aufführung der Arbeitsgänge soll eine einheitliche Durchführung der Abgaswegeüberprüfung erreicht werden, die noch nicht in allen Kehr- und Überprüfungsordnungen so festgelegt ist.

Abb. 20: Checkliste zur Abgaswegeüberwachung bei atmosphärischen Gasanlagen

Arbeitsvorgang	OK	Beanstandungen
Überprüfung der Betriebsbereitschaft des Zustandes der Feuerstätte		
Fenster und Türen der gesamten Feuerstättenumgebung schließen		
Einfluss vorhandener Ventilatoren beachten		
Überprüfung der Lüftungsöffnungen auf freien Querschnitt		
Überprüfen des Abgasrohres auf freien Querschnitt		
Der Feuerraum ist auf Verschmutzung und Mängel zu überprüfen		
Die Heizgaswege sollen auf freien Querschnitt überprüft werden		
Inbetriebnahme der Gasfeuerstätte		
Funktionsüberprüfung der Abgasklappe		
Beurteilung der Verbrennung durch Betrachtung des Flammenbildes		
Überprüfung des Gasaustritts am Brenner auf einwandfreie Ableitung der Abgase		
Funktionsüberprüfung der Strömungssicherung		
Messung der CO-Konzentration im Abgas		
Ergänzung der Arbeitsunterlagen		
Erstellen eines Überprüfungsprotokolls		

36

### Messung der Kohlenmonoxid-Konzentration (CO) im Abgas

Gemessen wird der CO-Gehalt und der CO<sub>2</sub>- bzw. O<sub>2</sub>-Gehalt in mit Frischluft verdünntem Abgas (nach der Strömungssicherung) mit einer Mehrlochsonde. Um eine eindeutige Aussage über den einwandfreien Betrieb der Anlage machen zu können, muss der CO-Gehalt auf unverdünntes Abgas zurückgerechnet werden, da sonst durch Beimengung von Luft eine Manipulation des CO-Gehaltes möglich ist. Für diese Berechnung wird der Sauerstoffgehalt des Abgases benötigt. Dabei ist sicherzustellen, dass die O<sub>2</sub>-Konzentration gleichzeitig mit der CO-Konzentration gemessen wird.

#### Eine alleinige CO-Messung ist nicht ausreichend!

Wichtig!

Die Berechnung der unverdünnten CO-Konzentration wird im Messgerät durchgeführt und als CO<sub>unverdünnt</sub> (puCO) ausgegeben. Die Messung darf frühestens 2 min. nach Inbetriebnahme der Gasfeuerung durchgeführt werden, da erst dann der erhöhte CO-Gehalt während des Anfahrens der Anlage auf den normalen Betriebswert abgesunken ist.

#### Grenzwert CO<sub>unverdünnt</sub> (puCO): 1000 ppm

Wichtig!

Da bei atmosphärischen Gasanlagen die CO-Konzentrationen im Abgasrohr nicht überall gleich hoch sind (Strahlenbildung), muss die Probenentnahme mit einer Mehrlochsonde durchgeführt werden. Die Mehrlochsonde weist eine Reihe mit Bohrungen auf, die die CO-Konzentration über den ganzen Durchmesser des Abgasrohres aufnehmen.

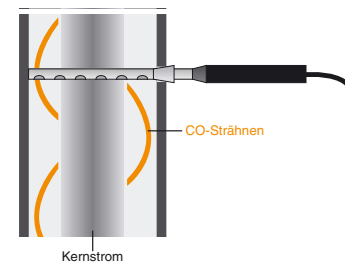


Abb. 21: CO-Messung mit der Mehrlochsonde

37

Grenzwerte für die CO-Konzentration bezogen auf unverdünntes Abgas:

CO<sub>unverdünnt</sub> größer 500 ppm: Wartung der Anlage notwendig

CO<sub>unverdünnt</sub> größer 1000 ppm: Beanstandung der Anlage

**Nur unverdünnte CO-Konzentrationen können zur Einschätzung einer Feuerungsanlage herangezogen werden, da dort die Volumenanteile des Sauerstoffs schon herausgerechnet sind. Ansonsten wäre eine Manipulation der Messwerte durch Beimengung von Luft (Verdünnung) möglich.**

Wichtig!

### CO-Umgebungsmessung

Bei der Wartung von Gasthermen in Wohnräumen sollte aus Sicherheitsgründen parallel zur Abgasmessung eine CO-Umgebungsmessung durchgeführt werden, da rückströmendes Abgas zu hohen CO-Konzentrationen und somit zu Vergiftungen führen kann. Diese Messung sollte auf jeden Fall vor allen anderen Messungen durchgeführt werden.

CO-Konzentration in der Luft	Inhalationszeit und Folgen
30 ppm	0,003 % MAK-Wert (max. Arbeitsplatzkonzentration in Deutschland bei achtstündiger Arbeitszeit)
200 ppm	0,02 % Leichte Kopfschmerzen innerhalb von 2...3 Stunden
400 ppm	0,04 % Kopfschmerzen im Stirnbereich innerhalb 1...2 Stunden, breitet sich im ganzen Kopfbereich aus
800 ppm	0,08 % Schwindel, Übelkeit und Gliederzucken innerhalb 45 Minuten. Bewusstlosigkeit innerhalb 2 Stunden
1600 ppm	0,16 % Kopfschmerz, Übelkeit und Schwindel innerhalb 20 Minuten. <b>Tod</b> innerhalb 2 Stunden
3200 ppm	0,32 % Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindel innerhalb 5...10 Minuten, <b>Tod</b> innerhalb 30 Minuten
6400 ppm	0,64 % Kopfschmerzen und Schwindel innerhalb 1...2 Minuten. <b>Tod</b> innerhalb 10...15 Minuten
12800 ppm	1,28 % <b>Tod</b> innerhalb 1...3 Minuten

- Zigarettenrauch beeinflusst die Messung (min. 50 ppm).
- Atemluft eines Rauchers beeinflusst die Messung um ca. 5 ppm.
- Nullung am Besten an frischer Luft durchführen.

## VII. Berechnung des Wirkungsgrads

### Bei konventionellen Heizungsanlagen

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad (h) einer konventionellen Heizungsanlage wird ermittelt, in dem man von der gesamten zugeführten Energie (Heizwert HU = 100% der zugeführten Energie) den Abgasverlust (qA) abzieht (vgl. Formel rechts). Zur Berechnung des Wirkungsgrades muss demnach zuerst der Abgasverlust ermittelt werden. Das geschieht vereinfacht und mit guter Genauigkeit nach folgender Formel:

$$qA = \left[ (AT - VT) \left[ \frac{A2}{(21 - O_2)} + B \right] \right]$$

Für diese Berechnung werden gleichzeitig die Verbrennungs- und die Abgastemperatur sowie die Sauerstoffkonzentration im Abgas gemessen und mit brennstoffspezifischen Faktoren (A2, B) und dem Sauerstoffgehalt der Luft (21), die im Messgerät hinterlegt sind, verrechnet. Damit die richtigen Werte für A2 und B verwendet werden, ist die entsprechende Brennstoffwahl am Messgerät notwendig.

$$\eta = 100\% - qA$$

### Bei Brennwertanlagen

Da an modernen Brennwertanlagen Kondensationswärme zurückgewonnen wird, wurde zur korrekten Berechnung bei Testo der zusätzliche Wert XK eingeführt, der die Nutzung der Kondensationswärme bezogen auf den Heizwert beinhaltet. Bei Abkühlung der Abgase unter deren Taupunkttemperatur, deren theoretischer Wert brennstoffspezifisch im Testo-Messgerät hinterlegt ist (vgl. Abb. 24), gibt der Beiwert XK die zurückgewonnene Verdampfungswärme des kondensierten Wassers negativen Wert an, wodurch der Abgasverlust sich verringert bzw. negativ werden kann. Der auf den Heizwert bezogene Wirkungsgrad kann dadurch Werte über 100% annehmen (vgl. folgendes Beispiel).

Beiwert XK

### Beispiel für Brennstoff Heizöl EL

A2 = 0,68	--> qA = 19 % (ohne Beiwert XK)
B = 0,007	
AT = 30 °C	--> qA = -5 % (mit Beiwert XK)
VT = 22 °C	--> h = 100 % - (-5%)
O <sub>2</sub> = 3%	= 105 %
XK = 5,47 %	

Mit untenstehender Grafik wird anhand eines weiteren Beispiels nochmals verdeutlicht, weshalb bei Brennwertanlagen der Wirkungsgrad größer als 100 % ist.

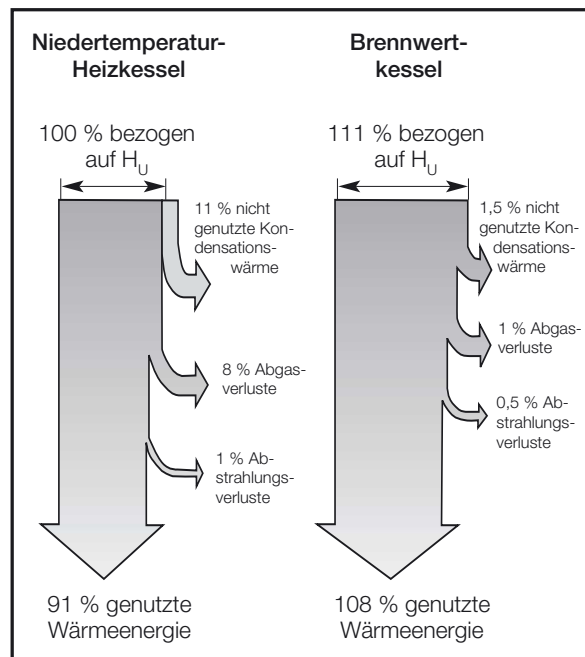


Abb. 23: Energieverluste bei Niedertemperatur- und bei Brennwertkesseln

- Wenn der Brennstoff vollständig umgesetzt wird entsteht Wärme und Wasserdampf.
- Wird die Wärme vollständig erfaßt erhält man 100 % vom Heizwert HU.
- Rechnet man die im Wasserdampf enthaltene Energie (Kondensationswärme) dazu, erhält man den Brennwert HS.
- Der gesamte Brennwert HS ist immer höher als der Heizwert HU.
- Bei der Berechnung des Wirkungsgrades wird immer der Heizwert HU zugrunde gelegt.
- Brennwertkessel nutzen jedoch zusätzlich zum Heizwert die Kondensationsenergie aus. Deshalb kann der Wirkungsgrad rechnerisch größer als 100 % sein.

**Brennwertgeräte arbeiten trotzdem mit Verlusten, was deutlich wird, wenn der Wirkungsgrad anstatt auf den Heizwert HU auf den Brennwert HS bezogen wird. Herstellerangaben in Deutschland, die BImSchV und damit die Kontrolle durch den Schornsteinfeger beziehen sich jedoch immer auf den unteren Heizwert HU.**

Hinweis

Brennstoff	Taupunkttemperatur (in °C)
Erdgas H	57,53
Heizöl EL	50,37
Flüssiggas (70/30)	53,95
Stadtgas	61,09

Abb. 24: Brennstoffspezifische Taupunkttemperaturen des Abgases. Berechnet für Normdruck (1013 mbar) und stöchiometrische Verbrennung auf Basis von ZIV-Unterlagen.

## VIII. NO<sub>2</sub>-Messung an Gasfeuerungsanlagen

Die Stickoxide NO<sub>x</sub> stellen eine Summe aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) dar. Normalerweise stehen die NO-



Abb. 25: testo 300 XXL mit integrierter Gasaufbereitung zur NO<sub>2</sub>-Messung

Konzentration und die NO<sub>2</sub>-Konzentration in einem festen Verhältnis (97 % NO, 3 % NO<sub>2</sub>). Deshalb reicht eine NO-Messung aus, um daraus die NO<sub>x</sub>-Konzentration zu ermitteln. Wenn jedoch Mischbrennstoffe verwendet werden oder bei Brennwertkesseln, verschiebt sich dieses Verhältnis. Deshalb müssen beide Komponenten (NO und NO<sub>2</sub>) getrennt gemessen und zu NO<sub>x</sub> addiert werden.

**Aufgrund der guten Wasserlöslichkeit von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) muss zur genauen Ermittlung der NO<sub>2</sub>-Konzentration trockenes Abgas gemessen werden, da sonst das im Kondensat gelöste NO<sub>2</sub> nicht berücksichtigt wird. Deshalb ist bei Stickstoffdioxid-Messungen immer eine Gasaufbereitung zu verwenden, die das Abgas vor der eigentlichen Messung trocknet.**

- Wird in der Nähe eines Elektrofilters gemessen, so muss aufgrund der statischen Aufladung die Rauchgassonde geerdet werden.
- Werden hohe Staub- und Rußbelastungen erwartet, müssen gereinigte und trockene Filter verwendet werden. Eventuell Vorfilter verwenden.

Wichtig!

Praxistipps

## IX. Funktionsüberprüfung an Heizungsanlagen

### Dichtigkeitsprüfung der Abgaswege

Bei raumluftunabhängigen Heizungsanlagen wird die Dichtigkeit der Abgaswege durch die O<sub>2</sub>-Zuluft-Messung im Ringspalt geprüft. Diese Prüfung muss auch bei modernen Anlagen durchgeführt werden. Die O<sub>2</sub>-Konzentration in der Ansaugluft im Ringspalt sollte generell 21% betragen. Werden Werte unterhalb 20,5% gemessen, wird dies als Undichtigkeit des innen liegenden Abgaskanals interpretiert und die Anlage muss überprüft werden.

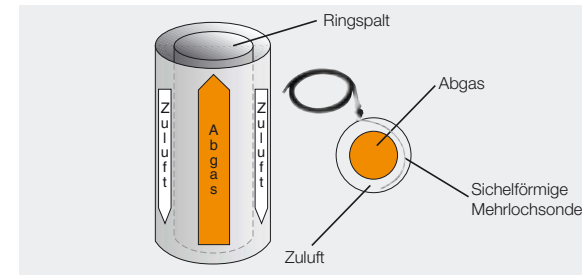


Abb 26: O<sub>2</sub>-Ringspaltmessung mit sichelförmiger Mehrlochsonde

Die sichelförmigen Mehrlochsonde von Testo (z. B. für das testo 300, Art.-Nr. 0632.1244) ermöglicht die sichere und schnelle Messung des O<sub>2</sub>-Gehalts im Ringspalt.

Die herkömmliche Methode zur Dichtigkeitsprüfung an einer Abgasleitung durch die Druckprobe wird heute nur noch im Kamin angewendet. Mit einem Dichtigkeitsprüfgerät wird in die Abgasleitung Luft eingebracht, bis sich ein Druck von 200 Pa (früher: 1000 Pa) einstellt. Unter Beibehaltung des Drucks wird festgestellt, welche Luftmenge über Undichtigkeiten entweicht. Bis zu einer Leckrate von 50 l / (hm<sup>2</sup>) gilt die Abgasleitung als ausreichend dicht.

### Strömungssicherheit durch Rückstamelder

Der einwandfrei Abzug der Abgase ab der Strömungssicherung ist Voraussetzung für die sichere Funktion einer Feuerungsanlage. Um festzustellen, ob die Abgase einwandfrei abziehen, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Abgasaustritt lässt sich durch Feuchtigkeitsniederschlag an der Tauplatte bzw. am Abgastester, durch den Nachweis einer Temperaturerhöhung mittels Thermoelement oder durch die Visualisierung der Strömung mittels Rauchröhrchen feststellen.

Folgende Mängel können z. B. Ursachen für einen Rückstrom an der Strömungssicherung sein:

- Undichte Abgasleitung durch fehlende oder verformte Dichtungen, Materialermüdung der Dichtungen, auseinandergerutschte Rohrverbindungen, Lochfraß, Korrosion oder Risse.
- Verengung der Heizgaszüge durch Verschmutzung oder Verformung.
- Fehlende Luftversorgung durch zu stark abgedichtete Nutzungseinheit.
- Verschlussene oder verschmutzte Lüftungsöffnungen.
- Verengungen bzw. Verschmutzungen im Bereich der Abgasführung.

#### Mögliche Mängel



Abb. 27: Detektion von austretenden Abgasen an der Strömungssicherung mit Rückstamelder testo 317-1

### Problemdiagnose mittels Endoskop

Sichtprüfungen an schwer zugänglichen Stellen an Heizungsanlagen lassen sich mit Hilfe eines Endoskops ohne großen technischen Aufwand und ohne Montagetätigkeiten durchführen. Dadurch werden Zeit und Kosten gespart.



Abb. 28: Wartung und Inspektion einer Heizungsanlage ohne Demontage mit dem testo 318

## X. Einstellung von Feuerungsanlagen

### Kleinfeuerungsanlagen

Ziel eines umweltgerechten Anlagenbetriebs ist vollständige Verbrennung (stöchiometrische Verbrennung) des Brennstoffes und die bestmögliche Ausnutzung der Anlage. Eine maßgebende Größe für den optimalen Betrieb ist die Einstellung der Verbrennungsluftmenge. In der Praxis hat sich für den Anlagenbetrieb ein leichter Luftüberschuss als optimal erwiesen. Es wird etwas mehr Luft der Verbrennung zugeführt als theoretisch notwendig wäre. Für die praktische Anwendung gilt folgende Regel:

*Der maximale Verbrennungswirkungsgrad wird nur dann erzielt, wenn bei leichtem Luftüberschuss der Abgaswärmeverlust auf den kleinsten Wert gebracht wird.*

In Abb. 29 sind die Konzentrationen der Rauchgasbestandteile in Abhängigkeit von der eingestellten Luftmenge aufgezeigt.

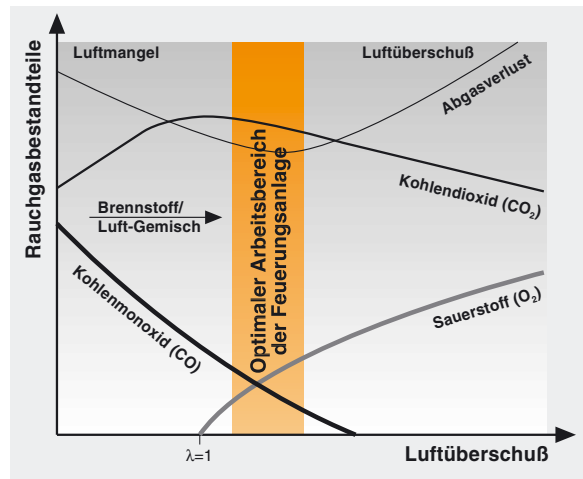


Abb. 29: Verbrennungsdiagramm

Vereinfacht gelten folgende Faustformeln:

Bei Ölfeuerungsanlagen:	CO <sub>2</sub> -Gehalt möglichst hoch Rußzahl zwischen 0 und 1
Bei Gasfeuerungsanlagen:	CO <sub>2</sub> - Gehalt möglichst hoch CO-Gehalt < 500 ppm im unverdünnten Abgas

### Niedertemperatur- und Brennwertkessel

Wie werden die Kessel eingestellt?

- Anpassung des Brenners an die Nennwärmeleistung des Kessels.
  - Einregulierung der Abgase auf Grenzwerte wie Abgasverlust.
  - Neuanlagen so einregulieren, daß die Rußzahl unter 1 liegt.
  - Die CO<sub>2</sub>-Konzentration bei Neuanlagen auf ca. 11-13 % einregulieren.
  - Die Abgastemperatur nach den Herstellervorgaben einstellen.
  - CO-Konzentrationen optimieren.
- Wenn die Differenz-Temperatur den Vorgaben des Geräteherstellers entspricht, ist in den meisten Fällen die Anlage richtig einreguliert.
- Durch die geringen Abgastemperaturen kann viel Kondensat ausfallen, wodurch die Messwerte verfälscht werden können bzw. das Messgerät zerstört werden kann. Abhilfe: Verwendung eines Gastrockners anstelle der Kondensatfalle (siehe Abb. 30).

Praxistipps



Abb. 30: Der Gastrockner garantiert präzise Messwerte und schützt das Messgerät testo 300 vor Schäden durch Kondensat.

### Gasthermen

Ziel der Einstellung ist der umweltgerechte Betrieb und die bestmögliche Ausnutzung des Brennstoffes. Bei der Inbetriebnahme von Gasfeuerungen muss das Gasdurchflussvolumen eingestellt und überwacht werden. Dies geschieht durch die Ermittlung des Gasfließdrucks. Dieser wird vom Hersteller vorgeschrieben und muss nach der Installation eingestellt werden. Eine weitere Möglichkeit ist der Düsendruck, welcher die Verbrennung beeinflusst.

#### Wie werden Gasthermen eingestellt?

- Einregulierung der Abgase auf die Grenzwerte laut 1. BImSchV.
- Einstellung des richtigen Gasfließdruckes mit der Differenzdruckmessung (z. B. testo 300). Den richtigen Druckwert entnehmen Sie den Datenblättern des Herstellers. Mit dieser Einstellung wird der richtige Gasdruck an der Düse erreicht.
- Mit dem Düsendruck kann die Geräteleistung an den erforderlichen Wärmebedarf angepaßt werden. Folgen eines falschen Gasdruckes können sein:

zu hoher Gasdruck	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flamme geht aus</li> <li>• unvollständige Verbrennung</li> <li>• hohe CO-Konzentrationen</li> <li>• Gefahr der Vergiftung</li> <li>• hoher Gasverbrauch</li> </ul>
zu geringer Gasdruck	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flamme geht aus</li> <li>• hohe Abgasverluste</li> <li>• hoher O<sub>2</sub>-Gehalt</li> <li>• niedriger CO<sub>2</sub>-Gehalt</li> </ul>

- **Druck-Messung nicht in einer Hauptleitung durchführen (Messbereiche beachten).**
- **Auf Dichtigkeit zwischen Entnahmestelle und Messgerät achten (Explosionsgefahr).**

Praxistipps



## XI. Dichtigkeitprüfung an Gas- und Wasserleitungen nach DVGW

- Vor Beginn von Arbeiten an gasführenden Leitungen ist die zugehörige Absperrrichtung zu schließen und gegen Öffnen durch Unbefugte zu sichern (z. B. durch Abnehmen des Schlüssels oder des Handrades). Wo Gas austritt oder austreten kann, muss durch Lüftung oder durch Abführen über einen Schlauch ins Freie dafür gesorgt werden, dass das Gas gefahrlos entsorgt wird. Die Absperrrichtung ist erst dann wieder zu öffnen, wenn sämtliche Öffnungen der abgesperrten Leitungen, durch die Gas ausströmen könnte, dicht verschlossen sind. Vorstehendes gilt nicht, wenn es sich um äußere Instandhaltungs-Maßnahmen an Leitungen handelt.
- Undichtheiten an gasführenden Leitungen sind durch Gasspürgeräte oder mit schaubildenden Mitteln nach DIN 30657 festzustellen; Ableuchten mit Flammen ist unzulässig. Das behelfsmäßige Abdichten ist zum sofortigen Abwenden von Gefahren nur vorübergehend zulässig.
- Leitungen mit Betriebsdrücken bis 100 mbar unterliegen einer Vor- und einer Hauptprüfung. Die Prüfungen sind durchzuführen, bevor die Leitung verputzt oder verdeckt ist und ihre Verbindungen beschichtet oder umhüllt sind. Die Prüfungen können auch abschnittsweise durchgeführt werden.
- Alle Prüfungen sind zu dokumentieren.

### Vorprüfung

Die Vorprüfung ist eine Belastungsprobe für neuerlegte Leitungen ohne Armaturen. Für die Dauer der Prüfung müssen alle Leitungsöffnungen mit Stopfen, Kappen, Steckscheiben oder Blindflanschen aus metallenen Werkstoffen dicht verschlossen sein. Verbindungen mit gasführenden Leitungen sind unzulässig. Die Vorprüfung kann auch an Leitungen mit Armaturen durchgeführt werden, wenn die Nenndruckstufe der Armaturen mindestens dem Prüfdruck entspricht.

Die Vorprüfung ist mit Luft oder inertem (reaktionsarmen) Gas (z. B. Stickstoff, Kohlendioxid), jedoch nicht mit Sauerstoff, mit einem Prüfdruck von 1 bar vorzunehmen. Der Prüfdruck darf während der Prüfdauer von 10 Minuten nicht fallen.

### Hauptprüfung

Die Hauptprüfung ist eine Dichtheitsprüfung für Leitungen einschließlich der Armaturen, jedoch ohne Gasgeräte und zugehörige Regel- und Sicherheitseinrichtungen. Der Gaszähler kann in die Hauptprüfung mit einbezogen werden. Die Hauptprüfung ist mit Luft oder inertem (reaktionsarmen) Gas (z. B. Stickstoff, Kohlendioxid), jedoch nicht mit Sauerstoff, mit einem Prüfdruck von 110 mbar vorzunehmen. Nach dem Temperatenausgleich darf der Prüfdruck während der anschließenden Prüfdauer von mindestens 10 Minuten nicht fallen. Das Messgerät muss so genau anzeigen, dass bereits ein Druckabfall von 0,1 mbar erkennbar ist.

### Leckmengen-Messung

In Betrieb befindliche oder stillgelegte Niederdruckleitungen werden bei Verdacht auf Lecks, auf Kundenwunsch oder bei Wiederinbetriebnahme auf ihre Gebrauchsfähigkeit geprüft. Zuerst wird die Leitung einer Belastungsprobe unterzogen, indem sie mit einem Prüfdruck von 3 bar über 3 bis 5 Minuten beaufschlagt wird. Die Belastungsprobe dient dem Aufspüren von Korrosionsschäden. Danach wird die Leitung mit Luft bis zum jeweiligen Prüfdruck aufgepumpt und der Druckabfall in einer Minute gemessen.

- Unbeschränkte Gebrauchsfähigkeit ist gegeben, wenn die Gasleckmenge bei Betriebsdruck weniger als 1 Liter pro Stunde beträgt.
- Verminderte Gebrauchsfähigkeit ist gegeben, wenn die Gasleckmenge bei Betriebsdruck zwischen 1 und 5 Liter pro Stunde beträgt.
- Keine Gebrauchsfähigkeit ist gegeben, wenn die Gasleckmenge bei Betriebsdruck mehr als 5 Liter pro Stunde beträgt.

Um die Gasleckmenge festzustellen, wird zunächst der Rohrinhalt aus der gemessen bzw. geschätzten Leitungslänge ermittelt. Über den Druckabfall pro Minute, der mit einem Differenzdruck-Messgerät gemessen wird, und den Rohrinhalt kann mit Hilfe des DVGW-Arbeitsblatts G 624 oder eines speziellen DVGW-geprüften Rechenschiebers von Testo die Gasleckmenge grafisch ermittelt werden.

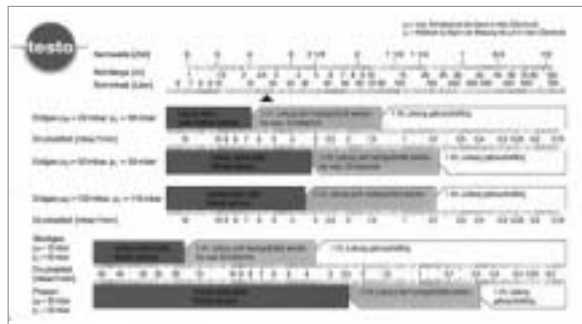


Abb. 31: Ermittlung der Gebrauchsfähigkeit mit dem Testo-Rechenschieber

Ermittlung der Gasleckmenge mit dem Rechenschieber

Durch die Verwendung eines Rechenschiebers erspart man sich umständliche Eingaben am Messgerät. Der grafischen und rechnerischen Ermittlung der Leckmenge liegt folgende Formel zu Grunde:

$$V_B = V (p_1/p_2 - 1) \times p_B/p_L \times f \times 60$$

- $V_B$  Gas-Leckmenge im Betriebszustand in l/min  
 $V$  Leitungsinhalt in l  
 $p_1$  absoluter Prüfdruck zu Beginn der Messung in mbar (Barometerstand + Anfangs Prüfdruck)  
 $p_2$  absoluter Prüfdruck am Ende der Messung in mbar (Barometerstand + Endprüfdruck)  
 $p_B$  maximaler Betriebsdruck des Gases in mbar  
 $p_L$  Prüfdruck zu Beginn der Messung mit Luft in mbar (Überdruck)  
 $f$  Faktor zu Berücksichtigung der Gasart

Alternativ dazu werden auch Leckmengenmessgeräte angeboten (z. Zt. nicht im Testo-Proramm), für die es momentan jedoch keine Geräteprüfrichtlinien gibt. Damit ist die grafisch-rechnerische Ermittlung der Leckmenge die einzige nachvollziehbare Methode.

Nach dem Grad der Gebrauchsfähigkeit sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Liegt unbeschränkte Gebrauchsfähigkeit vor, so können die Leitungen weiter betrieben werden.
- Liegt verminderte Gebrauchsfähigkeit vor, so sind die Leitungen abzudichten oder zu erneuern. Eine weitere Möglichkeit besteht für Leitungen mit einem Betriebsdruck bis zu 100 mbar nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 624. Die Dichtheit nach dem Abschnitt 7.1.3 muss innerhalb von 4 Wochen nach Feststellung der verminderten Gebrauchsfähigkeit wiederhergestellt werden.
- Liegt keine Gebrauchsfähigkeit vor, so sind die Leitungen unverzüglich außer Betrieb zu nehmen. Für die instandgesetzten Leitungsteile und deren Wiederinbetriebnahme gelten die Festlegungen für neuerlegte Leitungen.

Diese Maßnahmen werden auf dem Testo-Rechenschieber direkt aufgezeigt.

**Nach jeder Reparatur muss wiederum eine Dichtigkeitsprüfung (Hauptprüfung, vgl. S. 51) durchgeführt werden.**

Wichtig!

#### Druckprüfung an Wasserleitungen

Diese Prüfung beinhaltet die Vor- und Hauptprüfung und wird an neu installierten und noch nicht verputzten oder verdeckten Leitungen durchgeführt. Sie kommt zum Einsatz, wenn die Prüfung mit Wasser wegen Frost- oder Korrosionsgefahr nicht durchgeführt werden kann. Aus Sicherheitsgründen wird die Hauptprüfung mit 110 mbar vor der Vorprüfung mit max. 3 bar (bei Rohr-Nennweiten bis DN 50) bzw. max. 1 bar (bei Rohr-Nennweiten über DN 50) durchgeführt. Diese Prüfung ersetzt nicht die nach DIN 1988-2 TRWI 11.1 geforderte Belastungsprobe mit Wasserdruck.

### Suchen von Gaslecks

Wenn Erdgas aus einer Leitung oder Heizungsanlage tritt, besteht Vergiftungs- und Explosionsgefahr. Da Erdgas normalerweise geruchsneutral ist, wird es mit einem Geruchsstoff versetzt. Stellt man nun einen Gasgeruch fest, muss der Raum sofort gut gelüftet werden. Danach kann mit einer Gaslecksuch-Sonde die Gasleitung auf Dichtigkeit überprüft werden. Aus Sicherheitsgründen dürfen 20 % der unteren Explosionsgrenze nicht überschritten werden.



Abb. 32: Lecksuche an Gasleitungen mit dem testo 316

### XIV. Messgeräte

Die Anforderungen für tragbare Messgeräte zur Rauchgasanalyse stellen eine Herausforderung für jeden Messgerätehersteller dar. Die rauhe Messumgebung und die Durchführung von netzunabhängig Messungen erfordern ein Höchstmaß an technischem Know-how und kundengerechtem Design. Die Geräte müssen klein, leicht, handlich und einfach zu bedienen sein. Die schnelle Verfügbarkeit der Messwerte sowie ein geringer Energieverbrauch und Wartungsbedarf sind weitere Merkmale, damit die vorgeschriebene Eignungsprüfung für Rauchgas-Analysegeräte erfüllt werden kann.

#### Die Sensoren

Die an die Messgeräte gestellten Anforderungen haben direkte Auswirkungen auf die Auswahl der Sensoren zur Ermittlung der Gaskonzentrationen. In der Praxis haben sich deshalb die elektrochemischen Gassensoren bewährt. Die schnelle Verfügbarkeit der Messwerte, der geringe Platzbedarf, die Wartung durch den Anwender und die niedrigen Herstellungskosten sind die herausragenden Vorteile dieser Sensoren. Es sind jedoch gewaltige Anstrengungen im Bereich Forschung und Entwicklung notwendig, um ein geeignetes Umfeld für die Gasmesszellen zu schaffen. Dazu gehört die Optimierung der Gaswege, die richtige Verrechnung von Querempfindlichkeiten sowie der problemlose Austausch der Gasmesszellen durch den Anwender.

#### Funktionsweise eines chemischen Zwei-Elektroden-Sensors

Zur Bestimmung von Konzentrationen toxischer Gase werden Drei-Elektroden-Sensoren verwendet. Die Funktion dieser Messzellen wird anhand des Kohlenmonoxid- (CO) Sensors erläutert.

Ein typischer Zwei-Elektroden-Sensor ist der Sauerstoff-Sensor ( $O_2$ ). In Abb. 33 wird die Funktionsweise des Sauerstoffsensors erklärt.

## Sauerstoffsensor

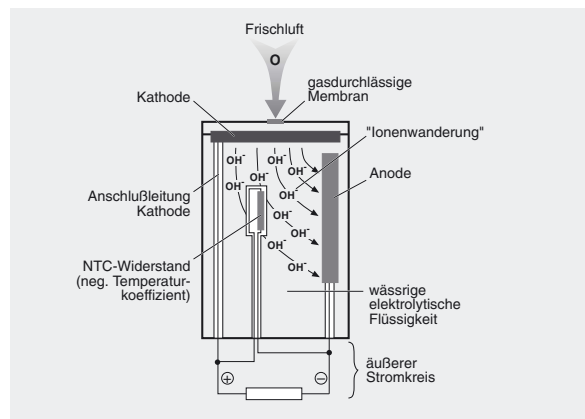
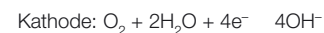


Abb. 33: Schemadarstellung eines Sauerstoffsensors

Die Funktionsweise eines Sauerstoffsensors in Stichworten:

- Die  $O_2$ -Moleküle gelangen durch die gasdurchlässige Membran zur Kathode.
- Chemische Reaktion:  $OH^-$ -Ionen entstehen (Ionen = geladene Teilchen)
- Die Ionen wandern durch elektrolytische Flüssigkeit zur Anode.
- Diese Ionenbewegung bewirkt einen Stromfluss im äußeren Stromkreis proportional zur  $O_2$ -Konzentration.
- D. h. je höher die Konzentration ist, desto höher ist der Stromfluss.
- Der Spannungsabfall im Widerstand wird gemessen und elektronisch weiterverarbeitet.
- Der integrierte Widerstand mit negativem Temperatur-Koeffizient kompensiert Temperatureinflüsse und sichert das temperaturstabile Verhalten.
- Die Lebensdauer eines Sauerstoffsensors beträgt ca. 3 Jahre.

## Reaktionsgleichungen



Überhöhte Gaskonzentrationen sowie Kälte, Nässe und Schmutz verkürzen die Lebensdauer der Messzellen.

Praxistipps

## Funktionsweise eines chemischen Drei-Elektroden Sensors für toxische Gase

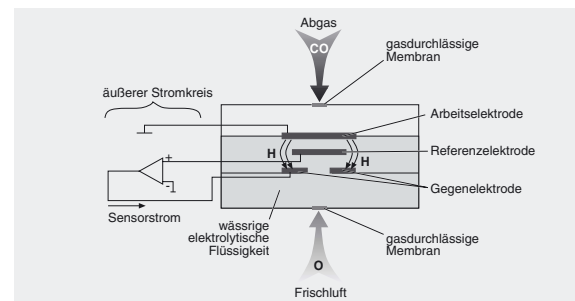


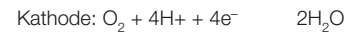
Abb. 34: Schemadarstellung eines Kohlenmonoxid-Sensors

Die Funktionsweise eines Drei-Elektroden-Sensors in Stichworten (am Beispiel eines CO-Sensors):

- Die  $CO$ -Moleküle gelangen durch die Membran zur Arbeits- und Referenzelektrode.
- Chemische Reaktion:  $H^+$ -Ionen entstehen.
- Die Ionen wandern zur Gegenelektrode.
- Zweite chemische Reaktion mit Hilfe von  $O_2$  aus Frischluft: Stromfluss im äußeren Stromkreis.
- Die Referenz dient zur Stabilisierung des Sensorsignals.
- Die Lebensdauer beträgt ca. 2 Jahre.

Kohlenmonoxid-Sensor

## Praxistipps

**Reaktionsgleichungen:**

**Überhöhte Gaskonzentrationen sowie Kälte, Nässe und Schmutz verkürzen die Lebensdauer der Messzellen.**

### Funktionsweise eines Halbleitersensors zur Messung brennbarer Gase

Der Halbleitersensor dient der Messung brennbarer Gase wie  $\text{C}_x\text{H}_y$ ,  $\text{H}_2$  und  $\text{CO}$ . Er wird bei der Gaslecksuche verwendet. Der Aufbau eines HL-Sensors ist in Abb. 35 schematisch dargestellt.

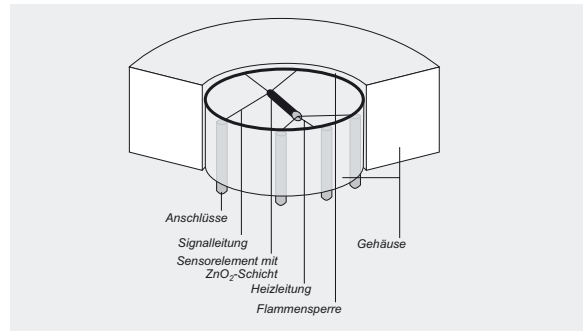


Abb. 35: Aufbau eines Halbleitersensors

Die Funktionsweise eines Halbleiter-Sensors in Stichworten (am Beispiel der Verwendung in einer Gasleck-Such-Sonde):

- Das Sensorelement wird auf die Arbeitstemperatur von 300 °C erwärmt.
- Über eine Zinndioxidschicht entsteht bei Erwärmen ein hochohmiger Widerstand.
- Befinden sich in der Umgebungsluft des Sensorelements, also innerhalb des Sensors brennbare Gase ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ), lagern sich diese an der Zinndioxidschicht an.

- Dadurch verkleinert sich deren elektrischer Widerstand.
- Ein optischer oder akustischer Alarm wird ausgelöst.

**Überhöhte Gaskonzentrationen sowie Kälte, Nässe und Schmutz verkürzen die Lebensdauer der Messzellen.**

## Praxistipps

### Die Elektronik

Der Trend in Entwicklung und Fertigung geht zu immer kleineren und komplizierteren Messgeräten. Nur mit computerunterstütztem Design (CAD) und automatisierter Fertigung ist die Herstellung von komplexen, elektronischen Schaltungen auf engstem Raum möglich. Dabei werden die Platinen in Mehrlagentechnik (Multilayer) ausgeführt und durch modernste Bestückungstechnologie (SMD) mit elektronischen Bauteilen versehen. Ein Testcomputer (Incurcuit-Tester) überprüft die bestückten Platinen und stellt eventuelle Fehler schon im Vorfeld fest. Die fehlerhaften Platinen können kostengünstig überarbeitet und in den Fertigungskreislauf zurückgeführt werden. Nach dem Einbau der Platine und der Gasmesszellen in das konstruktiv optimierte Gehäuse, werden die Geräte mit einem computerunterstützten Teststand auf ihre Funktion überprüft und mit Prüfgas abgeglichen. Die Zertifizierung nach DIN ISO 9000 gewährleistet eine gleichbleibende Qualität, die durch einen kompetenten Kundendienst abgerundet wird. Nur so lassen sich Messgeräte herstellen, die den Anforderungen der Rauchgasanalyse entsprechen.

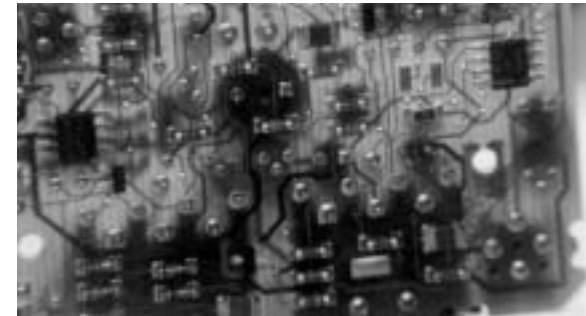


Abb. 36: SMD-Platine in 4-Lagen-Technik (Multilayer)

## Halbleitersensor

### Die Konstruktion

Bei der Konstruktion von tragbaren Rauchgas-Analysegeräten kommt der Gestaltung der Gaswege eine besondere Bedeutung zu. Da Undichtigkeiten das Messergebnis verfälschen, müssen die Gasweg-Verbindungen absolut dicht sein. Stellen, an denen sich Kondensat niederschlägt, müssen vermieden werden, da dies die Messzellen schädigt. Es werden bei modernen Rauchgas-Analysegeräten lageunabhängige Kondensatfallen verwendet, die das anfallende Kondensat auffangen und somit das Messgerät schützen. In der folgenden Abbildung ist die Anordnung des Gasweges vereinfacht dargestellt.

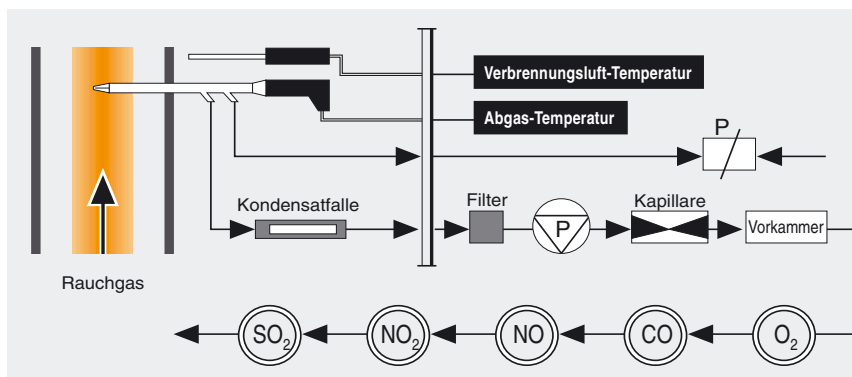


Abb. 37: Vereinfachte Darstellung des Gasweges eines Gasanalysegeräts

Das Rauchgas wird durch die Rauchgassonde mit der Pumpe P angesaugt und zur Kondensatfalle geleitet. Das in der Sondenspitze der Rauchgassonde integrierte Thermoelement dient zur Messung der Abgastemperatur.

Die Kondensatfalle und die eingebauten Filter „trocknen“ das Abgas und halten Staub- und Rußteilchen zurück. Die Gasprobe passiert die Pumpe P und wird durch eine Kapillare (Gaswegverengung) in eine Vorkammer gedrückt, welche die von der Membranpumpe erzeugten Druckstöße dämpft. Das zu messende

Gas gelangt von der Vorkammer zu den Gasmesszellen, die je nach Ausführung die Konzentrationen von O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, und SO<sub>2</sub> messen.

Zur Messung des Kaminzugs wird kein Rauchgas angesaugt. Das Abgas gelangt direkt von der Rauchgassonde über einen eigenen Gasweg zum Drucksensor des Analysegerätes. Dort wird der Kaminzug gemessen.

Die Verbrennungsluft-Temperatur wird über einen Temperaturfühler gemessen, der direkt mit dem Messgerät verbunden ist.

### XIII. Anhang

#### Berechnungsformeln

Abgasverlust

$$\text{Abgasverlust: } qA = \left[ (AT - VT) \left[ \frac{A2}{(21 - O_2) + B} \right] \right] \cdot XK$$

AT: Abgas-Temperatur  
 VT: Verbrennungsluft-Temperatur  
 A2/B: brennstoffspezifische Faktoren (siehe Tabelle)  
 21: Sauerstoffgehalt der Luft  
 O<sub>2</sub>: gemessener O<sub>2</sub>-Wert (ganzzahlig aufgerundet)  
 XK: Beiwert, der bei Taupunktunterschreitung den Abgasverlust qA als Minuswert ausgibt. Notwendig für die Messung an Brennwertanlagen. Wird die Taupunkttemperatur nicht unterschritten, beträgt der Wert XK = 0.

$$qA = f \times \frac{(AT - VT)}{CO_2}$$

Siegersche Formel zur Berechnung des Abgasverlustes. Sie wird verwendet, wenn die brennstoffspezifischen Faktoren A2 und B (vgl. Tabelle) gleich Null sind.

Tabelle der brennstoffspezifischen Faktoren

Brennstoff	A2	B	f	CO <sub>2max</sub>
Heizöl	0,68	0,007	-	15,4
Erdgas	0,65	0,009	-	11,9
Flüssiggas	0,63	0,008	-	13,9
Koks, Holz	0	0	0,74	20,0
Brikett	0	0	0,75	19,3
Braunkohle	0	0	0,90	19,2
Steinkohle	0	0	0,60	18,5
Kokereigas	0,6	0,011	-	-
Stadtgas	0,63	0,011	-	11,6
Prüfgas	0	0	-	13,0

Brennstoffspezifische Faktoren

Luftmenge L:

$$L = \lambda \times L_{\min}$$

L: tatsächliche Luftmenge  
 λ: Luftverhältniszahl  
 L<sub>min</sub>: theoretisch erforderlicher Luftbedarf

Luftmenge

Kohlendioxid-Konzentration (CO<sub>2</sub>):

$$CO_2 = \frac{CO_{2max} \times (21 - O_2)}{21}$$

CO<sub>2max</sub>: brennstoffspezifischer maximaler CO<sub>2</sub>-Wert

CO<sub>2</sub>-Konzentration

Luftverhältniszahl λ:

$$\lambda = \frac{CO_{2max}}{CO_2} = 1 + \frac{O_2}{21 - O_2}$$

CO<sub>2max</sub>: brennstoffspezifischer maximaler CO<sub>2</sub>-Wert  
 CO<sub>2</sub>: berechneter CO<sub>2</sub>-Wert im Abgas  
 O<sub>2</sub>: gemessener O<sub>2</sub>-Wert (ganzzahlig gerundet)  
 21: Sauerstoffgehalt der Luft

Lambda

Unverdünnte Kohlenmonoxid-Konzentration (CO<sub>unverdünnt</sub>):

$$CO_{unverdünnt} = CO_{verdünnt} \times \lambda$$

CO: gemessener CO-Wert  
 λ: Luftüberschusszahl

CO<sub>unverdünnt</sub>-Konzentration

Wirkungsgrad einer Anlage η:

$$\eta = 100 - qA$$

qA: Abgasverlust

Wirkungsgrad

## Vorstellung der Testo-Geräte

### Messtechnik für Umwelt, Klima und Industrie

Das mittelständische Unternehmen Testo AG in Lenzkirch/Schwarzwald wurde 1957 gegründet. Ca. 1000 Mitarbeiter entwickeln, produzieren und verkaufen tragbare, elektronische Messgeräte und Fühler für Temperatur, Feuchte, Strömung, Rauchgas, Analytik, Licht, Schall, Druck und Drehzahl.

### Der Innovationsprozess

Zum Innovationsprozess gehören alle Tätigkeiten zum Verstehen und Begreifen der jetzigen und zukünftigen Kundenbedürfnisse. Diese werden in den außergewöhnlich innovativen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen von Testo in Produkte umgesetzt und den Kunden weltweit zur richtigen Zeit, zum richtigen Preis und mit den richtigen Leistungsdaten zur Verfügung gestellt. Das ist unser Anspruch an den Innovationsprozess. 70 % des gesamten Umsatzes resultieren aus Produkten, die nicht älter als 3 Jahre sind – ein deutlicher Hinweis auf die Innovationskraft von Testo.

### Testo vor Ort

In der Bundesrepublik Deutschland betreuen sechs Kundencenter mit insgesamt acht Außenstellen die Kunden und Interessen. Über Tochtergesellschaften in Argentinien, Australien, Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Großbritannien, Hongkong, Italien, Japan, Korea, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, der Schweiz, Spanien, Tschechien, der Türkei, Ungarn und den USA, sowie über 40 Handelsvertretungen werden die Präzisions-Messgeräte aus Lenzkirch in allen fünf Erdteilen verkauft und Service geleistet.

### Bewährte Qualitäts-Messgeräte

Mehr als 100.000 Rauchgas-Analysegeräte von Testo sind weltweit bei unseren Kunden im Einsatz. Die Anwender in Industrie, im Handwerk und bei Behörden vertrauen zurecht den Testo Rauchgas-Analysegeräten. Auch Testo setzt sein ganzes Vertrauen in die Qualität der Produkte. Das drückt sich aus in deutlich verlängerten Garantiezeiten.

### Deutlich verlängerte Garantiezeiten

Zwei Jahre garantiert Testo für die Rauchgas-Analysegeräte. Das bedeutet für den Kunden praktisch eine Preissenkung. Denn die Kosten für ein Messgerät setzen sich zusammen aus:

- 1) Kosten für die Anschaffung. Der Kaufpreis bleibt unverändert.
- 2) Kosten während der Nutzung, z. B. für Reparatur oder Ersatzteile. Diese entfallen in den ersten zwei Jahren völlig, da Testo diese Kosten übernimmt (ausgenommen sind Wartungsarbeiten und Verschleißteile).

### Qualifizierter Rundum-Service

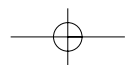
Auch nach der Garantiezeit lässt Testo die Kunden „nicht im Regen stehen“. Der weltweite Service garantiert dem Anwender schnelle Hilfe. In Deutschland gilt der 24-Stunden-Service (mit Eilzuschlag) und der 24-Stunden-Ersatzteil-Service. Selbstverständlich bekommt der Kunde auf Wunsch während der Reparaturzeit gegen eine geringe Pauschalgebühr ein Leihgerät. Testo leistet Service auch bei Messgeräten, die schon 15 Jahre alt sind.

### ISO 9001-Zertifikat

Testo hat seit Oktober 1992 das Qualitäts-Zertifikat ISO 9001, das im Oktober 1997 wieder bestätigt wurde. Durch das konsequent angewandte, zukunftsorientierte Qualitätssicherungs-System bekommt der Kunde konstant Qualitätsprodukte. Die strenge Beurteilung und Zertifizierung erfolgte durch eine beglaubigte, neutrale Instanz: dem Germanischen Lloyd. Diese Gesellschaft überwacht regelmäßig die Anwendung der Norm ISO 9001 bei Testo.

Auf der folgenden Doppelseite stellen wir Ihnen die Testo-Geräte für Heizungs-Messtechnik vor. Wenn Sie weitere Informationen zu den Geräten wünschen, benutzen Sie bitte das Informations-Anforderungs-Formular auf der letzten Seite.





## Testo-Messgeräte für Heizungs-Messtechnik

Messung an Gasleitungen



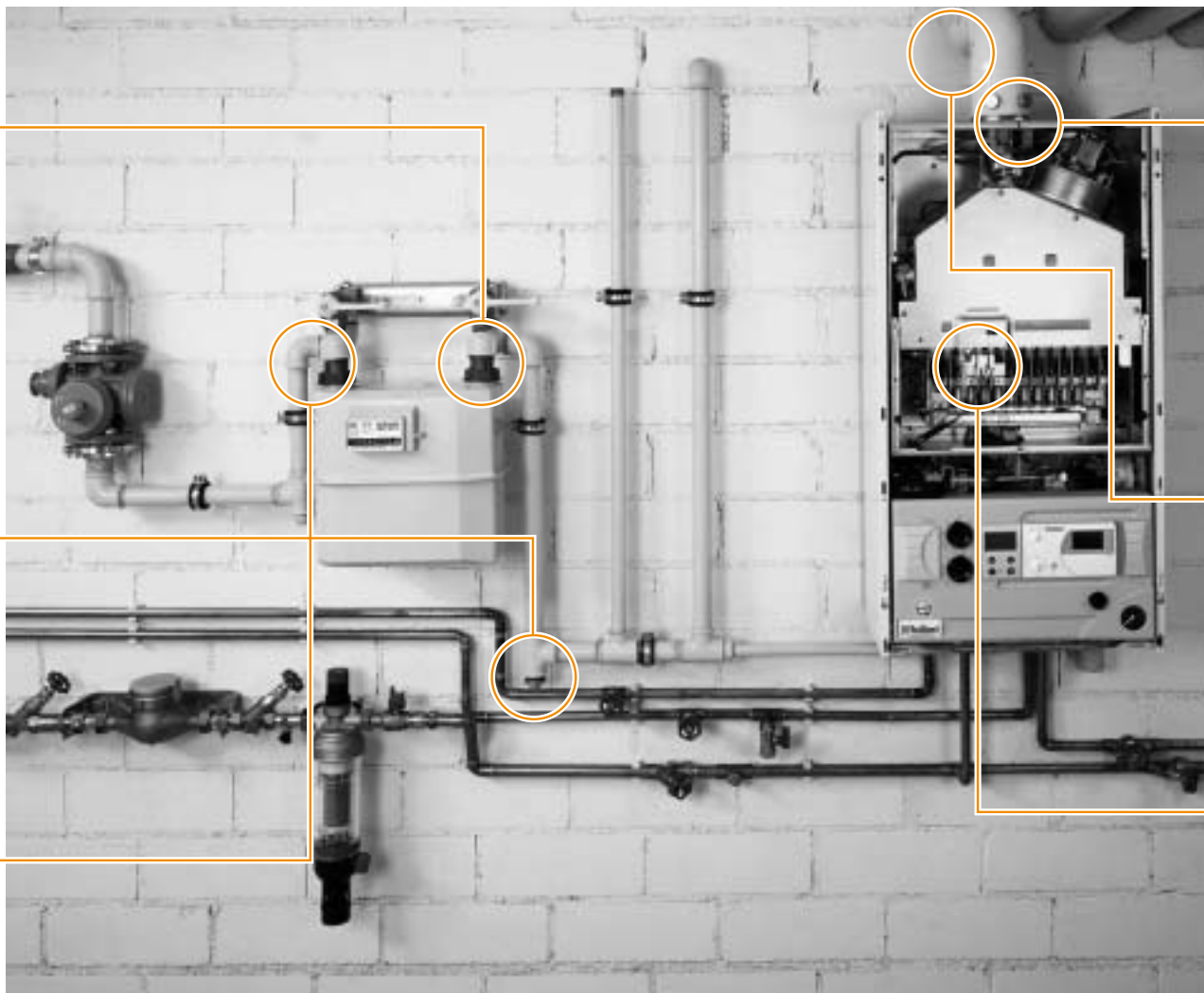
Vorprüfung mit testo 312-3



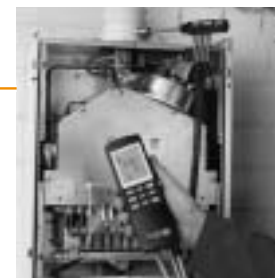
Hauptprüfung mit testo 312-2/3



66 Gaslecksuche mit testo 316



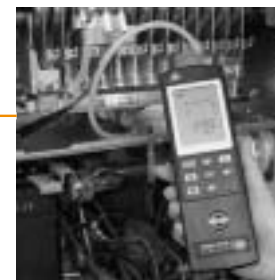
Messung an Heizungsanlagen



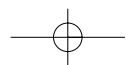
Abgasprüfung mit testo 305, 325 oder 300



Rückstauprüfung mit testo 317



67 Gasdruckprüfung mit testo 312-1/2



testo

testo

## Sie brauchen nur eine Rufnummer:

Tel.: 07653 681-700

Mo-Do: 7.00 bis 19.00 Uhr

Wir leiten Sie sofort an den richtigen Ansprechpartner weiter – im Kundencenter vor Ort oder in der Firmenzentrale in Lenzkirch.



### Firmenzentrale

**testo AG**  
Postfach 11 40, D-79849 Lenzkirch  
Testo-Straße 1, D-79853 Lenzkirch  
Telefon 07653 681-700  
Telefon 07653 681-701  
E-Mail: info@testo.de  
Internet: www.testo.de

### Kundencenter in Deutschland

**Kundencenter Nord**  
Kulemannstieg 34  
22457 Hamburg

**Kundencenter Nordost**  
Residenzstraße 9  
13409 Berlin

**Kundencenter West**  
Bonsfelder Straße 57  
42555 Velbert-Langenberg

**Kundencenter Mitte**  
Mühlweg 17  
65520 Bad Camberg

**Kundencenter Südost**  
Nürbanum Business Park  
Gebäude L3  
Allersberger Straße 185  
90461 Nürnberg

**Kundencenter Südwest**  
Karl-Henschel-Straße 24  
72770 Reutlingen



### Tochtergesellschaften und Vertriebs-/Servicepartner weltweit

#### ARGENTINA

Testo Argentina S.A.  
C1440ACR - Buenos Aires  
Tel. (11) 46 83 - 50 50  
Fax (11) 46 83 - 50 50  
testo@infovia.com.ar

#### ASIA

Testo (Asia) Ltd.  
Shatin, N. T., Hong Kong  
Tel. (2) 26 36 38 00  
Fax (2) 26 47 23 39  
testo@testo.com.hk

#### AUSTRALIA

Testo Pty. Ltd.  
Wantirna 3152  
Tel. (3) 98 00 43 99  
Fax (3) 98 00 46 99  
info@testo.com.au

#### AUSTRIA

Testo Ges. mbH  
1170 Wien  
Tel. (1) 4 86 26 11-0  
Fax (1) 4 86 26 11 20  
info@testo.at

#### BELGIUM/LUXEMBURG

S. A. Testo N. V.  
1741 Ternat  
Tel. (2) 5 82 03 61  
Fax (2) 5 82 62 13  
info@testo.be

#### BOLIVIA

T.E.C.  
Cochabamba  
Tel. (4) 4 40 09 17  
Fax (4) 4 28 60 02  
tec@supernet.com.bo

#### HELIOS SRL

Santa Cruz  
Tel. (3) 49 26 03  
Fax (3) 12 57 45  
helios@infonet.com.bo

#### BOSNIA-HERZIGOWINA

Tehnounion Sarajevo  
Sarajevo  
Tel. (33) 20 59 44  
Fax (33) 44 40 00

testo

testo

**BRAZIL**

Testo do Brazil  
13028-015 Campinas - SP  
Tel. (19) 37 31 - 58 00  
Fax (19) 37 31 - 58 19  
testo@testo.com.br

**BULGARIA**

Global Test OOD  
1408 Sofia  
Tel. (2) 9 53 07 96,  
Fax (2) 9 52 51 95  
gibl\_tst@sps.bg

**CHILE**

ANWO S.A  
Santiago  
Tel. (2) 7 31 00 00  
Fax (2) 2 73 04 04  
instrumentos@anwo.cl

**CHINA**

Testo Instruments International  
Trading (Shanghai) Co., Ltd.  
Shanghai 200031  
Tel. (21) 54 56 - 14 48  
Fax (21) 54 56 - 14 70  
testosales@testo.com.cn

**CIS**

Global Export GmbH  
105 023 Moscow  
Tel. (0 95) 3 60 53 68  
Fax (0 95) 3 60 53 68  
global\_export@aport2000.ru

**COLOMBIA**

Arotec Colombiana S. A.  
Bogota D. E.  
Tel. (1) 2 88 77 99  
Fax (1) 2 85 36 04  
mantenimiento@arotec.net

**COSTA RICA**

Representaciones  
Corelsa S. A.  
Santo Domingo de Heredia  
Tel. 2 44 25 50  
Fax 2 44 30 90  
corelsa@racsa.co.cr

**CROATIA**

"H.I.P." Zagreb d.o.o.  
10090 Zagreb  
Tel. (1) 3 73 40 07  
Fax (1) 3 73 40 44  
hip@inet.hr

**CYPRUS**

Deksa Ltd.  
Nicosia  
Tel. (2) 2 45 55 55  
Fax (2) 2 49 70 59  
deksa@cytanet.com.cy

**CZECH REPUBLIC**

Testo s.r.o.  
158 00 Praha 5  
Tel. (2) 57 29 02 05  
Fax (2) 57 29 04 10  
info@testo.cz

**DENMARK**

Buhl & Bonsoe A/S  
2830 Virum  
Tel. 45 95 04 10  
Fax 45 95 04 12  
inf@buhl-bonsoe.dk

**EGYPT**

Future Plants Contractors  
Heliopolis 11361, Cairo  
Tel. (2) 4 18 67 79  
Fax (2) 4 18 95 04  
future98@intouch.com

**EL SALVADOR**

Eco Control S.A de C.V.  
San Salvador  
Tel. 2 60 66 01  
Fax 2 60 66 02  
eco.control@sv.intercomnet.net

**FINLAND**

Humitec Oy  
00410 Helsinki  
Tel. (9) 5 30 84 00  
Fax (9) 53 08 40 99  
testo@humitec.fi

**FRANCE**

testo Sàrl  
57602 Forbach  
Tel. 3 87 29 29 00  
Fax 3 87 87 40 79  
info@testo.fr

**GREECE**

Sigma Hellas Ltd.  
18536 Piraeus  
Tel. (210) 4 52 27 45  
Fax (210) 4 51 90 20  
sales@sigmahellas.gr

Sigma Hellas Ltd.  
54644 Thessaloniki  
Tel. (23 10) 98 80 40  
Fax (23 10) 98 92 72  
sigmaweb@hol.gr

**GREAT BRITAIN/IRELAND**

Testo Ltd.  
Alton, Hampshire GU34 2QJ  
Tel. (14 20) 54 44 33  
Fax (14 20) 54 44 34  
info@testo.co.uk

**HUNGARY**

Testo Kft.  
1139 Budapest  
Tel. 237 17 47  
Fax 237 17 48  
testo@testo.hu

**ICELAND**

Rafn Jensson, Mechanical  
Engineers ehf  
110 Reykjavik  
Tel. 5 67 80 30  
Fax (2) 4 18 95 04  
rj@rj.is

**INDIA**

Siskin Instruments Co. Ltd.  
Bangalore 560 054  
Tel. (80) 3 60 25 60  
Fax (80) 3 60 36 79  
siskin@eth.net

**WAAREE Instruments Ltd.**

Mumbai 400 093  
Tel. (22) 26 87 47 78  
Fax (22) 26 87 36 13  
waaree@waaree.com

**IRAN**

Mehr Kanaz Sanat Co.  
Tehran  
Tel. (21) 2 26 26 89  
Fax (21) 2 22 37 77  
info@mehr-kanaz.com

**ISRAEL**

Manoraz Ltd.  
Azur 58001  
Tel. (3) 5 59 33 99  
Fax (3) 5 58 44 95  
david@manoraz.com

**ITALY**

Testo S.p.A.  
20019 Settimo Milanese (MI)  
Tel. (02) 3 35 19 - 1  
Fax (02) 3 35 19 - 200  
info@testo.it

**JAPAN**

Testo K.K.  
Yokohama 222-0033  
Tel. (45) 4 76 22 88  
Fax (45) 4 76 22 77  
info@testo.co.jp

**JORDAN**

Al-Masar Technique Est.  
Sahab 115-12  
Tel. (6) 4 02 95 22  
Fax (6) 4 02 35 64  
masar@joinnet.com.jo

**KOREA (Republic of)**

Testo (Korea) Ltd.  
Seoul 150-102  
Tel. (2) 6 72 72 00  
Fax (2) 6 79 98 53  
testo@testo.co.kr

**MALTA**

Technoline Ltd.  
Gzira GZR 06  
Tel. (21) 34 23 66  
Fax (21) 34 39 52  
admin@technoline-mt.com

**MACEDONIA**

Pharmachem Skopje  
1060 Skopje  
Tel. (2) 33 11 93  
Fax (2) 33 14 34  
farmahem@mt.net.mk

**MEXICO**

Grupo de Instrumentación y  
Medición Industrial de México, S.A.  
de C.V.  
08920 Mexico, D.F.  
Tel. (55) 56 34 04 02  
Fax (55) 56 33 04 01  
scc@gimin.com

**MOROCCO**

A.F.M.I.L. SARL  
Bevedere-Casablanca  
Tel. (22) 24 01 84  
Fax (22) 24 01 87  
Belha3@caramail.com

**NETHERLANDS**

Testo B.V.  
1314 BH Almere-Stad  
Tel. (36) 5 48 70 00  
Fax (36) 5 48 70 09  
info@testo.nl

**NEW ZEALAND**

Eurotec Instruments Ltd.  
Auckland  
Tel. (9) 5 79 19 90  
Fax (9) 5 25 33 34  
cfarmer@eurotec.co.nz

**NICARAGUA**

Adolfo Gröber & Cia Ltda.  
Managua  
Tel. 2 66 51 36  
Fax 2 66 51 39  
agroeber@cablenet.com.ni

**NORWAY**

Max Sievert A/S  
0134 Oslo  
Tel. (22) 17 30 85  
Fax (22) 17 25 11  
firmapost@maxsievert.no

**PERU**

JJL Asociados S.A.  
Lima 17  
Tel. (1) 2 61 17 52  
Fax (1) 2 61 46 07  
jjlasociados@hotmail.com

**PHILIPPINES**

Keystone Industrial  
Trading Corporation  
Pasay City 1300,  
Tel. (2) 8 31 95 71  
Fax (2) 8 31 40 13  
keystone@globenet.com.ph

**POLAND**

Testo Sp. z.o.o.  
02-362 Warszawa  
Tel. (22) 8 63 74 22  
Fax (22) 8 63 74 15  
testo@testo.com.pl

**PORTUGAL**

Testo Portugal Lda.  
3800-559 Cacia (Aveiro)  
Tel. 9 67 60 45 34  
Fax 2 34 08 37 08  
testo@netvisao.pt

**ROMANIA**

Test Line SRL  
72217 Bucharest  
Tel. (21) 6 87 34 62  
Fax (21) 2 42 68 24  
testline@customers.digiro.net

**SINGAPORE/MALAYSIA/**

**INDONESIA**  
Futron Electronics PTE LTD  
Singapore 329 714  
Tel. (65) 62 50 24 56  
Fax (65) 62 50 65 92  
futron@cyberway.com.sg

**SLOVAKIA**

K - Test s.r.o.  
042 60 Kosice  
Tel. (1) 55 625 36 33  
Fax (1) 55 625 36 33  
ktest@kbc.sk

**SLOVENIA**

Tehnounion D.D.  
1000 Ljubljana  
Tel. (1) 5 13 50 88  
Fax (1) 5 13 52 96  
matjaz.ponikvar@tehnounion.si

**SOUTH AFRICA**

Unitemp  
Landsdowne, Cape Town, 7779  
Tel. (21) 7 62 89 95  
Fax (21) 7 62 89 96  
info@unitemp.com

**SPAIN**

Instrumentos Testo S. A.  
08348 Cabrils (Barcelona)  
Tel. (93) 753 95 20  
Fax (93) 753 95 26  
info@testo.es

**SWEDEN**

Nordtec Instrument  
40241 Göteborg  
Tel. (31) 7 04 10 70  
Fax (31) 12 50 42  
nordtec@nordtec.se

**SWITZERLAND**

Testo AG  
8604 Volketswil  
Tel. (1) 9 08 40 50  
Fax (1) 9 08 40 51  
info@testo.ch



**SYRIA**

Medical Business Center  
Damascus  
Tel. (11) 2 32 23 01  
Fax (11) 2 32 23 02  
bahah@net.sy

**TAIWAN, R.O.C.**

Hot Instruments Co. Ltd.  
Chungho City, 235  
Tel. (2) 89 23 23 18  
Fax (2) 89 23 23 17  
info@testoag.com.tw

**THAILAND**

Entech Associate Co. Ltd.  
Bangkok 10210  
Tel. (2) 9 54 54 99  
Fax (2) 9 54 54 95  
info@entech.co.th

**TUNISIA**

Starepr  
2000 Le Bardo  
Tel. (71) 50 92 86  
Fax (71) 58 49 20  
afri.sta@gnet.tn

**TURKEY**

Testo Elektronik ve Test Ölçüm  
Cihazlari Dis Ticaret Ltd. STI  
80290 Gayrettepe-Istanbul  
Tel. (212) 2 17 01 55  
Fax (212) 2 17 02 21  
info@testo.com.tr

**UNITED ARAB EMIRATES**

Enviro engineering (W.L.L.)  
General Trading  
Dubai  
Tel. (14) 2 27 70 20  
Fax (14) 2 23 36 83  
envireng@emirates.net.ae

**USA**

Testo Inc.  
Flanders, NJ. 07836  
Tel. (973) 2 52 17 20  
Fax (973) 2 52 17 29  
info@testo.com

**VENEZUELA**

G & M International Service, C. A.  
San Antonio de los Altos,  
Edo. Miranda  
Tel. (2) 3 72 77 70  
Fax (245) 5 71 67 74  
gminter@cantv.net

Sermatic srl

Carabobo  
Tel. (45) 71 36 35  
Fax (45) 71 36 35  
nugece@cantv.net

**VIETNAM**

MTC  
Measuring and Testing  
Equipment Company Ltd.  
Hanoi  
Tel. (4) 7 33 36 36  
Fax (4) 7 33 21 03  
mtc-hn@hn.vnn.vn

**SMICO**

Scientific Equipment & Measuring  
and Testing  
Hanoi  
Tel. (4) 8 46 50 57  
Fax (4) 8 46 50 64  
smico@fpt.vn

Stand: 11.12.02

Stets aktualisierte Adressdaten unse-  
rer Töchter und Landes-Vertriebs-  
partner finden Sie im Internet unter:

**www.testo.de**

Notizen

Series of horizontal lines for notes.

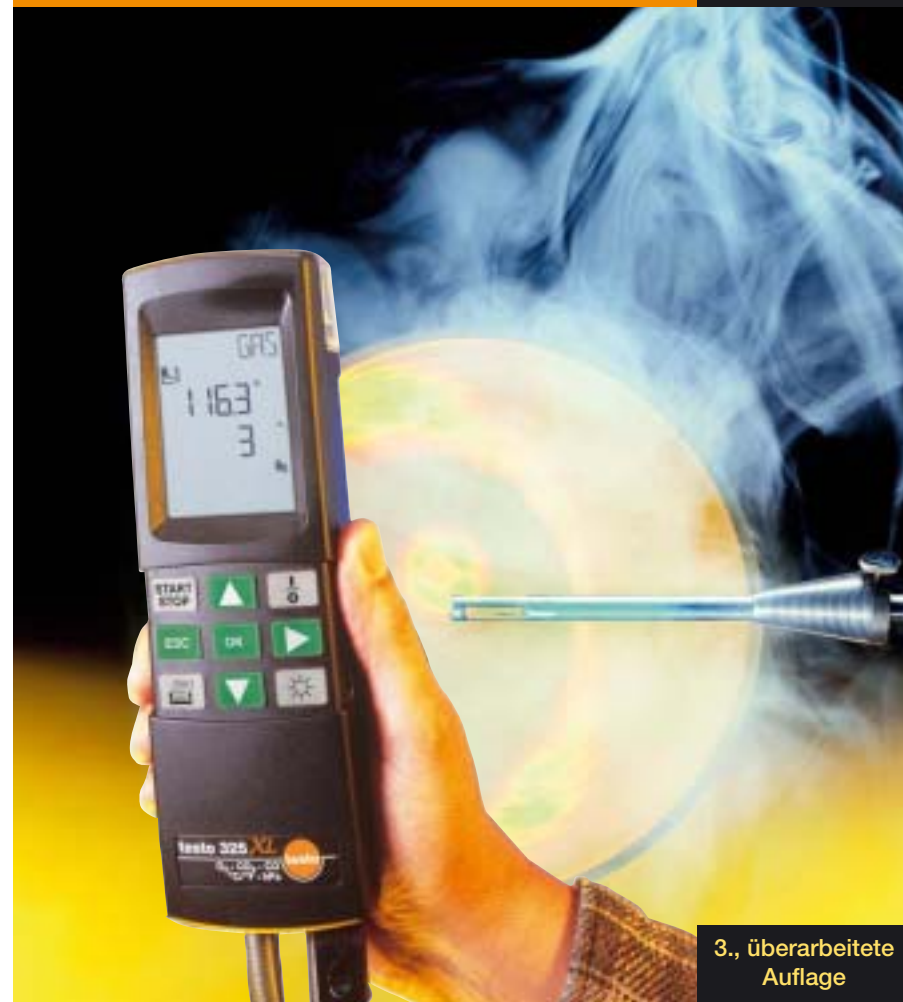




Praxis-Fibel

# Heizungs-Messtechnik

Mit praktischen Hinweisen, Tipps und Tricks



°C

O<sub>2</sub>

CO

NO

NO<sub>2</sub>

NO<sub>x</sub>

λ / qA

Eta

3., überarbeitete Auflage

0980.2383/dk/R/02.2003

### testo AG

Postfach 1140, 79849 Lenzkirch  
Testo-Straße 1, 79853 Lenzkirch  
Tel.: 07653 681-700  
Fax: 07653 681-701  
info@testo.de  
www.testo.de



### Kopiervorlage

Diese Seite beliebig oft kopieren und die ausgefüllte Kopie per Post zurücksenden oder faxen.

### Verbesserungsvorschlag / Produktinfo-Anforderung

An:

**testo AG**  
Postfach 1140  
79849 Lenzkirch  
Fax: 07653 681-701

Absender:

Name \_\_\_\_\_  
 Abteilung \_\_\_\_\_  
 Straße, Nr. \_\_\_\_\_  
 PLZ, Ort \_\_\_\_\_  
 Telefon \_\_\_\_\_  
 Fax \_\_\_\_\_  
 Datum, Unterschrift \_\_\_\_\_

Ich möchte weitere Informationen zu folgenden Produkten:

- testo 305  testo 325  testo 300 M/XL  testo 300 XXL  Kompakt-Gastrockner  
 testo 312  testo 316  testo 317

Um diese Rauchgasfibel immer auf dem neuesten Stand zu halten und sie an die Anforderungen in der Praxis anzupassen, sind wir für jeden Verbesserungsvorschlag dankbar.

Ich habe folgenden Verbesserungsvorschlag:

Kapitel	Seite	Thema	Vorschlag