



Praxis-Fibel

## Überprüfen und Abgleichen von portablen Abgas-Analysegeräten



**testo AG**

Postfach 1140, 79849 Lenzkirch

Testo-Straße 1, 79853 Lenzkirch

Tel.: 07653 681-700

Fax: 07653 681-701

E-Mail: [info@testo.de](mailto:info@testo.de)

Internet: [www.testo.de](http://www.testo.de)

0980.2313/dk/R/11.2003

## Vorwort

Dieser Leitfaden spricht den Anwender von Testo-Abgasanalysegeräten an, der sich aufgrund von besonderen Anforderungen hinsichtlich Qualität oder Genauigkeit mit dem Abgleich und der Überprüfung mittels Prüfgasen beschäftigt.

Er enthält alle Antworten auf Fragen, die im Laufe der Zeit bei Testo zu diesem Thema aufgelaufen sind.

Für diejenigen Anwender der Geräte, die sich in dieses Thema nicht intensiv einarbeiten möchten, bietet Testo nahezu weltweit den Service der regelmäßigen Überprüfungen und Abgleiche (auch mit Kalibrierprotokoll).

Der vorliegende Leitfaden unterstützt die Entscheidung des Anwenders, welche Art der Überprüfung er vorziehen soll.

Weiter bietet er Informationen, die den Rahmen einer Bedienungsanleitung von Analysegeräten sprengen würden.

Was fehlt? Was wurde nicht intensiv genug behandelt? Ihre Anregungen, Ergänzungen und Verbesserungsvorschläge zu diesem Leitfaden sind uns willkommen. Sie werden in der nächsten Auflage Berücksichtigung finden.

Der Vorstand

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Burkart Knospe'.

Burkart Knospe

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wolfgang Hessler'.

Wolfgang Hessler

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martin Schulz'.

Martin Schulz





## Inhaltsverzeichnis

Kap.	Inhalt.....	Seite
<b>1</b>	<b>Begriffserklärung</b> z.B. Kalibrierung/Abgleich/Justierung/ Prüfung/Nullpunkt usw. ....	6
<b>2</b>	<b>Grundlagen Prüfgas</b> Hinweis Hersteller Prüfgase, ppm/vpm/ mgr/m <sup>3</sup> , Sicherheitshinweise, Internetadressen, Prüfgaskombinationen .....	8
<b>3</b>	<b>Hardware für Abgleich (Material, Aufbau)</b> Gasbeaufschlagungen - Hinweise .....	13
<b>4</b>	<b>Abgleich / Justierung</b> 4.1 Werksabgleich bei Testo Abgasanalysegeräten .....	16
	4.2 Abgleich/Nachabgleich bei Testo Geräten/ Möglichkeiten für den Kunden .....	19
	4.3 Abgleichintervalle .....	20
	4.4 Empfehlungen Gaskonzentrationen .....	21
	4.5 Querempfindlichkeit .....	23
<b>5</b>	<b>Beispiel „Schritt für Schritt“</b> .....	25
<b>6</b>	<b>Troubleshooting</b> .....	28
<b>7</b>	<b>Testo RGA Geräte</b> Übersicht .....	31
	Heizung .....	32
	Industrie.....	38
<b>8</b>	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	46
<b>9</b>	<b>Testo Adressen</b> .....	48
	<b>Info-Anforderung</b> .....	55

## 1. Begriffserklärung

Im Zusammenhang mit Prüfgasen und Abgasmessgeräten tauchen immer wieder die folgenden Begriffe auf:

### **Kalibrierung**

Die Bestimmung unter vorgegebenen Bedingungen der gegenseitigen Zuordnung zwischen der Anzeige des Analysegerätes einerseits und den zugehörigen Werten einer durch ein Normal dargestellten Größe (hier Prüfgas) andererseits. Ergebnis einer Kalibrierung:  $\Rightarrow$  Messabweichung.

### **Abgleich oder Justierung**

Beseitigung der verfälschend wirkenden, systematischen Messabweichung für die vorgesehene Anwendung, z.B. Neuabgleich mit Prüfgas bei nachlassender Sensorempfindlichkeit.

### **Eichung**

Die Eichung eines Messgerätes umfasst die nach den Eichvorschriften (z.B. Eichgesetz, Eichordnung) vorzunehmenden Qualitätsprüfungen und Kennzeichnungen. Eine Eichung eines Abgasanalysegerätes ist faktisch nicht möglich.

### **(Mess-) Abweichung (Genauigkeit)**

Messanzeige minus dem wahren Wert der Messgröße. Hier gibt es verschiedene Darstellungsformen:

- relative Abweichung vom Messwert
- relative Abweichung auf den Messbereichsendwert bezogen
- Absolutangabe beispielsweise in Vol. % oder ppm.

### **Reproduzierbarkeit (Wiederholpräzision)**

Standardabweichung einer Messwertreihe von in kurzen Zeitabständen wiederholten Messungen, die nach einem festgelegten Messverfahren an denselben Teilen mit dem gleichen Bediener, derselben Ausrüstung und am selben Ort durchgeführt wurden.

### **Linearität**

Abweichung der über einen Messbereich angezeigten Messwerte zu den richtigen Werten.

**Nullpunkt**

Sensorsignal-Geräteanzeige bei Abwesenheit des nachzuweisenden Gases (= „Zielgas“).

**Steigung/Empfindlichkeit**

Sensorsignal pro beaufschlagter Konzentration(seinheit). Dies wird im Abgleich ermittelt und für spätere Messungen gespeichert.

**Messbereich**

Dies ist der Konzentrationsbereich in dem das Zielgas vom Sensor/Gerät mit der spezifizierten Genauigkeit gemessen werden kann.

**Querempfindlichkeit**

Eigenschaft von Sensoren, nicht nur auf das nachzuweisende Zielgas, sondern auch auf andere Gase zu reagieren. Eine Querempfindlichkeit ist zumeist unerwünscht.

**Ansprechzeit**

Zeitdauer, die der Sensor/das Gerät benötigt, um auf die beaufschlagte Konzentration mit einem stabilen Signal / einer stabilen Anzeige zu reagieren. In der Praxis werden  $t_{xy}$ -Zeiten angegeben, z.B.  $T_{90}$ -Zeit. Dies ist die Zeitdauer bis 90% der beaufschlagten Konzentration angezeigt werden.

**Oxidation**

Verbindung von Elementen, bzw. die Verbindung mit Sauerstoff. Bei Gasen ist dies beispielsweise die Oxidation von NO zu NO<sub>2</sub>.

**Absorption**

Hierunter versteht man das Eindringen von Gasen oder Gasgemischen in Flüssigkeiten oder feste Stoffe. So wird beispielsweise NO<sub>2</sub> von Gummi oder Silikonschläuchen aufgenommen/gebunden.

**Adsorption**

Adsorption liegt dann vor, wenn Gase bei Berührung mit einem festen Stoff, z.B. Innenwände eines Schlauches, allein durch die Oberflächenkräfte festgehalten werden. Diese „festgehaltenen“ Gase werden danach unkontrolliert wieder abgegeben (z.B. NO<sub>2</sub>-Anzeige, obwohl gar kein NO<sub>2</sub>-Gas mehr anliegt).

## 2. Grundlagen Prüfgase

Für die Kalibrierungen und den Abgleich von Abgasanalysegeräten werden Prüfgase verwendet. Je nach Gerät, Bestückung und Sensoren werden unterschiedliche Gasgemische benötigt.

### Gasgemische:

Gasgemische sind homogene Mischungen unterschiedlicher Atom- bzw. Molekülarten. Es stehen eine Vielzahl von Gasen und Kombinationsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Herstellung von Gasgemischen wird jedoch durch physikalische und chemische Eigenschaften der Komponenten sowie durch sicherheitstechnische Aspekte eingeschränkt.

Die Auswirkungen (Querempfindlichkeiten) auf jeweils andere Sensoren bei einem vollbestückten Analysegerät mit 5 oder 6 Sensoren ergeben sich durch die Verwendung mehrerer Flaschen mit Einzelkonzentrationen (z. B. 100 ppm NO, Rest N<sub>2</sub>).

### Komponenten:

Als Komponenten werden die Gasbestandteile CO, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> usw. eines Gemisches bezeichnet. Angaben hierzu finden Sie z. B. auf dem Analysezertifikat.

### Trägergas/Grundgas:

Dieses Gas macht den Hauptbestandteil des Gemisches aus. Als Trägergas wird hauptsächlich Stickstoff (N<sub>2</sub>) oder synthetische Luft verwendet.

### Angabe von Gehalt/Konzentration:

Am besten eignet sich die Angabe des Stoffmengenanteils, da dieser unabhängig von Druck und Temperatur ist. Gebräuchliche Einheiten sind ppm (parts per million/Teile von 1 000 000) oder % (Teile von 100). Umrechnung: 1 % = 10 000 ppm.

Ebenfalls gebräuchliche Angaben sind Volumenanteil vpm (volume per million) oder Massenanteil kg/m<sup>3</sup>. Diese sind jedoch druck- und temperaturabhängig und brauchen die Angabe des Bezugszustandes, zum Beispiel die Normbedingungen Temperatur 0 °C = 273,15 K und Druck = 1 013 hPa.



In der Praxis sind viele Gemische näherungsweise als Gemisch idealer Gase anzusehen, bei denen eine gleiche Stoffmenge der jeweiligen Komponenten das gleiche Volumen beansprucht. Das heißt, die Stoffmengenangabe ppm und die Volumenangabe vpm sind in dieser Näherung gleichzusetzen.

**Genauigkeit von Prüfgas/Zertifikat:**

Prüfgase können in verschiedenen Genauigkeitsklassen bezogen werden. Die erreichbare Präzision hängt von der Art und dem Gehalt der gewünschten Komponente ab.

Für Analysegeräte wird üblicherweise Prüfgas mit einer Analysetoleranz (entspricht nicht der Herstellertoleranz) von 2 % v. Mw. verwendet.

Wichtig ist für die Rückverfolgbarkeit, dass Prüfgase mit Herstellerzertifikat verwendet werden.

**Angaben auf dem Analysezertifikat:**

- *Herstellertoleranz*  
Dies ist die maximal zulässige Abweichung einer Komponente (Ist-Wert) vom vorgegebenen Soll-Wert bei der Herstellung des Gasgemisches.
- *Analysentoleranz*  
Nach der Herstellung des Gemisches wird die genaue Zusammensetzung mit rückführbaren Analysemethoden bestimmt. Die Analysentoleranz gibt die maximale Abweichung des auf dem Zertifikat angegebenen Messwerts vom wahren Wert einer Komponente an.
- *Stabilität und Verwendungsdauer*  
Gasgemische sind je nach Art nicht zeitlich unbegrenzt lager- und verwendbar. Dieses „Verfallsdatum“ muss auf dem Analysezertifikat angegeben werden. Typisch sind 2 Jahre bei Standardgasgemischen.
- *Fülldruck und minimaler Verwendungsdruck*  
Der Fülldruck entspricht dem Flaschendruck einer neuen Flasche bei Bezugstemperatur. Der minimale Verwendungsdruck darf nicht unterschritten werden, da sonst stabile Konzentrationsverhältnisse nicht mehr gewährleistet sind.



- *Lagertemperatur*

Die Lagertemperatur sollte eingehalten werden, um die Veränderung des Gasgemisches über die Zeit bzw. Adsorptionseffekte bei zu niedrigen Temperaturen zu vermeiden.

**Prüfgasbehälter:**

Die Prüfgase sind in Druckflaschen bei den speziellen Gasherstellern erhältlich. In Europa sind als gängige Flaschengrößen 50, 40, 10 und 2 Liter Füllmenge gebräuchlich.

Diese Flaschen sind auf Miet-/Pfandbasis zu beziehen. Darüber hinaus sind auch kleinere Aluminium- (Einweg-)flaschen mit niedrigem Fülldruck und Inhalt erhältlich.

Der typische Standardfülldruck der größeren Stahlflaschen beträgt ca. 150 bar bzw. 200 bar. Dies bedeutet bei einer 10 Liter-Flasche ein nutzbares Volumen von 1 500 Liter Gas.

Für portable Abgasanalysegeräte mit einem Durchsatz von 1,0 bis 1,2 l/min geht man von einem Bedarf pro Kalibrierung/Abgleich von 5 bis 6 Liter Gas aus (pro Sensor) bei Einzelgasen.

Dies bedeutet für die oben genannte 10 Liter-Flasche ca. 300 Überprüfungen/Abgleiche. Für die Bestimmung der optimalen Flaschengröße muss auch beachtet werden, dass die maximale Verwendungsdauer des Prüfgases ca. 2 Jahre beträgt. Nach 2 Jahren sollten auf jeden Fall die Prüfgase nicht mehr verwendet werden, unabhängig vom Restgehalt der Flasche.

**Prüfgaskombination - Mehrfach- oder Einzelgase?**

Unter einem Einzelgas ist ein Gasgemisch mit dem gemischten Stoff und einem Trägergas (Restgas) zu verstehen. Beispiel: 300 ppm CO, Rest Stickstoff (N<sub>2</sub>).

Mehrfachgase enthalten mehr als eine der gewünschten Komponenten (maximal 4). Hier muss jedoch darauf geachtet werden, dass nicht alle Kombinationen möglich sind.

Mehrfachgase sind auch in der Regel etwas teurer und haben teilweise auch eine kürzere Verwendungsdauer. Vorteil von Mehrfachgasen ist die Reduzierung der Flaschenanzahl und somit ein einfacheres Handling. Empfehlung: Die Hersteller haben Standardkom-



binationen (Mischungen) vorrätig. Bei der Beschaffung ggfs. diese Standardkonzentrationen bevorzugen.

Zu beachten bei der Verwendung von Mehrfachgasen sind evtl. Querempfindlichkeiten von Gassensoren (siehe Punkt 4.5). Beispiel: Ein SO<sub>2</sub>-Sensor mit NO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit kann nicht mit Mischgas mit NO<sub>2</sub>-Anteil abgeglichen werden.

#### Sicherheitshinweise zum Umgang mit Prüfgasen:

Der Umgang mit Prüfgasen erfordert besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich der Sicherheit. Hier ist auf die TRGS 280 (Betreiben von Druckgasbehältern) hinzuweisen.

Wichtige Sicherheitsaspekte in der Übersicht (nicht vollständig):

- Gasflaschen müssen grundsätzlich gegen Umfallen gesichert sein, zum Beispiel mit Ketten oder Gurten.
- Lagerung und Verwendung der Prüfgasflaschen nur in gelüfteten Räumen bzw. über Abzug. Vergiftungsgefahr!

Die maximale Arbeitskonzentration und deren Kurzzeitwert darf nicht überschritten werden.

Gas	MAK-Wert	Kurzzeitwert-Höhe	Kurzzeitwert - Dauer
CO	30 ppm	60 ppm	30 min
CO <sub>2</sub>	5 000 ppm	1 %	60 min
NO	5 ppm	10 ppm	5 min
NO <sub>2</sub>	5 ppm	10 ppm	5 min
SO <sub>2</sub>	2 ppm	4 ppm	5 min
NH <sub>3</sub>	50 ppm	100 ppm	5 min
H <sub>2</sub> S	10 ppm	20 ppm	10 min



- Bei explosiven Gasen die Explosionsgrenze beachten:  
Methan 5 %, Propan 2,1 % und Hexan 1 %.
- Beim Transport (zum Beispiel PKW, Flugzeug, usw.) sind weitere Vorschriften zu beachten.

#### **Bezugsquellen für Prüfgase:**

Die nachfolgende Liste zum Bezug von Prüfgasen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und soll keine Empfehlung darstellen:

<b>Lieferant</b>	<b>Internet-Adresse / E-Mail</b>
Messer	<a href="http://www.spezialgase.de">www.spezialgase.de</a>
Linde	<a href="http://www.linde-gas.com">www.linde-gas.com</a>
Air Liquide	<a href="http://www.airliquide.com">www.airliquide.com</a>
Praxair	<a href="http://www.praxair.com">www.praxair.com</a>
British Oxygen	<a href="http://www.boc.com">www.boc.com</a>
Westfalen AG	<a href="http://www.westfalen-ag.de">www.westfalen-ag.de</a>
Realgas	E-Mail: <a href="mailto:real-gas@t-online.de">real-gas@t-online.de</a>
Chemogas N.V.	<a href="http://www.chemogas.com">www.chemogas.com</a>
Air Products	<a href="http://www.airproducts.com">www.airproducts.com</a>

### 3. Hardware für den Abgleich bzw. Überprüfung (Materialaufbau)

Bei der eingesetzten Hardware muß hinsichtlich der Materialien folgendes beachtet werden:

Die Druckminder-Fittings und -Leitungen an und von den Gasflaschen sollten aus Edelstahl sein (Grund: aggressive, korrosive Gase). Bei Flaschen mit Außengewinde in Messingausführung (z.B. für CO, CO<sub>2</sub>) kann aus Kostengründen der Druckregler ebenfalls aus Messing sein.

Bei reaktiven Gasen, wie NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> müssen Schlauchmaterialien eingesetzt werden, bei denen eine Absorption vernachlässigbar gering ist. Empfohlene Materialien: Teflon® (PTFE), Viton®, Tygon® oder C-Flex®.

#### Gasbeaufschlagung eines Analysegerätes

Die Gasbeaufschlagung des Abgasanalysegerätes sollte möglichst drucklos sein. Idealerweise wird für die Gasbeaufschlagung ein Bypass mit Anzeige des Prüfgasüberflusses eingesetzt (Messbereich 0...2 Liter/Minute). Mit Hilfe dieses Gasflussmessers (Flowmeter) ist gewährleistet, dass einerseits keine Umgebungsluft angesaugt wird und andererseits nicht unnötig Prüfgas über den Bypass-Ausgang „verschwendet“ wird.

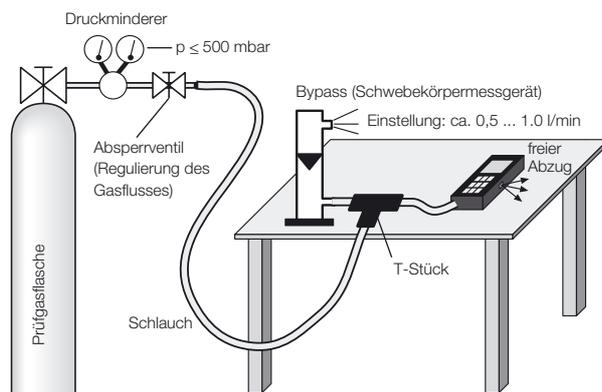


Abb.: Typischer Aufbau und Verschlauchung

Alternativ kann unter Verwendung eines Feindruckreglers das Prüfgas direkt ohne Bypass aufgegeben werden.

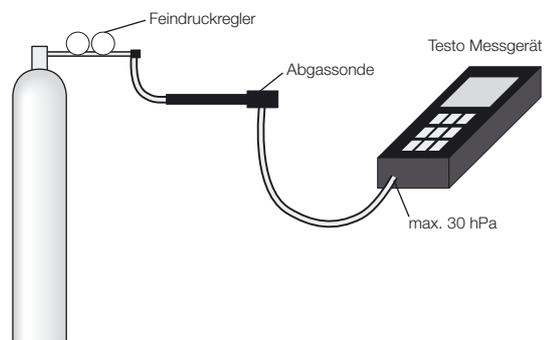


Abb.: Gasabgleich über Feindruckregler

Bei dieser Prüfgasaufgabe muss der Druck  $<30$  hPa sein. Ein höherer Druck führt zu falschen Ergebnissen. Der ideale empfohlene Maximaldruck am Gaseingang beträgt 20 hPa. Für eine Kontrolle des Gasdrucks kann ggfs. die Differenzdruckmessung des Analysegerätes verwendet werden.

### Allgemeine Hinweise

Vor Gasabgleich muss eine Dichtigkeitsüberprüfung der Geräte und der Gaswege von den Prüfgasflaschen durchgeführt werden. Dazu wird z.B. der Gaseingang verschlossen und bei Geräten mit integrierter Durchflussmessung eine Anzeige von  $<0,03$  l/min erreicht.

Bei Gasen mit Absorptionseffekten wie z.B.  $\text{NO}_2$  und  $\text{SO}_2$ , sollte das Prüfgas über die Sondenspitze beaufschlagt werden. Dadurch werden Absorptionseffekte im Gasweg über diesen Gasabgleich kompensiert, was zu möglichst genauen Realgasmessungen führt.



**Besondere Hinweise für den Abgleichvorgang:**

- R Während des Gasabgleichs auf gleichbleibende Umgebungstemperatur achten.
- R Warm-Up Zeit der Geräte abwarten (z.B. ca. 30 Minuten bei testo 350 M/XL).
- R Um die höchstmögliche Genauigkeit zu erreichen, herrschen idealerweise während des Gasabgleichs die gleichen Umgebungsbedingungen wie bei der Realgasmessung.
- R Prüfgaskonzentration für den Steigungsabgleich nicht zu niedrig wählen. Empfehlung siehe Punkt 4.4.
- R Nullpunkt und Steigungswert muss vor dem Auslösen des Abgleichs stabil sein.
- R Bei Mischgasen Einflüsse durch Querempfindlichkeiten beachten. Eventuell muß die entsprechende Querempfindlichkeit ebenfalls abgeglichen werden (z.B. testo 360).

**Beispiel für einen Querempfindlichkeitsabgleich beim testo 360:**

SO<sub>2</sub>-Sensor Querempfindlichkeit gegen NO<sub>2</sub>. Im ersten Schritt muss der SO<sub>2</sub>- und der NO<sub>2</sub>-Sensor richtig abgeglichen sein (ggfs. Nachjustierung durchführen). Im zweiten Schritt wird das Quergas NO<sub>2</sub> dem SO<sub>2</sub>-Sensor beaufschlagt und dessen Querempfindlichkeit abgeglichen. Die Prüfgaskonzentrationen sollten möglichst den Konzentrationen im Realgas angepasst werden (falls innerhalb der Testo Empfehlung für Steigungsabgleich).

## 4 Abgleich / Justierung

### 4.1 Werksabgleich bei Testo Abgasanalysegeräten

Jedes Abgasanalysegerät durchläuft in der Fertigung bzw. nach einer Reparatur/Service bei Testo einen computergesteuerten Abgleich und Prüfzyklus, bei dem verschiedenste Prüfgase beaufschlagt werden. Während diesem Arbeitsschritt werden die Sensoren und das Gerät auf „Herz und Nieren“ geprüft.



Bild: Abgleichschrank für Testo Analysegeräte

Insgesamt werden bis zu 17 verschiedenen Gasmischungen bei Testo verwendet, je nach Gerätetyp und Bestückung der Geräte. Die unterschiedlichen Gasmischungen sind sowohl für den Abgleich notwendig, als auch für die nachfolgende Überprüfung. Diese wird mit anderen Konzentrationen wie der Abgleich selbst durchgeführt. Die weiteren Abgleichpunkte (Steigungspunkt) sind so gewählt, dass das Gerät über den gesamten angegebenen Messbereich verwendet werden kann und so die universelle Verwendbarkeit in der Praxis ohne zusätzlichen Abgleich gegeben ist. Das Ergebnis der Prüfgasüberprüfung mit anderer Konzentration wie der Abgleich, ist auf dem Abgleichprotokoll dokumentiert. Dieses Abgleichprotokoll (= Kalibrierprotokoll) ist jedem Gerät beigelegt.



**testo** **Kalibrier-Protokoll**  
 Calibration protocol • Protocol d'Etalonnage  
 Protocollo di calibrazione • Informe de calibración

Gerät / Modelle type / Type de modèle / Prodotto / Modelo: **350 XL**  
 Serien-Nummer / Serial No. / No. de série / No. Serie strumento / n° de serie: **1383087**

Temperaturmessung Temperature measurement Misura de temperatura Medición de temperatura	Referenz Reference Valore campione Referencia	Wert Actual value Valore misurato Valor medido	Abw. / Abweichung Permissible deviation Diferencia admisible Desviación permitida
Verdichtungslufttemp. / Ambient air temp. Temperatura d'air de combustion Temperatura aria ambiente Temperatura ambiente	100.0 °C	100.0 °C	± 0.5 °C
Abgas-temperatur / Flue gas temperature Temperatura des fumes Temperatura fumes Temperatura gases	100.0 °C	99.9 °C	± 0.5 °C

Zugdruckmessung Discharge pressure measurement Misura de pressione di scoppio Medición de escape	Referenz Reference Valore campione Referencia	Wert Actual value Valore misurato Valor medido	Abw. / Abweichung Permissible deviation Diferencia admisible Desviación permitida
	10.00 mbar	10.00 mbar	± 0.10 mbar

Gasanalyse / Gas values (Values de gas métricas / Pargento) (Composición del gas / Gases patite)	Gas	Skizze Reference Valore campione Referencia	Wert Actual value Valore misurato Valor medido	Abw. / Abweichung Permissible deviation Diferencia admisible Desviación permitida
912AA	O <sub>2</sub>	21.9 %	21.9 %	± 0.2 %
9485	CO	1.4 %	1.4 %	± 0.2 %
899A	CO	5.0 %	5.0 %	± 0.2 %
912AA	CO	128 ppm	131 ppm	± 10 ppm
899A	CO	420 ppm	400 ppm	± 20 ppm
8831	CO	1200 ppm	1220 ppm	± 50 ppm
912AA	NO	140 ppm	140 ppm	± 7 ppm
91670	NO	181 ppm	180 ppm	± 5 ppm
109440	NO	161.5 ppm	161.5 ppm	± 3.0 ppm
9428A	CH <sub>4</sub>	4770 ppm	4820 ppm	± 477 ppm

testo QUALITÀ

9007

144

Bild: Abgleichprotokoll des testo 350 XL nach Verlassen des Werkes



**Verwendete Prüfgaskonzentrationen für den Werksabgleich  
(Stand August 2003)**

	<b>Abgleichgas*</b>	<b>Testo Messgerät</b>						
		testo 325 -I	testo 325 M	testo 325 XL	testo 300	testo 300 XXL	testo 350 M/XL	testo 360
CO	400 ... 1000 ppm CO 0...10.000 ppm			X	X	X	X	X
CO <sub>low</sub>	300 ... 400 ppm CO 0...500 ppm						X	
CO <sub>high</sub>	5 000 ppm CO 0...40.000 ppm	X						
CO	700 ppm CO 0...2 000 ppm	X	X					
NO (Standard)	60 ... 800 NO	X			X	X	X	X
NO <sub>low</sub>	40 ... 300 NO						X	
NO <sub>2</sub>	100 ... 200 ppm NO <sub>2</sub> Rest synthetische Luft					X	X	X
SO <sub>2</sub>	1000 ... 2000 ppm SO <sub>2</sub>	X			X		X	X
H <sub>2</sub> S	100 ... 200 ppm H <sub>2</sub> S						X	
HC (C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> )	4000 ... 5000 ppm CH <sub>4</sub> Rest synthetische Luft						X	X
CO <sub>2</sub>	15 ... 40 Vol.%						X	X

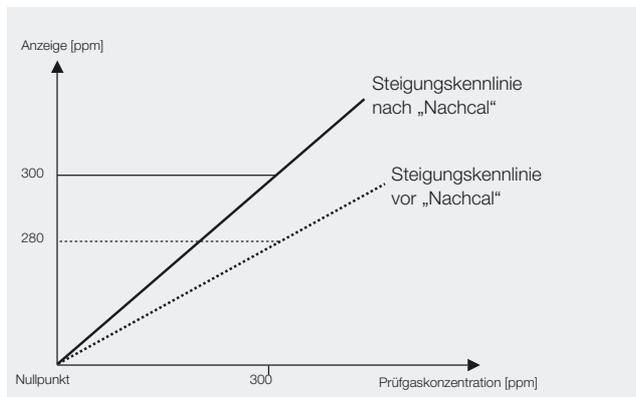
\* Rest N<sub>2</sub>, falls nicht anders angegeben

Für die anschließende Überprüfung werden andere Konzentrationen von Prüfgasen verwendet und in den Kalibrierprotokollen dokumentiert. Generell müssen bei der Überprüfung mit Prüfgas die in den Unterlagen wie Prospekt oder Bedienungsanleitung angegebenen Spezifikationen (Genauigkeiten) eingehalten werden.

## 4.2 Abgleich/Nachabgleich bei Testo Geräten - Möglichkeiten für den Anwender

Die meisten Testo Abgasanalysegeräte bieten dem Anwender die Möglichkeit, das Gerät mittels Prüfgasen zu überprüfen bzw. abzugleichen. Um dies so einfach und sicher wie möglich zu machen, wird eine 1-Punkt Nachjustierung („Nachcal.“) vorgenommen. Ausnahme ist hier das testo 360, das den vollen Bereich von Nullpunkt und Steigungspunkten anbietet. Diese Nachjustierung kann verwendet werden für:

- Einengung des Messbereichs auf spezielle Anforderungen (Erhöhung der Genauigkeit für einen bestimmten Messbereich)
- „Nachziehen“ des Sensorsignals nach Empfindlichkeitsverlust (Eliminierung der Sensoralterung).



Der Nullpunkt wird vom Messgerät selbsttätig in der Einschaltphase an Frischluft überprüft. Eine separate Nullpunktkorrektur ist bei elektrochemischen Messzellen im Vergleich zu optischen Sensoren nicht notwendig, da der Nullpunkt äußerst stabil ist.

Da für jegliche Nachjustierung und Kalibrierung Prüfgase zwingend notwendig sind, bietet Testo in den meisten Ländern den Service der Überprüfung, Nachjustierung und Kalibrierung im eigens eingerichteten Labor.

**Vorteile bei Inanspruchnahme dieses Services sind:**

- keine Prüfgasbevorratung notwendig
- notwendige Reparaturen, bzw. Servicearbeiten können gleich mit ausgeführt werden
- Lieferung eines „neutralen“ Zertifikates (Abgleichprotokoll)
- preisgünstig, da keine Investitionen hinsichtlich Gase usw. beim Anwender notwendig sind.

Die Adressen der jeweiligen Servicestellen sind im Anhang beigefügt.

### 4.3 Abgleichintervalle

Wann und wie oft mit Prüfgas überprüft werden soll, hängt von den Anforderungen an die Genauigkeit, bzw. die Rückverfolgbarkeit der Messergebnisse ab.

So wird bei offiziellen Messungen (TA-Luft, EPA) gefordert, dass vor jeder Messung eine Überprüfung gemacht und dokumentiert werden soll.

Für die (nicht durch Gesetz und Vorschriften regulierte) Praxis gelten folgende Empfehlungen für Prüfgasüberprüfung bzw. Abgleich:

**1 x pro Jahr**

Normaler Gebrauch, Konzentration im unteren Drittel der Messbereiche, keine besonderen Anforderungen an die Genauigkeiten.

**2 - 4 x pro Jahr (alle 3 bis 6 Monate)**

Häufiger Gebrauch, Langzeitmessungen (über mehrere Stunden), Konzentration bis zu 2/3 der Messbereiche, Genauigkeit ist recht wichtig.

**mehr als 12 x pro Jahr (monatlich)**

Täglicher Gebrauch, von den Messwerten hängt sehr viel ab, hohe Konzentrationen, Dauermessungen über mehrere Tage, Genauigkeit/Vergleichbarkeit ist äußerst wichtig.

#### 4.4 Empfehlungen Gaskonzentrationen

Idealerweise werden für den Abgleich („Nachcal“) Prüfgaskonzentrationen in dem Bereich der gemessenen Abgaskonzentrationen verwendet. Einschränkungen sind jedoch im unteren und oberen Messbereich zu machen.

1.) Die kleinsten, sinnvollen Prüfgaskonzentrationen für den **Abgleich** sind:

	kleinste Gaskonzentration
CO	150 ppm
CO <sub>low</sub>	50 ppm
NO	80 ppm
NO <sub>low</sub>	40 ppm
H <sub>2</sub> S	40 ppm
SO <sub>2</sub>	100 ppm
NO <sub>2</sub>	40 ppm
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	4000 ppm
CO <sub>2</sub>	2 Vol. %

2.) Die kleinsten Prüfgaskonzentrationen für die **Überprüfung** sind:

	kleinste Gaskonzentration	im Vergleich Nachweisgrenzen testo 350 M/XL
O <sub>2</sub>	0,5 ... 20,0 Vol. %	0,1 Vol. %
CO	10 ppm	2 ppm
CO <sub>low</sub>	5 ppm	0,8 ppm
NO	10 ppm	2 ppm
NO <sub>low</sub>	5 ppm	0,5 ppm
H <sub>2</sub> S	10 ppm	1 ppm
SO <sub>2</sub>	10 ppm	2 ppm
NO <sub>2</sub>	10 ppm	1 ppm
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	4000 ppm	100 ppm
CO <sub>2</sub>	0,5 Vol. %	0,2 Vol. %



Randbedingungen für die Verwendung geringer Konzentrationen sind:

- absorptionsfreies Schlauchmaterial verwenden
- Beaufschlagung des Prüfgases auf Sondenspitze
- Einzelgase verwenden, z.B. NO mit Stickstoff als Trägergas
- Gerät „angewärmt“ verwenden (warm-up Zeit mindestens 20 Minuten)
- Nach 20 Minuten nullen mit sauberer Luft
- Maximaler Überdruck des Prüfgases: 30 hPa;  
besser: druckfrei über Bypass
- Pumpenfluss im Gerät  $\geq 0,5$  l/min
- Beaufschlagung des Prüfgases mindestens 5 Minuten

Für den Abgleich in den höheren Konzentrationsbereichen genügt ein Prüfgas, dessen Konzentration ca. 25 - 30% des gewünschten Messbereichendwertes entspricht. Ein Abgleich am Messbereichsendwert sollte aufgrund einer erhöhten Sensorbelastung nur in Ausnahmefällen durchgeführt werden.

Empfohlene Gaskomponenten bei Mischgasen (z.B. für ein vollbestücktes testo 350 XL):

1. Flasche: CO + NO + N<sub>2</sub>
2. Flasche: SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>
3. Flasche: NO<sub>2</sub> + synthetische Luft
4. Flasche: H<sub>2</sub>S + synthetische Luft/N<sub>2</sub>
5. Flasche: CH<sub>4</sub>/Propan/Butan + synthetische Luft  
(Achtung! C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>-Messung mit Pellistorprinzip muss ein O<sub>2</sub>-Anteil > 2 % im Prüfgas vorhanden sein.)

Eine Verwendung von Prüfgasen mit  $O_2$ -Anteilen hat folgende Vorteile ( $O_2 < 5\%$ ).

- Prüfung der Genauigkeit der  $O_2$ -Anzeige
- Prüfung auf Dichtigkeit, bzw. Plausibilität der Anzeige
- Simulation von realen Abgasen.

Prüfgase ohne  $O_2$ -Gehalte ergeben keine Schädigung der elektrochemischen Messzelle, da der zur elektrochemischen Umwandlung benötigte Sauerstoff aus dem Elektrolyt der Zelle entnommen wird. Allerdings benötigt die Messzelle in regelmäßigen Abständen Frischluftphasen zur Regenerierung. Deshalb sollte bei der Gasüberprüfung oder dem Gasabgleich die Prüfgasbeaufschlagung nicht länger als 5 Minuten betragen. Danach sollte eine Frischluftspülung mit Umgebungsluft durchgeführt werden.

#### 4.5 Querempfindlichkeit

##### a) Gasquerempfindlichkeit

Bei Beaufschlagung mit einer einzelnen Prüfgaskonzentration kann es vorkommen, dass ein weiterer Sensor einen Wert anzeigt, der gar nicht im Prüfgas vorhanden ist. Hierbei spricht man von Querempfindlichkeit bzw. Selektivität eines Sensors. Mehrfach-Gasanalyse-Geräte, wie z.B. das testo 350, tragen dieser Sache in der Hinsicht Rechnung, dass die Sensorsignale über Querempfindlichkeitskoeffizienten verrechnet und so im Display angezeigt werden. Darüberhinaus werden Sensoren mit Diffusionsfiltern eingesetzt, die ein Eindringen des Störgases in den Sensor verhindern.

Beim testo 360 ist bei der Feststellung einer unzulässigen Querempfindlichkeit (beispielsweise von CO auf  $SO_2$ -Messung) ein spezieller Querempfindlichkeitsabgleich durch den Anwender möglich.

Bei allen anderen Geräten wird dies durch den Testo Service durchgeführt (falls notwendig).



#### **b) Wasserdampf**

Bei einigen Messverfahren wie z. B. CO-Infrarotmessung existieren Querempfindlichkeiten. Bei elektronischen Messzellen ist dies nicht der Fall. Aber auch bei dieser Sensortechnik muss die Verdünnung durch den Wasserdampf auf die Gasbestandteile beachtet werden.

In der Praxis wird das Prüfgas nicht durch eine Wasservorlage geleitet, da der Einfluss inneralb der Gerätetoleranz liegt.

## 5. Schritt für Schritt - hier beim testo 350

Beispiel: Überprüfung und Abgleich CO-Modul mit Prüfgas  
1000ppm/1,4% O<sub>2</sub>.

1. Gerät einschalten und Einschaltsphase abwarten.
2. Prüfgas an Analysegerät über Abgassonde anschließen.



3. Prüfgasflasche öffnen und Durchfluß an Flowmeter auf ca. 1,5l/min einstellen.



4. Mit Start-Taste Pumpe im Analysegerät starten, ggfs. Prüfgasmenge nachregeln (Flowmeter beachten).

5. Überprüfung des angezeigten Wertes im Vergleich zum Sollwert des Prüfgases.



6. Für eine Nachjustierung über Buch-Taste im Menü „Sensoren“ und --> o. k. --> „Nachkalibrierung“ --> CO auswählen.

7. Eingabe des Sollwertes des Prüfgases

kleinster Eingabewert | zuletzt eingegebene Prüfgaskonzentration | größter Eingabewert

Nachkalibrierung CO			
10	1020	50000	
Min	1	2	3 Max
	4	5	6
	7	8	9
	,	0	+ -
	1020_		ppm
	←	akt.	Stat

Eingabe über Pfeiltaste und OK-Taste bzw. Touchscreen (Option)

aktueller Sollwert des Prüfgases | zu Punkt 8



## 8. Start der Nachjustierung

Achtung:

- Regelmäßiger Prüfgasfluss über Flowmeter kontrollieren.
  - Warten bis der Wert stabil ist (ca. 3 Minuten), dann OK drücken.
- Abspeichern des Soll-/Istwertes (ab Gerätesoftware Januar 2003).

Das Analysegerät übernimmt den Sollwert als IST und speichert ihn ab. Gegebenenfalls nochmals mit anderem Prüfgas überprüfen.

Beim testo 350 M/XL wird die Abweichung von Soll- und Istwert gespeichert. Dieses eigen erstellte Kalibrierprotokoll wird mit dem geräteinternen Drucker ausgedruckt.

```
-----
Testo 350 XL
Testo 350 XL
SNI 00007762 /0
06.00.05 00105106
-----
Lehrprotokoll
02 1
Ser.-nr. 02000075
Sollwert 0.00
Istwert 0.00
geprüft am 27.06.03
03 1
Ser.-nr. 02010042
Sollwert 1000 ppm
Istwert 1022 ppm
geprüft am 08.06.03
04 1
Ser.-nr. 02010027
Sollwert 140 ppm
Istwert 151 ppm
geprüft am 12.03.03
05 1
Ser.-nr. 02004004
Sollwert 200.0 ppm
Istwert 209.6 ppm
geprüft am 12.03.03
06 1
Ser.-nr. 02000005
Sollwert 100.0 ppm
Istwert 104.2 ppm
geprüft am 12.03.03
07 1
Ser.-nr. 02100021
Sollwert 0.10 ppm
Istwert 0.10 ppm
geprüft am 12.03.03
-----
```

9. Prüfgaszufuhr schließen und Gasschlauch vom Analysegerät abziehen.

10. Analysegerät ca. 1-2 Minuten mit laufender Pumpe mit Frischluft spülen.

## 6. Trouble-Shooting

### 1. Gasabgleich allgemein nicht gut reproduzierbar (Anzeigewert stimmt trotz vorangegangener Justierung nicht).

#### Mögliche Ursachen:

- Abgleich wurde ausgelöst bevor der Wert stabil war.
- Abgleichbedingungen nicht identisch mit Überprüfungsbedingungen, Sensor driftet zu stark bzw. Sensor ist verbraucht.

#### Einflüsse auf Reproduzierbarkeit des Gasabgleichs

- Verwendung verschiedener Prüfgasflaschen zwischen Abgleich und Überprüfung
- Umgebungstemperatur, Gerätetemperatur
- Durchfluss Messgas
- Druck des Prüfgases am Gaseingang
- Druckminderer/Druckregler verursacht Druckstöße
- Zeitpunkt Auslösen des Abgleichs und Ablesen bei Überprüfung
- Leckage im gesamten Gaswegsystem
- Abgleichpunkt außerhalb des Sensormessbereichs bzw. außerhalb Sensorspezifikation

#### Behebung:

- Druckminderer und Schläuche ggfs. freispülen
- Generell Einflussbedingungen stabil halten
- Dichtigkeitsprüfung vor Gasabgleich durchführen
- Prüfgasflasche zwischen Abgleich und Überprüfung nicht wechseln
- Sensorspezifikation und Testo-Empfehlung für Prüfgas beachten
- Sensoren mit starker Drift austauschen
- Bei Abgleich mehrerer Sensoren nacheinander evtl. zwischen den einzelnen Prüfgasbeaufschlagungen Zwischenspülen (Vermeidung bzw. Minimierung möglicher Querempfindlichkeitseffekte)

## 2. Lange Ansprechzeiten von NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S

### Ursachen:

Verschmutzte Rauchgassonde, Sondenschlauch, Partikelfilter, Gaskühler, ... feuchte Partikelfilter. Durchfluss bzw. Pumpenleistung zu gering (NO<sub>2</sub> ist durchflussempfindlich). Komponenten für Prüfgasbeaufschlagung aus Material, das durch Absorptionseffekte das Prüfgas verfälscht (z.B. Silikonschläuche bei NO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub>). Zu lange Schläuche und Prüfgasleitungen und Innendurchmesser unnötig groß im Beaufschlagungssystem.

### Behebung:

Aufgelistete Messsystem-Komponenten reinigen/trocknen oder ggfs. erneuern. Prüfgasbeaufschlagung mit Materialien, wie z.B. Teflon und Edelstahl (Druckminderer) durchführen.

Schlauch- und Leitungslängen und Innendurchmesser minimieren. Generell gilt: je kleiner sämtliche Volumen im Beaufschlagungssystem sind, desto genauer ist der Gasabgleich.

## 3. Zu hohe Abweichung zu weiterem Analysegerät

### Ursachen:

Verwendung verschiedener Abgleichgase zwischen Testo-Gerät und anderem Gerät.

Unterschiedliche Querempfindlichkeiten bei Verwendung von Mischgasen.

### Behebung:

Gleiche Prüfgas verwenden (Messbereiche sollten ähnlich sein). Möglichst Prüfgas mit nur einer Komponente verwenden.

