

## ZIROX - Sauerstoffmesstechnik



### SGM5T

**Sauerstoffmessgerät zur Messung  
in inerten und reaktiven Gasen**

### Gerätehandbuch

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine Hinweise</b> .....	<b>4</b>
1.1	Hinweise zum Gerätehandbuch.....	4
1.2	Urheberrecht.....	4
1.3	Verwendete Symbole.....	4
1.4	Sonderbauform SGM5T mit katalytisch inaktiver Messzelle (KIZ).....	5
<b>2</b>	<b>Anwendungsbereich</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Sicherheitshinweise</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Funktionsbeschreibung</b> .....	<b>8</b>
4.1	Messprinzip.....	8
4.2	Messbedingungen.....	9
4.2.1	Allgemeine Hinweise.....	9
4.2.2	Messgas-Durchflussmenge.....	10
4.2.3	Genauigkeit der Messung.....	11
<b>5</b>	<b>Technische Daten</b> .....	<b>12</b>
5.1	Kenndaten.....	12
5.2	Messdaten.....	12
5.3	Mechanik.....	12
5.4	Elektrotechnik/Elektronik.....	12
5.4.1	Allgemeine Daten.....	12
5.4.2	Schnittstellen.....	13
<b>6</b>	<b>Aufbau des Messgerätes</b> .....	<b>15</b>
6.1	Prinzipieller Geräteaufbau.....	15
6.1.1	Allgemeine Übersicht.....	15
6.1.2	Konstruktionsprinzip der Festelektrolytmesszelle.....	16
6.1.3	Elektronische Messwertverarbeitung.....	17
6.2	Aufbau der Geräteausführung SGM5T.....	18
6.2.1	Mechanischer Aufbau.....	18
6.2.2	Netzanschluss.....	18
6.2.3	Vorderseite.....	18
6.2.4	Rückseite.....	19
<b>7</b>	<b>Aufstellung und Inbetriebnahme</b> .....	<b>20</b>
7.1	Aufstellungsbedingungen.....	20
7.2	Herstellen der Betriebsbereitschaft.....	21
<b>8</b>	<b>Bedienung und Parametrierung</b> .....	<b>22</b>
8.1	Bedienung.....	22
8.1.1	Einschalten und Messwertanzeige.....	22
8.1.2	Durchflussmenge des Messgases.....	22
8.1.3	Messwertüberwachung.....	23
8.1.4	Status-/Fehlermeldungen.....	23

8.2	Parametrierung.....	24
8.2.1	Einstellbare Parameter.....	24
8.2.2	Programmiermenüs.....	25
8.3	Kalibrierung.....	26
8.3.1	Nullpunktabgleich.....	27
8.3.2	Prüfgaskalibrierung.....	27
8.4	Hinweise zur Störungsbeseitigung.....	28
<b>9</b>	<b>Wartung, Instandsetzung und Lagerung.....</b>	<b>29</b>
9.1	Allgemeine Hinweise.....	29
9.2	Auswechseln der Gerätesicherung.....	29
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>30</b>
10.1	Grundlagen der Anwendung potentiometrischer ZrO <sub>2</sub> -Festelektrolytsensoren bei der optimalen Führung von Verbrennungsprozessen.....	30
10.2	Montageanleitung Swagelok®-Rohrverschraubungen.....	35
10.3	Aktivkohlefilter: Beschreibung und Anwendungshinweise.....	36
10.3.1	Aufbau des Filters.....	36
10.3.2	Verwendung und Funktion des Filters.....	36
10.3.3	Wechseln der Aktivkohle.....	37
10.3.4	Technische Daten.....	37
10.4	EG-Konformitätserklärung.....	38
10.5	Garantiebedingungen.....	39
<b>11</b>	<b>Bemerkungen und eigene Notizen.....</b>	<b>40</b>

## 1 Allgemeine Hinweise

### 1.1 Hinweise zum Gerätehandbuch

Das vorliegende Gerätehandbuch beschreibt den Aufbau, die Funktionsweise und die Bedienung des Sauerstoffmessgerätes SGM5T der ZIROX Sensoren und Elektronik GmbH.

Anschrift des Herstellers:

**ZIROX Sensoren & Elektronik GmbH**

**Am Koppelberg 21**

**D-17489 Greifswald**

Tel.: (0 38 34) 8309 00

Fax: (0 38 34) 9309 29

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

[www.zirox.de](http://www.zirox.de)

Der Hersteller übernimmt die Gewähr dafür, dass dieses Gerätehandbuch in Übereinstimmung mit den funktionellen und technischen Parametern des gelieferten SGM5T erarbeitet ist.

Dieses Gerätehandbuch unterliegt nicht dem Änderungsdienst. Werden vom Hersteller am SGM5T Änderungen im Sinne des technischen Fortschritts vorgenommen, so übernimmt der Nutzer eigenverantwortlich die Einordnung der mitgelieferten zusätzlichen bzw. aktualisierten Seiten.

Ein störungsfreier und funktionsgerechter Betrieb des SGM5T kann nur bei Kenntnis dieses Gerätehandbuches gewährleistet werden. Bitte lesen Sie sich deshalb vor Aufstellung und Anschluss des SGM5T alle Abschnitte dieses Gerätehandbuches gründlich durch.

Seiten, Tabellen und Abbildungen sind fortlaufend nummeriert.

Die in diesem Gerätehandbuch angegebenen Werte im Display sind Beispiele bzw. die vom Hersteller voreingestellten Werte. Die prozessspezifischen Werte müssen vom Nutzer bestimmt werden.

### 1.2 Urheberrecht

Dieses Gerätehandbuch ist urheberrechtlich geschützt.

Es darf weder vollständig noch teilweise ohne schriftliche Genehmigung des Herstellers reproduziert, vervielfältigt, verbreitet oder zu Zwecken des Wettbewerbs unbefugt verwendet oder anderen mitgeteilt werden.

Alle Rechte vorbehalten.

### 1.3 Verwendete Symbole

Symbol für unmittelbar drohende Gefahr

**Dieses Symbol finden Sie bei allen Hinweisen zur Arbeitssicherheit, wenn eine unmittelbare Gefahr für das Leben und die Gesundheit von Personen besteht.**



Werden diese Hinweise nicht beachtet, kann es zu schweren oder lebensgefährlichen Verletzungen mit Todesfolge kommen.

Symbol für mittelbar drohende Gefahr

Dieses Symbol weist auf Situationen hin, bei denen mittelbare Gefahren auftreten. Grad und Intensität der Schädigung sind vom Ablauf der ausgelösten Vorgänge und von der Handlungsweise der betreffenden Person abhängig.

Werden diese Hinweise nicht beachtet, kann es zur Beschädigung oder Zerstörung des gesamten SGM5T oder einzelner Komponenten, anderer Sachwerte sowie zu leichten Verletzungen kommen.

Symbol für den sachgerechten Umgang

Dieses Symbol steht an den Stellen dieses Gerätehandbuches, wo auf die Einhaltung von Richtlinien, Vorschriften und eines richtigen Ablaufs der Arbeiten hingewiesen wird.

Werden diese Hinweise nicht beachtet, kann es zur Beschädigung oder Zerstörung des SGM5T bzw. dessen einzelner Komponenten kommen.

HINWEIS

**1.4 Sonderbauform SGM5T mit katalytisch inaktiver Messzelle (KIZ)**

Das SGM5T mit KIZ besitzt abweichend zum Standard-SGM5T eine katalytisch inaktive Sauerstoff-Messzelle. Das Signal dieser Messzelle wird im Gegensatz zu herkömmlichen ZrO<sub>2</sub>-Sauerstoff-Sensoren durch **Spuren** brennbarer Bestandteile, wie z.B. Kohlenwasserstoffe, CO oder H<sub>2</sub> nur gering beeinflusst.

Auf Grund der speziellen Messelektrode beträgt die Betriebstemperatur des SGM5T mit KIZ 600 °C. Der Messbereich ist auf 0,1 Vol.-ppm ... 20,6 Vol.-% O<sub>2</sub> festgelegt. Alle weiteren Betriebsparameter und technischen Daten entsprechen den im Handbuch gemachten Angaben.

Für Messungen unter extrem reduzierenden Bedingungen (d.h. Sauerstoff ist schon durch den Herstellungsprozess praktisch ausgeschlossen, z.B. in Formiergas) ist das SGM5T mit KIZ **nicht** geeignet.



## 2 Anwendungsbereich

Das Schutzgasmessgerät (SGM) dient zur kontinuierlichen Messung der Sauerstoffkonzentration in Industrie-, Labor- und Schutzgasen sowie im Prozess der Mischung und Herstellung spezieller Formiergase. Dabei ist in Inertgasen die Messung der Konzentration des freien Sauerstoffs und in Gasgemischen auch die Konzentration des gebundenen Sauerstoffs möglich (nähere Erläuterungen siehe Anhang).

*Bestimmungsgemäße Verwendung*

Haupteinsatzgebiete des SGM5T sind:

- die Lebensmittelindustrie, speziell die Produktionsprozesse in Brauereien und in der Lebensmittelverpackung
- Produktionsprozesse zum Mischen und Herstellen von Formiergasen
- Produktionsprozesse der Schweiß- und Löttechnik, speziell Schutzgasschweißverfahren im Stahl-, Behälter- und Anlagenbau
- Produktionsprozesse der Elektronik unter Schutzgas.

Die Einleitung von explosiven Gasgemischen, Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO<sub>2</sub>) in das SGM5T ist nicht zulässig.



Der Kontakt des SGM5T mit silizium- oder phosphorhaltigen Verbindungen ist ebenfalls nicht zulässig.



Mit dem SGM5T

*Funktionen*

- wird der Sauerstoffgehalt eines Messgases kontinuierlich gemessen und angezeigt
- werden Abweichungen der Sauerstoffkonzentration im Messgas von den einstellbaren Sollwerten signalisiert
- wird der Ablauf bestimmter Produktionsprozesse unter Schutzgas kontrolliert
- werden Schutzgase auf ihre Reinheit überwacht und festgestellt, ob die geforderte Schutzwirkung des Schutzgases gegeben ist.

Die in den "Technischen Daten" angegebenen Anforderungen und Grenzwerte sind unbedingt einzuhalten.

Jeder darüber hinausgehende Gebrauch gilt als nicht bestimmungsgemäß.

### 3 Sicherheitshinweise

Die folgenden Sicherheitshinweise treffen prinzipielle Aussagen zu möglichen Gefahren beim Betrieb des Sauerstoffmessgerätes SGM5T. Sie müssen deshalb beachtet und vom zuständigen Personal strikt eingehalten werden.

- Ein störungsfreier und funktionsgerechter Betrieb des SGM5T kann nur bei Kenntnis dieses Gerätehandbuches gewährleistet werden. Bitte lesen Sie sich deshalb vor Aufstellung und Anschluss des SGM5T alle Abschnitte dieses Gerätehandbuches gründlich durch.
- Das SGM5T darf nur für den bestimmungsgemäßen Gebrauch eingesetzt werden (siehe Kapitel 2).
- Das SGM5T darf nur von eingewiesenem Personal angeschlossen, bedient und gewartet werden.
- Das transportable SGM5T ist in jedem Fall mit der mitgelieferten Netzanschlussleitung an einer Schutzkontaktsteckdose anzuschließen.

Die Verwendung des SGM5T in explosionsgefährdeten Räumen und das Einleiten von explosiven Gasgemischen, Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO<sub>2</sub>) in das SGM5T sind nicht zulässig.



Durch die hohe Betriebstemperatur der Messzelle entwickelt das SGM5T eine Eigenerwärmung. Es ist dafür zu sorgen, dass das Gerät nicht so stark abgedeckt wird, dass eine zu hohe Eigenerwärmung entsteht.

- Eine senkrechte Aufstellung des tragbaren SGM5T ist wegen möglicher Schäden am Gerät durch Wärmestau nicht zulässig.



Vor dem Öffnen der Gehäuseabdeckung ist das SGM5T auszuschalten und von der Netzversorgung zu trennen.

Spezielle Sicherheitshinweise zu möglichen Gefahren bei einer bestimmten Tätigkeit oder Tätigkeitsfolge werden an der jeweils relevanten Textstelle gegeben.



## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.1 Messprinzip

Die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Gasen ist in der Industrie, aber auch in Laboratorien eine häufig erhobene Forderung. Am häufigsten wird in Gasen gemessen, die eine merkliche, von der Temperatur unabhängige Sauerstoffkonzentration aufweisen.

Als Grundlage für die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Gasen mit dem Schutzgasmessgerät (SGM) dient die NERNST-Gleichung.

*NERNST-Gleichung*

$$U = \frac{RT}{zF} \ln \frac{p_{O_2, Luft}}{p_{O_2, Meßgas}} \quad (I)$$

Dabei ist:  $U$  – Zellspannung in V

$R$  – Molare Gaskonstante,  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

$T$  – Messtemperatur in K

$F$  – Faraday-Konstante,  $F = (9,648 \cdot 10^4 \text{ C}/\text{mol})$

$p_{O_2, Luft}$  – Partialdruck des Sauerstoffes an der Bezugs-  
elektrode in trockener Luft in Pa

$p_{O_2, Messgas}$  – Partialdruck des Sauerstoffes an der Messelektrode  
im Messgas in Pa.

Das SGM5T enthält einen Sensor, der die Oxidionenleitfähigkeit von Keramik aus Zirkoniumdioxid mit stabilisierenden Zusätzen nutzt. Die Oxidionenleitfähigkeit von Zirkoniumdioxid steigt exponentiell mit der Temperatur an und erreicht oberhalb von 600 °C genügend große Werte.

Der keramische Oxidionenleiter wird als gasdichtes Rohr eingesetzt, durch das ein zu messendes Gas hindurchgeleitet wird. Das Keramikrohr befindet sich axialsymmetrisch in einem thermisch gut isolierten elektrischen Ofen. Die Elektroden der galvanischen Messzelle sind aus Platin hergestellt. Die Elektrode auf der Außenseite des Rohres, umgeben von trockener Luft, dient als Bezugs-  
elektrode mit konstantem, bekanntem Elektrodenpotential (Aufbau s. Kap. 6.1.2).



Unter der Voraussetzung, dass die Gesamtdrücke der Gase an beiden Elektroden in etwa gleich groß sind (in diesem Fall kann man mit Volumenkonzentrationen anstelle der Partialdrücke rechnen), ergibt sich nach Einsetzen der Zahlenwerte für die Konstanten in Gleichung (I) folgende Bestimmungsgleichung für die Sauerstoffkonzentration:

*Bestimmungsgleichung*

$$\varphi_{O_2} = 20,64 \cdot e^{(-46,42 \cdot \frac{U}{T})} \quad (II)$$

Dabei ist:  $\varphi_{O_2}$  – Sauerstoffkonzentration im Messgas in Vol.-%

$U$  – Potentialdifferenz in mV

$T$  – Messtemperatur in K

20,64 – Sauerstoffkonzentration in Luft mit relativer Feuchte von 50% in Vol.-%.

## 4.2 Messbedingungen

### 4.2.1 Allgemeine Hinweise

Der Sauerstoff kann im Messgas in freier oder in gebundener Form<sup>1</sup> (s. dazu Kap. 10.1) vorkommen.

Dabei gelten folgende Abhängigkeiten:

$U \sim T$  – Sauerstoff in freier Form vorhanden

$U \sim \frac{1}{T}$  – Sauerstoff in gebundener Form vorhanden

Die Bestimmungsgleichung (II) gilt sowohl für Messgase mit freiem Sauerstoff als auch für reduzierende Gasgemische, in denen Sauerstoff nur in gebundener Form vorliegt (z.B. in H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O- oder CO/CO<sub>2</sub>-Gemische).

In reduzierenden Gasgemischen ist der Sauerstoffpartialdruck umgekehrt proportional zur Temperatur. Die Umrechnung des Messwertes von der Messtemperatur auf andere Temperaturen ist nur über spezielle thermodynamische Gleichungen möglich.

*reduzierende Gasgemische*

<sup>1</sup> Wenn nicht genügend „freier Sauerstoff“ neben brennbaren Gaskomponenten vorhanden ist, stellt sich an der heißen Platinelektrode ein chemisches Gleichgewicht ein. Die Zelle misst dann die Konzentration des „Gleichgewichtssauerstoffs“.

Optional kann bei der gezielten Erzeugung und Kontrolle reduzierender Abgase durch Umsatz von Brennstoff mit Luft bei Kenntnis der Zusammensetzung des Brennstoffes auch der Luftfaktor  $\lambda$  berechnet und angezeigt werden.

*Luftfaktor  $\lambda$*

Bei  $\lambda < 1$  ist die Berechnung und Anzeige der CO-, CO<sub>2</sub>-, H<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>O-Konzentrationen möglich. Hierzu sind jedoch Fachberatungen beim Hersteller erforderlich.

#### 4.2.2 Messgas-Durchflussmenge

Zur Gewährleistung einer exakten Messung ist eine Durchflussmenge des Messgases zwischen 5 und 10 l/h einzuhalten (s. auch Kap. 8.1.2).

HINWEIS

Bei zu kleiner Durchflussmenge wirken sich Verunreinigungseffekte aus den Gasleitungen (Lecks, Permeabilitäten, Desorptionen) fehlerhaft auf das Messergebnis aus.

**Zu große Durchflussmengen können asymmetrische Abkühlungen des Sensors verursachen und damit zu Messfehlern führen. Im Extremfall (Druckstöße oder Strömungsgeschwindigkeiten > 20 l/h) ist die Zerstörung des Sensors möglich.**



Mit einem Differenzdrucksensor erfolgt die Messung des Gasflusses. Bei Über- bzw. Unterschreitung der Grenzwerte liefert das Gerät eine Fehlermitteilung, aber die Messung wird fortgesetzt.

Wird das Gerät mit der internen Gaspumpe betrieben, erfolgt über die Durchflussmessung eine Regelung der Pumpe. Es wird immer ein optimaler Gasfluss von 8 l/h eingestellt.

### 4.2.3 Genauigkeit der Messung

Der Hersteller garantiert einen Messfehler von  $< 3\%$  (relativer Fehler) nur bei der Messung von Sauerstoffkonzentrationen in der Größenordnung  $10^5 \dots 10$  ppm (Die Einheit ppm wird im gesamten Handbuch im Sinne von Vol.-ppm gebraucht). Bei der Messung von Sauerstoffkonzentrationen von  $10 \dots 0,1$  ppm liegt der relative Fehler unter  $5\%$ , wenn die Gaszuleitung keine Lecks oder Permeabilitäten aufweist.

Bei der Messung von Sauerstoffkonzentrationen  $< 10$  ppm müssen bei der Auswertung des Messwertes anwenderseitig folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Zusammensetzung des Messgases (z.B. Anwesenheit reduzierende Gasbestandteile)
- spezifische Besonderheiten des Produktionsprozesses (z.B. Einsatzmaterialien)
- Temperatur des Messgases.

Zur Minimierung des Messfehlers bei der Messung geringer Sauerstoffkonzentrationen sind folgende mess- und apparatetechnische Voraussetzungen zu gewährleisten:

HINWEIS

- Die Stelle, von der das Messgas abgesaugt werden soll, ist so zu wählen, dass eine eventuelle Strahlenbildung am Absaugort ausgeschlossen werden kann.
- Der Transportweg des Messgases bis zur Messzelle ist so kurz wie möglich zu gestalten, um eine Verlagerung des chemischen Gleichgewichtes auf dem Transportweg weitestgehend auszuschließen.
- Alle Gaszuleitungen und -ableitungen müssen absolut dicht sein.
- Bei der Messung von Sauerstoffkonzentrationen  $< 1000$  ppm ist der Einsatz von Edelstahlrohrleitungen notwendig.
- Enthält das Messgas reduzierende Bestandteile (z.B. Alkohole), kann die Konzentration des freien Sauerstoffes nicht bestimmt werden, da an der Elektrode chemische Reaktionen ablaufen. In solchen Fällen ist es zweckmäßig, das Messgas vor dem Gaseintritt durch einen Aktivkohlefilter zu leiten (s. dazu auch Kap.10.1).

## 5 Technische Daten

### 5.1 Kenndaten

Bezeichnung .....	Sauerstoffmessgerät tragbar (SGM5T)
Einsatz .....	Messung der Sauerstoffkonzentration in Gasen

### 5.2 Messdaten

Messbereich .....	$2,64 \cdot 10^5 \dots 10^{-25}$ Vol.-ppm (s. Kap. 4.2) Messbereich bis 100 Vol.-% auf Anfrage
Messgenauigkeit bei Normaldruck .....	rel. Messfehler < 3% im Bereich $2 \cdot 10^5 \dots 10$ ppm rel. Messfehler < 5% im Bereich 10 ... 0,1 ppm
Messgasdurchsatz .....	5 ... 10 l/h
Max. zulässiger Messgas-Druck .....	0,1 MPa (1 bar) Überdruck Über 1 kPa ist eine Fehlerkorrektur erforderlich
Max. zulässige Messgas-Temp. ....	80°C am Gaseintritt
Druckabfall über der Messzelle .....	ca. 1 kPa (100 mm WS) bei 10 l/h

### 5.3 Mechanik

Abmessungen (TxBxH in mm) .....	320x240x90
Masse .....	4 kg
Schutzgrad .....	IP 30
Einsatzbedingungen .....	10...40 °C, rel. Luftfeuchte < 80% bei 20 °C
Lagerbedingungen .....	-20...60 °C, rel. Luftfeuchte < 95% bei 20 °C

### 5.4 Elektrotechnik/Elektronik

#### 5.4.1 Allgemeine Daten

Stromversorgung	
Spannung .....	110...230 V/50 ... 60 Hz
Leistungsaufnahme .....	30 VA
Heizung Messzelle .....	24 V DC, ca. 15 W (intern geregelt)
Tastatur und Anzeige	
Tastatur .....	Folientastatur mit 4 soft key Tasten und 2 festen Tasten
Klartextanzeige .....	LCD-Grafik-Display (hinterleuchtet)

### 5.4.2 Schnittstellen

#### Serielle Schnittstelle RS 232

Übertragungsrate..... max. 19200 Baud, einstellbar  
 Stoppbits ..... 1  
 Datenbits ..... 8  
 Parität..... keine  
 Handshake ..... ohne

*Tabelle 1 Protokoll der seriellen Schnittstelle (CR = carriage return)*

Eingabe	Rückmeldung	Parameter
M2CR	M2x.xxExxCR	Ausgabe-Kanal 1
M1CR	M1x.xxExxCR	Ausgabe-Kanal 2
A1CR	A1xxxCR	Zellspannung, mV
A2CR	A2xxxCR	Messtemperatur, °C

*Tabelle 2: Fehlermeldungen*

Fehlercode	Bedeutung
error0	Übertragungsfehler
error11	Messtemperatur zu gering
error16	Thermoelement defekt
Error 20	Systemfehler

Pinbelegung der Buchse:

(Für die stationäre Variante sind alle Anschlüsse auf einer Klemmleiste entsprechend der weiter unten folgenden Liste zugänglich)

Klemmenbelegung der Buchse SUB-D 9-pol. F

Pin-Nr.	Bezeichnung
2	TxD
3	RxD
5	GND

*Pinbelegung  
RS 232*

#### Analogausgang

Gleichstromausgang ..... 0/4 ... 20 mA, einstellbar, alternativ  
 0...5 V oder 0...10 V (Bestellvariante)  
 Alarmsignalisierung ..... drei potentialfreie Kontakte (Wechsler),

Last	Ohmsche Last ( $\cos\phi = 1$ )
Max. Schaltspannung	125 VAC, 60 VDC
Max. Schaltstrom	1A
Max. Schaltleistung	62.5 VA, 30 W
Min. Last	1 mA at 5 VDC

Pinbelegung der Buchse des Analogausgangs Buchse SUB-D 15-pol. F

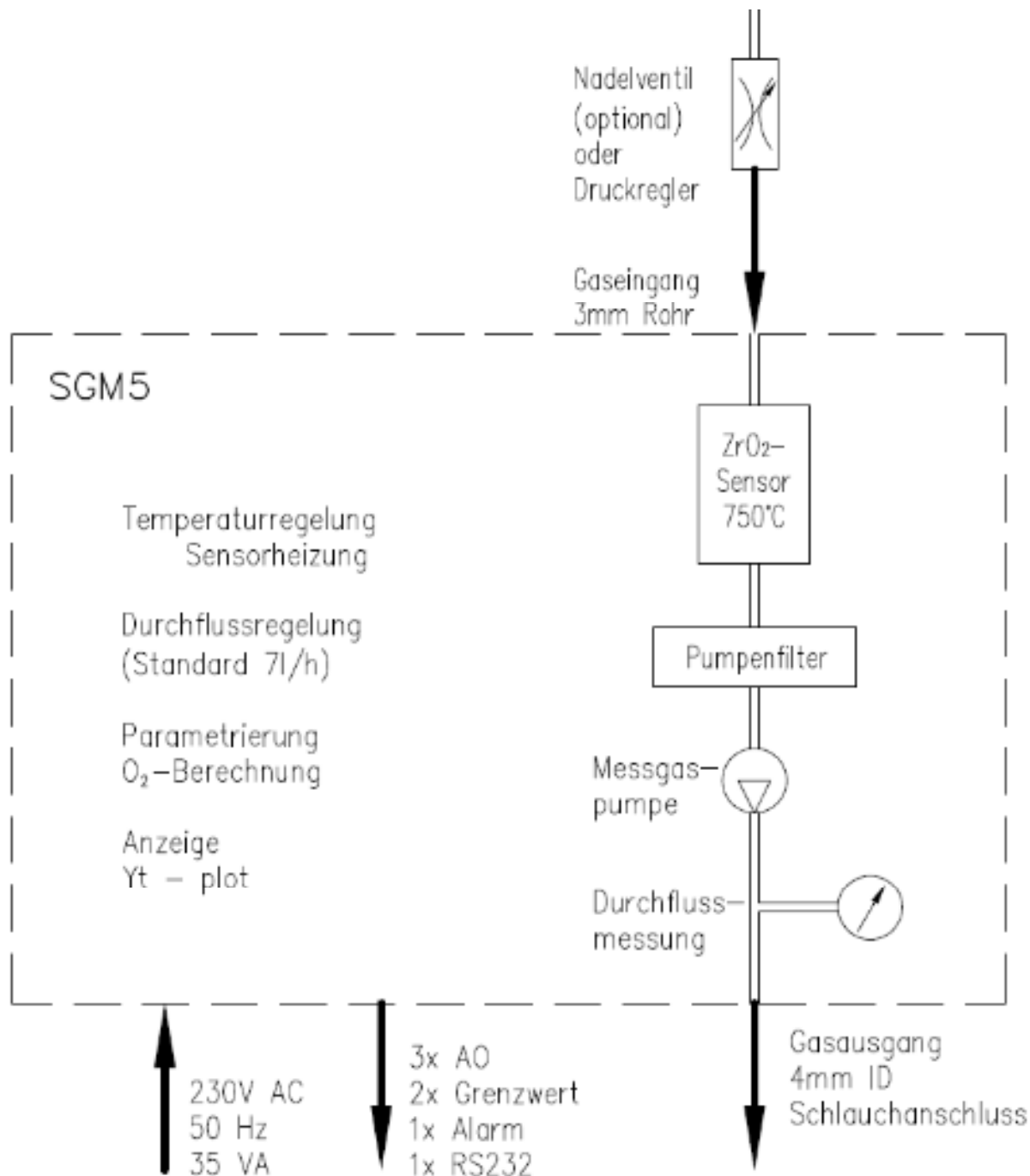
Pin-Nr.	Bezeichnung	Erklärung
1	lout1+	Analogausgang 1
2	lout1-	Analogausgang 1
3	lout2+	Analogausgang 2
4	lout2-	Analogausgang 2
5		
6		
7	N.C.	Öffner
8	COM	Alarmrelais
9	N.O.	Schließer
10	GW1 N.C.	Relais Grenzwert 1
11	GW1 COM	
12	GW1 N.O.	
13	GW2 N.C.	Relais Grenzwert 2
14	GW2 COM	
15	GW2 N.O.	

## 6 Aufbau des Messgerätes

### 6.1 Prinzipieller Geräteaufbau

#### 6.1.1 Allgemeine Übersicht

Die prinzipielle Struktur des Gerätes zeigt Abb. 1.



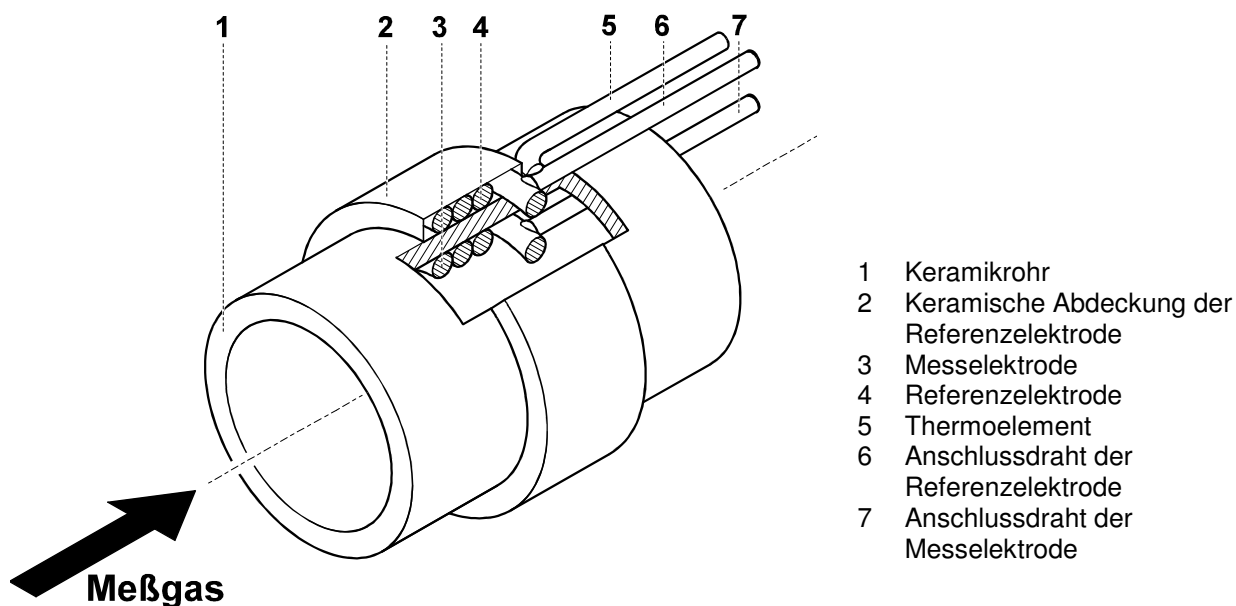
**Abb. 1:** Prinzipieller Geräteaufbau, Gerätebaugruppen

Das Messgas wird mit geringem Überdruck in die Messzelle gedrückt bzw. in der Ausführung mit Pumpe durch die Messzelle gesaugt. Zur Regulierung der Durchflussmenge können ein Nadelventil und/oder ein Druckminderer vor dem Gaseintritt installiert werden. Bei der Variante mit Pumpe wird die Durchflussmenge über eine Regelung der Pumpenleistung konstant gehalten.

Zu große Durchflussmengen können asymmetrische Abkühlungen des Sensors verursachen und damit zu Messfehlern führen. Im Extremfall (Druckstöße oder Strömungsgeschwindigkeiten > 20 l/h) ist die Zerstörung des Sensors möglich.



### 6.1.2 Konstruktionsprinzip der Festelektrolytmesszelle



**Abb. 2:** Konstruktion der Festelektrolytmesszelle

Die Messzelle ist in Form eines Rohres (2/1) aus Zirkoniumdioxid mit zwei Elektroden aus Platindraht ausgebildet. Innerhalb des Rohres, das vom Messgas durchströmt wird, befindet sich die Messelektrode (2/3). Die Elektrode außerhalb des Rohres dient als Referenzelektrode (2/4) mit konstantem Elektrodenpotential. Die Elektroden und das Keramikrohr bilden somit eine galvanische Zelle (Festelektrolytmesszelle).

*Messzelle*

Um günstige Werte für die Oxidionenleitfähigkeit des Zirkonium Dioxids zu erhalten und Störreaktionen durch Nichtgleichgewichte mit brennbaren Komponenten des Messgases zu vermeiden, wird die Messzelle bis auf 750 °C aufgeheizt. Ein Thermoelement (2/5) an der Messzelle ermittelt die aktuelle Messtemperatur T. Eine konstante Messtemperatur wird durch eine elektronische Regelschaltung gewährleistet.

*Aufheizen der Messzelle*



Durch die Zellenheizung entsteht im Schutzgasmessgerät SGM5T Verlustwärme. Deshalb sollte keinen Gegenstand auf dem Gerät oder in dessen unmittelbarer Nähe abgelegt werden, sonst besteht Überhitzungsgefahr!

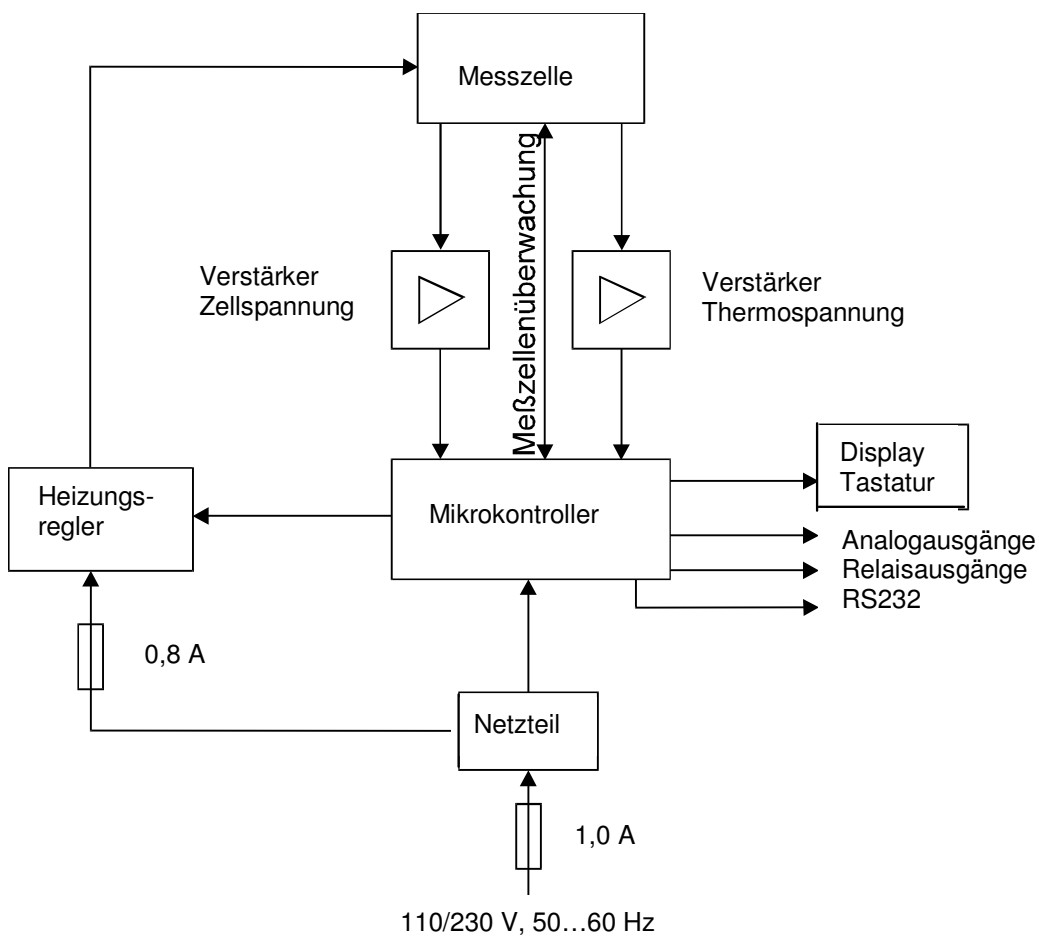


Den prinzipiellen Aufbau der elektronischen Messwertverarbeitung veranschaulicht das nachfolgende Blockschaltbild.

Elektronik

### 6.1.3 Elektronische Messwertverarbeitung

Eine Übersicht über die Signalverarbeitung gilt das folgende Blockschaltbild.



**Abb. 3:** Blockschaltbild des SGM5T

## 6.2 Aufbau der Geräteausführung SGM5T

### 6.2.1 Mechanischer Aufbau

Beim SGM5T befinden sich alle Baugruppen (Hauptelektronik, Durchflussmesser, Pumpe, Netzfilter, Messzelle) in einem tragbaren Gehäuse.

### 6.2.2 Netzanschluss

Das SGM5T wird über die mitgelieferte Geräteanschlussleitung an das Netz angeschlossen. Das SGM5T besitzt im Netzanschlussmodul an der Rückseite ein Fach mit 2 Feinsicherungen 1 A(T).

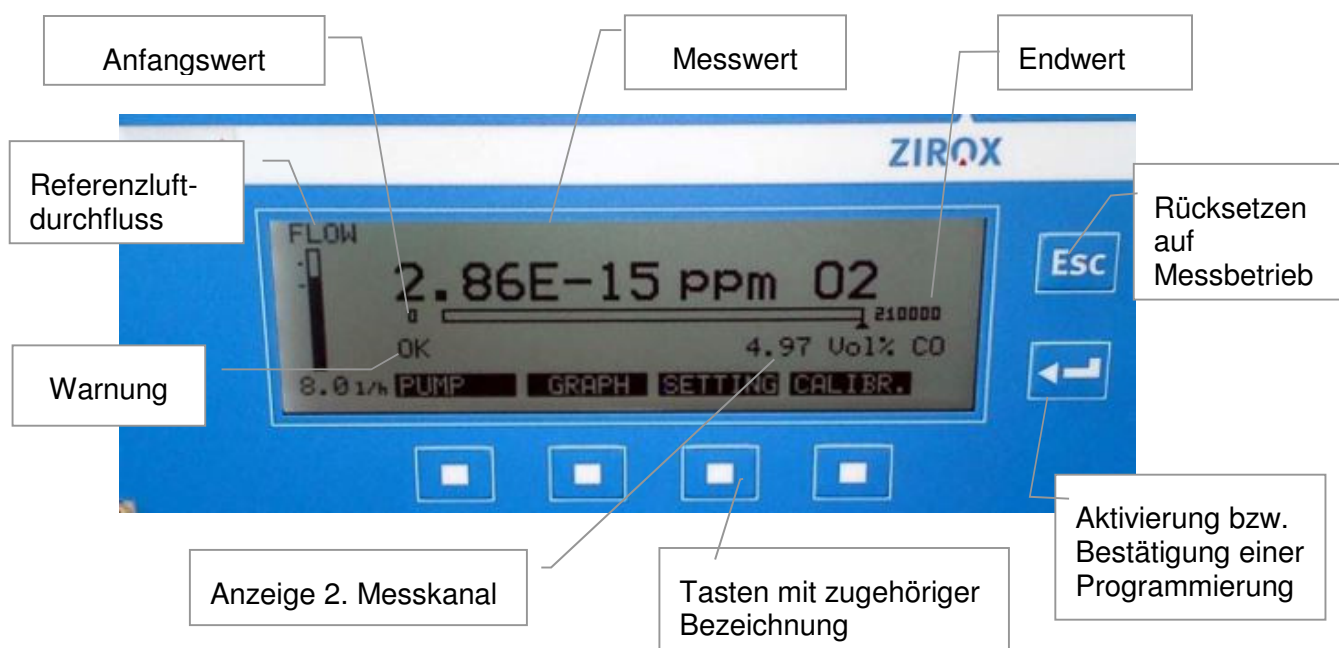
*Sicherungen*

Das SGM5T ist als Tischgerät konzipiert. Die Betriebslage des SGM5T ist horizontal, mit einem maximalen Neigungswinkel von 30°. Der Neigungswinkel des SGM5T kann nach Herausziehen der beiden Befestigungspunkte des Tragegriffes zwischen 0° und 30° verstellt werden. Nach Loslassen der Befestigungspunkte rastet der Tragegriff in der gewählten Position ein.

*Betriebslage und Neigungsverstellung*

### 6.2.3 Vorderseite

An der Vorderseite befinden sich die Anzeige- und Bedienelemente.



**Abb. 4:** Vorderseite des Gerätes

### 6.2.4 Rückseite

An der Rückseite des Gerätes befinden sich alle Anschlüsse und der Netzschalter.



**Abb. 5:** Rückseite des SGM5T

Über die serielle Schnittstelle RS 232 und die analoge Stromschnittstelle können Messwerte und Meldesignale übertragen werden.

*Schnittstellen*

## 7 Aufstellung und Inbetriebnahme

### 7.1 Aufstellungsbedingungen

Das Schutzgasmessgerät SGM5T ist in einem trockenen und weitestgehend staubfreien Raum auf einer stabilen, ebenen Unterlage aufzustellen.

HINWEIS

- In der unmittelbaren Nähe des Aufstellungsortes ist eine Schutzkontaktsteckdose, möglichst als gesonderter Stromkreis, abgesichert mit 10 A, für den Netzanschluss vorzusehen.
- In der Nähe des Aufstellungsortes dürfen sich keine Wärmequellen oder Geräte befinden, die starke Magnetfelder erzeugen (z.B. Elektromotoren, Transformatoren).
- Die Betriebslage des SGM5T ist horizontal oder mit einem Neigungswinkel von maximal 30° zur Horizontalen (Verstellen des Tragegriffes ist durch Eindrücken der Befestigungspunkte möglich).

Eine senkrechte Aufstellung ist wegen möglicher Schäden am Gerät durch Wärmestau nicht zulässig.



Das Eindringen von Flüssigkeiten in das SGM5T kann zu schweren Beschädigungen bis hin zur vollständigen Zerstörung des Messgerätes führen. Keine mit Flüssigkeiten gefüllten Gegenstände auf oder in unmittelbarer Nähe des SGM5T aufstellen!



## 7.2 Herstellen der Betriebsbereitschaft

Beim Transport aus kalter Umgebung zum Einsatzort mit höherer Umgebungstemperatur oder Luftfeuchtigkeit ist vor dem Einschalten des SGM5T eine Wartezeit von mindestens zwei Stunden zum Temperaturengleich zu berücksichtigen.

HINWEIS

1. SGM5T am gewünschten Ort aufstellen. Dabei Hinweise in Kapitel 7.1 beachten.
2. Leitungsverbindungen von der Messstelle zu den Anschlüssen für Gasein- und -austritt herstellen. Auf Dichtheit der Leitungsverbindungen achten.
3. Bei Notwendigkeit einer Druckbegrenzung einen Druckregler mit einem Nadelventil (vom Hersteller des SGM5T lieferbar) vor dem Gaseintritt installieren.

Möglich ist der Anschluss des Gerätes mit (Bypass, interne Pumpe saugt das Messgas an!) bzw. ohne Umgehungsleitung.

*Anschlussmöglichkeiten*

Das Material der Verbindungsleitungen muss insbesondere bei langen Transportwegen und ungünstigen Temperaturverhältnissen so gewählt werden, dass eine Sauerstoffpermeabilität ausgeschlossen ist. Der Hersteller empfiehlt in Abhängigkeit von den herrschenden Messbedingungen folgende Materialien:

*Material der Verbindungsleitungen*

Niedrige Messgastemperatur..... dickwandige PVC-Schlauchleitungen  
 Höhere Messgastemperatur ..... Tygon R 3603 (Lieferer z.B. novodirekt Kehl)

Sauerstoffkonzentration < 1000 ppm . Edelstahlrohrleitungen.

Siliconschlauchleitungen können wegen ihrer Sauerstoffpermeabilität Messungenauigkeiten verursachen. Der Hersteller rät deshalb vom Einsatz derartiger Verbindungsleitungen ab.

Enthält das Messgas so viel Wasserdampf, dass die Gefahr der Kondensation von Wasser in einer kalten Verbindungsleitung besteht, muss vor dem Eintritt des Messgases in das SGM5T ein Wasserabscheider installiert werden.

HINWEIS

Das Eindringen von Wasser in die heiße Messzelle kann diese zerstören und muss deshalb unbedingt verhindert werden.



4. Ein externes Durchflussmessgerät sollte stets hinter dem Gasaustritt installiert werden (an dieser Stelle beeinflussen mögliche Lecks das Messergebnis nicht).
5. SGM5T an die Netzversorgung anschließen.

Das Messgas kann auch durch das ausgeschaltete SGM5T strömen.

HINWEIS

Bei der Montage von Swagelok-Verbindungen für Stahlleitungen sind unbedingt die im Anhang gegebenen Hinweise des Herstellers zu beachten.

HINWEIS

## 8 Bedienung und Parametrierung

### 8.1 Bedienung

#### 8.1.1 Einschalten und Messwertanzeige

Nach Herstellen der Betriebsbereitschaft des Schutzgasmessgerätes und dem Verlegen aller Leitungen gemäß Kapitel 7.2 kann das Gerät eingeschaltet werden. Nach ca. 10 Minuten hat die Messzelle ihre Betriebstemperatur von 750°C erreicht. Der aktuelle Messwert wird angezeigt, liegt aber bis zum völligen Ausgleich der thermischen Verhältnisse in der Messzelle erst nach einer Stunde innerhalb der angegebenen Fehlergrenzen.

Das SGM5T befindet sich nach dem Einschalten im Anzeigemodus. Auf dem Display wird in der ersten Zeile die im Ausgang 1 programmierte Größe (in der Regel die aktuelle Sauerstoffkonzentration) sowohl digital entsprechend der gewählten Dimension (Vol.-% oder ppm) als auch als analoger Balken angezeigt. In der zweiten Zeile des Displays wird in kleinerer Schrift rechts wahlweise die Temperatur der Messzelle in °C oder die Zellspannung in mV angezeigt. Ein Wechsel zwischen beiden Werten erfolgt durch die Programmierung des Messausganges 2.

Auf der linken Seite der zweiten Zeile wird gegebenenfalls noch eine Warnung oder Fehlermeldung angezeigt.

#### 8.1.2 Durchflussmenge des Messgases

Das SGM5T (**Standardausführung**) ist mit einer Pumpe ausgerüstet, deren Drehzahl entsprechend dem Strömungswiderstand der Gaszuführungsleitung so geregelt wird, dass ein optimaler Gasdurchfluss von 7 l/h eingehalten wird. Die Pumpe kann im Einstellmenü ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Die exakte Durchflussmenge kann bei Gleichdruck des Messgases durch Einschalten der internen Pumpe, die eine Durchflussmengenregelung besitzt, realisiert werden.

Bei Überdruck des Messgases empfiehlt der Hersteller, ein hochwertiges Nadelventil direkt am Gaseintritt des Gerätes zu installieren. Entsprechende Nadelventile können vom Hersteller des SGM5T bezogen werden. Bei höheren Drücken sollte noch ein Druckregler vorgeschaltet werden, der an seinem Ausgang einen Druck von ca. 100 kPa (1 bar) einstellt.

**Zu große Durchflussmengen können asymmetrische Abkühlungen des Sensors verursachen und damit zu Messfehlern führen. Im Extremfall (Druckstöße oder Strömungsgeschwindigkeiten > 20 l/h) ist die Zerstörung des Sensors möglich.**

HINWEIS



ACHTUNG

### 8.1.3 Messwertüberwachung

Im Gerät können zwei Grenzwerte programmiert werden, die über Relaisausgänge Meldungen liefern. Die Relais sind im aktiven Zustand geöffnet. Bei aktiven Grenzwerten wird dieser Zustand auch auf dem Display in der zweiten Zeile links angezeigt. Diese Signalisierung erfolgt verzögert. Die Ansprechzeit für die Messwertüberwachung (Grenzwertverzögerungszeit) kann zwischen 1 Sekunde und 99 Sekunden eingestellt werden.

### 8.1.4 Status-/Fehlermeldungen

Während des Messvorganges wird die Funktion der Messzelle überwacht. *Eigenüberprüfung des SGM5T*  
Im Störungs-/Fehlerfall werden Fehlermeldungen im Display ausgegeben und gegebenenfalls wird der Relaisausgang zur Störungssignalisierung aktiviert bzw. das Analogsignal auf null gesetzt.

Folgende Status-/Fehlermeldungen können auftreten:

Anzeige	Bedingung	Auswirkung
GRENZWERT 1	Grenzwert 1 des Messwertes (in Vol. %) wird unter- bzw. überschritten	Grenzwertrelais 1 schaltet
GRENZWERT 2	Grenzwert 2 des Messwertes (in Vol. %) wird unter- bzw. überschritten	Grenzwertrelais 2 schaltet
GRENZWERT 1/2	Grenzwert 1 und 2 des Messwertes (in Vol. %) wird unter- bzw. überschritten	Grenzwertrelais 1 und 2 schalten
BEREICH <<<	Messwertbereich unterschritten	Alarmrelais schaltet
BEREICH >>>	Messwertbereich überschritten	Alarmrelais schaltet
FLOW <<<	< 5 l/h	Alarmrelais schaltet
FLOW >>>	>10 l/h	Alarmrelais schaltet
WARMLAUF	< 740° und Laufzeit <15 min	Alarmrelais schaltet
ZELLTEMP:ZU KLEIN	< 740° und Laufzeit >15 min	Alarmrelais schaltet
THERMOELEMENTEBRUCH	Kein Messsignal für Temperaturspannung anliegend	Alarmrelais, Grenzwertrelais 1 und 2 schalten
SYSTEMFEHLER		Alarmrelais schaltet

## 8.2 Parametrierung



### 8.2.1 Einstellbare Parameter

Tabelle 3: Tabellarische Übersicht der einstellbaren Parameter

Parameter	Bereich	Bemerkungen
Display (Einstellung der Anzeige über Analogausgang 1 und 2)	Abgebildet im Display sind: - Flow (Balkendiagramm senkrecht) - Messwert 1 in großer Schrift mit Balkendiagramm waagrecht - Messwert 2 in kleiner Schrift, - Menüpunkte „Pumpe“, „Grafik“, „Einstellung“ und „Kalibrierung“	Unter dem Menüpunkt „Einstellungen“ -> „Ausgang 1“ lässt sich der Messbereich für Messwert 1 festlegen (z.B. Vol.% O <sub>2</sub> ; ppm O <sub>2</sub> , Tz etc.) sowie der Analogausgang 0-20/ 4-20 mV oder bei einem Gerät mit Spannungsausgang 0-5/ 0-10 V Ebenso bei „Ausgang 2“ wählbar
Maximaler Messwert	20,000...21,000 Vol.-% oder 200000...210000 ppm, größere Werte auf Anfrage	Dieser Wert entspricht jeweils dem Endwert des analogen Signals (z.B. 20 mA)
Dämpfung des Messwertes	1 ... 60 s	Gebildet durch einen gleitenden Mittelwert
Grenzwert 1	21,000...0,0001 Vol.-%	Wählbar als unterer oder oberer Grenzwert mit den Zeichen ">" oder "<"
Grenzwert 2	21,000...0,0001 Vol.-%	wie Grenzwert 1
Einschaltverzögerung des Grenzwertes	1 ... 30 s	Zeit, die der Grenzwert überschritten sein muss, bevor Alarm signalisiert wird
Übertragungsrate der RS-232-Schnittstelle	4800, 9600, 19200 Baud	
Messgasfluss-Einstellung	Interne Pumpe durch Schalter ein- oder ausschaltbar,	Die Pumpleistung über eine Durchflussmessung geregelt



## 8.2.2 Programmiermenüs

Über die Tasten unter dem Display sind die folgenden Menüs erreichbar (die aktuelle Bedeutung der Tasten wird jeweils auf dem Display angezeigt). Dabei kann immer über die -Taste ein bestimmter Parameter einstellbar gemacht werden, der mit den verschiedenen Tasten verändert werden kann und abschließend wieder mit der -Taste bestätigt wird.

### 8.2.2.1 Einstellungen

Einstellungen				
1	Grundeinstellungen			
2	Grenzwerte			
3	Ausgang 1			
4	Ausgang 2			
1	2	3	4	

Dieses Menü ist aus dem Anzeigemenü mit der Taste 3 erreichbar

<b>Grundeinstellungen</b>				
Passwort:	0000			
Neues Passwort:	0000			
Sprache:	ENGLISH			
Baud Rate RS 232:	19200			
	▼	▲	SAVE	RETURN

Max. 4 numer. Zeichen  
Alternativ: Deutsch  
Alternativ 4800, 19200

<b>Grenzwerte</b>				
Grenzwert 1:	> 209000 ppm			
Grenzwert 2:	> 209000 ppm			
Verzögerungszeit	1 – 60 s			
	▼	▲	SAVE	RETURN

<b>Ausgang 1</b>				
Wert:	ppmO <sub>2</sub> (bei kleiner 1 ppm O <sub>2</sub> wird automatisch auf Exponentialschreibweise umgestellt)			
Bereich:	0/4-20 mA			
Nullpunkt:	0 ppm			
Endwert:	1000 ppm			
Dämpfung:	1 s			
	▼	▲	SAVE	RETURN

Alternativ: Vol.%O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>log<sub>10</sub>, Temperatur, Zellspannung

Alternativ: 0-5 V  
1x10<sup>-15</sup> (bei log. Ausgang)  
1000000

Analoges gilt für den Ausgang 2!

**8.2.2.2 Kalibrierung**

<b>Kalibrierung</b>		Aus dem Anzeigemenü über 4. Taste erreichbar
Nullgas:	209000 ppm	Abgleich des Nullpunktes (Offsetspannungsabgleich) Einschränkende Grenzen: ±20 mV
Kalibrierung Nullpunkt:	START	Messwert wird überwacht und erst bei stabilem Wert übernommen (laufende Zeit wird angezeigt)
Prüfgas:	100 ppm	Abgleich der Steilheit der Kennlinie (einschränkende Grenzen: ± 20 % vom Messwert)
Kalibrierung Prüfgas:	START	Analog Nullgas
▼   ▲	SAVE   RETURN	

**8.2.2.3 Yt-Grafik**

<b>Yt-Grafik</b>		Aus dem Anzeigemenü über 2. Taste erreichbar
Kurve:	O2 linear	Alternativ: Temperatur, Zellspannung
Yaxis-min:	0 ppm	Kleinster Wert $1 \times 10^{-15}$ (bei log. Ausgang)
Yaxis-max:	100 ppm	Größter Wert 1000000
Xaxis-max:	60 min	Zulässig 3...60 Minuten
▼   ▲	SAVE   RETURN	

Die Messwerte werden nach Erreichen der Endzeit jeweils um  $\frac{1}{4}$  der Werte nach links verschoben. Die angezeigten Werte sind nicht in einem Speicher verfügbar.

Belegung der Tastatur im Anzeigemenü:

Normale Belegung der Tasten	Pumpe	XY-PLOT	Einstellungen	Kalibrierung.
Tastenbelegung nach Drücken der Taste „Pumpe“	Pumpe:	ON	OFF	RETURN

**8.3 Kalibrierung**

Besonders vor Messungen mit hoher Genauigkeitsforderung sollte eine Kalibrierung vorgenommen werden. Im Übrigen ist die Stabilität der Messzelle und der Elektronik ausreichend hoch, so dass eine Überprüfung nur einmal im Jahr zweckmäßig ist.

Die Kalibrierung erfolgt in zwei Schritten: Nullpunktkalibrierung und Prüfgaskalibrierung. Wichtig ist, dass vor der Kalibrierung das Gerät mindestens zwei Stunden warm gelaufen ist.

### 8.3.1 Nullpunktabgleich

Der Nullpunktabgleich dient zum Ausgleich der Offsetspannung des  $ZrO_2$ -Sensors. Der Offset ist zum einen konstruktiv bedingt (bei nicht idealer Lage von Elektrode im Heizfeld) und kann ebenso bei der Alterung des Sensors auftreten.

Vor dem Abgleich wird der Sensor mit Umgebungsluft gespült. Der Gasfluss ist mittels interner oder externer Pumpe auf den Wert eingestellt, mit dem auch das Messgas gemessen wird.

Mit dem Nullpunktabgleich wird zudem der Arbeitspunkt an Umgebungsluft mit 20,64 Vol.-%  $O_2$  kalibriert.

### 8.3.2 Prüfgaskalibrierung

Hierzu wird das SGM5T mit einem zertifizierten Prüfgas durchströmt (nach Möglichkeit in der Konzentration, bei der später gemessen werden soll). Der Ablauf wird durch das Menü vorgeschrieben.

Die Stabilität des Messwerts ( $O_2$ ) wird während der Kalibrierung überprüft. Der Kalibrierprozess beginnt erst, wenn das durch das Prüfgas erzeugte Signal stabil ist. Deshalb kann der Kalibriervorgang unterschiedlich lange dauern (die Schwankungsbreite muss innerhalb von 4 s kleiner als 1% sein).

Ist die Stabilität nicht gegeben, wird die Kalibrierung nach 60 s abgebrochen.

Weiterhin wird die Abweichung des Messwertes vom Sollwert bewertet. Bei der Nullpunktkalibrierung sind  $\pm 20$  mV (Zellspannung) erlaubt, bei der Endwertkalibrierung  $\pm 20$  % vom Messwert (Zellspannung).

Für die Korrektur gilt folgende Gleichung:  $V_{\text{zellkorr}} = (V_z + A) \cdot B$  mit den Größen

$V_z$  = gemessene Zellspannung,  $A$  = Zellspannung im Nullpunkt und  $B$  = Faktor zur Endwertkorrektur.

Nullgas ist immer Umgebungsluft (20,6 oder 20,9 Vol%).

Meldung des Kalibrierstatus:

OK (1.5)	OK (1.5)	letzte Kalibrierung OK (Abgleichwert)
WARTEN ! 5	WAIT ! 5	Kalibrierung läuft
ABBRUCH	BREAK	Abbruch durch Tastendruck
FEHLER STABIL.	TIME OUT	Stabilität in 60s nicht erreicht
FEHLER BEREICH	OUT OF RANGE	Bereichsüberschreitung
FEHLER SENSOR	FAILED	Gerätefehler

## 8.4 Hinweise zur Störungsbeseitigung

Tabelle 4: Störungen, Ursachen und Beseitigung

Störung	Ursache	Beseitigung
Display leuchtet nicht	SGM5T ausgeschaltet	SGM5T einschalten
	Stromversorgung ausgefallen	Stromversorgung überprüfen Korrekten Sitz der Netzanschlussleitung prüfen
	Gerätesicherung ausgelöst	Gerätesicherung wechseln
Störungsmeldung „Flow zu gering“ oder starke Laufgeräusche der Pumpe	Gaszuführung verstopft, zu lang für den gewählten Querschnitt oder undicht	Leitung prüfen, Verstopfungen beseitigen, Dichtigkeit herstellen
	Pumpe defekt	auswechseln
Relativ hoher Messwert, obwohl ein niedrigerer Wert für die Sauerstoffkonzentration erwartet wird	Gasdurchflussmenge zu gering	Durchflussmenge erhöhen
Messwert ist abhängig von der Durchflussmenge (je kleiner der Durchfluss, desto größer der Messwert bzw. umgekehrt)	Leck(s) in der Messgaszuleitung	Messgaszuleitung und Schraubverbindungen auf Dichtigkeit prüfen, nachziehen
Messwert ist wesentlich geringer als erwartet	Im Messgas liegen bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff reagierende Bestandteile vor (z.B. Kohlenwasserstoffe)	Messgas durch ein Aktivkohlefilter leiten, Aktivkohlefilter ggf. auf Sättigung prüfen
Warnung: Warmlauf	Messzelle hat Betriebstemperatur noch nicht erreicht	5 Minuten warten (Warmlauf definiert als <740 °C und <15 min.
Temperatur steigt nicht	Heizungssicherung ausgelöst	Gerät ausschalten und nach erneutem Einschalten prüfen, ob Fehler erneut auftritt- in dem Falle Service konsultieren
Heizung erreicht Endtemperatur nicht/Temperatur schwankt/P_heiz > 85%	Heizung bzw. Regelung defekt	Service konsultieren
Warnung: Thermoelementbruch	Thermoelement defekt	Service konsultieren
Warnung: Systemfehler	Wahrscheinlich Messzelle defekt	Service konsultieren
Warnung: Bereich	Die Sauerstoffkonzentration ist so gering, dass eine Übersteuerung der Elektronik vorliegt	Vermutlich enthält das Messgas brennbare Bestandteile, die mit den Sauerstoff verbrennen

## 9 Wartung, Instandsetzung und Lagerung

### 9.1 Allgemeine Hinweise

Die Elektronik und die Messzelle sind wartungsfrei.

Bei Defekten an der Messzelle oder am Thermoelement ist das SGM5T an den Hersteller zur Instandsetzung einzusenden.

Das SGM5T ist bei Nichtgebrauch in einem trockenen, staubfreiem Raum möglichst in der Originalverpackung zu lagern. Das Abstellen anderer Gegenstände auf der Oberseite des SGM5T ist dabei nicht gestattet.

*Lagerung*

### 9.2 Auswechseln der Gerätesicherung

**Vor dem Auswechseln der Gerätesicherung ist das SGM5T auszuschalten und von der Netzversorgung zu trennen.**

Deckel des Faches in der Netzanschlusseinheit mit einem flachen Schraubendreher o.ä. öffnen.

Sicherung entnehmen, prüfen und ggf. durch baugleiche Sicherung ersetzen (1 A/T).

Deckel wieder aufsetzen und durch leichten Druck einrasten lassen.



GFFAHR

## 10 Anhang

### 10.1 Grundlagen der Anwendung potentiometrischer ZrO<sub>2</sub>-Festelektrolyt-sensoren bei der optimalen Führung von Verbrennungsprozessen

Die Optimierung sowie reproduzierbare Führung von Verbrennungsprozessen ist bei vielen technologischen Verfahren (z.B. bei der Herstellung von Glas- oder Keramikfasern, beim Brennen von Porzellan, bei der Gewinnung von Energie oder Rohgas aus festen oder flüssigen Brennstoffen usw.) Voraussetzung für eine gleichbleibend gute Produktqualität und Ressourcennutzung. Qualitätssicherungsnormen, wie z.B. die ISO 9000, schreiben die Erfassung und Dokumentation prozessrelevanter Daten zur Sicherstellung der Produktqualität vor. Als Regelgröße für die Überwachung und Regelung solcher Anlagen benötigt man Messwerte, die in einem weiten Bereich der Gaszusammensetzung möglichst in Echtzeit erfasst werden und vollständig eingestellten Gasgleichgewichte eindeutig zuordenbar sind.

Derartige Messwerte werden heute in der Praxis generell mit potentiometrischen ZrO<sub>2</sub>-Festelektrolytsensoren gewonnen. Die ZIROX hat kurze und auch sehr lange Sonden mit solchen (unbeheizten oder elektrisch beheizten) Sensoren entwickelt, die in Verbrennungsanlagen verschiedener Art, in technischen Öfen oder Flammen in situ arbeiten und benötigte Signale liefern. Weiterhin produziert die ZIROX aber auch Geräte mit elektrisch beheizten Sensoren zur Analyse von extern vorgemischten Brennstoff-Luft-Mischungen oder Abgasen.

Die chemischen, thermodynamischen und elektrochemischen Grundlagen, auf denen die Anwendung potentiometrischer Festelektrolytsensoren (= galvanischer Festelektrolytzellen) bei der Führung von Verbrennungsprozessen beruht, werden im Folgenden dargestellt.

#### Sauerstoffkonzentration und Luftzahl Lambda

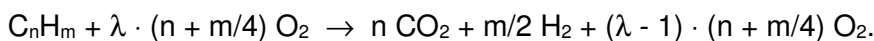
Die Beschreibung des Umsatzes von gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen mit Luft erfolgt am besten mit der Luftzahl Lambda. Diese Größe gibt das Verhältnis der bei der Verbrennung zugeführten Luftmenge zu der für einen stöchiometrischen Umsatz des verwendeten Brennstoffs notwendigen Luftmenge an. Die Luftmenge kann in Volumina, Massen oder Stoffmengen (die nach dem idealen Gasgesetz bekanntlich einander proportional sind) angegeben werden (Einheiten wie m<sup>3</sup>, kg oder mol kürzen sich bei der Verhältnisbildung). Mit den Volumina  $v$  ist

$\lambda = v(\text{zugeführtes Luftvolumen}) / v(\text{stöchiometrisch notwendiges Luftvolumen})$ .

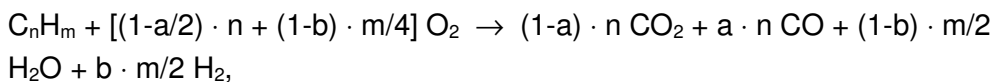
Bei Zuführung von zu viel Luft (Luftüberschuss) ist  $\lambda > 1$ , bei Zuführung von zu wenig Luft (Luftmangel) ist  $\lambda < 1$ . Im Fall der exakt stöchiometrischen Verbrennung ist  $\lambda = 1$ .

(Nur in der Kfz-Technik gibt es eine abweichende Definition, weil auf Motorprüfständen der verbrauchte Kraftstoff gewogen und das zugeführte Luftvolumen in Masse umgerechnet wird. Bei Division der Luftmasse durch die Kraftstoffmasse ergibt sich dann z.B. für reines Octan bei genau stöchiometrischem Umsatz der Wert 15,3.)

Für die Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs (in Motorkraftstoff, Erdgas, Flüssiggas) mit der Bruttoformel  $C_nH_m$  erhält man bei vollständiger Verbrennung im Sauerstoffüberschuss mit  $\lambda$  die Reaktionsgleichung



Bei Verbrennungen mit zu wenig Luft (Sauerstoffmangel) entsteht aus allen organischen Stoffen bei genügend hoher Temperatur und nötigenfalls mit Katalysatoren zur Herbeiführung von totalem Gasgleichgewicht im Wesentlichen eine Mischung von Stickstoff und Wasserstoff, Wasserdampf, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid, dem sog. Wassergas (es lässt sich aus Kohle und Wasser produzieren). Die Reaktionsgleichung für Umsätze bei Sauerstoffmangel lässt sich nicht nur mit  $\lambda$ ,  $n$  und  $m$  formulieren. Vielmehr gilt



wobei  $a$  und  $b$  durch  $\lambda$  und die Lage des temperaturabhängigen Wassergasgleichgewichts  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$  bestimmte Größen sind.

Die Gaspotentiometrie mit Festelektrolytzellen liefert zunächst nur die Sauerstoffkonzentration  $\varphi(O_2)$  in den jeweiligen Messgasen. Gewünscht wird aber häufig die Bestimmung von  $\lambda$ . Für dessen Berechnung lassen sich folgende Gleichungen ableiten:

$$\lambda_m = \frac{1 + \frac{\varphi(O_2)}{1+2V}}{1 - \frac{\varphi(O_2)}{\varphi(O_2)_{Luft}}} \lambda_f = 1 - \frac{1}{1+2V} \left( \frac{V}{1 + \frac{\varphi(O_2)^{0.5}}{K_C}} + \frac{1}{1 + \frac{\varphi(O_2)^{0.5}}{K_H}} \right).$$

Diese für einzelne Kohlenwasserstoffe bei  $\lambda > 1$  (mager) und bei  $\lambda < 1$  (fett) gültigen Gleichungen enthalten das Kohlenstoff/Wasserstoff-Verhältnis im Kohlenwasserstoff,  $V = 2 n/m$ , und die thermodynamischen Gleichgewichtskonstanten für die Reaktionen



In der Praxis liegen allerdings meist Mischungen verschiedener Kohlenwasserstoffe vor, Brenngase können zusätzlich Wasserstoff,

Kohlenmonoxid und Stickstoff enthalten, weiterhin trägt die verwendete Luft mit ihrer Feuchtigkeit und ihrem Kohlendioxidgehalt zu den Gasgleichgewichten bei. In entsprechend modifizierte Gleichungen müssen mittlere  $V$  eingesetzt werden. Die Verdünnung mit Stickstoff beeinflusst  $\lambda$  ein wenig im mageren Bereich, aber nicht im fetten, weil das Gleichgewicht zwischen den Wassergaskomponenten vom Druck und damit von der Wassergaskonzentration unabhängig ist.

Ein besonderes Problem ist der Wechsel der Art der Gleichung zur Berechnung von  $\lambda$  beim Wechsel zwischen Überschuss und Mangel an Sauerstoff. Die exakte Lösung besteht darin, dass zu jedem Messpunkt die Konzentrationen der Wassergaskomponenten berechnet werden und je nachdem, ob  $\varphi(\text{CO}) + \varphi(\text{H}_2)$  größer oder kleiner als  $2 \varphi(\text{O}_2)$  ist, die eine oder andere Gleichung angewendet wird (DE 43 23 879). Die von der GO Messtechnik dazu entwickelte Software und Elektronik liefert die Ergebnisse praktisch verzögerungsfrei.

### Gaspotentiometrie mit Festelektrolytsensoren

Mischoxidkristalle aus  $\text{ZrO}_2$  und  $\text{CaO}$  oder  $\text{Y}_2\text{O}_3$  haben im Oxidionenteilgitter Lücken, über die im heißen Zustand Oxidionen wandern können. Sie sind damit Festelektrolyte (d.h. feste Ionenleiter). An Platinschichten auf keramischen Körpern aus dem (durch die Zusätze gegen Bruch) stabilisierten  $\text{ZrO}_2$  sind Elektrodenreaktionen mit den Oxidionenlücken  $V_{\text{O}}$  möglich:



Sauerstoffatome, die aus molekularem Sauerstoff oder Wasserdampf abgespalten werden, nehmen an der Oberfläche des Platins Elektronen auf und wandern zu Sauerstofflücken des Festelektrolyten, wo sie Oxidionen bilden. Der Vorgang kommt allerdings schnell zum Stillstand, wenn die Elektrode in einem offenen Stromkreis liegt und weder Elektronen noch Oxidionen fließen können. In diesem Zustand ist die Leistung chemischer Arbeit beim Teilchenübergang gleich dem Aufwand, der dabei an elektrischer Arbeit geleistet werden muss. Es besteht elektrochemisches Gleichgewicht, ein dynamisches Gleichgewicht, denn die Elektrodenreaktion läuft weiterhin ab, aber in beiden Richtungen gleich schnell. Je größer die sog. Austauschstromdichte ist, umso unempfindlicher ist die Elektrode gegen Störungen.

Im Zustand des elektrochemischen Gleichgewichts hat das Platin entweder Elektronen abgegeben und ist positiv aufgeladen oder hat Elektronen aufgenommen und ist negativ geladen. Ersteres ist unter Sauerstoff, letzteres unter Wasserstoff zu erwarten.

Befinden sich zwei Sauerstoffelektroden unter verschiedener Sauerstoffkonzentration auf gegenüberliegenden Seiten eines gasdicht



gesinterten  $ZrO_2$ -Festelektrolyten, so wird im elektrochemischen Gleichgewicht auf der Seite mit der größeren Sauerstoffkonzentration die Aufladung positiver sein als auf der Seite der kleineren Sauerstoffkonzentration. Zwischen den Elektroden ist dann eine Zellspannung messbar, die umso größer ist, je unterschiedlicher die Sauerstoffkonzentrationen an den beiden Elektroden sind.

Für den quantitativen Zusammenhang zwischen Zellspannung und Teilchenkonzentrationen an den Elektroden hat zuerst NERNST 1889 die nach ihm benannte Gleichung angegeben. In der elektrochemischen Thermodynamik kann man diese Beziehung mit den (aus Energie- und Entropiekomponenten zusammengesetzten) chemischen Potentialen der an der Zellreaktion (= Summe der Elektrodenreaktionen) beteiligten Teilchen ableiten. Für das chemische Potential des Sauerstoffs gilt

$$\mu(O_2) = \mu(O_2)' + R \cdot T \cdot \ln p(O_2).$$

Bei einer Festelektrolytzelle mit zwei Sauerstoffelektroden ist die Zellreaktion einfach der Übergang von Sauerstoff höheren auf niedrigeren Druck. Die chemische Arbeit bei Zellreaktionen wird mit der molaren freien Reaktionsenthalpie  $\Delta_R G$  beschrieben, die hier gleich der Differenz der chemischen Potentiale ist:

$$\Delta_R G = \mu(O_2)' - \mu(O_2)'' = R \cdot T \cdot \ln [p(O_2)'/p(O_2)''].$$

In isothermen Zellen fallen die beiderseits gleich großen Standardpotentiale  $\mu(O_2)'$  heraus.  $\Delta_R G$  ist gleich der maximalen Arbeit, die bei unendlich langsamem Ablauf der Zellreaktion, d.h. näherungsweise bei extrem kleinem Stromfluss über den äußeren Stromkreis, gewonnen werden kann und die sich mit der Gleichgewichtszellspannung  $U_{eq}$ , der molaren Ladung  $F$  (Faraday-Konstante) und der Zahl der bei der Zellreaktion pro Formelumsatz ausgetauschten Elektronen (für  $O_2$  gleich 4) berechnen lässt:

$$W_{elektr} = 4 \cdot F \cdot U_{eq}.$$

Damit ergibt sich für die Gleichgewichtszellspannung die NERNSTsche Gleichung

$$U_{eq} = (R \cdot T / 4 \cdot F) \cdot \ln [p(O_2)'/p(O_2)''].$$

In der Gaspotentiometrie wird eine Elektrode mit einem bekannten Gas gespült und mit Messungen von  $U_{eq}$  und  $T$  das Gas an der Messelektrode analysiert. Nach Umrechnung auf den  $\lg$  ergibt sich dafür mit den Naturkonstanten  $R$  und  $F$  und mit trockener Luft unter Normaldruck an der Bezugselektrode die Zahlenwert-Gleichung

$$U_{eq}/mV = 0,049606 \cdot T/K \cdot \lg [0,2093 \cdot 1013,25 \text{ mbar} / p(O_2)].$$

In der Praxis wird häufig mit der Sauerstoffkonzentration  $\varphi(O_2)$  in Vol.-% gerechnet. Dazu ist in die Auswertgleichung  $p(O_2) = \varphi(O_2) \cdot p / 100$  einzusetzen. Wenn der Totaldruck  $p$  dem Normaldruck 1013,25 mbar annähernd gleich ist, rechnet man mit den Gleichungen

$$U_{\text{eq}}/\text{mV} = 0,049606 \cdot T/\text{K} \cdot \lg [20,93 \text{ Vol.-%} / \varphi(\text{O}_2)]$$

$$\varphi(\text{O}_2)/\text{Vol.-%} = 20,93 \cdot 10^{(U_{\text{eq}}/\text{mV})/(0,049606 \cdot T/\text{K})}$$

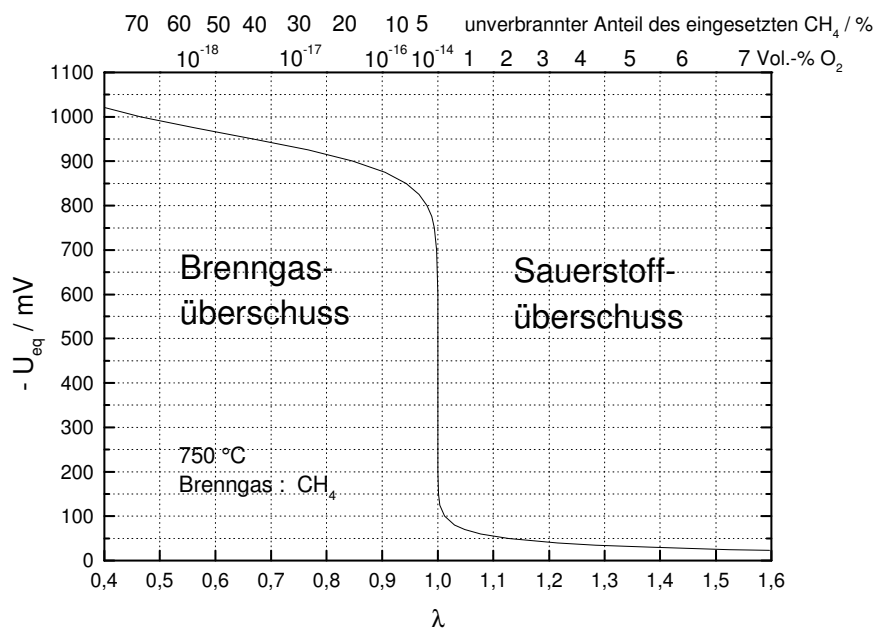
Wenn an der Messelektrode ein Gas mit überwiegend reduzierenden Komponenten vorliegt, verschwinden die chemischen Standardpotentiale bei der Ableitung der Zellspannungsgleichung nicht. Man erhält dann eine NERNSTsche Gleichung für Reaktionszellen mit konzentrationsunabhängigen Gliedern, beispielsweise für Zellen mit Wasserstoff, Wasserdampf- und Luft-Elektrode die von 400 bis 1000 °C gültige Gleichung:

$$U_{\text{eq}}(\text{H}_2, \text{H}_2\text{O-Luft})/\text{mV} = -1280,6 + \{ 0,3165 + 0,0992 \cdot \lg [\varphi(\text{H}_2\text{O})/\varphi(\text{H}_2)] \} \cdot T/\text{K} \pm 1.$$

Bei verschiedenen technischen Prozessen interessiert der Quotient  $Q = \varphi(\text{H}_2\text{O})/\varphi(\text{H}_2)$ , den man mit dieser Gleichung berechnen kann. Wenn die Messelektrode den negativen Pol der Zelle bildet, gibt man der Zellspannung ein negatives Vorzeichen.

Die Abhängigkeit der Gleichgewichtszellspannung von  $\lambda$ , von der Sauerstoffkonzentration und von einem  $\text{CH}_4$ -Überschuss bei Methanverbrennung zeigt das nachfolgende Diagramm.

Die



oben in Gleichungen und im Diagramm dargestellten Zellspannungen gelten jeweils nur für Zellen mit gleicher Temperatur an beiden Elektroden. Derartige isotherme Zellen sind in den Produkten der ZIROX sehr sorgfältig realisiert. Dagegen sind die in Kraftfahrzeugen verwendeten Lambda-Sonden nicht isotherm ausgelegt. Sie erfüllen ihren Zweck im Wesentlichen zur Indizierung von  $\lambda >$  oder  $<$  1 und sind zu genauen gaspotentiometrischen Bestimmungen weniger geeignet.

## 10.2 Montageanleitung Swagelok®-Rohrverschraubungen

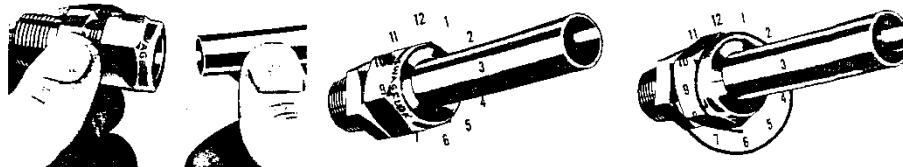
## Swagelok® ROHRVERSCHRAUBUNGEN FÜR METRISCHE ROHRE

29

SWAGelok Rohrverschraubungen werden komplett montagetüchtig und fingerfest angezogen geliefert. Sie können sofort installiert werden. Ein Auseinandernehmen vor der

Installation mit den damit verbundenen Gefahren der Verunreinigung oder Verwechslung – welche Lecks verursachen können – ist nicht notwendig.

## MONTAGEANLEITUNG ERSTMONTAGE



1. Rohr rechtwinklig abschneiden, entgraten. Rohr bis zum Anschlag in den Fitting schieben, Mutter „fingerfest“ anziehen.
2. Vor Anziehen der SWAGelok Mutter diese an der 6-Uhr-Position markieren.
3. Dann Mutter 1 1/4 Umdrehungen anziehen, bis die Markierung an der 9-Uhr-Position steht.

Durch eine Markierung der Mutter an der 6-Uhr-Position wird eine eindeutige Ausgangsposition fixiert. Nach 1 1/4 Umdrehungen ist die 9-Uhr-Position erreicht und damit die Gewähr für die richtige Installation gegeben.

Für Verschraubungen der Größen 2, 3, 4 mm müssen bei der Erstmontage 3/4 Umdrehungen der Mutter gemacht werden.

## Hochdrucksysteme, kritische Anwendungen mit hohem Sicherheitsfaktor

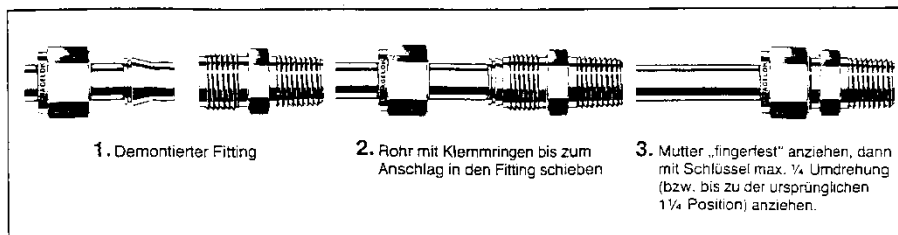
Da wir als Verschraubungslieferant keinen Einfluss auf den Rohraußendurchmesser haben, können unterschiedliche Toleranzen auftreten. Aus Sicherheitsgründen empfehlen wir deshalb bei kritischen Anwendungen die 1 1/4 Umdrehungen von einem Normpunkt (Snug) zu beginnen.

Definition des Normpunktes (Snug): Die Überwurfmutter mit

einem Gabelschlüssel so weit anziehen, bis sich das Rohr in der Verschraubung nicht mehr mit der Hand drehen läßt. Damit ist die Rohrtoleranz ausgeglichen. Von diesem Punkt die Mutter mit 1 1/4 Umdrehungen festziehen. Diese Montage garantiert Ihnen, daß die Verschraubung bei kritischen Bedingungen Drücke aushält, die oberhalb der Arbeitsdrücke von Präzisionsrohren liegen.

## WIEDERMONTAGE

Bei einwandfreier Beachtung der Installationshinweise und dem Verwenden des richtigen Rohrmaterials können SWAGelok Verschraubungen mehrmals gelöst und wieder verwendet werden, wobei die gleiche verlässliche, leckfreie Verbindung erreicht wird.

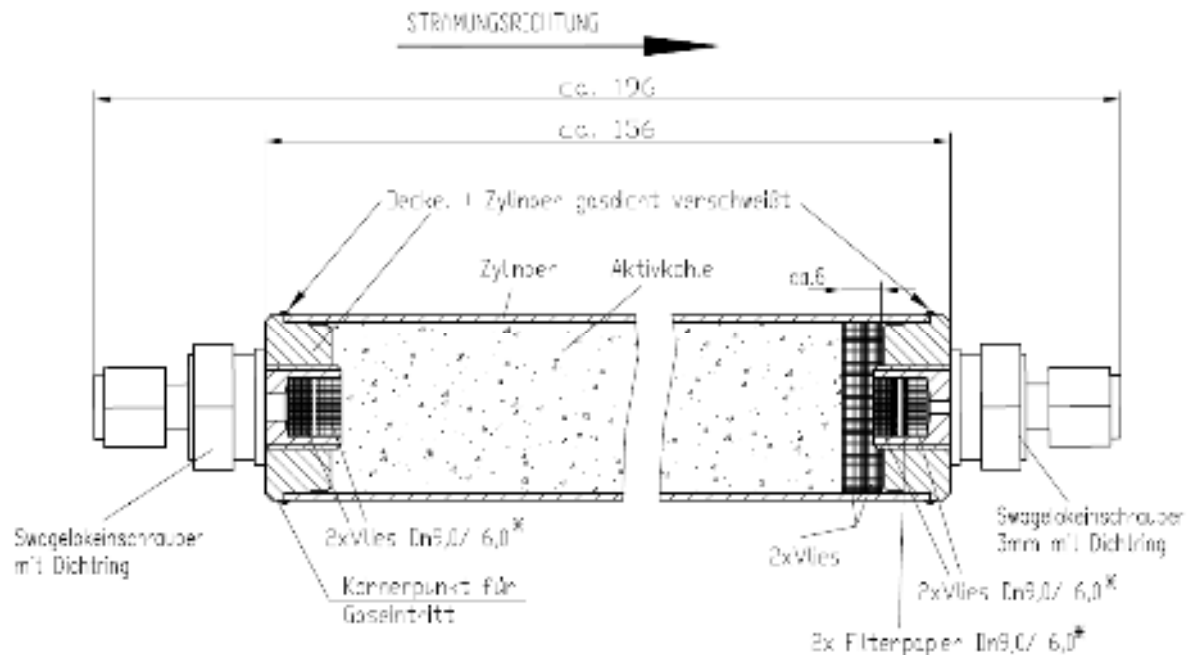


1. Demontierter Fitting

2. Rohr mit Klemmrings bis zum Anschlag in den Fitting schieben

3. Mutter „fingerfest“ anziehen, dann mit Schlüssel max. 1/4 Umdrehung (bzw. bis zu der ursprünglichen 1 1/4 Position) anziehen.

### 10.3 Aktivkohlefilter: Beschreibung und Anwendungshinweise



#### 10.3.1 Aufbau des Filters

Der in der Zeichnung dargestellte Aktivkohlefilter (AKF) wird durch einen rohrförmigen Behälter gebildet. Er ist an den Enden durch Deckel mit daran befindlichen Anschlüssen für Rohrleitungen abgeschlossen. Beide Deckel sind in das Rohr eingeschweißt. Die verwendeten Rohranschlüsse sind 3 mm-Swagelok®-Verbindungen, in die Verschlusspfropfen gegen das Herausfallen der Aktivkohle eingesetzt sind. Die Abdichtung der Swagelok®-Anschlüsse zu den Deckeln erfolgt mit speziellen Dichtscheiben. Um zu verhindern, dass Feinstaub in den Gasweg gelangt, befinden sich am Ausgang des AKF ein Vorfilter und ein Feinfilter. Die Füllung besteht aus pelletierter Aktivkohle.

#### 10.3.2 Verwendung und Funktion des Filters

Durch den Aktivkohlefilter werden organische Restbestandteile (z.B. Alkohole) aus dem zu untersuchenden Gas zurückgehalten und adsorbiert.

Nach längerem Einsatz des Filters kann bei unerwartetem Anstieg der Zellspannung bzw. deutlicher Abnahme der Sauerstoffkonzentration am Schutzgasmessgerät darauf geschlossen werden, dass der Filter mit organischen Bestandteilen gesättigt und damit unwirksam geworden ist. Der Filter ist durch einen neuen zu ersetzen oder die Aktivkohle auszutauschen.

Wird der Filter nacheinander in verschiedenen Messaufbauten verwendet, ist auf eine einheitliche Strömungsrichtung des Messgases zu achten. Andernfalls kann eine Desorption der bisher aufgenommenen organischen Verbindungen erfolgen, die dann zu Fehlmessungen führt. Daher sollte das Messgas stets in Richtung des Pfeils auf dem Filtergehäuse strömen.

### 10.3.3 Wechseln der Aktivkohle

Wenn eine Sättigung des Filters vorliegt, ist es zu erneuern. Will man den Wechsel der Aktivkohle selbst vornehmen, wird der Gasanschluss am EINGANG des Filters demontiert (Schlüsselweite 19) und die Aktivkohle ausgeschüttet. Mit Hilfe eines kleinen Trichters wird die neue Aktivkohle aufgefüllt und durch Klopfen mit einem Plaste- oder Holzgegenstand an die Wandung zusätzlich verdichtet. Nach Abschluss dieser Arbeiten wird die Verschraubung mit den Dichtscheiben wieder montiert. Damit ist der Filter für einen erneuten Einsatz bereit.

**Der Verschlusspfropfen in den Swagelok®-Verbindungen darf nicht entfernt werden!**



### 10.3.4 Technische Daten

Abmessungen (DM x L):	28 mm x 150 mm
Masse:	ca. 250 g
Volumen:	ca. 100 ml
Mögliche Betriebsdauer:	Abhängig von der Art und Konzentration der zu adsorbierenden Komponenten, z.B. ca. 1...3 Monate bei Rohgas aus einem Gärtank (ZKG)
Verwendete Aktivkohle	gekörnt bzw. pelletiert, 1 – 3 mm

## 10.4 EG-Konformitätserklärung

## EG - Konformitätserklärung

Dokument- Nr.: 09 17. Juni 2003

Hersteller: Zirox Sensoren & Elektronik GmbH

Anschrift: Am Koppelberg 21  
D - 17489 Greifswald

Produktbezeichnung: Sauerstoffmessgerät SGM5 - T

Die Übereinstimmung des bezeichneten Produktes mit den Vorschriften der Richtlinie des Rates  
**89/336/EWG** (zuletzt geändert: 93/68/EWG)  
wird nachgewiesen durch:

Der Hersteller hat die in der Richtlinie 89/336/EWG genannten harmonisierten Normen angewandt und die Übereinstimmung des Produktes festgestellt.

## harmonisierte europäische Normen:

Nummer:	Text:	Ausgabedatum:
DIN EN 61000-6-3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV); Teil 6-3 Störaussendung für den Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe	08.2002
DIN EN 61000-6-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-2: Fachgrundnorm: Störfestigkeit für Industriebereich	08.2002
DIN EN 61000-3-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV); Teil 3-2 Grenzwerte für Oberschwingungsströme	12.2001
DIN EN 61000-3-3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV); Teil 3-3 Grenzwerte für Spannungsschwankungen und Flicker	05.2002

Diese Erklärung bescheinigt die Übereinstimmung mit der genannten Richtlinie, beinhaltet jedoch keine Zusicherung von Eigenschaften. Die Sicherheitshinweise der mitgelieferten Produktdokumentation sind zu beachten.

Aussteller: Zirox Sensoren & Elektronik GmbH

Ort, Datum: Greifswald 18.06.03

Rechtsverbindliche  
Unterschrift: 

## 10.5 Garantiebedingungen

Die ZIROX Sensoren & Elektronik GmbH garantiert, dass die von ihr hergestellten und verkauften Produkte zum Zeitpunkt der Auslieferung keine Fertigungs- und Materialmängel aufweisen. Falls sich jedoch innerhalb von 12 Monaten (Messzelle) oder 24 Monaten (Elektronik) nach Auslieferung ein Mangel zeigt, wird ZIROX nach unverzüglicher schriftlicher Benachrichtigung durch den Käufer diesen Mangel nach Wahl von ZIROX durch Reparatur oder Ersatz des mangelhaften Teils beheben. Ein Anspruch des Käufers auf andere Rechtsbehelfe aus dieser Garantie besteht nicht.

Mängel, die durch natürlichen Verschleiß an von ZIROX gelieferten Produkten auftreten (z.B. Referenzgaspumpe), werden durch die Garantie nicht abgedeckt.

Korrosive Gase und Feststoffteilchen können Schäden verursachen und dazu führen, dass eine Reparatur oder ein Austausch als Folge normalen Verschleißes während der Garantiezeit erforderlich wird.

Der Kontakt der Produkte mit explosiven Gasgemischen, Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO<sub>2</sub>) ist nicht zulässig.

Der Kontakt der Produkte mit silizium- oder phosphorhaltigen Verbindungen ist ebenfalls nicht zulässig.

Bei Kombination von ZIROX Produkten mit Fremdprodukten, die nicht von ZIROX freigegeben sind, erlischt jeglicher Garantieanspruch.

Gewährleistungs- und Haftungsansprüche bei Personen- und/oder Sachschäden sind ausgeschlossen, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- natürliche Abnutzung
- keine bestimmungsgemäße Verwendung des Produktes
- Missachtung der Bestimmungen des Gerätehandbuchs
- unsachgemäße Aufstellung, Inbetriebnahme, Bedienung und Instandhaltung des Produktes
- Betrieb des Produktes bei wirkungslosen Schutzmaßnahmen
- eigenmächtige funktionelle und gerätetechnische Veränderungen am Produkt
- Ausbau von Teilen bzw. der Einbau von Ersatzteilen oder Zusatzgeräten, die nicht vom Hersteller geliefert oder durch ihn genehmigt wurden
- unsachgemäß durchgeführte Reparaturen oder Fehlbedienung
- Fremdkörpereinwirkung
- höhere Gewalt.

**Achtung:** Der Kunde muss bei der Installation darauf achten, dass alle erforderlichen Versorgungsleitungen angeschlossen werden und die Betriebstemperatur des jeweiligen Messsystems erreicht wird. Produkte, die montiert, aber nicht in Betrieb genommen werden, können durch den Prozess oder durch äußere Einwirkung beschädigt werden. Für solche Mängel übernimmt ZIROX keine Haftung.

## 11 Bemerkungen und eigene Notizen