

ZIROX – Sauerstoffmesstechnik



SGM7

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

SGM7

Gerätehandbuch

Schutzgasmessgerät zur Messung der Sauerstoffkonzentration in inerten und reaktiven Gasen

Messbereich: $2 \cdot 10^5 \dots 10^{-20}$ Vol.-ppm

Stromversorgung: 100...240 V, 47...63 Hz

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Hinweise	7
1.1	Hinweise zum Gerätehandbuch.....	7
1.2	Urheberrecht.....	7
1.3	Verwendete Symbole.....	8
2	Anwendungsbereich	9
3	Sicherheitshinweise	10
4	Funktionsbeschreibung	11
4.1	Messprinzip	11
4.2	Messbedingungen	12
4.2.1	Allgemeine Hinweise	12
4.2.2	Messgas-Durchflussmenge	12
4.2.3	Genauigkeit der Messung.....	13
5	Technische Daten	14
5.1	Kenndaten.....	14
5.2	Messdaten.....	14
5.3	Mechanik.....	14
5.4	Elektrotechnik/Elektronik	14
5.4.1	Allgemeine Daten.....	14
5.4.2	Schnittstellen.....	15
6	Aufbau des Schutzgasmessgerätes	16
6.1	Prinzipieller Geräteaufbau	16
6.1.1	Allgemeine Übersicht	16
6.1.2	Konstruktionsprinzip der Festelektrolytmesszelle	16
6.1.3	Elektronische Messwertverarbeitung.....	18
6.2	Aufbau des SGM7	19
6.2.1	Mechanischer Aufbau.....	19
6.2.2	Netzanschluss.....	19
6.2.3	Vorderseite.....	19
6.2.4	Rückseite	20
7	Aufstellung und Inbetriebnahme	21
7.1	Aufstellungsbedingungen	21
7.2	Herstellen der Betriebsbereitschaft.....	21
8	Bedienung und Parametrierung	23
8.1	Bedienung	23
8.1.1	Einschalten und Messwertanzeige	23
8.1.2	Einstellung der Durchflussmenge des Messgases	23
8.1.3	Messwertüberwachung	23
8.1.4	Status-/Fehlermeldungen	24
8.2	Parametrierung.....	25

8.2.1	Einstellbare Parameter	25
8.2.2	Programmiermenüs	26
8.3	Kalibrierung	29
8.3.1	Nullpunktabgleich	29
8.3.2	Bereichsgaskalibrierung	29
8.4	Hinweise zur Störungsbeseitigung	30
9	Wartung, Instandsetzung und Lagerung	31
9.1	Allgemeine Hinweise	31
9.2	Auswechseln der Gerätesicherung	31
10	Anhang	32
10.1	Grundlagen der Anwendung potentiometrischer ZrO ₂ -Festelektrolytsensoren bei der optimalen Führung von Verbrennungsprozessen	32
10.2	Potentiometrische ZrO ₂ -Zellen für die Messung des H ₂ O/H ₂ -Verhältnisses	36
10.3	Montageanleitung Swagelok®-Rohrverschraubungen	38
10.4	Aktivkohlefilter: Beschreibung und Anwendungshinweise	39
10.4.1	Aufbau des Filters	39
10.4.2	Verwendung und Funktion des Filters	39
10.4.3	Wechseln der Aktivkohle	40
10.4.4	Technische Daten	40
10.5	EG-Konformitätserklärung	41
10.6	Garantiebedingungen	42
11	Bemerkungen und eigene Notizen	43

1 Allgemeine Hinweise

1.1 Hinweise zum Gerätehandbuch

Das vorliegende Gerätehandbuch beschreibt den Aufbau, die Funktionsweise und die Bedienung des Sauerstoffmessgerätes SGM7 der Firma ZIROX Sensoren & Elektronik GmbH.

Anschrift des Herstellers:

ZIROX Sensoren & Elektronik GmbH

Am Koppelberg 21

D-17489 Greifswald

Tel.: (0 38 34) 830900

Fax: (0 38 34) 930929

info@zirox.de

www.zirox.de

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

Dieses Gerätehandbuch unterliegt nicht dem Änderungsdienst. Werden vom Hersteller am SGM 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 SGM kann nur bei Kenntnis dieses Gerätehandbuches gewährleistet werden. Bitte lesen Sie sich deshalb vor Aufstellung und Anschluss des SGM alle Abschnitte dieses Gerätehandbuches gründlich durch.

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 SGM 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.

HINWEIS

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

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 Gasmischungen auch die Konzentration des gebundenen Sauerstoffs möglich (nähere Erläuterungen siehe Anhang).

Bestimmungsgemäße Verwendung

Haupteinsatzgebiete des SGM7 sind:

- 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 Gasmischungen, Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO₂) in das SGM ist nicht zulässig.



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



Mit dem SGM7

- 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.

Funktionen

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 SGM. Sie müssen deshalb unbedingt beachtet und vom zuständigen Personal strikt eingehalten werden.

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

Die Verwendung des SGM in explosionsgefährdeten Räumen und das Einleiten von explosiven Gasgemischen, Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO₂) in das SGM sind nicht zulässig.



Durch die hohe Betriebstemperatur der Messzelle entwickelt das SGM7 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 SGM7 ist wegen möglicher Schäden am Gerät durch Wärmestau nicht zulässig.

Vor dem Öffnen der Gehäuseabdeckung ist das SGM7 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, $R = 8,31441 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

T – Messtemperatur in K

F – Faraday-Konstante, $F = 9,6485 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$

$p_{O_2, Luft}$ – 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 SGM7 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:

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

Dabei ist: φ_{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 Form¹ (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 H₂/H₂O- oder CO/CO₂-Gemische).

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.

Bei zu großer Durchflussmenge können asymmetrische Abkühlungen des Sensors Messfehler verursachen.

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

¹ 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“.

Wird das Gerät mit der internen Gaspumpe betrieben, erfolgt über die Durchflussmessung eine Regelung der Pumpe. Es wird immer ein optimaler Gasfluss von 7 l/h eingestellt.

4.2.3 Genauigkeit der Messung

Der Hersteller garantiert einen Messfehler von < 5% (relativer Fehler) nur bei der Messung von Sauerstoffkonzentrationen in der Größenordnung $2 \times 10^5 \dots 10$ ppm (Die Einheit ppm wird im gesamten Handbuch im Sinne von Vol.-ppm gebraucht). Bei der Messung von Sauerstoffkonzentrationen von 10...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 reduzierender 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	Gasmonitor SGM7
Einsatz	Messung der Sauerstoffkonzentration in Gasen

5.2 Messdaten

Messbereich	2,0 · 10 ⁵ ...1 Vol.-ppm, (20,6...1x10 ⁻⁴ Vol-%), bis 10 ⁻²⁰ Vol.-ppm möglich (reduzierende Bedingungen, s. Kap. 4.2), Messbereich bis 100 Vol.-% auf Anfrage
Messgenauigkeit bei Normaldruck	rel. Messfehler < 5%
Messgasdurchsatz	5 ... 10 l/h
Max. zulässiger Druck des Messgases	20 mbar Überdruck
Max. zulässige Temp. des Messgases	80°C am Gaseintritt
Druckabfall über der Messzelle	ca. 1 kPa (100 mm WS) bei 10 l/h

5.3 Mechanik

Abmessungen (BxHxT in mm)	135x100x240
Masse	3kg
Schutzgrad	IP 40
Gaseintritt	Swagelok® 3 mm
Gasaustritt	Schlauchnippel 4 mm
Einsatzbedingungen	10...45 °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	100 – 240 V AC, 47 – 63 Hz
Leistungsaufnahme	20 VA
Heizung Messzelle	24 V DC, ca. 10 W (intern geregelt)

Tastatur und Anzeige

Tastatur	3 Tasten
Klartextanzeige	LCD (hinterleuchtet)

5.4.2 Schnittstellen

Serielle Schnittstelle RS 232

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

Klemmenbelegung der Buchse SUB-D 9-pol. F:

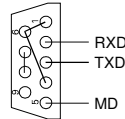


Tabelle 1: Protokoll der seriellen Schnittstelle (CR = carriage return)

Eingabe	Rückmeldung	Parameter
M2CR	M2x.xxExxCR	Sauerstoffkonzentration, ppm
A1CR	A1xxxCR	Zellspannung, mV
A2CR	A2xxxCR	Messtemperatur, °C

Tabelle 2: Fehlermeldungen

0	ERROR0	Übertragungsfehler
1	ERROR1	Warmlauf
2	ERROR2	Zelltemp. zu klein
3	ERROR3	Thermoelementbruch
4		
5		
6	ERROR6	Systemfehler

Analogausgang

Stromausgang 0/4...20 mA, potentialgetrennt, frei skalierbar, Bürde max. 500 Ω

Option: Spannungsausgang..... 0/2...10 V, potentialgetrennt, frei skalierbar

Tabelle 3: Steckerbelegung für 4pol. Rundbuchse

Pin	Bezeichnung
1	I _{out} - (optional U _{out} -)
2	I _{out} + (optional U _{out} +)
3	Alarmrelais (potentialfreier Kontakt)
4	Alarmrelais (potentialfreier Kontakt)

Tabelle 4: Grenzwertrelais

Last	Ohmsche Last (cosφ = 1)
Max. Schaltspannung	125 VAC, 60 VDC
Max. Schaltstrom	1A
Max. Schaltleistung	62.5 VA, 30 W
Min. Last	1 mA bei 5 VDC

6 Aufbau des Schutzgasmessgerätes

6.1 Prinzipieller Geräteaufbau

6.1.1 Allgemeine Übersicht

Das Gerät ist in einer transportablen, kompakten Laborausführung lieferbar. Die prinzipielle Struktur der Geräte zeigt Abbildung 1.

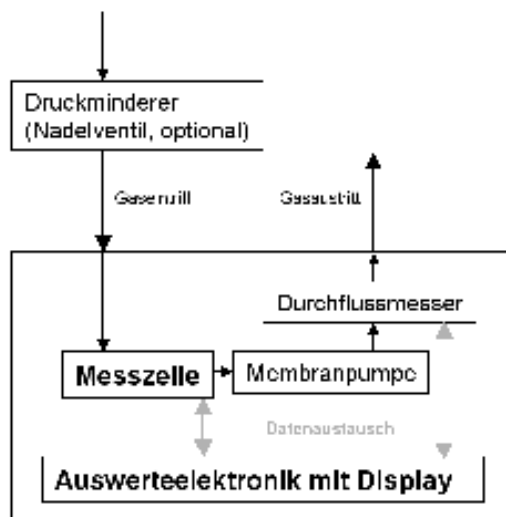


Abb. 1: Prinzipieller Geräteaufbau, Gerätebaugruppen

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.

6.1.2 Konstruktionsprinzip der Festelektrolytmesszelle

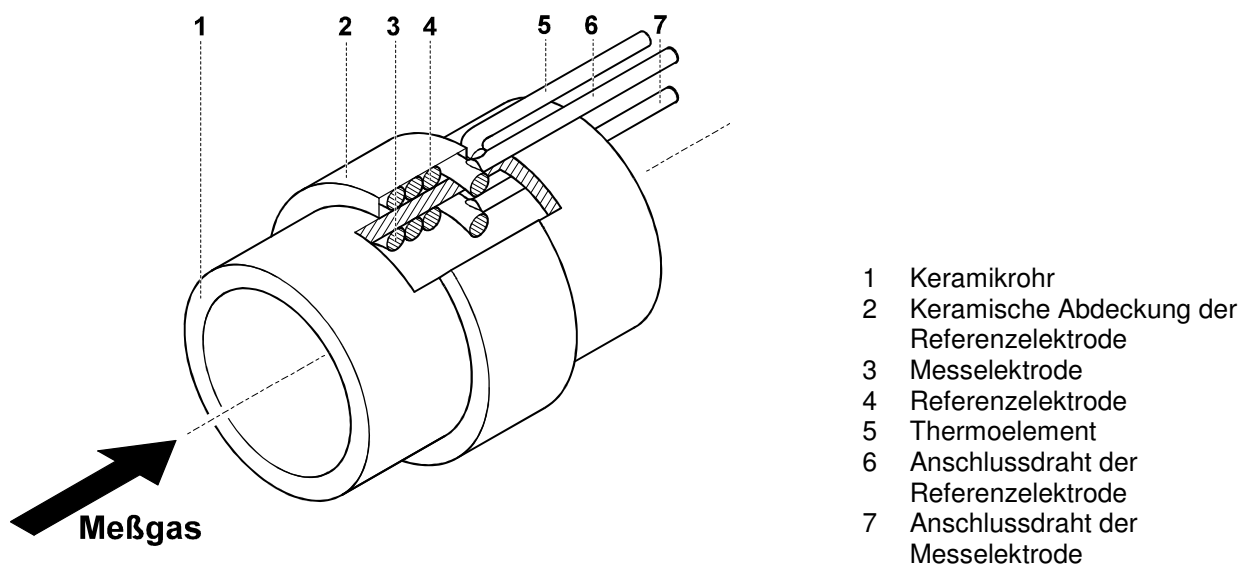


Abb. 2: Konstruktion der Festelektrolytmesszelle

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

Messzelle

Um günstige Werte für die Oxidionenleitfähigkeit des Zirkoniumdioxids zu erhalten und Störreaktionen durch Nichtgleichgewichte mit brennbaren Komponenten des Messgases zu vermeiden, wird die Messzelle auf 750 °C aufgeheizt. Ein Thermoelement an der Messzelle ermittelt die aktuelle Messtemperatur T. Die konstante Messtemperatur wird durch eine elektronische Regelschaltung gewährleistet.

*Aufheizen der
Messzelle*

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



Den prinzipiellen Aufbau der elektronischen Messwertverarbeitung veranschaulicht das Blockschaltbild in Kapitel 6.1.3.

Elektronik

6.1.3 Elektronische Messwertverarbeitung

Eine Übersicht über die Signalverarbeitung gibt das folgende Blockschaltbild.

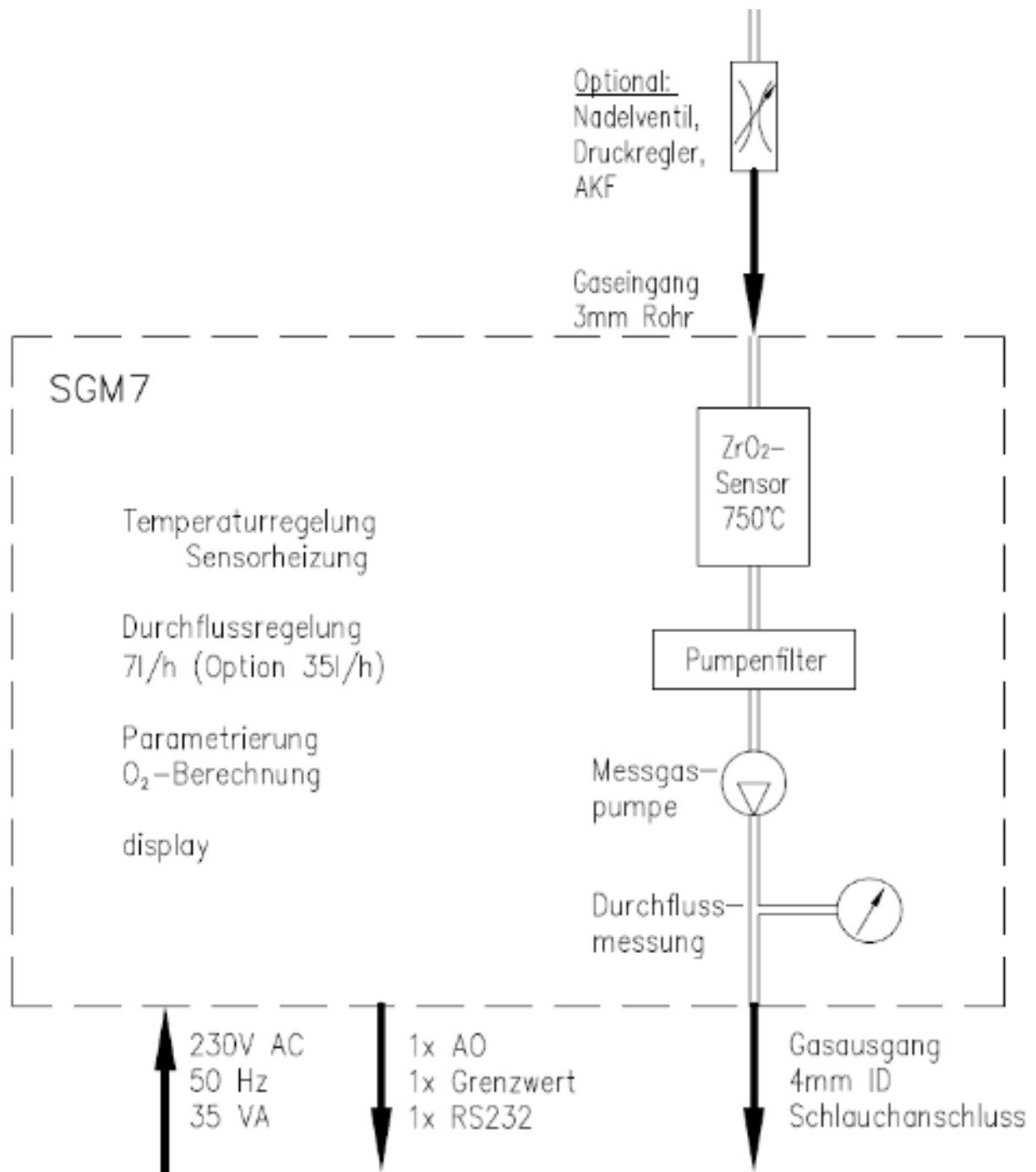


Abb. 3: Blockschaltbild des SGM7

6.2 Aufbau des SGM7

6.2.1 Mechanischer Aufbau

Beim SGM7 befinden sich alle Baugruppen (Hauptelektronik, Durchflussmesser, Pumpe, Netzfilter, Messzelle) in einem tragbaren Gehäuse.

6.2.2 Netzanschluss

Das SGM7 wird über die mit dem Gerät fest verbundene Geräteanschlussleitung an das Netz angeschlossen.

Das SGM7 ist als Tischgerät konzipiert. Die Betriebslage des SGM ist horizontal, mit einem maximalen Neigungswinkel von 30°.

Betriebslage und Neigungswinkel

6.2.3 Vorderseite

An der Vorderseite des Gerätes befinden sich Anzeige- und Bedienelemente. Der Messwert wird je nach Größe und Programmierung in Vol.-% oder in Vol.-ppm auf einem Display angezeigt.

1 Vol.-% entspricht 10^4 Vol.-ppm, 1 Vol.-ppm entspricht 0,0001 Vol.-%.

Vol.-%- Vol.-ppm

Eine Leuchtdiode dient als Betriebsanzeige und signalisiert durch Farbe und ggf. Blinken bestimmte Betriebs- bzw. Warnzustände (s. Kap. 8.1.4).

Rechts befindet sich eine Tastatur, die zur Auswahl der Anzeige oder zur Programmierung des Gerätes dient.



Abb. 5: Vorderseite des SGM7

6.2.4 Rückseite

An der Rückseite des SGM7 befinden sich Gasein- und –austritt, eine Sub-D-Buchse für die RS232-Schnittstelle und der Netzschalter. Das Netzkabel ist fest mit dem Gerät verbunden.



Abb. 6: Rückseite des SGM7

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 SGM7 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 SGM7 ist horizontal.

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



Das Eindringen von Flüssigkeiten in das SGM kann zu schweren Beschädigungen bis hin zur vollständigen Zerstörung des Messgerätes führen.

Keine mit Flüssigkeiten gefüllten Gegenstände auf oder in unmittelbarer Nähe des SGM7 aufstellen!



7.2 Herstellen der Betriebsbereitschaft

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

HINWEIS

1. SGM7 am gewünschten Ort aufstellen (s. Kapitel 7.1).
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 SGM7 lieferbar) vor dem Gaseintritt installieren.
4. Ein externes Durchflussmessgerät sollte stets hinter dem Gasaustritt installiert werden (an dieser Stelle beeinflussen mögliche Lecks das Messergebnis nicht).
5. SGM7 an die Netzversorgung anschließen.

Möglich ist der Anschluss des Gerätes mit Umgehungsleitung (Bypass, interne Pumpe saugt das Messgas an!) bzw. mittels direkter Gaseinleitung (Nur 0,1 bar Überdruck zulässig).

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.

HINWEIS

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 SGM ein Wasserabscheider installiert werden.

HINWEIS

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



Das Messgas kann auch durch das ausgeschaltete SGM strömen.

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 SGM befindet sich nach dem Einschalten im Anzeigemodus. Auf dem Display wird die im Ausgang programmierte Größe (in der Regel die aktuelle Sauerstoffkonzentration) entsprechend der gewählten Dimension (Vol.-% oder ppm) angezeigt.

8.1.2 Einstellung der Durchflussmenge des Messgases

Zur Gewährleistung einer exakten Messung ist eine Durchflussmenge von 5 ... 10 l/h einzustellen. Bei Messungen mittels Bypass wird die Durchflussmenge durch die interne Pumpe realisiert.

HINWEIS

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

8.1.3 Messwertüberwachung

Im Gerät kann ein Grenzwert programmiert werden, der über einen Relaisausgang Meldungen liefert. Das Relais ist im aktiven Zustand geöffnet. (Bei aktiven Grenzwert wird dieser Zustand auch in der Statuszeile angezeigt). Diese Signalisierung erfolgt verzögert. Die Ansprechzeit für die Messwertüberwachung (Grenzwertverzögerungszeit) kann zwischen 1 und 99 Sekunden eingestellt werden.

8.1.4 Status-/Fehlermeldungen

Während des Messvorganges werden Funktionen der Messzelle überwacht. Im Störungs-/Fehlerfall werden Fehlermeldungen ausgegeben. Gleichzeitig wird der Relaisausgang zur Störungssignalisierung aktiviert.

Eigenüberprüfung des SGM

Table 5: Status-/Fehlermeldungen

Status	Anzeige	Bemerkung
0	OK	
1	GRENZWERT	Alarmrelais aktiv
2	BEREICH <<<	Über- oder Unterschreitung des für den Analogausgang eingestellten Messbereichs. Keine Alarmrelais-Aktivierung!
3	BEREICH >>>	
4	FLOW <<<	< 5 l/h
5	FLOW >>>	> 9 l/h
6		
7		
8		
9	WARMLAUF	Zelltemp. zu klein (warten, nach ca. 15 Minuten müssen 750 °C erreicht sein)
10	ZELLTEMP.<<<	Solltemp. -10° und > 30 min
11	FEHLER THERMOELEM.	Thermoelementbruch
12		
13		
14	SYSTEMFEHLER	

Status 1...8: Warnungen

Status 9...14: Fehler, Alarmrelais aktiv und Stromsignal null



8.2 Parametrierung

8.2.1 Einstellbare Parameter

Tabelle 6: Übersicht der einstellbaren Parameter

Parameter	Bereich	Bemerkungen
Display	O ₂ : 0...21 (100) Vol.-% oder in ppm	Messbereich 100 Vol.-% auf Anfrage
Analoger Ausgang	0...20 mA oder 4...20 mA alternativ 0...10 V oder 2...10 V	
Ausgangsskala	Linear Logarithmisch (Basis 10)	Logarithmische Skala empfohlen, wenn der Messwert mehrere Dekaden überstreicht.
Unterdrückter Nullpunkt	0,00001...21 Vol.-% oder 0,1...21000,0 ppm	Zweckmäßig für eine optimale Auflösung in einem bestimmten Bereich
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)
Ansprechzeit des Messwertes t_{90}	1 ... 99 s	Gebildet durch rechnerische Mittelwertbildung des Messwertes
Grenzwert	0...99,99 Vol.-% bzw. 0...999999 ppm	Wählbar als unterer oder oberer Grenzwert mit den Zeichen ">" oder "<"
Verzögerungszeit des Grenzwertes	1 ... 99 s	Zeit, die der Grenzwert überschritten sein muss, bevor Alarm signalisiert wird.
Übertragungsrate der RS-232-Schnittstelle	4800, 9600, 19200 Baud	
Messgas-Durchfluss	Interne Pumpe über Tastatur ein- oder ausschaltbar,	Die Pumpleistung wird 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 gewählt werden, der mit den verschiedenen Tasten verändert werden kann und abschließend wieder mit der -Taste bestätigt wird.

A Hauptanzeige



Durchflussanzeige

Statuszeile

Pumpenstatus (ein/aus mittels Taste) und Zelltemperatur

Folgende Betriebszustände werden durch eine Leuchtdiode visualisiert:

Rot blinkend:	Fehler
Grün:	OK
Gelb:	Grenzwert

B Einstellungen



B.1 Grundeinstellungen



English, Deutsch

4800,9600,19200

+ - 9

AUS

B.2 Grenzwert**GRENZWERT**

WERT:	> 206000 ppm	<i>0...999999 ppm bzw. 0...99,99 Vol.-%</i>
VERZOEGERUNG:	1 s	<i>0...99s</i>
ZURUECK		

B.3 Analogausgang**ANALOGAUSGANG**

WERT:	Vol% O2	<i>Vol% O2, ppm O2, O2[log10] Option: O2 NGW, H2O/H2</i>
BEREICH:	4-20 mA	<i>0-20 mA oder 4-20mA Option: 0-10V oder 2-10V</i>
NULLPUNKT:	0.00 %	
ENDWERT:	10.00 %	
DAEMPfung:	1 s	<i>1-99s</i>
ZURUECK		

B.4 Kalibrierung**KALIBRIERUNG**

NULLGASKALIBRIERUNG
BEREICHSGASKALIBRIER.

ZURUECK

B.4.1 Nullgaskalibrierung**NULLGASKALIBRIERUNG**

MESSWERT:	206400 ppm	<i>Aktueller Messwert</i>
NULLGAS :	206400 ppm	<i>Nullgas immer 20.64 %</i>
NULLGASKAL.:	WARTE 5	<i>Status</i>
ABGL.WERT:	- 4.5	<i>Abgleichwert *1</i>
ZURUECK		

*1 wird diese Zeile aktiviert und die Taste **Enter** ca. 3s lang gedrückt wird der Kalibrierwert auf 0.0 gesetzt

B.4.2 Bereichskalibrierung**BEREICHSGASKALIBR.****MESSWERT: 209000 ppm** *Aktueller Messwert***PRUEFGAS : 1000 ppm****BEREICHSKAL.: WARTE 5** *Kalibrierstatus***ABGL. WERT: 1.00** *Abgleichwert *2***ZURUECK**

*2 wird diese Zeile aktiviert und die Taste **Enter** ca. 3s lang gedrückt
wird der Kalibrierwert auf 1.00 gesetzt

B.4.4 Speicherung**WERTE SPEICHERN ?****JA****NEIN**

8.3 Kalibrierung

Besonders vor Messungen mit hoher Genauigkeitsforderung sollte eine Kalibrierung vorgenommen werden (*Die Stabilität der Messzelle und der Elektronik ist so hoch, dass eine Überprüfung pro Jahr ausreichend ist*).

Vor jeder Kalibrierung muss sich das Gerät mindestens 1 Stunde im Betriebszustand befinden.

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.

Zunächst wird über die Tastatur „Kalibrierung“ und danach „Nullgaskalibrierung“ aufgerufen. Nach Wählen von „Nullgaskal.“ wird mittels **Enter** die Kalibrierung gestartet. Nach ca. 5 s ist die Kalibrierung beendet. Nun wird mittels Tastatur „Zurück“ gewählt und durch Enter das Menü verlassen. Die Speicherung muss mit „ja“ quittiert werden.

8.3.2 Bereichsgaskalibrierung

Hierzu wird das SGM7 mit einem zertifizierten Prüfgas durchströmt (nach Möglichkeit in der Konzentration, bei der später gemessen werden soll). Der Ablauf wird durch das Menü vorgeschrieben.

Zunächst wird über die Tastatur „Kalibrierung“ und danach „Bereichsgaskalibrierung“ aufgerufen. Die O_2 -Konzentration des Prüfgases muss mittels Tastatur eingegeben werden. Nach Anwählen von „Bereichskal.“ wird die Kalibrierung mittels **Enter** gestartet.

Die Stabilität des Messwerts (O_2 -Konzentration) wird während der Kalibrierung überprüft. Der eigentliche 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 Nullgaskalibrierung sind ± 20 mV (Zellspannung) erlaubt, bei der Bereichsgaskalibrierung ± 20 % vom Messwert (Zellspannung).

Für die Korrektur gilt folgende Gleichung: $U_{\text{zell(korr)}}=(U_{\text{zell}}+A)*B$ mit den Größen

U_{zell} = gemessene Zellspannung, A = Zellspannung im Nullpunkt und B = Faktor zur Endwertkorrektur.

Nach Beendigung der Kalibrierung wird mittels Tastatur „Zurück“ gewählt und durch **Enter** das Menü verlassen. Die Speicherung muss mit „ja“ quittiert werden.

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
START<	START	Kalibrierung starten

8.4 Hinweise zur Störungsbeseitigung

Tabelle 6: Störungen, Ursachen und Beseitigung

Störung	Ursache	Beseitigung
Display leuchtet nicht	SGM7 ausgeschaltet	SGM7 einschalten
	Stromversorgung ausgefallen	Stromversorgung überprüfen, Korrekten Sitz der Netzanschlussleitung prüfen
	Gerätesicherung ausgelöst	Gerätesicherung wechseln
Störungsmeldung „Flow zu gering“	Gaszuführung verstopft, zu lang für den gewählten Querschnitt oder undicht	Leitung prüfen, Verstopfungen beseitigen, Dichtigkeit herstellen
	Pumpe defekt	Auswechslung durch Hersteller
Störungsmeldung „Bereich <<<“ bzw. „Bereich >>>“	Unter- bzw. Überschreitung des Messbereichs	Änderung des Messbereichs
Relativ hoher Messwert, obwohl ein niedrigerer Wert für die Sauerstoffkonzentration erwartet wird	Gasdurchflussmenge zu gering	Durchflussmenge erhöhen
	Mikroleck in Gaszuführung	Schraubverbindungen nachziehen
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 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, danach aktuelle Temperatur im Display verfolgen
	Heizungssicherung ausgelöst	Gerät ausschalten und nach erneutem Einschalten prüfen, ob Fehler erneut auftritt, in dem Fall Service konsultieren
	Heizung bzw. Regelung defekt	Service konsultieren
Fehler: Thermoelementbruch	Thermoelement defekt	Service konsultieren
Fehler: Systemfehler	Fehler Programm- oder Datenspeicher	Service konsultieren

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 SGM an den Hersteller zur Instandsetzung einzusenden.

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

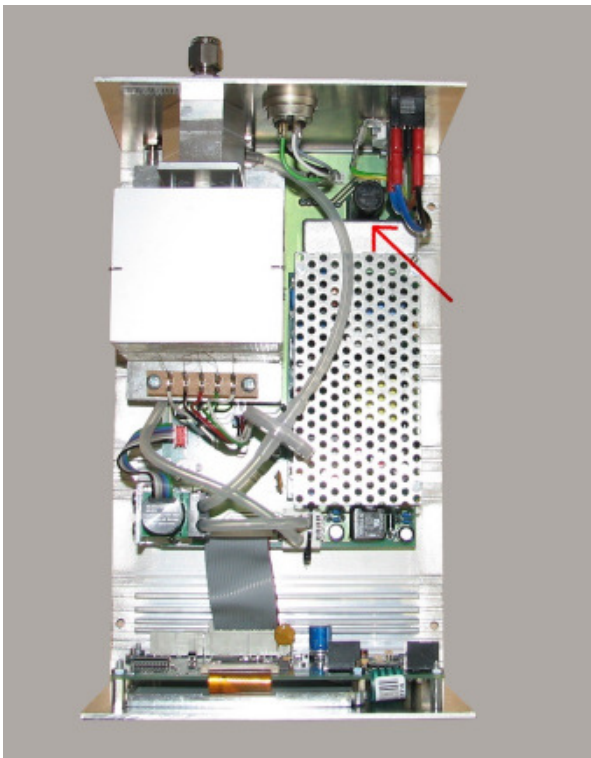
Lagerung

9.2 Auswechseln der Gerätesicherung

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



Die Sicherung (1AT) befindet sich im Gerät (siehe Pfeil) in der Nähe der Rückwand. Sie ist durch eine typgleiche Sicherung zu ersetzen.



Nach dem Ausschalten des Gerätes hat das Gehäuse der Messzelle längere Zeit eine Übertemperatur von ca. 60 °C.



10 Anhang

10.1 Grundlagen der Anwendung potentiometrischer ZrO_2 -Festelektrolytsensoren 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_2 -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

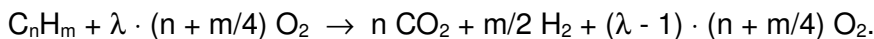
Die Beschreibung des Umsatzes von gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen mit Luft erfolgt am besten mit der Luftzahl Lambda. Diese Größe gibt das Verhältnis der bei der Verbrennung zugeführten Luftmenge zu der für einen stöchiometrischen Umsatz des verwendeten Brennstoffs notwendigen Luftmenge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

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

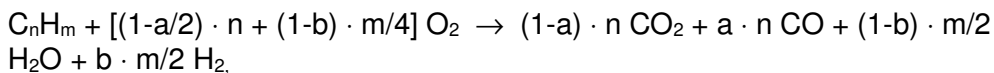
Bei Zuführung von zu viel Luft (Luftüberschuss) ist $\lambda > 1$, bei Zuführung von zu wenig Luft (Luftmangel) ist $\lambda < 1$. Im Fall der exakt stöchiometrischen Verbrennung ist $\lambda = 1$.

(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.)

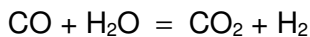
Für die Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs (in Motorkraftstoff, Erdgas, Flüssiggas) mit der Bruttoformel C_nH_m erhält man bei vollständiger Verbrennung im Sauerstoffüberschuss mit λ die Reaktionsgleichung



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 λ , n und m formulieren. Vielmehr gilt



wobei a und b durch λ und die Lage des temperaturabhängigen Wassergasgleichgewichts

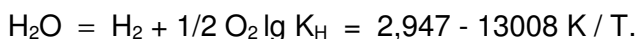


bestimmte Größen sind.

Die Gaspotentiometrie mit Festelektrolytzellen liefert zunächst nur die Sauerstoffkonzentration $\varphi(O_2)$ in den jeweiligen Messgasen. Gewünscht wird aber häufig die Bestimmung von λ . 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 λ 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 λ 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 ZrO_2 und CaO oder Y_2O_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 ZrO_2 sind Elektrodenreaktionen mit den Oxidionenlücken V_{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

$$\mu(\text{O}_2) = \mu(\text{O}_2)^\circ + R \cdot T \cdot \ln p(\text{O}_2).$$

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:

$$\Delta_R G = \mu(\text{O}_2)' - \mu(\text{O}_2)'' = R \cdot T \cdot \ln [p(\text{O}_2)'/p(\text{O}_2)''].$$

In isothermen Zellen fallen die beiderseits gleich großen Standardpotentiale $\mu(\text{O}_2)'$ 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 :

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

Damit ergibt sich für die Gleichgewichtszellspannung die NERNSTsche Gleichung

$$U_{\text{eq}} = (R \cdot T / 4 \cdot F) \cdot \ln [p(\text{O}_2)'/p(\text{O}_2)''].$$

In der Gaspotentiometrie wird eine Elektrode mit einem bekannten Gas bespült 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 Bezugslektrode die Zahlenwert-Gleichung

$$U_{\text{eq}}/\text{mV} = 0,049606 \cdot T/\text{K} \cdot \lg [0,2093 \cdot 1013,25 \text{ mbar} / p(\text{O}_2)].$$

In der Praxis wird häufig mit der Sauerstoffkonzentration $\varphi(\text{O}_2)$ in Vol.-% gerechnet. Dazu ist in die Auswertgleichung $p(\text{O}_2) = \varphi(\text{O}_2) \cdot p / 100$ einzusetzen. Wenn der Totaldruck p dem Normaldruck 1013,25 mbar annähernd gleich ist, rechnet man mit den Gleichungen

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

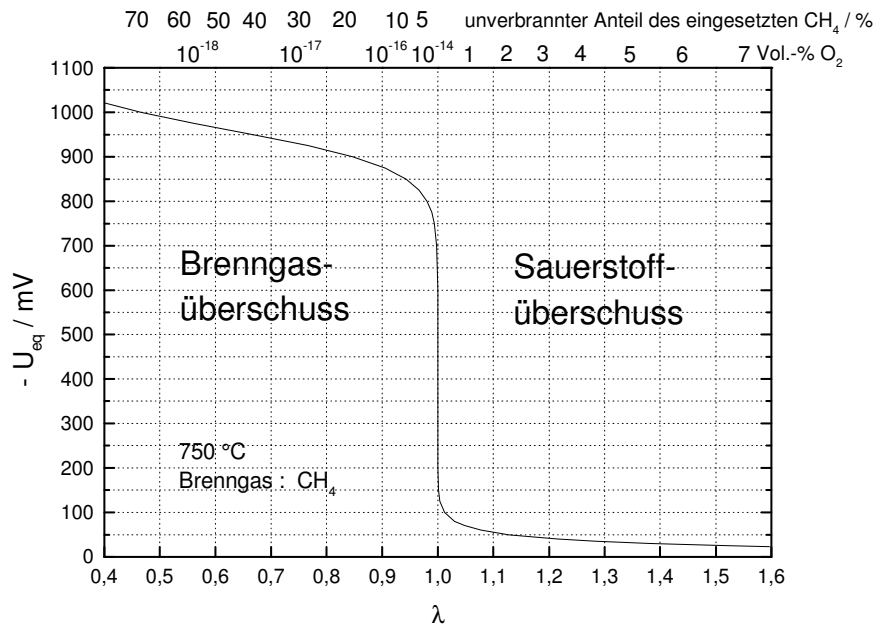
$$\varphi(\text{O}_2)/\text{Vol.-%} = 20,93 \cdot 10^{(U_{\text{eq}}/\text{mV})/(0,049606 \cdot T/\text{K})}.$$

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 λ , von der Sauerstoffkonzentration und von einem 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 Potentiometrische ZrO_2 -Zellen für die Messung des $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ -Verhältnisses

Eine (potentiometrische) ZrO_2 -Zelle liefert Signale, aus denen man die Sauerstoff-Volumenkonzentration $\varphi(\text{O}_2)$ und unter bestimmten Bedingungen auch das Konzentrationsverhältnis $\varphi(\text{H}_2\text{O}) / \varphi(\text{H}_2)$ im Schutzgas berechnen kann. Ersteres gilt für Inertgase, in denen freier Sauerstoff¹ enthalten,

¹ Es ist zwischen verschiedenen Zuständen des Sauerstoffs im Messgas zu unterscheiden:

Freier Sauerstoff: Die Sauerstoff-Moleküle im Gas liegen unabhängig ohne jede Bindungsbeziehung zu den anderen Gasbestandteilen (Inertgase wie z.B. N_2 oder Ar) vor. Im Verbrennungsmotor spricht man in dem Falle von einem „magerem Gemisch“.

Gebundener Sauerstoff: Im Gas gibt es keine freien Sauerstoff-Moleküle, sondern nur in gebundener Form, z.B. als Wasserdampf. Bei höheren Temperaturen erfolgt eine Dissoziation und es sind dann Sauerstoff-Moleküle vorhanden. Da der Dissoziationsgrad mit der Temperatur steigt, ist auch das Messergebnis von der Temperatur abhängig. Im Verbrennungsmotor liegt ein „fettes Gemisch“ vor.

letzteres für reduzierende Gase, in denen nur gebundener Sauerstoff vorhanden ist.

Für die Spannungssignale U von Sonden mit gleichem Gesamtdruck und gleicher Temperatur (T in Kelvin) an den beiden Elektroden gelten die folgenden Gleichungen:

$$U/\text{mV} = - [0,03369 + 0,0496 \lg \varphi(\text{O}_2)] \cdot T/\text{K}$$

(bei vorhandenem freiem O_2 , oxidierende Bedingungen)

$$U/\text{mV} = 1290,6 - [0,3263 + 0,0992 \lg \varphi(\text{H}_2\text{O}) / \varphi(\text{H}_2)] \cdot T/\text{K}$$

(nur gebundener Sauerstoff, reduzierende Bedingungen).

Daraus erhält man für die Sauerstoff-Volumenkonzentration

$$\varphi(\text{O}_2) / \text{Vol.-%} = 20,63 \cdot \exp[-46,42 \cdot (U/\text{mV}) / (T/\text{K})]$$

und für den Quotienten aus Wasserdampf- und Wasserstoff-Volumenkonzentration

$$\varphi(\text{H}_2\text{O}) / \varphi(\text{H}_2) = \exp [(1290,6 - U/\text{mV}) / (0,0431 \cdot T/\text{K}) - 7,5732] .$$

Beispielrechnung:

Die H_2 -Konzentration des Messgases ist bekannt (z.B. 7 Vol.-%).

Das SGM7 zeigt ein $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ -Verhältnis von $3,3 \times 10^{-4}$ (dimensionslos).

Daraus folgt eine Wasserdampf-Konzentration von 0.00231 Vol.-% oder 23.1 ppm (1ppm = 1×10^{-4} Vol.-%)

Es muss folgendermaßen gerechnet werden:

H_2 -Konzentration x $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ -Verhältnis = H_2O -Konzentration

Bsp.: 70000 ppm x 0,00033 = 23,1

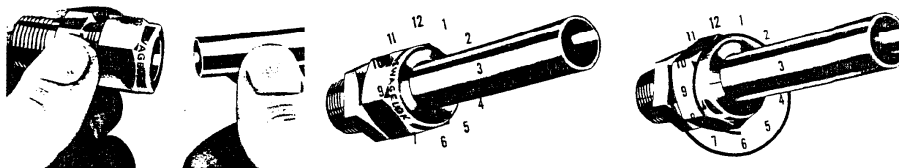
10.3 Montageanleitung Swagelok®-Rohrverschraubungen

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 1¼ 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 1¼ 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 ¾ Umdrehungen der Mutter gemacht werden.

Hochdrucksysteme, kritische Anwendungen mit hohem Sicherheitsfaktor

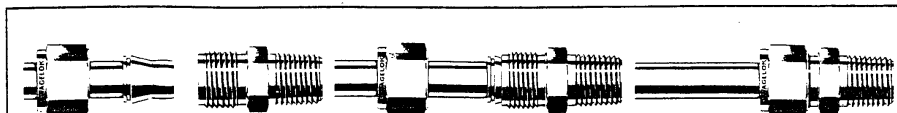
Da wir als Verschraubungslieferant keinen Einfluß auf den Rohraußendurchmesser haben, können unterschiedliche Toleranzen auftreten. Aus Sicherheitsgründen empfehlen wir deshalb bei kritischen Anwendungen die 1¼ Umdrehungen von einem Normpunkt (Snug) zu beginnen.

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 1¼ 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.

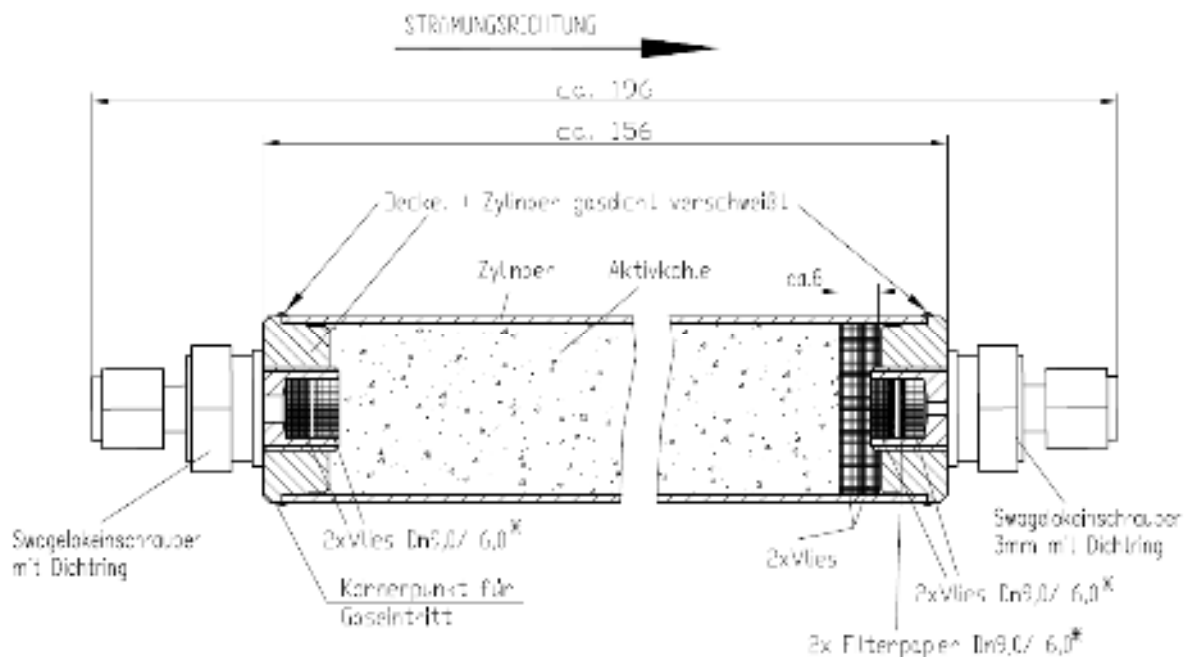


1. Demontierter Fitting

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

3. Mutter „fingerfest“ anziehen, dann mit Schlüssel max. ¼ Umdrehung (bzw. bis zu der ursprünglichen 1¼ Position) anziehen.

10.4 Aktivkohlefilter: Beschreibung und Anwendungshinweise



10.4.1 Aufbau des Filters

Das 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.

10.4.2 Verwendung und Funktion des Filters

Durch das 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 das Filter mit organischen Bestandteilen gesättigt und damit unwirksam geworden ist. Das Filter ist durch ein neues zu ersetzen oder die Aktivkohle auszutauschen.

Wird das 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.

10.4.3 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 das Filter für einen erneuten Einsatz bereit.

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



10.4.4 Technische Daten

Masse:	ca. 285 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

10.5 EG-Konformitätserklärung

EG - Konformitätserklärung

Dokument- Nr.: 15 **16. Mai 2006**

Hersteller: Zirox Sensoren & Elektronik GmbH

Anschrift: Am Koppelberg 21
D - 17489 Greifswald

Produktbezeichnung: SGM 7

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 61000-6-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-2: Fachgrundnorm: Störfestigkeit für Industriebereich	08.2002
DIN EN 61000-6-3	leitungsgeführte Störaussendung Gestrahlte Störaussendung	08.2002
DIN EN 50270	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Elektrische Geräte für die Detektion und Messung von brennbaren Gasen, toxischen Gasen oder Sauerstoff	01.2000

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 18.5.2006

Rechtsverbindliche Unterschrift: u. u.

ZIROX
Sensoren & Elektronik GmbH
Am Koppelberg 21
17489 Greifswald

10.6 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. SO₂) 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