

ZIROX - Sauerstoffmesstechnik



Messsystem Sauerstoffsonde SS27/MS27 Elektronik E2010

zur Messung der Sauerstoffkonzentration in Ofenatmosphären und
Rauchgasen

Bedienungsanleitung

Betriebsspannung: 24 V DC

Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINE HINWEISE	5
1.1	Hinweise zum Gerätehandbuch.....	5
1.2	Urheberrecht.....	5
1.3	Verwendete Symbole	6
2	ANWENDUNGSBEREICH.....	7
3	SICHERHEITSHINWEISE.....	8
4	FUNKTIONSBESCHREIBUNG.....	9
4.1	Systemaufbau.....	9
4.2	Messprinzip.....	9
5	TECHNISCHE DATEN.....	11
5.1	Sonde SS27/MS27	11
5.2	Elektronik E2010	13
6	AUFBAU (GERÄTEBESCHREIBUNG)	15
6.1	Vorderseite, Bedienelemente.....	15
6.2	Rückseite, Anschlüsse	16
7	INSTALLATION UND INBETRIEBNAHME	19
7.1	Installation	19
7.2	Referenzluftversorgung für ZIROX-Sonden	19
7.3	Betriebsbereitschaft abwarten.....	19
7.4	Montage der Sonden.....	20
7.5	Anwendung einer Tauchhülse.....	20
8	PARAMETRIERUNG	21
8.1	Bedienung des Menüs (Systematik anhand eines Beispiels)	21
8.2	Anzeigen	21
8.3	Einstellbare Parameter	22

8.4	Nullpunktabgleich	23
8.5	Bereichsgaskalibrierung	23
8.6	Rücksetzen der Kalibrierung	23
8.7	Fehlermeldungen Kalibrierung	23
8.8	Menüführung Kalibrierung (schematisch).....	24
9	STATUSANZEIGE/FEHLERMELDUNGEN	25
10	STÖRUNGEN UND PROBLEMBESEITIGUNG.....	26
11	WARTUNG	27
11.1	Allgemeine Hinweise	27
11.2	Kalibrierung	27
11.3	Lagerung	27
12	ANHANG	29
12.1	Grundlagen der Anwendung potentiometrischer ZrO ₂ - Festelektrolytsensoren bei der optimalen Führung von Verbrennungsprozessen	29
12.2	Garantiebedingungen	34
12.3	Konformitätserklärung	35

1 Allgemeine Hinweise

1.1 Hinweise zum Gerätehandbuch

Das vorliegende Gerätehandbuch beschreibt den Aufbau, die Funktionsweise und die Bedienung des Sauerstoffmesssystems SS27/MS27 – E2010.

Anschrift des Herstellers:

ZIROX Sensoren & Elektronik GmbH

Am Koppelberg 21

D-17489 Greifswald

Tel.: ++49 38 34 8309-00

Fax: ++49 38 34 8309-29

info@zirox.de

www.zirox.de

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

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

Die in diesem Gerätehandbuch angegebenen Werte 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 Messsystems oder einzelner Komponenten, anderer Sachwerte sowie zu leichten Verletzungen kommen.

Symbol für den sachgerechten Umgang

Dieses Symbol steht an den Stellen des Gerätehandbuches, wo auf die Einhaltung von Richtlinien, Vorschriften und einen richtigen Ablauf der Arbeiten hingewiesen wird.

HINWEIS

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

2 Anwendungsbereich

Das Messsystem dient zur kontinuierlichen Messung der Sauerstoffkonzentration in Ofenatmosphären, Rauch- und Prozessgasen.

Bestimmungsgemäße Verwendung

Die MS27 ist auf Grund ihrer robusten Bauweise hauptsächlich für die Anwendung in Rauchgasen und unter reduzierenden Bedingungen (z.B. Formiergas) geeignet. Bauartbedingt ist der Messbereich im Gegensatz zu herkömmlichen ZrO_2 -Sensoren auf 0,1 - 20,6 Vol.-% O_2 beschränkt (SS27: 1 ppm ...20,64 Vol.-% O_2).



Die Anwendung des Messsystems in explosiven Gasgemischen ist streng verboten! Die Sonde ist eine Zündquelle!



Die Anwendung des Messsystems in Gasgemischen mit Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO_2) ist nicht zulässig.



Merkmale des Messsystems:

Funktionen

- Kontinuierliche Messung der Sauerstoffkonzentration eines Messgases
- Signalverarbeitung der Messwerte
- Messwertausgabe über Standard-Schnittstelle
- Prozessüberwachung über Standard-Schnittstelle

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

- Ein störungsfreier und funktionsgerechter Betrieb des Messsystems kann nur bei Kenntnis dieses Gerätehandbuches gewährleistet werden. Bitte lesen Sie sich deshalb vor Aufstellung und Anschluss des Messsystems alle Abschnitte dieses Gerätehandbuches gründlich durch.
- Das Messsystem darf nur für den bestimmungsgemäßen Gebrauch eingesetzt werden (siehe Kapitel 2).
- Das Messsystem darf nur von eingewiesenem Personal angeschlossen, bedient und gewartet werden.

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



Während des Betriebes wird die Sonde elektrisch geheizt. Die Sonde ist so abzulegen oder einzubauen, dass Verbrennungen durch das sich stark erwärmende Vorderteil der Sonde vermieden werden.



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

4 Funktionsbeschreibung

4.1 Systemaufbau

Abbildung 1 gibt eine Übersicht über das Messsystem. Es besteht aus einer beheizten Sauerstoffsonde (SS27 oder MS27) und einer Steuer- und Auswerteelektronik (E2010).



Abb. 1: Prinzipdarstellung des Messsystems

4.2 Messprinzip

Als Grundlage für die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Gasen mit dem Messsystem SS27/MS27 – E2010 dient die NERNST-Gleichung:

NERNST-Gleichung

$$U = \frac{RT}{4F} \ln \frac{p_{O_2, Luft}}{p_{O_2, Meßgas}} \quad (I)$$

Dabei ist: U – Zellspannung in V

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

T – Messtemperatur in K (973,15 K)

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

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

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

Das Messsystem 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 (Standardeinstellung der Sondenheizung: 700 °C) genügend große Werte.

Der keramische Oxidionenleiter wird als gasdichtes Rohr eingesetzt, an dessen Innen- und Außenseite sich jeweils eine Platinelektrode befindet. Die Referenzelektrode wird mit Luft gespült (durch Diffusion, auf Grund der geringen Sondenlänge wird keine Referenzgaspumpe benötigt); sie dient als Bezugslektrode mit konstantem, bekanntem Elektrodenpotential. Die Messelektrode befindet sich im Messgasstrom.

Unter der Voraussetzung, dass die Gesamtdrücke der Gase an beiden Elektroden 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: 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.-%.

Der Sauerstoff kann im Messgas in freier oder in gebundener Form¹ (s. dazu Kap. 12.1) vorkommen.

Dabei gelten folgende Abhängigkeiten für die Zellspannung U :

$U \sim T$ – 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-Gemischen).

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

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

5 Technische Daten

5.1 Sonde SS27/MS27

Messbereich	20,6 Vol.-% ... 1 ppm O ₂ (SS27) 20,6 ... 0,1 Vol.-% O ₂ oder Formiergas (MS27)
Einbaulänge	65 mm (inkl. M18x1,5), 75 mm (DN40KF) (andere auf Anfrage)
Durchmesser	10 mm
Masse.....	ca. 0,5 kg
Abmessung Anschlusskopf.....	64 x 58 x 36 mm
Schutzgrad	IP52, andere auf Anfrage
Heizspannung	24 V, geregelt (PWM)
Aufheizzeit.....	ca. 5 min (Die Betriebsbereitschaft ist auf Grund thermischer Ausgleichsprozesse erst nach 60 min. erreicht)
Genauigkeit	< 5 % rel. Fehler
Betriebstemperatur.....	700 °C
Arbeitstemperatur.....	max. Abgastemp. 300 °C (bis 600 °C nur Sonderkonstruktion)
Umgebungsbedingungen	0...50 °C, rH < 85 %
Strömungsgeschwindigkeit Messgas.....	max. 10 m/s (>10 m/s: Tauchhülse empfohlen)
Referenzgas.....	Luft (Versorgung durch Diffusion)
Lagerbedingungen	-10...50 °C, rH < 85 %
Querempfindlichkeit.....	keine, (aber oxidierbare Gase reagieren mit O ₂ , es wird der Gleichgewichts- sauerstoff gemessen)
Druckabhängigkeit.....	Bei Abweichungen vom Normaldruck ist Messwert zu korrigieren: korr. Wert = MW x Gasdruck/101325 Pa

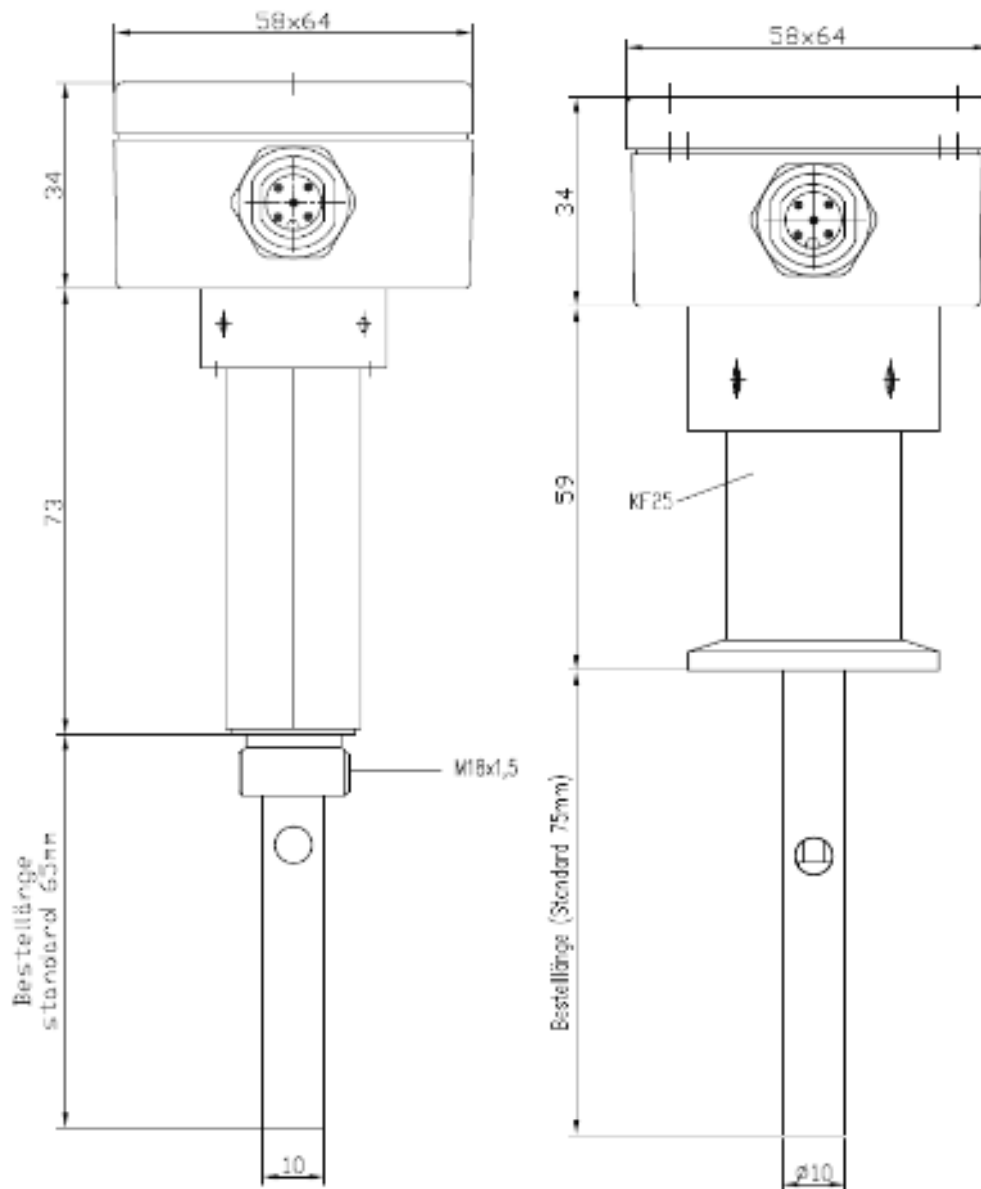


Abb. 2: Maßzeichnung Sonde mit Einschraubgewinde (links) und Flansch rechts)

5.2 Elektronik E2010

Spannungsversorgung	24 V DC +/- 10%
Leistungsaufnahme	30 W
Sicherung	2,5 A rückstellend
Schutzgrad	IP 30 (Front IP52)
Arbeitstemperaturbereich	0...40 °C
Lagertemperaturbereich	0...50 °C
Regeltemperatur.....	700 °C
Anzeige	Zweizeiliges LCD-Display, 2 x 16 Zeichen
Eingangssignal.....	Sensor- und Thermospannung
Ausgangssignal	4...20 mA (0...10 V Option)
Abmessungen	B x H x T 96 mm x 96 mm x 125 mm
Masse.....	ca. 650 g
Tastatur	Folientastatur mit 2 Tasten
Fehlersignalisierung	Stromausgang geht auf 0 mA
Schnittstelle.....	RS232

6 Aufbau (Gerätebeschreibung)

6.1 Vorderseite, Bedienelemente

Auf der Vorderseite befinden sich das Display und zwei Tasten zur Parametrierung.



Blättern bzw. Anwählen des gewünschten Parameters



Aktivierung des zu verstellenden Parameters bzw. Eingabe (Speicherung der Änderung)



Abb. 3: Frontansicht E2010 mit Tasten und Display

6.2 Rückseite, Anschlüsse

Auf der Rückseite befinden sich sämtliche Anschlüsse und Ausgänge.

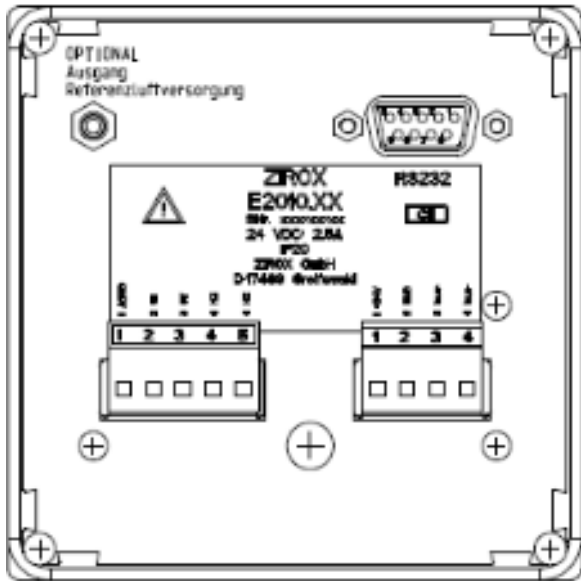


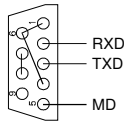
Abb. 4: Rückseite E2010 mit Anschlüssen

Klemmleiste X1 (Anschluss Sonde)

Stecker-Pin und E2010	Bezeichnung	Aderfarbe für Kabel < 5m, vorkonfektioniert	Aderfarbe für Kabel > 5m, Sonderbau
1	AGND (gemeinsame Masse für Zell- und Thermospannung)	br	br
2	U_z	ws	ws
3	U_t	bl	gn
4	Heizung U_H	sw	ge
5	Heizung U_H	gr	gr

Klemmleiste X2 (Versorgung/Ausgangssignal)

Pin	Bezeichnung
1	+24V DC
2	GND
3	OUT +
4	OUT -

RS232-Schnittstelle (9600 Baud)

Pinbelegung RS 232

Die RS232-Schnittstelle muss mittels SUB-D-Verbindungskabel (9pol., 1:1, nicht gekreuzt) mit einem Computer verbunden werden!

Übertragungsrate: max. 9600 Baud, einstellbar

Stoppbits	1	Parität	keine
Datenbits	8	Handshake	ohne

Protokoll der seriellen Schnittstelle (CR = carriage return)

Eingabe	Rückmeldung/ Beispiel	Übertragener Messwert	Parameter/Bemerkung
M2CR	M2x.xxExxCR M22.06E+05	$2,06 \cdot 10^5$ ppm O ₂	Sauerstoffkonzentration in ppm
A1CR	A1xxx.xCR A120.9	20,9 mV	Zellspannung in mV
A2CR	A2xxx.xCR A2749.9	749,9 °C	Messtemperatur in °C

Die Einstellung der Betriebsparameter erfolgt über die Tasten der Frontplatte (siehe Kap. 6.1). Eine PC-Software zur Darstellung und Speicherung der Messwerte ist auf Anfrage lieferbar (Aufpreis).

Fehlermeldungen über RS232

ERROR0	Übertragungsfehler RS232 (oder falscher bzw. ungültiger Befehl)
ERROR1	Warmlauf (Zelltemp. zu klein und kürzer als 30 min)
ERROR2	Zelltemperatur zu klein (< Solltemp. – 10 °C, länger als 30 min)
ERROR3	Thermoelementbruch
ERROR6	Systemfehler

7 Installation und Inbetriebnahme

7.1 Installation

Die Anschlüsse auf der Rückseite des Gerätes sind mit den jeweiligen Anschlüssen des ZIROX-Sensors oder der ZIROX-Sonde zu verbinden (s. Kap. 6.2).

Die Versorgungsspannung beträgt 24 V DC.

7.2 Referenzluftversorgung für ZIROX-Sonden

Dieser Punkt gilt nur für spezielle Sondenbauformen, die auf Grund der Länge eine Referenzluftversorgung benötigen.

Referenzlufteingang der Sonde und Referenzluftausgang der Elektronik müssen mittels Kunststoff-Schlauch (Innendurchmesser 3 mm) verbunden werden. Die Referenzluftmenge wird vom Hersteller fest eingestellt!

Nach dem Einschalten der Anlage ist die Referenzluftmenge für die Sonde mit einem zwischengeschalteten Schwebekörper-Durchflussmesser zu überprüfen (5 - 10 l/h bzw. ca. 100 – 200 ml/min) und gegebenenfalls über das Display einzustellen.



7.3 Betriebsbereitschaft abwarten

Je nach angeschlossenen Sonden- oder Sensortyp benötigt die E2010 eine Zeitspanne bis zur Betriebsbereitschaft (nähere Informationen siehe Technische Daten der Sonde oder des Sensors). Nach Erreichen der Betriebstemperatur werden auf Grund thermischer Ausgleichseffekte ca. 60 Minuten bis zur endgültigen Betriebsbereitschaft mit den angegebenen Fehlergrenzen benötigt.

Die Bedientasten sind bis zum Erreichen der Betriebstemperatur gesperrt!

Mit Hilfe der Elektronik E2010, die für eine Schalttafelmontage entwickelt wurde, wird die Versorgungsspannung für ZIROX-Sonden und -Sensoren bereitgestellt, die Signale ausgewertet und das Messergebnis für die Prozesskontrolle in Form eines Standardsignals (4-20 mA) ausgegeben.

HINWEIS

Im Einzelnen realisiert das Gerät folgende Funktionen:

- Bereitstellung der Heizungsversorgung und deren Regelung
- Verarbeitung der Thermo- und Zellspannung der Sonde zur Sauerstoffkonzentration
- Ausgabe der Sauerstoffkonzentration als Standardsignal
- Kalibrierfunktion
- Bereitstellung der Referenzluft durch interne Pumpe (Option)

7.4 Montage der Sonden

Die Montage der Sonde erfolgt über Einschraubgewinde M18x1,5 oder Flansch DN40 KF (je nach bestellter Variante, andere auf Anfrage).

Achtung: Bei zu geringer Einbautiefe kann sich das Sensorelement der Sonde in Falschluftröhren befinden, welche in Randbereichen der Anlage auftreten können und dadurch Fehlmessungen liefern. Für eine gute Abdichtung im Bereich der Einbaustelle ist zu sorgen. Bei Unterdruck in der Anlage kann ansonsten Falschluf längs der Sonde eindringen und die Messsignale verfälschen.

Bei zu starker Anströmung kann die Heizungsregelung versagen. Auch gegen Staub und Kondensat muss die Sonde geschützt werden. In allen Fällen wird die Verwendung einer Tauchhülse (s. nächsten Abschnitt) empfohlen.

Die Sonde ist nach Herausziehen aus dem laufenden Prozess sehr heiß. Es besteht Brand- und Verbrennungsgefahr!



7.5 Anwendung einer Tauchhülse

In stark staubbelasteten Gasen oder solchen mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten kann es zweckmäßig sein, die Sonde in einem Schutzrohr (Tauchhülse) zu installieren. Bei chemischer Belastung kann die Montage eines Keramikfilters (Einzelheiten auf Anfrage) die Lebensdauer der Sonde erhöhen.

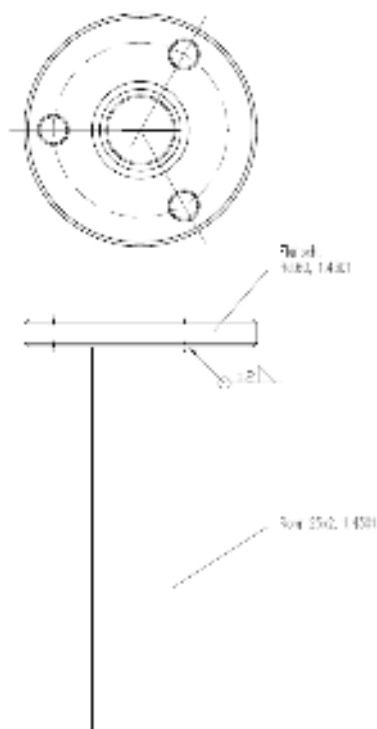



Abb. 5: Tauchhülse mit Einschraubgewinde für SS27 und MS27

8 Parametrierung

8.1 Bedienung des Menüs (Systematik anhand eines Beispiels)

Nach dem Einschalten des Gerätes beginnt die Aufheizzeit. Ab 400 °C wird zusätzlich in der zweiten Zeile die aktuelle Temperatur angezeigt. Erreicht die Sonde oder der Sensor die vorgesehene Betriebstemperatur, wird in der ersten Zeile die Sauerstoffkonzentration angezeigt.

```
***WARM UP***
Temp: 555 °C
```

Durch Betätigen der Taste  können in der zweiten Zeile verschiedene Werte angezeigt werden (siehe Kap. 6.1).

```
O2: 20.6 Vol.-%
Uz: xx.x mV
```

Mit Hilfe der beiden Tasten ist eine Offset-Kalibrierung („Nullpunktgleich“) **in Luft** und eine Bereichsgaskalibrierung möglich. Das gesamte Menü dafür ist Abb. 6, S. 21 zu entnehmen.

```
Kalibrierung
```

Während des Betriebes der Anlage und längere Zeit nach dem Ausschalten kann die angeschlossene Sonde (bzw. der Sensor) sehr warm sein.

Es besteht bei Berührung eine hohe Verbrennungsgefahr!



8.2 Anzeigen

```
E2010           Startanzeige ca.3s
Version 2.4.6   Softwareversion
```

```
E2010           Startanzeige ca.3s
THERMOCO. TYP B Thermoelementtyp
```

```
WARM UP        Einlaufzeit
Temp: 450 °C
```

```
O2: 20.64 Vol%
Temp: 700 °C
```

```
O2: 20.64 Vol%
Vz: -2 mV
```

```
O2: 20.64 Vol%
SETTINGS
```

```
O2: 20.64 Vol%
CALIB.ZERO POINT
```

```
O2: 20.64 Vol%
CALIB.SPAN GAS
```

8.3 Einstellbare Parameter

Die folgenden Parameter sind im Menü SETTINGS einstellbar.

```
OUTPUT VALUE
```

```
Vol % O2
```

*Gilt für Anzeige **und** Analogausgang!*

Vol ppm O2, mbar O2, atm O2, Vz [mV]

```
OUTPUT VALUE
```

```
log[10]
```

linear (bei Vz nur linear)

```
OUTPUT 4 - 20 mA
```

```
ZERO: 400 ppm
```

Stromausgang

Nullpunkt 400 ppm entspricht 4 mA

```
OUTPUT 4 - 20 mA
```

```
SPAN: 206400 ppm
```

Endwert 206400 ppm entspricht 20 mA

```
RETURN ?
```

```
NO YES
```

```
SAVE VALUES ?
```

```
NO YES
```

8.4 Nullpunktgleich

Die E2010 besitzt eine Kalibrierfunktion. Über diese Funktion kann die Nullpunkt- und, wenn gewünscht, die Bereichsgaskalibrierung (Menüführung siehe Abbildung 6) durchgeführt werden. Der Nullpunktgleich muss in sauberer Luft vorgenommen werden.

Er 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.

HINWEIS

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 Nullpunktgleich wird zudem der Arbeitspunkt an Umgebungsluft mit 20,64 Vol.-% O_2 kalibriert.

8.5 Bereichsgaskalibrierung

Im Menü wird das Bereichsgas als SPAN GAS bezeichnet. Nach Aufrufen der SPAN GAS Konzentration im Kalibriermenü (siehe Abb. 6) wird mittels Eingabetaste die Einstellmöglichkeit aktiviert. Die blinkende Stelle kann durch Drücken der Anwahltaste eingestellt werden. Nach Änderung aller Stellen wird dieses Menü mittels Eingabetaste deaktiviert und mit der Anwahltaste verlassen.

Nun kann die Kalibrierung gestartet werden.

8.6 Rücksetzen der Kalibrierung

Wenn im Hauptmenü bei den Anzeigen **CALIB.ZERO POINT** bzw. **CALIB.SPAN GAS** beide Taster für 3 sec. gedrückt werden erscheint die Anzeige **RESET CAL.ZERO?** bzw. **RESET CAL.SPAN?**.

Wird nun ENTER gedrückt werden die Kalibrierwerte auf 0 bzw. 1 gesetzt.

8.7 Fehlermeldungen Kalibrierung

CALIBR. FAILED
OUT OF RANGE

//Grenzen: $\pm 50mV$ bzw. $\pm 50\%$ von V_z

CALIBR. FAILED
*** TIMEOUT ***

//kein stabiler Messwert in 20s

8.8 Menüführung Kalibrierung (schematisch)

In der ersten Zeile wird der aktuelle Messwert angezeigt!

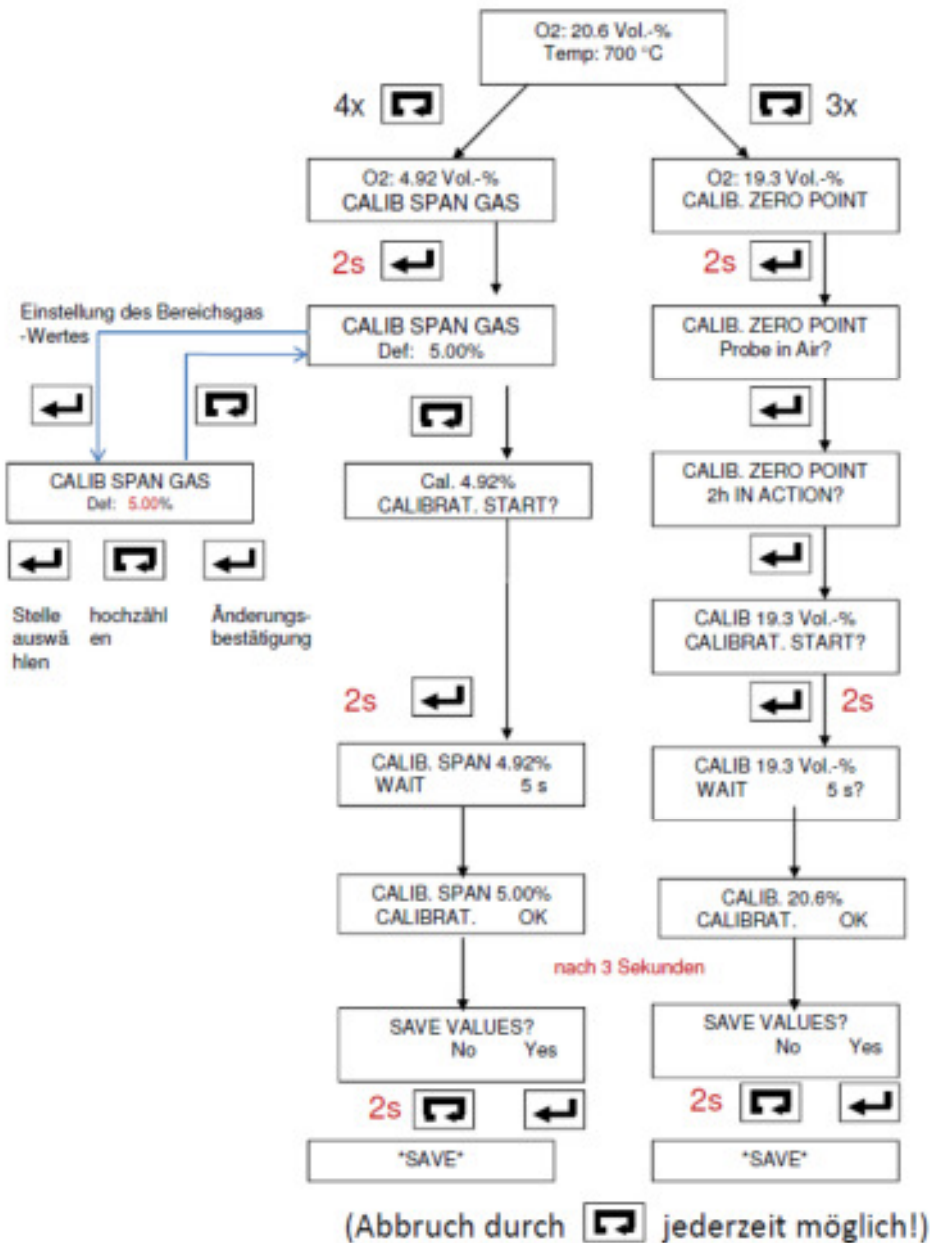


Abb. 6: Schema Offsetabgleich und Bereichsgaskalibrierung

9 Statusanzeige/Fehlermeldungen

Nr.	Beschreibung	LED rot	LED grün
1	OK	aus	an
2	Grenzwert	an	an
3	Zelltemperatur < 700 °C	blinkt	aus
4	Thermoelementbruch		
5	Systemfehler		

Bei Status 3 bis 5 geht der Stromausgang auf 0 mA!

10 Störungen und Problembeseitigung

Während des Betriebes erfolgt eine ständige Überwachung der Sonde. Damit werden typische Fehler erkannt.

Folgende Fehlermeldungen und Störungen können auftreten:

Störung	Mögliche Ursache	Beseitigung
Kein Ausgangssignal Keine Anzeige	Stromversorgung ausgefallen	Stromversorgung überprüfen Korrekten Sitz der Netzanschlussleitung prüfen
Anzeige im Display: WARM UP TEMP: 543 °C	System wurde gerade angeschlossen und heizt noch auf	
Anzeige im Display: LOW PROBE TEMP.	Zelltemperatur zu klein (< 690 °C)	Sondenkühlung durch zu hohe Gasgeschwindigkeit
Anzeige im Display: +++ ERROR +++ THERMOCOUPLE	Thermoelementbruch, Zuleitung zur Sonde bzw. Klemmen lose oder Thermoelement defekt	Kabel kontrollieren, Widerstand des TE überprüfen ($R_{\text{soll}} < 20 \Omega$) oder Service konsultieren
Anzeige im Display: +++ ERROR +++ COLD JUNCTION	Temperaturvergleichsstelle in E2010 defekt (nur bei TE Typ K)	Service konsultieren, System einschicken
Relativ hoher Messwert nahe 20 Vol.-%, obwohl ein niedrigerer Wert für die Sauerstoffkonzentration erwartet wird	Sonde defekt, Leck	Service konsultieren, Sonde einschicken
Messwert ist wesentlich geringer als erwartet	Im Messgas liegen bei hohen Temperaturen und oxidierenden Bedingungen mit Sauerstoff reagierende Bestandteile vor (z.B. Kohlenwasserstoffe)	Einsatz der Sonde evtl. nicht möglich, Service kontaktieren

11 Wartung

11.1 Allgemeine Hinweise

Zirox-Sensoren und -Sonden mit Thermoelement Typ B sind kalibrier- und wartungsfrei. Nur Spezielle Produkte mit Thermoelement Typ K (z.B. Sauerstoffsonde SS51 für Messungen in Rauchgasen) müssen regelmäßig kalibriert werden.

11.2 Kalibrierung

Je nach angeschlossenem Sensor- bzw. Sondentyp ist zyklisch eine Nullpunktkalibrierung (Offsetabgleich) und (bei Sensoren und Sonden mit Thermoelement Typ K) eine Bereichsgaskalibrierung notwendig (siehe Kap. 6). Die jeweiligen Intervalle sind den technischen Daten der Sensoren bzw. Sonden zu entnehmen.

11.3 Lagerung

Das Gerät muss in einem trockenen, staubfreien Raum bei 0...50 °C gelagert werden. Zur Aufbewahrung ist möglichst die Originalverpackung zu verwenden.

12 Anhang

12.1 Grundlagen der Anwendung potentiometrischer ZrO₂-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 ZrO₂-Festelektrolytsensoren gewonnen. 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 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

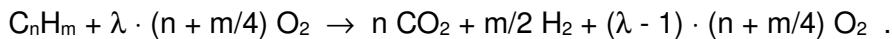
Die Beschreibung des Umsatzes von gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen mit Luft erfolgt am besten mit der Luftzahl Lambda. Diese Größe gibt das Verhältnis der bei der Verbrennung zugeführten Luftmenge zu der für einen stöchiometrischen Umsatz des verwendeten Brennstoffs notwendigen Luftmenge an. Die Luftmenge kann in Volumina, Massen oder Stoffmengen (die nach dem idealen Gasgesetz bekanntlich einander proportional sind) angegeben werden (Einheiten wie m³, kg oder mol kürzen sich bei der Verhältnisbildung). Mit den Volumina v ist

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

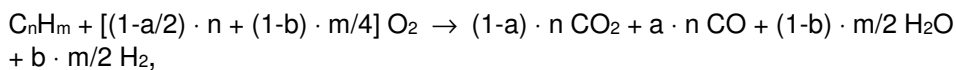
Bei Zuführung von zu viel Luft (Luftüberschuss) ist $\lambda > 1$, bei Zuführung von zu wenig Luft (Luftmangel) ist $\lambda < 1$. Im Fall der exakt stöchiometrischen Verbrennung ist $\lambda = 1$.

(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.)

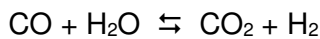
Für die Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs (in Motorkraftstoff, Erdgas, Flüssiggas) mit der Bruttoformel C_nH_m erhält man bei vollständiger Verbrennung im Sauerstoffüberschuss mit λ die Reaktionsgleichung



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



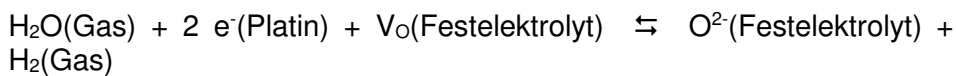
In der Praxis liegen allerdings meist Mischungen verschiedener Kohlenwasserstoffe vor, Brenngase können zusätzlich Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Stickstoff enthalten, weiterhin trägt die verwendete Luft mit ihrer Feuchtigkeit und ihrem Kohlendioxidgehalt zu den Gasgleichgewichten bei. In entsprechend 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 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:



Sauerstoff oder Wasserdampf aus der Gasphase liefern Sauerstoffatome, die mit Elektronen aus dem Platin in Sauerstofflücken des Festelektrolyten übertreten und Oxidionen bilden. Der Vorgang kommt allerdings schnell zum Stillstand, wenn die Elektrode nicht in einem geschlossenen Stromkreis liegt und weder Elektronen noch Oxidionen fließen können. In diesem Zustand ist die Arbeitsleistung beim Teilchenübergang gleich dem Aufwand, der dabei an elektrischer Arbeit geleistet werden muss. Es besteht dann 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 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

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

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

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

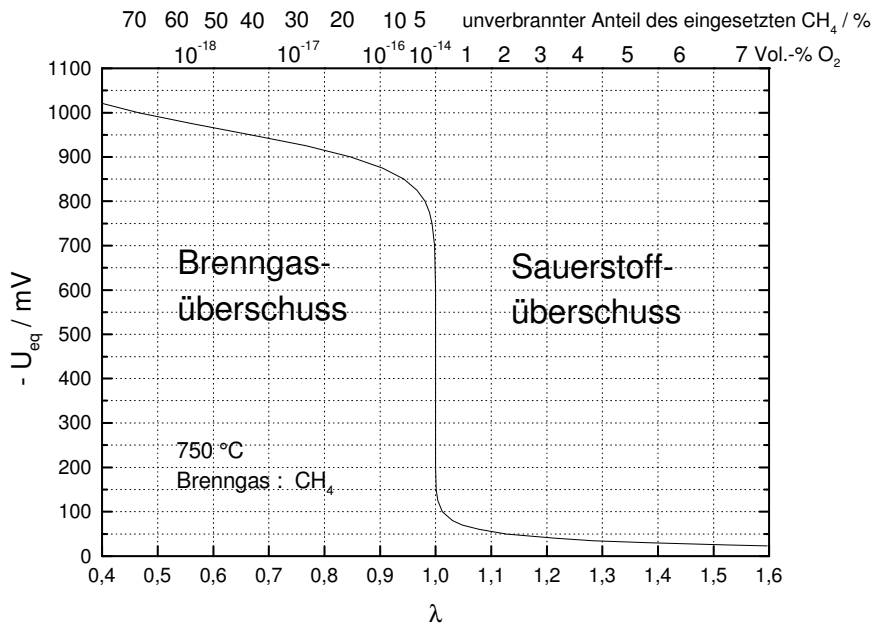
$$\varphi(\text{O}_2)/\text{Vol.-%} = 20,93 \cdot 10^{(U_{\text{eq}}/\text{mV})/(0,049606 \cdot T/\text{K})}.$$

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

$$U_{\text{eq}}(\text{H}_2, \text{H}_2\text{O-Luft})/\text{mV} = -1290,6 + \{ 0,3261 + 0,0992 \cdot \lg [\varphi(\text{H}_2\text{O})/\varphi(\text{H}_2)] \} \cdot T/\text{K}.$$

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. Die Produkte von ZIROX zeichnen sich dadurch aus, dass darin derartige isotherme Zellen weitestgehend realisiert sind. Die in Kraftfahrzeugen verwendeten Lambda-Sonden sind dagegen nicht isotherm ausgelegt. Sie erfüllen ihren Zweck im Wesentlichen zur Indizierung von $\lambda = 1$ und sind zu genauen gaspotentiometrischen Bestimmungen weniger geeignet.

12.2 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.

Für die ZIROX-Sonden gelten folgende Garantieleistungszeiträume:

Einsatztemperatur bis 1200 °C: 12 Monate nach Lieferung

Einsatztemperatur bis 1300 °C (Hochtemperatursonde): 6 Monate nach Lieferung

Einsatztemperatur bis 1400 °C (Hochtemperatursonde): 3 Monate nach Lieferung

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 phosphor-haltigen 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.

12.3 Konformitätserklärung

EG - Konformitätserklärung	
Dokument- Nr.:	27 Dezember 2010
Hersteller:	Zirox Sensoren & Elektronik GmbH
Anschrift:	Am Koppelberg 21 D - 17489 Greifswald
Produktbezeichnung:	E2010
Die Übereinstimmung des bezeichneten Produktes mit den Vorschriften der Richtlinien des Rates	
2006/108/EG	Elektromagnetische Verträglichkeit
wird nachgewiesen durch:	
Der Hersteller hat die in den oben aufgeführten Richtlinien genannten harmonisierten Normen angewandt und die Übereinstimmung des Produktes festgestellt.	
harmonisierte europäische Normen:	
Nummer:	Text:
DIN EN 61000-6-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-2: Fachgrundnorm: Störfestigkeit für Industriebereich
DIN EN 61326	leitunggeführte Störaussendung Gestrahlte Störaussendung
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 <u>3.12.2010</u>
Rechtsverbindliche Unterschrift:	 ZIROX Sensoren & Elektronik GmbH Am Koppelberg 21 17489 Greifswald