



Lesen Sie die Bedienungsanleitung vor dem Gebrauch des Gerätes gründlich durch, insbesondere die Hinweise unter Gliederungspunkt 2. Andernfalls könnten Gesundheits- oder Sachschäden auftreten. Die Bühler Technologies GmbH haftet nicht bei eigenmächtigen Änderungen des Gerätes oder für unsachgemäßen Gebrauch.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	3
2 Wichtige Hinweise	3
2.1 Allgemeine Gefahrenhinweise	3
3 Produktbeschreibung	6
3.1 Messprinzip	6
3.2 Messbedingungen	7
3.2.1 Allgemeine Hinweise.....	7
3.2.2 Messgas-Durchflussmenge	7
3.2.3 Genauigkeit der Messung	7
4 Aufbau des BA 4510	8
4.1 Prinzipieller Geräteaufbau.....	8
4.1.1 Allgemeine Übersicht	8
4.1.2 Konstruktionsprinzip der Festelektrolytmesszelle.....	9
4.1.3 Elektronische Messwertverarbeitung	10
4.2 Aufbau des BA 4510	10
4.2.1 Mechanischer Aufbau	10
4.2.2 Netzanschluss.....	10
4.2.3 Vorderseite	10
4.2.4 Rückseite	11
5 Aufbauen und Anschließen	12
5.1 Aufstellungsbedingungen.....	12
5.2 Herstellen der Betriebsbereitschaft	12
6 Bedienung und Parametrierung	14
6.1 Bedienung	14
6.1.1 Einschalten und Messwertanzeige	14
6.1.2 Einstellung der Durchflussmenge des Messgases	14
6.1.3 Messwertüberwachung	14
6.1.4 Status-/Fehlermeldungen.....	14
6.2 Parametrierung.....	15
6.2.1 Einstellbare Parameter	15
6.2.2 Programmiermenüs.....	16
6.3 Kalibrierung	18
6.3.1 Nullgaskalibrierung.....	18
6.3.2 Bereichsgaskalibrierung.....	19
7 Wartung und Lagerung	20
7.1 Lagerung	20
7.2 Allgemeine Hinweise	20
7.3 Auswechseln der Gerätesicherung	20
8 Fehlersuche und Beseitigung	21
9 Instandsetzung und Entsorgung	22
9.1 Entsorgung	22
10 Anhang	22
10.1 Grundlagen der Anwendung potentiometrischer ZrO ₂ -Festelektrolytsensoren bei der optimalen Führung von Verbrennungsprozessen	22
10.2 Montageanleitung Swagelok®-Rohrverschraubungen	26
10.3 Aktivkohlefilter: Beschreibung und Anwendungshinweise	27
10.3.1 Aufbau des Filters	27
10.3.2 Verwendung und Funktion des Filters	27
10.3.3 Wechseln der Aktivkohle.....	27
10.4 Beigefügte Dokumente.....	28

1 Einleitung

Der Analysator BA 4510 dient zur kontinuierlichen Messung der Sauerstoffkonzentration in Industrie-, Labor- und Schutzgasen sowie im Prozess der Mischung und Herstellung spezieller Formiergase. Dabei ist in Inertgasen die Messung der Konzentration des freien Sauerstoffs und in Gasgemischen auch die Konzentration des gebundenen Sauerstoffs möglich. Der Sauerstoffgehalt eines Messgases wird kontinuierlich gemessen und angezeigt. Abweichungen von einstellbaren Sollwerten werden signalisiert. Schutzgase werden auf ihre Reinheit und geforderte Schutzwirkung überwacht. Damit sind bestimmte Produktionsprozesse unter Schutzgas kontrollierbar.

	VORSICHT
	Aggressive Medien Beschädigung des Gerätes möglich. Die Einleitung von Halogenen in hohen Konzentrationen und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO ₂) in das Gerät ist nicht zulässig. Der Kontakt mit silizium- oder phosphorhaltigen Verbindungen ist nicht zulässig.

	GEFAHR
	Explosionsgefahr bei Verwendung in Explosionsgefährdeten Bereichen Schwere oder tödliche Verletzungen, erhebliche Sachschäden. Die Verwendung des Gerätes in explosionsgefährdeten Räumen und das Einleiten von explosiven Gasgemischen, Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltigen Gasen (z.B. SO ₂) ist nicht zulässig.

2 Wichtige Hinweise

2.1 Allgemeine Gefahrenhinweise

Bitte überprüfen Sie vor Einbau des Gerätes, ob die genannten technischen Daten den Anwendungsparametern entsprechen. Überprüfen Sie ebenfalls, ob alle zum Lieferumfang gehörenden Teile vollständig vorhanden sind.

Der Einsatz der Geräte ist nur zulässig, wenn:

- das Produkt unter den in der Bedienungs- und Installationsanleitung beschriebenen Bedingungen, dem Einsatz gemäß Typenschild und für Anwendungen, für die es vorgesehen ist, verwendet wird.
- die im Datenblatt und der Anleitung angegebenen Grenzwerte eingehalten werden.
- Überwachungsvorrichtungen/ Schutzvorrichtung korrekt angeschlossen sind.
- die Service- und Reparaturarbeiten, die nicht in dieser Anleitung beschrieben sind, von Bühler Technologies GmbH durchgeführt werden.
- Originalersatzteile verwendet werden.

Diese Bedienungsanleitung ist Teil des Betriebsmittels. Der Hersteller behält sich das Recht vor, die Leistungs-, die Spezifikations- oder die Auslegungsdaten ohne Vorankündigung zu ändern. Bewahren Sie die Anleitung für den späteren Gebrauch auf.

Begriffsbestimmungen für Warnhinweise:

HINWEIS	Signalwort für wichtige Information zum Produkt, auf die im besonderen Maße aufmerksam gemacht werden soll.
VORSICHT	Signalwort zur Kennzeichnung einer Gefährdung mit geringem Risiko, die zu einem Sachschaden oder leichten bis mittelschweren Körperverletzungen führen kann, wenn sie nicht vermieden wird.
WARNUNG	Signalwort zur Kennzeichnung einer Gefährdung mit mittlerem Risiko, die möglicherweise Tod oder schwere Körperverletzungen zur Folge hat, wenn sie nicht vermieden wird.
GEFAHR	Signalwort zur Kennzeichnung einer Gefährdung mit hohem Risiko, die unmittelbar Tod oder schwere Körperverletzung zur Folge hat, wenn sie nicht vermieden wird.

	Warnung vor einer allgemeinen Gefahr		Warnung vor explosionsgefährdeten Bereichen		Netzstecker ziehen
	Warnung vor elektrischer Spannung		Warnung vor heißer Oberfläche		Atemschutz tragen
	Warnung vor dem Einatmen giftiger Gase				Gesichtsschutz tragen
	Warnung vor ätzenden Flüssigkeiten				Handschuhe tragen

Das Gerät darf nur von Fachpersonal installiert werden, das mit den Sicherheitsanforderungen und den Risiken vertraut ist.

Beachten Sie unbedingt die für den Einbauort relevanten Sicherheitsvorschriften und allgemein gültigen Regeln der Technik. Beugen Sie Störungen vor und vermeiden Sie dadurch Personen- und Sachschäden.

Der für die Anlage Verantwortliche muss sicherstellen, dass:

- Sicherheitshinweise und Betriebsanleitungen verfügbar sind und eingehalten werden,
- Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften beachtet werden; in Deutschland: Allgemeine Vorschriften“ (VBG 1) und “Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (VBG 4)”,
- die zulässigen Daten und Einsatzbedingungen eingehalten werden,
- Schutzeinrichtungen verwendet werden und vorgeschriebene Wartungsarbeiten durchgeführt werden,
- bei der Entsorgung die gesetzlichen Regelungen beachtet werden.

Wartung, Reparatur:

- Reparaturen an den Betriebsmitteln dürfen nur von Bühler autorisiertem Personal ausgeführt werden.
- Nur Umbau-, Wartungs- oder Montagearbeiten ausführen, die in dieser Bedienungs- und Installationsanleitung beschrieben sind.
- Nur Original-Ersatzteile verwenden.

Bei Durchführung von Wartungsarbeiten jeglicher Art müssen die relevanten Sicherheits- und Betriebsbestimmungen beachtet werden.

	<p>⚠ GEFAHR</p> <p>Elektrische Spannung</p> <p>Gefahr eines elektrischen Schlages.</p> <p>Trennen Sie das Gerät vor Beginn der Wartungsarbeiten vom Netz. Sichern Sie das Gerät gegen unbeabsichtigtes Wiedereinschalten.</p> <p>Anschluss und Wartung dürfen nur von geschultem Fachpersonal vorgenommen werden. Achten Sie auf die korrekte Spannungsversorgung!</p>	
 	<p>⚠ GEFAHR</p> <p>Giftige, ätzende Gase</p> <p>Messgas kann gesundheitsgefährdend sein.</p> <p>Sorgen Sie ggf. für eine sichere Ableitung des Gases.</p> <p>Stellen Sie vor Beginn der Wartungsarbeiten die Gaszufuhr ab und sichern Sie sie gegen unbeabsichtigtes Aufdrehen.</p> <p>Schützen Sie sich bei der Wartung vor giftigen / ätzenden Gasen. Tragen Sie die entsprechende Schutzausrüstung.</p>	  
	<p>⚠ GEFAHR</p> <p>Explosionsgefahr bei Verwendung in Explosionsgefährdeten Bereichen</p> <p>Das Betriebsmittel ist <u>nicht</u> für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet.</p> <p>Durch das Gerät <u>dürfen keine</u> zündfähigen oder explosiven Gasgemische, Halogenen in hoher Konzentration und schwefelhaltige Gase (z.B. SO₂) geleitet werden.</p>	

3 Produktbeschreibung

3.1 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 BA 4510 dient die NERNST-Gleichung.

Dabei ist:

U	Zellenspannung in mV
R	Molare Gaskonstante, $R=8,31441 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$
T	Messtemperatur in K
F	Faraday-Konstante, $F = 9,6485 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$
z	Wertigkeit der beteiligten Ionen
$p_{O_2,Luft}$	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.

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

Der BA 4510 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.

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

Dabei ist:

$\varphi_{O_2, Messgas} = \varphi_{O_2, Luft} \cdot e^{\left(\frac{zF}{R} \frac{U}{T}\right)}$	$\varphi_{O_2, Messgas}$	Sauerstoffkonzentration im Messgas in Vol.-%
$\varphi_{O_2, Messgas} = 20,64 \cdot e^{\left(-46,42 \cdot \frac{U}{T}\right)}$	U	Potentialdifferenz in mV
	T	Messtemperatur in K
	20,64	Sauerstoffkonzentration in Luft mit relativer Feuchte von 50% in Vol.-%.

3.2 Messbedingungen

3.2.1 Allgemeine Hinweise

Der Sauerstoff kann im Messgas in freier oder gebundener Form vorkommen. 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“. (Die Grundlagen sind im Anhang Kapitel 10.1 erklärt.)

Dabei gelten folgende Abhängigkeiten:

$$U \sim T \quad - \text{Sauerstoff in freier Form vorhanden}$$

$$U \sim \frac{I}{T} \quad - \text{Sauerstoff in gebundener Form vorhanden}$$

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.

3.2.2 Messgas-Durchflussmenge

Zur Gewährleistung einer exakten Messung ist eine Durchflussmenge des Messgases zwischen 5 und 10 l/h einzuhalten. 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.

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.

3.2.3 Genauigkeit der Messung

Der Hersteller garantiert einen Messfehler von < 5% (relativer Fehler) nur bei der Messung von Sauerstoffkonzentrationen in der Größenordnung 2·10⁵ ...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.



HINWEIS



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

- Die Stelle, von der das Messgas abgesaugt werden soll, ist so zu wählen, dass eine eventuelle Strähnenbildung 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 Gasleitungen 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.

4 Aufbau des BA 4510

4.1 Prinzipieller Geräteaufbau

4.1.1 Allgemeine Übersicht

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

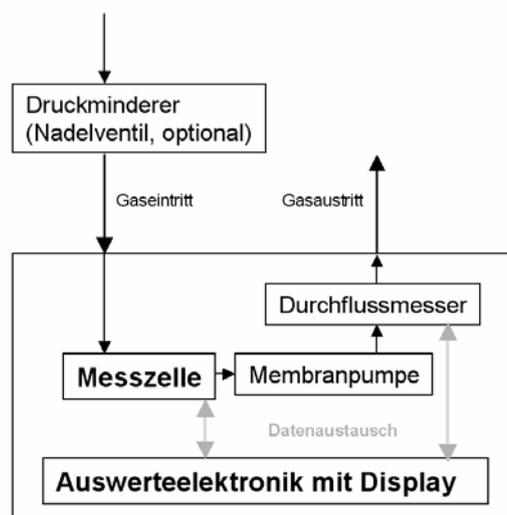
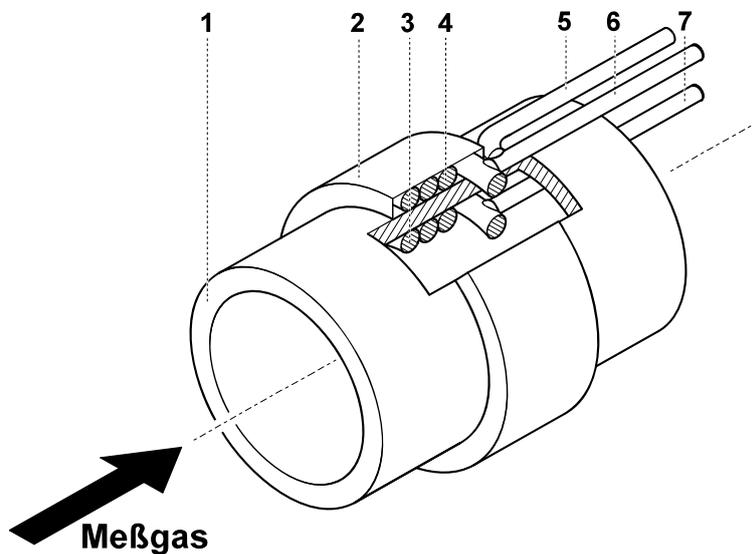


Abbildung 1: Prinzipieller Geräteaufbau, Gerätebaugruppen

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.

4.1.2 Konstruktionsprinzip der Festelektrolytmesszelle



- 1 Keramikrohr
- 2 Keramische Abdeckung der Referenzelektrode
- 3 Messelektrode
- 4 Referenzelektrode
- 5 Thermoelement
- 6 Anschlussdraht der Referenzelektrode
- 7 Anschlussdraht der Messelektrode

Abbildung 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).

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.

	VORSICHT
	Gefahr der Überhitzung Überhitzung führt zur Beschädigung des Gerätes. Durch die Heizung entsteht im Schutzgasmessgerät Verlustwärme. Deshalb dürfen keine Gegenstände auf dem Gerät oder in dessen unmittelbarer Nähe abgelegt werden.

Den prinzipiellen Aufbau der elektronischen Messwertverarbeitung veranschaulicht das Blockschaltbild (in Abbildung 3 im nächsten Kapitel).

4.1.3 Elektronische Messwertverarbeitung

Eine Übersicht über die Signalverarbeitung gibt das folgende Blockschaltbild.

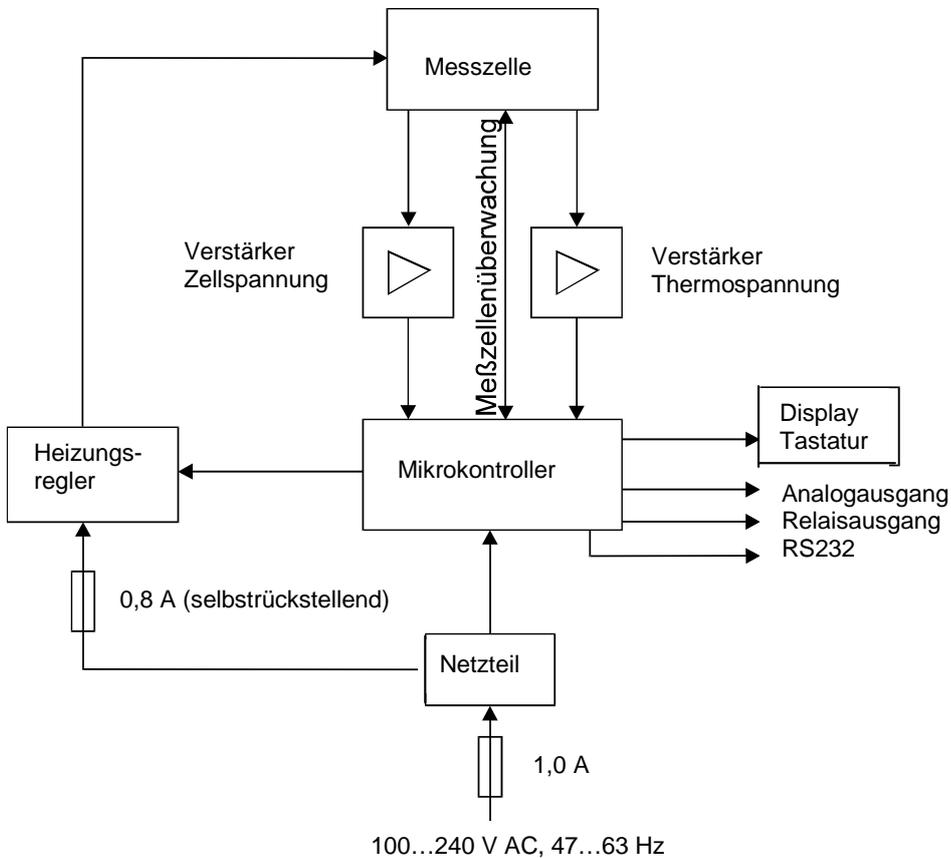


Abbildung 3: Blockschaltbild des BA 4510

4.2 Aufbau des BA 4510

4.2.1 Mechanischer Aufbau

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

4.2.2 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°.

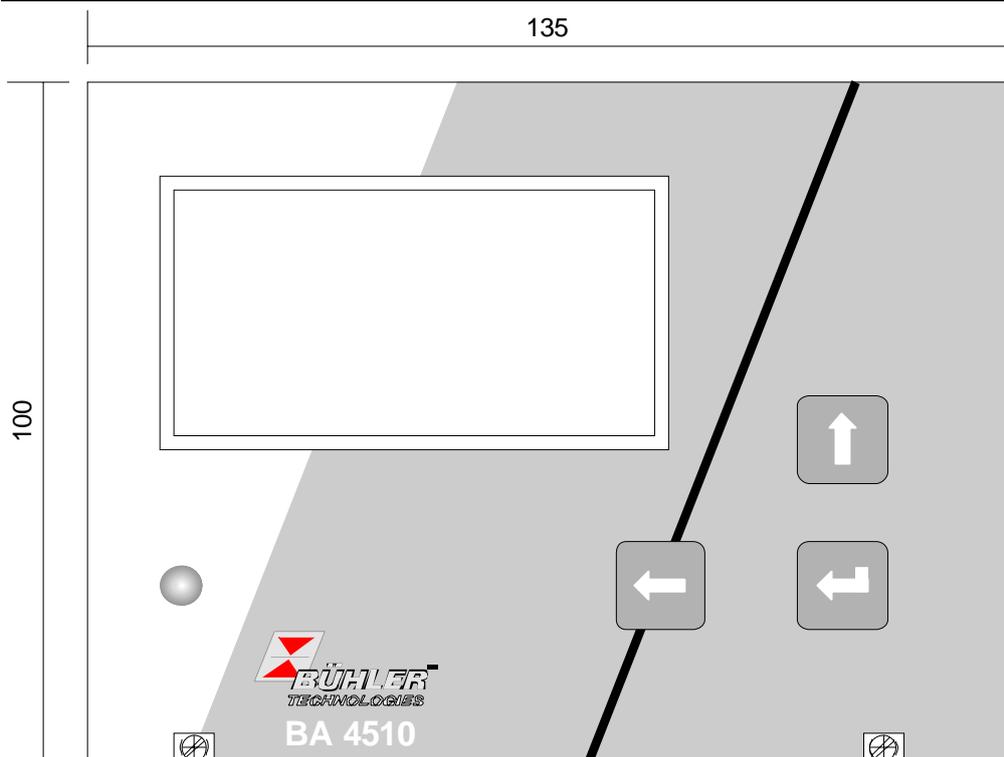
4.2.3 Vorderseite

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.-%.

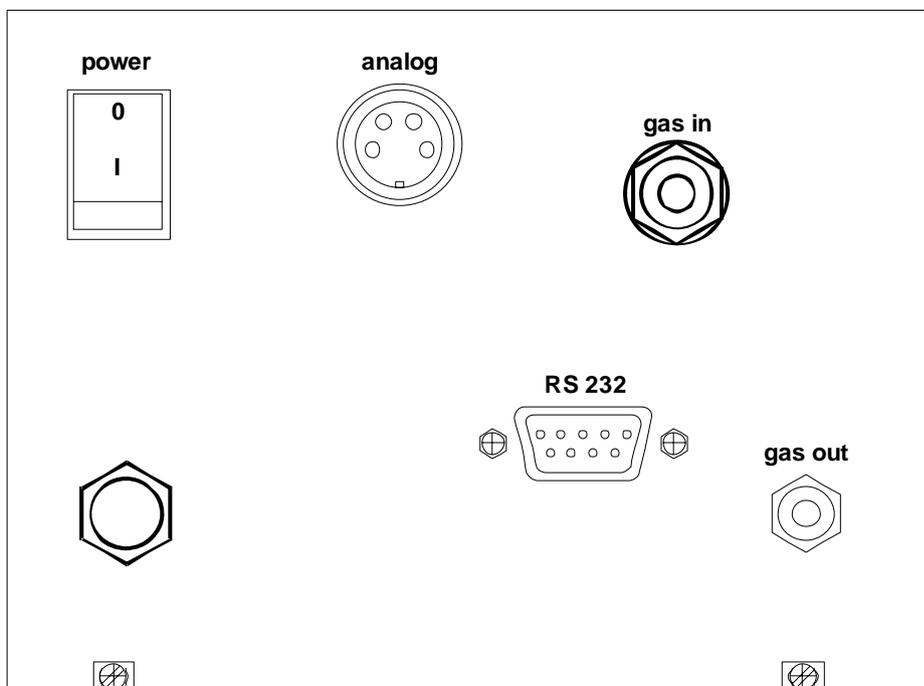
Eine Leuchtdiode dient als Betriebsanzeige und signalisiert durch Farbe und ggf. Blinken bestimmte Betriebs- bzw. Warnzustände (s. Kapitel 6.???)

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



4.2.4 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.



5 Aufbau und Anschließen

5.1 Aufstellungsbedingungen

Das Schutzgasmessgerät SGM7 ist in einem trockenen und weitestgehend staubfreien Raum auf einer stabilen, ebenen Unterlage aufzustellen.

- 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 BA 4510 ist horizontal.

	 VORSICHT
	Wärmestau Schäden am Gerät durch ungenügende Luftzirkulation. Stellen das Gerät immer waagrecht auf. Eine senkrechte Aufstellung ist wegen möglicher Schäden am Gerät durch Wärmestau nicht zulässig.

	 VORSICHT
	Eindringen von Flüssigkeit Das Eindringen von Flüssigkeiten in das SGM kann zu schweren Beschädigungen bis hin zur vollständigen Zerstörung des Messgerätes führen. Keine mit Flüssigkeiten gefüllte Gegenstände auf oder in unmittelbarer Nähe des BA 4510 aufstellen!

5.2 Herstellen der Betriebsbereitschaft

	 HINWEIS
	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 Temperatenausgleich zu berücksichtigen.

- BA 4510 am gewünschten Ort aufstellen (s. Kapitel 5.1).
- Leitungsverbindungen von der Messstelle zu den Anschlüssen für Gasein- und -austritt herstellen. Auf Dichtheit der Leitungsverbindungen achten.
- Bei Notwendigkeit einer Druckbegrenzung einen Druckregler mit einem Nadelventil (vom Hersteller des SGM7 lieferbar) vor dem Gaseintritt installieren.
- Wenn das Messgas Wasserdampf enthält, der in den kalten Anschlussleitungen kondensieren kann, muss das Kondensat vor dem Gerät aufgefangen werden. Wasser darf auf keinen Fall in die heiße Messzelle gelangen.
- Ein externes Durchflussmessgerät sollte stets hinter dem Gasaustritt installiert werden (an dieser Stelle beeinflussen mögliche Lecks das Messergebnis nicht).
- BA 4510 an die Netzversorgung anschließen.

Anschlussmöglichkeiten

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).

Material der Verbindungsleitungen

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:

- Niedrige Messgastemperatur dickwandige PVC-Schlauchleitungen
- Höhere Messgastemperatur Tygon R 3603 (Lieferer z.B. novodirekt Kehl)
- **Sauerstoffkonzentration < 1000 ppm** **Edelstahlrohrleitungen.**

	 HINWEIS
	Bei der Montage von Swagelok-Verbindungen für Stahlleitungen sind unbedingt die im Anhang gegebenen Hinweise des Herstellers zu beachten. Siliconschlauchleitungen können wegen ihrer Sauerstoffpermeabilität Messungenauigkeiten verursachen. Der Hersteller rät deshalb vom Einsatz derartiger Verbindungsleitungen ab.

	 VORSICHT
	Eindringen von Wasser in die heiße Messzelle Das Eindringen von Wasser in die heiße Messzelle kann diese zerstören und muss deshalb unbedingt verhindert werden. 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 Messgas kann auch durch das ausgeschaltete SGM strömen.

6 Bedienung und Parametrierung

6.1 Bedienung

6.1.1 Einschalten und Messwertanzeige

Nach Herstellen der Betriebsbereitschaft des Schutzgasmessgerätes und dem Verlegen aller Leitungen gemäß Kapitel 5.2 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.

Der BA 4510 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.

6.1.2 Einstellung der Durchflussmenge des Messgases

	 HINWEIS
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.	

Bei Überdruck des Messgases empfiehlt der Hersteller, ein hochwertiges Nadelventil direkt am Gaseintritt des Gerätes zu installieren. Entsprechende Nadelventile können vom Hersteller des BA 4510 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.

6.1.3 Messwertüberwachung

Im Gerät kann ein Grenzwert programmiert werden, der über einen Relaisausgang Meldungen liefert. Das Relais ist im aktiven Zustand geöffnet. (Bei aktivem 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.

6.1.4 Status-/Fehlermeldungen

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

Status	Anzeige	Bemerkung
0	OK	
1	GRENZWERT	
2	BEREICH <<<	
3	BEREICH >>>	
4	FLOW <<<	< 5 l/h
5	FLOW >>>	>10 l/h
6		
7		
8		

Status	Anzeige	Bemerkung
9	WARMLAUF	Zelltemperatur zu niedrig (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, nur Alarmrelais aktiv
 Status 9...14: Fehler, Alarmrelais aktiv und Stromsignal null

6.2 Parametrierung

6.2.1 Einstellbare 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

6.2.2 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

SAUERSTOFF:	
20.64 Vol%	
WARMLAUF	
PUMPE AUS	650°C

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

EINSTELLUNGEN
GRUNDEINSTELLUNGEN
GRENZWERT
ANALOGAUSGANG
KALIBRIERUNG
ZURUECK

B.1 Grundeinstellungen

GRUNDEINSTELLUNGEN	
SPRACHE:	DEUTSCH
BAUDRATE:	9600
KONTRAST:	0
SIGNALTON:	EIN
ZURUECK	

English, Deutsch

4800,9600,19200

+ - 9

AUS

B.2 Grenzwert

GRENZWERT

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

B.3 Analogausgang

ANALOGAUSGANG

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

B.4 Kalibrierung

KALIBRIERUNG

NULLGASKALIBRIERUNG
BEREICHSGASKALIBRIER.
ZURUECK

B.4.1 Nullgaskalibrierung

NULLGASKALIBRIERUNG

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

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

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

6.3 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*).



HINWEIS

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

6.3.1 Nullgaskalibrierung

Die Überprüfung ist besonders wichtig, wenn in der Nähe von 20 Vol.-% gemessen werden soll. Durch kleine mechanische Instabilitäten oder Alterungen kann die Heizung sich so verändern, dass sich der Temperaturunterschied der Elektroden und damit die Zellspannung geringfügig verändert. Diese Fehlspannung wird bei der Nullpunktkalibrierung kompensiert. Zur Nullpunktkalibrierung muss Umgebungsluft mit der späteren Messgas-Geschwindigkeit die Zelle durchströmen. Dieser Zustand wird entweder durch die interne Pumpe (Außenluftansaugung) oder eine externe Pumpe (z.B. Aquariumpumpe) realisiert.

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.

6.3.2 Bereichsgaskalibrierung

Hierzu wird der BA 4510 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 O₂-Konzentration des Prüfgases muss mittels Tastatur eingegeben werden. Nach Anwählen von „Bereichskal.“ wird die Kalibrierung mittels **Enter** gestartet.

Die Stabilität des Messwerts (O₂-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:

$$U_{\text{zell(korr)}} = (U_{\text{zell}} + A) \cdot B$$

mit den Größen

U_{zell} = gemessene Zellspannung

A = Zellspannung im Nullpunkt

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

7 Wartung und Lagerung

7.1 Lagerung

Der BA 4510 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.

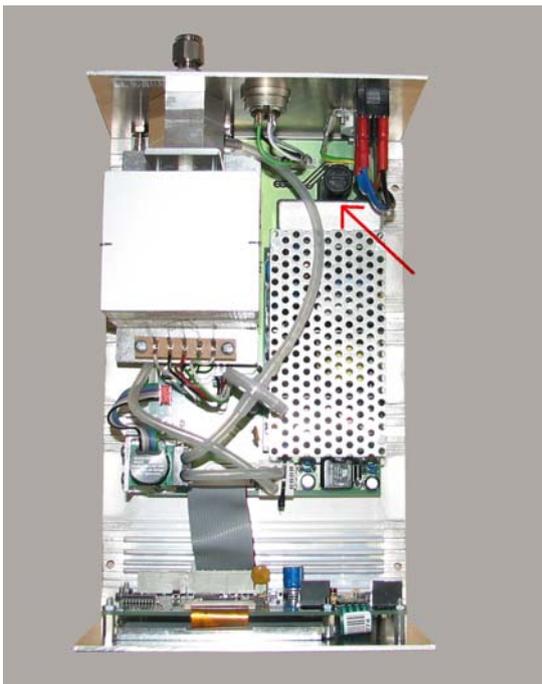
7.2 Allgemeine Hinweise

Die Elektronik und die Messzelle sind wartungsfrei.

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

7.3 Auswechseln der Gerätesicherung

	 WARNUNG	
	Gefahr durch elektrische Spannung Gefahr eines elektrischen Schlages Schalten Sie den BA 4510 vor dem Auswechseln der Gerätesicherung aus und trennen Sie das Gerät von der Netzversorgung.	
	 WARNUNG	
	Heiße Oberfläche Gefahr von Verbrennungen Nach dem Ausschalten des Gerätes hat das Gehäuse der Messzelle längere Zeit eine Übertemperatur von ca. 60 °C. Warten Sie vor Beginn der Wartungsarbeiten, bis sich das Gerät abgekühlt hat.	



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

8 Fehlersuche und Beseitigung

Störung	Ursache	Beseitigung
Display leuchtet nicht	BA 4510 ausgeschaltet	BA 4510 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
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 bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff reagierende Bestandteile vor (z.B. Kohlenwasserstoffe)	Messgas durch ein Aktivkohlefilter leiten, Aktivkohlefilter ggf. auf Sättigung prüfen
Warnung: Warmlauf	Messzelle hat Betriebstemperatur noch nicht erreicht	5 Minuten warten, danach aktuelle Temperatur im Display verfolgen
	Heizungssicherung ausgelöst	Gerät ausschalten und nach erneutem Einschalten prüfen, ob Fehler erneut auftritt- in dem Falle Service konsultieren
	Heizung bzw. Regelung defekt	Service konsultieren
Fehler: Thermoelementbruch	Thermoelement defekt	Service konsultieren
Fehler: Systemfehler	Fehler Programm- oder Datenspeicher	Service konsultieren

9 Instandsetzung und Entsorgung

Sollte ein Fehler beim Betrieb auftreten, finden Sie unter Gliederungspunkt 8. Hinweise für die Fehlersuche und Beseitigung.

Sollten Sie Fragen haben, wenden Sie sich bitte an unseren Service

Tel.: +49-(0)2102-498955 oder Ihre zuständige Vertretung.

Halten Sie dazu bitte die Daten vom Typenschild bereit.

Ist nach Beseitigung eventueller Störungen und nach Einschalten der Netzspannung die korrekte Funktion nicht gegeben, muss das Gerät durch den Hersteller überprüft werden. Bitte senden Sie das Gerät zu diesem Zweck in geeigneter Verpackung an:

Bühler Technologies GmbH
- Reparatur/Service -
Harkortstraße 29
40880 Ratingen
Deutschland

9.1 Entsorgung

Bei der Entsorgung sind die gesetzlichen Vorschriften, insbesondere für die Entsorgung von elektronischen Bauteilen, zu beachten.

10 Anhang

10.1 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 Gasgleichgewichten eindeutig zuzuordnen sind.

Derartige Messwerte werden heute in der Praxis generell mit potentiometrischen ZrO₂-Festelektrolytsensoren gewonnen. Es stehen kurze und auch sehr lange Sonden mit solchen (unbeheizten oder elektrisch beheizten) Sensoren zur Verfügung, die in Verbrennungsanlagen verschiedener Art, in technischen Öfen oder Flammen in situ arbeiten und benötigte Signale liefern. Weiterhin sind Geräte mit elektrisch beheizten Sensoren zur Analyse von extern vorgemischten Brennstoff-Luft-Mischungen oder Abgasen verfügbar.

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

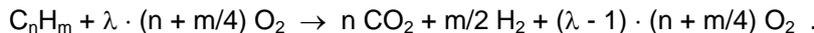
Gasgesetz bekanntlich einander proportional sind) angegeben werden (Einheiten wie m³, kg oder mol kürzen sich bei der Verhältnisbildung). Mit den Volumina v ist

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

Bei Zuführung von zuviel 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 Oktan bei genau stöchiometrischem Umsatz der Wert 15,3.)

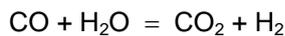
Für die Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs (in Motorkraftstoff, Erdgas, Flüssiggas) mit der Bruttoformel C_nH_m erhält man bei vollständiger Verbrennung im Sauerstoffüberschuss mit λ die Reaktionsgleichung



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

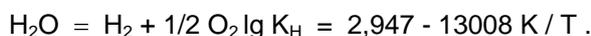


bestimmte Größen sind.

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 $\varphi(CO) + \varphi(H_2)$ größer oder kleiner als $2 \varphi(O_2)$ 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

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

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

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

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

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

Damit ergibt sich für die Gleichgewichtszellspannung die NERNSTsche Gleichung

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

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

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

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

$$U_{eq}/mV = 0,049606 \cdot T/K \cdot \lg [20,93 \text{ Vol.-%} / \varphi(O_2)]$$

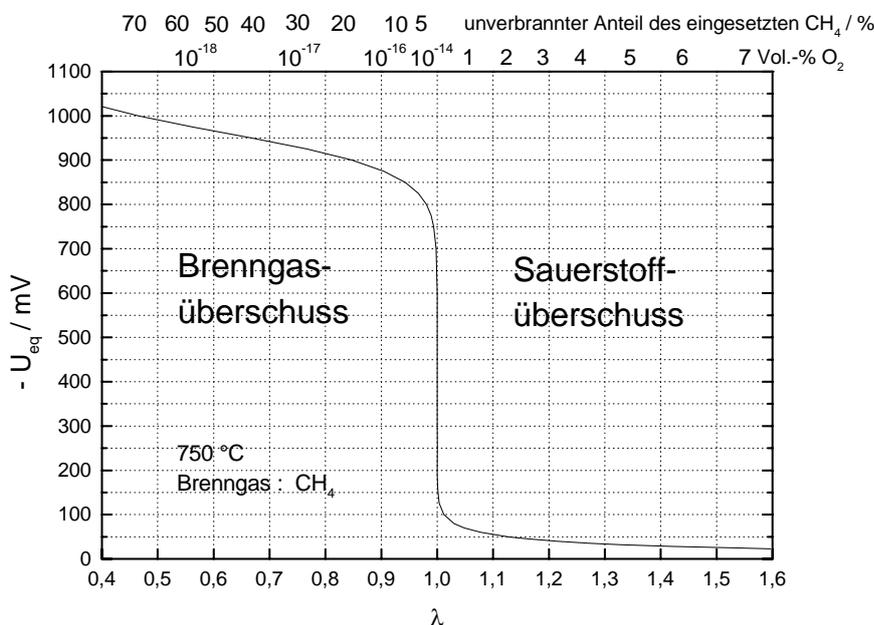
$$\varphi(O_2)/\text{Vol.-%} = 20,93 \cdot 10^{(U_{eq}/mV)/(0,049606 \cdot T/K)}$$

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

$$U_{eq}(H_2, H_2O\text{-Luft})/mV = -1280,6 + \{ 0,3165 + 0,0992 \cdot \lg [\varphi(H_2O)/\varphi(H_2)] \} \cdot T/K \pm 1$$

Bei verschiedenen technischen Prozessen interessiert der Quotient $Q = \varphi(H_2O)/\varphi(H_2)$, 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 sehr sorgfältig realisiert. Dagegen sind die in Kraftfahrzeugen verwendeten Lambda-Sonden nicht isotherm ausgelegt. Sie erfüllen ihren Zweck im Wesentlichen zur Indizierung von $\lambda >$ oder $<$ 1 und sind zu genauen gaspotentiometrischen Bestimmungen weniger geeignet.

10.2 Montageanleitung Swagelok®-Rohrverschraubungen

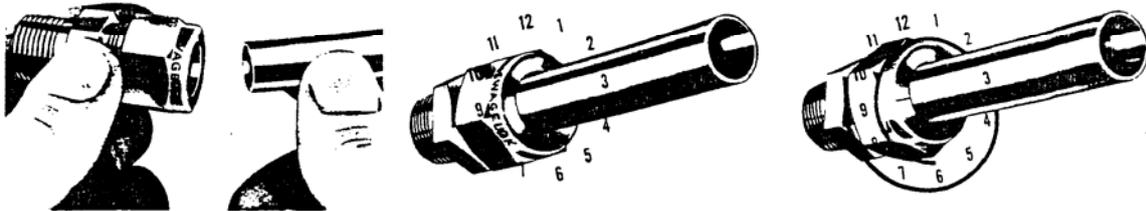
Swagelok® ROHRVERSCHRAUBUNGEN FÜR METRISCHE ROHRE

29

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

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

MONTAGEANLEITUNG ERSTMONTAGE



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

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

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

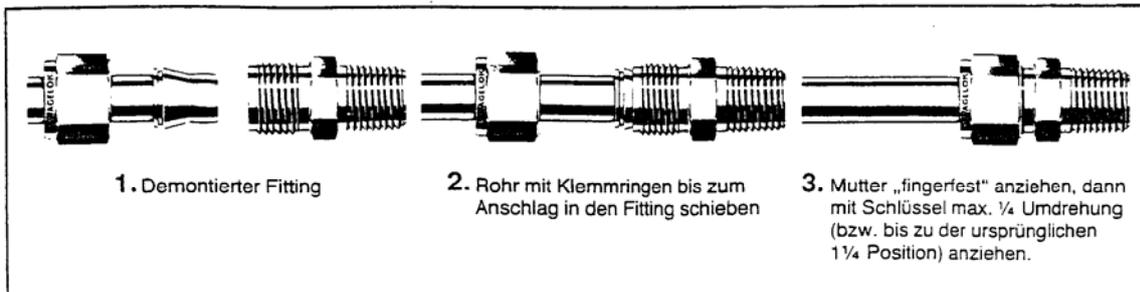
Hochdrucksysteme, kritische Anwendungen mit hohem Sicherheitsfaktor

Da wir als Verschraubungslieferant keinen Einfluß auf den Rohraußendurchmesser haben, können unterschiedliche Toleranzen auftreten. Aus Sicherheitsgründen empfehlen wir deshalb bei kritischen Anwendungen die 1/4 Umdrehungen von einem Normpunkt (Snug) zu beginnen. Definition des Normpunktes (Snug): Die Überwurfmutter mit

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

WIEDERMONTAGE

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

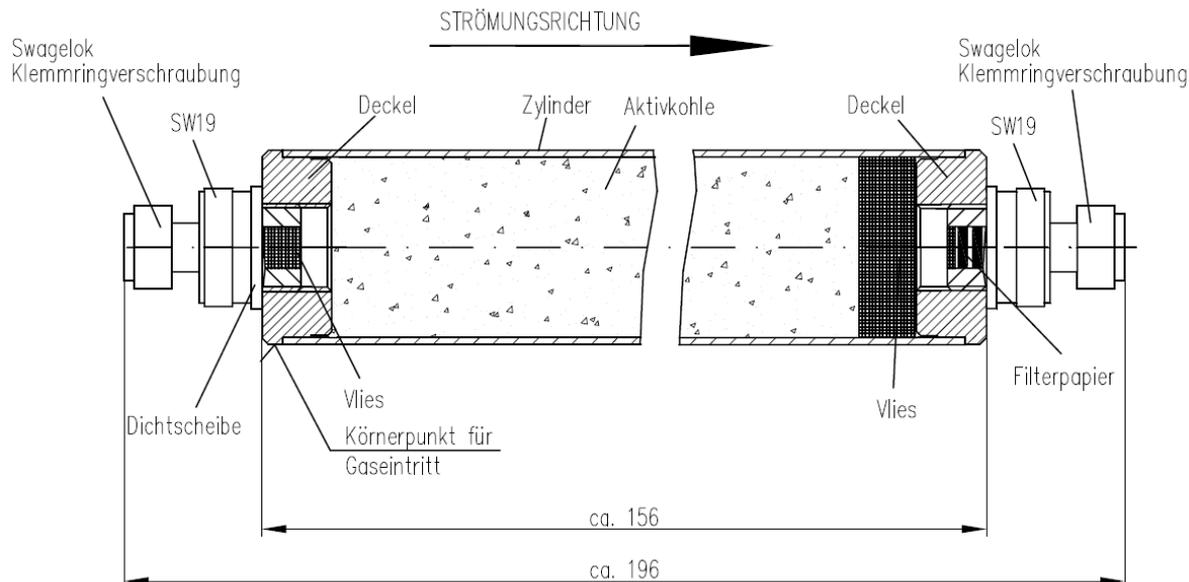


1. Demontierter Fitting

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

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

10.3 Aktivkohlefilter: Beschreibung und Anwendungshinweise



10.3.1 Aufbau des Filters

Der in der Zeichnung dargestellte Aktivkohlefilter (AKF) wird durch einen rohrförmigen Behälter gebildet. Er ist an den Enden durch Deckel mit daran befindlichen Anschlüssen für Rohrleitungen abgeschlossen. Beide Deckel sind in das Rohr durch eine Presspassung und zusätzliche Verklebung eingepasst. Die verwendeten Rohranschlüsse sind 3 mm-Swagelok®-Verbindungen, in die Verschlussproben 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 gekörnter Aktivkohle.

10.3.2 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 der Filter mit organischen Bestandteilen gesättigt und damit unwirksam geworden ist. Der Filter ist durch einen neuen zu ersetzen oder die Aktivkohle ist auszutauschen.

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

10.3.3 Wechseln der Aktivkohle

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



HINWEIS

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

10.4 Beigefügte Dokumente

- Konformitätserklärung KX550011
- Datenblatt DD550011

EU-Konformitätserklärung gemäß EN 45014
EU-declaration of conformity according to EN 45014



Hiermit erklären wir, dass die nachfolgenden Produkte den wesentlichen Anforderungen der folgenden Richtlinien in ihrer aktuellen Fassung entsprechen:

- Richtlinie 73/23/EWG über elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen
- Richtlinie 89/336/EWG über die elektromagnetische Verträglichkeit

Herewith we declare that the following products correspond to the essential requirements of

- *Directive 73 / 23 EWG about electrical equipment for use with certain limits of voltage,*
- *Directive 89 / 336 / EWG about electromagnetic compatibility,*

Produkt / product

Sauerstoffanalysator
(*Oxygen analyser*)

Typ / type BA 4510

Zur Beurteilung der Konformität wurden folgende harmonisierte Normen in der aktuellen Fassung herangezogen:

The following harmonized standards in actual revision have been used:

- **EN 61000-6-3 - Elektromagnetische Verträglichkeit- Fachgrundnorm Störaussendung (Wohnbereich, Geschäfts und Gewerbebereich, Kleinbetriebe)**
- **EN 61000-6-2 - Elektromagnetische Störfestigkeit- Fachgrundnorm Störfestigkeit (Industriebereich)**
- **EN 61000-3-2 - Elektromagnetische Verträglichkeit- Grenzwerte für Oberschwingungsströme**
- **EN 61000-3-3 - Elektromagnetische Verträglichkeit- Grenzwerte; Begrenzung von Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen und Flicker**
- **EN 61010 -1 - Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte**

Ratingen, den 23.04.2007

G.R. Biller
Geschäftsführer – *Managing Director*

Stefan Eschweiler
Technischer Leiter – *technical manager*



Tragbarer O₂-Analysator BA 4510



Der tragbare Analysator BA 4510 dient zur Messung von Sauerstoffspuren in Inertgasen. Kernstück des Messgerätes ist eine bewährte, wartungsfreie Zirkoniumdioxid-Meßzelle. Dieser Sauerstoffionenleiter vereint den Vorteil hoher Selektivität mit einer hohen mechanischen Stabilität und Konstanz. In Inertgasen liefert die Messzelle mit sinkendem Sauerstoffpartialdruck eine steigende Spannung, wodurch Spuren besonders gut gemessen werden können. Das Messsignal wird von einem internen Prozessor in die Sauerstoffkonzentration umgerechnet, auf dem LCD-Display angezeigt und als analoges Stromsignal zur Verfügung gestellt. Eine interne, zuschaltbare Gaspumpe sorgt für die notwendige Durchflussmenge, wenn das Messgas nicht über den nötigen Vordruck verfügt.

Die Bedienung erfolgt menügesteuert über Folientasten auf der Frontseite.

Für die Messung in Gasen mit brennbaren Komponenten steht eine besondere Geräteversion (BA4510 KIZ) zur Verfügung.

- **kalibrier- und nahezu drifffreie Messzelle**
- **4 - 20 mA Ausgangssignal**
- **RS 232-Schnittstelle**
- **interne, zuschaltbare Pumpe**
- **einfache Menüsteuerung**
- **programmierbare Grenzwerte**
- **keine Prüfgase erforderlich.**

Technische Daten

Messkomponenten

Messkomponente	Sauerstoff
Messbereich	0 Vol.-ppm ... 20,9 Vol.-% O ₂
Messprinzip	Zirkoniumdioxid

Messtechnische Daten

Genauigkeit	< 5 % (vom Messwert)
Reproduzierbarkeit	< 1,5 % O ₂
Nachweisgrenze	0,1 vpm O ₂
Ansprechzeit (T ₉₀)	< 5 s
Linearitätsfehler	< 0,4 vpm O ₂
Nullpunktdrift	< 0,2 vpm O ₂ pro Woche
Empfindlichkeitsdrift	< 0,02% vom Messwert pro Woche oder 200 vpb pro Woche, je nachdem welcher Wert höher ist

Gaseingangsbedingungen

Gastemperatur	+ 5 °C bis 80 °C
Gasüberdruck	max: 20 mbar
Gasdurchfluß ohne Pumpe	5 ... 10 l/h (wird bei Nutzung der internen Pumpe auf 7 l/h geregelt)

Messgasaufbereitung

Taupunkt	mindestens 5 °C unterhalb der Umgebungstemperatur
----------	---

Klimatische Bedingungen

Umgebungstemperatur	10 °C bis 45 °C
Transport- und Lagertemp.	- 20 °C bis + 60 °C
Relative Luftfeuchte	< 80% bei 20 °C

Signalausgänge

Stromsignal	0/4 ... 20 mA (im Fehlerzustand auf 0 mA gehend); skalierbar
Alarmrelais	1x Grenzwert, 200VDC, 0,5A, 10W
Serielle Schnittstelle	RS 232

Tastatur und Anzeigen

Meßwertanzeige	LCD-Klartextanzeige
Tastatur	3 Tasten

Stromversorgung

Spannung	100 - 240 V AC, 47 - 63 Hz
Leistungsaufnahme	20 VA

Konstruktion

Gehäuse	Aluminumgehäuse mit Tragegriff
Abmessungen (H x B x T)	135 x 100 x 240 mm
Meßgaseingang	3 mm Swagelok-Verschraubung
Meßgasausgang	Schlauchstutzen aus Edelstahl für Schlauch mit Innendurchmesser 4 mm
Gehäuseschutzart	IP 40
Gewicht	ca. 3 kg

Bestellhinweise

Typ	Artikel-Nr.
BA 4510	55 15 000
BA 4510 KIZ	55 15 001