

DIN EN 61207-2



ICS 71.040.40

EntwurfEinsprüche bis 2016-03-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61207-2:1995-02

**Angabe zum Betriebsverhalten von Gasanalysatoren –
Teil 2: Sauerstoff in Gas (unter Verwendung von elektrochemischen
Hochtemperatur-Sensoren)
(IEC 65B/1010/CDV:2015);
Deutsche Fassung FprEN 61207-2:2015**

Expression of Performance of gas analyzers –
Part 2: Oxygen in gas (utilizing high-temperature electrochemical sensors)
(IEC 65B/1010/CDV:2015);
German version FprEN 61207-2:2015

Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs de gaz –
Partie 2: Oxygène contenu dans le gaz (utilisant des capteurs électrochimiques à haute
température)
(IEC 65B/1010/CDV:2015);
Version allemande FprEN 61207-2:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-01-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 42 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 61207-2:2015 „Angabe zum Betriebsverhalten von Gasanalysatoren – Teil 2: Sauerstoff in Gas (unter Verwendung von elektrochemischen Hochtemperatur-Sensoren)“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 65B/1010/CDV:2015 „Expression of Performance of gas analyzers – Part 2: Oxygen in gas (utilizing high-temperature electrochemical sensors)“ unverändert in den Entwurf FprEN 61207-2:2015 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 65B „Measurement and control devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 966 „Stoffgrößen-Messgeräte für Betrieb und Umwelt“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61207-2:1995-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Alle Ausdrücke und Begriffe des Dokuments sind falls erforderlich auf den neuesten Stand gebracht worden.
- Die Beschreibungen des Prinzips der galvanischen Zellen wurden erweitert und klar gestellt.
- Neue Begriffe und Darstellungen wurden für die verschiedenen Methoden für Sauerstoff unter Verwendung von Festkörper-Elektrolyte in galvanischen Zellen hinzugefügt.

- d) Neue Illustrationen wurden für die existierenden Beschreibungen über Ionen-Pumpmesseinrichtungen hinzugefügt.
- e) Eine detailliertere Beschreibung über den Effekt bei der Gegenwart von oxidierenden Gasen wurden hinzugefügt.
- f) Alle Bezugnahmen zu „Fehlern“ wurden durch „Unsicherheiten“ ersetzt und geeignete aktualisierte Begriffe verwendet.

– Leerseite –

Angabe zum Betriebsverhalten von Gasanalysatoren – Teil 2: Sauerstoff in Gas (unter Verwendung von elektrochemischen Hochtemperatur-Sensoren)

	Inhalt	Seite
Einleitung		2
1 Anwendungsbereich		3
2 Normative Verweisungen		3
3 Begriffe		3
3.1 Elektrochemische Hochtemperatur-Sensoren		3
3.2 Referenzgas		7
3.3 Vor-Ort-Analysatoren		7
3.4 Probennehmende Analysatoren		7
3.5 Explosionsgefährdeter Bereich		7
3.6 Flammensperre		8
3.7 Notwendige Hilfseinrichtungen		8
4 Festlegen technischer Daten		8
4.1 Technische Daten notwendiger Hilfseinrichtungen und Betriebsmittel		8
4.2 Zusätzliche Begriffe im Zusammenhang mit der Beschreibung des Betriebsverhaltens		8
4.3 Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit der Beschreibung des Betriebsverhaltens		9
5 Vorgehen bei Konformitätsprüfungen		10
5.1 Allgemeines		10
5.2 Prüfverfahren		11
5.3 Ausgangssignalschwankungen		11
5.4 10 %-Zeit, Anstiegs- und Abfallzeit		11
 Bilder		
Bild 1 – Durchflussrohr-Sensor		12
Bild 2 – Prüfrohr-Sonde		13
Bild 3 – Scheiben-Sensor		13
Bild 4 – Doppelkammer-Bauform		14
Bild 5 – Bauform mit abgedichteter Referenz		14
Bild 6 – Bauform mit Strombegrenzung		15
Bild 7 – Bauform der Festvolumen-Sonde		16
Bild 8 – Allgemeine Prüfanordnung: Vor-Ort-Analysator		17
Bild 9 – Allgemeine Prüfanordnung: Probennehmender Analysator		18

Einleitung

Dieser Teil von IEC 61207 umfasst die Terminologie, Begriffe, Angaben und Prüfungen, die speziell für Sauerstoffanalysatoren gelten, die elektrochemische Hochtemperatur-Sensoren verwenden.

Sauerstoffanalysatoren mit elektrochemischen Hochtemperatur-Sensoren, die in der Regel bei Temperaturen oberhalb von 500°C arbeiten, bieten ein weites Anwendungsfeld bei der Messung von Sauerstoff in gasförmigen Proben. Typische Beispiele für derartige Proben sind die Abgase von Verbrennungsprozessen.

Es wird zwischen zwei wesentlichen Typen dieser Analysatoren unterschieden: dem "Vor-Ort"-Analysator, bei dem der Sensor innerhalb der Prozessleitungen eingesetzt ist, und dem "probennehmenden" Analysator, der in der Wandung einer Leitung eingesetzt ist, durch welche die Probe mittels eines einfachen Probennahmesystems entnommen und dem Sensor zugeführt wird.

Ein Analysator besteht in der Regel aus einem Sensorkopf, der in der Prozessleitung eingesetzt ist, sowie einer externen Steuereinheit. Diese beiden Komponenten sind durch Kabel verbunden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61207 bezieht sich auf alle Aspekte von Analysatoren, die einen elektrochemischen Hochtemperatur-Sensor zur Messung von Sauerstoff in einem Gas verwenden. Er sollte in Verbindung mit IEC 61207-1 angewendet werden.

Dieser Teil bezieht sich auf "Vor-Ort"-Analysatoren, auf extraktive Probe-nehmende Analysatoren sowie auf in Innenräumen und im Freien installierte Analysatoren.

Der Zweck dieses Teils ist:

- die Terminologie und die Begriffe festzulegen, die mit den funktionalen Betriebsverhalten von Gasanalysatoren in Verbindung stehen, die einen elektrochemischen Hochtemperatur-Sensor verwenden, um eine kontinuierliche Messung der Sauerstoffkonzentration in einer Gasprobe vorzunehmen;
- Verfahren zur Aufstellung und Überprüfung von Aussagen über das funktionale Betriebsverhalten derartiger Analysatoren zu vereinheitlichen;
- festzulegen, welche Prüfungen auszuführen sind, um das funktionale Betriebsverhalten zu ermitteln, und wie derartige Prüfungen ausgeführt werden sollten;
- grundsätzliche Schriftstücke zur Verfügung zu stellen, um die Anwendung der Normen der Qualitätssicherung ISO 9001 zu unterstützen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60654, *Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment*

IEC 61207-1:2010, *Expression of Performance of gas analyzers – Part 1: General*

ISO 9001, *Quality Management Systems – Requirements*

3 Begriffe

3.1 Elektrochemische Hochtemperatur-Sensoren

Der Sensor wird üblicherweise auf eine konstante Hochtemperatur eingeregelt, die typischerweise über 500°C beträgt. Die Hochtemperatur wird gewöhnlich durch eine elektrische Heizvorrichtung erzeugt, indessen kann für einige Vor-Ort Anwendungen bei hoher Temperatur eine Kühlung des Sensors erforderlich werden. Ebenso kann der Sensor in einer passiven Arbeitsweise mit einer Temperaturmessung betrieben werden, wobei die Erhitzung durch die Gasprobe erfolgt und zur Berechnung der Sauerstoffkonzentration die gemessene Temperatur miteinbezogen wird. Es gibt zwei Grund-Bauformen von elektrochemischen Hochtemperatur-Sensoren:

- a) Galvanische Konzentrationszelle,
- b) Ionenpumpzelle

3.1.1 Galvanische Konzentrationszelle

Die meisten kommerziell verfügbaren Analysatoren arbeiten mit einer galvanischen Konzentrationszelle, die aus zwei Gaskammern besteht, die durch einen sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten getrennt sind, der an jeder Seite mit porösen Elektroden ausgestattet ist. Die Kammer auf der einen Seite ist mit der Gasprobe

gefüllt und die auf der anderen Seite ist mit einem Referenzgas befüllt, das einen festgelegten Sauerstoffpartialdruck aufweist. Das Referenzgas muss etwas Sauerstoff enthalten. Üblicherweise besteht das Referenzgas aus Luft, aber es kann ebenso eine Gasmischung mit einem konstanten Sauerstoffpartialdruck vorhanden sein oder sogar eine abgedichtete Referenz-Zelle in der mittels einer Metall/ Metalloxid-Mischung ein Sauerstoffpartialdruck erhalten bleibt.

Die Grenzschicht zwischen Festelektrolyt und den katalytisch wirkenden Elektroden gestattet bei höheren Temperaturen die Bildung von Sauerstoffionen (O^{2-}), welche durch die Grenzschicht am Festelektrolyten diffundieren. Die Grenzschicht bildet für andere vorhandene Gase eine undurchdringbare Barriere und bietet auf diese Weise ein selektives Verfahren den in der Gasprobe vorhandenen Sauerstoffpartialdruck zu bestimmen. Typischerweise handelt es sich beim Festelektrolyten um mit Yttriumoxid stabilisiertes Zirkoniumoxid (Zirkonia) und um auf Platin basierende poröse Elektroden. Indessen können ebenso andere Materialien verwendet werden. Die Signalstärke ist temperaturabhängig und dies erfordert eine hochpräzise Temperaturmessung der Grenzschicht am Festelektrolyten und eine stabile Heizung, um die Hochtemperatur für einen effizienten und empfindlichen Betrieb zu erreichen.

Wenn der Sensor auf eine Temperatur gebracht wird, bei welcher der Festelektrolyt Sauerstoffionen leitet und wenn die EMK zwischen den beiden Elektroden gemessen wird, entspricht das Ausgangssignal dem Logarithmus des Verhältnisses der Sauerstoff-Partialdrücke an den beiden Elektroden, entsprechend der Nernstschen Gleichung:

$$E = \frac{RT}{4F} \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (1)$$

$$E = k \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \quad (2)$$

$$E(\text{mV}) = 0,0496 \ T \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \quad (3)$$

Dabei ist:

P_1 Partialdruck des Sauerstoffs im Referenzgas;

P_2 Partialdruck des Sauerstoffs im Messgas;

E EMK der Messzelle in mV;

R Gaskonstante ($8,3144 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$);

T Absolute Temperatur (K);

F Faradaysche Konstante ($96,484 \ 56 \times 10^3 \text{ C mol}^{-1}$);

k Nernstscher Koeffizient (Steigung).

Vorausgesetzt, dass der Sauerstoffpartialdruck an einer der beiden Elektroden (P_1) bekannt ist, ermöglicht daher die Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden die Bestimmung des unbekannten Sauerstoffpartialdruckes an der anderen Elektrode (P_2).

Bei den vorstehenden Gleichungen ist zu beachten dass die Angabe der Sauerstoffpartialdrucke an den beiden Seiten wichtig ist und nicht die Verhältnisangaben der Sauerstoffanteile. Werden daher Mischungen mit denselben Anteilen an Sauerstoff (z. B. Luft) jedoch bei unterschiedlichen absoluten Drücken an die beiden Seiten der Festelektrolyt-Barriere vorgelegt, wird das Signal nicht Null mV betragen, sondern wird proportional zum Logarithmus des Verhältnisses der absoluten Gasdrucke beider Seiten sein.

Dieses Verhalten des elektrochemischen Hochtemperatur-Keramiksensors nach der Nernstschen Gleichung bleibt über einen weiten Differenzbereich der Sauerstoff-Partialdrücke erhalten. Das Ausgangssignal des Sensors nimmt bei einer gegebenen Temperatur mit linearer Reduzierung des Sauerstoff-Partialdruckes logarithmisch zu. Das Sensor-Ausgangssignal ist direkt proportional zur Temperatur, so dass für eine

quantitative Analyse die Temperatur sehr genau geregelt oder gemessen werden sollte, um die notwendige Korrektur in Gleichung (1) einzubringen.

Theoretisch ist die EMK des Sensors gleich Null Volt, wenn die Partialdrücke von Mess- und Referenzgas gleich sind. In einigen Sensoren wird ein Offset gemessen, der im Wesentlichen thermoelektrischen Effekten und thermischen Gradienten zugeschrieben wird. Dieser Offset kann theoretisch als zusätzliche Konstante betrachtet werden (Asymmetriepotential).

$$E(\text{mV}) = k \log_{10} \frac{P_1}{P_2} + U_a \quad (4)$$

$$E(\text{mV}) = 0,0496 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} + U_a \quad (5)$$

Dabei ist

U_a Asymmetriepotential in (mV).

Ein nicht ideales Leitverhalten für Sauerstoffionen kann ebenfalls durch modifizieren der Steigung, k kompensiert werden.

In der Praxis dürfen Hersteller, deren Sensoren einen Nullpunkt-Offset aufweisen, praktische Mittelwerte für U_a angeben, die bei der Kalibrierung helfen. Moderne Geräte kompensieren das Asymmetriepotential automatisch während einer Luftkalibrierung (d. h. Luft in beiden Kammern).

Typische Anwendungen sind die Feuerungsregelung, Messungen einiger Prozent Sauerstoff unter normalen Betriebsbedingungen oder zur Erfassung von Sauerstoffverunreinigungen beispielsweise bei der Stickstoffherstellung und Stickstoffreinigung unter Verwendung von Luft-Zerlegungs-Anlagen (LZA), mit Messungen im Bereich einiger ppm. Daraus ist zu ersehen dass diese Techniken einen sehr weiten potentiellen Messbereich von 100 % bis zum unteren Sub-ppm Sauerstoff-Bereich bieten. In der Praxis hängt die ultimativ niedrigste Messbereichsgrenze von der Leckagefreiheit des Messwertaufnehmers und den elektronischen Grenzbetriebsbedingungen ab. Die Festelektrolyt-Sensoren können durch aktive Anströmung oder durch Diffusion an die Gasproben und an die Referenzseite der Festelektrolyt-Grenzschicht gespeist werden.

Einige Beispiele über generische Sensor-Bauformen werden nun vorgestellt. Aus Vereinfachungsgründen wurden in diesen Darstellungen die Temperatursensoren so gezeigt als seien sie an der Festelektrolyt-Grenzschicht positioniert. Jedoch kann die praktische Umsetzung einer generischen Sensor-Bauform die tatsächliche physikalische Platzierung des Temperatursensors einschränken. Jede nichtideale Platzierung kann zu einer Spannungs-Nullpunktverschiebung (U_a) führen wie in den Gleichungen 4 und 5 gezeigt.

ANMERKUNG Für die Elektroden wird häufig Platin verwendet, während der Keramikelektrolyt meist aus Zirkonoxid besteht, das mit Yttriumoxid, Kalziumoxid oder Thoriumoxid teilweise oder ganz stabilisiert wurde. Dieses Material gestattet bei einer Aufheizung auf mehr als 500 °C einen Ladungstransfer, der hauptsächlich auf Sauerstoffionen beschränkt ist.

3.1.1.1 Durchflussrohr-Sonde

Das den Festelektrolyt enthaltende Rohrstück wird auf der inneren und der äußeren Oberfläche mit porösen Elektroden versehen. Das Rohrstück ist hermetisch zu den Einlass- und den Auslassleitungen abgedichtet und die Gasprobe strömt durch das innere Rohrstück, während das Referenzgas (Luft) das äußere Rohrstück umgibt. Eine Skizze wird in Bild 1 gezeigt.

3.1.1.2 Prüfrohr-Sonde

Ein Festelektrolyt enthaltendes Rohrstück ist an einem Ende abgedichtet und auf der inneren und der äußeren Oberfläche werden porösen Elektroden angeordnet. Die Gasprobe strömt oder diffundiert um die Außenseite des Rohrstücks. Ein Referenzgas (Luft) befindet sich in der Mitte des Rohrstücks. Mittels einer externen Heizung wird die erforderliche Hochtemperatur eingestellt. Ein Beispiel wird schematisch in Bild 2 gezeigt.

3.1.1.3 Scheiben-Sonde

Eine Scheibe aus Festelektrolyt mit porösen Elektroden an jeder Seite wird dicht in ein Rohr mit angepasstem thermischen Ausdehnungskoeffizient angesetzt. Die außen liegende Oberfläche wird der Gasprobe ausgesetzt und die innen liegende Oberfläche dem Referenzgas (Luft). Mittels einer internen Heizung an der Referenzseite wird die erforderliche Hochtemperatur erzeugt. Diese Konfiguration eignet sich als Teil einer Vor-Ort-Sonde. Ein Beispiel wird schematisch in Bild 3 gezeigt.

3.1.1.4 Doppelkammer-Bauform

Bei dieser Bauform wird die Gasprobe und das Referenzgas in die beiden Kammern, die durch eine Festelektrolyt-Grenzschicht getrennt sind, entweder mittels Durchfluss oder mittels Diffusion, eingespeist. Die erforderliche hohe Arbeitstemperatur wird rund um die äußere Oberfläche des Festelektrolyt-Rohrstücks mittels einer Bandheizung oder einer entsprechenden Vorrichtung eingestellt, wobei die relativ große Fläche des flachen thermischen Gradienten zu einer hochstabilen Anzeige führt. Diese Anordnung ist bestens geeignet für probennehmende oder direktgekoppelte probennehmende Anordnungen. Ein Beispiel wird schematisch in Bild 4 gezeigt.

3.1.1.5 Bauform mit abgedichteter Referenz

Diese Bauform weist Ähnlichkeiten mit den oben genannten generischen Konfigurationen auf, jedoch wird anstelle eines kontinuierlich aufgefrischten Referenzgases (Luft) eine abgedichtetes Referenz-Volumen verwendet. Die Beibehaltung eines konstanten Sauerstoffpartialdruckes in diesem Volumen ist wichtig und dies wird üblicherweise durch eine Mischung eines Metall/ Metall-Oxid-Pulvers erreicht, welche zusammen innerhalb des Referenz-Kompartimentes ein Gleichgewicht aufrecht erhalten und beide als Quelle und Senke für Sauerstoff wirken. Dies hat den Vorteil, kein Referenzgas zu benötigen, indessen besteht eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Einflüssen bedingt durch das Aufbrechen der hermetischen Dichtung auf der Referenzseite. In Gleichung 6 wird das Gleichgewicht gezeigt, wobei a und b Konstanten sind und M und O das Metall und Sauerstoff bezeichnen. Ein Beispiel wird schematisch in Bild 5 gezeigt. Diese Art von Sensor hat eine begrenzte Lebensdauer, abhängig von den Betriebsbedingungen.



3.1.2 Ionenpumpzelle

Wenn ein Gleichstrom zwischen den Elektroden einer Zelle fließt, bei der sich in der einen Kammer Luft und in der anderen Kammer ein inertes Gas befindet, führt der Stromfluss zum Pumpen von Sauerstoffmolekülen von der einen Seite zur anderen. Dieser Vorgang verläuft nach dem Faradayschen Gesetz, so dass die durch Diffusion in das inerte Gas gepumpte Menge des Sauerstoffes durch folgende Gleichung gegeben ist:

$$Q = \frac{I}{4F} \quad (7)$$

Dabei ist

Q Menge des eingepumpten Sauerstoffs in mol s⁻¹;

I Strom (A);

F Faradaysche Konstante (96,484 56 x 10³ C mol⁻¹).

Dies wird allgemein in zwei Konfigurationen genutzt.

3.1.3 Strombegrenzung

Eine Diffusionsbohrung begrenzt die Menge der an der Messelektrode ankommenden Sauerstoffmoleküle. Eine konstante Spannung über den Elektroden stellt sicher, dass der gesamte an der Messelektrode auftretende Sauerstoff auf die andere Seite gepumpt wird. Dies reduziert den Sauerstoffpartialdruck an der Kathode nahezu auf Null. Bei diesen Grenzbedingungen wird der Stromfluss von der Rate der Sauerstoffdiffusion in die Bohrung bestimmt, welche wiederum proportional zu der Sauerstoffkonzentration im Messgas ist. Der erzeugte Strom hängt von der Menge der übergehenden Sauerstoffmoleküle ab. Ein Beispiel wird in Bild 6 gezeigt.

3.1.4 Festvolumen (Pump-Messeinrichtung)

Diese Konfiguration besteht aus zwei Elektrodensätzen, die gegenüberliegend in einem festen, kleinen Volumen angeordnet sind. Der erste Satz besteht aus einer Konzentrationszelle, der zweite ist die Ionenpumpe. Das Volumen wird anfangs auf eine vorgegebene niedrige Menge von Sauerstoffmolekülen reduziert. Der Pumpvorgang wird dann gestartet und fortgeführt, bis die Konzentrationszelle misst, dass die Sauerstoffkonzentration im Volumen und außerhalb an der Proben Seite gleich sind. Strom und Zeit, die erforderlich sind, um dieses Gleichgewicht herbeizuführen, stehen im Zusammenhang mit der Sauerstoffkonzentration im Messgas. Ein Beispiel wird in Bild 7 gezeigt.

3.2 Referenzgas

Alle Analysatoren, die mit einer elektrochemischen Hochtemperatur-Konzentrationszelle arbeiten, benötigen eine Art von Referenz. Das kann ein Referenzgas sein mit bekanntem und konstantem Partialdruck – aus Zweckmäßigkeitsgründen wird in der Regel hier Luft verwendet – obwohl es prinzipiell jeder bekannte stabile Sauerstoff-Partialdruck sein könnte. In einigen Fällen wird eine abgedichtete Referenz verwendet, wobei der Sauerstoffpartialdruck auf einem konstanten Niveau gehalten wird. (siehe Abschnitt 3.1.1.5)

ANMERKUNG Das Ausgangssignal des Sensors ist eine Funktion des Sauerstoffpartialdruckes im Messgas, vorausgesetzt, dass das Referenzgas einen konstanten Sauerstoffpartialdruck aufweist.

3.3 Vor-Ort-Analysatoren

Beim Vor-Ort-Analysator befindet sich der elektrochemische Hochtemperatur-Sensor in der Probe. Der Sensor darf jedoch mit einem Filter zum Abscheiden von Partikeln versehen sein.

Eine Version des Vor-Ort-Analysators regelt die Temperatur des Sensors im Bereich von 500 °C bis 900 °C. In diesem Falle kann die Messgas-Temperatur nicht über der geregelten Temperatur liegen. Die zweite Version erreicht die Betriebstemperatur durch die Temperatur des Messgases. Hier ist es notwendig, dass die Sensortemperatur gemessen wird, um eine Berechnung des Sauerstoffwertes zu ermöglichen.

3.4 Probennehmende Analysatoren

Diese können in zwei Gruppen unterteilt werden: direktgekoppelte und probennehmende. Bei probennehmenden Analysatoren ist der Sensorkopf außerhalb des zu messenden Gasstromes eingesetzt, und das Messgas wird über einen Probennehmer an den Sensor geführt, der auf einer geregelten Temperatur gehalten wird, um die Ionenleitung sicherzustellen (typisch im Bereich von 500 °C bis 900 °C).

Zusätzlich können probennehmende Analysatoren eine Probenaufbereitung erfordern. Probennehmende Analysatoren können mit einem Filter zum Abscheiden von Partikeln sowie einer Vorrichtung zum Transport der Probe (meist eine Ansaugvorrichtung) versehen sein. Um eine Kondensatbildung zu verhindern, sind die Rohrlängen so kurz wie möglich und oberhalb des Taupunktes jeder kondensierbaren Sorte zu halten.

3.5 Explosionsgefährdeter Bereich

Ein Bereich, in dem potentiell brennbare Gase, Dämpfe oder Stäube freigesetzt werden können.

3.6 Flammensperre

Vorrichtung, die das Fortschreiten einer durch Zünden eines brennbaren Gasgemisches resultierenden Flamme verhindert.

3.7 Notwendige Hilfseinrichtungen

Notwendige Hilfseinrichtungen sind derartige Einrichtungen, ohne deren Vorhandensein der Analysator nicht betriebsfähig ist (z.B. Pumpen für Ansaugvorrichtungen, Kalibrierungssysteme usw.).

4 Festlegen technischer Daten

Die Vorgehensweise für die Festlegung technischer Daten wird in IEC 61207-1 ausführlich beschrieben. Sie umfasst:

- Anforderungen an Betrieb und Lagerung;
- technische Daten der Messbereiche und Ausgangssignale;
- Grenzwerte der Messunsicherheit;
- empfohlene Referenzwerte und Nennbereiche von Einflussgrößen.

In diesem Teil von IEC 61207 werden technische Daten für Bereiche von Hilfseinrichtungen gegeben. Zusätzliche Begriffe zur Festlegung des Betriebsverhaltens sowie wichtige Aspekte des Betriebsverhaltens von elektrochemischen Hochtemperatur-Sensoren werden ebenfalls eingehend ausgeführt.

4.1 Technische Daten notwendiger Hilfseinrichtungen und Betriebsmittel

Alle mit elektrochemischen Hochtemperatur-Sensoren arbeitenden Sauerstoff-Analysatoren benötigen die Zufuhr eines Referenzgases. Bei diesem Gas handelt es sich in der Regel um Luft, aus der Feuchtigkeit und Öle abgeschieden sind. Analysatoren benötigen Einrichtungen zur Kalibrierung nach der Installation. Allgemein sind in Flaschen abgefülltes Kalibriergas und Druckregler erforderlich.

4.1.1 Bemessungsbereich des Referenzgasdruckes

Der Referenzgasdruck kann in der Praxis einen geringen Einfluss auf die Messabweichung haben.

Weiterhin wirkt sich der Referenzgasdruck auf den Durchfluss des Referenzgases aus. Ein hoher Durchfluss kann zum Abkühlen der Elektroden und somit zu Messabweichungen führen.

4.1.2 Bemessungsbereich des Kalibriergasdruckes

Der Kalibriergasdruck kann einen geringen Einfluss auf die Messabweichung haben. Weiterhin beeinflusst der Kalibriergasdruck den Durchfluss, ähnlich wie in 4.1.1 beschrieben.

4.1.3 Bemessungsbereich des Ansauggasdruckes

Bei Analysatoren, die mit einer Ansaugvorrichtung arbeiten, ist der Bemessungsbereich des Ansaugdruckes erforderlich, um einen korrekten Messgasfluss (und in einigen Fällen Referenzgasfluss) sicherzustellen.

4.2 Zusätzliche Begriffe im Zusammenhang mit der Beschreibung des Betriebsverhaltens

Folgende zusätzliche Begriffe können erforderlich sein, um das Betriebsverhalten von Analysatoren zu beschreiben. Je nach Konstruktionsdetails sind einige der folgenden Begriffe nicht notwendig.

4.2.1

Klassifizierung des Bereiches, in dem Sensorkopf und Elektronik aufgestellt werden, als Ex-Bereich. Analysatoren für allgemeine Anwendungen sind nicht für den Einsatz im Ex-Bereich geeignet.

4.2.2

Da der elektrochemische Hochtemperatur-Sensor eine potentielle Zündquelle darstellt, ist eine zusätzliche Festlegung der zulässigen Konzentration brennbarer Gase erforderlich.

ANMERKUNG Viele Analysatoren sind so aus gelegt, dass sie das Zünden des Messgases verhindern, z. B. durch eine Flammensperre.

4.2.3 Zu erwartende Lebensdauer des Sensors

Elektrochemische Hochtemperatur-Sensoren haben eine begrenzte Lebensdauer und müssen zu gegebener Zeit ausgetauscht werden. Die tatsächliche Lebensdauer der Zelle hängt vom jeweiligen Messgas ab.

4.3 Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit der Beschreibung des Betriebsverhaltens

Die folgenden bereits in IEC 61207-1 beschriebenen Begriffe sind besonders wichtig.

4.3.1 Bemessungsbereich des der Messgastemperatur

Bei einem Vor-Ort-Analysator kann nur innerhalb des Bemessungsbereiches der Messgastemperatur ein zufriedenstellendes Betriebsergebnis erzielt werden. Bei einem probennehmenden Analysator eignet sich das Probennahmesystem nur innerhalb des Bemessungsbereiches der Messgastemperatur.

4.3.2 Bemessungsbereich des Messgasdruckes

Bei bestimmten Konstruktionsformen probennehmender Analysatoren ist der Probendruck wichtig, wenn das Messgas in die Atmosphäre entlüftet wird. Der Messgasdruck muss innerhalb des Bemessungsbereiches des Messgasdruckes liegen, um einen Probenfluss sicherzustellen.

4.3.3 Bemessungsbereich von Störkomponenten

Wenn ein elektrochemischer Hochtemperatur-Sensor zur Messung des Sauerstoffgehaltes von Gasgemischen eingesetzt wird, die bei der Betriebstemperatur des Sensors oxidiert werden oder die Feuchtigkeit enthalten, liegen die mit diesem Sensor ermittelten Werte für den Sauerstoffgehalt immer unter den Werten, die mit einem Analysator ermittelt werden, der die Messung auf der Grundlage einer voraufbereiteten Trockenprobe vornimmt (z. B. paramagnetische Sauerstoff Analysatoren).

Dies beruht auf zwei Ursachen:

- a) Bei der Reaktion mit dem oxydationsfähigen Gas wird an der Elektrodenoberfläche Sauerstoff verbraucht. Dies wird in Gleichung 8 für einen Kohlenwasserstoff gezeigt, der in einer Sauerstoff enthaltenden Mischung vorhanden ist.



Dabei ist C_xH_y ein Kohlenwasserstoffmolekül, das x Atome Kohlenstoff und y Atome Wasserstoff enthält. In diesem Beispiel würden jedes vorhandene Kohlenwasserstoffmolekül den Sauerstoffgehalt mit $(x+y/4)$ Moleküle verringern.

Kohlenmonoxid (CO) ist ein übliches in Rauchgasgemischen vorhandenes Hintergrundgas. Der Effekt wird in Gleichung 9 dargestellt, wobei in diesem Fall je zwei Moleküle Kohlenmonoxid den Sauerstoffgehalt um ein Molekül verringern.



Der Sauerstoffverbrauch durch diese Oxidationsreaktionen wird die schließlich gemessene Sauerstoffanzeige verringern. Der Einfluss dieser Verringerung hängt von der Anwendung ab.